

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА ЧАЧАК



Мр Вања В. Луковић, дипл. инж. ел.

**ОНТОЛОШКИ БАЗИРАН ИНФОРМАЦИОНИ
СИСТЕМ ЗА ДИЈАГНОСТИКОВАЊЕ И
МОНИТОРИНГ ДЕФОРМИТЕТА КИЧМЕНОГ
СТУБА**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Чачак, 2015. године

ИНДЕТИФИКАЦИОНА СТРАНИЦА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
<i>I. Аутор</i>
Име и презиме: Мр Вања Луковић, дипл. инж. ел.
Датум и место рођења: 19.08.1976., Чачак
Наслов магистарске тезе: Упоредна анализа система визуелизација са имплементацијом алгоритама над динамичким структурама података
Датум и место одбране магистарске тезе: 24. 11. 2007., Електротехнички факултет, Београд
Област магистарске тезе: Архитектура и организација рачунарских система и мрежа
Садашње запослење: Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку
<i>II. Докторска дисертација</i>
Наслов: ОНТОЛОШКИ БАЗИРАН ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ ЗА ДИЈАГНОСТИКОВАЊЕ И МОНИТОРИНГ ДЕФОРМИТЕТА КИЧМЕНОГ СТУБА
Број страница: 302
Број слика: 196
Број библиографских података: 324
Установа и место где је рад израђен: Факултет техничких наука Чачак у сарадњи са Центром за интегрисани развој производа и процеса и интелигентне системе (ЦИРПИС)
Научна област (УДК): 004.6 : [(621.3+617.3)](043.3)
Ментор: Др Данијела Милошевић, ванр.проф.
<i>III. Оцена и одбрана</i>
Датум пријаве теме: 24.04.2013.
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: 8-719/15 од 24. 4. 2013.
Комисија за оцену подобности теме и кандидата:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Др Горан Девецић, редовни професор Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац Научна област: Производно машинство и индустријски инжењеринг, председник 2. Др Владан Девецић, редовни професор Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд Научна област: Софтверско инжењерство, члан 3. Др Данијела Милошевић, ванредни професор Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука, Чачак Научна област: Информационе технологије и системи, ментор 4. Др Александар Пеулић, ванредни професор, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац Научна област: Рачунарска техника, члан 5. Др Бранко Ристић, ванредни професор, Универзитет у Крагујевцу, Факултет медицинских наука, Крагујевац Научна област: Хирургија, члан
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Др Горан Девецић, редовни професор Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац Научна област: Производно машинство и индустријски инжењеринг, председник 2. Др Владан Девецић, редовни професор Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд Научна област: Софтверско инжењерство, члан 3. Др Данијела Милошевић, ванредни професор Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука, Чачак Научна област: Информационе технологије и системи, ментор 4. Др Александар Пеулић, ванредни професор,

Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац

Научна област: Рачунарска техника, **члан**

5. **Др Бранко Ристић**, ванредни професор,

Универзитет у Крагујевцу, Факултет медицинских наука, Крагујевац

Научна област: Хирургија, **члан**

Датум одбране дисертације:

ПРЕДГОВОР

Текст изложен у овој докторској дисертацији резултат је вишегодишњег истраживачког рада на моделирању деформитета кичменог стуба у оквиру националних пројеката „Онтолошко моделирање у биоинжењерингу“ (ТР-12002) и „Примена биомедицинског инжењеринга у преклиничкој и клиничкој пракси“ (Ш-41007) реализованих на Факултету техничких наука у Чачку и Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Због комплексности проблематике коју разматра, докторска дисертација даје значајан допринос у развоју онтолошки заснованог информационог система за дијагностиковање и мониторинг деформитета кичменог стуба.

Ова докторска дисертација резултат је сарадње са Проф. Данијелом Милошевић, мојим дугогодишњим ментором којој се посебно захваљујем јер ме је усмерила на поменуте истраживачке пројекте у оквиру којих је као круна настала ова докторска дисертација, као и на свим њеним корисним саветима и сугестијама. Захвалност за стручну помоћ и вишегодишњу сарадњу изнад свега дугујем колеги Саши Ђуковићу (Факултет инжењерских наука у Крагујевцу), коме се посебно захваљујем на свакодневним консултацијама, сугестијама и заједничком труду и раду на конципирању информационог система за дијагностиковање и мониторинг деформитета кичменог стуба и изради 3D CAD универзалног модела кичменог стуба. Захвалност заједнички дугујемо професорима Медицинског факултета у Крагујевцу и лекарима Клиничког центра Крагујевац, као и докторима и сарадницима из Надоцентра здравља из Загреба, Хрватска за уступљене оптичке снимке са мерног уређаја FORMTRIC (DIERS International GmbH). Такође, велику захвалност дугујем и професору Александру Пеулићу (Факултет инжењерских наука у Крагујевцу) на несебичној помоћи и подршци у конципирању методе оптичке визуелизације дигиталном камером.

На крају, огромну захвалност дугујем својој породици на безрезервној помоћи у животу и подршци током свих година студија. Ову докторску дисертацију посвећујем њима.

У Чачку, 15.4.2015. год.

Мр Вања В. Луковић, дипл. инж. ел.

РЕЗИМЕ

ОНТОЛОШКИ БАЗИРАНИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ ЗА ДИЈАГНОСТИКОВАЊЕ И МОНИТОРИНГ ДЕФОРМИТЕТА КИЧМЕНОГ СТУБА

У овом докторском раду, који је резултат интегралних и интердисциплинарних истраживања у области биомедицине, описан је развој онтологије сколиозе кичме *OBR-Scolio* и онтолошки базираног информационог система *ScolioMedIS*, за дијагностиковање и мониторинг деформитета кичменог стуба. Информациони систем *ScolioMedIS* омогућава евидентирање визуелног прегледа пацијента са сколиозом, коришћењем електронског картона сколиозе, који се базира на иновативном протоколу. Осим тога, информациони систем *ScolioMedIS* омогућава визуелни 2D и 3D приказ: спољашње линије симетрије леђа, унутрашње кичмене линије и облака тачака леђа пацијента, као и аутоматско одређивање Кобових углова кичмених кривина пацијената у фронталној и бочној равни у усправном положају, коришћењем поступка оптичког скенирања. Осим тога, информациони систем *ScolioMedIS* омогућава визуелни 2D приказ спољашње линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије и одређивања Кобових углова у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну у страну, коришћењем дигиталне камере. Надаље информациони систем омогућава и визуелни 3D приказ кичме пацијента, модификацијом општег 3D CAD модела кичме, на основу аутоматски добијених параметара из информационог система *ScolioMedIS*, коришћењем поступка оптичког скенирања. Осим наведеног, коришћењем онтологије сколиозе кичме информациони систем обезбеђује аутоматско одређивање типа сколиозе према Ленковој класификацији и испис статистичких података заступљености појединих Ленкових типова сколиозе и њихових карактеристика у краткорочном или дугорочном временском периоду, ради анализе и међусобног поређења. С обзиром да се у процесу дијагностике и мониторинга сколиозе *ScolioMedIS* информациони систем потпуно базира на коришћењу оптичких, не-јонизујућих метода, основна предност коришћења овог система за мониторинг и дијагностику сколиозе у односу на конвенционални начин мониторинга и дијагностике коришћењем радиографије је елиминација штетног рендгенског зрачења. Информационом систем *ScolioMedIS* је намењен потребама Центра за физикалну медицину и рехабилитацију Клиничког центра у Крагујевцу, али се такође може користити и за регионално праћење и дијагностиковање деформитета кичменог стуба и у другим здравственим центрима у земљи и иностранству.

ABSTRACT

ONTOLOGY-BASED INFORMATION SYSTEM FOR DIAGNOSING AND MONITORING OF SPINAL DEFORMITY

This doctoral thesis is a result of integrated and interdisciplinary researches in biomedical field and it describes the development of scoliosis ontology *OBR-Scolio* and ontology-based information system *ScolioMedIS* for diagnosing and monitoring of spine deformities. *ScolioMedIS* enables recording visual examination of the patient with scoliosis using electronic scoliosis forms based on an innovative protocol. In addition to this, information system *ScolioMedIS* enables 2D and 3D visualizations of points cloud of back, back symmetry line and inner spinal line, as well as automatic determination of Cobb angles in the frontal and sagittal planes in upright standing patient's position by employing optical scanning method. Furthermore, the information system provides 2D visualizations of back symmetry line, inner spinal line, as well as automatic determination of Cobb angles in the frontal plane, in side bending patient's position, using digital camera method. Information system *ScolioMedIS* enables 3D visualization of the patient's spine by modifying the generic 3D CAD model of the spine according to parameters which are automatically generated by the *ScolioMedIS* system using optical scanning method. In addition to this, the information system provides automatic determination of Lenke's type of scoliosis, statistical overviews in short-term or long-term period for analysis and mutual comparison by employing the scoliosis ontology. Considering that in the process of diagnosing and monitoring of scoliosis, *ScolioMedIS* information system is fully based on optical and non-ionizing methods, the basic advantage of the system usage for monitoring and diagnosis of scoliosis, compared to the conventional radiography based way of scoliosis monitoring and diagnosing is elimination of harmful X-rays. Although information system *ScolioMedIS* is dedicated for needs of Center for Physical Medicine and Rehabilitation in "Clinical Center Kragujevac", it could be also used for regional monitoring and diagnosing scoliosis in other health centers in the country and abroad.

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ	1
1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	6
1.1. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	6
1.2. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ	7
1.3. МЕТОДЕ И МЕТОДОЛОГИЈЕ ИСТРАЖИВАЊА	8
1.4. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ПОДРУЧЈУ ИСТРАЖИВАЊА	9
1.4.1. Преглед сличних методолошких приступа који су коришћени за изградњу <i>OBR-Scolio</i> онтологије	9
1.4.2. Преглед методолошких приступа за процену сколиозе и одређивању њеног узрока у тренутној клиничкој пракси	12
1.5. ПРЕГЛЕД ИЗЛАГАЊА	14
2. ОНТОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО.....	16
2.1. ДЕФИНИЦИЈА ОНТОЛОГИЈЕ	16
2.2. РАЗЛОЗИ ЗА КРЕИРАЊЕ ОНТОЛОГИЈА И ОСНОВНИ ПРАВЦИ ПРИМЕНЕ.....	17
2.3. ТИПОВИ ОНТОЛОГИЈА	20
2.4. МЕТОДОЛОГИЈЕ, МЕТОДЕ И ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ИЗГРАДЊЕ ОНТОЛОГИЈА	21
2.5. ОСНОВНЕ ОНТОЛОШКЕ КОМПОНЕНТЕ	34
2.6. ОНТОЛОШКИ ЈЕЗИЦИ И АЛАТИ.....	39
2.6.1. Онтолошки језици	39
2.6.2. Онтолошки алати.....	43
3. ИДИОПАТСКА СКОЛИОЗА КИЧМЕНОГ СТУБА.....	46
3.1. ЕТИОЛОШКА КЛАСИФИКАЦИЈА СКОЛИОЗЕ КИЧМЕНОГ СТУБА.....	46
3.2. БИОМЕХАНИКА НАПРЕДОВАЊА СКОЛИОЗЕ КИЧМЕ.....	47
3.3. НОМЕНКЛАТУРА И МЕРЕЊЕ СКОЛИОЗЕ КИЧМЕ.....	50
3.3.1. Идентификација вршног пршљена кривине и осталих значајних пршљенова	50
3.3.2. Мерна метода Кобових углова и њене карактеристике.....	51
3.3.3. Идентификација основних карактеристика кривина кичме са сколиозом	52
3.3.4. Процена кичменог поретка и равнотеже (баланса)	53
3.3.5. Мерење ротације кичмених пршљенова	54
3.3.6. Типови кривина према Ленковој класификацији	55
3.4. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ТРЕТМАНА СКОЛИОЗЕ КИЧМЕ.....	60
4. РАЗВОЈ ОНТОЛОГИЈЕ <i>OBR-SCOLIO</i> ПРИМЕНОМ ИНКРЕМЕНТАЛНОГ МЕТОДОЛОШКОГ ПРИСТУПА	62
4.1. СПЕЦИФИКАЦИЈА И КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЈА <i>OBR-SCOLIO</i> ОНТОЛОГИЈЕ.....	62
4.1.1. Колекција података	62
4.1.2. Анализа података.....	63
4.1.2.1. Биомедицинске апликативне онтологије сколиозе кичме на <i>BioPortal</i> складишту.....	65
4.1.2.2. Преглед биомедицинских апликативних онтологија сколиозе кичме на <i>BioPortal</i> складишту.....	67
4.1.3. Хибридни <i>Hybrid GT-PD</i> метод дизајнирања апликативне онтологије сколиозе.....	69
4.2. ФОРМАЛИЗАЦИЈА <i>OBR-SCOLIO</i> ОНТОЛОГИЈЕ	70

4.2.1. Поређење FMA и OBR референтних онтологија	71
4.2.2. Креирање онтологије сколиозе кичме – OBR-Scolio	74
4.2.2.1. Развој таксономије класе Pathological_vertebral_column	77
4.2.2.2. Методологија моделовања коришћењем SEP тријада	78
4.2.2.3. Методологија моделовања коришћењем адаптираних SEP тријада	80
4.2.2.4. Проширена таксономија класе Pathological_vertebral_column	81
4.2.2.5. Репрезентација OBR-Scolio онтологије коришћењем Protégé оквира	83
4.2.3. Конвертовање OBR-Scolio онтологије у OWL DL форму	86
4.2.3.1. Конвертовање Protégé слотова OBR-Scolio онтологије у својства OWL DL језика	89
4.2.3.2. Конвертовање Protégé класа OBR-Scolio онтологије у OWL DL класе и креирање анотационих својстава	90
4.2.3.3. Дефинисање класа OBR-Scolio онтологије у OWL DL са погребним и довољним условима	95
4.2.3.4. Визуелизација OBR-Scolio онтологије	97

5. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА SCOLIOMEDIS 100

5.1. ДЕФИНИСАЊЕ ЗАХТЕВА ПОСЛОВНОГ ПРОЦЕСА ОПТИЧКЕ ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ, МОНИТОРИНГА И ДИЈАГНОСТИКЕ СКОЛИОЗЕ 101

5.1.1. Израда логичког модела функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	101
5.1.1.1. Анализа захтева корисника	101
5.1.1.2. Дијаграм контекста пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	103
5.1.1.3. Стабло логичких функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	104
5.1.1.4. Дијаграми декомпозиције	106
5.1.1.5. Одређивање логике примитивних процеса	109
5.1.2. Израда физичког модела пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	110
5.1.2.1. Дефинисање организационо технолошког окружења пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	110
5.1.2.2. Развој дијаграма случајева употребе пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	110
5.1.2.2.1. Дефинисање учесника	111
5.1.2.2.2. Дефинисање случајева употребе	111
5.1.2.2.3. Дефинисање типова веза између корисника и случајева употребе	112
5.1.2.2.4. Израда дијаграма случајева употребе	112
5.1.2.2.5. Случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента	113
5.1.2.2.6. Случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем	114
5.1.2.2.7. Случај употребе Визуелизација оптичком камером	115
5.1.2.2.8. Случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента	117
5.1.2.2.9. Случај употребе Унос података	118
5.1.2.3. Развој дијаграма активности пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	119
5.1.2.3.1. Дијаграм активности за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента	119

5.1.2.3.2. Дијаграм активности за случај употребе Унос пратећих обољења	122
5.1.2.3.3. Дијаграм активности за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем	123
5.1.2.3.4. Дијаграм активности за случај употребе Визуелизација оптичком камером	129
5.1.2.3.5. Дијаграм активности за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента	134
5.1.2.3.6. Дијаграм активности за случај употребе Генерисање општег 3D CAD модела кичме пацијента	136
5.2. ОБЈЕКТНО ОРИЈЕНТИСАНА АНАЛИЗА ПОСЛОВНОГ ПРОЦЕСА ОПТИЧКЕ ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ, МОНИТОРИНГА И ДИЈАГНОСТИКЕ СКОЛИОЗЕ	137
5.2.1. Израда концептуалног модела.....	137
5.2.1.1. Дефинисање концепата	137
5.2.1.2. Дефинисање релација	139
5.2.2. Израда дијаграма секвенци.....	140
5.2.2.1. Дијаграм секвенци за случај употребе Унос података	140
5.2.2.2. Дијаграм секвенци за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента	141
5.2.2.3. Дијаграм секвенци за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем	142
5.2.2.4. Дијаграм секвенци за случај употребе Визуелизација оптичком камером	143
5.2.2.5. Дијаграм секвенци за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента	144
5.2.2.6. Дијаграм секвенци главног интерфејса апликације ScolioMedIS - ScolioMedIS_glavna	145
5.2.2.7. Дијаграм секвенци интерфејса Pacijenti	146
5.2.2.8. Дијаграм секвенци интерфејса Doktori	147
5.2.2.9. Дијаграм секвенци интерфејса Pregledi.....	148
5.2.2.10. Дијаграм секвенци интерфејса Vizuelizacija_optickim_skeniranjem	150
5.2.2.11. Дијаграм секвенци интерфејса Vizuelizacija_optickom_kamerom	152
5.2.2.12. Дијаграм секвенци интерфејса Vizuelizacija_kicme_3D	153
5.2.3. Дефинисање уговора о извршавању операција	155
5.3. ОБЈЕКТНО ОРИЈЕНТИСАНИ ДИЗАЈН ПОСЛОВНОГ ПРОЦЕСА ОПТИЧКЕ ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ, МОНИТОРИНГА И ДИЈАГНОСТИКЕ СКОЛИОЗЕ	160
5.3.1. Израда дијаграма сарадње	160
5.3.1.1. Дијаграм сарадње за случај употребе Унос података.....	160
5.3.1.2. Дијаграм сарадње за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента	161
5.3.1.3. Дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем	162
5.3.1.4. Дијаграм сарадње за случај употребе Vizuelizacija_optickom_kamerom	162
5.3.1.5. Дијаграм сарадње за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента	163
5.3.1.6. Дијаграм сарадње главног интерфејса апликације ScolioMedIS - ScolioMedIS_glavna	163
5.3.1.7. Дијаграм сарадње интерфејса Pacijenti	165
5.3.1.8. Дијаграм сарадње интерфејса Doktori	165

5.3.1.9. Дијаграм сарадње интерфејса <i>Pregledi</i>	166
5.3.1.10. Дијаграм сарадње интерфејса <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i> . ..	167
5.3.1.11. Дијаграм сарадње интерфејса <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom</i>	169
5.3.1.12. Дијаграм сарадње интерфејса <i>Vizuelizacija_kicme_3D</i>	170
5.3.2. Израда потпуних дијаграма класа.....	171
5.3.2.1. Дефинисање потпуног дијаграма класа.....	172
5.3.2.2. Дефинисање дијаграма класа интерфејса апликације	176
5.3.2.3. Израда дијаграма стања	177
5.3.2.4. Дефинисање пакета	178
5.4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ПОСЛОВНОГ ПРОЦЕСА ОПТИЧКЕ ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ, МОНИТОРИНГА И ДИЈАГНОСТИКЕ СКОЛИОЗЕ	179
5.4.1. Израда апликације пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	179
5.4.1.1. Израда базе података пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	180
5.4.1.2. Израда корисничког интерфејса пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе <i>ScolioMedIS</i>	182
5.4.1.2.1. Веб страница <i>Pacijenti</i>	185
5.4.1.2.2. Веб страница <i>Doktori</i>	186
5.4.1.2.3. Веб страница <i>Pregledi</i>	187
5.4.1.2.4. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i>	190
5.4.1.2.5. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom</i>	193
5.4.1.2.6. Веб страница <i>Vizuelizacija_kicme_3D</i>	194
5.4.2. Дефинисање технологије апликативне и мрежне архитектуре пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.....	197
5.4.2.1. Дефинисање технологије пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	197
5.4.2.2. Дефинисање апликативне архитектуре пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе	200
5.4.2.3. Мапирање производа дизајна у програмски код.....	201
5.4.2.3.1. Интеракција са <i>ScolioMed</i> базом података <i>Microsoft SQL Servera</i> – претрага података	204
5.4.2.3.2. Интеракција са <i>ScolioMed</i> базом података <i>Microsoft SQL Servera</i> – измена података у бази	205
5.4.2.3.3. Интеракција са <i>ScolioMed</i> базом података <i>Microsoft SQL Servera</i> – брисање података у бази.....	206
5.4.2.3.4. Интеграција <i>CATIA</i> компоненте <i>MMS</i> модула за моделовање сколиозе у <i>ScolioMedIS</i> веб базирани информациони систем.....	208
5.4.2.3.5. Приказ <i>3D</i> визуелизација кичме <i>ScolioMedIS</i> апликације.....	214
5.4.2.3.6. Интеграција <i>Matlab</i> компоненте <i>MMS</i> модула за моделовање сколиозе у <i>ScolioMedIS</i> веб базирани информациони систем.....	214
5.4.2.4. Дефинисање мрежне архитектуре (развојни дијаграм) пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе - <i>ScolioMedIS</i>	221
6. ИНТЕГРАЦИЈА <i>OBR-SCOLIO</i> ОНТОЛОГИЈЕ У ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ <i>SCOLIOMEDIS</i>.....	224
6.1. КРЕИРАЊЕ ТЕХНИЧКЕ АРХИТЕКТУРЕ СИСТЕМА - ИЗРАДА БАЗЕ ПОДАТАКА ЗА ИНТЕГРАЦИЈУ <i>OBR-SCOLIO</i> ОНТОЛОГИЈЕ У ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ <i>SCOLIOMEDIS</i>	225

6.2. Креирање корисничког погледа на информациони систем – изградња корисничког интерфејса за интеграцију <i>OBR-SCOLIO</i> онтологије у информациони систем <i>SCOLIO-MEDIS</i>	226
6.2.1. Интеракција Јава веб апликације информационог система <i>ScolioMedIS</i> са базом података.....	226
6.2.2. Интеракција Јава веб апликације информационог система <i>ScolioMedIS</i> са <i>OBR-Scolio</i> онтологијом.....	235
7. ЕВАЛУАЦИЈА <i>OBR-SCOLIO</i> ОНТОЛОГИЈЕ И ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА <i>SCOLIOMEDIS</i>	250
7.1. ЕВАЛУАЦИЈА ОНТОЛОГИЈЕ <i>OBR-SCOLIO</i>	250
7.2. ЕВАЛУАЦИЈА МЕТОДОЛОГИЈЕ ВИЗУЕЛНОГ ПРЕГЛЕДА ПАЦИЈЕНАТА.....	253
7.3. ЕВАЛУАЦИЈА МЕТОДОЛОГИЈА ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ ОПТИЧКИМ СКЕНИРАЊЕМ И ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ ОПТИЧКОМ КАМЕРОМ.....	254
8. ЗАКЉУЧАК	261
9. ЛИТЕРАТУРА	264
10. ПРИЛОЗИ	294
10.1. ЛИСТА СЛИКА	294
10.2. ЛИСТА ТАБЕЛА.....	301
10.3. ЛИСТА ЈЕДНАЧИНА.....	302

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

1.1. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације обухвата област онтолошког инжењерства у биомедицинском инжењерингу, као и област пројектовања информационих система. Онтолошко инжењерство је дисциплина која проучава методе и методологију креирања онтологија за конкретне домене. Циљ онтолошког инжењерства је да учини експлицитним знање садржано у софтверским апликацијама, као и у предузетничким и пословним процедурама за конкретне домене. Онтолошко инжењерство у пољу биомедицинског инжењеринга¹ је најновија научно-истраживачка област, чије се примена и истраживање активно врши у последњих неколико година. Основни разлог интензивног рада у области биомедицинских онтологија је дефинисање биомедицинских термина и концепата одговарајућег домена да би се омогућила поновна употреба, размена, интеграција и апликативна примена доменског знања из области медицине. Пројектовање информационих система је комплексна и креативна делатност која захтева системски приступ, као и методолошку примену према технолошким могућностима. Приликом пројектовања информационог система није сврсисходно тежити за стандардом који би чврсто дефинисао приступ, методу, средства и документацију, не узимајући у обзир врсту примене, степен развоја информационог система, карактеристике корисника и особине реалног система у коме информациони систем дјелује. Брзи технолошки развој захтева дугорочно планирање циља и сврхе информационог система. Стога је неопходно имати стратегијску слику развоја информационог система, која ће обезбедити компатибилност система и бити флексибилна у прихватању нове технологије. При пројектовању информационог система потребно је корисницима пружити довољно слободе, како би они могли да развијају своју иницијативу у креирању система који им је потребан. При томе је потребно поштовање правила која ће омогућити размену података, што подразумева заједничку мрежу за пренос, заједнички модел података и њихов стандардни облик.

