



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ



Маја М. Радовић

**ОНТОЛОГИЈАМА ВОЂЕНО
ИСПИТИВАЊЕ УЧЕНИКА У Е-УЧЕЊУ**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ниш, 2024.



UNIVERSITY OF NIS

FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING



Maja M. Radović

ONTOLOGY DRIVEN E-ASSESSMENT

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2024.

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:	Др Милорад Тошић, редовни професор Универзитет у Нишу, Електронски факултет
Наслов:	Онтологијама вођено испитивање ученика у е-учењу
Резиме:	<p>У овој дисертацији разматрано је електронско оцењивање ученика, као и могућност побољшања наставног процеса применом онтологија. Проучаван је развој онтологија за различите врсте питања која се користе у процесу е-оцењивања. Посебан акценат је стављен на онтолошки вођено е-оцењивање које ће омогућити наставницима оцењивање у условима учења на даљину и помоћи им да смање своје оптерећење током развоја материјала за оцењивање, посебно наставницима који можда немају све потребне ИТ вештине. Поред већ дефинисаних типова питања као што су питања вишеструког избора (MCQ), питања са спаривањем опција (EMQ), комплетна слагалица (CIP), задаци усаглашености (SCT), итд, створиће се предуслов да наставници креирају нове типове питања коришћењем постојећих или складиштењем нових онтологија питања.</p> <p>Унапређење наставног процеса је разматрано у области медицинског образовања. Постигнуто унапређење је разматрано кроз неколико епизода евалуације које су обухватиле формативне и сумативне аспекте, као и натуралистичке и вештачке аспекте.</p>
Научна област:	Електротехничко и рачунарско инжењерство
Научна дисциплина:	Представљање знања
Кључне речи:	Онтологије, семантички веб, е-оцењивање
УДК:	111:004.774.2:37.018.43
CERIF класификација:	T120 Системско инжењерство, рачунарство
Тип лиценце Креативне заједнице:	CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	Dr Milorad Tomic, full professor, University of Nis, Faculty of Electronic Engineering
Title:	Ontology driven e-assessment
Abstract:	<p>In this dissertation, the e-assessment of students was considered, as well as the possibility of improving the teaching process by applying ontologies. The development of ontologies for different types of questions used in the e-assessment process was studied. Special emphasis is placed on ontology-driven e-assessment that will enable teachers to assess in distance learning conditions and help them reduce their workload during the development of assessment materials, especially for teachers who may not have all the necessary IT skills. In addition to already defined question types such as Multiple Choice Question - MCQ, Extended Matching Questions -EMQ, Comprehensive Integrative Puzzle - CIP, Script Concordance Test - SCT etc, the prerequisite will be enabled for teachers to create new question types by using existing or storing new question ontologies. The improvement of the teaching process was considered in the field of medical education, through several episodes of evaluation that includes formative and summative aspects, so as naturalistic and artificial aspects.</p>
Scientific Field:	Electrical and computer engineering
Scientific Discipline:	Knowledge representation
Key Words:	Ontology, semantic web, e-assessment
UDC:	111:004.774.2:37.018.43
CERIF Classification:	T120 Systems engineering, computer technology
Creative Commons License Type:	CC BY-NC-ND

Предговор

Докторска дисертација представља круну вишегодишњен рада који је добио свој коначни облик захваљујући дивним људима којима дугујем неизмерну захвалност.

Захваљујем се свом ментору, проф. др Милораду Тошићу који је показао стрпљење током овог путовања, давао смернице али и слободу одлучивања приликом израде тезе. Колеги асистенту Ненаду Петровићу, који је сарађивао у одређеним аспектима идејног развоја платформе се срдечно захваљујем. Проф. др Драгани Бјекић хвала на свесрдној помоћи и смерницама приликом појашњења појмова и терминолошких разграничења везаних за оцењивање. Лекарима из Поликлинике „Жаклина Мед“ се искрено захваљујем на помоћи коју су ми пружили приликом спровођења евалуације. Захваљујем се свим пријатељима као и колегама са Факултета техничких наука у Чачку који су били верна и морална подршка доком низа година.

Захваљујем се члановима комисије, који су својим сугестијама допринели да докторат добије свој коначни облик. Посебну захвалност дугујем проф. др Данијели Милошевић која ме је инспирисала да останем у образовном систему као и др Марјану Милошевићу, ванр. проф. који ме је свакодневно бодрио инспиративним текстовима.

Огромну захвалност дугујем породици која је поднела највећи терет: свом супругу који се трудио да помогне у свим дилемама које сам имала, као и деци која су се трудила да разумеју озбиљност ситуације. Захвална сам и мојој дивној мајци чија снага ми је била ослонац током низа година, као и брату на многим корисним саветима. Хвала мојој сестри, мом „малом верном Санчо Пансу, саборцу и мом најбољем другу“ на несебичности, љубави и ветру у леђа да ја то заиста могу.

Захваљујем се Богу који ми је омогућио да постигнем све што данас јесам.

“The Road goes ever on and on
Down from the door where it began.
Now far ahead the Road has gone,
And I must follow, if I can,
Pursuing it with eager feet,
Until it joins some larger way
Where many paths and errands meet.
And whither then? I cannot say”

— J.R.R. Tolkien, *The Fellowship of the Ring*

САДРЖАЈ

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА.....	1
1.1 Мотиви за рад.....	1
1.2 Предмет и циљ дисертације.....	2
1.3 Очекивани резултати	4
1.4 Основни појмови и термилошка разграничења	5
1.4.1 Општи образовни појмови	6
1.4.2 Појмови из области медицинског образовања	9
1.5 Преглед излагања.....	9
2. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА.....	11
3. ОНТОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО.....	16
3.1 Дефиниција онтологије.....	17
3.1.1 Компоненте онтологије	18
3.2 Разлози за креирање онтологија	21
3.3 Типови онтологија	22
3.4 Методологије и методе за развој онтологија	25
3.5 Онтолошки језици.....	28
3.5.1 RDF	31
3.6 Онтолошки алати и окружења.....	35
4. ОЦЕЊИВАЊЕ УЧЕНИКА У Е-УЧЕЊУ	39
4.1 Врсте оцењивања	39
4.2 Критеријуми квалитета у оцењивању	40
4.2.1 Критеријуми на нивоу теста.....	40
4.2.2 Критеријуми на нивоу питања	41
4.3 Блумова таксономија и Милерова пирамида.....	42
4.3.1 Блумова таксономија.....	42
4.3.2 Милерова пирамида.....	43
4.4 Типови питања погодни за аутоматско оцењивање	44
4.4.1 Питања вишеструког избора.....	45

4.4.2	Питања са спаривањем опција	46
4.4.3	Вишеструка Тачно/Нетачно питања	47
4.4.4	Питања са дугим низом одговора	47
4.4.5	Задаци усаглашености.....	48
4.4.6	Комплетна слагалица	49
4.4.7	Упоредни преглед питања.....	52
5.	РАЗВОЈ ОНТОЛОГИЈА ЗА АУТОМАТСКО ГЕНЕРИСАЊЕ ПИТАЊА	54
5.1	Идентификација сврхе и захтева онтологија питања	56
5.1.1	Идентификација сврхе.....	56
5.1.2	Идентификација захтева.....	56
5.1.3	Дефинисање типа онтологија.....	58
5.2	Обухватност и формализација онтологије	65
5.2.1	ENR онтологија	65
5.2.2	МАМО онтологија.....	69
5.2.3	OntoCIP онтологија	71
5.2.4	SCTOnto онтологија	72
5.3	Дизајн и имплементација.....	73
5.3.1	Дизајн онтологија питања	73
5.3.2	Имплементација	74
5.4	Тестирање и евалуација	74
6.	РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА SLICKER ПЛАТФОРМЕ.....	75
6.1	Дефинисање случајева коришћења	75
6.2	Креирање скупова података здравствених картона.....	78
6.3	Имплементација SLICKER платформе.....	84
6.3.1	Утемељење онтологија.....	85
6.3.2	Мапирање онтологија.....	86
6.4	Одређивање тежине питања	92
6.5	Додељивање бодова у SCT питањима.....	93
6.5.1	Директна стратегија оцењивања SCT питања	94
6.5.2	Индиректна стратегија	95
6.6	Рендеровање мобилне апликације коришћењем AppSheet платформе.....	96
7.	ЕВАЛУАЦИЈА.....	100

7.1 FEDS оквир за евалуацију истраживања развоја науке.....	101
7.2 Евалуација CLICKER платформе.....	105
7.2.1 Циљеви евалуације.....	105
7.2.2 Избор стратегије евалуације.....	107
7.2.3 Својства евалуације.....	107
7.2.4 Епизоде евалуације.....	107
8. ЗАКЉУЧАК.....	127
ЛИТЕРАТУРА.....	131
СПИСАК СКРАЋЕНИЦА.....	146
СПИСАК СЛИКА.....	148
СПИСАК ТАБЕЛА.....	151
ПРИЛОЗИ.....	152
Прилог 1: Део кода ЕНР онтологије приказан у RDF(S).....	152
Прилог 2: Образац за евалуацију OntoCIP са смерницама.....	154
Прилог 3: Дизајн употребљивости апликације.....	156
Прилог 4: Примери питања у оквиру CLICKER платформе.....	163
Прилог 5: Упитник о Квалитету питања.....	164
Прилог 6: Део упитника који се односи на задовољство CLICKER платформом ..	165
Прилог 7: Статистички подаци уз секције 4.2.4.4 и 4.2.4.5.....	166

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

1.1 Мотиви за рад

Са појавом савремених информационо-комуникационих технологија, извори информација постају доступни неупоредиво већем броју људи, док сама физичка удаљеност међу људима, у контексту размене информација, постаје занемарљива. Захваљујући научно-технолошкој револуцији појављују се нови облици учења који омогућавају комуникацију између наставника и ученика у потпуно новим условима [1]. Учење на даљину представља облик наставе који се дешава између две стране (ученика и наставника), одржава се у различито време и/или на различитим местима и користи различите облике наставног материјала [2] је касније еволуирао да опише друге облике учења, као што су онлајн учење, е-учење, посредовано учење, онлајн колаборативно учење, виртуелно учење, учење засновано на вебу, итд [3].

Испитивање вештина и знања ученика, како у традиционалном тако и у е-учењу представља суштински елемент високог образовања. Успешно усвајање знања и вештина важни су како ученику тако и образовној установи коју похађају. Стога је од пресудног значаја да испитивање ученика буде непристрасан и јасан поступак.

Приликом традиционалног креирања питања наставнику је, у зависности од градива, потребно знатно улагање времена и труда. Такође, приликом “ручног“ оцењивања, потребно је време како би прегледање решења било тачно. Осим неопходног времена, за које се може рећи да је значајно, зависно од обима питања и области градива које се проверава, могуће су и ненамерне грешке. Технике аутоматског генерисања питања (енг. Automatic Question Generation – AQG) појавиле су се као решење за наведене изазове. AQG се бави конструкцијом алгоритама за израду питања из извора знања, који могу бити или структурирани, као што су базе знања, или неструктурирани као што је текст. Истраживања која се баве овом облашћу потичу још од 70-тих година прошлог века [4]. Данас аутоматско генерисање питања добија све већи значај са порастом масивних отворених онлајн курсева (енг. *Massive open online course-MOOC*) [5] и других технологија е-учења. Основна мотивација стога је креирање платформе за испитивање ученика у е-учењу применом аутоматског генерисања питања, чиме би се смањило оптерећење наставника и уједно отклонили недостаци као што је субјективно оцењивање и случајне грешке.

1.2 Предмет и циљ дисертације

Предмет дисертације је пројектовање и имплементација онтолошки вођене платформе за испитивања ученика у е-учењу, која ће смањити оптерећење наставника кроз аутоматизацију поступка креирања постојећих типова питања као и креирање нових. Аутоматизацијом поступка оцењивања платформа ће обезбедити да дати поступак буде спроведен на брз и непристрасан начин без ограничења у погледу броја обухваћених ученика.

У контексту нових напредних наставних планова и програма и наставних процеса, образовне институције су под великим притиском да се развију нове и побољшају постојеће методе оцењивања. Медицинске институције, као значајан део образовних институција имају за циљ припрему будућих здравствених радника за доношење ефикасних дијагностичких и терапијских одлука у критичним ситуацијама и у условима непотпуних информација [6]. Овај сложени процес назива се „клиничко резоновање“ и представља један од суштинских елемената у медицинској пракси [7]. Опсервација пацијената од стране ученика, усмено испитивање и објективно структурирани клинички прегледи су се традиционално користили као методе за оцену клиничког резоновања ученика [8]. Међутим, ови алати често захтевају мноштво ресурса и времена за израду, компликовани су за администрирање и бодовање, а такође их је и тешко стандардизовати [9]. С друге стране, алати за оцењивање, као што су питања са вишеструким избором (Multiple Choice Questions - MCQ) и питања са спаривањем опција (Extended Matching Questions - EMQ) указују на чињеницу да су искусни лекари приликом решавања оваквих питања имали једва боље оцене од мање искусних лекара или ученика [10]. Ово се може објаснити чињеницом, да уколико MCQ и EMQ питања нису квалитетно састављена, она ће бити погодна само за проверу основног тј. чињеничног знања, што је мање сложено за оцењивање од клиничког резоновања [11]. Последњих деценија појавило се неколико нових алата за оцењивање, међу којима и комплетна слагалица (Comprehensive Integrative Puzzle - CIP) [12] и задаци усаглашености (Script concordance test - SCT) [13] који показују велики потенцијал у процени клиничког резоновања у различитим доменима медицине. Међутим, као и код других метода оцењивања, главна препрека за оцењивање виших когнитивних вештина лежи у самом креирању оваквих типова питања. Да би се достигао пуни потенцијал, питања морају креирати тимови искусних наставника или стручњака из различитих домена медицине. Ангажовање оваквих експерата је отежано због времена које је потребно уложити као и различитих организационих потешкоћа. На пример, за

припрему једног, добро конструисаног MCQ питања потребно је издвојити 20 минута до 1 сат [14], док је за СР питања потребно да искусни наставник или медицински стручњак издвоји чак 1 до 2 сата [15]. Сходно томе, постоји снажна потреба за аутоматским генерисањем оваквих типова питања, чиме би се значајно смањило оптерећење наставника.

Услед све већег броја студената, високошколске установе често користе платформе за е-оцењивање као најпогодније средство, посебно када постоји база података о одговарајућим питањима [16]. Међутим, истраживања показују спору стопу усвајања платформи за е-оцењивање, упркос њиховој централној улози у образовном процесу. Фактори повезани са људима, као што су е-оцењивање, погодност, употреба и задовољство, могу бити кључни фактори који утичу на стопу успеха различитих платформи за е-оцењивање [16]. Постојеће платформе за е-оцењивање које користе већ успостављене базе података имају двојаке последице за наставнике. С једне стране, наставници нису у обавези да сами креирају питања, али са друге стране су ограничени на одређене врсте питања која се већ налазе у бази података. Када је потребна нова врста питања, неопходно је да администратор обави одређене софтверске активности које могу бити радно интензивне, дуготрајне и захтевају виши ниво вештине програмирања.

Једно од могућих решења за аутоматско генерисање питања лежи у примени вештачке интелигенције (Artificial Intelligence - AI). У контексту овог рада, под вештачком интелигенцијом се сматра способност машине да копира процесе људске интелигенције, учи на основу искуства, прилагођава се новим информацијама и обавља активности сличне људским [17]. Главна предност примене вештачке интелигенције у области наставних процеса и учења је управо аутоматизација компликованих и дуготрајних задатака.

Током година, онтологије, као део вештачке интелигенције који се бави представљањем знања, су постале фундаментална технологија заједно са семантичким веб сервисима и семантичким графовима. Онтологија је дефинисана у различитим областима филозофије и науке на различите начине. У информационим системима, онтологија представља средство за формално представљање знања о одређеном домену [18]. Њихова формална основа омогућава напредно моделовање домена и развој алгоритама чак и у најизазовнијим апликацијама у којима је традиционално једини избор било софистицирано људско резонување. Усвајање онтологија је посебно обећавајуће када је потребна скалабилност, било због огромне количине коришћених података или

због великог броја корисника, као и када задатак захтева стручни ниво знања који је специфичан за дати домен. У том смислу, онтологије се користе више од једне деценије, за аутоматско генерисање питања у оквиру различитих система и е-платформи (детаљније у секцији 2). Међутим, сви ови системи засновани на онтологијама су углавном фокусирани на MCQ питања и не дозвољавају наставницима да сами додају различите врсте питања.

Примарни циљ ове докторске дисертације је развој иновативног онтолошки вођеног приступа е-оцењивању који се заснива на аутоматском генерисању различитих врста питања из области медицинског образовања. Циљ је да се помогне наставницима да смање своје оптерећење током процеса оцењивања, посебно наставницима који можда немају све потребне ИТ вештине, и да се на тај начин омогући рад са већим бројем ученика као и да се подигне квалитет поступка оцењивања. Пошто онтологија питања представља један од основних елемената овог приступа, развијена је Medical Assessment Methods Ontology - МАМО онтологија која семантички описује различите типове питања, као и OntoCIP онтологија која даје семантички приказ CIP питања и SCTOnto онтологија која семантички представља SCT питања. База знања заснована на овим онтологијама попуњена је из медицинске базе података кроз процес мапирања онтологија.

1.3 Очекивани резултати

Централни резултат ове тезе је реализација платформе за аутоматско генерисање различитих врста питања и оцењивање ученика у е-учењу. Примена онтологија омогућава да се домен примене платформе (медицина, инжењерске науке, право, итд) може лако прилагођавати једноставном заменом доменске базе знања.

Осим платформе као главног резултата, очекују се и следећи резултати:

- Нова методологија за креирање онтолошки вођене платформе за е-оцењивање.
- Нове онтологије питања настале у току семантичког приказа одређених питања за оцењивање.
- Алгоритми за генерисање кода за различите врсте питања.
- Директна и индиректна стратегија за оцењивање SCT питања која користи Ликертову скалу.
- Евалуација упоредног прегледа генерисаних питања заснованих на онтологији са традиционалним генерисањем питања, која се односи на брзину креирања.

- Експериментална евалуација предложене онтолошки вођене платформе за е-оцењивање директним испитивањем како наставника тако и ученика.

Методе истраживања

Основни метод истраживања се заснива на упоредној анализи аутоматски генерисаних типова питања и традиционално креираних питања из домена медицинског образовања. За сваки од представљених типова питања, изводе се експерименти, у којима се примењује предложени приступ за аутоматско генерисање кода заснован на онтологијама. Добијени резултати се затим разматрају из квалитативног и квантитативног угла. Квалитативни резултати се односе на могућности које платформа пружа наставницима у односу на већ постојеће начине креирања и оцењивања питања. Квантитативни резултати указују на перформансе које има предложени приступ. За квантитативне резултате примењена је компаративна метода и то поређењем добијених вредности (конкретније, измерених времена извршења за генерисање кода) у односу на традиционалне процедуре креирања питања.

Методе моделовања, анализе и дескрипције коришћене су за развој и имплементацију онтолошки вођене платформе и одговарајућих алгоритама за генерисање кода.

Метод прикупљања података је коришћен за попуњавање онтологија. Прикупљени подаци се односе на реалне медицинске извештаје прикупљене од грађана на добровољној бази, као и јавно доступне медицинске базе података.

Метод прикупљања података је коришћен за евалуацију предложене онтолошки вођене платформе за испитивање ученика у е-учењу. Инструмент за прикупљање је упитник, а подаци се односе на одговоре наставника и ученика.

1.4 Основни појмови и термилошка разграничења

У оквиру ове секције дате су основне информације о кључним појмовима који се користе у процесу испитивања знања ученика. С обзиром на то да је терминологија често неусаглашена у оригиналном облику, односно у верзијама превода, значајно је посебно разјаснити поједине појмове и њихова значења.

1.4.1 Општи образовни појмови

Учитељ, наставник или *професор* је стручна особа високих радних, образовних и етичких квалитета едукована за рад у школи или на факултету за одређен предмет. У оквиру ове дисертације појам професор и наставник се подједнако користе и односе се на особу која спроводи процес оцењивања.

Ученик је појединац који добија квалификоване информације од наставника у оквиру формалног или неформалног образовања. Као и наставник и ученик је учесник дидактичко-комуникативних стваралачких активности, које су усмерене на његово образовање, васпитање, интеграцију у друштвену заједницу и изградњу самосталне, слободне и критичке личности. Значење *ученик* и *студент* се у овој тези сматра идентичним. Кроз цео рад, за појам ученика се везује 'он', а подразумева се значење 'он' или 'она'.

Образовање на даљину

Образовање на даљину описује напор да се омогући приступ учењу за оне који су географски удаљени [3]. Током скоро два века, мењао се начин на који се образовање на даљину одвијало и преносило. У почетку је писање писама била најдоступнија технологија. Године 1728., први добро документовани пример дописног курса објављен је као оглас у Бостон Газети, када је Кејлеб Филипс понудио да предаје стенографију ученицима било где у земљи разменом писама. Прве дописне школе у Сједињеним Државама основане су 1873. године. Током прве половине двадесетог века услед бројних нових технологија дошло је до значајних иновација у образовању на даљину. Године 1922. технологија радио-дифузије постала је одрживо средство за пренос информација, док је 1953. телевизија постала све заступљенија. Иако је телефон био одавно успостављена технологија, Универзитет у Висконсину је 1965. године започео државни образовни програм за лекаре користећи формат заснован на телефону. Еволуција у области образовања на даљину десила се 1976. године када је Coastline Community College Offering понудио комплетно образовно искуство на даљину.

Е-учење

Е-учење као појам настао је између 80-тих [3] и 90-их година прошлог века [19] са убрзаним развојем интернета. Осим датума настанка, сам појам е-учења се различито интерпретира од различитих аутора. Највеће неслагање се односи на технологије које би

требало да се користе да би се термин е-учења могао референцирати. Мохана сматра да примена е-учења укључује учење засновано на рачунару као и учење засновано на вебу, где се наставни садржаји могу пренети путем интернета, интранета, видео/аудио касета, CD-ROM-а, DVD-а и ТВ канала [19]. Према Бенчевој, е-учење је персонализовани приступ који се фокусира на појединца који учи сопственим темпом, многе виртуелне догађаје, менторство, симулацију, колаборацију, процену, мапу компетенција, алате за креирање, е-продавницу и системе за управљање учењем [20]. Хоп и сарадници сматрају да је е-учење учење подржано дигиталним електронским алатима и медијима [22]. Може се дакле рећи, да термин није једнозначно одређен, али оно што је сигурно је да сви облици е-учења, било да су апликације, програми, објекти, итд., на крају пружају прилику за учење сваком појединцу (ученику) [3].

Докимологија

Да би се схватио појам испитивања и оцењивања постигнућа ученика, потребно је кренути од ширег концепта докимологије. *Докимологија* је „најопштији научни систем о оцењивању који интегрише психолошка и педагошка проучавања процеса какви су процењивање, оцењивање, праћење и вредновање васпитно-образовних активности“ [23]. Може се рећи да је то интердисциплинарна наука која проучава све релевантне аспекте оцењивања. У основи овог става су и схватања која изједначавају докимологију са евалуацијом [24]. Задатак докимологије је да проучи процесе проверавања и оцењивања и да на истраживањима заснује проналажење и развој погодних и ваљаних поступака проверавања, оцењивања и доношења суда и одлуке о постигнућима ученика. Докимологија приступа оцењивању као "методи" чија је основна улога унапређивање процеса учења [23].

Наставник испитује, оцењује и вреднује постигнућа ученика, и то су различите активности.

Испитивање

Испитивање је систематско прикупљање података о томе колико се и како ученици и наставници приближавају жељеним постигнућима тј. васпитно-образовним циљевима [25]. Појам испитивања ученика подразумева начин на који ученици одговарају пред наставником. Може да се спроводи у усменом облику, писмено, посматрањем психомоторних радњи и на друге начине. Испитивање обухвата и проверавање и вредновање, а који не морају да се претворе у било какву оцену (било бројчану, словну

или дескриптивну разврставањем у неку категорију) [26]. Испитивање ученика, без обзира на то да ли се одвија традиционално у учионици или у е-учењу, представља један од најосетљивијих и најсложенијих аспеката наставног процеса [27]. Може бити спроведено због различитих циљева - да се утврди колико су остварени планирани циљеви наставе и исходи, да се сагледа оствареност циљева и исхода на нивоу групе и на нивоу појединца, да се утврди колико је сваки ученик постигао у односу на неке категорије и унапред дефинисане нивое постигнућа, да се дијагностикује неко постигнуће и усмери даљи процес учења, да се мотивише ученик за даље напредовање, да се обезбеде сви потребни елементи за комплетну повратну информацију ученику, итд. Испитивање може да има формативну, сумативну и дијагностичку функцију. Формативна функција подразумева давање повратне поруке која даје увид у напредовање и смернице за даљи процес учења. Сумативна функција даје завршну процену о постигнућу после неке целине и представља излазни резултат. Дијагностичка функција утврђује постојеће стање а затим усмерава пре свега наставника (или систем за е-учење) да диференцирано усмерава даљи процес учења ученика на основу полазног резултата. Испитивање представља шири појам од оцењивања.

Оцењивање

Оцењивање је квалитативна анализа која има за циљ да одреди степен постигнућа одређених циљева. Представља разврставање одговора у квалитативне категорије а затим одређивање њихове квантитативне вредности (оцене). При процесу оцењивања се могу, али не морају узети у обзир услови у којима су резултати постигнути [26]. Оцењивање је у средишту образовног процеса, представља саставни део и наставе и учења, а не само кулминацију наставног процеса [28].

Термин "*оцена*" се користи са различитим значењима, а најчешће подразумева проверавање и рангирање. Оцењивање се најчешће користи да би се информисали ученици како напредују и какве резултате су постигли у настави која се изводи. Оцењивање се може дефинисати и као процес доношења одлуке о нечему, испитивање или тестирање учинка појединца, евалуирање или доношење суда на основу критеријума као што су исправност, валидност и емпиријски докази, процес и исход оцењивања – оцена [26].

У оквиру ове докторске дисертације фокус је на оцењивању као делу испитивања/мерања когнитивног постигнућа ученика.

1.4.2 Појмови из области медицинског образовања

Клиничко резоновање

Поред вредновања теоријских знања, оцењивање у медицинском образовању користи се и за оцену клиничког резоновања [10]. *Клиничко резоновање* се у веома општем смислу може дефинисати као размишљање и доношење одлука које се односе на клиничку праксу. Прецизније, клиничко резоновање је ментални процес који се дешава када лекар након сусрета са пацијентом доноси закључак о (а) природи и могућим узроцима тегоба пацијента, (б) вероватној дијагнози и (в) мерама које треба предузети ради даљег лечења. Клиничко резоновање је усмерено на доношење одлука о прикупљању дијагностичких информација и препоруци или започињању лечења. Процес менталног расуђивања је прекинут ради прикупљања информација и настављен када ове информације стигну. Добро је познато да клиничари могу применити низ менталних приступа [29].

У сваком појединачном случају, лекари користе вештине клиничког резоновања да би прикупили податке о пацијентима, након чега се активира мали скуп релевантних скрипти (случајева) болести [8]. Скрипте болести су повезане мреже медицинског знања које омогућавају лекарима да интегришу нове информације са постојећим, препознају обрасце у симптомима, идентификују сличности или разлике између болести и праве предвиђања о томе како ће се болест вероватно развијати [9].

1.5 Преглед излагања

Рад је конципиран из следећих секција:

- Друга секција се бави прегледом литературе: радова из часописа и са конференција, као и књига са тематиком аутоматског генерисања различитих типова питања употребом онтологија. Преглед пружа увид у досадашња истраживања и служи као основа за усмеравање рада и формирања предложене платформе.
- Трећа секција се бави онтолошким инжењерством. Разматра се дефиниција појма онтологија, разлози за креирање онтологија, као и основни правци примене. Такође, наводе се основни типови онтологија, најзначајније методе и методологије њиховог развоја, као и постојећи онтолошки језици и алати за формално представљање онтологија.

- Четврта секција обрађује основне компоненте оцењивања и разматра предности коришћења технологија у сврху оцењивања. Надаље, секција обрађује типове питања који су најпогоднији за аутоматско оцењивање.
- Пета секција посвећена је развоју онтологија за аутоматско генерисање питања. Развијене су онтологије које семантички описују типове питања „Комплетна слагалица“ (OntoCIP онтологија) и „Задатке усаглашености“ (SCTOnto онтологија), као и онтологија која обухвата неколико различитих типова питања, међу којима су и претходна два (*Medical Assessment Methods Ontology* - MAMO онтологија).
- Шеста секција бави се развојем CLICKER платформе за аутоматско генерисање питања. Описан је процес креирања онтолошког оквира у оквиру кога је извршено мапирање онтологија. Такође, алгоритми за генерисање CIP и SCT питања су детаљно описани и размотрени. Наведени су случајеви коришћења од стране различитих корисника (наставника и ученика)
- Седма секција је посвећена евалуацији и истраживању утицаја предложене платформе на унапређење процеса наставе. Евалуација је спроведена коришћењем методологије предложене у раду [30].
- Осма секција бави се закључним разматрањима и будућим правцима истраживања. Примена предложене платформе на друге области као што су рачунарство, биологија и слично, представља један од главних будућих корака у даљем развоју платформе.

2. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА

Е-учење и онлајн образовање извршили су велики утицај на образовни систем последњих пар деценија. Свеобухватност у области оцењивања и његова богата примена у различитим доменима представљају изазов када је у питању развој платформи за е-оцењивање. Аутоматско генерисање питања (AQG) игра битну улогу у образовном оцењивању у смислу смањења времена и трошкова потребних за традиционално конструисање питања, при томе омогућавајући и стално генерисање нових питања.

Приликом прегледа стања у области истраживања, аспекти који су узети у обзир су: сврха, домен, извори знања, тип питања и нивои ревидиране Блумове таксономије [31] уколико су коришћени приликом генерисања питања. Од 77 прегледаних радова одабрано је 40 радова чија је сврха истраживања образовање и оцењивање, с обзиром на фокус докторске дисертације. Изузети су радови чија је сврха истраживања обухватала валидацију база знања, развој конверзацијских агената и развој система за одговарање на питања, као и системе за разумевање машинског читања, где се питања користе за обуку и тестирање. Упоредни преглед проучених радова, разврстаних према поменутиим аспектима дат је у Табели 1.

Табела 1. Упоредни преглед проучених радова, разврстаних према сврси, извору знања, домену, типу питања и коришћеним нивоима ревидиране Блумове таксономије.

Референце	Сврха	Извор знања	Домен	Тип питања	Коришћени нивои ревидиране Блумове таксономије
[32]	Оцењивање	Текст	Општи	MCQ	/
[33]	Оцењивање	Текст	Учење језика	MCQ	/
[34]	Образовање	Текст	Општи	FI	/
[35]	Оцењивање	Текст	Учење језика	FI	/
[36]	Само-оцењивање	Текст	Општи	MCQ	/
[37]	Само-оцењивање	Текст	Општи	MCQ	/
[38]	Образовање	RDF база знања	Општи	MCQ	Други параметри
[39]	Образовање	Онтологија	Математика	FI	/

[40]	Оцењивање	Табеле података	Општи	FI	/
[41]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	Други параметри
[42]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	Други параметри
[43]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	/
[44]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	Памћење
[45]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	Други параметри
[46]	Оцењивање	Текст	Учење језика	MCQ	/
[47]	Оцењивање	Текст	Учење језика	FI	/
[48]	Оцењивање	Онтологија	Биологија	FI	/
[49]	Само-оцењивање	Текст	Учење језика	FI	Памћење Разумевање
[50]	Оцењивање	Текст	Општи	FI	/
[51]	Само оцењивање	RDF база знања	Општи	MCQ	Други параметри
[52]	Оцењивање	Текст	Учење језика	MCQ T/FQ FI	/
[53]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	/
[54]	Оцењивање	Текст	Општи	MCQ	Други параметри
[55]	Образовање	Текст	Општи	T/FQ FI	/
[56]	Образовање	Текст	Учење језика	FI	Други параметри
[57]	Оцењивање	Текст	Учење језика	FI	/
[58]	Оцењивање	Текст	Општи	FI	/
[59]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	/
[60]	Оцењивање	RDF база знања	Рачунарске науке	MCQ	/
[61]	Оцењивање	Онтологија	Медицина	FI	Други параметри
[45]	Оцењивање	Онтологија	Медицина	MCQ	Други параметри
[62]	Оцењивање	Онтологија	Општи	MCQ	Памћење Разумевање Примењивање Анализирање

[63]	Оцењивање	Онтологија	Рачунарске науке	MCQ T/FQ SAQ	Памћење Разумева Примењивање Анализирање
[64]	Оцењивање	Онтологија	Медицина	SCT	/
[65]	Оцењивање	Онтологија	Медицина	CIP	/
[66]	Оцењивање	Онтологија	Медицина	SCT	/
[67]	Оцењивање	Текст (ChatGPT)	Рачунарске науке	Есеј	/
[68]	Оцењивање	Текст (ChatGPT)	Рачунарске науке	Есеј	/
[69]	Оцењивање	Слике, Текст	Природне науке	FI	/
[70]	Оцењивање	Текст	Учење језика	MCQ	/

Истраживање студија, сумирано у Табели 2, показује да је општи домен највише коришћен приликом генерисања питања (19 студија). Специфични домени, као што су учење језика и медицина су заступљени у мањем броју, 9 и 5 респективно. Четири студије су се бавиле аутоматским генерисањем питања из рачунарских наука. Студије које су подведене под „остало“ обухватају по један рад из математике, биологије и природних наука. Треба напоменути да је један од могућих разлога интересовања за домене учења језика и медицине постојање великих стандардизованих тестова које су развиле професионалне организације (као што су TOEFL, за полагање енглеског језика и одборски испити за медицину) а који захтевају континуирано снабдевање новим питањима. Такође, за домен учења језика лакше је генерисати питања, с обзиром на лакоћу усвајања текста из разних јавно доступних извора и доступност алата за обраду природног језика (енг. *Natural Language Processing – NLP*). Доступност NLP алата (нпр. препознавање именованих ентитета) за обраду медицинског текста је такође један од могућих разлога интересовања за аутоматско генерисање питања из домена медицине.

Текст је и даље најпопуларнији извор знања приликом генерисања питања са 19 студија које га користе. Онтологије и базе знања су на другом и трећем месту, са шеснаест, односно три студије. Други извори знања као што су структуриране табеле, комбинације слике и текста [69] мање су заступљени. Значајан напредак последњих година остварили су Велики језички модели (енг. *Large language models – LLM*), као што је *Generative Pre-trained Transformer (GPT-3)*. Ови модели су обучени на огромним количинама текстуалних података и способни су да генеришу текст сличан оном који би

написао човек, одговарају на питања и извршавају друге задатке у вези са језиком са високом прецизношћу [71]. Међу тренутно најактуелнијим AI језичким моделима је ChatGPT који је OpenAI објавио крајем новембра 2022. У контексту образовања, ChatGPT се може користити да помогне ученицима у учењу и олакша задатке наставницима. Поред тога, ChatGPT се такође може користити за аутоматско креирање питања и тестова [71]. Уз значајне потенцијале, ChatGPT има ограничења у виду нетачних одговора који су и даље поуздано оправдани моделом [68] док му је знање ограничено на ствари које је научио пре 2021. године без могућности претраживања веба у потрази за информацијама о актуелним догађајима. Неопходност људског надзора у виду способности наставника да идентификују и одаберу релевантне текстове за учење и да буду у стању да развију ефикасне стратегије за коришћење ChatGPT-а такође представља једно од могућих ограничења.

Најзаступљенији тип питања у истраживањима су питања са вишеструким одговором (MCQ) која чине половину од укупног броја одабраних студија. Питања отвореног типа, тачније питања са попуњавањем празнина (енг. Fill in the blank – FI) су на другом месту са 16 студија, при чему је као извор знања највише коришћен текст. Остали типови питања су значајно мање заступљени (Табела 2). Приликом генерисања питања на основу текста највећи изазов представља генерисање одговора MCQ. Упркос коришћењу текста за генерисање питања из језика, где се дистрактори (понуђени одговори који нису тачни) могу генерисати коришћењем једноставних стратегија, текст често не садржи дистракторе, тако да су спољни, структурирани извори знања потребни да би се открило шта је тачно и шта је слично [72]. Друге врсте питања као што су питања заснована на медицинским случајевима захтевају више напора у одабиру садржаја и вербализацији. У том случају више се користе онтологије као извори знања. У радовима који су проучавани, ChatGPT се највише користио за генерисање питања типа есеја и оцењивање истог. Ипак, поред тога што су типови питања генерисани из онтологија разноврснији од типова питања генерисаних из текста, прегледом радова уочава се да је највећи фокус на генерисању MCQ питања из текста, док је број радова који се бави другим типовима питањ мање заступљен.

Контрола тежине питања један је од изазова са којима се сусрећу истраживачи приликом аутоматског генерисања питања. Може се уочити да радови који се баве овим аспектом у највећем броју случајева нису узимали у обзир одређивање тежине питања на основу ревидиране Блумове таксономије (деталније о таксономији може се погледати у

секцији 4.3.1). Од 40 одабраних студија, само 4 студије су одређивале тежину питања на основу ревидиране Блумове таксономије, док је 9 студија тежину питања делило на три нивоа (лако, средње, тешко).

Табела 2. Резултати прегледа литературе са аспектима и категоријама од значаја

Аспекти	Категорије	Број радова	Процентуално
Сврха	Образовање	5	12,5%
	Оцењивање	31	77,5%
	Само-оцењивање	3	7,5%
Домен	Општи	19	47,5%
	Учење језика	9	22,5%
	Медицина	5	12,5%
	Рачунарске науке	4	10%
	Остало	3	7,5%
Извори знања	Текст	19	47,5%
	Онтологије	16	40%
	Текст и слика	1	2,5%
	RDFKB	3	7,5%
	Табеле података	1	2,5%
Тип питања	MCQ	20	50%
	FI	16	40%
	T/FQ	3	7,5%
	Есеј	2	5%
	SCT	2	2,5%
	CIP	1	5%
	SAQ	1	2,5%
Коришћење ревидиране Блумове таксономије за одређивање тежине питања	Да	4	10%
	Не	36	90%

3. ОНТОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Данашње друштво живи у ери вештачке интелигенције (Artificial intelligence - AI), чији утицај на образовање је у центру дискусија и експеримената истраживача [73]. Постоје два главна приступа за подршку AI [74]. Први приступ се односи на *машинско учење* где AI системи уче из примера. Системи засновани на машинском учењу користе статистичку класификацију образаца ради упоређивања сета података за тренинг са новим подацима како би проверили да ли одговарају том обрасцу.

Други приступ подршци AI се односи на *инжењерство знања*. Овај приступ ствара базу знања која систематизује информације, а затим развија онтологију која одражава асоцијације између различитих ставки података. AI системи засновани на онтологијама омогућавају доношење закључака на основу садржаја и односа, опонашајући људске перформансе. За разлику од машинског учења, овај приступ омогућава добијање високо циљаних резултата, при томе не захтевајући употребу сета података за тренинг ради функционисања [74]. Може се рећи да су онтологије одговорне за управљање главним подацима (master data management - MDM) за AI, по томе што пружају општу структуру знања, обухватајући и пословне токове, процесе и друге конструкције које нису присутне у самим подацима.

Последњих неколико деценија услед активног истраживања, област онтолошког инжењерства, као дисциплина која проучава методе и методологије креирања онтологија за конкретне домене, је оснажена усвајањем неколико стандарда који се односе на онтологије, развој и проширење алата за изградњу онтологија, и ширим препознавањем значаја стандардизованих речника и формализоване семантике. Истраживање онтолошког инжењерства је такође произвело методе и алате који се све више користе у различитим окружењима. Упркос свим овим наплетцима, онтолошко инжењерство је и даље тежак процес, а многи изазови тек треба да се савладају [75].

Основне поставке области онтолошког инжењерства се у наставку уводе на следећи начин: У секцији 3.1 су наведене и описане основне дефиниције појма онтологије. У секцији 3.2 се наводе разлози за креирање онтологија, као и основни правци примене онтологија. У секцији 3.3 објашњени су основни типови онтологија, док се у секцији 3.4 даје преглед значајнијих метода и методологија за развој онтологија. У секцији 3.5 се

даје преглед репрезентативних онтолошких језика, док секција 3.6 даје преглед алата за инжењеринг онтологија.

3.1 Дефиниција онтологије

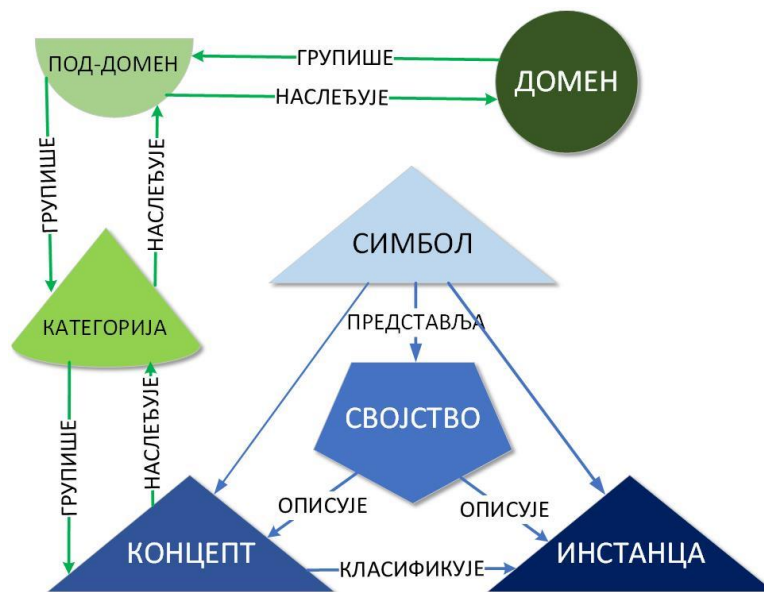
Истраживање онтологија у рачунарској науци почело је почетком 1990-их година [75]. Реч онтологија, првобитно је позајмљена из филозофије а затим се проширила у многим научним доменима [76]. У информационим системима онтологија је покушај да се формализује језик за описивање знања у одређеном домену. Ово није ограничено на речник (таксономију појмова), већ се такође протеже на описивање односа између концепата и правила (аксиома) којима се контролисало/објашњавало понашање таквих концепата. Наравно, овај језик је везан истим ограничењима са којима се суочавају филозофске онтологије, ако не и више. Стога је важно нагласити да је онтологија још један „модел за представљање знања“ [77]. Семантички веб, и онтологије као његов саставни део се ослањају на правило „Претпоставке Отвореног Света“ (Open World Assumption - OWA). Отворени свет у овом смислу је онај у коме се не сме претпоставити да су информације које тренутно постоје једине могуће. Истраживачи су на различите начине и из различитих перспектива описивали термин онтологије. Према Ушеру и Грунингеру, онтологија је термин који се односи на заједничко разумевање неког домена интересовања који се може користити као обједињавајући оквир за решавање различитих проблема [78]. Међу најцитиранијим дефиницијама је свакако Груберова из 1993. године, где је онтологија представљена као експлицитна спецификација заједничке концептуализације [79]. Дефиниција је проширена 1998. године од стране Стаба и сарадника, тиме да онтологија представља формалну, експлицитну спецификацију заједничке концептуализације [80]. Реч **формално** подразумева да се знање или садржај представљен онтологијом чува у формату који разумеју рачунари. **Експлицитна спецификација** подразумева да се никакви односи или концепти приказани онтологијом не могу претпоставити већ су јасно дефинисани. Свако својство и веза мора бити наведено у целини, без могућности остављања претпоставки које би могле резултирати вишеструким закључцима. Коначно, **заједничка концептуализација** одражава поглед на свет и често се схвата као скуп концепата (нпр. ентитета, атрибута, процеса), њихових дефиниција и њихових међусобних односа. Ово подразумева да је садржај који представља онтологија универзално прихваћен и да има само једну перспективу и контекст за разумевање [81].

Појам онтологије из перспективе е-учења:

- Могућност формалног представљања знања је од помоћи у интероперабилности унутар хетерогених окружења за електронско учење.
- Експлицитна спецификација иде ка побољшању исцрпног учења тако што се не праве претпоставке о имплицитној природи информација или стилу ученика.
- Заједничка концептуализација осигурава да знање које се чува и користи, нема двосмислености. Разрада је потребна за развој онтологије домена да би се обезбедило персонализовано е-учење. Било је неколико покушаја да се креирају онтологије домена како би се задовољили захтеви е-учења, иако је њихов значај битан. Постоји више аспеката које треба узети у обзир приликом класификације онтологија. Ови аспекти се могу окарактерисати према њиховој формалности, грануларности, рачунарским способностима и општости [81].

3.1.1 Компоненте онтологије

Знање се у онтологијама формулише коришћењем концепата, инстанци и својства који су референцирани једним или са више симбола (Слика 1). Симболи представљају елементе азбуке неког језика. Концепти се уопштено дефинишу као апстрактне групе, скупови или колекције ентитета (инстанци, индивидуа) у оквиру неког домена. Концепт може бити апстрактан, конкретан, елементаран, сложен или фиктиван (Слика 2) [82]. Самим тим, инстанца, односно индивидуа, представља једну јединствену појаву одговарајућег концепта. Онтологија не мора да садржи ниједну инстанцу, с обзиром да она представља концептуализацију одређеног домена. Комбинација онтологије са одговарајућим инстанцама се другачије назива *база знања*. Онтологије представљају знање у виду таксономског стабла (којима ентитети вишег реда (категорије и домени) генерализују својства ствари помоћу којих их је могуће груписати (Слика 1). Ентитети нижег реда (концепти и инстанце) наслеђују општа својства одозго и поседују сопствена јединствена својства.

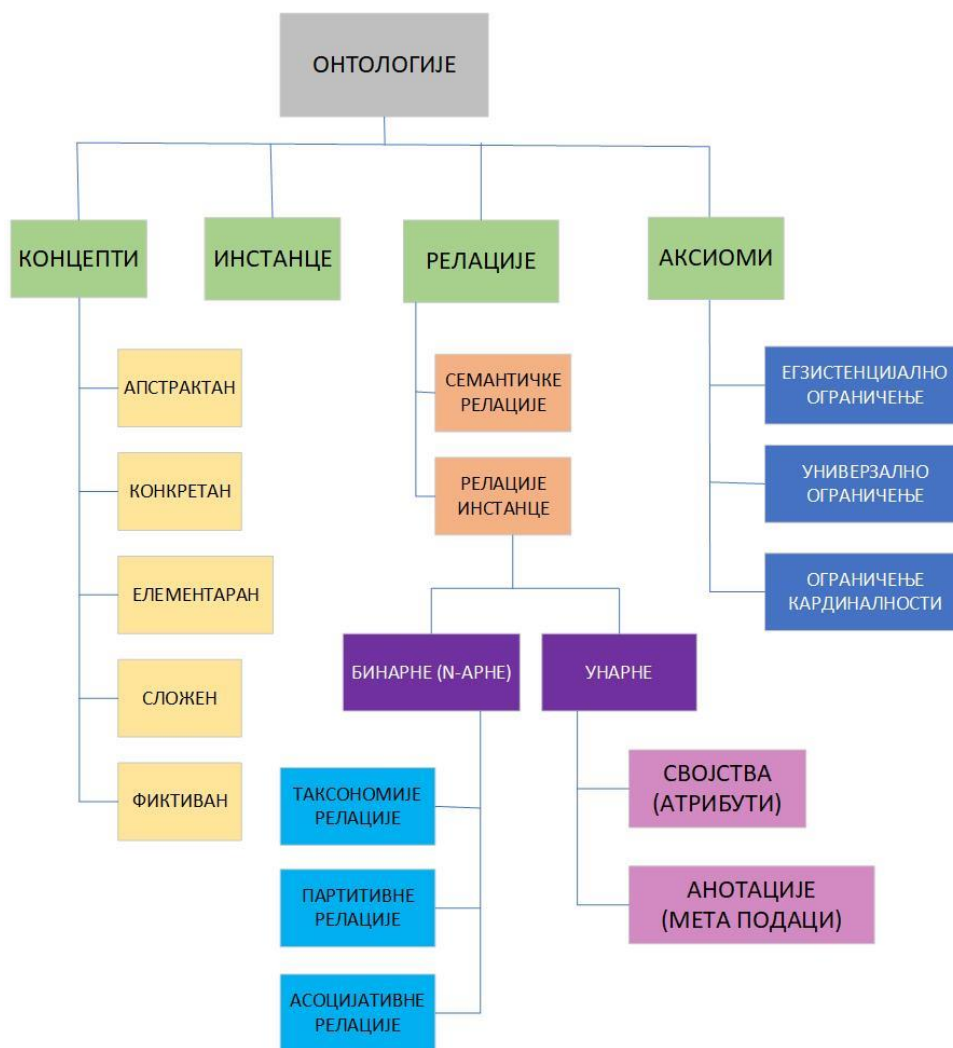


Слика 1. Међусобни однос компонената онтологија

Све ове компоненте онтологије повезане су релацијама. Семантичке релације повезују само концепте заједно: на пример, релација локације указује да је концепт града локализован у концепту држава. Релације инстанце повезују само инстанце. Неке релације између инстанци могу зависити од контекста и не могу се генерализовати на све инстанце њиховог концепта [83]. Релације инстанци могу бити: унарне, бинарне или у општем случају n -арне (Слика 2). Унарне релације се најчешће називају атрибутима односно својствима (енг. *data properties*) неког концепата којима су дефинисане његове специфичне особине, карактеристике. Анотације су својства чија је основна намена да ближе опишу било коју онтолошку компоненту, тј. ова својства представљају неку врсту мета података. Бинарне или у општем случају n -арне операције се могу даље поделити на *таксономије*, које организују концепте у над и под категорије, формирајући структуру стабла (најчешће су облика „је врста“); *партитивне релације* које означавају да над-концепти садрже у свом саставном делу остале под-концепте (најчешће су облика „садржи-део“); и *асоцијативне* које су познате као објектна својства (*object properties*) које повезују инстанцу класе домен (*domen*) са инстанцом класе опсег (*range*).

Аксиоми се користе за дефинисање концепата. Аксиоми у онтологији одређују дефиниције појмова у онтологији и ограничења при њиховој интерпретацији. Аксиоми морају бити обезбеђени да би се дефинисала семантика или значење ових термина [78]. Над релацијама се могу дефинисати следеће врсте ограничења (Слика 2): – *егзистенцијално (some) ограничење* које описује класу инстанци које су преко наведене релације повезани најмање са једном инстанцом друге прецизиране класе; – *универзално*

(*only*) *ограничење* које описује класу инстанци које су преко наведене релације повезани само са инстанцама друге прецизиране класе; – *ограничење кардиналности* које описује класу инстанци које су преко наведене релације повезани са тачно одређеним бројем n инстанци друге прецизиране класе (*exactly n* ограничење), затим класу инстанци које су преко наведене релације повезани најмање са дефинисаним бројем n инстанци друге прецизиране класе (*min n* ограничење) или пак класу инстанци које су преко наведене релације повезани највише са прецизираним бројем инстанци друге прецизиране класе (*max n* ограничење). – *има вредност ограничење (has value)* – овом врстом ограничења се описује класа инстанци које су преко наведене релације повезани са тачно прецизираном инстанцом, при чему ове инстанце могу наведеном релацијом бити повезане и са другим инстанцама. Коришћењем ограничења над релацијама, дефинише се анонимна надкласа одређене класе.



Слика 2. Хијерархијски приказ компонената онтологија

3.2 Разлози за креирање онтологија

Један од важних разлога за креирање онтологија је дефинисање заједничког речника за истраживаче који желе да деле информације о одређеном домену. У онтологији су садржане машински читљиве дефиниције основних појмова датог домена као и односи међу тим појмовима [84]. Управо ово дељење заједничког разумевања структуре информација представља један од најчешћих циљева приликом развоја онтологија [79]. Уколико би, на пример неколико различитих веб сајтова садржало медицинске информације, при чему би сви делили и објављивали исту основну онтологију термина, софтверски агенти би могли да издвоје и обједине податке са ових сајтова, чиме би могли да користе ове агрегиране информације за одговарање на упите корисника или као улазне податке за друге апликације.

Могућност поновне употребе знања из одређеног домена се истиче као приступ који обећава, јер омогућава убрзање процеса развоја онтологија. На пример, модели који описују различите домене могу описивати појам MCQ питања. Ова репрезентација укључује појмове сценарија, тачних одговора, дистрактора и тако даље. Ако једна група истраживача развије такву онтологију у детаљима, други је једноставно могу поново користити за своје домене и на тај начин користити претходно развијене онтолошки вођене методе генерисања питања. Поред тога, ако треба развити велику онтологију, могуће је интегрисати неколико постојећих онтологија које описују поједине делове великих домена. Међутим, проблеми приликом избора правих онтологија за поновну употребу, њихово проширење и састављање од неколико фрагмената онтологија још увек представљају изазов за истраживаче [85].

За разлику од претпоставки које су изражене у неком програмском језику, које су тешко разумљиве и изменљиве, експлицитне доменске претпоставке у онтологијама се могу лако променити уколико се промени знање о датом домену. Осим тога нови корисници могу лако користити експлицитне спецификације знања како би научили значења термина у домену [84].

Анализа доменског знања је могућа када је доступна декларативна спецификација појмова. Формална анализа појмова од великог је значаја приликом поновне употребе већ постојећих онтологија. Креирање доменске онтологије најчешће није крајњи циљ, већ се њен развој може упоредити са дефинисањем скупа података и њихове структуре

за употребу других програма. Методе решавања проблема, апликације независне од домена и софтверски агенти касније користе онтологије и базе знања [84].

