

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

Јасмина Љ. Перишић

**МОДЕЛ ЕЛЕКТРОНСКОГ
ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАН НА
СЕМАНТИЧКОЈ АДАПТАЦИЈИ
ОБЈЕКТА УЧЕЊА**

докторска дисертација

Београд, 2018.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES

Jasmina Lj. Perišić

**MODEL OF ELECTRONIC
EDUCATION BASED ON
SEMANTIC ADAPTATION OF
LEARNING OBJECTS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2018

Ментор:

др Зорица Богдановић,
ванредни професор Факултета организационих наука у Београду

Чланови комисије:

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

др Марко Ђогатовић,
доцент Саобраћајног факултета у Београду

Датум одбране: _____

МОДЕЛ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАН НА СЕМАНТИЧКОЈ АДАПТАЦИЈИ ОБЈЕКТА УЧЕЊА

АПСТРАКТ

Циљ дисертације је развој модела електронског образовања заснованог на семантичкој адаптацији објекта учења. Предложен модел обухвата динамичко праћење напретка и свих активности студента приликом учења како би се одредио тренутни стил учења и извршила персонализација садржаја учења, тј. како би се студенту приказали објекти учења који одговарају утврђеном стилу учења. Технологије семантичког веба и онтологија специјално креирана за сврхе дисертације налазе се у основи овог модела. У циљу тестирања, предложени модел је имплементиран на реалном систему обогаћивањем основне *Moodle* платформе применом семантичких технологија и развојем додатних модула који омогућавају персонализацију. Резултат примене ових технологија је систем за електронско учење назван *MAL*. У дисертацији су приказани кључни елементи предложеног модела, функционалности система и начин на који су семантичке технологије имплементирани у *MAL* систему. Модел предложен у дисертацији је евалуиран да би се упоредили резултати учења након примене неадаптивног приступа и адаптивног приступа заснованог на семантичким технологијама. Истраживање је реализовано на Факултету за предузетнички бизнис, Универзитет Унион Никола Тесла у Београду. Резултати указују да семантичка адаптација садржаја учења имплементирана у *MAL* систему води ка значајно бољим резултатима учења и побољшаној ефикасности процеса учења у поређењу са неперсонализованим курсевима за електронско учење. Добијени резултати указују на позитиван став студената према развијеном окружењу за електронско учење.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: СТИЛОВИ УЧЕЊА, ОБЈЕКТИ УЧЕЊА, MOODLE, ОНТОЛОГИЈЕ, МОДЕЛ СТУДЕНТА, СЕМАНТИЧКО ЗАКЉУЧИВАЊЕ.

Научна област: Електронско пословање

Ужа научна област: Електронско учење

MODEL OF ELECTRONIC EDUCATION BASED ON SEMANTIC ADAPTATION OF LEARNING OBJECTS

ABSTRACT

The goal of this dissertation is to develop a model of electronic education based on semantic adaptation of learning objects. The proposed model includes real time monitoring of student's progress and activities during learning process in order to detect actual learning styles of the student and enable personalization, i.e. display those learning objects to the student according to detected learning style. Semantic Web technologies and an ontology specially created for the purposes of the dissertation are in the background of this model. For the purpose of testing, the proposed model was implemented on a real system by enriching the basic Moodle platform using semantic technologies and developing additional modules that enable personalization. The result of applying these technologies is e-learning system named *MAL*. In this dissertation, the main components of the model, the functionalities of the system and the way semantic technologies have been implemented into the *MAL* system are presented. The proposed model was evaluated to compare the effectiveness of both non-adaptive approach and adaptive approach based on semantics. The evaluation has been carried out at the Faculty of Entrepreneurial Business, the University Union Nikola Tesla, Belgrade. The results are promising since they indicate that semantic adaptation of learning content implemented in *MAL* leads to significantly better learning outcome and improved efficiency of the learning process compared to the non-adaptive e-learning courses. They also indicate a positive attitude of students towards the developed learning environment.

KEY WORDS: LEARNING OBJECTS, LEARNING STYLES, MOODLE, STUDENT MODEL, ONTOLOGIES, SEMANTIC REASONING.

Scientific field: *E-business*

Scientific subfield: *E-learning*

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ	6
1. УВОД	9
1.1 ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ.....	9
1.2 НАУЧНЕ ХИПОТЕЗЕ.....	13
1.3 МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	14
2. АДАПТИВНО ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ	15
2.1 ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ.....	15
2.1.1 Појам и дефиниције.....	15
2.1.2 Поређење традиционалног и електронског учења.....	16
2.1.3 Системи за електронско учење.....	17
2.1.4 Развој система електронског образовања.....	18
2.1.5 Moodle LMS.....	20
2.2 АДАПТАЦИЈА И ПЕРСОНАЛИЗАЦИЈА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА.....	21
2.2.1 Адаптивни системи електронског образовања.....	21
2.2.2 Методе адаптације и персонализације.....	23
2.2.3 Пројектовање адаптивних система за електронско учење.....	25
2.2.4 Адаптивни едукативни хипермедијални системи.....	26
2.3 МОДЕЛИРАЊЕ СТУДЕНТА.....	27
2.3.1 Спецификације структуре модела студента.....	29
2.4 СТИЛОВИ УЧЕЊА.....	32
2.4.1 Дефиниција и модели стилова учења.....	32
2.4.2 Фелдер-Силверман модел стилова учења.....	34
2.4.3 Утврђивање стилова учења.....	36
2.5 МЕТОДЕ АДАПТАЦИЈЕ.....	37
2.5.1 Адаптација заснована на објектима учења.....	37
2.5.2 Адаптација заснована на стиливима учења.....	40
2.5.2.1 Повезаност активности студента у Moodle систему и стилова учења.....	40
2.5.2.2 Повезаност објеката учења из Moodle система и стилова учења.....	42
3 СЕМАНТИЧКИ ВЕБ У ЕЛЕКТРОНСКОМ ОБРАЗОВАЊУ	44
3.1 ТЕХНОЛОГИЈЕ СЕМАНТИЧКОГ ВЕБА У ЕЛЕКТРОНСКОМ ОБРАЗОВАЊУ.....	44
3.1.1 Појам и дефиниција семантичког веба.....	44
3.1.2 Архитектура семантичког веба.....	45
3.2 ОБЈЕКТИ УЧЕЊА.....	50
3.2.1 Дефиниција и карактеристике објеката учења.....	50
3.2.2 Семантички репозиторијуми.....	52
3.2.3 Примена стандарда електронског образовања у семантичком вебу.....	53
3.2.3.1 SCORM стандард.....	53
3.2.3.2 Dublin Core и Dublin Core Metadata.....	54
3.2.3.3 IEEE Learning Object Metadata стандард.....	55
3.2.3.4 IMS стандарди за садржаје учења.....	56
3.2.4 Семантичка анотација веб ресурса.....	57
3.3 ПРИМЕНА ОНТОЛОГИЈА У СИСТЕМИМА ЗА ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ.....	58
3.3.1 Дефиниције и основне карактеристике онтологија.....	58
3.3.2 Онтологије и електронско образовање.....	60
3.3.3 Примери примене онтологија у електронском образовању.....	61
3.3.4 Методологије за креирање онтологија.....	63
3.3.5 Класификација, развој и евалуација онтологија.....	66

3.3.6	Графички алати за пројектовање онтологија.....	67
3.4	ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СЕМАНТИЧКИХ АПЛИКАЦИЈА	68
3.4.1	Семантички мапирани базе података.....	68
3.4.2	Окружења за имплементацију семантичких веб апликација.....	70
3.4.3	Семантички механизми закључивања.....	72
3.4.4	Визуализација података у системима за управљање учењем	73
3.5	ПРЕГЛЕД ПЕРСОНАЛИЗОВАНИХ СИСТЕМА ЗА ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ ЗАСНОВАНИХ НА ТЕХНОЛОГИЈАМА СЕМАНТИЧКОГ ВЕБА	74
3.5.1	<i>Protus 2.0</i>	75
3.5.2	<i>TANGRAM</i>	76
3.5.3	<i>DIOGENE</i>	77
3.5.4	<i>AASST</i>	78
3.5.5	<i>SAKAI</i>	78
4	МОДЕЛ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАН НА СЕМАНТИЧКОЈ АДАПТАЦИЈИ ОБЈЕКТА УЧЕЊА	80
4.1	КРИТЕРИЈУМ АДАПТАЦИЈЕ ОБЈЕКТА УЧЕЊА	80
4.2	МОДЕЛ СТУДЕНТА	82
4.3	МОДЕЛИРАЊЕ ОБЈЕКТА УЧЕЊА	83
4.4	АРХИТЕКТУРА МАЛ СИСТЕМА И КРЕИРАНИ МОДУЛИ.....	86
4.5	ПРОЦЕС АДАПТАЦИЈЕ МАЛ СИСТЕМА	88
4.6	МОДЕЛИРАЊЕ МАУ ОНТОЛОГИЈЕ	90
4.6.1	Главне особине <i>MAU</i> онтологије.....	90
4.6.2	Хијерархија <i>MAU</i> онтологије	92
4.6.2.1	Класе <i>Course</i> , <i>LearningObject</i> и <i>LearningObjectStyle</i>	93
4.6.2.2	Класе <i>User</i> и <i>FelderSilvermanQuestionary</i>	96
4.6.2.3	Класе <i>UserActivity</i> , <i>Grades</i> и <i>Answers</i>	97
4.6.2.4	Класа <i>AuxiliaryClasses</i>	100
4.6.3	Дефинисање особина и инстанци <i>MAU</i> онтологије.....	100
4.7	ПРАВИЛА АДАПТАЦИЈЕ	104
4.7.1	Синтакса правила адаптације.....	104
4.7.2	Креирање и извршавање семантичких правила	106
5	ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МОДЕЛА ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАНОГ НА СЕМАНТИЧКОЈ АДАПТАЦИЈИ ОБЈЕКТА УЧЕЊА	114
5.1	СОФТВЕРСКИ АЛАТИ КОРИШЋЕНИ У ИМПЛЕМЕНТАЦИЈИ МОДЕЛА	114
5.2	ПРОЦЕДУРА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈЕ МОДЕЛА.....	117
5.2.1	Креирање <i>Moodle</i> система за електронско учење.....	118
5.2.2	Учесници у процесу учења.....	125
5.2.3	Креирање нових модула у <i>Moodle</i> систему.....	125
5.2.3.1	Креирање Фелдер-Силверман упитника – Модул 1	128
5.2.3.2	Креирање модула за дефинисање кључних речи и стила учења за објекте учења - Модул 2	129
5.2.3.3	Креирање модула за визуелизацију и семантичко обогаћивање постојећих објеката учења – Модул 3.....	131
5.2.4	Имплементација семантичког мапирања релационих база података.....	132
5.2.4.1	Семантичко мапирање класа и особина <i>Moodle</i> базе података	136
5.2.4.2	Мапирање основних онтолошких класа <i>Moodle</i> система.....	138
5.2.5	Креирање <i>SPARQL</i> упита на <i>D2RQ</i> серверу.....	139
5.2.6	Примена <i>Apache Jena</i> развојног окружења за имплементацију <i>Moodle</i> семантичких модула	144
5.3	ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СЕМАНТИЧКИХ ПРАВИЛА	147
5.4	АДАПТАЦИЈА СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ ПРОЦЕСОМ УЧЕЊА	149

5.4.1	<i>Адаптација наставног садржаја МАЛ система</i>	150
5.4.2	<i>Адаптација корисничког интерфејса система</i>	154
6	АНАЛИЗА ПОСТИГНУТИХ РЕЗУЛТАТА	156
6.1	ДЕФИНИСАЊЕ ХИПОТЕЗА	156
6.2	ПРОЦЕДУРА ИСТРАЖИВАЊА	157
6.3	РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	159
6.3.1	<i>Евалуација резултата учења</i>	159
6.3.2	<i>Истраживање употребе садржаја учења и времена проведеног током процеса учења</i>	160
6.3.3	<i>Истраживање ставова студената према МАЛ систему</i>	163
7	ДИСКУСИЈА	165
7.1	МАЛ СИСТЕМ	165
7.2	УТИЦАЈ НА ПРОЦЕС УЧЕЊА	167
7.2.1	<i>Резултати учења</i>	168
7.2.2	<i>Посећеност објекта учења и време проведено током процеса учења</i>	169
7.2.3	<i>Ставови студената према МАЛ систему</i>	169
7.2.4	<i>Ограничења спроведеног истраживања</i>	170
8	БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА	171
9	ЗАКЉУЧАК	172
10	НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ	173
11	ЛИТЕРАТУРА	176
12	СПИСАК СЛИКА	194
13	СПИСАК ТАБЕЛА	197
14	ПРИЛОЗИ	198
14.1	Прилог 1. ОБРАСЦИ ПОНАШАЊА ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ СТИЛА УЧЕЊА И ПРИМЕЊЕНЕ ГРАНИЧНЕ ВРЕДНОСТИ	199
14.2	Прилог 2. ЛИСТА МАПИРАНИХ КЛАСА MOODLE БАЗЕ ПОДАТАКА И ЛИСТА МАПИРАНИХ СЛОТОВА MOODLE БАЗЕ ПОДАТАКА	201
14.3	Прилог 3. МАПИРАНЕ КЛАСЕ МАУ ОНТОЛОГИЈЕ СА ОСОБИНАМА, ТИПОВИМА ОСОБИНА, ОБЈАШЊЕЊИМА ОСОБИНА И ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ МАПИРАЊА	205
15	БИОГРАФИЈА АУТОРА	218
16	ИЗЈАВЕ АУТОРА	219
16.1	ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ	219
16.2	ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА	220
16.3	ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ	221

1. УВОД

1.1 Предмет и циљ дисертације

Предмет истраживања ове дисертације је развој модела адаптивног система електронског образовања заснованог на семантичком прилагођавању објеката учења. Основни проблем који се анализира у дисертацији је примена концепата семантичког веба и онтологија за развој система електронског образовања који се у реалном времену прилагођава карактеристикама студената.

Савремени системи електронског образовања имају велики потенцијал, брзо се развијају и постају доминантни у односу на друге типове учења. Предности електронског учења (независност од времена и простора, студенти могу да уче у сопственом ритму, наставном материјалу се може приступити са било које тачке света где постоји интернет веза) чине га ефикасним, флексибилним и приступачним. За реализацију електронског учења неопходне су платформе засноване на модерним информационо-комуникационим технологијама које треба да одговоре на комплексне захтеве везане за пројектовање и имплементацију система електронског учења. Као оптимално софтверско решење за реализацију електронског образовања показали су се *LMS* (енг. *Learning Management Systems*) системи, који обухватају повезивање традиционалних приступа и система онлајн учења и омогућавају креаторима електронских курсева и наставницима креирање, претраживање и ажурирање објеката учења (енг. *Learning Objects*) као основних јединица учења које се могу поново користити у различитим сценаријима учења. Модел адаптације електронског образовања заснован на објектима учења се базира на утврђивању карактеристика појединих објеката учења које се повезују са изабраним критеријумом адаптације система за електронско учење.

Актуелна истраживања из области електронског образовања усмерена су ка системима оријентисаним према студентима. Да би се едукативни систем у потпуности прилагодио потребама студената, неопходно је да у реалном времену прати њихове активности и сврстава их у прецизно дефинисане моделе понашања. Док неадаптивни системи за електронско учење подржавају разноврсне активности учења, адаптивни образовни системи засновани на вебу *AWES* (енг. *Adaptive Web-based Educational Systems*) представљају одговарајуће платформе које се фокусирају

на организацију и презентацију едукативних садржаја и које могу да постигну оптималне резултате приликом електронског учења. Процедура пројектовања и имплементације ових система је комплексан задатак за који су неопходна знања из области: педагогија, развој софтвера и веб апликација, управљање садржајем, дефинисање домена изучавања, електронско учење и друге.

Семантички веб се може употребити као погодна платформа за имплементацију система адаптивног електронског образовања. Ова платформа обезбеђује неопходне услове за развој и имплементацију онтологија, семантичко повезивање образовног материјала и семантичких концепата и проактивно достављање одговарајућег образовног материјала за учење у оквиру едукативног система. Циљ семантичког веба је трансформација неструктурираних података на интернету у експлицитно и прецизно декларисано знање базирано на семантици и интегрисано у веб апликације. Од великог значаја је могућност коришћења екстерних наставних материјала, попут научних радова који описују научне домене, који су складиштени у семантичким базама података (репозиторијумима, библиотекама, речницима података, базама знања).

При моделирању семантичких апликација и/или њихових елемената онтологије представљају поновно употребљиве градивне блокове које многе семантичке апликације могу да интегришу као постојеће модуле знања. Семантички описане информације садржане у онтологијама се уз помоћ правила адаптације користе у процесу прилагођавања електронских наставних садржаја. Примена онтологија у домену електронског образовања има посебну важност за предмет истраживања дисертације. Предност употребе онтологија је што омогућавају поновну употребу знања, тј. уколико су одговарајуће онтологије из истог домена већ присутне, није неопходно развијати нове онтологије. Могуће је искористити онтологију или неки њен део у развоју нових онтолошких модела. На тај начин се превазилази проблем интероперабилности између разних система, платформи и апликација електронског образовања. За реализацију адаптивних електронских курсева, онтологија треба да садржи спецификацију концепата и веза особина студената, критеријума адаптације и објеката учења. Успешност адаптивног система електронског образовања зависи од оптимално изабраних објеката учења, њихових међусобних веза и критеријума адаптације.

Онтологије омогућавају прикупљање информација из интерних извора података (базе података у оквиру постојећих система за управљање процесом учења) и екстерних извора података који се налазе у оквиру семантичких библиотека. Осим тога, применом семантичке анотације реализује се повезивање “формалних” едукативних садржаја у оквиру система за управљање процесом учења (лекције, тестови, задаци, радионице) и оних “неформалних”, попут порука размењених у дискусионим форумима и собама за чет. Све то са циљем да се аутоматизује, убрза и унапреди процес учења који се одвија у софтверским окружењима за учење и да се тиме, посредно, створе бољи услови за персонализовано учење.

Модел система електронског образовања заснован на семантичком прилагођавању едукативног садржаја треба да обухвати: инфраструктуру и архитектуру система адаптивног електронског образовања, семантичку анотацију објеката учења, моделирање онтологије која на основу прикупљеног знања о стиливима учења студената и објектима учења омогућава прилагођавање система у реалном времену, интеграцију објеката учења из екстерних извора, подршку за аутоматизовану адаптацију система на основу стилова учења студената и механизме за праћење рада студената у окружењу за адаптивно електронско образовање.

Да би се развијени модел могао имплементирати у савремене образовне токове, неопходно је да буде прилагођен за примену у оквиру система за управљање електронским учењем. *Moodle* систем подржава рад са објектима учења, али нема уграђену могућност за семантичку анотацију објеката учења, нити за аутоматизовану адаптацију наставног процеса. Посебна пажња у развоју модела усмерена је ка интеграцији развијеног семантичког модела адаптације у системе за управљање учењем. Архитектура система адаптивног електронског образовања заснованог на онтологијама треба да обухвати изворе и системе семантичког складиштења података (репозиторијум онтологија и репозиторијум објеката учења), едукативне апликације и алате за семантичко мапирање, алате за моделирање онтологија и интеграцију у систем за управљање учењем, механизме за извештавање и подешавање перформанси система.

Примарни циљ истраживања докторске дисертације је развој модела система адаптивног електронског образовања заснованог на семантичком прилагођавању објеката учења. Циљ дисертације остварује се применом технологија и концепата

семантичког веба у постојећи систем електронског образовања. Циљеви које треба постићи имплементацијом модела су:

- Увођење персонализације система електронског образовања применом семантичке анотације и онтологија;
- Омогућавање динамичког праћења резултата учења студената и њихових активности током процеса учења са циљем утврђивања њихових преференција исказаним кроз стилове учења;
- Обезбеђивање додатних наставних материјала из екстерних репозиторијума;
- Повећање ефикасности и ефективности електронског учења кроз развој персонализованог система;
- Повећање мотивисаности за учење и побољшање резултата студената;
- Побољшање корисности система за управљање учењем.

Један од кључних циљева дисертације је да се прикаже нови приступ семантичке адаптације објеката учења у *Moodle* систему. Развијен модел је погодан за одређивање почетног стила учења студента и његово касније ажурирање према његовим акцијама и активностима унутар *Moodle* система. Образовни садржај се може динамички прилагодити према актуелном стилу учења студента. Превазилази се недостатак *Moodle* система који примарно није креиран да студентима нуди персонализован образовни садржај (Limongelli et al. 2011). Важан циљ дисертације је да прикаже моделирање онтологије и њену интеграцију са *Moodle* системом коришћењем одговарајућих алата, језика и методологија. У циљ дисертације спада и семантичко обогаћивање постојећих објеката учења у *Moodle* курсевима, обезбеђених из спољашњих академских репозиторијума. Развијени модел и технологије су инкорпориране у оквиру проширеног *Moodle* система названог *MAL*. Научни циљ дисертације састоји се у дефинисању модела, техника и софтверских алата за семантичко мапирање података из постојеће релационе базе података, развоју и интеграцији онтологија у постојећи едукативни систем и семантичком обогаћивању едукативног садржаја постојећег система за управљање процесом учења из екстерних библиотека. Коначни резултати дају допринос семантичкој формализацији, стандардизацији и аутоматизацији процеса адаптације електронског образовања у складу са изабраним критеријумом адаптације.

Развијени модел је евалуиран у систему за електронско учење Факултета за предузетнички бизнис, Универзитета Унион Никола Тесла у Београду. Резултати истраживања показују да имплементација модела доприноси унапређењу процеса адаптације електронског образовања у смислу унапређења резултата учења, побољшања ефикасности учења и позитивног става студената према реализованој платформи.

1.2 Научне хипотезе

Главна хипотеза која је тестирана у дисертацији гласи: Развојем модела електронског образовања заснованог на семантичкој адаптацији објеката учења унапређује се квалитет, доступност и ажурност наставног материјала, повећава се ниво усклађености наставног материјала са карактеристикама студената, повећава се задовољство студената и побољшава се квалитет исхода процеса учења студената. На основу дефинисаног предмета истраживања може се издвојити неколико посебних хипотеза:

X0.1. Могуће је развити систем електронског образовања заснован на семантичкој адаптацији објеката учења, који обезбеђује адаптацију едукативног система у реалном времену.

X0.2. Систем електронског образовања заснован на семантичкој адаптацији објеката учења доприноси побољшању квалитета резултујућих исхода процеса учења.

Детаљнијим дефинисањем наведених посебних хипотеза формулишу се појединачне хипотезе које се односе на елементарне чиниоце предмета истраживања:

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

X0.1.2. Адаптивни електронски курсеви засновани на семантичком прилагођавању објеката учења могу се реализовати у системима за управљање електронским учењем, као што је *Moodle*.

X0.1.3. Применом онтологија у систему адаптивног електронског образовања могуће је обезбедити већи квалитет, доступност и ажурност наставних

материјала, као и већи степен аутоматизације адаптивног процеса у едукативном систему.

X0.1.4. Применом онтологија у систему адаптивног електронског образовања могуће је обезбедити већи степен интеграције екстерних објеката учења из домена изучавања.

X0.2.1. Студенти остварују боље резултате када уче у систему адаптивног електронског образовања заснованог на семантичкој адаптацији објеката учења.

X0.2.2. Учење у систему адаптивног електронског образовања заснованом на семантичкој адаптацији објеката учења позитивно утиче на мотивацију и интересовање студената.

1.3 Методе истраживања

Од општих научних метода у дисертацији су коришћене методе моделирања, аналитичко-дедуктивне и статистичке методе. Моделирање је коришћено приликом пројектовања предложеног модела. Аналитичко-дедуктивне методе су коришћене за анализу података о постојећим решењима, приступима и библиотекама за развој софтверских компонената модела. Мерење параметара и анализа добијених резултата урађени су применом стандардних статистичких метода.

У практичном делу дисертације урађена је евалуација развијеног модела система адаптивног електронског образовања заснованог на онтологијама. Добијени резултати су потврдили главну хипотезу. Резултати истраживања су приказани текстуалним описима, табеларно и помоћу слика и графичких приказа.

Спроведено истраживање је интердисциплинарно, из разлога што обухвата методологију, информатику, статистику, педагогију, психологију и друге научне дисциплине. Моделирање онтологија у адаптивном електронском образовању припада методологији, развој софтверских компоненти за адаптацију у оквиру система за управљање учењем припада информатици, методе анализе података припадају статистици, особине студената су разматране са становишта педагогије и психологије. Као основно софтверско решење је примењен систем за управљање учењем *Moodle*. Поред њега у дисертацији се примењују следећи софтверски алати: софтверски алати за семантичку анотацију и мапирање објеката учења, софтверски алати за моделирање онтологија, софтверски алат за рад у семантичком окружењу и веб сервиси за интеграцију различитих делова система.

2. АДАПТИВНО ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ

2.1 Електронско образовање

2.1.1 Појам и дефиниције

Учење се генерално може поделити у три димензије: формално (обавља се унутар школских просторија и у присуству наставника), неформално (односи се на учење изван школског окружења и обавља се случајно, неочекивано и ненамерно као резултат дневних активности) и комбиновано (енг. *blended learning*) - односи се на учење које се барем делимично обавља на контролисаној локацији ван куће и барем делимично онлајн са неким од елемената контроле студента који се односи на време, место, путању и/или темпо учења) (Seralidou & Douligeris, 2015). Концепт електронског учења (енг. *E-Learning*) је везан за трећу категорију где су студенти одвојени временски и просторно, а примена информационих технологија пружа подршку овом процесу.

У литератури постоји више дефиниција електронског образовања. Розенберг дефинише електронско образовање као мрежни феномен који омогућава тренутне промене и дистрибуцију и обавља се путем стандардних интернет технологија (Rosenberg, 2001). Према другој дефиницији, електронско образовање представља достављање материјала, активности и програма учења путем електронских медијума (Govindasamy, 2001). Информациони и комуникациони системи, било умрежени или не, служе као постојећи медији за имплементацију процеса учења (Tavangarian, Leypold, Nölting, Röser, & Voigt, 2004).

У погледу употребе информационих технологија у образовне сврхе, могуће је препознати два концепта: студенти могу да уче "кроз" технологије (усвајајући градиво уз помоћ технологије као превозног средства) или студенти могу да уче "са" технологијама (успоставља се повезаност између студента и технологија - уместо коришћења технологије за вођење студената кроз осмишљене интеракције, студенти могу користити технологије које функционишу као "свесно ангажовање студента") (Costa & Silva, 2010). Први концепт се односи на технолошки аспект где је акценат стављен на технологију, док се други концепт односи на педагошки аспект који поставља студента у први план. За педагошки приступ примарно је објаснити начин на који студенти уче, како стичу способности и преузимају

информације, који су њихови стилови учења, итд. Тек након тога, поставља се питање како електронско приказивање наставног материјала може бити прилагођено студенту.

2.1.2 Поређење традиционалног и електронског учења

Стандардно или традиционално учење се може окарактерисати као учење у коме је ауторитет централизован, знање се преноси са наставника на студенте, персонализација није заступљена, процес учења је линеаран, статичан и дискретан у времену и учење је одвојено од других сфера живота (Drucker, 2000). Последице оваквог приступа су спор, скуп и слабо фокусиран процес учења. Електронско учење се може дефинисати као динамично и нелинеарно (постоји директан приступ едукативним садржајима који се мењају током времена), персонализовано (наставни садржај се бира према индивидуалним особинама студента), дистрибуирано (наставни садржај се дефинише кроз интеракцију између студента и наставника), симетрично (учење је саставни део свакодневних активности студената) и континуално учење (непрекидан процес који се никад не завршава) по *pull* принципу (студенти самостално одређују темпо и начин рада). Тиме се добија брз, јефтин, ефективан, проблемски фокусиран процес учења. Због свега наведеног, електронско учење има низ предности у односу на традиционално учење. Приликом процеса електронског учења студенти немају ограничења у погледу времена и локације, тј. могу да приступе наставном материјалу са сваке локације на којој постоји интернет и у тренутку када то њима одговара. Остварује се значајна уштеда у финансијским средствима (није неопходна инфраструктура у виду учионица и прибора за предавања, мањи административни трошкови), док се уштеда у времену остварује јер нису неопходни одласци на предавања и студенти могу да оптимизују време проведено приликом учења.

Поред предности, електронско учење има и неколико потенцијалних недостатака. Приликом електронског учења од студената се очекују знања и вештине како би могли да користе систем за електронско учење. Ту се првенствено мисли на знања у вези са коришћењем рачунара и поседовање адекватне опреме. Поузданост опреме и технички проблеми могу да потпуно онемогуће или поремете и умање квалитет процеса учења. Будући да студенти самостално одређују темпо и начин учења, они морају и да се мотивишу, процењују потребу за учењем и бирају

наставне материјале, што у неким ситуацијама може довести до слабијег напретка. Препрека у квалитетном електронском образовању могу бити и ауторска права везана за садржаје курсева и стандардизација едукативних садржаја. На крају, проблем може представљати недостатак контекста у сачуваним информацијама у курсевима приликом електронског учења (непрецизне инструкције, неадекватне информације, недостатак звука и видеа, дизајн интерфејса) (Dzandu & Tang, 2015) и недостатак социјалне интеракције (Vilmantè, 2016).

2.1.3 Системи за електронско учење

Систем за управљање учењем (*LMS*) је технологија заснована на вебу која се користи за планирање, имплементацију и евалуацију процеса учења (Alias & Zainuddin, 2005). *LMS* системи нуде велики избор навигационих линкова и приказа (шаблона, модула) да би се поједноставила комуникација између учесника у процесу учења (Romero, Ventura, & García, 2008). Ови системи наставницима омогућавају дистрибуцију информација према студентима, креирање наставног материјала, припрему задатака, тестова, дискусија и радионица, као и управљање наставом на даљину. Студентима пружају могућност заједничког учења на форумима, четовима, вестима, радионицама, итд. Такви системи могу да меморишу информације о активностима студента, (читање, писање, полагање тестова, комуникацији са другим студентима). Системи за управљање учењем подржавају широк спектар функција (Psaromiligkos, Orfanidou, Kyttagias, & Zafiri, 2011), као што су управљање курсевима, организација часа, комуникациони алати, студентски алати, управљање садржајем, алати за евалуацију и школски менаџмент.

Велики број комерцијалних или система отвореног кода за управљање учењем има примену као подршка наставним активностима. Актуелан тренд у високом образовању води од власничког ка софтверу отвореног кода за *LMS* системе. Развој софтвера отвореног кода може да обезбеди неопходну флексибилност за комбиновање језика, скрипти, објеката учења и наставних планова на ефикасан начин, без трошкова и без ограничења власничких пакета. У литератури постоји неколико сродних појмова који се често користе као синоними за *LMS*: *CMS* (енг. *Course Management Systems*), *VLE* (енг. *Virtual Learning Environments*) и *LCMS* (енг. *Content Management Systems*) (Devedžić, 2006), док се користе и *MLE* (енг. *Managed*

Learning Environment, LSS (енг. *Learning Support System*) и LP (енг. *Learning Platform*).

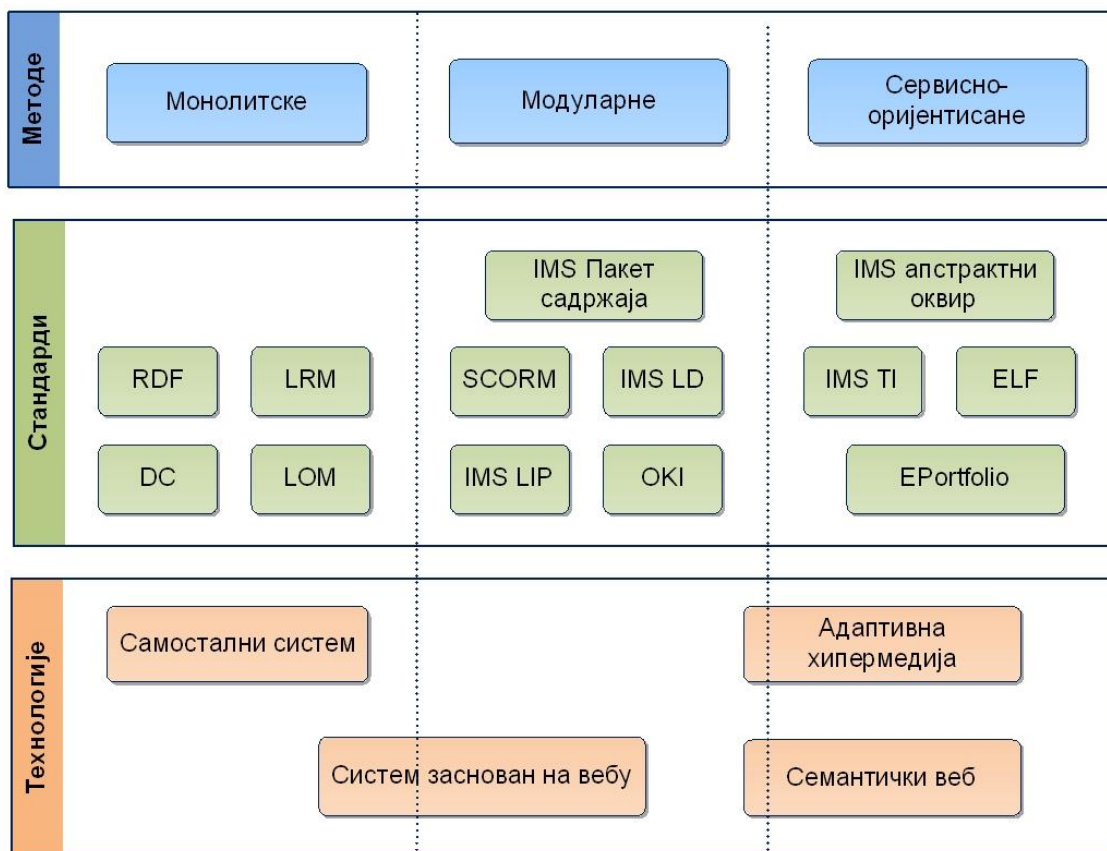
Како би побољшали резултате учења, све више едукативних електронских система се базира на динамичкој адаптивности према индивидуалним карактеристикама студената. Напредне функције се могу увести у *LMS* системе са циљем да се побољша искуство студената и предавача током коришћења ових система. Два аспекта се могу издвојити као веома важна: персонализација и препоручивање наставног материјала (Muñoz, Lasheras, Capel, Cantabella, & Caballero, 2015). Из свега наведеног се може закључити да *LMS* системе не треба посматрати изоловано, већ као део ширег система за електронско образовање у којем се наставни садржаји прикупљају за креирање електронских курсева који могу бити потпуно персонализовани (Caputi & Garrido, 2015). У том контексту, системи за електронско учење су се развили у смеру да се њихова интеграција са другим едукативним веб апликацијама и системима прилагоди у што већој мери.

Поред адаптивности, стандардизација и интероперабилност су кључни фактори примене едукативних електронских система (Rui & Maode, 2012)(Kurilovas, 2011). Стандардизација је важна са становишта студената (могућност коришћења едукативних апликација и платформи без или са минималним трошковима), креатора наставног садржаја (креирање садржаја у стандардном формату), произвођача софтвера (мања средства се издвајају за развој софтвера) и са становишта програмера апликација и платформи (расположивост софтверских система, алата и наставног садржаја који се могу комбиновати) (Varlamis, Koohang, & Apostolakis, 2006).

2.1.4 Развој система електронског образовања

Паралелно са развојем информационих технологија развијали су се и системи електронског образовања. Њихов развој су додатно убрзали појава и развој интернета који су омогућили временску и просторну одвојеност студената и наставника, као и развој мултимедијалних система који су омогућили употребу разноврсних типова и формата наставних материјала. Технологија брзо мења начин на који студенти уче и начин на који наставници предају. У почетку, електронско учење је служило за подршку у образовним установама и научним институтима коришћењем интернета за трансформацију стратегија учења и наставе како би се

побољшале перформансе и квалитет учења. Системи електронског учења се тренутно више фокусирају на стандардизацију, а мање на иновације (Alomari, Hussain, Turki, & Masud, 2015). Развој система електронског учења кроз генерације приказан је на слици 1.



Слика 1. Генерације система за управљање електронским учењем (Dagger, O'Connor, Lawless, Walsh, & Wade, 2007)

Системи за електронско учење прве генерације су обухватили “*black-box*” решења, тј. користили су формате за директно управљање електронским курсевима и подржавали су искључиво интероперабилност образовног садржаја. Системи за електронско учење друге генерације били су фокусирани на исправљање недостатака прве генерације и почели су да узимају у обзир студенте и њихове профиле. Примери платформи друге генерације су *Moodle*, *Sakai*, *WebCT/Blackboard*, у оквиру којих је препозната потреба за модуларном архитектуром и семантичком разменом и мапирањем података. Ови системи су фокусирани на дељење садржаја, образовних ресурса, секвенци образовних ресурса и информација о сваком студенту. Значајно за ове системе је и прихватање принципа

рада едукативних веб сервиса. Како је њихов дизајн постао модуларнији, олакшана је интеграција нових функционалности. Направљен је и велики помак ка одвајању едукативног садржаја од софтверских алата и постоји тенденција да се информације о студенту ставе у први план. Међутим, ови системи нису још увек у потпуности оријентисани ка студенту, што је превазиђено код система треће генерације који подржавају циљану персонализацију.

2.1.5 Moodle LMS

Moodle (енг. *Modular Object Oriented Developmental Learning Environment*) је бесплатна, *PHP* веб апликација отвореног кода за спровођење процеса учења (www.moodle.org). Његов модуларан дизајн олакшава креирање нових електронских курсева, модула и управљање едукативним садржајем. *Moodle* поседује базу података у којој се чувају информације о студентским профилима, курсевима, академским резултатима и обављеним активностима. Пријаве и одјаве (логови) студента у систем чувају се у релационим базама података од којих су *MySQL* и *PostgreSQL* најбоље подржане. Подаци се у базама података могу на различите начине процесирати у циљу побољшања процеса учења (Romero et al., 2008). Једноставна инсталација, одржавање и коришћење *Moodle* чине једним од популарнијих система за електронско учење.

Moodle омогућава интеграцију са екстерним едукативним веб апликацијама међу којима се углавном имплементирају веб сервиси (Rezgui, Mhiri, & Ghédira, 2014). Та карактеристика *Moodle* система је посебно важна будући да он није примарно намењен да студентима нуди персонализован образовни садржај (Caputi & Garrido, 2015)(Limongelli, Sciarrone, & Vaste, 2011). Прилагођавање *Moodle* система захтева адаптацију корисничког интерфејса и функционалности модула тако да одговарају карактеристикама судената (Park, Jung, & Jeong, 2011). Битна одлика овог *LMS* система је и независност од оперативног система. *Moodle* има три нивоа коришћења са различитим карактеристикама употребе и приступа: администраторски, наставнички и студентски. Активности подржане у оквиру *Moodle* система су форуми, четови, базе података, упитници, подсетници, речници, задаци, тестови, лекције, радионице, викији, модули за отпремање фајлова и други (Mehrabi & Abtahi, 2012).

Основне карактеристике *Moodle* система су (Aydin & Tirkes, 2010): подржан је од стране стандарда *SCORM*, *IMS Content Package* стандарда и *XML* језика; могу се креирати тестови са различитим типовима питања и одговарајућим ограничењима у погледу времена, датума и трајања; једноставан је за инсталацију и одржавање; база података и модули се могу бекаповати; поседује одговарајући кориснички интерфејс и једноставан је за употребу; постоји *HTML* едитор помоћу кога се могу модификовати постојећи електронски курсеви и додавати едукативни садржаји као потпуно нови модули; постоји аутентификација корисника система; платформа садржи календар тако да се курсеви могу организовати на недељном нивоу; подржани су различити формати фајлова (mpeg, mov, mp3, MS Office, итд.).

У истраживањима (Despotović-Zrakić, Marković, Bogdanović, Barać, & Krčo, 2012)(Joksimović, Gašević, Loughin, Kovanović, & Hatala, 2015) доказано је да студенти побољшавају своје способности уколико уче помоћу информационих технологија. Функционалност *Moodle* платформе може се унапредити применом техника за евалуацију знања, способности, особина, навика и преференција студената. У основи тих техника су интернет технологије које се користе за побољшање когнитивних карактеристика студената (помажући им да изграде своје знање) и за промовисање позитивних ставова према дискусији са вршњацима (Martín-Blas & Serrano-Fernández, 2009). На тај начин се систем прилагођава потребама студента чиме се постиже персонализација процеса учења.

2.2 Адаптација и персонализација система електронског образовања

2.2.1 Адаптивни системи електронског образовања

Наставу не би требало ограничити временом, местом или било којом другом баријером, већ је треба прилагодити стално променљивим захтевима, способностима, склоностима, знању, интересовањима и вештинама студената. Из тог разлога, током целокупног процеса учења, неопходна је адаптација система за електронско учење применом алгоритама адаптације са циљем одговарања на индивидуалне потребе студената. Другим речима, систем се аутоматски прилагођава студентима у складу са прикупљеним знањем о њима. Фокус адаптивних система је стављен на студента, актуелно знање, начин на који усваја нова знања, когнитивне карактеристике и контекст наставног материјала.

Прикупљени подаци о студенту чувају се у профилу, тј. моделу студента. У случају прилагођавања система једном студенту, адаптација представља персонализацију система.

Да би квалитет учења био што бољи, процес учења мора бити интересантан и ефикасан. Однос студената према учењу и ефикасност процеса учења зависе од садржаја који се учи, начина на који је садржај приказан, као и доступности и ефикасности наставних материјала. Приликом развоја система за електронско учење потребно је укључити различите видове персонализације како би се одговорило на потребе студента. Постоје различити параметри према којима се може извршити персонализација: ниво знања, стил учења, циљеви учења, преференција медија или језика и други. Ови параметри се могу и комбиновати, с тим што је процес онда доста сложенији и из тог разлога је потребно изабрати оптималне параметре у односу на специфичност електронског курса (Essalmi, Ayed, Jemni, & Graf, 2015). Персонализација не може бити пројектована унапред као *plugin* у окружењу за електронско учење, већ мора да буде изграђена у процесу који разматра и укључује потребе студената од почетка и током целокупног животног циклуса процеса учења (Santos, Boticario, & Pérez-Marín, 2014).

Са циљем да се потребе студента ставе у први план, у системе за електронско учење се интегришу различити типови персонализације који могу бити у форми прилагођавања текста, приказивања одговарајућих страница или примене различитих форми лекција. Наставни садржај се може прилагођавати пружањем додатног материјала, наглашавањем битних информација или упоредним приказом различитих врста и типова објашњења. Квалитет и ефикасност персонализације зависе од квалитета информација које су прикупљене о студенту, тј. од креираног модела студента и начина моделирања. Моделирање студента подразумева моделирање активности, процеса, података, знања и техника за евалуацију, темпа учења студента и других карактеристика. Уз помоћ добијеног модела може се обавити динамичка адаптација садржаја који се приказује студенту током процеса учења. Применом адаптације, процес учења може бити знатно ефикаснији, док се резултати учења могу значајно унапредити.

Поред набројаних предности, адаптивни системи за електронско учење имају и одређена ограничења (Steichen, Ashman, & Wade, 2012)(Despotović-Zrakić et al.,

2012): комплексност и висока цена креирања адаптивних система, отежано уклапање у процес учења, неопходност одређеног нивоа знања студента, немогућност поновне употребе садржаја учења (интероперабилност), отежано спровођење основних функција система (креирање садржаја, администрација курсева, итд.), недостаци сервиса за комуникацију и социјалну интеракцију између учесника у процесу електронског учења, недостатак времена да се одреде потребе студента и да се прилагоде курсеви, и, на крају, приватност, поверљивост података и власништво. Из претходно наведеног се уочавају два главна недостатка адаптивних система за електронско учење: они се не могу интегрисати са другим едукативним системима ако се не базирају на идентичним стандардима и немају могућност поновне употребе наставног садржаја других едукативних система (Yaghmaie & Bahreininejad, 2011).

2.2.2 Методе адаптације и персонализације

Основни задатак система за електронско учење је да подрже процес учења. У циљу унапређења искуства студената и наставника са образовним платформама, у системе за електронско учење се уводе напредне функције, од којих се персонализација и препоручивање образовних материјала могу издвојити као најважније. Први од њих, персонализација, може се имплементирати у оквиру платформи за електронско образовање према више критеријума адаптације као што су ниво знања, стил учења, циљеви учења, преференције, итд. Једна од техника персонализације која се може користити заснива се на избору одговарајућих материјала за учење које треба презентовати студенту. Као друга важна функција, препоручивање се може применити у оквиру система за електронско учење углавном преко линкова и хиперлинкова ка образовним материјалима обезбеђеним из екстерних академских база података. У адаптивним системима могући су следећи типови адаптације (Brusilovsky, 1998):

- адаптација базирана на интерфејсу,
- адаптација базирана на токовима учења,
- адаптација базирана на едукативном садржају,
- адаптација као подршка интерактивном решавању проблема,
- филтрирање адаптивних информација,

- адаптивно груписање студената, и
- адаптивна евалуација.

Адаптација у системима за електронско учење може укључити адаптацију садржаја хипермедијалних страница (адаптивна презентација) и адаптацију линкова укључених на свакој страници (адаптивна навигациона подршка). Циљ адаптивне презентације је да се садржај хипермедијалних страница прилагоди циљевима студената, знању и другим подацима који се налазе у моделу студента. Циљ адаптивне навигационе подршке је да подржи студента у оријентацији и навигацији кроз наставне материјале. Постоји неколико начина да се спроведе адаптација садржаја (Kurilovas, Kubilinskiene, & Dagiene, 2014): сакривањем информација које су нерелевантне за ниво знања студента, приказом неопходних објашњења студенту која су предуслов за успешан наставак учења и одређивањем неколико варијанти дела садржаја странице од којих се студенту приказује она која највише одговара његовом стилу учења. Што се тиче техника адаптације садржаја, примењују се техника условног приказа текста, техника проширивања текста где су битне речи повезане са делом текста који се приказује или сакрива у зависности од знања студента, и техника заснована на оквирима где су информације о одређеном концепту дате у облику оквира, а посебна правила приказа на основу знања студента одређују које информације се приказују.

Персонализација је уско повезана са електронским учењем и односи се на две области: персонализацију интерфејса и персонализацију садржаја (Thyagarajan & Nayak, 2007). Персонализација интерфејса може да варира од представљања неких елемената на екрану у складу са потребама студента, до сложенијих процеса који укључују успостављање личног профила студента и прилагођавање интерфејса према резултату учења. Персонализација садржаја укључује креирање адаптивних наставних материјала, константну евалуацију нивоа знања студената и адаптацију материјала за учење. Постоје три приступа персонализацији (Gao, Liu, & Wu, 2010) који су приказани на слици 2: профилисање студената (укључује моделирање понашања, преференција и намера), моделирање садржаја (састоји се од представљања, анализе и класификације садржаја) и метода филтрирања за

препоручивање (подељене у четири категорије - засноване на правилима одлучивања, засноване на садржају, колаборативне и хибридне).

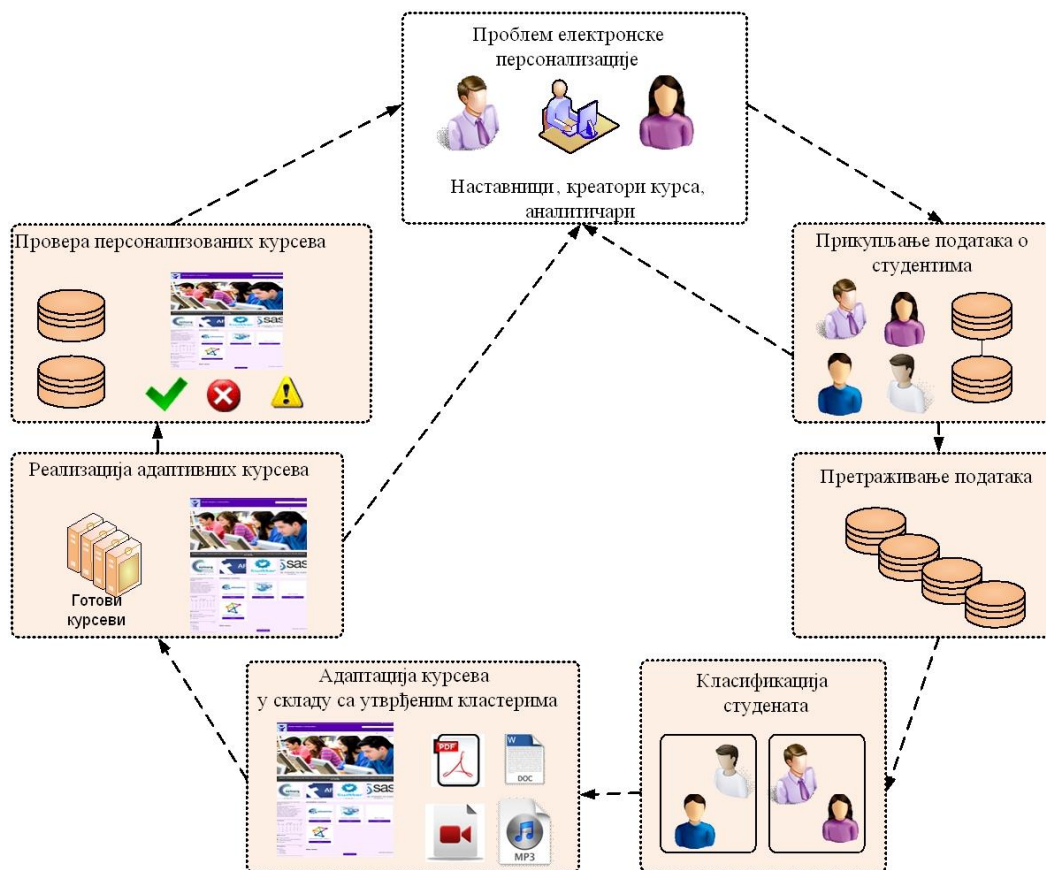


Слика 2. Топологија приступа персонализације
(Gao et al., 2010)

2.2.3 Пројектовање адаптивних система за електронско учење

Адаптивни системи електронског учења се састоје од више компонената. Те компоненте су (Shute & Towle, 2003): доменски модел, модел студента, модел интерфејса и адаптивни механизам. Доменски модел садржи елементе домена везане за знања, вештине и њихове структуре или међузависности. Модел студента садржи информације о студенту, као што су преференције за текстуалне или визуелне информације, демографски подаци и информације о знању о одређеној теми. Модел интерфејса прати повезаност модела студента и модела садржаја како би се утврдило познавање концепата студента. То значи да модел интерфејса одређује колико је студент близу циљном нивоу стручности после завршене активности учења. Адаптивни механизам је алгоритам који интегрише информације из претходних модела како би се одабрао одговарајући садржај учења

који се представља студенту. Процес пројектовања персонализованог система за електронско учење састоји се из седам корака приказаних на слици 3:



Слика 3. Пројектовање персонализованог система за електронско образовање (Radenković, Despotović, Bogdanović, & Barać, 2009)

2.2.4 Адаптивни едукативни хипермедијални системи

Адаптивна хипермедија (енг. *AH - Adaptive Hypermedia*) је правац истраживања који комбинује резултате у областима хипермедијалних система и моделирања студента. Адаптивни хипермедијални системи изграђују модел циљева, преференција и нивоа знања студента. Ови системи користе креирани модел са циљем прилагођавања потребама студената. Специфичност адаптивног система је постојање експлицитног модела студента који обухвата његово знање, циљеве, карактеристике и интересовања. Уз помоћ адаптивне хипермедије могуће је изабрати и презентовати наставни садржај на основу меморисања и анализе интеракције студената са системом која се бележи у моделу студента (De Bra, Smits, & Stash, 2006). Важна карактеристика ових система је могућност сортирања,

наглашавања или сакривања линкова ка веб страницама, библиотекама, академским базама података, итд. Дизајн адаптивних хипермедијалних система је сложенији од дизајна стандардизованог образовног хипермедијалног система (Brusilovsky, 2003). Поред структурирања хиперпростора и креирања страница са наставним садржајем, приликом дизајнирања адаптивног хипермедијалног система потребно је да се структурира простор знања и дефинишу везе између простора знања и хиперпростора образовног материјала.

Према истраживањима аутора (Brusilovsky, 2012) развој *AEH* је текао у три фазе. У првој фази развијени су интелигентни туторски системи и едукативни системи који су се адаптирали студентима. У другој фази је развој *AEH* убрзан, а главни покретачки фактор је био концепт персонификације. Трећа фаза је имала за циљ да се развијене технике адаптације имплементирају у стандардне образовне процесе. На основу анализе истраживачких радова направљен је преглед технолошких трендова и приступа везаних за адаптивне образовне хипермедијалне системе који су подељени у седам категорија (Somyürek, 2015): стандардизација (развој скупа широко прихваћених и повезаних функционалности са циљем да се инструкциони контексти учине компатибилним, интероперабилним и поново употребљивим), технологије семантичког веба (технологије које нуде методе формализовања и дељења знања), модуларни приступ (омогућава флексибилност, индивидуалност, размењивост и проширивост система), откривање знања у подацима (технике које се користе за изградњу разумљивих структура путем анализирања велике количине података), технике машинског учења (неуронске мреже, фази логика (енг. *fuzzy logic*) и Бајесови класификатори), друштвене мреже и адаптација према типу уређаја (мобилни телефони, таблети, лаптопови и други уређаји).

2.3 Моделирање студента

Персонализација система за електронско учење се постиже коришћењем профила студената чинећи их више фокусираним на захтеве и потребе студената. Моделирање студента је процес којим адаптивни систем за електронско учење креира и ажурира модел студента прикупљањем података из више извора било имплицитно (посматрањем понашања студента) или експлицитно (директним захтевом од студента) (Barać, Bogdanović, Milić, Jovanić, & Radenković, 2011). Значајна почетна фаза пројектовања, а касније и имплементације модела студента,

је избор одговарајућих карактеристика студента које треба размотрити и временом анализирати. Модел студента треба да узме у обзир и зависне и независне карактеристике студента. Неке од тих карактеристика су статичне (имејл, старост, говорни језик, итд.), док су друге динамичке. Статичне карактеристике се дефинишу пре процеса учења, у већини случајева користе упитник и обично остају непромењене током читавог процеса учења (одређени подаци се могу мењати директно од стране студената преко расположивог менија са опцијама). Динамичке особине студента произилазе директно из интеракције студента са едукативним системом и систем их непрекидно ажурира током процеса учења у зависности од прикупљених података.

Подаци које систем бележи се могу поделити у три категорије (Klasnja-Milićević, Vesin, Ivanović, & Budimac, 2011): лични подаци (име, датум рођења, адреса, пол, искуство и друго), подаци о учинку (когнитивни стил, стечене вештине, могућност закључивања, колаборативне особине итд.) и историја учења (ниво знања, неопходна предзнања, информације о лекцијама и тестовима, итд.). Пет корисних функција добијених приликом посматрања студената су: знање, интересовања, циљеви, историја учења и индивидуалне особине студената (Brusilovsky & Millan, 2007). У табели 1 дат је приказ уобичајених карактеристика које се узимају у обзир при моделирању студента.

Према истраживању аутора (Chrysafiadi & Virvou, 2013) приступи моделирања студента су: метод преклапања, модел стереотипа, модел заблуда студента, технике машинског учења, когнитивне теорије, модел базиран на ограничењима, Бајесове мреже и моделирање студента засновано на онтологијама. Последњи модел се примењује све чешће јер онтологије омогућавају представљање апстрактних појмова и својстава тако да се могу поново користити и проширити у апликационим контекстима. Неке од предности овог типа моделирања су: формална семантика, лако поновно коришћење, доступност ефикасних алата за дизајн и аутоматска серијализација у формат који је компатибилан са популарним механизмима за логично закључивање. Осим тога, употреба метаподатака и онтологија олакшава изградњу мрежа великих размера машински читљивих и машински разумљивих знања и олакшава поновну употребу и интеграцију едукативних ресурса и сервиса.

Табела 1. Најчешће коришћене карактеристике приликом моделирања студента (Martins, Faria, de Carvalho, & Carrapatoso, 2008)

Модел	Профил	Карактеристике	Опис
Доменски независан модел	Генерички профил	Личне информације	Име, имејл, шифра, итд.
		Демографски подаци	Годиште и друго
		Академска историја	Техничке или економске науке и друго
		Квалификације	Сертификати и друго
		Знање	Скуп знања преведен у концепте
		Недостаци - визуелни или други	Види добро, користи наочаре итд
		Домен апликације	Локализација студента
	Психолошки профил	Наследне карактеристике	Креирање стереотипа ради класификације студента
		Стил учења	Дефиниција стила учења
		Когнитивни капацитети	
Доменски зависан модел		Тип личности	Психолошки профил (интровертан, екстровертан, активан, итд.)
		Наследне карактеристике	Креирање стереотипа ради класификације студента
		Циљеви	Упитници уз помоћ којих се утврђују циљеви употребе система
		Планирање	
		Комплетан опис навигације	Региструје се свака посета страницама
		Прикупљено знање	Скуп знања преведен у концепте
		Резултати испитивања	Подаци о тестовима, вежбама, итд.
		Модел контекста	Подаци везани за окружење у којем студент ради (резолуција, итд.)
		Способности	Дефинисање способности и капацитета употребе система
Интересовања	Дефинисање интересовања појединца са циљем да се прилагоди навигација и садржај		
Продужетак рока	Дугачак, кратак или нормалан назначени период		

2.3.1 Спецификације структуре модела студента

У едукативним системима модел студента је представљен у разноврсним стандардима, синтаксама и семантици. Модел студента може садржати недовољно информација о студенту, што проузрокује проблем познат под именом хладан старт (енг. *cold start*). Постоји јасна потреба да се модели студената размењују између едукативних система како би се повећао број информација о студенту (Ghorbel, Zayani, & Amous, 2015)(Aroyo et al., 2006)(Varlamis et al., 2006). Са циљем да се идентификују подаци о студенту који су важни за персонализацију учења, дефинисане су спецификације структуре модела студента и типови података које модел студента треба да садржи. На овај начин се превазилази проблем интероперабилности, што омогућава заједничку употребу и размену података

између едукативних система без обзира на разлике у погледу језика, корисничког интерфејса и извршних платформи. Два у пракси најчешће коришћена стандарда који се односе на спецификацију модела студента су:

- IEEE Public And Private Information (енг. *IEEE P1484.2.1/D8 Public and Private Information for Learners*) (*PAPI Learner*, 2001) – приказује спецификацију синтаксе и семантике модела студента које описују знање/способности студената;
- IMS Learner Information Package (*IMS LIP*, 2003) - односи се на размену података везаних за информације о студентима између система који подржавају електронско учење.

PAPI Learner стандард наводи шест типова информација о студенту: лични или контакт подаци, подаци о повезаности са другим корисницима, безбедност, преференције, перформансе студента и подаци о портфолију студента. Скупови информационих елемената у свакој од категорија се могу проширити. Неки од елемената утврђених овим стандардом су обавезни, док су други изборни или се појављују условно у информацијама о студенту. Предност наведене спецификације су скалабилност, флексибилност, пружање подршке за учење на структуриран и детаљан начин, док је недостатак непостојање категорије циљева која је битна са аспекта праћења напредовања студента током времена. Праћење интеракција студената са системом није подржано овом спецификацијом што представља други недостатак. Поред наведеног, *PAPI Learner* стандард нуди велики избор повезивања са другим апликацијама, што је у пракси убрзало ширење примене ове спецификације (Paramythis & Loidl-Reisinger, 2004).

IMS Learner Information Package стандард омогућава записивање и управљање карактеристикама студената као што су: историја учења, циљеви, напредак, достигнућа и нивои знања из предметне области. Ова спецификација омогућава размену информација о студентима између система различитих функционалности, бави се ангажовањем студента у складу са искуством учења и откривањем могућности учења за студенте. Информације о студенту могу бити дистрибуиране на различитим серверима, док се иста информација о студенту може делити између више система. Информације о студенту у оквиру *IMS LIP* спецификације подељене су у следећих једанаест категорија: идентификација, циљеви, квалификације,

сертификати и лиценце, активности, транскрипти, интересовања, компетенције, чланство, могућност приступа, сигурносни кодови и лозинке и релације. Ове структуре података могу укључивати рекурзивну подструктуру нижег нивоа информација о студенту. Свака рекурзивна подструктура може укључивати било коју од наведених категорија на нижем нивоу информација. Атомска подструктура је најнижи ниво за који постоји одговарајући тип садржаја, док се свака од структура може појавити онолико пута колико је потребно унутар структуре информација о студенту. Поред наведених категорија, *IMS LIP* стандард наводи структуре података који описују права приступа у вези са информацијама о студенту сачуваних у оквиру информационог система и протокол за размену порука који се користи за размену информација о студенту између система који садрже податке о студенту и других апликација.

Карактеристике *IMS LIP* спецификације су дистрибуција информација, скалабилност, приватност и заштита података, флексибилност и могућност екстерног референцирања. Примена *IMS LIP* спецификације модела студента обезбеђује праћење процеса учења и брзине савладавања нових садржаја, персонализацију процеса учења и откривање нових праваца едукације са аспекта потреба и циљева студента. За структуру података која подржава одређену категорију, спецификација дефинише поља у која могу бити смештени подаци о студенту (као што су име студента, његов/њен циљ учења, преференца за одређену врсту технологије и друго), и врсту података који се могу сместити у ова поља. *IMS LIP* модел студента садржи много детаљнију спецификацију података о студенту, али се робусност и комплексност модела одражава на цену у фази имплементације и коришћења система.

Применом ових спецификација у пракси нису превазиђени сви проблеми моделирања информација о студентима и примене модела студента у системима за електронско учење. За ове системе је неопходно обезбедити динамичко праћење промена модела студента. У пракси се у последње време у значајној мери примењује појам отвореног модела студента (енг. *open student model*) који подразумева да се студентима даје увид у текуће стање њиховог модела и да им се дозвољава да га сами ажурирају током процеса учења.

2.4 Стилони учења

2.4.1 Дефиниција и модели стилова учења

Резултати учења зависе од мотивације студената, времена проведеног на курсевима и индивидуалних особина студената (Rasporović et al. 2014). Многа истраживања стилова учења указују да се процес учења може побољшати узимајући у обзир личне особине студената током креирања и одабира наставног материјала (Klasnja-Milićević et al., 2011)(Peter, Bacon, & Dastbaz, 2010). Током процеса учења студенти исказују различите карактеристике. Неки студенти имају тенденцију да се фокусирају на чињенице, податке и процедуре и њима одговара коришћење теорија и математичких модела као објеката учења. Неки боље разумеју наставни материјал уколико користе визуелне информације (слике, видео фајлове или дијаграме), док други боље усвајају градиво уз помоћ вербалних или писаних информација. Омогућавање наставницима да познају стилове учења студената и студентима да буду свесни сопствених стилова учења, повећава разумевање процеса учења, што доприноси бољој подршци и представља велики потенцијал за побољшање процеса наставе и учења (Graf, Kinshuk, & Liu, 2009).

Дефиниције стила учења се углавном фокусирају на начин учења. Према Флемингу (Fleming, 2001), термин "стил учења" представља префериран начин прикупљања, организовања, и размишљања о информацијама појединца. Односи се на психолошке, когнитивне и афективне домене интеракције са окружењем за учење. Према другој дефиницији, термин "стил учења" се односи на концепт који појединци разликују у односу на режим наставе и учења који њима највише одговара (Pashler, McDaniel, Rohrer, & Bjork, 2008).

Разни модели стилова учења се примењују у пракси, а као најзаступљенији су се показали Фелдер-Силверман модел (R. Felder & Silverman, 1988), Колбов модел (Kolb, 1984), VARK (Fleming, 1995), Мајерс-Бригсов модел (Myers, McCaulley, & Most, 1985), Хани и Мамфорд модел (Honey & Mumford, 2000) и други. Статистичку заступљеност употребе модела стилова учења су у истраживању спровели аутори (Özyurt & Özyurt, 2015) и установили да се у пракси углавном примењују Фелдер-Силверман, Колбов и VARK модел стилова учења. Модели стилова учења се разликују у фокусу и садржају, али имају и одређена поклапања. У неким случајевима се може користити јединствени модел стилова учења (енг. *ULSM* -

Unified Learning Style Model) који укључује карактеристике студента из разноврсних модела стилова учења (Popescu, Trigano, & Badica, 2007). Поред јединственог модела стила учења, може се користити и комбиновани модел (Осерек, Bosnić, Nančovska Šerbec, & Rugelj, 2013). Код примене овог модела наилази се на проблем попуњавања већег броја упитника што може бити оптерећујуће за студенте. Из свега наведеног проистекли су бројни типови стилова учења који се сврставају у пет категорија (Coffield, Moseley, Hall, & Ecclestone, 2004):

- Конституционални, који укључују визуелне, аудитивне, кинестетичке и тактилне (БАКТ) - Dunn and Dunn, VARK и други.
- Когнитивна структура која укључује образац способности - вишеструка интелигенција.
- Релативно стабилни тип личности - Мајерс Бригсов тип личности.
- Флексибилно стабилне преференције за учење – Колбов модел стилова учења, Фелдер-Силверман модел стилова учења и други.
- Приступу учењу, стратегије, оријентације и концепције учења - нпр. Вермонт.

Стил учења се може користити и као показатељ потенцијалних резултата учења (Sun et al. 2008). Системи за електронско учење су се показали ефикаснијим код студената са дефинисаним стилем учења. Аутори (E. Y. Huang, Lin, & Huang, 2012) су показали да су студенти са сензорним стилем учења чешће приступали онлајн страницама и дуже се задржавали на њима у односу на студенте са другим стилима учења, што је водило ка бољим резултатима учења. Истраживање које је спровела (Chen, 2015) је показало да су активисти и прагматичари (Колбов модел) имали боље резултате у односу на мислиоце и теоретичаре, док су према (Sakiroglu, 2014) активисти и мислиоци имали боље резултате. Анализом друштвених мрежа је установљено да студенти са активним стилем учења имају више интеракција са другим студентима у току похађања електронских курсева, размена мишљења и дискутовања о проблемима, док рефлексивни студенти имају тенденцију да се самостално преиспитују током похађања електронских курсева (Cela, Sicilia, & Sánchez-Alonso, 2015).

Одређени број теорија у овој области сматра да је пожељно да се студентима нуде наставни материјали који нису у складу са њиховим стилем учења, јер се на тај

начин подстиче креативност, док је процес учења динамичнији и интересантнији. Постоје теорије које сматрају да овај приступ не би требало примењивати јер може бити штетан за студенте, док се неки аутори залажу за повремено учење које није у складу са стилем учења студента (Franzoni & Assar, 2009).