У оквиру дефинисаних предмета истраживања у овој докторској дисертацији се израђује онтологија сколиозе кичме, као и онтолошки базирани информациони систем за визуелну дијагностику и праћење сколиозе пацијената. Онтологија сколиозе се развија коришћењем процеса интеграције са већ постојећим референтним онтологијама анатомије, физиологије и патологије и представља потпуно нову онтологију. Посебан нагласак се ставља на апликативној примени онтологије у интернет окружењу и на развој адекватног интернет оријентисаног информационог система за визуелизацију сколиозе кичме, дијагностику и праћење сколиозе пацијената.

Овај рад има за циљ да изврши:

- Креирање онтологије сколиозе кичме – Досадашњи (традиционални) приступи везани за прикупљање, обраду, чување и одржавање обимне количине, како теоријских, тако и клиничких информација, података и знања за проблеме који се срећу у ортопедији и физикалној медицини, нису омогућавали ширу комуникацију и размену семантичких информација. Уже посматрано, то се, свакако, односи и на конкретне проблеме третирања деформације кичменог

¹ Поље биомедицинског инжењениринга обухвата примену инжењерских принципа дизајнирања и решавања проблема из области медицине и биологије да би се поспешо процес здравственог третмана и заштите, који укључује дијагнозу, праћење и давање терапије.

стуба, првенствено идиопатске сколиозе кичме. Размена семантичких информација од кључне је важности за колаборативно решавање проблема. Стога знање и информације садржане у локалним базама доступним само специјалним софтверским алатима и системима не само да онемогућавају истородне или сличне дислоциране тимове да их користе, већ не обезбеђују ни мултидисциплинарне приступе;

- Креирање интернет оријентисаног информационог система, чија ће основа бити креирана онтологија сколиозе кичме – треба да допринесе унапређењу постојеће методе дијагностике и праћења сколиозе пацијента. Информациони систем ће обезбедити аутоматизацију процеса одређивања Кобових углова кичмених кривина, визуелизацију кичме пацијента и приказ релевантних параметара, на основу снимака који су добијени коришћењем не-јонизујућих оптичких уређаја за дигитализацију – оптичког скенера и оптичке камере, чија употреба има за циљ да се избегне традиционални начин рендгенске дијагностике и мониторинга сколиозе кичме, а који се базира на коришћењу штетног јонизујућег зрачења. Коришћењем онтологије информациони систем ће обезбедити аутоматизацију процеса одређивања Ленкове класификације сколиозе кичме, праћење прогресије сколиозе и статистичку упоредну анализу резултата сколиозе кичме пацијента у Центру за физикалну медицину и рехабилитацију, Клиничког центра у Крагујевцу, а и шире у дефинисаном временском периоду.

1.2. Основне хипотезе

Основне хипотезе у оквиру докторске дисертације везане су за стање у научним областима којима припада ово мултидисциплинарно истраживање, али и израженим клиничким потребама и трендовима развоја код нас и у свету и обухватају следеће:

1. Онтологија сколиозе кичме, као потпуно нова онтологија, треба да буде базирана на постојећим референтним биомедицинским онтологијама анатомије и патологије.
2. Онтологија сколиозе кичме треба да представља дељиву и проширљиву базу знања, која се може користити и за друге типове класификације сколиозе кичме, осим Ленковог типа класификације.
3. Онтологија сколиозе кичме треба да буде основа интернет оријентисаног информационог система за дијагностику и праћење пацијента са идиопатском сколиозом.
4. Информациони систем биће базиран на креираној онтологији сколиозе кичме и обезбедиће интеграцију система који врши визуелизацију кичме коришћењем не-јонизујућих оптичких уређаја, који имају за циљ да се избегне традиционални начин дијагностике и мониторинга сколиозе кичме, а који се базира на коришћењу штетног јонизујућег зрачења.
5. Информациони систем ће обезбедити интеграцију интернет оријентисаних база података, општих и специфичних карактеристика сколиозе пацијената у циљу регионалног праћења распрострањености и карактеристика овог кичменог деформитета.

6. Информациони систем ће обезбедити значајно скраћење времена свеобухватне дијагностике и праћења деформитета кичменог стуба, поуздану класификацију и прецизан мониторинг сколиозе.
7. Оптичка камера ће омогућити одређивање структурних кривина у кичме са сколиозом и на тај начин прецизно одређивање Ленковог типа класификације сколиозе.
8. Онтологија и систем базиран на знању ће служити и као семантички алат за претраживање, који се може користити у клиничким процесима мониторинга и дијагностике сколиозе кичме.

У раду ће бити показано да се реализацијом постављених хипотеза могу остварити наведени циљеви дисертације.

1.3. Методе и методологије истраживања

1. Методе моделирања апликативне онтологије на бази постојећих референтних онтологија вишег нивоа;
2. Методе креирања онтолошки базираног интернет оријентисаног информационог система коришћењем *MS Visual Studio C#* и *Eclipse Java* програмског окружења, *Protégé API* –ја за интеграцију онтологије у информациони систем, као и *MS SQL* и *MySQL* сервера за представу интернет оријентисаних база података општих и специфичних карактеристика сколиозе пацијената;
3. Примена оптичке (дигиталне) камере за одређивање структурних кривина кичме пацијента са сколиозом потребних за одређивање Ленковог типа сколиозе;
4. Методе изградње *Matlab 2D* визуелизација спољашње и унутрашње кичмене линије у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, добијених применом оптичке камере.
5. Методе интеграције *Matlab 2D* и *3D* визуелизација у фронталној и бочној равни усправног положаја пацијента: облака тачака леђа, спољашње и унутрашње кичмене линије, добијених применом оптичког скенера у интернет оријентисани информациони систем.
6. Методе интеграције *Matlab 2D* визуелизација спољашње и унутрашње кичмене линије у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, добијених применом оптичке камере у интернет оријентисани информациони систем.
7. Методе интеграција *CAD 3D* визуелизација кичме у интернет оријентисани информациони систем.

Развој онтологије сколиозе кичме на основу процеса вертикалне интеграције са већ постојећим референтним онтологијама, које покривају целокупан анатомски и патолошки домен, који се показао као најбољи правац у развоју онтологија за апликативну примену, захтева детаљну анализу постојећих референтних онтологија и формалних онтологија, као и анализу и проналажење адекватног метода интеграције. Осим тога, потребно је извршити детаљну анализу језика и алата за онтолошко

моделовање, ради избора најприкладнијег језика за представљање апликативне онтологије, као и окружења у коме ће се онтологија развијати. У циљу тестирања онтологије и провере њене класификације и конзистентности потребно је такође извршити анализу постојећих алата за резоновање, кога треба изабрати у складу са алатом у коме је моделована апликативна онтологија. Поред наведеног, потребно је детаљно упознати домен онтологије тј. проучити сколиозу кичме, као врсту кичменог деформитета и различите типове класификације сколиозе у циљу избора најадекватнијег типа класификације за онтолошко моделовање.

Развој онтолошки базираног информационог система захтева детаљно изучавања методологија изградње оваквих система заснованих на онтологији. Осим тога, с обзиром да је се праћење и клиничко лечење сколиозе врши на основу визуелизација кичме и топографије леђне површи на бази оптичких уређаја за дигитализацију, које замењују традиционалну дијагностику деформитета кичменог стуба базирану на штетном јонизујућем зрачењу (поглавље 3.4), потребно је пронаћи технике за интеграцију *CAD* и *Matlab* програма визуелизације у информациони систем, базиран на креирању онтологији сколиозе.

1.4. Преглед стања у подручју истраживања

1.4.1. Преглед сличних методолошких приступа који су коришћени за изградњу *OBR-Scolio* онтологије

У [1] је дат преглед 11 различитих онтолошких библиотека, које представљају системе за колекцију онтологија из различитих извора и олакшавају процесе проналажења, испитивања, евалуације, коришћења и публикавања онтологија. *Nacional Centar of Biomedical Ontology* (NCBO) [2]–[4] једна од највећих библиотека онтологија биомедицинског домена, која садржи преко 300 јавно доступних биомедицинских онтологија и терминологија [5], којима се једноставно може приступити коришћењем веб портала – *BioPortal*. *BioPortal* обезбеђује прегледање, претрагу и визуелизацију биомедицинских онтологија развијеним у *OWL*, *RDF*, *OBO* форми и форми *Protégé* оквира, коришћењем веб сервиса и веб претраживача, при се свакој онтологији придружује јединствени индекс тзв. *Resource Index*. Веб интерфејс *BioPortal-a* олакшава друштвену сарадњу и учествовање у процесима евалуације и развоја онтологија, на тај начин што омогућава додавање забелешки онтолошким терминима, пресликавање између термина, оцену онтологије према критеријумима корисности, покривености домена, документације и подршке, као и интеграцију података, који потичу из различитих биомедицинских извора.

На *BioPortal* складишту пронађен је велики број апликативних онтологија сколиозе кичме. Анализом пронађених онтологија сколиозе, која је детаљно размотрена поглављима 4.1.2.1 и 4.1.2.2 установљено је да у њима није извршена класификација сваке кривине кичме са сколиозом у зависности од њене локације, тј. региона кичме у коме се налази вршни пршљен кичмене кривине. Такође, није извршена њихова класификација на структурне и не-структурне кривине, у зависности од тога да ли поседују морфолошки измењене пршљенове или не. Осим тога, у пронађеним онтолошким изворима није вршена класификација сколиозе према Ленковом систему класификације [6], који се у пракси показао најдетаљнијим и најпоузданијим системом класификовања идиопатске сколиозе [7]. Из наведених разлога је одлучено да се у циљној апликативној онтологији сколиозе кичме изврши класификација кривина кичме

у зависности од њихових локација, структурности и у зависности од Ленковог типа сколиозе.

Према [8] добро формирана апликациона доменски оријентисана онтологија треба да буде изграђена на процесом интеграције у једну или више постојећих референтних онтологија, које представљају генерализацију једног или више домена. Са друге стране, формалне (вршне или фундаменталне онтологије), које су доменски независне и базиране на тестираном принципу онтолошке конструкције, а описују опште концепте који су исти у свим доменима, обезбеђују валидни оквир за интеграцију или извођење више референтних онтологија (поглавље 2.3).

У литератури је пронађено доста примера биомедицинских и других апликативних онтологија, које су развијене на основу формалних, вршних онтологија и референтних онтологија. Примери неких од њих су: Апликациона онтологија медицине из домена спавања *SDO (Sleep Domain Ontology)* [9], која је развијена коришћењем вршне *BFO (Basic Formal Ontology)* онтологије и референтних онтологија: *FMA (Foundational Model of Anatomy)*, *CPR (Computer-Based Patient Record)* [10], која је коришћена за дефинисање система медицинских евиденција и *OGMS (Ontology for General Medical Science)* [11], [12], која обезбеђује општи оквир физиолошких и клиничких података, који су приликом развоја наведене апликативне онтологије примењени на област медицине спавања. На основу вршне *DOLCE* онтологије развијене су следеће апликативне онтологије: *OntoNeuroBase* [13] апликациона онтологија, *I&DA (Information and Discourse Acts)* [14], онтологија за моделовање докумената (текста и слике), *COPS (Ontology of Programs and Software)* [15] онтологија за моделовање програма и софтвера и *OntoKADS* [16] онтологија за моделовање активности решавања проблема у циљу креирања спољашњег система за управљање дистрибуираним и хетерогеним изворима информација при неуролошким снимањима. *EFO (Experimental Factor Ontology)* [17], [18] је апликациона онтологија која се користи за представљање променљиви из експерименталних података пробне експресије гена, а добијена је из више *OBO* референтних онтологија. У раду [19] је описан формалан приступ изградње таксономије патолошких анатомских структура, које настају када адекватне анатомске структуре постану нападнуте карциномом и његовим одговарајућим патолошким формацијама. Приступ је базиран на прелиминарној класификацији *OBR* и *FMA* референтних онтологија. *LinkBase* [20] је пример једне од највећих медицинских референтних онтологија која је развијена процесом интеграције у формалну, вршну *BFO* онтологију [29]. У [21] је примењен упитни језик *SPARQL* за извођење апликативне онтологије, која садржи видљиве делове јетре на основу референтних онтологија, као и за извођење основне организације људског организма на основу хијерархије концепата *FMA* референтне онтологије.

RadLex [22] онтологија радиологије је пример апликативне онтологије која је најпре била развијена самостално без икакве интеграције у неку од постојећих референтних биомедицинских онтологија. С обзиром да наведена онтологија није имала никакав принципијелни онтолошки оквир, она је интегрисана у *FMA* референтну онтологију анатомије [23], [24], тако да је као резултат настала *FMA-RadLex* апликативна онтологија [25]. Угледајући се на тај пример и *OBR-Scolio* онтологија сколиозе кичме која је развијена у овом раду је настала ослањајући се на постојеће биомедицинске референтне онтологије *FMA* и *OBR* [8]. Осим тога, сличан методолошки принцип који је коришћен за изградњу *FMA-RadLex* апликативне онтологије, коришћен је и при изградњи *OBR-Scolio* онтологије. Тај методолошки принцип подразумева мапирање таксономије апликативне онтологије у таксономију класа референтне онтологије, при чему се у референтној онтологији задржава основно стабло надкласа овако добијеног производа мапирања. Међутим за разлику од описаног методолошког принципа који

претпоставља постојање таксономије апликативне онтологије и њено прилагођавање таксономији референтне онтологије у примењеном методолошком принципу за изградњу *OBR-Scolio* онтологије, таксономија апликативне онтологије је накнадно развијена, као додатак таксономији *OBR* референтне онтологије, при чему је слично описаном методу задржано само основно стабло надкласа *OBR* референтне онтологије. У суштини за изградњу *OBR-Scolio* онтологије коришћен је методолошки приступ *SENSUS* методе [26] развоја апликативне онтологије на основу већих, референтних онтологија опште намене. Ова методологија детаљно је објашњена у поглављу 2.4. Процес развоја апликативне онтологије сколиозе се састојао од скраћивања *OBR* референтне онтологије тако да садржи само основно стабло надкласа таксономије патолошких структура и креирања и развоја таксономије патолошких структура апликативне онтологије сколиозе базирајући се на таксономију анатомских структура *FMA* референтне онтологије. Слично *OBR-Scolio* апликативној онтологији сколиозе кичме, која је настала интеграцијом у постојеће референтне онтологије *FMA* и *OBR* и апликативна онтологија патолошких структура, које настају када адекватне анатомске структуре бивају нападнуте карциномом и његовим одговарајућим патолошким формацијама [19] настала је базирајући се на *FMA* и *OBR* референтне онтологије.

Са друге стране при моделовању кључних концепата *OBR-Scolio* онтологије и њихових међусобних релација коришћена методологије моделовања коришћењем *SEP* (*Structure-Entity-Part*) тријада и адаптивних *SEP* тријада [27]–[29] (поглавља 4.2.2.2 и 4.2.2.3). Методологија моделовања коришћењем *SEP* (*Structure-Entity-Part*) тријада је такође интензивно коришћена у анатомском делу *SNOMED CT* референтне онтологије и *LinkBase* онтологије, док је методологија моделовања коришћењем адаптивних *SEP* тријада примењена за имплементацију терминолошког система интензивне неге [30].

С обзиром да *OBR* референтна онтологија егзистира само у виду прелиминарне класификације тј. таксономије, која није доступна за преузимање, целокупна изградња *OBR-Scolio* онтологије базирала се на *FMA* онтологији, која је на [31] доступна за преузимање, узимајући у обзир таксономију референтне онтологије *OBR* (поглавље 4.2.1). Природна оригинална форма *FMA* референтне онтологије анатомије су *Protégé* оквири, док је *OWL Full* верзија *FMA* референтне онтологије, која је накнадно настала само прилагођена да што верније осликава оригиналну верзију *FMA* онтологије базираној на *Protégé* оквирима. Други недостатак *OWL Full* верзије *FMA* референтне онтологије је немогућност примене аутоматизма резоновања. Сви су то разлози због чега је *OBR-Scolio* онтологија најпре била развијена у *Protégé* верзији базираној на оквирима, по угледу на преузету оригиналну верзију *FMA* референтне онтологије.

Након развоја првобитне верзије *OBR-Scolio* онтологије коришћењем форме *Protégé* оквира, *OBR-Scolio* онтологија је накнадно преведена у *OWL DL* форму [32] из разлога веће експресивности *OWL DL* језика, могућности визуелизације и коришћења аутоматских механизма закључивања у циљу тестирања конзистентности и хијерархијске организације класа у онтологији, провере инстанци, као и могућности дељења и интеграције са осталим биомедицинским *OWL* онтологијама. Приликом превођења *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму коришћен је слични методолошки принцип који је примењен при превођењу *FMA* референтне онтологије из форме *Protégé* оквира у *OWL DL* форму [24], [33]. С обзиром да *OWL Full* језик обезбеђује директно представљање информација о мета-класама које су на располагању у репрезентацији било које онтологије коришћењем *Protégé* оквира, према приступу који се заступа у [33], *FMA* референтна онтологија је преведена у *OWL Full* језик. Надаље се у истом раду предлаже да се само приликом креирања апликативних онтологија, узимањем само одређеног фрагмента *FMA* референтне онтологије, који се састоји од апликационо релевантних концепата, надаље *OWL Full* представа поједностави до *OWL*

DL представе. То би се постигло брисањем свих метакласних информација и неких релација које се не могу представити у *OWL DL* репрезентацији овако добијене апликационе онтологије. Приликом превођења *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму примењен је сличан методолошки принцип у коме је *OBR-Scolio* директно преведена најпре у *OWL Full* форму, па потом у *OWL DL* форму брисањем метакласних информација, затим применом одређених правила конверзије за слотове и класе описаних у [24], [33] и дефинисањем кључних класа у онтологији. Насупрот методу који се предлаже у [24], [33] у [34] се предлаже да се *FMA* референтна онтологија из форме *Protégé* оквира преведе у две *OWL* компоненте *OWL DL* компоненту и *OWL Full* компоненту, која укључује *OWL DL* компоненту и конструкторе које *OWL DL* компонента не поседује. Овим се према [34] постиже комплетна трансформација *FMA* референтне онтологије из форме *Protégé* оквира у *OWL*, при чему су *OWL* формама представљене све информације експлицитно доступне у репрезентацији базираној на *Protégé* оквирима или само оне информације које из њих директно следе.

У раду [35] дефинише се прототип инфраструктуре онтолошки базираног информационог система у биомедицини. За развој онтологије сколиозе кичме и онтолошки базираног информационог система у овом раду је коришћен *инкременталан методолошки приступ*, који је детаљно објашњен у [36], а који се састоји од четири основна корака: спецификација и концептуализација, формализација, имплементација, која се спроводи процесом интеграције онтологије у постојећи веб оријентисани информациони систем *ScolioMedIS* и на крају евалуација и одржавање. Исти методолошки приступ примењен је за онтолошко базирано дизајнирање здравственог информационог система *HIS* [36].

У раду [37] је описан начин евалуације биомедицинских онтологија у зависности од њихове циљне апликативне примене, при чему је показано да се код већине апликација квантитативно може изразити успешност примене онтологија одређеног биомедицинског домена и на тај начин извршити њихово поређење. У [38] је описано на који начин се може остварити широка употреба биомедицинских онтологија. Евалуација *OBR-Scolio* онтологије је извршена према њеној циљној апликативној примени у оквиру дела информационог система *ScolioMedIS*.

1.4.2. Преглед методолошких приступа за процену сколиозе и одређивању њеног узрока у тренутној клиничкој пракси

У процени сколиозе и одређивању њеног узрока у тренутној клиничкој пракси користе се не-формални картони сколиозе, затим радиографија, компјутеризована томографија (СТ), и магнетна резонанца (MR) [39]. Радиографија се користи у циљу иницијалне дијагностичке процене идиопатске сколиозе и довољна је за искључивање већине урођених коштаног и развојних типова сколиозе, с обзиром да урођени коштани и развојни деформитети имају тенденцију да генеришу кривине, које погађају релативно кратак сегмент кичме на радиографском снимку. У случају сложеног урођеног коштаног и развојног деформитета, примена само радиографије за идентификацију основног узрочника сколиозе није адекватна, већ је у том случају уобичајена примена СТ скенера, посебно у случају оперативног планирања и процене пост-оперативних компликација.

MR снимање се користи за детекцију неуропатских типова сколиозе у циљу лечења или оперативног третмана. У таквим случајевима сколиозе кривине су неуобичајене и нагло се јављају, а обично брзо напредују са неуролошким погоршањем током периода праћења [39]. MR снимање се такође примењује у случају идиопатских сколиоза код

којих се сумња на неуролошки дефицит. Иначе учесталост позитивних налаза неуролошких абнормалности код пацијената са идиопатском сколиозом је према неким студијама толико низак (свега 2%-4% пацијената) [40]–[42] да се рутинска употреба магнетне резонанце за неуролошка снимања ове групе пацијената не препоручује.

На интернету тренутно не постоји ни један информациони систем за мониторинг и визуелизацију деформитета кичменог стуба, тако да је у том смислу *ScolioMedIS* јединствени веб оријентисани информациони систем. Као што је већ напоменуто, евидентирање визуелног прегледа пацијената са сколиозом у информационом систему *ScolioMedIS* врши се коришћењем електронског картона сколиозе, који се базира на иновативном протоколу [43]. На основу различитих физичких принципа и варијација у степену комплексности сколиозе, развијени су и публиковани различити системи за процену овог деформитета кичме на бази спољашњих показатеља [44]. Најзаступљенији су системи површинске топографије [45] и квантитативне тродимензионалне анализе става [46]–[48]. Иако се интензивно испитују и развијају нове методе за визуелну процену сколиозе, не постоји генерални консензус о броју и врсти параметара довољних за прецизан опис сколиоза [49]–[51]. Већи број параметара условио би већу прецизност, али би значајно повећао време дијагностиковања, што није сасвим прихватљиво у свакодневној пракси. За ефективну процену деформитета кичме, потребно је да се визуелни преглед изврши брзо и прецизно, сигурно и неинвазивно и на прихватљив начин за пацијента. Са друге стране, евиденција података о обављеним прегледима углавном се своди на примену локалних рачунара или на ручни унос података о добијеним резултатима. У том циљу, иновативни протокол за визуелни преглед пацијената у оквиру информационог система *ScolioMedIS* базира се на мерењу оптималног броја параметара у све три равни, а који узимају у обзир сколиозу као тродимензионални деформитет кичме. При томе сâм информациони систем *ScolioMedIS* омогућава потпуну веб базирану корисничку интерактивност за њихов преглед, унос и модификацију.