3.3 Типови онтологија

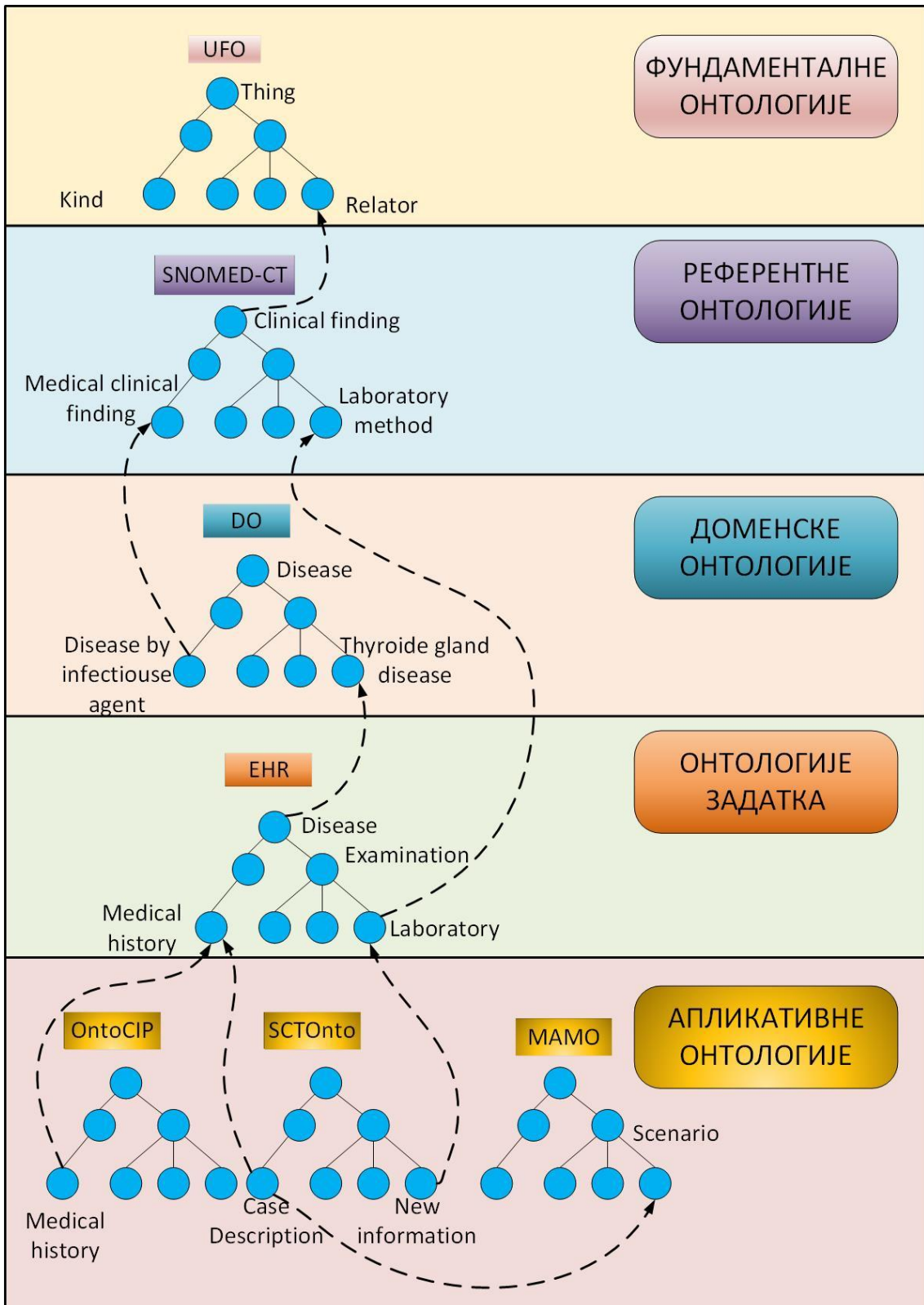
Постоји више класификација онтологија. Према ван Хајсу и сарадницима онтологије се могу поделити на терминолошке, информационе и онтологије моделирања знања, у зависности од количине и врсте структуре, док се према предмету концептуализације деле на репрезентативне, генеричке, доменске и апликативне онтологије [86]. За разлику од ван Хајса, Гуарино класификује онтологије на онтологије највишег нивоа, доменске, онтологије задатака и апликативне, а према нивоу њихове зависности у односу на одређени задатак или тачку гледишта [18]. Мизогучи и сарадници класификовали су онтологије према информацијама које је потребно представити и према опширности описа саме структуре [87]. Такође, новија класификација [76] разликује онтологије према експресивности и формалности језика који се користе (информационе онтологије, лингвистичке/терминолошке онтологије, софтверске онтологије, формалне онтологије) и онтологије засноване на објектима описаним у онтологији. У оквиру ове дисертације фокус је управо на последњој класификацији:

- **Фундаменталне онтологије**, које се такође називају горњим или онтологијама највишег нивоа, су онтологије високог нивоа апстракције независне од одређеног проблема или домена. Примери укључују широко генерализоване онтологије које објашњавају опште појмове као што су догађаји, процеси, време, простор, емоције и др који су независни од одређеног домена [81].
- **Референтне онтологије**, познате као онтологије средњег нивоа, понашају се као веза између фундаменталних и доменских онтологија. Њихова намена је слична намени софтверских библиотека у објектно оријентисаним програмима [81]. Ова врста онтологија је повезана са доменом, али интегрише различита гледишта везана за одређену групу корисника. Ова врста онтологије је резултат интеграције неколико доменских онтологија. Језгро референтне онтологије се често гради да обухвати централне концепте и односе домена.
- **Доменске онтологије** су применљиве само на домен са одређеном тачком гледишта и специфицирају концепте, њихова својства и везе који се односе на тај

домен интересовања. Пример таквих онтологија су онтологије које описује домене као што су медицина, аутомобили, биологија, итд [81].

- **Онтологије задатака** садрже знање за постизање задатка, као што је представљање основних концепата који се односе на општу активност или задатак (као што су дијагностика (за медицину) или продаја (за аутомобиле)) [81]. Са друге стране, онтологија домена описује знање где се задатак примењује [76]. Такође, за разлику од доменских онтологија, код онтологија задатака не постоје опште прихваћене методе за њихову израду нити униформност у њиховом представљању [88].
- **Апликативне онтологије** су креиране у сврху пружања помоћи специфичним апликацијама. Некада се називају и локалним онтологијама [76]. Оне у суштини представљају комбинацију онтологија домена и задатака [81]. Другим речима, ова врста онтологије представља одређени модел домена према једном гледишту корисника или програмера [76].

На Слици 3 приказан је однос описаних типова онтологија са примерима онтологија које припадају одређеном типу, а које су коришћене или креиране током израде докторске дисертације. За сваку од датих онтологија биће дат детаљнији опис у наредним секцијама.



Слика 3. Типови онтологија и везе међу њима

3.4 Методологије и методе за развој онтологија

Онтолошко инжењерство се није значајно променило у последњој деценији. Иако је било напретка у одређеним областима, стандардизоване методологије које би подразумевале низ фаза у процесу развоја онтологија, смернице и начела за помоћ у различитим фазама, као и животни циклус онтологија, још увек нису званично усвојене [89] [90]. Чак и данас, *Ontology 101* [84] представља једну од најцитиранијих методологија за развој онтологија.

У литератури постоје различите методологије за развој онтологија, које могу бити груписане на различите начине (Табела 3). Према Гладуну и сарадницима [91], методологије се могу поделити на методологије за изградњу онтологија „од почетка“ или „од нуле“ као што су *CYC* [92], *Menthontology* [93] и *On-To-Knowledge* [80], док другу групу чине методологије за колаборативну конструкцију онтологија [94], међу којима су најпознатије *Ontolingua* [95], *WebOnto* [96], *Ontoin* [97] и *PROMPT* [98].

Методологије се такође могу поделити према степену зависности у односу на апликацију која користи онтологију [99]. Према овој подели, у првој групи су методологије зависне од апликације – конструкција онтологије је у великој мери повезана са знањем о апликацији база (нпр. *KACTUS* [100]). Другу групу чине методологије полузависне од апликације – дефинишу се могући сценарији употребе онтологије (нпр. *SENSUSC*) [101]). У трећој групи су методологије независне од апликације – конструкција онтологије је потпуно независна од апликације (нпр. *Cyc* [92], *Menthontology* [93]).

Табела 3. Упоредни преглед поделе методологија према различитим критеријумима

Подела	Врста поделе	Пример методологије
Гладун и сарадници [91]	Методологије за изградњу онтологија “од почетка“	<i>CYC</i> [92], <i>Menthontology</i> [93] <i>On-To-Knowledge</i> [80]
	Методологије за колаборативну конструкцију онтологија	<i>Ontolingua</i> [95], <i>WebOnto</i> [96], <i>Ontoin</i> [97], <i>PROMPT</i> [98]
Степен зависности у односу на апликацију која користи онтологију [99]	Методологије зависне од апликације	<i>KACTUS</i> [100]
	Методологије полузависне од апликације	<i>SENSUSC</i> [101]
	Методологије независне од апликације	<i>Cyc</i> [92], <i>Menthontology</i> [93]

Недавно су се појавили приступи који узимају у обзир факторе као што су еволуција онтологије и дистрибуирана природа знања за изградњу онтологије (DIstributed, Loosely-controlled and evolving Engineering of oNTologies - DILIGENT) [102]. Такође, *NeOn* пројекат је развио свеобухватну методологију за изградњу мреже онтологија [94]. *NeOn* методологија описује скуп од девет сценарија за развој онтологија који су усмерени на изградњу, поновно коришћење онтолошких и не-онтолошких ресурса, спајање, реинжењеринг, као и колаборацију. *NeOn* методологија још увек није широко усвојена, али је рад на *NeOn* пројекту произвео важна истраживања која су унапредила ову област [75].

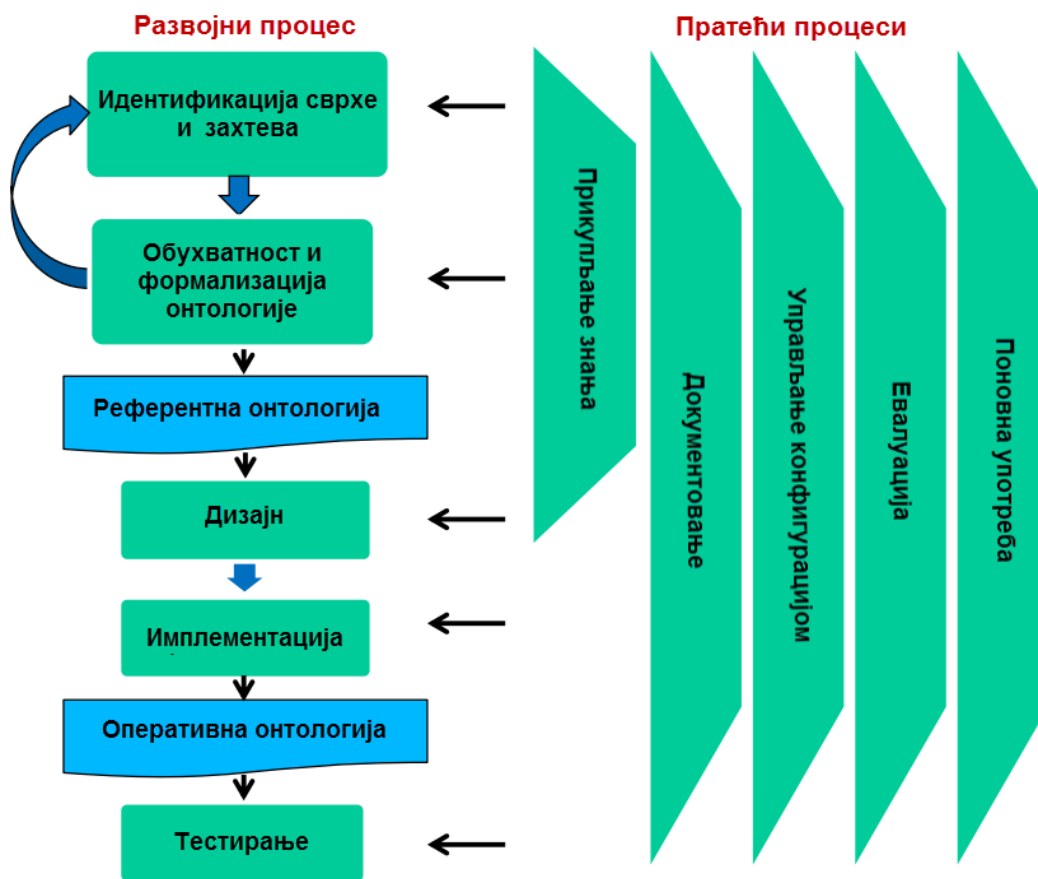
Учесници *NeOn* пројекта су 1997. године дефинисали систематски приступ за изградњу онтологија (Systematic Approach for Building Ontologies - SABiO) [103] Процес развоја SABiO методе се састоји од пет главних фаза приказаних на Слици 4:

1. **Идентификација сврхе и захтева.** Циљ ове фазе је препознавање захтева онтологије која се изводи кроз четири активности: Идентификација сврхе и употребе онтологије; Обухватање захтева; Идентификација питања компетенције; и Модуларизација онтологије. Извођење наведених активности представља итеративни посао.
2. **Обухватност и формализација онтологије.** Циљ ове фазе је концептуализација домена заснована на питањима компетенције. SABiO се залаже да концепте и релације у онтологији треба анализирати у светлу фундаменталних онтологија. Треба идентификовати и организовати релевантне концепте, релације, својства и аксиоме и изградити концептуални модел на графичком језику. SABiO предлаже употребу OntoUML језика [104] у оквиру кога су обухваћена важна концептуална разграничења која UFO (Unified Foundational Ontology) онтологија [105] пружа. Ова фаза такође обухвата четири активности: Концептуално моделовање, дефиницију појмова у речнику појмова, дефиницију неформалних аксиома и дефиницију формалних аксиома.
3. **Дизајн.** У овој фази концептуална спецификација референтне онтологије треба да се трансформише у спецификацију дизајна узимајући у обзир низ питања (од архитектуре до техничких не-функционалних захтева) ради припреме за окружење где ће онтологија бити имплементирана. Фаза пројектовања, према томе, има за циљ повезивање концептуалног моделовања онтологије и њеног

кодирања у одговарајући операциони (машински читљив) језик онтологије (нпр. RDF или OWL).

4. **Имплементација.** У оквиру ове фазе врши се имплементација онтологије на изабраном оперативном језику.
5. **Тестирање.** Ова фаза обухвата динамичку верификацију и валидацију понашања онтологије на коначном скупу тест случајева, у односу на очекивано понашање у вези са питањима компетенције која су дефинисана на почетку процеса изградње онтологије.

SABiO такође разматра пет пратећих процеса: Прикупљање знања (Knowledge Acquisition), документовање, управљање конфигурацијом, поновна употреба и евалуација. **Прикупљање знања** се одвија углавном у почетним фазама процеса развоја онтологије. Примењују се конвенционалне методе и технике за прикупљање знања, као што је ангажовање стручњака из домена, консолидовани библиографски материјали (класичне књиге, међународни стандарди, разне врсте речника, класификационе шеме и референтни модели) [103]. Процес развоја онтологије захтева и документовање истог. Главни развијени документи, као и изворни код оперативних онтологија, морају имати развијено **управљање конфигурацијом**. Стога, када буду одобрени, морају се доставити Управи за конфигурацију, где ће бити контролисани барем у погледу промена, верзија и испоруке [103]. Процес **евалуације** се састоји од провере и валидације онтологије. Провера има за циљ да осигура да је онтологија правилно изграђена, у смислу испуњености захтева постављених на почетку процеса израде онтологије. Валидација има за циљ да осигура да онтологија испуњава своју специфичну намену. **Поновна употреба** подразумева процес истраживања и коришћења постојећих онтологија домена, фундаменталних онтологија као и онтолошких образаца.



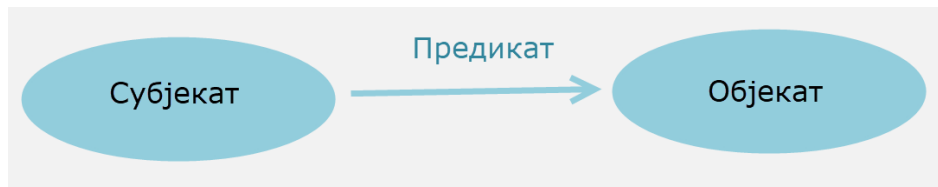
Слика 4. SABiO метода развоја онтологија, преузето из [103]

3.5 Онтолошки језици

Један од веома важних корака у процесу развоја онтологије представља имплементација у оквиру које се врши кодирање онтологије у одговарајући оперативни (машински читљив) језик. У рачунарској науци, онтолошки језици су формални језици који се користе за конструисање онтологија. Они дозвољавају кодирање знања о одређеним доменима и често укључују правила закључивања која подржавају обраду тог знања. Онтолошки језици су обично декларативни језици који се заснивају или на логици првог реда или на дескриптивној логици. Део постојећих језика је имплементиран у алате за развој и управљање онтологијом (онтолошке алате) или се користи у одређеним методологијама. Упркос постојању многих методологија, алата и језика, није лако изабрати одговарајућу технику развоја онтологије. Такође, неке методологије су развијене само за одређене онтолошке језике и могу се користити само са одређеним алатима. Као резултат тога, опције избора одговарајуће технике развоја онтологије су ограничене, а само одређени приступи се могу користити за развој онтологије. Према [106] онтолошки језици се могу поделити у две категорије. Прва категорија су

традиционални језици онтологије. То су: језици засновани на логици првог реда (KIF, CycL), језици засновани на оквирима (Ontolingua, F-logic and OCML), језици засновани на дескриптивној логици (Loom), и други језици. Друга категорија су веб стандарди, који се користе за олакшавање размене на Интернету, а онтолошки језици, који су компатибилни са веб стандардима и називају се онтолошки језици засновани на вебу. Међутим, одређени језици се могу сврстати у обе категорије, тј. засновани су на одређеном веб стандарду и одређеној парадигми, као што су оквири или језици засновани на логици првог реда. На пример, OWL DL је заснован на RDF језику и дескриптивној логици [107]. У оквиру ове дисертације се разматрају најпопуларнији језици онтологија који припадају обема групама:

- **Resource Description Framework (RDF)** језик је развијен од стране W3C (World Wide Web Consortium) радне групе са циљем описа веб ресурса као што су веб странице [108]. RDF реченица се представља триплетом (или тројком) који се састоји од субјекта, предикта и објекта. Триплет се може замислити као усмерена веза између два чвора, који се могу моделовати као субјекат и објекат, док предикат делује као усмерена веза од субјекта до објекта [81]. Визуелно, триплет се може представити усмереним графом приказаним на Слици 5.



Слика 5. Компоненте RDF графа

- **RDF Schema** [108] представља проширење RDF језика, дизајнирано за приказ мета-података ресурса на вебу, при чему поседује примитиве које се базирају на оквирима. Комбинација RDF језика и RDF Schema позната је као RDF(S). RDF(S) се базира на комбинацији семантичких мрежа и оквира, али не поседује све примитиве које се користе у репрезентацији знања базираној на оквирима. За овај језик израђени су поједини механизми закључивања, попут механизма за проверу ограничења.
- **Ontology Interface Layer (OIL)** језик развијен је током On-To-Knowledge пројекта. Креиран је на основу језика заснованих на оквирима, дескриптивној логици и веб стандардима. OIL језик се користи како за представљање онтологија, тако и њихову размену [109] и при томе додаје RDF језику примитиве за представу

знања базиране на оквирима, при чему је његова формална семантика базирана на дескриптивној логици.

- **DAML+OIL** језик је настао као покушај спајања DAML (DARPA Agent Markup Language) језика и OIL језика. DAML+OIL показује већу ефикасност од самог OIL језика услед повећања карактеристика из дескриптивне логике. Међутим, због искључења неколико функција заснованих на оквирима, употребљивост са алатима заснованим на оквирима постала је ограничена [110].
- **Simple HTML Ontology Language (SHOE)** језик изграђен је као проширење HTML језика [111]. Он користи тагове, који обезбеђују убацивање онтологија у оквиру HTML докумената и семантичку анотацију веб страница. SHOE језик комбинује оквире и правила и обезбеђује представљање концепата, њихових таксономија, n-арних релација, инстанци и дедуктивних правила, која користе свој механизам закључивања за генерисање новог знања.
- **XML-based Ontology Exchange Language (XOL)** је веома рестриктиван језик у коме се могу специфицирати само концепти, таксономије концепата и бинарне релације [111]. Овом језику није придружена никаква могућност закључивања, пошто је он претежно дизајниран за потребе размене онтологија биомедицинског домена
- **Web Ontology Language (OWL)** је стандард за представљање онтологија на семантичком вебу, развијен 2001. године од стране WebOnt радне групе. 2004. године W3C је препоручила да OWL постане стандард [113]. Дизајниран је за употребу од стране апликација које обрађују садржај информација уместо да само представљају информације људима. OWL омогућава већу машинску интерпретабилност веб садржаја од оне коју подржавају XML, RDF, и RDF Schema (RDF-S) обезбеђујући додатни речник заједно са формалном семантиком. OWL језик је развијен као проширење RDF(S) језика и поседује слојевиту структуру, која је подељена на три језичке под групе: OWL Lite, OWL DL и OWL Full. OWL Lite и OWL-DL припадају дескриптивној логици и карактерише их комплетност и решљивост у процесу резоновања (сва резоновања ће се извршити у коначном времену). OWL Full је са друге стране максимално експресиван, али не поседује никакву гаранцију у извршавању процеса резоновања (подршка резоновању је несигурна [78]).

- **OWL 2** језик настао је као резултат проширења и ревизије OWL језика [114]. OWL 2 језик такође поседује три језичке подгрупе, које се међусобно разликују по степену експресивности, као и подршци резоновања и/или имплементације: OWL 2 EL, OWL 2 QL и OWL 2 RL.

Онтологије које су креиране у овом раду су имплементирани коришћењем RDF онтолошког језика, и из тог разлога RDF ће бити нешто детаљније описан.

3.5.1 RDF

Као што је поменуто RDF је стандардни модел за размену података на вебу, при чему ресурси могу бити физички објекти, апстрактни концепти, документи, људи, објекти података односно све што има идентитет. RDF описује ресурсе у смислу именованих својстава и њихових вредности, док RDF шема (RDF(S)) описује речнике који се користе у RDF описима. RDF речници описују својства, класе ресурса и односе између њих [108].

RDF има карактеристике које олакшавају спајање података и у случају када се основне шеме разликују, а посебно подржава еволуцију шема током времена без потребе да се сви корисници података мењају.

Колекције повезаних RDF реченица садрже усмерени граф који мапира везе између концепата. Колекција RDF реченица о повезаним концептима може се користити за конструисање RDF графикана који показује како су ти концепти повезани. W3C одржава стандарде за RDF, укључујући основне концепте, семантику и спецификације за различите формате. Прва синтакса дефинисана за RDF била је заснована на XML језику. Друге синтаксе се сада чешће користе, укључујући Terse RDF Triple Language (Turtle), JavaScript Object Notation for Linked Data (JSON-LD) и N-Triples.

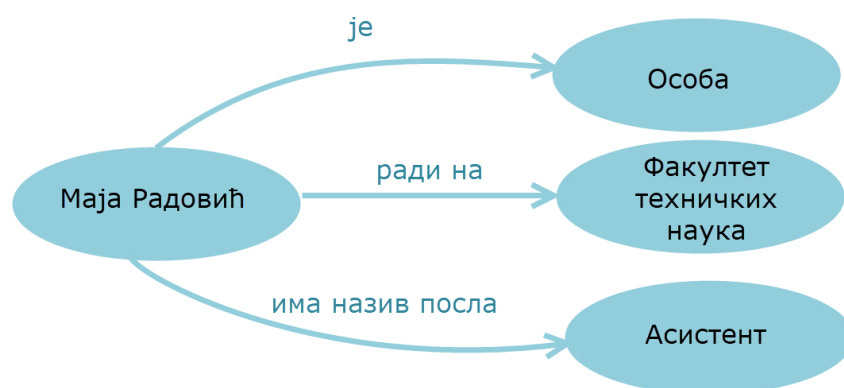
Као што је већ поменуто RDF реченица се састоји од три компоненте, познате као триплет (енг. *Triple*): **Субјекат** је ресурс који се описује триплетом. **Предикат** описује однос између субјекта и објекта. **Објекат** је ресурс који је повезан са субјектом. Субјекат и објекат су чворови који представљају ствари. Предикат је лук, јер представља однос између чворова.

RDF стандард предвиђа три различита типа чворова:

- **Uniform Resource Identifier (URI)** је стандардизовани формат за идентификацију ресурса, било апстрактног или физичког. **Uniform Resource Locator (URL)** је тип

URI који се обично користи у RDF реченицама [108]. Када је W3C ажурирао RDF спецификацију на верзију 1.1, 2014. године, додао је интернационализовани идентификатор ресурса (**Internationalized Resource Identifier - IRI**) као тип чвора. IRI је сличан и комплементаран са URI, омогућавајући употребу међународних скупова знакова.

- **Литерал** је специфична вредност података и може бити стринг, датум или нумеричка вредност. Вредности литерала се изражавају коришћењем URI или IRI формата.
- **Идентификатор празног чвора** је такође познат као анонимни ресурс или *bnode*. Представља предмет о коме се не зна ништа осим везе (односа). Идентификатори празних чворова користе посебну синтаксу за њихову идентификацију.
- Свака компонента (субјекат, предикат и објекат) RDF триплета може се изразити као **URI** или **IRI**. URI може бити URL који упућује на веб ресурс или може да садржи произвољне податке.
- **Вишеструке RDF реченице** о истом ентитету биће сви RDF триплети. Имају исти субјекат, али различите предикте и објекте (Слика 6). Када се прави RDF граф од тих триплета, субјекат се може приказати само једном, са више стрелица које се гранају од њега, што представља различите предикте и различите објекте.



Слика 6. Пример вишеструке RDF реченице

RDF реченице могу бити уграђене у веб странице HTML језика или ускладиштене у одвојеним датотекама и повезане са подацима у веб садржају. Када је RDF први пут специфициран, RDF реченице су биле уграђене у XML документе повезане са веб садржајем. Иако је XML синтакса била једина опција синтаксе која је на почетку наведена, стандарди за кодирање RDF реченица сада укључују следеће три синтаксе:

- **Turtle** је најпопуларнија синтакса текста за RDF изјаве (Слика 7). W3C га описује као „компактну и природну форму текста“ која укључује скраћенице за најчешће коришћене обрасце.

```
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/MedicalHistory13>
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppDg>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis7> ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasApplmgMod>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/ImagingModality13> ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppLab>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory13> ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppPhE>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/PhysicalExam13> ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppTr>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Treatment13> .
```

Слика 7. Пример Turtle синтаксе

- **JSON-LD** (JavaScript Object Notation for Linked Data) користи JSON синтаксу за RDF реченице (Слика 8). JSON-LD је креиран да обезбеди једноставан и пригодан формат за серијализацију за повезане податке (Linked Data – LD) засноване на JSON-у.

```
{
  "@context": "https://json-ld.org/contexts/person.jsonld",
  "@id": "http://dbpedia.org/resource/John_Lennon",
  "name": "John Lennon",
  "born": "1940-10-09",
  "spouse": "http://dbpedia.org/resource/Cynthia_Lennon"
}
```

Слика 8. Пример JSON-LD синтаксе

- **N-Triples** је подкуп Turtle синтаксе, дизајниран да буде једноставнији текстуални формат за RDF реченице за побољшану лакоћу употребе од стране људи који пишу реченице (Слика 9). Једноставнији формат такође олакшава програмима да креирају и анализирају RDF изразе.

```

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppPhE>
  a    rdf:Property ;
  rdfs:domain <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis> ;
  rdfs:label "has Appropriate Physical Exam"@en ;
  rdfs:range <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/PhysicalExam> ;
  rdfs:subPropertyOf <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppOption> ;
  owl:inverseOf <http://www.tasorone.com/tsc/resources/OntoCIP/hasAppDg> .

```

Слика 9. Пример N-Triples синтаксе

RDF упитни језик се користи за приступ и управљање информацијама ускладиштеним у RDF графовима. RDF упитни језици морају бити способни да анализирају RDF триплете и интерпретирају и производе резултате који се односе на садржај триплета, као и везе међу њима. **SPARQL**, акроним за SPARQL Protocol and RDF Query Language, је стандард за RDF упитни језик који је развио W3C. SPARQL компатибилни упитни језици раде само над RDF триплетима и не подржавају упите над RDF шемама. У Табели 4 дат је приказ основних предности и недостатака RDF језика.

Табела 4. Приказ основних предности и ограничења RDF језика.

Предности	Ограничења
<ul style="list-style-type: none"> - Доследан оквир подстиче дељење метаподатака о интернет ресурсима. - Стандардне синтаксе RDF-а за описивање и испитивање података омогућавају лакши рад софтвера који користи метаподатке. - Стандардна синтакса и могућност упита омогућавају апликацијама да лакше размењују информације. - Претраживачи добијају прецизније резултате претраживања на основу метаподатака него из индекса изведених из прикупљања пуног текста. - Интелигентни софтверски агенти имају прецизније податке за рад и прецизнији су у ономе што испоручују корисницима. - За разлику од релационих база података, RDF подаци могу пружити много интересантније информације о ентитету и његовим односима са другим ентитетима. 	<ul style="list-style-type: none"> - Стандардизација речника за описивање RDF ресурса може бити тешка. - <i>Dublin Core Metadata Initiative</i> је важан напор да се стандардишу RDF елементи и термини за заједничке ентитете и атрибуте. - Одабир најприкладнијег формата синтаксе за RDF изразе захтева праксу. - Различити формати могу бити лакши за употребу за специфичне имплементације, посебно за системе који генеришу RDF изразе. - Избор најприкладнијег RDF упитног језика за примену зависи од карактеристика упитног језика и специфичних потреба апликације.

3.6 Онтолошки алати и окружења

Изградња онтологија је сложен и дуготрајан процес, који је додатно отежан уколико је потребна директна имплементација директно у онтолошком језику, без употребе алата за подршку. Средином 1990-их година појавили су се први алати и окружења за изградњу онтологија. Они су обезбедили интерфејсе који су помогли корисницима да спроведу неке од главних активности приликом израде онтологија, као што су концептуализација, имплементација, провера конзистентности и документација. Последњих година експоненцијално је нарастао број окружења и алата за изградњу онтологија. Према Гомез-Перезу, алати се могу поделити у неколико група [82]:

- *Алати за развој онтологија.* Овој групи припадају алати и интегрисана окружења који се могу користити за изградњу нове онтологије од почетка. Поред уобичајеног издања и функција претраживања, ови алати обично дају подршку онтолошкој документацији, извозу и увозу онтологије у/из различитих формата и онтолошких језика, итд.
- *Алати за евалуацију онтологија.* Користе се за евалуацију садржаја онтологија и одговарајућих технологија. Евалуација садржаја онтологије покушава да смањи проблеме који настају приликом интеграције и употребе онтологије са онтолошки заснованим технологијама у другим информационим системима.
- *Алати за спајање и поравнање онтологије.* Ови алати се користе за решавање проблема спајања и усклађивања различитих онтологија у истом домену.
- *Алати за означавање засновани на онтологији.* Помоћу ових алата корисници могу да уносе инстанце концепата и релација у онтологије и одржавају (полу) аутоматски онтолошки засноване ознаке на веб страницама. Већина ових алата појавила се недавно, у контексту семантичког веба.
- *Алати за онтолошке упите и закључивање.* Они омогућавају лако испитивање онтологија и извођење закључака. Обично су уско повезани са језиком који се користи за имплементацију онтологија.
- *Алати за учење онтологије.* Они могу да креирају онтологије (полу)аутоматски из текстова на природном језику, као и из полуструктурираних извора и база података, коришћењем машинског учења и техника анализе природног језика.

Одређени алати интегришу алате из других група, док неки други пружају само ограничен скуп функција. У овом потпоглављу ће бити поменути само *алати за развој онтологија*, јер је опис свих постојећих група превише опсежан за овај рад. Алати за развој онтологија се могу поделити у две групе:

- Алати чији се модел знања директно пресликава на језик онтологије. Ови алати су развијени као едитори онтологије за одговарајући онтолошки језик. Овој групи алата припадају: *Ontolingua Server* [95], који подржава конструкцију онтологије помоћу *Ontolingua* и *KIF* језика; *OntoSaurus* [101] са *Loom* језиком; *WebOnto* [96] са *OCML* језиком и *OilEd* [115] прво са *OIL*, а касније са *DAML+OIL* језиком.
- Интегрисани пакети алата чија је главна карактеристика да имају прошириву архитектуру и чији је модел знања обично независан од језика онтологије. Ови алати обезбеђују основни скуп услуга везаних за онтологију и лако се проширују другим модулима како би обезбедили више функција. Овој групи алата припадају: *Protégé-2000* [116], *WebODE* [117], *OntoEdit* [118] и *KAON* [119] .

Главна карактеристика прве групе алата је јака веза са специфичним језиком онтологије. Ови алати су креирани да омогуће уређивање и прегледање онтологија на њиховим одговарајућим језицима и да увозе и извозе онтологије са/у неке друге онтолошке језике, али захтевају да корисници познају њихов основни језик онтологије.

Ontolingua Server [95] је био први онтолошки алат креиран да олакша развој *Ontolingua* онтологија. Онтолошки едитор представља његову главну компоненту која осим подршке за развој онтологија обезбеђује и подршку за превођење онтологије из *Ontolingua* језика у друге језике.

OntoSaurus [101] је имплементиран као Веб едитор и претраживач за *LOOM* онтологије. Главни модули овог алата су онтолошки сервер, који користи систем представљања знања повезан са *LOOM* језиком, и веб претраживач, који омогућава уређивање и прегледавање *LOOM* онтологија помоћу *HTML* образаца.

WebOnto [96] је уређивач онтологије за *OCML* (*Operational Conceptual Modelling Language*) онтологије. Онтолошки едитор је заснован на Јава аплетима. Такође, овај алат пружа подршку за колаборативно издање онтологија, које омогућава синхронно и асинхронно дискутовање од стране корисника који граде онтологију.

Последњих година развијена је нова генерација онтолошких окружења која пружа технолошку подршку широком спектру активности процеса развоја онтологије. Сходно

томе, ова окружења имају прошириву архитектуру засновану на компонентама, где се нови модули лако могу додати да би се обезбедило више функција пакету. Осим тога, модели знања који су у основи ових окружења су обично независни од језика и пружају преводе са и на неколико језика и формата.

Protégé [116] је самостална апликација отвореног кода са проширивом архитектуром. Срж Protégé алата је онтолошки едитор, који се може проширити додацима који омогућавају више функција окружењу, као што су увоз и извоз онтолошких језика (FLogic, Jess, OIL, XML, Prolog), ОКВС (Open Knowledge Base Connectivity) приступ [120], спајање онтологије, итд.

WebProtégé [121] је едитор заснован на вебу за OWL 2.0 са поједностављеним корисничким интерфејсом који подржава колаборацију приликом израде онтологије. WebProtégé такође подржава означавање, вишејезичност, постављање упита и визуелизацију.

WebODE [117] је такође прошириво онтолошко окружење засновано на апликационом серверу, чији је развој започео 1999. WebODE Ontology Editor омогућава уређивање и прегледавање WebODE онтологија и заснован је на HTML формама и Јава аплетима. Омогућено је интегрисање услуга за увоз и извоз онтолошких језика ((XML, RDF(S), OIL, DAML+OIL, OWL, CARIN, FLogic, Jess, Prolog), измену аксиома помоћу WAB (WebODE Axiom Builder), документацију, еволуцију, учење, спајање и механизам закључивања.

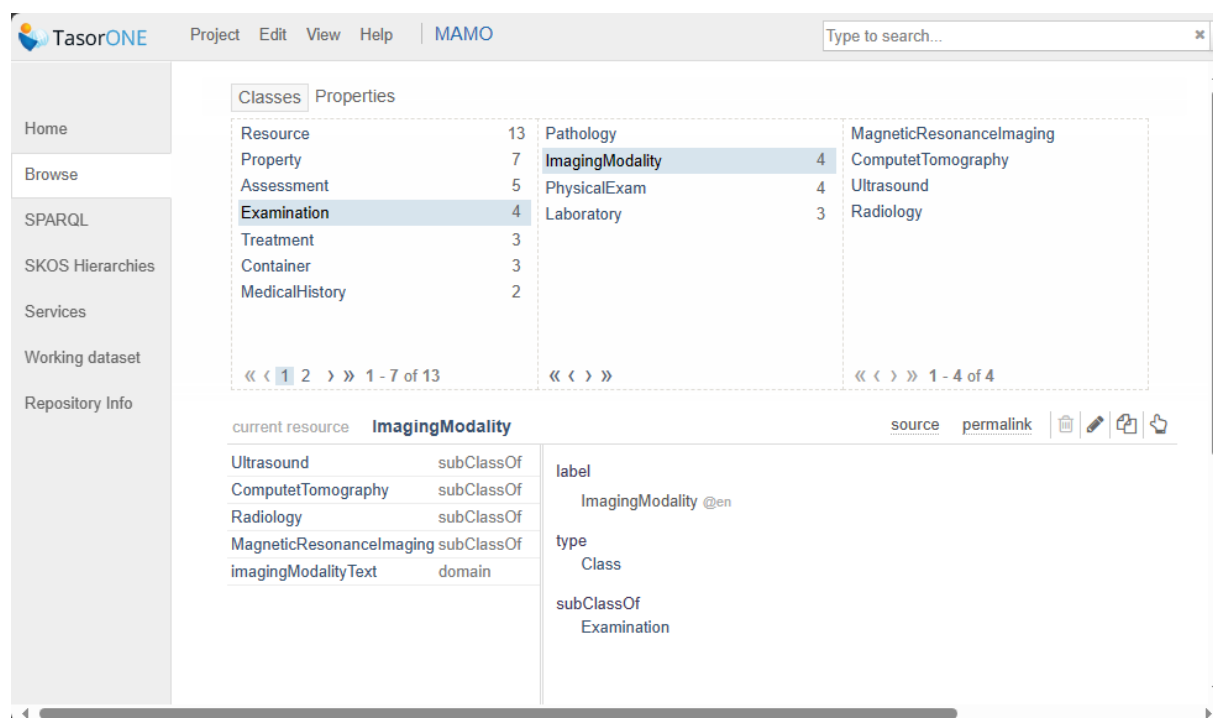
OntoEdit [118] је прошириво и флексибилно окружење засновано на архитектури додатака (енг. *plug-in*). Онтолошки едитор је самостална апликација која омогућава уређивање и прегледање онтологија, и укључује функције за колаборативно грађење онтологије, закључивање, руковање лексиконима домена, итд. Овај уређивач извози и увози онтологије у различитим форматима ((XML, FLogic, RDF(S), и DAML+OIL). Постоје две верзије OntoEdit: OntoEdit Free и OntoEdit Professional, свака са различитим скупом функција.

KAON пакет алата [119] је проширено онтолошко окружење отвореног кода. Срж овог алата је онтолошки API који дефинише свој основни модел знања заснован на проширењу RDF(S).

Visual Notation for OWL Ontologies (VOWL) је добро специфициран визуелни језик за кориснички оријентисано представљање онтологија [122]. Дефинише графичке

приказе за већину елемената OWL језика који су комбиновани ради распореда усмерених графова који приказују онтологију. VOWL има за циљ интуитивно и свеобухватно представљање које је такође разумљиво корисницима који су мање упознати са онтологијама. VOWL је имплементиран у два онтолошка алата: ProtégéVOWL и WebVOWL. Први је додатак за Protégé едитор, док је други самостална веб апликација и представља Веб-базирани алат за визуелизацију онтологија коришћењем распореда усмерених графова. Оба алата демонстрирају применљивост VOWL-а помоћу различитих онтологија.

TasorOne едитор је бесплатан [123] веб сервис за управљање повезаним подацима и колаборативни развој онтологија [123]. Дати едитор (Слика 10) омогућава повезивање, управљање, анализирање и објављивање података и база знања на ефикасан начин. Корисник може да одабере започињање новог пројекта или да се укључи у неки од постојећих. Кориснички интерфејс је дизајниран тако да обезбеди лако сналажење у овом сервису. Сваки креирани пројекат има свој ендпоинт, семантичко складиште и права приступа. Такође, омогућено је укључивање других пројеката у пројекат који се тренутно ради.



Слика 10. TasorOne едитор

4. ОЦЕЊИВАЊЕ УЧЕНИКА У Е-УЧЕЊУ

Као што је већ напоменуто, у оквиру ове докторске дисертације фокус је на оцењивању као елементу испитивања ученика. С обзиром да је област медицинског образовања одабрана за евалуацију примене будуће платформе за аутоматско генерисање питања, нагласак оцењивања биће управо на овој области, па ће се самим тим обрадити и неки појмови својствени за медицинско образовање. Да би се боље схватио сам концепт оцењивања, као и типови питања који се приликом оцењивања користе, потребно је прво образложити неке од основних компоненти које оцењивање обухвата.

4.1 Врсте оцењивања

У фокусу традиционалног али и е-учења налазе се сумативно и формативно оцењивање. Сумативно оцењивање представља оцењивање наученог [124]. Сврха сумативног оцењивања јесте мерење или проверавање постигнућа, које, по правилу, резултира квантитативном оценом. Информације прикупљене приликом сумативног оцењивања могу да помогну у процесу унапређивања процеса наставе на свим нивоима образовања.

Формативно оцењивање је усмерено на процес учења и стицање компетенција. Спроводи се током процеса учења и његов је саставни део, јер омогућава формулисање циљева и наредних корака или смерница у процесу учења/наставе. Формативно оцењивање представља један од кључних предуслова за успешно управљање процесом учења [125]. Ученици постају самосвеснији и препознају области на којима би требало да раде, док наставници планирају наставни процес у складу са индивидуалним потребама ученика. Треба нагласити да је повратна информација од пресудног значаја за формативно оцењивање.

Заједничко, дакле, за оба оцењивања јесте усмереност на вредновање исхода односно ефеката процеса учења садржаних у наставном програму, док се разлика односи на улогу коју имају у процесу учења, односно начину употребе. Сумативно и формативно оцењивање се међусобно допуњују и део су система вредновања образовног система у целини. Добра равнотежа између сумативног и формативног оцењивања је од пресудног значаја, у том смислу да је резултате формативног оцењивања потребно уградити у сумативну оцену ученика [27].

4.2 Критеријуми квалитета у оцењивању

Да би инструмент за оцењивање (питање или цео тест знања) био употребљив потребно је да буде високо квалитетан. У наставку су наведени критеријуми према којима се мери квалитет инструмента за оцењивање. На почетку су дефинисани критеријуми који се често разматрају на нивоу теста. Затим се прелази на критеријуме који се користе за оцењивање појединачних питања у оквиру теста. Листа није коначна јер су наведени само главни критеријуми.

4.2.1 Критеријуми на нивоу теста

Када се говори о критеријуму на нивоу теста, међу најбитније се убрајају: ваљаност, поузданост, објективност, веродостојност, осетљивост, нормираност, транспарентност, покривеност и други. У наставку ће бити укратко објашњен сваки од критеријума.

Ваљаност (валидност) представља својство које указује да је процес закључивања исправан. Тест је валидан ако заиста мери оно чему је намењен. На пример, уколико наставник намерава да провери да ли ученик зна који симптоми описују одређену дијагнозу, неће оцењивати правопис, тј. да ли је име дијагнозе написано малим или великим почетним словом. Да би тест био валидан, учинак ученика треба да буде у корелацији са њиховим овладавањем знањима и вештинама које се процењују.

Поузданост (релијабилност) представља мерну карактеристику теста која се огледа у истој или сличној вредности резултата два узастопна мерења истих величина. Ако се исти испит примењује у сличном контексту (нпр. полаже га еквивалентна група или га прегледају други инструктори), резултати обе пријаве треба да буду конзистентни. Доследност мере указује да нема утицаја неконтролисаних фактора, што омогућује даљи рад и употребу резултата.

Објективност теста подразумева да резултати примене теста искључиво зависе од стеченог знања ученика, а не од субјективне интерпретације наставника који тест саставља или оцењује. Ако је тест знања објективан, различити наставници испитујући исте ученике доћи ће до истих резултата.

Аутентичност (веродостојност) је критеријум којим се оцењује решавање стварних проблема, у реалном контексту, и то тако да наставник буде сигуран да иза онога што оцењује стоји ученик, тј. да је постигнуће његово.

Осетљивост (дискриминативност) представља карактеристику теста помоћу које се могу разликовати ученици с обзиром на њихова знања која представљају предмет мерења. Уколико је тест осетљивији, утолико даје већи број различитих резултата.

Нормираност је карактеристика која подразумева да се резултати са теста знања изражавају бројчаним вредностима разврстаним у категорије, тако да резултати могу бити просечни, изнад или испод просека, што чини индивидуални резултат релативним, зависним од резултата чланова групе.

Транспарентност подразумева да ученик унапред зна шта се и како оцењује, а у складу са исходима учења који су јавни.

Покривеност је критеријум који оцењује да ли су материјали обухваћени тестом репрезентативни за област која се процењује. Пошто је дужина решавања теста ограничена, потребно је одабрати уравнотежен узорак како би се осигурало да резултати ученика одражавају њихово знање.

Дугорочни циљ аутоматског генерисања питања је да се сакупе валидни и поуздани испити. Ово у великој мери зависи од квалитета појединачних питања о којима се даље говори.

4.2.2 Критеријуми на нивоу питања

Међу битнијим критеријумима на нову питања су когнитивни критеријум, погађање и тежина питања, па ће самим тим бити укратко објашњени.

Когнитивни ниво се односи на когнитивне процесе укључене приликом одговарања на питање. Когнитивни процеси се апроксимирају коришћењем постојећих таксономија које дефинишу различите когнитивне процесе који се односе на учење. У оквиру ове дисертације биће појашњена Блумова таксономија [126] као и Милерова пирамида [127] која је заступљена у медицинском образовању.

Погађање је вероватноћа да се тачно одговори на питање без потребног нивоа знања.

Тежина (енг. Difficulty) питања је учесталост тачних одговора на питање. Овај критеријум ће се детаљније размотрити у оквиру поглавља 5.

За сваки од поменутих критеријума на нивоу теста или питања, осим за когнитивни ниво, постоје статистичке методе и мере које се користе за идентификацију питања са добрим и лошим учинком, и означавање потоњих за уклањање или преглед.

Преовлађујуће теорије на основу којих се развијају ове статистичке методе и мере су класична теорија теста (енг. *Classical test theory - CTT*) и теорија одговора на ставке (енг. *Item response theory - IRT*).

4.3 Блумова таксономија и Милерова пирамида

4.3.1 Блумова таксономија

Године 1956., Бедамин С. Блум и група образовних психолога развили су хијерархију образовних циљева, која се генерално назива Блумова таксономија [128]. Блумова таксономија се односи на шест нивоа, унутар когнитивног домена, а то су знање, разумевање, примена, анализа, синтеза и евалуација. Нивои знања и разумевања се сматрају нижим когнитивним доменом, док су примена, анализа, синтеза и евалуација сврстани у виши когнитивни домен. Такође, последња три нивоа вишег когнитивног домена концентришу се на вештине критичког мишљења [130]. Године 2001. Блумови сарадници Кратвол и Андерсон ревидирали су Блумову таксономију, а 2002. године дат је и њен употпуњен изглед [31]. У односу на оригиналну, ревидирана Блумова таксономија подразумева шест нивоа учења унутар домена когнитивних процеса: памћење, разумевање, примењивање, анализирање, вредновање и стварање. У Табели 5 су представљени нивои и одговарајући поднивои ревидиране Блумове таксономије.

Табела 5. Ревидирана Блумова таксономија когнитивних процеса [31]

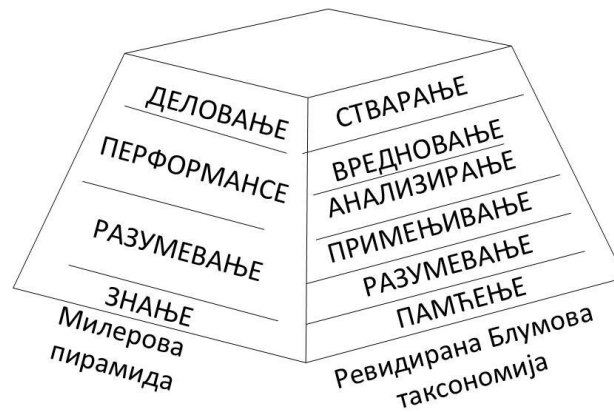
Нивои	Поднивои
Памћење: „Позивање“ одговарајућег знања из дуготрајне меморије	<ul style="list-style-type: none"> • Препознавање • Присећање
Разумевање: Одређивање значења задатог упутства, укључујући усмену, писану или сликовну комуникацију	<ul style="list-style-type: none"> • Образлагање • Давање примера • Класификовање • Сажимање • Закључивање • Поређење • Објашњавање
Примењивање: Спровођење процедуре у датој ситуацији	<ul style="list-style-type: none"> • Извршавање • Имплементирање
Анализирање: Разбијање садржаја у саставне делове и утврђивање у каквој су вези међусобно, односно са целокупном структуром или сврхом	<ul style="list-style-type: none"> • Диференцирање • Организовање • Приписивање особина
Вредновање: Изношење судова који се заснивају на критеријумима и стандардима	<ul style="list-style-type: none"> • Проверавање • Изношење критике
Стварање: Састављање елемената како би се створила нова, кохерентна целина или како би се направио оригинални производ	<ul style="list-style-type: none"> • Стварање • Планирање • Прављење

4.3.2 Милерова пирамида

Џорџ Милер је 1990. године предложио нови модел за процену клиничких компетенција [127]. Он је сматрао да се традиционална процена ученика у медицинском образовању превише ослања на „процену знања“, а недовољно на „процену како би се понашали приликом прегледа пацијената у стварном животу“. Милеров модел пирамиде дели клиничку компетенцију на четири хијерархијска нивоа: зна, зна како, показује и ради [127]. На најнижем ниво пирамиде је „знање“, које се тестира путем писмених задатака и питања са вишеструким избором. Следећи ниво, „зна како“, означава примену знања, оцењује се есејима, клиничким вежбама за решавање проблема и питањима са спаривањем опција. Трећи ниво пирамиде, „показује“, представља вештине клиничких

компетенција, и процењује се вежбама са стандардизованим пацијентима, симулацијама и клиничким прегледима. Коначно, највиши ниво пирамиде, „ради“, представља клинички учинак, и процењује се директним посматрањем у стварним клиничким окружењима.

На Слици 11 је дат приказ Милерове пирамиде у односу на ревидирану Блумову таксономију когнитивног домена.



Слика 11. Упоредни приказ Милерове пирамиде и ревидиране Блумове таксономије

4.4 Типови питања погодни за аутоматско оцењивање

Питања представљају широко прихваћен инструмент испитивања. Питања се могу класификовати према начину оцењивања на субјективна и објективна питања. Субјективна питања су питања у којима се оцене додељују на основу субјективне процене испитивача. Овој класи питања припадају есеј или питања на које се усмено одговара и захтевају од ученика да креира одговор од самог почетка [14]. Да би се субјективност наставника свела на минимум, користе се рубрике тј. документи који наводе критеријуме који се узимају у обзир приликом бодовања. Објективна питања имају резултате који су у великој мери независни од просуђивања и тумачења наставника. Овој класи припадају питања вишеструког избора, питања тачно/нетачно, питања са спаривањем опција и захтевају од ученика да изабере одговор из скупа унапред дефинисаних опција. Сваки формат питања има своју употребу, предности и недостатке. Фокус ове дисертације је на објективним питањима која се могу усвојити за коришћење у аутоматском генерисању и оцењивању, а која ће бити укључена у онтологију предложену у следећој секцији. Биће наведене предности и недостаци предложених питања. У Табели 4, на крају ове секције приказан је упоредни преглед предложених питања.

4.4.1 Питања вишеструког избора

Питања вишеструког избора (Multiple Choice Question - MCQ) се често користе за оцењивање с обзиром на могућност креирања великог броја примерака који обухватају многе области; примену у релативно кратком периоду и могућност оцењивања помоћу рачунара [131]. MCQ питања се могу поделити у два подтипа: питања која захтевају од ученика да изабере један одговор (један најбољи одговор) и питања која захтевају да ученик изабере више одговора [132].

Главни елементи MCQ питања су поставка (енг. *Stem*), уводно питање и низ избора који обухватају најчешће један тачан одговор (кључ) и четири нетачна одговора (дистрактори) (Слика 12).

Поставка:

Пацијенткиња се јавља због гушобоље при гутању и промена на непчаним луцима, бивши пушац, алергија на пеницилин, негира мучнину и повишену температуру, кашље и искашљава; Уредна столица и мокрење, лицна анамнеза- пије "Iamictal" и „kepru“.

Уводно питање:

Која од наведених је највероватнија дијагноза?

Опције:

- A. Pharyngitis acuta
- B. Rhinosinusitis acuta
- B. Asthma bronch. in obs
- G. Infectio respiratoria inferior acuta, non specificata

Слика 12. Пример MCQ питања

Уколико се MCQ питања користе ради провере клиничког резоновања поставка питања може бити у виду вињете¹ пацијента. Приликом описа, вињета пацијента може обухватити неке или све од следећих компоненти: старост, пол (нпр. 45-годишњи мушкарац), место неге (нпр. долази у хитну помоћ), разлог посете (нпр. због главобоље), трајање (нпр. трајало је 2 дана), историју пацијента (са породичном историјом уколико постоји), налази прегледа, резултати дијагностичких налаза, итд. Међутим, због временских ограничења наставници имају тенденцију да развијају MCQ питања без довољно контекста, а који проверава само чињенично знање [15]. Лоше написана MCQ

¹ Клиничка вињета је скраћени извештај о пацијенту који сумира релевантну историју, налазе физичког прегледа, податке о испитивању и лечењу.

питања такође могу довести до ситуације у којој ученик може да одговори на питање препознајући тачан одговор (нагађајући га), али не би могао да одговори на њега када опције не би биле понуђене [131].

4.4.2 Питања са спаривањем опција

Питања са спаривањем опција (Extended Matching Questions – EMQ) се састоје од теме, уводне инструкције за решавање, листе од најмање 6 а највише 26 опција и два или више сценарија (Слика 13) [15]. Од ученика се тражи да повеже (спари) дијагнозу или радњу са листе понуђених опција са одговарајућим сценаријом. Формат одговора са великом листом опција смањује могућност погађања одговора [131]. Ова питања је релативно лако написати и оценити и могу постићи разумну поузданост [133]. С друге стране, због временских ограничења, наставници често пишу питања без довољно детаља, која стога теже да мере само чињенично знање. Уколико су добро конструисана могу проверавати други ниво Милерове пирамиде (зна како).

Инструкције: За сваки од сценарија изабрати један одговор (из листе Опције) који најприближније одговара том сценарију. Одговор из листе Опција се може употребити једном, више пута или ниједном.