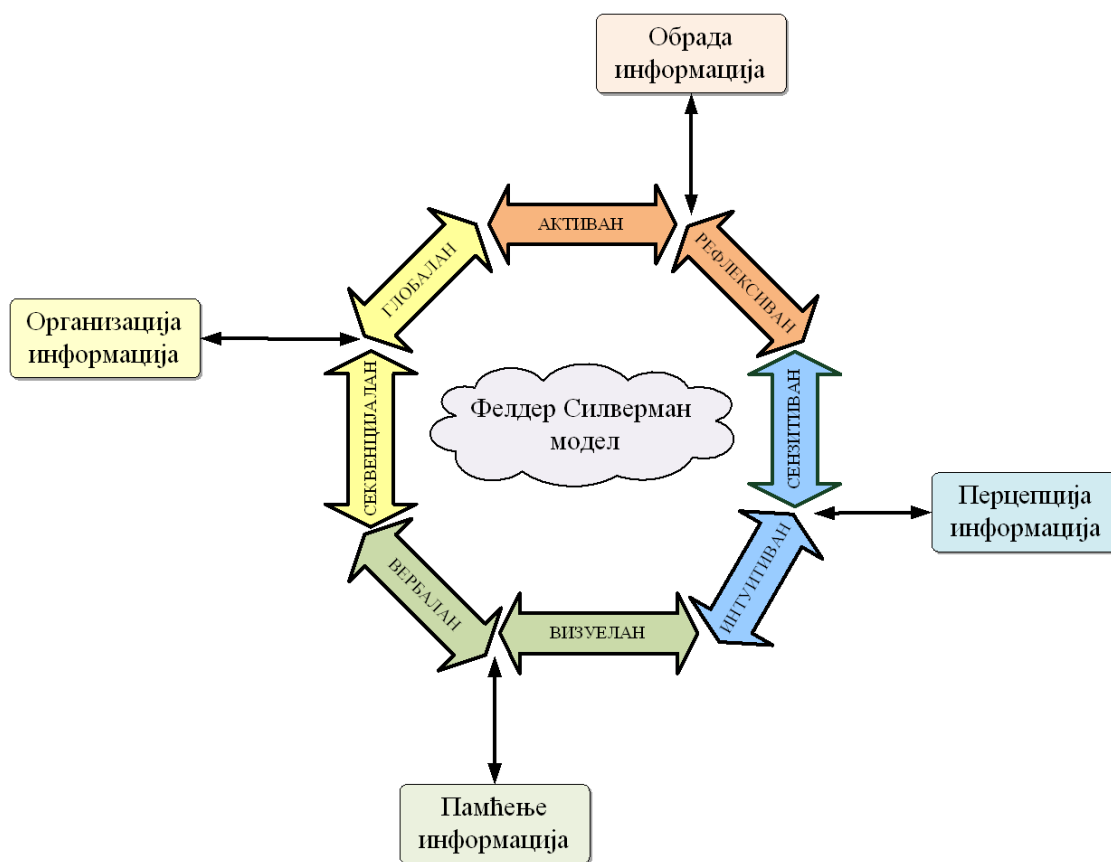
2.4.2 Фелдер-Силверман модел стилова учења

Фелдер-Силверман модел (*FSLSM*) се користи као преферирани модел стилова учења, нарочито у истраживањима везаним за електронско учење. Овај модел стилова учења је заснован на димензијама које пружају неопходне информације за потребе адаптације едукативних система (Alfonseca, Carro, Martín, Ortigosa, & Paredes, 2006). Састоји се од четири димензије са по два стила учења у свакој од њих (слика 4): димензије перцепције информација, димензије обраде информација, димензије модалитета улаза и димензије разумевања информација. Предност примене Фелдер-Силверман модела је употреба "клизних" скала које на богатији и флексибилнији начин подржавају класификацију стила учења од биполарних модела. Обезбеђено је поуздано и проверено средство за евалуацију добијених резултата (R. M. Felder & Spurlin, 2005). Стил учења према FSLSM моделу се може одредити применом упитника (енг. *Index of Learning Styles - ILS*) (R. Felder & Solomon, 1999), који обухвата анкету од четрдесет и четири питања, по једанаест питања за сваку димензију учења. Упитник покрива четири димензије учења и по два стила учења у оквиру сваке димензије. На основу броја одговора на питања из сваке групе одређује се стил учења студента (Graf, Viola, Leo, & Kinshuk, 2007) који се користи као иницијални стил учења. Карактеристике студената који припадају стилу учења у оквиру четири димензије Фелдер-Силверман модела су:

- Активни/рефлексивни (обрада информација) - Активни студенти сматрају да су разумели информацију ако су дискутовали о њој, применили је или покушали да је објасне другим студентима. Рефлексивни студенти радије размишљају о проблему пре заузимања практичног става.
- Сензорни/интуитивни (перцепција информација) - Сензорни студенти би требало да уче путем задатака који се односе на проблеме и чињенице који би могли бити решени добром применом метода, без неочекиваних ефеката. Овај стил учења се односи на студенте који су склони памћењу детаља, добром меморисању чињеница и практичних примена. Насупрот томе, интуитивни

студенти имају за циљ да самостално открију алтернативне могућности и односе, склони су раду са апстракцијама и формулама, што им омогућава да разумеју нове концепте и да брзо и иновативно обављају нове задатке.

- Визуелни/вербални (памћење информација) - Визуелни студенти без тешкоћа тумаче слике, дијаграме, графиконе или филмове. Процеси учења вербалних студената су вођени писаним или говорним објашњењима. Овај стил учења се највише примењује у формалном образовању.
- Секвенцијални/глобални (организација информација) - Секвенцијали студенти организују њихов процес учења логично, сукцесивним низом корака, од којих се сваки корак односи на потрагу за решењима. Процес учења глобалних студената одликује се случајним скоковима. Често су у стању да реше комплексан проблем, иако не знају како су дошли до решења.



Слика 4. Фелдер-Силверман модел стилова учења

2.4.3 Утврђивање стилова учења

Према неким теоријама, стил учења се не мења у току учења, док је према другим теоријама неопходно константно праћење студента током времена како би се утврдило одступање од иницијалног стила учења. У студији аутора (Özyurt & Özyurt, 2015) дата је статистичка анализа коришћених метода за одређивање стила учења попут пописа стилова учења, теста знања, онлајн упитника, коришћења системског лога, интервјуа и других. Најједноставнији начин за одређивање стила учења је попуњавање упитника. Овај метод захтева најмање труда од наставника, али има неколико недостатака (Popescu, 2009): неки од мерних инструмената који се користе нису потпуно доследни, није могуће извршити анализу поузданости или одредити валидност добијених резултата, захтева велики труд од студента јер упитници могу бити обимни и недовољно јасни, студенти могу погрешно одговорити на нека питања или их прескочити, питања могу бити сугестивна, тешко је мотивисати студенте да одговоре на упитник, резултати добијени иницијалним попуњавањем упитника се касније не могу мењати.

Поред попуњавања упитника, постоје два приступа за аутоматско одређивање стила учења: приступ заснован на подацима и приступ заснован на литератури. Ови приступи не захтевају од студената да утроше време на попуњавање упитника и омогућавају праћење промена у стиливима учења (Dung & Florea, 2012). У методе везане за први приступ спадају Бајесове мреже (García, Amandi, Schiaffino, & Campo, 2007), скривени Марковљеви модели и стабла одлучивања (Cha et al., 2006). Ове методе користе узорке података како би се на основу понашања студента изградио модел студента који замењује упитник за идентификовање стилова учења. Предност таквог приступа је прецизно дефинисање модела студента услед коришћења реалних података, али искључиво зависи од количине расположивих података о студенту. Такође, прикупљање квалитетног скупа података може бити отежано јер су подаци разбацани по разним електронским курсевима.

Други приступ је заснован на праћењу понашања студента приликом интеракције са системом за електронско учење. Идеја овог приступа базирана је на коришћењу образаца понашања студента у циљу добијања информација о преференцијама везаним за стил учења и примени метода одлучивања за одређивање стила учења на основу шаблона интеракција студената са системом. Овај приступ је сличан

методи која се користи за израчунавање стилова учења применом упитника. Разлика је у томе што је наведени приступ генерички и примењив за податке прикупљене из било ког електронског курса. Са друге стране, проблем може представљати процена значаја прикупљених информација које се користе за одређивање стила учења. Развоју овакве концепције потпуно аутоматизованог и динамичког одређивања стила учења је допринело истраживање које су спровели Граф и остали аутори (Graf, Kinshuk, & Liu, 2008). Методе праћења понашања студента у циљу одређивања стила учења примењене су у више истраживања аутора (Paredes & Rodriguez, 2004)(Popescu, Bădică, & Trigano, 2007)(Özpolat & Akar, 2009). За одређивања патерна понашања студената се могу користити индикатори као што су број посета објектима учења или време проведено на њима (D. Li, Xu, Li, & Wang, 2016)(Khan, Graf, Weippl, & Tjoa, 2009).

2.5 Методе адаптације

2.5.1 Адаптација заснована на објектима учења

За разлику од традиционалног образовања где предметни наставници имају главну улогу у наставном процесу, код електронске наставе ту улогу имају наставни материјали као носиоци нових знања и вештина. Процес израде наставних материјала за системе електронског образовања је комплексан задатак, поготово ако је циљ да се искористе предности ових система у погледу персонализације садржаја. Припрема наставних материјала се састоји од четири корака: анализе, дизајнирања, развоја и евалуације. Да би се наставни материјали искористили на оптималан начин, неопходно је у току дизајнирања и развоја примењивати стандарде и спецификације које су наведене у поглављу 2.3.1. Тиме се постиже интероперабилност и вишеструка употреба наставних материјала. Информације о студенту, међу којима се налази и стил учења, налазе се у моделу студента. Сваки тип објекта учења се може припремити на одговарајући начин тако да је примењив за студенте који припадају стилу учења који је смештен у моделу студента. Када се ради о адаптацији према стилу учења, смернице за израду наставних материјала су дате у радовима аутора (Bogdanović, 2011)(Barać, 2011)(Graf, 2005) и приказане су у наставку текста, док су препоруке за развој наставних материјала за

персонализацију према стиловима учења дате у истраживањима (A. Latham, Crockett, & McLean, 2014)(Despotović-Zrakić et al., 2012) и приказане у табели 2.

- За глобални стил учења пожељно је да наставни материјал буде повезан и чини јединствену целину са наставним материјалима са претходних курсева које је студент похађао. Препоручује се коришћење линкова које омогућава успостављање везе са претходним градивом и обезбеђује додатне информације.
- За секвенцијални стил учења пожељно је сакрити горе поменуте линкове.
- За визуелне, активне и сензитивне студенте пожељно је коришћење мултимедијалних објеката учења као додатак текстуалном садржају.
- За сензитивни и интуитивни стил учења требало би балансирати количину информација (чињеница, података, експерименталних резултата) и апстрактних концепата (принципи, теорије, модели).
- За сензитивне и активне (али и интуитивне и рефлексивне) студенте пожељно је балансирати материјале који наглашавају практични приступ решавању проблема и фундаментално разумевање.
- За сензитивни и интуитивни стил учења требало би раздвојити примере и илустрације. За сензитивни стил се користе примери из реалног света са доста детаља, док се за интуитивни стил користи генерализација.
- Приликом презентације теоријских материјала требало би пратити научни метод и прво приказати примере концепата које теорија описује, а затим приказати модел. На крају треба приказати како теорија и модел могу да буду валидирани. За сензитивни стил се приказују примери примене теорије, а за интуитивни механизми закључивања.
- У току вербалне презентације треба користити слике, шеме, графове и скице.
- За активне студенте би требало омогућити учешће у демонстрацијама концепата и експериментима.
- За рефлексивне студенте је добро да им се омогући време да размисле о испредаваном градиву.
- За активне студенте пожељно је коришћење *brainstorming* технике групног решавања проблема и колаборативно учење.

Табела 2. Припрема објеката учења према стиловима учења

Тип објекта учења	Стил учења	Начин припреме наставног материјала
Презентације	Активни	Презентација садржи задатке за студенте.
	Рефлексивни	Презентација садржи теме за размишљање.
	Секвенцијални	Материјал је приказан коришћењем методе од дна према врху.
	Глобални	Материјал је приказан коришћењем методе од врха према дну.
	Визуелни	Презентација садржи слике и видео клипове, мање текста.
	Вербални	Презентација садржи текст и интегрисани звук.
	Сензитивни	Материјал је презентован путем примера и чињеница.
	Интуитивни	Материјал је презентован путем примене концепата.
Књиге, скрипте	Активни	Књига садржи скуп задатака.
	Рефлексивни	Књига је скуп одвојених целина.
	Секвенцијални	Општа слика је дата у последњем поглављу књиге.
	Глобални	Општа слика је дата у првом поглављу књиге.
	Визуелни	Књига садржи доста слика, графова и илустрација.
	Вербални	Књига садржи неопходне слике, графове и илустрације.
	Сензитивни	Материјал је презентован путем примера и чињеница.
	Интуитивни	Материјал је презентован путем примене концепата.
Домаћи задаци, радионице	Активни	Од студента се тражи да покуша и направи нешто.
	Рефлексивни	Од студента се тражи да размишља и напише своје мишљење.
	Секвенцијални	Задатак се обавља путем извршења серије предефинисаних корака.
	Глобални	Задатак се решава применом општег решења.
	Визуелни	Приказ решења у форми мултимедије.
	Вербални	Приказ решења у форми текста.
	Сензитивни	Од студента се тражи да покуша и направи нешто.
	Интуитивни	Од студента се тражи да размишља и напише своје мишљење.
Тестови	Активни	Питања типа "Шта бисте ви урадили?".
	Рефлексивни	Питања типа "Шта мислите о?".
	Секвенцијални	Редослед питања на тесту одговара редоследу наставног материјала.
	Глобални	Мањи број питања на тесту
	Визуелни	Питања типа "Шта је на слици?".
	Вербални	Питања у форми текста.
	Сензитивни	Одговор на питање је податак или чињеница.
	Интуитивни	Одговор на питање није експлицитно наведен у наставном материјалу.

Moodle представља погодан *LMS* за примену адаптације засноване на објектима учења из следећих разлога: наставници и студенти могу приступати курсевима са више локација, исти објекти учења се могу користити у неколико електронских

курсева истовремено, приказ објеката учења може зависити од контекста примене, подржан је *SCORM* стандард што за последицу има да се могу користити објекти учења дефинисани у другим алатима, објекти учења су смештени у спољашњим репозиторијумима, грануларност објеката учења дефинише наставник, могу се користити различите активности и формати објеката учења.

2.5.2 Адаптација заснована на стиливима учења

Начин на који студенти примају и обрађују информације зависи од њихових индивидуалних карактеристика. Стил учења студената, као једна од индивидуалних карактеристика студената, зависи од њихових навика, потреба, приступа учењу, когнитивних карактеристика и других особина. Те особине утичу на резултате учења, задовољство и мотивацију студената приликом учења. Начин презентације наставног материјала је важан фактор који даје боље резултате уколико се поклапа са утврђеним стилем учења студента. Постоје три стратегије које се могу применити док студенти похађају електронски курс. Прва стратегија подразумева да се студенти форсирају да уче у складу са сопственим стилем учења. Друга стратегија подразумева да се студенти форсирају да уче у супротности са стиливима учења којима припадају, а трећа стратегија подразумева да студенти могу самостално да одлуче којим стилем ће учити. Последњи избор је субјективан и због тога није оптималан. У претходном делу текста је поменуто да се оптимални резултати постижу уколико се наставни материјал прилагоди утврђеном стилу учења студента, па је у дисертацији изабрана прва стратегија, с тиме што се користе и упитник и праћење понашања студента приликом интеракције са системом за електронско учење.

2.5.2.1 Повезаност активности студента у *Moodle* систему и стилова учења

Активности студента током учења на даљину могу се употребити за утврђивање стила учења. У раду аутора (Khan et al., 2009) откривање стилова учења се обавља континуираним праћењем образаца понашања студента (енг. *patterns of behavior*) у току процеса учења који указују на склоност ка утврђеном полу у оквиру димензије учења. Елементи за одређивање образаца понашања студента које су наведени аутори пратили су: време проведено у учењу/читању сваке активности, тј. садржаја, време проведено у учењу/читању садржаја који садрже график/дијаграм, време

проведено у решавању вежби, број нетачних одговора у свакој вежби које се односе на графике/дијаграме, број нетачних одговора у свакој вежби, број нетачних одговора у завршној разноврсној вежби, број промена одговора у вежби, број питања без одговора у свакој вежби по сесији, број независних сесија рада са системом, број решених вежби, број посета садржају/прегледу градива, број покушаја да се одговори на питања у вежби (секвенцијално/насумице), број прескакања страница/слајдова секције садржаја, број кликова мишем током коришћења интерфејса, учесталост тражења помоћи и савета. Смернице за детекцију стила учења су:

- Активним студентима је потребан мањи број сесија да би завршили процес учења, потребно им је мање времена за завршетак читања/учења садржаја у поређењу са временом које им је потребно за решавање вежби, ретко и не превише упорно траже помоћ и савете и карактерише их велики број извршених вежби. Рефлексиивни студенти преферирају да раде самостално, слабије уче уколико немају времена да размисле о презентованим информацијама и проводе више времена у учењу/читању садржаја.
- Тенденција ка сензитивном стилу може се уочити на основу броја прегледа теме/садржаја, броја мењања одговора у току вежбе и времена проведеног у решавању вежбе. Интуитивни студенти имају тенденцију да не ревидирају своје тестове/процене знања. Студенти који припадају овој категорији имају висок број решених вежби и мало времена проводе на решавању вежби.
- Студенти са визуелним стилем учења проводе мање времена током учења/читања садржаја који садржи слике/дијаграме и постижу добре резултате на вежбама које садрже питања која се односе на такве садржаје. Студенти са вербалним стилем учења показују супротне обрасце понашања и постижу добре резултате на тестовима са питањима која се односе на текстуални садржај.
- Студенти са секвенцијалним стилем учења не прескачу странице/слајдове током процеса учења и одговарају на питања редоследом којим су понуђена. Студенти са глобалним стилем учења воле да погледају преглед садржаја како би стекли утисак о градиву, прескачу странице/слајдове током процеса учења и не одговарају на питања по неком установљеном редоследу.

Сличне методе праћења активности студента током извршавања задатака (трајање сесије, број кликова на чет, форум, имејл, речник, претрагу, број кликова на опције за навигацију, број кликова на стрелице за навигацију, број посета вежбама, број посета лекцији, број посета лекцији по сесији, резултати вежби, време проведено на вежбама, број одговора на лака, средње тешка и тешка питања, итд.) је користио Реџа у свом раду (Реџа, 2005). Као показатељ којем стилу учења припада студент могу се користити и подаци који се добијају приликом полагања тестова, тј. увидом у тип питања на који студент даје погрешан одговор и начин на који тражи помоћ (А. М. Latham, 2011). Граф је у свом раду (Graf et al., 2009) приказала обрасце понашања карактеристичне за сваки стил учења и дефинисала граничне вредности које се могу користити за детекцију стила учења. У радовима (D. Li et al., 2016)(Ahmad & Shamsuddin, 2010)(Fouad, 2012) су коришћене сличне методе за ажурирање стила учења студента путем праћења активности студента у окружењу за учење на даљину и дате су граничне вредности које се могу користити за број посета ресурсима и време проведено на њима. Граничне вредности нису стриктно дефинисане, већ се могу кориговати током времена.

2.5.2.2 Повезаност објеката учења из Moodle система и стилова учења

У Moodle систему подржан је широк опсег активности и материјала за учење, функционалности, сервиса и компоненти за интеграцију са другим едукативним системима. Могућности адаптације система су велике и зависе од концепата и технологија примењених у оквиру система. За адаптацију система према стилу учења студента битне су релације између наставног садржаја (објеката учења) доступних у Moodle систему и стилова учења студента. Те релације су дефинисали аутори (Radenković et al., 2009)(A. Latham et al., 2014)(Barać, Bogdanović, & Damjanović, 2008)(Despotović-Zrakić et al., 2012). У табели 3 је дат приказ веза између стилова учења и категорија материјала за учење, док је у табели 4 дат приказ веза између стилова учења и типова ресурса. У наведеним табелама је приказано које активности треба форсирати за студента у односу на његов стил учења и које материјале студенту треба приказивати.

Табела 3. Везе између стилова учења и категорија материјала за учење

(A. Latham et al., 2014)

Категорија материјала за учење	Стил учења којем одговарају материјали
Уводна предавања и преглед градива	Сензитивни, секвенцијални, глобални
Текстуална објашњења	Интуитивни, вербални, рефлексивни, секвенцијални
Објашњења - сажети и хиперлинкови	Интуитивни, глобални
Практични примери	Сензитивни, активни, секвенцијални
Практичне вежбе	Активни, секвенцијални
Графике - видео, слике, дијаграми	Интуитивни, визуелни
Вербални - филмови и звучни записи	Вербални
Визуелне демонстрације	Визуелни
Дискусионе скрипте - објашњења, питања, савети	Сензитивни, вербални, активни

Табела 4. Везе између стилова учења и типова ресурса

(Borges & Stiubiener, 2014)

Активности	Сензитивни	Интуитивни	Визуелни	Вербални	Активни	Рефлексивни
Вежба			✓		✓	
Симулација			✓		✓	
Упитник		✓		✓		✓
Дијаграм	✓			✓		
Илустрација	✓			✓		
График	✓			✓		✓
Речник	✓			✓		✓
Слајд	✓		✓		✓	✓
Табела	✓		✓		✓	✓
Текст		✓		✓		✓
Испит					✓	
Експеримент					✓	
Поставка проблема		✓			✓	✓
Самостална евалуација знања						✓
Лекција		✓				✓

3 СЕМАНТИЧКИ ВЕБ У ЕЛЕКТРОНСКОМ ОБРАЗОВАЊУ

3.1 Технологије семантичког веба у електронском образовању

3.1.1 Појам и дефиниција семантичког веба

Термин семантички веб (енг. *Semantic Web*) представља проширење постојеће архитектуре веба којим се побољшава квалитет обogaћивањем садржаја формалном семантиком. Семантички модели података обухватају имплицитно значење података на вебу специфицирањем њихових појмова и веза (Taheriyani, Knoblock, Szekely, & Ambite, 2016). Појам семантичког веба уведен је 2001. године од стране (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001) са циљем да се успостави веб који не само да обезбеђује међусобно повезивање докумената, већ открива значење информација у документима. На тај начин се веб трансформише из низа међусобно повезаних, али семантички изолованих скупова података, у базу за складиштење, манипулацију и претраживање података. Аутори истраживања у области семантичког веба стављају фокус на следеће проблеме: креирање основне архитектуре, развој онтолошких језика, изградњу техника за мапирање података и учење онтологија (Doan, Madhavan, Domingos, & Halevy, 2002). За развој семантичког веба важно је дефинисање стандарда и технологија којима се бави међународна организација за стандардизацију веба W3C (*World Wide Web Consortium*). Постоји више дефиниција семантичког веба:

- Семантички веб се дефинише као веб података, тј. веб који обезбеђује складиштење података, креирање речника и правила за управљање подацима (W3C, 2016);
- Сврха семантичког веба је додељивање формалне структуре и семантике (метаподаци и знање) веб садржајима у циљу ефикаснијег управљања и приступа (Kiryaakov, Popov, Terziev, Manov, & Ognyanoff, 2004);
- Семантички веб је мрежа информација добијених од података преко семантичке теорије за тумачење симбола које имају практичну вредност (Shadbolt, Hall, & Berners-Lee, 2006);
- Семантички веб омогућава заједнички рад веб апликација на синтаксном и на семантичком нивоу (Hendler, 2001).

Семантички веб се може искористити као погодна платформа за имплементацију система за електронско образовање јер обезбеђује развој онтологија, семантичку анотацију (означавање, таговање) материјала за учење, интеграцију семантичких технологија у системе за електронско образовање и испоруку материјала за учење у складу са семантичким стандардима. Примена семантичког веба у домену образовања се заснива на три могућности (Anderson & Whitelock, 2004): могућности за ефикасно складиштење и проналажење информација, могућности интелигентних софтвера за тумачење значења информација и могућности веба за повећање комуникационих способности корисника веба у разноврсним форматима, без ограничења, у погледу простора и времена. Идеја семантичког веба може се реализовати у четири корака (Dadić, Despotović-Zrakić, Bogdanović, & Milutinović, 2013):

- Креирање онтологија домена;
- Серијализација онтологија коришћењем технологија семантичког веба;
- Креирање семантичких тагова за ресурсе на вебу;
- Креирање сервиса семантичког веба.

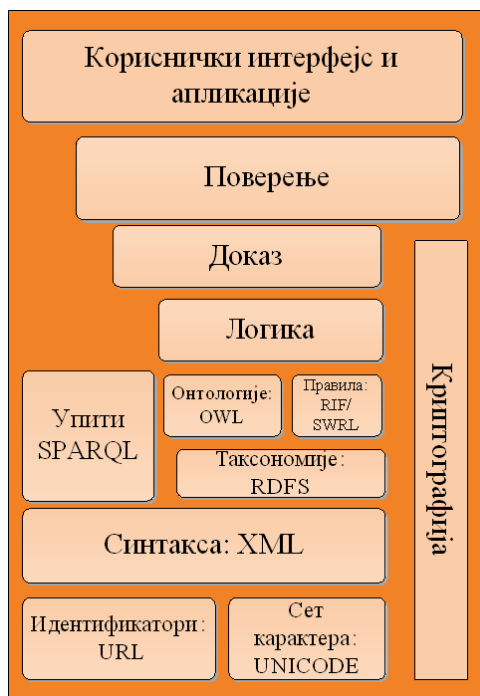
Информације се у семантичком веб окружењу могу организовати на различите начине. Њима се може управљати на два начина:

- Приступ конвертовања информација у *RDF* формат који подржава механизме закључивања и семантичке упите. Такав приступ је скуп и глобални репозиторијуми таквог типа још увек не постоје.
- Традиционални начин који подразумева мапирање концепата у онтологије, с тим што оригинални ресурси остају складиштени у традиционалним базама података. Такав приступ не захтева мењање структуре постојећих система, али захтева имплементацију додатних компоненти. Пример платформи које функционишу по наведеном приступу су *D2RQ*, *Virtuoso* и друге.

3.1.2 Архитектура семантичког веба

Главно обележје архитектуре семантичког веба је слојевита хијерархијска структура. Слојевиту структуру семантичког веба (енг. *layer cake*) предложио је Berners-Lee (Berners-Lee, 2003). Слојевитост архитектуре се огледа у томе што

језици на вишем нивоу структуре могу да користе синтаксу и семантику језика на нижим нивоима. Почетна архитектура је услед развоја области семантичког веба унапређена увођењем два нова слоја (Berners-Lee, 2005). Тиме је акценат стављен на структуру онтологија. На слици 5 је приказана структура семантичког веба.



Слика 5. Архитектура семантичког веба

На првом (најнижем) хијерархијском слоју архитектуре семантичког веба налазе се стандарди за представљање текста – *Unicode* и *URI* (енг. *Uniform Resource Identifier*). *Unicode* обезбеђује стандардизовано представљање знакова, док *URI* обезбеђује идентификацију веб ресурса који нису директно доступни преко рачунарске мреже и апстрактне концепте који физички не постоје. Семантички веб је базиран на дељењу терминологија (описа појмова), што се постиже коришћењем *URI* стандарда (Oren, Möller, Scerri, Handschuh, & Sintek, 2006). Анотацијом се успостављају везе између *URI* стандарда и гради се мрежа међусобно повезаних података. *URI* јединствено именује веб ресурс тако што упућује на адресу на којој се његов опис налази.

На другом слоју архитектуре семантичког веба се налази *XML* (енг. *Extensible Markup Language*) који има улогу у представљању садржаја и структуре података на вебу. Од суштинског је значаја за интероперабилност система и веб апликација. *XML* дефинише скуп правила за кодирање докумената у формату који је људски и

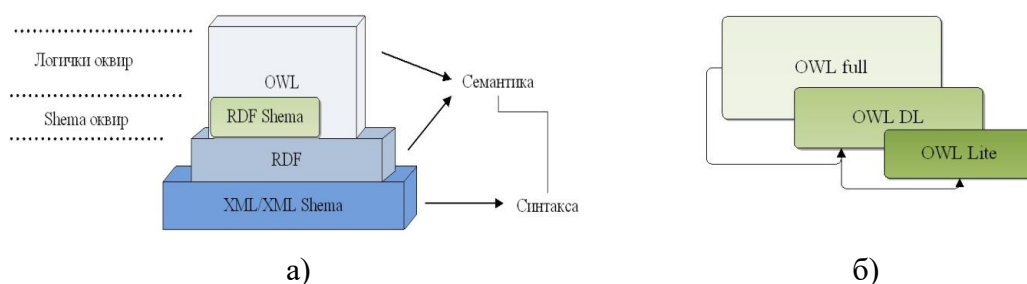
машински читљив. Омогућава корисницима веба да изграде своје документе дефинисањем и додавањем ознака (енг. *tags*). Међутим, ништа у овом слоју не дефинише значење ознака. *XML* може послужити искључиво као транспортни механизам за машинску обраду формата података (Stojanović, Staab, & Rudi, 2001). *XML* омогућава да садржај буде састављен из мањих скупова података у веће који одговарају потребама појединаца или група (Pahl & Holohan, 2004). За *XML* се каже да представља метајезик, јер омогућава дефинисање других језика на вишем нивоу. *XML* синтакса се користи на напредним нивоима архитектуре (*RDF*, *RDFS* и *OWL*) и на тај начин се обезбеђује могућност семантичког претраживања и означавања тј. мапирања података на вебу. *XML* карактеришу оптимизованост, једноставност, интероперабилност, брзина учења и текстуални формати. По структури подсећа на *HTML*, али се може користити за приказивање докумената са слабије уређеном структуром.

Елементи, атрибути појединих елемената докумената и садржај елемента дефинишу се коришћењем *XML* шеме стандарда. *XML* шема дефинише граматику *XML* језика. *XML* шема је *XML* документ, и уколико се *XML* документ поклапа са *XML* шемом, за тај документ се каже да је валидан.

На вишем нивоу архитектуре налази се *RDF* (енг. *Resource Description Framework*) који представља језик за размену података на семантичком вебу. *RDF* се заснива на *XML* синтаксној форми и користи се за обогаћивање садржаја на вебу семантиком. Дизајниран је тако да стандардизује дефинисање и коришћење метаподатака, али је погодан и за сврхе приказивања података. *RDF* обезбеђује имплементацију, дистрибуцију и поновно коришћење структурираних метаподатака (Gašević, 2004). Основни градивни блок *RDF* језика је триплет објекат-атрибут-вредност, који је погодан за дефинисање и приказивање концепата у онтологијама. *RDF* нуди стандардизован и флексибилан оквир за објављивање структурираних података на вебу тако да се: (1) подаци могу повезати, уградити, проширити и поново користити од стране других *RDF* података, (2) хетерогени подаци из независних извора могу аутоматски интегрисати уз помоћ софтверских агената, и (3) значење података може дефинисати помоћу једноставних онтологија описаних у *RDF* језику помоћу *RDF* шеме и *OWL* језика (Hogan et al., 2011).

RDF шема (*RDFS*) има улогу у дефинисању речника за *RDF* податке. Она може да надомести ограничења *RDF* језика у објашњењу значења веб садржаја. *RDF* шема је *W3C* стандард за дефинисање концепата, њихових атрибута и међусобних релација. *RDF* шема обезбеђује речник на бази *XML* језика како би се дефинисале класе, њихове релације и особине и дефинисали речници података (Brickley & Guha, 2004). У пракси се користе заједно *RDF* и *RDFS* речник тј. *RDF* шема. Основна *RDF* шема повезана је за *RDF* префиксом *s*, дефинисана је *namespace* доменом (представља домен који гарантује јединственост идентификатора свих семантички мапираних података) и идентификује се помоћу *URI* адресе <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>.

OWL (енг. *Ontology Web Language*) представља стандардни језик за описивање онтологија који омогућава већу експресивност приликом описивања објеката и њихових веза. *OWL* представља проширење *RDF* шеме а изведен је из *DAML+OIL* онтолошког језика (Jovanović, 2007) што је приказано на слици 6 а). *OWL* онтологија се може посматрати као *RDF* граф који се може представити у облику *RDF* триплета. *OWL* онтологија се може описати уз помоћ сличне синтаксне форме, као и *RDF* шема. Предност *OWL* језика у односу на *RDF* шему је прецизније описивање класа и особина. *OWL* омогућава да се значење атрибута објеката прошири применом карактеристика атрибута и ограничења (Horridge, 2011). Постоје три категорије *OWL* језика (слика 6 б): *OWL Lite* (користи се у случајевима када је потребна класификациона хијерархија са једноставним ограничењима), *OWL DL* (користи се у случајевима када је потребан висок степен експресивности и када је неопходно да се рачунарско процесирање заврши у коначном времену), и *OWL Full* (користи се у случајевима када је потребан максимални степен експресивности, али се не гарантује завршетак рачунарског процесирања у коначном времену).



Слика 6. а) *RDF(S)* и *OWL* б) Категорије *OWL* језика

OWL користи повезивања добијена коришћењем *RDF* како би се омогућила дистрибуираност онтологија у различитим системима. *OWL* омогућава креирање нових онтологија комбиновањем и/или проширењем постојећих и подржава рад механизма семантичког закључивања - софтвер који изводи закључке на основу скупа правила дефинисаних у онтологији и који је базиран на дескриптивној логици (енг. *Description Logic*). Механизми семантичког закључивања се примењују над више мапираних онтологија. Извршавање правила на бази семантике података обавља се у оквиру семантичког окружења.

Да би се описали термини домена и релација података у онтологији, користи се *OWL* речник у којем су садржани *XML* елементи и атрибути. У *OWL* језику се користе особине које повезују објекте са другим објектима и особине које повезују објекте са вредностима типова података. *OWL* омогућава дефинисање додатних ограничења и релација између ресурса (инверзност, асиметричност, симетричност, кардиналност, ограничења домена, унија, пресек и друго). Ограничење *OWL* језика је што није довољан за дефинисање сложених релација између података, па је неопходно увођење семантичких правила (Hsu, 2012).

Добијање резултата семантичких упита је важно у контексту семантичког веба, јер обезбеђује механизам преко којег се остварује интеракција корисника и апликације са онтологијама и мапираним подацима (Kollia, Glimm, & Horrocks, 2011). *SPARQL* (енг. *SPARQL Protocol and RDF Query Language*) је стандардни језик за креирање семантичких упита над *RDF* речницима. *SPARQL* претражује информације које су описане и садржане у семантичким моделима (Raju & Ahmed, 2012). Семантички упит је патерн према коме се бирају триплети који су у патерну дефинисани. Семантички упит се поставља над триплетима. Његов резултат је триплет у форми *RDF* графа (J. Huang, Abadi, & Ren, 2011).

SWRL (енг. *Semantic Web Rule Language*) омогућава писање семантичких правила. *SWRL* се може користити за дефинисање мапирања *OWL* релација (O'Connor, Shankar, Tu, & Nyulas, 2007). Семантички посматрано, *SWRL* је изграђен на бази исте дескриптивне логике као *OWL*, али проширује скуп *OWL* аксиома тако што их прецизније дефинише. *SWRL* правила се састоје од два дела: *body* и *head*. Свако правило је импликација између *body* и *head* дела и може се разумети на начин да ако су услови у *body* делу испуњени, онда и услове у *head* делу треба испунити.

Шест главних чиниоца (атома) *SWRL* језика који регулишу интеракцију између *SWRL* и *OWL* језика су (Hassanpour, O'Connor, & Das, 2010): атом класе, атом особине инстанце, атом "ИстиКао/РазличитОд", атом вредности податка, уграђени (*Built-in*) атом и атом опсега податка. Основне карактеристике *SWRL* језика су једноставност коју пружа као проширење изражајности *OWL* језика и компатибилност са синтаксом и семантиком *OWL* језика.

Последња два нивоа у слојевитој архитектури семантичког веба, *Proof* и *Trust*, су недовољно развијена. Слој *Proof* се користи за проверу резултата добијених од интелегентних агената и за потврду понашања интелегентних агента. Слој *Trust* обезбеђује механизам за поверење и уравнотеженост између информационих извора и корисника (Sivakumar & Ravichandran, 2013).

3.2 Објекти учења

3.2.1 Дефиниција и карактеристике објеката учења

Због велике количине података на вебу, наставници се срећу са све већим изазовима везаним за креирање и ажурирање наставног материјала. Наставницима је потребно да користе разноврсне софтверске алате како би креирали наставне материјале, а недостатак је и обим информација на вебу које треба претражити како би се направио објекат учења (Thangsupachai, Niwattanakul, & Chamnongsri, 2014). Објекти учења (енг. *learning objects - LO*) су делови наставног материјала које карактерише значајна количина информација о њиховом садржају и употреби. Додатне информације објеката учења се дефинишу као скуп метаподатака (енг. *Metadata*) према дефинисаној *IEEE LOM* спецификацији која описује корелације између објеката учења. Објекти учења чији су односи експлицитни се сматрају чворовима графа ресурса. Типови веза и метаподаци чине семантику графа ресурса. Објекти учења се још могу назвати едукативни објекти, објекти знања, јединице учења за вишеструку употребу, интелегентни објекти (Вагац, 2011). Сврха објеката учења је да садржи информације које могу повећати ниво знања. Они помажу да се реши проблем скупе репродукције наставних материјала за курсеве електронског учења (Chikh, 2014).

Образовни садржаји у оквиру електронских курсева морају имати јасну структуру информација ради лакшег претраживања. Требало би да буду описани

метаподацима, могу да буду састављени од других објеката учења (у исто време су и основни и сложени објекти) и успешно дефинишу циљ учења (Liber, 2005). Спецификације објеката учења се односе на следеће особине (Sicilia & García, 2003):

- Трајност - независност у погледу верзије софтверског окружења у коме се користе са циљем да се могу користити током дужег временског периода;
- Интероперабилност - коришћење објеката учења развијених на једној платформи на другим платформама, што се остварује применом метаподатака и стандарда;
- Приступачност - способност објекта учења да буде тражен и лоциран, што се постиже присуством одговарајућег записа метаподатака који се може претраживати;
- Могућност поновног коришћења која представља важну особину објеката учења (Chiappe & Agias, 2015) - коришћење објеката учења више пута, често у различитим контекстима;
- Грануларност - могућност растављања садржаја и његовог комбиновања са другим објектима;
- Адаптивност - објекти учења се могу прилагодити појединцу или ситуацији у којој се користе;
- Педагошки аспекти - интерактивност, аутономија, сарадња и когнитивност (Gonçalves, Cota, & Pimenta, 2013).

Објекти учења могу имати разноврсну форму (текстуални документи, слике, тестови, квизови, графикони, видео и аудио записи) и могу се користити у различитим контекстима (повећање основног знања студента, објашњење других појмова или развој практичних способности студента). Силабус предмета који описује домен учења састављен је од мреже међусобно повезаних објеката учења. Везе између објеката учења се могу раскидати и успостављати према потреби и концепту који може зависити од циљева коришћења, индивидуалних потреба и карактеристика студента, типа садржаја или платформе која се користи за електронско образовање.

3.2.2 Семантички репозиторијуми

Системи за електронско образовање користе објекте учења направљене циљно за њихову употребу. Постоје ограничења у њиховом семантичком мапирању и коришћењу од стране других едукативних система. Да би се превазишао овај проблем, успостављени су јавни семантички репозиторијуми и библиотеке објеката учења. Објекти учења и њихови семантички описи су смештени у семантичким дистрибуираним базама података, тј. семантичким репозиторијумима (енг. *Learning Object Repository - LOR*). Једна од њихових кључних карактеристика је да подржавају *LOM* стандард који се користи за опис метаподатака. Примери семантичких репозиторијума објеката учења доступних на вебу су: *ARIADNE*¹, *MERLOT*², *The Open Archives Initiative*³, *Wisconsin's Online Resources Center*⁴, *GEODE*⁵ (образовање), *Math Forum*⁶ (математика), *American Sign Language*⁷ (лингвистика), *XanEdu*⁸ (образовање), итд.

Кључне особине семантичког репозиторијума објеката учења су (Neven & Duval, 2002): област на који се репозиторијум односи, шема за приказивање метаподатака на којој је репозиторијум развијен, број расположивих објеката учења, постојање персонализованог веб сервиса, архитектура репозиторијума, заштита права интелектуалне својине, начини претраживања репозиторијума, увид у објекте учења и начин смештања података. Један од главних недостатака семантичких репозиторијума је коришћење претраживача који враћају неструктуриране листе описа метаподатака објеката учења, што је последица упита корисника заснованих искључиво на кључним речима (Zapata, Menéndez, Prieto, & Romero, 2013).

¹ <http://www.ariadne-eu.org/content/technologies>

² <https://www.merlot.org/merlot/index.htm>

³ <http://www.openarchives.org/>

⁴ <https://www.wisc-online.com/>

⁵ <http://www.uw-igs.org/>

⁶ <http://mathforum.org/>

⁷ http://www4.uwm.edu/learningobjects/asl_objects.cfm

⁸ <http://www.xanedu.com/>

3.2.3 Примена стандарда електронског образовања у семантичком вебу

Разноврсност и дистрибуираност објеката учења стварају проблеме интероперабилности између едукативних система и немогућности вишеструког коришћења објеката учења. Развој, подршка и усвајање семантичких стандарда у области електронског образовања представљају кључне процесе за превазилажење тих проблема. На основу спецификације семантичких стандарда у домену електронског образовања прецизно се дефинишу и описују начини употребе објеката учења у разноврсним контекстима учења. У пракси се углавном користе стандарди *SCORM*, *IMS*, *IEEE LOM*, *Dublin Core* и *FOAF*.

3.2.3.1 *SCORM* стандард

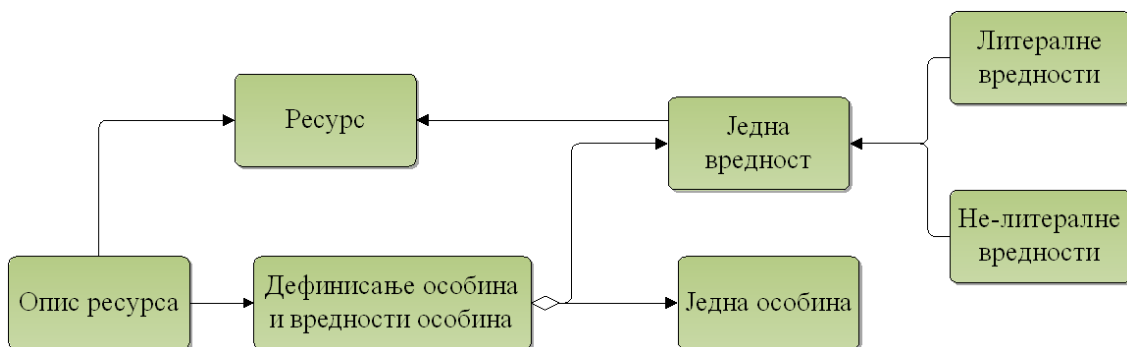
SCORM (енг. *Sharable Object Content Reference Model*) стандард је развијен од стране ADL (ADL, 2001) организације и представља широко примењен стандард у системима за електронско образовање. Садржи архитектуру компоненти система и предлоге за обликовање, описивање и организовање објеката учења. Такви објекти учења се називају *SCO* објекти учења (енг. *Sharable Content Object*) тј. објекти учења за вишеструко коришћење. *SCORM* стандард побољшава интеракцију између објеката учења и система, као и између студента и система (Hernandez, Mothe, Ralalason, Ramamonjisoa, & Stolf, 2008). Одликују га интероперабилност, приступачност, трајност и могућност поновног коришћења (ADL, 2001). У оквиру *SCORM* стандарда користе се и друге спецификације као што су: *IEEE Learning Object Metadata (LOM)* стандард за опис објеката учења, *IMS Content Packaging* стандард за паковање објеката учења и *IMS Simple Sequencing* стандард за дефинисање релација (редоследа коришћења) ресурса учења. *SCORM* стандард има две компоненте. Модел агрегације садржаја има улогу у обезбеђивању стандардизованог начина састављања садржаја учења из извора који омогућавају дељење, вишеструку употребу, интероперабилност и проналажење објеката учења. Извршно окружење има улогу у обезбеђивању интероперабилности између објеката учења за вишеструко коришћење и система за електронско образовање.

Пренос и прикупљање објеката учења између више *LMS* система омогућава *SCORM* пакет који чине две компоненте: *XML* манифест (структуриран садржај пакета) и датотека објекта учења. *XML* манифест се састоји од метаподатака, организације,

ресурса и манифеста нижег нивоа. Спецификација извршног окружења се заснива на особини *LMS* система да покреће садржај у веб претраживачу. Више *SCO* објеката учења може бити покренуто у исто време. Даља размена података и испорука објеката учења по дефинисаном редоследу се обавља преко интерфејса за комуникацију између апликација *API* (енг. *Application Programming Interface*). Спецификација редоследа садржи правила управљања кретања студента између *SCO* објеката учења и начина чувања података о напретку студента. Правила су дефинисана помоћу *XML* језика. У оквиру ове спецификације се налазе дефинисана правила контроле навигације, активности које морају да се прођу пре преласка на следећу активност и када се студент враћа на претходне активности.

3.2.3.2 Dublin Core и Dublin Core Metadata

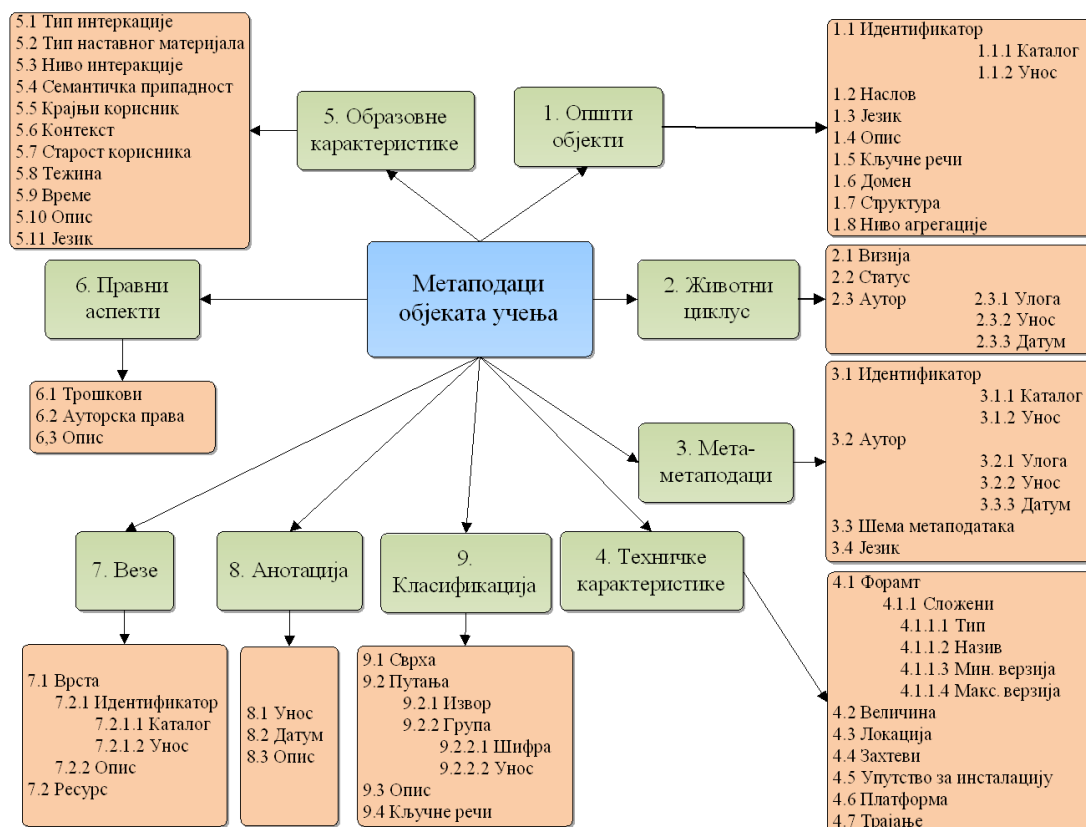
DCMI (енг. *Dublin Core Metadata Initiative*) је организација која развија стандарде метаподатака. Резултат рада ове организације је први стандард за описивање метаподатака објеката учења познат под називом *Dublin Core* из којег су касније проистекли други стандарди. *Dublin Core* стандард дефинише скуп уопштених карактеристика објеката учења. *Dublin Core* спецификација садржи петнаест елемената од којих се сваки може изоставити или користити више пута према потреби: учесник (*Contributor*), контекст (*Coverage*), аутор (*Creator*), датум (*Date*), опис (*Description*), формат (*Format*), идентификатор (*Identifier*), језик (*Language*), издавач (*Publisher*), релација (*Relation*), ауторска права (*Rights*), извор (*Source*), тема (*Subject*), наслов (*Title*) и тип (*Type*). Иако је скуп описа метаподатака објеката учења обиман, није довољан да покрије специфичне захтеве па су уведена значајна проширења овог стандарда (Barker & Campbell, 2010). Стандард је развијен на генералном *DCMI* моделу за описивање објеката учења који је приказан на слици 7.



Слика 7. *Dublin Core* спецификација

3.2.3.3 IEEE Learning Object Metadata стандард

LOM (енг. *IEEE Learning Object Metadata*) стандард дефинише скуп елемената (метаподатака) намењених опису објеката учења. Сврха овог стандарда је да олакша претраживање и коришћење објеката учења од стране студената, едукативних система и апликација. LOM олакшава дељење, размену и поновно коришћење објеката учења, омогућава развој каталога и семантичких библиотека, узимајући у обзир различитости културних и језичких контекста у којима се објекти учења и њихови метаподаци користе (Barkman et al., 2002). LOM групише елементе за описивање објеката учења у девет категорија у складу са њиховом наменом (слика 8): општа категорија (енг. *General category*), категорија животног циклуса (енг. *Lifecycle category*), категорија мета-метаподатака (енг. *Meta-metadata category*), категорија техничких карактеристика (енг. *Technical category*), категорија едукативних карактеристика (енг. *Educational category*), категорија права приступа (енг. *Rights category*), категорија релација са другим објектима учења (енг. *Relation category*), категорија означавања (енг. *Annotation category*), и категорија класификације (енг. *Classification category*).



Слика 8. IEEE LOM стандард

За дефинисани скуп елемената *LOM* шеме, стандард предвиђа доделу вредности у форми слободног текста, док се за остале елементе захтева коришћење искључиво вредности из стандардом предефинисаног скупа вредности за тај елемент. Све категорије метаподатака су опционе и семантичким корисницима је остављена могућност проширења основне *LOM* шеме у складу са њиховим задацима, циљевима и потребама.

3.2.3.4 IMS стандарди за садржаје учења

IMS (Instructional Management System) стандарди садрже актуелне спецификације у домену електронског образовања од којих се већина базира на остваривању интероперабилности едукативних технологија. Стандарди који се односе на објекте учења су:

- *IMS Content Packaging* – омогућава експортовање садржаја из једног система за електронско учење или дигиталног репозиторијума и импортовање у други, задржавајући информације које описују медије у пакету садржаја и начин на који су структуриране.
- *IMS Simple Sequencing and Navigation* – дефинише начин распоређивања садржаја кроз скупове за навигацију догађаја иницираних од стране система или студента што омогућава аутору да дефинише путању кроз активности. Ова путања се користи за вођење студента на начин на који он преузима наставни материјал.
- *IMS Learning Resources Meta-Data* – дефинише методе за описивање објеката учења у циљу претраге и испитивања наставног садржаја.
- *IMS Question & Test* – намењен да обезбеди дељивост ресурса тестирања и проверавања.
- *IMS Digital Repositories* – намењен за повезивање система за учење са информационим ресурсима.

Семантички стандарди и спецификације у системима за електронско образовање усвојени у циљу решавања интероперабилности система и олакшавања вишеструког коришћења објеката учења нису у потпуности одговорили на уочене проблеме. Унос метаподатака за ауторе објеката учења представља обиман задатак.

Објекти учења који се често користе у пракси нису описани свим типовима метаподатака дефинисаним *IEEE LOM* стандардом (Brooks, McCalla, & Winter, 2005). Уколико се користи аутоматско генерисање метаподатака објеката учења, као на пример у раду аутора (Cardinaels, Meire, & Duval, 2005), многе аутоматски генерисане вредности нису у складу са вредностима дефинисаним од стране доменских експерата и/или наставника. Метаподаци објеката учења се могу задавати и чувати као обичан текст или као термини из речника. У већини случајева реч је о текстуалном формату. Уколико се користе речници, предност је што се омогућава аутоматска обрада, док су мане сложеност поступка дефинисања речника и недовољно коришћење. Повратна информација намењена наставницима и ауторима објеката учења је од великог значаја јер указује на корисност објекта учења или примењене стратегије учења. Генерисање повратних информација је важан недостатак постојећих семантичких спецификација и стандарда.

3.2.4 Семантичка анотација веб ресурса

Анотација веб докумената састоји се од додавања коментара, фраза или тагова документу или делу документа, док семантичка анотација обухвата проширење овог концепта смањујући јаз између природног језика и његове рачунарске интерпретације (Vidal, Lama, Otero-García, & Bugarín, 2014). Семантичка анотација (енг. *semantic annotation*) обухвата концептуално мапирање елемената и скупова вредности података у елементе и скупове вредности стандардизованих семантичких шема (Najjar, Ternier, & Duval, 2004). Семантичка анотација се може дефинисати и као поступак повезивања речи или делова текста са одговарајућим концептима доменских онтологија или њиховим деловима (Kiryakov et al., 2004). На тај начин се добијају семантички описани веб ресурси који су читљиви и разумљиви рачунарима. Између субјективних и објективних метаподатака (Duval, Hodgins, Sutton, & Weibel, 2002), субјективни представљају важнију категорију за анотацију веб ресурса јер садрже субјективне информације или став аутора веб садржаја. Постоје три основна типа метаподатака (Cakula & Sedlence, 2013):

- Описни метаподаци описују извор у циљу откривања или идентификације. То може укључивати елементе као што су наслов, сажетак, аутора и кључне речи.
- Структурни метаподаци показују како су сложени објекти повезани, нпр. како су уређене странице које формирају поглавље.

- Административни метаподаци пружају информације које помажу приликом управљања ресурсом, као на пример када и како је настао, тип датотеке и ко може да му приступи.

Постоји више стандарда за описивање метаподатака за које је заједничко да су флексибилни, модуларни и нису обимни (Duval & Hodgins, 2006). Шеме метаподатака се могу комбиновати у циљу креирања шема које одговарају предвиђеним потребама система и корисника. Анотација веб ресурса се може вршити мануелно, полуаутоматски и аутоматски. Проблеми који се издвајају су недостатак метаподатака, велики број спецификација и недовољна подршка веб претраживача. Развој аутоматских и полуаутоматских система пружа подршку за одржавање конзистентности докумената, онтологија и анотације (Uren et al., 2006). Сваки од постојећих алата за екстракцију метаподатака има дефинисане циљеве, архитектуру и користи специфичне технике (Casali, Deco, Romano, & Tome, 2013). Семантичка анотација објеката учења је коришћена у следећим системима за електронско учење: *Protus* систем (Vesin, Ivanović, Klašnja-Milićević, & Budimac, 2013), *TANGRAM* окружење (Jovanović, Gašević, & Devedžić, 2006), *LOCO-Analyst* алат (Jovanović, Gašević, Brooks, Devedžić, & Hatala, 2007).

3.3 Примена онтологија у системима за електронско образовање

3.3.1 Дефиниције и основне карактеристике онтологија

Реч онтологија је грчког порекла и настала је од речи „онто“ што значи бити/постојати и „логос“ што значи наука/учити. Дефиниције онтологија се разликују у погледу области за коју су дефинисане:

- Онтологије се дефинишу као базе података односа које омогућавају да се домен користи и дели у глобалном простору (Borst, 1997).
- Онтологија је систематско објашњење постојања. Ова дефиниција је позајмљена из филозофије (Gruber, 1993).
- Онтологија омогућава преузимање жељене информације са разумевањем значења термина који се користе у домену и да деле заједничке речнике који се користе у истом домену (Wang, Fang, & Fan, 2008).
- У рачунарским технологијама, онтологија представља скуп концепата који описују одређену област (Uschold & Gruninger, 1996).

- У области вештачке интелигенције, онтологија се може дефинисати као скуп концепата знања, укључујући и речник, семантичку повезаност и неколико једноставних правила закључивања и логике који се односе на одређену област (Hendler, 2001). По другој дефиницији, онтологија представља две повезане ствари: речник за презентацију и дела знања које описује неки домен уз помоћ језика за презентацију (Chandrasekaran, Josephson, & Benjamins, 1999).
- Онтологија обезбеђује основну структуру или подлогу над којом се гради знање (W. Swartout & Tate, 1999).
- Онтологија се може дефинисати као метод представљања делова знања (идеја, чињеница, ствари) на начин који дефинише односе и структуру концепата у домену знања (Jepsen, 2009).

Онтологије се могу применити у различитим доменима без ограничења у погледу начина и контекста коришћења. Кључне предности примене онтологија су (N. Noy & McGuinness, 2001)(Gašević, 2004)(Gavrilova & Leshcheva, 2015): могућност истоветног тумачења структуре и значења информација од стране софтверских агената, могућност поновног коришћења доменског знања, могућност креирања експлицитних претпоставки о домену, могућност одвајања доменског знања од оперативног знања, могућност анализирања доменског знања, боље разумевање, креирање знања, колаборативно учење, решавање проблема, тражење препорука или развијање способности учења од колега и могућност вишеструког коришћења знања и дељења знања из домена што се постиже употребом заједничких концепата и речника између едукативних система. Онтологија може имати различите облике, али обавезно обухвата речник појмова и спецификације његовог значења. У семантичком моделирању, онтологија је представљена стандардним језицима као што су *RDF*, *RDF* шема или *OWL* (Allemang & Hendler, 2008).

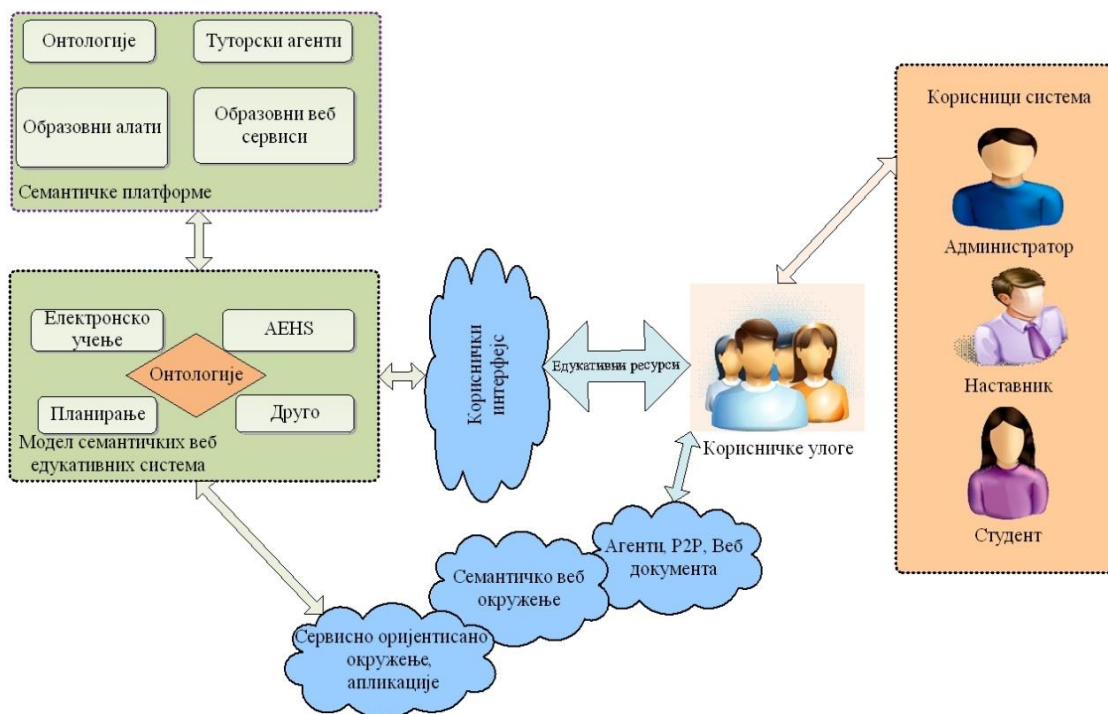
Основни елементи онтологија су:

- Речник – У оквиру речника су на јединствен и недвосмислен начин повезани термини из одговарајуће области, понуђене су логичке изјаве које описују значење термина и њихове међусобне релације и приказана су правила за комбиновање дефинисаних термина и веза у циљу проширења речника.
- Таксономија концепата - Онтологије садрже детаљну хијерархију концепата у оквиру одговарајућег домена која је разумљива за рачунаре.

- Теорија садржаја - Онтологије описно одређују класе, везе и хијерархију класа уз помоћ језика за изградњу онтологија.
- Провере конзистентности - За сваку онтологију неопходно је испитати њену исправност, структурираност и конзистентност.
- Размена и поновна употреба знања - Важна особина онтологија је да омогућавају поновну употребу знања и интероперабилност између едукативних система.

3.3.2 Онтологије и електронско образовање

Онтологије примену налазе у разним доменима, међу којима се истичу домен образовања (Vesin, 2014), затим KDDM - *knowledge discovery and data mining* (откривање знања) (Y. Li, Thomas, & Osei-Bryson, 2016), проналажење садржаја и информација (Jiang & Tan, 2009)(Dembski & Marks, 2009), управљање знањем (Zhou & Zhang, 2007)(Lai, 2007), медицина (Ulieru, Hadzic, & Chang, 2006)(Hassanpour, O'Connor, & Das, 2011) и друге области. Примена онтологија у домену електронског образовања је први пут поменута у раду аутора (Mizoguchi & Bourdeau, 2000). У истраживањима аутора (Dicheva, Sosnovsky, Gavrilova, & Brusilovsky, 2005) је приказана таксономија онтолошких технологија које се примењују у електронском образовању, док је у студији аутора (Bittencourt, Costa, Silva, & Soares, 2009) дат приказ кључних компоненти модела семантичких едукативних система. На слици 9 приказане су следеће компоненте: улоге (наставници, студенти, аутори наставног материјала), интерфејс (окружење у ком се одвија интеракција између студената и система), едукативни ресурси (објекти учења који се налазе у систему за учење), семантичке платформе (пружају подршку и усмеравају кориснике у остваривању циљева - чине их онтологије, турски агенти, алати и веб сервиси) и окружење семантичког веба (окружење за интеракцију семантичких едукативних система и корисника које им омогућава да претражују и мапирају едукативне ресурсе на интернету).



Слика 9. Модел семантичких едукативних система
(Bittencourt, Costa, Silva, & Soares, 2009)

3.3.3 Примери примене онтологија у електронском образовању

У истраживањима у области електронског образовања креирано је више форми онтологија међу којима се издвајају:

- Онтологија домена (енг. *Domain ontology*). Ова онтолошка форма описује основне теоријске концепте и релације из области која се изучава.
- Онтологије акција и задатака (енг. *Task ontology*). Ова онтолошка форма допуњује онтологије домена тако што обухвата семантику проблема који се решавају.
- Онтологија модела студента (енг. *Learner model ontology*). Концепти из онтологије модела студента се користе како би се креирао и током времена ажурирао модел студента. Ова врста онтологија је коришћена у раду (Jovanović, 2007).
- Онтологија способности (енг. *Competency ontology*). Коришћењем ове онтолошке форме може се проширити функционалност *Moodle* система или других *LMS* система. На тај начин се наставницима омогућава да управљају

циљним способностима студента и да прате његово напредовање (Rezgui et al., 2014).

- Колаборативна онтологија (енг. *Collaborative ontology*). Ова онтолошка форма се односи на онтологије у којима су објашњени концепти и релације везани за колаборативно учење (Isotani et al., 2013).
- Онтологија за интеграцију окружења за електронско образовање (Cuéllar, Delgado, & Pegalajar, 2011). Ова онтолошка форма се односи на проширење FOAF онтологије. Упоредивањем класа и особина онтологије са релационом базом LMS система омогућено је дељење информација између LMS система, а бази података је додељена семантика.
- Онтологија за секвенцирање наставног програма (Chi, 2009). Ова онтолошка форма служи за креирање секвенци и практичног наставног материјала за курс.
- Онтологија за дизајн процеса учења (Amorim, Lama, Sánchez, Riera, & Vila, 2006) (енг. *Learning design ontology*). Ова онтолошка форма је значајна јер описује методе, компоненте, циљеве електронских курсева.
- Онтологија курса (енг. *Course ontology*). Ова онтолошка форма обезбеђује интерфејс према садржају учења (Boyce & Pahl, 2007).
- Онтологија базирана на апстрактном моделу садржаја објеката учења ALOCoM (енг. *Abstract Learning Object Content Model*) (Verbert, Jovanovic, Duval, Gasevic, & Meire, 2006). Ова онтолошка форма омогућава приступ објектима учења, као и деловима објеката учења.
- SCORM онтологија (Esteban-Gil, Fernández-Breis, Castellanos-Nieves, Valencia-García, & García-Sánchez, 2009). CKOPM онтологија омогућава додавање метаподатака објектима учења и дефинисање формативних акција које комуницирају са LMS успостављањем правила секвенцирања и навигације.
- Још су од значаја и онтологије наставне стратегије (енг. *Teaching strategy ontology*), онтологије корисничког интерфејса (енг. *Interface ontology*), комуникационе онтологије (енг. *Communication ontology*), онтологије образовних сервиса (енг. *Educational service ontology*) и друге.