За потпуну процену и мониторинг деформитета кичме услед сколиозе, осим визуелног прегледа неопходно је одредити карактеристике и величине појединих кичмених кривина коришћењем Кобове методе, која се традиционално вршила на основу радиографских снимака [52]. Међутим, одређивање Кобових углова на основу радиографских снимака се показало недовољно прецизном техником, а одређене вредности Кобових углова показују бројне варијабилности у зависности од самог оператера, квалитета снимка и низа других фактора [53]–[55]. Имајући у виду штетност радиографског утврђивања степена деформитета, светска истраживачка пажња последњих деценија посебно је усмерена ка развоју нових неинвазивних техника за дијагностику и мониторинг сколиоза. Нове технологије користе иновативне компјутерски подржане технике мерења, попут примене мобилних рачунарских уређаја и „паметних“ телефона [56]. Информациони систем *ScolioMedIS* обезбеђује континуално праћење сколиозе пацијента на тај начин што обезбеђује визуелни 2D и 3D приказ кичмене линије и кичме и аутоматско одређивање Кобових углова и Ленковог типа сколиозе, коришћењем оптичких система. Овим се у процесу мониторинга и дијагностике сколиозе на бази Ленкове класификације избегава употреба традиционалне радиографије, а Кобови углови прецизно одређују. Међутим потребно је нагласити и то да традиционална употреба СТ скенера и MR у циљу оперативног планирања и детекције неуропатских типова сколиозе, ипак не може бити замењена коришћењем поменутих оптичких уређаја за дигитализацију.

1.5. Преглед излагања

У поглављу 2 дат је општи теоријски осврт на област онтолошког инжењерства. Најпре се наводе најрепрезентативније дефиниције појма онтологије (поглавље 2.1), затим разлози за креирање онтологија, као и основни апликативни правци (поглавље 2.2). Надаље се у овом поглављу наводе основни типови онтологија (поглавље 2.3), најзначајније методе и методологије развоја онтологија (поглавље 2.4) и даје кратак осврт на основне онтолошке компоненте (поглавље 2.5), као и на постојеће онтолошке језике и алате за формално представљање онтологија (поглавља 2.5 и 2.6).

У трећем поглављу се даје општи теоријски медицински осврт на сколиозу кичме, посебно идиопатску сколиозу. На почетку поглавља се најпре описује етиолошка класификација сколиозе (поглавље 3.1), а потом биомеханика напредовања сколиозе (поглавље 3.2). Надаље је у поглављу 3.3 дат преглед номенклатуре и мерења сколиозе кичме, који подразумева идентификацију значајних пршљенова кичмених кривина (поглавље 3.3.1), одређивање величина кривина коришћењем мерне методе Кобових углова (поглавље 3.3.2), идентификацију примарних, секундарних, структурних и не-структурних кривина кичме (поглавље 3.3.3), процену кичменог поретка и баланса (поглавље 3.3.4), мерење ротације кичмених пршљенова (поглавље 3.3.5) и одређивање типова кривина према Ленковој класификацији сколиозе (поглавље 3.3.6). На крају у поглављу 3.4 се даје осврт на основне принципе третмана сколиозе у тренутној клиничкој пракси.

У четвртом поглављу је описан инкременталан методолошки приступ за развој онтологије сколиозе кичме *OBR-Scolio* и њену интеграцију у информациони систем *ScolioMedIS*, који се базира на четири основна корака: спецификација и концептуализација, формализација (поглавље 4.2), имплементација (поглавље 6) и евалуација и одржавање (поглавље 7.1). Спецификацијом онтологије идентификује се сврха и домен онтологије, док се концептуализацијом обезбеђује спецификација терминологије концепата и релација који су потребни за креирање онтологије (поглавље 4.1). У процесу спецификације и концептуализације *OBR-Scolio* онтологије примењен је хибридни метод (поглавље 4.1.3), који има за циљ искоришћења заједничких предности методологија колекције и анализе података. У поглављу 4.2 описан је процес формализације тј. развоја апликативне онтологије сколиозе *OBR-Scolio*, коришћењем форме *Protégé* оквира, на основу *OBR* и *FMA* референтних онтологија. Након развоја првобитне верзије *OBR-Scolio* онтологије коришћењем форме *Protégé* оквира, *OBR-Scolio* онтологија је накнадно преведена у *OWL DL* форму из разлога веће експресивности *OWL DL* језика, могућности визуелизације и коришћења аутоматских механизма закључивања у циљу тестирања конзистентности и хијерархијске организације класа у онтологији, провере инстанци, као и могућности дељења и интеграције са осталим биомедицинским *OWL* онтологијама (поглавље 4.2.3)).

У поглављу 5 детаљно су описани методолошки кораци при објектно оријентисаном моделовању информационог система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе *ScolioMedIS*, који се базира на *UML*-у (*Unified Modeling Language*). Објектно оријентисани развој информационог система *ScolioMedIS* се изводи кроз четири основна процеса: дефинисање захтева (поглавље 5.1), објектно оријентисана анализа (поглавље 5.2), објектно оријентисани дизајн (поглавље 5.3) и имплементација (поглавље 5.4).

У поглављу 6 детаљно је описана имплементација онтологије *OBR-Scolio* у виду дела информационог система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе –

ScolioMedIS. С обзиром да је за интеграцију онтологије *OBR-Scolio* у део информационог система *ScolioMedIS* коришћен *Protégé-OWL API*, који представља колекцију *Java* интерфејса према *OBR-Scolio* онтологији, одговарајући део информационог система за интеракцију са онтологијом израђен је у *Java* веб технологији коришћењем *Eclipse* програмског окружења.

У поглављу 7 је најпре описана евалуација онтологије *OBR-Scolio* (поглавље 7.1), а потом евалуација методологија визуелног прегледа пацијената (поглавље 7.2) и визуелизације оптичким скенирањем и оптичком (дигиталном) камером (поглавље 7.3), које поред 3D визуелизације кичме, представљају основне методологије информационог система *ScolioMedIS* за оптичку дијагностику и третман сколиозе кичме.

2. ОНТОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Онтолошко инжењерство је нова научно-истраживачка област у области вештачке интелигенције. Последњих неколико деценија врше се активна истраживања у овој области у циљу превазилажења општег проблема при развоју система базираних на знању, који се односи на размену и поновно коришћење знања између различитих система. Основна идеја је поставити стандардне моделе, таксономије, речнике и терминологије домена, и користити их за развијање одговарајућих модула знања и резоновања. Ови модули би се понашали као опште компоненте које би се користиле за изградњу система базираних на знању (уместо изградње од нуле). Нови системи би комуницирали са постојећим, делили декларативно знање, механизме резоновања и технике за решавање проблема.

У поглављу 2.1 најпре су наведене и описане основне дефиниције појма онтологије. Надаље се у поглављу 2.2 наводе разлози за креирање онтологија, као и основни правци примене онтологија. У поглављу 2.3 објашњени су основни типови онтологија, док се у поглављу 2.5 дефинишу основне онтолошке компоненте. Поглавље 2.4 даје преглед значајнијих метода и методологија развоја онтологија, док се у поглављу 2.6 даје преглед репрезентативних онтолошких језика и алата.

2.1. Дефиниција онтологије

Онтологија је термин позајмљен из филозофије, где она представља грану метафизике која се бави систематским објашњењем постојања, природом и врстом ствари или ентитета које егзистирају у универзуму [57]. Аристотел је био први филозоф који је увео појам онтологије у Метафизици. У [58] се истиче допринос различитих филозофа еволуцији појма онтологије током времена:

“Онтологија је наука постојања свих врста ентитета – апстрактних и конкретних који чине свет.”

“Предмет онтологије је проучавање категорија које постоје или могу постојати у неком домену.”

Преласком из филозофије ка вештачкој интелигенцији, значење термина онтологије се сужава, тако да онтологија представља модел ентитета и њихових међусобних интеракција генерално или у одређеном домену знања или праксе. Истраживачи из области вештачке интелигенције су најпре развијали онтологије да омогуће дељење и поновно коришћење знања од стране програма и људи, али су се онтологије такође добро показале и као снажни концептуални алат за моделирање знања. Упоредо са захтевима и развојем вештачке интелигенције и система заснованих на знању и дефиниција термина онтологије се мењала и развијала. Једна од првих дефиниција онтологије према [59] гласи: *“Онтологија дефинише основне термине и релације који чине речник одређене тематске области (домена), као и правила за комбиновање термина и релација за дефинисање проширења речника домена.”* Према овој дефиницији може се извести закључак да је у процесу креирања онтологије потребно дефинисати основне термине и релације између њих, као и правила за извођење нових термина и релација, чиме се постиже проширење речника домена.

Међутим најчешће коришћена и цитирана је дефиниција онтологије према [60], која гласи: *“Онтологија је експлицитна спецификација дељене концептуализације.”* У [61] ова дефиниција је преформулисана у: *“Онтологија је формална спецификација дељене концептуализације”*. Према [62] ове дефиниције су објашњене на следећи начин: концептуализацијом се постиже креирање апстрактног модела неког домена, на тај начин што се идентификују основни концепти домена, који представљају скупове ентитета (ствари) који егзистирају у домену, заједно са њиховим својствима (атрибутима), односно релацијама са другим ентитетима, као и ограничењима над тим концептима и њиховим својствима и релацијама. Домен може бити концептуализован различито, са различитих тачака гледишта и не постоји јединствена концептуализација домена. Спецификација је репрезентација ове концептуализације у конкретној форми. Један корак спецификације је управо представљање концептуализацији у неком од језика за моделовање знања. Реч експлицитно означава да су дефинисани концепти и ограничења њиховог коришћења, експлицитно дефинисани. Реч формално означава да онтологија треба да буде машински-читљива. Реч дељено означава да креирана онтологија није приватна и намењена за коришћење од стране само једног појединца или апликације већ читаве групе корисника. Другим речима употреба онтологија може допринети бољој подлози за комуникацију, интероперабилност и дељење знања, за различите апликације и људе.

Након наведене дефиниције [60] у литератури је проистекао читав низ сличних дефиниција онтологије. Према [63] се наводи: *“Онтологије пружају дељено и заједничко разумевање домена о коме се може комуницирати између људи и хетерогених и дистрибуираних апликативних система.”* Према [64] се наводи следећа дефиниција онтологија: *“Онтологије укључују неку врсту погледа на свет са респектом према датом домену. Поглед на свет је замишљен као скуп концепата (нпр. ентитета, атрибута, процеса), њихових дефиниција и њихових међусобних релација.”* У [65] се истиче следећа дефиниција онтологије: *“Онтологија може да има различите форме али обавезно поседује речник термина, и неку спецификацију њиховог значења. Наведено подразумева дефиниције термина и указивање на то како су концепти међусобно повезани и заједно утичу на структуру домена и ограничавају могућа тумачења термина.”*

2.2. Разлози за креирање онтологија и основни правци примене

Онтологија дефинише заједнички речник за истраживаче који имају потребу да деле информације из одређеног домена. Она садржи машински-читљиве дефиниције основних концепата домена и њихових међусобних релација. Неки од основних разлога за развој онтологија, према [66] су:

- *Дељење заједничког разумевања структуре информација међу људима или софтверским агентима* је један од најчешћих циљева при развоју онтологија [67], [68]. На пример, ако више различитих веб сајтова садржи информације из неке области или пружају услуге е-трговине и ако деле исту онтологију коришћених термина, тада агенти могу да издвоје и сакупе информације из тих различитих сајтова. Агенти могу користити те сакупљене информације као одговор на упите корисника или као улазне податке за друге апликације.
- *Поновно коришћење доменског знања* је један од основних и најбитнијих разлога за развој онтологија [69]. Онтологија неког домена није сама себи циљ, већ је намењена за коришћење од стране других програма. Могућност

поновно коришћења је управо она карактеристика која разликује онтологије од шеме база података, иако обе представљају концептуализацију неког домена. Другим речима шема базе података је намењена да задовољи само једну апликацију, док се онтологија може поново користити у многим апликацијама.

- *Експлицитна спецификација доменског знања* посебно је корисна новим корисницима за учење значења појединих термина из домена. Са друге стране експлицитне доменске претпоставке у онтологији се могу лако изменити, уколико се знање о домену променило. Насупрот њима, претпоставке о домену које су изражене неким програмским кодом, не само да се тешко проналазе и разумевају већ и тешко мењају, посебно од стране појединаца са недовољно програмског искуства.
- *Одвајање доменског знања од оперативног знања* је још један од честих разлога употребе онтологија. Програм који имплементира конфигуравање неког производа од његових саставних компоненти, према захтеваним спецификацијама независан је од врста производа и његових саставних компоненти [70]. Са друге стране, онтологија која описује саставне компоненте и карактеристике тачно одређеног производа, уско је везана за сам производ. На тај начин се имплементирани алгоритам конфигурације било ког производа може применити за конфигуравање тачно специфичног производа, чије су компоненте описане онтологијом [71].
- *Анализирање доменског знања* је један од битних разлога за развој онтологија, које обезбеђују анализирање доменског знања на основу декларативних спецификација термина из домена. Формална анализа термина је врло корисна када покушавамо да користимо постојеће онтологије или да их проширујемо.

Онтологије се према [72], [73] могу користити у широком опсегу апликационих сценарија:

- *Неутрално ауторство моделовања знања* – Знање се ауторизује у једном језику за моделовање знања и конвертује тј. преводи у различите језике за моделовање знања у циљу употребе у што већем броју различитих циљних система. Превођење из једног језика за моделовање знања у други може бити директно, ручно или аутоматизовано, при чему се у процесу превођења мора узети у обзир и синтакса и семантика репрезентованих концепата. Предности су могућности поновне употреба знања, побољшано одржавање и дугорочно чување знања;
- У случају дефинисања шеме базе података, потребно је кроз *онтолошку спецификацију извршити дефинисање заједничког речника за анотацију базе података*. Заједничким речником се постиже опис, дељење и постављање упита према бази података. Предности су документовање, одржавање, поузданост, дељење и поновна употреба знања;
- *Обезбеђивање заједничког, дељеног приступа хетерогеним и иначе неприступачним изворима информацијама од стране разноврсних циљних апликација или људи*. Уколико постоји потреба за дељењем одређених информација, које су иначе изражене неприступачним и непознатим речником термина, онтологија у овом случају омогућава да се информације логичније и разумљивије представе, омогућујући бољу интероперабилност, дељено разумевање и ефективније поновно коришћење ресурса знања;

- *Онтолошки-базирани претраге креирањем упита према базама података.* Онтологија се у овом случају користи за претрагу неке базе података тј. информационог складишта. Упити који дају много резултата се могу побољшати и прецизирати коришћењем релација у оквиру онтологије и кретањем навише и наниже дуж хијерархијског стабла у онтологији. На овај начин се постиже ефективније коришћење и поновна употреба ресурса знања.
- *Разумевање анотација база података и стручне литературе* – ове онтологије су дизајниране да подрже природно језичку обраду која не само да представља везу са доменом знања већ и са начином како је знање повезано са језичким лексичким и граматичким структурама.

Онтологија се користи у вештачкој интелигенцији, семантичком вебу, софтверском инжењерству, биомедицинској информатици, библиотекарству и информационој архитектури као вид репрезентације знања о свету или неким његовим деловима. С обзиром да је циљ овог рада конструкција онтологије из биомедицинског домена у даљем тексту биће размотрени најчешћи апликациони сценарији коришћења биомедицинских онтологија. Према [74] био-онтологије се најчешће користе у апликационим биомедицинским сценаријима, који се могу груписати на:

- *Претраживање и постављање упита хетерогеним биомедицинским подацима* – Онтологија има за циљ да уједини и униформно и конзистентно представи разноврсне изворе информација о биомедицинским ентитетима који су у њима различито представљени. Наиме, у биомедицини постоји велики број синонима, скраћеница и акронима који се односе на исте ентитете, тако да онтологија треба да садржи јединствену класу за идентификацију сваког таквог ентитета, на тај начин што ће на релевантан начин представити и све његове синониме, скраћенице и акрониме омогућујући на тај начин једноставно претраживање и проналажење потребних података постављањем упита.
- *Размена података између апликација* – Онтологијом се постиже експлицитна спецификација термина и релација који су коришћени за представу биомедицинских информација у циљу размене података са другим апликацијама. Коришћењем веб-базираних онтолошких језика, попут *RDF*-а и *OWL*-а (поглавље 2.6.1) постиже се публикување и представа онтолошких информација на вебу, омогућујући њихову једноставнију и бржу размену и дељење.
- *Интеграција информација* – Онтологије обезбеђују поспешивање процеса интеграције, приступа и постављање упита у циљу претраживања потребних података.
- *Метод природно језичке обраде (Natural Language Processing (NLP))*, које се примењују на биомедицинске текстове у циљу екстракције информација све више користе онтологије. Специфична улога које онтологије имају у апликацијама које врше природно језичку обраду варира у зависности од експресивности коришћених онтологија. Са једне стране онтологије обезбеђују препознавање назива ентитета или концепата у тексту, док са друге стране онтологије својом базом знања помажу апликацијама које врше природно језичку обраду у процесу прикупљања чињеница из текста.
- *Представа енциклопедијског знања* – Онтологија се не користи само као извор стандардизованих имена ентитета већ и за представу њихове међусобне релацијске повезаности. На сличан начин, многе биомедицинске

енциклопедије описују не само компоненте од којих су сачињени живи системи (ентитети) већ и начине њиховог функционисања и интеракције са другим компонентама (релације). Међутим, биомедицинским енциклопедијама се може приступити само од стране људи, док онтологијама које се све више користе за експлицитну представу биомедицинског енциклопедијског знања могу приступити и људи и рачунари.

2.3. Типови онтологија

Основна идеја која лежи иза сваке онтологије је да она треба да има могућност поновног коришћења. Међутим, нека онтологија се може поново користити уколико се она користи за исту сврху за коју је и развијена. Немају све онтологије исту сврху и могу да имају делове, који се могу поново користити и делове који се не могу поново користити. Такође се онтологије међусобно разликују према покривености одређеног домена и степену детаљисања. Према начину употребе постоје три основна типа онтологија:

1. *Доменски-оријентисане* – Ове онтологије су доменски специфичне, а развијају се у циљу неке специфичне апликативне примене.
2. *Оријентисане према решавању задатка*, које могу бити оријентисане према решавању специфичног задатка или према уопштеном решавању проблема, задатака;
3. *Опште онтологије* – Ове онтологије садрже заједничке концепте на високом нивоу, а показале су се посебно корисне за поновну употребу и дељење, јер омогућавају да други концепти буду коректније или поузданије смештени у онтологију. Постоје две основне врсте општих онтологија:
 - *Референтне онтологије* – Ове онтологије представљају генерализацију једног или више домена, обезбеђујући неопходан онтолошки оквир за интеграцију или извођење различитих мањих доменских-оријентисаних онтологија. Примери референтних биомедицинских онтологија, које представљају генерализацију анатомског, патолошког и/или физиолошког домена су: *FMA (Foundational Model of Anatomy)* [23], [31], [75], *UMLS (Unified Medical Language System)* [76], [77], [78], *SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms)* [79], [80], *GALEN* [81], [82] и многе друге *OBO (Open Biomedical ontologies)* онтологије [83]. *FMA* је референтна онтологија анатомије људског тела, док *UMLS* представља референтну онтологију која у оквиру своје *UMLS Metathesaurus* компоненте интегрише у јединствен биомедицински речник: *NCBI* таксономију [84], *Gene Ontology* [85], [86], *Medical Subject Headings (MeSH)* [87], [88], *OMIM* [89] и *Digital Anatomist Symbolic Knowledge Base* [90]–[92]. *SNOMED CT* је референтна онтологија здравствене заштите која представља колекцију медицинских термина који се користе у клиничким документима и извештајима, док је *GALEN* референтна онтологија медицинских и клиничких термина која је написана у *GRAIL* језику (види поглавље 2.6.1).
 - *Формалне (вршне онтологије или фундаменталне онтологије)* – ове онтологије су доменски независне базиране на тестираном принципу онтолошке конструкције, а описују опште концепте који су исти у свим доменима, обезбеђујући валидни оквир за интеграцију или извођење више

референтних онтологија. Примери формалних, вршних биомедицинских онтологија су: *DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering)* [93] и *BFO (Basic Formal Ontology)* [94], *GFO (General Formal Ontology)* [95], *UFO (Unified Foundation Ontology)* (UFO) [96], [97] и др. *DOLCE* је вршна онтологија која има за циљ описно представљање онтолошких категорија, који се заснивају на когнитивној људској перцепцији, културним и социјалним нормама у природном језику. *DOLCE* онтологија је намењена за опис конкретних примерака инстанци ентитета а не њихових универзалних класа. *BFO* је вршна онтологија, која се састоји од *SPAN* онтологије, која се односи на *процесе* и *SNAP* онтологије, која се односи на *континуитете*, учеснике у тим процесима. *GFO* је вршна онтологија *процеса*, који поседују карактеристику временске променљивости и *објеката*, који се временски не мењају. *UFO* онтологија је настала као синтеза следећих фундаменталних онтологија: *GFO*, *DOLCE* и *OntoClean*, која представља фундаменталну онтологију универзалних класа ентитета, па је стога основна сврха *UFO* онтологије да обезбеди основу концептуалног моделовања. Састоји се од *UFO-A* онтологије за анализу конструктора концептуалног моделовања и свих међусобних релација између концепата, затим *UFO-B* онтологије догађаја, као и *UFO-C* онтологије друштвеног аспекта. Њихова интеграција се користи за анализу, поновни дизајн и интеграцију других референтних онтологија у бројним комплексним доменама: нафте и гаса, пословног моделовања, софтверског инжењерства, научних услуга, телекомуникација и биоинформатике.

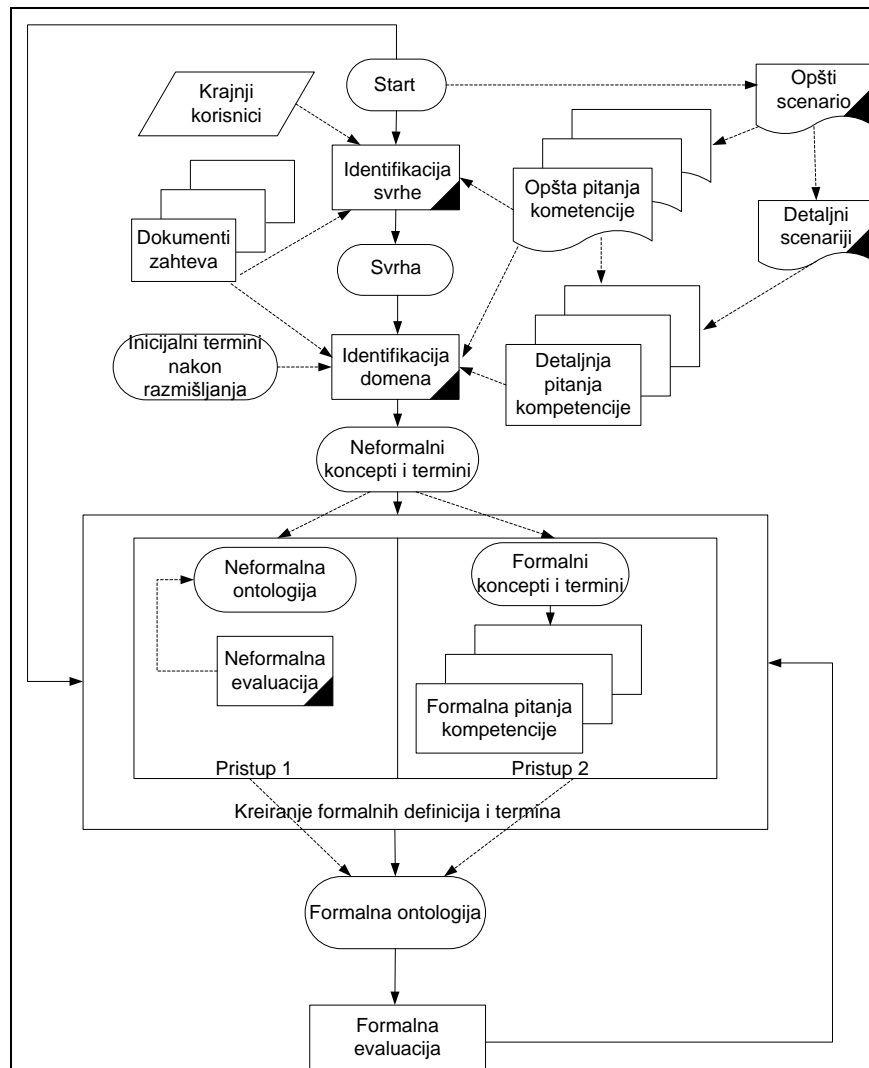
Добро формирана онтологија треба да буде изграђена на модуларан начин, коришћењем мешавине општег домена, уопштеног решавања задатака и конкретне апликационе примене. Њени делови су јасно дефинисани, тако да се она може поново употребити. Мање добро формирана онтологија ће имати наведене разлике нејасне, што ће знатно отежати њену поновну употребу и модификацију.