Тема: Респираторне инфекције

Опције:

A. Tonsilopharyngitis acuta

Б. Pharyngitis acuta

В. Bronchitis acuta

Г. Asthma bronch. in obs

Д. Pneumonia in regress lat. dex.

Ђ. Tonsillitis acuta

Сценарији описани испод представљају вињете пацијената који су дошли у клинику. Које од понуђених опција највише одговарају датим сценаријима?

Сценарио 1: Пар дана уназад гушобоља, отежано гутање, осећај зиме и дрхтавице, кашаљ, пушач, негира алергије, главобоља, запушен нос, болови зелудца и мучнина.

Сценарио 2: Жали се да је, пре месец дана био прехлађен, понекад има отежано дисање па узима спалмотил тблете, не кашље, не искашљава, нос није запушен н иема сливања низ ждрело, шкрипи у грудима. Лична анамнеза - у детињству имао бронхитис. Алергичан на полене, мачју длаку, прашину, перје, непушач. Породична анамнеза - отац имао лимфом.

Сценарио 3: Кашље, прехлађена, нема повишену температуру. Имала терапију од које јој није добро. Није пушач, негира алергију на лекове.

Слика 13. Пример EMQ питања

4.4.3 Вишеструка Тачно/Нетачно питања

Вишеструка Тачно/Нетачно питања ((Multiple) True/False Questions – MTFQ) се састоје од кратког уводног питања, након чега следи неколико изјава, обично 4 или 5 (Слика 14). Приликом решавања, ученик сваку изјаву мора означити са тачно или нетачно. Било који број датих изјава може бити тачан или нетачан. MTFQ питања има предност у односу на MCQ питања у томе што ученик мора да процени сваки могући одговор, уместо да изабере један тачан одговор. Ако MTFQ има опцију *не знам*, може дати исте информације о знању ученика као 100 стандардних MCQ питања [134]. За разлику од MCQ, код ове врсте питања постоји мања могућност погађања од стране ученика јер сваки од могућих одговора мора бити процењен. Попут MCQ и MTFQ могу бити креирани тако да проверавају примену знања, а не само чињенично знање. Да би се ово постигло, тест би морао да садржи најмање стотину MTFQ питања [15].

1) MTF са једним тачним одговором

Код здраве особе боја урина је (означити квадратић)

плава жута црвена браон

2) MTF питање са *Не знам* опцијом

Код особа који имају неку болест органа боја урина може бити (означи квадратић у сваком реду).

- Жута тачно нетачно не знам
- Плава тачно нетачно не знам
- Црвена тачно нетачно не знам
- Браон тачно нетачно не знам

Слика 14. Пример MTFQ питања из [142]

4.4.4 Питања са дугим низом одговора

Питања са дугим низом одговора (Long Menue Questions – LMQ) фокусирају се на доношење одлука приликом дијагностиковања (постављања дијагноза и терапија) болести у медицинском образовању [15]. Када ученик унесе реч у одговарајући оквир за дијалог, рачунар је упореди са абecedном листом и прикаже појмове у падајућем менију (Слика 15). На пример, ако је одговор био кетоацидоза и унета су слова 'кето', рачунар би приказао термине кетоацидоза, кетоконазол, кетолиди, кетотифен са листе одговора. Када се цео термин откуца мора се и потврдити. У листи одговора су приказани и

погрешни одговори који имају улогу дистрактора [135]. LMQ питања су осмишљена у циљу избегавања ефекта погађања који се јавља код MCQ питања, али у литератури нису пронађени докази о поузданости и дискриминаторном капацитету [15]. Предуслов за ефикасно коришћење LMQ питања је доступност других листа могућих алтернатива, што са друге стране чини конструкцију самог питања дуготрајним.

Пацијент од јануара ове године има бронхитис, а од фебруара инхалиран Беродуалом и пулмикортом. Узимао пропомуцил, хемомуцин. Осећао се боље. Од пре 4-5 дана осећа стезање у грудим испод грла, кашљуца, Мало промукао, није имао повишену температуру, искашљава оскудан жућкаст чврст секрет. Почео да узима пропомуцил, беродуал и пресинг. Која је највероватнија дијагноза у питању?

Одговор 1:	Bronchitis acuta	Тачан одговор
Одговор 2:	Pharyngitis acuta	Дистрактор
Одговор 3:	Tonsillitis acuta	Дистрактор
Одговор 4:	Rhinopharyngitis acuta	Дистрактор
Одговор 5:	Infectio respiratoria inferior acuta, non specificata	Тачан одговор
Одговор 6:	Asthma bronch. in obs	Дистрактор
Одговор 7:	Pneumonia in regress lat. dex.	Дистрактор
Одговор 8:	Tonsilopharyngitis acuta	Дистрактор

Слика 15. Пример LMQ питања

4.4.5 Задаци усаглашености

Задаци усаглашености (Script Concordance Test – SCT) представљају питања која се користе приликом процене клиничког резоновања. SCT су први пут представили Шарлин и сарадници 2000. године, у покушају да се оцени способност ученика у тумачењу клиничких података у недовољно дефинисаним условима, који одговарају резоновању у реалном клиничком окружењу [136]. Формат SCT питања започиње кратким клиничким сценаријом (вињетом пацијента) у којем су дате информације недовољне за доношење одлуке. Након сценарија следи низ ставки (најчешће 3) које садрже уводну хипотезу о дијагнози или терапији коју треба спровести. За сваку од хипотеза се затим дају нове информације. Од ученика се тражи да процене утицај нове информације на вероватноћу да је предложена хипотеза тачна. Процена се врши одабиром одговарајућег броја на петостепеној Ликертовој скали (Слика 16) [137]. С обзиром да је ситуација представљена у вињети пацијента недовољно детаљна, SCT питање пружа увид у клиничко резоновање ученика у стварном свету. Показало се да одговори на такве ставке корелирају са нивоом обуке лекара и да предвиђају будући учинак на усменим испитивањима клиничког резоновања [131]. Поузданост и валидност SCT питања потврђена је у многим

медицинским дисциплинама као што су општа пракса [138], урологија [139], пластична хирургија [140], неурологија [141], педијатрија [142], палијативна нега [143], ОРЛ [144], итд. Ипак, постоје аутори који тврде да SCT не може бити алтернатива традиционалном приступу испитивања, већ би требало да се користи као додатно средство за процену [7], [145]. Бодовање SCT укључује упоређивање одговора које су дали испитаници са одговорима референтног панела састављеног од лекара са искуством у области која се оцењује. Комбиновање података стварних пацијената у стварним клиничким окружењима и рачунарски заснованих сценарија случајева представљало би валиднији и поузданији начин процене клиничког резоновања и клиничке компетенције.

Опис сценарија: Јавља се због црвенила у пределу лица. Црвенило се појавило уназад неколико дана. Промене су се спонтанно повлачиле и поново појављивале. Негира тегобе у вези описане промене. Негира флашинге лица након провоцирајућих фактора. Умива се водом, лице након бријања негује лосионом. Негира да је до сада имао осетљиву кожу. Негира реакцију преосетљивости на лекове, храну, увод инсекта. У раном детињству на месту садашње промене имао је "лишај". Негира конкретан провоцирајући фактор. Негативан хередитет за дерматолошка обољења.

Ако сте мислили да је:	А затим сте сазнали:	Ова хипотеза је:
Dermatitis e contacu faciei l. dex.	У време прегледа на д. страни лица нејасно ограничена лако инфилтрована плаза. Субјективно осецај пецкања.	-2 -1 0 +1 +2
Dermatitis pratensis bullosum	У пределу назолабијалних бразди и периорално нејасно ограничена зућкаста дисколорација. Местимично еритемосквामозне плазе, особито у пределу оmissуре усана.	-2 -1 0 +1 +2
Dermatitis atopica	У време прегледа на кожи врата, у пределу прегипа, ретроаурикуларно, у поплитеалним фосама, те у прегипима ручја нејасно ограничене екзематизоване плазе.	-2 -1 0 +1 +2

-2: строго контраиндикована; -1: контраиндикована; 0: не утиче; +1: индикована; +2: строго индикована

Прва колона – Дијагноза Друга колона: Нове информације Трећа колона: Ликертова скала

Слика 16. Пример SCT питања

4.4.6 Комплетна слагалица

Комплетна слагалица (Comprehensive Integrative Puzzle – CIP) представља тип питања који захтева тимски рад учесника у настави медицинског образовања: клиничара, патолога, микробиолога, фармаколога, биохемичара, радиолога итд. CIP има формат

укрштених речи [12]. СР се састоји од 4 до 7 редова и колона у формату проширене матрице [15]. Лева колона садржи дијагнозе док се остале колоне односе на историју болести, физички преглед, ЕКГ-а, лабораторију, терапију и патологију. За сваку од колона испод саме матрице понуђене су секције (осим прве), при чему се у свакој секцији налази неколико опција (често означених словима а-ф). Од ученика се очекује да у одређено поље у слагалици унесу одговарајуће слово које указује на одговарајућу опцију из дате секције (Слика 17). Ученицима се препоручује да приликом решавања почну са секцијом/колоном која се односи на историју болести, повезујући најпогоднија слова (а–ф) у одељку. Када се слагалица заврши, сваки хоризонтални ред описује један комплетан медицински случај. Попуњени хоризонтални редови одражавају интегративну способност (дијагностичко размишљање и клиничко резоновање) ученика, а вертикалне колоне мере ученикову стручност у тумачењу података из историје болести, налаза физичког прегледа, резултата лабораторијских тестова, ЕКГ-а, снимања, специјалних тестова, патологије и фармакологије. СР има висок дискриминаторни квалитет због могућности диференцијације бодова. Такође, истраживања су показала да се ученицима допада овај тип питања због забаве у решавању одговарајућих загонетки [8].

Упустство за студенте: За сваку од секција од I до V у празна поља уписати одговарајуће слово (од а) до д)) тако да када се све попуни и чита хоризонтално добије се комплетна дијагноза (која је већ дата на почетку).

Дијагнозе:	I: Медицинска историја (Главне тегобе)	II: Физички преглед (Статус)	III: Рендген и УЗ налаз	IV: Лабораторијски и други тестови (Остало)	V: Третман (Терапија)
Dermatitis pratis bullosa					
Rhinopharyngitis acuta					
Tussis					
Hypothyroidism					

I: Медицинска историја/Главне тегобе

а) Има осећај стезања у грлу. Има често лупање срца. До сада није користила ништа од терапије. У породици мајка користи Табл. Letrox. Циклуси неуредни, добила менструацију после годину дана. Није пуšaц. Алергична на пеницилин.

б) Гушобоља, отежано гутање, кашаљ и искашљавање десетак дана, сви у кући били прехлађени, негира алергије али мајка зна за проблеме синуса.

в) Пацијент у доби од год. дана јавља се у пратњи мајке због "иритације" у пределу врата, на шакама и на лицу. Уназад око 5 месеци користио Hidrocortison, Elosom уз побољшање. Користи Авене крему за негу коже. Дечак је доброг здравија, није сисао, био је на млечној формули, лепо напредује. Мајка има алергијски ринитис и астму.

г)...

II: Физички преглед/Статус

а) Срчана радња ритмична, јасни тонови, не чујем органске шумове. ТА 120/80 mmHg. Пулмо - нормалан дисајни шум, без пропратних шумова.

б) пулмо- бронховезикуларно дисање без пропратних шумова, срчана радња ритмична, тонови јасни, без шума штитњача- није палпаторно увећана, лимфне жлезде врата- нису палпаторно увећане, грло- увећани крајници блага хиперемична

в)...

III: Рендген и УЗ налаз

а) Ехо штитне жлезде: штитна жлезда у целини увећана, хиперехогене грађе паренхима. У доње полу десног режња се уочава хипоехоген нодус пр. 8,4 mm. У горњој трећини истмуса се уочава хомоген нодус пр. 6,2 mm. Леви режањ за сада без знакова за постојање нодусних и фокалних промена,

б)...

Слика 17. Делимичан приказ СР питања

4.4.7 Упоредни преглед питања

Упоредни преглед питања погодних за аутоматско генерисање је приказан у Табели 6. На основу презентованог описа питања као и наведених предности и недостатака за свако питање може се закључити да највећи изазов за аутоматско генерисање питања представљају управо последња два питања, тј. Задаци усаглашености и комплетна слагалица, па ће самим тим фокус ове дисертације бити управо на тим типовима питања.

Табела 6. Упоредни преглед питања погодних за аутоматско генерисање

Тип питања	Предности	Недостаци	Референце
MCQ	<ul style="list-style-type: none"> • Могућност оцене већег броја питања за релативно кратко време • Уштеда у коришћењу ресурса • Висока поузданост • Оцена клиничког резонувања уколико се комбинује са вињетом пацијента 	<ul style="list-style-type: none"> • Могу изостати описи реалних ситуација • Лоше написано питање може довести до погађања од стране ученика • Потребно је доста времена за добро написана питања 	[15], [131], [132]
EMQ	<ul style="list-style-type: none"> • Самњује ефекат погађања • Пружа квалитативни увид у клиничко резонување • Висока поузданост 	<ul style="list-style-type: none"> • Ниска поузданост међуоце • Већи утрошак ресурса • Често се непотребно користи за тестирање чињеничног знања • Потребно је доста времена за добро написана питања 	[15], [133]
MTFQ	<ul style="list-style-type: none"> • Висока поузданост за тестове који садрже минимум 100 питања • Оцена клиничког резонувања 	<ul style="list-style-type: none"> • Мала могућност погађања • Потребно је доста времена за добро написана питања 	[15], [134]
LMQ	<ul style="list-style-type: none"> • Немогућност нагађања • Оцена клиничког резонувања 	<ul style="list-style-type: none"> • Потребно је доста времена за добро написана питања • Поузданост још није потврђена 	[15], [135]

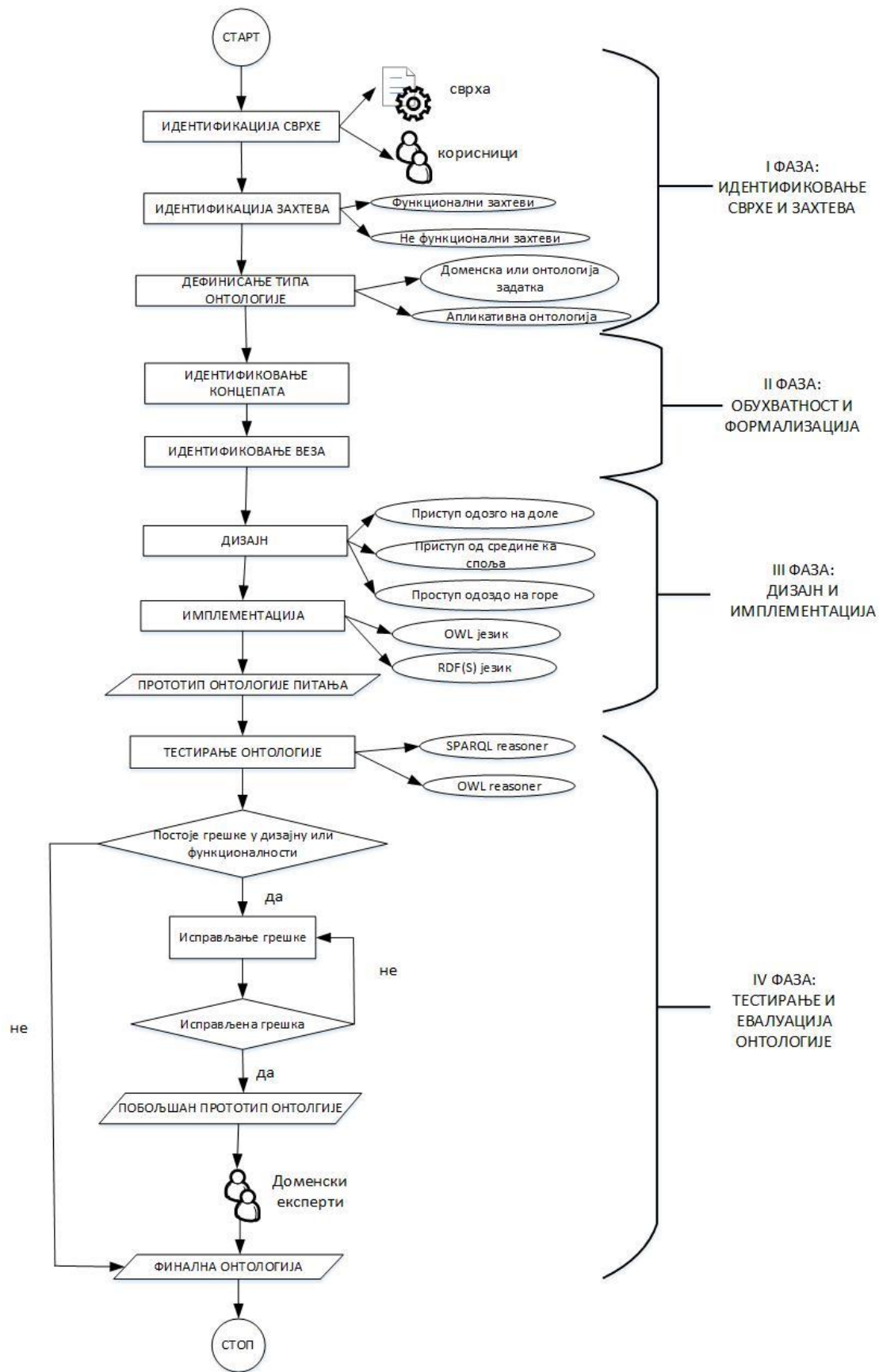
		<ul style="list-style-type: none"> Уколико се уноси више од једне речи као одговор рачунар неће препознати одговор 	
SCT	<ul style="list-style-type: none"> Оцена решавања проблема и недовољно дефинисаних вињета пацијената Избегава нагађање Добра валидност Висока поузданост 	<ul style="list-style-type: none"> Компликовано за креирање Још увек није потврђено да у потпуности описује реалне ситуације када је потребно добро клиничко резонување Није у потпуности прилагођено аутоматском оцењивању Оцењује само интерпретацију података[15] 	[7], [136], [137], [131], [138], [139], [140], [141], [142], [143], [144], [145], [146]
CIP	<ul style="list-style-type: none"> Оцењује више домена у презентовању дијагноза Висока поузданост Оцена клиничког резонувања Потврђена је добра валидност 	<ul style="list-style-type: none"> Потребно је прилично времена за добро написана питања Захтева стручњаке из различитих области за конструкцију питања Уколико је затворено подударање, доводи до нагађања Потенцијални проблем приликом дефинисана тежине питања (превише различите дијагнозе чине питање сувише лаким; уколико су дијагнозе сличне питање је теже) 	[8], [12], [15],

5. РАЗВОЈ ОНТОЛОГИЈА ЗА АУТОМАТСКО ГЕНЕРИСАЊЕ ПИТАЊА

Развој онтологије је сложен процес који укључује скуп критеријума које је потребно испунити [147]: јасноћа, кохерентност, проширивост, минимална пристрасност одређеној врсти кодирања и минимална онтолошка посвећеност. Јасноћа подразумева да онтологија треба ефикасно да објасни значење дефинисаних термина. Закључци који нису у складу са дефиницијама треба да буду санкционисани према критеријуму кохерентности. Проширивост подразумева да онтологија треба да буде дизајнирана тако да корисницима понуди могућност дефинисања нових термина на основу постојећег речника. Минимална пристрасност кодирања значи да концептуализација треба да буде специфицирана на нивоу знања, без зависности од одређених симбола у кодирању. Коначно, онтологија треба да захтева минималну онтолошку посвећеност довољну да подржи планиране активности размене знања.

У овој секцији дат је детаљан опис развоја онтологија, креираних у оквиру докторске дисертације. На Слици 3 дат је приказ хијерархије коришћених и креираних онтологија. Укупно су креиране четири онтологије које су настајале током развоја дисертације. Развијене су апликативне онтологије, које се овде наводе под заједничким именом онтологије питања: OntoCip онтологија која даје семантички опис питања под називом Комплетна слагалица (CIP), затим SCTOnto онтологија која семантички описује питање под називом Задаци усаглашености (SCT); МАМО онтологија која обухвата више типова питања, укључујући и претходна два. На крају креирана је и EHR онтологија као онтологија задатка која се надовезује на доменску онтологију болести и референтну SNOMED-CT онтологију, и која је утемељена у Обједињену фундаменталну онтологију (Unified Foundational Ontology – UFO). Треба напоменути да су апликативне онтологије настајале постепено кроз више итерација и кроз сазревање саме докторске дисертације.

За израду онтологија развијена је и коришћена *Методологија онтологија питања* заснована на SAbiO методу (који је детаљно објашњен у секцији 3.4). Методологија питања је представљена на Слици 18 и обухвата четири фазе које су подржане одговарајућом пратећом документацијом. У наставку ће бити дат опис сваке од фаза и како су оне примењене на сваку од онтологија.



Слика 18. Методологија за развој онтологија питања

5.1 Идентификација сврхе и захтева онтологија питања

5.1.1 Идентификација сврхе

Главна сврха онтологија питања је могућност подржавања семантичких анотација различитих типова питања која се користе у медицини. Другим речима, онтологије ће служити као оквир за платформу за е-оцењивање у оквиру које ће се аутоматски генерисати различити типови питања. Корисници који ће имати користи од онтологија питања могу се поделити у три групе. Администратори курсева и наставници који ће бити у могућности да брзо и једноставно генеришу одговарајућа питања чине прву групу. Другу групу чине ученици и млади медицински радници који би желели да провере своје знање и буду у току са напретком у медицинској пракси. Ово је могуће јер ће онтологија Електронског здравственог картона прикупљати податке из електронских здравствених картона, који се стално ажурирају новим дијагнозама, медицинским историјама, физичким прегледима, итд. На крају, али не и најмање важно, истраживачи из целог света би могли користити на онтологијама базирану платформу за е-учење за различите истраживачке сврхе.

5.1.2 Идентификација захтева

У првој фази развоја дефинишу се функционални и нефункционални захтеви. Функционални захтеви се односе на садржај који ће бити представљен онтологијама и наведени су у форми питања компетенције (Competency Questions – CQ) која помажу програмерима да одреде шта је релевантно, а шта није, чиме се дефинише обим онтологије [148]. Питања компетенције ће се користити касније, током фазе тестирања и евалуације, да би се указало да ли постоје могуће грешке у току фазе пројектовања.

С обзиром да МАМО онтологија може да обухвати OntoCIP и SCTOnto онтологије, питања компетенције која су дефинисана за ове две онтологије важе и за МАМО онтологију.

Да би се дефинисали обим OntoCIP онтологије, издвојена су следећа питања компетенције:

- CQ1: Које секције/опције може имати свако питање?
- CQ 2: Да ли свако питање има више од једне дијагнозе?

- CQ 3: Колико историја болести може описати једна дијагноза?
- CQ 4: Колико физичких прегледа може да опише једна дијагноза?
- CQ 5: Колико ЕКГ и рендгенских снимака може да опише једна дијагноза?
- CQ 6: Колико лабораторијских резултата може описати једна дијагноза?
- CQ 7: Колико третмана може описати једна дијагноза?
- CQ 8: Колико патолошких резултата може да опише једна дијагноза?
- CQ 9: Може ли медицинска историја указивати на више од једне дијагнозе?
- CQ 10: Могу ли физички прегледи указати на више од једне дијагнозе?
- CQ 11: Могу ли ЕКГ и рендгенски снимци указивати на више од једне дијагнозе?
- CQ 12: Могу ли лабораторијски резултати указивати на више од једне дијагнозе?
- CQ 13: Може ли третман указивати на више од једне дијагнозе?
- CQ 14: Може ли патологија указивати на више од једне дијагнозе?

На сличан начин су дефинисана и питања компетенције за SCTOnto онтологију:

- CQ 1: Може ли свако питање имати више од једног описа случаја?
- CQ 2: Колико хипотеза може имати свако питање?
- CQ 3: Колико нових информација може имати свако питање?
- CQ 4: Колико одговора са Ликертове скале може ученик да заокружи?
- CQ 5: Да ли свака нова информација утиче на тачно једну хипотезу?
- CQ 6: Да ли нова информација може бити представљена кроз лабораторијске резултате?
- CQ 7: Да ли је за опис случаја довољна медицинска историја?
- CQ 8: Да ли хипотеза може бити представљена дијагнозом односно болешћу?

Поред функционалних, дефинисани су и не-функционални захтеви (НФ) који се иначе могу поделити на: квалитативна својства онтологије; захтеве пројекта; и захтеве у вези са предвиђеном употребом. Издвојени су следећи не-функционални захтеви онтологија питања:

- НФ1 - систем заснован на онтологијама треба да генерише различите типове питања за процену ученика и да се користи SPARQL резонатор;
- НФ2 - онтологија треба да се имплементира у RDF језику; и
- НФ3 - онтологије треба да буду (али није нужно) засноване на онтологијама медицинског домена и онтологији Електронског здравственог картона. Као фундаменталну онтологију користиће Обједињену фундаменталну онтологију (UFO).

5.1.3 Дефинисање типа онтологија

Током прве фазе предвиђено је и дефинисање типа онтологија питања. У оквиру ове дисертације коришћена је класификација описана у секцији 3.3. Сходно томе, онтологије питања су дефинисане као апликативне онтологије и као таквим потребна им је фундаментална онтологија која обезбеђују здрав темељ за моделовање концепата и веза. Такође, потребне су им и потпуно структуриране доменске онтологије које морају бити рачунарски обрадиве, интероперабилне и способне да пруже јасне, ригорозне и недвосмислене информације. У наставку ће бити дат опис разматраних онтологија вишег реда.

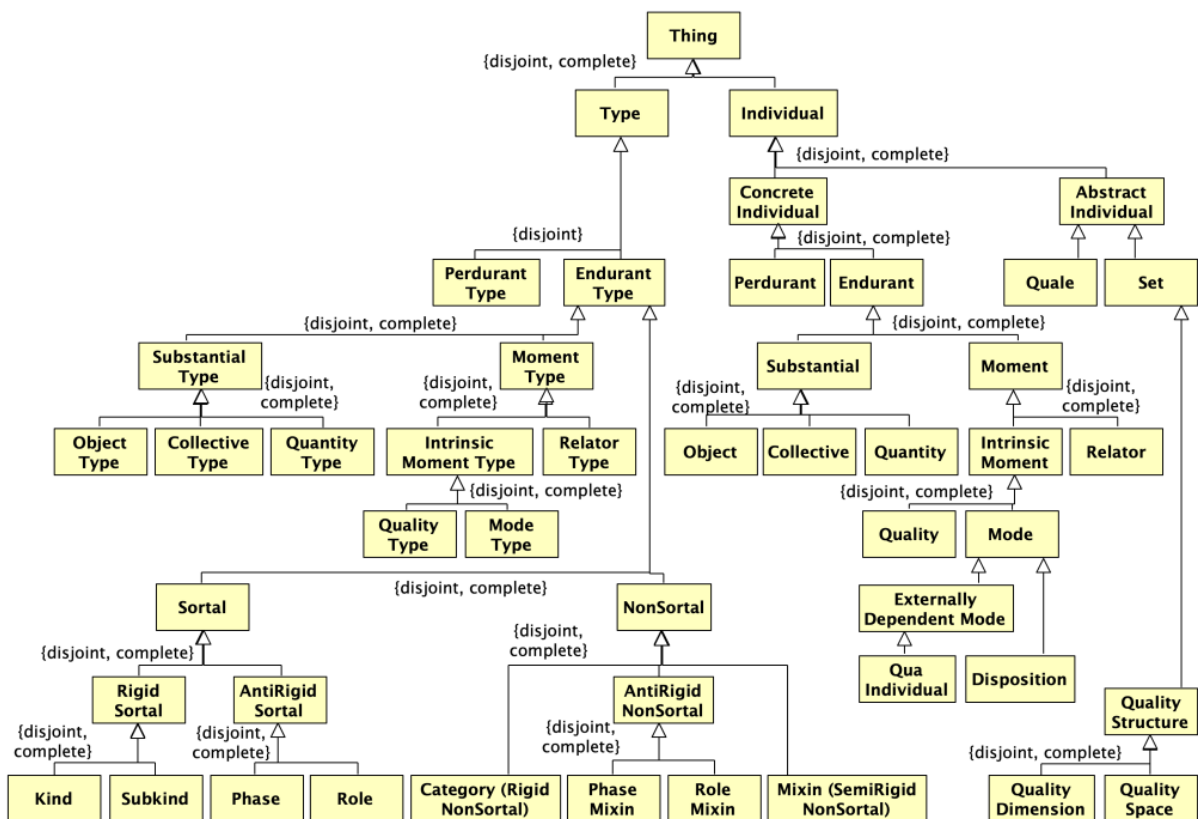
5.1.3.1 Обједињена фундаментална онтологија

Формалне онтологије захтевају јасну семантику за језик који се користи за дефинисање концепата, јасне мотивације за усвојене разлике између концепата као и строга правила о томе како дефинисати концепте и везе. При томе се користе формална логика (обично логика првог реда или дескриптивна логика) где је значење концепта загарантовано формалном семантиком. Као што је већ напоменуто, у идеалном случају, доменске онтологије треба да буду утемељене у основним (фундаменталним) онтологијама, што значи да концепти и односи у доменским онтологијама морају бити претходно анализирани у светлу фундаменталне онтологије [103].

Од тренутно актуелних фундаменталних онтологија које су у статусу „производње“, као што су Basic Formal Ontology – BFO [149], General Formal Ontology – GFO [150] и Unified Foundational Ontology - UFO [105] за потребе ове дисертације одабрана је последња, UFO онтологија.

UFO онтологија (Слика 19) [105] је већ више од две деценије у фокусу истраживања о онтолошким основама концептуалног моделовања. Развијена је доследним састављањем теорија из онтологије у филозофији, когнитивним наукама, лингвистици и филозофској логици. Онтологију чине три главна фрагмента који се баве основним концептуалним моделовањем:

- UFO-A, онтологија *ендураната* (енг. *endurants*) (индивидуа које постоје у времену са свим својим деловима);
- UFO-B, онтологија *предураната* (енг. *predurants*) (индивидуа које се развијају у времену акумулирајући временске делове, нпр. Други Светски рат, Олимпијске игре 2020, итд);
- UFO-C, онтологија *друштвених и интенционалних ентитета* који су изграђени на темељима ентитета из претходне две онтологије.



Слика 19. Таксономија UFO онтологије преузето из [105]

У наставку су укратко објашњени принципи UFO онтологије, док се за детаљнија појашњења препоручује текст [105]. UFO прави разлику између ендураната и предураната. Ендурант се може мењати а да при томе задржава свој индентитет, док

предурант то не може. Пердуранти су увек зависни од супстанција које учествују у њима. Такође, пердуранти су ентитети у UFO онтологији који се не могу заиста променити.

Постоје независни и зависни ендуранти. Независни ендуранти називају се *супстанцијалима* (енг. *substantials*). Примери супстанцијала су независни објекти као што су Никола Пејаковић (Слика 20), Сунце, организација, бицикла, мачка, итд. Егзистенцијално зависни ендуранти се називају *моментима* (енг. *moments*). Може се рећи да моменат постоји у другом ендуранту, као на пример Николина способност да прича италијански, брак између Ђорђа Балашевића и Оливере Балашевић (који зависи и од Ђорђа и Оливере). Моменти се даље деле на *унутрашњи момент* (енг. *intrinsic moment*) и *релатор* (енг. *relator*). *Релатор* представља појам који повезује друге појмове, а самим тим је и егзистенцијално зависан од њих. *Режим* (енг. *mode*) је посебан тип унутрашњег својства које нема структурирану вредност. Режији су такође индивидуе које егзистенцијално зависе од својих носилаца [151].

У UFO онтологији ендуранти могу бити сортални (бројиви) и несортални (небројиви). Сортални типови се даље деле на ригидне и антиригидне. У ригидне сорталне спадају врсте и подврсте. *Врста* (енг. *kind*) представља сортални тип који се формира од различитих делова (функционални комплекс) и обезбеђује принцип идентитета за своје инстанце. У примеру на Слици 20, врста независног ендуранта (супстанцијала) Николе Пејаковић је *Особа*. Врста дефинише есенцијална својства ендуранта. Антиригидни сортални ендуранти обухватају улоге и фазе. За разлику од врсте, *улога* (енг. *role*) представља антиригидни тип чије се инстанцирање дешава на основу релационих услова. У примеру на Слици 20, улоге ендуранта Николе Пејаковића су певач, сценариста, грађанин Србије, родитељ, члан бенда. *Улоге* које могу инстанцирати од стране индивидуа једне врсте се једноставно називају *улогама*, док се оне које могу инстанцирати појединци различитих врста (дакле, придржавајући се различитих принципа идентитета) називају *вредности улоге* (енг. *roleMixins*). На пример, *вредност улоге* може бити Муштерија, који обухвата и Физичко лице и Организацију. *Фаза* (енг. *phase*) је релативно независни тип дефинисан контингентима али и унутрашњим условима инстанцирања. Тако је Дете *фаза* Личности, коју инстанцирају случајеви особа које имају суштинску особину да су млађе од 12 година. У примеру на Слика 20. Пример дефинисања појма путем различитих типова UFO онтологије *фаза Особе* Никола Пејаковић је Одрастао мушкарац, Жива особа.



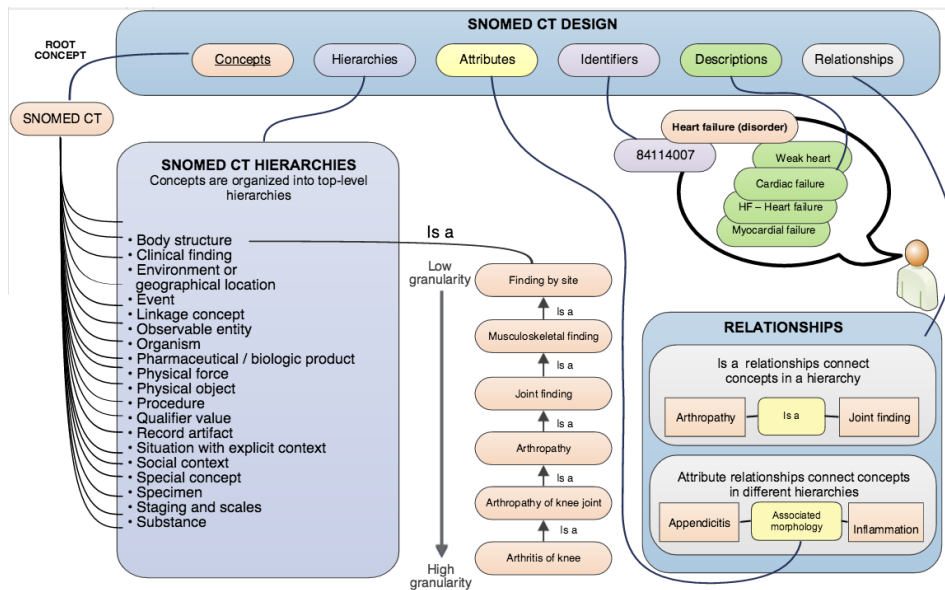
Слика 20. Пример дефинисања појма путем различитих типова UFO онтологије

5.1.3.2 Референтне онтологије

SNOMED-CT

За потребе овог рада, разматрана је Систематизована номенклатура медицинских клиничких термина (Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms - SNOMED-CT)² чија примарна сврха је кодирање значења која се користе у здравству и подршка идентификовању здравствених информација. SNOMED-CT доприноси заштити пацијената подржавањем развоја електронског здравственог картона. На тај начин омогућава се ефикасан приступ информацијама потребним за подршку клиничком одлучивању и доследном извештавању и анализи. SNOMED-CT представља хијерархију класа концепата укључујући категорије високог нивоа као што су клинички налази/поремећаји, процедуре/интервенције, делови тела, организа, итд (Слика 21).

² <https://www.snomed.org/>



Слика 21. Дизајн SNOMED-CT терминологије. Преузето са [152]

Може се рећи да је SNOMED-CT широко распрострањена клиничка терминологија која се састоји од више од 311.000 концепата, 800.000 описа/синонима појмова и око 1.360.000 односа између појмова [153]. Због своје структуре и чињенице да је креиран да покрије цео картон пацијената, SNOMED-CT је погодан као онтологија домена. Ипак, треба напоменути да је SNOMED-CT доступан чланицама Организација за развој међународних стандарда здравствене терминологије и као такав није бесплатан и није коришћен за развој онтологија питања у оквиру ове дисертације.

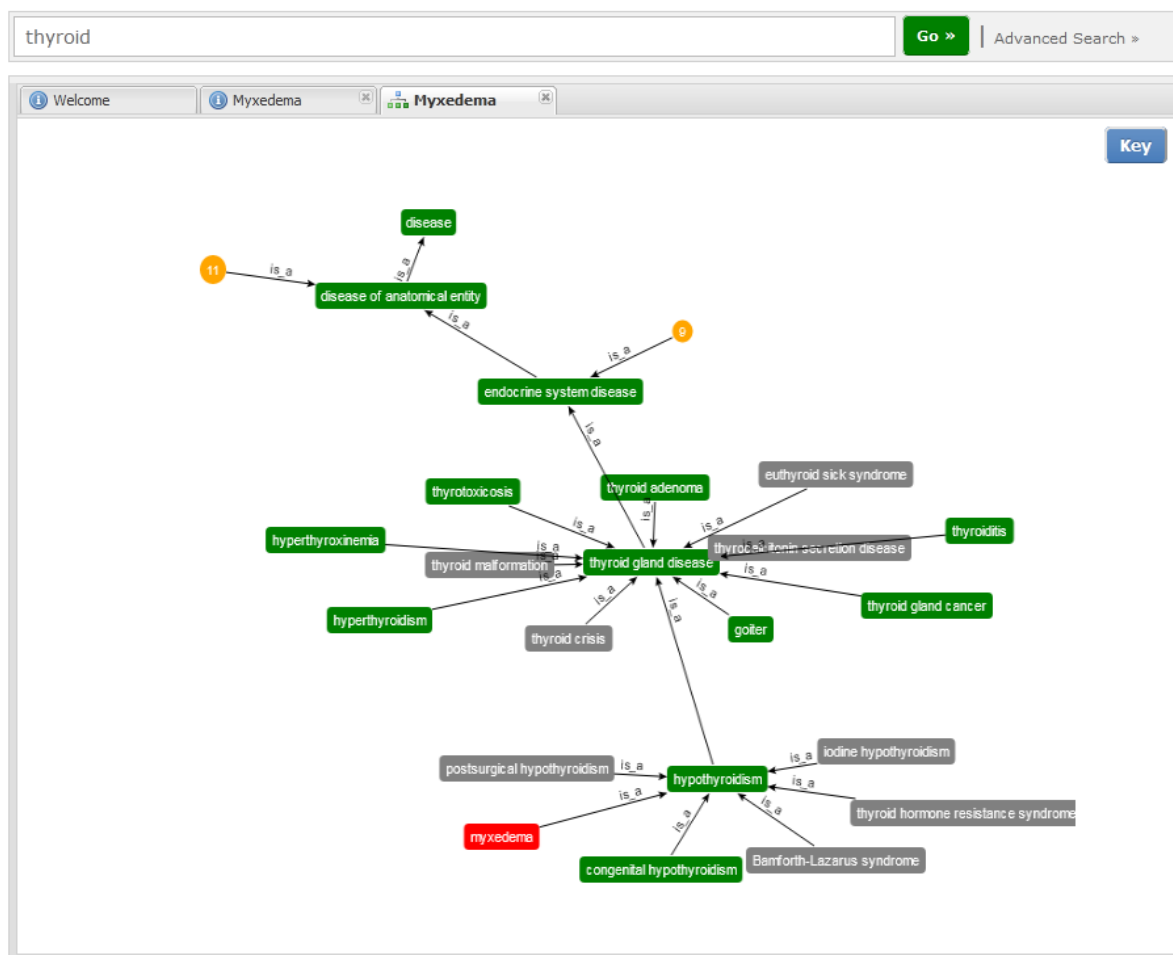
5.1.3.3 Доменске онтологије

Онтологија болести

Онтологије болести се користе за анотацију, интеграцију и анализу биолошких података, и конструкција графа знања. Распон и разноврсност онтологија болести је висока због различитих специфичних области у којима се користе, нпр. медицинска пракса, домен ретких болести, биолошки експерименти и биобанке, итд [154]. Disease Ontology – DO³ онтологија (Слика 22) је развијена као стандардизована онтологија за људске болести са сврхом да биомедицинској заједници пружи конзистентне, вишекратне и одрживе описе људских болести, карактеристика фенотипа и сродних концепата болести у медицинском речнику кроз сарадничке напоре биомедицинских истраживача, које координира Медицински факултет Универзитета Мериленд, Институт за науке о геному [155]. Циљ

³ <https://disease-ontology.org>

DO онтологије је да обезбеди онтологију отвореног кода која служи као геномски ресурс за интеграцију биомедицинских података повезаних са људским болестима, карактеристикама и механизмима болести. С обзиром на своје карактеристике DO је размотрена као додатна доменска онтологија коју је могуће применити приликом одређивања тежине питања.



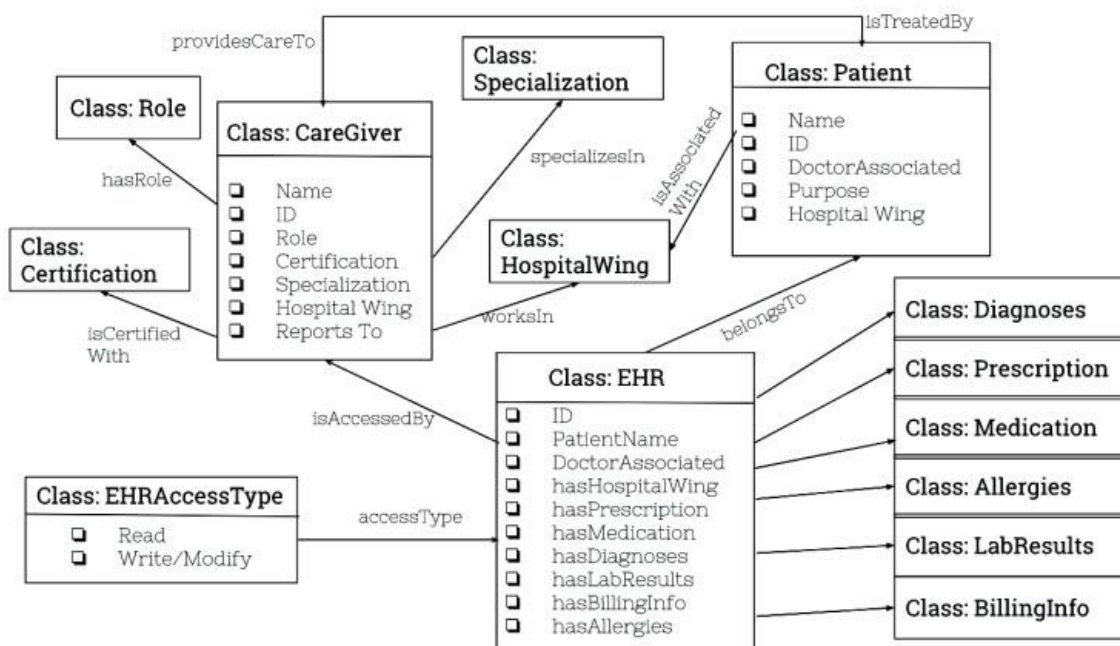
Слика 22. Визуелизација термина *thyroid gland disease* у DO веб прегледачу

5.1.3.1 Онтологије задатка

Онтологије Електронског здравственог картона

Електронски здравствени картон (Electronic Health Record – EHR) представља најчешће коришћену апликацију е-Здравства. Његова примарна сврха је да обезбеди документовану евиденцију о нези која подржава садашњу и будућу негу од стране истих или других лекара. Побољшања у домену здравствене заштите коришћењем савремене технологије доводе до генерисања велике количине медицинских података из различитих хетерогених извора као нпр. праћење, дијагноза, клиничке белешке, услуге

наплате и многи други подаци. EHR интегрише све ове податке о пацијентима из хетерогених система, што је неопходно за откривање знања [156]. EHR онтологије су из тог разлога веома погодне као доменске онтологије за предложену платформу. На Слици 23 је дат приказ дела једне EHR онтологије. Проналажење одговарајуће EHR онтологије представљао је дуготрајан и исцрпан задатак који је са собом носио више изазова. Иако постоји велики број радова који описују израду EHR онтологија [157][158][159] многе од онтологија су фокусиране само на део домена EHR-а који није од значаја за онтологије питања (на пример демографија, администрација и сл.). Други изазов се односио на доступност саме онтологије, тј., мали број омогућава преузимање и поновно коришћење истих.



Слика 23. Приказ дела једне EHR онтологије. Преузето из [160]

Из тог разлога одлучено је да се за потребе ове дисертације креира EHR онтологија која ће бити попуњена подацима. EHR онтологија дефинише основе за већину главних концепата у онтологијама питања, као што су симптоми и знаци (опис сценарија код SCT питања, медицинска историја код CIP питања), дијагноза (хипотеза у SCT), лабораторијске и друге анализе (нове информације у SCT) итд. Важно је напоменути да дати приступ може да ради са другим онтологијама домена (или комбинацијама неколико онтологија домена) и онтологијама задатака.

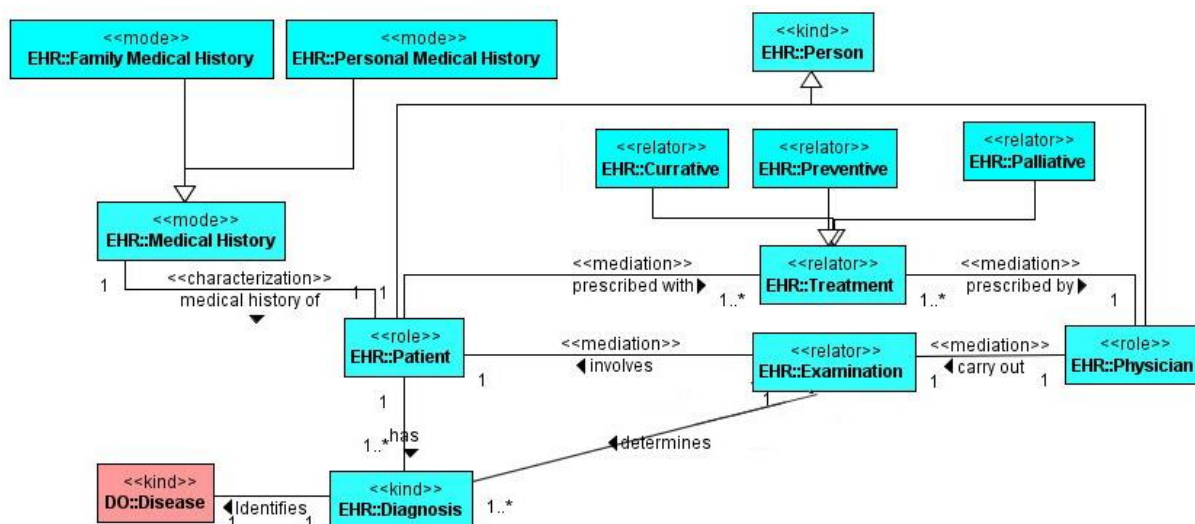
5.2 Обухватност и формализација онтологије

У другој фази израде онтологија потребно је идентификовати концепте и везе (релације) у оквиру самих онтологија. Да би ова фаза била успешно спроведена извршена је анализа електронског здравственог картона као и анализа типова питања који су обрађени у секцији 4.

За приказ концептуалних модела коришћен је језик за моделирање OntoUML [104] који је заснован на UML 2.0 дијаграму класа и укључује важне основне разлике дефинисане од стране UFO онтологије. Дате разлике су експлицитно приказане у моделу помоћу UML стереотипа класа.

5.2.1 EHR онтологија

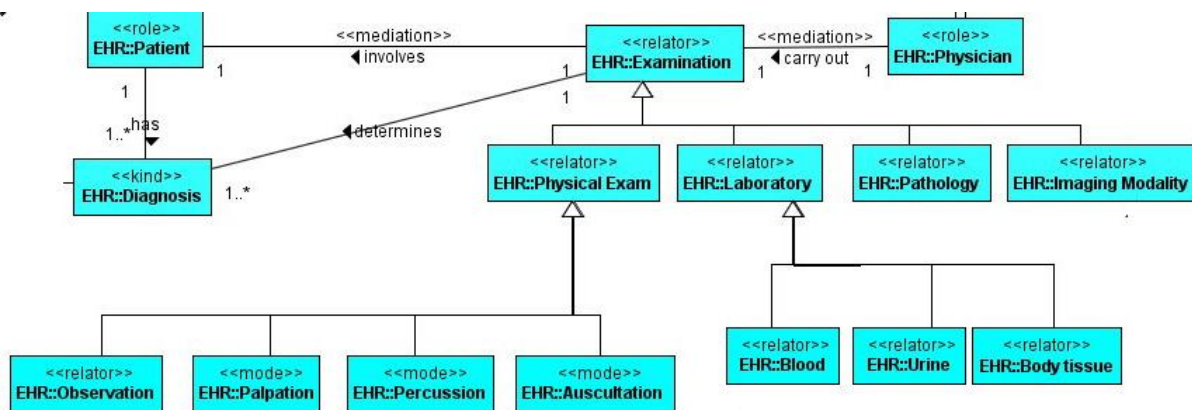
На основу увида у електронски здравствени картон идентификовани су следећи главни концепти који су од значаја за дисертацију: **Особа (Person)**, **Дијагноза (Diagnosis)**, **Медицинска историја (Medical History)**, **Преглед (Examination)** и **Третман (Treatment)** (Слика 24). С обзиром да дати појмови нису помињани раније у дисертацији (за разлику од типова питања који су детаљно описани у секцији 4), сваки од њих ће бити укратко објашњен. **Особа** може имати улогу **Пацијента (Patient)** или **Лекара (Physician)**. Постоје одређена неслагања која се односе на дефиницију термина **Пацијент**, али се може рећи да он представља **Особу** која чека, прима или је већ примила здравствену негу. **Лекар**, са друге стране је **Особа** која је обучена у вештини лечења, стекла је звање доктора медицине и прихваћена је као практичар медицине према законима државе, покрајине, и/или нације у којој он или она ради. Сваки **Пацијент** има **Медицинску историју**, која се дефинише као евиденција информација о здрављу **Особе**. **Лична медицинска историја (Personal Medical History)** може укључивати информације о алергијама, болестима, операцијама, имунизацијама и резултатима физичких прегледа и тестова. Такође може укључивати информације о узиманим лековима и здравственим навикама, као што су исхрана и вежбање. **Породична медицинска историја (Family Medical History)** укључује здравствене информације о блиским члановима породице особе (родитељи, бабе и деде, деца, браћа и сестре). Ово укључује њихове садашње и прошле болести. **Породична медицинска историја** може показати образац одређених болести у породици.



Слика 24. Главни концепти предложене EHR онтологије

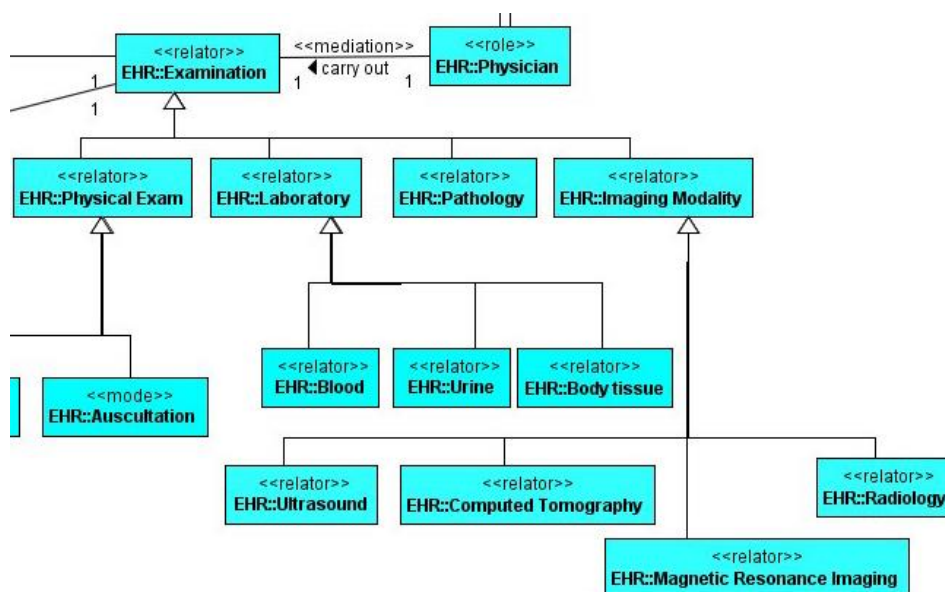
Појам **Преглед (Examination)** (Слика 25) представља релатор између **Пацијента** и **Лекара**. Преглед се у медицини односи на поступак подвргавања тестовима од стране **Лекара**, у болници или било којој другој медицинској установи, ради сазнања о физичком и психичком стању **Пацијента**. У онтологији ове везе су дефинисане на следећи начин: **Преглед се спроводи (carry out)** од стране лекара, док са друге стране **Преглед укључује (involves)** **Пацијента**. Преглед се даље може специјализовати на **Физички преглед (Physical Exam)**, **Медицинску технику снимања (Imaging Modality)**, **Лабораторијски преглед (Laboratory)** и **Патолошки преглед (Pathology)**.

Физички преглед представља испитивање физичког стања пацијента уобичајеним физичким средствима, као што су **Посматрање**, **Палпација**, **Перкусија** и **Ослушкивање** [161]. **Лабораторијски преглед (Laboratory)** представља медицинску процедуру која укључује тестирање узорка **Крви (Blood)**, **Урина (Urine)** или **Ткива тела (Body tissues)**. **Лабораторијски прегледи** могу помоћи у утврђивању дијагнозе, планирању лечења, провери да ли лечење функционише или праћењу болести током времена. **Патолошки преглед (Pathology)** је тест који испитује узорак ткива. Патолошки тестови дају више информација о здрављу **Пацијента**. Могу се користити да помогну у дијагностиковању или праћењу здравственог стања, да прегледају одређена здравствена стања како би их рано детектовали и да прате одговор тела **Пацијента** на лекове и друге третмане.