3.3.4 Методологије за креирање онтологија

Према ауторима (Holsapple & Joshi, 2002) постоји пет приступа креирању онтологија: инспирација (прикупљање личних ставова за креирање контекста домена), индукција (посматрање и анализа актуелних или специфичних домена ради примене на дефинисаним доменима), дедукција (усвајање општих принципа за изградњу новог домена), синтеза (примењује потенцијалне карактеризације које се налазе у постојећим онтологијама) и сарадња (овај приступ подразумева индивидуално размишљање и ставове који се усклађују уз помоћ колаборативног процеса). Аутори (Uschold & Gruninger, 1996) су дефинисали пет корака у развоју онтологија:

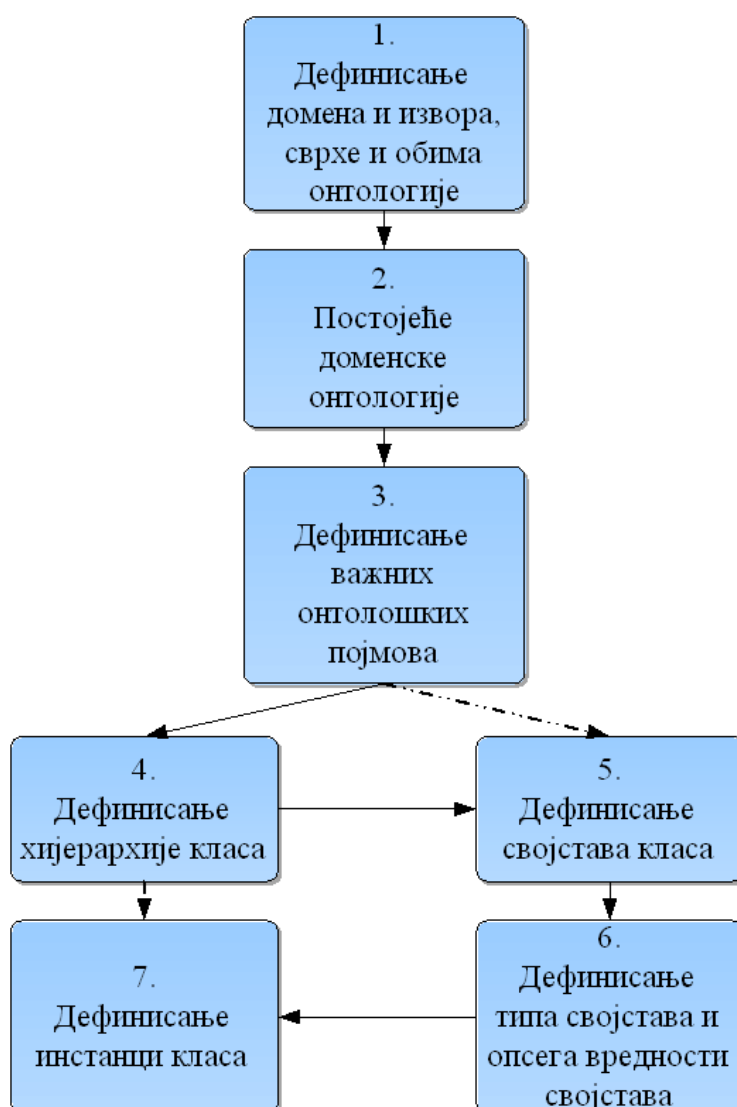
- Идентификација сврхе и обима - разматрање сврхе креирања онтологија, онтолошки домен усклађује се са сврхом и обимом раније идентификоване области;
- Изградња онтологије - обезбеђивање информација које онтологија обухвата, копирање и разматрање коришћења постојећих онтологија и/или њихових елемената;
- Евалуација - процена да ли је онтологија креирана у оптималној форми како би се на ефикасан начин дефинисало доменско знање;
- Израда документације - омогућавање размене знања приказом проблема у онтологији заједно са претпоставкама и дефиницијом концепата заснованих на врсти и намени онтологије;
- Упутства за сваки корак - обезбеђене су почетне смернице које су јасне, повезане, флексибилне и прошириве.

Методологије за развој онтологија могу се поделити на примарне и секундарне. У примарне методологије спадају *Methontology* (López, Gómez-Pérez, Sierra, & Sierra, 1999) и *On-To-Knowledge* (Staab, Studer, Schnurr, & Sure, 2001), док у секундарне онтологије спадају *Ontolingua* (Farquhar, Fikes, & Rice, 1997), *WebOnto* (Domingue, 1998), *Ontoin* (Fernández Breis & Martínez Béjar, 2002), *PROMPT* (N. F. Noy & Musen, 2003). У дисертацији је коришћена *Stanford* (N. Noy & McGuinness, 2001) методологија (слика 10). Ова методологија се због једноставности и јединственог

приступа може применити у разноврсним доменима. Фазе у дизајнирању и развоју онтологије према *Stanford* методологији су:

- Први корак подразумева утврђивање домена, извора, сврхе и обима онтологије. Питања која треба решавати у овој фази су: шта домен онтологије треба да покрије, шта је сврха онтологије?
- Други корак подразумева утврђивање да ли постоји развијена онтологија у истој области. Ако постоји таква онтологија, лакше је изменити постојећу онтологију тако да одговара жељеним потребама него креирати нову онтологију. С обзиром да знање по дефиницији укључује компоненту субјективне перцепције, онтологије карактеришу субјективне карактеристике њихових аутора. Међутим, коришћење онтологије развијене од стране других корисника је погодан и компактан начин стицања нових знања (Gavrilova & Leshcheva, 2015). Коришћење постојећих онтологија може бити услов ако систем треба да комуницира са другим апликацијама које су развијене над постојећим онтологијама. Проналажење, интеграција и мапирање онтологија може се обавити уз помоћ онтолошких библиотека: *Linked Open Vocabularies* (<http://lov.okfn.org/dataset/lov/>), *vocab.cc* (<http://vocab.cc/v/tcd>), *British National Bibliography (BNB) - Linked Open Data* (<https://datahub.io/dataset/bluk-bnb>) и друге.
- Трећи корак је дефинисање важних појмова у онтологији.
- Четврти корак подразумева дефинисање хијерархије класа. Може се користити приступ одозго према доле (енг. *top-down* приступ), који почиње са дефиницијом општих концепата у домену и наставља ка специфичнијим концептима. Други приступ је приступ одоздо нагоре (енг. *bottom-up* приступ), који почиње дефиницијом специјализованих класа (листова хијерархије), са груписањем класа у опште појмове. Са листе појмова који су састављени у трећем кораку, појмове који описују објекте са независним постојањем треба извући јер формирају класе онтологије. Да би се дефинисала хијерархијска организација онтологије, за сваку класу треба проверити да ли инстанца те класе може бити инстанца општије класе. Ако је то случај, наведена класа представља подкласу друге класе и удаљенија је од изворне класе онтологије.

- Пети корак подразумева дефинисање особина класа. Постоје два типа особина класа: особине ка објектима (енг. *object property*) и особине ка подацима (енг. *data property*). Особина ка објекту представља особину објекта која показује на неки други објекат. Особина ка податку представља особину објекта која показује на дефинисану вредност.
- Шести корак подразумева опис типа вредности (енг. *range*), дозвољене вредности и број дозвољених вредности (кардиналност).
- У седмом кораку се креирају инстанце класа, са циљем да се обезбеде инстанце сваке класе.



Слика 10. Процес развоја доменских онтологија
(N. Noy & McGuinness, 2001)

3.3.5 Класификација, развој и евалуација онтологија

Онтологије се могу разликовати по садржају, структури, имплементацији, детаљности концепата и типовима релација између концепата. Постоје две димензије класификације онтологија (Van Heijst, Falasconi, Abu-Hanna, Schreiber, & Stefanelli, 1995):

1. Према количини и врсти структуре концептуализације онтологије се могу сврстати у једну од три категорије:
 - Терминолошке онтологије (енг. *Terminological ontologies*) - нпр. речници;
 - Информационе онтологије (енг. *Information ontologies*) - дефинишу структуру базе података;
 - Онтологије за моделирање знања (енг. *Knowledge modeling ontologies*) - дефинишу концепте структуре знања.
2. Према предмету концептуализације онтологије се могу сврстати у једну од четири категорије:
 - Доменске онтологије - изражавају концепте који су специфични за одређену област примене;
 - Генеричке онтологије - дефинишу концепте који се примењују у разним доменима;
 - Онтологије репрезентације - служе за тумачење концепата у чијој основи леже представљања знања формализама;
 - Онтологије за специфичне намене - садрже све дефиниције неопходне за моделирање знања за одређене примене.

У домену електронског образовања, онтологије се могу класификовати у три категорије (Stojanović et al., 2001): доменске онтологије (описују доменску област наставних материјала), структурне онтологије (њима се дефинише структура садржаја наставних материјала), и онтологије контекста (дефинишу педагошки или презентациони контекст неког наставног садржаја).

Онтолошки инжењеринг (енг. *Ontological engineering*) представља групу задатака везаних за развој онтологија у дефинисаном домену. Према ауторима (Seremeti & Kameas, 2010) ова област покрива читав низ тема и питања као што су филозофска и метафизичка питања, формализми представљања знања, методологије развоја

онтологија, семантичке веб технологије, моделирање пословних процеса, претраживање информација, стандардизација, интеграција онтологија са агентима и апликацијама, итд. Алати који се користе у онтолошком инжењерству се могу поделити у три категорије: алати за развој онтологија (изградња онтологија и обогаћивање онтологија), алати за повезивање онтологија (спајање онтологија, проналажење сличности између две онтологије, мапирање онтологија, ажурирање верзија онтологија и превођење онтологија) и алати за управљање онтологијама (смештање и претраживање онтологија на вебу, евалуација онтологија, визуализација онтологија и мапирање базирано на онтологијама).

За анализу квалитета онтологија може се користити неколико приступа. Неки аутори предлажу евалуацију онтологија током њеног целокупног животног циклуса (Gangemi, Catenacci, Ciaramita, & Lehmann, 2006), док већина сматра да је за евалуацију квалитета онтологија важно какву улогу имају у системима за управљање процесом учења. Према истраживањима аутора (Gavrilova & Leshcheva, 2015) један од значајнијих приступа евалуације квалитета онтологија представљају онтолошке метрике (енг. *Ontology metrics*).

3.3.6 Графички алати за пројектовање онтологија

Онтологије се могу представити помоћу визуелних језика и нотација попут *BPMN* (енг. *Business Process Modeling and Notation*) и *UML* (енг. *Unified Modeling Language*) графичких нотација. Графички алати за креирање онтологија поседују функције конверзије графичког формата у *XML* или друге текстуалне формате. Формати за серијализацију онтолошких података су: *OWL/XML*, *OWL* функционална синтакса, *OWL* Манчестер синтакса, *Latex*, *Turtle* и други. Коришћењем наведених графичких алата омогућена је интеграција едитора онтологија и других софтверских алата.

У раду аутора (Zaid & Lau, 2014) дат је преглед десет алата за креирање онтологија. Неки од приказаних алата су *Protégé* (Tudorache, Noy, & Musen, 2008), *WebODE* (Corcho, Fernández-López, Gómez-Pérez, & López-Cima, 2005), *WebOnto* (Domingue, Motta, & Garcia, 1999), *OntoSaurus* (B. Swartout, Patil, Knight, & Russ, 1996) и *Ontolingua* (Farquhar et al., 1997). Аутори (Kurilovas & Juskeviciene, 2014) су спровели студију о примени алата за развој онтологија у домену електронског образовања, тј. за *Moodle*, и дошли до закључка да су најпогоднији *Protégé*, затим

Ontolingua, *OntoSaurus*, *WebOnto* и на крају *ODE*. У овој студијској анализи обрађене су три димензије алата за креирање онтологија:

- Општа димензија - односи се на аспекте алата који се могу пронаћи код других типова програма, тј. на информације о корисничком интерфејсу и акцијама које студент може обављати током интеракције са едукативним системом.
- Онтолошка димензија - односи се на питања везана за подршку за креирање онтологије и количину основних елемената која је обезбеђена.
- Кооперативна димензија - користи се за евалуацију подршке алата за изградњу онтологије од стране неколико корисника који се налазе на различитим локацијама.

3.4 Имплементација семантичких апликација

3.4.1 Семантички мапирани базе података

Већина структурираних података на вебу је смештена у релационим базама података. У раду аутора (Bizer & Cyganiak, 2006) објашњен је семантички приступ релационим базама података за који се морају користити специјализовани софтверски алати (Michel, Montagnat, & Faron-Zucker, 2014). Основни приступи семантички мапираним базама података су: примена *D2R* сервера, примена развојног окружења *Jena*⁹ и *R2RML*¹⁰, *KAON2*¹¹ и *OWL API* (Horridge & Bechhofer, 2011).

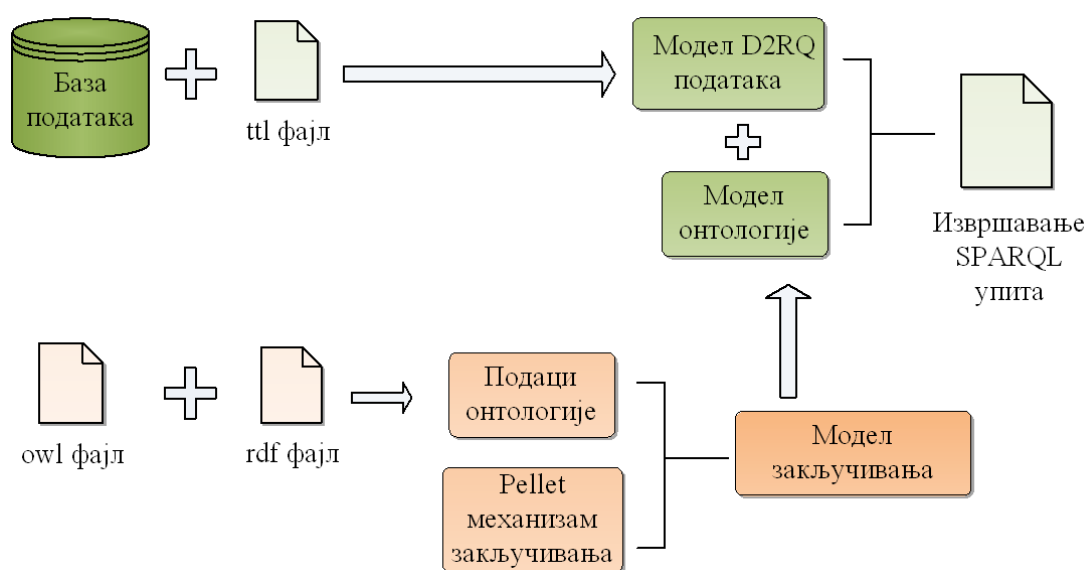
У дисертацији је коришћен први приступ што је приказано на слици 11. Подаци се из релационе базе података добављају преко мапираног фајла (.ttl фајл) на основу кога се креира *D2RQ* модел података. *D2RQ* модел података садржи инстанце класа заједно са особинама креираним у онтологији. Онтологија је фајл са екстензијом *.OWL*. У случају да онтологија користи елементе друге онтологије или елементе других онтологија, неопходно је да се сачува као *RDF* фајл са екстензијом *.RDF*. Подаци добијени из оба фајла (*.OWL* и *.RDF*) представљају онтологију података. Онтологија података придружена *Pellet* механизму закључивања постаје модел закључивања. На основу модела закључивања се формира онтолошки модел.

⁹ <https://jena.apache.org/>

¹⁰ <http://d2rq.org/>

¹¹ <https://www.w3.org/TR/r2rml/>

Онтолошки модел обухвата *TBox* онтолошку компоненту (знање за које се обично мисли да се не мења), а *D2RQ* подаци обухватају *ABox* онтолошку компоненту (прошириво знање које је предмет промена током времена). *TBox* садржи информације као што су дефиниције појмова и особина, декларације улога или концепата аксиома, класификацију, итд. *ABox* садржи тврдње као што су аксиоми о припадности концептима и улогама и аксиоми веза и атрибута. Придруживањем *D2RQ* података онтолошком моделу, омогућава се извршавање *SPARQL* упита над онтологијом.

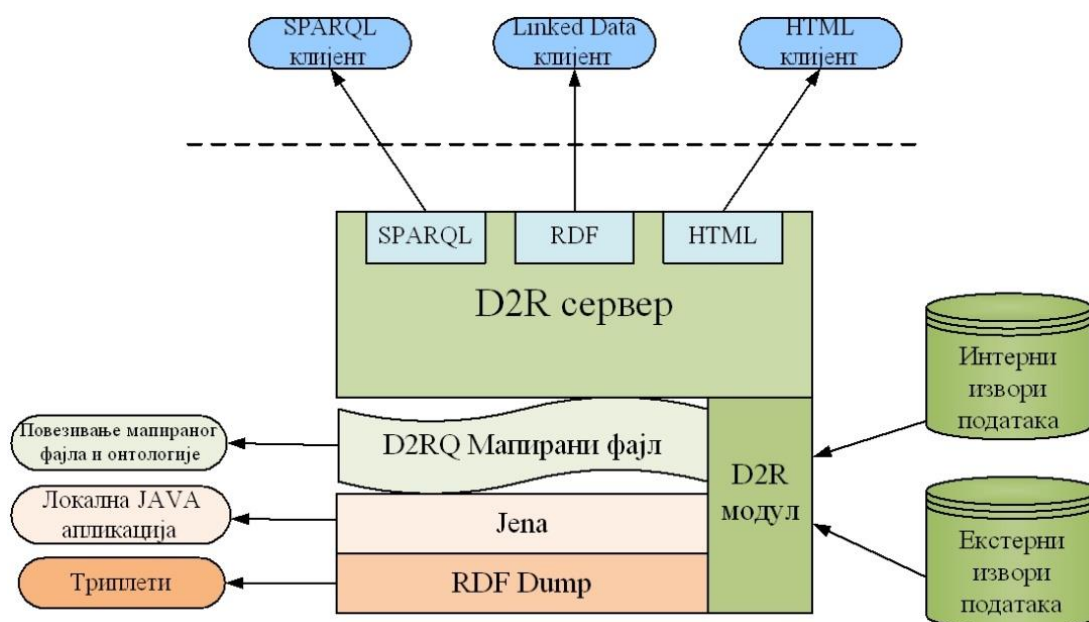


Слика 11. Архитектура која користи *D2RQ* и *Jena* приступ (Giese, 2010)

Да би се решили проблеми презентовања и управљања подацима користи се приступ чувања података из домена знања у онтологијама, док се у другим случајевима подаци чувају у релационим базама података. Предност приказа података користећи оба приступа даје могућност примене механизма закључивања за добијање изведених информација на основу података описаних у онтологијама, док се нове информације могу на једноставан начин убацили коришћењем алата који нису специјализовани за рад са онтологијама (Moldovan et al., 2015).

Приликом семантичког мапирања података, постоје три основне компоненте тог процеса које су приказане на слици 12 (Yunianta et al., 2014). Прву компоненту чини *D2RQ* модул који је основни део у процесу мапирања семантички описаних података. *D2RQ* модул је одговоран за комуникацију са интерним (локалним) и екстерним изворима података и креирање *D2RQ* мапираног фајла који се може

користити за комуникацију са локалним апликацијама коришћењем *Jena* библиотеке и *RDF dump* фајла. Друга кључна компонента система је *D2R* сервер који има улогу у комуникацији и интеграцији са другим системима из екстерних окружења помоћу *HTTP* протокола. Ова компонента омогућава примену следећих концепата: *SPARQL* језика коме се може приступити преко *SPARQL* клијената, *RDF* фајла којем се може приступити преко *linked data* клијената и *HTML* језика којем се може приступити преко *HTML* претраживача. Трећу кључну компоненту процеса семантичког мапирања података система чини *D2RQ* мапирани фајл текстуалног типа са "*turtle*" екстензијом (*.ttl*). Мапирани фајл садржи семантичке описе податка из локалних база података и заснива се на онтолошким језицима.



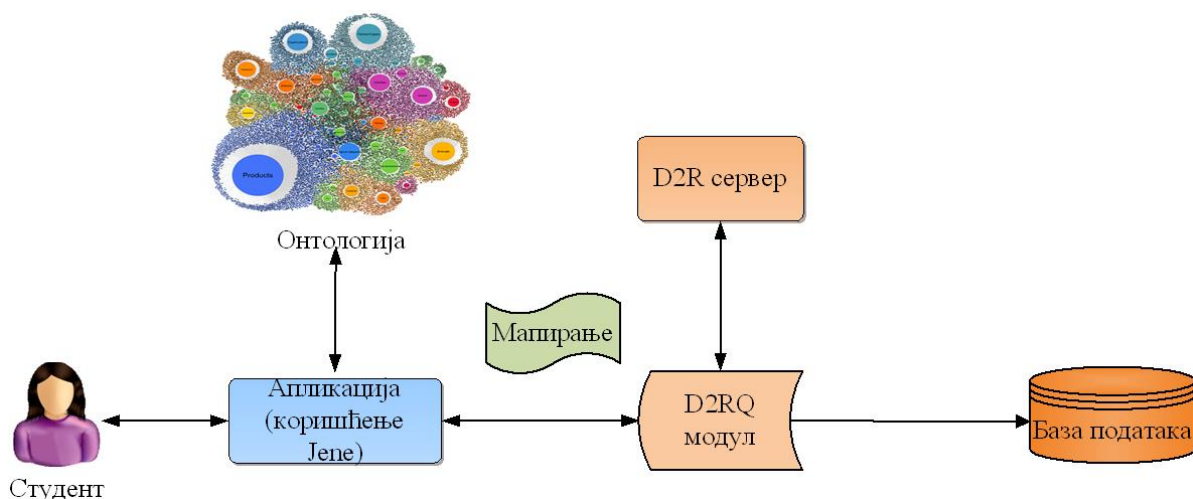
Слика 12. Архитектура семантичког мапирања података
(Yunianta et al., 2014)

D2RQ језик за мапирање представља декларативни језик за опис веза између шема релационих база података и *RDFS* речника или *OWL* онтологија. Резултат *D2RQ* мапирања је *RDF* фајл у *turtle* синтакси. Мапирање у фајлу је изражено кроз дефинисање појмова у *D2RQ namespace* домену. Појмови дефинисани у оквиру *Namespace* домена формално се дефинишу у *D2RQ RDF* шеми.

3.4.2 Окружења за имплементацију семантичких веб апликација

Moodle користи *MySQL* базу података за смештање интеракције студената са системом. У циљу искоришћавања предности технологија семантичког веба, ови

подаци треба да буду структурирани на семантички смислен начин, односно представљени у облику *RDF* графова. Над *RDF* базом графова се у наредној фази могу креирати семантичка правила која се извршавају у модулима за одлучивање (могу да раде и као спољни сервиси). Постоји неколико семантичких платформи које се користе у процесу одлучивања: *SWRL* која је већ описана у делу везаном за архитектуру семантичког веба, *Notation3* или *N3*¹², *Racer*¹³, *Jena reasoner*¹⁴, *Mandarax*¹⁵, и друге. У дисертацији је изабран *Jena reasoner* (у наставку текста механизам закључивања). На слици 13 приказана је примена *Jena API* у процесу семантичког мапирања (Yunianta et al., 2014). Предност овог приступа је што није обиман и приказује природан начин приступа базама података без потребе дуплирања постојећих података приликом пријављивања студената у систем. Додатна предност је да се врши учитавање базе података на основу *RDF* графова, што је за *Moodle* системе захтеван поступак у погледу меморијског простора (Diaconescu, Lukichev, & Giurca, 2008). *Jena* окружење обезбеђује имплементацију *API* стандарда и *SPARQL* језика. Сваком онтолошком моделу може се придружити један или више механизма закључивања, што омогућује да се колекција *RDF/OWL* података употпуни додатним *RDF/OWL* исказима.



Слика 13. Примена *Jena API* у процесу семантичког мапирања
(Yunianta et al., 2014)

¹² <http://www.w3.org/DesignIssues/Notation3>

¹³ <http://www.racer-systems.com/products/racerpro/index.phtml>

¹⁴ <http://jena.apache.org/>

¹⁵ <http://mandarax.sourceforge.net/>

Након добијања *Jena* правила, правила асоцијације се користе заједно са *Moodle* логовима активности студента како би се добиле додатне информације. Примена *API* стандарда у *Jena* развојном окружењу омогућава креирање модула који је задужен за извлачење података из семантички мапиране *MySQL* базе података. Подмодул за закључивање се повезује са базом података и извлачи неопходне податке из табела, стварајући *RDF* триплете који се чувају у радној меморији. Креирани триплети чине почетну базу чињеница. У наредном кораку, *Jena* правила добијена правилима асоцијације се учитавају у *RuleStore* објекат. Када је процес семантичког закључивања завршен, радна меморија садржи нове чињенице добијене применом семантичких правила над полазном базом чињеница, које се користе за стварање додатних информација и препорука у корисничком интерфејсу.

Jena развојно окружење садржи интерфејс за дефинисање модела, ресурса, особина, литерала, исказа и других концепата *RDF* и *ModelFactory* за креирање онтолошког модела. *Jena* развојно окружење обезбеђује програмско окружење за *RDF* и *RDFS* онтолошке језике. Кључне функционалности *Jene* су:

- Поступак серијализације (подршка креирању *RDF* графова у *RDF/XML*, *N3* и *N-Triples* формату), поступак децентрализације (ишчитавање *RDF* садржаја представљених у неком од поменутих формата) и приказивање у форми *RDF* графа;
- *Java ontology API* - Обезбеђује независност од онтолошких језика дефинисањем генеричких класа којима се дефинишу основни онтолошки концепти;
- Рад са меморијским и перзистентним онтолошким моделима;
- *RDQL (RDF Query language)* – упитни језик за *RDF*;
- Модел закључивања (*Inference* подсистем) заснован на семантичким правилима, намењен закључивању над колекцијама *RDF/OWL* података.

3.4.3 Семантички механизми закључивања

Семантички механизми закључивања су у стању да закључе логичке последице из скупа тврдњи или аксиома. *Pellet* (Sirin, Parsia, Grau, Kalyanpur, & Katz, 2007) је *Java* механизам закључивања отвореног кода за *OWL* онтологије који пружа стандардизоване могућности закључивања и може се користити за *Jena* и за *OWL*

API библиотеке. Функционалности које обезбеђује су: валидација врста, провера конзистентности онтологија, класификација таксономија и провера онтологије (Sirin et al., 2007). *Pellet* је *OWL DL* механизам закључивања који користи алгоритме одлучивања који имају за циљ да одреде погодност улазне формуле у датој логици. *Pellet* подржава и закључивање са *SWRL* правилима путем *DL-Safe Rules* нотације и не захтева било коју додатну функцију да би се унутар њега користила *SWRL* правила.

3.4.4 Визуализација података у системима за управљање учењем

Неки од изазова модерних едукативних система су велика количина и динамичка природа података, различити задаци и корисници система (Bikakis, Greece, & Sellis, 2016). Претраживање и анализа података се могу побољшати употребом визуелних приказа апстрактних података, тј. визуализацијом. Визуализацијом се на јасан и разумљив начин приказују сложене релације између онтолошких концепата и мапирања између онтологија. Визуализација пружа широк спектар опција за кодирање атрибута података. Предност примене визуализације је што може да искористи напредне опажајне способности студената како би се смањило когнитивно оптерећење, што је посебно корисно приликом сложених анализа велике количине података и проналажења оптималног знања (Dadzie & Rowe, 2011). Разноврсни алати за визуализацију се користе у системима електронског образовања као технологије које побољшавају учинак учења и имају позитиван утицај на искуство студената. За алате за визуализацију је заједничко да треба да буду ефикасни, компатибилни са постојећим технологијама, приступачни, лаки за одржавање и експресивни (Bostock, Ogievetsky, & Heer, 2011).

Неки од алата за визуализацију на семантичком вебу су: *RDF Gravity*¹⁶ (визуелни браузер за *RDF* и *OWL* документе који користи основне иконе и кодирање боја да би истакао различите типове извора), *OntoSphere 3D*¹⁷ (алат за визуализацију онтологија који користи тродимензионални простор у којем се информација обogaћује визуелним ознакама), *IsaViz*¹⁸ (визуелно окружење за приказ и обраду

¹⁶ <http://semweb.salzburgresearch.at/apps/rdf-gravity/>

¹⁷ <http://ontosphere3d.sourceforge.net/>

¹⁸ <https://www.w3.org/2001/11/IsaViz/>

RDF модела представљених у виду графа), *Welkin*¹⁹ (алат за визуализацију *RDF* графова) и други. Визуализација је заснована на комбиновању *Java* окружења за визуализацију. Библиотеке *Java* класа се увозе у оквиру едитора за имплементацију кода. У дисертацији је коришћена *D3 JavaScript*²⁰ библиотека (верзија 3.5.16) за визуализацију постојећих објеката учења у *Moodle* систему.

3.5 Преглед персонализованих система за електронско образовање заснованих на технологијама семантичког веба

Употреба онтологија за моделирање студента представља важну област истраживања (Chrysafiadi & Virvou, 2013). Онтологије омогућавају сакупљање информација из различитих извора података. Повезивање "формалних" наставних садржаја (лекције, домаћи задаци и радионице) и "неформалног" наставног садржаја (поруке размењене преко форума и четова) остварено је путем концепта семантичке анотације. Технологије семантичког веба и онтологија које укључују спецификације концепата и веза између карактеристика студента, критеријума адаптација и објеката учења се користе за реализацију адаптивних електронских курсева. Усаглашавање преференција студената и објеката учења подржано онтологијама описано је у (Ahmed, Ali, & Talab, 2014), док је имплементација онтологија и семантичко закључивање укључено у *Gescur* платформу (Fernández-Breis et al., 2012). Различити семантички модели и архитектуре су предложени у циљу аутоматизације и побољшања процеса учења који се одвија у виртуелним софтверским окружењима. Примена семантичких технологија у оквиру *LMS* система се показала као веома корисна. У истраживању (Окоуе, Tawil, Naeem, Bashroush, & Lamine, 2014) аутори описују семантички алат базиран на онтологији и семантичким правилима. У наредним потпоглављима су описани системи за електронско учење који се базирају на технологијама семантичког веба.

¹⁹ <http://simile.mit.edu/welkin/>

²⁰ <https://d3js.org/>

3.5.1 *Protus 2.0*

PRogramming TUtoring System (Protus) (Vesin, Ivanović, Klašnja-Milićević, & Budimac, 2012) је турски систем за учење програмског језика *Java*. Основна сврха *Protus* система је да препоручи корисне и занимљиве материјале студентима на основу њиховог порекла, склоности, циља учења и других значајних атрибута. Стил учења се одређује приликом првог приступа систему, попуњавањем упитника за Фелдер-Силверман стил учења. Студент затим посећује ресурсе и решава задатке. Када заврши секвенцу материјала за учење, систем прави евалуацију знања студента. За то је предвиђен тест, и у зависности од оцене студента на тесту, студенту се препоручују материјали који му одговарају. Архитектура овог система се у потпуности ослања на семантичке веб стандарде и технологије, тј. на онтологије, правила адаптације за репрезентацију знања и модуле за закључивање. Архитектуру *Protus* система чине функционални модули: доменски модул, модел студента, апликативни модул, адаптивни модул и модул за праћење сесије (Vesin et al., 2013). У доменском модулу су смештени сви материјали за учење, туторијали и тестови. Модел студента садржи статичке и динамичке податке о студенту. Апликативни модул извршава адаптацију, тј. шаље инструкције адаптивном модулу. Адаптивни модул обезбеђује персонализацију и састоји се од три модула: студент-систем интеракционог модула (обрађује податке ради креирања модела студента), офлајн модула (користи модел студента како би се препознао циљ учења и профил садржаја, а затим се садржај филтрира на основу утврђеног стила учења) и модула за препоручивање (креира листу препорука коришћењем технике кластеровања података). У оквиру модула за праћење сесије систем постепено гради профил студента с циљем праћења активности студента и његовог напредовања.

У *Protus* систему имплементирано је неколико онтологија које омогућавају лакшу размену знања. Примењене онтологије су (Vesin, Ivanovic, Klasnja-Milicevic, & Budimac, 2011): доменска онтологија (описује начин структурирања садржаја), онтологија задатка (дефинише улоге за све објекте доменског знања и односе међу њима), онтологија модела студента (служи за чување преференција студента и знања студента о доменским концептима), онтологија наставне стратегије (служи за избор навигационих секвенци ресурса и онтологија интерфејса (генерише изглед интерфејса за сваког студента). Поред онтологија, *Protus* турски систем користи

две категорије *SWRL* правила која служе за динамичку персонализацију. У прву категорију су сврстана правила која служе за идентификацију стила учења студента на основу његових преференција, а у другу категорију су сврстана правила за адаптацију садржаја на основу стила учења или преференција студента.

3.5.2 *TANGRAM*

У раду (Gašević, Jovanović, & Devedžić, 2007) предлаже се коришћење онтологија у сврху стварања могућности за вишеструко коришћење (енг. *reuse & repurposing*) како објеката учења у целини тако и њихових компоненти. Експлицитним дефинисањем структуре садржаја објеката учења стварају се услови за њихову једноставнију адаптацију, јер се омогућује директан приступ свакој компоненти објекта учења тако да се може прилагодити преференцијама, циљевима, компетенцијама и/или неким другим специфичним карактеристикама студената важним за процес учења. *TANGRAM* (Jovanović, Gašević, & Devedžić, 2009) је веб окружење за учење у области интелигентних информационих система, засновано на овој идеји. Овај систем прилагођава садржај учења са тренутним нивоом знања, стилем учења (користи се Фелдер-Силверман модел) и личним преференцијама студента. Поред наведеног, омогућава брз приступ различитим врстама садржаја (нпр. примерима или дефиницијама) са темом која занима студента.

Приступ који се користи у овом систему је употреба онтологија за аутоматску декомпозицију објеката учења у мање јединице које се могу вишеструко користити и динамичко састављање таквих јединица у персонализоване објекте учења према знању студента о домену, његовим жељама и стилу учења. Архитектура система је потпуно заснована на онтологијама: доменској онтологији (користи се за дефинисање теме које су обрађене у домену интелигентних информационих система и семантичких односа између њих), онтологији за структурирање садржаја (користи се за декомпоновање објеката учења и укључује атрибуте који се односе на навигационе и агрегационе везе између јединица садржаја), онтологији типа садржаја (формализује образовне контексте јединица садржаја и одређује наставне/педагошке улоге јединица садржаја са различитим нивоима гранулације), онтологији путања учења (специфицира педагошки однос између доменских концепата како би се одредиле путање учења и дефинише ниво тежине доменских области) и онтологији семантичког модела корисника (омогућава формални приказ

информација о кориснику које су од суштинског значаја за функционалност система). Архитектура система се састоји од четири главна модула које надзире модул за координацију. Главни модули су:

- Модул за управљање садржајем - улога му је руковање учитаним објектима учења и манипулација репозиторијумом система.
- Модул за управљање моделом корисника - служи за руковање било каквим захтевима за приступ и/или ажурирање репозиторијума корисничких модела.
- Модул за динамичко састављање - одговоран је за динамичко генерисање персонализованих садржаја учења за корисника.
- Модул корисничког интерфејса - управља интеракцијом између система и корисника.

3.5.3 *DIOGENE*

DIOGENE (Sanginetto, Capuano, Gaeta, & Micarelli, 2008) је адаптивна платформа за учење на даљину која генерише персонализоване курсеве састављањем материјала на основу два типа информација: (1) информација о студенту добијених током његове интеракције са системом на крају сваке сесије учења, (2) информација о доступним објектима учења у области представљених на машински разумљив начин и онтолошког описа веза (предуслови, уређење и хијерархијски односи) између концепата дефинисаног домена. Систем користи онтологију која описује педагошке везе између концепата домена. За приказ онтологија користе се семантичке мреже у којима чвор представља концепт домена, а усмерене ивице за повезивање чворова представљају односе између онтологија. *DIOGENE* онтологија је описана без упућивања на материјал за учење и представља апстрактни опис тема. Сваки објекат учења описан је метаподацима у *IMS* стандарду.

Поред онтологија и објеката учења, трећа важна компонента система је модел студента који се састоји од два дела: модула когнитивних стања и модула преференција учења. Први модул описује степен знања студента о сваком доменском концепту онтологије. Други модул представља стилове учења студента и друге карактеристике које се користе током избора објеката учења. Садржај учења се прилагођава студенту на основу Фелдер-Силверман модела стилова учења.

3.5.4 AAST

Аутори (Nafea, Maglaras, Siewe, Smith, & Janicke, 2016) су у раду предложили модел адаптације заснован на Фелдер-Силверман моделу стилова учења и Мајерс-Бригсовом индикатору типова личности. Модел је примењен у *AAST* (енг. *Arab Academy for Science and Technology and Maritime Transport*) Moodle систему. Адаптивно учење је подржано применом онтологија и правила закључивања. Развијени модел има за циљ да обезбеди способност студената да уче, да прикаже путање учења и упутства заснована на индивидуалним карактеристикама (стил учења и тип личности). Персонализовано вођење студента се постиже прикупљањем иницијалних могућности и преференција студента и помоћу семантичких правила и закључивања у циљу откривања промена понашања студента током процеса учења. На тај начин систем може да одреди који стил учења је одговарајући за студента.

Главне компоненте система су онтологија, адаптивни модул и модул за закључивање. На почетку сесије, студент попуњава *FSLSM* упитник на основу ког се креира иницијални профил студента. Током процеса учења, систем аутоматски проверава патерне понашања студента на основу информација о активностима студента на порталу, и уколико дође до промене, креира нови профил студента. У ове сврхе се користи онтологија помоћу које су описани концепти и компоненте профила студента, везе између типа личности и стила учења, понашања студента и стила учења. Адаптивни модул уз помоћ правила за закључивање упоређује резултате упитника са резултатима добијеним помоћу онтологије и предлаже садржај прилагођен датом студенту. Модул за закључивање служи за динамичко праћење и ажурирање профила студента.

3.5.5 SAKAI

Једна од унапређених платформи за учење на даљину је *SAKAI* (Muñoz et al., 2015) која служи за давање препорука и за персонализацију унутар *LMS* система. Ова платформа је базирана на *OntoSakai* онтолошком моделу који се користи за представљање и закључивање који се односе на процес учења на основу: (1) класификације наставног материјала доступног на платформи узимајући у обзир њихов садржај, погодност и корисност, и (2) профилисања студента на основу

активности везаних за посету ресурсима и колаборативним алатима. Класификација материјала доприноси студентима да ефикасније проналазе неопходне ресурсе што је основ за аутоматско нуђење препорука. Профилисање студента омогућава препоруке у односу на врсту активности које студенти обављају у оквиру *LMS* система.

OntoSakai модел се састоји од четири онтологије које су подељене у оквиру различитих домена учења. Онтологија способности је везана за вредновање студената узимајући у обзир њихове резултате учења, квалификације и способности које би требало да усвоје у сваком курсу. Ова онтологија дефинише неколико концепата потребних за представљање процеса учења, као што су учесници (студенти и наставници) и предмети (курсеви). Онтологија корисничких профила је везана за представљање информација о корисничким профилима на основу догађаја који проистекну у оквиру *SAKAI* платформе. Онтологија алата за учење обухвата главне алате и елементе које ти алати нуде. Четврта онтологија је онтологија класификације која се бави семантичком класификацијом елемената *SAKAI* платформе, односно свих расположивих наставних материјала у курсу.

Овај модел омогућава још и процесе закључивања о понашању студента у оквиру *LMS* система. Правила закључивања су подељена у две групе: правила за препоручивање и правила профилисања. Трећу категорију чине хибридна правила која обухватају прву и другу групу правила. *OntoSakai* може да генерише корисничке профиле у циљу индивидуалне употребе *LMS* алата и да препоручи ресурсе како би се постигла оптимизација процеса учења.

4 МОДЕЛ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАН НА СЕМАНТИЧКОЈ АДАПТАЦИЈИ ОБЈЕКТА УЧЕЊА

4.1 Критеријум адаптације објекта учења

За потребе дисертације је развијен модел који има за циљ унапређење система за електронско образовање увођењем персонализације. Имплементирани модел је заснован на Фелдер-Силверман моделу стилова учења и динамичком праћењу активности студената. Разлика у односу на већину других модела се огледа у томе што је за један од критеријума адаптације узета и просечна оцена студента. Просечна оцена студента дефинише средњу вредност оцена добијених приликом посета различитим објектима учења за евалуацију знања. Уколико студент постиже добре резултате током учења, сматра се да није неопходно мењати објекте учења које му систем приказује. На тај начин се избегава персонализација зарад извршавања алгорита адаптације. Фелдер-Силверман модел стилова учења описује стил учења студента извлачећи карактеристике из његових преференција. Ове карактеристике се користе за креирање профила студента и за алгоритам адаптације како би изабрао оптималне објекте учења за студента према следећим критеријумима:

1. Активни/рефлексивни стил учења: Активни студенти најбоље уче радећи активно са садржајем учења. Они воле да примењују концепте из материјала за учење и самостално извршавају задатке, воле да комуницирају са другим студентима и да уче у групама. Објекти учења који одговарају овој групи студената су квизови, домаћи задаци и радионице. Рефлексивни студенти преферирају да раде самостално и да размишљају о наставном материјалу. Објекти учења који одговарају рефлексивним студентима су лекције, форуми и скрипте.
2. Сензитивни/интуитивни стил учења: Сензитивни студенти воле да изучавају концепте из унапред дефинисаних наставних материјала, обично примењују стандардне приступе приликом решавања проблема и сматрају се реалистичним и рационалним. Објекти учења који одговарају овој групи студената су квизови, примери и вежбе. За разлику од њих, интуитивни студенти обично примењују опште принципе и преферирају учење из апстрактних материјала као што су илустрације, дијаграми, графици и упитници.

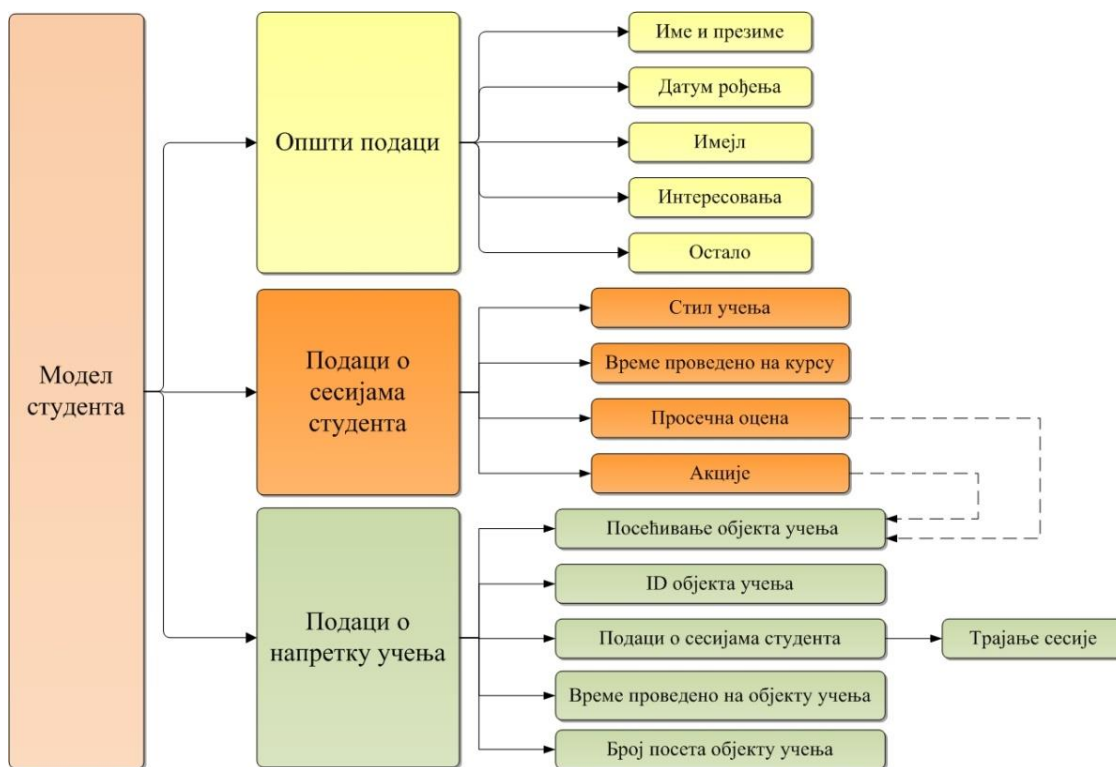
3. Визуелни/вербални стил учења: Визуелни студенти најбоље памте оно што су видели (видео материјали, слике, слајдови), док вербални студенти најбоље уче из писаних или говорних материјала (лекције, аудио фајлови и друго).
4. Секвенцијални/глобални стил учења: Секвенцијални студенти преферирају учење корак по корак пратећи логичку секвенцу приликом проналажења решења. Глобални студенти уче насумице све док не стекну комплетну слику у вези са садржајем учења. Они преферирају прегледе градива и осврте на пређено градиво.

За утврђивање почетног стила учења примењен је упитник „Индекс стилова учења“ (R. Felder & Soloman, 1999) којим се од студената захтева да обезбеде повратне информације везане за преференције приликом учења. Стил учења студента се одређује на основу броја одговора на питања из сваке групе (Graf et al., 2007). Студент може да припада једној категорији стила учења у оквиру димензије. Објекат учења може да припада једној или обема категоријама стила учења у оквиру димензије. Постоји неколико недостатака примене овог упитника као што је време потребно за његово попуњавање, субјективност и могућност промене стила учења током процеса учења. Информације добијене динамичким праћењем интеракције студената са системом су важне за семантичко закључивање. На основу броја посета објектима учења и њиховом типу, и на основу времена које студент проведе изучавајући те објекте учења, систем може да детектује специфичне обрасце понашања студената и одреди њихов стил учења (Graf et al., 2009). Адаптивни систем је реализован тако да се бележи посета сваком објекту учења и мери време проведено на објектима учења одговарајућег типа, као и укупно време проведено на курсу. На основу тих података се за различите активности рачуна вредност припадности студента стилу учења за изабрану категорију активности. Коначна вредност припадности студента стилу учења се добија као нормализована просечна вредност појединих вредности. Детектовањем стила учења студента, *LMS* аутоматски може да одабере одговарајуће објекте учења који се приказују студенту током процеса учења.

4.2 Модел студента

Током електронског учења, велика количина наставног материјала може негативно да утиче на процес учења студента. Ово може да резултује лошим доношењем одлука шта и на који начин учити. Процес учења може бити временски захтеван и мање ефикасан. Један од кључних изазова током развоја система за електронско учење је да се одговори на карактеристике студената и да се обезбеди персонализовано учење и одговарајући наставни материјал који се поклапа са преференцијама студената смештеним у моделу студента. Адаптивни системи за електронско учење интегришу карактеристике студената као што је стил учења и тренутни ниво знања да би се обезбедили персонализовани сервиси и да би се препоручио добар наставни садржај. Током креирања модела студента коришћена је *FOAF* (Friend of a Friend) спецификација (Brickley, Miller 2007) за дефинисање метаподатака везаних за модел студента. *FOAF* стандард се користи за описивање друштвених група и људских карактеристика.

Модел студента дефинисан у дисертацији складишти три типа података (слика 14): опште информације (име и презиме, имејл, корисничко име и шифру, адресу организације, итд.), информације о напретку учења (стил учења, просечну оцену, време проведено на курсу, активности студента и друго) и информације о корисничким сесијама (време проведено у току сесије, идентификациони број ресурса, број посета ресурсу, итд.). Подаци о акцијама студената (*viewed, loaded, deleted, graded, submitted, posted* и друго), извршеним током процеса учења и интеракције са едукативним системом складиште, чувају се у табели *Logs*. У истој табели се складиште и подаци о трајању акција које студент извршава током учења. Ови подаци су значајни јер се користе у процесу креирања семантичких правила и ажурирања стила учења студента у реалном времену.

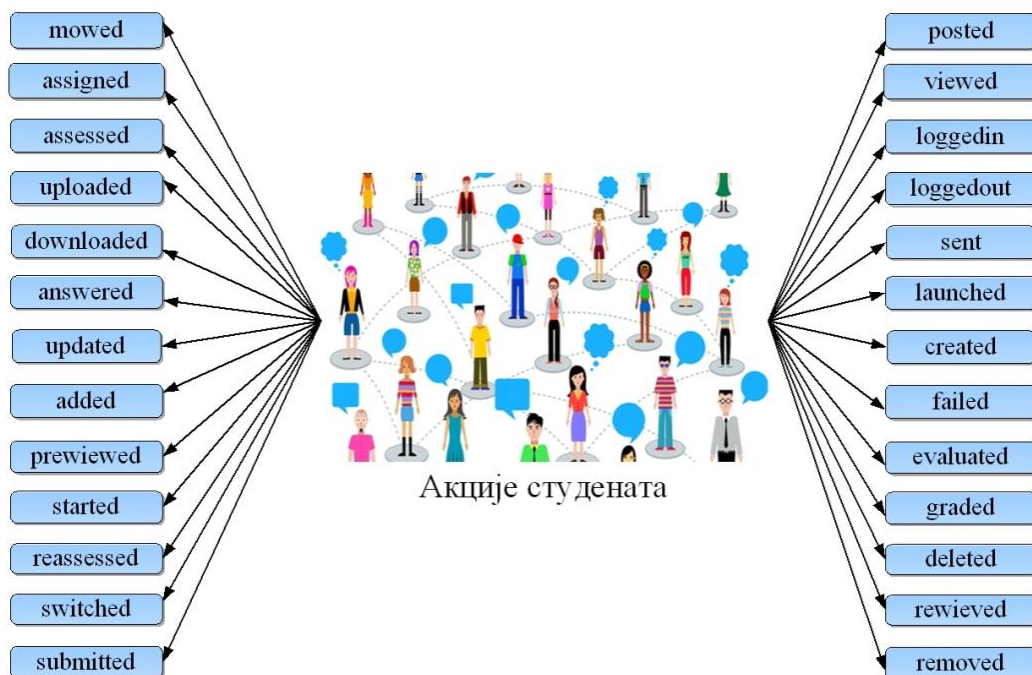


Слика 14. Модел студента

4.3 Моделирање објеката учења

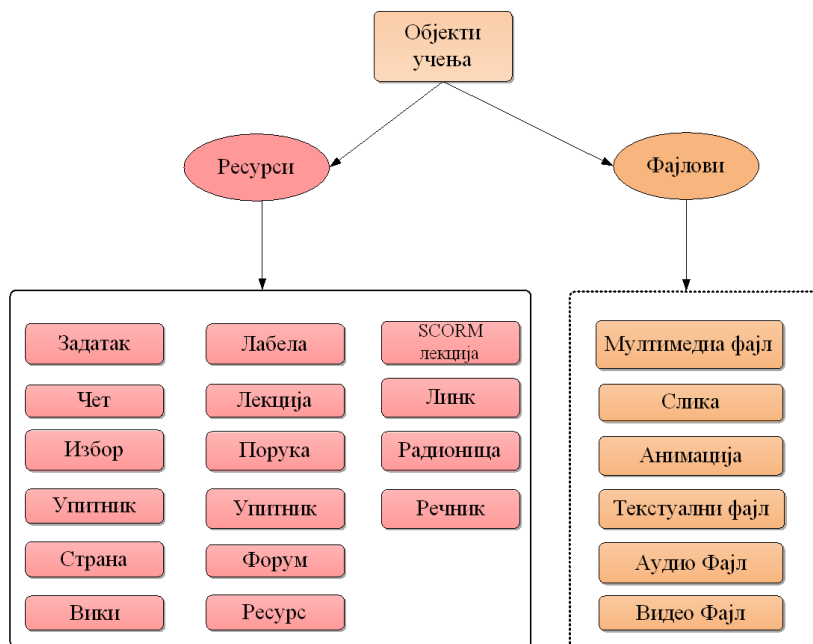
За разлику од традиционалног учења где наставници имају главну улогу у процесу учења, наставни материјали као носиоци нових знања и вештина представљају основу процеса електронског учења. Утицај наставних материјала је од великог значаја за квалитет и резултате учења. У циљу коришћења наставних материјала на оптималан начин, током дизајна и развоја садржаја учења неопходно је применити повезане стандарде и спецификације. Примена одговарајућих стандарда, речника и спецификација обезбеђује интероперабилност и поновну употребу објеката учења. За потребе дисертације је припремљен заједнички скуп наставних материјала, док се за сваког студента приказују наставни материјали који се поклапају са његовим стилем учења, одређеним уз помоћ онтологија и правила закључивања. Подаци о студенту, укључујући и његов стил учења, смештени су у моделу студента. Објекти учења су описани метаподацима што их чини лакшим за претраживање, означавање, агрегацију и описивање. У дисертацији су примењена два стандарда за описивање метаподатака објеката учења: *IEEE LOM (IEEE Learning Technology Standards Committee 2002)* и *Dublin Core (DCMI 2012)*.

Објекти учења представљају ресурсе и фајлове који се налазе у оквиру електронских курсева, које студент користи у процесу учења. Када се у дисертацији користи појам објекат учења мисли се и на ресурсе и на фајлове који се налазе у електронским курсевима. Ресурси могу бити задаци, лекције, тестови, радионице, а фајлови се карактеришу по типу и формату. У оквиру електронских курсева се користе типови фајлова као што су: аудио фајлови, видео фајлови, анимације, симулације, презентације, графикони и слике. Да би модел био примењив, од важности је да у оквиру репозиторијума објеката учења постоје разноврсни објекти учења како би за сваки стил учења могла да се изврши селекција одговарајућег наставног садржаја. За сваки објекат учења је дефинисано ком стилу учења припада и дефинишу се ознаке. Током сесија учења, систем бира који ће од понуђених објеката учења приказати студенту у складу са актуелним стилем учења. Објекти учења су повезани са акцијама које студенти могу да извршавају током процеса учења. На слици 15 је дат преглед акција студената током процеса интеракције са системом. У дисертацији су приказане акције студента које утичу на правила и семантичко закључивање као што су: преглед, постовање, брисање, ажурирање, креирање, оцењивање, померање и друге.

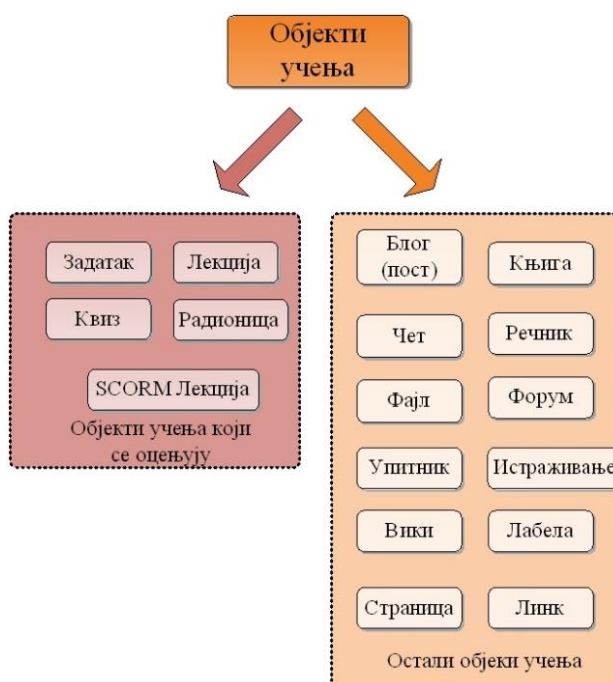


Слика 15. Приказ могућих акција студената

Објекти учења се могу класификовати у више категорија. У оквиру дисертације су изабране две класификације објеката учења према типу (слика 16а) и према критеријуму оцењивања (слика 16б).



а)



б)

Слика 16. Класификација објеката учења у Moodle систему према а) типу и б) критеријуму оцењивања

Подела објеката учења према типу је поменута у претходном делу текста. Подела објеката учења према критеријуму оцењивања подразумева да се образовни ресурси деле у две категорије: образовни ресурси који се оцењују и образовни ресурси који се не оцењују. Образовни ресурси који се оцењују су: задатак, лекција, *скорм* лекција, квиз и радионица. Остали образовни ресурси се не оцењују (форум има опциони избор). Ова подела је важна за процес креирања семантичких правила. Семантичко мапирање података између типа образовних ресурса и димензија Фелдер-Силверман модела стилова учења је дат у (Borges & Stiubiener, 2014), док је веза између образовних ресурса и димензија коришћеног модела стилова учења предложена у (Despotović-Zrakić et al., 2012)(A. Latham et al., 2014). Детектовање образаца понашања на основу активности студента током учења је засновано на праћењу објеката учења које студент посећује и на основу времена које на њима проведе. У прилогу 1 је дата табела са коришћеним индикаторима и граничним вредностима које се користе приликом развоја *MAL* система.

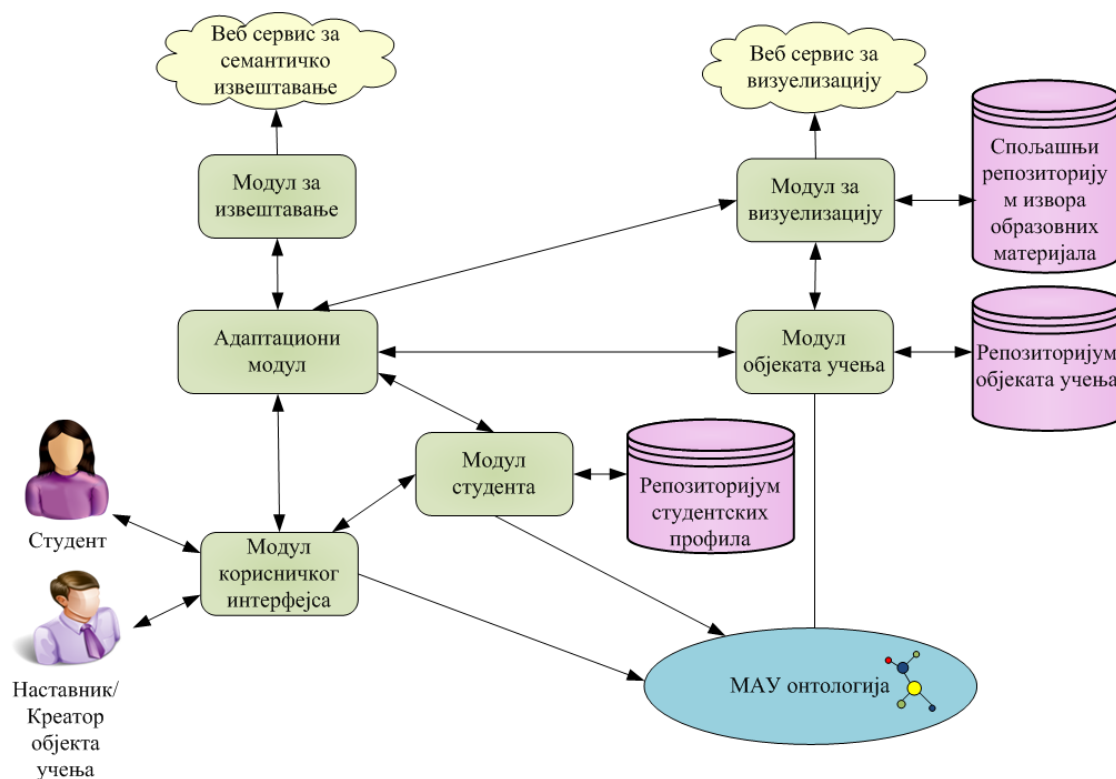
4.4 Архитектура *MAL* система и креирани модули

Наставни материјал се може прилагодити да одговара карактеристикама специфицираним у моделу студента. Иако се персонализацији материјала за учење може приступити на више начина, у дисертацији је фокус стављен на семантички приступ. У циљу омогућавања персонализације електронских курсева у реалном времену у оквиру *Moodle* система, креиран је и имплементиран модел који се заснива на семантичким концептима. Основни елемент предложеног модела је онтологија која омогућава представљање апстрактних појмова и особина везаних за електронско учење. Корисност креиране онтологије и њене интеграције са *Moodle* системом огледа се у чињеници да омогућава адаптацију система у реалном времену и да се приликом утврђивања стила учења у обзир узимају сви релевантни фактори (активности студената, резултати учења, особине објеката учења).

Архитектура *MAL* система заснована је на високо модуларним архитектурама предложеним за сличне *LMS* системе (De Bra, Aroyo, & Chepegin, 2006) и адаптивне системе за електронско учење подржане онтологијама (Sangineto et al., 2008)(Vesin et al., 2013). У сврху реализације модела уведена су два модула: модул за визуелизацију (*Visualization Module*) и модул за извештавање (*Reporting Module*). Архитектура *MAL* система је модуларна и доприноси већој флексибилности

едукативног система. Концепт адаптације објеката учења заснованог на стилевима учења студената је реализован помоћу шест модула. Три основне функције модула су: приказивање објеката учења адаптираних према стилу учења студента, генерисање семантичког извештаја о активностима студента, времену проведеном на објектима учења, оценама на електронском курсу и препоручивање линкова ка екстерним објектима учења путем технике визуелизације. Модули у оквиру архитектуре предложеног модела су (слика 17):

- Модул објеката учења (*Learning Object Module*) је одговоран за репозиторијум објеката учења. Главне функције овог модула су: семантичка анотација објеката учења, утврђивање категорије стила учења којој објекат учења припада и избор објеката учења који одговарају стилу учења студента. Додатна функција модула је дефинисање кључних речи за објекте учења, које је неопходно за семантичко обогаћивање објеката учења.
- Модул студента (*Student Module*) је одговоран за управљање и ажурирање репозиторијума профила студената.
- Модул корисничког интерфејса (*User Interface Module*) је задужен за праћење интеракције између студента и *MAL* система. Рачунање просечне оцене и утврђивање образаца понашања су главни задаци које обавља овај модул.
- Адаптациони модул (*Adaptation Module*) је задужен за избор објеката учења, тј. персонализацију корисничког интерфејса према стилу учења студента.
- Модел за визуелизацију (*Visualization Module*) је одговоран за препоручивање екстерних објеката учења студентима.
- Модул за извештавање (*Reporting Module*) је одговоран за приказ статистичких података о интеракцији студента са *MAL* системом, међу којима се налази и ажурирани стил учења. Коначни подаци о стилу учења студента су засновани на процесу семантичког закључивања. Ови подаци се преносе из модула за извештавање у модул студента.



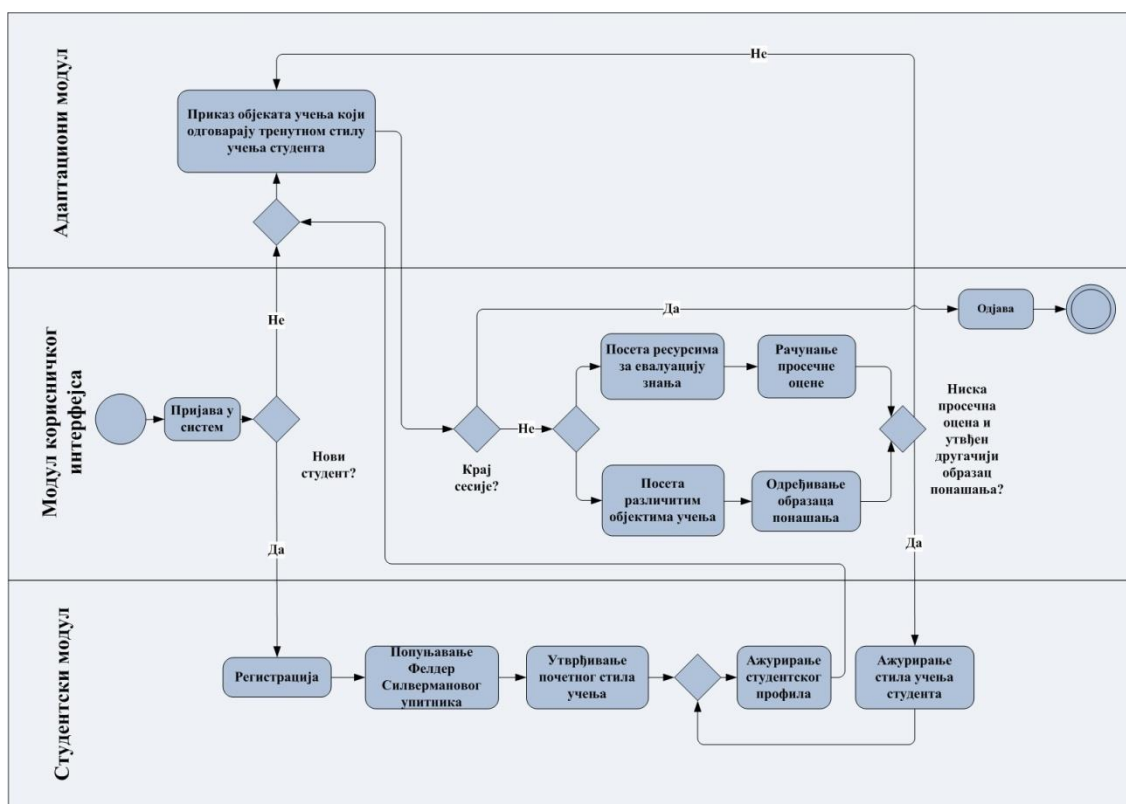
Слика 17. Архитектура *MAL* система

4.5 Процес адаптације *MAL* система

Процес адаптације у оквиру *MAL* система приказан је на слици 18. Први пут када се логује на *MAL* систем, студент попуњава регистрациону форму и Фелдер-Силверман упитник, тј. израчунава се његов иницијални стил учења. Ова техника захтева од студената да пошаљу повратну информацију о њиховим преференцијама везаним за учење. Након регистрације, студент посећује објекте учења кроз његову интеракцију са едукативним системом. Током процеса учења, стил учења студента се може променити, тако да је неопходно ажурирање профила студента. Динамичко ажурирање стила учења студента је базирано на концепту праћења шта студент ради током процеса учења. Креирани модули су одговорни за сакупљање података који су од суштинског значаја за адаптацију система.

Широк спектар индикатора се може користити за праћење активности студената у реалном времену. Три типа индикатора су коришћена у оквиру истраживања у дисертацији. Први индикатор је просечна оцена студента на нивоу курса. Знање студента се може одредити коришћењем активности за евалуацију знања. Уколико студент има задовољавајуће резултате током активности у оквиру курса, може се претпоставити да наставни материјал који се приказује одговара актуелном стилу

учења студента. У том случају не постоји потреба да се мења стил учења студента. Уколико су резултати испод задовољавајућег нивоа, друга два индикатора би требало узети у разматрање. Време проведено на објектима учења је узето за први индикатор. За израчунавање другог индикатора израчунава се број посета сваком од објеката учења и укупан број посета свих објеката учења. Ова три типа индикатора обезбеђују неопходне податке за утврђивање образаца понашања студената. Стил учења студента се мења уколико резултати учења нису задовољавајући и уколико образци понашања студента указују да стил учења треба променити. Када се модел студента ажурира, систем студенту приказује објекте учења који се поклапају са утврђеним стилем учења. Персонализација наставног садржаја остварује се сакривањем објеката учења који нису одговарајући за детектовани стил учења и приказивањем објеката учења који се подударају са преференцијама студента извученим из детектованог стила учења током процеса учења.



Слика 18. Алгоритам процеса адаптације *MAL* система

4.6 Моделирање МАУ онтологије

4.6.1 Главне особине МАУ онтологије

У дисертацији је креирана онтологија која дефинише концепте везане за објекте учења, модел студента и стилове учења. Креирана онтологија је названа МАУ (*Moodle* Адаптивно Учење). *Protégé* алат за едитовање и *Stanford*²¹ методологија коришћени су за њено моделирање (Noy, McGuinness 2001). МАУ онтологија је искључиво намењена за *Moodle LMS*. Домен МАУ онтологије је електронско учење. Од постојећих онтологија у саставном делу МАУ онтологије користе се: *DC*²², *FOAF*²³, *LOM*²⁴, *MAU*²⁵, *OWL*²⁶, *RDF*²⁷, *RDFS*²⁸, *SWRL*²⁹, *SWRLA*³⁰, *SWRLB*³¹, *XML*³², *XSD*³³.