2.4. Методологије, методе и основни принципи изградње онтологија

Да бисмо описали методологије и методе изградње онтологија, најпре ћемо дефинисати значења оба појма. Према [98], методологија се дефинише као „свеобухватан, интегрисан низ техника или метода које креирају опште теорије како неки посао треба да буде извршен“. Са друге стране, метод је „скуп уређених процеса или процедура које се користе у инжењерству производа или за извршавање услуге“. IEEE такође дефинише да је техника „техничка и менаџерска процедура која се користи за постизање задатог циља“.

Иако постоје искуства у развоју и коришћењу онтологија, поље онтолошког инжењерства није још до те мере развијено да постоје стандардизоване методологије за развој онтологија. Такве стандардизоване методологије би укључивале низ фаза које би се дешавале у процесу развоја онтологија, смернице и начела за помоћ у различитим фазама, као и животни циклус онтологија, који дефинише и међусобну релацију појединих фаза [64]. Најпознатије смернице за развој онтологија дате су у [69], за подстицај развоја што више поновно-употребљивих онтологија. Напори у покушају изградње свеобухватне методологије за развој онтологија обухватају (нпр. [26], [64], [99]–[105]) и њихов преглед је дат у [106], [107].

Постојеће методологије имају заједничко то да све почињу са идентификацијом сврхе онтологије и потребом за аквизицијом доменског знања, а разликују се у појединим корацима. Најпознатије методологије поређане по хронолошко редоследу су: Сус [60], *TOVE* [100], *Skeletal* [101], *Методологија V-модела за изградњу онтологија* [106], *KACTUS* [103], *SENSUS*, *METHONTOLOGY* [99], [104], *OntologyDevelopment 101* [66], *OTK* [105], *Termonography* [109]–[111], *DOGMA* [112]–[114], *TERMINAE* [115], [116], *47-step guide to knowledge acquisition* [117], *DILIGENT* [118], [119] и *Инкременталан методолошки приступ* [36]. Поред наведених методологија које су намењене првенствено за изградњу једне онтологије, потребно је напоменути и најновију методологију која је намењена за изградњу мреже онтологија – *NeOn* методологију [120].



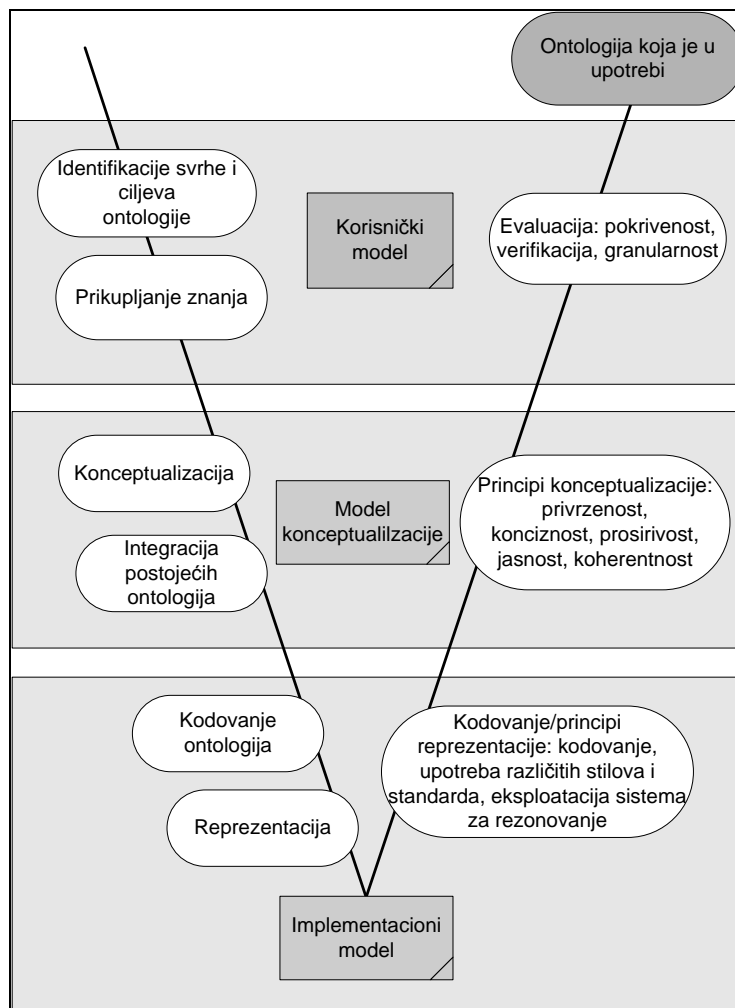
Слика 2.1. Преглед методолошких корака према *Skeletal* методологији. Адаптирано према [107]

1. Сус методологија [60] креирања истоимене онтологије, која је намењена за репрезентацију дељеног знања о свету се састоји се од три фазе. Прва фаза подразумева спецификацију знања на основу различитих извора, при чему се врши ручна екстракција знања које је у њима имплицитно садржана. Друга и трећа фаза се састоје од аквизиције ново добијеног знања коришћењем природног језика или машинских алата за учење. Разлика између ових фаза се

састоји у томе што се у другој фази аквизиција овог знања обавља углавном од стране људи, док се у трећој фази ова аквизиција обавља од стране алата.

2. *TOVE (Toronto Virtual Enterprise)* методологија [100] је инспирисана развојем система заснованих на знању који се базирају на коришћењу дескриптивне логике првог реда. Ова методологија се састоји од следећих фаза:
 - Идентификација главног мотивационог сценарија онтологије, тј. разлога изградње онтологије као и могућих апликација у којима ће онтологија бити коришћена;
 - Дефинисање захтева онтологије у виду неформалних питања компетенције [99] на које онтологија треба да понуди одговор;
 - Спецификација терминологије онтологије коришћењем логике првог реда: објекти, атрибути и релације, при чему се најпре идентификују објекти, затим њихови атрибути који се дефинишу као унарни предикати, док се након тога дефинишу релације између концепата коришћењем n -арних предиката;
 - Спецификација дефиниција и ограничења у онтологији;
 - Евалуација онтологије тестирањем формално дефинисаних питања компетенције у односу на креирану онтологију.
- 1)
3. *Skeletal* методологија [101], која је коришћена у *Enterprise* онтологији, а састоји се од четири фазе (слика 2.1):
 - *Идентификација сврхе и домена онтологије* – Она обухвата: дефинисање сврхе онтологије, дефинисање мотивационих сценарија и питања компетенције, идентификацију корисничког домена, креирање документа корисничких захтева за циљне апликације или софтверског система у коме ће онтологија бити коришћена и одлучивање о степену формалности онтологије;
 - *Изградња онтологије* – Ова фаза се састоји од више делова: 1) *Прикупљање знања из домена* – подразумева прикупљање знања кроз процес размишљања, идентификацију кључних концепата и релација и генерисање текстуалних дефиниција концепата и релација. На крају се врши идентификација термина који се односе на дефинисане концепте и релације. Препоручује се креирање онтологије од средине, у коме се најпре идентификују најважнији концепти, који се потом генерализују и специјализују у друге концепте; 2) *Кодирање* – подразумева експлицитну репрезентацију онтологије у неком формалном језику; 3) *Интеграција* – У трећој и завршној под фази се разматра да ли и како искористити већ постојеће онтологије за интеграцију; 4) *Евалуација и документовање*. Евалуација подразумева проверу да ли онтологија испуњава дефинисане захтеве и питања компетенције. Након евалуације потребно је извршити документовање онтологије.
4. *Методологија V – модела за изградњу онтологија* – инспирисана је V процесним моделом софтверског инжењерства [106] и описаном *Skeletal* методологијом, а представљена је на слици 2.2, док је на слици 2.3 представљен животни циклус изградње онтологија. Лева страна V дијаграма дефинише процесе у изградњи неке онтологије, док десна страна графика представља смернице, принципе и

евалуацију која се користи за осигурање квалитета онтологије која се развија. Целокупни процес, међутим, пролази кроз животни-циклус, који је приказан на слици 2.3.



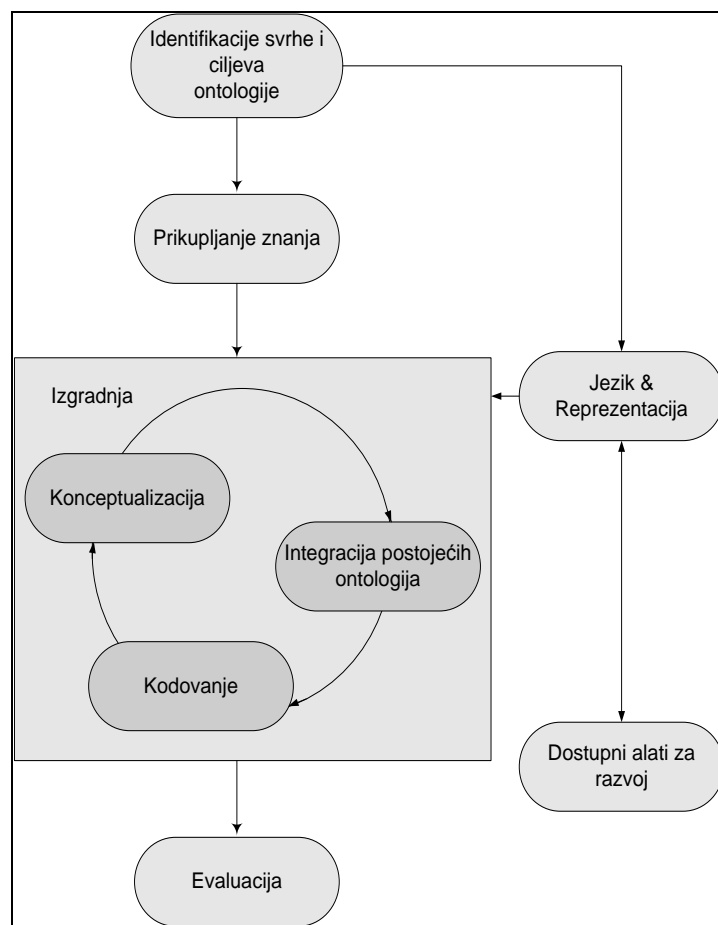
Слика 2.2. Методологија V-модела за изградњу онтологија

Методологија према V процесном моделу и животном циклусу обухвата следеће кораке:

- *Идентификација сврхе и циљева онтологије* – У првој фази се идентификује сврха онтологије тј. разлог њене изградње и дефинише њена основна намена. Ова активност подразумева спецификацију захтева онтологије путем идентификације сврхе и циљног домена онтологије. Добро дефинисана спецификација захтева је веома важна за дизајнирање, евалуацију и поновну употребу онтологије.
- *Аквизиција (прикупљање) знања* – Овај процес обухвата аквизицију доменског знања на основу којег ће онтологија бити израђена. Комплетан спектар носиоца знања из одређеног домена сачињавају: интервјуи са специјалистима из одговарајуће области, базе података, стандардне текстуалне књиге, научни радови, као и друге онтологије. У овом процесу такође је потребно сакупити мотивационе сценарије и *неформална питања компетенције* [99] – то су неформална питања на која онтологија мора дати одговор и која ће се користити за проверу да ли онтологија одговара циљној сврси.

- *Израда онтологије* се састоји од три процеса: 1) *Концептуализација онтологије*. Овај процес подразумева идентификовање кључних концепата и релација у посматраном домену, њихових својстава и међусобних релација (поглавље 2.5), затим идентификацију језичких термина који се односе на те концепте, релације и атрибуте и на крају структурирање доменског знања у експлицитни концептуални модел. У раду [69] се предлаже да се направи листа концепата који треба да буду садржани у онтологији и да се изврши истраживање других сличних онтологија у циљу поновног коришћења свих или неких делова њихове концептуализације и терминологије. У овој фази неопходно је да се у виду имају резултати првог корака тј. спецификовани захтеви онтологије. Према овој методологији предлажу се три стратегије идентификација главних концепата онтологије: Приступ креирања онтологије идући од *врха ка дну*, у коме се најпре врши идентификација основних концепата онтологије, а потом се врши њихова специјализација у специфичније концепте. Приступ креирања од *дна ка врху* у коме се најспецифичнији концепти идентификују прво, а затим они генерализују у апстрактније концепте. Приступ креирања од средине, у којем се најважнији концепти најпре идентификују, па се потом они генерализују и специјализују у друге концепте. 2) *Кодирање*. Овај процес подразумева репрезентацију концептуализације онтологије у неком формалном језику за моделовање онтологија, што повлачи за собом постављање и одговор на формална питања компетенције у смислу термилошке спецификације одабраног језика (обично језика који се базирају на дескриптивној логици првог реда). 3) *Интеграција* постојећих онтологија. Овај процес подразумева коришћење или интеграцију постојећих онтологија. Међутим, недостатак адекватне документације постојећих онтологија, посебно њихових имплицитних тврђења често отежава овај задатак. С тога се у циљу интеграције препоручује коришћење општих, вршних онтологија [121], јер оне обезбеђују опширнију и дубљу дефиницију концепата одабраног домена.
 - *Евалуација*. Овај процес подразумева процену онтологије у односу на спецификацију захтева тј. одређивање у ком степену је добијена онтологија подесна за намењену апликативну примену. Евалуација се врши прагматично, процењујући компетентност онтологије да задовољи захтеве своје апликативне примене и укључује одређивање конзистентности, комплетности и концизности онтологије [122]. Концизност подразумева одсуство редундантности у дефиницијама онтологије и одговарајућу грануларност.
 - *Документација*. Овај процес подразумева документовање онтологије према типу и намени. Неформалне и формалне претпоставке, комплетне дефиниције и примери су од суштинског значаја за промовисање одговарајуће употребе и поновно коришћење онтологије. Документација је важна за свеобухватније и шире дефинисање тачног значења термина унутар онтологије, него што је то могуће у оквиру саме онтологије.
5. Према *CACTUS* методологији [103] онтологија се креира за одређену апликациону примену, коришћењем процеса апстракције, који подразумева креирање онтологије идући од дна према врху. Ова методологија узима у обзир могућност поновног коришћења (прилагођавања и проширења) онтологија, које су већ развијене за употребу у различитим апликацијама домена. Другим речима

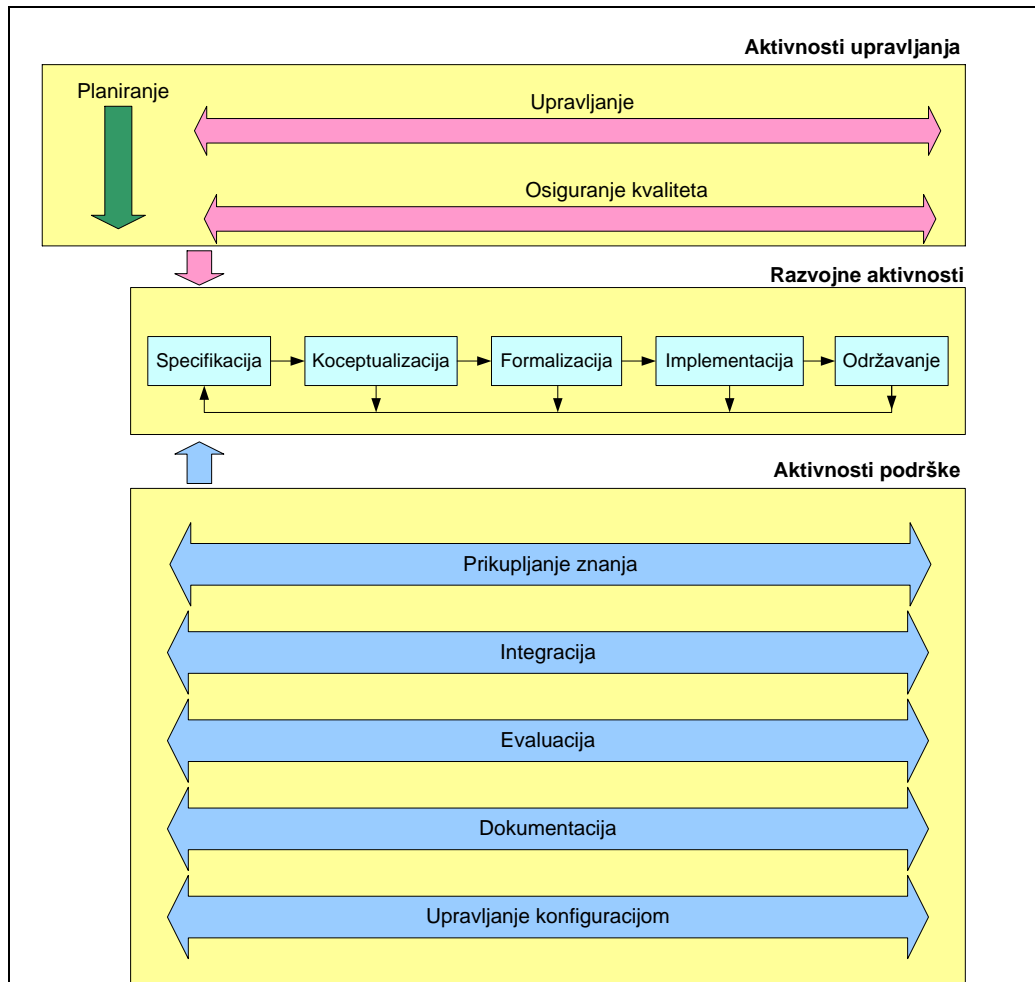
у методологији се предлаже да се најпре почне са изградњом базе знања за специфичну апликацију. Након тога, када се пронађе база знања друге апликације у истом домену, према овој методи предлаже се да се генерализује прва база знања и да се она прилагоди обема апликацијама. Примењујући овај метод рекурзивно, онтологија ће представљати свеобухватно знање које ће бити потребно у свим апликацијама посматраног домена. *KACTUS* приступ има три фазе који се спроводе сваки пут када се креира апликација базирана на онтологији: 1) Спецификација апликације и спецификација листе релевантних термина и задатака; 2) Прелиминарни дизајн, који се врши према претходној листи и спецификацијама, што такође може укључити претрагу већ развијених онтологија и 3) Побољшавање и структурирање онтологије које представља прилагођење онтологије финалном дизајну апликације. Овај приступ не нуди довољно детаља у вези посебних техника подршке у појединим фазама развоја, а такође недостају и препоруке у вези документације, евалуације и одржавања.



Слика 2.3. Животни циклус изградње онтологије према методологији V-модела

6. *SENSUS* метод [26] је приступ креирања доменски специфичних онтологија на основу већих, референтних онтологија опште намене, идући од врха према дну. Према овој методи аутори предлажу идентификацију групе кључних термина, који су релевантни за одређени домен и њихово ручно додавање у референтну онтологију, чиме се постиже да доменски специфична онтологија која се креира, поред својих кључних концепата садржи и све одговарајуће над концепте референтне онтологије, све до њеног корена. Уколико се пронађе нови термин који је релевантан домену, а који још увек не постоји у референтној онтологији,

он се опет ручно додаје и претходни корак се поново обавља, све док се у референтну онтологију не укључе сви релевантни концепти. Коначно, за оне концепте које треба додати у онтологију, а имају велики број под-концепата у свом стаблу, од којих је за доменску онтологију релевантан већи број тих под-концепата, врши се додавање комплетног стабла релевантног концепта. Наведени приступ подстиче делење знања, с обзиром да се иста референтна онтологија користи за изградњу онтологија у одговарајућим специфичним доменима.



Слика 2.4. METHONTOLOGY методологија развоја онтологија. Адаптирано према [107]

7. METHONTOLOGY [99], [104] је једна од познатијих методологија креирања онтологија од почетка, која подразумева следеће кораке (слика 2.4): идентификацију процеса развоја онтологије, која дефинише задатке, активности које је потребно спровести у процесу креирања онтологије, затим животни циклус развоја, који дефинише редослед корака примене активности у току процеса креирања онтологије, као и коришћене технике за спровођење појединих активности развоја онтологије. Идентификација процеса развоја онтологије дефинише следећа три задатка, активности које је потребно спровести у процесу креирања онтологија:

- активности управљања: планирање, управљање и осигурање квалитета;

- *активности развоја*: спецификација сврхе онтологије и дефинисање њеног домена, концептуализација, формализација, имплементација и одржавање, при чему је главна фаза концептуализације.
- *активности за подршку*: аквизиција (прикупљање) знања, интеграција, евалуација, документација и управљање конфигурацијом.

Најпре се спроводи процес спецификације сврхе онтологије, постављање неформалних или формалних питања компетенције и дефинисање њеног домена и крајњих корисника, па се потом врши прикупљање знања, које се врши спровођењем структурних или не-структурних интервјуа, формалном и неформалном анализом, текста или екстракцијом из других онтологија. Након овога се спроводи фаза концептуализације, на тај начин што се најпре дефинишу речници и термини из задатог домена (са дефиницијама, синонимима и акронимима) коришћењем стратегије од средине ка крајевима. Дефинисани термини се потом класификују у једну или више таксономија концепата, па се потом дефинишу бинарне релације између концепата и изграђује речник концепата, који се састоји од класа и атрибута. Након овога се детаљније специфицира речник концепата, на тај начин што се дефинишу својства релација (кардиналност, инверзна својства итд.), аксиоме и правила. Следећи корак је провера да ли постоје онтологије које се могу користити у циљу интеграције. Резултат имплементационе фазе је онтологија представљена у формалном језику, након чега се спроводи процес евалуације (верификација, валидација и процена) и документовања. Поред наведених активности, ова методологија подразумева листу активности које се морају спровести током процеса поновног коришћења онтологије и ре-инжењерских процеса, али не обезбеђује детаљни водич за наведене активности. Такође, ова методологија не узима у обзир поновну употребу и реконструисање постојећих не-онтолошких извора.