Слика 25. Концепт Преглед са одговарајућим подкнцептима и везама

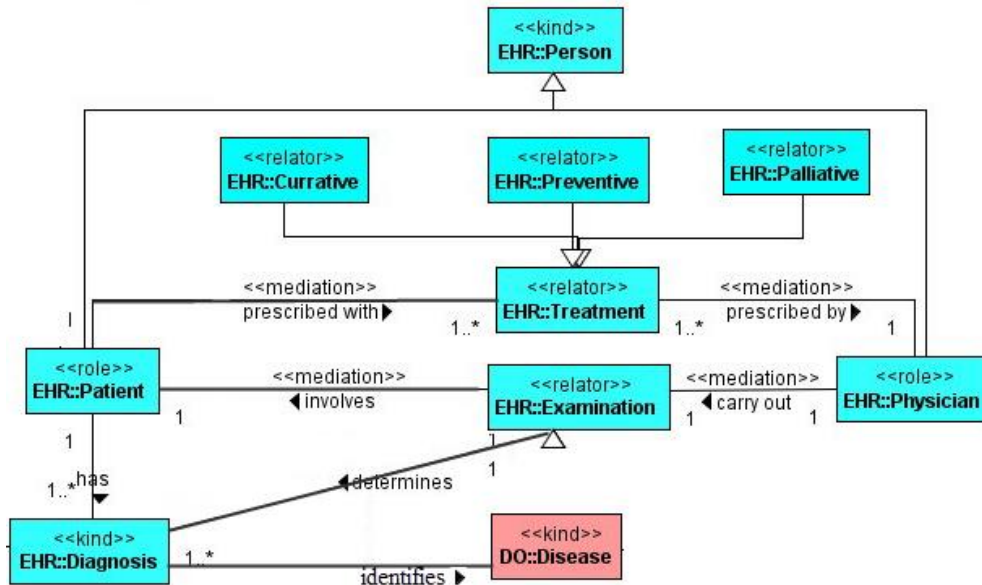
Медицинске технике снимања (**Imaging Modality**) користе одређене физичке механизме за откривање унутрашњих сигнала пацијента који одражавају или анатомске структуре или физиолошке догађаје (Слика 26). Може се рећи да је то систем који користи фундаменталне концепте физичке науке (нпр. акустика, магнетна резонанца, рендгенски зраци, нуклеарна физика) да обезбеди слике биолошких ткива. Сходно томе, овај концепт се може даље диференцирати на поменуте технике снимања.



Слика 26. Концепт Медицинске технике снимање и одговарајући подконцепти

Као и преглед и концепт **Третман** представља релатор између **Пацијента** и **Лекара** (Слика 27). **Третман** подразумева негу **Пацијента** у циљу борбе против болести или поремећаја. Према времену спровођења **Третман** обухвата **Куративни (Currative)**, **Палијативни (Palliative)** и **Превентивни (Preventive)** третман. Сврха **Куративног третмана** је да излечи болест или подстакне опоравак од болести, Сврха **Палијативног третмана** је да донесе утеху и олакшање од озбиљне, прогресивне болести која може,

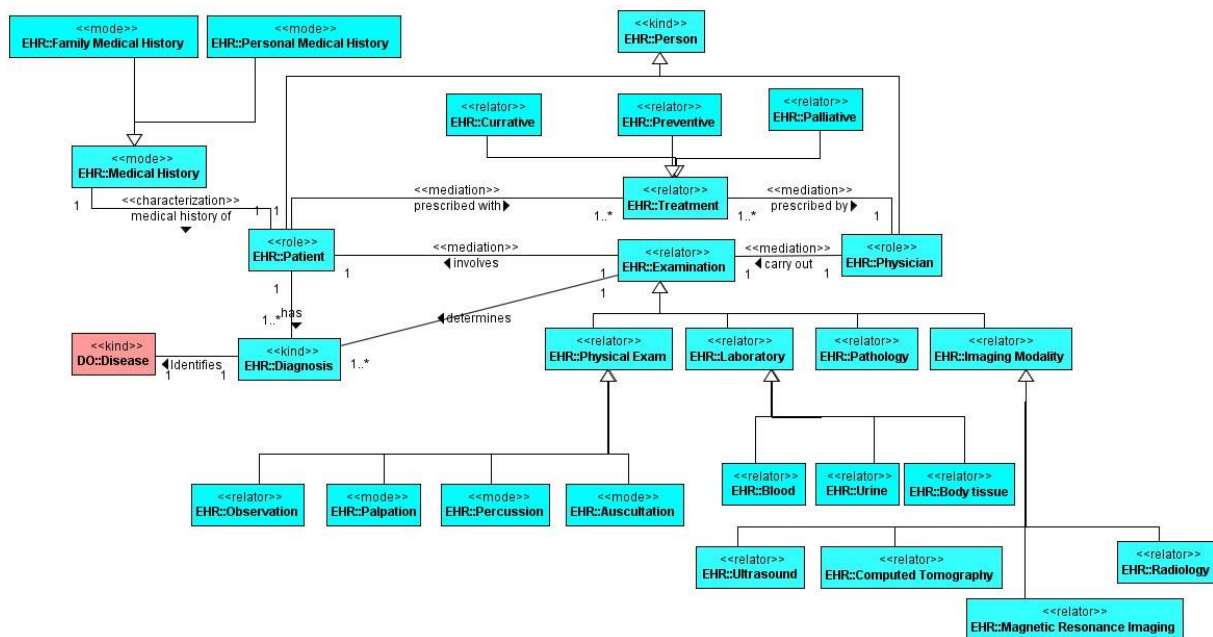
али не мора бити животно ограничена. Циљ **Превентивног третмана** је одсуство болести, било спречавањем настанка болести или заустављањем болести и спречавањем насталих компликација након њеног настанка. У овој онтологији фокусирамо се само на **куративни третман лековима**.



Слика 27. Концепт Третман и одговарајући подконцепти

Дијагноза (Diagnosis) се у медицинској терминологији дефинише као идентификација болести или стања кроз оцењивање и испитивање. То је процес одређивања која болест или стање објашњава симптоме које **Пацијент** има. Може се представити и као кратка вињета пацијента. У случају EHR онтологије концепт **Дијагноза** идентификује концепт **Болест (Disease)** из DO доменске онтологије.

На Слици 28 дат је обједињен приказ EHR онтологије. При томе, треба нагласити да је електронски здравствени картон знатно сложенији али да је за потребе ове докторске дисертације моделован само део који се односи на први сусрет лекара са пацијентом.



Слика 28. Приказ комплетне EHR онтологије у OntoUML lightweight editor-y⁴

5.2.2 МАМО онтологија

На основу анализе типова питања који су описани у секцији 4 дефинисани су основни концепти и везе у МАМО онтологији, представљени на Слици 29. Почетни концепт је **Тип питања (Assessment)**, чије подврсте су: **Питања вишеструког избора (MCQ)**, **Питања са спаривањем одговора (EMQ)**, **Вишеструка Тачно/Нетачно питање (T/FQ)**, **Питања са дугим низом одговора (LMQ)**, **Задаци усаглашености (SCT)** и **Комплетна слагалица (CIP)**.

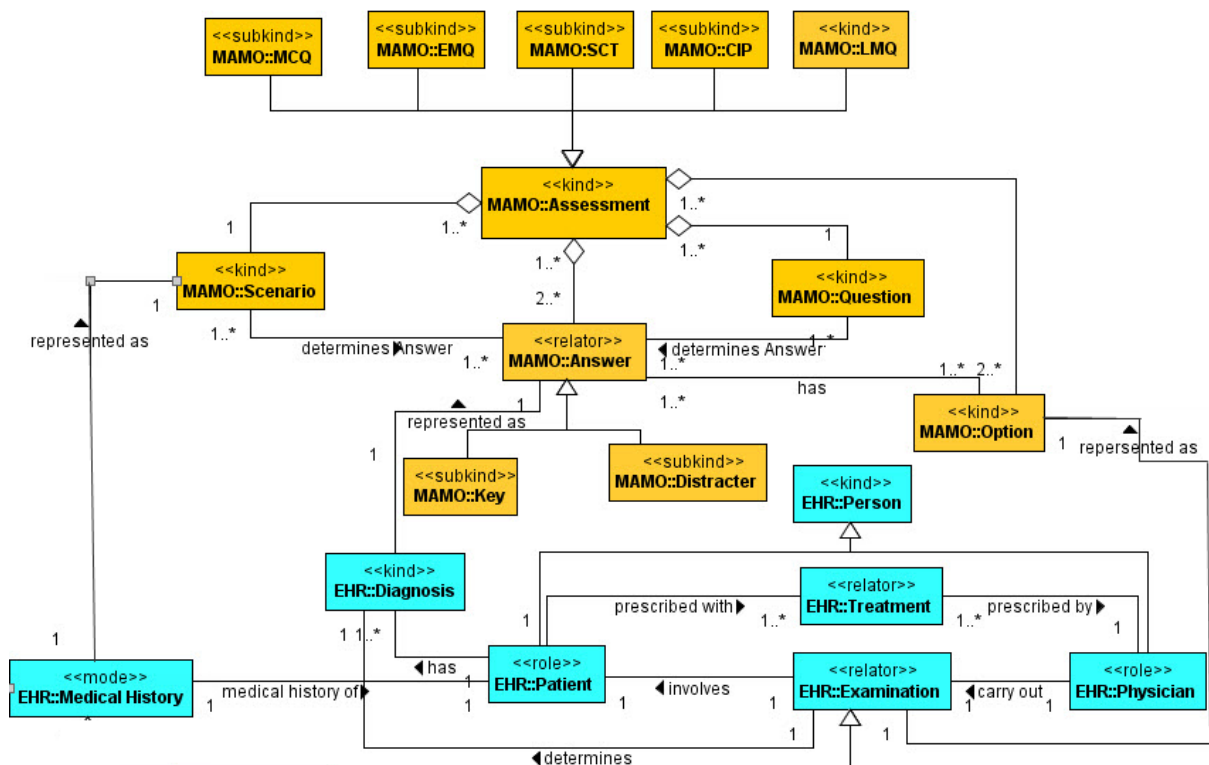
Сваки концепт **Тип Питања** се састоји од следећих компоненти: **Питање (Question)**, **Сценарио (Scenario)**, **Одговор (Assessment)** и **Опција (Option)**. При томе сваки **Тип Питања** може имати само један **Сценарио**, док **Сценарио** може бити примењен на једно или више **Типова Питања**. Исти случај је и са концептом **Питање**, сваки **Тип Питања** може имати само једно **Питање**, док свако **Питање** може одговарати једном или више **Типова Питања**. Са друге стране концепт **Опција** може припадати једном или више **Типова Питања**, али сваки **Тип Питања** може имати две или више **Опција**. Концепт **Одговор** који је такође компонента **Типа Питања** је релатор између **Питања**, **Сценарија** и **Опције**. Да ли за постављено **Питање** датом **Сценарију** одговара понуђена **Опција** биће одређено управо преко **Одговора** који може бити **Тачан одговор (Key)** или

⁴ <https://nemo.inf.ufes.br/projetos/oled/>

Нетачан одговор (Distracter). Пун опис концепта **Тип Питања** и осталих повезаних концепата ентитета дат је у RDF фајлу у оквиру имплементације.

Као што је већ напоменуто EHR онтологија је онтологија задатка и њу користи MAMO онтологија. Конкретно, инстанце концепта **Медицинска историја** из EHR онтологије су репрезентоване као инстанце концепта **Сценарио** у MAMO онтологији. Другим речима, сваки Сценарио представља опис једне Медицинске историје. Такође, инстанце концепта **Дијагнозе** из EHR се у MAMO онтологији представљају инстанцама концепта **Одговор**.

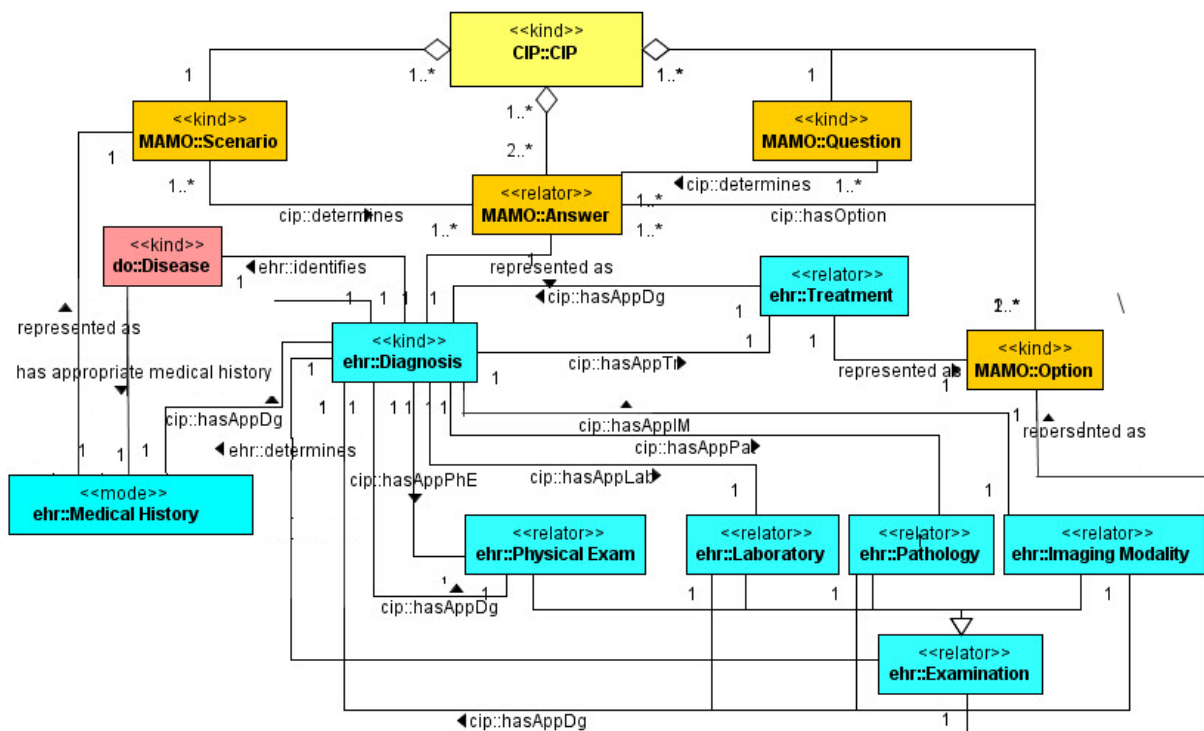
Треба нагласити да се у почетној фази докторске дисертације, започело са развојем MAMO онтологије која обухвата семантички опис наведених типова питања. Током сазревања саме дисертације фокус је пребачен на CIP и SCT тип питања. Семантички описи осталих типова питања су вишеструко заступљени у истраживачким радовима, док CIP и SCT питања до сада нису семантички описивана. Такође, интересовало нас је да ли могуће ове врсте питања применити и у другим областима образовања осим медицинског. Из тог разлога је дат само почетни концепт MAMO онтологије који је и описан у пар радова са конференција а затим су рађени дељљнији описи OntoCIP и SCTOnto онтологије.



Слика 29. Приказ MAMO онтологије у OntoUML lightweight editor-y

5.2.3 OntoCIP онтологија

Основни концепт OntoCIP онтологије је **CIP** чије компоненте су **Питање**, **Сценарио**, **Опција** и **Одговор**. Наведени концепти (осим Питања) репрезентују одговарајуће концепте EHR и МАМО онтологије. Концепт **Одговор** се односи на одговарајуће инстанце концепта **Дијагнозе** концепт **Сценарио** односи на одговарајуће инстанце концепта **Медицинска историја**, док се концепт **Опција** односи на одговарајуће инстанце концепта **Преглед (Физички преглед, Лабораторијски преглед, Патолошки преглед, Третман и Медицинска техника снимања)**. Концепт **Питање** се односи на инструкције које ученик добија приликом полагања. С обзиром да је CIP питање тако конципирано да без обзира на тежину питања, свакој дијагнози одговара по један опис медицинске историје и третмана и по један опис од подконцепата прегледа ове везе су моделоване креирањем својстава **Дијагноза има одговарајућу опцију** (енг. *hasAppOption*) **Опцију**. Ово својство ће даље бити специфицирано на подсвојства: *има одговарајућу медицинску историју* (енг. *hasAppMH*), *има одговарајући физички преглед* (енг. *hasAppPhE*), *има одговарајући лабораторијски преглед* (енг. *hasAppLab*), *има одговарајући патолошки преглед* (енг. *hasAppPat*), *има одговарајућу медицинску технику снимања* (енг. *hasAppIM*) и *има одговарајући третман* (енг. *hasAppTr*). Гледајући са супротном смеру, ако се циља на најнижи ниво тежине питања, свака од инстанци **Опција** ће бити у вези са само једном инстанцом концепта **Одговор (Дијагноза)**, моделована кроз својство **Опција има тачно једну дијагнозу** (енг. *describesExactlyOneDg*) **Одговор**. Уколико се циља на више нивое тежине инстанце концепта **Опције** могу бити у вези са једном или више инстанци концепта **Одговор**, што је моделовано својством **Опција има дијагнозу** (енг. *hasDg*) **Одговор**. На Слици 30 су приказани основни концепти и својства OntoCIP онтологије.

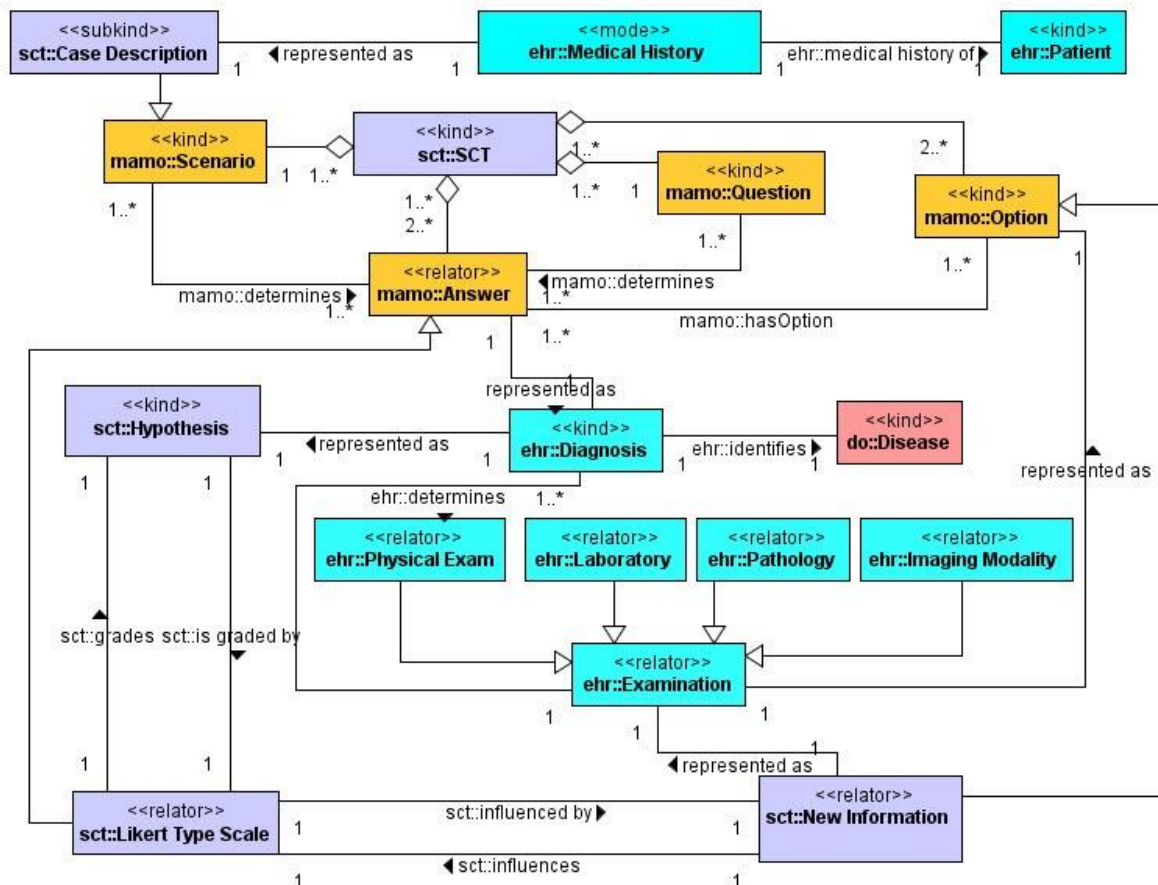


Слика 30. Приказ OntoCIP онтологије у OntoUML lightweight editor-у

5.2.4 SCTOnto онтологија

Основни концепт SCTOnto онтологије је **SCT** (Слика 31) чије компоненте су **Питање**, **Сценарио**, **Опција** и **Одговор**. Као и у случају OntoCIP онтологије, наведени концепти (осим концепта **Питање**) репрезентују одговарајуће концепте MAMO и EHR онтологије. Концепт **Опис случаја (Case Description)** представља подврсту концепта **Сценарио** и као и он користи инстанце концепта **Медицинска историја**. Овде треба напоменути да **Опис случаја** код овог типа питања је најчешће двосмислен или не садржи довољно информација које су потребне лекару да би одредио дијагнозу. Концепт **Хипотеза** репрезентује инстанце концепта **Дијагноза** и као такав представља део **Одговора** у овом типу питања. Другачије речено, опис случаја одређује (енг. *determines*) која хипотеза ће бити дата. Након постављених хипотеза у оквиру SCT питања, представљају се и одговарајуће нове информације. Специфичност SCT питања лежи управо у одговору тј. начину дефинисања одговора. Са једне стране, као што је већ напоменуто концепт **Хипотеза** представља део одговора. Са друге стране, ученици процењују да ли је понуђени одговор (хипотеза) тачан на основу новооткривених информација а заокруживањем бројева на **Ликертовој скали (Likert Type Scale)**. Из тог разлога концепт **Ликертова скала** представља релатор између **Хипотезе** и **Нове информације**.

Однос између инстанци концепта **Хипотеза** и концепта **Ликертова скала (Liekert Type Scale)** је моделован својствима **Хипотеза је оцењена** (енг. *Is graded by*) **Ликертовом скалом** и **Ликертова скала оцењује** (енг. *grades*) **Хипотезу**. Такође, између **Ликертове скале** и **Нове информације** постоји веза која је моделована кроз својства **Ликертова скала је под утицајем** (енг. *Influenced by*) **Нове информације** и **Нова информација утиче на** (енг. *Influences*) **Ликертову скалу**.



Слика 31. Приказ SCTOnto онтологије у OntoUML lightweight editor-у

5.3 Дизајн и имплементација

5.3.1 Дизајн онтологија питања

Током фазе дизајна, програмер онтологије може изабрати један од три приступа: одозго на доле, од средине ка споља или одоздо према горе. Сваки од њих има одређене предности и недостатке. Приступ одоздо према горе даје веома висок ниво детаља, али то отежава уочавање сличности између сродних концепата и повећава ризик од недоследности, што заузврат доводи до поновног рада и још више напора. Приступ

одозго на доле резултира бољом контролом нивоа детаља, иако почетак од врха може резултирати одабиром и наметањем произвољних категорија високог нивоа. Сходно томе, постоји ризик од слабије стабилности модела, што доводи до прераде и већег напора. Приступ од средине ка споља успоставља равнотежу у погледу нивоа детаља, који се јавља само по потреби, и на овај начин се избегава одређени напор. Почевши од најважнијих концепата и дефинисањем концепата вишег нивоа у смислу истих, ови други природно настају и стога је већа вероватноћа да ће бити стабилни. Ово доводи до мањег поновног рада и мањег укупног напора [162]. На основу ових појашњења, приликом дизајнирања онтологија питања коришћен је приступ од средине ка споља.

5.3.2 Имплементација

Фаза имплементације подразумева имплементацију онтологије на изабраном оперативном језику. Све онтологије питања, као и EHR онтологија су имплементирани у TasorOne online едитору⁵. У Прилогу 1, је дат део кода EHR онтологије приказан у RDF(S).

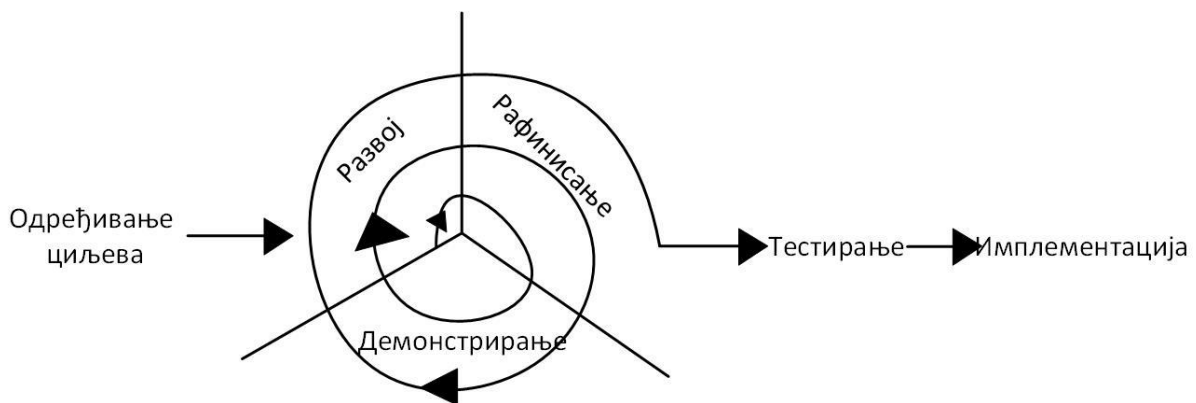
5.4 Тестирање и евалуација

Фаза тестирања и евалуације онтологија детаљно је описана у секцији 7 у оквиру кога је разматрана евалуација платформе за е-оцењивање, применом FEDS оквира [30] који се користи за евалуацију науке о креирању (енг. *Design Science Research*).

⁵ <http://www.tasorone.com/>

6. РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА CLICKER ПЛАТФОРМЕ

За потребе што ефикаснијег и квалитетнијег пројектовања софтвера, установљене су различите методологије развоја [163]. Избор конкретне методологије зависи од самог софтвера, односно захтева клијента, комплексности и временских рокова. За развој CLICKER платформе изабрана је методологија прототипа (Слика 32) којом се представља рана верзија коначног софтверског решења. Прототип показује крајњим корисницима, како софтвер може изгледати и функционисати (у току самог развоја прототипа). Обично се прототип рафинише све до се не направи коначна верзија софтвера.

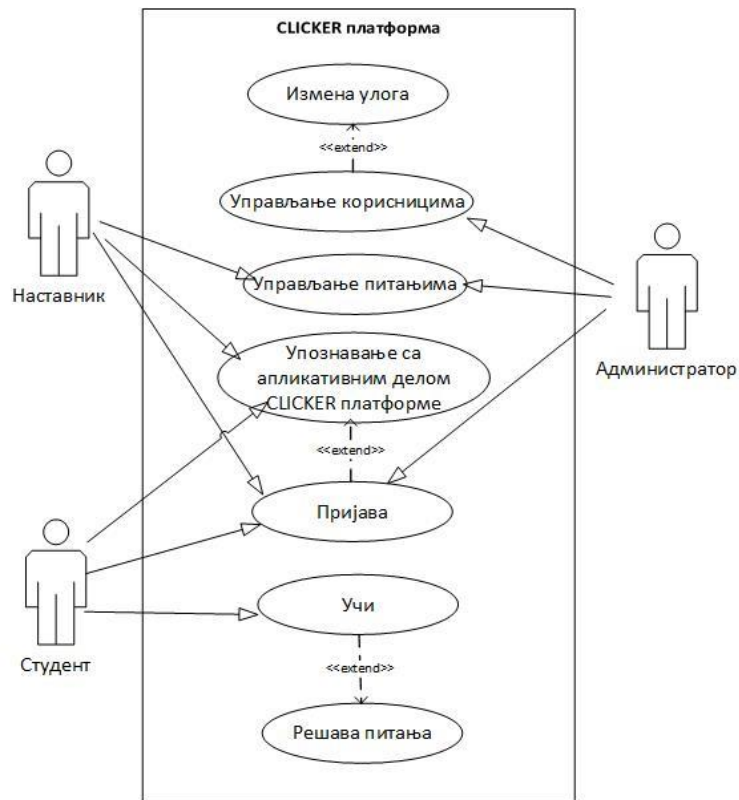


Слика 32. Методологија прототипа

6.1 Дефинисање случајева коришћења

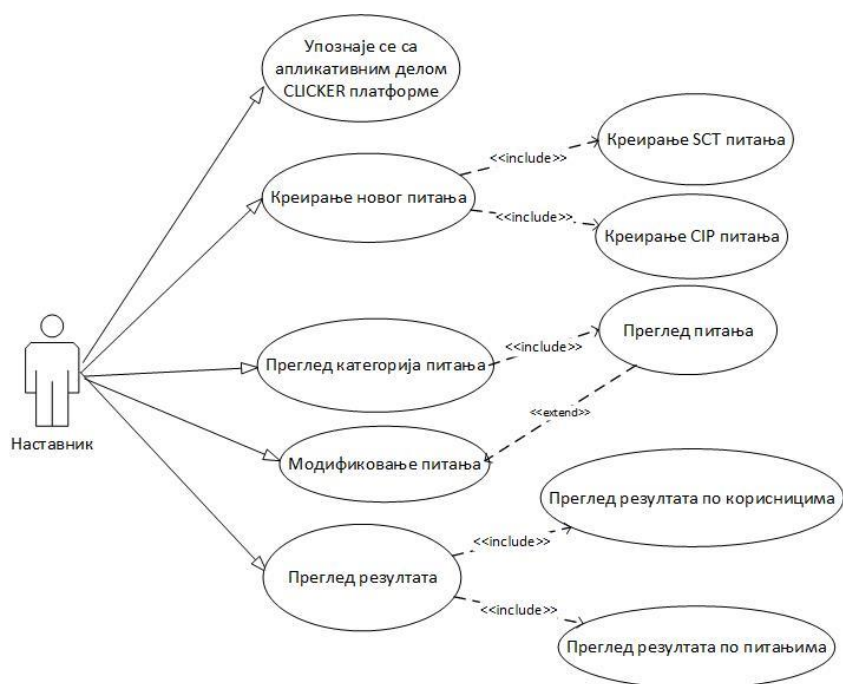
У развоју CLICKER платформе за оцењивање ученика постоје одређени захтеви, као што је захтев да корисник у улози наставника може да измени питање, дода га или обрише. За потребе специфицирања захтева креирани су одговарајући UML дијаграми, при чему је коришћен алат MS Visio Professional 2019.

Дефинисане су три основне категорије корисника: наставник, администратор и ученик. Ове категорије приказане су кроз генерички случај коришћења (Слика 33). Такође, дефинисани су и посебни дијаграми за сваког од корисника.



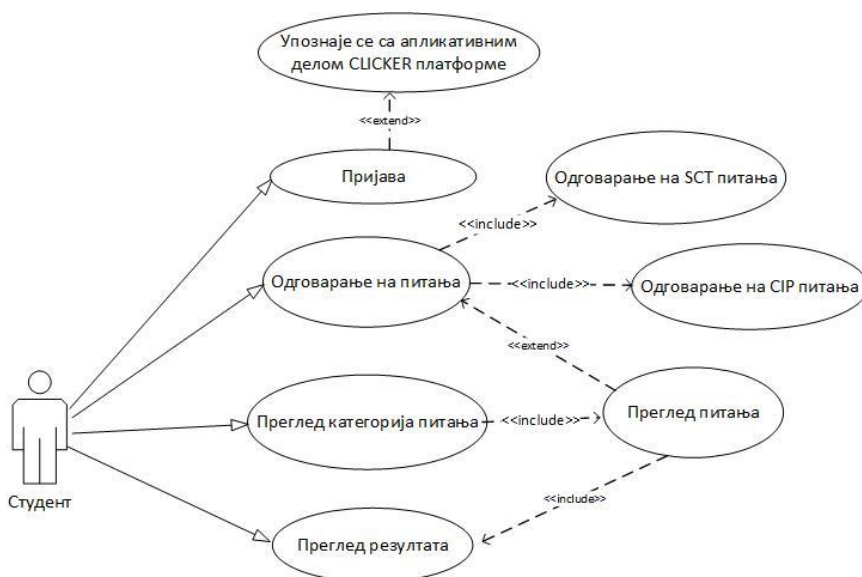
Слика 33. Генерички случајеви коришћења CLICKER платформе

Скуп случајева коришћења из перспективе наставника дат је на Слици 34. Приликом првог логовања наставник има могућност упознавања са платформом кроз креирано детаљно упутство у виду дијалог прозора. Сва питања груписана су према типовима којима припадају. Свако питање има назив и главне елементе питања која су специфична за SCT и SIP питање. Уколико сматра да је потребно, наставник може модификовати питање. Такође, могуће је „ручно“ убацити ново питање жељеног типа. Пошто су питања аутоматски генерисана, наставник може приступити и решењима питања. Омогућено је и прегледање свих одговора на свако појединачно питање. На тај начин наставник може да стекне увид да ли је тежина питања одговарајућа. Такође, наставник има преглед постигнућа ученика. За сваког ученика дат је преглед питања које је решио и оствареног броја бодова.



Слика 34. Дијаграм коришћења CLICKER платформе из угла наставника

Скуп случајева коришћења из перспективе ученика дат је на Слици 35. Као и наставник и ученик има могућност упознавања са платформом кроз креирано детаљно упутство у виду дијалог прозора. Такође, ученик може да погледа које категорије болести су доступне и у оквиру сваке категорије на које питање жели да одговори. Омогућено му је да одговара на SCT и CIP питања. На свако од питања ученик може да одговори више пута. Преглед сопствених постигнућа омогућен је кроз увид у бодове за свако одговорено питање. Уз преглед сопствених одговора ученик може да погледа и тачна решења након што одговори на одабрано питање.



Слика 35. Дијаграм коришћења CLICKER платформе из угла ученика

Скуп случајева коришћења из перспективе администратора курса дат је на Слици 36. Главна улога администратора курса је да изврши прилагођавање платформе за е-оцењивање за одређени домен одабиром онтологије која ће бити укључена. Такође, администратор може додати нови тип питања на основу постојећих онтологија питања. Штавише, могуће је извршити креирање типова питања специфицирањем параметара питања и њихових вредности. Када се заврши прилагођавање окружења за е-оцењивање, администратори могу да покрену процес генерисања кода. Као резултат, створено је прилагођено окружење за е-оцењивање.



Слика 36. Дијаграм коришћења CLICKER платформе стране администратора

6.2 Креирање скупова података здравствених картона

Једна од најважнијих функција за лекара приликом лечења пацијента је да проучи комплетну медицинску историју пацијента проласком кроз све записе, од резултата тестова до белешки претходних лекара. Значајан број клиничких извештаја су у писаној форми и заморни су за директну употребу без одговарајуће претходне обраде. На пример, документи из домена лабораторијских извештаја се састоје од атрибута из затвореног скупа типова атрибута и њихових одговарајућих мерења, и већ су у жељеној структурираној форми. Међутим, подаци у документима као што су белешке лекара, отпусни извештаји, итд., су углавном неструктурирани и веома их је тешко анализирати. Са све већом употребом технологије у медицини, ови записи се све више дигитализују, и организују у електронске здравствене картоне. С обзиром да у медицинским истраживањима такви здравствени картони могу бити погодан извор медицинских података, потребно је податке превести у структурирани облик.

Приликом креирања скупова података здравствених картона, за потребе докторске дисертације извршена је исцрпна претрага различитих сајтова који садрже сетове медицинских података. Већина њих била је усмерена на аспекте као што су географски, старосни, етнички и слично, који нису предмет овог истраживања. Коначно, разматрана су два скупа података. Први скуп података⁶ представљају подаци прикупљени на основу 833 прегледа пацијената из САД, у оригиналу дати на енглеском језику (Слика 37). Време преузимања података било је испод једног минута. С обзиром да су планирани испитаници ученици који медицину уче на српском језику, питања на енглеском језику би неким била препрека и утицала би на њихово задовољство коришћења предложене платформе. Из тог разлога је у коначној итерацији овај скуп података одложен за неко будуће истраживање ван граница нашег језика. Осим тога, оригинална јавно доступна база података која је коришћена за креирање скупа података више није доступна на изворној адреси. Ова околност представља још једну препреку у реализацији експеримента над овим скупом података, али и могућност да се експерименти репродукују касније, с обзиром да више није могуће доћи до аутора ове базе (затворен Data.world налог), што додатно отежава јавно објављивање локалне копије тих података у трансформисаном облику. Што се локалне копије издвојених података из ове базе тиче, коришћен је скуп SQL упита којим се издвајају одговарајуће колоне из базе и мапирају на онтологију. Један пример оваквог упита за издвајање резултата лабораторијских прегледа, који се даље мапира на EHR:Laboratory, дат је у Табели 7.

Табела 7. SQL упит за издвајање резултата лабораторијских прегледа

```
SELECT lab_results.result_description
FROM encounter, lab_results
WHERE encounter.encounter_id=lab_results.encounter_id
AND (lab_results.result_name LIKE '%X-Ray%'
OR lab_results.result_name LIKE '%ECG%'
OR lab_results.result_name LIKE '%Urine%'
OR lab_results.result_name LIKE '%Blood%')
```

Овим упитом се издвајају текстуални описи лабораторијских резултата из медицинских картона SQL базе података (табела lab_results у оригиналној бази), који су најчешће рендгенски, ЕКГ налази, исходи анализе урина или крви. На сличан начин се

⁶ Data.world

издвајају и остала поља из базе, са циљем мапирања на одговарајуће концепте EHR онтологије, која се даље користи за мапирање на концепте онтологије конкретних типова питања која ће бити генерисана. Из тог разлога је у коначној итерацији овај скуп података одложен за неко будуће истраживање ван граница нашег језика.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
encounter_id	encounter_description	result_description	result_name	numeric_result	abnormal_val	description	test_name	drug_name	sig	
2	C2819614934032019919	Alexa visited emergency clinic on 3/11/2005 11:07:00 P PaO2=58 mm[Hg]	PaO2	58		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
3	C2819614934032019919	Alexa visited emergency clinic on 3/11/2005 11:07:00 P PaCO2=44 mm[Hg]	PaCO2	44		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
4	C2819614934032019919	Alexa visited emergency clinic on 3/11/2005 11:07:00 P FEV1/FVC=60 %	FEV1/FVC	60		Chronic Obstructi	FEV1/FVC	OMS 50	via nasal cannula (contin	
5	C2819614934032019919	Alexa visited emergency clinic on 3/11/2005 11:07:00 P FEV1=35 %	FEV1	35		Chronic Obstructi	FEV1	OMS 50	via nasal cannula (contin	
6	P9990076421211777089	Knox visited emergency clinic on 9/13/2005 11:41:00 AI severe atherosclerotic calci	US, Extremity, Non-Vascular			Type 2 Diabetes	US, Extremity	glyburide	daily	
7	A2426343885799650275	Freya visited emergency clinic on 3/16/2005 11:44:00 A HbA1c=9 %	HbA1c	9		Type 2 Diabetes	HbA1c	Potassium Ch	po qd	
8	X6120647509072813988	Knox visited emergency clinic on 3/19/2006 11:30:00 AI severe atherosclerotic calci	US, Extremity, Non-Vascular			Type 2 Diabetes	US, Extremity	glimepiride	daily	
9	V7370484528258688880	Aidan visited emergency clinic on 9/1/2006 10:24:00 AI PaO2=58 mm[Hg]	PaO2	58		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
10	V7370484528258688880	Aidan visited emergency clinic on 9/1/2006 10:24:00 AI PaCO2=44 mm[Hg]	PaCO2	44		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
11	V7370484528258688880	Aidan visited emergency clinic on 9/1/2006 10:24:00 AI FEV1/FVC=60 %	FEV1/FVC	60		Chronic Obstructi	FEV1/FVC	OMS 50	via nasal cannula (contin	
12	V7370484528258688880	Aidan visited emergency clinic on 9/1/2006 10:24:00 AI FEV1=35 %	FEV1	35		Chronic Obstructi	FEV1	OMS 50	via nasal cannula (contin	
13	I8456859506865899844	Alexa visited emergency clinic on 11/21/2007 3:10:00 P PaO2=58 mm[Hg]	PaO2	58		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
14	I8456859506865899844	Alexa visited emergency clinic on 11/21/2007 3:10:00 P PaCO2=44 mm[Hg]	PaCO2	44		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
15	I8456859506865899844	Alexa visited emergency clinic on 11/21/2007 3:10:00 P FEV1/FVC=60 %	FEV1/FVC	60		Chronic Obstructi	FEV1/FVC	OMS 50	via nasal cannula (contin	
16	I8456859506865899844	Alexa visited emergency clinic on 11/21/2007 3:10:00 P FEV1=35 %	FEV1	35		Chronic Obstructi	FEV1	OMS 50	via nasal cannula (contin	
17	I3707576846460116639	Carter visited emergency clinic on 8/30/2007 7:57:00 PI positive for protein	Protein Urine			Type 1 Diabetes	Protein Urine	Insulin Nph	80 UNITS SC AC	
18	T978287226405435711	Knox visited emergency clinic on 5/13/2008 10:57:00 AI HbA1c=9 %	HbA1c	9		Type 2 Diabetes	HbA1c	Insulin Nph	20 UNITS SC AC	
19	K6379024436643474662	Freya visited emergency clinic on 1/1/2008 6:22:00 PM fasting plasma glucose=350	fasting plasma g	350		Type 1 Diabetes	fasting plasm	Potassium Ch	po qd	
20	M4861296963215548664	Alexa visited emergency clinic on 4/22/2009 6:41:00 AI PaO2=58 mm[Hg]	PaO2	58		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
21	M4861296963215548664	Alexa visited emergency clinic on 4/22/2009 6:41:00 AI PaCO2=44 mm[Hg]	PaCO2	44		Chronic Obstructi	Arterial Bloo	OMS 50	via nasal cannula (contin	
22	M4861296963215548664	Alexa visited emergency clinic on 4/22/2009 6:41:00 AI FEV1/FVC=60 %	FEV1/FVC	60		Chronic Obstructi	FEV1/FVC	OMS 50	via nasal cannula (contin	
23	M4861296963215548664	Alexa visited emergency clinic on 4/22/2009 6:41:00 AI FEV1=35 %	FEV1	35		Chronic Obstructi	FEV1	OMS 50	via nasal cannula (contin	
24	C2268271246071936593	Carter visited emergency clinic on 9/7/2009 3:25:00 AI findings of acute hemorrhag	CT Head			Hemorrhagic Stro	CT Head	mannitol	IV	
25	A7745641830418503569	Emery visited emergency clinic on 9/7/2009 11:31:00 PI shows B/L hydroureter and h	US Kidney			Acute Renal Failur	US Kidney	AVAPRO	by mouth daily	
26	S862721734301051340	Freya visited emergency clinic on 11/19/2009 8:01:00 P HCO3=17 meq/L	HCO3	17		Type 1 Diabetes	Arterial Bloo	Potassium Ch	po qd	
27	S862721734301051340	Freya visited emergency clinic on 11/19/2009 8:01:00 P	PH	6		Type 1 Diabetes	Arterial Bloo	Potassium Ch	po qd	
28	S862721734301051340	Freya visited emergency clinic on 11/19/2009 8:01:00 P creatinine=2 mg/dL	creatinine	2		Type 1 Diabetes	Basic Metab	Potassium Ch	po qd	
29	S862721734301051340	Freya visited emergency clinic on 11/19/2009 8:01:00 P BUN=30 mg/dL	BUN	30		Type 1 Diabetes	Basic Metab	Potassium Ch	po qd	

Слика 37. Скуп података са data.world платформе

Други скуп података представљају извештаји пацијената у папирном облику, прикупљени из државене болнице и приватних клиника у Србији, уз напомену да су сви подаци деперсонализовани у складу са законом о заштити приватности пацијената (Слика 38). Такође, други скуп података пружа детаљне информације о симптомима, болестима и запажњима која се тичу здравственог стања пацијента. С обзиром да су подаци били представљени у облику извештаја, односно били су неструктурирани, пре саме примене било је потребно превести их у структурни формат.

Izveštaj lekara specijaliste

Opšta Bolnica Čačak
Dragiše Mišovića 205
32000 Čačak
032/307-000, Centrala

Vreme štampanja: 25.02.2021 11:35:44

Pacijent (ime, ime roditelja, prezime): [REDACTED]
Adresa (ulica, broj, mesto): [REDACTED]
Kontakt telefon: [REDACTED]
Fond: RFZO/Filijala Cacak
Datum prijema: 25.02.2021. 10:25
Odeljenje/odsek: Služba za ortopediju sa traumatologijom/Odsek ortopedije sa traumatologijom
Pol: Ženski
BZK: [REDACTED]

Amb br protokola: 2411 Broj kartona: [REDACTED] OO: 1010 OOP: /

Početak posete: 25.02.2021. 10:25
Završetak posete: 25.02.2021. 11:18

Dijagnoze
M659 **Synovitis et tenosynovitis, non specificata genus dex.**

Anamneza: Bolovi u kolenu. Tegobe traju par dana. Otežana pokretljivost posle mirovanja. Imala coronu.

Status: Hoda neupadljivo. Koleno bez deformiteta, lako edematozno. Pokreti bolno ograničeni. Ligamentarno stabilno. Probe za meniskus negativne. Palpatorna bolna osetljivost zatkolene jame. NV nalaz uredan.

Dijagnostički nalaz: Rtg ne vide se znaci sveže koštano zglobne traume, kao ni degenerativne promene kolena.

Predložena terapija i zaključak:
Dat savet, mirovanje
Dexomen 3x1 kod bolova
Hyalfit caps 1x1 3 meseca
Fastum gel spolja 3x utrljati na koleno
Pošteda kolena 2 nedelje
Isključiti fokalozu, kontrola stomatologa, urina, ginekologa.
Kontrola po potrebi.

Ordinirajući lekar
Dr Stefan Vučković
Dr Vladimir Mišević
doktor medicine

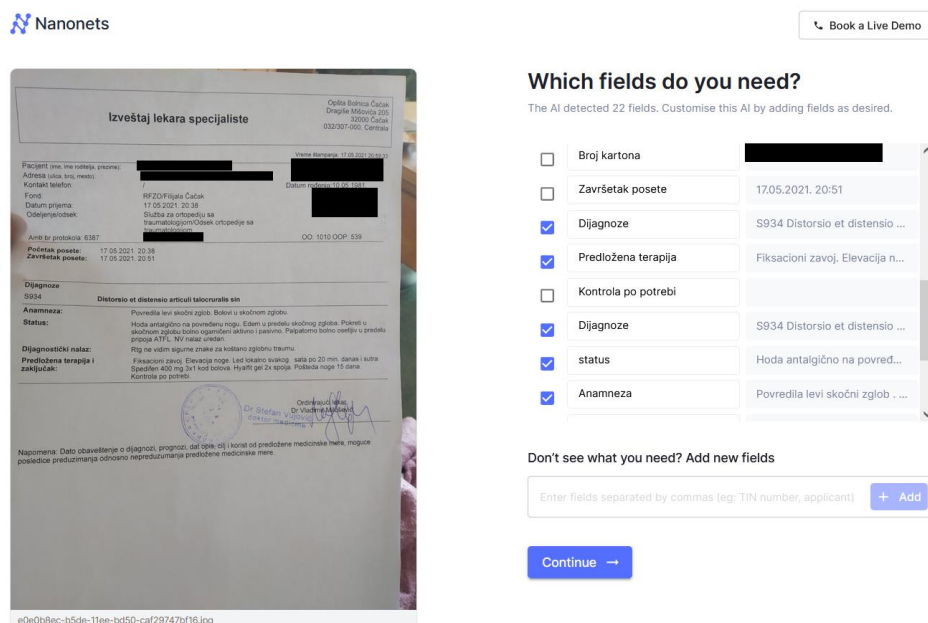
omena: Dato obaveštenje o dijagnozi, prognozi, dat opis, cilji i korist od predložene medicinske mere, moguće edice preduzimanja odnosno nepreduzimanja predložene medicinske mere.

Слика 38. Пример оригиналног извештаја пацијента

Прикупљање докумената је трајало приближно 3 месеца, при чему су документи добијени у „папирном“ облику. Од прикупљених 600 извештаја, одбачени су извештаји који су се односили на контроле код лекара где је већ утврђена дијагноза пацијента. Такође, у области ортопедије лекар је захтевао накнадно доношење RTG снимка да би се утврдила коначна дијагноза па су и такви извештаји изузети. Пречишћавањем документације добијено је 506 записа од којих је 338 имало само једну дијагнозу (примарну) и ти извештаји су искоришћени за тестирање. Пребацивање докумената у дигитални облик је трајало приближно 2 сата. Даља обрада и коришћење овако скенираних али неструктурираних података захтевало је алате као што је OCR (енг. *Optical Character Recognition*). Поменути алати потпомогнути вештачком интелигенцијом врше екстракцију неструктурираних података на ефикасан начин,

претварајући их у јаснији облик. У оквиру ове дисертације коришћен је алат Nanonets⁷, који је у основном пакету бесплатан за коришћење. Његове OCR могућности, интелигентни модели екстракције података засновани на вештачкој интелигенцији као и аутоматизовани радни токови били су довољни да задовоље тражене захтеве.

Креирањем налога и новог радног тока (енг. Workflow) започет је процес тренирања модела. Након избора улазног и излазног формата траженог документа, постављен је пример извештаја пацијента на Nanonets веб сајт. Анализирањем документа са кога се преузимају одговарајућа поља и њима одговарајући подаци добијен је почетни модел (Слика 39). Чекирањем одговарајућих поља уклоњени су подаци који нарушавају приватност пацијента као што су име, презиме, јмбг адреса као и лбо књижице. Такође, уклоњени су и подаци који су ирелевантни за генерисање питања, као што је назив институције одакле је извештај прибављен, датум пријема, датум отпуста, име лекара који је примио пацијента или стандардни текст о обавештењу пацијената: „ Пацијенту дато обавештење о дијагнози и прогнози болести, кратак опис, циљ и корист предложене медицинске мере, времену трајања и могућим последицама предузете или не предузете мере сходно ставу 1 и 2, члан 28 Закона о здравственој заштити.“ С обзиром да нека поља нису аутоматски препозната, мануелно су додата помоћу опција које Nanonets алат омогућава. У овом случају, додата су поља *Статус* и *Анамнеза*.



Слика 39. Почетни модел са дефинисаним подацима

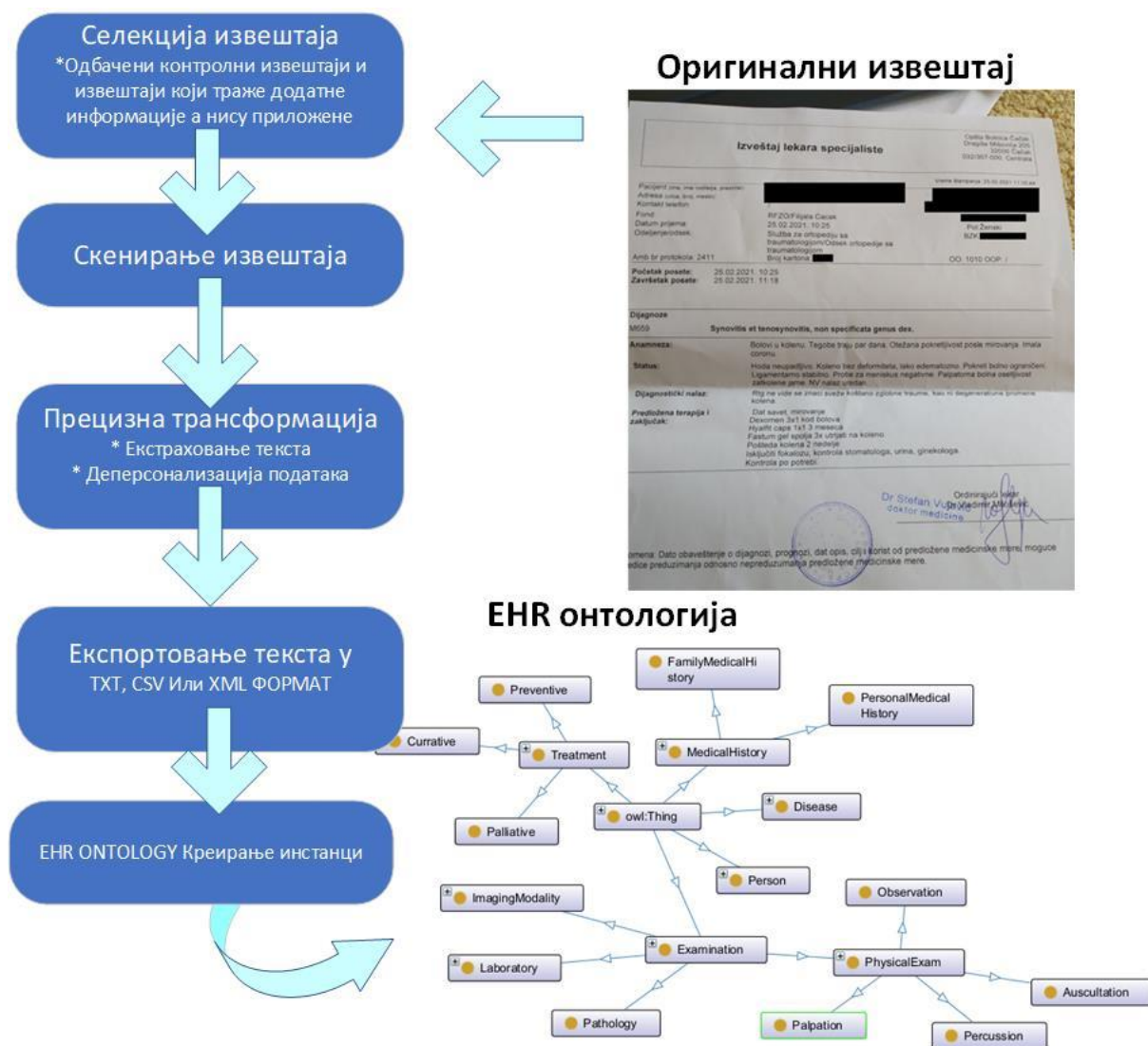
⁷ [Intelligent Automation AI for Business Processes | Nanonets](#)

После првог пролаза кроз одабране податке, извршено је „fino подешавање“ где је модел додатно усмерен како би се постигла жељена тачност (Слика 40). Проширена су одговарајућа поља са текстом која нису била прецизно обухваћена. У следећем кораку су у радни ток постављени преостали извештаји. Сваком од извештаја је било могуће приступити како би се проверило да ли модел правилно селекује податке. Након постизања задовољавајућег нивоа, крајњи документ је преузет у .csv формату.