На слици 19 је приказана метрика МАУ онтологије која представља обимнију онтологију јер садржи осамдесет и девет класа, тридесет и седам релација дефинисаних између класа и сто четрдесет особина података. За потребе тестирања семантичких правила, у онтологију су унешене инстанце. Због комплексности *Moodle* система, МАУ онтологија има велики број аксиома, што се одражава на велики број елемената и веза, комплексност тестирања правила и њихово спорије извршавање. Предности примене МАУ онтологије су општост, свеобухватност и флексибилност. МАУ онтологија је креирана са циљем да подржи моделирање знања, семантичку анотацију објеката учења, семантичко мапирање *Moodle SQL* базе података и семантичко закључивање. Развијена онтологија представља све аспекте везане за објекте учења, модел студента и стилове учења. На слици 20 је дат приказ а) класа, б) особина објеката, в) особина података и г) скуп спољашњих онтологија и стандарда.

²¹ http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html

²² <http://purl.org/dc/terms/>

²³ <http://xmlns.com/foaf/0.1/>

²⁴ <http://www.mau.rs/LOM.owl>

²⁵ <http://mau.rs/mau.owl>

²⁶ <https://www.w3.org/2002/07/owl>

²⁷ <https://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns>

²⁸ <https://www.w3.org/2000/01/rdf-schema>

²⁹ <http://www.w3.org/2003/11/swrl>

³⁰ <http://swrl.stanford.edu/ontologies/3.3/swrla.owl>

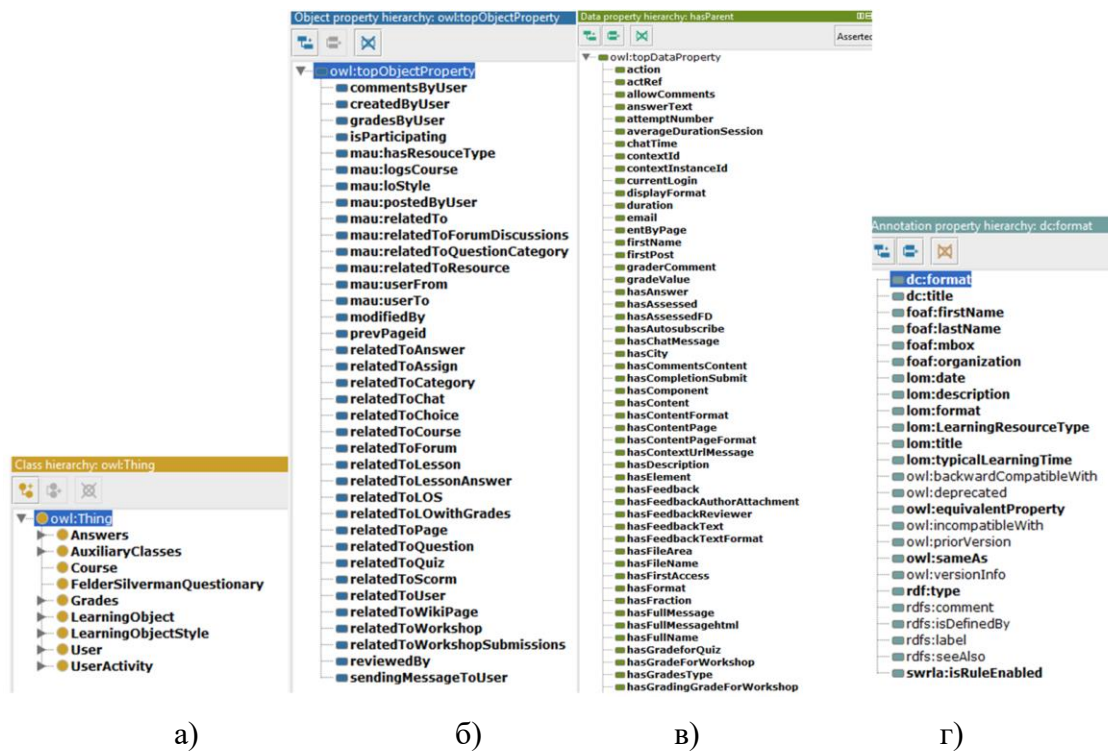
³¹ <http://www.w3.org/2003/11/swrlb>

³² <https://www.w3.org/XML/1998/namespace>

³³ <https://www.w3.org/2001/XMLSchema>

Ontology metrics:	
Metrics	
Axiom	1871
Logical axiom count	1543
Declaration axioms count	281
Class count	89
Object property count	37
Data property count	140
Individual count	13
DL expressivity	ALUQ(D)
Class axioms	
SubClassOf	355
Object property axioms	
ObjectPropertyDomain	138
ObjectPropertyRange	181
Data property axioms	
DataPropertyDomain	625
DataPropertyRange	140
Individual axioms	
ClassAssertion	53
ObjectPropertyAssertion	9
DataPropertyAssertion	25
Annotation axioms	
AnnotationAssertion	47

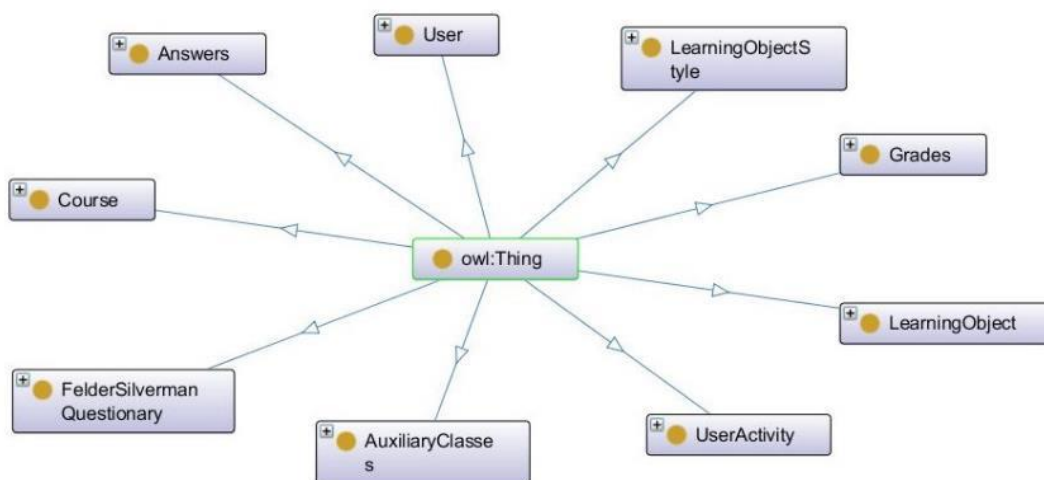
Слика 19. Метрика МАУ онтологије



Слика 20. Приказ класа и особина МАУ онтологије у Protégé едитору

4.6.2 Хијерархија МАУ онтологије

Један од главних циљева дисертације везан за моделирање онтологије је примена свеобухватне онтологије уместо неколико мањих повезаних онтологија. Класе и особине дефинисане у МАУ онтологији треба да покрију целокупан садржај и функционалности *Moodle* система: наставне материјале у оквиру курса, информације о студенту, активности студената и резултате учења, као и релације између објеката учења и модела студента. Да би се постигао постављени циљ, било је неопходно креирати додатне класе, особине и релације у МАУ онтологији. На тај начин се проширују функционалности *Moodle* система.



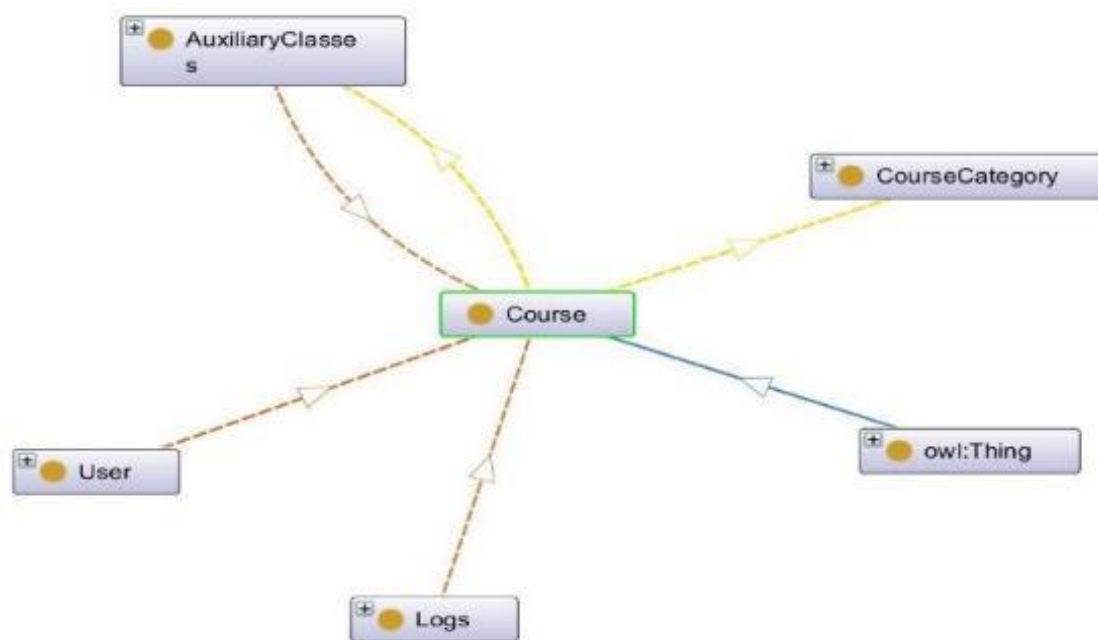
Слика 21. Графички приказ основних класа МАУ онтологије

Класе садржане у МАУ онтологији су важне за процес адаптације система базиране на стиловима учења. Основне онтолошке класе су: Курс (*Course*), Објекти учења (*LearningObject*), Стил објеката учења (*LearningObjectStyle*), Фелдер-Силверман упитник (*FelderSilvermanQuestionary*), Корисник (*User*), Корисничке активности (*UserActivity*), Оцене (*Grades*), Одговори (*Answers*) и Помоћне класе (*AuxillaryClasses*). На слици 21 је дат графички приказ класа и подкласа МАУ онтологије у *OntoGraf* секцији екрана која се користи за онтолошку визуелизацију. *ObjectProperty* (везе између објеката) су типови веза дефинисаних између класа у МАУ онтологији. Дефинисани типови веза се разврставају по бојама. На пример, плава линија означава везу подкласа, љубичаста линија приказује инстанце класе,

жута линија означава везу других класа ка кориснику, тамно плава линија означава везу корисника ка другим класама, итд.

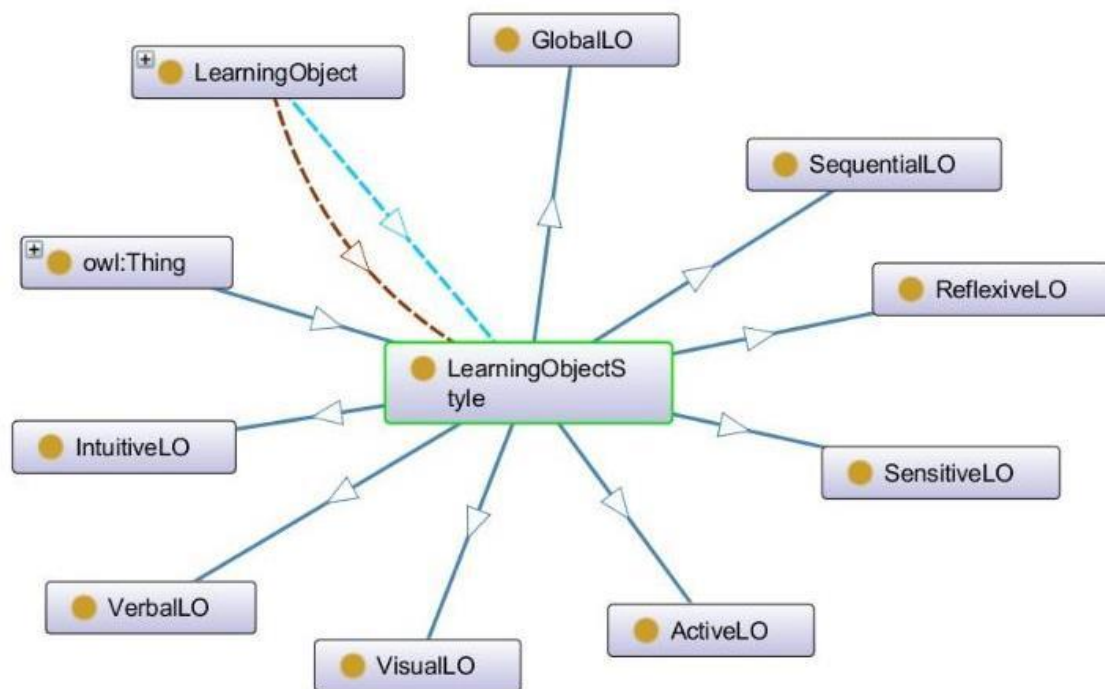
4.6.2.1 Класе *Course*, *LearningObject* и *LearningObjectStyle*

Први корак приликом моделирања онтологије је да се формално опишу области покривене *Moodle* курсевима. Овај корак се реализује помоћу независне доменске онтологије, али као што је раније објашњено, сви концепти и релације неопходни за реализацију модела су дефинисани помоћу *MAU* онтологије. *Course*, *LearningObject* и *LearningObjectStyle* класе су намењене за дефинисање структуре наставног материјала. Електронски курс у оквиру *MAL* система садржи лекције са различитим образовним ресурсима који су им придружени и који се разликују у погледу типа ресурса, формата фајла и садржаја. Објекат учења може да припада некој од категорија стила учења према Фелдер-Силверман моделу стила учења (Radenković et al. 2009). Класа *Course* (слика 22) дефинише основну структуру електронског курса и повезана је са класама *User*, *Logs*, *CourseCategory* и *AuxillaryClasses*.



Слика 22. Графички приказ класе *Course*

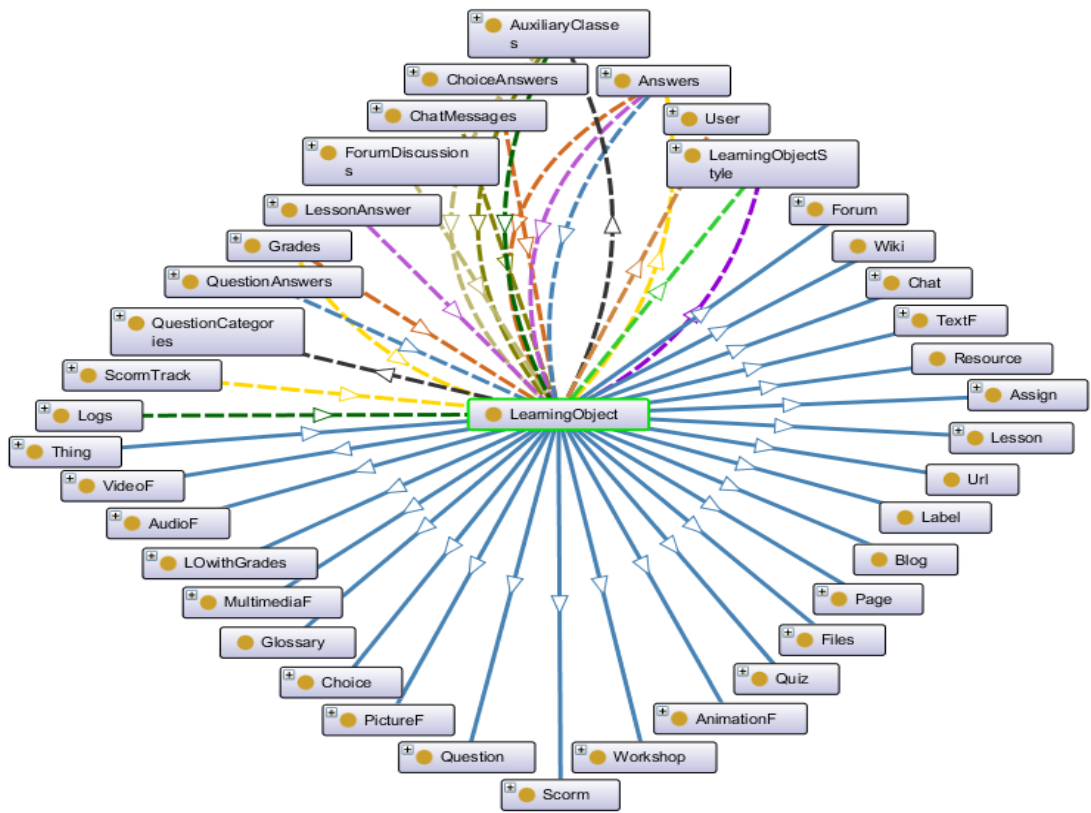
Класа *LearningObjectStyle* са својим подкласама (слика 23) представља класу за моделирање релација између објеката учења и стилова учења. Ова класа дефинише који објекат припада којем стилу учења и повезана је са класом *LearningObject*.



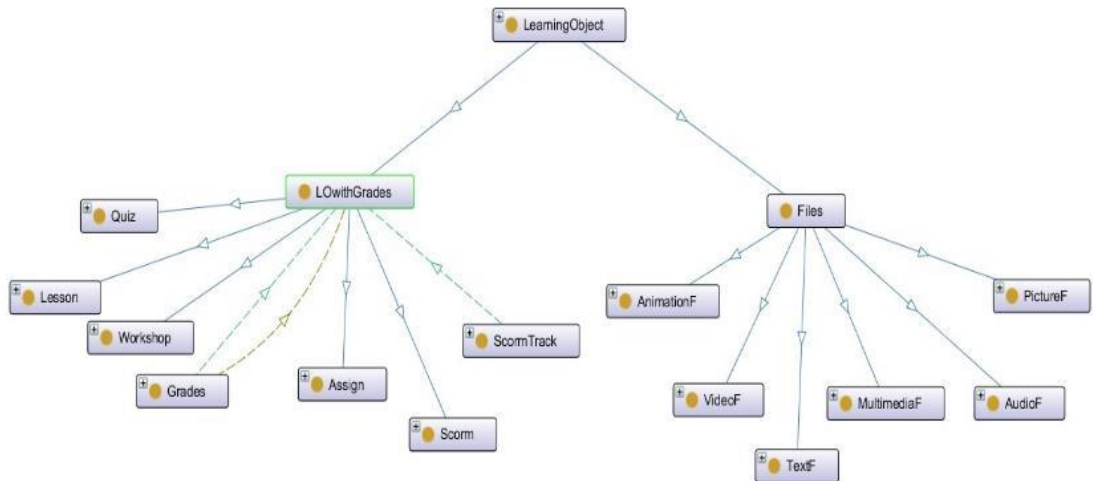
Слика 23. Графички приказ класе *LearningObjectStyle*

Најсложенија класа МАУ онтологије је класа *LearningObject* која има највећи број подкласа (слика 24). Семантички приступ примењен у дисертацији се ослања на знање представљено овом класом. Класификација објеката учења и њихове релације са корисницима (*User*), стиловима учења (*LearningObjectStyle*), активностима (*UserActivity*), логовима (*Logs*), оценама (*Answers*) и помоћним класама (*AuxillaryClasses*) су представљене помоћу ове класе.

Класа *Files* је сложена подкласа класе *LearningObject* која садржи подкласе *AnimationF*, *AudioF*, *MultimediaF*, *PictureF*, *TextF* и *VideoF*. Класа *LOWithGrades* је сложена подкласа класе *LearningObject* која садржи подкласе *Assign*, *Lesson*, *Quiz*, *Scorm* и *Workshop*. Наведене подкласе су приказане на слици 25.



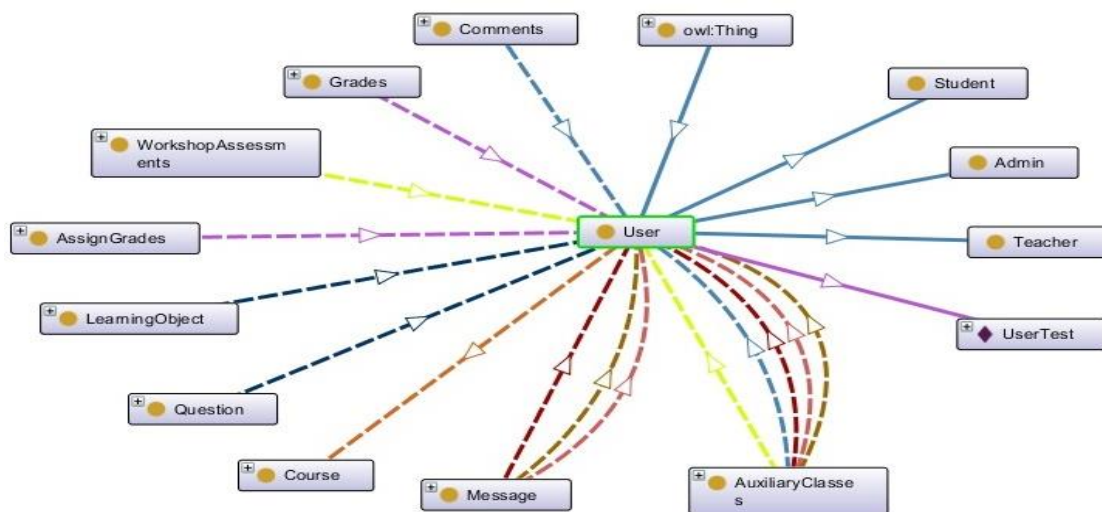
Слика 24. Графички приказ класе *LearningObject*



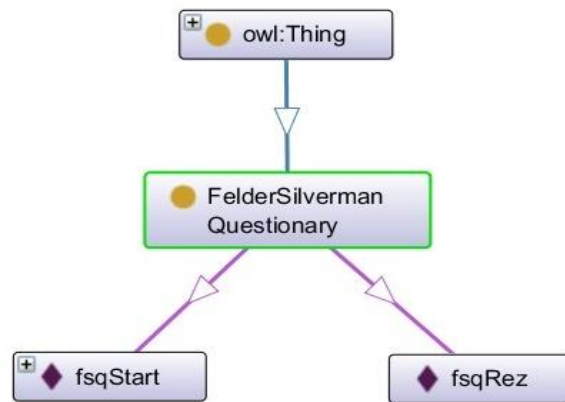
Слика 25. Графички приказ сложених подкласа *Files* и *LOWithGrades*

4.6.2.2 Класе *User* и *FelderSilvermanQuestionary*

У циљу обухватања важних информација везаних за модел студента помоћу МАУ онтологије, дефинисане су *User* и *FelderSilvermanQuestionary* класе. Класа *User* (слика 26) представља информације о студентима и њихове карактеристике и има три подкласе: *Admin*, *Teacher* и *Student*. За потребе тестирања семантичких правила, унета је инстанца *UserTest* класе *User*. Класа *FelderSilvermanQuestionary* (слика 27) представља класу намењену моделирању релација између студената и њихових стилова учења. За потребе извршавања семантичких правила унете две инстанце ове класе: *fsqStart* (у наставку текста *FSQ1*) и *fsqRez* (у наставку текста *FSQ2*). Прва инстанца се односи на почетне вредности стила учења студента добијене попуњавањем Фелдер-Силверман упитника. Друга инстанца представља ажурирани стил учења студента током времена који се добија као резултат извршења семантичких правила. О овоме ће детаљније бити речи у следећем поглављу.



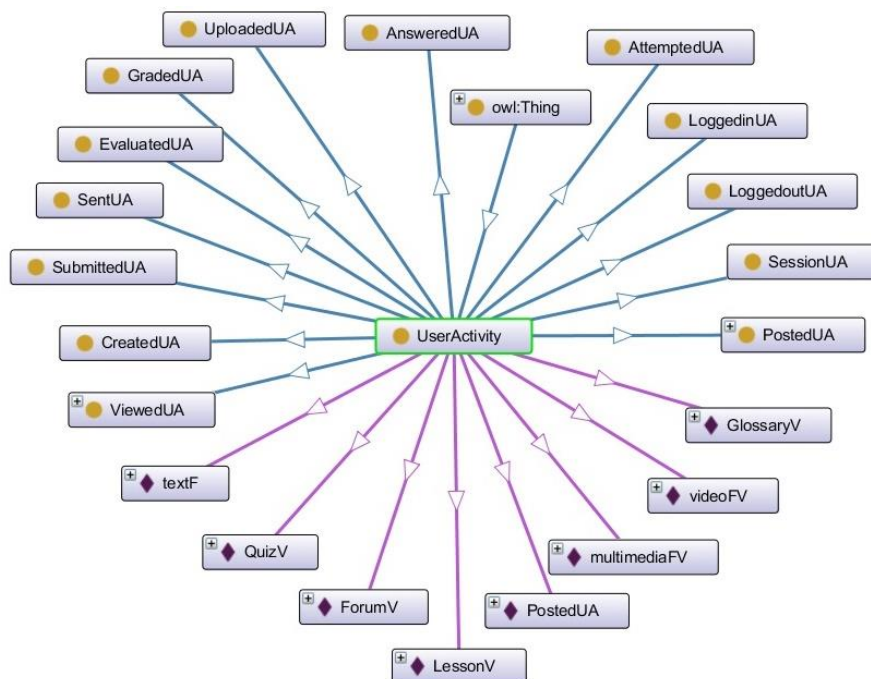
Слика 26. Графички приказ класе *User*



Слика 27. Графички приказ класе *FelderSilvermanQuestionary*

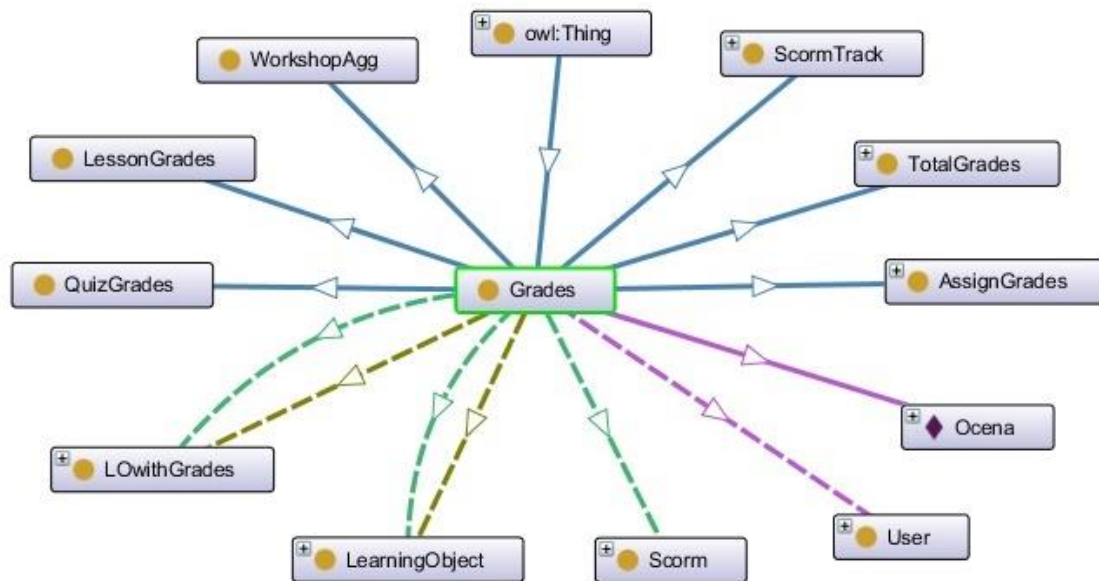
4.6.2.3 Класе *UserActivity*, *Grades* и *Answers*

За сврху динамичког праћења активности студената и њихових резултата током процеса учења направљене су две класе МАУ онтологије: *UserActivity* и *Grades*. Класа *UserActivity* представља класу за моделирање активности студената током учења и интеракције са *MAL* системом. На слици 28 је приказан скуп њених подкласа и инстанци креираних за потребе тестирања правила. Суфикс *UA* на крају назива сваке од класа представља скраћеницу од активности корисника (енг. *UserActivity*). Класа *UserActivity* је важна за креирање семантичког извештаја.



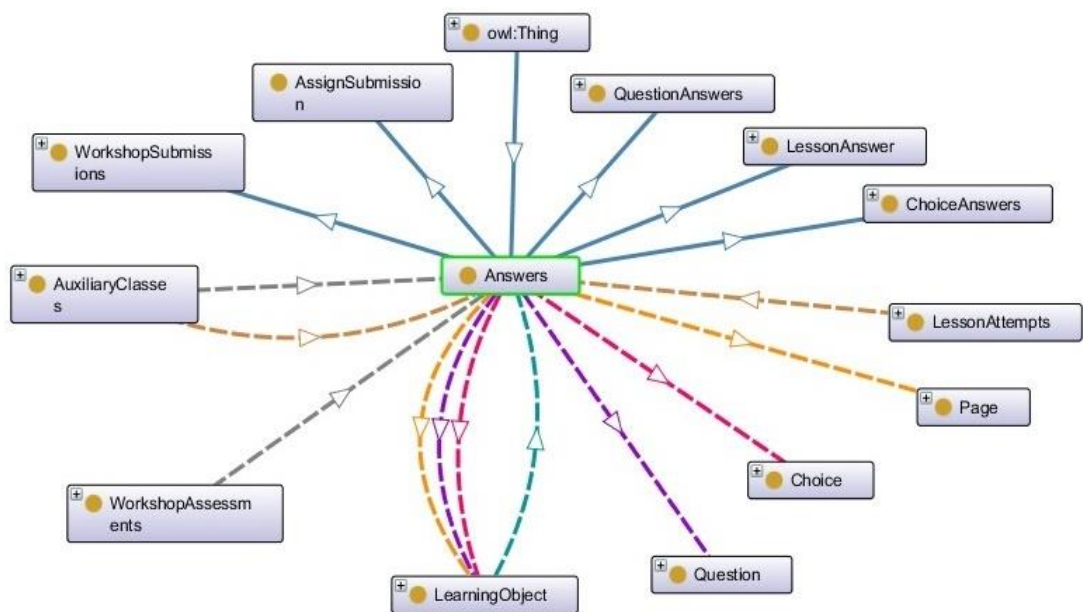
Слика 28. Графички приказ класе *UserActivity*

Класа *Grades* (слика 29) садржи подкласе везане за објекте учења који се користе за евалуацију знања студената и повезана је са класама *User* и *LearningObject*. За потребе тестирања семантичких правила, креирана је инстанца *Oцена* класе *Grades*.

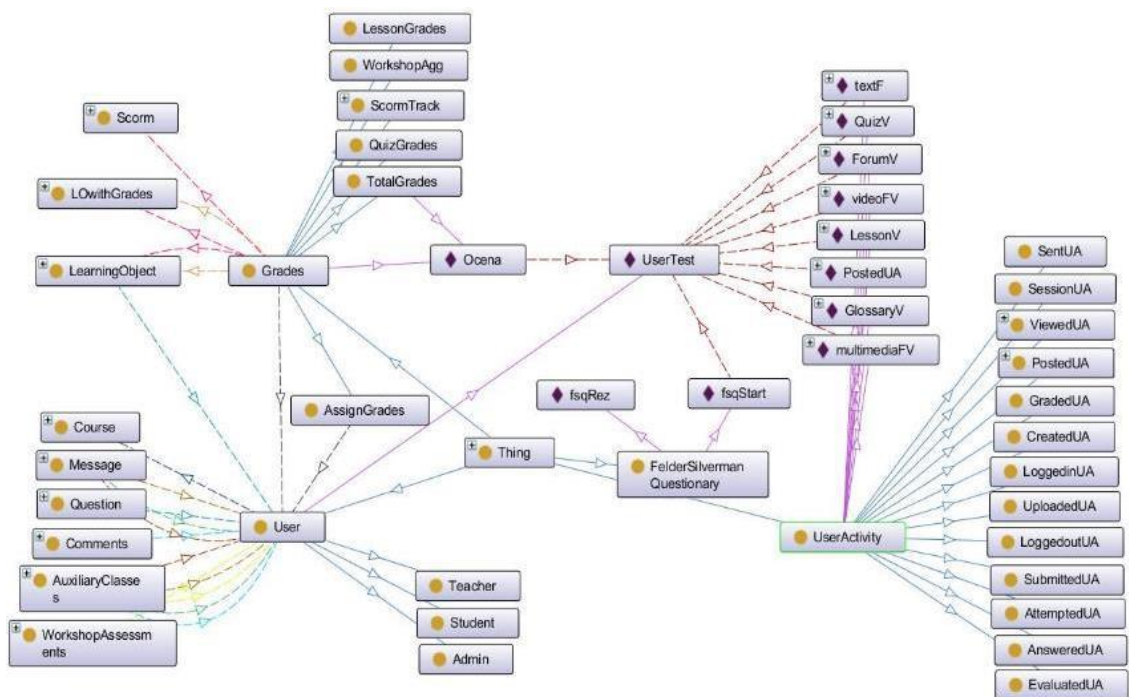


Слика 29. Графички приказ класе *Grades*

Класа *Answers* (слика 30) је креирана са циљем моделирања одговора студената током полагања тестова, квизова и других објеката учења којим се процењује знање. Класа *Answers* садржи подкласе *AssignSubmissions*, *ChoiceAnswers*, *LessonAnswer*, *QuestionAnswers* и *WorkshopSubmissions*. Поред наведених подкласа, класа *Answers* је повезана различитим типовима веза са следећим класама: *LessonAttempts*, *Page*, *Choice*, *Question*, *LearningObject*, *WorkshopAssessments*, *AuxillaryClasses*. Комплетна структура и релације између ове три класе МАУ онтологије су приказане на слици 31.



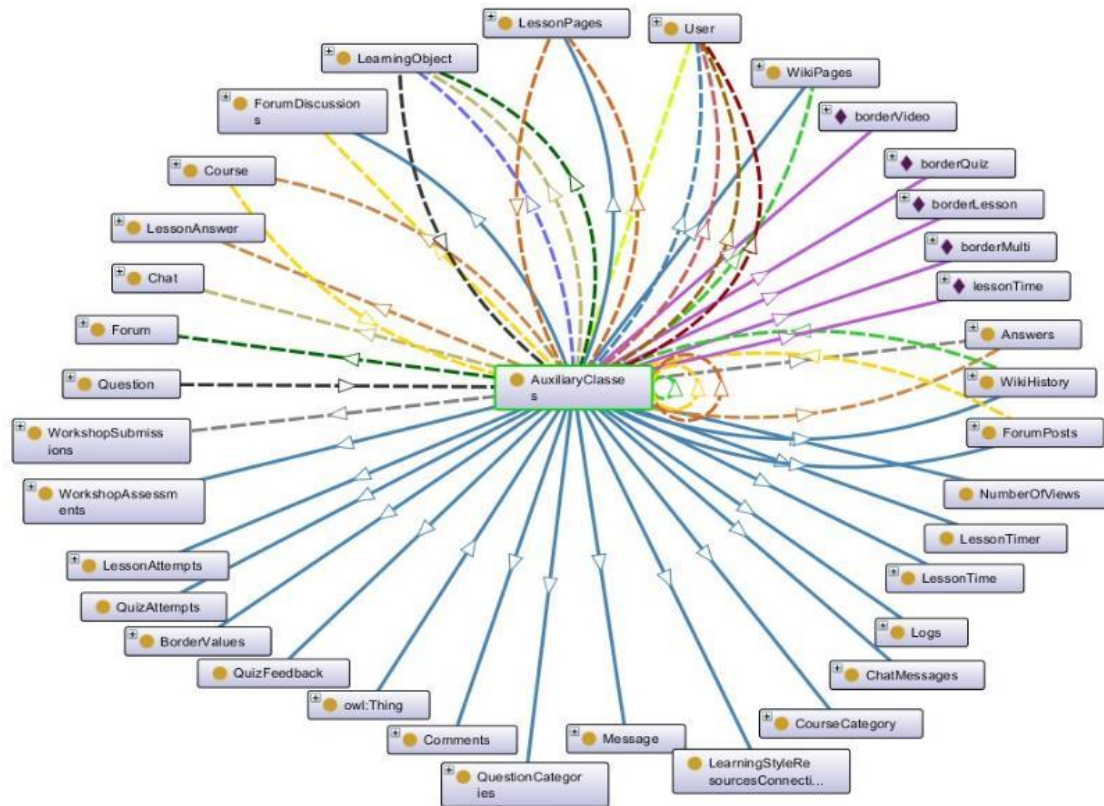
Слика 30. Графички приказ класе *Answers*



Слика 31. Моделирање корисника, веза између корисника и стилова учења, веза између корисника и активности корисника и веза између корисника и оцена

4.6.2.4 Класа *AuxiliaryClasses*

Класа *AuxiliaryClasses* (Помоћне класе) служи за дефинисање додатних концепата и особина неопходних за комплетирање МАУ онтологије. На слици 32 је приказан скуп подкласа класе *AuxiliaryClasses* и инстанци креираних за потребе тестирања правила.

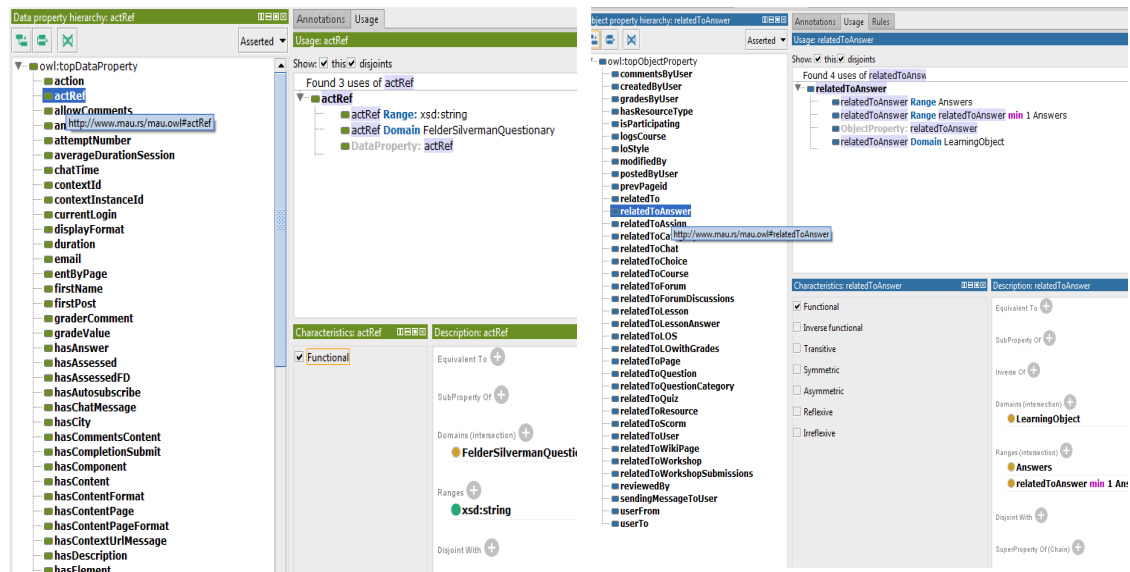


Слика 32. Графички приказ класе *AuxiliaryClasses*

4.6.3 Дефинисање особина и инстанци МАУ онтологије

Након дефинисања класе, дефинишу се особине и инстанце МАУ онтологије. На слици 33а) дат је пример дефинисања особине ка подацима (енг. *data property*) *actRef Datatype property* чији је *URI* <http://mau.rs/mau.owl#ractRef>, домен је класа *FelderSilvermanQuestionary*, а опсег типа *string*. На слици 33б) дат је пример дефинисања везе ка објекту (енг. *object property*) *RelatedToAnswer* чији је *URI* <http://mau.rs/mau.owl#relatedToAnswer>, домен му је класа *LearningObject*, а опсег је класа *Answer* са минималном кардиналношћу 1. У *Usage* секцији екрана налази се део записа онтолошког кода који се односи на изабран *ObjectProperty*. У *Usage*

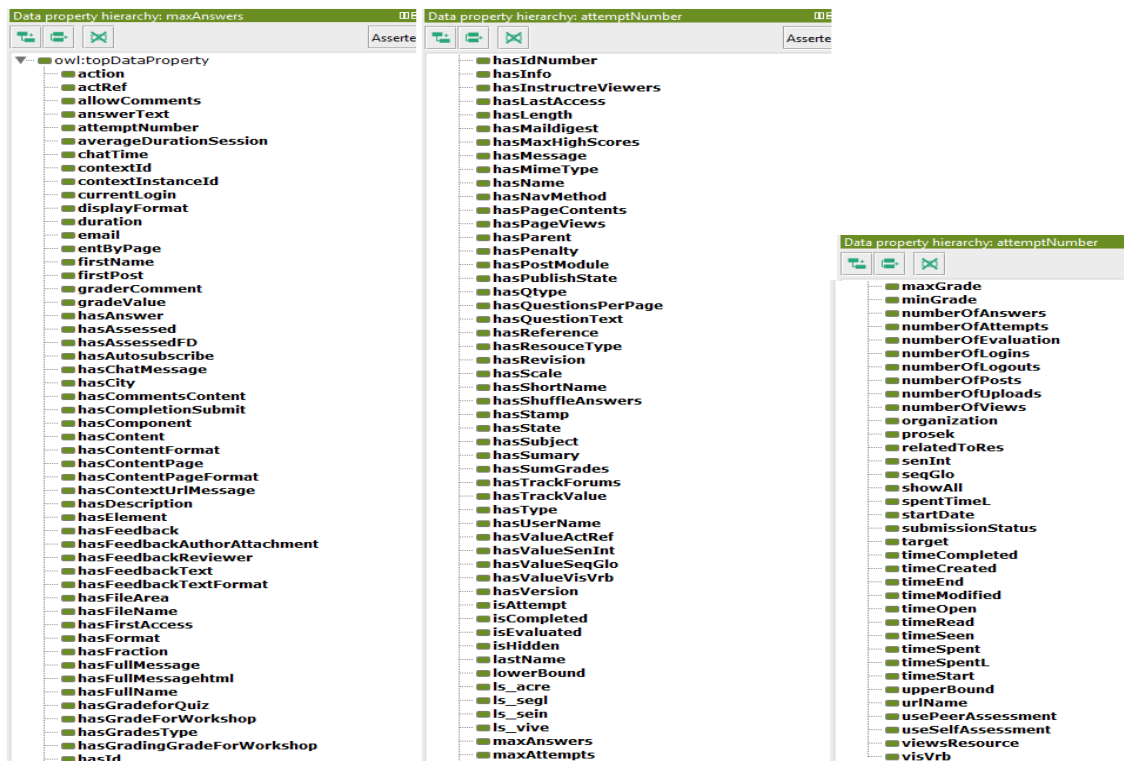
секцији екрана налази се део записа онтолошког кода који се односи на изабрани *dataProperty*. Приказ *Datatype property* се налази на слици 34.



а)

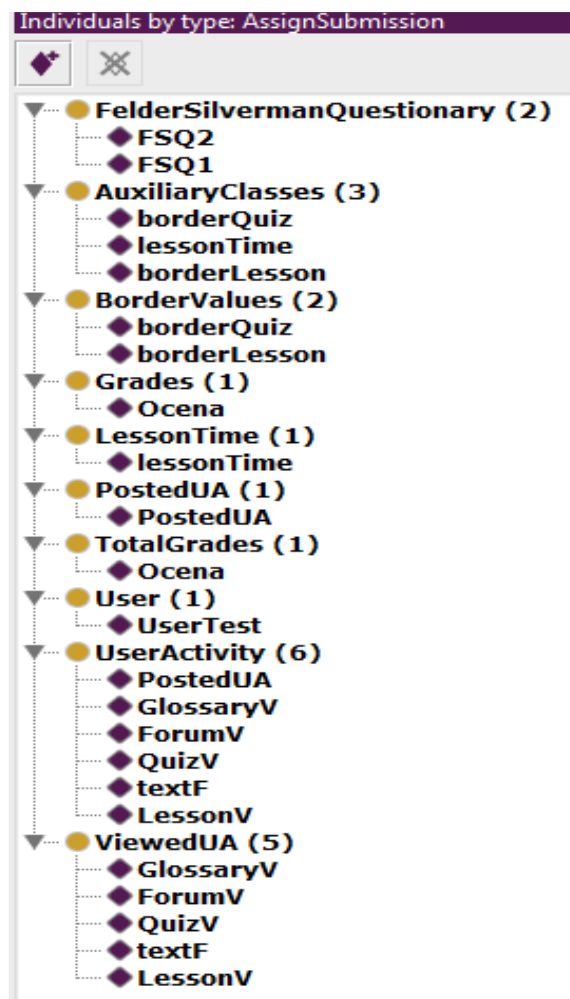
б)

Слика 33. Примери дефинисања особина МАУ онтологије



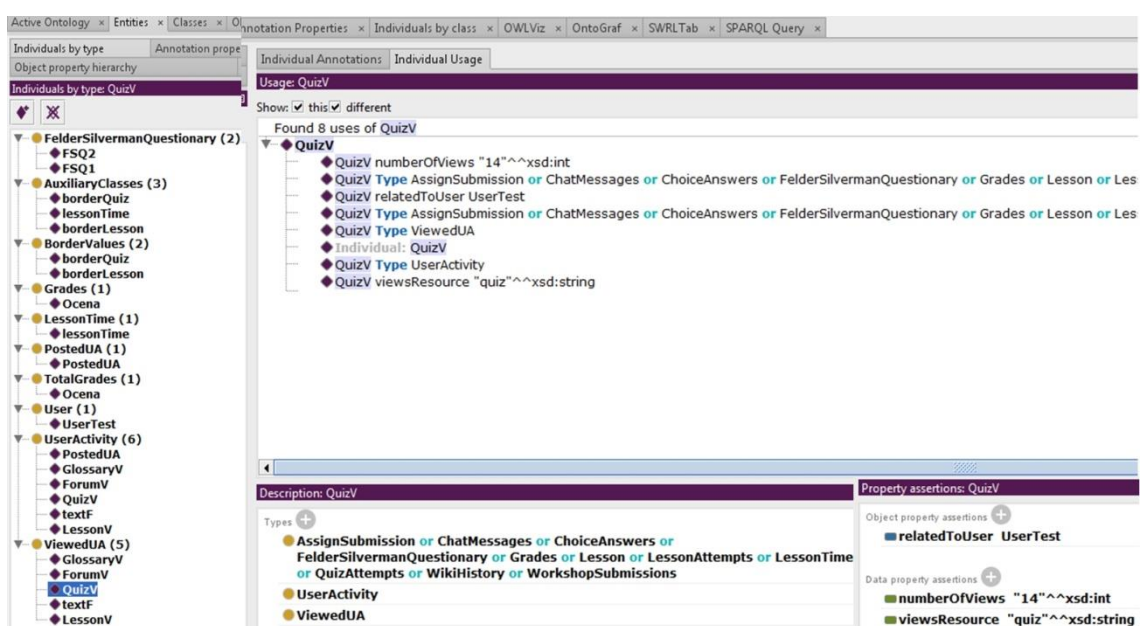
Слика 34. Приказ свих дефинисаних особина ка подацима МАУ онтологије

Дефинисање инстанци (енг. *Instances*) у онтологији подразумева креирање инстанци онтолошких класа. Приликом креирања онтологија дефинише се мали број инстанци у сврху тестирања семантичких правила као што је приказано на слици 35. Дефинисане су две инстанце класе *FelderSilvermanQuestionary* (при чему је *FSQ1* иницијална, а *FSQ2* резултујућа), инстанце *borderQuiz* и *borderLesson* класе *Quiz* и *Lesson*, инстанца *Оцена* класе *Grades*, инстанца *lessonTime* класе *LessonTime*, инстанца *PostedUA* класе *PostedUA*, инстанца *Оцена* класе *TotalGrades*, инстанца *UserTest* класе *User*, инстанце *PostedUA*, *GlossaryV* (*V* се односи на акцију *viewed*), *ForumV*, *QuizV*, *textF*, *LessonV* класе *UserActivity* и *ViewedUA*. За инстанце се могу дефинисати константне или променљиве граничне вредности у зависности од тога да ли се број образовних ресурса у курсу мења током времена.



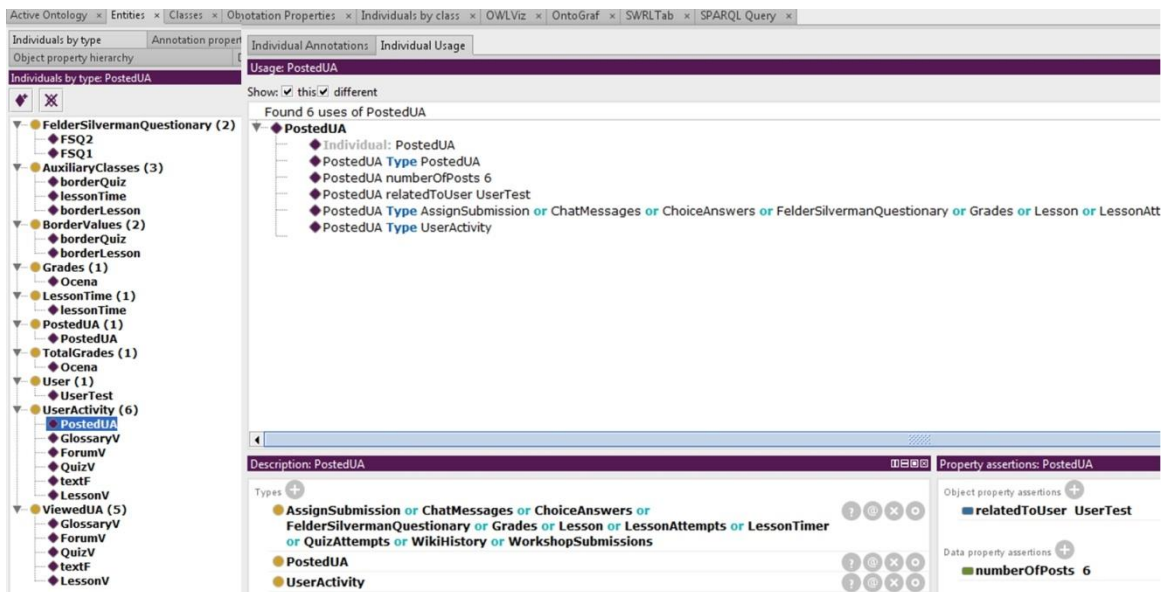
Слика 35. Приказ дефинисања инстанци у МАУ онтологији

На слици 36 је дат пример дефинисања инстанце *QuizV* (број прегледа квиза од стране једног студента) чији је *URI* <http://mau.rs/mau.owl#QuizV>, домен је класа *ViewedUA* (акција студента - посећеност), има дефинисан *ObjectProperty RelatedToUser* ка произвољној инстанци *UserTest* и два *dataProperty* *numberOfViews* (број прегледа објекта учења) и *viewsResources* (објекти учења које је студент посетио). У *Usage* секцији екрана налази се део записа онтолошког кода који се односи на изабрану инстанцу *QuizV*. Аналогно квизу се дефинишу и други објекти учења који учествују у семантичким правилима.



Слика 36. Приказ дефинисања инстанци броја посета квизу за једног студента у МАУ онтологији

На слици 37 дат је пример дефинисања инстанце *PostedUA* (број постова студента) чији је *URI* <http://mau.rs/mau.owl#PostedUA>, домен класа *PostedUA* (акција студента је креирање постова), има дефинисан *ObjectProperty RelatedToUser* ка инстанци *UserTest* и *dataProperty* *numberOfPosts* (број постова студента). У *Usage* секцији екрана налази се део записа онтолошког кода који се односи на инстанцу *PostedUA*.



Слика 37. Приказ дефинисања инстанце број постова студента у МАУ онтологији

4.7 Правила адаптације

4.7.1 Синтакса правила адаптације

Током учења у адаптивном окружењу, важан задатак представља креирање правила закључивања на основу знања садржаних у онтологији. На основу дефиниције тих правила одређује се ком стилу учења припада студент, како би му се у одређеној форми и облику приказивао наставни садржај. За потребе дисертације дефинисана су семантичка правила која се односе на ажурирање стила учења студента у реалном времену. Семантичка правила обухватају проверу да ли студент остаје при актуелном стилу учења или прелази у супротан пол у истој димензији. Због једноставности креирања и модификације правила и лаког усвајања синтаксе и логике, изабрано је коришћење *SWRL* (енг. *Semantic Web Rule Languages*) правила као одговарајућег начина приказа знања у системима семантичког веба. *SWRL* правила је могуће поделити у неколико категорија:

- правила за доношење одлука (енг. *decision rules*),
- правила везе (енг. *association rules*),
- правила класификације (енг. *classification rules*),
- правила за дефинисање услова (енг. *prediction rules*).

У дисертацији су коришћена правила која се односе на модел студента (енг. *learner modeling rules*). Њихова улога је унос и ажурирање података о студенту у онтологију. Креирање семантичких правила је неопходно за модификацију иницијалног стила учења студента. Правила су заснована на подацима о просечној оцени студента, интеракцији студента са системом и актуелном стилу учења. Правила адаптације која су дефинисана у оквиру онтологије се састоје од услова дефинисаних у телу (енг. *antecedent*) и њихове последице (енг. *consequent*). Значење правила су: Ако су испуњени услови дефинисани у телу, тада морају бити задовољене и дефинисане последице. Типично *SWRL* правило има облик:

$a_1 \wedge a_2 \wedge \dots \wedge a_n \rightarrow b_1 \wedge b_2 \wedge \dots \wedge b_m$, где су a_i и b_i *OWL* атоми који могу бити:

- Концепти (енг. *concepts*) $C(x)$ - C представља произвољни *OWL* назив (име концепта), док x представља променљиву, *OWL* елемент или дефинисану нумеричку или текстуалну вредност (енг. *data values*).
- Атрибути објеката (енг. *object properties*) $P(x,y)$ - P представља *OWL* атрибут (енг. *property*), док су x и y променљиве (енг. *variables*), инстанце класе (енг. *individuals*) или дефинисане нумеричке/текстуалне вредности (енг. *data values*).
- Особине типова података (енг. *Datatype properties*) $P(x,y)$ - P представља *OWL* атрибут (енг. *property*), x представља променљиву (енг. *variable*) или инстанцу класе (енг. *individual*), док је y дефинисана нумеричка или текстуална вредност (енг. *data value*).
- Функције *sameAs*(x,y) или *differentFrom*(x,y) - x и y су променљиве (енг. *variables*), инстанце класе (енг. *individuals*) или дефинисане нумеричке или текстуалне вредности (енг. *data values*).

У литератури се користи неформална синтакса која је читљивија у односу на апстрактну синтаксу *SWRL* језика. У неформалној синтакси, правила имају облик *antecedent* \Rightarrow *consequent* (услов \Rightarrow последица), где услов и последица представљају коњункције атома написаних у облику: $a_1 \wedge \dots \wedge a_n$. Стандардна конвенција је да се променљиве приказују уз помоћ имена којем претходи знак питања (нпр. $?x$).

4.7.2 Креирање и извршавање семантичких правила

За поступак креирања семантичких правила постоје три начина. Први начин је да се креирају у *Protégé* едитору и да се тако инкорпорирају у онтолошки модел. Други начин је да се директно креирају у *Jena* развојном окружењу. Трећи начин обухвата комбинацију претходна два начина. За потребе дисертације изабран је трећи начин. Разлог томе је што нису све граничне вредности у правилима фиксирани, већ су фиксирани две, а остале се мењају током времена. За креирање семантичких правила коришћен је *SWRL* језик у оквиру *Protégé SWRL* секције екрана. *Protégé* едитор има уграђени механизам закључивања који проверава конзистентност и регуларност рада онтологије и процеса извршавања семантичких правила. Ово може бити корисно када се ради са обимним онтологијама. Механизам за семантичко закључивање извлачи логичке консеквенце из сета тврдњи или аксиома. Семантичка правила дефинисана у оквиру *Protégé* едитора саставни су део кода МАУ онтологије. Индивидуалне класе које учествују у процесу семантичког закључивања су прецизно дефинисане на почетку креирања семантичких правила. Одговарајуће особине са типовима вредности су унете за све инстанце онтологије да би се на тај начин омогућило правилно извршавање семантичких правила. Семантичка правила се дефинишу са примарним циљем да се изведу детаљнији подаци који нису садржани у концептима и релацијама МАУ онтологије. Везана су за моделирање студента и адаптацију садржаја. Правила су базирана на механизму ажурирања модела студената према просечној оцени студената и њиховим активностима у складу са Фелдер-Силверман моделом. Предност семантичких правила је што су лака за разумевање и проширива. У наставку текста је приказан поступак дефинисања семантичких правила:

- Дефинише се иницијални стил учења за студента – мора припадати једном стилу учења у свакој димензији;
- За студента се посматрају четири димензије стила учења;
- Објекти учења су груписани по стилевима учења – један објекат учења може припадати ниједном, обама или једном стилу учења у оквиру димензије;
- Врши се праћење акција које студент врши у оквиру курса - број прегледа ресурса, број постова итд. (табела 5);

- Врши се праћење времена трајања корисничких акција (колико је студент провео времена на лекцији, квизу, итд.);
- Прати се просечна оцена студента над објектима учења који се оцењују (лекција, скорм лекција, задатак, квиз и радионица). За израчунавање просечне оцене студента на нивоу курса користи се принцип рачунања аритметичке средине просечних оцена ресурса који се оцењују. Формула која приказује израчунавање просечне оцене:

$$\text{ПросечнаОцена} = (\text{ПросечнаОценаЛ1} + \text{ПросечнаОценаЛ2} + \text{ПросечнаОценаТ}) / 3$$

- Као резултат извршења семантичких правила долази се до две опције: студент може да остане при истом стилу учења у димензији или да пређе у његов пар што зависи од испуњења горе наведених услова. Квантитативне вредности параметара се заокружују.

Табела 5 приказује број објеката учења онлајн курса Електронско пословање. У раду (Graf et al., 2009) дефинисане су фиксне граничне вредности за број прегледа форума и број постова, док су за остале ресурсе дефинисане променљиве граничне вредности које зависе од броја ресурса у курсу који се може мењати током времена. Нпр, доња граница за број посета домаћим задацима се дефинише као укупан број ресурса тог типа *0.25, а горња граница се дефинише као укупан број ресурса тог типа *0.75. Пример дефинисања граничних вредности је објашњен у табели 6. Граничне вредности ресурса које се прате у систему се имплементирају у *Jena* окружењу у виду метода. Праћење интеракције са системом се врши у реалном времену, а пресек стања који се односи на закључивање се врши на недељном нивоу.

Табела 5. Граничне вредности коришћене у правилима за курс Електронско пословање

Објекти учења	Бр. објеката учења	Активан		Рефлексиван		Визуелан		Вербалан	
		Акт.	Реф.	Реф.	Акт.	Виз.	Вер.	Вер.	Виз.
Домаћи задаци	15								
Лекције	10	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5
Квизови	10	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5
Видео фајлови	15					>11.25	<3.75		
Текстулани фајлови	19							>14.25	<4.75
Rpt фајлови	14					>10.5	<3.5		
Радионице	4								
Форум	Фиксне вр.	>14	<7	<7	>14				
Број постова	Фиксне вр.	>4	<2	<2	>4				
Време проведено на лекцији изражено у минутима	Између 50% и 75% у односу на укупно време	>10	<5	<5	>10	>10	<5	<5	>10
Домаћи задаци	15	>11.25	<3.75	<3.75	>11.25	>11.25	<3.75	<3.75	>11.25
Лекције	10	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5
Квизови	10	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5	>7.5	<2.5	<2.5	>7.5
Видео фајлови	15								
Текстулани фајлови	19								
Rpt фајлови	14								
Радионице	4	>3	<1	<1	>3	>3	<1	<1	>3
Форум	Фиксне вр.	>14	<7	<7	>14	>14	<7	<7	>14
Број постова	Фиксне вр.	>4	<2	<2	>4	>4	<2	<2	>4
Време проведено на лекцији изражено у минутима	Између 50% и 75% у односу на укупно време	>10	<5	<5	>10	>10	<5	<5	>10

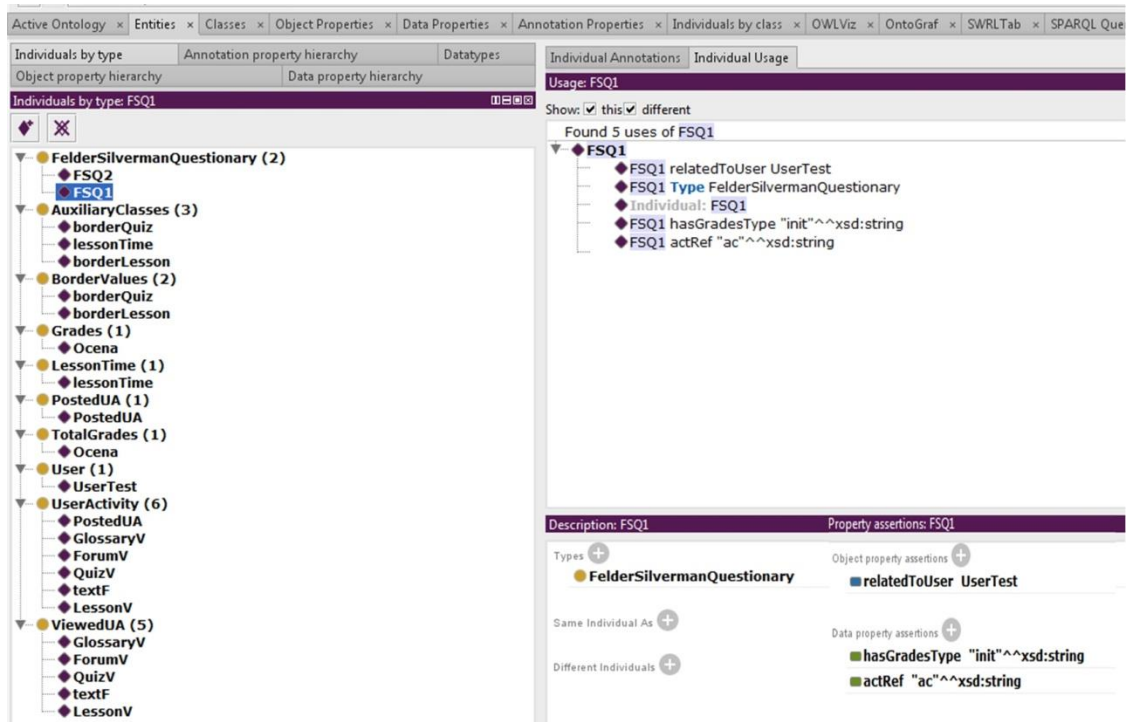
Табела 6. Објашњење дефинисања граничних вредности изабраног образовног ресурса за један стил учења

1. Укупан број домаћих задатака = x	15	
2. Доња гранична вредност = $Round(\text{укупан број задатака} * 0.25) = a$	$round(3.75)$	4
3. Горња гранична вредност = $Round(\text{укупан број задатака} * 0.75) = b$	$round(11.25)$	11
4. Из горње табеле видети за који стил учења се примењује изабрани ресурс	Сензитиван	
5. $y =$ Број приступа студента домаћим задацима		
6.а) У правилу да сензитиван остане сензитиван, треба да се задовољи услов $y > 11$		
6.б) У правилу да сензитиван постане интуитиван, треба да се задовољи услов $y < 4$		

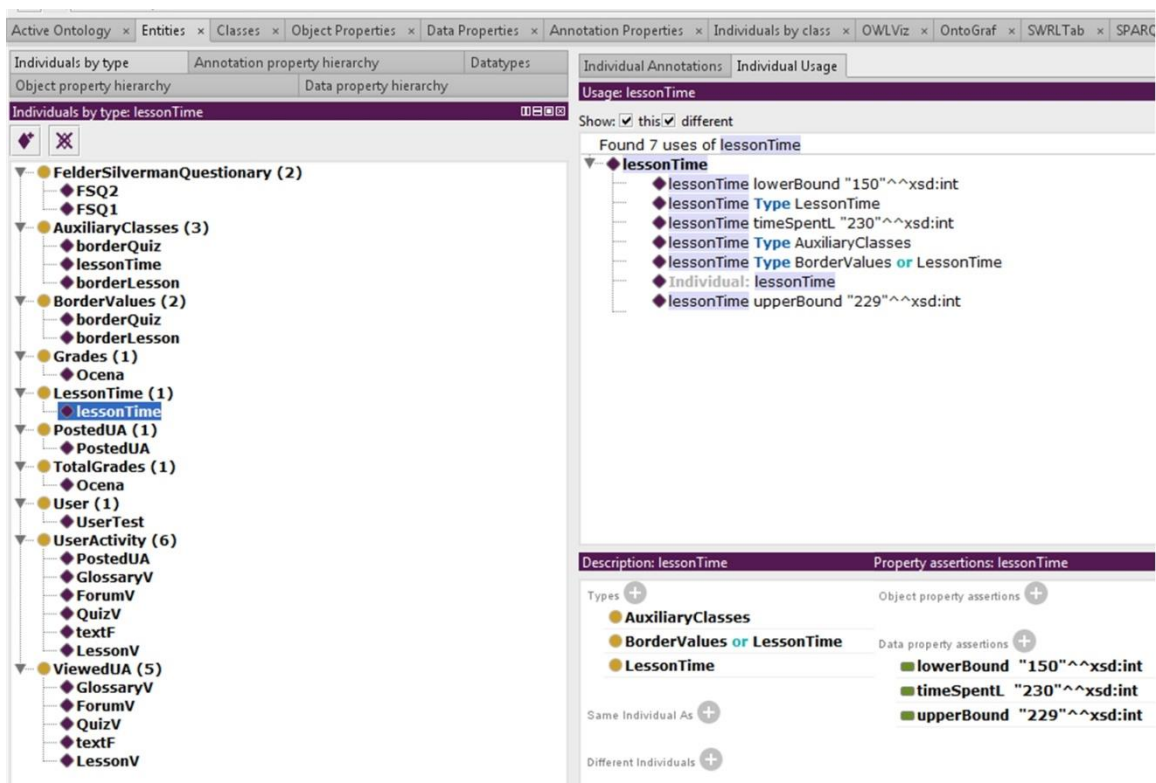
Тестирање правила се може вршити са фиксним или променљивим граничним вредностима. У дисертацији је примењен други приступ. Резултати семантичког закључивања треба да буду исти, без обзира који се од та два приступа примењује. У случају да се користе променљиве граничне вредности, број класа, инстанци, особина и аксиома је већи. Аналогно раду аутора (Graf et al., 2009), за МАУ онтологију су дефинисана правила одређивања образаца понашања која су приказана и објашњена у прилогу 1. Семантичка правила се уносе секвенцијално у *SWRL* секцији екрана и секвенцијално се извршавају. Због комплексности МАУ онтологије и правила, у дисертацији је приказан пример извршавања правила у оквиру једне димензије стила учења (активан-рефлексиван). Објашњење процедуре семантичког закључивања је: Уколико студент са активним стилем учења има задовољавајућу просечну оцену и његове/њене активности су у складу са тренутним стилем учења, стил учења студента остаје непромењен. За активне студенте, обрасци понашања су везани за број посета квизовима, лекцијама и форумима, број постова и време проведено на лекцијама. Остала правила се дефинишу на исти начин. *FSQ1* и *FSQ2* инстанце класе *FelderSilvermanQuestionary* су такође део механизма закључивања. *FSQ1* инстанца дефинише иницијалну вредност стила учења студента утврђену помоћу Фелдер-Силверман упитника. *FSQ2* инстанца дефинише резултујућу инстанцу након извршења семантичких правила. На сликама 38, 39 и 40 су приказане неке од инстанци које се користе приликом семантичког закључивања, заједно са дефинисаним особинама и њиховим типовима. Преглед инстанци је дат у табели 7.