8. *OntologyDevelopment 101* [66] је једноставна методологија у инжењерству знања, која се састоји од 7 корака, који се више презентују као скуп идеја за помоћ приликом онтолошке конструкције, а не као кораци нове методологије. У том циљу коришћен је *Protégé 2000* алат онтолошке конструкције. Ових 7 корака обухватају: 1) *Одређивање домена и опсега онтологије*: Шта је домен кога онтологија треба да покрије? За шта ћемо користити онтологију? На који тип питања (питања компетенције) информације у онтологији треба да дају одговор? Ко ће користити и одржавати онтологију? Један од начина одређивања домена и опсега онтологије је листа неформалних питања компетенције, која могу касније послужити приликом тестирања онтологије: Да ли онтологија садржи довољно информација да одговори на ова питања? Да ли су одговори на питања имплицитно или експлицитно садржани у онтологији? 2) *Разматрање употребе постојећих онтологија и начин њиховог коришћења*; 3) *Дефинисати листу важних термина, који се желе реченично описати у онтологији или објаснити кориснику у онтологији*: Који су термини о којима желимо да причамо? Која својства ови термини поседују? Шта желимо да кажемо о терминима? 4) *Дефинисање класа и класне хијерархије коришћењем једне од следећих приступа*: приступ од *врха ка дну*, приступ од *дна ка врху*, комбинација наведених приступа. Приликом креирања таксономије потребно је избегавати циклусе и вишеструко наслеђивање, при чему класе на истом нивоу треба да имају исти степен генералности. Овде се такође саветује када увести нове класе или инстанце. 5) *Дефинисање својстава класних-слотова*. Након дефинисања класне хијерархије потребно је специфицирати класна својства (атрибуте). Они

се могу поделити на: битна (есенцијална) својстава, не-есенцијална својстава, структурне релације, релације са другим индивидуама. Овде је такође потребно проверити да ли су неке релације инверзне или не, као и то да ли је корисно специфицирати подразумевану вредност неког атрибута. 6) Дефинисање вредности типова слотова: *string, number, boolean slots, enumerated slots, instance-type slots*; кардиналност; домен и опсег. 7) Креирање индивидуалних инстанци класа у хијерархији.

9. *OTK (On-To-Knowledge)* методологија [105] подразумева идентификацију циљева које треба постићи развојем онтологија, а базирана је на анализи корисничких сценарија. Онтологије развијене према овој методологији су прилично зависне од саме апликације. Процеси који се предлажу у овој методологији су:

- *Студија изводљивости*, која се изводи пре почетка развоја онтологије, а подразумева идентификацију улога, случајева употребе, као и опис одговарајућих сценарија коришћења и развоја коришћења онтологије.
- *Спецификација захтева* – У овом процесу се врши: прикупљање и специфицирање захтева онтологије (циљ, домен и опсег онтологије), идентификација питања компетентности, анализирају се онтологије и други извори знања који се могу користити и изграђује прва радна верзија онтологије.
- *Усавршавање онтологије*, која подразумева добијање квалитетне циљне апликационо-оријентисане онтологије коришћењем цикличног приступа. Овај процес има две активности:
 - Дефинисање знања са доменским експертима, коришћењем прве радне верзије онтологије из претходног корака, која се модификује и проширује;
 - Формализација циљне онтологије;
- *Евалуација онтологије*, која се спроводи у апликационом окружењу, а подразумева технолошки базирану евалуацију (проверу конзистентности и језичког подудараности), кориснички базирану евалуацију (процену спецификованих захтева и питања компетенције на циљној онтологији) и онтолошки базирану евалуацију (формална анализа онтологије).
- *Одржавање онтологије*.

У фази спецификације захтева, ова методологија сугерише да је потребно пронаћи потенцијално поновно употребљиве онтологије, али се не нуди никакво детаљно упутство за идентификацију и поновну употребу оваквих онтологија. Такође, ова методологија не наводи експлицитно смернице за поновно коришћење и реконструисање не-онтолошких извора.

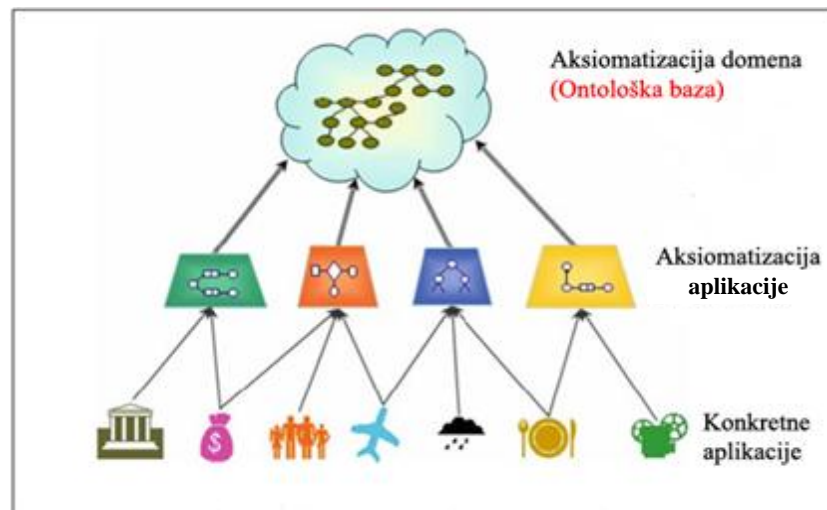
10. *Termontography* методологија [109]–[111] је оријентисана ка превођењу и анализи више језичких термина, у циљу њихове интеграције у онтолошку архитектуру. Први корак се састоји у специфицирању доменски специфичних категорија и њихових међусобних релација да би се олакшала ручна и полу-аутоматска екстракција знања из текстуалних извора. Стога аутори првенствено предлажу приступ идући од средине ка крајевима. Дијаграм тока ове методологије састоји се од следећих фаза:

- *Фаза анализе* – подразумева спецификацију извештаја терминологије, на основу извештаја корисничких захтева онтологије, у коме су описани домен, опсег и кориснички захтеви.

- Фаза сакупљања информација – подразумева претрагу одговарајућих текстуалних материјала у сарадњи са доменским експертом.
- Фаза претраге – У овој фази се врши екстракција термина и израда почетне верзије терминологије.
- Фаза усавршавања – подразумева израду прве верзије терминологије.
- Фаза верификације – подразумева проверу конзистентности и исправности.
- Фаза валидације – подразумева валидацију према иницијално успостављеним захтевима.

11. *DOGMA* методологија [112]–[114] се у основи базира на релацији између домена и апликације, представљених одговарајућим аксиомима (слика 2.5). Домен представљен аксиомима садржан је у онтолошкој бази, која дефинише значење речника домена, док је апликација представљена аксиомима дефинише како и на који начин ће бити коришћени доменски концепти. *DOGMA* методологија се састоји од следећих фаза:

- Припремна фаза се састоји од следећих корака: 1) Дефиниција целокупне сврхе и циља развоја; 2) Студија изводљивости; 3) Припрема израде и дефинисање опсега и домена – подразумева дефинисање корисничких захтева, дефинисање сврхе, идентификацију домена, превођење разноврсних извора знања, ограничавање на задати опсег, дефинисање сценарија и одговарајућег правца развоја;
- Фаза концептуализације домена;
- Апликационо специфична фаза;
- Структурирање;
- Дефинисање питања компетенције;
- Дефинисање семантичких ограничења;
- Одговарање на питања компетенције;



Слика 2.5. *DOGMA* систем развоја онтологија. Адаптирано према [107].

12. *TERMINAE* методологија [115], [116] развоја онтологија подељена је на пет корака, при чему се претпоставља: да особа која изграђује онтологију поседује обимно знање из домена онтологије, тако да је она/он у стању да одлучи који од термина (именице, фразе, глаголи или придеви) су погодни за употребу као доменски термини, као и који концепти и релације одговарају тим доменским

терминима. Особа која изграђује онтологију добро зна како и за шта ће се онтологија користити. Процес уређивања онтологије се врши током њене конструкције. *TERMINAE* методологија се састоји од следећих корака:

- *Конструкција тела онтологије* – подразумева избор и организацију тела онтологије;
- *Језичка студија* – подразумева лингвистичку анализу, коришћењем једног или више алата за обраду природног језика.
- *Нормализација* – се врши коришћењем одређених критеријума и принципа.
- *Формализација* – подразумева формализацију и валидацију коришћењем различитих језика дескриптивне логике.

13. Методологија *47-step guide to knowledge acquisition* [117] фокусирана је на процес аквизиције знања, али се знатно разликује од осталих методологија јер је њена примена генерална у смислу, да се ова методологија може употребити у било ком пројекту за аквизицију знања. Главни и најрелевантнијих кораци ове методологије су:

- *Стартовање пројекта, дефинисање његовог домена и опсега и планирање*, које између осталог подразумева: 1) Идентификацију пројектне идеје, прикупљање мишљења у вези ове идеје и давање и усвајање додатних предлога; 2) Утврђивање и избор области знања, усвајање домена и идентификација извора знања; 3) Креирање пројектног распореда.
- *Иницијално прикупљање и моделовање*, које између осталог подразумева припремање и спровођење полу-структурних интервјуа и њихово преписивање. У циљу анализе преписа потребно је направити стабло концепата и извршити потврду његове валидности;
- *Креирање речника, мета-модела, модела релација, атрибута и вредности*;
- *Спровођење моделовања процесног знања*;
- *Провера валидност модела са експертима*;
- *Детаљно прикупљање и моделовање*, које између осталог подразумева: 1) Спровођење додатних интервјуа и креирање завршног модела; 2) Креирање и приступ прототипу крајњег производа; 3) Прикупљање и моделовање детаљног процедуралног и концептуалног знања од експерата, које подразумева коришћење различитих техника, базираних на интервјуима; 4) Спровођење унакрсне провере валидности, превазилажење разлика у мишљењима и обезбеђивање провере валидности целокупног знања.
- *Креирање завршног модела заснованог на знању и базе знања*.
- *Дељење сакупљеног знања*, које између осталог подразумева: 1) Креирање и приступ привременом крајњем производу; 2) Креирање, реализацију и објављивање крајњег производа; 3) Документацију научених лекција.

Основни недостатак наведених метода је што оне не узимају у обзир заједничку и дистрибуирану конструкцију онтологија. Заједничка конструкција се предлаже у методу СО4 [123]. Овај метод користи протокол за прихватање нових делова знања са остатком претходно прихваћене архитектуре знања. При дистрибуираном развоју онтологија постоји више експерата са различитим и комплементарним вештинама, који су укључени у заједничку изградњу исте онтологије. Након изградње, иницијална онтологија се ставља на располагање корисницима који је могу слободно локално користити и модификовати према својим сопственим потребама. Постоји централно саветодавно тело које је одговорно за одржавање и дељене онтологије и

осигурање њеног квалитета. Централно саветодавно тело је такође одговорно за контролу процеса надограђивања онтологије. Такође се очекује да учесталост измене онтологије, која се заједнички дели буде већа неко иначе, јер се са више страна предузима процес евалуације.

14. *DILIGENT (DIstributed Loosely-controlled evolvInG Engineering of oNTologies)* методологија [118], [119] намењена је за дистрибуирано онтолошко инжењерство, које се базира на међусобној сарадњи. Процес развоја онтологије укључује следећих пет активности: изградњу, локалну адаптацију, анализу, ревизију и локалну надоградњу. У свакој од наведених активности се доменским експертима, корисницима, инжењерима знања и доменским инжењерима се додељује другачија улога. Ова методологија, не подразумева никакве гаранције за поновну употребу и реконструисање постојећих ресурса знања.

15. *NeOn Methodology* [120] је методологија за изградњу мрежа онтологија, која се базира на сценаријима, а подржава поновну употребу знања, као и колаборативан развој и динамичку евалуацију онтолошке мреже у дистрибуираном окружењу. Кључни аспекти *NeOn* методологије су:

- Група од девет сценарија за изградњу онтологија и онтолошке мреже, при чему се посебно ставља акценат на изградњу и поновно коришћење онтолошких и не-онтолошких ресурса, реконструисање и спајање онтологија, а узимајући у обзир сарадњу и динамичност.
- *NeOn* речник процеса и активности, који идентификује процесе и активности које се спроводе током колаборативне тимске изградње онтолошке мреже.
- Методолошке смернице различитих процеса и активности у току процеса изградње онтолошке мреже.

Група од девет сценарија за изградњу онтологија и онтолошке мреже се може сажети на следећи начин:

Сценарио 1: Од спецификације до имплементације. Онтолошка мрежа се развија од почетка (без коришћења постојећих ресурса). Потребно је извршити спецификацију захтева [124]. Након тога, препоручљиво је спровести претрагу потенцијалних извора, који би се поново користили. Након тога, морају се спровести активности планирања [125], при чему је потребно стриктно се држати плана у процесу развоја онтолошке мреже.

Сценарио 2: Поновна употреба и реконструисање не-онтолошких ресурса (*NORs*). У овом сценарију потребно је размотрити не-онтолошке изворе у циљу доношења одлуке, који не-онтолошки ресурси у складу са захтевима онтологије се могу поновно користити за изградњу онтолошке мреже. Након тога је потребно реконструисати одабране не-онтолошке ресурсе у онтологије [126].

Сценарио 3: Поновна употреба онтолошких ресурса. У овом сценарију се користе онтолошки ресурси (целокупне онтологије, онтолошки модули и/или онтолошке реченице) за изградњу онтолошке мреже.

Сценарио 4: Поновна употреба и реконструисање онтолошких ресурса. У овом сценарију се поновно употребљавају и реконструишу онтолошки ресурси.

Сценарио 5: Поновна употреба и спајање онтолошких извора. Овај сценарио се јавља у случају када је за поновну употребу одабрано више онтолошких извора истог домена у циљу изградње нових онтолошких извора.

Сценарио 6: Поновна употреба, спајање и реконструисање онтолошких извора. Овај сценарио је сличан сценарију 5, али у овом случају се врши реконструисање групе спојених извора.

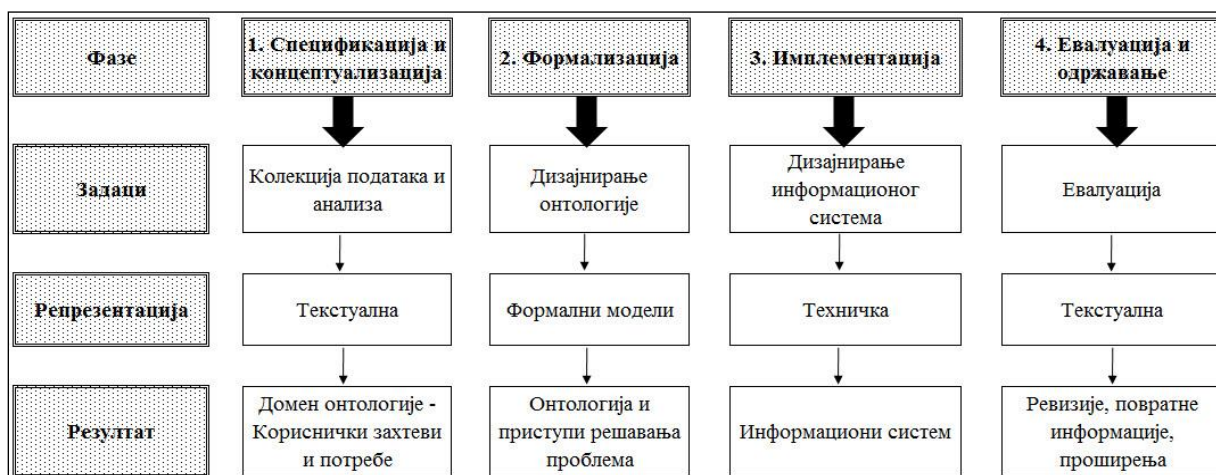
Сценарио 7: Коришћење онтолошких образаца дизајнирања (*Ontology Design Patterns - ODPs*). У овом сценарију се приступа одговарајућим ризницама попут [127] у циљу коришћења онтолошких образаца дизајнирања (*ODPs*) [128], [129].

Сценарио 8: Поновно структурирање онтолошких извора, тј. модуларизација, одсецање, проширење и специјализација онтолошких извора у циљу интеграције у онтолошку мрежу.

Сценарио 9: Локализација онтолошких извора. У овом сценарију се онтологија адаптира према осталим језицима и културним друштвима, у циљу добијања више-језички базирани онтологије [130].

16. *Инкременталан методолошки приступ* за развој онтологије и онтолошки базираног информационог система, који је детаљно објашњен у [36] а који се састоји од четири основна корака:

- *Спецификација и концептуализација* – ова фаза подразумева идентификацију сврхе и домена онтологије, а спроводи се анализом корисничких захтева и потреба, на основу чега се врши сакупљање корисничког знања из домена. На крају се сакупљено знање анализира и концептуализује тј. врши се спецификација терминологије концепата и релација који су потребни за креирање онтологије.
- *Формализација* – коришћење концептуализованог знања за дизајнирање и формално представљање онтологије у одређеном алату и у одређеном језику за представљање знања.
- *Имплементација* – која се спроводи процесом изградње онтолошки базираног информационог система.
- *Евалуација* – која подразумева да се онтологија константно ревидира и модификује у процесу свог дизајнирања.



Слика 2.6. *Инкременталан методолошки приступ за дизајнирање онтолошки базираног информационог система. Адаптирано на основу [36]*

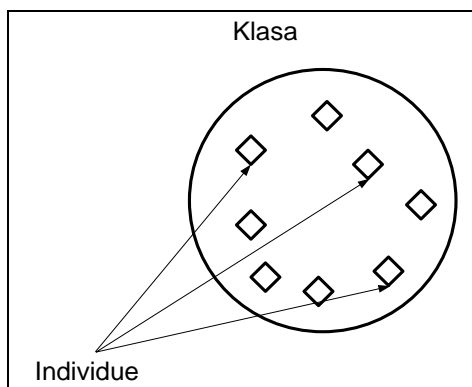
Према описан [131] је следећи скуп основних критеријума и принципа које је потребно задовољити у процесу пројектовања онтологија:

- *Јасност и објективност* [68], која означава да онтологија треба да пружи значење дефинисаних термина (ентитета) на тај начин што ће садржати објективне дефиниције заједно са одговарајућом документацијом објашњења у говорном језику.
- *Комплетност* [68], која означава да је потребно дати предност потпуним дефиницијама израженим преко потребних и довољних услова у односу на непотпуне дефиниције, које садрже само потребне услове.
- *Кохерентност* [68], обезбеђује да закључивање буде конзистентно дефиницијама.
- *Максимизирати монотono проширење* [68], што значи да нове опште или специјализоване термине (ентитете) треба укључити у онтологији на тај начин да није потребно извршити ревизију претходно дефинисаних термина.
- *Минимизирати онтолошку обавезност* [68], која означава да је што је могуће више потребно минимизирати тврђење о свету који се моделује, што значи да је у онтологији потребно што је могуће више минимизирати спецификације значења термина, омогућујући осталима који су укључени у процес пројектовања онтологије слободу потребног специјализирања и инстанцирања.
- *Принцип разликовања у онтологији* [132], који означава да класе у онтологији треба да буду раздвојене. Критеријум који се користи за изолацију кључних својстава, који су непроменљиви за неку инстанцу класе се назива *критеријум идентитета*.
- *Уношење разноликости* хијерархија је потребно да би се повећао ефекат механизма вишеструког наслеђивања [133]. Уколико је у онтологији представљено довољно знања и ако је што је могуће више различитих критеријума класификације коришћено, лакше је убацивати нове концепте (јер се они могу лакше специфицирати на основу постојећих концепата и класификационих критеријума) и наследити својства са различитих тачака гледишта.
- *Модуларност* – да би се минимизирало преклапање између модула [103].
- *Минимизирати семантичку удаљеност између концепата који су под-концепти неког концепта* – Слични концепти се групишу и представљају као под-класе неке класе и могу се дефинисати коришћењем истих примитива, док концепти који су мање слични се надаље представљају одвојено у хијерархији [133].
- *Стандардизација* имена када год је то могуће [133].

2.5. Основне онтолошке компоненте

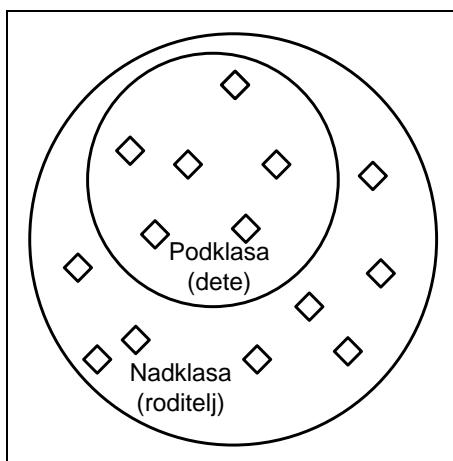
Онтологије представљају речник неког домена и дефинишу са различитим степеном формалности, значење термина домена, као и релација које постоје између њих. Знање се у онтологијама формулише коришћењем следећих врста компонената [68], [73]: концепата (класа), релација (улога), аксиома и инстанци (индивидуа).

Концепти (класе) се уопштено дефинишу као апстрактне групе, скупови или колекције ентитета (инстанци, индивидуа) унутар неког домена (слика 2.7). Концепт може бити апстрактан, конкретан, елементаран, сложен или фиктиван [131].



Слика 2.7. Класа - онтолошка компонента која садржи скуп индивидуа

Релацијама (улогама) се представљају међусобне везе интеракције између инстанци концепата неког домена. Могу бити: унарне, бинарне или у општем случају n -арне. Унарне релације се најчешће називају атрибутима, својствима података (*data properties*) неког концепата и оне дефинишу његове специфичне особине, карактеристике. Поред ове врсте својстава података, постоје такође и анотациона својства чија је основна намена да ближе опишу било коју онтолошку компоненту, тј. ова својства представљају неку врсту мета података.

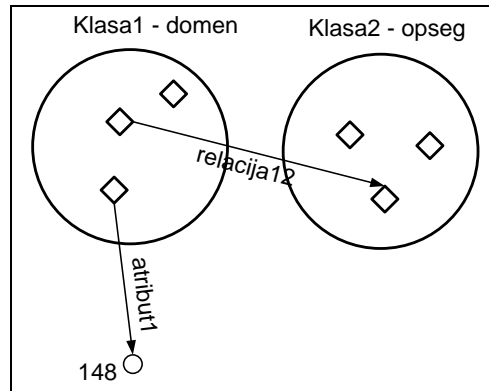


Слика 2.8. Дефинисање подкласе (класа дете) одређене надкласе (класа родитељ), коришћењем релације специјализације „је“

Према [73] постоје врсте бинарних или у општем случају n -арних операција:

- Таксономије – које организују концепте у над и под категорије, формирајући структуру стабла. Најчешће форме ових релација су:
 - Релације специјализације – обично познате као „је врста“ или „је“ („is-a“) релације, које повезују класе *дете* са класом *родитељ*, при чему се класе *дете* још називају и *под-класе*, а класе *родитељ* *над-класе* (слика 2.8). Основно значење релације специјализације огледа се у томе да су све инстанце неке под-класе истовремено и инстанце њене одговарајуће над-класе. Друга важна последица ове релације је да инстанце *под-класа* (класа деца) наслеђују сва својства одговарајућих *надкласа* (класа родитеља). У појединим онтологијама је дозвољено да класе имају само једног родитеља (једноструко наслеђивање), док је у већини онтологија дозвољено да класе имају произвољан број родитеља (вишеструко наслеђивање), при чему у последњем случају под-класе наслеђују сва својства сваке своје родитељске над-класе.

- *Партитивне релације* – најчешћи облик ове релације је „садржи-део“ (*part-of*). Овом релацијом се назначава да над концепти садрже у свом саставном делу остале под-концепте, тј. да су под-концепти садржани у над-концептима;
- *Асоцијативне релације* – обично познате као објектна својства (*object properties*) које повезују инстанцу класе домен (*domen*) са инстанцом класе опсег (*range*) (слика 2.9).