The image shows a medical report on the left and its corresponding JSON data on the right. The report is titled "Izveštaj lekara specijaliste" and is from "Opšta Bolnica Čačak". It contains patient information, diagnosis (S934 Distorsio et distensio articulari talocruralis sin), and treatment recommendations. The JSON data on the right shows the structured output of this report, including fields for "Anamneza", "Dijagnoze", "Predložena terapija", and "Status".

Слика 40. Додатно „fino подешавање“ модела

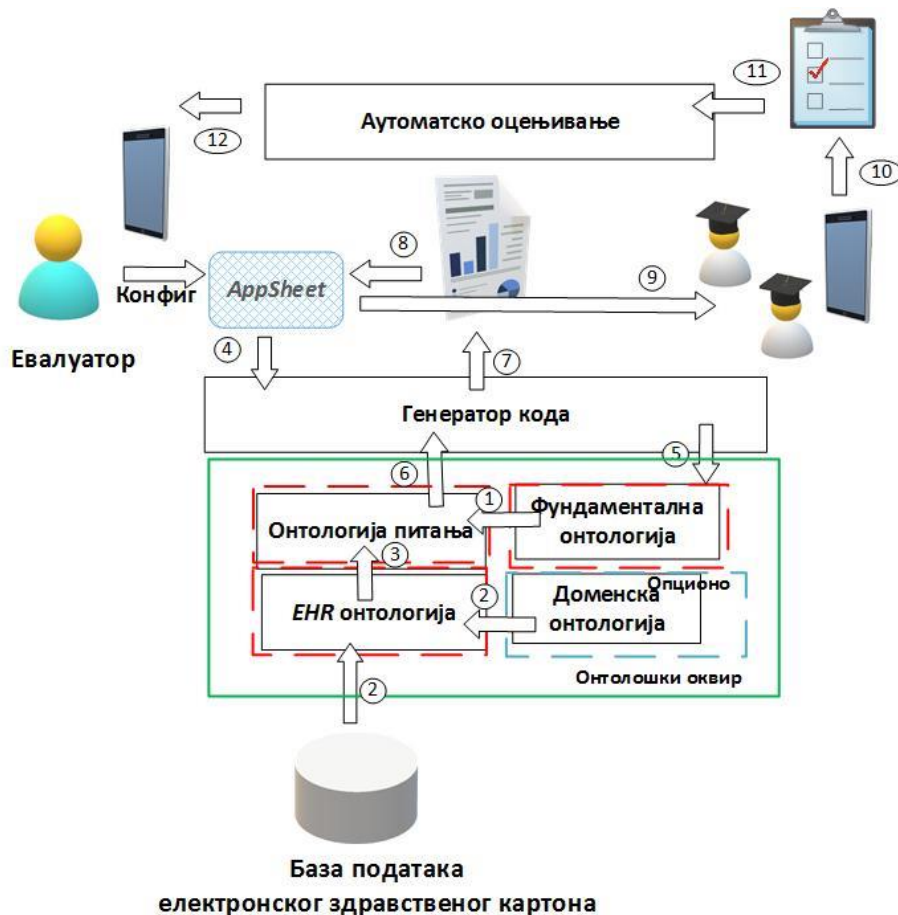
Треба напоменути да је аутентичан начин записивања који су лекари користили остао, управо из разлога навикавања студената медицине на такав начин изражавања. За сваку од колона извршено је мапирање на онтологију која је уведена са циљем представљања здравственог картона пацијента - ЕНР онтологију. Комплетан процес радног тока пречишћавања медицинских извештаја приказан је на Слици 41.



Слика 41. Процес пречишћавања неструктурираних података

6.3 Имплементација CLICKER платформе

Архитектура CLICKER платформе је заснована на мапирању онтологија и алгоритму за генерисање кода који користи семантичке анотације засноване на онтологијама (Слика 42). У склопу прве фазе креирања онтолошки вођене платформе за испитивање ученика креиране су OntoCIP и SCTOnto онтологије са основним циљем семантичког приказа управо ова два типа питања. Процес креирања онтологија детаљно је описан у претходном поглављу. Даљи кораци су груписани у логичке целине и као такви ће бити детаљно описани у наставку.



Слика 42. Архитектура предложене CLICKER платформе: 1 - утемељење онтологија, 2 - мапирање онтологија, 3 - Одређивање тежине питања, 4 - SPARQL упити, 5 - резултати упита, 6 - резултати генерисања кода, 7 - рендеровање мобилне апликације, 8 - Тести у оквиру апликације, 9 - Одговарање на питања, 10 - Одговори на питања, 11 - Резултати испитивања

6.3.1 Утемељење онтологија

Утемељење онтологија подразумева примену фундаменталних онтологија у концептуалном моделовању за изградњу доменских онтологија [164]. У том контексту, утемељење доменске онтологије која користи постојеће фундаменталне онтологије односи се на (делимични) процес поновне употребе основних категорија фундаменталне онтологије развоја [165] чиме се олакшава и убрзава процес развоја онтологије спречавањем поновног проналажења познатих решења за моделовање [166]. Процес утемељења EHR онтологије у UFO онтологију описан је у оквиру секције 5.2.

6.3.2 Мапирање онтологија

Онтолошко мапирање се односи на задатак успостављања кореспонденције између концепата две онтологије или шеме базе података и онтологије, како би се креирала нова онтологија или попунила семантичка база знања према дефиницији онтологије [167], [168]. Идентификовано је пет главних праваца онтолошког мапирања: лексичко, семантичко, структурално, засновано на инстанци и комбиновано [169], [170]. У оквиру ове дисертације извршено је мапирање скупа података здравственог картона у EHR онтологију, као и мапирање EHR онтологије у онтологије питања, тако да ће бити објашњена оба поступка.

6.3.2.1 Мапирање базе података здравствених картона на EHR онтологију

Мапирање колона CSV фајлова на скупове података дато је у Табели 8, за први скуп података и у Табели 9 за други скуп података. За сваку од врста у скупу података убацује се низ триплета, сваки од триплета за по једну од колона табеле која се мапира на својство EHR онтологије.

Табела 8. Мапирање првог скупа података на EHR онтологију

CSV фајл	EHR онтологија
Encounter_id	ID instance
Encounter_description	-
Result_description	EHR:Laboratory
Numeric_result	-
Description	EHR:Diagnosis
Drug_name	EHR:Treatment
Sig	-

Табела 9. Мапирање другог скупа података на EHR онтологију

CSV фајл	EHR онтологија
Id	ID instance
Glavne tegobe	EHR:Pathology
Status	EHR:PhysicalExam
Ultrazvučni nalaz	EHR:ImagingModality
Laboratorija	EHR: Laboratory
Šifra dijagnoze	-
Dijagnoza	EHR:Diagnosis
Terapija	EHR:Treatment

Битно је напоменути да је за потребе каснијег генерисања кода коришћена помоћна класа *EHRMapper*, чији је скуп метода са њиховим описима дат у Табели 10. Тиме се редни бројеви инстанци триплета аутоматски генеришу тако што бројеви иду узастопно – (Diagnosis1, Diagnosis2... – за дијагнозе и слично за остале колоне).

Табела 10. Кључне методе за имплементацију семантичке анотације у складу са EHR онтологијом

Метода	Опис
public static void insertTriplet(String serviceEP, String graph, String subject, String predicate, String object)	Функција за убацивање триплета (субјекат, предикат, објекат) у граф знања задат URI -јем, коришћењем <i>OpenTasor</i> инстанце идентификоване URL-ом <i>serviceEP</i> .
void mapEhrCsv(String filename, int numRecords, String serviceEP, String graph)	Из CSV фајла датог имена, издваја и семантички аотира <i>numRecords</i> врста табеле, док триплете убацује у семантички граф означен са <i>graph</i> , коришћењем <i>OpenTasor</i> иснанце дате као <i>serviceEP</i> .
public static String determineDiagnosisClass(String diagnosis)	За дати код дијагнозе, одређује категорију болести, по унапред дефинисаним фиксним правилима.

6.3.2.2 Мапирање EHR онтологије на СІР онтологију

Други корак приликом генерисања питања јесте мапирани EHR онтологије на одговарајућу онтологију питања, попут SCTOnto или OntoСІР онтологије. Алгоритам генерисања одговарајућег типа питања прибавља триплете из инстанце EHR онтологије, а затим се вредности тих елемената даље користе за конструисање семантичких триплета који представљају онтологије за специфичан тип питања. У Табели 11 је дат скуп метода које се користе, осим *insertTriplet* методе која је описана у Табели 10. Као исход овог

процеса јесте скуп триплета у складу са онтологијом питања, којим се генерише одговарајуће питање.

Табела 11. Кључне методе за генерисање CIP питања

Метода	Опис
public static ArrayList<String> executeQuery(String graph, String serviceEP, String query)	Извршава SPARQL упите који су дати као <i>query</i> аргумент над семантичком базом знања дефинисаном <i>graph</i> URI -јем, за <i>serviceEP</i> приступну тачку <i>OpenTasor</i> сервиса. Резултат се враћа као низ стрингова.
public static void genCipQuestion(String serviceEP, String srcGraph, String dstGraph, Bool easy, int numCandidates)	Кључна метода за гнерисање CIP питања, унутар које се врши мапирање EHR на OntoCIP онтологију примењујући наизменично кораке извршавања SPARQL упита над изворним графом знања EHR инстанце (srcGraph) и убацивања триплета у одредишну инстанцу OntoCIP онтологије (dstGraph). Након мапирања, издвојене вредности се додају у <i>Google Sheets</i> документ задатог идентификатора. Последњи параметар представља тежину питању. Подразумевана тежина питања је лако. За лака питања су одабрани кандидати дијагноза из различитих категорија болести, што имплицира већу различитост, али и лакше препознавање правог одговора од стране студената. Са друге стране, за тешка питања се узимају питања за дијагнозе из исте категорије. Коначно, numCandidates одређује колико дијагноза се узима за кандидате.
public static String determineDiagnosisClass(String diagnosis)	За дати код дијагнозе, одређује категорију болести, по унапред дефинисаним фиксним правилима.
public static void appendCip(String spreadsheetId, String diagnosisCode, String questionType, String diagnosis, String pathology, String exam, String lab, String us, String treatment)	Користи <i>Google Sheets</i> API за Јава програмски језик са циљем да за дати идентификатор документа изврши додавање нове врсте у <i>Google Sheets</i> табели. Као колоне има кључне елементе CIP питања, тако да је и њих потребно проследити као аргументе приликом генерисања питања. Након првог позива ове методе, потребно је извршити аутентификацију за <i>Google</i> налог у чијем је власништву циљани документ. Аутентификација се врши кроз <i>web</i> претраживач.

Када је у питању мапирања EHR онтологије на OntoCIP онтологију, врши се директно пресликавање концепата, као што је приказано у Табели 12. По завршетку мапирања, формира се врста која представља ново CIP питање на основу издвојених вредности и

убацује у одабрани *Google Sheets* документ. Коначно, убачено питање се на основу *Google Sheets* документа приказује на одговарајућој *AppSheet* страници у мобилној апликацији.

Табела 12. *Мапирање EHR онтологије на OntoCIP онтологију*

EHR онтологија	OntoCIP онтологија
EHR:Pathology	CIP:Pathology
EHR:PhysicalExam	CIP:PhysicalExam
EHR:ImagingModality	CIP:ImagingModality
EHR: Laboratory	CIP: Laboratory
EHR:Diagnosis	CIP:Diagnosis
EHR:Treatment	CIP:Treatment

Детаљнији приказ алгоритма за генерисање CIP питања је дат у Табели 13. У првом кораку се извршава упит за прибављање листе дијагноза. Уколико је одабрано да се генерише лако питање, онда се селекција *broj_kandidata* дијагноза врши насумично из непреклапајућих категорија. У супротном, ако је питање одабрано да буде теже, узимају се из исте категорије. Након тога, за сваку од одабраних дијагноза се обавља следећи поступак: 1) Извлачи се идентификаторски број на основу *id* триплета дијагнозе (на пример „Diagnosis5“). 2) На основу датог идентификатора формирају се идентификатори и за остале елементе као што су „Treatment5 “ и слично. 3) За сваки од ових идентификатора концепата се из базе триплета извлачи конкретна вредност, и то параметризацијом SPARQL упита који има форму као што је дато у примеру. 4) Након формирања стринга идентификатора поља, добијена вредност се користи за постављање вредности у FILTER делу шаблонског SPARQL упита, који враћа вредност за то поље, као што је приказано на у исечку из Јава функције за генерисање питања (Слика 43), који редом формира *id* поља питања, затим убацује тај *id* у упит, извршава упит над датим изворним графом, а затим добијену вредност резултата упита претвара у стринг. На овај начин се обавља прикупљање свих параметара питања и коначно формира нови *red* (row), који се надовезује у *Google Sheets* документ задатог *id*-ја. 5) По додавању у *Google Sheets* документ за дато питање, подаци из ове врсте се приказују као опције у том CIP питању за које дата дијагноза представља једну од опција.

```

String trId = "Treatment"+d_id;

String queryTrValue="PREFIX cip: <"+src_graph+"/>\r\n" +
"          SELECT DISTINCT ?v\r\n" +
"              WHERE {\r\n" +
"                  GRAPH <"+src_graph+"> {\r\n" +
"                      ?t cip:hasValue "+ "?v." + "\r\n" +
"FILTER(regex(STR(?t), \""+ trId+"\")\r\n"+
"          } \r\n" +
"          \r\n" +
"}\r\n" +
"\r\n" +
"";

ArrayList<String> trVal=QueryExecutor.executeQuery(src_graph,queryTrValue);
String trValue = trVal.get(0);

```

Слика 43. Прибављање параметара OntoCIP питања

Табела 13. Псеудокод алгоритма генерисања CIP питања на основу OntoCIP онтологије

<i>Улаз:</i> sg: semantički graf znanja, težina_pitanja, sheet_id, broj_kandidata
<i>Излаз:</i> sheet_doc: Ažurirani Google Sheets document sa novim pitanjima
<i>Кораци:</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. dijagnoze:=Pribaviti sve dijagnoze 2. Ako je težina_pitanja=lako 3. [Jeste] odabrane_dijagnoze:=Uzeti broj_kandidata nasumičnih različitih kategorija dijagnoza iz skupa dijagnoze 4. [Nije] odabrane_dijagnoze:=Uzeti broj_kandidata dijagnoza iz iste kategorije 5. Za svaku d iz odabrane_dijagnoze 6. id:=Izvuci_id(d) 7. codeQuery:=paramtrizuj(codeQuery,id) 8. Šifra:=executeQuery(ehr, d, codeQuery) 9. Tip_pitanja:="CIP" 10. Dijagnoza:=d 11. Lid:="Laboratory"+id 12. laboratoryQuery:=paramtrizuj(laboratoryQuery, lid) 13. laboratorija:=executeQuery(ehr, d, codeQuery) ... Težina_pitanja:=težina_pitanja 14. Row:=[šifra, tip_pitanja, dijagnoza, laboratorija, ... težina] 15. appendSctRow(sheet_id, row) 16. Kraj petlje;
Kraj.

6.3.2.3 Мапирање EHR онтологије на SCT онтологију

Поступак генерисања SCT питања врло је сличан поступку приликом генерисања CIP питања. Прво се врши мапирања EHR онтологије на SCTOnto онтологију. Алгоритам генерисања одговарајућег типа питања прибавља триплете из инстанце EHR онтологије, а затим се вредности тих елемената даље користе за конструисање семантичких триплета који представљају онтологију за SCT тип питања. У Табели 14 дата је скуп метода које се користе, осим *insertTriplet* методе која је описана у Табели 10. Осим мапирања, алгоритам генерисања кода, зависно од типа разматраног питања, може имати и функцију да прерачуна неке од вредности које се чувају као део питања, попут поена за различите вредност на Ликерт скали за SCT тип питања.

Табела 14. Кључне методе за генерисање SCT питања

Метода	Опис
public static ArrayList<String> executeQuery(String graph, String serviceEP, String query)	Извршава SPARQL упите који су дати као <i>query</i> аргумент над семантичком базом знања дефинисаном <i>graph</i> URI -јем, за <i>serviceEP</i> приступну тачку <i>Open Tazor</i> сервиса. Резултат се враћа као низ стрингова.
public static void genSctQuestion(String serviceEP, String disease, String srcGraph, String dstGraph, Bool easy, int numCandidates)	Кључна метода за гнерисање SCT питања, унутар које се врши мапирање EHR на SCT онтологију примењујући наизменично кораке извршавања SPARQL упита над изворним графом знања EHR инстанце (<i>srcGraph</i>) и убацивања триплета у одредишну инстанцу SCT онтологије (<i>dstGraph</i>). Као полазна тачка за одређивање тежине се узима унапред задата дијагноза. Осим тога, унутар ове методе се врши обрачунавање колико поена носи сваки од одговора са Ликертове скале, на основу статистике резултата. Након мапирања, издвојене вредности се додају у <i>Google Sheets</i> документ задатог идентификатора. Последњи параметар представља тежину питању, подразумевано је лако. За лака питања су одабрани кандидати дијагноза из различитих категорија болести у односу на кандидата, што имплицира већу различитост, али и лакше препознавање правог одговора од стране студената. Са друге стране, за тешка питања се узимају питања за дијагнозе из исте категорије. Коначно, <i>numCandidates</i> одређује колико дијагноза узимамо за кандидате.
public static void appendSCT(String spreadsheetId, String q, String h, String ni,	Користи <i>Google Sheets</i> API за Јава програмски језик са циљем да за дати идентификатор документа изврши додавање нове врсте у <i>Google Sheets</i> табели. Као колоне има кључне елементе SCT питања, тако да је и њих потребно проследити као аргументе приликом генерисања питања. Након првог позива методе, потребно је извршити

String lm2, String lm1, String l0, String lp1, ... String lp2)	аутентификацију за Google налог у чијем је власништву циљани документ. Аутентификација се врши кроз <i>web</i> претраживач. Додатно појашњење: <i>spreadsheetId</i> – идентификатор GoogleSheets документа где су питања <i>q</i> - питање <i>h</i> - хипотеза <i>ni</i> -нова информација <i>lm2</i> -поени за Ликертову скалу чији је параметар -2 <i>...lp2</i> –поени за за Ликертову скалу чији је параметар +2
---	---

Када је у питању мапирања EHR онтологије на SCTOnto онтологију, врши се пресликавање концепата, као што је приказано у Табели 15. По завршетку мапирања, формира се врста која представља ново SCT питање на основу издвојених вредности и убацује у одабрани *Google Sheets* документ. Коначно, убачено питање се на основу *Google Sheets* документа приказује на одговарајућој *AppSheet* страници у мобилној апликацији.

Табела 15. Мапирање EHR онтологије на SCTOnto онтологију

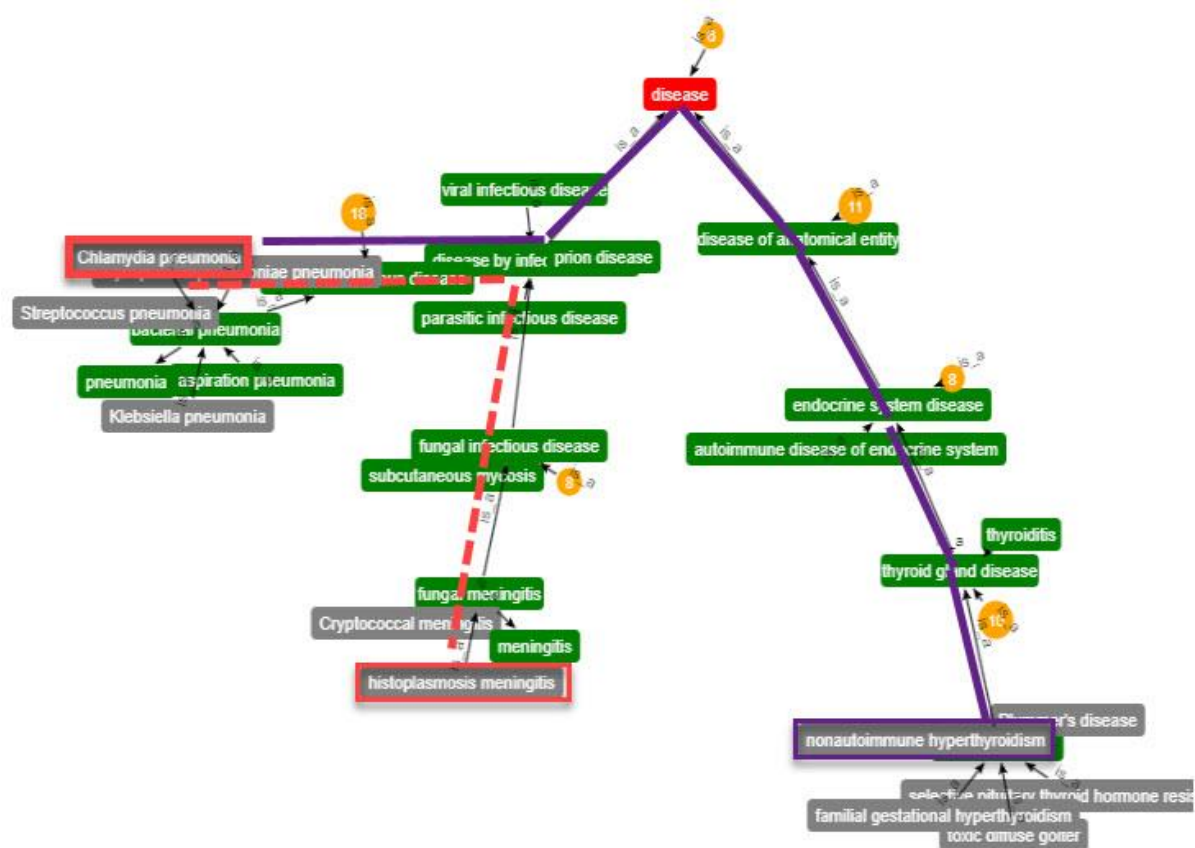
EHR онтологија	SCTOnto онтологија
EHR:MedicalHistory	SCT:CaseDescription
EHR:Diagnosis	SCT:Hypothesis
EHR:PhysicalExam	SCT:NewInformation
EHR:ImagingModality	SCT:NewInformation
EHR: Laboratory	SCT: NewInformation

6.4 Одређивање тежине питања

Процес одређивања тежине питања обавља се истовремено са генерисањем питања кроз кључне методе за генерисање. У оквиру ове секције дато је додатно појашњење на који начин удаљеност појмова у хијерархији болести (дијагноза) утиче на тежину питања.

Тежина питања дефинисана је кроз семантичку сличност. Семантичка сличност се може дефинисати на неколико различитих начина, али за потребе овог рада, дефинишемо га као функцију удаљености између појмова у онтологији [171]. Удаљеност између два концепта [172] је нумерички приказ колико су два концепта удаљена један од другог у неком геометријском простору. Може се сматрати инверзном семантичке сличности. На Слици 44, дат је пример ове дистанце у класификацији (дијагностици)

болести ендокриног система. Испрекидана црвена линија означава малу удаљеност између две болести, пнеумоније изазване бактеријом хламидија (енг. *Chlamydia pneumoniae*) и менингитиз изазван хистопласмозом (енг. *histoplasmosis meningitis*). Ови концепти су приближни јер су обе болести изазване бактеријском агентом, чиме је омогућено да ученици теже препознају тачне одговоре. С друге стране, љубичастом пуном линијом је приказана удаљеност између пнеумоније изазване бактеријом хламидија и неаутоимуног хипертироидизма (енг. nonautoimmune hyperthyroidism). У овом случају удаљеност је већа и једна болест је изазвана бактеријским агентом а друга анатомским ентитетом. Тиме је ученицима омогућено да лакше обележе тачан одговор. Параметри за подешавање тежине питања су описане у оквиру метода које су дате у Табели 9 (за СР питање) и Табели 12 (за SCT питање).



Слика 44. Приказ хијерархије ендокриних болести на који начин удаљеност појмова утиче на тежину питања

6.5 Додељивање бодова у SCT питањима

У секцији 4.4.5 поменуто је да се бодовање одговора за SCT питања одвија на специфичан начин. Оно подразумева упоређивање одговора које су дали испитаници са одговорима

које је дао панел експерата, тј лекара са искуством у области која се оцењује. Од чланова панела се тражи да појединачно заврше тест, а њихови одговори се користе за израду кључа за бодовање. Из тог разлога је аутоматизација овог дела генерисања питања представљала посебну врсту изазова. Предложене су две стратегије, индиректна и директна стратегија. У наставку ће бити објашњена свака од стратегија.

6.5.1 Директна стратегија оцењивања SCT питања

Приликом директне стратегије врши се обрада и прерачунавање екстрахованих података за сваку дијагнозу (која се у SCT онтологији представља класом *Hypothesis*) која је идентификована међу резултатима. Прво се идентификују сви могући описи лабораторијских резултата (класа *NewInformation* у SCT онтологији) за дати опис болести. Након тога, једноставним пребројавањем утврђује се број медицинских записа који постоје за сваки од могућих описа лабораторијских резултата за дату болест. Бодови за свако питање произилазе из одговора које је дао референтни панел састављен од лекара са искуством у области која се оцењује. За сваки одговор, бод је број чланова који су изабрали тај одговор, подељен модалном вредношћу за питање. Ако је за дато питање петнаест чланова панела изабрало „-2“, два су изабрала „-1“, а један одабрао „0“, кредит за „-2“ је 1 (15/15), кредит за „-1“ је 0,13 (2/15), а кредит за "0" је 0,06 (1/15). За неизабране опције, „+1“ и „+2“, кредит је 0. Са овом методом, сва питања имају исту максималну (1) и минималну (0) вредност.

У Табели 16, дат је псеудо код приликом директне стратегије за доделу бодова. Скуп помоћних метода, који се при томе користи, дат је у Табели 17.

Табела 16. Псеудо код директне стратегије за доделу бодова

<i>Улаз: question_id, expert_responses, likert_scale</i>
<i>Излаз: Likert scale scores</i>
<i>Кораци:</i>
1.najčešći_odgovor: = GetMostVoted(question_id, expert_responses);
2.broj_glasova_najčešćeg:=GetMaxVotes(question_id, expert_responses);
4. For svaki odgovor u likert_scale
5. If (odgovor == najčešći_odgovor)
7. likert_scale_score[odgovor]: = 1;
8. else
9. broj_glasova_eksperata:=GetResponseVotes(question_id, odgovor, expert_responses);
10. likert_scale_score[odgovor]: = broj_glasova_eksperata/broj_glasova_najčešćeg;
11. Kraj if ;

12. Kraj for petlje;
 13. vrati likert_scale_score;
 14. Kraj.

Табела 17. Скуп помоћних метода за деделу бодова у оквиру директне стратегије

Метода	Опис
public static int getMostVoted(String question_id, ArrayList<String> expert responses)	Ова метода за дати идентификатор питања и скуп експертских одговора проналази одговор који је добио највише гласова. Као исход, враћа целобројни индекс који представља одговор у Ликертовој скали.
public static int getMaxVotes(String question_id, ArrayList<String> expert responses)	Циљ ове методе је да за дати скуп одговора експерата и идентификатор питања врати заправо број који представља гласове за највише изгласани одговор од стране експерата.
public static int getResponseVotes(String question_id, int response, ArrayList<String> expert responses)	Ова метода враћа број гласова за дати одговор Ликертове скале (одговара његовом броју) за дато питање, на основу датог скупа одговора експерата.
public static double[] getLikerScores(String question_id, ArrayList<String> expert responses)	Ово је сумарна метода која имплементира алгоритам доделе поена. Као улаз има идентификатор питања и скуп експертских одговора за то питање, а излаз представља низ поена за одговарајуће чланове Ликертове скале.

6.5.2 Индиректна стратегија

У индиректној стратегији, корисник прво дефинише одговарајући ново тежине питања који се користи ради избора друге хипотезе. Ако је одабран ниво „тежак“, тада се хипотезе кандидати узимају из исте категорије болести. У супротном, хипотезе кандидати се узимају из класе болести које су семантички више удаљене. У оба случаја, опција -2 на Ликертовој скали даје максималан број бодова, док се ослали одговори множе са 0.75, 0.50, и 0.25, респективно. Међутим за одговор +2 на Ликертовој скали, добијени број бодова је 0, јер се сматра потпуно нетачним у том конкретном примеру. Максимална вредност бода одређује се с обзиром на број болести које припадају истој класи. Са већим бројем болести које припадају одабраној класи, питање се сматра тежим. Утицај овог броја се коригује фактором 0,5, да би се избегло нула бодова у случају када постоји само једна класа. Претходни критеријуми за израчунавање резултата имплементирани су следећом једначином:

$$\text{МаксималанРезултат} := 1 - 0.5 * \frac{1}{\text{БројБолестиИзИстеКласе(ХипотезаБолести)}} \quad (1)$$

Може се приметити да МаксималанРезултат расте како се број болести из исте класе повећава, док се смањује уколико је мањи број болести. У случају када је тежина питања подешена на „лако“, максималан резултат се коригује множењем са фактором 0.5. Псеудокод за индиректну стратегију доделе бодова на Ликертовој скали приказан је у оквиру Табеле 18.

Табела 18. Псеудокод индиректне стратегије за доделу бодова

<i>Улаз: health_records_db, disease_hypothesis, difficulty level</i>
<i>Израз: Likert scale scores</i>
<i>Кораци:</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. If (ako je težina pitanja šteško) 2. nova_hipoteza: = SelectRelatedDiseaseFromSameClass(disease_hypothesis); 3. ukupan_broj_bodova: = (1 - 1/NumberOfDiseasesFromSameClass(new_hypothesis)); 4. Else 5. nova_hipoteza: = SelectedDiseaseFromAnotherClass(disease_hypothesis); 6. ukupan_broj_bodova:= 0.5 * (1 - 1/NumberOfDiseasesFromSameClass(new_hypothesis)); 7. Endif; 8. LikertPlus2: = 0; 9. LikertPlus1: = ukupan_broj_bodova * 0.25; 10. Likert0: = ukupan_broj_bodova * 0.5; 11. LikertMinus1: = ukupan_broj_bodova * 0.75; 12. LikertMinus2: = ukupan_broj_bodova ; 13. Kraj.

6.6 Рендеровање мобилне апликације коришћењем AppSheet платформе

Креирано ново питање уноси се у *Google Sheets* документ који ће одабрана апликација користити за приказ питања крајњем кориснику. За ову сврху се на основу издвојених вредности из онтологије питања врши инверзно мапирање на *Google Sheets* документ листе питања задатог типа. За ову сврху користи се *SheetsWrapper*, који у позадини користи *Google Sheets API* за Јава програмски језик. На овај начин, дата је могућност убацивања нове врсте у *Google Sheets* документ задатог идентификатора. На Слици 45, је приказан *Google Sheets* са отвореном картицом Resursi где су приказана SCT питања.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	NAZIV PITANJA	Tip pitanja	GLAVNE TEGOBE	HIPOTEZA	STATUS	LABORATORIJA	ŠIFRA DIAGNOZE	TAČNA DIAGNOZA	LK -2	LK -1	LK 0	LK +1	LK +2
2	SCT PITANJE 1	SCT	Pre 7 dana imala povišenu temperaturu tri dana uvece 37.3c, ne kas	Infectio coronavirusalis		SARS CoV-2 Ag negativan, I 834		Infectio viralis	0.49	0.37	0.24	0.12	0.00
3	SCT PITANJE 2	SCT	3-4 dana unazad osip po kozi koji povremeno svrbi, nije kasijao, pust	Herpes zoster	TA-100/75mmHg, P02-98%, T-37.3, pulmo-bronho	801		Varicella suspecta	0.00	0.25	0.99	0.74	0.49
4	SCT PITANJE 3	SCT	3-4 dana unazad osip po kozi koji povremeno svrbi, nije kasijao, pust	Morbilli	TA-100/75mmHg, P02-98%, T-37.3, pulmo-bronho	801		Varicella suspecta	0.37	0.49	0.25	0.12	0.00
5	SCT PITANJE 4	SCT	Pacijent se javlja zbog proliva koji traje nakon uspeša u fekalne mase	Gastroenteritis acuta	pulmo- bronhovezikularno disanje bez proprati	AG9		Gastroenteritis acuta	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42
6	SCT PITANJE 5	SCT	Gusobolja, otezano gutanje, kasalj i iskašljavanje desetak dana	Rinitis chronica	pulmo- bronhovezikularno disanje bez propr	J31.1		Nosopharyngitis acute	0.00	0.22	0.44	0.66	0.88
7	SCT PITANJE 6	SCT	Gusobolja, otezano gutanje, kasalj i iskašljavanje desetak dana	Sinusitis chronica, non sp	pulmo- bronhovezikularno disanje bez propr	J31.1		Nosopharyngitis acute	0.12	0.47	0.35	0.23	0.00
8	SCT PITANJE 7	SCT	Osecaj pritiska u desnom uvu, povremeno napija kuglicu ispo	Otitis externa, non speci	Otoskopi nalaz obostrano matrirane bubne oj	H62.2		Otitis mycoticus	0.70	0.93	0.46	0.23	0.00
9	SCT PITANJE 8	SCT	Javila se zbog bubuljica u predelu lica. Pre nekoliko god dolazi	Acnae	U vreme pregleda na kozi centrofacijalne regij	L71		Rosacea	0.49	0.37	0.25	0.12	0.00
10	SCT PITANJE 9	SCT	Izgubila u tt 4kg za 1 mesec, otezano gutanje, promklost, opač	Thyroiditis autoimmuneis h	Lok. Palpabilna lako uvecana st zlezda sa meki	E01.1		Struma polynodosa bilateralis	0.00	0.12	0.23	0.47	0.35
11	SCT PITANJE 10	SCT	Kasalj, povremeno bolovi u grlu, dobila na tt oko 10 kg, palpi	Hypothyreosis primaria	TSH 2.801, FT4 12.8, AN E03			Thyroiditis autoimmuneis hashim	0.00	0.24	0.47	0.71	0.94
12	SCT PITANJE 11	SCT	Zali se na osecaj trnjenja i bola u predelu desnog kuka. Tego	Laesio nervi femoralis	Bolnost pri palpaciji u predelu desnog piriform	G54.4		Sy. lumbosacrale.	0.46	0.34	0.23	0.11	0.00
13	SCT PITANJE 12	SCT	Dolazi na pregled zbog osecaja zamaranja u nogama i pojave r	Phlebitis et thrombophle	vaskularni status pulsevi u preponama i magis	I80.0		HVI	0.00	0.23	0.46	0.70	0.93
14	SCT PITANJE 13	SCT	Od pre mesec dana ima bolove u levom ruđu, srednjem prstu	Monoarthritis subacuta	Le 3.8, ER HGB tromboo	M03		Arthralgiae	0.71	0.94	0.47	0.24	0.00
15	SCT PITANJE 14	SCT	Gubitak potencije traje oko 1 mesec. Imao upalu srčanog mi	Impotentia organica	Svestan,orijentisan u sve 3 dimenzije, afebrila	N41.1		Prostatitis chr.exacerbationem	0.33	0.48	0.00	0.24	0.12
16	SCT PITANJE 15	SCT	Pacijentkinja se javlja zbog malaksanja, osecaja preskakanja sr	Palpatio cordis	pulmo- bronhovezikularno disanje bez propr	R00.1		Bradycardia,non specificata	0.90	0.68	0.45	0.23	0.00

Слика 45. Приказ Google Sheets документа

У оквиру ове дисертације одабрана је *AppSheet*⁸ платформа која омогућава креирање и прилагођавање апликација без коришћења кода. Тиме је омогућено да и корисници који можда немају све неопходне програмерске способности помоћу интерактивног корисничког интерфејса креирају жељене апликације.

Ажурирани *Google Sheets* документ са новим додатим питањима се користи од стране *AppSheet* платформе у циљу генерисања корисничког интерфејса и приказивања новог питања. На Слици 46 је приказан изглед *AppSheet* едитора. Са леве стране се налази примарни мени, са основним картицама за подешавање табела, погледа, ауматизације, итд. У зависности од отворене картице биће приказани одговарајући подаци у централном делу едитора. У овом случају, приказана је табела са колонама за CIP питање. У десном делу едитора дат је приказ апликације из угла корисника.

NAME	TYPE	KEY?	LABEL?	FORMULA	SHOW?	EDITABLE?
_RowNumber	Number			=		
id	Text	✓	✓	=	✓	✓
dijagnoza	Ref			=	✓	✓
Glavne tegobe	LongText			=	✓	✓
Status	LongText			=	✓	✓
UZ nalaz	LongText			=	✓	✓
Laboratorija	LongText			=	✓	✓
Terapija	LongText			=	✓	✓
BodoviME	Number			= if([Glavne tegobe]=[M	✓	✓
BodoviPH	Number			= if([Status]=[Fizički	✓	✓
BodoviUZ	Number			= if([Ultra zvuk]=[UZ n	✓	✓
BodoviLab	Number			= if([Laboratorija]=[La	✓	✓
BodoviTH	Number			= if([Terapija]=[Terapi	✓	✓

Слика 46. Изглед AppSheet едитора

⁸ <https://www.appsheet.com/>

AppSheet платформа omogućava korišćenje kreirane aplikacije sa razlicitih uređaja, računara, tableta i mobilnog telefona. Приказ CLICKER платформе је стога прилагођен уређају са којег јој се приступа. На Слици 47 дат је изглед одабраног SCT питања, док је на Слици 48 дат изглед CIP питања.

Preview of your app

CLICKER platforma

Moja postignuća

Prijava

Upoznavanje sa aplikacijom

Kategorije bolesti za SCT pitanja

SCT pitanja

CIP pitanje - Lako

CIP pitanje - Teško

Rešenja pitanja

Pregled svih odgovora

Korisnici

O Aplikaciji

App Gallery

SCT pitanja

Otkazi Sačuvaj

UPUTSTVO ZA STUDENTE:
Nakon što odaberete pitanje, dobićete opis pacijenta koji dolazi na pregled. Biće data početna dijagnoza(hipoteza) koju ste postavili pre pregleda. Zatim na pregledu saznajete nove informacije. Potrebno je da odredite u kojoj meri je data hipoteza relevantna u svetlu novih informacija.
To činite odabirom jedne od 5 ponuđenih opcija na Likertovoj skali:
LK -2 najverovatnije odbačena,
LK -1 malo verovatna,
LK 0 ni manje ni više verovatna,
LK +1 verovatna,
LK +2 najverovatnije prihvaćena.

Izaberite pitanje*

SCT PITANJE 1

Pacijent dolazi na pregled sa sledećim tegobama:

Pre 7 dana imala povišenu temperaturu tri dana uvece 37.3c, ne kaslje, uzimala hemomycin 6 dana uz vitaminsku th. Sada nema pov temp, povremeno oseti da nema dovoljno vazduha u grudima. Nije radila test. Licna anamneza- uzima lekove za pritisak. Negira alergije na lekove i inh alergene. Pusac 30 godina do 20 cigareta denvo. Porodicka anamneza- otac imao izliv krvi na mozak, majka operisala vene i brat sestra imaju hta. Koliko zna nije bila u kontaktu sa osobama koje su pozitivne na covid.

Postavili ste početnu dijagnozu:

Infectio coronaviralis

Zatim ste saznali nove informacije

SARS CoV-2 Ag negativan, LE 4.4, TR 180, DIF BO, SE 8, CRP 0.2, D DIMER 202.4, ALT 12, AST 16, LDH 139

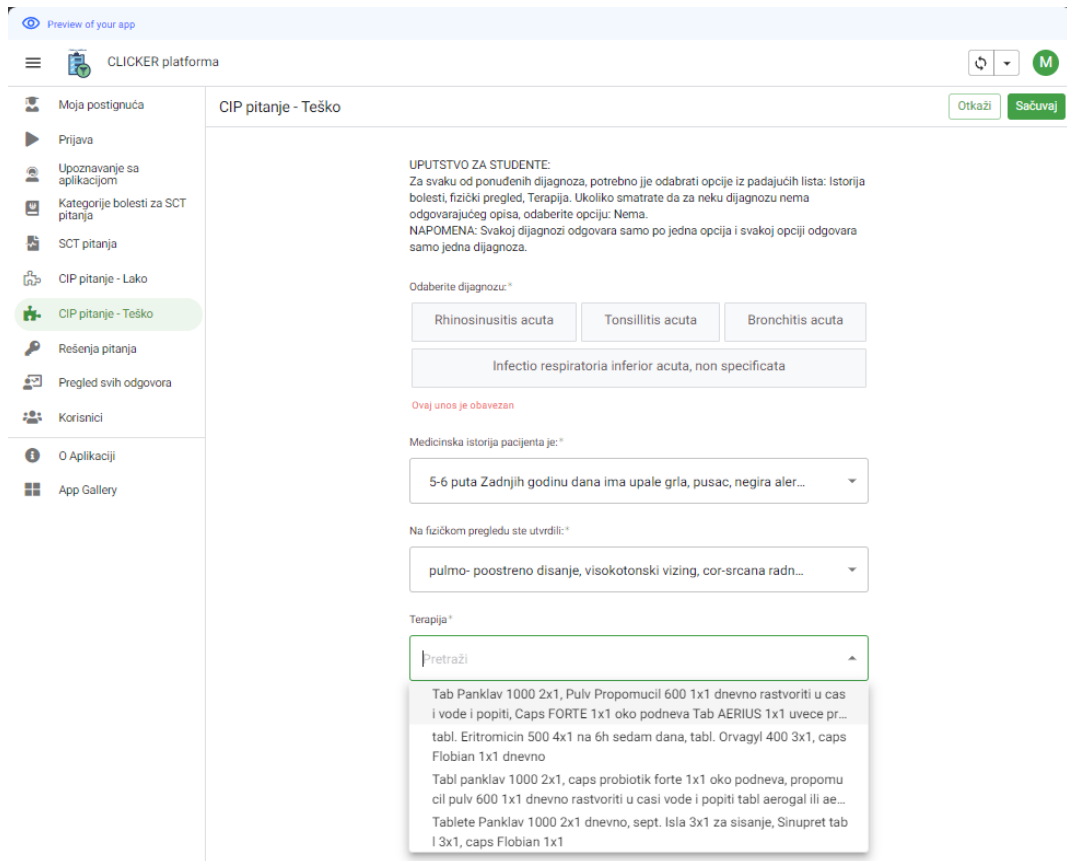
U svetlu novih informacija Vaša hipoteza će biti:*

LK -2 LK -1 LK 0 LK +1 LK +2

Ovaj unos je obavezan

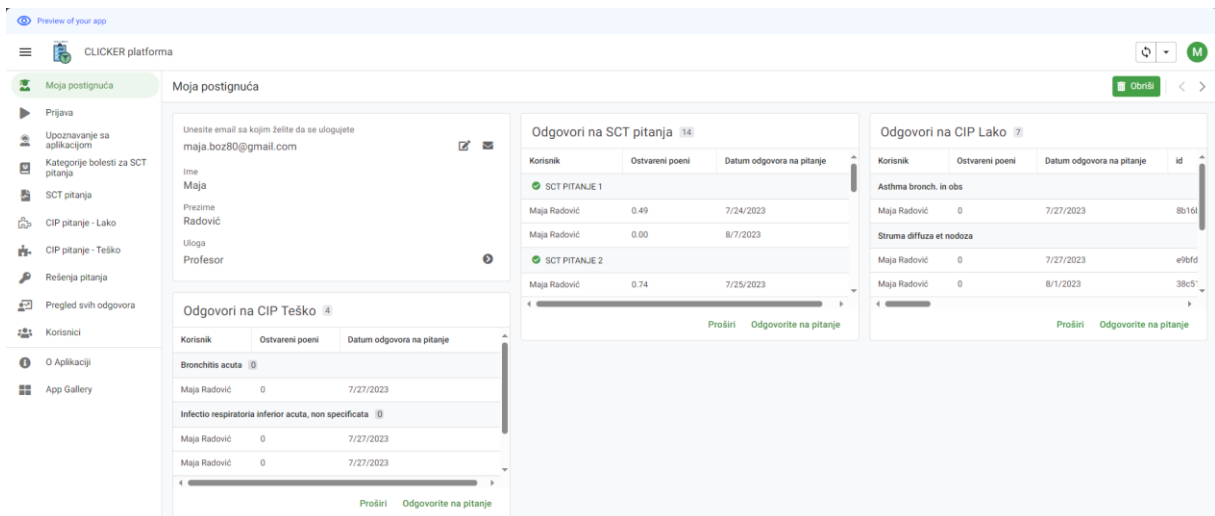
LK -2 najverovatnije odbačena,
LK -1 malo verovatna,
LK 0 ni manje ni više verovatna,
LK +1 verovatna,
LK +2 najverovatnije prihvaćena.

Слика 47. Изглед SCT питања приказаног на рачунару



Слика 48. Изглед СІР питања приказаног на рачунару

Имплементација механизма провере тачности је реализована ослањајући се на интеграције *AppSheet* платформе и *Apps Script*. На Слици 49 дат је приказ постигнућа корисника, где корисник може видети бодове за сваки одговор. У оквиру Прилог 2: Образац за евалуацију *OntoCIP* са смерницама, дат је детаљан приказ коришћења апликације из угла корисника (наставника и ученика).



Слика 49. Преглед постигнућа корисника

7. ЕВАЛУАЦИЈА

Евалуација креирања артефаката и теорија креирања су кључне активности у истраживању науке о креирању (енг. *Design Science Research - DSR*) јер дају повратне информације за даљи развој и (ако се спроведу исправно) представљају гаранцију за исправност истраживања.

Постоји више разлога зашто вршити евалуацију. DSR разликује шест главних разлога евалуације [30]:

(1) Утврђивање колико добро креирани артефакт постиже своју сврху (своје главне циљеве);

(2) Потврђивање валидности теорије креирања у смислу квалитета исхода знања, односно да пружи доказ да теорија води до неког развијеног артефакта који ће бити користан за решавање неког проблема или побољшање постојећег артефакта;

(3) Упоредна процена новог артефакта у поређењу са другим артефактима (или теоријама креирања) како би се утврдило да ли нови артефакт/теорија креирања побољшава стање;

(4) Процењивање у смислу функционалности, потпуности, доследности, тачности, перформанси, поузданости, употребљивости, усклађености са организацијом и других релевантних атрибута квалитета;

(5) Процењивање „у погледу других (непожељних) утицаја“, познатих као нежељени ефекти и

(6) Даље елаборирање исхода знања утврђивањем зашто неки артефакт функционише или не.

Евалуација се може посматрати и у смислу функционалности и тада се говори о формативној и сумативној евалуацији. *Формативна евалуација* се користи ради добијања емпиријски заснованих интерпретација које обезбеђују основу за успешну акцију у побољшању карактеристика или учинка артефакта (који је објект оцењивања). Ова врста евалуације се фокусира на последице и подржава врсте одлука које имају за циљ да побољшају артефакт. *Сумативна евалуација* се користи ради добијања емпиријски заснованих интерпретација које пружају основу за стварање заједничких схватања о артефакту у различитим контекстима. Функционална сврха сумативних евалуација је да

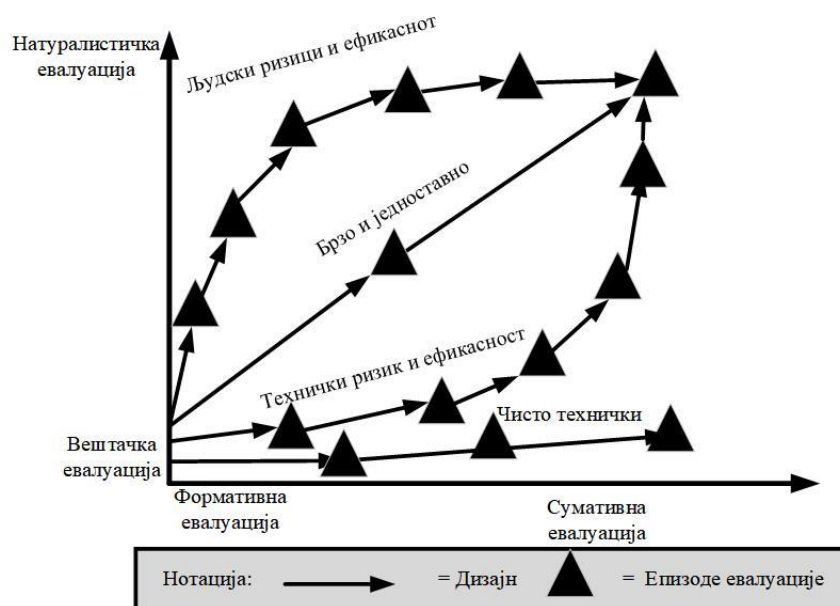
процени у којој мери се резултати поклапају са очекивањима, на пример, сертификација, напредак, или чак ефикасност самог процеса.

Време вршења евалуације је такође битан фактор и тада се разликују „пре“ (енг. *ex ante*) евалуација и „после“ (енг. *ex post*) евалуација. Ова разлика произилази из временског распореда епизода евалуације (појединачне евалуације). Епизоде формативне евалуације се често сматрају итеративним или цикличним како би се измерило побољшање како развој напредује. Епизоде сумативне евалуације се чешће користе за мерење резултата завршеног развоја или за процену ситуације пре него што развој почне.

7.1 FEDES оквир за евалуацију истраживања развоја науке

FEDES је скраћеница за Оквир за евалуацију у науци о креирању (енг. *Framework for Evaluation in Design Science - FEDES*) и представља процес који помаже истраживачима у развоју стратегије за процену артефаката које развијају у оквиру DSR пројекта [30]. Стратегија FEDES-а разматра зашто, када, како и шта треба проценити.

FEDES укључује дводимензионалну карактеризацију епизода DSR евалуације, при чему се под епизодом подразумева свако појединачно евалуирање (Слика 50). Прву димензију представља функционална сврха евалуације (формативна или сумативна), док се друга димензија односи на сам начин евалуације (вештачка или натуралистичка).



Слика 50. FEDES са стратегијама евалуације, преведено из [30]

Вештачка евалуација може бити емпиријска или неемпиријска (нпр. логичка/реторичка) и најчешће укључује лабораторијске експерименте, симулације, анализу засновану на критеријумима, теоријске аргументе и математичке доказе. *Натуралистичка евалуација* истражује перформансе артефакта у његовом стварном окружењу, обично унутар организације. Извођењем евалуације у стварном окружењу (тј. стварни људи, стварни системи и стварна окружења), натуралистичка евалуација обухвата сву сложеност људске праксе у стварним организацијама. Натуралистичке методе евалуације обично укључују студије случаја, теренске студије, теренске експерименте, анкете, етнографију, феноменологију, херменеутичке методе и акциона истраживања.

Поменуте две димензије су потпуно ортогоналне једна према другој. И натуралистичке и вештачке методе евалуације могу се користити за формативне и/или сумативне евалуације. Док евалуација обично напредује од доњег левог до горњег десног угла на Слици 50, постоји много путања које се могу пратити у спровођењу специфичних активности евалуације, специфичних евалуатора коришћењем специфичне методе евалуације. Планирана путања евалуација која је прикладна за одређени артефакт представља стратегију евалуације.

FEDS разликује четири могуће стратегије: *Брзо и једноставно* (енг. *Quick & Simple*), *Људски ризици и ефикасност* (енг. *Human Risk & Effectiveness*), *Технички ризик и ефикасност* (енг. *Technical Risk & Efficacy*) и *Чисто технички* (енг. *Purely Technical*). Када се говори о ризицима, они се могу идентификовати као људски употребни ризици (тј. артефакт се неће добро уклопити у употребу или друштвену ситуацију и стога неће радити) и технички ризици (тј. ризици да технологија не функционише). Стратегија *Брзо и једноставно* спроводи релативно мало формативне евалуације и брзо напредује до сумативних и више натуралистичких евалуација. Путања евалуације ове стратегије укључује релативно мало епизода евалуације. Стратегија *Људског ризика и ефикасности* наглашава формативне евалуације у раној фази процеса, могуће са вештачким евалуацијама, али брзо напредујући ка натуралистичким формативним евалуацијама. При крају ове стратегије ангажовано је више сумативних евалуација, које се фокусирају на ригорозну процену ефикасности артефакта. Стратегија *Технички ризик и ефикасност* наглашава вештачке формативне евалуације итеративно у раној фази процеса, али прогресивно се крећу ка сумативним вештачким евалуацијама. Вештачке сумативне процене се користе за ригорозно одређивање ефикасности артефакта, односно да су

корисност које произилазе из употребе артефакта последица артефакта, а не других фактора. При крају ове стратегије ангажовано је више натуралистичких евалуација. *Чисто технички* стратегија се користи када је артефакт управо чисто технички, без људских корисника, или је планирана примена са корисницима толико удаљена од онога што је развијено да би натуралистичка евалуација учинила ирелевантном. Ова стратегија фаворизује вештачке у односу на натуралистичке евалуације током целог процеса.

FEDS препоручује четири корака у процесу евалуације: (1) Објаснити циљеве евалуације; (2) Одабрати стратегију или стратегије евалуације; (3) Одредити својства за евалуацију и (4) Осмислити појединачне епизоде евалуације. У наставку ће бити појашњен сваки од корака.

Корак 1: Циљеви евалуације

Постоје најмање четири могућа конкурентна циља евалуације: ригорозност, неизвесност и смањење ризика, етика и ефикасност. *Ригорозност* у DSR-у има два смисла. Први смисао је у утврђивању да је инстанцијација артефакта та која узрокује посматрани исход, док се други смисао односи на утврђивање да инстанцијација артефакта функционише у стварној ситуацији. Вештачка евалуација је обично најприкладнија за ригорозно оцењивање првог, док је натуралистичка евалуација најприкладнија за ригорозно вредновање другог. Сумативно вредновање обезбеђује највећу ригорозност у евалуацији, а самим тим и поузданост стеченог знања. У евалуацији чији је циљ смањење *неизвесности и ризика* формативна евалуација је посебно важна и обавља се што је пре могуће чиме је подржан развој квалитетнијег артефакта и смањење трошкова ранијим решавањем неизвесности и ризика. **Етика** представља такође битан циљ евалуације, посебно у процени система и технологија критичних за безбедност, када је потребно водити рачуна о потенцијалним ризицима за животиње, људе, организације или јавност, укључујући будуће генерације. Формативна евалуација може смањити касније ризике, како током евалуације за учеснике истраживања, тако и након евалуације за кориснике резултата истраживања. Међутим, сумативна евалуација (можда у комбинацији са формативном евалуацијом) је најбољи начин да се осигура ригорозност која смањује ризик за евентуалне кориснике артефакта и знања које произилази из артефакта. *Ефикасност* подразумева балансирање горенаведених циљева евалуације са ресурсима доступним за евалуацију (нпр. време и новац). Формативно вредновање дизајнираних артефаката може смањити трошкове тако што ће се процена извршити пре него што настану трошкови инстанцирања артефакта. Генерално, натуралистичка евалуација траје

дуже и биће скупља од вештачке евалуације. Специфичне методе евалуације су такође јефтиније, са неемпиријским (које су вештачке) методама евалуације које често имају велике уштеде.