Табела 7. Инстанце које се користе приликом семантичког закључивања

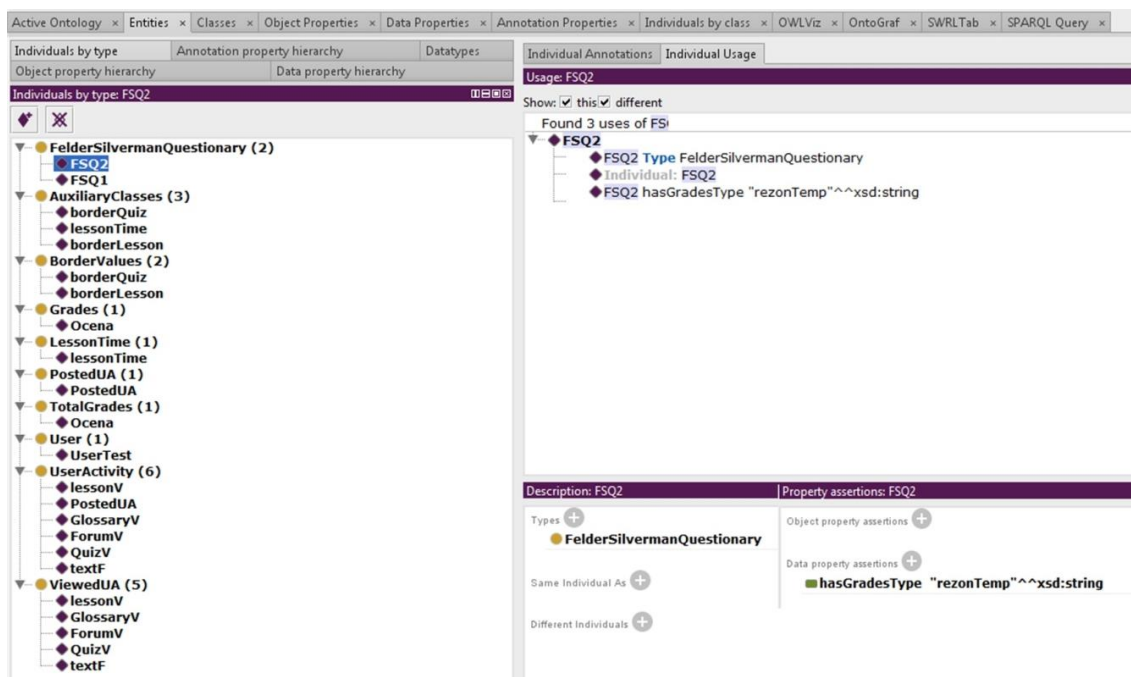
Инстанца	Сврха	Особина	Тип особине
<i>FSQ1</i>	Иницијална вредност стила учења студента утврђена помоћу Фелдер-Силверман упитника	<i>hasGradesType</i>	string
		<i>rezonTemp</i>	string
<i>BorderQuiz</i>	Дефинисање граничних вредности за квиз	<i>upperBound</i>	int
		<i>lowerBound</i>	int
		<i>relatedToRes</i>	string
<i>BorderLesson</i>	Дефинисање граничних вредности за лекцију	<i>upperBound</i>	int
		<i>lowerBound</i>	int
		<i>relatedToRes</i>	string
<i>LessonTime</i>	Дефинисање граничних вредности временаведеног на лекцијама изражених у секундама	<i>upperBound</i>	int
		<i>lowerBound</i>	int
		<i>timeSpentL</i>	int
<i>Oцена</i>	Дефинисање просечне оцене студента на нивоу курса	<i>gradeValue</i>	decimal
<i>quizV</i>	Дефинисање броја прегледа квиза једног студента	<i>numberOfViews</i>	int
		<i>viewsResource</i>	string
<i>lessonV</i>	Дефинисање броја прегледа лекција једног студента	<i>numberOfViews</i>	int
		<i>viewsResource</i>	string
<i>postedUA</i>	Дефинисање броја постова на форуму за једног студента	<i>numberOfPosts</i>	int
<i>FSQ2</i>	Резултујућа инстанца класе <i>FelderSilvermanQuestionary</i>	<i>hasGradesType</i>	string



Слика 38. Инстанца *FSQ1* за иницијални стил учења

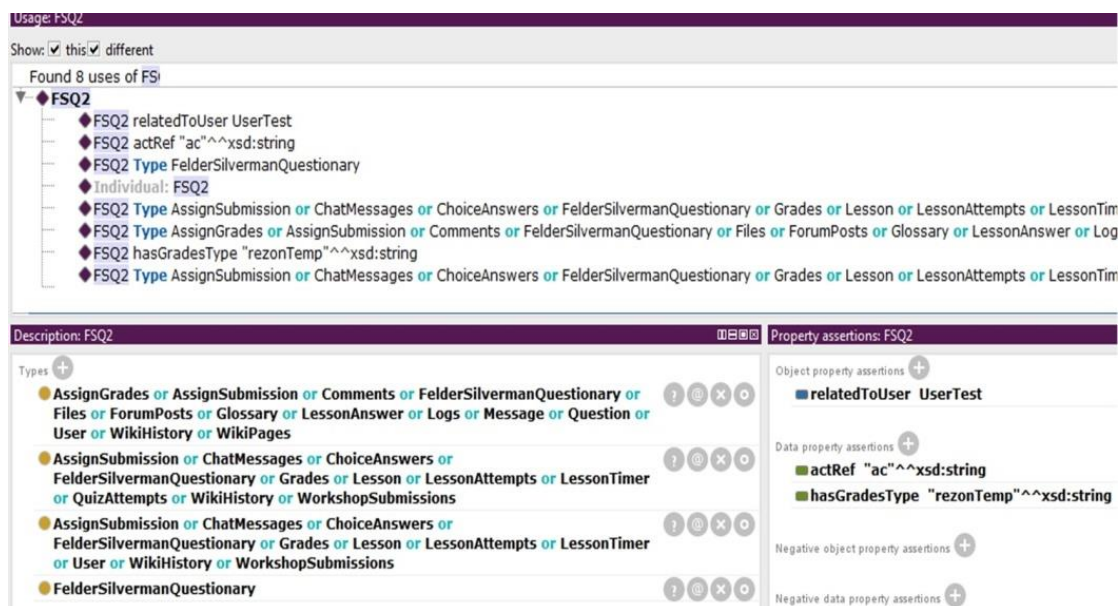


Слика 39. Инстанца *LessonTime* за дефинисање просечне и граничних вредности времена које студент проведе на лекцији



Слика 40. Приказ иницијалне вредности инстанце класе *FelderSilvermanQuestionary* која покреће механизам семантичког закључивања

Након покретања механизма закључивања у *FSQ2* инстанци се уписују резултујуће особине: стил учења за студента и јединствена идентификациона особина студента. Инстанца *UserTest* класе *User* остаје при активном стилу учења, након извршеног семантичког правила који се односи на проверу активан-рефлексиван стил учења, што је и приказано на слици 41.



Слика 41. Приказ резултујуће инстанце класе *FelderSilvermanQuestionary2* после извршења семантичког закључивања

У претходном примеру је било речи о извршењу правила за једну димензију Фелдер-Силверман модела стилова учења. У наредном примеру (слика 42) је приказано извршење правила за све димензије модела. Инстанца *FSQstart* (*FelderSilvermanQuestionary1*) је инстанца која дефинише иницијални стил учења студента са вредностима активан: девет → сензитиван: седам → вербалан: три → глобалан: три. Након покретања механизма закључивања и на основу унетих вредности за инстанце класа које учествују у правилима добија се актуелни стил учења студента са вредностима активан: седам → сензитиван: пет → визуелан: један → глобалан: три, као што је приказано на слици 43.

Usage: fsqStart

Show: this different

Found 15 uses of fsqStart

- fsqStart seqGlo "glo"^^xsd:string
- fsqStart hasGradesType "rezonTemp"^^xsd:string
- fsqStart senInt "7"^^xsd:int
- fsqStart relatedToUser UserTest
- fsqStart visVerb "3"^^xsd:int
- fsqStart Type AssignGrades or AssignSubmission or Comments or FelderSilvermanQuestionary or Files or ForumPosts or Glossary or LessonAnswer or Logs or Mes
- fsqStart Type AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or Qu
- fsqStart Type AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or Usi
- fsqStart visVerb "verb"^^xsd:string
- fsqStart seqGlo "3"^^xsd:int
- fsqStart Type FelderSilvermanQuestionary
- fsqStart actRef "act"^^xsd:string
- fsqStart actRef "9"^^xsd:int
- Individual: fsqStart
- fsqStart senInt "sen"^^xsd:string

Description: fsqStart

Property assertions: fsqStart

Types

- AssignGrades or AssignSubmission or Comments or FelderSilvermanQuestionary or Files or ForumPosts or Glossary or LessonAnswer or Logs or Message or Question or User or WikiHistory or WikiPages
- AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or QuizAttempts or WikiHistory or WorkshopSubmissions
- AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or User or WikiHistory or WorkshopSubmissions
- FelderSilvermanQuestionary

Same Individual As

Different Individuals

Object property assertions

- relatedToUser UserTest

Data property assertions

- visVerb "verb"^^xsd:string
- seqGlo "3"^^xsd:int
- seqGlo "glo"^^xsd:string
- hasGradesType "rezonTemp"^^xsd:string
- senInt "7"^^xsd:int
- actRef "act"^^xsd:string
- visVerb "3"^^xsd:int
- actRef "9"^^xsd:int
- senInt "sen"^^xsd:string

Negative object property assertions

Слика 42. Приказ вредности класе *FelderSilvermanQuestionaryStart* пре извршења семантичког закључивања

Usage: fsqRez

Show: this different

Found 15 uses of fsqRez

- fsqRez senInt "5"^^xsd:int
- fsqRez Type AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or QuizAtt
- fsqRez Type AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or User or
- fsqRez actRef "act"^^xsd:string
- fsqRez seqGlo "glo"^^xsd:string
- fsqRez visVerb "1"^^xsd:int
- fsqRez actRef "7"^^xsd:int
- fsqRez visVerb "vis"^^xsd:string
- fsqRez Type AssignGrades or AssignSubmission or Comments or FelderSilvermanQuestionary or Files or ForumPosts or Glossary or LessonAnswer or Logs or Message
- fsqRez Type FelderSilvermanQuestionary
- fsqRez senInt "sen"^^xsd:string
- Individual: fsqRez
- fsqRez seqGlo "3"^^xsd:int
- fsqRez hasGradesType "rezonTemp"^^xsd:string
- fsqRez relatedToUser UserTest

Description: fsqRez

Property assertions: fsqRez

Types

- AssignGrades or AssignSubmission or Comments or FelderSilvermanQuestionary or Files or ForumPosts or Glossary or LessonAnswer or Logs or Message or Question or User or WikiHistory or WikiPages
- AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or QuizAttempts or WikiHistory or WorkshopSubmissions
- AssignSubmission or ChatMessages or ChoiceAnswers or FelderSilvermanQuestionary or Grades or Lesson or LessonAttempts or LessonTimer or User or WikiHistory or WorkshopSubmissions
- FelderSilvermanQuestionary

Same Individual As

Different Individuals

Object property assertions

- relatedToUser UserTest

Data property assertions

- senInt "sen"^^xsd:string
- senInt "5"^^xsd:int
- actRef "act"^^xsd:string
- seqGlo "3"^^xsd:int
- seqGlo "glo"^^xsd:string
- visVerb "1"^^xsd:int
- hasGradesType "rezonTemp"^^xsd:string
- actRef "7"^^xsd:int
- visVerb "vis"^^xsd:string

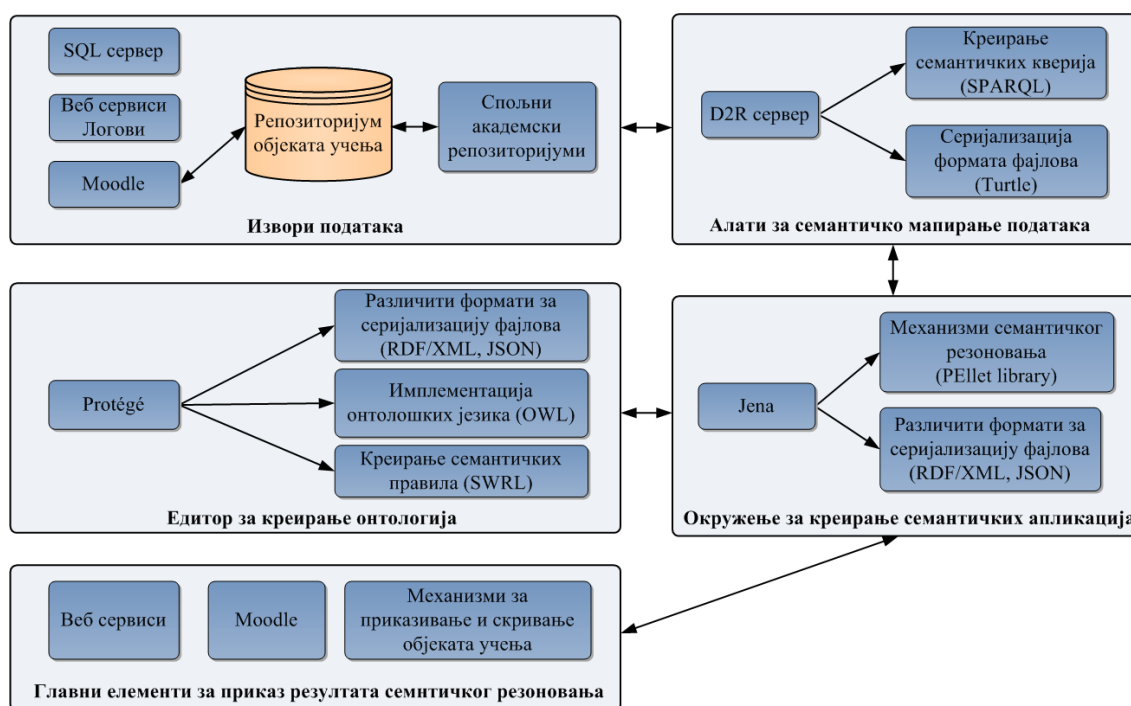
Negative object property assertions

Слика 43. Приказ вредности класе *FelderSilvermanQuestionaryStart* након извршења семантичког закључивања

5 ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МОДЕЛА ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАНОГ НА СЕМАНТИЧКОЈ АДАПТАЦИЈИ ОБЈЕКТА УЧЕЊА

5.1 Софтверски алати коришћени у имплементацији модела

MAU онтологија се користи као подршка развоју адаптивног *Moodle* система и имплементацији напредног закључивања. Приступ базиран на *D2R* серверу и *Jena* окружењу подржава концепт повезивања релационих база података и онтологије примењен у дисертацији. Софтверски алати коришћени током развоја модела су приказани на слици 44 и објашњени су у тексту који следи.



Слика 44. Семантичке технологије примењене за развој *MAL* система

Подаци из релационе базе података су обезбеђени преко мапираног фајла са *Turtle* синтаксом. *D2RQ* модел података је направљен према мапираном фајлу и садржи инстанце заједно са придруженим особинама креираним у оквиру онтологије. Током процедуре мапирања су коришћени неки од постојећих стандарда за мапирање: *FOAF* за мапирање студента, *Dublin Core* и *LOM* стандарди за мапирање објеката учења. Интеграција семантичког мапирања података у *Moodle* имплементирана је уз помоћ *DR2Q* модела података.

Креирање и прилагођавање MAU онтологије је извршено у *Protégé* едитору који омогућава описивање семантичких правила и логике уз помоћ *SWRL* језика. У

SWRL секцији екрана су дефинисана правила адаптације по дефинисаним принципима и везама између елемената онтолошког модела. Онтологија је фајл са *OWL* екстензијом. Подаци добијени из *OWL* фајла чине податке онтологије који са *Pellet* механизмом за закључивање предстаља модел за семантичко закључивање. За модел развијен у дисертацији је искоришћена отворена архитектура *Protégé* онтолошког едитора која омогућава интеграцију спољашњих компоненти као што су модули за одлучивање и веб сервиси. Ради лакшег развоја онтологије, искоришћена је *OntoGraf* секција екрана за визуелизацију која омогућава графичко приказивање онтологије. Језици формата за серијализацију су: *Turtle* (.ttl) – мапирани фајл из *Moodle* система (улазни фајл на *D2R* сервер); *RDF/XML*, *OWL/XML* и *JSON* – формати за серијализацију онтологије; *OWL* – онтолошки језик који се примењује у приказу онтологије.

Moodle релациона база података је преведена у семантичку уз помоћ *D2R* сервера. На тај начин су добијени метаподаци који омогућавају коришћење мапираних фајлова и механизма за креирање и тестирање семантичких упита над репозиторијумом објеката учења, *MAU* онтологијом и добијеним семантичким скуповима података. Семантички упити су написани уз помоћ *SPARQL* језика и извршавају се и тестирају помоћу *SPARQL Endpoint* приступне тачке *D2R* сервера. *D2R* сервер користи *API* стандарде за рад са семантичким скуповима података. Придруживање *D2RQ* података онтолошком моделу омогућава извршавање *SPARQL* упита над креираном онтологијом. Семантички упити написани у *SPARQL* језику користе концепте дефинисане у оквиру онтологије. Недостатак овог приступа је сложеност поступка, разноврсност компоненти система (софтверских алата, језика, техника, стандарда и формата) и њихова интеграција.

Имплементирани модел се састоји од три компоненте и креиран је у *Jena* развојном окружењу који представља *Java* окружење за креирање семантичких апликација. Наведене компоненте су модел мапираних података (модел *D2R* сервер инстанци), онтолошки модел (онтологија креирана у *Protégé* едитору) и модел за семантичко закључивање (*Pellet* механизам). У дисертацији је коришћење *Jena* окружења било неопходно због: (1) развоја метода неопходних за адаптацију система коришћењем *Java* програмског језика и *RDF API* интерфејса; (2) имплементације и извршавања семантичких правила, упита и механизма закључивања; (3) добијања резултата

семантичког закључивања и њиховог слања у *MAL* систем; (4) адаптације едукативног система у реалном времену. За закључивање *OWL-DL* типа у оквиру МАУ онтологије коришћен је *Pellet*.

За потребе дисертације имплементирана су два веб сервиса. Први веб сервис обезбеђује слање семантичких података у реалном времену из *Jena* окружења ка *MAL* систему. Резултати семантичког закључивања (тренутни стил учења студента) се у реалном времену преносе у *MAL* систем. Други веб сервис обезбеђује везу између *MAL* система и спољашњих отворених академских репозиторијума. Имплементација овог веб сервиса омогућава семантичко обогаћивање постојећих објеката учења. Информације о актуелном стилу учења студента и предефинисане кључне речи за сваки објекат учења су главни чиниоци за правилно функционисање овог модула. Након дефинисања кључних речи, овај модул укључује технику визуелизације. Семантичко обогаћивање објеката учења се остварује из неколико академских база отвореног приступа (*arXiv*, *CiteSeerX*, *DBpedia* и *DOAJ*).

Од програмских језика у дисертацији се користе *PHP* за рад са *Moodle* системом и креирање додатних модула и за повезивање *Moodle* система са екстерним академским базама, *Java* за рад са *Jena* окружењем, *JavaScript* за адаптацију корисничког интерфејса *Moodle* система, *SPARQL* за креирање семантичких упита и *SWRL* за креирање семантичких правила.

Уз помоћ развијеног модела омогућене су следеће функционалности:

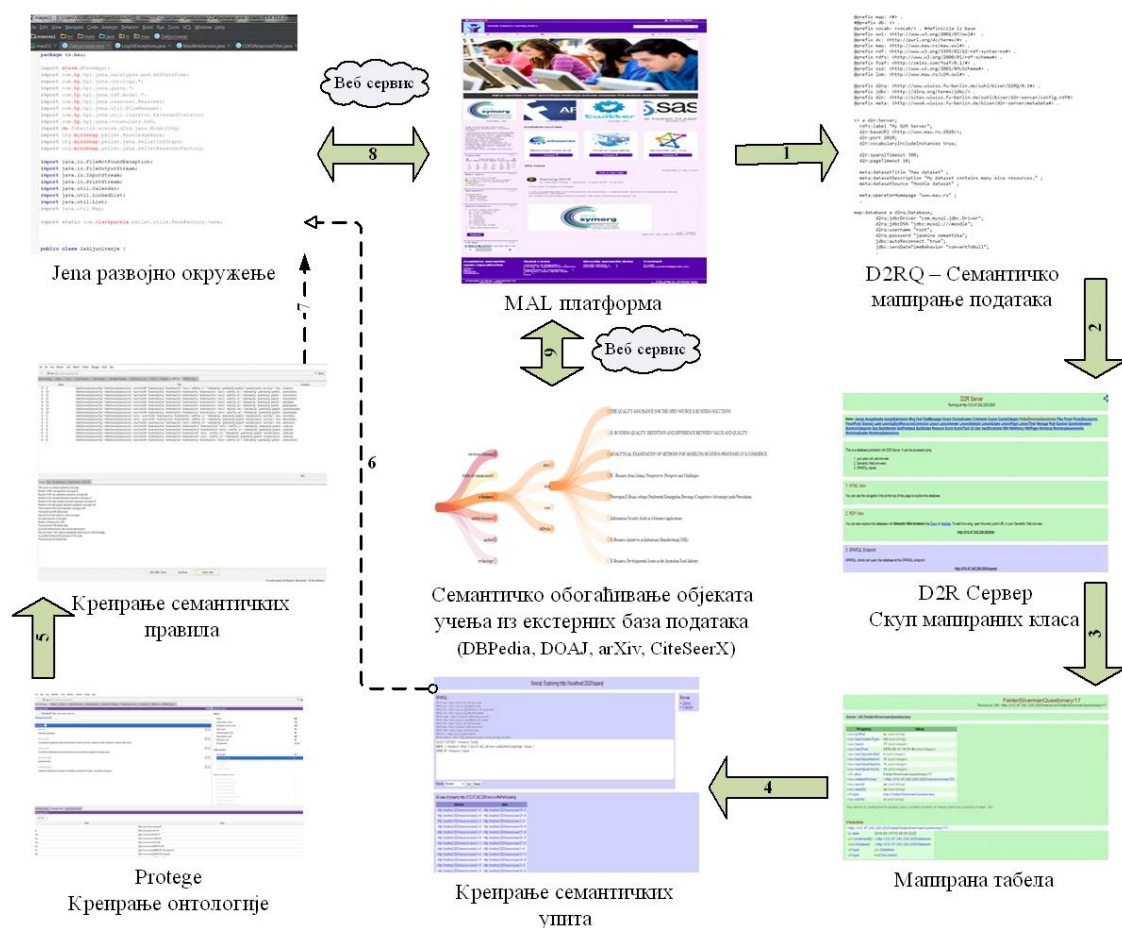
- креирање *Moodle* система за електронско учење у области електронског пословања, семантичког веба, виртуелних организација и друго;
- додавање нових студената, наставног материјала и електронских курсева;
- могућност поновне употребе и дељења објеката учења;
- могућност импортовања екстерних објеката учења;
- креирање модула за адаптацију система;
- поступак семантичког мапирања и анотације објеката учења;
- поступак визуелизације објеката учења из екстерних академских база;
- дефинисање и тестирање постојећих и нових семантичких упита;
- дефинисање и тестирање постојећих и нових семантичких правила;
- извршавање механизма закључивања;
- генерисање шаблона понашања;

- идентификација и динамичко праћење стила учења студента;
- креирање извештаја о напретку студента и праћење његових акција у оквиру едукативног система;
- динамичко ажурирање модела студента;
- комуникација компоненти модела уз помоћ једног од веб сервиса;
- интеграција објеката учења из екстерних академских база уз помоћ другог веб сервиса;
- функционисање модела у реалном времену.

5.2 Процедура имплементације модела

У наредним потпоглављима објашњена је процедура имплементације модела (слика 45) коју чине следећи кораци:

- Креирање *Moodle* система за управљање процесом учења са свим функционалностима, електронским курсевима и учесницима.
- Дефинисање учесника у процесу учења.
- Креирање три модула са семантичким функционалностима у *Moodle* систему.
- Мапирање *Moodle MySQL* базе.
- Креирање и тестирање упита над семантички мапираном базом.
- Креирање и тестирање семантичких правила у оквиру онтологије у складу са критеријумом адаптације.
- Кодирање семантичког закључивања у *Jena* развојном окружењу помоћу *Pellet* механизма за закључивање. Као резултат семантичког закључивања се добијају ажурирани стилови учења студента који се прослеђују систему за управљање процесом учења преко веб сервиса.
- На основу резултата семантичког закључивања врши се персонализација система, тј. обавља се реализација адаптивних електронских курсева.
- Врши се визуелно обогаћивање објеката учења из екстерних репозиторијума према дефинисаним таговима за ресурсе на недељном нивоу у курсу.
- Врши се динамичко праћење интеракције студента са системом и евалуација постигнутих резултата током процеса учења.



Слика 45. Процедура имплементације модела

5.2.1 Креирање Moodle система за електронско учење

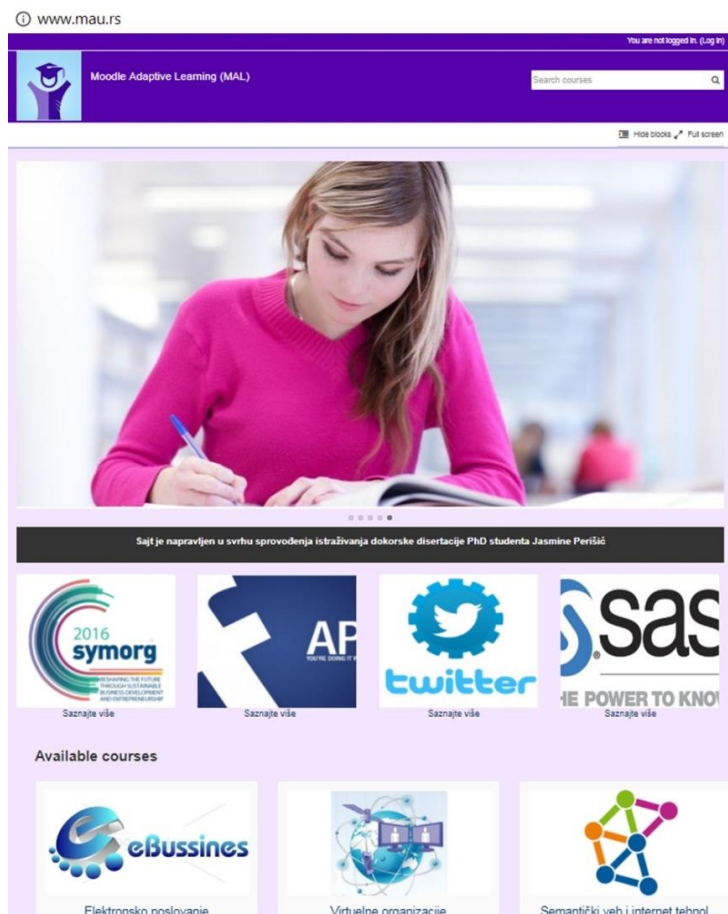
Moodle систем за електронско учење за потребе дисертације креиран је на веб адреси <http://www.mau.rs>. Код за потребе докторске дисертације је јавно доступан на линку <https://bitbucket.org/Jasmina82/MAL/>. Назив веб сајта је MAL као скраћеница од Moodle Adaptive Learning. На слици 46а) је приказана почетна страна, а на слици 46б) Заглавље MAL система. У подножју MAL система (слика 46в) налазе се линкови ка екстерним академским базама које се користе у систему. Ти репозиторијуми представљају академске базе података научних радова из разноврсних домена. Поред њих, постоје и линкови ка имплементираној онтологији³⁴ и семантичком скупу података³⁵ (енг. Metadata dataset) за Moodle систем за управљање учењем.

³⁴ <http://mau.rs/mau.owl>

³⁵ <http://mau.rs:2020/>

У оквиру система креирана су три активна електронска курса подељена по недељним тематским целинама (слика 47): Електронско пословање, Семантички веб и интернет технологије и Виртуелне организације. Извори знања су наставни материјали из *Moodle* система и објекти учења из екстерних база. У курсу Електронско пословање обрађују се тематске јединице на недељном нивоу: Електронско пословање; интернет; електронско образовање и мобилне технологије; блог и интернет бизнис план; *HTML* и *CSS*; електронска трговина и електронски маркетинг; *Joomla*, друштвене мреже и електронско пословање у јавној управи; *Sugar CRM*; интернет маркетинг и *Google* сервиси; избор семинарских радова. У курсу Виртуелне организације обрађују се тематске јединице на недељном нивоу: виртуелни тим; виртуелне организације; модели организационе структуре; *Telework*, виртуелна канцеларија. У курсу Семантички веб и интернет технологије обрађују се тематске јединице на недељном нивоу: семантички веб (*WEB 3.0*); онтологије; адаптивно електронско образовање; виртуелне приватне мреже; *HTML*; *XML*; *CSS*; *PHP*; *JSON*, *AJAX*, *ASP.NET*; *SOA*; *PHP*, *XML*, *JSON*; *CLOUD COMPUTING*, *SOAP*, *REST SERVICE*; *FLIGHT PHP*.

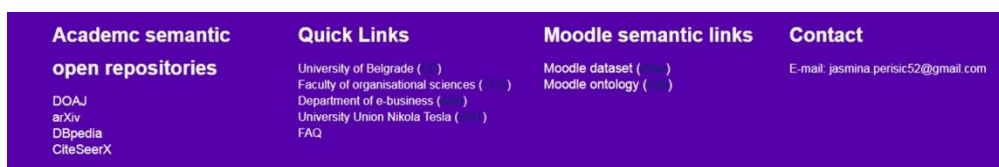
На слици 48. су приказани објекти учења за курс Електронско пословање организовани по наставним тематикама седмично. Наставни материјали у оквиру курса су приказани седмично. Сачињавају их образовни ресурси и фајлови различитих формата и типова. Посебну пажњу треба обратити на елементе: образовне ресурсе који се оцењују (тест, задатак, лекција, радионица, скорм лекција), на типове и формате објеката учења на време проведено на њима, и на ниво успеха који студент остварује на нивоу курса. Ови елементи су чиниоци семантичког дела модела.



a)

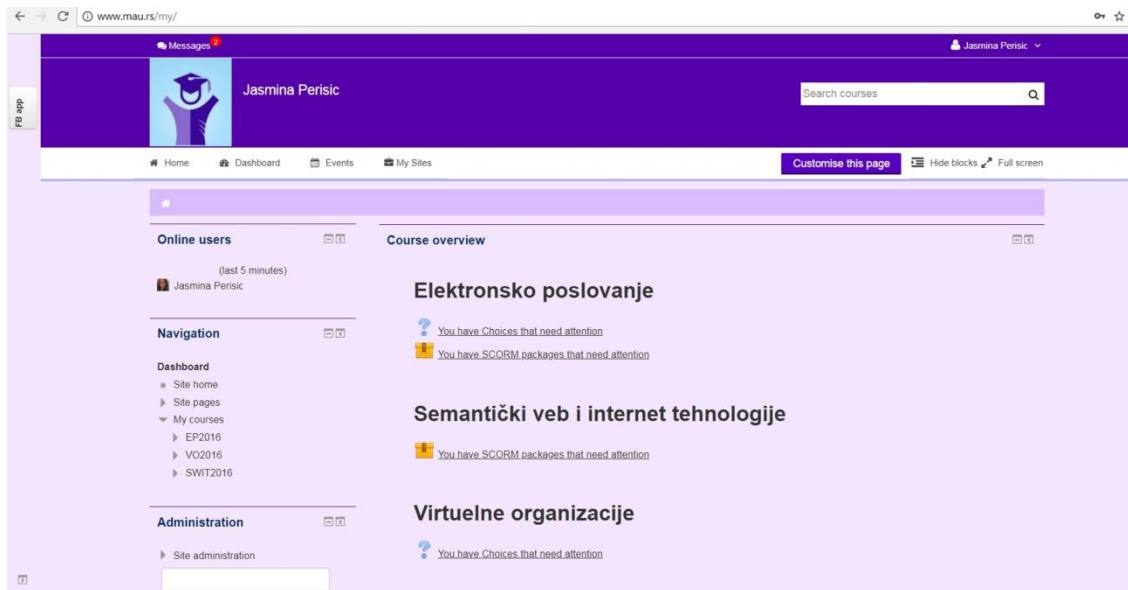


б)

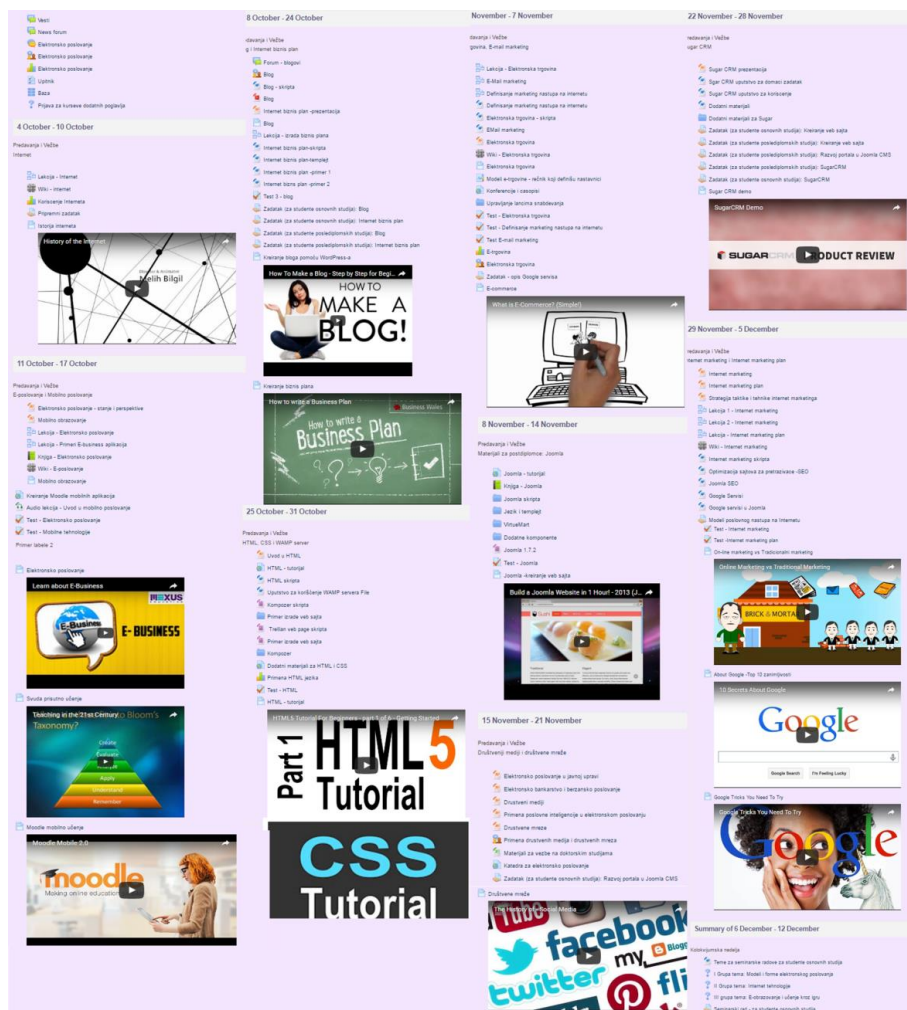


в)

Слика 46. а) Почетна страна, б) Заглавље, в) Подножје *MAL* система



Слика 47. Електронски курсеви у оквиру MAL система



Слика 48. Објекти учења по недељама у курсу Електронско пословање

Примери објеката учења су дати на следећим сликама: текстуална лекција и лекција која садржи и текст и слике (слика 49), аудио фајл (слика 50а) и видео фајл (слика 50б), резултат теста (слика 51), задатак (слика 52) и скорм лекција (слика 53).

The screenshot shows a Moodle course page titled "Lekcija - Elektronsko poslovanje". The page is divided into several sections:

- Navigation:** A sidebar menu on the left lists various course elements, including "Lekcija - Elektronsko poslovanje", "Lekcija - Primeri E-business aplikacija", and "Knjiga - Elektronsko poslovanje".
- Main Content:**
 - Text:** A paragraph defining Electronic Business (EB) as managing business on the Internet, involving sales and customer care. It mentions B2B (business to business) and B2C (business to customer) models.
 - Quiz Question:** "Da li elektronsko poslovanje podrazumeva samo kupovinu i prodaju?" (Does electronic business imply only buying and selling?). The "Ne" (No) option is selected.
- Diagram:** A diagram illustrating the evolution of e-commerce. It shows four stages:
 - Web sajt prezentacija:** Represented by a computer monitor icon.
 - E-business I kupovina i prodaja:** Represented by a person at a computer with a shopping cart icon.
 - E-business II kupovina i prodaja deljenje informacija:** Represented by a person at a computer with a network icon.
 - Inteligentni E-business End to end poslovni procesi Cross Industry Communities:** Represented by a globe icon.

Слика 49. Типови лекција у курсу Електронско пословање

Elektronsko poslovanje

Dashboard > Poslovni kursevi > E-poslovanje i virtualne organizacije > EP2016 > 11 October - 17 October > Audio lekcija - Uvod u mobilno obrazovanje

NAVIGATION

- Dashboard
- Site home
- Site pages
- Current course

Audio lekcija - Uvod u mobilno obrazovanje

00:55 / 11:22

a)

Elektronsko poslovanje

Learn about E-Business

MEXUS

E-BUSINESS

Svuda prisutno učenje

Teaching in the 21st Century to Bloom's Taxonomy?

Create

Apply

Understand

Remember

b)

Слика 50. Аудио и видео фајл у курсу Електронско пословање

Messages

Jasmina Perisic

Elektronsko poslovanje

Search courses

Home Dashboard Events My Sites This course Hide blocks Full screen

Poslovni kursevi > E-poslovanje i virtualne organizacije > EP2016 > 11 October - 17 October > Test - Elektronsko poslovanje > Preview

Quiz navigation

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Finish review

Start a new preview

Navigation

Dashboard

- Site home
- Site pages
- Current course
- EP2016
 - Participants
 - General
 - 4 October - 10 October
 - 11 October - 17 October
 - Elektronsko poslovanje - stanje i perspektive
 - Mobilno obrazovanje

Started on	Wednesday, 7 September 2016, 11:58 AM
State	Finished
Completed on	Tuesday, 13 February 2018, 1:55 PM
Time taken	1 year 159 days
Grade	30.00 out of 100.00

Question 1

Correct

Mark 10.00 out of 10.00

Flag question

Edit question

Elektronsko poslovanje ili:

Select one:

a. E-Commerce

b. E-business ✓ Tacan odgovor

Your answer is correct.

The correct answer is: E-business

Question 2

Incorrect

Mark 0.00 out of 10.00

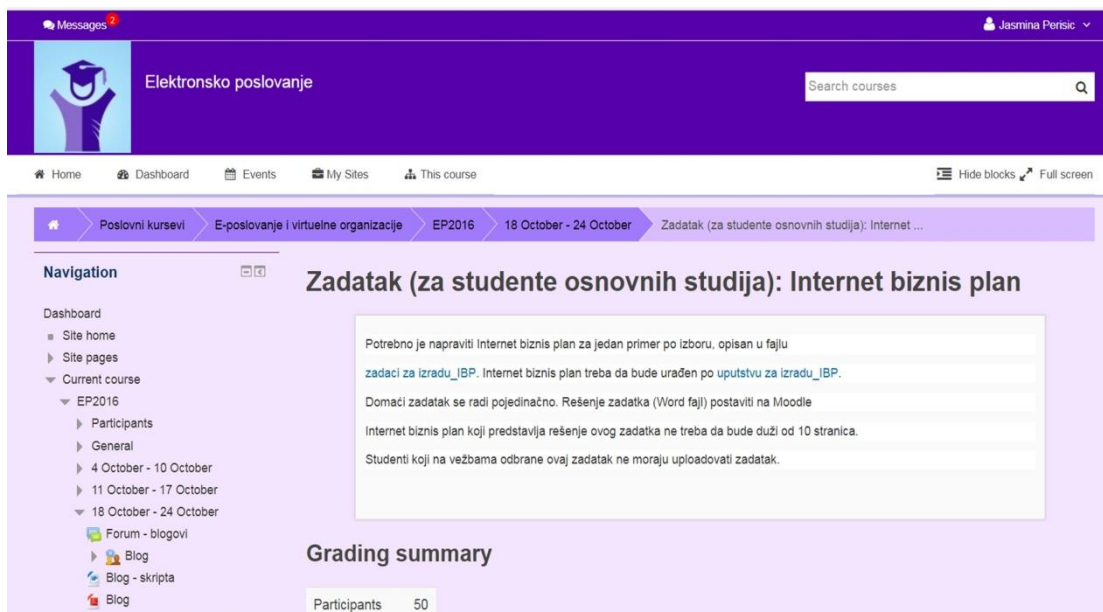
Flag question

Šta znači P2P?

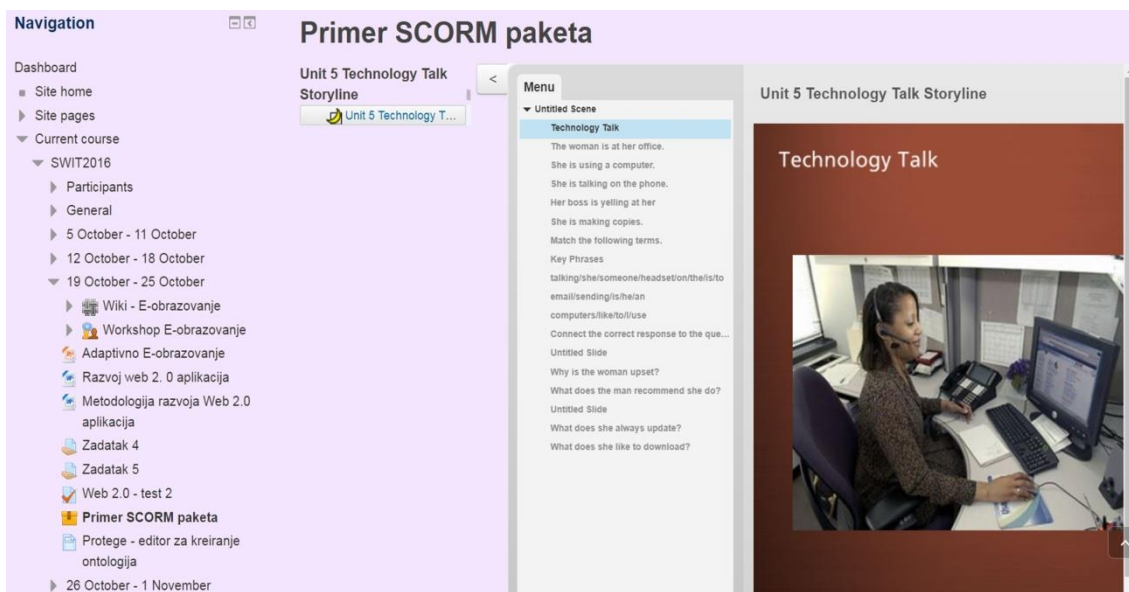
Select one:

a. Profit-prema-profitu ✗ Netacan odgovor

Слика 51. Пример резултата теста у курсу Електронско пословање



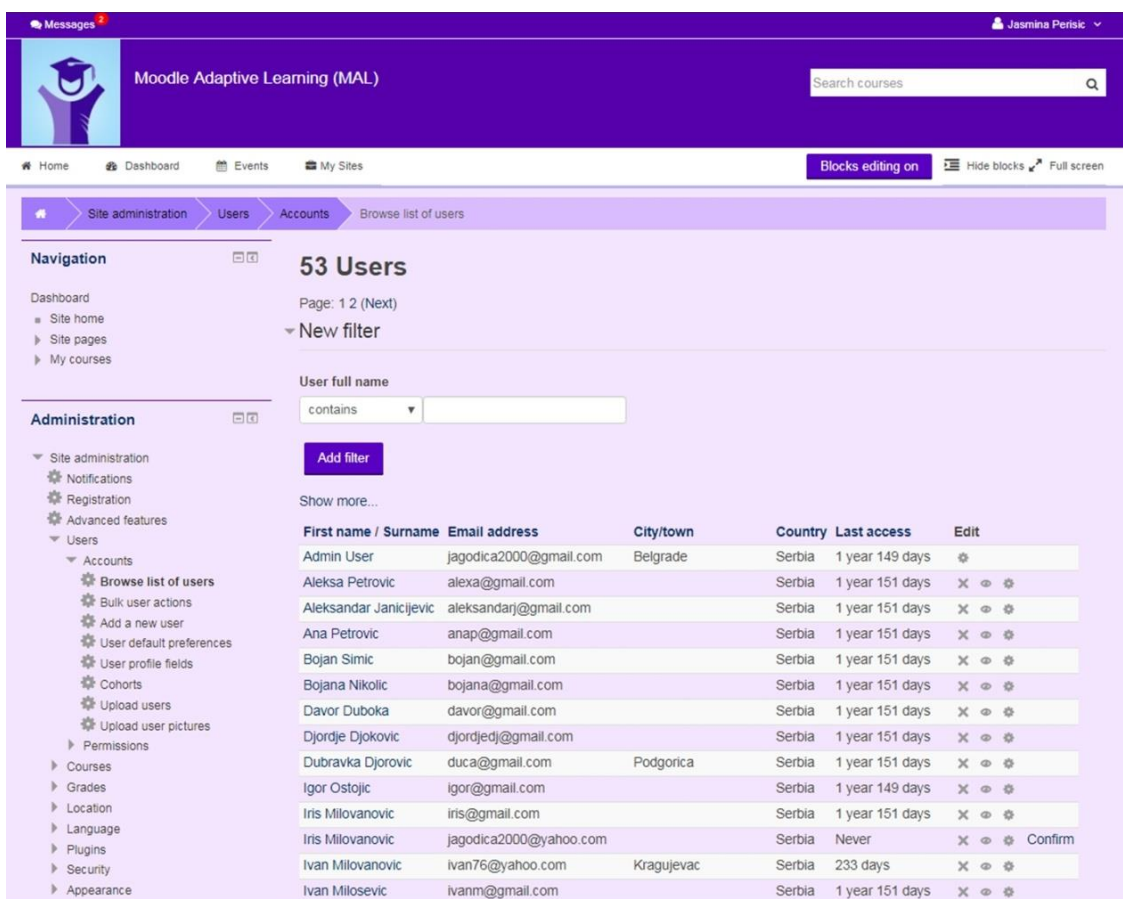
Слика 52. Приказ задатка у курсу Електронско пословање



Слика 53. Пример скорм лекције у курсу Електронско пословање

5.2.2 Учесници у процесу учења

Постоје три типа учесника у систему: администратори курса, наставници и студенти. Студент похађа један или више електронских курсева. Наставник оцењује рад студената. Експерти из одговарајућег домена изучавања креирају наставни материјал за електронски курс. Посао администратора је да се бави одржавањем система. Приказ регистрованих студената *MAL* система је дат на слици 54.



The screenshot displays the Moodle Adaptive Learning (MAL) system interface. At the top, there is a navigation bar with a search box for courses and a user profile for Jasmina Perisic. Below this, a breadcrumb trail shows the path: Site administration > Users > Accounts > Browse list of users. The main content area is titled "53 Users" and includes a filter section with a dropdown menu set to "contains" and an "Add filter" button. A table lists the users with columns for First name / Surname, Email address, City/town, Country, Last access, and Edit. The table contains 13 rows of user data.

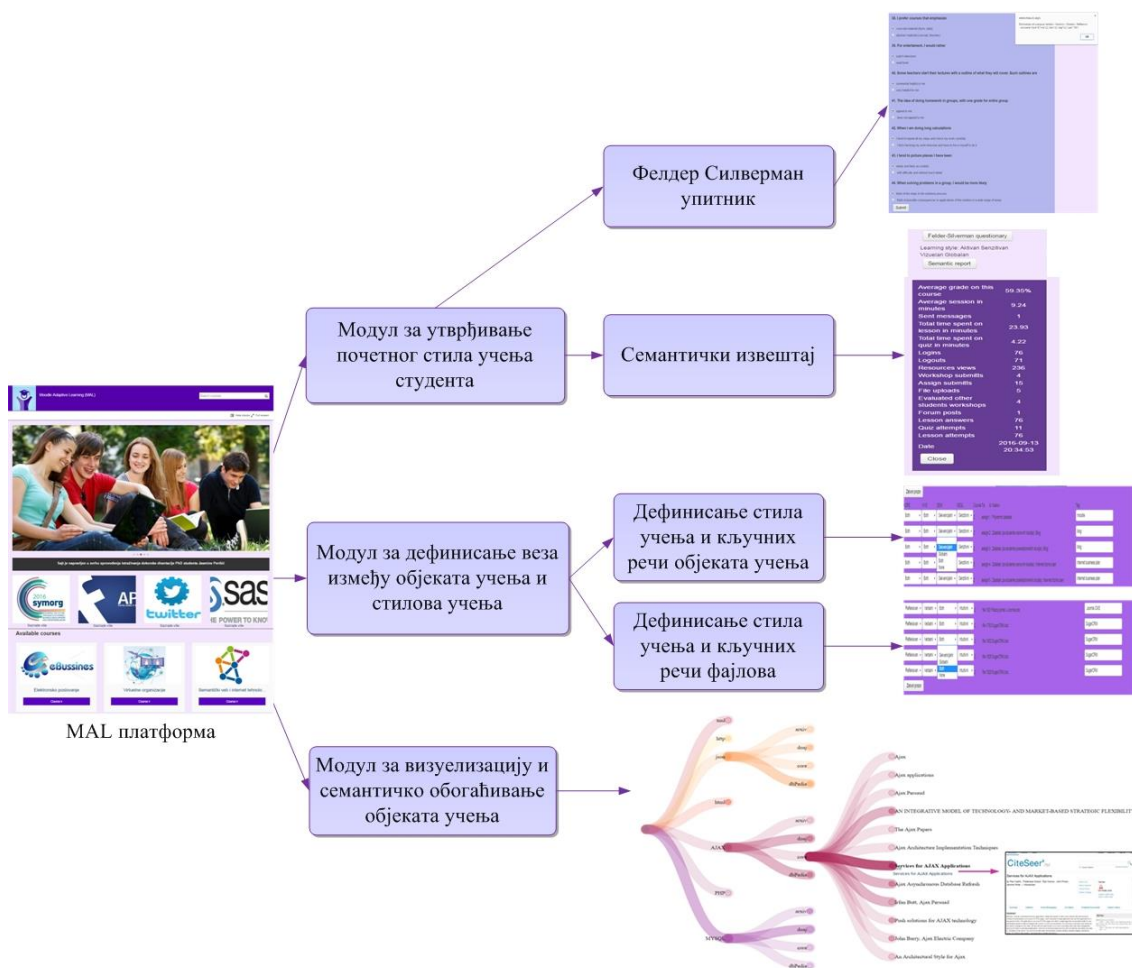
First name / Surname	Email address	City/town	Country	Last access	Edit
Admin User	jagodica2000@gmail.com	Belgrade	Serbia	1 year 149 days	⊕
Aleksa Petrovic	alexa@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Aleksandar Janicjevic	aleksandarj@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Ana Petrovic	anap@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Bojan Simic	bojan@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Bojana Nikolic	bojana@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Davor Duboka	davor@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Djordje Djokovic	djordjecj@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Dubravka Djorovic	duca@gmail.com	Podgorica	Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Igor Ostojic	igor@gmail.com		Serbia	1 year 149 days	⊗ ⊕ ⊕
Iris Milovanovic	iris@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕
Iris Milovanovic	jagodica2000@yahoo.com		Serbia	Never	⊗ ⊕ ⊕ Confirm
Ivan Milovanovic	ivan76@yahoo.com	Kragujevac	Serbia	233 days	⊗ ⊕ ⊕
Ivan Milosevic	ivanm@gmail.com		Serbia	1 year 151 days	⊗ ⊕ ⊕

Слика 54. Приказ студената који похађају *MAL* систем

5.2.3 Креирање нових модула у *Moodle* систему

Три семантичке компоненте су коришћене током имплементације модела (слика 55). Прва компонента (модул) је везана за одређивање стила учења студента. Фелдер-Силверманов упитник се користи за утврђивање почетног стила учења и то је једина подфаза када се од студента тражи да пошаље информације одговарајући на питања. Подаци из семантичког извештаја се користе за утврђивање актуелног стила учења студента. Ова подфаза се обавља аутоматски у позадини процеса учења. Друга компонента, која се обавља у позадини процеса учења, везана је за

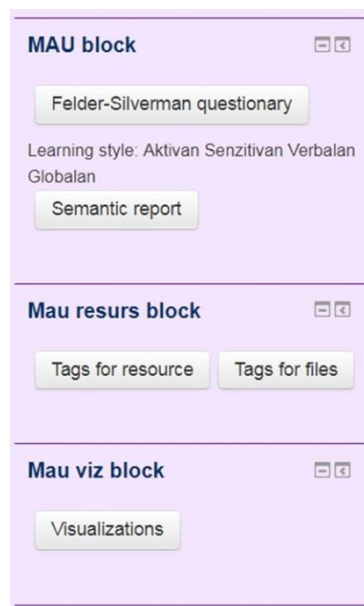
дефинисање релација између објеката учења и стилова учења, како за ресурсе учења тако и за фајлове. Трећи модул је везан за визуелизацију и семантичко обогаћивање постојећих објеката учења.



Слика 55. Три компоненте MAL система

Имплементација нових модула је неопходна како би се реализовали предмет и циљ истраживања постављени у дисертацији. Модули су имплементирани за електронске курсеве на нивоу MAL система, дефинишу полазну тачку у процесу персонализације система и чине основу адаптационог модула. Први и други модули се базирају на семантичким компонентама. Трећи модул функционише одвојено од семантике и омогућава адаптацију садржаја корисничког интерфејса система помоћу визуелног приказа препорука ка спољашњим објектима учења. Креирање нових компоненти у Moodle систему подразумева развој три модула (слика 56):

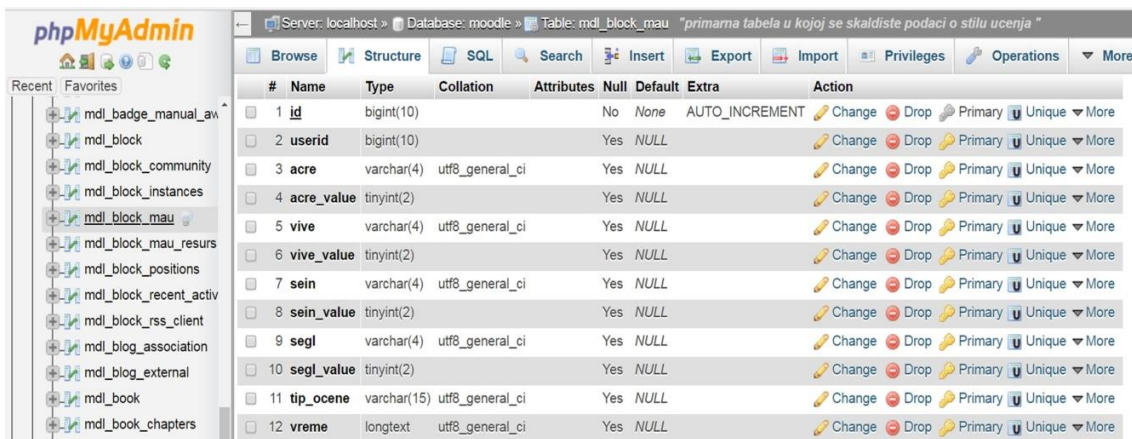
- Први модул (блок *tau*) представља имплементацију Фелдер-Силверман упитника за иницијално одређивање и ажурирање стила учења студента. У овом модулу је направљена веза између студента и стила учења. Поред ове табеле, у оквиру првог модула је креирана и табела Семантички извештај. У њу се бележе резултати процеса семантичког закључивања. Овај модул је доступан свим корисницима система.
- Други модул (блок *tau_resurs*) представља имплементацију релација између објеката учења. За сваки објекат учења се дефинишу ознаке које га јединствено описују. Овај модул у потпуности утиче на механизам визуелног обогаћивања постојећих објеката учења у систему и може му приступити искључиво администратор.
- Трећи модул (блок *tau_viz*) је модул који омогућава визуелно обогаћивање постојећих објеката учења у систему. Примењује се у оквиру курса по недељама у форми графа. За имплементацију трећег модула не постоји табела у систему, већ је написан *JavaScript* код. Овај модул је доступан свим корисницима система.



Слика 56. Приказ додатних модула у Moodle систему

5.2.3.1 Креирање Фелдер-Силверман упитника – Модул 1

За потребе имплементације првог модула, *Moodle MySQL* база података је проширена за табелу *mdl_block_mau* (слика 57) која садржи следећа поља: јединствени идентификациони број, јединствену шифру студента, вредност активно-рефлексивног стила учења, вредност визуелно-вербалног стила учења, вредност сензитивно-интуитивног стила учења, вредност глобално-секвенцијалног стила учења, тип оцене и време попуњавања упитника.



#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
1	id	bigint(10)			No	None	AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary Unique More
2	userid	bigint(10)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
3	acre	varchar(4)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
4	acre_value	tinyint(2)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
5	vive	varchar(4)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
6	vive_value	tinyint(2)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
7	sein	varchar(4)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
8	sein_value	tinyint(2)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
9	segl	varchar(4)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
10	segl_value	tinyint(2)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
11	tip_ocene	varchar(15)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
12	vreme	longtext	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More

Слика 57. Структура табеле Фелдер-Силверман упитника

На слици 58 је приказано попуњавање Фелдер-Силверман упитника за одређивање иницијалног стила учења студента. Када студент попуни упитник, појави се порука ком стилу учења припада, и ти подаци се уписују у модел студента (слика 59). Као пример могу послужити следеће вредности добијене за једног студента: активан:девет → сензитиван:седам → вербалан:три → глобалан:три.

37. I am more likely to be considered

- outgoing
- reserved

38. I prefer courses that emphasize

- concrete material (facts, data)
- abstract material (concept, theories)

39. For entertainment, I would rather

- watch television
- read book

40. Some teachers start their lectures with a outline of what they will cover. Such outlines are

- somewhat helpful to me
- very helpful for me

41. The idea of doing homework in groups, with one grade for entire group

- appeal to me
- does not appeal to me

42. When I am doing long calculations

- I tend to repeat all my steps and check my work carefully
- I find checking my work tiresome and have to force myself to do it

43. I tend to picture places I have been

- easily and fairly accurately
- with difficulty and without much detail

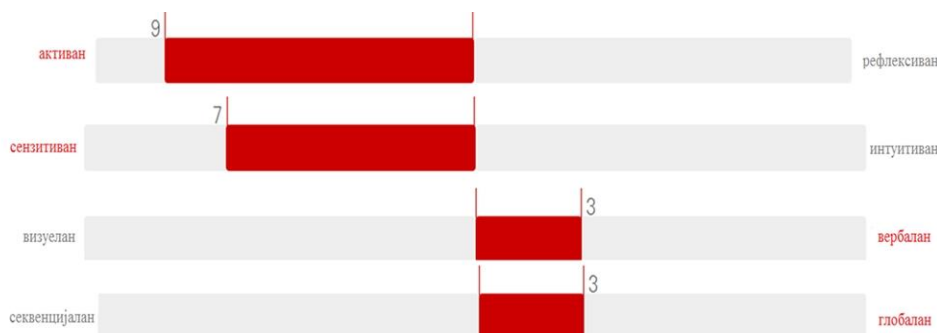
44. When solving problems in a group, I would be more likely

- think of the steps in the solutions process
- think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas

www.mau.rs says:

Dominantan stil ucenja je: Aktivan: 9 Senzitan: 7 Verbalan: 3
Globalan: 3
sve ocene ("acre":9, "vive":7, "sein":3, "segl":3 "user":50")

Слика 58. Приказ попуњавања Фелдер-Силверман упитника



Слика 59. Иницијални стил учења студента

5.2.3.2 Креирање модула за дефинисање кључних речи и стила учења за објекте учења - Модул 2

Други модул се користи за дефинисање стилова учења и кључних речи за објекте учења у електронском курсу. Стили учења и кључне речи се дефинишу за активности (задатак, лекција, форум и квиз) и типове фајлова (текстуални, сликовни, мултимедијални, видео, симулација и аудио фајл). Овај блок је доступан искучиво администратору система. Табела за дефинисање кључних речи и стила учења за објекте учења *mdl_block_mau_uresurs* (слика 60) садржи следећа поља:

јединствени идентификациони број, дефиницију стилова учења за ресурсе, јединствени идентификатор ресурса, тип ресурса, јединствени идентификатор курса, ознаке, тип фајла, име ресурса, актуелна недеља, јединствени идентификатор модула и контекста.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
1	id	bigint(10)			No	None	AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary Unique More
2	ls_acre	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
3	ls_vive	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
4	ls_sein	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
5	ls_seg1	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
6	resource_type	varchar(15)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
7	resource_id	bigint(10)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
8	l_id	bigint(10)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
9	course_id	bigint(10)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
10	tag	longtext	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
11	file_type	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
12	resource_name	varchar(500)	utf8_general_ci		Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
13	week	bigint(10)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
14	module_id	bigint(10)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More
15	contextid	bigint(20)			Yes	NULL		Change Drop Primary Unique More

Слика 60. Структура табеле за дефинисање стилова учења и кључних речи за ресурсе и фајлове

На слици 61 је приказан кориснички интерфејс доступан администратору система за дефинисање кључних речи и типа стила учења за ресурсе. Исти је кориснички интерфејс за дефиницију фајлова по истим критеријумима. Подаци о објектима учења се чувају у инстанцама класа *Resource* и *File*. Свака инстанца тих класа садржи податке о објекту учења које студент бира током процеса учења, ком стилу учења објекти учења припадају, акције које студент над њима спроводи, време проведено на њима и тагове као кључне речи који се дефинишу за сваки ресурс и фајл.

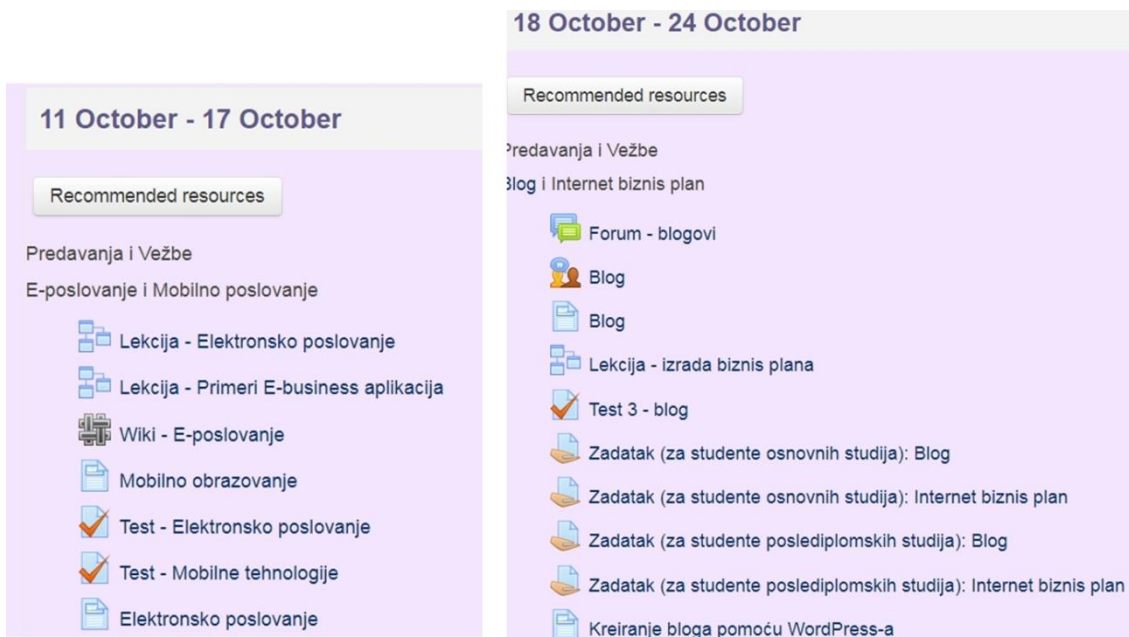
Both	Both	Sekvencijalni	Senzitivni	2	assign 11 Seminarski rad - za studente poslediplomskih studija	ontology, semantic web, learning
Aktivan	Verbalni	Both	Senzitivni	2	quiz 20 Test - Moline tehnologije	mobile, technology
Aktivan	Verbalni	Both	Senzitivni	2	quiz 23 Test - Definisanje marketing nastupa na internetu	marketing strategy
Both	Both	Sekvencijalni	Senzitivni	2	assign 24 Zadatak (za studente osnovnih studija): Razvoj portala u Joomla CMS	joomla, css
Both	Both	Sekvencijalni	Senzitivni	2	assign 3 Zadatak (za studente poslediplomskih studija): Blog	blog
Both	Verbalni	Sekvencijalni	Both	2	forum 13 Forum - blogovi	blog

Слика 61. Кориснички интерфејс за дефинисање стила учења и кључних речи за објекте учења у курсу Електронско пословање

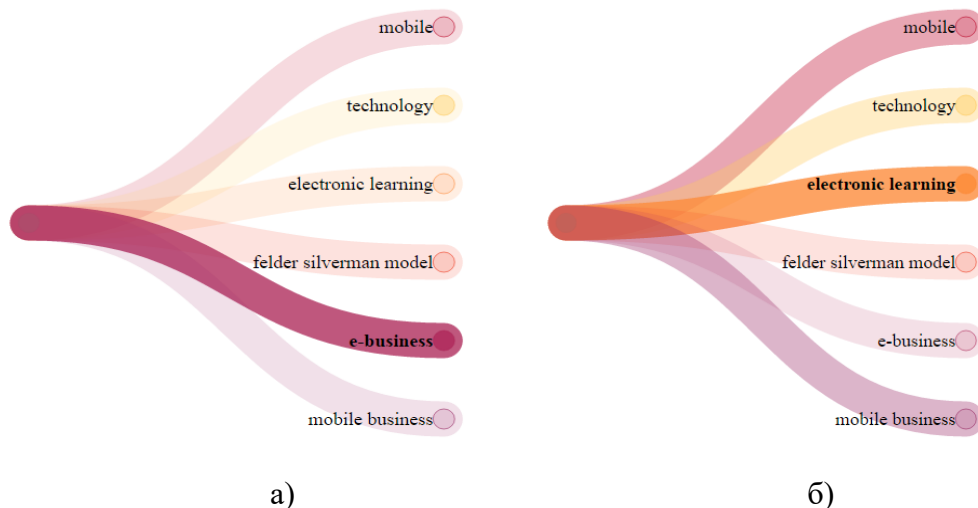
Током корисничких сесија реализује се интеракција између студента и система. Детаљи о интеракцији могу помоћи приликом закључивања о стилу учења студента. Ти закључци се користе приликом персонализације система. Персонализација представља избор одговарајућих објеката учења који се приказују студенту. Акција зависи од више услова који се дефинишу у онтологији и правилима, али је важно истаћи да се доноси јединствена одлука. Одлука утврђује који фајл(ови) и ресурс(и) се приказују студенту у складу са стилем учења.