Слика 2.9. Објектна својства (*object properties*) и атрибуту (*data properties*)

И релације попут концепата могу бити организоване у хијерархије. Релације могу да имају неке од следећих карактеристика: *функционалност*, *инверзну функционалност*, *транзитивност*, *симетричност*, *асиметричност*, *рефлексивност* и *ирефлексивност*. За неку релацију се каже да је *функционална* уколико за дату индивидуу постоји највише једна индивидуа која је са њом повезана коришћењем те функционалне релације. Уколико су индивидуе прве класе повезане са индивидуама друге класе неком релацијом, њена инверзна релација је релација која повезује индивидуе друге класе са индивидуама прве класе. Уколико је инверзна релација неке релације функционална, тада се за њу каже да је она *инверзно функционална*. Уколико су индивидуе прве класе повезане са индивидуама друге класе неком релацијом, која такође може да важи и између индивидуа друге и треће класе, тада се између индивидуа прве и треће класе може такође успоставити иста релација, која у наведеном случају има својство *транзитивности*. Уколико се нека релација која важи између индивидуа прве и друге класе, такође може успоставити и између индивидуа друге и прве класе, тада се каже да наведена релација има својство *симетричности*. Уколико је нека релација *асиметрична* и ако она важи између индивидуа прве и друге класе, тада се она не може успоставити и између индивидуа друге и прве класе. Уколико нека релација повезује индивидуу неке класе са самом собом, онда та релација има особину *рефлексивности*. Уколико је нека релација *ирефлексивна* тада она повезује две индивидуе, које обавезно нису исте.

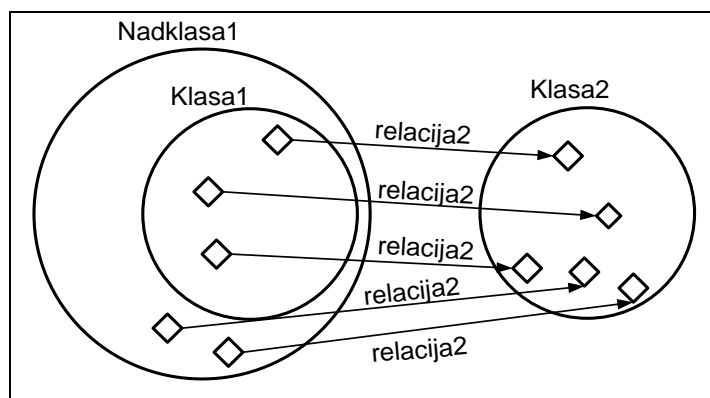
Инстанце (индивидуе) су ентитети, објекти неког концепта (класа) из домена. Стриктно говорећи онтологија не мора да садржи ниједну инстанцу, с обзиром да она представља концептуализацију одређеног домена. Комбинација онтологије са одговарајућим инстанцама се другачије назива *база знања*. Међутим, понекад је веома тешко одлучити се да ли је неки појам концепт или инстанца, а одређење је најчешће зависи од саме апликације [134]. Ово је познато као отворено питање у подручју истраживања управљања знањем.

Аксиоме се користе за дефинисање концепата. У зависности од начина како су дефинисани, концепти се могу поделити на:

- *примитивне концепте* – концепти који имају само потребна ограничења (услове), које треба да задовоље његове инстанце;
- *дефинисане концепте* – концепти који имају и потребне и довољне услове које треба да задовоље његове инстанце.

Један начин за дефинисање класе је дефинисање коришћењем релације специјализације тј. дефинисањем њених надкласа, чиме се као што је већ поменуто назначавача да све инстанце посматране класе морају истовремено бити и инстанце њених надкласа. Међутим, класе се могу још дефинисати и са аспекта ограничења над релацијама које треба да задовоље инстанце (индивидуе) класе или пак коришћењем логичких оператора. Постоје следеће врсте ограничења над релацијама:

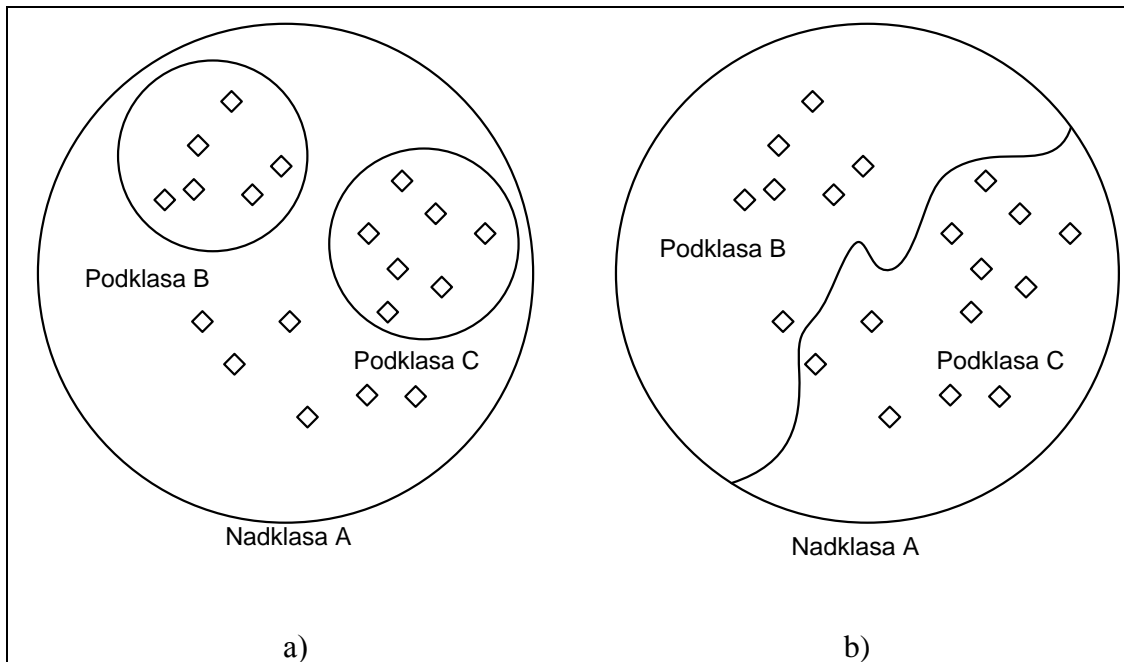
- *егзистенцијално (some) ограничење* – описује класу индивидуа које су преко наведене релације повезани најмање са једном индивидуом друге специфициране класе;
- *универзално (only) ограничење* – описује класу индивидуа које су преко наведене релације повезани само са индивидуама друге специфициране класе;
- *ограничење кардиналности* – описује класу индивидуа које су преко наведене релације повезани са тачно дефинисаним бројем n индивидуа друге специфициране класе (*exactly n ограничење*), затим класу индивидуа које су преко наведене релације повезани најмање са дефинисаним бројем n индивидуа друге специфициране класе (*min n ограничење*) или пак класу индивидуа које су преко наведене релације повезани највише са дефинисаним бројем индивидуа друге специфициране класе (*max n ограничење*).
- *има вредност ограничење (has value)* – овом врстом ограничења се описује класа индивидуа које су преко наведене релације повезани са тачно специфицираном индивидуом, при чему ове индивидуе могу наведеном релацијом бити повезане и са другим индивидуама.



Слика 2.10. Егзистенцијално (*some*) ограничење за релацију *relacija2* којим се креира класа инстанци *Nadklasa1*, које су преко *relacija2* повезани најмање са једном индивидуом класе *Klasa2*

Коришћењем ограничења над релацијама, дефинише се анонимна надкласа одређене класе. На слици 2.10 приказано је да се егзистенцијалним (*some*) ограничењем за релацију *relacija2* која важи између индивидуа две класе *Klasa1* и *Klasa2* формира надкласа *Nadklasa1* класе *Klasa1* која представља скуп индивидуа које су повезане најмање са једном индивидуом друге специфициране класе *Klasa2*. Поред наведених начина дефинисања класа коришћењем надкласа дефинисаног назива или анонимних надкласа, које садрже скуп индивидуа које задовољавају одређена ограничења над релацијама, класе се могу дефинисати и преко тачног скупа индивидуа које морају да

садрже чланови класе. Наведене класе се називају еnumerисане. Коришћењем логичких оператора *and* и/или *or* могу се добити сложене дефиниције класа, које се у овом случају дефинишу коришћењем пресека и/или уније других класа.



Слика 2.11. Класе B и C дефинисане као подкласе класе A a) без аксиоме покривања b) са аксиомом покривања, којом је класа A дефинисана као унија својих подкласа B и C

Резоновање је у дескриптивној логици базирано на претпоставци отвореног света (*open world assumption (OWA)*, *open world reasoning (OWR)*). Ова претпоставка подразумева да не може да се претпостави да нека тврдња не важи, у колико се експлицитно не нагласи да та тврдња не важи. Другим речима, уколико се за неку тврдњу не специфицира да важи, не може да се претпостави да она не важи – јер се претпоставља да знање о томе једноставно није додато у базу знања.

- *Аксиома затварања* – Ако је у класи дефинисано једно или више егзистенцијалних ограничења (*some*) над неком релацијом те класе са једном или више других класа, тада се дефинисањем универзалног ограничења (*only*) над унијом (*and*) егзистенцијалних ограничења (*some*) над том релацијом те класе са другим класама, постиже ефекат дефинисања анонимне надкласе задате класе, која садржи индивидуе које једино могу бити у релацији са најмање једном индивидуом из других специфицираних класа.
- *Аксиома покривања* – Ако се нека класа дефинише као унија (*and*) својих подкласа, дефинисаних као одвојене (*disjoint*) класе, тиме се постиже да индивидуа дефинисане надкласе мора бити члан барем једне од њених подкласа. На слици 2.11. а) класе B и C су подкласе класе A, тако да могу постојати индивидуе класе A које не припадају ни класи B ни класи C. На слици 2.11. б) класе B и C су подкласе класе A, при чему је класа A дефинисана као унија својих подкласа, тако да уколико су класе B и C дефинисане као одвојене (*disjoint*) класе, тада свака индивидуа класе A мора бити и индивидуа класе A или класе B.

2.6. Онтолошки језици и алати

2.6.1. Онтолошки језици

Заједничко за све језике за развој онтологија је експлицитна концептуализација (мета-подаци) којом се описује семантика података. Неке функције у онтолошким језицима подсећају на оне у базама података, мада су разлике очигледне:

- Језици за опис онтологија су синтаксички и семантички богатији од приступа који се користе у базама података.
- Онтологија мора бити терминолошки усаглашена и дељива јер је њена првенствена намена – заједничко коришћење и размена информација.
- Онтологија обезбеђује доменску теорију, а не структуру контејнера података.

У поглављу 2.4 које са бавило методологијама и методама развоја онтологија, напоменуто је да је један од веома важних корака у процесу развоја онтологије корак *кодиранија*, који представља експлицитну репрезентацију концептуализације онтологије у неком формалном језику за моделовање онтологија. На тај начин је кључна одлука у процесу развоја онтологије избор језика у коме ће онтологија бити имплементирана. Постојећи онтолошки језици се разликују по експресивности, једноставности употребе, ригорозности кодиранија и семантици, при чему се наведене карактеристике морају узети у обзир у процесу избора одговарајућег језика за имплементацију онтологије:

- *Експресивност* језика кодиранија је мера опсега конструктора, који се могу користити за формалан, флексибилан, експлицитан и тачан опис компонената онтологије описаних у поглављу 2.5. Међутим, потребно је направити баланс између експресивности и комплексности кодиранија (да ли резонување може да се извршити у реалном времену).
- *Ригорозност кодиранија* је мера задовољења и конзистентности репрезентације онтологије, којом се обезбеђује униформна и универзална *репрезентација* онтологије. Модел репрезентације онтологије задовољава, ако ниједан израз није у контрадикцији. Конзистентност онтологије подразумева кодираније концептуализације знања на исти начин широм онтологије. Механизми резонувања онтологије обезбеђују одржавање ригорозности кодиранија онтологије.
- *Семантика* језика обезбеђује недвосмисленост значења појединих језичких израза тј. њене синтаксе и мора бити јасно дефинисана, да би се онтологија могла користити у циљу размене информација.

Иако многи језици за имплементацију онтологија нису прихваћени као стандард, њихов значај није занемарљив, између осталог и из разлога постојања раније развијених онтологија у тим језицима. У овом поглављу биће поменути и разматрани онтолошки језици који су значајни у досадашњем развоју онтологија. Постоје три основна начина језичке спецификације био-онтологија: речницима који се дефинишу коришћењем природног језика, објектно-оријентисаном језичком представом, попут оквира и UML језика, као и језичком представом која се базира на логичким предикатима, тј. на дескриптивној логици.

- *Речници* (*controlled vocabularies*) или *терминологије* – представљају листу концепата и текстуалних описа њиховог значења, као и листу лексичких термина, који одговарају сваком концепту. Речници имају једноставну структуру једноструког наслеђивања у виду стабла, у којима се концепти и релације између концепата искључиво ручно креирају. Иако оваква представа обезбеђује велику флексибилност, основни недостатак је што изостављање било

ког концепта у онтолошкој представи, доводи до тешкоћа очувања конзистентности и одржавања онтологије. Осим тога, једноструко наслеђивање унутар структуре стабла, при чему сваки концепт може имати само једног родитеља у хијерархији, може такође да буде ограничавајући фактор. Одржавање хијерархија са вишеструким наслеђивањем, са друге стране може да буде веома захтеван и тежак задатак. Речници обично не поседују формално дефинисану семантику.

- Језици који се базирају на *оквирима (frames)*, обезбеђују опширнију могућност онтолошке репрезентације. Оквири служе за представу класа, који представљају колекцију инстанци (концепата у онтологији). Сваком оквиру додељује се колекција слотова или атрибута, који се могу попунити вредностима или другим оквирима. Од оквира се такође може правити хијерархија оквира, која се даље може користити за наслеђивање слотова. Репрезентација која се базира на оквирима може такође садржати оквире инстанци, који представљају одређене инстанце.
- *Дескриптивна логика* [135] додаје формалну, логички базирану семантику структурном начину представљања знања, који је репрезентован оквирима или семантичким мрежама [136], [137]. Главна карактеристика дескриптивне логике је да се концепти дефинишу у виду описа (дескриптивно), коришћењем других улога (релација) и концепата. База знања дескриптивне логике се може концептуално поделити на три компоненте: *Tbox*, *Rbox* и *Abox*. *Tbox* (таксономија, хијерархија концепата између којих је најчешће успостављена *јесте* релација) садржи тврђења о концептима (аксиоме специјализације и еквиваленције) тј. садржи интензивно знање у форми *терминологије* концепата (речника апликационог домена). *Rbox* садржи аксиоме укључивања улога (*role inclusion axioms*) и ограничења над улогама. *Abox* (опис света) садржи екстензивно знање, које се састоји од *тврђења* којима се специфицирају индивидуе одговарајућег домена, тј. тврђења о постојању улога (релација) између појединих индивидуа, као и тврђења концептуалне припадности индивидуа. Дескриптивном логиком се знање неког апликативног домена (света) представља на тај начин што се најпре дефинишу релевантни концепти домена тј. његова терминологија, па се потом дефинисани концепти користе да се спецификују својства концепата, њихове међусобне релацијске повезаности и индивидуе домена (опис света). Релације између концепата могу бити: *јесте* (*is*-релација, која дефинише хијерархију између концепата од генералнијих ка специфичнијим концептима, при чему специфичнији концепти наслеђују својства генералнијих концепата или остале сложеније релације, које се успостављају између концепата, када неки концепт има својство, које је типа другог концепта (поглавље 2.5). То својство се другачије назива улога, а индивидуе тог другог концепта испуњивачи улоге. Концепти се интерпретирају као скуп индивидуа, док се релације интерпретирају као скупови парова индивидуа. Поред формалне, логички-базиране представе знања, друга предност дескриптивне логике се огледа у могућности обезбеђивања сервиса за резонување. Главни сервиси резонувања дескриптивне логике, који се везују за *TBox* обухватају проверу конзистентности (задовољења) класа и њихове хијерархијске организације (класификације). Провера конзистентности (задовољења) класа, подразумева анализу класних аксиома (описа) и одлучивање да ли је или не за класу могуће да има било коју инстанцу, која задовољава класне аксиоме. Класа је не-конзистентна (не-задовољавајућа), уколико није могуће да садржи било коју инстанцу [138]. Провера

класификације подразумева проверу релација специјализације у хијерархијском поретку класа, тј. проверу да ли је нека класа генералнија од неке друге класе, односно да ли је или не нека класа подкласа друге класе у онтологији [138]. Резултат провере класификације је закључна хијерархија класа, која може бити иста или се разликовати у односу на тврђену класну хијерархију. Основни сервис резоновања *AVox*-а је провера инстанци, којим се верификује да ли задата инстанца припада специфицираном концепту. Наведени сервис резоновања такође обезбеђује проверу реализације, која проналази који је најспецифичнији концепт који инстанцира посматрану индивидуу, као и повратну проверу, која проналази индивидуе које су инстанце задатог концепта. Наведени сервиси резоновања су такође доступни апликацијама, које желе да користе знање које је представљено у онтологији [139].

Генерално оквири обезбеђују прилично богат скуп језичких конструкција, али имају веома рестриктивна ограничења за међусобно комбиновање или дефинисање класа. Они једино подржавају дефиницију примитивних концепата, а таксономија се мора ручно изграђивати. Дескриптивна логика, са друге стране поседује знатно ограниченији скуп језичких конструкција, али обезбеђује комбиновање примитивних концепата за креирање дефинисаних концепата (поглавље 2.5). Таксономија овако дефинисаних концепата се аутоматски успоставља од стране логичког система за резоновање који се базирају на дескриптивној логици. Недостатак дескриптивне логике се огледа у томе што сложеност резоновања повећава, како се повећава експресивност језика који се базирају на дескриптивној логици. Дескриптивна логика поседује јасну семантику, која омогућава коришћење целокупног знања садржаног у онтологији за резоновање њене комплетности и конзистентности.

Језици који се базирају на дескриптивној логици имају прецизно и формално дефинисану семантику. У језике који се базирају на дескриптивној логици спадају: *KIF*, *Loom*, *DAML (DARPA Agent Markup Language)*, као и веб базирани онтолошки језици, попут *OIL (Ontology Inference Layer)*, *DAML+OIL* и *OWL* језика.

- *KIF* - (*Knowledge Interchange Format*) [140]–[142] је језик за репрезентацију и размену знања, који се базира на дескриптивној логици првог реда.
- *Loom* [143] језик иницијално није замишљен за имплементацију онтологија, већ генерално свих база знања. Базиран је на дескриптивној логици и продукционим правилима [144], [145] и обезбеђује аутоматску класификацију концепата. Са овим језиком могу се представити следеће онтолошке компоненте: концепти, таксономије концепата, n – арне релације, функције, аксиоме и продукциона правила.

Поред наведених дескриптивних језика, постоје језици у којима се комбинују оквири и дескриптивна логика, попут: *Ontolingua*, *OCML*, *GRAIL*, *FLogic*, као и веб базирани *OIL* језик (види ставку 4)). Као резултат добија се једноставност оквира, комбинован са сервисима за резоновање дескриптивне логике.

- *Ontolingua* [146] је најпознатији језик који се базира на оквирима. *Ontolingua* језик је изграђен на основу *KIF* језика. У њему се комбинују оквири и предикатска логика првог реда *KIF* језика. То је најекспресивнији језик за представу онтологија, који обезбеђује представу концепата, таксономија, n -арних релација, функција, аксиома, инстанци и процедура. Велика експресивност овог језика довела је до тешкоће у изградњи одговарајућег механизма за резоновање, тако да овај језик не поседује могућност резоновања. *Ontolingua* језик и претходно поменути *Loom* језик прилагођени су *OKBC (Open Knowledge Base Connectivity)* протоколу [147]. *OKBC* протокол омогућује

приступ базама знања смештеним у различитим системима за представљање знања.

- *OCML* [56] језик изграђен је на основу *Ontolingua* језика и представља његову операциону верзију. У ствари већина дефиниција које се могу изразити у *OCML* језику су сличне одговарајућим дефиницијама *Ontolingua* језика, осим што се могу дефинисати две додатне компоненте: дедуктивна и продукциона правила и функције. *OCML* језик је изграђен за развој извршних онтологија и модела који се базирају на различитим методама за решавање проблема.
- *GRAIL (GALEN Representation And Integration Language)* [148], [149] је језик који се базира на дескриптивној логици и оквирима. Поседује могућност представљања партитивних и других транзитивних релација. Омогућава формирање концепата на бази примитива на атомском нивоу и аутоматску класификацију вишеструких хијерархија.
- *FLogic (Frame Logic)* [150] комбинује оквире са предикатском логиком првог реда, тако да омогућаје представу концепата, таксономија концепата, бинарних релација, функција, инстанци, аксиома и дедуктивних правила. Користи *Ontobroker* [151] систем за закључивање, који се може користити за проверу ограничења и извођења нових информација.

Развој интернета довео је креирања веб базираних онтолошких језика. У њих спадају:

- *SHOE* [152] језик изграђен је као проширење *HTML* језика. Он користи тагове, који обезбеђују убацивање онтологија у оквиру *HTML* докумената и семантичку анотацију веб страница. *SHOE* језик комбинује оквире и правила и обезбеђује представу концепата, њихових таксономија, *n*-арних релација, инстанци и дедуктивних правила, која користе свој механизам закључивања за генерисање новог знања. Након *SHOE* језика креиран *XML* [153] језик, који је одмах прихваћен је као стандардни језик за размену информација на вебу. Као последица тога, *SHOE* синтакса је модификована на тај начин да користи *XML* језик. *XMLS* [154] је *XML* шема, којом се обезбеђује дефинисање структуре, садржаја и семантике *XML* докумената. Омогућаје дефинисање типова података које ће користити други језици.
- *XOL* [155] језик је на основу *XML* језика, тако да подржава малу групу примитива горе поменутог *OKBC* протокола (тзв. *OKBC-Lite*). То је веома рестриктиван језик у коме се могу специфицирати само концепти, таксономије концепата и бинарне релације. Овом језику није придружена никаква могућност закључивања, пошто је он претежно дизајниран за потребе размене онтологија биомедицинског домена.
- *RDF (Resource Description Framework)* [156], [157] језик је развијен од стране *W3C (World Wide Web Consortium)* радне групе циљу описа веб ресурса. *RDF* језик се базира на формализму семантичких мрежа у којима се за представљање знања користе троделни модели *ресурс – особина – вредност*, међусобно повезани релацијама, а визуелно се приказују графом. *RDF Schema* [158]–[160] представља проширење *RDF* језика, дизајнирана за приказ мета-података ресурса на вебу, а 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. Стога, *RDF(S)* језик не спада у групу веома експресивних језика, јер омогућаје само представу

концепата, таксономија концепата и бинарних релација. За овај језик израђени су поједини механизми закључивања, попут механизма за проверу ограничења.

Наведени језици поставили су оквире семантичком вебу. У наведеном контексту, развијено је још три додатна језика, као проширење *RDF(S)* језику: *OIL*, *DAML+OIL* и *OWL*, док је спецификација језика *DAML_ONT* реализована нешто касније.