Корак 2: Избор стратегије

На основу циљева евалуације, једна или више стратегија могу бити прикладније за евалуацију. Свака стратегија подразумева одлуку о томе зашто, када и како проценити. На пример, за друштвено-технички артефакт са великом неизвесношћу у вези са друштвеним питањима и питањима употребе, али и са снажном потребом да се ригорозно утврди дугорочна ефикасност у стварној употреби, стратегија *Људског ризика и ефикасности* би била најприкладнија. Ако је артефакт чисто технички или потреба да се артефакт примени у будућности, а не данас, онда би *Чисто техничка* стратегија могла бити најбоља за процену. Ако конструкција артефакта мала и једноставна, без других горе наведених ризика, онда је препорука применити стратегију *Брзо и једноставно*. Ако је релативно јефтино имати стварне кориснике у њиховом стварном контексту (поставци), онда следите стратегију *Људског ризика и ефикасности*. Ако је прескупо проценити са стварним корисницима и стварним системима у стварном окружењу, где скупо може значити или у смислу новца или у смислу здравља или живота, онда је препорука применити стратегију *Техничког ризика и ефикасности*.

Корак 3: Својства евалуације

Следећи корак у формулисању стратегије односи се на то шта треба проценити. То подразумева избор општег скупа карактеристика, циљева и захтева за артефакт (дизајн и/или инстанцирање) који ће бити предмет евалуације. Детаљан избор својстава је нужно јединствен за артефакт, његову намену(е) и његову ситуацију током евалуације. Различити ауторитети су поставили широк спектар генеричких циљева и критеријума који чине потенцијалне процене и својства. За више детаља о предложеним методама, препорука је рад [30]. Одређивање својстава евалуације у великој мери зависи од циљева самог DSR пројекта. У овом кораку треба размотрити следећу хеуристику за избор својстава евалуације. (1) Одредити потенцијалне објекте евалуације. (2) Ускладите кандидате за евалуацију са циљевима објашњеним у првом кораку. Размотрити сваки потенцијални објекат евалуације и одредити да ли ће и у којој мери допринети постизању експлицираних циљева. (3) Размотрити стратегију изабрану у кораку 2. Ако преовладава натуралистичка стратегија, одабрани објекат евалуације треба да одражава то. Ако је на почетку евалуације одабрана формативна евалуација, објекти евалуације треба да се

односе на ризике који се желе уклонити и треба циљати на мањи број објеката евалуације него што је то случај у каснијој сумативној фази. (4) Изаберите објекте евалуације на основу горње хеуристике (1)–(3).

Корак 4: Епизоде евалуације

У оквиру последњег корака потребно је утврдити шта ће епизоде (троуглови) на слици подразумевати за стратегију евалуације одређеног артефакта. При томе треба размотрити следећу хеуристику за дизајнирање појединачне епизоде. (1) Идентификовање и анализа ограничења у окружењу. Који ресурси су доступни – време, људи, буџет, истраживачка локација, итд.? Који ресурси су у недостатку и морају се штедљиво користити? (2) Давање приоритета горе наведеним контекстуалним факторима како би се утврдило који аспекти су суштински, важнији, мање важни, итд. (3) Одлука о плану који укључује одређивање колико ће епизода евалуације бити, као и када ће се поједине епизоде евалуације спроводити и на који начин.

7.2 Евалуација CLICKER платформе

Евалуација предложене CLICKER платформе за оцењивање ученика у е-учењу спроведена је праћењем упутстава FEDS оквира. На почетку је објашњен сваки од корака евалуације а затим и свака од епизода, закључно са анализом добијених резултата. Кроз епизоде евалуације биће проверене и следеће научне хипотезе које су постављене на почетку истраживања:

- Н1- Платформа за оцењивање ученика у е-учењу се може успешно развити применом онтологија и алгоритама за генерисање питања.
- Н2 - Квалитет SCT питања генерисан у оквиру платформе за оцењивање у е-учењу је на задовољавајућем нивоу.
- Н3 - Квалитет СІР питања генерисан у оквиру платформе за оцењивање у е-учењу је на задовољавајућем нивоу.
- Н4 - Платформа позитивно утиче на наставнике и ученике у е-учењу.

7.2.1 Циљеви евалуације

Циљеви предложене платформе која је предмет докторске дисертације су да буде применљива и да омогући побољшање процеса наставе. С обзиром да се платформа

развија у оквиру докторске дисертације, очекује се разумно јак ниво ригорозности и очекује се да ће развијена платформа радити и дати користан допринос. Још једна чињеница коју је требало размотрити је да је на почетку истраживања постојао општи недостатак знања о питањима специфичним за процену медицинског резоновања, тачније CIP и SCT питањима. То је значило да је, у извесној мери, развој био истраживачке природе и да је вероватно да почетни дизајн може имати мање или чак веће недостатке.

Циљеви евалуације у случају CLICKER платформе обухватили су ригорозност, етику и ефикасност. Као што је већ наведено, *Ригорозност* се може посматрати са два аспекта. У првом случају, под ригорозношћу се подразумева провера да ли предложена платформа узрокује посматрани исход, који се односи на унапређење процеса наставе кроз аутоматско генерисање различитих врста питања и смањење оптерећења наставника. Ради задовољења овог циља предвиђена је формативна вештачка евалуација кроз тестирање онтологија, заједно са формативном натуралистичком евалуациом у поченој фази израде платформе. С обзиром да ригорозност проверава да ли предложена платформа ради у стварној ситуацији, када наставници задају ученицима да реше конкретна питања која су аутоматски генерисана, предвиђена је сумативна натуралистичка евалуација кроз упитнике за наставнике и ученике на крају израде платформе. С обзиром да предложена платформа има за циљ побољшање процеса наставе креирањем аутоматски генерисаних питања из области медицине, нетачно формирана питања могла би да узрокују погрешно стечена знања студената која би се применила на пацијенте, чиме би могла да буде угрожена њихова безбедност. Из тог разлога, циљ евалуације је и *етика*. Међутим, сумативна евалуација у комбинацији са формативном евалуацијом предвиђена је на крају израде платформе како би се осигурала ригорозност која смањује ризик за евентуалне кориснике платформе и знања које произилази из креираних питања. Како би евалуација била ефикасна предвиђено је да формативна вештачка евалуација буде изведена на почетку израде платформе, кроз тестирање онтологија и тестирање квалитативних својстава платформе, које су временски мање захтевне и не изискују новчана средства. На крају израде платформе предвиђена је сумативна натуралистичка евалуација кроз низ упитника предвиђених за наставнике и ученике, која изискује да испитаници одвоје довољно времена, као и одређена новчана средства како би платформа била јавно доступна.

7.2.2 Избор стратегије евалуације

Након одређивања циљева било је потребно одабрати одговарајућу стратегију. Будући да је формативно вредновање било неопходно и да би се истраживање спровело ефикасно, са што мање погрешних почетака и што је мање могуће прераде, била је потребна рана формативна евалуација једне или више верзија онтологија које семантички описују СР и ССТ питања. Међутим, потреба за ригорозношћу у тези је такође указивала на потребу за даљом сумативном евалуацијом. Такође, пошто су брзина и ефикасност употребљивости биле важне, назначена је рана вештачка евалуација. Међутим, још једном је потреба за строгошћу указала на то да ће бити потребна и натуралистичка евалуација. Стога би стратегија *Људског ризика и ефикасности* са раним епизодама вештачке евалуације праћене сумативном натуралистичком евалуацијом дала најбоље резултате.

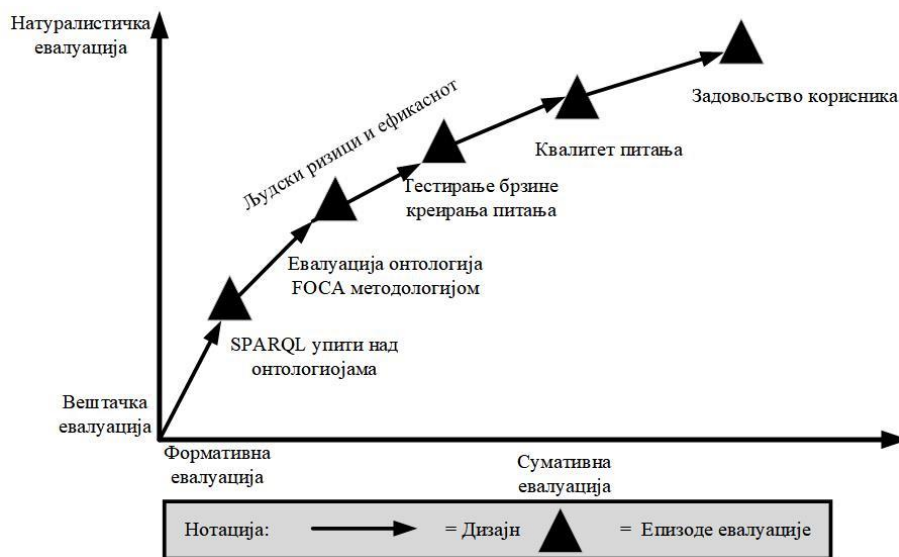
7.2.3 Својства евалуације

У трећем кораку евалуације предложене платформе размотрена су и својства евалуације. Одабрана својства која се вреднују обухватају својства креираних онтологија питања, као и својства саме платформе, како би се проценила њена ефикасност. Као што је горе наведено, кроз својства питања и платформе треба да се процене применљивост платформе у процесу електронског оцењивања ученика. Сва генерисана питања треба да буду употребљива и да допринесу смањењу оптерећења наставника као и проширење знања ученика.

7.2.4 Епизоде евалуације

Истраживање је спроведено у шест итерација. Прва итерација, која је обухватала истраживање карактеристика СР и ССТ питања, резултирала је почетним дизајном онтологија питања. Друга итерација је спроведена кроз формативну вештачку евалуацију, тестирањем креираних онтологија питања низом SPARQL упита. Исправљени су уочени недостаци и онтологије ревидиране. У трећој итерацији, коришћењем сумативне натуралистичке евалуације ревидиране онтологије су евалуиране кроз упитнике попуњене од стране евалуатора који су експерти у области онтологија. Дата итерација резултирала је другом ревизијом онтологија и развојем

алгоритама за аутоматско генерисање CIP и SCT питања. Евалуација у оквиру четврте итерације односила се на формативно вештачко процењивање креираних алгоритама, након чега је развијен дизајн предложене платформе. У оквиру пете итерације извршено је сумативно натуралистичко евалуирање платформе кроз упитнике које су попуњавали експерти из различитих области медицине, као и усменим разговором са једим од лекара. Итерација је резултирала одбацивањем одређених питања и додатним подешавањем алгоритама. Шеста итерација, као и пета, обухватала је сумативно натуралистичко евалуирање платформе кроз упитнике које су попуњавали наставници и ученици, у овом случају студенти Медицинског факултета, Универзитета у Београду. На Слици 51 је приказан целокупан ток евалуације.



Слика 51. Стратегија евалуације CLICKER платформе

7.2.4.1 Епизода 1: SPARQL упити над онтологијама

Први корак приликом евалуације платформе за е-оцењивање, представљало је тестирање креираних онтологија. Тестирање се састоји од динамичке евалуације (тј. покретања кода) понашања онтологије на коначном скупу тест случајева, у односу на очекивано понашање у питањима компетенције [103]. Онтологије питања су тестиране кроз SPARQL упите. Табела 19 приказује пример тестирања OntoCIP онтологије који се односи на питање компетенције “Да ли свака нова информација утиче на једну хипотезу?”. Коришћен је ASK тип SPARQL упита који враћа TRUE ако тело упита враћа резултат. На сличан начин тестирана су и остала питања компетенције. У случају када се

кроз SPARQL упит уочила нека недоследност, коментари су записани и концепти и везе у онтологијама су ревидирани тако да се добила наредна верзија онтологија питања.