5.2.3.3 Креирање модула за визуелизацију и семантичко обогаћивање постојећих објеката учења – Модул 3

Трећи модул се односи на визуелно препоручивање објеката учења из отворених екстерних академских база. Препоручивање се врши на основу кључних речи, тј. тагова дефинисаних за објекте учења у систему за управљање процесом учења (слика 62). Кликот на дугме Препоручени ресурси (енг. *Recommended resources*) покреће се Модул 3. Када се изабере кључна реч у графу, та грана има појачану боју. На слици 63 је дат приказ графа кључних речи објеката учења дефинисаних у одређеној недељи курса Електронско пословање. Слика 63а) приказује граф за дефинисану кључну реч *e-business*, а слика 63б) приказује граф за дефинисану кључну реч *electronic learning*.



Слика 62. Повезивање са екстерним академским базама преко опције „*Recommended resources*”



Слика 63. Приказ графа кључних речи објеката учења дефинисаних у истој недељи курса

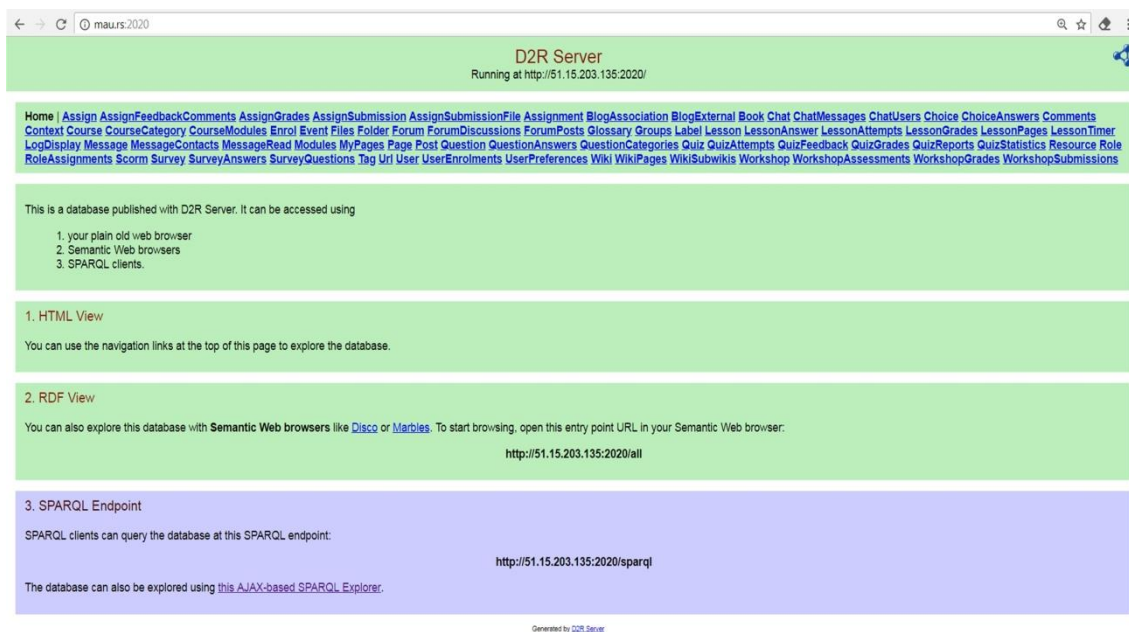
5.2.4 Имплементација семантичког мапирања релационих база података

D2R сервер³⁶ омогућава креирање и доступност семантичких скупова података. Креирање *SPARQL* упита, онтологије и правила зависи од тога како су подаци мапирани и табеле међусобно повезане преко особина. Из тог разлога је било потребно повезати постојеће табеле и креирати нове табеле између којих у *MySQL* бази података не постоји директна веза. На исти начин дефинисане су и додатне особине за табеле како би се омогућило адекватно мапирање и подаци припремили за даље фазе животног циклуса развоја модела. *D2R* серверу могу приступити регуларни, семантички веб претраживачи и *SPARQL* корисници. Прикази мапираних података које *D2R* сервер обезбеђује су *HTML* и *RDF*, а за манипулацију са мапираном базом користи се *SPARQL* приступна тачка *D2R* сервера. *D2R* сервер омогућава превођење релационих база података у семантичку базу. Поред *MySQL* базе података, подржава превођење у семантички облик следећих база података: *Oracle*, *PostgreSQL*, *SQL* сервер, *HSQldb*, *Interbase/Firebird*.

Сврха класе као семантичког концепта је да дефинише објекте. Ресурс је заједнички назив за атрибуте и објекте. Код из *Moodle* релационе базе, мапиран помоћу *D2RQ* сервера у семантичку базу, је приказан у наставку текста, при чему је стандардни

³⁶ <http://d2rq.org/>

префикс *vocab* замењен семантичким тј. онтолошким префиксом *mau*. На тај начин се мапирање података не врши из *Moodle* релационе базе података, него се позива семантичка база. На исти начин је у семантички мапираном запису промењен стандардни назив класа (нпр. *map:mdl_assign* је промењено у *map:Assign*) чиме је генерализован концепт семантичког означавања класа. Што се тиче семантичког означавања атрибута, поступак је исти (уместо *vocab:mdl_assign_id* користи се *d2rq property mau:hasId*). У поступку семантичког означавања података креирају се и инверзне везе које се означавају у инверзном облику. Тако нпр. особина *is mau:commentsByUserof* је инверзно мапирање класе *Comments* ка класи *User*. Скуп мапираних класа неопходних за креирање семантичких упита и правила је приказан на слици 64.



Слика 64. Скуп мапираних класа неопходних за креирање семантичких упита и правила

За потребе имплементације модела, број мапираних *"default"* табела из *Moodle* које се користе у креирању онтолошког модела је смањен. Издвојене су класе које директно утичу на процес адаптације система за управљање процесом учења. Део семантички мапираног фајла на *D2R* серверу (доступан на веб адреси <http://mau.rs/dev3.ttl>) је приказан у наставку текста. Синтакса која је коришћена за

рад са мапираним фајлом је *Turtle*³⁷ са екстензијом *.ttl*. На почетку мапираног фајла приказан је скуп префикса онтологија и речника који се користе у поступку семантичког мапирања. Након дефинисања онтолошких префикса и речника следи иницијализација *Moodle* базе података у семантичком облику.

```
@prefix map: <#> .
#@prefix db: <> .
@prefix vocab: <vocab/> . #definicija iz baze
@prefix : <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix dc: <http://purl.org/dc/terms/#> .
@prefix mau: <http://www.mau.rs/mau.owl#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/#> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix lom: <http://www.mau.rs/LOM.owl#> .
@prefix d2rq: <http://www.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/D2RQ/0.1#> .
@prefix jdbc: <http://d2rq.org/terms/jdbc/> .
@prefix d2r: <http://sites.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/d2r-server/config.rdf#> .
@prefix meta: <http://www4.wiwiss.fu-berlin.de/bizer/d2r-server/metadata#> .<> a d2r:Server;
rdfs:label "My D2R Server";
d2r:baseURI <http://www.mau.rs:2020/>;
d2r:port 2020;
d2r:vocabularyIncludeInstances true;

d2r:sparqlTimeout 300;
d2r:pageTimeout 10;
meta:datasetTitle "Mau dataset" ;
meta:datasetDescription "My dataset contains many nice resources." ;
meta:datasetSource "Moodle dataset" ;

meta:operatorHomepage "www.mau.rs" ;

map:database a d2rq:Database;
d2rq:jdbcDriver "com.mysql.jdbc.Driver";
d2rq:jdbcDSN "jdbc:mysql:///moodle";
d2rq:username "root";
d2rq:password "jasmina semantika";
jdbc:autoReconnect "true";
jdbc:zeroDateTimeBehavior "convertToNull";
```

Као што је напоменуто у претходном делу текста, за мапирање класа и особина од постојећих стандарда у дисертацији коришћени су: *FOAF*, *Dublin Core* и *LOM*. Примери примене *FOAF*, *DC* и *LOM* стандарда у *Moodle* мапираном фајлу формата *turtle* приказани су у табели 8.

³⁷ <https://www.w3.org/TeamSubmission/turtle/>

Табела 8. Примена *FOAF*, *DC* и *LOM* стандарда приликом семантичког мапирања

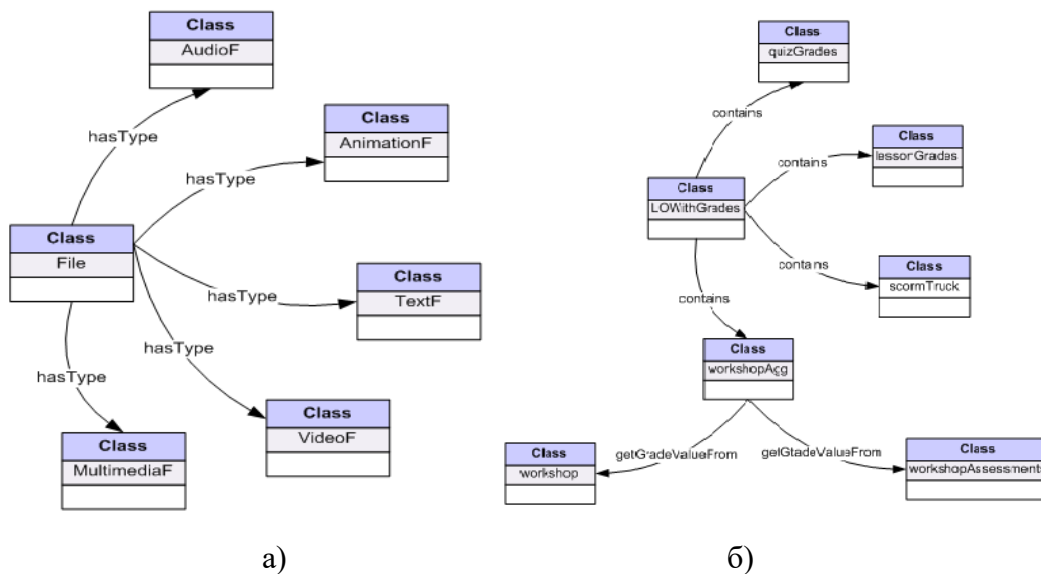
Стандарди	Део мапираног кода
<p>Пример коришћења <i>FOAF</i> стандарда</p>	<pre> @prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/#> . map:mdl_user_firstname a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:User; d2rq:property foaf:firstName; d2rq:property mau:firstName; d2rq:propertyDefinitionLabel "Student firstname"; d2rq:column "mdl_user.firstname"; d2rq:datatype xsd:string; . map:mdl_user_institution a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:User; d2rq:property foaf:organization; d2rq:property mau:organization; d2rq:propertyDefinitionLabel "Institution of user"; d2rq:column "mdl_user.institution"; d2rq:datatype xsd:string; . map:mdl_user_email a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:User; d2rq:property foaf:mbox; d2rq:property mau:email; d2rq:propertyDefinitionLabel "email of user"; d2rq:column "mdl_user.email"; d2rq:datatype xsd:string; . </pre>
<p>Пример коришћења <i>LOM</i> стандарда</p>	<pre> @prefix lom: <http://www.mau.rs/LOM.owl#> . d2rq:belongsToClassMap map:Assign; d2rq:property mau:hasDescription; d2rq:property lom:description ; d2rq:propertyDefinitionLabel "mdl_assign intro"; d2rq:column "mdl_assign.intro"; d2rq:datatype xsd:string; . map:mdl_chat_intro a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:Chat; d2rq:property mau:hasDescription; d2rq:property lom:description ; d2rq:propertyDefinitionLabel "mdl_chat intro"; d2rq:column "mdl_chat.intro"; d2rq:datatype xsd:string; . map:mdl_forum_intro a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:Forum; d2rq:property mau:hasDescription; d2rq:property lom:description ; d2rq:propertyDefinitionLabel "mdl_forum intro"; d2rq:column "mdl_forum.intro"; d2rq:datatype xsd:string; . map:mdl_post_summary a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:Blog; d2rq:property mau:hasDescription; d2rq:property lom:description ; d2rq:propertyDefinitionLabel "mdl_post summary"; d2rq:column "mdl_post.summary"; d2rq:datatype xsd:string; . </pre>

<p>Пример коришћења DC стандарда</p>	<pre> @prefix dc: <http://purl.org/dc/terms/#> . map:mdl_files_filename a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:Files; d2rq:property mau:hasFileName; d2rq:property dc:title ; d2rq:propertyDefinitionLabel "mdl_files filename"; d2rq:column "mdl_files.filename"; d2rq:datatype xsd:string; . map:mdl_files_mimetype a d2rq:PropertyBridge; d2rq:belongsToClassMap map:Files; d2rq:property mau:hasMimeType; d2rq:property dc:format ; d2rq:propertyDefinitionLabel "mdl_files mimetype"; d2rq:column "mdl_files.mimetype"; d2rq:datatype xsd:string; . </pre>
--------------------------------------	--

Семантичко мапирање класа и особина спољашњих онтологија у овој фази креирања модела није неопходно, али је неопходно у фази креирања онтологије, како би се олакшало њено креирање. У прилогу 2 је дата листа мапираних класа (енг. *Classes*) и особина класа/слотова (енг. *Properties/Slots*) Moodle релационе базе података.

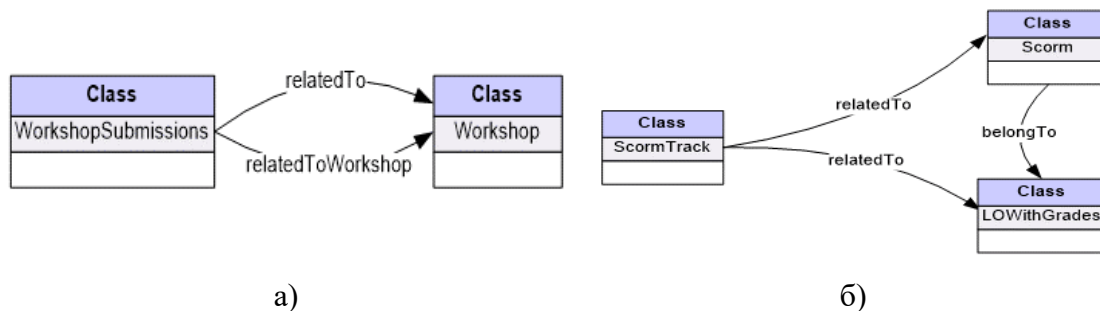
5.2.4.1 Семантичко мапирање класа и особина Moodle базе података

У овом поглављу је приказан поступак семантичког мапирања табела из Moodle релационе базе података. Семантички мапирана табела се представља класом. Колоне табела се семантички мапирају у атрибуте, док подаци у класама представљају инстанце. Мапиране класе са особинама и инстанцама представљају делове МАУ онтологије. Неке од мапираних класа су генеричке, а неке су накнадно креиране (*FelderSilvermanQuestionary* и *LearningStyleResourcesConnection* које се односе на први и други модул). Уведене су и класе које се односе на типове фајлова и оцене (слика 65) као што је *WorkshopAgg* која узима просечну оцену из табела *WorkshopSubmissions* и *WorkshopAssessments*. Класа *LOWithGrades* дефинише образовне ресурсе који се оцењују. Увођење наведених класа је било неопходно како би се креирала одговарајућа семантичка правила у складу са постављеним циљевима дисертације.



Слика 65. Приказ графова накнадно креираних класа МАУ онтологије

У МАУ онтологији се врши неколико типова груписања објеката учења: групишу се фајлови по типовима и групишу се објекти учења који се користе за проверу знања студента. Приликом семантичког мапирања често могу да се креирају синонимне везе између класа и синонимне груписане класе по неком критеријуму. Креирање генерализованих (групних) или специјализованих класа и веза између класа зависи од циљева онтологије и могућности креирања семантичких упита. У неким случајевима није могуће добити адекватну инстанцу ако се не направе такви концепти. На слици б6а) приказане су синонимне везе *relatedTo* и *RelatedToWorkshop* између класа *WorkshopSubmissions* и *Workshop*. Веза *relatedTo* је генерализована и може се применити између било које две класе које описују образовни ресурс, док се веза *RelatedToWorkshop* односи на образовни ресурс *Workshop*. На слици б6б) је дат пример семантичког мапирања између синонимних класа *ScormTrack*, *Scorm* *ScormTrack* и *LOWithGrades* класа. Која веза се примењује у поступку семантичког мапирања зависи од тога да ли је потребно семантички упит генерализовати или специјализовати, тј. да ли се односи на све ресурсе са оценом или искључиво на скорм лекцију.



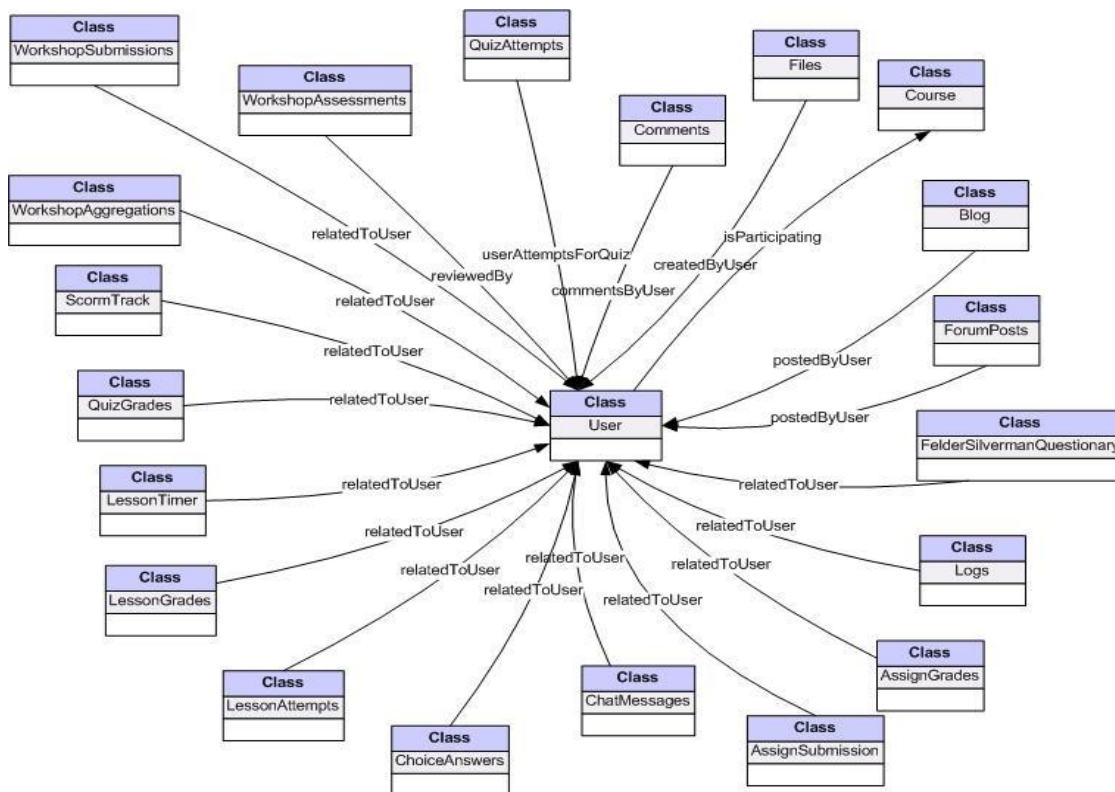
Слика 66. Примери графова синонимних веза између мапираних класа

5.2.4.2 Мапирање основних онтолошких класа *Moodle* система

У наставку текста приказан је принцип мапирања основних онтолошких класа које су саставни део *Moodle* система. Дат је визуелни приказ у облику графа за класу *User* (слика 67). Особине (*Properties*), типови особина (*PropertyTypes*), објашњења за мапирање класа и графички приказ мапирања осталих класа дати су у прилогу 3. Ова фаза развоја семантичког модела за адаптацију едукативног система која обухвата семантичко мапирање података преко *D2R* сервера је обезбедила следеће функционалности:

- За студента је дефинисан стил учења (*FelderSilvermanQuestionary* табела);
- За сваки објекат учења (и за образовне ресурсе и за фајлове) је дефинисан стил учења (табела *LearningStyleResourcesConnection*). Поред тога, у свакој табели *Resource/Files* је експлицитно дефинисан стил учења коме објекат учења припада преко особине *loStyle*. Табела *Files* је подељена по типу фајла на класе: *AnimationF*, *AudioF*, *PictureF*, *TextF*, *VideoF* и за сваки од тих типова је дефинисан стил учења;
- Све акције (*viewed*, *loaded*, *deleted*, *graded*, *submitted*, *posted* и друге) које студент спроводи у оквиру едукативног система се бележе у табели *Logs*. У истој табели се бележи и време трајања активности студената везаних за њихову интеракцију са системом.

Тиме су испуњени услови за наредну фазу развоја модела, тј. за креирање и тестирање *SPARQL* упита.



Слика 67. Семантичко мапирање класе *User* са другим класама

5.2.5 Креирање *SPARQL* упита на *D2RQ* серверу

Пета фаза развоја семантичког модела је креирање семантичких упита. За њихово креирање се користи *SPARQL* приступна тачка *D2R* сервера. Резултати *SPARQL* упита на *D2R* серверу и резултати *SQL* упита креираних у *Moodle MySQL* релационој бази морају бити исти, под условом да се упити односе на исте класе и особине класа. Претраживање семантичке базе и приказ и повезивање мапираних класа и њихових особина омогућено је применом *SPARQL* претраживача (слика 68) који се налази на линку <http://mau.rs:2020/snorql/>. Формати за серијализацију резултата добијених извршавањем семантичких упита су *JSON*, *XML*, *XML+XLT*. Пример *SPARQL* упита за приказ семантичких класа је дат на слици 69.

Snorql: Exploring http://mau.rs:2020/sparql

SPARQL:

```
PREFIX mau: <http://212.47.242.226/novo.owl#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX vocab: <http://51.15.203.135:2020/resource/vocab/>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX map: <http://51.15.203.135:2020/resource/#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/#>
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/terms/#>
```

```
SELECT DISTINCT * WHERE {
  ?s ?p ?o
}
LIMIT 10
```

Browse:

- [Classes](#)
- [Properties](#)

Results:

Слика 68. SPARQL претраживач

← → ↻ | mau.rs:2020/snorql/?browse=classes

Snorql: Exploring http://mau.rs:2020/sparql

SPARQL:

```
PREFIX mau: <http://212.47.242.226/novo.owl#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX vocab: <http://51.15.203.135:2020/resource/vocab/>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX map: <http://51.15.203.135:2020/resource/#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/#>
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/terms/#>
```

```
SELECT DISTINCT ?class
WHERE { [] a ?class }
ORDER BY ?class
```

Browse:

- [Classes](#)
- [Properties](#)

Results:

List of all classes:

class
mau:Assign
mau:AssignFeedbackComments
mau:AssignGrades
mau:AssignSubmission
mau:AssignSubmissionFile
mau:BlogAssociation
mau:Book

Слика 69. Листа мапираних класа

Пример *SPARQL* упита за приказ особина из семантичке базе података дат је на слици 70. Избором особине из падајуће листе, приказује се листа образовних ресурса којима та особина припада са дефинисаним вредностима. За сваку особину која има дефинисане вредности дефинисан је и тип вредности.

The screenshot shows a web browser window with the URL `mau.rs:2020/snorql/?browse=properties`. The page title is "Snorql: Exploring http://mau.rs:2020/sparql".

SPARQL:

```

PREFIX mau: <http://212.47.242.226/novo.owl#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX vocab: <http://51.15.203.135:2020/resource/vocab/>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX map: <http://51.15.203.135:2020/resource/#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/#>
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/terms/#>

SELECT DISTINCT ?property
WHERE { [] ?property [] }
ORDER BY ?property
    
```

Browse:

- [Classes](#)
- [Properties](#)

Results:

List of all properties:

property
mau:AssignmaxAttempts
mau:Attemptnumber
mau:FilesContenthash
mau:FilesPathnamehash
mau:HasId
mau:HasName
mau:IsFileArea
mau:IsVisible
mau:IsModified
mau:TimeCreated
mau:TimeModified
mau:allowComments
mau:allowDuplicatedEntries
mau:allowMultiple
mau:allowPrintView
mau:allowUpdate
mau:allTeamMembersSubmit
mau:approvaldisplayformat

Слика 70. Листа мапираних особина

D2R сервер по аутоматизму убацује префиксе онтологија и речника на *SPARQL* приступној тачки. У примерима *SPARQL* упита који следе (табела 9) тестирани су упити за различите објекте учења, класе, особине, итд. (нпр. семантички упит броја посећених рефлексивних ресурса на курсу са редним бројем пет од стране студента са редним бројем три). На слици 71 је дат графички приказ извршавања *SPARQL* упита на *D2R* серверу за акцију *viewed*. Тестирање семантичких упита се мора вршити за конкретне инстанце. Правилно написани семантички упити који враћају ваљане резултате и који су неопходни за потребе извршавања семантичких правила се убацују у *Jena* окружење, али је њихов концепт генерализован.

Snorql: Exploring http://mau.rs:2020/sparql

SPARQL:

```
PREFIX mau: <http://212.47.242.226/novo.owl#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX vocab: <http://51.15.203.135:2020/resource/vocab/>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX map: <http://51.15.203.135:2020/resource/#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/#>
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/terms/#>

SELECT (count( ?s ) AS ?broj) WHERE {
  ?s mau:logsCourse <http://www.mau.rs:2020/resource/course/2> .
  ?s mau:relatedToUser <http://www.mau.rs:2020/resource/user/31> .
  ?s mau:action 'viewed'^^xsd:string .
  ?s mau:relatedTo ?v . }
```

Results:

SPARQL results:

broj

238

Слика 71. Извршавање *SPARQL* упита на *D2R* серверу за акцију *viewed*

Табела 9. Примери SPARQL упита коришћени за креирање модела

Сврха упита	SPARQL упит	Резултат упита
Израчунавање броја прегледа ресурса на нивоу курса за студента	SELECT (count(?s) AS ?broj) WHERE { ?s mau:logsCourse <http://www.mau.rs:2020/resource/course/2> . ?s mau:relatedToUser <http://www.mau.rs:2020/resource/user/31> . ?s mau:action 'viewed'^^xsd:string . ?s mau:relatedTo ?v . }	238
Израчунавање броја сабмитованих фајлова студента у оквиру домаћих задатака на нивоу курса	SELECT (count(?ws) AS ?broj) WHERE { ?u rdf:type mau:User . ?u mau:hasId 31 . ?ws mau:relatedToUser ?u . ?ws rdf:type mau:AssignSubmission . ?ws mau:relatedToResource ?objekat . ?objekat mau:relatedToCourse ?c . ?c mau:hasId 2 . }	15
Израчунавање броја посећености квизова од стране једног студента на нивоу курса	SELECT (count(?ws) AS ?broj) WHERE { ?u rdf:type mau:User . ?u mau:hasId 31 . ?ws mau:relatedToUser ?u . ?ws rdf:type mau:QuizAttempts . ?ws mau:relatedToQuiz ?objekat . ?objekat mau:relatedToCourse ?c . ?c mau:hasId 2 . }	11
Израчунавање броја пријава и одјава (logged in, logged out) на нивоу система за студента	SELECT (count(?s) AS ?broj) WHERE { ?s mau:action 'loggedin'^^xsd:string . ?s mau:relatedToUser <http://www.mau.rs:2020/resource/user/31> . }	75
Израчунавање броја посета студента мултимедијалним садржајима у оквиру курса	SELECT (count(?s) AS ?broj) WHERE { ?s rdf:type mau:Logs . ?s mau:relatedToUser ?u . ?s mau:relatedToFile ?f . ?f rdf:type mau:MultimediaF . }	62
Израчунавање времена (у минутима) које је студент провео на лекцијама на нивоу система	SELECT (sum(?time) as ?nest) WHERE { ?s ?p mau:LessonTimer . ?s mau:timeSpent ?time. ?s mau:relatedToUser <http://www.mau.rs:2020/resource/user/31> . }	1745
Израчунавање просечне оцене студента на нивоу курса	SELECT ((AVG (?val/?maxG)) as ?prosek) WHERE { ?ag rdf:type mau:Grades . ?ag mau:relatedToLOwithGrades ?grad . ?ag mau:gradeValue ?val . ?grad mau:gradeValue ?maxG . ?ag mau:relatedToUser <http://www.mau.rs:2020/resource/user/31> . FILTER(isNumeric(?val)) }	0.7803

5.2.6 Примена *Apache Jena* развојног окружења за имплементацију *Moodle* семантичких модула

Шеста фаза развоја модела је имплементација *Java* кода у *Apache Jena*³⁸. Рад у *Jena* развојном семантичком окружењу подразумева следеће кораке:

- креирање семантичког модела – састоји се из модела инстанци са *D2R* сервера и модела онтологије,
- креирање метода потребних за адаптацију система применом *API* стандарда (интерфејса) за комуникацију између апликација,
- извршавање семантичких правила,
- извршавање семантичких упита,
- примена механизма семантичког закључивања,
- добијање резултата семантичког закључивања,
- прослеђивање семантичких резултата у *Moodle*,
- креирање изештаја у *Moodle* систему на бази добијених резултата које обезбеђују адаптацију едукативног система у реалном времену.

Имплементација кода урађена је у *IntelliJ IDEA*³⁹ едитору. Примарно окружење за развој семантичких веб апликација је *Jena*, док се за закључивање користи библиотека *Pellet*⁴⁰. У табели 10 је дат приказ библиотека које се користе за имплементацију модела и приказ модела који се позивају (модел онтологије, модел *D2R* сервера и модел закључивања).

Табела 10. Имплементација *Java* кода у *Apache Jena*

Скуп библиотека које се користе у <i>Jeni</i>	<pre>package rs.mau; import com.hp.hpl.jena.datatypes.xsd.XSDDateTime; import com.hp.hpl.jena.ontology.*; import com.hp.hpl.jena.query.*; import com.hp.hpl.jena.query.ResultSet; import com.hp.hpl.jena.rdf.model.*; import com.hp.hpl.jena.reasoner.Reasoner; import com.hp.hpl.jena.util.FileManager; import de.fuberlin.wiwiss.d2rq.jena.ModelD2RQ; import org.mindswap.pellet.KnowledgeBase; import org.mindswap.pellet.jena.PelletInfGraph; import org.mindswap.pellet.jena.PelletReasonerFactory; import java.io.FileNotFoundException; import java.io.FileOutputStream;</pre>
---	---

³⁸ <https://Jena.apache.org/>

³⁹ <https://www.jetbrains.com/idea/>

⁴⁰ <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Pellet>

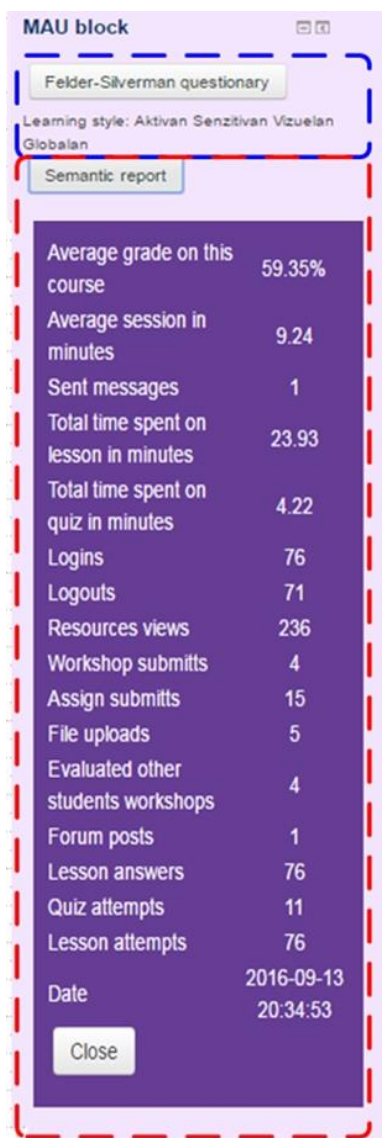
	<pre>import java.io.InputStream; import java.io.PrintStream; import java.sql.*; import java.util.ArrayList; import java.util.Calendar; import java.util.HashMap; import java.util.List;</pre>
<p>Скуп модела који се извршавају у <i>Jeni</i></p>	<pre>public class Zakljucivanje { public static String idFsq; //starting fsq public static final String ONTOLOGY_FILE = "mau.owl"; public static final String MAPPING_TTL = "rezonMapiranje.ttl"; public static final String ONT_POLICY_RDF = "a"; public static final String putanja= "http://www.mau.rs/mau.owl"; public static XSDDateTime currentDateTime; public static final String prefixi = "PREFIX mau: <http://www.mau.rs/mau.owl#>" "PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>" "PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>" "PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> " ; public static Double gradeVal; public Model d2rData; public OntModel ontModel; public Model model; public Zakljucivanje(){ currentDateTime = new XSDDateTime(Calendar.getInstance()); try { System.setOut(new PrintStream(new FileOutputStream("./out.txt"))); System.setErr(new PrintStream(new FileOutputStream("./warn.txt"))); } catch (FileNotFoundException e) { e.printStackTrace();} public void stampajModel() { InfModel infModel = initMainOntModel(); ubaciD2DataModel(); ontModel.write(System.out);} private KnowledgeBase getKnowledgeBase(InfModel infModel) { PelletInfGraph a = ((PelletInfGraph) infModel.getGraph()); KnowledgeBase kb = a.getKB(); kb.prepare(); kb.realize(); kb.classify(); return kb;} private InfModel getInfModel() { Model ontData = getOntologyModel(); Reasoner reasoner = PelletReasonerFactory.theInstance().create(); InfModel infModel = ModelFactory.createInfModel(reasoner, ontData); reasoner.setDerivationLogging(true); return infModel;} private InfModel initMainOntModel() { InfModel infModel = getInfModel(); OntModelSpec spec = new OntModelSpec(OntModelSpec.OWL_MEM); //OWL_MEM ontModel = ModelFactory.createOntologyModel(spec, infModel); return infModel;} protected void ubaciD2DataModel() { try { model = FileManager.get().loadModel(MAPPING_TTL); ontModel.add(d2rData); } catch (Exception e) { System.out.println(d2rData); e.printStackTrace();} }</pre>

На слици 72 је приказана структура табеле Семантички извештај која садржи резултате семантичког закључивања. Она има иста поља као што је наведено у *Jena* окружењу, с тим што се резултујући стил учења директно уписује у табелу Фелдер-Силверман упитник (зато су додата поља *Felder_Silverman_Id* и поље *reportDate* за датум креирања семантичког извештаја).

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
1	id	int(11)			No	None	AUTO_INCREMENT	Change Drop More
2	user	int(11)			No	None		Change Drop More
3	felder_silverman_id	int(11)			No	None		Change Drop More
4	course	int(11)			No	None		Change Drop More
5	grade_avg	decimal(30,5)			No	None		Change Drop More
6	sesion_avg	decimal(30,5)			No	None		Change Drop More
7	msgSent	int(11)			No	None		Change Drop More
8	time_lesson	int(11)			No	None		Change Drop More
9	time_quiz	int(11)			No	None		Change Drop More
10	logins	int(11)			No	None		Change Drop More
11	logouts	int(11)			No	None		Change Drop More
12	views	int(11)			No	None		Change Drop More
13	submit_workshop	int(11)			No	None		Change Drop More
14	submit_assign	int(11)			No	None		Change Drop More
15	uploads	int(11)			No	None		Change Drop More
16	evaluated	int(11)			No	None		Change Drop More
17	posts	int(11)			No	None		Change Drop More
18	answered	int(11)			No	None		Change Drop More
19	attempts_quiz	int(11)			No	None		Change Drop More
20	attempts_lesson	int(11)			No	None		Change Drop More
21	reportDate	timestamp		on update CURRENT_TIMESTAMP	No	CURRENT_TIMESTAMP	ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP	Change Drop More

Слика 72. Приказ структуре резултујуће табеле Семантички извештај

За процес двосмерне комуникације између *Jena* окружења и *Moodle* система креиран је веб сервис који служи и за покретање процеса семантичког закључивања. Резултујући подаци о студенту се добијају механизмом закључивања (слика 73). Подаци на новоу електронског курса су: тренутни стил учења студента, идентификациони број студента, идентификациони број курса, просечна оцена на нивоу курса, просечно трајање сесија у минутима, број порука, број пријава/одјава на систем, број посета свим ресурсима, број послатих фајлова на радионицама, број фајлова у оквиру задатака, број преузетих фајлова са сервера, број оцењивања других студената у оквиру радионица, број постова на форумима, број посета лекцијама, број посета квизовима, време проведено на лекцијама у минутима и време проведено на квизовима у минутима. Општи подаци везани за *MAL* систем који су везани за студента су актуелни стил учења, просечно трајање сесија и број пријава и одјава студента у и из система. Извештај о студенту је доступан у било ком моменту током коришћења система.



Слика 73. Приказ резултата семантичког закључивања

5.3 Имплементација семантичких правила

У овом поглављу дисертације је објашњен процес семантичког закључивања уз помоћ неколико примера из праксе. Семантичка правила су подељена у неколико категорија на основу функције коју имају:

- Правила за детекцију стила учења студента;
- Правила за адаптацију наставног садржаја;
- Правила за праћење активности студента током процеса учења;
- Правила за проверу знања;
- Правила за ажурирање профила студента.

Правила за детекцију стила учења студента: Током прве сесије, почетни стил учења студента се утврђује попуњавањем *ILS* упитника и он се не мења током прве недеље похађања курса када систем прикупља податке о активностима и преференцијама студента. Приликом наредне пријаве студента, систем утврђује тренутни стил учења студента који је записан у МАУ онтологији помоћу следећег правила (правило за вербални стил учења):

```
User(?u) ^ FelderSilvermanQuestionary(?fsq) ^ visVrb(?fsq, "vrb") → visVrb(?u, "vrb")
```

Правила за адаптацију садржаја: Када је студент пријављен на *MAL* систем, систем детектује стил учења студента у све четири категорије класе *Student* МАУ онтологије. На основу ових података шаље се захтев Адаптационом модулу за приказ одговарајућих објеката учења који ће бити приказани студенту. На пример, уколико је објекат учења погодан за вербалне студенте, тај објекат учења ће бити приказан студентима са вербалним стилем учења. Одговарајуће правило је приказано испод и има следеће значење: Уколико пријављени студент *u* има вербални стил учења, и уколико објекат учења *lo* има дефинисану улогу за приказ наставног материјала вербалним студентима, тада се атрибут *isSuitable* тог објекта учења поставља на вредност тачан (*true*).

```
User(?u) ^ FelderSilvermanQuestionary(?fsq) ^ visVrb(?fsq, "vrb") ^ LearningObject(?lo) ^ relatedToUser(?lo, ?u) ^ LearningObjectStyle(?los) ^ relatedToLearningObject(?los, ?lo) ^ match(?los, "vrb") → isSuitable(?lo, true)
```

Правила за праћење активности студента: У наставку сесије учења прате се све активности студента (посета лекцијима и квизовима, учествовање на форумима и друго) и време provedено на сваком посећеном објекту учења. За ове сврхе се користе програмски језици *JavaScript* и *PHP*. Добијени подаци се користе као индикатори за обрасце понашања (предикторе). Правило за одређивање вредности предиктора за посете форума је приказано испод и има следеће значење: Уколико пријављени студент посети форум, систем ће одредити укупан број посета форуму на недељном нивоу, и уколико је тај број већи од четрнаест, вредност предиктора за посете форуму ће бити три. Истовремено се израчунава генерални предиктор за визуелну/вербалну димензију који се смешта у МАУ онтологију. Правила за

додељивање вредности један и два за наведени предиктор се извршавају на исти начин.

```
User(?u) ^ ViewedUA(?forumV) ^ resourceVisited(?forumV,"forumV") ^
numberOfViews(?forumV,?nvF) ^ swrlb:greaterThan(?nvF,14) → hasFVHint(?forumV, 3)
```

Правила за проверу знања: Стил учења студента се мења само у случају незадовољавајуће просечне оцене. Просечна оцена се рачуна након прве посете објекту учења за проверу знања (квиз, тест, домаћи задатак) уз помоћ семантичког правила које има следеће значење: Уколико у било ком тренутку током трајања сесије студент по први пут посети објекат учења за проверу знања и добије оцену, систем ће забележити учинак студента на том објекту учења у одговарајући део онтологије и поставиће вредност особине Оцењен (*isGraded*) на тачан (*true*). Променљиве *u*, *gua*, *g*, и *tg* представљају редом инстанце класа *Student*, *GradedUA*, *Grades* и *TotalGrades*.

```
User(?u) ^ GradedUA(?gua) ^ hasKnowledgeExam(?u,?gua) ^ Grades(?g) ^ hasGrade(?gua,?g) ^
TotalGrades(?tg) ^ gradeValue(?tg, ?gradeVal) ^ isGraded(?tg, ?success) ^ swrlb:equal(?success,
false) → relatedToUser (?u, ?tg) ^ hasGradeVal(?u, ?gradeVal) ^ isGraded (?gua, true)
```

Правила за ажурирање профила студента се извршавају на крају секвенце. Испод је дат пример за промену стила учења студента из вербалног у визуелни.

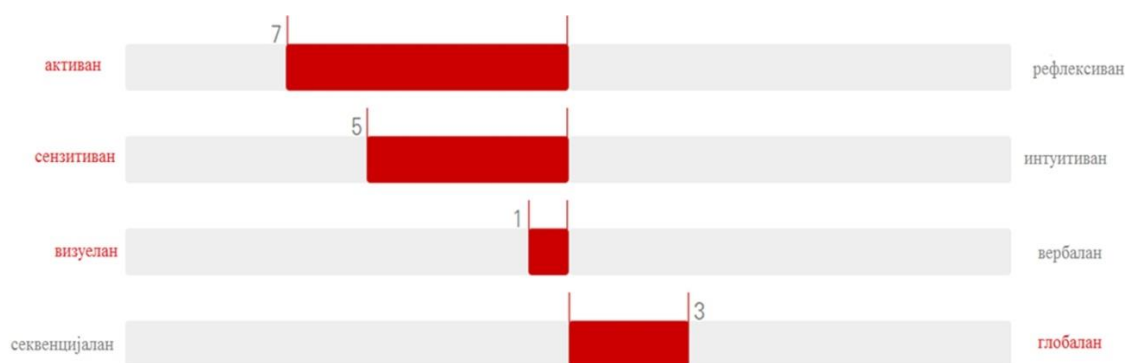
```
FelderSilvermanQuestionary(?fsq) ^ FelderSilvermanQuestionary(?res) ^ User(?u) ^ visVrb(?fsq,
"vrb") ^ TotalGrades(?tg) ^ gradeValue(?tg, ?gradeVal) ^ relatedToUser(?fsq, ?u) ^
relatedToUser(?tg, ?u) ^ swrlb:lessThan(?gradeVal, 0.55) ^ hasOverallVhint(?u,?ovvh) ^
swrlb:greaterThan(?ovvh,0.75) → visVrb(?res, "vis") ^ relatedToUser(?res, ?u)
```

5.4 Адаптација система за управљање процесом учења

Динамичка адаптација система за управљање процесом учења представља седму фазу реализације модела. Након што се у *MySQL* релациону базу података упишу резултујући подаци процеса семантичког закључивања, следе кораци адаптације садржаја (сакривање и приказивање објеката учења на недељном нивоу у електронском курсу) и адаптације корисничког интерфејса (препоручивање објеката учења и визуализација).

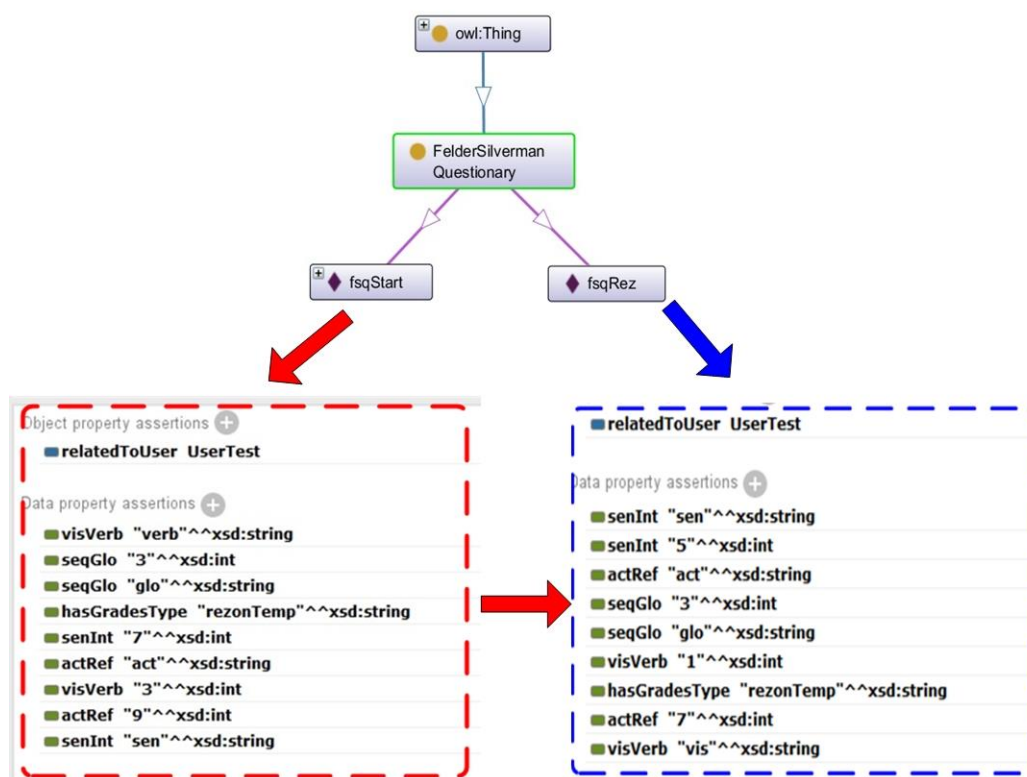
5.4.1 Адаптација наставног садржаја *MAL* система

Адаптација садржаја подразумева технику сакривања и приказивања објеката учења у електронском курсу према актуелном стилу учења студента. На слици 59 је дат приказ вредности стила учења студента пре, а на слици 74 после семантичког закључивања. Након процеса семантичког закључивања се може видети да је иницијални стил учења промењен. Иницијални стил учења за студента је био активан:девет → сензитиван:седам → вербалан:три → глобалан:три, а након процеса семантичког закључивања активан:седам → сензитиван:пет → визуелан:један → глобалан: три.



Слика 74. Резултујући стил учења студента после семантичког закључивања

Иста промена се може посматрати и приликом примене у *Protégé* едитору (слика 75). Инстанце *fsqStart* и *fsqRez* класе *FelderSilvermanQuestionary* су део механизма семантичког закључивања. Инстанца *fsqStart* представља вредност иницијалног стила учења која се одређује уз помоћ Фелдер-Силверман упитника. Инстанца *fsqRez* представља резултујућу инстанцу након извршења семантичких правила дефинисаних у *MAU* онтологији. Вредност резултујућег стила учења студента у *Protégé* едитору се поклапа са вредностима у Фелдер-Силверман упитнику.



Слика 75. Почетни и резултујући стил учења студента након семантичког закључивања у *Protégé* едитору

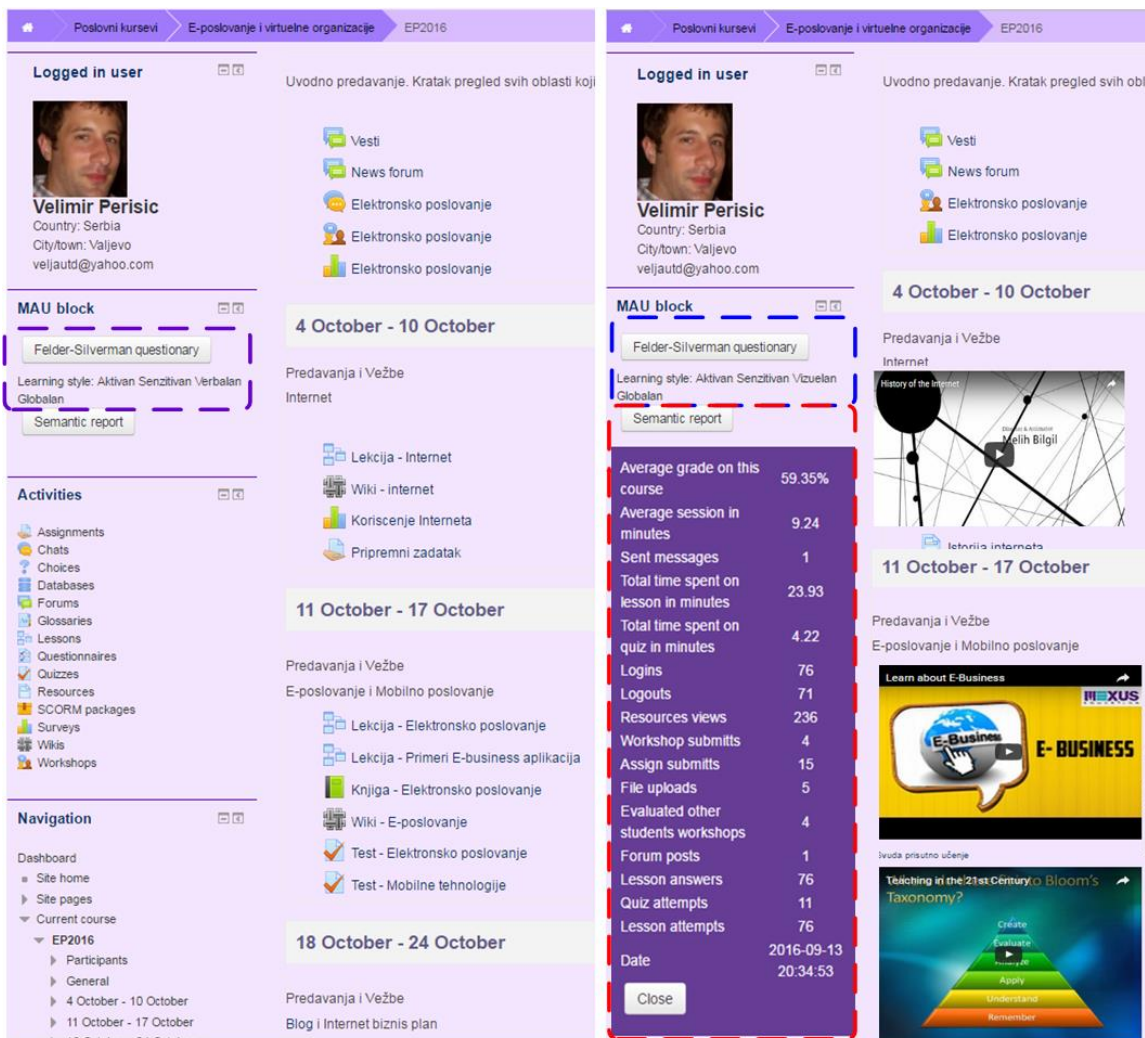
На примеру једног студента се може видети како је примена МАУ онтологије утицала на персонализацију система. Слика 76 показује објекте учења приказаних студенту који је похађао неадаптивни курс Електронско пословање. Слика 77а) приказује материјал за учење заснован на иницијалном стилу учења дефинисаном Фелдер-Силверман упитником за студента који је похађао адаптивни курс Електронско пословање. На слици 77б) приказан је материјал за учење на адаптивном курсу који је приказан истом студенту. После неког временског периода у коме је студент користио *MAL* систем за учење, његова просечна оцена је била испод прихватљиве вредности и систем је открио образац понашања везан за једну димензију стила учења (меморисање информација) супротан од почетног. Због тога је садржај учења представљен студенту прилагођен његовим преференцијама, тј. текстуални фајлови су промењени видео фајловима. Настала промена је у складу с претходним објашњењима (слика 74 и слика 75). На почетку процеса учења, студент је имао вербални стил учења и након неког времена, стил учења студента се променио. Промена стила учења студента у једној димензији је откривена у

позадина рада система и утицала је на избор објеката учења у оквиру *MAL* система за учење. Семантичка адаптација објеката учења извршена је уз помоћ семантичких правила у МАУ онтологији.

The screenshot displays an e-learning interface with the following components:

- Header:** "Poslovni kursevi" > "E-poslovanje i virtualne organizacije" > "EP2016"
- Logged in user:** Profile for Ivan Milovanovic (Country: Serbia, City: Kragujevac, Email: ivan76@yahoo.com).
- MAU block:** "Felder-Silverman questionnaire" and "Semantic report".
- Activities:** A list of learning activities including Assignments, Chats, Choices, Databases, Forums, Glossaries, Lessons, Questionnaires, Quizzes, Resources, SCORM packages, Surveys, Wikis, and Workshops.
- Navigation:** A sidebar menu with "Dashboard", "Site home", "Site pages", and "Current course" (EP2016) with sub-items "Participants" and "General".
- Main Content:**
 - Introductory text: "Uvodno predavanje. Kratak pregled svih oblasti koji ce se izučavati u okviru ovog kursa. Uvodno pr..."
 - Navigation menu: Vesti, News forum, Elektronsko poslovanje (repeated), Upitnik, Baza, and Prijava za kurseve dodatnih poglavlja.
 - Section: "4 October - 10 October" with sub-section "Predavanja i Vežbe" and "Internet".
 - Activity list: Lekcija - Internet, Wiki - internet, Koriscenje Interneta, Pripremni zadatak, and Istorija interneta.
 - Video player: "History of the Internet" by Director & Animator Melih Bilgil.

Слика 76. Објекти учења у оквиру неадаптивног курса



a)

b)

Слика 77. а) Објекти учења у оквиру адаптивног курса након попуњавања Фелдер-Силверман упитника, б) Објекти учења у оквиру адаптираног курса након извршавања семантичких правила

5.4.2 Адаптација корисничког интерфејса система

Адаптација корисничког интерфејса се односи на визуелно препоручивање објеката учења према кључним речима, а које се врши преко веб сервиса креираног за ту сврху. Када се изабере једна од визуелно понуђених кључних речи (нпр. *e-business*) добија се могућност визуелног препоручивања научних радова који у наслову садрже наведену кључну реч (или више њих) из четири доступна академска репозиторијума:

- *Directory of open access journals* (DOAJ)⁴¹,
- *COnnecting Repositories*⁴² који упућује на *CiteSeer*^{X43} базу научних радова,
- *arXiv*⁴⁴, и
- *DBPedia*⁴⁵ (због прегледности број фајлова је ограничен на двадесет).

На слици 78 је приказана визуализација објеката учења по кључним речима у једној недељи за курс Електронско пословање и доступне академске базе научних радова. За неке кључне речи на располагању неће постојати сви академски репозиторијуми, што зависи од тога да ли постоје радови који у наслову садрже дефинисани таг као кључну реч. Као пример визуелног обogaћивања постојећих објеката учења за курс Електронско пословање, на слици 79 је приказана визуализација постојећих објеката учења за изабрану кључну реч *AJAX* из *CiteSeer*^x академске базе.

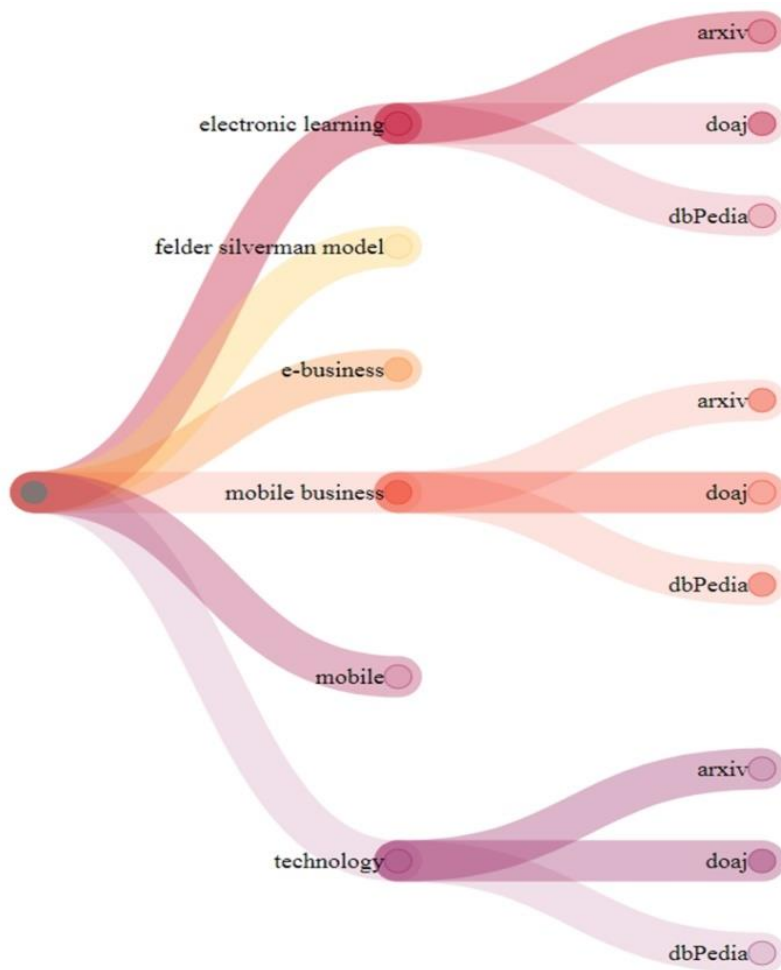
⁴¹ <https://doaj.org/>

⁴² <https://core.ac.uk/>

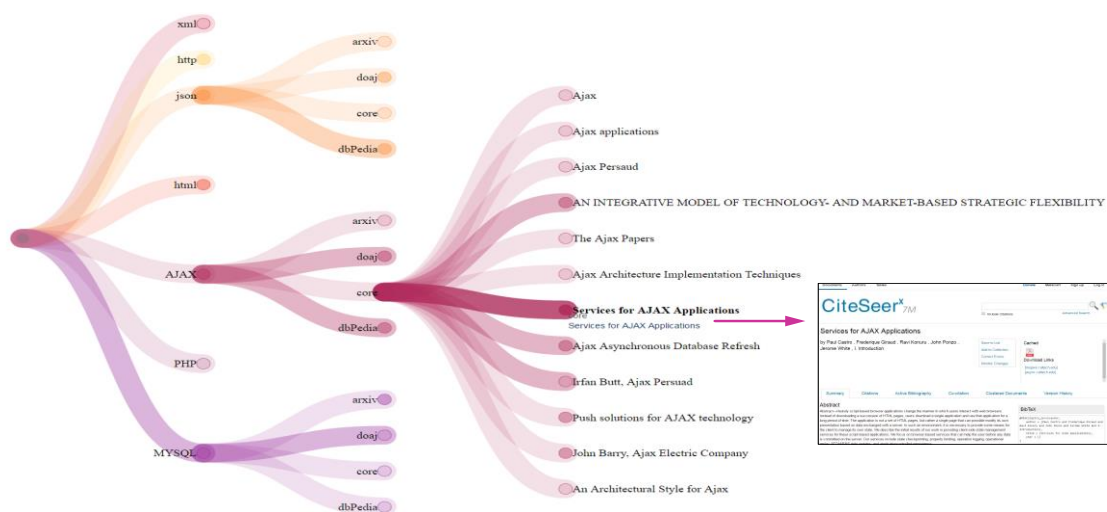
⁴³ <http://citeseerx.ist.psu.edu/index>

⁴⁴ <http://arxiv.org/#>

⁴⁵ <http://wiki.dbpedia.org/>



Слика 78. Приказ визуелног обогаћивања објекта учења и доступних академских база



Слика 79. Визуелно обогаћивање постојећих објекта учења из CiteSeer^x репозиторијума

6 АНАЛИЗА ПОСТИГНУТИХ РЕЗУЛТАТА

6.1 Дефинисање хипотеза

Ово поглавље има за циљ анализу ефеката примене модела електронског образовања заснованог на адаптацији објеката учења који је интегрисан у *MAL* систем. Кроз овај део дисертације се проверава да ли учење уз помоћ *MAL* система има утицаја на коначне резултате учења, ставове студената према коришћењу *MAL* система и понашање студената током процеса учења. *MAL* систем је развијен са циљем да помогне студентима током процеса учења. Примарни задатак овог дела дисертације је испитивање утицаја примене онтологија на квалитет адаптивног едукативног система, као и на исходе и заинтересованост студената током учења. Општа хипотеза која је тестирана у дисертацији гласи: Примена модела електронског образовања заснованог на семантичкој адаптацији објеката учења води ка квалитетнијем и бржем процесу учења, наставни садржај је прилагођен студентима у складу са изабраним критеријумам адаптације, веће је задовољство и мотивисаност студената за рад и коначни резултати учења су бољи.

Применом адаптивне *Moodle* платформе за сврхе електронског учења се тежи остваривању значајног побољшања у перформансама студената. У складу са тим, дефинисана је хипотеза:

X1: Примена модела за семантичку адаптацију објеката учења у *Moodle* систему води ка значајно бољим резултатима учења.

Адаптивна платформа за електронско учење обезбеђује студентима приступ објектима учења који се поклапају са њиховим преференцијама, повећавајући њихову мотивацију да приступају наставним материјалима које им едукативни систем предлаже. Очекивано је да студенти током процеса учења посете већи број образовних ресурса и да проведу мање времена на сваком од њих. У складу са тим, дефинисане су још две хипотезе:

X2: Студенти који похађају адаптивне курсеве би требало да посете већи број ресурса током процеса учења од студената који похађају неадаптивне курсеве.

X3: Студенти који похађају адаптивне курсеве би требало да у краћем року комплетирају курсеве од студената који похађају неадаптивне курсеве.

Ставови студената према коришћењу информационих система процењују се применом *TAM* модела (*Technology Acceptance Model*) (Davis 1989). *TAM* је модел посебно развијен да објасни и/или предвиди прихваћеност рачунарске технологије од стране студента (Hu et al. 1999). У дисертацији, *MAL* систем се сматра системом који омогућава једноставно и успешно учење имплементацијом адаптације базиране на семантичким концептима. У циљу одређивања ставова студената према *MAL* систему дефинисане су хипотезе засноване на *TAM* моделу:

- X4: Уочена једноставност коришћења *MAL* система од стране студента позитивно утиче на уочену корисност система.
- X5: Уочена једноставност коришћења *MAL* система од стране студента позитивно утиче на став студената према коришћењу система.
- X6: Уочена корисност коришћења *MAL* система од стране студента позитивно утиче на став студената према коришћењу система као ефикасног алата за учење.
- X7: Уочена корисност коришћења *MAL* система од стране студента позитивно утиче на намеру да се систем користи у будућности.
- X8: Став студената према *MAL* систему позитивно утиче на намеру да се систем користи у будућности.

6.2 Процедура истраживања

Ради евалуације развијеног модела адаптивног електронског образовања изведен је експеримент. Експеримент је спроведен током зимског семестра школске 2016/17. академске године у оквиру предмета Електронско пословање који похађају студенти четврте године на Факултету за предузетнички бизнис, Универзитета Унион Никола Тесла у Београду. Процес учења је изведен уз помоћ *MAL* система. Постоје бројне активности за евалуацију знања, а коначна оцена представља просечну оцену на њима. У циљу евалуације имплементираниог модела, експеримент је спроведен на укупном узорку од 50 студената. Студенти су на случајан начин подељени на експерименталну (25 студената) и контролну групу (25 студената). Просечна старост студената била је 26.12 године ($SD=5.88$) са 56% женских студената у контролној групи, и 25.32 године ($SD=5.76$) са 60% женских студената у експерименталној групи. Истраживање је изведено праћењем паралелних група које су похађале исти електронски курс путем *MAL* система, чиме је обезбеђен предуслов о изједначености експерименталне и контролне групе. Разлика се

састојала у томе што је адаптација била искључена за студенте из контролне групе, док је наставни садржај прилагођаван за студенте у експерименталној групи према њиховом стилу учења. Фелдер-Силверман упитник је коришћен као инструмент за утврђивање почетног стила учења студената експерименталне групе. Студенти су добровољно пристали да учествују у експерименту и од њих је затражено да на постављена питања одговарају коректно.

Настава у оквиру предмета Електронско пословање реализује се применом концепта мешовитог учења. Током предавања и вежби које се одржавају у учионицама и лабораторијама, традиционалне образовне методе комбинују се са ресурсима који су доступни у *Moodle* систему. Део активности, као што су домаћи задаци, тестови и сл. студенти реализују од куће. Истраживање је спроведено помоћу следећих инструмената: пре-теста, пост-теста, *TAM* упитника и података из семантичких извештаја (логова/пријава/одјава). Пре-тест и пост-тест су коришћени за утврђивање резултата пре и после процеса учења за студенте из контролне и експерименталне групе. И пре-тест и пост-тест су направљени од стране наставника и састојали су се од четрдесет питања. Пре-тест је спроведен на почетку електронског курса, и укључивао је одговарање на скуп питања везаних за електронско пословање. Наредни корак је учење градива везаног за домен електронског образовања. Исти садржај је нуђен студентима у контролној групи, док је прилагођен садржај заснован на стилевима учења нуђен студентима из експерименталне групе. На крају процеса учења, студенти из обе групе су полагали пост-тест. Циљ пост-теста је да се утврди да ли постоје значајне разлике у резултатима учења између експерименталне и контролне групе.