- *OIL (Ontology Inference Layer)* [161] језик за представу и размену знања, који додаје *RDF* језику примитиве за представу знања базиране на оквирима, при чему је његова формална семантика базирана на дескриптивној логици. Користи *FaCT* [162] класификатор за аутоматску класификацију концепата.
- *DAML+OIL* [163], [164] језик је настао као унапређење првобитног *DAML (DARPA Agent Markup Language)* језика. У овом језику додате су *DL*-базиране примитиве *RDF(S)* језику. И *OIL* и *DAML+OIL* језици омогућују представу концепата таксономија, бинарних релација, функција и инстанци, при чему је уложено много напора за изградњу одговарајућег механизма резоновања за *DAML+OIL* језик.
- Коначно, као резултат рада W3C радне групе *Web-Ontology (WebOnt)* на основу *DAML+OIL* језика, развијен је *OWL (Web Ontology Language)* језик [165]–[167], који је намењен је за публикавање и дељење онтологија на вебу. *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*, *OWL-Full*. *OWL-Lite* и *OWL-DL* припадају дескриптивној логици. *OWL-Lite* поседује минималну и ограничену експресивност, док је *OWL DL* језик веома експресиван. Обе групе језика карактерише 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 не сигурна).
- *OWL 2* [168] језик је резултат проширења и ревизије *OWL* језика, који *OWL* језику додаје нову функционалност и додатну експресивност. И *OWL 2* језик попут *OWL* језика поседује три језичке подгрупе, које се међусобно разликују по степену експресивности, као и подршци резоновања и/или имплементације и: *OWL 2 EL*, *OWL 2 QL* и *OWL 2 RL*. *OWL 2 EL* је подестан за апликације код којих се користе велике онтологије у којима се гарантују перформансе у замену за претерано велику експресивност. *OWL 2 QL* је посебно подестан за апликације које се базирају на мањим онтологијама, које се користе за организацију великог броја индивидуа и код којих је корисно или неопходно приступити подацима директно коришћењем релационих упита (нпр. *SQL*). *OWL 2 RL* је попут *OWL 2 QL* подестан за апликације које се базирају на мањим онтологијама, које се користе за организацију великог броја индивидуа, али код којих је корисно или неопходно приступити подацима директно коришћењем форме *RDF* тријада. *OWL 2* обезбеђује два начина интерпретације онтологија: коришћењем директне семантике, која је намењена за директно додавање значења онтолошким структурама и/или *RDF*-базираном семантиком, која *RDF* графовима додаје директан опис значења.

2.6.2. Онтолошки алати

Последњих година експоненцијално је нарастао број окружења и алата за изградњу онтологија. Ови алати су намењени да подрже процес развоја и накнадне употребе

онтологија. У овом поглављу биће размотрени најрепрезентативнији алати за развој онтологија.

Ontolingua Server [146] је први алат који је изграђен за развој онтологија у *Ontolingua* језику за веб апликације које се базирају на оквирима. Главни модул *Ontolingua Server* алата је онтолошки едитор, који осим подршке за развој онтологија у *Ontolingua* језику, обезбеђује и подршку за превођење онтологије из *Ontolingua* језика у друге језике за представу знања попут: *Loom*, *Prolog*, *CORBA_s IDL*, *CLIPS* и др. Осим онтолошког едитора, овај алат поседује и остале модуле у свом окружењу као што су: *Chimaera* алат за спајање онтологија [169] и *OKBC (Open Knowledge Based Connectivity)* сервер, који се базира на *OKBC* протоколу [147], који обезбеђује удаљеним едиторима преглед и измену онтологија, као и локалним и даљинским апликацијама да приступе било којој онтологији из библиотеке релевантних онтологија.

Ontosaurus [26] је алат за развој онтологија који се састоји од два модула: онтолошког сервера, који користи *Loom* језик за представу знања, као и веб претраживача *Loom* онтологија. Овај алат такође обезбеђује превођење из *Loom* језика у *Ontolingua*, *KIF*, *KRSS* и *C++* језике. *Ontosaurus* онтологијама се такође може приступити коришћењем поменутог *OKBC* протокола.

WebOnto [170] алат обезбеђује креирање онтологија коришћењем *OCML* језика. Његова главна предност у односу на остале доступне алате је што подржава колективну измену онтологија, обезбеђујући синхрону и асинхрону дискусију о онтологијама које се развијају.

Основна сличност горе поменутих алата се огледа у уској повезаности са одређеним језиком (*Ontolingua*, *LOOM* и *OCML*, репрезентативно). У ствари, они су креирани да омогуће једноставну веб претрагу и измену онтологија у наведеним језицима. Осим тога, наведени алати су стриктно оријентисани ка истраживању и већина их је направљена да буду изоловани алати, који не поседују многе могућности проширивања.

Последњих година, развијена је нова генерација окружења за развој онтологија. Критеријум развоја ових окружења је био много амбициознији него поменутих алата. Креирани су са циљем интеграције онтолошке технологије у актуелне информационе системе. Заправо, они су изграђени као чврсто интегрисана окружења, која обезбеђују технолошку подршку већини активности животног циклуса развоја онтологије. Они поседују проширљиву архитектуру која се базира на компонентама, у којој се нови модули лако могу додати у циљу обезбеђења веће функционалности окружења. Поред тога, модели знања у основи ових окружења су језички независни. У ова окружења спадају: *Protégé*, *WebODE* и *OntoEdit*.

Protégé [171]–[174] је бесплатно доступна, отворена и самостална апликација проширљиве архитектуре са подршком за развој онтологија и апликација заснованих на знању, које користе онтологије. Срж окружења је онтолошки едитор, који садржи библиотеку додатака, којима је могуће додати више функционалности самом окружењу. Неке од тих функционалности обухватају: увоз/извоз онтологија у различитим онтолошким језицима (*Logic*, *Jess*, *OIL*, *XML*, *Prolog*, *RDF(S)*, *OWL*), *OKBC* приступ, креирање и манипулацију онтологијама, спајање онтологија (*Protégé-PROMPT* [175]–[177]), визуализацију онтологија *OntoViz* [178] и *OntoGraph*, *Java* базирани програмски интерфејс *Protégé API* за изградњу алата базираних на знању и апликација. *Protégé-OWL* додатак обезбеђује *DIG API* [179] интерфејс за разноврсне механизме *DL* резоновања попут *Pellet* [180], *FaCT++*[162], [181], *RaserPro* [182]–[186], *KAON2*[187] и *HermiT* [188]. *Protégé* такође укључује интерфејс за онтолошке упитне језике попут *SWRL (Semantic Web Rule Language)* [189], *SPARQL* [190]–[192] и *DL Query*. Значајна предност *Protégé* програма је његова проширљивост и прилагодљивост крајњим потребама и захтевима корисника [193]. *Protégé* алат обезбеђује ефикасан развој и

одржавање великих онтологија, као и колаборативну сарадњу приликом изградње онтологија и подршку за развој и манипулацију онтологијама не вебу коришћењем *Web Protégé* алата [194].

WebODE [195]–[197] је следбеник првобитног *ODE (Ontology Design Environment)* [198] алата, који такође представља онтолошко окружење проширљиве архитектуре. *WebODE* се не користи као самостална апликација, већ као веб сервер са веб интерфејсом. Срж окружења је сервис за приступ онтологији, кога користе сви сервиси и апликације који су прикључени на сервер, првенствено *WebODE* онтолошки едитор. Ово окружење поседује на располагању сервисе за увоз/извоз онтологија у различитим језицима (*XML*, *RDF(S)*, *OIL*, *DAML+OIL*, *CARIN*, *FLogic*, *Jess*, *Prolog*), измену аксиома коришћењем *WebODE Axiom Builder (WAB)* [197] сервиса, затим сервисе који омогућују документовање онтологије, њихову евалуацију и спајање. Онтологије *WebODE* окружења се меморишу у релационим базама података. Коначно, *WebODE* покрива и подржава већину активности у процесу развоја онтологије према *METHONTOLOGY* методологији (видети поглавље 2.4), што не представља никакву препреку да онтологија буде изграђена коришћењем било које друге методологије или на начин, који није руковођен постојећим методологијама за изградњу онтологија.

OntoEdit [199] слично претходно поменутиим алатима представља проширљиво и флексибилно окружење, базирано на архитектури података, који обезбеђују функционалност претраге и измене онтологија. Поседује додатке, који обезбеђују закључивање коришћењем *Ontobroker* механизма [151], извоз и увоз онтологија у различите формате (*FLogic*, *XML*, *RDF(S)*, *DAML+OIL*), итд. Доступне су две верзије овог окружења: *OntoEdit Free* и *OntoEdit Professional*.

Наглом експанзијом визије семантичког веба, дошло је и до експанзије потребе за алатима за развој *DAML+OIL*, *RDF(S)* и *OWL* онтологија. У ствари, претходна окружења (*Protégé*, *WebODE* и *OntoEdit*) проширена су тако да обезбеђују увоз и извоз *DAML+OIL*, *RDF(S)* и *OWL* онтологија. Постоје такође изоловани алати за креирање *DAML+OIL* онтологија из различитих перспектива, при чему су најзначајнији: *OILEd* [200] и *DUET* [201].

OILEd је најпре развијен као онтолошки едитор *OIL* онтологија, да би накнадно еволуирао у едитор *DAML+OIL* онтологија. Корисници алата могу да користе *FaCT++* механизам за закључивање, који обезбеђује проверу конзистентности и аутоматску класификацију концепата. Поседује више опција документовања (*HTML*, могућност графичке визуелизације онтологија, итд.)

DUET алат обезбеђује *UML* визуелизацију и *DAML+OIL* окружење, које је интегрисано као додаток у *Rational Rose* окружење. Кључни *DAML+OIL* концепти се пресликавају у *UML* коришћењем *UML* профила за *DAML+OIL*. Овај алат није намењен инжењерима знања, већ дизајнерима база података и системским инжењерима, који могу да моделују онтологије коришћењем *UML* језика и да их потом преведу у *DAML+OIL* језик, који се може применити на софтверски систем који се развија.

3. ИДИОПАТСКА СКОЛИОЗА КИЧМЕНОГ СТУБА

Идиопатска сколиоза је најчешћи тип сколиозе кичменог стуба, који се јавља у 80% случајева пацијената са сколиозом. Идиопатска сколиоза је тро-димензиони (3D) деформитет кичме, који укључује кривине у фронталној равни са вредностима Кобовог угла од најмање 10° , кривине у бочној равни и ротације и деформације тела кичмених пршљенова непознатог порекла [202]–[206]. Она такође утиче на деформацију грудног региона, узрокујући ротацију грудног коша и проминирање (испупчење) ребара и лопатица, разлику у висини рамена, деформацију и пад карлице, неједнаку дужину ногу, итд. Абнормалне кривине кичме у фронталној равни, чија је величина Кобовог угла мања од 10° не представљају сколиозу кичме већ само кичмену асиметрију, с обзиром да се код њих не дешава прогресија, па стога нису симптоматичне.

Иако је обично сколиоза идиопатска, разни урођени или развојни коштани или неуролошки поремећаји могу довести до абнормалне закривљености кичме. У том циљу у поглављу 3.1 најпре је описана етиолошка класификација сколиозе кичменог стуба. Надаље се у поглављу 3.2 даје осврт на биомеханику напредовања сколиозе кичме, док се у поглављу 3.3 дефинише основна номенклатура и мерење овог кичменог деформитета. У процени сколиозе и одређивању њеног узрока у тренутној клиничкој пракси велику улогу игра радиографија, компјутеризована томографија (СТ) и магнетна резонанца (MR) [39], што је описано у поглављу 3.4.

3.1. Етиолошка класификација сколиозе кичменог стуба

Етиологија представља грану медицине која се бави узроцима настанка појединих болести. Према узроцима настанка дефинисаним у [39], [207], [208] сколиоза се најчешће класификује као:

- 1) Примарна, идиопатска сколиоза – непознатог узрочника, која се у зависности од узраста пацијента даље класификује на:
 - *инфантилну сколиозу* – јавља се у прве 3 године живота, а чешћа је код мушке деце. У овом периоду живота статистика показује да је лево-сколиоза учесталија је од десно-сколиозе.
 - *јувенилну сколиозу* – јавља се од 4–10 године живота детета, а чешћа је код женске деце. У овом периоду живота статистика показује да је десно-сколиоза је учесталија од лево-сколиозе.
 - *адолесцентска сколиоза* – јавља се у узрасту од 10–18 године; чешћа је код особа женског пола; десно-сколиоза је учесталија од лево-сколиозе.
 - *идиопатска сколиоза одраслих особа* – јавља се након достизања скелетне зрелости пацијента.
- 2) Секундарна сколиоза – која се у зависности од узрочника даље класификује на:
 - *неуромускулаторну сколиозу* – може бити *неуропатична* (стечена) и *миопатична*. *Неуропатична сколиоза* се јавља услед разних дегенерација или повреде кичмених нерава, док *миопатична сколиоза* настаје услед разних типова мускуларне дистрофије;
 - *урођена (конгенитална) сколиоза* – може бити *остеогенична сколиоза* која се јавља услед урођене дегенерације кичмених пршљенова и *неуропатска сколиоза* која се јавља услед урођене дегенерације кичмених нерава;

- *развојна сколиоза* – ова врста сколиозе укључује разне скелетне поремећаје који могу довести до патуљастог раста или пак до претеране кртости костију;
- *сколиоза услед тумора*;

Конгенитална (урођена) сколиоза, која укључује сколиозу која је настала због структурних абнормалности коштаног и нервних ткива се дешава у 10% случајева. Неуро-мускулаторне, развојне и сколиозе које настају услед тумора сачињавају преосталих 10% случајева сколиозе [40].

Инфантилна идиопатска сколиоза је структурна деформација кичме која се чешће јавља код дечака него код девојчица у односу 3.5 дечака : 1 девојчица. Највећи број случаја инфантилне идиопатске сколиозе се развија у току прве године живота и то најчешће у виду лево-сколиозе [204], [209], [210]. Адолосцентска идиопатска сколиоза је учесталија код девојчица и јавља се у односу 4 девојчице : 1 дечак. Адолосцентска идиопатска сколиоза садржи структурне кривине, које су обично савијене у десну страну (десно-сколиоза) [211], [212]. У случају јувенилне сколиозе, запажена је њена сличност са инфантилном сколиозом у периоду узраста од 3 – 6 година, док је у периоду узраста од 6 – 10 година запажена њена сличност са адолосцентском сколиозом. Стога се рана јувенилна сколиоза може третирати као инфантилна идиопатска сколиоза, која је касно дијагностикована [210], [213], док се касна јувенилна сколиоза може третирати као рана адолосцентска сколиоза [39]. На тај начин се све идиопатске сколиозе код скелетно незрелих пацијената третирају као *ране* или *касне*, при чему се узима да је гранична година 5. година узраста пацијента. Касне идиопатске сколиозе које настају после 5. године живота чине већину (74 – 80%) свих случајева идиопатских сколиоза.

Након скелетне зрелости прогресија идиопатске сколиозе се дели на две категорије: *идиопатска сколиоза одраслих особа* и *дегенеративна сколиоза*. Прва означава деформитет кичме који је настао пре скелетне зрелости, која се прогресијом погоршава и постаје проблематична између 20 – 50 године живота [39]. Друга категорија означава нов деформитет који је настао у одсуству идиопатске кривине, а повезан је са дегенеративним променама, које имају за последицу поремећај фронталне и бочне равнотеже кичме [214].

Распрострањеност идиопатских сколиоза у свету варира од 0.1% до 13.6% углавном због непрецизног мерења, различитог или неправилног одређивања Кобових углова, узраста снимања, пола и етничке припадности и разлике у репрезентативном узорку изведених студија.

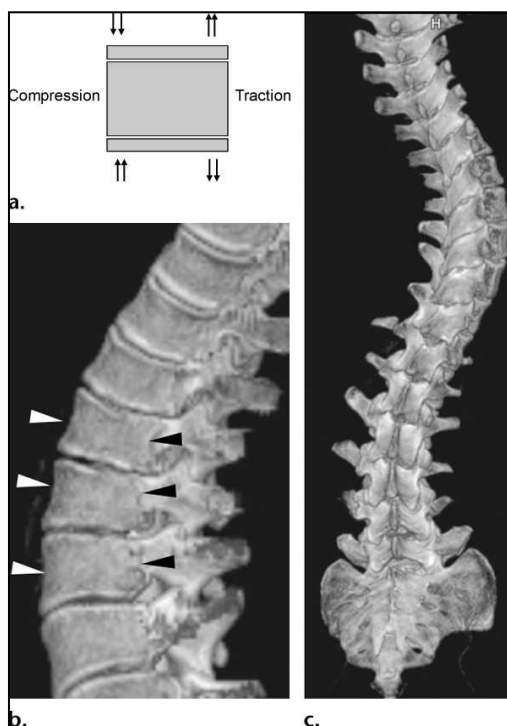
3.2. Биомеханика напредовања сколиозе кичме

Да би се разумела биомеханика прогресије сколиозе, потребно је имати у виду комплексност тродимензионе природе абнормалних кривина кичме услед сколиозе. Абнормално бочно закривљење кичме које је видљиво у фронталној равни је најчешће последица поремећаја нормалног поретка кичмених пршљенова услед њихове ротације у аксијалној равни [215]. Сколиоза се развија у два стадијума: стадијум иницијације кривина и стадијум накнадне прогресије [216]. Према Хутер-Волкамновом закону успоравање раста кичмених пршљенова у периоду скелетне незрелости се дешава у делу где се врши механичка компресија на раван развоја (лева страна слике 3.1. а, а убрзава се у делу где се врши истезање равни развоја (десна страна слике 3.1. а. Услед физиолошке кривине нормалне кичме, компресивне силе делују на деловима кичменог

стуба лоцираним у првобитној конкавној страни кичме, док се у деловима кичменог стуба који су лоцирани у првобитној конвексној страни кичме развијају силе истезања, због чега је висина пршљенова је већа на конвексној страни кичме (бели врхови стрелица) него на конкавној страни кичме (црни врхови стрелица). Током времена ова разлика у аксијалном напрезању манифестује се ротацијом кичмених пршљенова у аксијалној равни услед чега долази до промене нормалног правца кичмене кривине [217], тако да првобитно конкавна страна кривине кичме постаје конвексна и обратно (слика 3.1c).

Након достизања критичног степена величине кривине кичме, зачарани механички круг покреће прогресију сколиозе [39], која напредује у периоду убрзаног кичменог развоја. Стога, се ефекат времена на 3D структурну дисторзију мора имати у виду приликом разматрања прогресије сколиозе и планирања одговарајућег третмана. Биомеханичка прогресија криве паралелно прати кичмени раст. Стога, не зависно од типа сколиозе, сколиоза се углавном развија само у периоду раста и развоја, а престаје када се достигне скелетна зрелост².

Јуvenilна и конгенитална сколиоза се увек сматрају прогресивним формама сколиозе, док инфантилна и адолосцентска сколиоза нису генерално увек прогресивне. Фактори који највише утичу на вероватноћу прогресије адолосцентске идиопатске сколиозе су брзина кичменог развоја и величина кривине кичме на иницијалном снимку [218]. С обзиром да је брзина кичменог развоја главни фактор који утиче на прогресију криве, за третман сколиозе је од велике важности процена времена наглог развоја кичме.

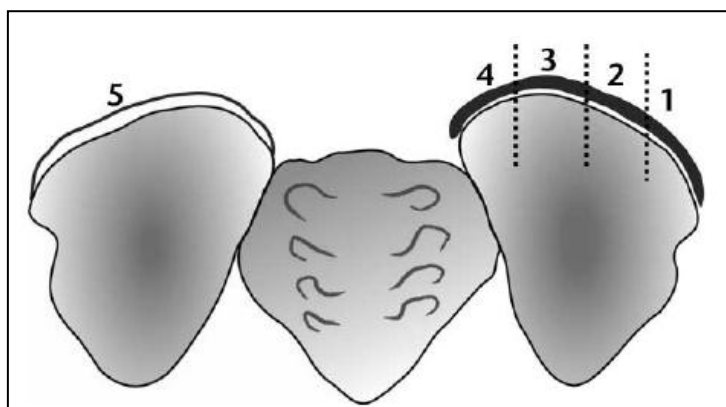


Слика 3.1. Прогресија сколиозе. Адаптирано према [208]

² Прогресија идиопатске сколиозе након скелетне зрелости зависи од величине абнормалне кривине при достизању скелетне зрелости. Уколико је након завршетка скелетног развоја, Кобов угао кривине кичме мањи од 30° , абнормална кривина кичме нема тенденције ка прогресији, не зависно од других карактеристика кривине. Кривине са Кобовим углом од 30° - 50° у тренутку достизања скелетне зрелости напредују 10° - 15° годишње током нормалног животног периода, док кривине са Кобовим углом 50° - 75° у тренутку достизања скелетне зрелости, напредују годишње око 1° [218].

Следећи параметри могу послужити као индикатори прогресије кичмене кривине:

- брзина развоја, тј. брзина повећања висине раста пацијента више од 2cm годишње;
- хронолошки узраст од 9 – 13 година;
- коштана старост 9 – 14 година;
- окоштавање карлице Рисеровог степена 0 или 1;
- код девојчица тренутак наступања првог менструалног периода. Нагли развој се најчешће дешава једну половину до две године пре првог менструалног периода. Након првог менструалног периода, постоји мања вероватноћа прогресије кичмене кривине [218].



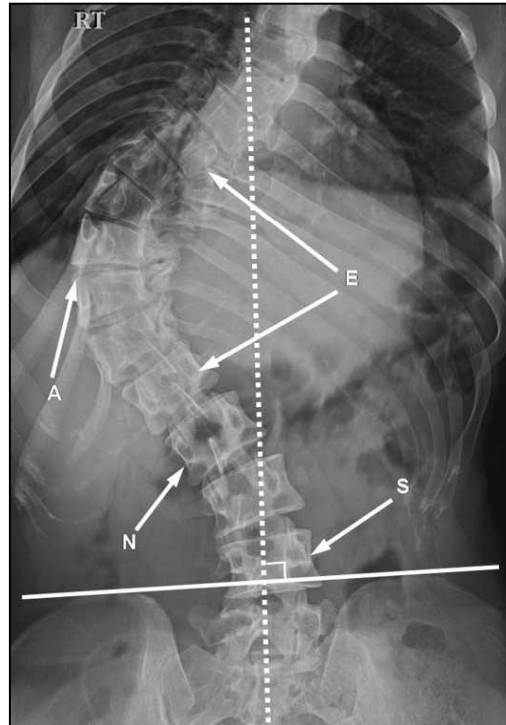
Слика 3.2. Рисерови индекси дефинисани у зависности од степена окоштавања карличне кости

За процену фазе скелетне зрелости, врши се најчешће радиографска процена степена окоштавања карличне кости, коришћењем *Рисеровог индекса*. Слика 3.2 приказује анатомске појаве окоштавања карличне кости, које су дефинисане *Рисеровим индексима*: *степен 1* – бочно окоштавање 25% карличне кости; *степен 2* – окоштавање 50% карличне кости; *степен 3* – окоштавање 75% карличне кост; *степен 4* – комплетно распрострањавање окоштавања пре фузије и *степен 5*, комплетна фузија карличног окоштавања. Рисеров индекс степена 0, означава да нема видљивог окоштавања карлице. Комплетно распрострањавање окоштавања карлице пре фузије траје обично око годину дана, а фузија карличног окоштавања траје наредне две године [39]. Рисеров *степен 4*, који сигнализира комплетно распрострањавање карличног окоштавања пре коначне фузије, сматра се да означава завршетак развоја кичме и прекид прогресије абнормалних кривина код девојчица [219]. Са друге стране, код дечака код којих окоштавање почиње у каснијим годинама него код девојчица, раст се не може сматрати завршеним све док се не достигне Рисеров *степен 5*.

Оптимални интервал праћења пацијената са идиопатском сколиозом зависи од индивидуалног случаја, са освртом на вероватноћу напредовања и одговарајућим ефектима прогресије при планирању лечења [39]. Обично се препоручује да се пацијенти са идиопатском сколиозом пре скелетне зрелости прате сваких 4–12 месеци, у зависности од година старости и учесталости раста. Након престанка кичменог раста, када је достигнута скелетна зрелост потребно је пратити само прогресију кривина са Кобовим углом већим од 30 степени. Наставак снимања обично се врши сваких 5 година, иако интервал праћења зависи од симптома пацијента и тежине кичмене закривљености [218].