Табела 19. SPARQL упит за тестирање SCTOnto онтологије

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntaxns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX sct:<http://www.tasorone.com/tsc/resources/ScriptCorcondanceTestAssessmentMethod/> #
single_hypothesis_rule: returns true if broken
ASK {
FILTER (?number_of_hypotheses>1)
{
SELECT ?q (count(?s) as ?number_of_hypotheses)
WHERE {?s rdf:type sct:Hypothesis. ?q rdf:type sct:NewInformation. ?q sct:hasPossibleEffectOn ?s.}
GROUP BY ?q
}
}
```

7.2.4.2 Епизода 2: Евалуација онтологије ФОСА методологијом

Друга епизода евалуације спроведена је након ревидирања онтологија. Евалуација је спроведена коришћењем ФОСА методологије [173]. Ова методологија користи приступ циљ/питање/метрика (енг. goal/question/metric – GQM) чиме се дефинишу циљеви кроз скуп питања која се користе за издвајање информација из модела. Питања су осмишљена тако да дефинишу скуп метрика и података које треба прикупити како би пружили оквир за тумачење. У ФОСА методологији, циљеви евалуације су сматрани циљевима; критеријуми квалитета, који су мерне јединице, сматрани су као метрика; и коначно, питања повезана са метриком су разматрана као питања у GQM приступу [173]. ФОСА методологија се састоји од три корака: (1) верификација типа онтологије; (2) верификације питања; и (3) верификација квалитета. Предвиђено је да евалуатори који су стручњаци у области семантичког веба и онтологија спроведу ову евалуацију. У првом кораку (верификација типа онтологије), евалуатори дефинишу тип онтологије (тј. да ли је у питању онтологија домена, задатка или апликације). Други корак (верификације питања) захтева од евалуатора да итеративно спроведу GQM приступ и да успоставе одговарајуће оцене. Укупно постоји пет циљева и сваки од њих се састоји од два до три питања [173], представљених у Табели 20.

Табела 20. Преглед приступа циљ/питање/метрика

Циљеви	Питања	Метрика
Циљ 1 (Goal 1 - G1) – Проверити да ли је онтологија у складу са заменом, која представља начин на који се онтологија приближава стварном свету, односно који концепти су „ухваћени“, а који изостављени.	Питање 1 (Question 1 - Q1) – Да ли су питања компетенције дефинисана?	Комплетност
	Q2 – Да ли је одговорено на питања компетенције?	Комплетност
	Q3 – Да ли онтологија користи друге онтологије?	Адаптивност
G2 - Проверити да ли је онтологија у складу са онтолошким обавезама, које представљају колико је онтологија блиска стварном свету (што је репрезентација доследнија, то ће улога бити боље испуњена).	Q4 – Да ли је онтологија применила минималну онтолошку посвећеност?	Сажетост
	Q5 – Да ли је онтологија применила максималну онтолошку посвећеност?	Сажетост
G3 - Проверити да ли је онтологија у складу са интелигентним резонавањем, које представља како онтологија исправно закључује реални свет (што су тачније дефинисани односи и атрибути, то ће та улога бити испуњенија).	Q6 – Да ли су онтолошка својства кохерентна са доменом?	Доследност
	Q7 – Да ли постоје контрадикторни аксиоми?	Доследност
	Q8 – Да ли постоје редувантни аксиоми?	Сажетост
G4 - Проверити да ли је онтологија у складу са рачунарском ефикасношћу, што представља начин на који машина може да размишља о домену у рачунарским апликацијама.	Q9 - Да ли резонант указује на грешке у моделовању?	Рачунарска ефикасност
	Q10 – Да ли резонант брзо ради?	Рачунарска ефикасност
G5 - Проверити да ли је онтологија у складу са изразима које користе људи, што представља колико је лако разумети модел (што су јаснији концепти и њихови односи, то ће ова улога бити испуњенија).	Q11 – Да ли је документација конзистентна са моделовањем?	Јасноћа
	Q12 – Да ли су концепти добро написани?	Јасноћа
	Q13 – Да ли постоје анотације у онтологији које додатно дефинишу концепт?	Јасноћа

Евалуаторима су дате одговарајуће смернице за верификацију питања (Прилог 2). Након давања оцена за свако од питање, средња вредност сваког циља је израчуната. У коначном кораку, квалитет онтологије је израчунат коришћењем бета регресивног модела који је предложен од стране [174]:

$$\hat{\mu}_i = \frac{\exp\{-0.44+0.03(Cov_S \times Sb)_i+0.02(Cov_C \times Co)_i+0.01(Cov_R \times Re)_i+0.02(Cov_{Cp} \times Cp)_i-0.66LExp_i-25(0.1 \times NI)_1\}}{1+\exp\{-0.44+0.03(Cov_S \times Sb)_i+0.02(Cov_C \times Co)_i+0.01(Cov_R \times Re)_i+0.02(Cov_{Cp} \times Cp)_i-0.66LExp_i-25(0.1 \times NI)_1\}} \quad (2)$$

CovS представља средњу вредност оцена добијених из Goal 1; *CovC* представља средњу вредност оцена добијених из Goal 2; *CovR* представља средњу вредност оцена добијених из Goal 3; *CovSp* представља средњу вредност оцена добијених из Goal 4; *LExp* је променљива која зависи од стручности евалуатора. Ако евалуатор сматра себе особом са високог нивоа стручности, онда је вредност *LExp* једнака 1, у супротном је 0; *Nl* је 1 само у случају ако је немогуће евалуатору да одговори на неко од питања у оквиру циљева; *Sb* = 1, *Co* = 1, *Re* = 1, *Sp* = 1, јер укупан квалитет узима у обзир све улоге.

Евалуација OntoCIP онтологије

Пратећи методологију FOCA [173] четири евалуатора са различитим нивоима искуства у области онтологије замољени су да оцене OntoCIP онтологију. Користили су одговарајуће смернице (које су дате у Прилогу 2), а резултати су представљени у Табела 21. Резултати питања верификације. Скраћеница **Q** односи се на број питања а **E** на Евалуатора који је попуњавао упитник. Треба напоменути да питање 5 није верификовано пошто је OntoCIP онтологија апликације.

Табела 21. Резултати питања верификације

Q E	Q1	Q2	Q3	Q4	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
E1	100	50	10	75	100	100	75	50	100	75	75	25
E2	75	0	0	25	100	100	100	100	100	75	75	0
E3	91,7	50	100	100	100	100	100	50	50	100	100	25
E4	42	25	100	50	50	100	100	50	50	75	75	25

Табела 22 представља средњу вредност сваког циља, добијену из оцена за свако питање у Табели 21.

Табела 22. Оцена евалуатора за сваки од циљева

Евалуатор Циљ	G1	G2	G3	G4	G5
Евалуатор 1	53,3	87,5	75	87,5	50
Евалуатор 2	25	62,5	100	87,5	37,5
Евалуатор 3	80,6	100	83,3	75	62,5
Евалуатор 4	55,6	50	83,3	62,5	50

Резултати евалуације онтологије могу се кретати између 0 и 1. Добијене вредности за OntoCIP онтологију се стављају у једначину (1), а укупан квалитет онтологије коју оцењује сваки евалуатор дат је у Табели 23.

Табела 23. Резултати евалуације OntoCIP онтологије

Евалуатор	Стручност у области онтологија	Резултат евалуације
1	Веома висока	0,992
2	Средња	0,981
3	Веома висока	0,997
4	Висока	0,976

Из резултата добијених од четири евалуатора, примећено је да су оцене искуснијих и мање искусних евалуатора блиске, што указује да је OntoCIP погодан за развој система за аутоматско генерисање питања.

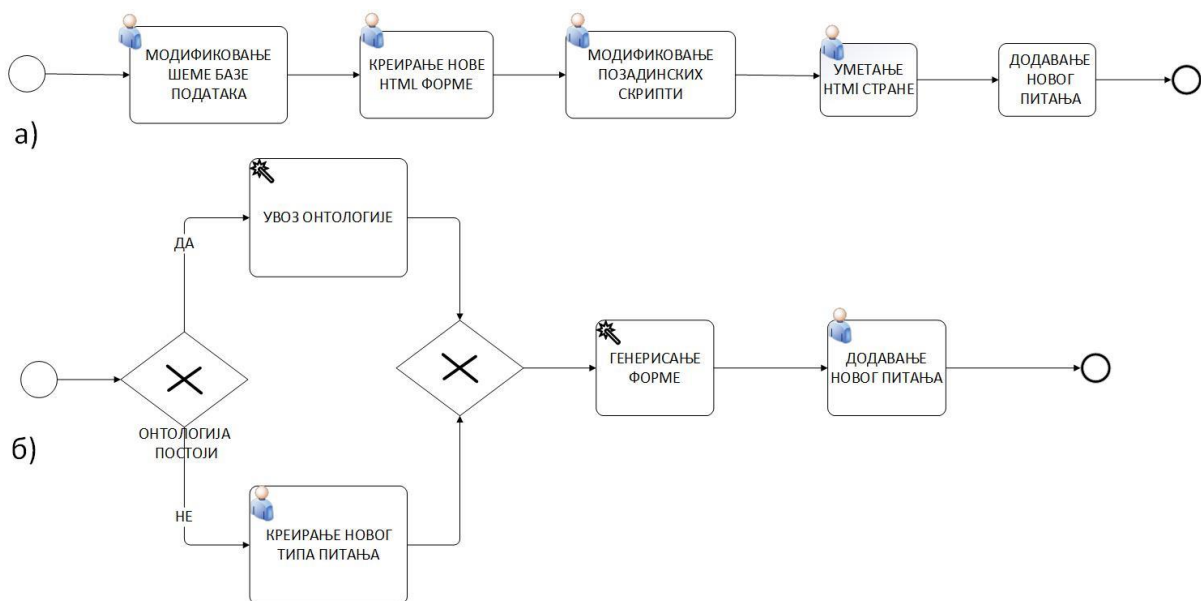
7.2.4.3 Епизода 3: Евалуација брзине проширења платформе новим типом питања

Трећа епизода евалуације односи се на поређење брзине проширења платформе новим типом питања и платформама за е-оцењивање које су креиране на традиционални начин и предложене онтолошки вођење платформе за е-оцењивање. Евалуација овог својства платформе је јако битна јер се односи на будућу примену када се поред постојећих типова питања, јави потреба за креирањем новог типа питања. Постојеће платформе за е-оцењивање које користе већ успостављене базе података имају двојаке последице за наставнике. С једне стране наставници нису у обавези да сами креирају питања, али са друге стране су ограничени на одређене врсте питања која се већ налазе у бази података. Када је потребна нова врста питања, неопходно је да администратор обави одређене софтверске активности које могу бити радно интензивне, дуготрајне и захтевају виши ниво вештине програмирања.

У традиционалном приступу (Слика 52), када се мора унети нова врста питања, потребно је извршити неколико активности везаних за развој софтвера. Прво, потребно је модификовати постојећу шему базе података, како би могла да обухвати аспекте ових нових питања која раније нису била покривена. Модификација базе података укључује уметање нових табела, колона и редова. Након тога, потребно је ручно креирати одговарајућу HTML веб страницу која ће омогућити уметање тог типа питања, која садржи сва потребна поља. У већини случајева, такође је потребно ручно дефинисати одговарајуће позадинске скрипте које ће радити иза образаца за уметање. И, коначно, претходно креиране веб странице и позадинске скрипте треба да буду распоређене на

сервер платформе за е-оцењивање пре него што корисник добије могућност да убаци питање које припада новом типу који је уметнут.

У приступу заснованом на онтологији (Слика 52), коришћење аутоматски генерисане форме засноване на семантичким аотацијама даје могућност да се избегну кораци као што су развој веб странице и позадинске скрипте, модификација шеме базе података и постављање развијених артефаката, с обзиром да ће форма за нови тип питања бити генерисана аутоматски и динамички, избегавајући потребу да се поменути кораци обављају ручно. Ако онтологија за одређени тип питања већ постоји, довољно је само импортовати онтологију. У супротном, наставник може да дефинише поља која описују структуру питања која се преводи у семантичку репрезентацију. У том сценарију, то би био једини напор потребан да би се платформа проширила новим типом питања, без укључивања било какве врсте програмирања и ИТ вештине, омогућавајући наставницима да сами дефинишу типове питања.



Слика 52. Процес проширивања платформе за е-оцењивање (а) са новим типом питања коришћењем традиционалног приступа и (б) онтолошки вођеног приступа у BPMN нотацији

У случају традиционалног приступа, када платформу треба проширити новим типом питања, све активности се изводе мануелно. Међутим, у случају приступа заснованог на онтологији, кораци креирања странице, модификације позадинских скрипти и примене су обухваћени задатком генерисања форме која је потпуно аутоматска и ослања се на механизме генерисања кода како би се створили неопходни артефакти који ће омогућити уметање нових врста питања. Једини корак који се мора урадити у случају приступа

вођеног онтологијом је увоз онтологије питања. Ако одговарајућа онтологија питања не постоји, било би потребно вођено креирање онтологије за нови тип питања.

Задаци су обављени на лаптопу опремљеном са Intel i7 7700HQ CPU, 16GB DDR4 RAM и 1TB HDD, под Windows 10 оперативним системом. Позадина платформе за генерисање кода је у потпуности написана на Java програмском језику, док су управљање онтологијом, уметање триплета и упити били спроведени коришћењем TaaSOR онлајн сервиса и његовог Java API-ја [175]. Преглед задатака који се морају обавити у случају уметања нових типова питања у случају традиционалног и онтолошког проширења система (визуелизовано као BPMN дијаграми на Слици 52) дат је у Табели 24.

Приликом традиционалног приступа, процењено време извршења задатака је добијено узимајући у обзир особу са средњим нивоом искуства коришћења веб технологија. У оквиру фронт-енда коришћен је HTML и JavaScript, док је у бек-енду PHP. За базу података је одабран MySQL. Колона која се тиче онтолошки вођеног приступа приказује који кораци се у предложеном приступу ослањају на употребу онтологија и на који начин. Завршна колона приказује просечно трајање корака у онтолошки вођеном приступу, при чему се могу разликовати два типа корака: 1) мануелни - процена трајања задатка на основу емпиријских резултата од стране корисника који су користили систем (у просеку 20 покушаја за сваки од задатака) 2) аутоматски – просечно време генерисања кода или комплетно аутоматизованог корака захваљујући онтологијама (у просеку од 20 уазступних извршења).

Табела 24. Преглед задатака са аспекта традиционалног и онтолошки вођеног приступа проширења платформе за е-оцењивање новим типом питања.

Традиционално	Начин извођења задатка	Процењено време [s]	Онтолошки вођено	Начин извођења задатка	Процењено време [s]
Модификовање шеме базе података	Мануелно	600	Увоз онтологије	Аутоматски	2
			Вођено креирање типа питања	Аутоматски	100
Креирање нове HTML форме	Мануелно	300	Генерисање форме на основу семантичке анотације	Аутоматски	5
Модификовање позадинских скрипти	Мануелно	1000			
Уметање HTML стране	Мануелно	600			
Додавање новог питања	Мануелно	40	Додавање новог питања	Мануелно	40

Анализом Табеле 24 се може закључити да се процес проширења платформе за е-оцењивање новим типовима питања може високо аутоматизовати коришћењем приступа заснованог на онтологији, посебно у случају када већ постоје онтологије питања. Осим тога, употреба онтологија додатно убрзава поједине кораке, који трају значајно дуже без аутоматизације и генерисања кода. Штавише, онтологије питања се могу размењивати не само између корисника, већ и између машина, дајући могућност њиховог увоза у друге образовне платформе и окружења, тако да се могу даље користити.

У Табели 25 дат је преглед времена потребног за проширење платформе за е-оцењивање новим типовима питања у случају традиционалног и онтолошког приступа у случају када већ постоје онтологије питања и у случају када их тек треба креирати за различите врсте питања која се користе у медицинском образовању. Време за традиционални приступ је дато као референтно за едукаторе са средњим искуством који су упознати са наведеним типом питања и њиховом структуром и ослања се на аутоматско генерисање кода. Трећа колона приказује време неопходно за дефинисање нових питања, под претпоставком да су онтологије одговарајућих типова питања већ креиране. У четвртој колони је приказано укупно време потребно за креирање онтологије за одговарајући тип питања од стране доменских експерата, који познају принципе онтологије и семантичких система. Коначно, последња колона показује колико пута је краће време потребно за креирање еквивалентних питања употребом приступа предложеног у овом раду, а који се ослања на онтологије и генерисање кода, у поређењу са традиционалним. Доња граница убрзања се односи на упоређивање са колоном која обухвата и дуже време за креирање онтологија (четврта колона). Са друге стране, горња граница убрзања представља највеће могуће убрзање које је могуће остварити предложеним приступом и добија се као однос времена традиционалног приступа и треће колоне, када се претпостави да колоне већ постоје, док се питања генеришу аутоматски.

Табела 25. Преглед времена потребних за проширење платформе за е-оцењивање различитим типовима питања

Тип питања	Традиционално [min]	Онтолошки засновано са постојећим онтологијама [s]	Онтолошки засновано са креирањем нових онтологија [s]	Време убрзања [колико пута]
MCQ	55	15	142	23-220
EMQ	62	19	163	23-196
MTFQ	46	12	119	23-230
SCT	82	18	205	24-273
CIP	79	16	189	25-296

Као што се може видети, убрзање је релевантније када већ постоје доступне онтологије питања. Међутим, онтологије питања се могу поново користити и потребно их је креирати само једном и касније делити између различитих платформи. Креирање нових типова питања коришћењем приступа заснованог на онтологији, у случају да не постоје одговарајуће онтологије за циљани тип питања на располагању, траје више времена, али је убрзање и даље до 25 пута у односу на традиционални приступ. Убрзање је најзначајније за сложену врсту питања са постојећим онтологијама, као што су СРП и ССТ питања.

Кроз прве три епизоде евалуације потврђена је хипотеза Н1, која говори о томе да платформа за испитивање ученика у е-учењу може бити успешно развијена применом онтологија и алгоритама за генерисање питања.

7.2.4.4 Епизода 4: Квалитет питања

Четврта епизода евалуације односила се на проверу квалитета аутоматски генерисаних ССТ и СРП питања.

Учесници

У истраживању је учествовало 12 лекара, који су уједно представљали и панел експерата у односу на који су се касније додељивали бодови у ССТ питању. Лекарима је представљено 10 питања ССТ типа, од којих су 4 питања имала ниво тежине „лако“, а 6 ниво тежине „тешко“. Такође, представљено им је 5 питања СРП типа, од којих су 2 имала ниво тежине „лако“ и 3 ниво тежине „тешко“. Примери питања су приказани на Слици 53. Лекарима су питања дата у папирном облику који им је уручен лично, или у виду *word* документа који је послат на мејл адресу. Због недостатка слободног времена услед великог броја обавеза лекара, није било могуће спровести упознавање са CLICKER платформом. Стога је циљ ове епизоде оцењивање квалитета питања која су аутоматски генерисана предложеним алгоритмима. Након датих одговора на представљена питања, на последњем папиру, лекари су замољени да попуне упитник који се односио на процену квалитета питања. Упитник је креиран на основу упитника из [176] и [177] и дат је у Прилогу 5.

Pitanja usaglašenosti (Script concordance test – SCT):

Свако питање се састоји од описа случаја који текстуално описује tegobe које пацијент има. Затим је дат предлог дијагнозе. Обавља се преглед и након прегледа се бира једна од понуђених опција у трећој колони, а то је степен слагања са почетном дијагнозом.

10. Питање (тежина: теško)

Опис случаја: Пацијент долази на преглед са следећим tegobama: "Пацијенткиња се јавља због кашља који траје две недеље уз главобољу и запустеност носа, непусак, негира алергије, уредна столица и мокрење, лична анамнеза- негира."

Ako je Vaša početna dijagnoza:	Zatim ste saznali nove informacije:	U kojoj meri je početna dijagnoza tačna.
Pharyngitis acuta	Pulmo- bronhovezikularno disanje bez propratnih sumova, grlo- hiperemija zadnjeg zida zdrele, limfne zlezde vrata nisu palpatorno uvecane cor-srcana radnja ritmicna, tonovi jasni, bez suma karotide- bez sistolnog suma stitnjaca nije palpatorno izmenjena, TA-120/60mmHg	-2 U potpunosti nije itačna -1 Verovatno nije itačna 0 Niti itačna ni netačna +1 Verovatno je itačna +2 U potpunosti je itačna

Pitanje Kompletna slagalica (Comprehensive Integrative Puzzle – CIP)

упитство: За сваку од понуђених дијагноза, потребно је одабрати опције из понуђених секција. Главне tegobe, Status, UZ налаз, Laboratorija, Terapija. Напомена: Свакој дијагнози одговара само по једна опција I свакој опцији одговара само по једна дијагноза.

Diagnoza	I: Главне tegobe	II: Status	III: UZ налаз	IV: Laboratorija	V: Terapija
Алергија, non specificata	b	d	a	c	a
Tonsillitis acuta	c	b	b	a	b
Febria continua	d	a	c	b	c
Dyspepsia art. T/C sin.	a	c	d	d	d

I: Главне tegobe:

- Povreda levog skocnog zgloba, pri nepravilnom osloncu, пре 3 дана. Зали се на бол у том делу.
- Sinoc: имао гусење, непусак, од децег узраста, редовно узима никар.
- Par дана назад гусобоља, отежано гутање, осецај зиме и дрхтавице, касал, пусак, негира алергије, главобоља, запустен нос, болови зетуца i мучнина
- Пацијенткиња се јавља због високе температуре преко 38, малаксања, лосе се осеца, надутост stomaka, слаб апетит

II: Status:

- pulmo- bronhovezikularno disanje без propratnih sumova, cor-srcana radnja ritmicna, tonovi jasni, без suma, grlo- hiperemija, uvecani krajnici sa pseudomembranoznim naslagama, limfne zlezde vrata око 5-6mm меке, pokretne, безbolne, TA-120/60mmHg, stitnjaca- nije palpatorno izmenjena
- pulmo- bronhovezikularno disanje, nesta поострено, cor-srcana radnja ritmicna, tonovi jasni, без suma, stitnjaca nije palpatorno izmenjena. Limfne zlezde vrata podvlicne око 4-5mm, безbolne, pokretne. Grlo- hiperemija nepcpani lukova, uvecani krajnici. TA-110/70mmHg
- Otok skocnog zgloba sa delimicno prisutnim krvnim podlivom. Pri palpaciji najveca болност u projekciji delboidnog ligamenta i spojajnjeg cukja. Aktivni pokreti ograniceni болom.
- bronhovezikularno disanje без propratnih sumova, Cor- srcana radnja ritmicna, tonovi jasni, без suma, grlo- blaga hiperemija, limfne zlezde vrata- nisu palpatorno uvecane, TA-90/60mmHg

III: UZ налаз:

- Nema
- Nema
- EGG- sin ritam fr око 75/min, ST1 T u granicama normale. RTG pulmo senka aortne kongfiguracije.
- Nema

IV: Laboratorija:

- Nema
- Nema
- UKC: 3,8 ERCI-4,59 HGB-125 HCT-0,380 MCV-83 TR-167 NEUTR-71,3 CRP-1,7 FE-5,2
- Nema

V: Terapija:

- Amp Synopen, Amp Lemod 40
- Panklav 1000 2x1 dnevno, caps Boulardi 250 2x1 dnevno, tabl Nolpaza 40 2x1 pola sata пре dorucka, tabl Rapidol plus 3x1, Chloramphenicol 1g 1x 1a око 2x dnevno, Acidi Borici 3% sterilni 3-4x dnevno по 1-2 kapi u oba oka, tabl Oligovit 1x1 uz dorucka
- TABL NOLPAZA 40 2X1 PRE JELA, CAPS HEMOMYCIN 500 1X1 DNEVNO, CAPS PROBIOTIK FORTE 1X1, EFF ACEROLA 1X1 DNEVNO, SVOJ DIKLOFEN 1X1, FEROGLOBIN SIRUP 1X15K
- Mirovanje, Elevacija, Hladne obloge 2-3 дана, Dexomen tab. по потреби, за umanjenje bola. Mirovanje 3 недеље.

Слика 53. Примери питања који су дати лекарима на евалуацију

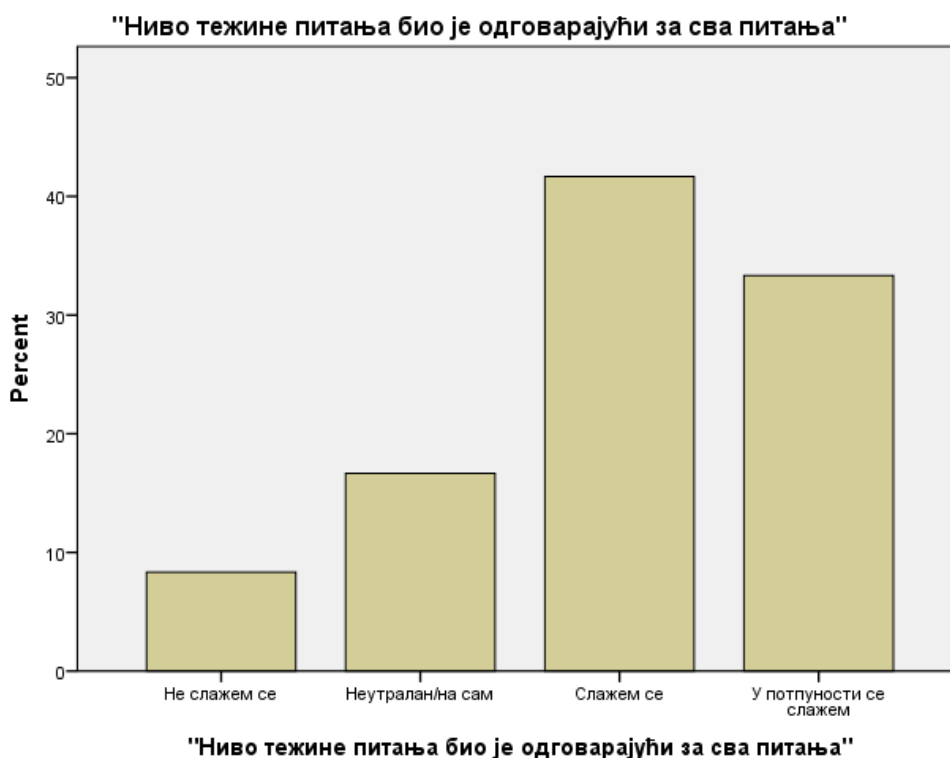
Попуњавање и анализа упитника

Искази у оквиру упитника су груписани у три категорије: (1) *Опита категорија* која је садржала укупно четири исказа општег типа (2) *Задовољство SCT питањем* која је садржала укупно осам исказа и (2) *Задовољство CIP питањем*, која је садржала 6 исказа. Одговори за сваки од исказа су мапирани према Ликертовој скали са 5 степени слагања ("у потпуности се не слажем", "Не слажем се", "Неутралан/на сам", "Слажем се" и "У потпуности се слажем", са нумеричким вредностима 1-5). Два исказа која су била предвиђена за коментаре у оквиру упитника су дата опционо, ради додатних квалитативних анализа и добијања општих повратних информација. На жалост, нико од испитаника није попунио ова поља тако да предвиђену анализу није било могуће извршити, и ова питања су искључена из даље анализе.

За анализу прикупљених података коришћен је "IBM SPSS Statistics 21" статистички пакет (евалуациона верзија). Након кодирања и уноса у базу података, подаци су анализирани применом стандардних метода статистичке дескрипције и статистике закључивања. Валидност упитника и исказа проверена је кроз Кронбахов коефицијент поузданости и Присон коефицијент корелације (Прилог 7). С обзиром да су искази груписани у три категорије, Кронбахов коефицијент поузданости који се односи на општу категорију је ($\alpha = 0,781$), коефицијен који се односи на SCT категорију је ($\alpha = 0,87$), коефицијент који се односи на CIP категорију износи ($\alpha = 0,77$), док је на нивоу

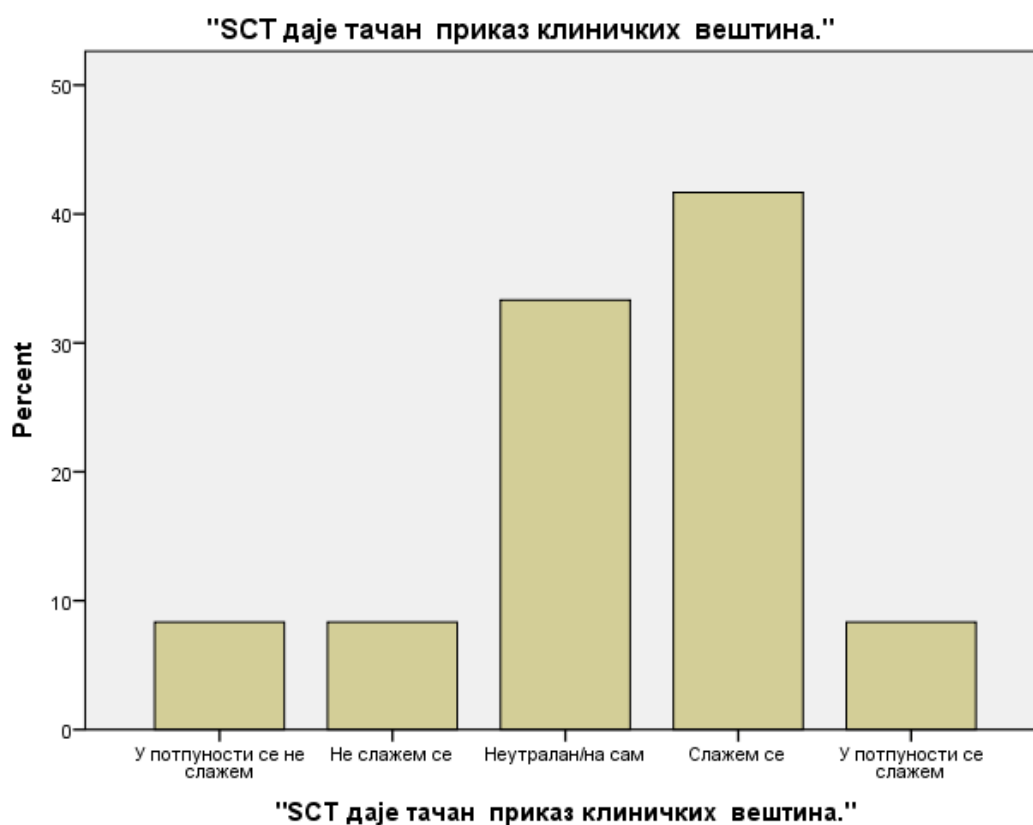
целокупног упитника ($\alpha = 0,88$), што индикује висок ниво поузданости коришћеног упитника. Допринос појединачних исказа утврђиван је анализом аритметичке средине, стандардне девијације, коефицијената кориговане тотал корелације и Кронбахових алфи након брисања сваког од питања на нивоу целокупног упитника. У оквиру матрице корелације за исказе у упитнику који су обележени са SCT3 и CIP1 уочено је одсуство статистички значајног доприноса, па су стога ови искази искључени из даљег поступка обраде.

Анализа добијених резултата може се поделити на три дела, сходно категоријама којима искази припадају. У оквиру општег дела, може се уочити да је 75% испитаника сматрало да је представљени начин провере знања једноставан, док је 25% било неутрално. Већина испитаника (92,7%) се сложила да је представљени начин провере знања стимулативан. Са исказом да је представљени начин провере знања задовољавајући сложили су се сви испитаници, од којих се 58,3% сложило у потпуности. Последњи исказ, који је од посебног значаја за истраживање, јер проверава слагање са нивоом тежине представљених питања, указује да се већина испитаника слаже (75%) да је ниво тежине питања одговарајући за сва питања, док су два испитаника била неутрална и један је изразио неслагање са исказом. Расподела одговора приказана је у оквиру графика на Слика 54.



Слика 54. Став испитаника који се односи на ниво тежине питања

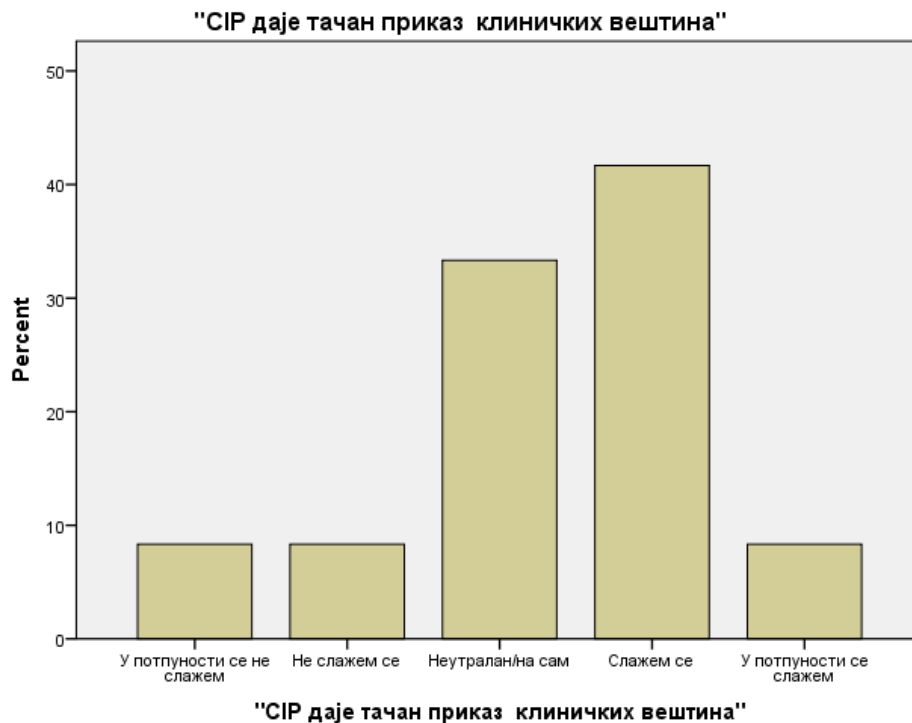
У оквиру друге категорије која обухвата исказе који се односе на SCT питања, може се видети да је већина испитаника, њих 66% сматрало да је употреба SCT сценарија била одговарајућа, док је њих 33% било неутрално. Приближно 67% испитаника се сложило да сценарио који је коришћен у SCT питањима представља смислену целину, 25% је било неутрално док се један испитаник није сложио са исказом. Да SCT питање даје тачан приказ клиничких вештина, сматра половина испитаника, док неутрални став има 33%. Два испитаника се нису сложила са исказом, од којих један у потпуности. Расподела слагања приказана је на графику на Слици 55. Већина испитаника, њих 75% се слаже да SCT питање треба да заузме значајно место у испитивању студената медицине, док је 25% остало неутрално. Последња два исказа, која се односе на бољу обуку будућих лекара и бољу припремљеност у реалном окружењу, повећањем употребе SCT питања, имају идентичан распоред слагања, 25% испитаника се у потпуности слаже, 33,3% се слаже, док је 25% неутрално.



Слика 55. Став лекара са исказом SCT4

Искази који се односе на СІР питања се у већој мери слажу са претходним исказима у вези SCT питања. Као и код SCT питања, половина испитаника се сложила да СІР питање даје тачан приказ клиничких вештина, неутрални став је имало 33% док се два

испитаника нису сложила, од којих се један у потпуности није сложио. Расподела слагања приказана је на графику на Слици 56. О значајности места примене СІР питања у провери знања студената медицине позитиван утисак је дало 75% испитаника, док је 25% остало неутрално. Последња два исказа, „Повећана употреба СІР-а омогућила би да се добију боље обучени лекари” и “Употреба СІР-а омогућила би дипломираним студентима медицине да буду боље припремљени за боравак у реалном окружењу.” имају сличан степен слагања. У првом случају 33% испитаника је било неутрално док се 66,7% сложило са исказом, од којих 2 у потпуности, док је у другом случају 41,7% испитаника било неутрално, 58,3% се сложило са исказом, од којих су се 2 испитаника сложила у потпуности.



Слика 56. Став лекара према исказу СІР2

У складу са истраживаном проблематиком, а на основу анализе добијених резултата, може се закључити да је став испитаних лекара позитиван по питању аутоматски креираних SCT и СІР питања, да питања у значајној мери дају тачан приказ клиничких вештина, као и да је ниво тежине представљених питања био одговарајући, чиме су уједно потврђене хипотезе Н2 и Н3 које говоре о томе да је квалитет креираних SCT и СІР питања у оквиру платформе за е-оцењивање на задовољавајућем нивоу.

7.2.4.5 Епизода 5: Задовољство корисника

Након епизоде 4, у оквиру које је извршена евалуација квалитета SCT и CIP питања, прешло се на последњу епизоду евалуације, која се односи на задовољство самих корисника (наставника и ученика) у коришћењу платформе за е-оцењивање и прихваћеност е-оцењивања. Овде је такође извршено одговарајуће истраживање.

Учесници

Истраживање је спроведено са ученицима (студентима) и наставницима Медицинског факултета, Универзитета у Београду. CLICKER платформа која садржи CIP и SCT питања је представљена корисницима (испитаницима) у периоду од 1.12.2023. – 1.2.2024. Корисницима је послат захтев за приступ апликацији путем мејла. При томе су корисници имали могућност да апликацији приступе путем рачунара или путем мобилног телефона. Верзије апликације незнатно су се разликовале услед потребе прилагођавања одговарајућем уређају. Кроз упутство које се приказује приликом првог покретања апликације (Прилог 3) корисници су упознати са могућностима CLICKER платформе. Након упознавања, корисницима је препуштено да се сами, својим темпом крећу кроз платформу и одговарају на креирана питања. Сва SCT и CIP питања су конструисана према опису датом у секцији 6. Примери питања су дати у оквиру Прилог 4. Након 5 дана од приступања платформи и уочених активности, учесници су путем мејла замољени да попуне упитник. Од 28 студената и 4 наставника који су приступали платформи, упитник је попунило 15 студената и 4 наставника.

Попуњавање и анализа упитника

У односу на упитник који су попуњавали есперти из области медицине (лекари), упитник за задовољство корисника је проширен са 4 нова исказа који су припојени категорији – Задовољство корисника CLICKER платформом (Прилог 6). Упитник је администриран он-лине коришћењем софтвера Jotform⁹. Подаци су електронски преузети у табелу, чиме је елиминисана потреба за ручним уносом. Упитнику је било могуће приступити и кроз CLICKER платформу. Циљ упитника је сазнање у којој мери су ученици и наставници спремни да прихвате SCT и CIP питања кроз употребу CLICKER платформе као средства за подршку њиховом учењу и оцењивању.

⁹ <https://eu.jotform.com>

За анализу података као и у епизоди 4, коришћен је “IBM SPSS Statistic 21” статистички пакет (евалуациона верзија). Кронбахов коефицијент поузданости који се односи на категорију исказа о платформи износи ($\alpha = 0,79$), док су коефицијенти који се односе на SCT и CIP категорије ($\alpha = 0,865$), ($\alpha = 0,77$), респективно. На нивоу целокупног упитника Кронбахов коефицијент поузданости износи ($\alpha = 0,92$) што индикује висок ниво поузданости коришћеног упитника. Допринос појединачних исказа утврђиван је анализом аритметичке средине, стандардне девијације, коефицијената кориговане тотал корелације и Кронбахових алфи након брисања сваког од питања на нивоу целокупног упитника (Прилог 7). У оквиру матрице корелације за групу исказа који су се односили на коришћење платформе, уочено је одсуство статистички значајног доприноса исказа CLICK7 (“Нисам имао/ла више потешкоћа са овим начином испитивања него са уобичајеним методама испитивања”). Тестирање на Пирсонов коефицијент корелације потврђује претходни закључак да овај исказ није статистички валидан и стога је искључен из даљег поступка обраде.

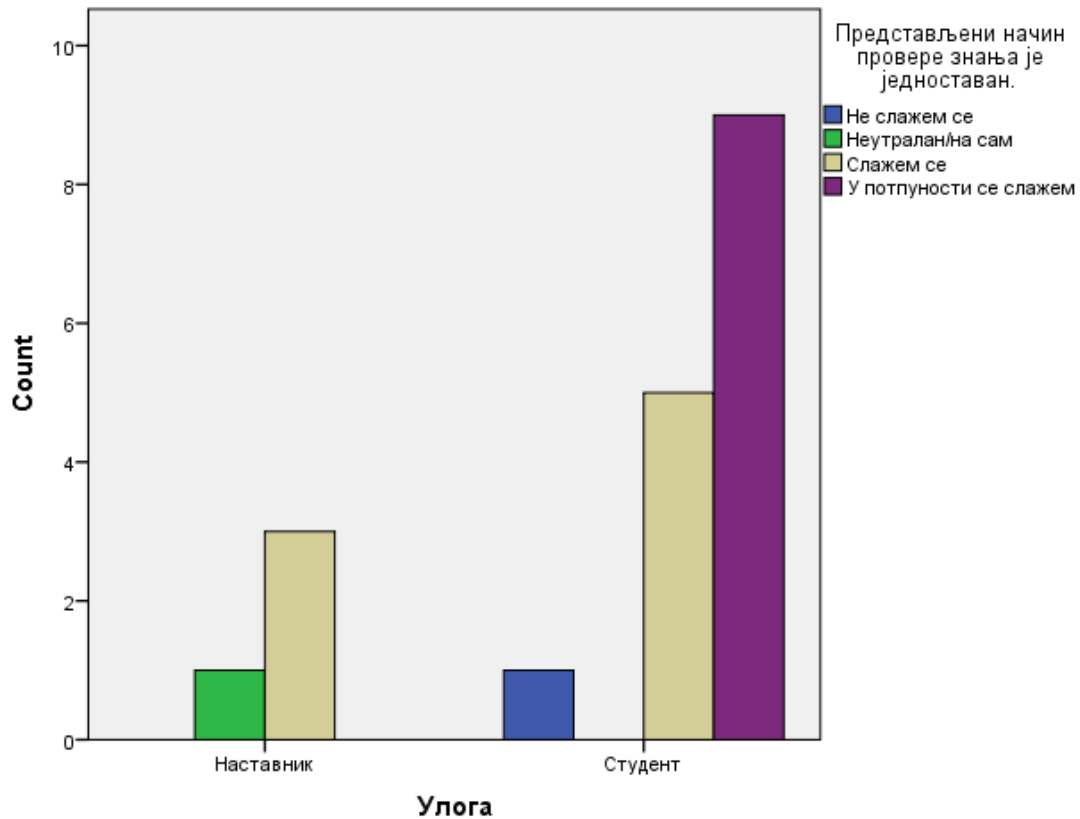
Испитивање односа између независне варијабле „Улога“ која може имати вредност *Наставник* и *Ученик* и осталих зависних варијабли извршено је методом кростабулације. У Табели 26 дат је приказ укрштања варијабле „Улога“ и варијабле „Представљени начин провере знања је једноставан“. Почетна претпоставка односила се на тврдњу да ће од улоге корисника зависити одговори на Ликертовој скали. У овом конкретном случају, да ће студенти бити више наклоњени новом начину испитивања у односу на наставнике.

Табела 26. Кростабулација варијабли Улога и CLICK1

		Представљени начин провере знања једноставан.				Total	
		Не слажем се	Неутралан/на сам	Слажем се	У потпуности се слажем		
Улога	Наставник	Count	0	1	3	0	4
		% within Улога	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%	100.0%
Улога	Ученик	Count	1	0	5	9	15
		% within Улога	6.7%	0.0%	33.3%	60.0%	100.0%
Total		Count	1	1	8	9	19
		% within Улога	5.3%	5.3%	42.1%	47.4%	100.0%

Овом приликом израчунат је *Pearson Chi-Square* тест којим се проверава да ли је укрштање изабраних варијабли статистички значајно. Према конвенцији, када је вредност овог параметра мања од 0,05 ($p < 0,05$) то указује да је могуће да постоји извесна веза између варијабли које су одабране. Другим речима, укрштање одабраних варијабли

је издржало тест статистичке значајности. С обзиром да је добијено $p=0,052$ може се констатовати да постоји извесна веза између варијабли које су изабране. На графикону приказаном на Слици 57 може се уочити потврда почетне претпоставке, да је ученицима једноставније да користе нове технологије.

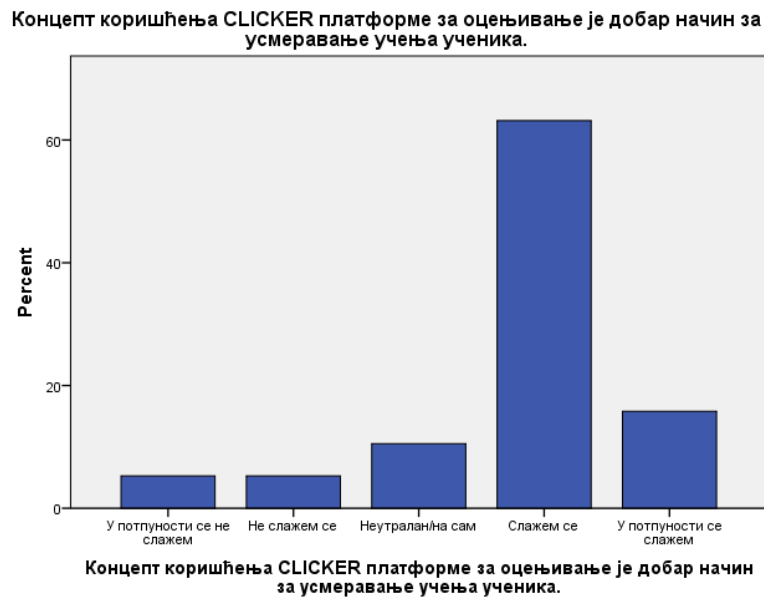


Слика 57. Графички приказ односа варијабли „Улога“ и CLICK1

Извршено је укрштање и осталих варијабли, међутим вредности *Pearson Chi-Square* теста су значајно више чиме се указује да веза између независне варијабле Улога и осталих зависних варијабли није статистички значајна. Овакав резултат се могао очекивати, с обзиром на број испитаника, (укупно 19), па је готово извесно да ниједно укрштање неће бити статистички значајно.

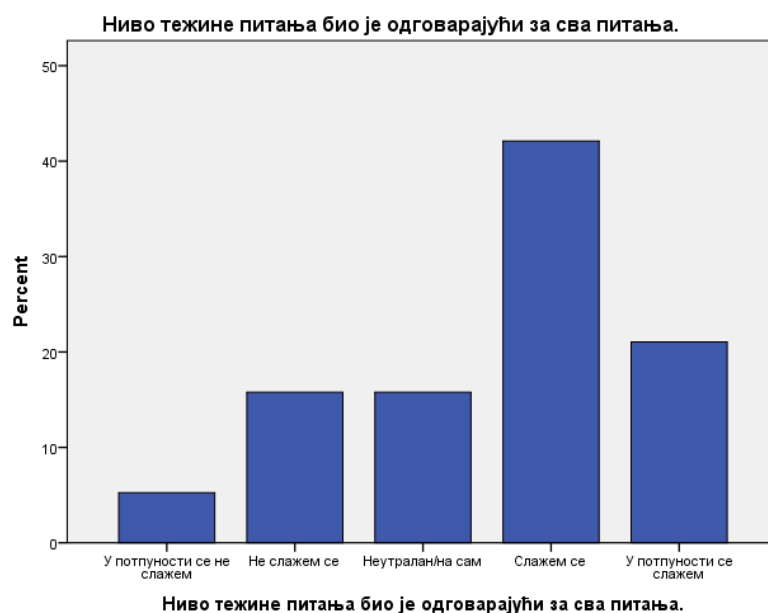
С обзиром на резултате добијене кростабулацијом (укрштањем), у наставку анализе паралелно се примењују методе дескриптивне статистике (прецизније, табела фреквенције) и кростабулације како би се дошло до што детаљнијих закључака. Од укупног броја испитаника, 85% сматра да је представљени начин провере знања стимулативан, око 10% је неутрално, а један корисник се није сложио са исказом. Са

исказом да је концепт коришћења платформе добар начин за усмеравање учења ученика, сложило се 79% корисника, док се 2 корисника нису сложила (Слика 58).



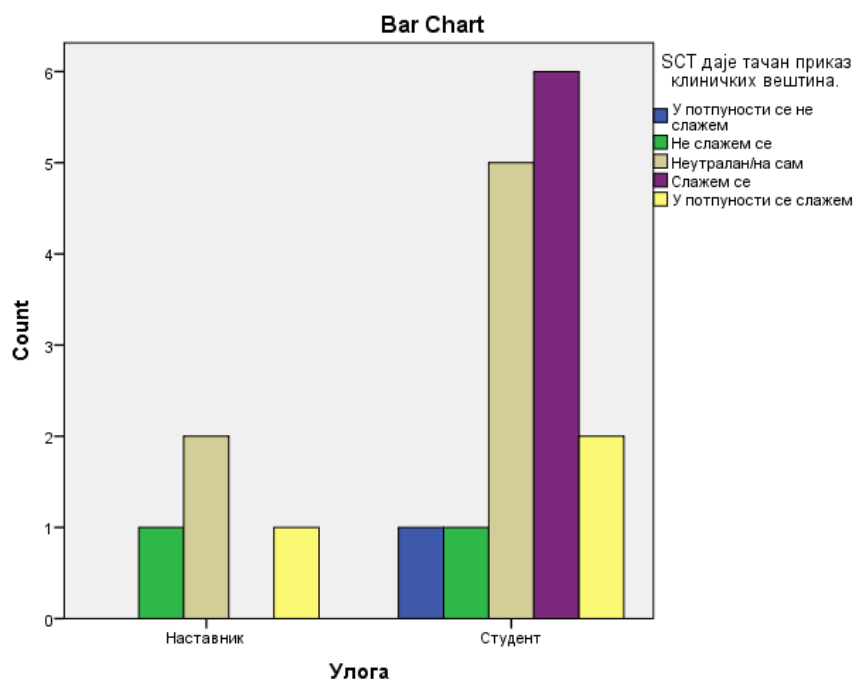
Слика 58. Графикон расподеле слагања са исказом CLICK3

Према анализи (47,7% - Слажем се и 31,6% - У потпуности се слажем) коришћење софтвера није имало значајан утицај на способност решавања питања. Исказ који се односио на ниво тежине питања показао је да 63,2% испитаника сматра да је ниво тежине одговарајући, 15,8% је било неутрално док су два испитаника изразила неслагање са исказом, од којих 1 у потпуности (Слика 59).



Слика 59. Графикон расподеле слагања са исказом CLICK8

Анализа исказа којим се тврди да SCT даје тачан приказ клиничких вештина показује да је значајан проценат корисника неутралан, њих 36,8%. Ако се погледа детаљна расподела (Слика 60) може се видети да су већина „неутралних“ испитаника ученици. Са друге стране опцију „Слажем се“ такође су одабрали испитаници који су ученици, док нико од наставника није одабрао ову опцију. Ово би се могло објаснити чињеницом недовољног искуства ученика по питању клиничког резонувања (у истраживање су укључени студенти свих година студија). Са друге стране, мали број узорака упитника који су попунили наставници, не даје довољно података за детаљнију анализу. За сваки од преосталих исказа, добијају се слични резултати у којима се уочава да преко 50% испитаника изражава слагање са исказом, већином са „Слажем се“, а у мањој мери „У потпуности се слажем“. Број испитаника који су изражавали неки степен неслагања је значајно мањи.



Слика 60. График распоређености слагања са исказом SCT4 према улогама испитаника

Интервју са наставником

С обзиром на мали број наставника који је попунио упитник (уз напомену да већина наставника уједно ради у здравственим установама са „густим“ распоредом, па није имала времена да се посвети платформи и упитнику), резултати добијени анализом су делимично употпуњени разговором са искусним наставником Медицинског факултета Универзитета у Београду, чији коментари су сумирани у наредном пасусу.

Испитаник је похвалио идеју о растеређењу наставника приликом креирања питања кроз употребу платформе за е-оцењивање. Свеопшти утисак о CLICKER платформи и конкретним примерима питања је такође позитиван. Изјава наставника пренета је у целости у оквиру ове дисертације:

„Наша данашњица је таква да је све више обавеза а све мање времена које наставник може да издвоји за израду квалитетних питања. То се у огромној мери односи на наставнике који осим наставе раде и у здравственим установама. Тако, да би, овакав вид провере знања у великој мери олакшао целокупан посао. С друге стране, главни недостатак питања је униформисанији сценарио. Након појашњења на који начин су подаци обезбеђени (из медицинских установа), мој закључак је да сами извештаји треба да буду бољег квалитета јер лекари често не уносе у целости податке које би требало да уносе, већ само основне ствари. Ово, наравно, варира од установе до установе. Најпотпунији подаци, према мом мишљењу су свакако извештаји добијени из Ургентног центра где је потребно унети све податке како би пацијент био са свим информацијама послат код одговарајућег специјалисте. Предлог побољшања састоји се у постојању универзалног образаца који би се користио приликом уношења анамнезе, прегледа и осталих релевантних података пацијента. Наравно, за ово би била потребна сарадња експерата из више области (медицине, ИТ сектора, итд).

На основу свега наведеног у оквиру евалуације кроз епозоду 5, може се рећи да је хипотеза Н4, која говори о томе да платформа позитивно утиче на наставнике и ученике у е-учењу, потврђена.

8. ЗАКЉУЧАК

Према извештају објављеном 2020. године под називом „Будућност оцењивања: пет принципа, пет циљева за 2025. годину” [178], коришћење технологије у сврху оцењивања требало би да трансформише оцењивање на начин да оно постане више аутентично, аутоматизовано, континуирано и сигурно. Принцип аутоматизације подразумева постојање равнотеже између аутоматског оцењивања и оцењивања од стране наставника, смањење оптерећења наставника током оцењивања и давања повратне информације ученицима и омогућавање брже, детаљније и динамичније повратне информације.

У овој дисертацији је показано да је традиционални поступак креирања питања и провере знања, који је у целости спроводио наставник, почевши од састављања питања до ручног прегледања и оцењивања, могуће поједноставити и убрзати поступком аутоматизације генерисања и оцењивања питања коришћењем онтологија питања. У том смислу извршена је анализа стања у области истраживања, која је показала да је коришћење онтологија за аутоматско генерисање питања у великој мери заступљено у научној заједници, али и да се већина питања односи на MCQ питања, док су остала питања заступљена у значајно мањој мери.

Такође, недавна открића у генеративној вештачкој интелигенцији (*Generative artificial intelligence* - GAI) показују огроман потенцијал за стварање нових могућности у аутоматском генерисању питања. Међутим, коришћење GAI носи са собом одређене ризике, као што су генерисане информације које звуче ауторитативно, али нису истините (понекад се називају „халуцинације“) или су непожељне и пристрасне. Приступ заснован на онтологијама са друге стране пружа поузданост која је неопходна у оквиру оцењивања клиничког резоновања.

Осим анализе у области истраживања, извршена је анализа различитих типова питања која су погодна за аутоматско оцењивање. Уочено је да SCT и CIP питања показују велики потенцијал у оцењивању клиничког резоновања, да ученици показују високу заинтересованост за ову врсту питања, као и да питања нису до сада генерисана коришћењем онтологија.

У овом мултидисциплинарном истраживању развијено је неколико онтологија питања, као и онтологија електронског здравственог картона. За развој онтологија креирана је и коришћена *Методологија онтологија питања*, која се заснива на SABiO

методу, који обухвата пет фаза: идентификација сврхе и захтева, обухватност и формализација онтологије, дизајн, имплементација и тестирање. Намена развијених онтологија питања је поновна употреба, размена, интеграција и апликативна примена знања из области медицинског образовања, али и других области као што су рачунарство, биологија, географија и слично.

Развијене онтологије формирале су оквир за онтолошки вођену платформу за генерисање SCT и CIP питања. Одређивање тежине генерисаних питања моделовано је кроз алгоритме представљене у секцији 6.5. Евалуацијом од стране експерата медицине потврђено је да су креирана питања имала одговарајући ниво тежине.

Додељивање бодова у SCT питањима представљало је посебан изазов с обзиром на комплексност самог питања. У ту сврху развијене су и предложене две стратегије, директна и индиректна. Директна стратегија се заснива на директном одабиру лабораторијских резултата одобрених од стране здравствених стручњака за дату хипотезу. Број случајева за сваки од резултата се сумира, а вредности на Ликертовој скали се додељују у односу на број експерата који се слажу око хипотезе коришћене за добијање ових резултата. Овај приступ је једноставнији за генерисање кода, али се може учинити прилично тешким за ученике, јер је потребно прецизно знање да би се изабрао најприкладнији одговор.

Индиректна стратегија, с друге стране, бира лабораторијске резултате за болест која је хијерархијски више или мање удаљена с оном коју даје наставник. Ниво тежине се сматра вишим када су нове информације изведене из лабораторијских резултата блиско повезане са болешћу (дијабетес тип 1 и тип 2, на пример), док се сматра лакшим када болести нису много повезане (на пример, повреда и дијабетес типа 1).

Онтолошки вођена платформа за е-оцењивање имплементирана је кроз *AppSheet* апликацију, која је због својих карактеристика представљала најбоље решење у датом тренутку. Платформа је названа *CLICKER* и представљена је корисницима, који су обухватили наставнике и ученике Медицинског факултета, Универзитета у Београду.

Евалуација предложеног приступа спроведена је праћењем смерница које пружа FEDS оквир [30]. Стратешким коришћењем различитих врста евалуационих епизода успостављен је квалитет знања које пружа наука о креирању. Епизоде евалуације су се кретале од формативних и вештачких евалуација ка сумативнијим и природнијим евалуацијама што је свеукупној евалуацији обезбедило строгост. Ова строгост јача

доказе о корисности платформе у њеном стварном окружењу. Формативна евалуација (SPARQL упити, тестирање брзине креирања питања) обезбедила је могућност смањења ризика раном евалуацијом, пре изградње платформе и ригорозном проценом инстанцирања мањкавог дизајна. Сумативна евалуација (Евалуација онтологија од стране експерата, Евалуације експерата медицине и корисника) пружила је могућност процене CLICKER платформе у стварности, не само у теорији или хипотетички. Природне методе евалуације (Упитници у Прилог 5: Упитник о Квалитету питања и Прилог 6: Део упитника који се односи на задовољство CLICKER платформом) нуде могућност да се процени платформа коју користе стварни корисници решавајући креирана питања, док вештачке методе евалуације (тестирања SPARQL упитима) нуде могућност да се пажљивије контролишу потенцијалне збуњујуће варијабле и докажу или оповргну хипотезе. Резултати евалуације подржавају тренутни правац коришћења онтологија у олакшавању аутоматског креирања питања, а самим тим и обогаћивању процеса учења омогућавањем корисних образовних активности које су иначе биле отежане потребом за великим бројем квалитетних питања.

Правци даљег истраживања

Иако онлајн алати олакшавају аутоматизацију процеса оцењивања и администрације, када је у питању медицинско образовање, конструисање вињете пацијента је и даље дуготрајан задатак који захтева ангажовање стручњака из домена. Укључивањем електронских здравствених картона у истраживање, доприноси се бржем креирању вињета. Међутим, уочено је да подаци у електронским здравственим картонима значајно варирају у комплетности и потпуности те је стога један од правца даљег истраживања креирање униформних обараца за унос података који би у значајној мери подигла квалитет креираних питања.

Са друге стране, користећи генеративну вештачку интелигенцију, постоји могућност стварања висококвалитетних клиничких вињета које се могу креирати уз минималан напор и за кратко време [178]. Међутим, неопходан је опрез јер генерално не постоји гаранција да је садржај генеративног AI заснован на доказима. Штавише, тачност клиничких вињета генерисаних помоћу вештачке интелигенције може се проценити само кроз процес рецензије које спроводе лекари.

Важно је истаћи потребу за даљим спровођењем сумативних природних епизода евалуације на ширем, већем узорку питања са више учесника како би се добили додатни докази о квалитету предложеног приступа. Такође би било интересантно помешати

аутоматски генерисана питања са добрим квалитетним питањима која су написали експерти да би се упоредила статистичка својства оба скупа. Свакако, примена предложеног приступа на друге области, као што су рачунарство, биологија и сл, са међусобним упоређивањем могла би дати потенцијално значајне резултате.

Поред основних повратних информација које већ постоје у оквиру платформе, било би пожељно генерисати додатне повратне информација као што су на пример упућивање на додатне материјале за читање или видео записе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Đ. Mihailovic, “Organizational and motivational particularity of distance learning,” University Belgrade, 2012.
- [2] S. Kumar Basak, M. Wotto, and P. Bélanger, “E-learning, “M-learning and D-learning: Conceptual definition and comparative analysis,” *E-Learning and Digital Media*, vol. 15, no. 4, pp. 191–216, 2018, doi: 10.1177/2042753018785180
- [3] J. L. Moore, C. Dickson-Deane, and K. Galyen, “E-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?,” *Internet and Higher Education*, vol. 14, no. 2, pp. 129–135, 2011, doi: 10.1016/j.iheduc.2010.10.001.
- [4] T. M. Alsubait, B. Parsia, U. Sattler, “Ontology-Based Multiple Choice Question Generation,” *Künstl Intell* vol. 30, pp. 183–188, 2016, doi: 10.1007/s13218-015-0405-9
- [5] B. Kiselev and V. Yakutenko, “An Overview of Massive Open Online Course Platforms: Personalization and Semantic Web Technologies and Standards,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2020, pp. 373–379. doi: 10.1016/j.procs.2020.02.232.
- [6] M. Goos, F. Schubach, G. Seifert, and M. Boeker, “Validation of undergraduate medical student script concordance test (SCT) scores on the clinical assessment of the acute abdomen,” *BMC Surgery*, vol. 16, no. 57, pp. 1–9, 2016, doi: 10.1186/s12893-016-0173-y.
- [7] J. E. Esteves, M. Bennison, and O. P. Thomson, “Script concordance test: Insights from the literature and early stages of its implementation in osteopathy,” *International Journal of Osteopathic Medicine*, vol. 16, pp. 231–239, 2013, doi: 10.1016/j.ijosm.2013.05.001.
- [8] M. Moghadami, M. Amini, M. Moghadami, B. Dalal, and B. Charlin, “Teaching clinical reasoning to undergraduate medical students by illness script method: a randomized controlled trial,” *BMC Medical Education*, vol. 21, no. 87, pp. 1–7, 2021, doi: 10.1186/s12909-021-02522-0.
- [9] S. Lubarsky, V. Dory, S. Meterissian, C. Lambert, and R. Gagnon, “Examining the effects of gaming and guessing on script concordance test scores,” *Perspective on Medical Education*, vol. 7, pp. 174–181, 2018, doi: 10.1007/s40037-018-0435-8.
- [10] O. Peyrony et al., “Impact of panelists’ experience on script concordance test scores of medical students,” *BMC Medical Education*, vol. 20, no. 313, pp. 1–8, 2020, doi: 10.1186/s12909-020-02243-w.
- [11] S. Lubarsky, V. Dory, P. Duggan, R. Gagnon, and B. Charlin, “Script concordance testing: From theory to practice: AMEE Guide No. 75,” *Medical Teacher*, vol. 35, no. 3, pp. 1–10, 2013, doi: 10.3109/0142159X.2013.760036.
- [12] R. Ber, “The CIP (comprehensive integrative puzzle) assessment method.,” *Medical Teacher*, vol. 25, no. 2, pp. 171–176, 2003, doi: 10.1080/0142159031000092571.

- [13] L. Sibert, S. J. Darmoni, B. Dahamna, M. F. Hellot, J. Weber, and B. Charlin, "On line clinical reasoning assessment with Script Concordance test in urology: Results of a French pilot study," *BMC Medical Education*, vol. 6, pp. 1–9, 2006, doi: 10.1186/1472-6920-6-45.
- [14] G. Kurdi, "Generation and mining of medical, case-based multiple choice questions," Ph.D. Dissertation, The Faculty Of Science And Engineering, The University of Manchester, 2020.
- [15] L. van Bruggen, M. Manrique-van Woudenberg, E. Spierenburg, and J. Vos, "Preferred question types for computer-based assessment of clinical reasoning: a literature study," *Perspect Med Educ*, vol. 1, no. 4, pp. 162–171, 2012, doi: 10.1007/s40037-012-0024-1.
- [16] O. F. Bukie, "Understanding Technologies for E-Assessment: A Systematic Review Approach," *Journal of Emerging Trend in Computer and Information Sciences*, vol. 5, no. 12, pp. 936–947, 2014.
- [17] T. Karsenti, "Artificial intelligence in education: The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools," *Formation et profession*, vol. 27, no. 1, p. 105, 2019, doi: 10.18162/fp.2019.a166.
- [18] N. Guarino, "Formal Ontology and Information Systems," Proceedings of the Fifth International Conference (FOIS 2008), ISBN 978-1-58603-923-3
- [19] R. Garrison, "E-Learning in the 21st Century," Handbook of Research on E-Learning Applications for Career and Technical Education: Technologies for Vocational Training, pp. 367–379, 2011, doi: 10.4018/978-1-60566-739-3.ch029.
- [20] M. Mohanna, "Using Knowledge Engineering for Modeling Mobile Learning Systems," Computer Science, Education, 2015.
- [21] N. Bencheva, "Learning styles and e-learning face-to-face to the traditional learning," НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ, vol. 49, no. 5, pp. 63–67, 2010. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:9864375>
- [22] H. U. Hoppe, R. Joiner, M. Milrad, and M. Sharples, "Guest editorial: Wireless and Mobile Technologies in Education," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 19, no. 3, pp. 255–259, 2003, doi: 10.1046/j.0266-4909.2003.00027.x.
- [23] Bjekić, D. i Papić, M. Ž. (2013). Dokimološki okviri nastave: ocenjivanje i testovi znanja, univerzitetski udžbenik, Čačak: Fakultet tehničkih nauka, INCOMING, ISBN 978-86-7776-146-2
- [24] D. Tascovici, "Evaluation as Docimology," presented in The 4th International Scientific Conference eLearning and Software for Education, Bucharest, 2008.
- [25] V. Andrić and M. Čudina, Psihologija učenja i nastave. Zagreb: Školska knjiga, 1998.
- [26] D. Milošević, M. Božović. Ocenjivanje u elektronskom učenju, univerzitetski udžbenik, Tehnički fakultet Čačak, elektronsko izdanje CD/DVD, 2011, ISBN 978-86-7776-124-0, COBISS.SR-ID 188561164, UDK 371.263:004.9(075.8)(0.034.2).

- [27] Д. Кузмановић, Оцењивање у дигиталном окружењу - водич за наставнике. Београд: Propulsion, Завод за вредновање квалитета образовања и васпитања и Дигитална Србија, 2022.
- [28] S. Timmis, P. Broadfoot, R. Sutherland, and A. Oldfield, "Rethinking assessment in a digital age: opportunities, challenges and risks," *British Educational Research Journal*, vol. 42, no. 3, pp. 454–476, 2016, doi: 10.1002/berj.3215.
- [29] O. ten Cate and S. J. Durning, "Principles and practice of case-based clinical reasoning education: A method for preclinical students", *Cham (CH): Springer*; 2018. PMID: 31314234. vol. 15. 2018.
- [30] J. Venable, J. Pries-Heje, and R. Baskerville, "FEDS: A Framework for Evaluation in Design Science Research," *European Journal of Information Systems*, vol. 25, no. 1, pp. 77–89, 2016, doi: 10.1057/ejis.2014.36.
- [31] D. R. Krathwohl, "A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory Into Practice," 41(4), 212–218, 2002 https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- [32] N. Afzal and R. Mitkov, "Automatic generation of multiple choice questions using dependency-based semantic relations," *Soft Comput*, vol. 18, no. 7, pp. 1269–1281, 2014, doi: 10.1007/s00500-013-1141-4.
- [33] R. Ai, S. Krause, W. Kasper, F. Xu, and H. Uszkoreit, "Semi-Automatic Generation of Multiple-Choice Tests from Mentions of Semantic Relations," *Proceedings of the 2nd Workshop on Natural Language Processing Techniques for Educational Applications, NLP-TEA 2015 - in conjunction with the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference*, pp. 26–33, 2015, doi: 10.18653/v1/w15-4405.
- [34] I. E. Fattoh, A. E. Aboutabl, and M. H. Haggag, "Semantic Question Generation Using Artificial Immunity," *International Journal of Modern Education and Computer Science*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2015, doi: 10.5815/ijmeecs.2015.01.01.
- [35] Y. T. Huang and J. Mostow, "Evaluating human and automated generation of distractors for diagnostic multiple-choice cloze questions to assess children's reading comprehension," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9112, pp. 155–164, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-19773-9_16.
- [36] G. Kumar, R. E. Banchs, and L. F. D'Haro, "Automatic fill-the-blank question generator for student self-assessment," *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, vol. 2015, no. c, pp. 2–4, 2015, doi: 10.1109/FIE.2015.7344291.
- [37] G. Kumar, R. E. Banchs, and L. F. D'Haro, "Revup: Automatic gap-fill question generation from educational texts," *10th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, BEA 2015 at the 2015 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, NAACL-HLT 2015*, pp. 154–161, 2015, doi: 10.3115/v1/w15-0618.

- [38] C. Lin, D. Liu, W. Pang, and E. Apeh, “Automatically predicting quiz difficulty level using similarity measures,” *Proceedings of the 8th International Conference on Knowledge Capture, K-CAP 2015*, 2015, doi: 10.1145/2815833.2815842.
- [39] O. Polozov, E. O’Rourke, A. M. Smith, L. Zettlemoyer, S. Gulwani, and Z. Popović, “Personalized mathematical word problem generation,” *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, vol. 2015-Janua, no. August, pp. 381–388, 2015.
- [40] A. Shirude, S. Totala, S. Nikhar, V. Attar, and J. Ramanand, “Automated Question Generation tool for structured data,” *2015 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2015*, pp. 1546–1551, 2015, doi: 10.1109/ICACCI.2015.7275833.
- [41] E. V. Vinu and P. S. Kumar, “Improving large-scale assessment tests by ontology based approach,” *Proceedings of the 28th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2015*, pp. 457–462, 2015.
- [42] E. V. Vinu, T. Alsubait, and P. S. Kumar, “Modeling of Item-Difficulty for Ontology-based MCQs,” 2016, arXiv preprint arXiv:1607.00869
- [43] E. V. Vinu and P. S. Kumar, “Automated generation of assessment tests from domain ontologies,” *Semantic Web*, vol. 8, no. 6, pp. 1023–1047, 2017, doi: 10.3233/SW-170252.
- [44] T. Alsubait, B. Parsia, and U. Sattler, “Generating multiple choice questions from ontologies: How far can we go?,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8982, pp. 66–79, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-17966-7_7.
- [45] G. Kurdi et al., “A comparative study of methods for a priori prediction of MCQ difficulty,” *Semantic Web*, vol. 12, no. 3, pp. 449–465, 2020, doi: 10.3233/sw-200390.
- [46] J. Araki, D. Rajagopal, S. Sankaranarayanan, S. Holm, Y. Yamakawa, and T. Mitamura, “Generating questions and multiple-choice answers using semantic analysis of texts,” *COLING 2016 - 26th International Conference on Computational Linguistics, Proceedings of COLING 2016: Technical Papers*, pp. 1125–1136, 2016.
- [47] Y. Huang and L. He, “Automatic generation of short answer questions for reading comprehension assessment,” *Natural Language Engineering*, vol. 22, no. 3, pp. 457–489, 2016, doi: 10.1017/S1351324915000455.
- [48] L. Zhang and K. VanLehn, “How do machine-generated questions compare to human-generated questions?,” *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 11, no. 1, 2016, doi: 10.1186/s41039-016-0031-7.
- [49] M. Blišťák and V. Rozinajová, “Automatic question generation based on sentence structure analysis using machine learning approach,” *Natural Language Engineering*, vol. 28, no. 4, pp. 487–517, 2022, doi: 10.1017/S1351324921000139.

- [50] B. Das and M. Majumder, “Factual open cloze question generation for assessment of learner’s knowledge,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 14, no. 1, 2017, doi: 10.1186/s41239-017-0060-3.
- [51] D. Seyler, Yahya Mohamed, and Berberich Klaus, “Knowledge questions for knowledge graph,” *Proceedings of the ACM SIGIR International Conference on Theory of Information Retrieval*, pp. 11–18, 2017.
- [52] T. Soonklang, S. Pongpinigpinyo, W. Muangon, and S. Kaewjamnong, “Automatic question generation system for English exercise for secondary students,” *Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education, ICCE 2017 - Main Conference Proceedings*, pp. 890–895, 2017.
- [53] K. Stasaski and M. Hearst, “Multiple choice question generation utilizing an ontology,” *EMNLP 2017 - 12th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, BEA 2017 - Proceedings of the Workshop*, no. 2011, pp. 303–312, 2017, doi: 10.18653/v1/w17-5034.
- [54] A. Faizan and S. Lohmann, “Automatic generation of multiple choice questions from slide content using linked data,” *ACM International Conference Proceeding Series*, 2018, doi: 10.1145/3227609.3227656.
- [55] M. Flor and B. Riordan, “A semantic role-based approach to open-domain automatic question generation,” *Proceedings of the 13th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, BEA 2018 at the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, NAACL-HTL 2018*, no. 2012, pp. 254–263, 2018, doi: 10.18653/v1/w18-0530.
- [56] Y. Gao, L. Bing, W. Chen, M. R. Lyu, and I. King, “Difficulty controllable generation of reading comprehension questions,” *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, vol. 2019-Augus, pp. 4968–4974, 2019, doi: 10.24963/ijcai.2019/690.
- [57] V. Kumar, K. Boorla, and Y. Meena, “Automating Reading Comprehension by Generating Questions and Answer Pairs,” *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2. Springer International Publishing, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-93040-4.
- [58] J. Park, H. Cho, and S. Lee, “Automatic generation of multiple-choice fill-in-the-blank question using document embedding,” *Artificial Intelligence in Education*, vol. 10948 LNAI. Springer International Publishing, pp.261-265, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-93846-2_48.
- [59] O. Rodríguez Rocha and C. Faron Zucker, “Automatic Generation of Quizzes from DBpedia According to Educational Standards,” *The Web Conference 2018 - Companion of the World Wide Web Conference, WWW 2018*, pp. 1035–1041, 2018, doi: 10.1145/3184558.3191534.
- [60] L. Zavala and B. Mendoza, “On the use of semantic-based AIG to automatically generate programming exercises,” *SIGCSE 2018 - Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium*

- on Computer Science Education, vol. 2018-Janua, pp. 14–19, 2018, doi: 10.1145/3159450.3159608.
- [61] J. Leo, G. Kurdi, N. Matentzoglou, et al. “Ontology-Based Generation of Medical, Multi-term MCQs,” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 29, 145–188, 2019. doi.org/10.1007/s40593-018-00172-w
- [62] M. Cubric and M. Tomic, “Towards automatic generation of e-assessment using semantic web technologies,” *International Journal of e-Assessment*, 2011. ISSN: 2045-9432. 1.
- [63] M. N. Demaidi, M. M. Gaber, and N. Filer, “OntoPeFeGe: Ontology-based personalized feedback generator,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 31644–31664, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2846398.
- [64] M. Radovic, M. Tomic, and D. Milosevic, “An Ontology Based Approach To Assessment in Medical Education,” *Proceeding in The 8th International Conference on eLearning 2017*, pp. 28–29
- [65] M. Radovic, N. Petrovic, and M. Tomic, “Ontology-based generation of multilingual questions for assessment in medical education,” *The Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes*, vol. 8, no. 1, pp. 1–15, 2020, doi: 10.22190/JTESAP2001001R.
- [66] M. Radovic, N. Petrovic, and M. Tomic, “An Ontology-Driven Learning Assessment Using the Script Concordance Test,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: 10.3390/app12031472.
- [67] X. Zhai, “ChatGPT for Next Generation Science Learning,” *XRDS:29, The ACM Magazine for Students*, vol. 29, no. 3, pp. 42–46, 2023, doi: 10.1145/3589649.
- [68] V. M. Ionescu and M. C. Enescu, “Using ChatGPT for Generating and Evaluating Online Tests,” *Proceedings in The 15th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2023*, pp. 1–6, 2023, doi: 10.1109/ECAI58194.2023.10193995.
- [69] Z. Wang and R. Baraniuk, “MultiQG-TI: Towards Question Generation from Multi-modal Sources,” In *Proceedings of the 18th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications (BEA 2023)*, pages 682–691, Toronto, Canada. Association for Computational Linguistics. 2023.
- [70] P. Chomphooyod, A. Suchato, N. Tuaycharoen, and P. Punyabukkana, “English grammar multiple-choice question generation using Text-to-Text Transfer Transformer,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 5, no. July, p. 100158, 2023, doi: 10.1016/j.caeai.2023.100158.
- [71] A. M. A. Ausat, B. Massang, M. Efendi, N. Nofirman, and Y. Riady, “Can Chat GPT Replace the Role of the Teacher in the Classroom: A Fundamental Analysis,” *Journal on Education*, vol. 05, no. 04, pp. 16100–16106, 2023.
- [72] G. Kurdi, J. Leo, B. Parsia, U. Sattler, and S. Al-Emari, “A Systematic Review of Automatic Question Generation for Educational Purposes,” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 30, no. 1, pp. 121–204, 2020, doi: 10.1007/s40593-019-00186-y.

- [73] Z. Slimi, “The impact of AI implementation in higher education on educational process future: A systematic review,” *ResearchSquare*, pp. 1–10, 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-1081043.
- [74] K. Mishra, “Role of Ontology Engineering in Artificial Intelligence,” *International Journal of Swarm Intelligence and Evolutionary Computation*, vol. 11, p. 1000237, 2022, doi: 10.35248/2090-4908.22.11.237
- [75] T. Tudorache, “Ontology engineering: Current state, challenges, and future directions,” *Semantic Web*, vol. 11, no. 1, pp. 125–138, 2020, doi: 10.3233/SW-190382.
- [76] G. Falquet, C. Métral, J. Teller, and C. Tweed, “Ontologies in Urban Development Projects,” *Advanced Information and Knowledge Processing*, vol. 1. 2011. doi: 10.1007/978-0-85729-724-2.
- [77] T. E. El-Diraby and H. Osman, “A domain ontology for construction concepts in urban infrastructure products,” *Automation in Construction*, vol. 20, no. 8, pp. 1120–1132, 2011, doi: 10.1016/j.autcon.2011.04.014.
- [78] M. Uschold and M. Gruninger, “Ontologies: Principles, Methods and Applications,” *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, no. 2, pp. 93–136, 1996, doi: 10.1.1.111.5903.
- [79] T. Gruber, “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications.” *Knowledge Acquisition*, vol. 5 no. 2, pp. 199–220, 1993.
- [80] S. Staab, H. Schnurr, R. Studer, and Y. Sure, “Knowledge processes and ontologies,” *IEEE Intelligent systems*, vol. 16 no.1, pp. 26-34, 2001.
- [81] M. Rani, R. Nayak, and O. P. Vyas, “An ontology-based adaptive personalized e-learning system, assisted by software agents on cloud storage,” *Knowledge Based Systems*, vol. 90, pp. 33–48, 2015, doi: 10.1016/j.knosys.2015.10.002.
- [82] A. Gómez-Pérez, “Ontological engineering: A state of the art,” *Expert Update: Knowledge Based Systems and Applied Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 3, pp. 33–43, 1999.
- [83] O. C. Catherine Roussey, Francois Pinet, Myoung Ah Kang, “An Introduction to Ontologies and Ontology Engineering,” *Ontologies in Urban Development Projects*, vol. 1, 2011, pp. 9–39. doi: 10.1007/978-0-85729-724-2.
- [84] N. F. Noy and D. L. McGuinness, “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology,” *Stanford Knowledge Systems Laboratory*, p. 25, 2001
- [85] F. B. Ruy, G. Guizzardi, R. A. Falbo, C. C. Reginato, and V. A. Santos, “From reference ontologies to ontology patterns and back,” *Data Knowledge Engineering*, vol. 109, pp. 41–69, 2017, doi: 10.1016/j.datak.2017.03.004.
- [86] G. Van Heijst, A. T. Schreiber, and B. J. Wielinga, “Using explicit ontologies in KBS development,” *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 46, no. 2–3, pp. 183–292, 1997, doi: 10.1006/ijhc.1996.0090.
- [87] R. Mizoguchi, J. Vanwelkenhuysen, and M. Ikeda, “Task ontology for reuse of problem solving knowledge,” *Towards Very Large Knowledge Bases*, July, pp. 46–59, 1995.

- [88] A. F. Martins and R. D. A. Falbo, “Models for representing task ontologies,” 3rd Workshop on Ontologies and their Applications, vol. 427, 2008. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-427/paper4.pdf>
- [89] M. Keet, “An Introduction to ontology engineering”, Coledge Publication, 2018, ISBN-13: 978-1848902954 doi: 10.4018/978-1-60566-034-9.ch002.
- [90] A. A. Alsanad, A. Chikh, and A. Mirza, “A Domain Ontology for Software Requirements Change Management in Global Software Development Environment,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 49352–49361, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2909839.
- [91] A. Gladun, J. Rogushina, F. García-Sánchez, R. Martínez-Béjar, and J. T. Fernández-Breis, “An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments,” *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 2 PART 1, pp. 1922–1931, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.019.
- [92] C. Matuszek, J. Cabrai, M. Witbrock, and J. DeOliveira, “An introduction to the syntax and content of Cyc,” *AAAI Spring Symposium - Technical Report*, vol. SS-06-05, no. May, pp. 44–49, 2006.
- [93] M. F. López, A. Gómez-Pérez, J. P. Sierra, and A. P. Sierra, “Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment,” *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, vol. 14, no. 1, pp. 37–46, 1999, doi: 10.1109/5254.747904.
- [94] A. G. and M. C. S.- Figueroa, “Neon methodology for building ontology networks: a Scenario-Based Methodology,” *Demetra EOOD*. February, pp. 1–18, 2009.
- [95] A. Farquhar, R. Fikes, and J. Rice, “The Ontolingua Server: a tool for collaborative ontology construction,” *Internationaj Journal of Human—Computer Studies*, vol. 46, no. 1, pp. 707–727, 1997.
- [96] J. Domingue, “Tadzebao and WebOnto: discussing, browsing, and editing ontologies on the Web.,” *Eleventh Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management*, Banff, Alberta, Canada, 1998.
- [97] J. T. Fernández-Breis and R. Martínez-Béjar, “A cooperative framework for integrating ontologies,” *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 56, no. 6, pp. 665–720, 2002, doi: 10.1006/ijhc.2002.1010.
- [98] N. F. Noy and M. A. Musen, “The PROMPT suite: Interactive tools for ontology merging and mapping,” *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 59, no. 6, pp. 983–1024, 2003, doi: 10.1016/j.ijhcs.2003.08.002.
- [99] K. Stancin, P. Posic, and D. Jaksic, “Ontologies in education – state of the art,” *Education and Information Technologies*, vol. 25, no. 6, pp. 5301–5320, 2020, doi: 10.1007/s10639-020-10226-z.
- [100] G. Schreiber, W. Bob, and J. Wouter, “The KACTUS View on the ‘O’ Word,” *IJCAI Workshop on basic ontological issues in knowledge sharing*, no. 8145, 1995.

- [101] B. Swartout, R. Patil, K. Knight, and T. Russ, "Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies," in *Proceedings of the Tenth Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*, no. January, pp. 138–148, 1996.
- [102] H. S. Pinto, S. Staab, and C. Tempich, "DILIGENT: Towards a fine-grained methodology for DIstributed, Loosely-controlled and evolvInG Engineering of oNTologies," *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 110, no. January, pp. 393–397, 2004.
- [103] R. D. A. Falbo, "SABiO: Systematic Approach for Building Ontologies. An Overview of SABiO," 1st Joint Workshop Onto.Com/ODISE on Ontologies in Conceptual Modeling and Information Systems Engineering, 2014.
- [104] J. Guerson, T. P. Sales, G. Guizzardi, and J. P. A. Almeida, "OntoUML lightweight editor: A model-based environment to build, evaluate and implement reference ontologies," *Proceedings of the 2015 IEEE 19th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations, EDOCW 2015*, no. September, pp. 144–147, 2015, doi: 10.1109/EDOCW.2015.17.
- [105] G. Guizzardi, A. B. Benevides, C. M. Fonseca, D. Porello, J. P. A. Almeida, and T. P. Sales, "UFO: Unified Foundational Ontology," *Applied Ontology*, vol. 17, no. 1, pp. 167–210, 2022, doi: 10.3233/AO-210256.
- [106] X. Su and L. Ilebrekke, "A Comparative Study of Ontology Languages and Tools" In: Pidduck, A.B., Ozsu, M.T., Mylopoulos, J., Woo, C.C. (eds) *Advanced Information Systems Engineering. CAiSE 2002. Lecture Notes in Computer Science*, vol 2348. pp. 761–765, 2002. https://doi.org/10.1007/3-540-47961-9_62
- [107] D. Kalibatiene and O. Vasilecas, "Survey on ontology languages," *Lecture Notes in Business Information Processing*, pp. 124–141, 2011, doi: 10.1007/978-3-642-24511-4_10.
- [108] B. McBride, "The Resource Description Framework (RDF) and its Vocabulary Description Language RDFS," *Handbook on Ontologies*, 2004, pp. 51–65. doi: 10.1007/978-3-540-24750-0_3.
- [109] D. Fensel, I. Horrocks, F. Van Harmelen, S. Decker, M. Erdmann, and M. Klein, "OIL in Nutshell," in *ECAI'00 Workshop on Application of Ontologies and PSMs*, Berlin, 2000.
- [110] I. Horrocks, "DAML+OIL: a Description Logic for the Semantic Web," *IEEE Data Engineering Bulletin*, vol. 25, pp. 4–9, 2002.
- [111] J. Heflin, J. Hendler, and S. Luke, "SHOE: A Knowledge Representation Language for Internet Applications," pp. 1–30, 1999. Available: <https://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/pubs/techrpt99.pdf>
- [112] P. D. Karp, V. K. Chaudhri, and J. Thomere, "XOL: An XML-Based Ontology Exchange Language," 1999. Available: <https://www.sri.com/wp-content/uploads/2021/12/676.pdf>

- [113] G. Antoniou and F. van Harmelen, “Web Ontology Language: OWL,” in Handbook on Ontologies, S. Staab and R. Studer, Eds., Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, pp. 68–92. doi: 10.1007/978-3-030-51580-5_5.
- [114] W3C OWL Working Group, “OWL 2 Web Ontology Language Document Overview,” 2012. <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (accessed December 2.2023)
- [115] S. Bechhofer, I. Horrocks, C. Goble, and R. Stevens, “OilED: A reason-able ontology editor for the semantic web,” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 2174, pp. 396–408, 2001, doi: 10.1007/3-540-45422-5_28.
- [116] N. F. Noy, “Algorithm and tool for automated ontology merging and alignment,” Proceedings of the AAAI-00 Proceedings, 2000, Available: https://www.researchgate.net/publication/245250231_Algorithm_and_Tool_for_Automated_ontology_Merging_and_Alignment
- [117] J. C. Arpírez and O. Corcho, “W EB ODE in a Nutshell,” AI Magazine, vol. 24, no. 3, pp. 37–48, 2003.
- [118] Y. Sure, J. Angele, and S. Staab. (2002). OntoEdit: Guiding ontology development by methodology and inferencing. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 1205–1222. doi: 10.1007/3-540-36124-3_76.
- [119] A. Maedche, B. Motik, L. Stojanovic, R. Studer, and R. Volz, “Ontologies for Enterprise Knowledge Management,” *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 18, no.2, pp.26–33, 2003. doi:10.1109/MIS.2003.1193654
- [120] V. Chaudhri and A. Farquhar, “Open Knowledge Base Connectivity 2.0. 3 (Proposed). Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1f4fd248b31e6a6602969c47e2106dae6abe22a9>
- [121] M. Horridge, R. S. Gonçalves, C. I. Nyulas, T. Tudorache, and M. A. Musen, “WebProtégé: A Cloud-Based Ontology Editor,” Proceedings of The 2019 World Wide Web Conferencepp, pp.686-689, 2019
- [122] S. Lohmann, S. Negru, F. Haag, and T. Ertl, “Visualizing ontologies with VOWL,” *Semantic Web*, vol. 7, no. 4, pp. 399–419, 2016, doi: 10.3233/SW-150200.
- [123] “TasorOne.” Accessed: Oct. 31, 2023. [Online]. Available: <http://www.tasorone.com>
- [124] J. D. Kibble, “Best practices in summative assessment,” *Advances in Physiology Education*, vol. 41, no. 1, pp. 110–119, 2017, doi: 10.1152/advan.00116.2016.
- [125] R. Morris, T. Perry, and L. Wardle, “Formative assessment and feedback for learning in higher education: A systematic review,” *Review of Education*, vol. 9, no. 3, pp. 1–26, 2021, doi: 10.1002/rev3.3292.

- [126] B. S. Bloom, M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill, and D. R. Krathwohl, "Taxonomy of Educational Objectives," Handbook 1: The cognitive domain. 1956. doi: 10.1300/J104v03n01_03.
- [127] G. E. Miller, "The assessment of clinical skills/competence/performance," *Academic Medicine*, vol. 65, no. 9. pp. S63–S67, 1990. doi: 10.1097/00001888-199009000-00045.
- [128] M. T. Chandio, S. M. Pandhiani, and S. Iqbal, "Bloom's Taxonomy: Improving Assessment and Teaching-Learning Process," *Journal of Education and Educational Development*, vol. 3, no. 2, p. 203, 2016, doi: 10.22555/joeed.v3i2.1034.
- [129] N. M. Seel (Ed), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer New York, NY, 2012. doi: 10.1007/978-1-4419-1428-6.
- [130] P. M. Newton, A. Da Silva, and L. G. Peters, "A Pragmatic Master List of Action Verbs for Bloom's Taxonomy," *Frontiers in Education*, vol. 5, no. July, pp. 1–6, 2020, doi: 10.3389/educ.2020.00107.
- [131] M. Epstein, "Medical education - Assessment in medical education," *New England Journal of Medicine*, vol. 356, no. 4, pp. 387–396, 2007, doi: 10.1056/NEJMra054784.
- [132] S. M. Case and D. B. Swanson, "Constructing Written Test Questions For the Basic and Clinical Sciences," *Director*, vol. 27, no. 21, pp. 1–181, 2002.
- [133] P. Hrynchak, S. Glover Takahashi, and M. Nayer, "Key-feature questions for assessment of clinical reasoning: A literature review," *Medical Education*, vol. 48, no. 9, pp. 870–883, 2014, doi: 10.1111/medu.12509.
- [134] A. E. Dugdale, "Towards More Efficient Assessments: Increasing Information from Objective Examinations," *Creative Education*, vol. 4, no. 6A, pp. 39–41, 2013, doi: 10.4236/ce.2013.46A007.
- [135] T. Rotthoff et al., "Comparison between Long-Menu and Open-Ended Questions in computerized medical assessments. A randomized controlled trial," *BMC Medical Education*, vol. 6, pp. 1–9, 2006, doi: 10.1186/1472-6920-6-50.
- [136] B. Charlin, L. Roy, C. Brailovsky, F. Goulet, and C. Van Der Vleuten, "The Script Concordance Test: A Tool to Assess the Reflective Clinician The Script Concordance Test," *Teaching and Learning in Medicine*, vol. 12, no. 4, pp. 189–195, 2000, doi: 10.1207/S15328015TLM1204_5.
- [137] V. Dory, R. Gagnon, D. Vanpee, and B. Charlin, "How to construct and implement script concordance tests: Insights from a systematic review," *Medical Education*, vol. 46, no. 6, pp. 552–563, 2012, doi: 10.1111/j.1365-2923.2011.04211.x.
- [138] J. Subra, B. Chicoulaa, A. Stillmunkès, P. Mesthé, and M. R. Bugat, "Reliability and validity of the script concordance test for postgraduate students of general practice," *European Journal of General Practice*, vol. 23, no. 1, pp. 208–213, 2017, doi: 10.1080/13814788.2017.1358709.
- [139] L. Sibert, B. Charlin, J. Corcos, R. Gagnon, P. Grise, and C. Van der Vleuten, "Stability of clinical reasoning assessment results with the Script Concordance test across two different linguistic,

- cultural and learning,” *Medical Teacher*, vol. 24, no. 5, pp. 522–527, 2002, doi: 10.1080/0142159021000012599.
- [140] S. A. Aldekhayel et al., “Constructing a question bank based on script concordance approach as a novel assessment methodology in surgical education,” *BMC Medical Education*, vol. 12, no. 100, pp. 3–8, 2012, doi: 10.1186/1472-6920-12-100.
- [141] S. Lubarsky, C. Chalk, D. Kazitani, R. Gagnon, and B. Charlin, “The Script Concordance Test: a new tool assessing clinical judgement in neurology,” *The Canadian journal of neurological sciences*, vol. 36, no. 3, pp. 326–331, 2009.
- [142] N. O. Chime et al., “Script Concordance Testing to Determine Infant Lumbar Puncture Practice Variation,” *Pediatrics Emergency Care*, vol. 34, no. 2, pp. 84–92, 2018, doi: 10.1097/PEC.0000000000000851.
- [143] R. S. Atayee et al., “Multicentered Study Evaluating Pharmacy Students’ Perception of Palliative Care and Clinical Reasoning Using Script Concordance Testing,” *American Journal of Hospice and Palliative Medicine*, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1177/1049909118772845.
- [144] R. E. Kania et al., “Online Script Concordance Test for Clinical Reasoning Assessment in Otorhinolaryngology: The Association Between Performance and Clinical Experience” *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery*, vol. 137, no.8, pp.751-755, 2011, doi: 10.1001/archoto.2011.106
- [145] J. P. Fournier, A. Demeester, and B. Charlin, “Script Concordance Tests: Guidelines for Construction,” *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 8, no. 18, pp. 1–7, 2008, doi: 10.1186/1472-6947-8-18.
- [146] J. C. Ribeiro, T. Villanueva, A. Gi, and P. Escada, “Constraints lead to opportunities for medical education in times of COVID-19 pandemic,” *Acta Medica Portuguesa*, vol. 33, no. 13, pp. 638–639, 2020, doi: 10.20344/AMP.14040.
- [147] T. Gruber, “Toward principles for the desing of ontologies used for knowledge sharing,” Academic Press Limited, no. 43. pp. 907–928, 1995. doi: citeulike-article-id:230211.
- [148] P. C. B. Fernandes, R. S. S. Guizzardi, and G. Guizzardi, “Using Goal Modeling to Capture Competency Questions in Ontology-based Systems,” *Journal of Information and Data Management*, vol. 2, no. 3, p. 527, 2011.
- [149] A. D. Spear, W. Ceusters, and B. Smith, “Functions in basic formal ontology,” *Applied Ontology*, vol. 11, no. 2, pp. 103–128, 2016, doi: 10.3233/AO-160164.
- [150] H. Herre, B. Heller, P. Burek, R. Hoehndorf, F. Loebe, and H. Michalek, “General Formal Ontology (GFO): A Foundational Ontology for Conceptual Modelling,” *Theory and Applications of Ontology: Computer Applications*, January 2010, pp. 1–91. doi: 10.1007/978-90-481-8847-5.
- [151] G. Guizzardi, C. M. Fonseca, J. A. Paulo Almeida, T. Prince Sales, A. Botti Benevides, and D. Porello, “Types and Taxonomic Structures in Conceptual Modeling: A Novel Ontological Theory

- and Engineering Support,” *Data and Knowledge Engineering*, vol. 134, no. 1, pp:1-35, 2021, <http://dx.doi.org/10.1016/j.datak.2021.101891>
- [152] “SNOMED CT Starter Guide.” Accessed: Oct. 25, 2023. [Online]. Available: <https://confluence.ihtsdotools.org/display/DOCSTART/SNOMED+CT+Starter+Guide>
- [153] M. Ivanović and Z. Budimac, “An overview of ontologies and data resources in medical domains,” *Expert Systems with Application*, vol. 41, no. 11, pp. 5158–5166, 2014, doi: 10.1016/j.eswa.2014.02.045.
- [154] N. Kurbatova and R. Swiers, “Disease ontologies for knowledge graphs,” *BMC Bioinformatics*, vol. 22, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.1186/s12859-021-04173-w.
- [155] L. M. Schriml et al., “Disease ontology: A backbone for disease semantic integration,” *Nucleic Acids Res*, vol. 40, no. D1, pp. 940–946, 2012, doi: 10.1093/nar/gkr972.
- [156] E. Adel, S. El-Sappagh, S. Barakat, and M. Elmogy, “Ontology-based electronic health record semantic interoperability: A survey,” *U-Healthcare Monitoring Systems*, pp. 315–352, 2018. doi: 10.1016/B978-0-12-815370-3.00013-X.
- [157] N. Muro et al., “Hygehos ontology for electronic health records,” *Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 60, pp. 311–321, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-39687-3_30.
- [158] E. P. Ebietomere, U. Nse, B. U. Ekuobase, and G. O. Ekuobase, “Crafting Electronic Medical Record Ontology for Interoperability,” *African Journal of Information Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 296–315, 2021.
- [159] M. Te Chen and T. H. Lin, “A provable and secure patient electronic health record fair exchange scheme for health information systems,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 5, 2021, doi: 10.3390/app11052401.
- [160] M. Joshi, K. P. Joshi, and T. Finin, “Delegated Authorization Framework for EHR Services Using Attribute-Based Encryption,” *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 14, no. 6, pp. 1612–1623, 2021, doi: 10.1109/TSC.2019.2917438.
- [161] G. T. Terezhalmay and P. T. McDavid, “The physical examination,” *Dental Clinics of North America*, vol. 30, no. 3, pp. 369–379, 1986.
- [162] M. Uschold, M. Gruninger, M. Uschold, and M. Gruninger, “Ontologies: Principles, Methods and Applications,” *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, no. 2, pp. 93–136, 1996, doi: 10.1.1.111.5903.
- [163] M. L. Despa, “Comparative study on software development methodologies,” *Database Systems Journal*, vol. 3, pp. 37–56, 2014. Available: https://www.dbjournal.ro/archive/17/17_4.pdf
- [164] G. Guizzardi, “The role of foundational ontologies for conceptual modeling and domain ontology representation,” *Proceedings of Seventh International Baltic Conference on Databases and Information Systems*, pp. 17–25, 2006, doi: 10.1109/dbis.2006.1678468.
- [165] M. El Ghosh, H. Abdulrab, H. Naja, and M. Khalil, “Using the Unified Foundational Ontology (UFO) for Grounding Legal Domain Ontologies,” in *Proceedings of the 9th International Joint*

- Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (KEOD 2017), pp. 219–225, 2017, doi: 10.5220/0006507302190225.
- [166] C. M. Keet and Z. Khan, “Foundational Ontologies: From Theory to Practice and Back On Considering Key Content of a FO,” *Journal of Knowledge Structures and Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 67–71, 2022.
- [167] M. A. Abbas and G. Berio, “Creating ontologies using ontology mappings compatible and incompatible ontology mappings,” Proceedings of 2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Workshops, WI-IATW 2013, vol. 3, pp. 143–146, 2013, doi: 10.1109/WI-IAT.2013.169.
- [168] V. Jalali and A. Bagheri, “Semi-Automated Mapping From RDB To Ontology,” 3rd International Conference on Information and Knowledge Technology, pp. 2–5, 2007.
- [169] C. Trojahn, P. Quaresma, and R. Vieira, “A framework for multilingual ontology mapping,” Proceedings of the 6th International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2008, no. May 2014, pp. 1034–1037, 2008.
- [170] T. Ivanova, “A bilingual ontology mapping and enrichment approach for domain ontologies in e-learning,” ACM International Conference Proceeding Series, pp. 284–291, 2019, doi: 10.1145/3345252.3345257.
- [171] M. Gan, X. Dou, and R. Jiang, “From ontology to semantic similarity: calculation of ontology-based semantic similarity.,” *ScientificWorldJournal*, vol. 2013, p. 793091, 2013, doi: 10.1155/2013/793091.
- [172] W. Lee, N. Shah, K. Sundlass, and M. Musen, “Comparison of Ontology-based Semantic-Similarity Measures,” AMIA Annual Symposium Proceedings, vol. 2008, pp. 384–388, 2008, [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2655943/>
- [173] J. Bandeira, I. I. Bittencourt, P. Espinheira, and S. Isotani, “FOCA: A Methodology for Ontology Evaluation,” no. 2003, pp. 1–23, 2016, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1612.03353>
- [174] S. L. P. Ferrari and F. Cribari-Neto, “Beta regression for modelling rates and proportions,” *Journal of Applied Statistics*, vol. 31, no. 7, pp. 799–815, 2004, doi: 10.1080/0266476042000214501.
- [175] Tosic, M., Seskar, I., Jelenkoivc, F. (2012). TaaSOR – Testbed-as-a-Service Ontology Repository. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol. 44, pp. 419-420.
- [176] J. D. Kün-Darbois, C. Annweiler, N. Lerolle, and S. Lebdai, “Script concordance test acceptability and utility for assessing medical students’ clinical reasoning: a user’s survey and an institutional prospective evaluation of students’ scores,” *BMC Medical Education*, vol. 22, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1186/s12909-022-03339-1.

- [177] S. T. Miller, “Formative computer-based assessments: The potentials and pitfalls of two formative computer-based assessments used in professional learning programs,” Ph.D. Dissertation. Queen's University, CAN. 2009, ISBN:978-0-494-48227-8
- [178] Jisc, “The future of assessment: five principles, five targets for 2025,” Available: <https://repository.jisc.ac.uk/7733/1/the-future-of-assessment-report.pdf>
- [179] Y. Yanagita, D. Yokokawa, S. Uchida, Y. Li, et. al,” Can AI-generated clinical vignettes in Japanese be used medically and linguistically?,” *MedRxiv* 2024, doi: <https://doi.org/10.1101/2024.02.28.24303173>

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА

AI - Artificial intelligence
AQG - Automatic Question Generation
BFO - Basic Formal Ontology
CIP - Comprehensive Integrative Puzzle
CQ - Competency Questions
DAML - DARPA Agent Markup Language
DO - Disease Ontology
DSR- Design Science Research
EHR - Electronic Health Record
EMQ - Extended Matching Questions
FEDS- Framework for Evaluation in Design Science
FI - Fill in the blank
GAI - Generative artificial intelligence
GFO - General Formal Ontology
GPT-3 - Generative Pre-trained Transformer
GQM - goal/question/metric
IRI - Internationalized Resource Identifier
LD - Linked Data
LLM - Large language models
LMQ - Long Menue Questions
MAMO - Medical Assessment Methods Ontology
MCQ - Multiple Choice Question
MDM - Master data management
MOOC - Massive open online course
MTFQ – Multiple True/False Questions
NLP - Natural Language Processing
OIL - Ontology Interface Layer
OCR – Optical Character Recognition
OWA - Open World Assumption

OWL - Web Ontology Language

RDF - Resource Description Framework

RDF(S) - RDF Schema

SABiO - Systematic Approach for Building Ontologies

SAQ – Short Answer Questions

SCT - Script Concordance Test

SHOE - Simple HTML Ontology Language

SNOMED- CT - Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms

SPARQL - SPARQL Protocol and RDF Query Language

T/FQ - True/False Questions

UFO - Unified Foundational Ontology

URI - Uniform Resource Identifier

URL - Uniform Resource Locator

W3C - World Wide Web Consortium

XOL - XML-based Ontology Exchange Language

СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Међусобни однос компонената онтологија	19
Слика 2. Хијерархијски приказ компонената онтологија	20
Слика 3. Типови онтологија и везе међу њима	24
Слика 4. Sabio метода развоја онтологија, преузето из [106]	28
Слика 5. Компоненте RDF графа	29
Слика 6. Пример вишеструке RDF реченице	32
Слика 7. Пример Turtle синтаксе	33
Слика 8. Пример JSON-LD синтаксе	33
Слика 9. Пример n-triples синтаксе	34
Слика 10. TasorOne едитор.....	38
Слика 11. Упоредни приказ милерове пирамиде и ревидиране Блумове таксономије ...	44
Слика 12. Пример MCQ питања.....	45
Слика 13. Пример EMQ питања.....	46
Слика 14. Пример MTFQ питања из [142].....	47
Слика 15. Пример LMQ питања.....	48
Слика 16. Пример SCT питања	49
Слика 17. Делимичан приказ СР питања.....	51
Слика 18. Методологија за развој онтологија питања	55
Слика 19. Таксономија UFO онтологије преузето из [105].....	59
Слика 20. Пример дефинисања појма путем различитих типова ufo онтологије	61
Слика 21. Дизајн SNOMED-СТ терминологије. Преузето са [152].....	62
Слика 22. Визуелизација термина <i>thyroid gland disease</i> у до веб прегледачу	63
Слика 23. Приказ дела једне EHR онтологије. Преузето из [160]	64
Слика 24. Главни концепти предложене EHR онтологије	66
Слика 25. Концепт преглед са одговарајућим подкнцептима и везама.....	67
Слика 26. Концепт медицинске технике снимање и одговарајући подконцепти	67
Слика 27. Концепт третман и одговарајући подконцепти	68
Слика 28. Приказ комплетне EHR онтологије у Ontouml lightweight editor-у	69
Слика 29. Приказ мамо онтологије у Ontouml lightweight editor-у.....	70
Слика 30. Приказ ontocip онтологије у Ontouml lightweight editor-у.....	72
Слика 31. Приказ sctonto онтологије у Ontouml lightweight editor-у	73

Слика 32. Методологија прототипа	75
Слика 33. Генерички случајеви коришћења CLICKER платформе.....	76
Слика 34. Дијаграм коришћења CLICKER платформе из угла наставника	77
Слика 35. Дијаграм коришћења CLICKER платформе из угла ученика	77
Слика 36. Дијаграм коришћења CLICKER платформе стране администратора.....	78
Слика 37. Скуп података са data.world платформе.....	80
Слика 38. Пример оригиналног извештаја пацијента	81
Слика 39. Почетни модел са дефинисаним подацима.....	82
Слика 40. Додатно „фино подешавање“ модела	83
Слика 41. Процес пречишћавања неструктурираних података	84
Слика 42. Архитектура предложене CLICKER платформе: 1 - утемељење онтологије, 2 - мапирање онтологија, 3 - одређивање тежине питања, 4 - sparql упити, 5 - резултати упита, 6 - резултати генерисања кода, 7 - рендеровање мобилне апликације, 8 - тестови у оквиру апликације, 9 - одговарање на питања, 10 - одговори на питања, 11 - резултати испитивања	85
Слика 43. Прибављање параметара OntoCIP питања.....	90
Слика 44. Приказ хијерархије ендокриних болести на који начин удаљеност појмова утиче на тежину питања.....	93
Слика 45. Приказ <i>Google sheets</i> документа	97
Слика 46. Изглед <i>Appsheet</i> едитора	97
Слика 47. Изглед SCT питања приказаног на рачунару.....	98
Слика 48. Изглед CIP питања приказаног на рачунару.....	99
Слика 49. Преглед постигнућа корисника.....	99
Слика 50. FEDS са стратегијама евалуације, преведено из [30]	101
Слика 51. Стратегија евалуације CLICKER платформе.....	108
Слика 52. Процес проширивања платформе за е-оцењивање (а) са новим типом питања коришћењем традиционалног приступа и (б) онтолошки вођеног приступа у BPMN нотацији	113
Слика 53. Примери питања који су дати лекарима на евалуацију.....	117
Слика 54. Став испитаника који се односи на ниво тежине питања	118
Слика 55. Став лекара са исказом SCT4.....	119
Слика 56. Став лекара према исказу CIP2	120
Слика 57. Графички приказ односа варијабли „улога“ и CLICK1	123
Слика 58. Графикон расподеле слагања са исказом CLICK3	124

Слика 59. Графикон расподеле слагања са исказом CLICK8	124
Слика 60. График распоређености слагања са исказом sct4 према улогама корисника	125

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Упоредни преглед проучених радова, разврнатих према сврси, извору знања, домену, типу питања и и блумовој таксономији.	11
Табела 2. Резултати прегледа литературе са аспектима и категоријама од значаја.....	15
Табела 3. Упоредни преглед поделе методологија према различитим критеријумима...25	
Табела 4. Приказ основних предности и ограничења RDF језика.	34
Табела 5. Ревидирана Блумова таксономија из [31].....	43
Табела 6. Упоредни преглед питања погодних за аутоматско генерисање.....	52
Табела 7. SQL упит за издвајање резултата лабораторијских прегледа	79
Табела 8. Мапирање првог скупа података на EHR онтологију	86
Табела 9. Мапирање другог скупа података на EHR онтологију	87
Табела 10. Кључне методе за имплементацију семантичке анотације у складу са EHR онтологијом	87
Табела 11. Кључне методе за генерисање СРП питања.....	88
Табела 12. Мапирање ehr онтологије на ontocip онтологију.....	89
Табела 13. Псеудокод алгоритма генерисања СРП питања на основу ontocip.....	90
Табела 14. Кључне методе за генерисање SCT питања	91
Табела 15. Мапирање EHR онтологије на SCTOnto онтологију.....	92
Табела 16. Псеудо код директне стратегије за доделу бодова.....	94
Табела 17. Скуп помоћних метода за доделу бодова у оквиру директне стратегије	95
Табела 18. Псеудокод индиректне стратегије за доделу бодова	96
Табела 19. SPARQL упит за тестирање SCTOnto онтологије.....	109
Табела 20. Преглед приступа циљ/питање/метрика	110
Табела 21. Резултати питања верификације	111
Табела 22. Оцена евалуатора за сваки од циљева	111
Табела 23. Резултати евалуације ontocip онтологије.....	112
Табела 24. Преглед задатака са аспекта традиционалног и онтолошки вођеног приступа проширења платформе за е-оцењивање новим типом питања	114
Табела 25. Преглед времена потребних за проширење платформе за е-оцењивање различитим типовима питања	115
Табела 26. Кростабулација варијабли улога и CILICK1	122

ПРИЛОЗИ

Прилог 1: Део кода ЕНР онтологије приказан у RDF(S).