У циљу утврђивања промена понашања студената, коришћени су подаци из семантичких извештаја. Ове табеле су обезбедиле информације о индикаторима везаним за активности студената током интеракције са *MAL* системом: просечно трајање сесије, укупно трајање сесије, број посета сваком типу ресурса, број пријава и одјава. Ови подаци се у будућим истраживањима могу користити за детаљније анализе у циљу побољшања квалитета активности имплементираних у *Moodle* систему.

TAM упитник је коришћен да се евалуирају ставови студената према коришћењу *MAL* система. После коришћења *MAL* система током десет недеља, сви студенти

експерименталне групе су замољени да попуне упитник који је садржао петнаест питања подељених у четири групе везане за уочену једноставност коришћења *MAL* система, уочену корисност коришћења *MAL* система, став студената према *MAL* систему и намери да се систем користи у будућности. Студентима је понуђено да изаберу одговор између пет опција на свако питање (од један што значи „у потпуности се не слажем“ до пет што значи „у потпуности се слажем“).

SPSS за *Windows* софтверски пакет је коришћен за статистичку анализу података. Међугрупно поређење две групе параметарских података је изведено помоћу *Student's-T* теста и *Mann-Whitney U* теста, зависно од хомогености података. Међугрупно поређење података из упарених узорака је урађено уз помоћ *Student's-T* теста за зависне узорке. Регресиона анализа је коришћена за евалуацију веза између зависних променљивих и независних променљивих.

6.3 Резултати истраживања

6.3.1 Евалуација резултата учења

У сврху евалуације утицаја примене развијеног модела на резултате учења спроведена је детаљна статистичка анализа прикупљених података и подаци су дати у табели 11. У квантитативној анализи су коришћени:

- Т-тест за независне узорке је коришћен да се провери да ли постоји статистички значајна разлика у резултатима постигнутим на пре-тесту између студената контролне и експерименталне групе;
- Т-тест за независне узорке је коришћен да се провери да ли постоји статистички значајна разлика у резултатима постигнутим на пост-тесту између студената контролне и експерименталне групе;
- Т-тест за зависне узорке је коришћен да се провери да ли постоји статистички значајна разлика у резултатима постигнутим на пре-тесту и пост-тесту између студената контролне и експерименталне групе.

Табела 11. Компаративна анализа резултата пре-теста и пост-теста

Резултати	Пре-тест		Пост-тест	
	Средња вредност	Стандардна девијација	Средња вредност	Стандардна девијација
Контролна група	69.60	7.90	71.00	7.64
Експериментална група	70.40	6.11	80.40	9.26

T-тест за независне узорке показао је да се студенти из контролне групе и експерименталне групе не разликују у погледу резултата на пре-тесту ($t=-0,401$, $df=48$, $p=0.690>0.05$). Просечни резултат на пре-тесту је био 69.6 за студенте из контролне групе, и 70.4 за студенте из експерименталне групе. T-тест за независне узорке показао је да су разлике у резултатима постигнутим од стране студената из контролне групе и експерименталне групе статистички значајне ($t = -5.17$, $df=48$, $p=0.000 < 0.05$). Резултати учења су значјно побољшани за студенте из експерименталне групе, док су резултати пре-теста и пост-теста били веома блиски за студенте из контролне групе.

Даља анализа резултата постигнутих на пре-тесту и пост-тесту је спроведена коришћењем t-теста за зависне узорке. Резултати t-теста су потврдили претходну статистичку анализу. Статистички значајан напредак у резултатима није установљен код студената из контролне групе (69.6 ± 7.89 бодова, наспрам 71.0 ± 7.64 , $t=-0,296$, $df=24$, $p=0.770$). Статистички значајан напредак у резултатима је установљен код студената из експерименталне групе (70.4 ± 6.11 бодова, наспрам 80.4 ± 9.26 $t=-6,267$, $df =24$, $p=0.000<0.05$). Ови резултати сугеришу да није било значајне разлике између студената из контролне и експерименталне групе у погледу претходног знања, али и да су се резултати учења побољшали код студената из експерименталне групе. Ово побољшање је углавном проузроковано имплементацијом адаптације садржаја учења према стилевима учења студената. Хипотеза Х1 је потврђена, што значи да примена модела за семантичку адаптацију објеката учења у *Moodle* систему води ка значајно бољим резултатима учења студената.

6.3.2 Истраживање употребе садржаја учења и времена проведеног током процеса учења

Као додаток претходне анализе, спроведена је анализа активности студената током процеса учења. Објекти учења и ресурси које су посећивали студенти из експерименталне и контролне групе за време електронских курсева и време проведено током процеса учења су усвојени за главне индикаторе. Подаци из семантичких извештаја (број пријава и одјава студената) су коришћени за ову намену. Резултати су приказани у табели 12, табели 13 и табели 14.

Табела 12. Просечни број посета објектима учења на нивоу курса

Ресурс	Група	Средња вредност	Стандардна девијација	t вредност	Ниво значајности
Тестови	Контролна група	70	7.64	-5.17	0.000
	Експериментана група	82.49	9.26		
Лекције	Контролна група	73.32	9.37	-4.4	0.000
	Експериментана група	84.12	9.06		
Скорм лекција	Контролна група	74.08	11.05	-3.40	0.001
	Експериментана група	84.32	10.27		
Домаћи задаци	Контролна група	77.32	13.06	-2.27	0.028
	Експериментана група	85.24	11.61		
Радионице	Контролна група	76.40	11.68	-3.434	0.001
	Експериментана група	87.56	11.30		

Табела 13. Просечан број посета типовима ресурса на нивоу курса

Тип ресурса	Група	Средња вредност	Стандардна девијација	t вредност	Ниво значајности
Видео фајлови	Контролна група	3.80	1.53	-2.08	0.037
	Експериментана група	5.16	2.60		
Мулимедијални фајлови	Контролна група	3.76	1.71	-2.90	0.004
	Експериментана група	6.68	3.79		
Презентације	Контролна група	3.88	1.86	-3.33	0.001
	Експериментана група	6.04	2.41		
Текстуални фајлови	Контролна група	2.96	1.95	-3.96	0.000
	Експериментана група	5.64	2.6		

T-тест за зависне узорке је спроведен за анализу употребе наставног садржаја и показао је да је просечни број посета ресурсима приказаним у оквиру курса био већи за студенте у експерименталној групи у односу на контролну групу (табела 12). Из табеле 12 проистиче да постоји статистички значајна разлика броја посета тестовима, лекцијама, скром лекцијама, задацима и радионицама између две групе студената. Највећи статистички значај је за тестове и лекције. У циљу евалуације учесталости коришћење објеката учења у погледу врсте ресурса, применили смо *Mann–Whitney U* тест (табела 13). Резултати приказани у табели 13 су у складу са резултатима у табели 12, тј. постоји статистички значајна разлика између просечних вредности посета видео фајловима, мултимедијалним фајловима, презентацијама и текстуалним фајловима између студената из експерименталне и контролне групе. Може се уочити већа посећеност свих врста ресурса од стране студената у експерименталној групи, него студената у контролној групи. Највећи статистички значај се односи на просечан број посета текстуалним фајловима. Ови резултати показују да је ангажовање студентата у току праћења курса повећано спровођењем персонализације садржаја учења што може објаснити чињеницом да су студенти били задовољни објектима учења приказаним у систему. Хипотеза Х2 је потврђена. T-тест за зависне узорке је спроведен за анализу времена проведеног у току процеса учења. Резултати су приказани у табели 14 и показују да постоји статистички значајна разлика просечног времена проведеног у току сесија и просечног времена проведеног на лекцијама и тестовима између студената у контролној групи и експерименталној групи. Према овој статистичкој анализи, студенти у експерименталној групи провели су више времена током процеса учења, али су истовремено провели мање времена на лекцијама и тестовима у поређењу са студентима у контролној групи. Ово се може сматрати као резултат персонализације садржаја учења који студентима омогућава бржу аквизицију знања, јер објекти учења који су им представљени одговарају њиховим преференцијама. Сходно томе, подржана је хипотеза Х3.

Табела 14. Просечно трајање сесија, времена проведеног на лекцијама и времена проведеног на тестовима

Просечно време у минутима	Група	Средња вредност	Стандардна девијација	t вредност	Ниво значајности
Трајање сесије	Контролна група	25.74	4.71	2.93	0.005
	Експериментана група	31.81	4.76		
Време проведено на лекцијама	Контролна група	19.37	2.88	2.91	0.006
	Експериментана група	16.09	4.86		
Време проведено на тестовима	Контролна група	17.04	3.08	2.83	0.007
	Експериментана група	14.54	3.18		

6.3.3 Истраживање ставова студената према MAL систему

Табела 15 приказује дескриптивну статистику студентских ставова према MAL систему. „Alpha reliability“ ставова студената ($\alpha=0.922$) је високо прихватљив што иде у прилог поузданости садржаја упитника. Студенти верују да је MAL систем, који омогућава персонализацију наставног садржаја, ефикасан алат за учење. Додатно, табела 15 показује да студенти имају веома позитивне ставове према MAL систему везане за једноставност употребе, уочену корисност употребе система, генерални став према MAL систему и намери да се платформа користи у будућности. Студенти показују позитивне ставове према MAL систему као корисном окружењу за учење које подржава њихову намеру да је користе за учење у будућности.

Пет одвојених регресионих анализа је изведено да би се проверио утицај независних променљивих (уочена корисност коришћења MAL система, уочена једноставност коришћења MAL система, намера да се систем користи у будућности) на уочену корисност коришћења MAL система, став студената према MAL систему и намеру да се систем користи у будућности. Резултати су приказани у табели 16. Као што се може видети, хипотезе X4–X8 су све подржане ($p<0.05$).

Табела 15. Ставови студената према *MAL* систему

Питања	Средња вредност	Стандардна девијација
Уочена једноставност коришћења <i>MAL</i> система	4.11	0.75
Налазим да је <i>MAL</i> систем једноставан за употребу	4.16	0.75
Учење да користим <i>MAL</i> систем је једноставно за мене	4.12	0.78
Моја интеракција са <i>MAL</i> системом је била једноставна и разумљива	4.04	0.79
Било би ми једноставно да пронађем инфомације на <i>MAL</i> систему	4.12	0.67
Уочена корисност коришћења <i>MAL</i> система	4.08	0.75
Коришћење <i>MAL</i> система ће побољшати моју ефикасност приликом учења	4.16	0.80
Коришћење <i>MAL</i> система ће побољшати учинак на курсу	3.96	0.73
Коришћење <i>MAL</i> система ће побољшати моју продуктивност приликом учења	4.08	0.81
Налазим да је <i>MAL</i> систем користан	4.12	0.67
Став студената према <i>MAL</i> систему	4.19	0.71
Свиђа ми се идеја коришћења <i>MAL</i> система	4.44	0.77
Генерално имам позитиван став према коришћењу <i>MAL</i> система	4.28	0.68
Верујем да је добра идеја да користим <i>MAL</i> систем за електронско учење	4.08	0.64
Коришћење <i>MAL</i> система је глупа идеја (Инв.)	3.96	0.73
Намера да се <i>MAL</i> систем користи у будућности	4.15	0.82
Намеравам да користим <i>MAL</i> систем у будућности	3.96	0.84
Често ћу се враћати <i>MAL</i> систему	4.28	0.79
Намеравам да користим <i>MAL</i> систем често за електронско учење	4.20	0.82

Табела 16. Тестирање хипотеза *TAM* упитника

Хипотезе	Зависна променљива	Независна променљива	β	R^2	p
X4	Уочена корисност коришћења <i>MAL</i> система	Уочена једноставност коришћења <i>MAL</i> система	0.683	0.434	<0.001
X5	Став студената према <i>MAL</i> систему	Уочена једноставност коришћења <i>MAL</i> система	0.559	0.307	<0.05
X6	Став студената према <i>MAL</i> систему	Уочена корисност коришћења <i>MAL</i> система	0.676	0.481	<0.001
X7	Намера да се <i>MAL</i> систем користи у будућности	Уочена корисност коришћења <i>MAL</i> система	0.820	0.471	<0.001
X8	Намера да се <i>MAL</i> систем користи у будућности	Став студената према <i>MAL</i> систему	0.772	0.547	<0.001

7 ДИСКУСИЈА

У дисертацији је имплементиран модел за семантичку адаптацију објеката учења на основу стилова учења студената. Овај модел је имплементиран у оквиру проширене верзије *Moodle* система назван *MAL* систем. На тај начин је обезбеђена функционалност персонализације *Moodle* система. *MAL* систем се ослања на семантичке технологије и циљно креирану онтологију. Предности имплементације модела су: повећање ефикасности и ефикасности електронског учења кроз развој ефикасног механизма за прилагођавање; побољшање персонализације система за електронско учење коришћењем семантичких концепата и онтологије; побољшање квалитета адаптивног електронског учења; побољшање дизајна, функционалности и корисности *LMS* система; повећавање мотивације студената.

7.1 *MAL* систем

MAL систем представља проширен *Moodle* систем који подржава персонализовани приступ материјалима за учење. Овај систем се ослања на семантички приступ који омогућава адаптацију засновану на Фелдер-Силверман моделу стилова учења. Главна идеја је да се динамички одреди стил учења студента према његовој интеракцији са системом и просечном оценом током курса, а затим да се студенту прикажу одговарајући материјали за учење. На тај начин, студенти се стимулишу да посете већи број образовних ресурса током процеса учења. Приступ моделирања усвојен за модел студента и објекте учења омогућава адаптивно понашање *Moodle* система.

Иако је архитектура система проистекла из сличних *LMS* система за електронско учење подржаних онтологијама (Fernández-Breis et al., 2012)(Jovanović et al., 2009)(Vesin et al., 2013), приступ у дисертацији се разликује у неколико аспеката. Имплементациони приступ модела заснован је на имплементацији *D2RQ* сервера и *Jena* развојног окружења. *D2RQ* сервер који се користи за мапирање релационе базе података у семантичну базу пружа подршку за семантички приступ подацима и креирање семантичких упита. *MAU* онтологија садржи знање о студентима, објектима учења, разноврсним функцијама *Moodle* система и изабраној стратегији адаптације представљеној семантички и хијерархијски. Специфичне особине за објекте дефинисане у овој онтологији и односи између њих олакшавају заједнички рад компоненти система. *Protégé* се користи за креирање онтолошких података, а

Pellet за добијање модела семантичког закључивања. Онтолошки модел се креира из модела закључивања да би се користио заједно са *D2RQ* подацима. Тако је могуће претраживање онтолошких информација користећи концепте дефинисане у онтологији. Коришћењем овог приступа олакшавају се адаптација објеката учења у реалном времену и ажурирање модела студента. Главна предност реализованог система се односи на његов флексибилан дизајн, тј. адаптација се може извршити без обзира на домен и сврху објеката учења. Персонализација објеката учења се одвија на интелигентан начин у реалном времену. Мапирање онтологије извршено током реализације модела обезбеђује коришћење развијене онтологије у другим едукативним системима.

За реализацију система су креиране три семантичке компоненте како би се омогућила предложена стратегија адаптације. Прва компонента се односи на детекцију стила учења, друга компонента се односи на дефинисање односа између објеката учења и стилова учења за ресурсе и фајлове, а трећа се односи на визуализацију и семантичко обогаћивање објеката учења *MAL* система. Наведене компоненте олакшавају поновну употребу објеката учења система под различитим условима и подржавају имплементацију адаптационе стратегије. Осим што је заснована је на Фелдер-Силверман моделу стилова учења, примењена стратегија укључује мапирање објеката учења са одговарајућим стиливима учења као што је примењено у истраживањима (Borges & Stiubiener, 2014)(Despotović-Zrakić et al., 2012) и динамичко праћење активности студената током процеса учења примењено у (Graf et al., 2009)(D. Li et al., 2016)(Romero et al., 2008)(Fouad, 2012). Динамичким праћењем активности студената током процеса учења, систем има могућност да открије промене у стилу учења студента које се могу појавити током времена и ажурирати модел студента. Овај метод елиминише потенцијалне недостатке примене упитника, чији резултати могу бити субјективни и обезбеђује да се карактеристике објеката учења и студената узму у разматрање. Као важан фактор, алгоритам прилагођавања заснован је на укупној просечној оцени студента у току електронског курса. Применом овог приступа систем избегава адаптацију у случају да студент има задовољавајуће резултате током учења.

Током спровођења истраживања примећени су и одређени недостаци *MAL* система. Имплементирани модел је развијен и прилагођен искључиво *Moodle* систему и било

би неопходно пуно времена да се прилагоди другом едукативном систему. Развијена онтологија је креирана од почетка и не ослања се на онтологије развијене за сличне *LMS* системе, али може бити ажурирана да одговара најчешће коришћеним онтологијама у области електронског образовања. Делови *FOAF*, *LOM* и *Dublin Core* онтологија које користи МАУ онтологија могу олакшати тај процес. Мапирање релационе базе података и анотација објеката учења такође би одговарали новим онтологијама.

Дефинисање релација између објеката учења и стилова учења, и дефинисање кључних речи објеката учења је одговорност наставника. Било би корисно креирати аутоматску компоненту за ову сврху која може извући неопходне релације и кључне речи анализом садржаја објеката учења. Неједнака покривеност материјала за учење погодних за различите стилове учења такође може представљати препреку успешној примени модела која се може превазићи стварањем више копија објеката учења према стилима учења. Како би се побољшала прецизност у аутоматском откривању стилова учења, могу се користити и други обрасци понашања студента. На пример, систем може да анализира одговоре студената током тестова и квизова. Сва питања могу да се класификују у осам категорија, у зависности од њиховог садржаја, тј. њихове погодности за стил учења. Ако студент покаже знатно боље резултате на питањима из једне категорије, овај индикатор се може да користи као важан показатељ образаца понашања. За ту сврху би требало развити додатну семантичку компоненту едукативног система. Током будућег коришћења *MAL* система, могу се емпиријски истражити и имплементирати различите граничне вредности параметара који дефинишу функционисање додатно развијених компоненти едукативног система.

7.2 Утицај на процес учења

Један од начина за евалуацију ефекта адаптације примењене у оквиру *LMS* система је упоређивање адаптивног система са неадаптивним. Постоји објективна критика ове методе јер се неадаптивна апликација обично генерише из адаптивне (De Bra, 2000). Ипак, то се не односи на методу примењену у дисертацији, јер је *MAL* систем развијен као проширена верзија неадаптивног *Moodle LMS* система.

Студије као што је (Akbulut & Cardak, 2012) указују да је оптималан начин за остваривање персонализације едукативног система, коришћење стила учења

студената као примарног критеријума адаптације система. До сличних закључака дошли су и аутори (Cakiroglu, 2014)(Sun, Lin, & Yu, 2008), чији резултати истраживања указују да употреба стилова учења за адаптацију едукативних система доприноси успешнијем и бржем процесу учења код студената, што је доказано у дисертацији. Персонализован систем за електронско учење је велика предност за студента, јер поред креирања наставног садржаја омогућава адаптивну интеракцију са њима, сарадњу, подршку и активну стратегију за контролисање садржаја, темпа и обима учења. Наставни материјали и активности се прилагођавају карактеристикама студената које су смештене у моделу студента према одговарајућим карактеристикама објеката учења. У складу са тим, у оквиру дисертације је коришћен Фелчдер-Силверман модел (R. Felder & Silverman, 1988). Овај модел стила учења се добро показао и у радовима аутора (Sanginetto et al., 2008)(Vesin et al., 2012)(Bogdanović, 2011)(Despotović-Zrakić et al., 2012)(Graf et al., 2009)(Popescu, 2009). Истраживање спроведено у дисертацији након реализације адаптивног система указује на неколико ефеката предложеног модела семантичке адаптације објеката учења објашњених у следећим потпоглављима.

7.2.1 Резултати учења

Резултати спроведеног истраживања у дисертацији показују да се бољи резултати образовног процеса добијају путем прилагођавања електронских курсева, што је у складу са резултатима истраживања (Barolli, Koyama, Durresi, & De Marco, 2006)(A. Latham et al., 2014). Спроведено истраживање је показало да студенти у експерименталној групи имају значајно боље резултате на пост-тесту у поређењу са студентима у контролној групи, што је у складу са (Despotović-Zrakić et al., 2012)(Isotani et al., 2013)(Sanginetto et al., 2008)(Sosnovsky & Brusilovsky, 2015). Студенти из контролне и експерименталне групе показали су велико знање на пре-тесту о темама у оквиру курса. Очекивано је да студенти из експерименталне групе побољшају знање, јер им је систем пружао материјал за учење који одговара њиховим стилима учења. Супротно њима, студенти из контролне групе нису показали напредак током процеса учења, мислећи да ће лако проћи кроз курс и нису се довољно трудили да савладају неопходно градиво. Студенти из контролне групе нису били довољно мотивисани за теме које се изучавају у току курса. Разлоге за то треба боље испитати у будућим истраживањима.

7.2.2 Посећеност објеката учења и време проведено током процеса учења

Статистичка анализа података из броја пријава и одјава студената показала је да су студенти који су похађали адаптивни курс развили већу мотивацију за учење у односу на студенте у контролној групи и да је њихов процес учења био ефикаснији, што је складу са истраживањем (Sosnovsky & Brusilovsky, 2015). Резултати истраживања у дисертацији показују да су активности студената биле учесталије и да је број посећених објеката учења био већи за студенте који су похађали адаптивни курс. Ова опсервација подразумева да обезбеђивање материјала за учење који одговарају стилу учења студената утиче на њихову мотивацију, тј. чешће приступање наставним материјалима. Приказ разноврсних објеката учења може да привуче студенте да се чешће пријављују на систем и проводе више времена током процеса учења, што је потврђено и резултатима истраживања у дисертацији.

Просечно трајање адаптивних корисничких сесија је дуже, што је у складу са истраживањем (Sosnovsky & Brusilovsky, 2015). Просечно време проведено на тестовима и просечно време проведено на лекцијама било је знатно краће у односу на неадаптивне корисничке сесије. Слични резултати су добијени и у истраживањима (Tseng, Chu, Hwang, & Tsai, 2008)(Klašnja-Milićević, Vesin, Ivanović, & Budimac, 2011) која сугеришу да је процес учења студената био ефикаснији приликом коришћења адаптивне верзије *LMS* система. Ови ефекти су објашњење за боље резултате учења студената који су похађали адаптивни курс.

7.2.3 Ставови студената према *MAL* систему

За евалуацију ставова студената према *MAL* систему коришћен је *TAM* упитник. Став студената према сваком питању из упитника био је позитиван. Студенти сматрају да је *MAL* систем једноставан за коришћење у смислу интеракције са системом, проналажења информација, и користан у смислу побољшања ефикасности у процесу учења. Студенти имају позитиван став према коришћењу *MAL* система и намеравају да га користе у будућности. Што се тиче ефекта независних варијабли (уочена једноставност употребе, уочена корисност и став према коришћењу система) на уочену корисност *MAL* система, става према коришћењу система и намеру коришћења *MAL* система у будућности, може се закључити:

- Уочена једноставност употребе доприноси позитивној уоченој корисности система и односу према коришћењу *MAL* система.
- Уочена корисност система доприноси позитивном односу према коришћењу и намери да се *MAL* систем користи у будућности.
- Став према коришћењу *MAL* система позитивно доприноси намери да се систем користи у будућности.

7.2.4 Ограничења спроведеног истраживања

Евалуација *MAL* система је спроведена на узорку од педесет студената који су похађали курс Електронско пословање, што је релативно мали узорак. У систему за електронско учење као што је *MAL*, тешко је прецизно мерити време које је студент заиста провео учећи. Студенти могу да уче и из других наставних материјала доступних на вебу или могу да користе штампане материјале за учење. Постоје и друге варијабле које могу утицати на резултате истраживања, као што су претходно знање студената, природа корисничког интерфејса система и искуство рада студента са едукативним системом. Не постоји прецизан начин да се утврди да ли је адаптација једини фактор који је утицао на побољшање исхода учења.

Студија коју су спровели Yang et al. (Yang, Hwang, & Yang, 2013) упућује на знатно боље резултате студената који су похађали адаптивни курс базиран и на стилловима учења и на когнитивним стилловима у поређењу са студентима који су похађали адаптивни курс базиран на стилловима учења. Ови резултати могу значити да би осим стилова учења приликом персонализације система било пожељно укључити још неки критеријум.

Следеће ограничење евалуације резултата је да није обухватило дистрибуцију стилова учења у експерименталној групи, што би могло имати значајан утицај на исходе учења, као што је примећено у истраживању (Chen, 2015). Такође би било значајно испитати ставове студената о објектима учења који су им приказивани током процеса учења. На тај начин се може сазнати да ли су се приказивани објекти учења подударали са њиховим преференцијама и да ли су студенти били задовољни њима. Упркос овим ограничењима, спроведено истраживање у дисертацији може бити корисно, јер указује на позитивне резултате имплементације едукативног система обогаћеног семантичким компонентама.

8 БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА

Предложени модел се може успешно применити у високошколским установама које примењују електронски вид наставе. Постоје неколико начина унапређења предложеног модела који воде ка већој мотивисаности студената за рад и бољим резултатима учења. Један од њих је повезивање развијеног модела са друштвеним мрежама. Такав приступ подразумева семантичко обогаћивање модела студента у реалном времену, прикупљање широког спектра података о студенту и базирао би се на неколико критеријума адаптације. Критеријуми адаптације би се креирали у складу са прикупљеним информацијама о студенту са друштвених мрежа и медија. Преко друштвених мрежа и медија се могу пратити садржаји који се студенту највише свиђају, које странице највише посећује, које су теме интересовања, да ли је члан група и форума и слично. Други начин унапређења предложеног модела подразумева креирање додатних софтверских алата и решења за мапирање објеката учења и извлачења информација о студентима. Трећи начин унапређења предложеног модела подразумева повећање социјалне интеракције између студената и образовних институција развијањем додатних сервиса и интеграцијом друштвених мрежа.

Што се више критеријума за адаптацију система прати, то се добијају прецизнији повратни резултати о преференцијама студената. Будућа истраживања би било погодно усмерити ка прилагођавању објеката учења на основу више критеријума: очекивања, брзина учења, циљева, мотивације, вештина, знања, социјалних карактеристика и других. Корисно би било направити детаљну анализу активности студената из категорија модела стилова учења како би се прецизније одредиле вредности предиктора. У том правцу, један од начина да се побољша *MAL* систем је усвајање *data mining* техника за детекцију образаца понашања студената. У складу са савременим развојем информационих система и технологија и семантичког правца развоја веба, све већи број универзитета даје отворен приступ својим академским базама. Разлог томе је једноставан, оптимизован и бржи приступ дистрибуираним, различито структурираним и описаним подацима. Отворен приступ може позитивно утицати на број објеката учења који се могу искористити из ових база и на унапред дефинисане атрибуте позајмљених објеката учења који могу да олакшају имплементацију модела предложеног у дисертацији.

9 ЗАКЉУЧАК

У дисертацији су јасно дефинисане и описане технологије, методологије, језици и алати за семантичко мапирање и визуелизацију објеката учења у едукативном систему, за развој онтологија, за креирање и тестирање семантичких правила и механизма семантичког закључивања, за интеграцију семантичких концепата и едукативног система, и за развој додатних функционалности постојећег система за учење на даљину. Дата је анализа модела и стандарда који се примењују у домену електронског образовања и семантичког веба. У дисертацији су дефинисани основни елементи модела адаптивног електронског образовања, семантичког веба, типови адаптације и концепт визуелизације. Дат је опис неопходних софтверских решења неопходних за интеграцију онтологија у системима за електронско учење. Детаљно је објашњен критеријум адаптације и објашњена су семантичка правила. У складу са обимном литературом представљена су актуелна решења у области примене онтологија у системима електронског образовања.

Развијени модел је модуларан, флексибилан, проширив и омогућује интеграцију различитих софтверских компоненти. У дисертацији је детаљно описана архитектура развијеног модела која се у потпуности ослања на технологије и стандарде семантичког веба. С обзиром да је *Moodle* модуларан систем, могуће је за њега имплементирати семантичке компоненте. Дат је детаљан опис фаза пројектовања и имплементације модела. Као предуслов за имплементацију модела, спровођење истраживања и тестирање, било је потребно да се обезбеди одговарајућа хардверска и софтверска инфраструктура, припреме наставни материјали, креира систем за управљање процесом учења, имплементирају додатне семантичке функционалности и омогући визуелно обогаћивање објеката учења.

10 НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ

Значајан допринос дисертације је развој модела електронског образовања заснован на семантичкој адаптацији објеката учења. Примењени приступ пружа оквир за успешан развој семантичких компоненти у систему за електронско учење. Као критеријум адаптације едукативног система коришћен је стил учења студента. Методолошки процес развоја модела, моделирање и онтолошка имплементација семантичких компоненти са едукативним системом представљају оригинални допринос дисертације. Развијени модел може послужити као добра основа знања која се може надоградити и модификовати пратећи специфичне захтеве система. Логика примењеног модела је садржана у семантичким правилима и механизмима за закључивање. Логика је једноставна за имплементацију, ажурирање и интеграцију у онтолошки модел. У дисертацији је приказана архитектура адаптивног система који се ослања на технологије и стандарде семантичког веба и електронског образовања. С обзиром на то да је архитектура едукативног система модуларна, омогућава довољну флексибилност за његову надоградњу.

Кључни научни доприноси дисертације су:

- Формални опис модела електронског образовања заснованог на семантичкој адаптацији објеката учења;
- Развој модела архитектуре и инфраструктуре система адаптивног електронског образовања заснованог на семантичким концептима;
- Развој методологије пројектовања инфраструктуре за електронско образовање засноване на семантичкој адаптацији објеката учења.
- Развој онтолошког модела за опис објеката учења, активности студената, резултата учења и стилова учења студената;
- Развој модела семантичког мапирања објеката учења и других података у оквиру система електронског образовања;
- Развој методологије пројектовања семантичких модула за имплементацију предложеног модела;
- Развој модела за имплементацију семантичких правила за праћење активности и учинка студената, одређивање стилова учења и адаптацију садржаја;
- Развој модела за семантичко закључивање (модел закључивања);

- Развој модела повезивања система за електронско учење са отвореним екстерним репозиторијумима објеката учења;
- Мерење остварених резултата примене модела електронског образовања заснованог на семантичкој адаптацији објеката учења у образовном процесу.

Током рада на дисертацији дошло се до низа стручних доприноса:

- Анализа примене онтологија у електронском образовању,
- Анализа хардверске и софтверске инфраструктуре неопходне за реализацију модела,
- Реализација окружења и инфраструктуре за имплементацију онтологија у едукативни систем,
- Реализација модела у реалном времену.

Истраживање и анализе проблема интеграције онтологија у едукативни систем са становишта друштвене корисности може имати вишеструких утицаја:

- Резултати истраживања воде ка детаљнијој анализи проблема увођења онтологија у образовне процесе, едукативне системе и веб платформе;
- Резултати истраживања воде ка детаљнијем дефинисању захтева везаних за интеграцију онтологија у системе за управљање учењем;
- Резултате истраживања могу користити и други едукативни системи заинтересовани за динамичку адаптацију електронских курсева у складу са једним или више критеријума.

Евалуација примењеног модела потврдила је позитиван утицај семантичког приступа модела у едукативном систему. Персонализација на основу семантичке адаптације објеката учења води ка бољим перформансама учења, побољшава ефикасност процеса учења и утиче на позитиван став студената према *MAL* систему. У експерименталном делу дисертације развијени модел је тестиран у процесу извођења наставе на Факултету за предузетнички бизнис, Универзитета Унион Никола Тесла у Београду. Резултати су објављени у више радова у научним часописима и саопштени су на међународним и домаћим научним скуповима.

Радови у међународним часописима индексираном на SCI листи (M23)

1. **Perišić J.**, Milovanović M., Kazi Z., A Semantic Approach to Enhance Moodle with Personalization, Computer Applications in Engineering Education, John Wiley & Sons, 2018, импакт фактор за 2016=0.694, ISSN 1099-0542, DOI: 10.1002/cae.21929.

Саопштења са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Perišić, J.**, Milovanović, M., Ravić, S., Stošić, I., Radovanović, Lj., Ristić, M., ONTOLOGY FOR PERSONALIZATION E-LEARNING PROCESS IN ENGINEERING EDUCATION, VII International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2017 (IIZS 2017), Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 12-13th, 2017, Zrenjanin, Serbia, pp. 16-23. ISBN: 978-86-7672-303-4.

2. **Perišić, J.**, Milovanović, M., Bugarčić, M., Vrbanac, M., Ristić, M., Using semantic web based tools in engineering education, VI International Conference Industrial Engineering And Environmental Protection 2016 (IIZS 2016), Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 13-14th October, 2016, Zrenjanin, Serbia, pp. 1-7. ISBN: 978-86-7672-293-8.

3. **Perišić, J.**, Bogdanović, Z., Đurić, I., Semantic model for adaptive E-learning systems, Proceedings of the XVth International Symposium Symorg, The Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, 10-13 June, 2016, Zlatibor, Serbia, pp.345-353, ISBN 978-86-7680-326-2, COBISS.SR-ID 223988236.

4. **Perišić, J.** Milovanović, M., Bogdanović, Z., Despotović – Zrakić, M., Labus, A., Designing a semantic model of educational content in *Moodle* LMS, Proceedings of the XVIIth Symposium Young people and Multidisciplinary Research, EDITURA POLITEHNICA, 12-13 November, 2015, Timisoara, Romania, pp. 135-140, ISSN: 1843-6609.

5. **Perišić, J.**, Milovanović, M., Ristić, M., Prokolab, M., Radovanović, Lj., Semantic adaptation model of learning objects in e-education, Proceedings of the XVIth Symposium Young people and Multidisciplinary Research, EDITURA POLITEHNICA, 13-14 November, 2014, Timisoara, Romania, pp. 123-128, ISSN: 1843-6609.

11 ЖИТЕПАТЫПА

- ADL. (2001). SCORM. Retrieved from <https://www.adlnet.gov/>
- Ahmad, N. B. H., & Shamsuddin, S. M. (2010). A comparative analysis of mining techniques for automatic detection of student's learning style. *2010 10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, (July), 877–882.
<https://doi.org/10.1109/ISDA.2010.5687150>
- Ahmed, A. B. G. E., Ali, A. A. B., & Talab, S. A. (2014). Matching User Preferences with Learning Objects in Model Based on Semantic Web Ontologies. *International Journal of Engineering Inventions (IJEI)*, 4(3), 11–21. Retrieved from
<http://www.ijeijournal.com/pages/v4i3.html>
- Akbulut, Y., & Cardak, C. S. (2012). Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. *Computers and Education*, 58(2), 835–842. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.008>
- Alfonseca, E., Carro, R. M., Martín, E., Ortigosa, A., & Paredes, P. (2006). The impact of learning styles on student grouping for collaborative learning: a case study. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 16(3–4), 377–401. <https://doi.org/10.1007/s11257-006-9012-7>
- Alias, N. A., & Zainuddin, A. M. (2005). Innovation for Better Teaching and Learning : Adopting the Learning Management System. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, 2(2), 27–40.
- Allemang, D., & Hendler, J. (2008). *Semantic web for the working ontologist : modeling in RDF, RDFS and OWL*. *Journal of empirical research on human research ethics JERHRE* (Vol. 6). <https://doi.org/10.1525/jer.2011.6.3.toc>
- Alomari, J., Hussain, M., Turki, S., & Masud, M. (2015). Well-formed semantic model for co-learning. *Computers in Human Behavior*, 51, 821–828.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.047>
- Amorim, R. R., Lama, M., Sánchez, E., Riera, A., & Vila, X. a. (2006). A learning design ontology based on the IMS specification. *Educational Technology and Society*, 9(1), 38–57.
- Anderson, T., & Whitelock, D. (2004). The Educational Semantic Web: Visioning and Practicing the Future of Education. *Journal of Interactive Media in Education*, 1, 1–15.
<https://doi.org/10.5334/2004-1>
- Aroyo, L., Dolog, P., Houben, G. J., Kravcik, M., Naeve, A., Nilsson, M., & Wild, F. (2006). Interoperability in personalized adaptive learning. *Educational Technology and Society*.
- Aydin, C. C., & Tirkes, G. (2010). Open source learning management systems in e-learning and

- moodle. In *2010 IEEE Education Engineering Conference, EDUCON 2010* (pp. 593–600).
<https://doi.org/10.1109/EDUCON.2010.5492522>
- Barać, D. (2011). *Razvoj modela i servisa portala za adaptivno elektronsko obrazovanje*.
 University of Belgrade, Belgrade, Serbia.
- Barać, D., Bogdanović, Z., & Damjanović, S. (2008). Implementacija personalizovanog sistema elektronskog učenja. In *16. Telekomunikacioni forum TELFOR* (pp. 862–865).
- Barać, D., Bogdanović, Z., Milić, A., Jovanić, B., & Radenković, B. (2011). Developing Adaptive E-Learning Portal in Higher Education. *14th Toulon - Verona Conference "Organizational Excellence in Services,"* 135–142.
- Barker, P., & Campbell, L. M. (2010). Metadata for Learning Materials: An Overview of Existing Standards and Current Developments. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 7(3–4), 225–243.
- Barkman, P., Brown, D., Brusilovsky, P., Burke, J. R., Fore, M., Hyde, J., ... Peoples, B. (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata. *Learning Technology Standards Committee of the IEEE, 1484.12.1*-(July), 1–44. Retrieved from
http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM%7B_%7D1484%7B_%7D12%7B_%7D1%7B_%7Dv1%7B_%7DFinal%7B_%7DDraft.pdf
- Barolli, L., Koyama, A., Durrezi, A., & De Marco, G. (2006). A web-based e-learning system for increasing study efficiency by stimulating learner's motivation. *Information Systems Frontiers*, 8(4), 297–306. <https://doi.org/10.1007/s10796-006-9004-5>
- Berners-Lee, T. (2003). Web services-semantic web. *Proceedings of WWW2003*.
- Berners-Lee, T. (2005). Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), 34–43. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0501-34>
- Bikakis, N., Greece, A. R. C., & Sellis, T. (2016). Exploration and Visualization in the Web of Big Linked Data: A Survey of the State of the Art. *arXiv Preprint arXiv:1601.08059*.
- Bittencourt, I. I., Costa, E., Silva, M., & Soares, E. (2009). A computational model for developing semantic web-based educational systems. *Knowledge-Based Systems*, 22(4), 302–315. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2009.02.012>
- Bizer, C., & Cyganiak, R. (2006). D2R Server - Publishing Relational Databases on the Semantic Web. In *5th International Semantic Web Conference* (p. 26). Retrieved from
<http://www4.wiwiw.fu-berlin.de/bizer/pub/Bizer-Cyganiak-D2R-Server-ISWC2006.pdf>
- Bogdanović, Z. (2011). *Poslovna inteligencija u adaptivnom elektronskom obrazovanju*.
 University of Belgrade, Belgrade, Serbia.

- Borges, G., & Stiubiener, I. (2014). Recommending learning objects based on utility and learning style. *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, 2015–Febru*(February), 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044245>
- Borst, W. N. (1997). *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. Technology* (Vol. PhD). Retrieved from <http://doc.utwente.nl/17864/>
- Bostock, M., Ogievetsky, V., & Heer, J. (2011). D3 data-driven documents. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 17*(12), 2301–2309. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.185>
- Boyce, S., & Pahl, C. (2007). Developing Domain Ontologies for Course Content The Development of Ontologies. *Educational Technology & Society, 10*(3), 275–288. Retrieved from www.ifets.info/journals/10%7B_%7D3/19.pdf
- Brickley, D., & Guha, R. V. (2004). RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. <https://doi.org/10.1002/9780470773581>
- Brooks, C., Mccalla, G., & Winter, M. (2005). Flexible learning object metadata. *Proceedings of SWEL, 5*, 1–8. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Brusilovsky, P. (1998). Adaptive Educational Systems on the World-Wide-Web : A Review of Available Technologies. *Proceedings of Workshop “WWW-Based Tutoring” at 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS’98), San Antonio, TX*. Retrieved from <http://www1.cs.columbia.edu/~locasto/projects/web-education/papers/brusilovsky98adaptive.pdf>
- Brusilovsky, P. (2003). Developing Adaptive Educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools. In *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments* (pp. 377–409). <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0819-7>
- Brusilovsky, P. (2012). Adaptive Hypermedia for Education and Training. *Adaptive Technologies for Training and Education, 46–65*. <https://doi.org/10.1007/BF00143964>
- Brusilovsky, P., & Millan, E. (2007). User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In *The adaptive web* (pp. 3–53).
- Cakiroglu, U. (2014). Analyzing the Effect of Learning Styles and Study Habits of Distance Learners on Learning Performances : A Case of an Introductory Programming Course. *International Review of Research in Open & Distance Learning*.
- Cakula, S., & Sedleniece, M. (2013). Development of a Personalized e-learning Model Using Methods of Ontology. *Procedia Computer Science, 26*, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.12.011>
- Caputi, V., & Garrido, A. (2015). Student-oriented planning of e-learning contents for Moodle. *Journal of Network and Computer Applications, 53*, 115–127.

- <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2015.04.001>
- Cardinaels, K., Meire, M., & Duval, E. (2005). Automating metadata generation: the simple indexing interface. *WWW '05: Proceedings of the 14th International Conference on World Wide Web*, 548–556. <https://doi.org/10.1145/1060745.1060825>
- Casali, A., Deco, C., Romano, A., & Tome, G. (2013). An Assistant for Loading Learning Object Metadata: An Ontology Based Approach. *Proceedings of the Informing Science and Information Technology Education Conference*, 9(1), 77–87.
- Cela, K., Sicilia, M.-Á., & Sánchez-Alonso, S. (2015). Influence of learning styles on social structures in online learning environments. *British Journal of Educational Technology*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/bjet.12267>
- Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M., & Lee, J.-H. (2006). Learning Style Diagnosis Based on User Interface Behavior for the Customization of Learning Interfaces in an Intelligent Tutoring System. *The 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Lecture Notes in Computer Science. Vol. 4053*, 513–524. https://doi.org/10.1007/11774303_51
- Chandrasekaran, B., Josephson, J. R., & Benjamins, V. R. (1999). What are ontologies, and why do we need them? *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 14(1), 20–26. <https://doi.org/10.1109/5254.747902>
- Chen, Y. (2015). Linking Learning Styles and Learning on Mobile Facebook. *International Review of Research in Open & Distance Learning*, 16(2), 94–114.
- Chi, Y. L. (2009). Ontology-based curriculum content sequencing system with semantic rules. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7838–7847. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.048>
- Chiappe, A., & Arias, V. (2015). Understanding Reusability as a Key Factor for Open Education: A Review. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(1), 40–56.
- Chikh, A. (2014). A general model of learning design objects. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 26(1), 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2013.03.001>
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*, 40(11), 4715–4729. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.02.007>
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). Learning styles and pedagogy in post-16 learning A systematic and critical review. *Learning and Skills Research Centre*, 84. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(81\)90483-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90483-7)

- Corcho, O., Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & López-Cima, A. (2005). Building legal ontologies with METHONTOLOGY and WebODE. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 3369 LNAI, 142–157. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32253-5_9
- Costa, G. J. M., & Silva, N. S. A. (2010). Knowledge versus content in e-learning: A philosophical discussion. *Information Systems Frontiers*, 12(4), 399–413. <https://doi.org/10.1007/s10796-009-9200-1>
- Cuéllar, M. P., Delgado, M., & Pegalajar, M. C. (2011). A common framework for information sharing in e-learning management systems. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2260–2270. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.014>
- Dadić, J., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., & Milutinović, M. (2013). Semantička anotacija obrazovnih materijala u sistemu e-obrazovanja. In *Infoteh* (Vol. 12, pp. 753–756). Jahorina.
- Dadzie, A. S., & Rowe, M. (2011). Approaches to visualising Linked Data: A survey. *Semantic Web*. <https://doi.org/10.3233/SW-2011-0037>
- Dagger, D., O'Connor, A., Lawless, S., Walsh, E., & Wade, V. P. (2007). Service-Oriented e-learning platforms: From monolithic systems to flexible services. *IEEE Internet Computing*, 11(3), 28–35. <https://doi.org/10.1109/MIC.2007.70>
- De Bra, P. (2000). Pros and cons of adaptive hypermedia in web-based education. *Cyberpsychology and Behavior*, 3(1), 71–77.
- De Bra, P., Aroyo, L., & Chepegin, V. (2006). The next big thing: Adaptive web-based systems. *Journal of Digital Information*, 5(1).
- De Bra, P., Smits, D., & Stash, N. (2006). Creating and Delivering Adaptive Courses with AHA! *World Wide Web Internet And Web Information Systems*, 4227, 21–33. https://doi.org/10.1007/11876663_4
- Dembski, W. A., & Marks, R. J. (2009). Conservation of information in search: Measuring the cost of success. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 39(5), 1051–1061. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2009.2025027>
- Despotović-Zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Krčo, S. (2012). Providing Adaptivity in Moodle LMS Courses. *Educational Technology & Society*, 15(1), 326–338.
- Devedžić, V. (2006). *Semantic Web and Education*. Springer Science & Business Media (Vol. 11). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-35417-0>
- Diaconescu, I. M., Lukichev, S., & Giurca, A. (2008). Semantic web and rule reasoning inside of e-Learning systems. *Studies in Computational Intelligence*, 78, 251–256. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74930-1_26

- Dicheva, D., Sosnovsky, S., Gavrilova, T., & Brusilovsky, P. (2005). Ontological web portal for educational ontologies. In *Proc. Of "Applications of Semantic Web Technologies for E-Learning Workshop (SW-EL'05)" in conjunction with 12th Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AI-ED'05)* (pp. 19–29). Retrieved from <http://hcs.science.uva.nl/AIED2005/W3proc.pdf%7B#%7Dpage=27>
- Doan, A., Madhavan, J., Domingos, P., & Halevy, A. (2002). Learning to map between ontologies on the semantic web. In *Proceedings of the eleventh international conference on World Wide Web - WWW '02* (p. 662). <https://doi.org/10.1145/511446.511532>
- Domingue, J. (1998). Tadzebao and Webonto: Discussing, Browsing and Editing Ontologies on the Web. In *11th Knowledge Acquisition Workshop* (p. 20).
- Domingue, J., Motta, E., & Garcia, O. C. (1999). Knowledge Modelling in WebOnto and OCML: A User Guide. *Citeseer*, 1–59. Retrieved from <file://localhost/Users/56k/Documents/Papers/1999/Domingue/Domingue1999.pdf>
- Drucker, P. (2000). Need to know: Integrating e-learning with high velocity value chains. *A Delphi Group White Paper*, 1–12.
- Dung, P. Q., & Florea, A. M. (2012). An approach for detecting learning styles in learning management systems based on learners' behaviours. *2012 International Conference on Education and Management Innovation*, 30, 171–177.
- Duval, E., & Hodgins, W. (2006). Standardized uniqueness: Oxymoron or vision of the future? *Computer*, 39(3), 96. <https://doi.org/10.1109/MC.2006.103>
- Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S., & Weibel, S. L. (2002). Metadata principles and practicalities. *D-Lib Magazine*, 8(4). <https://doi.org/10.1045/april2002-weibel>
- Dzandu, M. D., & Tang, Y. (2015). Beneath a learning management system - Understanding the human information interaction in information systems. *Procedia Manufacturing*, 1946–1952. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.239>
- Essalmi, F., Ayed, L. J. Ben, Jemni, M., & Graf, S. (2015). Generalized metrics for the analysis of E-learning personalization strategies. *Computers in Human Behavior*, 48, 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.050>
- Esteban-Gil, A., Fernández-Breis, J. T., Castellanos-Nieves, D., Valencia-García, R., & García-Sánchez, F. (2009). Semantic enrichment of SCORM metadata for efficient management of educative contents. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 927–932. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.164>
- Farquhar, A., Fikes, R., & Rice, J. (1997). The Ontolingua Server: a tool for collaborative ontology construction. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(6), 707–727. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1996.0121>

- Felder, R. M., & Spurlin, J. (2005). Applications, Reliability and Validity of the Index of Learning Styles. *International Journal of Engineering Education*, 21(1), 103–112. <https://doi.org/0949/-149X/91>
- Felder, R., & Silverman, L. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(June), 674–681. <https://doi.org/10.1109/FIE.2008.4720326>
- Felder, R., & Soloman, B. (1999). Index of Learning Styles. *Raleigh, NC: North Carolina State University. Available Online*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Richard_Felder/publication/239597589_Index_of_Learning_Styles/links/54b7e5bc0cf28faced60c572.pdf
- Fernández-Breis, J. T., Castellanos-Nieves, D., Hernández-Franco, J., Soler-Segovia, C., Robles-Redondo, M. del C., González-Martínez, R., & Prendes-Espinosa, M. P. (2012). A semantic platform for the management of the educative curriculum. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 6011–6019. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.11.123>
- Fernández Breis, J.-T., & Martínez Béjar, R. (2002). A cooperative framework for integrating ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies*, 56(6), 665–720. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2002.1010>
- Fleming, N. D. (1995). I'm different; not dumb. Modes of presentation (VARK) in the tertiary classroom. *Research and Development in Higher Education, Proceedings of the 1995 Annual Conference of the Higher Education and Research Development Society of Australasia (HERDSA), HERDSA*, 18, 308–313.
- Fleming, N. D. (2001). Teaching and learning styles: VARK Strategies. *IGI Global*.
- Fouad, K. M. (2012). Proposed Approach to Build Semantic Learner Model in Adaptive E-Learning. *International Journal of Computer Applications*, 58(17), 40–47.
- Franzoni, A. L., & Assar, S. (2009). Student learning styles adaptation method based on teaching strategies and electronic media. *Educational Technology & Society*, 12, 15–29. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4561832
- Gangemi, A., Catenacci, C., Ciaramita, M., & Lehmann, J. (2006). Modelling ontology evaluation and validation. *The Semantic Web: Research and Applications*, 140–154. https://doi.org/10.1007/11762256_13
- Gao, M., Liu, K., & Wu, Z. (2010). Personalisation in web computing and informatics: Theories, techniques, applications, and future research. *Information Systems Frontiers*, 12(5), 607–629. <https://doi.org/10.1007/s10796-009-9199-3>
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., & Campo, M. (2007). Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. *Computers and Education*, 49(3), 794–808. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.017>

- Gašević, D. (2004). *Ontologija Petrijevih mreža*. Fakultet Organizacionih Nauka.
- Gašević, D., Jovanović, J., & Devedžić, V. (2007). Ontology-based annotation of learning object content. *Interactive Learning Environments*, 15(1), 1–26.
<https://doi.org/10.1080/10494820600968203>
- Gavrilova, T. A., & Leshcheva, I. A. (2015). Ontology design and individual cognitive peculiarities: A pilot study. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 3883–3892.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.008>
- Ghorbel, L., Zayani, C. A., & Amous, I. (2015). Improve the Adaptation Navigation in Educational Cross-systems. *Procedia Computer Science*, 60, 662–670.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.203>
- Giese, M. (2010). Semantic Days 2010 Tutorial Semantic. *D2R*, (May).
- Gonçalves, M. J. A., Cota, M. P., & Pimenta, P. (2013). A Study to Determine what Kind of Learning Objects are Used in Higher Education Institutions. *Education*, 3(1), 30–36.
<https://doi.org/10.5923/j.edu.20130301.05>
- Govindasamy, T. (2001). Successful implementation of e-learning: Pedagogical considerations. *The Internet and Higher Education*, 4(3), 287–299.
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1096-7516\(01\)00071-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1096-7516(01)00071-9)
- Graf, S. (2005). Fostering adaptivity in e-learning platforms: A meta-model supporting adaptive courses. In *CELDA, 2005* (pp. 440–443).
- Graf, S., Kinshuk, & Liu, T.-C. (2009). Supporting Teachers in Identifying Students' Learning Styles in Learning Management Systems: An Automatic Student Modelling Approach. *Educational Technology & Society*, 12(4), 3–14.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.11.016>
- Graf, S., Kinshuk, & Liu, T. C. (2008). Identifying learning styles in learning management systems by using indications from students' behaviour. *The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 482–486.
<https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.84>
- Graf, S., Viola, S. R., Leo, T., & Kinshuk. (2007). In-Depth Analysis of the Felder-Silverman Learning Style Dimensions. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(1), 79–93. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782498>
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199–220. <https://doi.org/10.1.1.101.7493>
- Hassanpour, S., O'Connor, M. J., & Das, A. K. (2010). Visualizing logical dependencies in SWRL rule bases. In *Semantic Web Rules* (pp. 259–272). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16289-3-22>

- Hassanpour, S., O'Connor, M. J., & Das, A. K. (2011). Evaluation of semantic-based information retrieval methods in the autism phenotype domain. *Proceedings of AMIA Annual Symposium, 2011*, 569–77. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3243127&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Hendler, J. (2001). Agents and the semantic web. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 16(2), 30–37. <https://doi.org/10.1109/5254.920597>
- Hernandez, N., Mothe, J., Ralalason, B., Ramamonjisoa, B., & Stolf, P. (2008). A Model to Represent the Facets of Learning Objects. *Interdisciplinary Journal of Knowledge & Learning Objects*, 4, 65–82. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true%7B&%7Ddb=a9h%7B&%7DAN=35989922%7B&%7Dlang=pt-br%7B&%7Dsite=ehost-live>
- Hogan, A., Harth, A., Umbrich, J., Kinsella, S., Polleres, A., & Decker, S. (2011). Searching and browsing Linked Data with SWSE: The Semantic Web Search Engine. *Journal of Web Semantics*, 9(4), 365–401. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2011.06.004>
- Holsapple, C. W., & Joshi, K. D. (2002). A collaborative approach to ontology design. *Communications of the ACM*, 45(2), 42–47. <https://doi.org/10.1145/503124.503147>
- Honey, P., & Mumford, A. (2000). The learning styles helper's guide. *Peter Honey Publications*.
- Horridge, M. (2011). A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools Edition1. 2. *The University Of Manchester*, 1.3, 0–107. Retrieved from <http://people.cs.vt.edu/%7B%7B%7D%7B~%7D%7B%7D%7Dkafura/ComputationalThinking/Class-Notes/Tutorial-Highlighted-Day1.pdf>
- Horridge, M., & Bechhofer, S. (2011). The OWL API: A Java API for OWL ontologies. *Semantic Web*, 2(1), 11–21. <https://doi.org/10.3233/SW-2011-0025>
- Hsu, I. (2012). Intelligent Discovery for Learning Objects Using Semantic Web Technologies. *Educational Technology & Society*, 15, 298–312.
- Huang, E. Y., Lin, S. W., & Huang, T. K. (2012). What type of learning style leads to online participation in the mixed-mode e-learning environment? A study of software usage instruction. *Computers and Education*, 58(1), 338–349. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.003>
- Huang, J., Abadi, D. J., & Ren, K. (2011). Scalable SPARQL Querying of Large RDF Graphs. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 4(11), 1123–1134. Retrieved from <http://www.vldb.org/pvldb/vol4/p1123-huang.pdf>
- IMS LIP. (2003). IMS Learner Information Package specification. Retrieved from

- <http://www.imsglobal.org/profiles/index.html>
- Isotani, S. S., Mizoguchi, R., Capeli, O. M., Isotani, N., de Albuquerque, A. R. P. L. P. L., Bittencourt, I. I., ... Jaques, P. (2013). A Semantic Web-based authoring tool to facilitate the planning of collaborative learning scenarios compliant with learning theories. *Computers and Education*, 63(2013), 267–284.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.009>
- Jepsen, T. C. (2009). Just what Is an ontology, anyway? *IT Professional*, 11(5), 22–27.
<https://doi.org/10.1109/MITP.2009.105>
- Jiang, X., & Tan, A. H. (2009). Learning and inferencing in user ontology for personalized Semantic Web search. *Information Sciences*, 179(16), 2794–2808.
<https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.04.005>
- Joksimović, S., Gašević, D., Loughin, T. M., Kovanović, V., & Hatala, M. (2015). Learning at distance: Effects of interaction traces on academic achievement. *Computers and Education*, 87, 204–217. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.002>
- Jovanović, J. (2007). *Personalizacija procesa učenja na Semantičkom Web-u*. University of Belgrade, Belgrade, Serbia.
- Jovanović, J., Gašević, D., Brooks, C., Devedžić, V., & Hatala, M. (2007). LOCO-Analyst: A tool for raising teachers' awareness in online learning environments. *Creating New Learning Experiences on a Global Scale. Springer Berlin Heidelberg*, 112–126.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-75195-3_9
- Jovanović, J., Gašević, D., & Devedžić, V. (2006). Automatic Annotation of Content Units in TANGRAM. *WWW 2006*, 23–26. <https://doi.org/10.1145/1135777.1136015>
- Jovanović, J., Gašević, D., & Devedžić, V. (2009). TANGRAM for Personalized Learning Using the Semantic Web Technologies. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 1(1), 6–21. <https://doi.org/10.4304/jetwi.1.1.6-21>
- Khan, F. A., Graf, S., Weippl, E. R., & Tjoa, A. M. (2009). Integrated Approach for the Detection of Learning Styles & Affective States. *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 753–761.
- Kiryakov, A., Popov, B., Terziev, I., Manov, D., & Ognyanoff, D. (2004). Semantic annotation, indexing, and retrieval. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2(1), 49–79. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2004.07.005>
- Klasnja-Milićević, A., Vesin, B., Ivanović, M., & Budimac, Z. (2011). Integration of recommendations and adaptive hypermedia into java tutoring system. *Computer Science and Information Systems*, 8(1), 211–224. <https://doi.org/10.2298/CSIS090608021K>
- Klašnja-Milićević, A., Vesin, B., Ivanović, M., & Budimac, Z. (2011). E-Learning

- personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification. *Computers and Education*, 56(3), 885–899.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.11.001>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development*. Prentice Hall, Inc., (1984), 20–38. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7223-8.50017-4>
- Kollia, I., Glimm, B., & Horrocks, I. (2011). SPARQL Query Answering over OWL Ontologies. In *The Semantic Web: Research and Applications* (Vol. 6643, pp. 382–396). https://doi.org/10.1007/978-3-642-21034-1_26
- Kurilovas, E. (2011). Interoperability Guidelines For Lithuanian E-learning Management Systems. *Social Technologies*, 1(1), 179–192.
- Kurilovas, E., & Juskeviciene, A. (2014). Creation of Web 2.0 tools ontology to improve learning. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.026>
- Kurilovas, E., Kubilinskiene, S., & Dagiene, V. (2014). Web 3.0 - Based personalisation of learning objects in virtual learning environments. *Computers in Human Behavior*, 30, 654–662. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.039>
- Lai, L. F. (2007). A knowledge engineering approach to knowledge management. *Information Sciences*, 177(19), 4072–4094. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2007.02.028>
- Latham, A., Crockett, K., & McLean, D. (2014). An adaptation algorithm for an intelligent natural language tutoring system. *Computers and Education*, 71, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.014>
- Latham, A. M. (2011). *Personalising Learning with Dynamic Prediction and Adaptation to Learning Styles in a Conversational Intelligent Tutoring System*. Manchester Metropolitan University.
- Li, D., Xu, X., Li, Y., & Wang, J. (2016). Personalised learning resources based on learning style. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 14(1), 107–112.
- Li, Y., Thomas, M. A., & Osei-Bryson, K.-M. (2016). Ontology-based data mining model management for self-service knowledge discovery. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9637-y>
- Liber, O. (2005). Learning objects: Conditions for viability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(5), 366–373. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00143.x>
- Limongelli, C., Sciarrone, F., & Vaste, G. (2011). Personalized e-learning in Moodle : the Moodle _ LS System. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 7(1), 49–58.
- López, M. F., Gómez-Pérez, A., Sierra, J. P., & Sierra, A. P. (1999). Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. *IEEE Intelligent*

- Systems and Their Applications*, 14(1), 37–46. <https://doi.org/10.1109/5254.747904>
- Martín-Blas, T., & Serrano-Fernández, A. (2009). The role of new technologies in the learning process : Moodle as a teaching tool in Physics. *Computers & Education*, 52, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.005>
- Martins, A. C., Faria, L., de Carvalho, C. V., & Carrapatoso, E. (2008). User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. *Educational Technology & Society*, 11(1), 194–207.
- Mehrabi, J., & Abtahi, M. S. (2012). Teaching with Moodle in Higher Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1320–1324. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.819>
- Michel, F., Montagnat, J., & Faron-Zucker, C. (2014). A survey of RDB to RDF translation approaches and tools. *INFORMATIQUE, SIGNAUX ET SYSTÈMES*, 23. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00903568/>
- Mizoguchi, R., & Bourdeau, J. (2000). Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems. *Journal of Artificial Intelligence and Education*, 11, 107–121. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0077-5>
- Moldovan, D., Antal, M., Valea, D., Pop, C., Cioara, T., Anghel, I., & Salomie, I. (2015). Tools for mapping ontologies to relational databases: A comparative evaluation. In *Proceedings - 2015 IEEE 11th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2015* (pp. 77–83). <https://doi.org/10.1109/ICCP.2015.7312609>
- Muñoz, A., Lasheras, J., Capel, A., Cantabella, M., & Caballero, A. (2015). OntoSakai: On the optimization of a Learning Management System using semantics and user profiling. *Expert Systems with Applications*, 42(15–16), 5995–6007. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.019>
- Myers, I. B., McCaulley, M. H., & Most, R. (1985). Manual, a guide to the development and use of the Myers-Briggs type indicator. *Consulting Psychologists Press*.
- Nafea, S., Maglaras, L., Siewe, F., Smith, R., & Janicke, H. (2016). Personalized Students' Profile Based on Ontology and Rule-based Reasoning. *ICST Transactions*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2086/11693>
- Najjar, J., Ternier, S., & Duval, E. (2004). Interoperability of learning object repositories: Complications and guidelines. *IADIS International Journal of WWW/Internet*, 2(1), 1–16. Retrieved from <http://hmdb.cs.kuleuven.be/empirical/papers/IadiswwwJournal.pdf>
- Neven, F., & Duval, E. (2002). Reusable Learning Objects : a Survey of LOM-Based Repositories. *Evaluation*, 68(4), 291–294. <https://doi.org/10.1145/641007.641067>
- Noy, N. F., & Musen, M. A. (2003). The PROMPT suite: Interactive tools for ontology merging

- and mapping. *International Journal of Human Computer Studies*, 59(6), 983–1024.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2003.08.002>
- Noy, N., & McGuinness, D. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. *Stanford Knowledge Systems Laboratory*, 32, 1–25.
<https://doi.org/10.1016/j.artmed.2004.01.014>
- O'Connor, M., Shankar, R., Tu, S., & Nyulas, C. (2007). Efficiently querying relational databases using OWL and SWRL. *International Conference on Web Reasoning and Rule Systems*, 361–363. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72982-2_31
- Ocepek, U., Bosnić, Z., Nančovska Šerbec, I., & Rugelj, J. (2013). Exploring the relation between learning style models and preferred multimedia types. *Computers and Education*, 69, 343–355. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.029>
- Okoye, K., Tawil, A.-R. H., Naeem, U., Bashroush, R., & Lamine, E. (2014). A Semantic Rule-based Approach Supported by Process Mining for Personalised Adaptive Learning. *Procedia Computer Science*, 37, 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.031>
- Oren, E., Möller, K. H., Scerri, S., Handschuh, S., & Sintek, M. (2006). What are Semantic Annotations? *Relatório Técnico. DERI Galway*, 9, 14.
- Özpolat, E., & Akar, G. B. (2009). Automatic detection of learning styles for an e-learning system. *Computers and Education*, 53(2), 355–367.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.02.018>
- Özyurt, Ö., & Özyurt, H. (2015). Learning style based individualized adaptive e-learning environments: Content analysis of the articles published from 2005 to 2014. *Computers in Human Behavior*, 52, 349–358. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.020>
- Pahl, C., & Holohan, E. (2004). Ontology technology for the development and deployment of learning technology systems - a survey. *In World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 2077–2084. Retrieved from %3CGo
- PAPI Learner. (2001). Draft Standard for Learning Technology. Retrieved from http://metadata-standards.org/Document-library/Meeting-reports/SC32WG2/2002-05-Seoul/WG2-SEL-042_SC36N0175_papi_learner_core_features.pdf
- Paramythis, A., & Loidl-Reisinger, S. (2004). Adaptive learning environments and e-learning standards. *Electronic Journal of E-Learning*, 2(1), 181–194. <https://doi.org/10.1.1.131.288>
- Paredes, P., & Rodriguez, P. (2004). A Mixed Approach to Modelling Learning Styles in Adaptive Educational Hypermedia. *Advanced Technology for Learning*, 1(4), 372–377.
<https://doi.org/10.2316/Journal.208.2004.4.208-0823>
- Park, S. K., Jung, S. C., & Jeong, A. K. (2011). Guideline for moodle customization. *In Future Generation Information Technology* (pp. 391–396). <https://doi.org/10.1007/978-3-642->

- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning Styles: Concepts and Evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105–119.
<https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>
- Peña, C. I. (2005). Intelligent Agents to Improve Adaptivity in A Web-Based Learning Environment. *Knowledge-Based Virtual Education*, 170, 141–170.
<https://doi.org/10.1038/332676b0>
- Peter, S. E., Bacon, E., & Dastbaz, M. (2010). Adaptable, personalised e-learning incorporating learning styles. *Campus-Wide Information Systems*, 27(2), 91–100.
<https://doi.org/10.1108/10650741011033062>
- Popescu, E. (2009). Diagnosing students learning style in an educational hypermedia system. *Cognitive and Emotional Processes in Web-Based Education: Integrating Human Factors and Personalization. Advances in Web-Based Learning Book Series, IGI Global*, (13), 187–208.
- Popescu, E., Bădică, C., & Trigano, P. (2007). Rules for learner modeling and adaptation provisioning in an educational hypermedia system. In *Proceedings - 9th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, SYNASC 2007* (pp. 492–499). <https://doi.org/10.1109/SYNASC.2007.72>
- Popescu, E., Trigano, P., & Badica, C. (2007). Towards a Unified Learning Style Model in Adaptive Educational Systems. In *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)* (pp. 804–808).
<https://doi.org/10.1109/ICALT.2007.263>
- Psaromiligkos, Y., Orfanidou, M., Kytagiias, C., & Zafiri, E. (2011). Mining log data for the analysis of learners' behaviour in web-based learning management systems. *Operational Research*, 11(2), 187–200. <https://doi.org/10.1007/s12351-008-0032-4>
- Radenković, B., Despotović, M., Bogdanović, Z., & Barać, D. (2009). Creating adaptive environment for e-learning courses. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 33(1), 179–189.
- Raju, P., & Ahmed, V. (2012). Enabling technologies for developing next-generation learning object repository for construction. *Automation in Construction*, 22, 247–257.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.07.008>
- Rezgui, K., Mhiri, H., & Ghédira, K. (2014). Extending Moodle Functionalities with Ontology-based Competency Management. *Procedia Computer Science*, 35, 570–579.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.138>
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2008). Data mining in course management systems:

- Moodle case study and tutorial. *Computers and Education*, 51(1), 368–384.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.016>
- Rosenberg, M. J. (2001). *E-Learning: strategies for delivering knowledge in the digital age*. McGraw-Hill New York (Vol. 3).
- Rui, L., & Maode, D. (2012). A Research on E-learning Resources Construction Based on Semantic Web. *Physics Procedia*, 25, 1715–1719.
<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.03.300>
- Sangineto, E., Capuano, N., Gaeta, M., & Micarelli, A. (2008). Adaptive course generation through learning styles representation. *Universal Access in the Information Society*, 7(1–2), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s10209-007-0101-0>
- Santos, O. C., Boticario, J. G., & Pérez-Marín, D. (2014). Extending web-based educational systems with personalised support through User Centred Designed recommendations along the e-learning life cycle. *Science of Computer Programming*, 88, 92–109.
<https://doi.org/10.1016/j.scico.2013.12.004>
- Seralidou, E., & Douligeris, C. (2015). Identification and Classification of Educational Collaborative Learning Environments. *Procedia Computer Science*, 65(ICCMIT), 249–258. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.073>
- Seremeti, L., & Kameas, A. (2010). Tools for Ontology Engineering and Management. In *Theory and Applications of Ontology: Computer Applications*, (2010), 131–154.
<https://doi.org/10.1007/978-90-481-8847-5>
- Shadbolt, N., Hall, W., & Berners-Lee, T. (2006). The semantic web revisited. *IEEE Intelligent Systems*. <https://doi.org/10.1109/MIS.2006.62>
- Shute, V., & Towle, B. (2003). Adaptive E-Learning. *Educational Psychologist*, 38(2), 105–114. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3802_5
- Sicilia, M. A., & García, E. (2003). On the concepts of usability and reusability of learning objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 4(2), 26–38.
- Sirin, E., Parsia, B., Grau, B. C., Kalyanpur, A., & Katz, Y. (2007). Pellet: A practical OWL-DL reasoner. *Web Semantics*, 5(2), 51–53. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2007.03.004>
- Sivakumar, J., & Ravichandran, K. S. (2013). A review on semantic-based web mining and its applications. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 186–192.
- Somyürek, S. (2015). The New Trends in Adaptive Educational Hypermedia Systems. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(1), 221–241.
- Sosnovsky, S., & Brusilovsky, P. (2015). Evaluation of topic-based adaptation and student modeling in QuizGuide. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 25(4), 371–424.
<https://doi.org/10.1007/s11257-015-9164-4>

- Staab, S., Studer, R., Schnurr, H. P., & Sure, Y. (2001). Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 16(1), 26–34.
<https://doi.org/10.1109/5254.912382>
- Steichen, B., Ashman, H., & Wade, V. (2012). A comparative survey of Personalised Information Retrieval and Adaptive Hypermedia techniques. *Information Processing & Management*, 48(4), 698–724. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2011.12.004>
- Stojanović, L., Staab, S., & Rudi, S. (2001). eLearning based on the Semantic Web. In *WebNet2001 - World Conference on the WWW and Internet, Orlando, Florida*, (pp. 23–27). <https://doi.org/10.1.1.16.295>
- Sun, K., Lin, Y., & Yu, C. (2008). A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students. *Computers & Education*, 50(4), 1411–1422. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.01.003>
- Swartout, B., Patil, R., Knight, K., & Russ, T. (1996). Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies. *Proc. of the Tenth Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*, 138–148. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Toward+Distributed+Use+of+Large-Scale+Ontologies#0>
- Swartout, W., & Tate, A. (1999). Ontologies. *Intelligent Systems and their Applications*. *IEEE*, 14(1), 18–19.
- Taheriyan, M., Knoblock, C. A., Szekely, P., & Ambite, J. L. (2016). Learning the semantics of structured data sources. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2015.12.003>
- Tavangarian, D., Leypold, M. E., Nölting, K., Röser, M., & Voigt, D. (2004). Is e-Learning the Solution for Individual Learning? *Electronic Journal of E-Learning*, 2, 273–280. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.116.8017&rep=rep1&type=pdf>
- Thangsupachai, N., Niwattanakul, S., & Chamnongsri, N. (2014). Learning Object Metadata Mapping for Linked Open Data. In K. Tuamsuk, A. Jatowt, & E. Rasmussen (Eds.), *The Emergence of Digital Libraries – Research and Practices* (pp. 122–129). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12823-8_13
- Thyagarajan, K., & Nayak, R. (2007). Adaptive content creation for personalized e-Learning using web services. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(9), 828–836. Retrieved from <http://www.aensionline.com/jasr/jasr/2007/828-836.pdf>
- Tseng, J. C. R., Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2008). Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers and*

- Education*, 51(2), 776–786. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.08.002>
- Tudorache, T., Noy, N. F., & Musen, M. A. (2008). Collaborative protégé: Enabling community-based authoring of ontologies. *CEUR Workshop Proceedings*, 401, 2–3.
- Ulieru, M., Hadzic, M., & Chang, E. (2006). Soft computing agents for e-Health in application to the research and control of unknown diseases. *Information Sciences*, 176(9), 1190–1214. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2005.07.020>
- Uren, V., Cimiano, P., Iria, J., Handschuh, S., Vargasvera, M., Motta, E., & Ciravegna, F. (2006). Semantic annotation for knowledge management: Requirements and a survey of the state of the art. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 4(1), 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2005.10.002>
- Uschold, M., & Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, 11(2), 93–136. Retrieved from <http://journals.cambridge.org/production/action/cjoGetFulltext?fulltextid=4071856%5Cnpapers2://publication/uuid/83EA568F-7933-4963-BDC5-F9B4B65D71F2>
- Van Heijst, G., Falasconi, S., Abu-Hanna, A., Schreiber, G., & Stefanelli, M. (1995). A case study in ontology library construction. *Artificial Intelligence in Medicine*, 7(3), 227–255. [https://doi.org/10.1016/0933-3657\(95\)00005-Q](https://doi.org/10.1016/0933-3657(95)00005-Q)
- Varlamis, I., Koohang, A., & Apostolakis, I. (2006). The Present and Future of Standards for E-Learning Technologies. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 2, 59–76. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.98.9621>
- Verbert, K., Jovanovic, J., Duval, E., Gasevic, D., & Meire, M. (2006). Ontology-based learning content repurposing: the ALOCoM framework. *International Journal on E-Learning*, 5(1), 67–74.
- Vesin, B. (2014). *Personalizacija procesa elektronskog učenja u tutorskom sistemu primenom tehnologija semantičkog veća*. University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia.
- Vesin, B., Ivanovic, M., Klasnja-Milicevic, A., & Budimac, Z. (2011). Rule-based reasoning for altering pattern navigation in Programming Tutoring System. *System Theory, Control, and Computing (ICSTCC), 2011 15th International Conference on*, 1–6.
- Vesin, B., Ivanović, M., Klašnja-Milićević, A., & Budimac, Z. (2012). Protus 2.0: Ontology-based semantic recommendation in programming tutoring system. *Expert Systems with Applications*, 39(15), 12229–12246. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.052>
- Vesin, B., Ivanović, M., Klašnja-Milićević, A., & Budimac, Z. (2013). Ontology-based architecture with recommendation strategy in Java tutoring system. *Computer Science and Information Systems*, 10(1), 237–261. <https://doi.org/10.2298/CSIS111231001V>
- Vidal, J. C., Lama, M., Otero-García, E., & Bugariñ, A. (2014). Graph-based semantic

- annotation for enriching educational content with linked data. *Knowledge-Based Systems*, 55, 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.10.007>
- Vilmantè, K.-V. (2016). Distance Learning and Facebook's Usage in the Study Process: Students' Attitude. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(2), 122–126. <https://doi.org/10.7763/IJiet.2016.V6.670>
- W3C. (2016). Semantic Web. Retrieved from <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- Wang, X., Fang, F., & Fan, L. (2008). Ontology-based description of learning object. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 5145 LNCS, pp. 468–476). https://doi.org/10.1007/978-3-540-85033-5_46
- Yaghmaie, M., & Bahreininejad, A. (2011). A context-aware adaptive learning system using agents. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3280–3286. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.113>
- Yang, T.-C., Hwang, G.-J., & Yang, S. J.-H. (2013). Development of an adaptive learning system with multiple perspectives based on students' learning styles and cognitive styles. *Educational Technology & Society*.
- Yunianta, A., Yusof, N., Othman, M. S., Aziz, A., Dengen, N., Ugiarto, M., ... Angelin. (2014). Semantic data mapping on E-learning usage index tool to handle heterogeneity of data representation. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 69(5), 1–6. <https://doi.org/10.11113/jt.v69.3193>
- Zaid, N. M., & Lau, S. K. (2014). Emerging of Academic Information Search System with Ontology-based Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.180>
- Zapata, A., Menéndez, V. H., Prieto, M. E., & Romero, C. (2013). A framework for recommendation in learning object repositories: An example of application in civil engineering. *Advances in Engineering Software*, 56, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2012.10.005>
- Zhou, L., & Zhang, D. (2007). An ontology-supported misinformation model: Toward a digital misinformation library. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 37(5), 804–813. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2007.902648>

12 СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Генерације система за управљање електронским учењем.....	19
Слика 2. Топологија приступа персонализације	25
Слика 3. Пројектовање персонализованог система за електронско образовање	26
Слика 4. Фелдер-Силверман модел стилова учења	35
Слика 5. Архитектура семантичког веба	46
Слика 6. а) <i>RDF(S)</i> и <i>OWL</i> б) Категорије <i>OWL</i> језика	48
Слика 7. <i>Dublin Core</i> спецификација.....	54
Слика 8. <i>IEEE LOM</i> стандард.....	55
Слика 9. Модел семантичких едукативних система	61
Слика 10. Процес развоја доменских онтологија.....	65
Слика 11. Архитектура која користи <i>D2RQ</i> и <i>Jena</i> приступ	69
Слика 12. Архитектура семантичког мапирања података.....	70
Слика 13. Примена <i>Jena API</i> у процесу семантичког мапирања	71
Слика 14. Модел студента	83
Слика 15. Приказ могућих акција студената	84
Слика 16. Класификација објеката учења у <i>Moodle</i> систему према а) типу и б) критеријуму оцењивања	85
Слика 17. Архитектура <i>MAL</i> система.....	88
Слика 18. Алгоритам процеса адаптације <i>MAL</i> система	89
Слика 19. Метрика МАУ онтологије.....	91
Слика 20. Приказ класа и особина МАУ онтологије у <i>Protégé</i> едитору.....	91
Слика 21. Графички приказ основних класа МАУ онтологије.....	92
Слика 22. Графички приказ класе <i>Course</i>	93
Слика 23. Графички приказ класе <i>LearningObjectStyle</i>	94
Слика 24. Графички приказ класе <i>LearningObject</i>	95
Слика 25. Графички приказ сложених подкласа <i>Files</i> и <i>LOWithGrades</i>	95
Слика 26. Графички приказ класе <i>User</i>	96
Слика 27. Графички приказ класе <i>FelderSilvermanQuestionary</i>	97
Слика 28. Графички приказ класе <i>UserActivity</i>	97
Слика 29. Графички приказ класе <i>Grades</i>	98
Слика 30. Графички приказ класе <i>Answers</i>	99
Слика 31. Моделирање корисника, веза између корисника и стилова учења, веза	99
Слика 32. Графички приказ класе <i>AuxiliaryClasses</i>	100
Слика 33. Примери дефинисања особина МАУ онтологије	101
Слика 34. Приказ свих дефинисаних особина ка подацима МАУ онтологије.....	101
Слика 35. Приказ дефинисања инстанци у МАУ онтологији.....	102
Слика 36. Приказ дефинисања инстанци броја посета квизу за једног студента у МАУ онтологији.....	103
Слика 37. Приказ дефинисања инстанце број постова студента у МАУ онтологији	104
Слика 38. Инстанца <i>FSQI</i> за иницијални стил учења	110
Слика 39. Инстанца <i>LessonTime</i> за дефинисање просечне и граничних вредности времена које студент проведе на лекцији	111
Слика 40. Приказ иницијалне вредности инстанце класе	111
Слика 41. Приказ резултујуће инстанце класе <i>FelderSilvermanQuestionary2</i> после извршења семантичког закључивања.....	112
Слика 42. Приказ вредности класе <i>FelderSilvermanQuestionaryStart</i> пре извршења семантичког закључивања.....	113
Слика 43. Приказ вредности класе <i>FelderSilvermanQuestionaryStart</i> након извршења семантичког закључивања.....	113

Слика 44. Семантичке технологије примењене за развој <i>MAL</i> система	114
Слика 45. Процедура имплементације модела	118
Слика 46. а) Почетна страна, б) Заглавље, в) Подножје <i>MAL</i> система	120
Слика 47. Електронски курсеви у оквиру <i>MAL</i> система.....	121
Слика 48. Објекти учења по недељама у курсу Електронско пословање	121
Слика 49. Типови лекција у курсу Електронско пословање	122
Слика 50. Аудио и видео фајл у курсу Електронско пословање	123
Слика 51. Пример резултата теста у курсу Електронско пословање	123
Слика 52. Приказ задатка у курсу Електронско пословање	124
Слика 53. Пример скорм лекције у курсу Електронско пословање	124
Слика 54. Приказ студената који похађају <i>MAL</i> систем.....	125
Слика 55. Три компоненте <i>MAL</i> система	126
Слика 56. Приказ додатних модула у <i>Moodle</i> систему	127
Слика 57. Структура табеле Фелдер-Силверман упитника.....	128
Слика 58. Приказ попуњавања Фелдер-Силверман упитника	129
Слика 59. Иницијални стил учења студента.....	129
Слика 60. Структура табеле за дефинисање стилова учења и кључних речи за ресурсе и фајлове.....	130
Слика 61. Кориснички интерфејс за дефинисање стила учења и кључних речи за објекте учења у курсу Електронско пословање.....	130
Слика 62. Повезивање са екстерним академским базама преко опције „ <i>Recommended resources</i> ”	131
Слика 63. Приказ графа кључних речи објеката учења дефинисаних у истој недељи курса	132
Слика 64. Скуп мапираних класа неопходних за креирање семантичких упита и правила	133
Слика 65. Приказ графова накнадно креираних класа МАУ онтологије.....	137
Слика 66. Примери графова синонимних веза између мапираних класа	138
Слика 67. Семантичко мапирање класе <i>User</i> са другим класама	139
Слика 68. <i>SPARQL</i> претраживач.....	140
Слика 69. Листа мапираних класа	140
Слика 70. Листа мапираних особина.....	141
Слика 71. Извршавање <i>SPARQL</i> упита на <i>D2R</i> серверу за акцију <i>viewed</i>	142
Слика 72. Приказ структуре резултујуће табеле Семантички извештај	146
Слика 73. Приказ резултата семантичког закључивања.....	147
Слика 74. Резултујући стил учења студента после семантичког закључивања	150
Слика 75. Почетни и резултујући стил учења студента након семантичког закључивања у <i>Protégé</i> едитору	151
Слика 76. Објекти учења у оквиру неадаптивног курса	152
Слика 77. а) Објекти учења у оквиру адаптивног курса након попуњавања Фелдер-Силверман упитника, б) Објекти учења у оквиру адаптираног курса након извршавања семантичких правила	153
Слика 78. Приказ визуелног обогаћивања објеката учења и доступних академских база.....	155
Слика 79. Визуелно обогаћивање постојећих објеката учења из <i>CiteSeer^x</i> репозиторијума	155
Слика 80. Семантичко мапирање класе <i>Assign</i> са другим класама	213
Слика 81. Семантичко мапирање класе <i>AssignSubmission</i>	213
Слика 82. Семантичко мапирање класе <i>FelderSilvermanQuestionary</i>	213
Слика 83. Семантичко мапирање класе <i>LearningStyleResourceConnection</i>	214
Слика 84. Семантичко мапирање класе <i>Course</i>	214
Слика 85. Семантичко мапирање класе <i>Quiz</i>	215
Слика 86. Семантичко мапирање класе <i>QuizAttempts</i>	215
Слика 87. Семантичко мапирање класе <i>TextF</i>	215

Слика 88. Семантичко мапирање класе <i>Lesson</i>	216
Слика 89. Семантичко мапирање класе <i>LessonAttempts</i>	216
Слика 90. Семантичко мапирање класе <i>LessonTimer</i>	216
Слика 91. Семантичко мапирање класе <i>SCORMTrack</i>	216
Слика 92. Семантичко мапирање класе <i>Logs</i>	216
Слика 93. Семантичко мапирање класе <i>Forum</i>	217
Слика 94. Семантичко мапирање класе <i>ForumPosts</i>	217
Слика 95. Семантичко мапирање класе <i>Workshop</i>	217
Слика 96. Семантичко мапирање класе <i>WorkshopAgg</i>	217
Слика 97. Семантичко мапирање класе <i>WorkshopSubmission</i>	217

13 СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Најчешће коришћене карактеристике приликом моделирања студента.....	29
Табела 2. Припрема објеката учења према стиловима учења.....	39
Табела 3. Везе између стилова учења и категорија материјала за учење	43
Табела 4. Везе између стилова учења и типова ресурса.....	43
Табела 5. Граничне вредности коришћене у правилима за курс Електронско пословање	108
Табела 6. Објашњење дефинисања граничних вредности изабраног образовног ресурса за један стил учења.....	109
Табела 7. Инстанце које се користе приликом семантичког закључивања	110
Табела 8. Примена <i>FOAF</i> , <i>DC</i> и <i>LOM</i> стандарда приликом семантичког мапирања	135
Табела 9. Примери <i>SPARQL</i> упита коришћени за креирање модела.....	143
Табела 10. Имплементација <i>Java</i> кода у <i>Apache Jena</i>	144
Табела 11. Компаративна анализа резултата пре-теста и пост-теста	159
Табела 12. Просечни број посета објектима учења на нивоу курса	161
Табела 13. Просечан број посета типовима ресурса на нивоу курса.....	161
Табела 14. Просечно трајање сесија, времена проведеног на лекцијама и времена проведеног на тестовима	163
Табела 15. Ставови студената према <i>MAL</i> систему	164
Табела 16. Тестирање хипотеза <i>TAM</i> упитника.....	164

14 ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Обрасци понашања за идентификацију стила учења и примењене граничне вредности

Прилог 2. Листа мапираних класа *Moodle* базе података и листа мапираних слотова *Moodle* базе података

Прилог 3. Мапиране класе МАУ онтологије са особинама, типовима особина, објашњењима особина и графичким приказом мапирања

14.1 Прилог 1. Обрасци понашања за идентификацију стила учења и примењене граничне вредности

У следећој табели су приказани обрасци понашања за идентификацију стила учења и примењене граничне вредности.

Активни/Рефлексивни стил учења		Сензитивни/Интуитивни стил учења	
Образац	Граничне вредности	Образац	Граничне вредности
Број посета лекцијама (-)	50% и 75% од расположивих лекција	Број посета лекцијама (-)	50% и 75% од расположивих лекција
Време проведено на лекцијама (-)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента	Време проведено на лекцијама (-)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента
Време проведено на прегледу садржаја (-)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента	Број посета примерима (+)	50% и 100% расположивих примера
Време проведено на примерима (-)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента	Време проведено на примерима (+)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента
Број посета тесту за евалуацију знања (+)	50% и 100% од расположивих тестова	Број посета тесту за евалуацију знања (+)	50% и 100% од расположивих тестова
Време проведено на тестовима за евалуацију знања (-)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента	Време проведено на тестовима за евалуацију знања (+)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента
Број вишеструких погрешних одговора (+)	25% и 50% у односу на број пута вишеструког давања одговора	Број посета вежбама (+)	25% и 75% од расположивих вежби
Број посета вежбама (+)	25% и 75% од расположивих вежби	Број тачних одговора на детаљна питања (+)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
Време проведено на вежбама (+)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента	Број тачних одговора на питања о чињеницама (+)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
Време проведено на резултатима квиза (-)	30 и 60 секунди недељно	Број тачних одговора на питања о концептима (-)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
Број посета форуму (-)	7 и 14 посета недељно	Број тачних одговора на питања о развоју (-)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
Број постова (+)	2 и 4 недељно	Број ревизија квиза (+)	2.5% и 5% од броја одрађених квизова и вежби
		Време проведено на резултатима квиза (+)	30 и 60 секунди недељно

Визуелни/Вербални стил учења		Секвенцијални/глобални стил учења	
Образац	Граничне вредности	Образац	Граничне вредности
Број посета лекцији (-)	50% и 75% од расположивих лекција	Број посета прегледу градива (-)	75% и 150% од расположивих прегледа градива
Питања о графикама (+)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента	Време проведено на прегледу градива (-)	50% и 75% у односу на време просечног доброг студента
Текстуална питања (-)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента	Број тачних одговора на детаљна питања (+)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
Број посета форуму (-)	7 и 14 посета недељно	Број прегледа питања (-)	10% и 20% од броја приступа свим објектима учења
Време проведено на форуму (-)	5 и 10 минута недељно	Број интерпретација питања (-)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
Број постова (-)	2 и 4 недељно	Број тачних одговора на питања о развоју (-)	50% и 75% у односу на број тачних одговора просечног доброг студента
		Број прескакања навигације (-)	1% и 2% у односу на број свих посећених објеката учења
		Број посета навигационом прегледу (-)	25% и 75% од расположивог броја
		Време проведено на навигационом прегледу (-)	30 и 60 секунди недељно

Знак + се односи на активни, сензитивни, визуелни и секвенцијални стил, а - на рефлексивни, интуитивни, вербални и глобални стил учења.

14.2 Прилог 2. Листа мапираних класа Moodle базе података и листа мапираних слотова Moodle базе података

У следећој табели је приказана листа мапираних класа Moodle базе података.

СКУП КЛАСА		
<i>ActiveLO</i>	<i>AnimationF</i>	<i>AssignSubmission</i>
<i>AudioF</i>	<i>Blog</i>	<i>ChatMessages</i>
<i>Choice</i>	<i>ChoiceAnswers</i>	<i>CourseCategory</i>
<i>FelderSilvermanQuestionary</i>	<i>Files</i>	<i>ForumPosts</i>
<i>GlobalLO</i>	<i>Glossary</i>	<i>LOwithGrades</i>
<i>Label</i>	<i>LearningStyleResourcesConnection</i>	<i>LessonAttempts</i>
<i>LessonGrades</i>	<i>LessonPages</i>	<i>Message</i>
<i>MultimediaF</i>	<i>Page</i>	<i>QuestionAnswers</i>
<i>QuestionCategories</i>	<i>Quiz</i>	<i>QuizGrades</i>
<i>ReflexiveLO</i>	<i>Resource</i>	<i>SensitiveLO</i>
<i>SequentialLO</i>	<i>Survey</i>	<i>User</i>
<i>UserEnrolments</i>	<i>VerbalLO</i>	<i>Wiki</i>
<i>WikiHistory</i>	<i>WikiPages</i>	<i>WorkshopAssessments</i>
<i>WorkshopGrades</i>	<i>WorkshopSubmissions</i>	
<i>Assign</i>	<i>AssignGrades</i>	
<i>Book</i>	<i>Chat</i>	
<i>Comments</i>	<i>Course</i>	
<i>Forum</i>	<i>ForumDiscussions</i>	
<i>Grades</i>	<i>IntuitiveLO</i>	
<i>Lesson</i>	<i>LessonAnswer</i>	
<i>LessonTimer</i>	<i>Logs</i>	
<i>PictureF</i>	<i>Question</i>	
<i>QuizAttempts</i>	<i>QuizFeedback</i>	
<i>Scorm</i>	<i>ScormTrack</i>	
<i>TextF</i>	<i>Url</i>	
<i>VideoF</i>	<i>VisualLO</i>	
<i>Workshop</i>	<i>WorkshopAgg</i>	
<i>NamedIndividual</i>		

У доњој табели је приказана листа мапираних слотова Moodle базе података

СКУП ОСОБИНА	
<i>dc:format</i>	<i>lom:LearningResourceType</i>
<i>dc:title</i>	<i>lom:description</i>
<i>lom:date</i>	<i>mau:MessageId</i>
<i>lom:title</i>	<i>mau:action</i>
<i>mau:actRef</i>	<i>mau:answerText</i>
<i>mau:allowComments</i>	<i>mau:chatTime</i>
<i>mau:attemptNumber</i>	<i>mau:component</i>
<i>mau:commentsByUser</i>	<i>mau:contextId</i>
<i>mau:contextLevel</i>	<i>mau:createdByUser</i>
<i>mau:crud</i>	<i>mau:currentLogin</i>
<i>mau:displayFormat</i>	<i>mau:dueDate</i>
<i>mau:duration</i>	<i>mau:email</i>
<i>mau:entByPage</i>	<i>mau:eventName</i>
<i>mau:firstName</i>	<i>mau:firstPost</i>
<i>mau:gradeValue</i>	<i>mau:gradedByUser</i>
<i>mau:graderComment</i>	<i>mau:hasAnswer</i>
<i>mau:hasAssessed</i>	<i>mau:hasAssessedFD</i>
<i>mau:hasAttachment</i>	<i>mau:hasAuthor</i>
<i>mau:hasAutosubscribe</i>	<i>mau:hasChatMessage</i>
<i>mau:hasCity</i>	<i>mau:hasCommentsContent</i>
<i>mau:hasCompletionSubmit</i>	<i>mau:hasComponent</i>
<i>mau:hasContent</i>	<i>mau:hasContentFormat</i>
<i>mau:hasContentPage</i>	<i>mau:hasContentPageFormat</i>
<i>mau:hasContextUrlName</i>	<i>mau:hasContextUrl</i>
<i>mau:hasDescription</i>	<i>mau:hasElement</i>
<i>mau:hasExternalUrl</i>	<i>mau:hasFeedback</i>
<i>mau:hasFeedbackAuthor</i>	<i>mau:hasFeedbackAuthorAttachment</i>
<i>mau:hasFeedbackReviewer</i>	<i>mau:hasFeedbackText</i>
<i>mau:hasFeedbackTextFormat</i>	<i>mau:hasFileArea</i>
<i>mau:hasFileName</i>	<i>mau:hasFirstAccess</i>
<i>mau:hasFormat</i>	<i>mau:hasFraction</i>
<i>mau:hasFullMessage</i>	<i>mau:hasFullMessagehtml</i>
<i>mau:hasFullName</i>	<i>mau:hasGeneralFeedback</i>
<i>mau:hasGradeForWorkshop</i>	<i>mau:hasGradeMethod</i>
<i>mau:hasGradesForWorkshopAssessments</i>	<i>mau:hasGradesType</i>
<i>mau:hasGradingGradeAssesmentWorkshop</i>	<i>mau:hasGradingGradeForWorkshop</i>
<i>mau:hasId</i>	<i>mau:hasIdNumber</i>
<i>mau:hasInfo</i>	<i>mau:hasInstructreViewers</i>
<i>mau:hasLastAccess</i>	<i>mau:hasLength</i>
<i>mau:hasMaildigest</i>	<i>mau:hasMaxHighScores</i>
<i>mau:hasMessage</i>	<i>mau:hasMimeType</i>

<i>mau:hasName</i>	<i>mau:hasNavMethod</i>
<i>mau:hasNotification</i>	<i>mau:hasPageContents</i>
<i>mau:hasPageViews</i>	<i>mau:hasParent</i>
<i>mau:hasPeerComment</i>	<i>mau:hasPenalty</i>
<i>mau:hasPostModule</i>	<i>mau:hasPublishState</i>
<i>mau:hasQtype</i>	<i>mau:hasQuestionText</i>
<i>mau:hasQuestions</i>	<i>mau:hasQuestionsPerPage</i>
<i>mau:hasReference</i>	<i>mau:hasResouceType</i>
<i>mau:hasRevision</i>	<i>mau:hasScale</i>
<i>mau:hasShortName</i>	<i>mau:hasShuffleAnswers</i>
<i>mau:hasSMALLMessage</i>	<i>mau:hasStamp</i>
<i>mau:hasState</i>	<i>mau:hasSubject</i>
<i>mau:hasSumGrades</i>	<i>mau:hasSumary</i>
<i>mau:hasTrackForums</i>	<i>mau:hasType</i>
<i>mau:hasUserName</i>	<i>mau:hasValueActRef</i>
<i>mau:hasValueSenInt</i>	<i>mau:hasValueSeqGlo</i>
<i>mau:hasValueVisVrb</i>	<i>mau:hasVersion</i>
<i>mau:hasWorkshopGrades</i>	<i>mau:isAttempt</i>
<i>mau:isEvaluated</i>	<i>mau:isHidden</i>
<i>mau:isPartOfCourse</i>	<i>mau:isParticipating</i>
<i>mau:contextInstanceId</i>	<i>mau:lastLogin</i>
<i>mau:loStyle</i>	<i>mau:logsCourse</i>
<i>mau:ls_acre</i>	<i>mau:ls_sein</i>
<i>mau:ls_seql</i>	<i>mau:ls_vive</i>
<i>mau:maxAnswers</i>	<i>mau:maxAttempts</i>
<i>mau:maxGrade</i>	<i>mau:minGrade</i>
<i>mau:modifiedBy</i>	<i>mau:objecttable</i>
<i>mau:organization</i>	<i>mau:postedByUser</i>
<i>mau:prevPageid</i>	<i>mau:relatedTo</i>
<i>mau:relatedToAssign</i>	<i>mau:relatedToBook</i>
<i>mau:relatedToCategory</i>	<i>mau:relatedToChat</i>
<i>mau:relatedToChoice</i>	<i>mau:relatedToCourse</i>
<i>mau:relatedToFile</i>	<i>mau:relatedToForum</i>
<i>mau:relatedToForumDiscussions</i>	<i>mau:relatedToForumPosts</i>
<i>mau:relatedToGlossary</i>	<i>mau:relatedToLOWithGrades</i>
<i>mau:relatedToLesson</i>	<i>mau:relatedToLessonAnswer</i>
<i>mau:relatedToLessonPages</i>	<i>mau:relatedToMessage</i>
<i>mau:relatedToPage</i>	<i>mau:relatedToQuestion</i>
<i>mau:relatedToQuestionCategory</i>	<i>mau:relatedToQuiz</i>
<i>mau:relatedToResource</i>	<i>mau:relatedToScorm</i>
<i>mau:relatedToUrl</i>	<i>mau:relatedToUser</i>
<i>mau:relatedToWiki</i>	<i>mau:relatedToWikiPage</i>
<i>mau:relatedToWorkshop</i>	<i>mau:relatedToWorkshopAgg</i>
<i>mau:relatedToWorkshopAssessments</i>	<i>mau:relatedToWorkshopSubmissions</i>
<i>mau:reviewedBy</i>	<i>mau:senInt</i>
<i>mau:seqGlo</i>	<i>mau:showAll</i>
<i>mau:startDate</i>	<i>mau:submissionStatus</i>

<i>mau:target</i>	<i>mau:timeCompleted</i>
<i>mau:timeCreated</i>	<i>mau:timeEnd</i>
<i>mau:timeModified</i>	<i>mau:timeOpen</i>
<i>mau:timeRead</i>	<i>mau:timeSpent</i>
<i>mau:timeStamp</i>	<i>mau:timeStart</i>
<i>mau:usePeerAssessment</i>	<i>mau:timeSeen</i>
<i>mau:usedynalink</i>	<i>mau:useSelfAssessment</i>
<i>mau:userFrom</i>	<i>mau:userTo</i>
<i>mau:visVrb</i>	<i>rdf:type</i>
<i>rdfs:label</i>	<i>foaf:firstName</i>
<i>foaf:lastName</i>	<i>foaf:mbox</i>
<i>foaf:name</i>	<i>foaf:organization</i>

14.3 Прилог 3. Мапиране класе МАУ онтологије са особинама, типовима особина, објашњењима особина и графички приказ мапирања

У доњој табели су приказане мапиране класе (енг. *Classes*) МАУ онтологије са особинама (енг. *Properties*), типовима особина (енг. *PropertyType*) и њиховим објашњењима.

Класа	Особина	Тип особине	Опис особине
User	<i>commentsByUser</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка кориснику
	<i>createdByUser</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка кориснику
	<i>currentLogin [type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Актуелно логовање
	<i>email [type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Имејл корисника
	<i>firstName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Мапирање ка FOAF онтологији
	<i>hasAutosubscribe[type:boolean]</i>	<i>Data Property</i>	Могућност самоописивања
	<i>hasCity[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Град корисника
	<i>hasDescription[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Опис ресурса
	<i>hasFirstAccess[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време првог приступа систему
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>hasIdNumber[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Опис идентификатора
	<i>hasLastAccess[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време задњег приступа
	<i>hasMailDiggest[type:bool]</i>	<i>Data Property</i>	Постојање мејла
	<i>hasTruckForum[type:bool]</i>	<i>Data Property</i>	Праћњење форума
	<i>hasUserName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Корисничко име
	<i>isParticipating</i>	<i>Object Property</i>	Веза студента и курса
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>lastLogin[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време задњег логовања
	<i>lastName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Мапирање ка FOAF онтологији
	<i>mbox[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Мапирање ка FOAF онтологији
	<i>organization[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Мапирање ка FOAF онтологији
	<i>postedBy User</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка кориснику
	<i>relatedToUser</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка кориснику
	<i>reviewedBy</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка студенту
	<i>timeCreated[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време креирања ресурса
	<i>timeModified[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време измене ресурса
<i>userAttemptsForQuiz</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка квизу	

	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
Assign	<i>Description</i> [type:string]	<i>Data Property</i>	Мапирање ка <i>LOM</i> онтологији
	<i>dueDate</i> [type:dateTime]	<i>Data Property</i>	Датум истека рока за предају задатка
	<i>gradeValue</i> l[type:double]	<i>Data Property</i>	Просечна оцена
	<i>hasDescription</i> l[type:string]	<i>Data Property</i>	Опис задатка
	<i>hasId</i> l[type:int]	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>maxAttempts</i> [type:int]	<i>Data Property</i>	Максималан број похађања ресурса
	<i>relatedTo</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна генерална веза
	<i>relatedToAssign</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка задатку
	<i>relatedToCourse</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка курсу
	<i>relatedToLOwithGrades</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка ресурсима који се оцењују
	<i>relatedToResource</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна генерална веза ка ресурсима
	<i>loStyle</i>	<i>Object Property</i>	Стил учења
<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса	
Assign Submission	<i>hasId</i> l[type:int]	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>relatedToAssign</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка задатку
	<i>relatedToResource</i>	<i>Object Property</i>	Генерална веза ка ресурсу
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>submissionStatus</i> [type:string]	<i>Data Property</i>	Статус сабмитовања ресурса
	<i>timeCreated</i> [type:dateTime]	<i>Data Property</i>	Време креирања задатка
	<i>timeModified</i> [type:dateTime]	<i>Data Property</i>	Време измене задатка
<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса	
Felder Silverman Questionnaire	<i>actRef</i> [type:string]	<i>Data Property</i>	Стил учења студента
	<i>hasId</i> [type:int]	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>hasValueActRef</i> [type:int]	<i>Data Property</i>	Вредност за стил учења
	<i>hasValueSenInt</i> [type:int]	<i>Data Property</i>	Вредност за стил учења
	<i>hasValueSeqGlo</i> [type:int]	<i>Data Property</i>	Вредност за стил учења
	<i>hasValueVisVrb</i> [type:int]	<i>Data Property</i>	Вредност за стил учења
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>senInt</i> [type:string]	<i>Data Property</i>	Стил учења студента
	<i>seqGlo</i> [type:string]	<i>Data Property</i>	Стил учења студента

	<i>timeCreated</i> [type:dateTime]	Data Property	Време креирања ресурса
	<i>visVrb</i> [type:string]	Data Property	Стил учења студента
	<i>actRef</i> [type:string]	Data Property	Стил учења студента
	<i>hasGradesType</i> [type:string]	Data Property	Тип оцене
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
Learning Style Resource Connection	<i>learningResouceType</i> [type:string]	Data Property	Мапирање ка LOM онтологији
	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasResouceType</i> [type:string]	Data Property	Тип ресурса
	<i>ls_acre</i> [type:string]	Data Property	Стил учења дефинисан за ресурс
	<i>ls_sein</i> [type:string]	Data Property	Стил учења дефинисан за ресурс
	<i>ls_seq</i> [type:string]	Data Property	Стил учења дефинисан за ресурс
	<i>ls_vive</i> [type:string]	Data Property	Стил учења дефинисан за ресурс
	<i>relatedToCourse</i>	Object Property	Веза ка курсу
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
Course	<i>hasFormat</i> [type:string]	Data Property	Формат курса
	<i>hasFullName</i> [type:string]	Data Property	Пун назив курса
	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasShortName</i> [type:string]	Data Property	Скраћени назив курса
	<i>hasSumary</i> [type:string]	Data Property	Уопштени опис курса
	<i>isPartOfCourse</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка курсу
	<i>isParticipating</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка студенту
	<i>logsCourse</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза као логовима везаним за курс
	<i>relatedToCategory</i>	Object Property	Веза ка категорији курса
	<i>relatedToCourse</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза
	<i>startDate</i> [type:dateTime]	Data Property	Време почетка курса
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
Quiz	<i>description</i> [type:string]	Data Property	Мапирање ка LOM онтологији
	<i>gradeValue</i> [type:double]	Data Property	Просечна оцена за квиз
	<i>hasDescription</i> [type:string]	Data Property	Опис квиза

	<i>hasGradeMethod</i> [type:int]	Data Property	Метод оцењивања у квизу
	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasName</i> [type:string]	Data Property	Назив квиза
	<i>hasNavMethod</i> [type:string]	Data Property	Метод навигације
	<i>hasQuestionsPerPage</i> [type:int]	Data Property	Број питања по страни
	<i>hasShuffleAnswers</i> [type:int]	Data Property	Питања се насумично приказују
	<i>hasSumGrades</i> [type:decimal]	Data Property	Збирна оцена за квиз
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>loStyle</i>	Object Property	Стил учења дефинисан за квиз
	<i>relatedTo</i>	Inverse Object Property	Инверзна генерална веза
	<i>relatedToCourse</i>	Object Property	Веза ка курсу
	<i>relatedToLOwithGrades</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка ресурсима који се оцењују
	<i>relatedToQuiz</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка квизу
	<i>relatedToResource</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка ресурсу
	<i>timeModified</i> [type:dateTime]	Data Property	Време измене квиза
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
Quiz Attempts	<i>duration</i> [type:int]	Data Property	Трајање у секундама (може и у минутима)
	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasState</i> [type:string]	Data Property	статус
	<i>isAttempt</i> [type:int]	Data Property	Похађање квиза
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>relatedToQuiz</i>	Object Property	Веза ка квизу
	<i>relatedTo</i>	Inverse Object Property	Генерална инверзна веза
	<i>timeEnd</i> [type:dateTime]	Data Property	Време завршетка квиза
	<i>timeModified</i> [type:dateTime]	Data Property	Време измене квиза
	<i>timeStart</i> [type:dateTime]	Data Property	Време почетка квиза
	<i>timeSpent</i> [type:dateTime]	Data Property	Време које студент проведе у квизу
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
TextF	<i>createdByUser</i>	Object Property	Веза ка кориснику
	<i>format</i>	Data Property	Мапирање ка DC онтологији
	<i>hasAuthor</i> [type:string]	Data Property	Аутор текстуалног фајла
	<i>hasComponent</i> [type:string]	Data Property	Компоненте текстуалног фајла
	<i>hasFileArea</i> [type:string]	Data Property	Доемска област изучавања
	<i>hasFileName</i> [type:string]	Data Property	Име текстуалног фајла

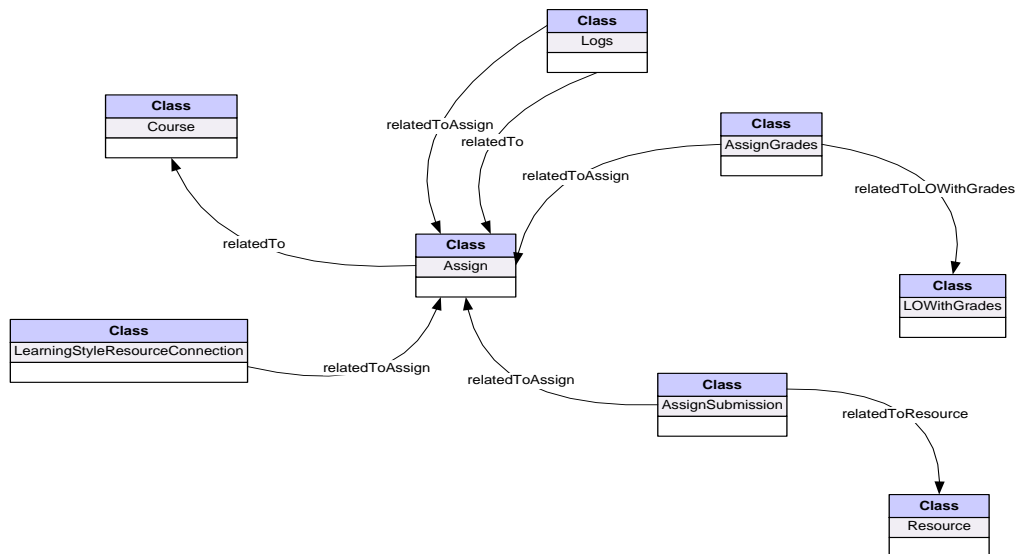
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>hasMimeType[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Тип фајла
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>loStyle</i>	<i>Object Property</i>	Стил учења текстуалног фајла
	<i>relatedTo</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза
	<i>relatedToFile</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка фајлу
	<i>timeCreated[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време креирања текстуалног фајла
	<i>timeModified[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време измене текстуалног фајла
	<i>title[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Мапирање ка DC онтологији
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
Lesson	<i>gradeValue[type:double]</i>	<i>Data Property</i>	Просечна оцена студента за лекцију
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>hasMaxHighScores[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Максимална вредност бодова
	<i>hasName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Назив лекције
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>loStyle</i>	<i>Object Property</i>	Стил учења дефинисан за лекцију
	<i>maxAnswers[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Максималан број одговора
	<i>maxAttempts[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Максималан број похађања лекције
	<i>relatedTo</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза
	<i>relatedToCourse</i>	<i>Object Property</i>	Веза лекције ка курсу
	<i>relatedToLOwithGrades</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка ресурсима који се оцењују
	<i>relatedToLesson</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзне везе ка лекцији
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
Lesson Attempts	<i>hasAnswer[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Одговор у лекцији
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>relatedToLesson</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка лекцији
	<i>relatedToLessonAnswer</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка одговору у лекцији
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>timeSeen[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време када се кроз лекцију прошло
	<i>timeSpent[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време које студент проведе у лекцији
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор

Lesson Timer	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>relatedToLesson</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка лекцији
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>timeEnd[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време када се кроз лекцију прошло
	<i>timeSpent[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време које студент проведе у лекцији
	<i>timeStart[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време када је студент приступио лекцији
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
SCORM Track	<i>gradeValue[type:double]</i>	<i>Data Property</i>	Просечна оцена студента за скорм лекцију
	<i>hasElement[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Елементи скорм лекције
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>hasName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Назив скорм лекције
	<i>isAttempt[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Број похађања скорм лекције
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>relatedToLOwithGrades</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка ресурсима који се оцењују
	<i>relatedToScorm</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка скорм лекцији
	<i>timeModified[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време измене скорм лекције
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
Logs	<i>action[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Акције студента
	<i>component[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Компоненте-ресурси
	<i>contextId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор садржаја
	<i>contextInstanceId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор инстанци садржаја
	<i>contextLevel[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Ниво садржаја
	<i>eventName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Име акције
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>logsCourse</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка курсу
	<i>objecttable[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Реурс на који се кација студента односи
	<i>relatedTo</i>	<i>Object Property</i>	Генерална веза
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>relatedToWorkshop /Lesson, Quiz, File umd.</i>	<i>Object Property</i>	Опционо у зависности са чиме се мапира
	<i>target[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	
	<i>timeCreated[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време дешавања акције студента
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса

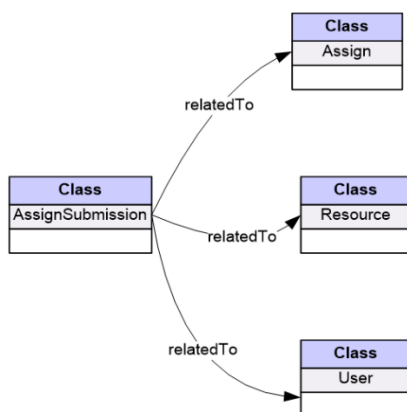
Forum	<i>description</i> [type:string]	Data Property	Мапирање ка LOM онтологији
	<i>hasAssessed</i> [type:string]	Data Property	Одобрен приступ форуму
	<i>hasDescription</i> [type:string]	Data Property	Опис форума
	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasName</i> [type:string]	Data Property	Назив форума
	<i>hasScale</i> [type:int]	Data Property	Скала форума
	<i>hasType</i> [type:string]	Data Property	Тип форума
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>loStyle</i>	Object Property	Тип стила учења дефинисан за форум
	<i>relatedTo</i>	Inverse Object Property	Инверзна генерална веза
	<i>relatedToCourse</i>	Object Property	Веза ка курсу
	<i>relatedToForum</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка форуму
	<i>timeModified</i> [type:dateTime]	Data Property	Време измене форума
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
Forum Posts	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasMessage</i> [type:string]	Data Property	Порука у посту форума
	<i>hasSubject</i> [type:string]	Data Property	Тема поста на форуму
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе
	<i>postedByUser</i>	Object Property	Веза ка кориснику
	<i>relatedTo</i>	Inverse Object Property	Генерална веза
	<i>relatedToForumDiscussions</i>	Object Property	Веза ка дискусијама у форуму
	<i>relatedToForumPosts</i>	Inverse Object Property	Инверзна веза ка посту
	<i>timeCreated</i> [type:dateTime]	Data Property	Време креирања поста
	<i>rdf:type</i>	Annotation Property	Тип ресурса
Workshop	<i>description</i> [type:string]	Data Property	Мапирање ка LOM онтологији
	<i>gradeValue</i> [type:double]	Data Property	Просечна оцена студента за радионицу
	<i>hasDescription</i> [type:string]	Data Property	Опис радионице
	<i>hasGradeForWorkshop</i> [type:double]	Data Property	Оцена за учешће студента од стране наставника
	<i>hasGradingGradeForWorkshop</i> [type:double]	Data Property	Оцена за учешће студента од стране осталих студената
	<i>hasId</i> [type:int]	Data Property	Јединствени идентификатор
	<i>hasInstructreViewers</i> [type:string]	Data Property	Коментари од стране наставника
	<i>hasName</i> [type:string]	Data Property	Назив радионице
	<i>isEvaluated</i> [type:string]	Data Property	Оцењеност
	<i>rdfs:label</i>	Annotation Property	Назив класе

	<i>loStyle</i>	<i>Object Property</i>	Стил учења дефинисан за радионицу
	<i>relatedTo</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна генерална веза
	<i>relatedToCourse</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка курсу
	<i>relatedToLOwithGrades</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка ресурсима који се оцењују
	<i>relatedToResource</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна генерална веза ка ресурсу
	<i>relatedToWorkshop</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка радионици
	<i>timeModified[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време измене радионице
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
	<i>usePeerAssessment</i>	<i>Data Property</i>	Број студената који оцењују друге студенте
	<i>useSelfAssessment</i>	<i>Data Property</i>	Број студената који се самостално оцењују
Workshop Agg	<i>gradeValue[type:double]</i>	<i>Data Property</i>	Просечна оцена на нивоу комплетне радионице (и оцењивања од стране наставника и од стране других студената)
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>relatedTo</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна генерална веза
	<i>relatedToLOWithGrades</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка ресурсима који се оцењују
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>relatedToWorkshop</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка радионици
	<i>relatedToWorkshopAgg</i>	<i>Inverse Object Property</i>	Инверзна веза ка истој класи
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса
Workshop Submission	<i>hasContent[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Садржај постављеног фајла у радионици
	<i>hasId[type:int]</i>	<i>Data Property</i>	Јединствени идентификатор
	<i>hasName[type:string]</i>	<i>Data Property</i>	Име фајла у радионици
	<i>rdfs:label</i>	<i>Annotation Property</i>	Назив класе
	<i>relatedToResource</i>	<i>Object Property</i>	Генерална веза ка ресурсу
	<i>relatedToUser</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка кориснику
	<i>relatedToWorkshop</i>	<i>Object Property</i>	Веза ка радионици
	<i>timeModified[type:dateTime]</i>	<i>Data Property</i>	Време измене фајла из радионице
	<i>rdf:type</i>	<i>Annotation Property</i>	Тип ресурса

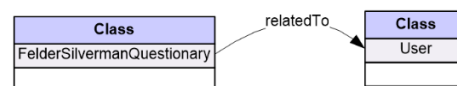
У наставку дисертације је дат графички приказ мапирања класа *Assign*, *AssignSubmission*, *FelderSilvermanQuestionary*, *LearningStyleResourceConnection*, *Course*, *Quiz*, *QuizAttempts*, *TextF* (аналогно је извршено мапирање осталих типова објеката учења: видео фајла, анимације, аудио фајла, слике, мултимедије, презентације), *Lesson*, *LessonAttempts*, *LessonTimer*, *SCORM Track*, *Logs Forum*, *ForumPosts*, *Workshop*, *WorkshopAgg* и *WorkshopSubmission*.



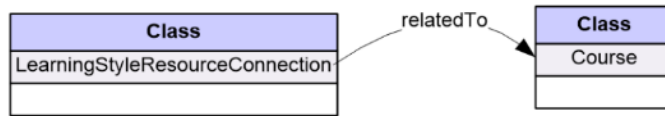
Слика 80. Семантичко мапирање класе *Assign* са другим класама



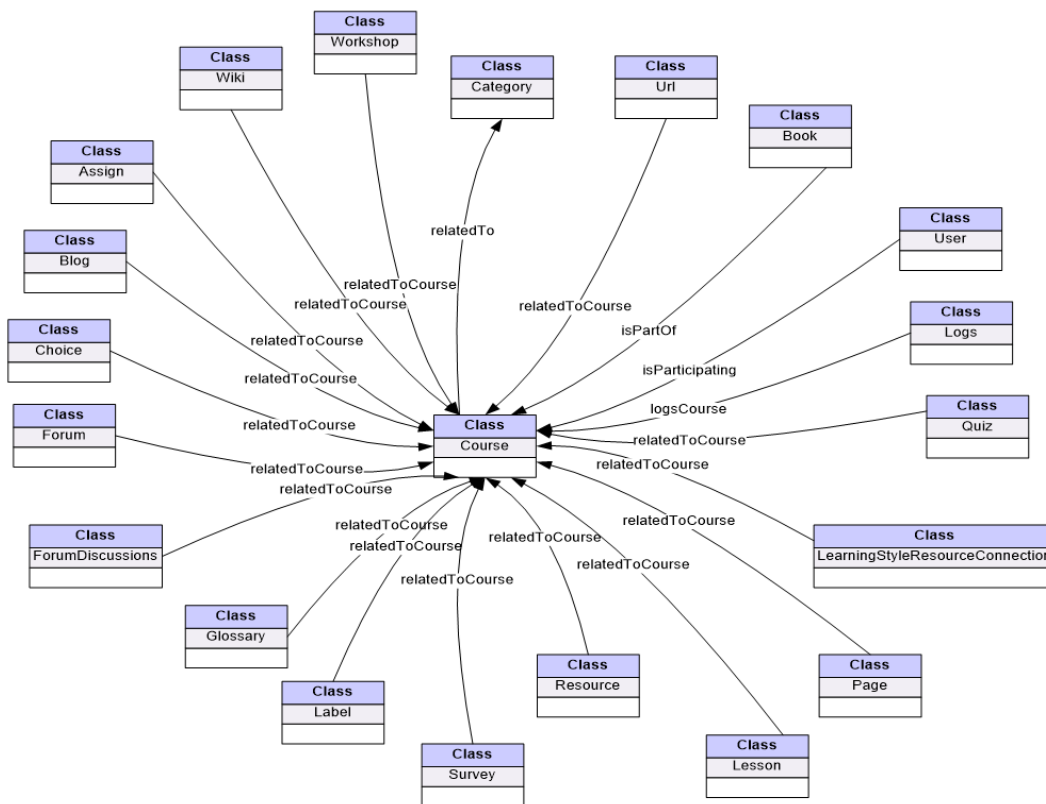
Слика 81. Семантичко мапирање класе *AssignSubmission*



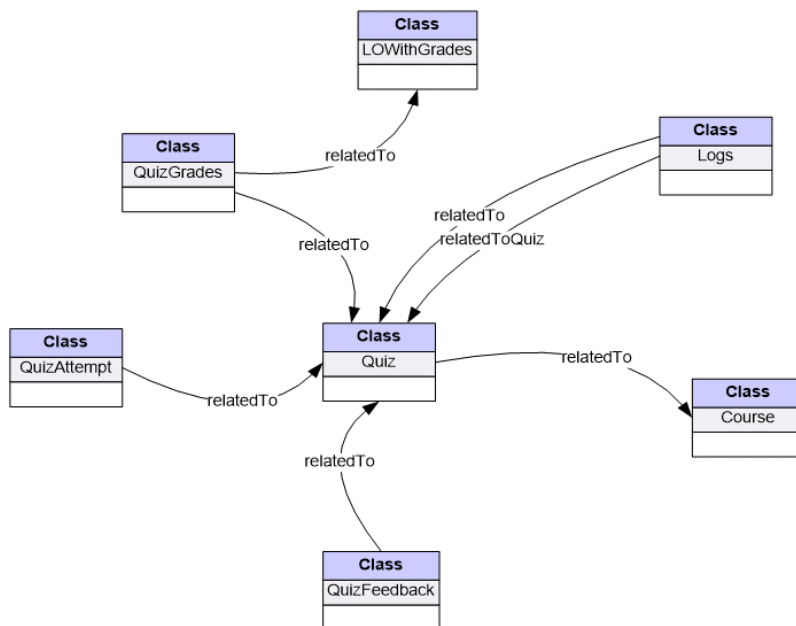
Слика 82. Семантичко мапирање класе *FelderSilvermanQuestionary*



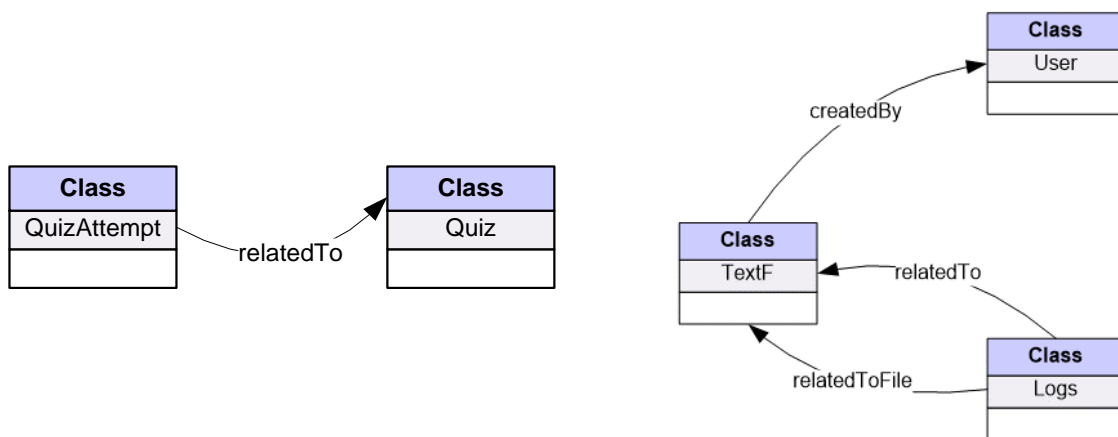
Слика 83. Семантичко мапирање класе *LearningStyleResourceConnection*



Слика 84. Семантичко мапирање класе *Course*

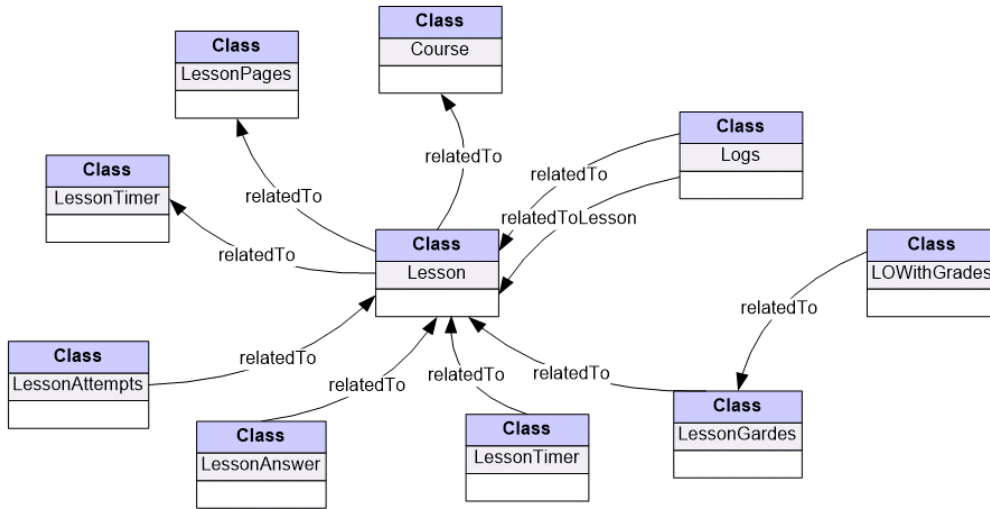


Слика 85. Семантичко мапирање класе *Quiz*

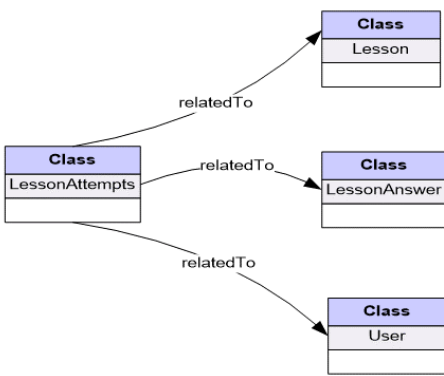


Слика 86. Семантичко мапирање класе *QuizAttempts*

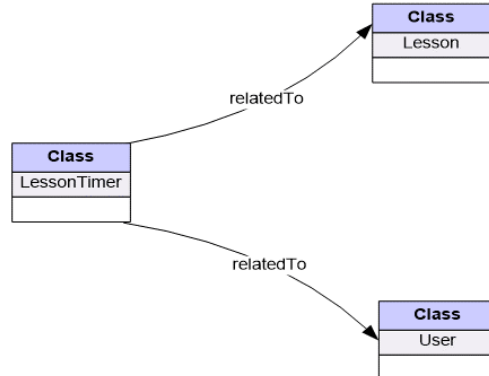
Слика 87. Семантичко мапирање класе *TextF*



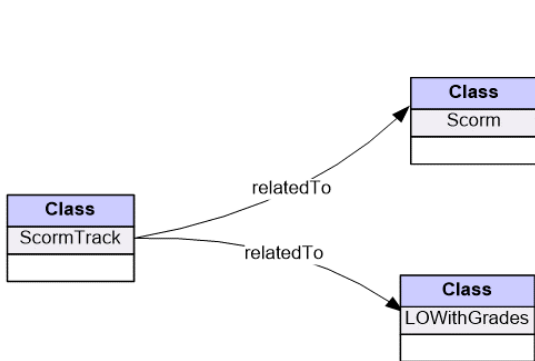
Слика 88. Семантичко мапирање класе *Lesson*



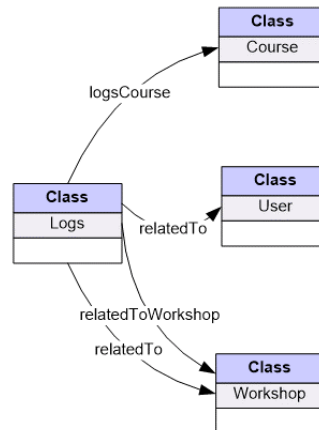
Слика 89. Семантичко мапирање класе *LessonAttempts*



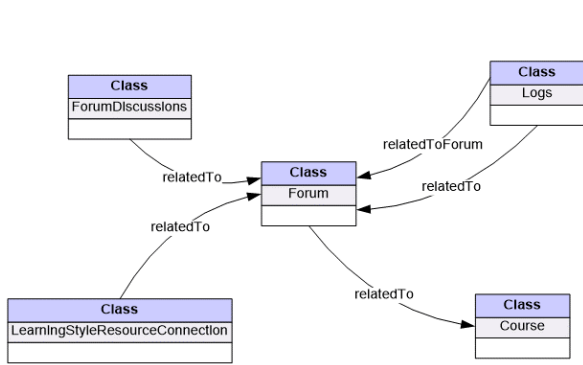
Слика 90. Семантичко мапирање класе *LessonTimer*



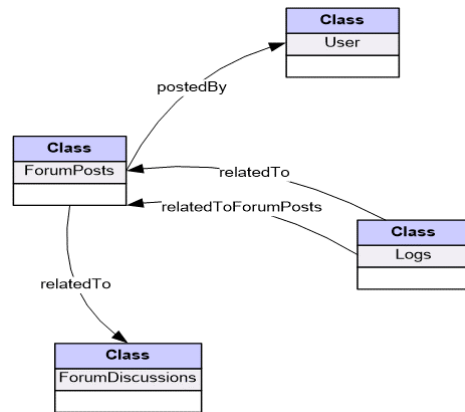
Слика 91. Семантичко мапирање класе *SCORMTrack*



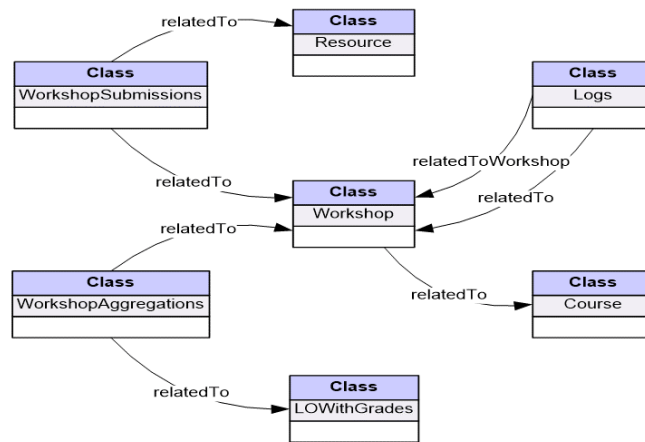
Слика 92. Семантичко мапирање класе *Logs*



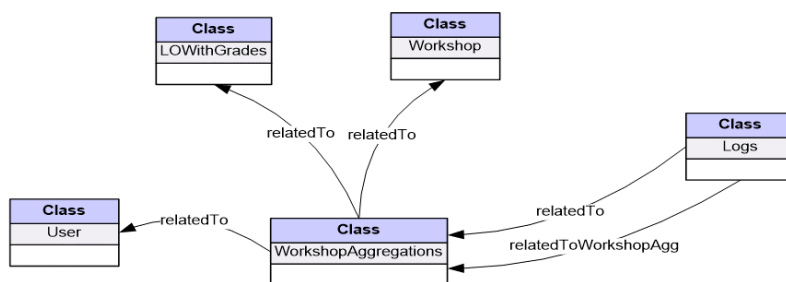
Слика 93. Семантичко мапирање класе *Forum*



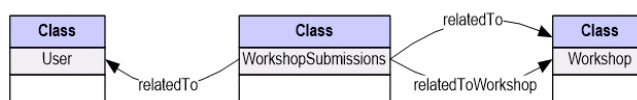
Слика 94. Семантичко мапирање класе *ForumPosts*



Слика 95. Семантичко мапирање класе *Workshop*



Слика 96. Семантичко мапирање класе *WorkshopAgg*



Слика 97. Семантичко мапирање класе *WorkshopSubmission*

15 БИОГРАФИЈА АУТОРА

Јасмина Перишић је рођена 14.08.1982. године у Београду. Основну и средњу школу завршила је у Јагодини. Дипломирала је на Факултету организационих наука, смер – Информациони системи и технологије, 2006. године са просечном оценом 8.77. Одбранила је дипломски рад под називом: „Моделирање пословних процеса коришћењем BPMN нотације“, са оценом 10. Дипломске академске - мастер студије, студијски програм Информациони системи и технологије, уписала је на Факултету организационих наука 2009. године. Завршни (Мастер) рад под називом: „Моделирање пословног процеса мерења протока нафте и нафтних деривата у рафинеријама коришћењем BPMN“ одбранила је у јануару 2011. године. са оценом 10. Докторске студије, студијски програм Информациони системи и менаџмент, изборно подручје Електронско пословање, уписала је на Факултету организационих наука 2011. године. У периоду од 2007. до 2011. године била је запослена у Републичком заводу за статистику у одељењу зарада и запослености као млађи саветник. Од јуна 2011. године била је запослена у Гоша институту, у центру за софтверски инжењеринг у звању истраживача сарадника. Од фебруара 2013. године запослена је као сарадник у настави на Универзитету Унион Никола Тесла у Београду. Ангажована је за извођење вежби на основним студијама из предмета: Електронско пословање, Увод у информатику, Основе пословних софтвера, Примена мултимедије, Пословни информациони системи, Увод у примену рачунара. Наставу држи на: Факултету за међународну политику и безбедност, Факултету за економију и финансије, Факултету за градитељски менаџмент – одсек Архитектура и на Факултету за предузетнички бизнис и менаџмент некретнина. Објавила је седам радова у часописима међународног значаја на SCI листи, седам радова у часописима међународног и националног значаја који нису на SCI листи и преко четрдесет радова на међународним и домаћим конференцијама. Члан је научног одбора међународног научно-стручног скупа Индустријско инжењерство и заштита животне средине (ИИЗС) 2018. Рецезент је у неколико међународних часописа.

16 ИЗЈАВЕ АУТОРА

16.1 Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Јасмина Перишић

Број индекса 5027/2011

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом Модел електронског образовања заснован на семантичкој адаптацији објеката учења

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

Потпис аутора

У Београду, _____

16.2 Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Јасмина Перишић
Број индекса 5027/2011
Студијски програм Информациони системи и менаџмент
Студијска група Електронско пословање
Наслов рада Модел електронског образовања заснован на семантичкој адаптацији објеката учења
Ментор др Зорица Богдановић

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

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

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

Потпис аутора

У Београду, _____

16.3 Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом: Модел електронског образовања заснован на семантичкој адаптацији објеката учења која је моје ауторско дело.

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

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

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

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

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