```
prefix rdfs:      <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xsd:      <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix owl:    <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix rdf:      <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Patient>
  a      rdfs:Class ;
  rdfs:label "Patient"@en ;
  rdfs:subClassOf <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Person> ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/prescribedWith>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Treatment> .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory1>
  a      rdfs:Resource ,
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory> ;
  rdfs:label "Laboratory1"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/laboratoryText>
    "Nema"@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Observation>
  a      rdfs:Class ;
  rdfs:label "Observation"@en ;
  rdfs:subClassOf
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/PhysicalExam> .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis8>
  a      <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis> ,
rdfs:Resource ;
  rdfs:label "Diagnosis8"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/diagnosisCode>
    "J03"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/diagnosisText>
    "Tonsillitis hypertophica "@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis34>
  a      <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis> ,
rdfs:Resource ;
  rdfs:label "Diagnosis34"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/diagnosisCode>
    "I80.0"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/diagnosisText>
    "HVI"@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Treatment4>
  a      rdfs:Resource ,
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Treatment> ;
  rdfs:label "Treatment4"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/treatmentText>
    "Pronizon tabl. 20 mg 2 ujutru 3 dana, potom 1 ujutru 2 ana,
potom 1/2 ujutru naredna 2 dana uz pracenje glikemije, savet za ishranu i
fozocku aktivnost, nakon dorucka, a pola sata pre dorucka Controloc tabl.
40 mg 1x1. Nixar tabl. 1x1 pola sata pre ili 2 h iza obroka. Loklano Elocom
krem 2 x dnenvo, a za d. saku i d. potkolenicu Povidon jod. "@en .
```

```

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/MedicalHistory6>
  a      rdfs:Resource ,
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/MedicalHistory> ;
  rdfs:label "MedicalHistory6"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/MedicalHistoryText>
    ""
    Kasalj,
    povremeno bolovi u grlu, dobila na tt oko 10 kg, palpitacije. Leci se od
    astme. Pozitivna porodicna anameza za bolesti stitaste zlezde. ""@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory18>
  a      rdfs:Resource ,
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory> ;
  rdfs:label "Laboratory18"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/laboratoryText>
    "Nema"@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Treatment>
  a      rdfs:Class ;
  rdfs:label "Treatment"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/prescribedBy>
    <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Physician> .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/ImagingModality1>
  a      <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/ImagingModality> ,
  rdfs:Resource ;
  rdfs:label "ImagingModality1"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/imagingModalityText>
    "Nema"@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis24>
  a      <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Diagnosis> ,
  rdfs:Resource ;
  rdfs:label "Diagnosis24"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/diagnosisCode>
    "E04.0"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/diagnosisText>
    "Struma diffuza et nodoza"@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/ImagingModality12>
  a      <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/ImagingModality> ,
  rdfs:Resource ;
  rdfs:label "ImagingModality12"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/imagingModalityText>
    "Nema"@en .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Pathology>
  a      rdfs:Class ;
  rdfs:label "Pathology"@en ;
  rdfs:subClassOf
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Examination> .

<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory2>
  a      rdfs:Resource ,
<http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/Laboratory> ;
  rdfs:label "Laboratory2"@en ;
  <http://www.tasorone.com/tsc/resources/EHR/laboratoryText>
    "Nema"@en .

```

Прилог 2: Обзраац за евалуацију OntoCIP са смерницама

Instruction: Please, follow the instructions on how to verify OntoCIP ontology

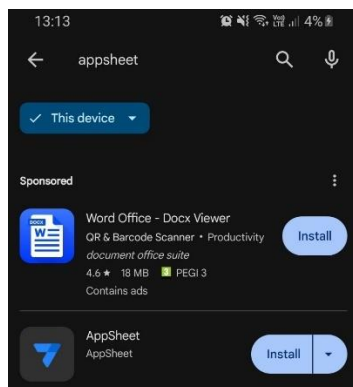
	Question	How to verify	Grade
Q1	Were the competency questions defined?	<p>If ontology competency questions are NOT defined, the grade is 0.</p> <p>If they exist, answer the following three sub-questions:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Does the document define the ontology objective? (for example: "This ontology models the domain of..."); 2. Does the document define the ontology stakeholders? (for example: "This ontology should be used by..."); 3. Does the document define the use of scenarios? (i.e., the situations in which the ontology must be used). <p>For each sub-question, give one of these grades: 25,50,75,and 100. Finally, the mean of the three sub-questions must be calculated.</p>	100
Q2	Were the competency questions answered?	<p>Does the ontology provide answers to the specified competency questions?</p> <p>If ontology competency questions are NOT defined, the grade is 0.</p> <p>Grades: 25,50,75,100</p>	50
Q3	Did the ontology reuse other ontologies?	<p>Does the ontology reuse other ontologies. If it does not, the grade is 0. If it does, the grade is 100</p>	10
Q4	Did the ontology impose a minimal ontological commitment?	<p>Does the ontology use much abstraction to define the concepts? If it is full of abstraction the grade is 0. If there are only some abstractions, give a grade between these: 25 (very specific), 50 (moderate abstraction), 75 (many abstractions), 100 (full of abstractions).</p>	75
Q5	Are the ontology properties coherent with the domain?	<p>If the classes and properties are incoherent with the modeled domain, the grade is 0. If there are some incoherencies, give a grade between these: 25,50, and 75. If there is no incoherence, the grade is 100.</p>	100
Q6	Are there contradictory axioms?	<p>If the classes and properties characteristics contradict the domain the grade is 0. If there are some contradictions, give a grade between these: 25, 50, and 75. If there are no contradictions, the grade is 100</p>	100
Q7	Are there redundant axioms?	<p>If there are classes or properties which model the same thing with the same meaning the grade is 0. If there are some redundancies, give a grade between these: 25, 50, and 75. If there are no contradictions, the grade is 100.</p>	75
Q8	Does the reasoner bring modeling errors?	<p>If the ontology is full of errors (or the software stops responding), the grade is 0. If there are some errors, give a grade between these: 25, 50, and 75. If there are no errors, the grade is 100.</p>	50
Q9	Does the reasoner perform quickly?	<p>Check if the reasoner is running quickly. If the reasoner stops, the grade is 0. If there is any delay, give a grade between these: 25,50, and 75. If it runs quickly, the grade is 100.</p>	100

Q10	Is the documentation consistent with the modeling?	<p>If documentation of ontology does not exist, the grade is 0. If the documentation exists, answer two sub-questions:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Are the written terms in the documentation the same as the modeling? 2. Does the documentation explain what each term is and does it justify each detail of modeling? <p>For each sub-question, give one of these grades: 25, 50,75 and 100. Finally, the mean of two sub-questions must be calculated.</p>	75
Q11	Were the concepts well written?	<p>If the ontology is difficult to understand or full of poorly written terms, the grade is 0. If there are some errors or a mix of languages, give the grade between these: 25, 50 and 75. If the ontology is well written and one language was used, 100.</p>	85
Q12	Are there annotations in the ontology bringing the concepts definitions?	<p>If there are no annotations, the grade is 0. If there are some annotations, give a grade between these: 25, 50,and 75. If all the concepts have annotations, the grade is 100.</p>	25
Q13	Are there annotations in the ontology bringing the concepts definitions?	<p>In this question, check if the existing annotations bring the definitions of the modelled concepts. If there are no annotations, the grade is 0. If there are some annotations, give a grade between these: 25,50,75. If all the concepts have annotations, the grade is 100.</p>	25

Прилог 3: Дизајн употребљивости апликације

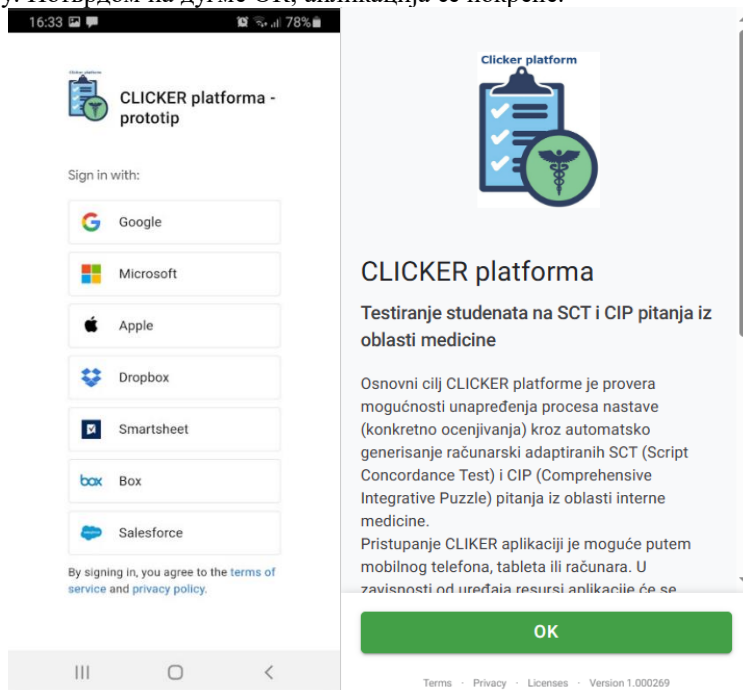
Дизајн употребљивости апликације

AppSheet апликацију можете преузети на Ваш телефон путем Play Store-а. Довољно је да укуцате реч: AppSheet и одаберете апликацију приказану на слици.



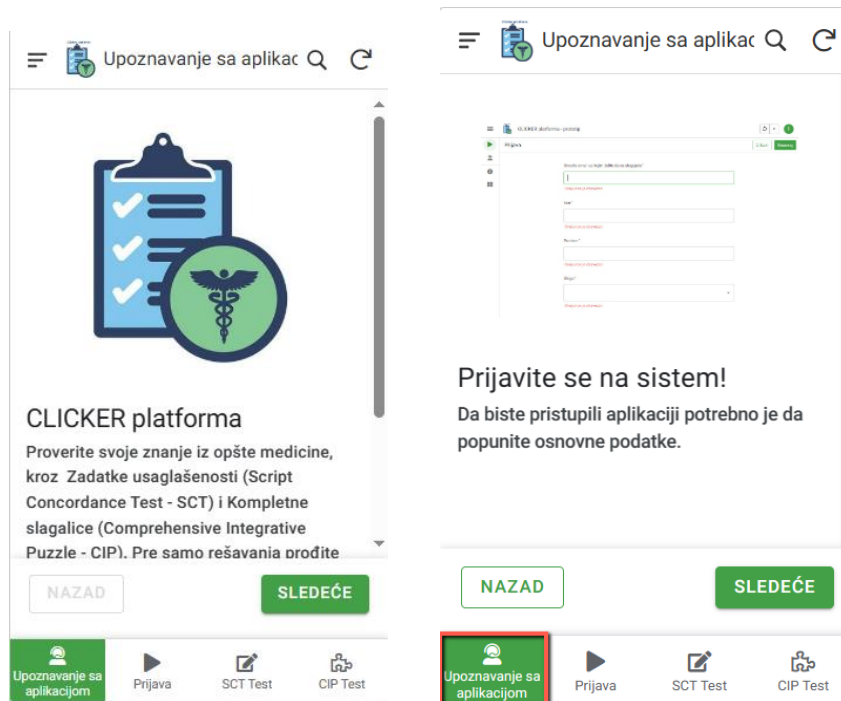
Након преузимања апликације на мобилни телефон, приликом првог покретања потребно је креирати налог.

Након креирања налога, отвориће Вам се страна са основним информацијама које се односе на Clicker апликацију. Потврдом на дугме ОК, апликација се покреће.



Почетни екран је подешен на дијалог прозор „Упознавање са апликацијом“ који ће Вас провести кроз основне могућности апликације.

Упутство увек можете поново погледати у оквиру примарног менија кликом на прво дугме са леве стране.



Основни мени

Основни мени је доступан само на телефону док се на рачунару дати дугмићи налазе у оквиру бочног менија.

У оквиру основног менија постоји три картице:

„Упознавање са апликацијом“

„SCT Test“и

„CIP Test“

Бочни мени

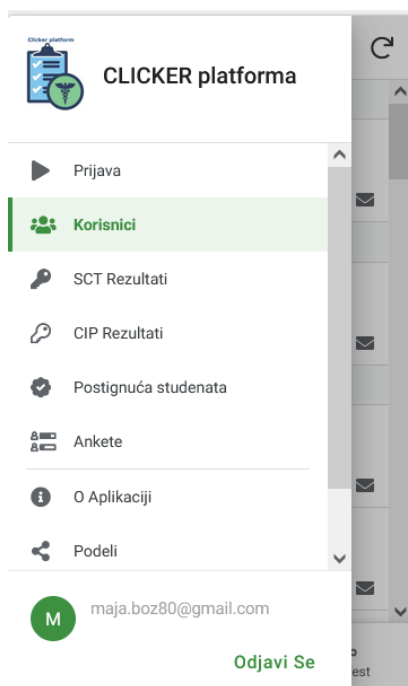
Бочни мени на телефону и рачунару је релативно сличан.

На телефону у оквиру бочног менија се налазе картице:

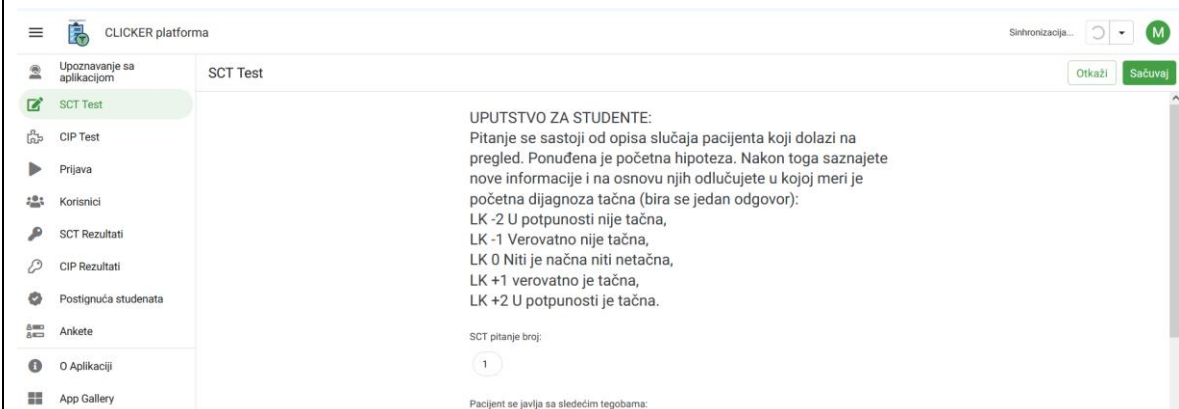
- „Prijava“
- „Korisnici“
- „SCT Rezultati“
- „CIP Rezultati“
- „Postignuća studenata“
- „Ankete“

У оквиру бочног менија на рачунару приказани су заједно картице са основног и бочног менија са телефона.

Изглед екрана на мобилном телефону



Изглед екрана на рачунару



SCT Test

Кликом на картицу “SCT Test“ отвара се прво од пет SCT питања.

За свако питање дато је упутство, само питање као и понуђени одговори. Након клика на одговор, уколико се приступа преко телефона потребно је кликнути на дугме „Сачувај“ на дну екрана, док уколико се приступа преко рачунара дугме „Сачувај“ се налази у горњем десном углу. У оба случаја

прелази се на следеће питање. Када се на последње питање одговори и сачува, отвара се картица „Моја постигнућа“ где се могу видети освојени бодови за сва питања.

Када се одговор сачува, отвара се прозор са детаљима Вашег одговора као и бодовањем.

Изглед SCT питања на телефону

← SCT Test

UPUTSTVO ZA STUDENTE:
Pitanje se sastoji od opisa slučaja pacijenta koji dolazi na pregled. Ponuđena je početna hipoteza. Nakon toga saznajete nove informacije i na osnovu njih odlučujete u kojoj meri je početna dijagnoza tačna (bira se jedan odgovor):
LK -2 U potpunosti nije tačna,
LK -1 Verovatno nije tačna,
LK 0 Niti je tačna niti netačna,
LK +1 verovatno je tačna,
LK +2 U potpunosti je tačna.

SCT pitanje broj:
1

Otkazi Sačuvaj

Изглед SCT питања на рачунару

CLICKER platforma

SCT Test

UPUTSTVO ZA STUDENTE:
Pitanje se sastoji od opisa slučaja pacijenta koji dolazi na pregled. Ponuđena je početna hipoteza. Nakon toga saznajete nove informacije i na osnovu njih odlučujete u kojoj meri je početna dijagnoza tačna (bira se jedan odgovor):
LK -2 U potpunosti nije tačna,
LK -1 Verovatno nije tačna,
LK 0 Niti je tačna niti netačna,
LK +1 verovatno je tačna,
LK +2 U potpunosti je tačna.

SCT pitanje broj:
1

Pacijent se javlja sa sledećim tegobama:
Ima glavobolju, prilikom skokova TA i pored redovnog uzimanja terapije. Dobro podnosi fizički napor. Negira aritmije, bolove u grudima. Od ranije ima hipertenziju, redovno uzima terapiju. Pre nekoliko godina imao vrtoglavicu, uzimao Kaviton.

Ako je početna hipoteza:
Lymphadenitis non specificata

Zatim ste saznali nove informacije:
Svestan, orijentisan, HD kompenzovan. Na plucima normalan disajni sum. Akcija srca ritmična, tonovi jasni, bez zumova. TA120/85 mm.

Vali odgovor je:
LK -2 LK -1 LK 0 LK 1 LK +2

Ovaj unos je obavezan

CIP Test

Кликом на картицу “CIP Test” отвара се прво од пет CIP питања.

За свако питање дато је упутство за решавање као и понуђени одговори. Након клика на одговор, уколико се приступа преко телефона потребно је кликнути на дугме „Сачувај“ на дну екрана, док уколико се приступа преко рачунара дугме „Сачувај“ се налази у горњем десном углу. У оба случаја прелази се на следеће питање. Када се на последње питање одговори и сачува, отвара се картица „Моја постигнућа“ где се могу видети освојени бодови за сва питања.

Када се одговор сачува, отвара се прозор са детаљима Вашег одговора као и бодовањем.
Изглед екрана на мобилном телефону

← CIP Test

UPUTSTVO ZA STUDENTE:
За сваку од понуђених дијагноза потребно је одабрати по један опис из понуђених падајућих листа: Медицинска историја, физички преглед, Уз налаз, Laboratorija, Terapija. Уколико сматрате да за неку дијагнозу нема одговарајућег описа, одaberite opciju: Nema.

NAPOMENA:
Svakoј дијагнози одговара само по једна опција и свакој опцији одговара само једна дијагноза.

Dijagnoza 1

Prostatitis chr.exacerbationem ⚠️ ▼

Медицинска историја која описује дијагнозу 1 је:*

Otkazi Sačuvaj

Изглед екрана на рачунару

CLICKER platforma

Uputavanje sa aplikacijom
Prijava
Moja postignuća
SCT Test
CIP Test
Korisnici
SCT Test
CIP Test
SCT Rezultati
CIP Rezultati
O Aplikaciji
App Gallery

CIP Test

Otkazi Sačuvaj

UPUTSTVO ZA STUDENTE:
За сваку од понуђених дијагноза потребно је одабрати по један опис из понуђених падајућих листа: Медицинска историја, физички преглед, Уз налаз, Laboratorija, Terapija. Уколико сматрате да за неку дијагнозу нема одговарајућег описа, одaberite opciju: Nema.

NAPOMENA:
Svakoј дијагнози одговара само по једна опција и свакој опцији одговара само једна дијагноза.

Dijagnoza 1

Prostatitis chr.exacerbationem

Медицинска историја која описује дијагнозу 1 је:*

Ovaj unos je obavezan

Физички преглед који описује дијагнозу 1 је:*

Ovaj unos je obavezan

UZ преглед који описује дијагнозу 1 је:*

Ovaj unos je obavezan

Laboratorija која описује дијагнозу 1 је:*

Ovaj unos je obavezan

Dijagnoza 2

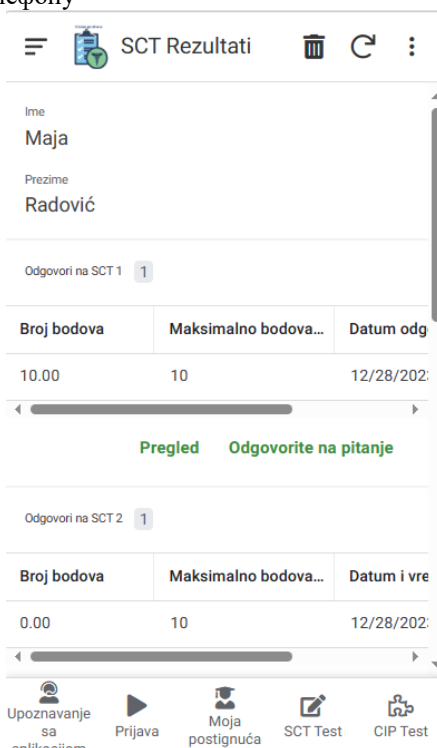
Arthritis rheumatoides

SCT Rezultati и CIP Rezultati

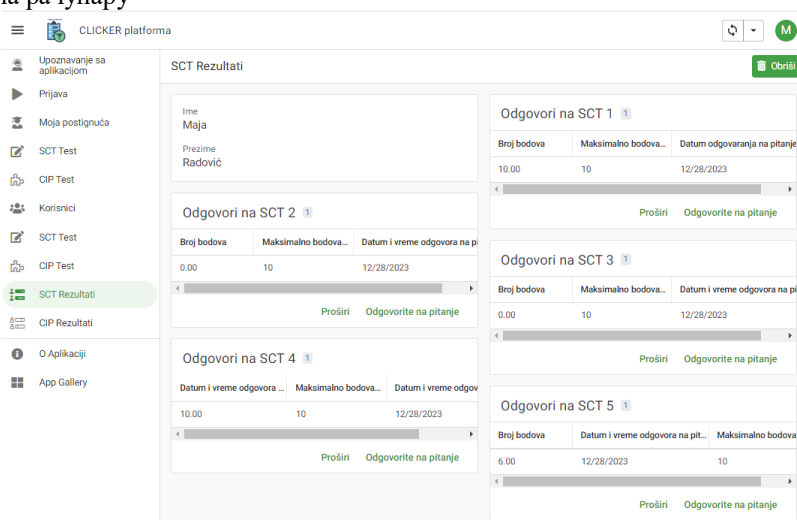
Картице “SCT Rezultati“ и “CIP Rezultati“ приказују одговоре груписане према питањима.

Кликом на одређену линију отвара се прозор са детаљима датог одговора.

Изглед екрана на мобилном телефону



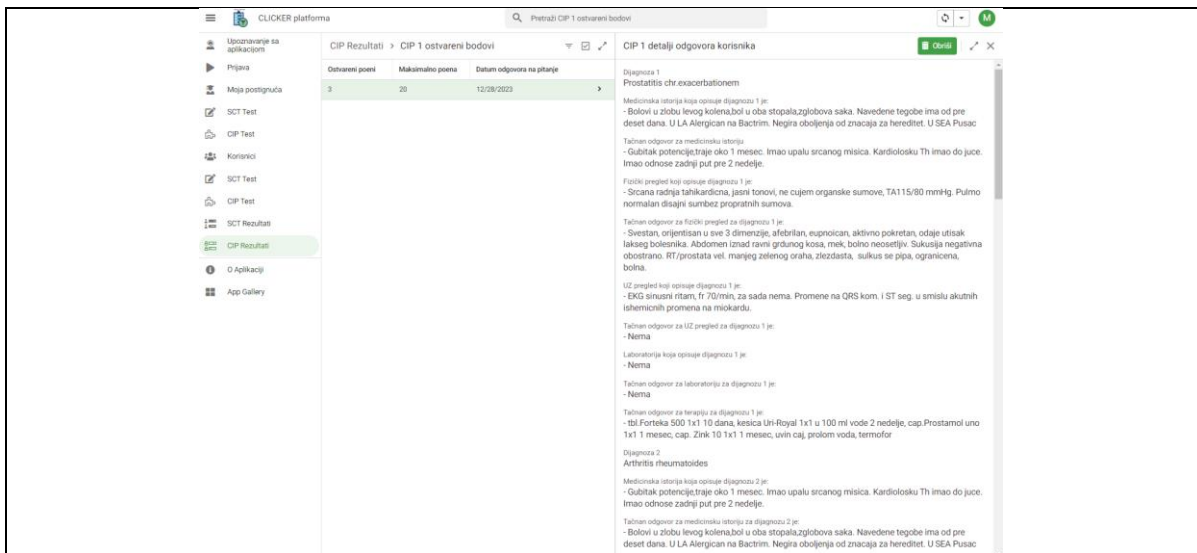
Изглед екрана на рачунару



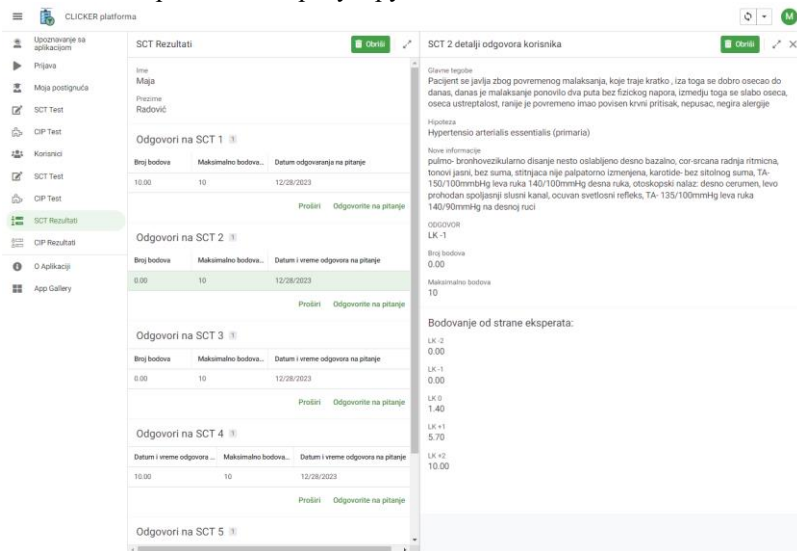
Детаљни преглед одговора

Кликом на неки од одговора можете видети како је студент одговорио на то питање као и шта је био тачан одговор који су дали експерти.

Детаљи једног CIP питања приказани на рачунару



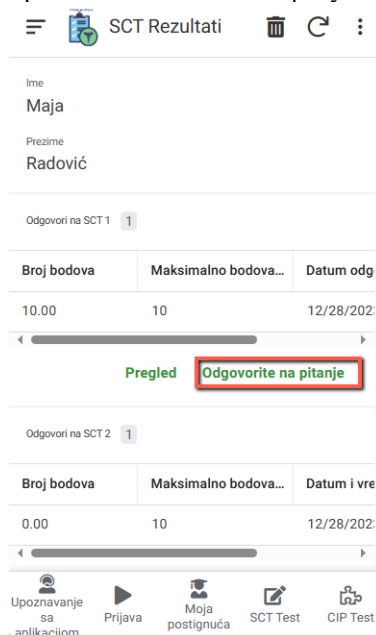
Детаљи једног SCT питања приказани на рачунару



Одговори на ново питање

Кликом на линк „Одговорите на питање“ можете поново одговорити на свако појединачно питање.

Изглед екрана на мобилном телефону



Прилог 4: Примери питања у оквиру CLICKER платформе

CLICKER platforma

Upoznavanje sa aplikacijom

SCT Test

CIP Test

Prijava

Korisnici

SCT Rezultati

CIP Rezultati

Postignuća studenata

Ankete

O Aplikaciji

App Gallery

SCT Test

Otkazi Sačuvaj

SCT pitanje broj: 2

Glavne tegobe

Pacijent se javlja zbog povremenog malaksanja, koje traje kratko, i za toga se dobro osecao do danas, danas je malaksanje ponovilo dva puta bez fizickog napora, izmedju toga se slabo oseca, oseca ustrelalost, ranije je povremeno imao povisen krvni pritisak,

Hipoteza

Hypertensio arterialis essentialis (primaria)

Nove informacije

pulmo- bronhovezikularno disanje nesto oslabljeno desno bazalno, cor-srcana radnja ritmicna, tonovi jasni, bez suma, stitnjaca nije palpatorno izmenjena, karotide- bez sitlnog suma, TA-150/100mmHg leva ruka 140/100mmHg desna ruka, otoskopski nalaz: desno cerumen, levo prohodan spoljasnji slusni kanal, ocuvan svetlosni refleks, TA- 135/100mmHg leva ruka 140/90mmHg na

ODGOVOR*

LK -2 LK -1 LK 0 LK +1 LK +2

Ovaj unos je obavezan

CLICKER platforma

Upoznavanje sa aplikacijom

SCT Test

CIP Test

Prijava

Korisnici

SCT Rezultati

CIP Rezultati

Postignuća studenata

Ankete

O Aplikaciji

App Gallery

CIP Test

Otkazi Sačuvaj

Dijagnoza 1

Prostatitis chr.exacerbationem

Medicinska istorija koja opisuje dijagnozu 1 je:*

olosku Th imao do juce. Imao odnose zadnji put pre 2 nede...

Fizički pregled koji opisuje dijagnozu 1 je:*

0 mmHg. Pulmo normalan disajni sumbez propratnih sumo ...

UZ pregled koji opisuje dijagnozu 1 je:*

Pretraži

- EKG sin ritam fr oko 75/min.,ST i T u granicama normale. RTG pulm o senka aortne kongiguracije
- EKG sinusni ritam, fr 70/min, za sada nema. Promene na QRS kom. i ST seg. u smislu akutnih ishemicnih promena na miokardu.
- Nema

Dijagnoza 2

Arthritis rheumatoides

Medicinska istorija koja opisuje dijagnozu 2 je:*

Ovaj unos je obavezan

Fizički pregled koji opisuje dijagnozu 2 je:*

Ovaj unos je obavezan

Прилог 5: Упитник о Квалитету питања

На скали од 1-5 процените следеће исказе:		
1: У потпуности се не слажем		
2: Не слажем се		
3: Неутралан/на сам		
4: Слажем се		
5: У потпуности се слажем		
Општа питања		
OP1	Представљени начин провере знања једноставан.	1 2 3 4 5
OP2	Представљени начин провере знања је стимулативан.	1 2 3 4 5
OP3	Представљени начин провере знања је незадовољавајући.	1 2 3 4 5
OP4	Ниво тежине питања био је одговарајући за сва питања.	1 2 3 4 5
Задовољство SCT питањем		
SCT1	Употреба сценарија у SCT је била одговарајућа.	1 2 3 4 5
SCT2	Сваки сценарио коришћен у SCT питањима представљао је смислену дилему.	1 2 3 4 5
SCT3	SCT је релевантно средство у образовању студената медицине за побољшање учења.	1 2 3 4 5
SCT4	SCT даје тачан приказ клиничких вештина.	1 2 3 4 5
SCT5	SCT треба да има значајно место у обуци и провери знања студената медицине.	1 2 3 4 5
SCT6	Повећана употреба SCT-а омогућила би да се добију боље обучени лекари.	1 2 3 4 5
SCT7	Употреба SCT-а би омогућила дипломираним студентима медицине да буду боље припремљени за боравак у реалном окружењу.	1 2 3 4 5
SCT8	Уколико имате додатних коментара које би желели да поделите о SCT питању можете учинити у пољу испод.	
Задовољство CIP питањем		
CIP1	CIP је релевантно средство у образовању студената медицине за побољшање учења.	1 2 3 4 5
CIP2	CIP даје тачан приказ клиничких вештина.	1 2 3 4 5
CIP3	CIP треба да има значајно место у обуци и провери знања студената медицине.	1 2 3 4 5
CIP4	Повећана употреба CIP -а би омогућила да се добију боље обучени лекари.	1 2 3 4 5
CIP5	Употреба CIP-а омогућила би дипломираним студентима медицине да буду боље припремљени за боравак у реалном окружењу.	1 2 3 4 5
CIP6	Уколико имате додатних коментара које би желели да поделите о CIP питању можете учинити у пољу испод.	

Прилог 6: Део упитника који се односи на задовољство CLICKER платформом

Задовољство CLICKER платформом

Упитник за кориснике



Оцените следеће ставове везане за коришћење CLICKER платформе. *

	У потпуности се не слажем	Не слажем се	Неутралан/ на сам	Слажем се	У потпуности се слажем
Представљени начин провере знања једноставан.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Представљени начин провере знања је стимулативан.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ниво тежине питања био је одговарајући за сва питања.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Софтверски интерфејс (изглед екрана) није ометао моју способност решавању питања.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Концепт коришћења CLICKER платформе за оцењивање је добар начин за усмеравање учења ученика.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Нисам имао/ла више потешкоћа са овим начином испитивања него са уобичајеним методама испитивања.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Није ми требала помоћ у коришћењу софтвера за процену да бих решио/ла питања.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Уколико имате додатних коментара које бисте желели да поделите о CLICKER платформи можете овде учинити.

Прилог 7: Статистички подаци уз секције 4.2.4.4 и 4.2.4.5

Дескриптивна статистика – Упитник о квалитету питања

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
OP1	12	3	5	4.00	.739
OP2	12	3	5	4.33	.651
OP3	12	4	5	4.58	.515
OP4	12	2	5	4.00	.953
SCT1	12	3	5	4.00	.853
SCT2	12	2	5	3.83	.937
SCT4	12	1	5	3.33	1.073
SCT5	12	3	5	3.92	.669
SCT6	12	3	5	3.83	.835
SCT7.	12	3	5	3.83	.835
CIP2	12	1	5	3.33	1.073
CIP3	12	3	5	3.83	.577
CIP4	12	3	5	3.83	.718
CIP5	12	3	5	3.75	.754
Valid N (listwise)	12				

Pearson коефицијенти (категорија "Општа питања", упитник о квалитету)

		OP1	OP2	OP3	OP4	ТоталОП
OP1	Pearson Correlation	1	.378	.478	.516	.758**
	Sig. (2-tailed)		.226	.116	.086	.004
	N	12	12	12	12	12
OP2	Pearson Correlation	.378	1	.452	.439	.695*
	Sig. (2-tailed)	.226		.140	.153	.012
	N	12	12	12	12	12
OP3	Pearson Correlation	.478	.452	1	.741**	.821**
	Sig. (2-tailed)	.116	.140		.006	.001
	N	12	12	12	12	12
OP4	Pearson Correlation	.516	.439	.741**	1	.880**
	Sig. (2-tailed)	.086	.153	.006		.000
	N	12	12	12	12	12
ТоталОП	Pearson Correlation	.758**	.695*	.821**	.880**	1
	Sig. (2-tailed)	.004	.012	.001	.000	
	N	12	12	12	12	12

Pearson коефицијенти (категија "Задовољство SCT питањем", упитник о квалитету)

	SCT1	SCT2	SCT 4	SCT5	SCT6	SCT7	TotalSCT
S							
C							
T							
1							
N							
S							
C							
T							
2							
N							
S							
C							
T							
4							
N							
S							
C							
T							
5							
N							
S							
C							
T							
6							
N							
S							
C							
T							
7							
N							
S							
C							
T							
ot							
al							
S							
C							
T							

Pearson коефицијенти (категија "Задовољство СІР питањем ", упитник о квалитету)

		CIP2	CIP3	CIP4	CIP5	TotalCIP
CIP2	Pearson Correlation	1	.391	.669*	.674*	.847**
	Sig. (2-tailed)		.208	.017	.016	.001
	N	12	12	12	12	12
CIP3	Pearson Correlation	.391	1	.585*	.731**	.729**
	Sig. (2-tailed)	.208		.046	.007	.007
	N	12	12	12	12	12
CIP4	Pearson Correlation	.669*	.585*	1	.924**	.914**
	Sig. (2-tailed)	.017	.046		.000	.000
	N	12	12	12	12	12
CIP5	Pearson Correlation	.674*	.731**	.924**	1	.949**
	Sig. (2-tailed)	.016	.007	.000		.000
	N	12	12	12	12	12
TotalCIP	Pearson Correlation	.847**	.729**	.914**	.949**	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.007	.000	.000	
	N	12	12	12	12	12

Дескриптивна статистика – Упитник о задовољству корисника

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
CLICK1	19	2	5	4.32	.820
CLICK2	19	1	5	4.05	.970
CLICK3	19	1	5	3.79	.976
CLICK5	19	1	5	3.89	1.150
CLICK6	19	2	5	3.84	1.015
CLICK7	19	1	5	3.53	1.264
CLICK8	19	1	5	3.58	1.170
SCT1.	19	3	5	4.00	.667
SCT2	19	1	5	3.89	.994
SCT4	19	1	5	3.42	1.071
SCT5	19	1	5	3.74	1.098
SCT6	19	2	5	3.53	.841
CIP2	19	1	5	3.58	.902
CIP3	19	2	5	3.63	.955
CIP5	19	2	5	3.68	1.003
CIP6	19	1	5	4.05	1.026
Valid N (listwise)	19				

Pearson коефицијенти (категија "Задовољство CLICKER платформом ", упитник о задовољству корисника)

		CLICK 1	CLICK2	CLICK3	CLICK5	CLICK8	CLICK6	TotalCLIC K
CLICK1	Pearson Correlation	1	.746**	.504*	.685**	.552*	.063	.726**
	Sig. (2-tailed)		.000	.028	.001	.014	.797	.000
	N	19	19	19	19	19	19	19
CLICK2	Pearson Correlation	.746**	1	.716**	.702**	.657**	.009	.741**
	Sig. (2-tailed)	.000		.001	.001	.002	.971	.000
	N	19	19	19	19	19	19	19
CLICK3	Pearson Correlation	.504*	.716**	1	.722**	.745**	.077	.748**
	Sig. (2-tailed)	.028	.001		.000	.000	.755	.000
	N	19	19	19	19	19	19	19
CLICK5	Pearson Correlation	.685**	.702**	.722**	1	.667**	.128	.821**
	Sig. (2-tailed)	.001	.001	.000		.002	.602	.000
	N	19	19	19	19	19	19	19
CLICK8	Pearson Correlation	.552*	.657**	.745**	.667**	1	.362	.855**
	Sig. (2-tailed)	.014	.002	.000	.002		.128	.000
	N	19	19	19	19	19	19	19
CLICK6	Pearson Correlation	.063	.009	.077	.128	.362	1	.498*
	Sig. (2-tailed)	.797	.971	.755	.602	.128		.030
	N	19	19	19	19	19	19	19
Total CLICK	Pearson Correlation	.726**	.741**	.748**	.821**	.855**	.498*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.030	
	N	19	19	19	19	19	19	19

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Маја Радовић је рођена 4. маја 1980. године у Чачку, где је завршила Основну школу „Вук Караџић“ и Гимназију, друштвено-језички смер 1999. године. Технички факултет у Чачку уписала је 2003. године на смеру Техника и информатика. Дипломирала је 18. фебруара 2008. године са постигнутим просеком у току студија 9,44 и оценом 10 на дипломском раду и тиме је стекла звање Професор технике и информатике. Исте године је награђена наградом фондације „др Миливоје Урошевић“ за најбољег дипломираног студента у школској 2007/2008.

Докторске студије уписује на Електронском факултету у Нишу, 2009 године, научна област Рачунарство и информатика. Од септембра 2008 ради као асистент за ужу научну област Информационе технологије и системи на Факултету техничких наука у Чачку, на катедри за Информационе технологије. Најпре изводи вежбе из предмета Базе података, а затим и на предметима Мултимедијални системи, Електронско учење, Алати и технологије за електронско учење, Оцењивање у електронском учењу, Образовни рачунарски софтвер, Програмирање база података, Рачунарске мреже и комуникације и Практикум из база података. Истраживачко интересовање усмерено је на семантичке технологије у медицинском образовању али и другим доменама; различити приступи 3Д моделовања у области медицине у виртуелним окружењима; осигурање квалитета учења на даљину, нови приступи 3Д моделовања у рачунарској графици, BYOD феномен, итд.

Учесник је на више националних и међународних пројеката (TEMPUS JEP-41016-2006 “M.Sc. Curriculum in E-Learning“, WUS MSDP “MSc in eLearning: e-moderating Module“, TEMPUS „Enhancing the quality of distance learning at Western Balkan higher education institutions“ DL@WEB, 511126-TEMPUS-1-2010-1-RS-TEMPUS-SMGR; III41007 - Примена биомедицинског инжењеринга у претклиничкој и клиничкој пракси; Адаптација и модернизација рачунарских мрежа и комуникација (АДМИР), итд). Аутор је и коаутор више од 40 публикованих научних радова.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

Онтологијама вођено испитивање ученика у е-учењу

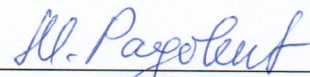
Која је одбрањена на Електронском факултету у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивала на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредила ауторска права, нити злоупотребила интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 16.4.2024.

Потпис аутора дисертације:



Маја М. Радовић

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

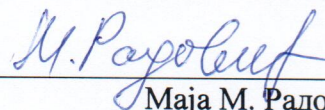
Наслов дисертације:

Онтологијама вођено испитивање ученика у е-учењу

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предала за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**, истоветан штампаном облику.

У Нишу, 16.4.2024.

Потпис аутора дисертације:



Маја М. Радовић

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

Онтологијама вођено испитивање ученика у е-учењу

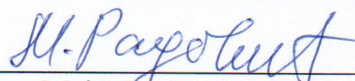
Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучила.

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

У Нишу, 16.4.2024.

Потпис аутора дисертације:


Маја. М. Радовић