3.3. Номенклатура и мерење сколиозе кичме

3.3.1. Идентификација вршног пршљена кривине и осталих значајних пршљенова



Слика 3.3. Значајни пршљенови ненормалне кривине кичме на фронталном радиографском снимку пацијента са сколиозом - адаптирано према [208]

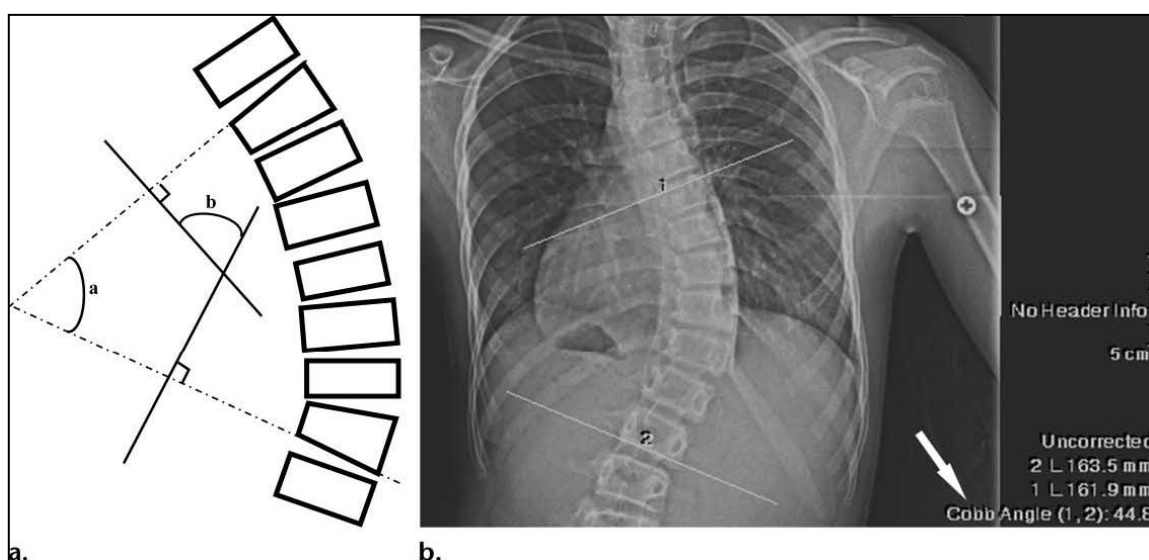
Значајни пршљенови ненормалне кривине кичме на фронталном радиографском снимку пацијента са сколиозом су:

- 1) *Вршни пршљен кривине* – је пршљен или диск са највећом ротацијом или највећим одступањем од центра кичменог стуба [220]. На слици 3.3 вршни пршљен кривине означен је са А.
- 2) *Завршни (крајњи) пршљенови* су они пршљенови кривине са максималним нагибом у односу на вршни пршљен кривине и користе се за одређивање Кобовог угла кривине (поглавље 3.3.2). Завршни (крајњи) пршљенови кривине на слици 3.3 означени су са Е.
- 3) *Неутрални пршљенови* су они пршљенови за које нема евидентне ротације у усправном стајаћем положају пацијента на фронталном радиографском снимку, чије петељке су на нормалним симетричним позицијама [221]. Неутрални пршљенови могу да буду у истом нивоу са крајњим пршљеновима, изнад или испод кичмене кривине, али никад нису ближи вршном пршљену од крајњих пршљенова. Неутралан пршљен кичмене кривине на слици 3.3 означен је са N.
- 4) *Стабилни пршљенови* су пршљенови најудаљенији од главе или горњег дела тела, који су преполовљени или скоро преполовљени централном сакралном вертикалном линијом (CSVL) (испрекидана линија на слици 3.3) у нивоу испод крајњег пршљена доњег дела кривине [222]. На слици 3.3 стабилни пршљен означен је са S.

Централна сакрална вертикална линија (CSVL) је строго вертикална линија која се повлачи нормално на замишљену тангенту кроз врх карличних кости (пуна линија на слици 3.3) на радиографском снимку. Она полови први сакрални пршљен $S1$ [6]. Централна сакрална вертикална линија поред тога што представља референцу за одређивање стабилног пршљена ненормалне кичмене кривине, такође служи као референца за процену равнотеже у фронталној равни [40] (поглавље 3.3.4) и одређивање типа кривине, не-зависно од коришћеног класификационог система (Кингове или Ленкове класификације) [222]–[224].

Идентификација вршног пршљена кривине и осталих наведених значајних пршљенова је кључна за одређивање типа кривине и избор одговарајућег третмана: приступа приликом операције, инструменталног система или одређивања оптималног нивоа фузије.

3.3.2. Мерна метода Кобових углова и њене карактеристике



Слика 3.4. Мерење Кобових углова кичмене кривине

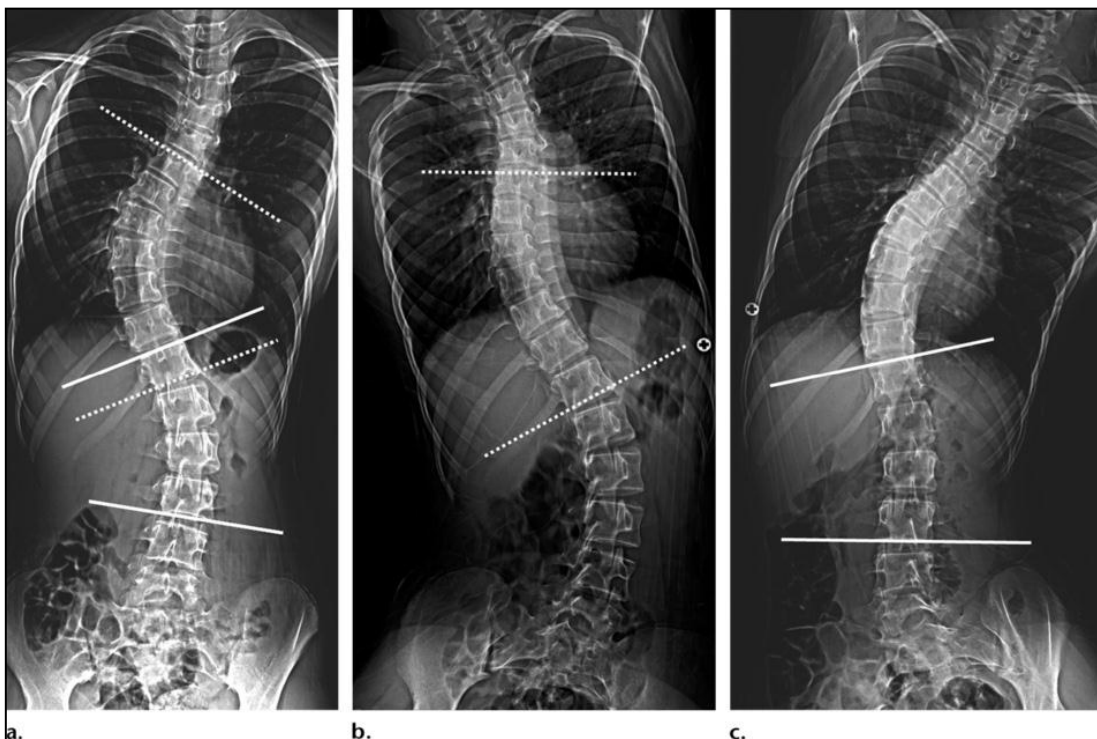
Кобов угао кривине кичме са сколиозом је угао који се одређује пресеком две тангенте, једне која је паралелна и налаже на горњу површину горњег завршног пршљена и друге која је паралелна и налаже на доњу површину доњег завршног пршљена (слика 3.4а). Кобов угао се дефинише као угао између наведених тангенти (угао a на слици 3.4а) или угао између две линије (пуне линије на слици 3.4а), које су нормалне на наведене тангенте линије (угао b на слици 3.4а). На слици 3.4б приказано је повлачење ових тангенти на фронталном радиографском снимку абнормално закривљене кичме. (Угао се израчунава ручно или дигитално [225]).

Основни недостатак коришћења мерне методе Кобових углова за процену абнормалних кривина кичме у тренутној клиничкој пракси се састоји у томе што се она базира на дво-димензионим радиографским снимцима, чиме је искључена у обзир ротација кичмених пршљенова. Са друге стране примена мерне методе Кобових углова може у појединим случајевима бити значајно отежана [54]. Међутим, упркос наведеним недостацима, коришћење мерне методе Кобових углова за одређивање величина абнормалних закривљености кичме представља главни стандард у дијагностици, праћењу и терапијском планирању и епидемиолошкој анализи сколиозе пацијената.

3.3.3. Идентификација основних карактеристика кривина кичме са сколиозом

Главна кривина која се такође назива и *примарном* кривином је највећа абнормална кривина кичме са сколиозом и она која се прва развија. *Минорне кривине* које се такође називају и *секундарним* кривинама су мање и накнадно се развијају, ради компензације поремећаја равнотеже, коју прати прогресија главних кривина, која доводи до промене позиције главе и тупа у односу на карлицу [40]. Ови термини се генерално користе у свакодневној клиничкој пракси, као и у различитим класификационим системима, развијеним у циљу описа типова кичмених кривина. Термини главна кривина и минорна кривина се понекад користе као синоними за структурне и не-структурне кривине редом, иако дефиниције наведених ентитета не одговарају у потпуности.

Услед морфолошких промена пршљенова (нпр. засецања или ротације), *структурна кривина* се не може кориговати савијањем на исту страну у коју је нагнута кривина. Насупрот томе, никакве морфолошке промене пршљенова се не дешавају у *не-структурним кривинама*, које представљају благе компензационе кривине које омогућавају бочну и фронталну равнотежу тупа, па се стога коригују приликом савијања у исту страну у коју је нагнута одговарајућа кривина. Не-структурне кривине обично не напредују. Међутим, не-структурне кривине могу да се развију у структурне кривине, уколико услед поремећаја у развоју на конкавној страни кривине, дође до скраћења лигамената [40]. Разлика између структурних и не-структурних кривина је важна приликом избора одговарајућег нивоа фузије. Мада се у појединим радовима изражава резервисаност у погледу избора најбоље методе за одређивање да ли је кривина структурна или не [226], [227], структурне кривине се могу поуздано дефинисати као кривине са Кобовим углом већим од 25° , приликом савијања на исту страну на коју је нагнута и кривина [223] (слика 3.5).



Слика 3.5. Главне, минорне, структурне и не-структурне кривине пацијента са идиопатском адолесцентском сколиозом

Фронтални радиографски снимак у усправном положају једне пацијенткиње са адолосцентском идиопатском сколиозом на слици 3.5.a приказује десно-сколиозу у горњем грудном делу кичме (сегмент кичме између испрекиданих линија), са Кобовим углом од 58.8° и лево-сколиозу у грудно-лумбалном делу кичме (сегмент кичме између пуних линија) са Кобовим углом од 32.6° . На основу измерених вредности Кобових углова може се закључити, да је код посматраног пацијента са сколиозом главна (примарна) кривина горња-грудна, док је грудно-лумбална кривина кичме минорна (секундарна) кривина. Фронтални радиографски снимак приликом савијања у десну страну истог пацијента на слици 3.5b, приказује постојање кривине у десну страну у горњем грудном делу кичме, са Кобовим углом од 32° , који је већи од 25° , што је показатељ да је наведена кривина структура. Фронтални радиографски снимак приликом савијања у леву страну истог пацијента, приказује постојање незнатне кривине у леву страну, у грудно-лумбалном делу кичме, са Кобовим углом од 15° , који је мањи од 25° , што је показатељ да наведена кривина није структурна.

3.3.4. Процена кичменог поретка и равнотеже (баланса)

Усправна линија је вертикална линија која се повлачи наниже од центра тела вратног кичменог пршљена C7, паралелно бочним крајевима радиографског снимка (тачкаста линија на слици 3.6). Она се користи за процену равнотеже у фронталној равни, на фронталном радиографском снимку пацијента у усправном стојећем положају и равнотеже у бочној равни, на бочном радиографском снимку пацијента у усправном стојећем положају.



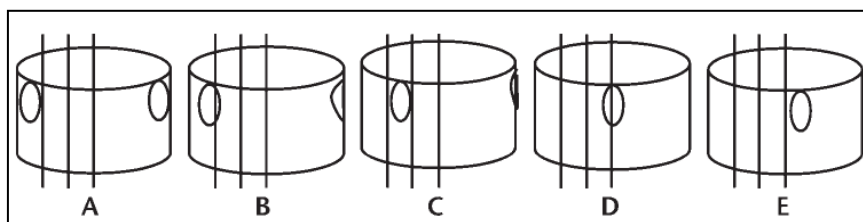
Слика 3.6. Мерење фронталног и бочног поретка кичмених пршљенова на усправном радиографском снимку 11-годишње девојчице.

Равнотежа (баланс) у фронталној равни се процењује мерењем растојања CSVL линије од усправне линије, док се равнотежа у бочној равни процењује мерењем растојања задњег-вишег аспекта тела кичменог пршљена S1 од усправне линије. Уколико су код процене равнотеже и у фронталној и у бочној равни измерена растојања већа од 2 cm кичмена равнотежа (баланс) није нормална. Приликом мерења фронталног баланса, уколико је усправна линија лоцирана десно од CSVL фронтални баланс је позитиван, док уколико је управна линија лоцирана лево од CSVL линије фронталан баланс је негативан. Приликом мерења бочног баланса, уколико је усправна линија лоцирана испред (према предњој страни тела) задњег-вишег аспекта тела кичменог пршљена S1, бочни баланс је позитиван, док уколико је усправна линија лоцирана иза (ближе задњој страни тела) задњег-вишег аспекта тела кичменог пршљена S1, бочни баланс је негативан [40].

На слици 3.6а приказано је мерење фронталне равнотеже једне пацијенткиње са адолосцентском идиопатском сколиозом, коришћењем усправног радиографског снимка. Измерено растојање усправне линије (тачкаста линија на слици 3.6а) од CSVL линије (пуна линија на слици 3.6а), које износи 1.8 cm (црна стрелица на слици 3.6а), а које је мање од 2 cm, указује на присуство фронталне равнотеже. С обзиром да је усправна линија лоцирана лево од CSVL линије, фронтални баланс код ове пацијенткиње је негативан. Леви бочни радиографски снимак приказује да је најкраће растојање (црна стрелица) између усправне линије (испрекидана линија на слици 3.6б) и задњег-горњег аспекта тела сакралног кичменог пршљена S1 (означеног врхом црне стрелице) износи 1.7 cm, што је мање од 2 cm, што указује на присуство бочне равнотеже (баланса). С обзиром да је усправна линија лоцирана испред задњег-вишег аспекта тела кичменог пршљена S1, бочни баланс код ове пацијенткиње је позитиван.

3.3.5. Мерење ротације кичмених пршљенова

Модерни инструменти довели су до значајног повећања важности мерења ротације кичмених пршљенова кичме са сколиозом [228]. Недостаци мерне методе Кобовог угла у опису ротације кичмених пршљенова су делом превазиђени коришћењем тзв. *Nash-Moe* методе, у којој се локације кичмених петељки на фронталном радиографским снимцима, користе као индикатор степена ротације кичмених пршљенова.



Слика 3.7. Степени ротације кичмених пршљенова према *Nash-Moe* методи.

На слици 3.7 приказани су различити степени ротације кичмених пршљенова према *Nash-Moe* методи. На фронталном радиографском снимку који приказује ненормалну кривину кичме, сви кичмени пршљенови кривине се полове једном замишљеном линијом, а половина сваког кичменог пршљена на конвексној страни се даље дели на три идентична сегмента (вертикалне линије на слици 3.7). Ротација сваког кичменог пршљена се квантификује на бази локације петељке кичменог пршљена на конвексној страни у неком од ових сегмената и видљивости петељке кичменог пршљена на

конкавној страни, која постепено опада како се повећава степен ротације [229]. На слици 3.7 дијаграм приказује различите степене ротације кичмених пршљенова према *Nash-Moe* методи: А - неутрална позиција (нема ротације); В - степен ротације 1; С – степен ротације 2; D – степен ротације 3 и Е – степен ротације 4.

3.3.6. Типови кривина према Ленковој класификацији

За анатомски и морфолошки опис кривана кичме у адолосцентској идиопатској сколиози користе се два основна система класификације: Кингов [222], [230]–[232] и Ленков систем класификације [223]. Оба система се користе у циљу руковођења оперативним третманом, али се Ленков систем класификације знатно више употребљава из следећих разлога:

(а) Ленков систем класификације узима у обзир не само кривине у грудном региону него и кривине у грудно-лумбалном и лумбалном региону кичме.

(б) Ленков систем класификације описује бочне кривине, које се занемарују Кинговим системом класификације

(с) Ленков систем класификације омогућава већи степен интеробсервер и интраобсервер слагања него Кингов систем класификације [233].

Осим Кингове и Ленкове класификационе шеме постоје такође и друге класификационе шеме идиопатске сколиозе, као што су: *PMUC (The Peking Union Medical College classification of idiopathic scoliosis)* [234] и *Lehnert-Schroth* [235], али се оне ређе употребљавају.

Дефинисање типа сколиозе према Ленковој класификацији се врши у зависности од локализација главних и минорних кривина и од тога да ли су оне структурне или не-структурне. За одређивање локализација појединих кривина кичме са сколиозом, кичма се дели на четири региона (сегмента): горњи грудни регион, главно грудни регион, грудно-лумбални и лумбални регион кичме. Према [6], [236] *горња грудна (upper (proximal) thoracic)* локализација кривине је у случају када се вршни пршљен кривине (*apex*) налази између пршљенова Т2 и Т6, не укључујући пршљенове Т2 и Т6; *главна грудна (main thoracic)* локализација кривине је када се вршни пршљен кривине налази између пршљена Т6 и међу-пршљенског диска Т11/12; *грудно-лумбална (thoracolumbar)* локализација је када је вршни пршљен кривине, пршљен Т12 или L1 и *лумбална (lumbar)* локализација кривине је када се вршни пршљен кривине налази између међу-пршљенског диска L1/2 и пршљена L4 (табела 3.1).

Табела 3.1: Типови кривина у зависности од локације вршног пршљена (*Scoliosis Research Society Definition*) [207]

Типови кривина	Локација вршног пршљена
Горња грудна (<i>Proximal thoracic</i>)	T2 – T6
Главна грудна (<i>Main Thoracic</i>)	T6–T11-12 диск
Грудно-лумбална (<i>Thoracolumbar</i>)	T12 или L1
Лумбална (<i>Lumbar</i>)	L1-2 диск–L4

Ленкова класификација кривине кичме садржи три компоненте:

- 1) *тип кривине;*
- 2) *лумбални модификатор кичме;*
- 3) *грудни бочни модификатор;*

Друга веома битна карактеристика кривина је њихова *флексибилност*, која дефинише да ли су кривине кичме структурне или не, а која се процењује према

постојању и величини кривина на радиографском снимку приликом савијања у страну или степену кифозе (табела 3.2). Према [6], [236] *главна кривина кичме (major curvature)*, тј. кривина кичме са највећом вредности Кобовог угла увек је структурна, док су остале мање кривине (*minor curvatures*) структурне, уколико њихов Кобов угао приликом савијања у исту страну у коју су нагнуте (*side banding Cobb angle*), прелази вредност од 25° или када угао кифозе прелази 20° . У случају *горње грудне кривине (proximal thoracic)*, угао кифозе је угао између кичмених пршљенова Т2 и Т5, док у случајевима *грудне (thoracic)* и *грудно-лумбалне/лумбалне (thoracolumbar/lumbar)* кривине, то је угао између пршљенова Т10 и L2 (табела 3.2).

Табела 3.2: Критеријуми структурности кривина минорних кривина. Усвојено из [236]

Типови минорних кривина	Критеријум структурности
Горња грудна (<i>Proximal thoracic</i>)	Кобов угао приликом савијања у страну $> 25^\circ$ или угао кифозе између Т2-Т5 $> 20^\circ$
Главна грудна (<i>Main Thoracic</i>)	Кобов угао приликом савијања у страну $> 25^\circ$ или угао кифозе између Т10-L2 $> 20^\circ$
Грудно-лумбална/Лумбална (<i>Thoracolumbar/ Lumbar</i>)	Кобов угао приликом савијања у страну $> 25^\circ$ или угао кифозе између Т10-L2 $> 20^\circ$

Према Ленковој класификацији постоји шест типова кривина, у зависности од њихове локализације, степена закривљености и флексибилности (табела 3.3): *главна грудна (main thoracic - MT)*, *двоструко грудна (double thoracic - DT)*, *двоструко главна (double major - DM)*, *троструко главна (triple major - TM)*, *претежно грудно-лумбална/лумбална (primary thoracolumbar/lumbar - TL/L)* и *претежно грудно-лумбална/лумбална-главна грудна (primary thoracolumbar/lumbar - main thoracic (TL/L-MT))*.

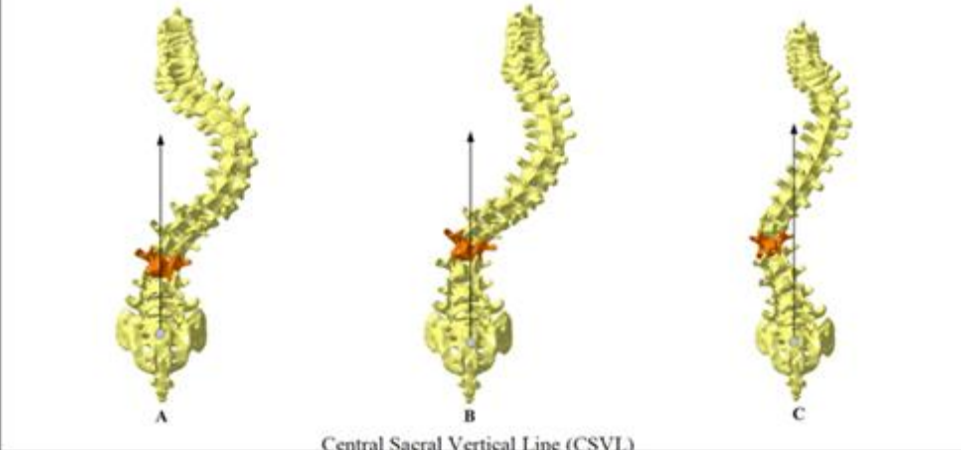
Табела 3.3: Типови кривина према Ленковој шеми класификације сколиозе. Адаптирано према [236]

Ленков тип	горња грудна (<i>proximal thoracic</i>)	главна грудна (<i>main thoracic</i>)	грудно-лумбална/лумбална (<i>thoracolumbar/lumbar</i>)	Тип кривине (<i>curve type</i>)
1	не-структурна	структурна (главна)	не-структурна	главна грудна (<i>main thoracic - MT</i>)
2	структурна	структурна (главна)	не-структурна	двоструко грудна (<i>double thoracic - DT</i>)
3	не-структурна	структурна (главна)	структурна	двоструко главна (<i>double major - DM</i>)
4	структурна	структурна (главна)	структурна	троструко главна (<i>triple major - TM</i>)
5	не-структурна	не-структурна	структурна (главна)	претежно грудно-лумбална/лумбална (<i>primary thoracolumbar/lumbar - TL/L</i>)
6	не-структурна	структурна	структурна (главна)	претежно грудно-лумбална/лумбална – главна грудна (<i>primary thoracolumbar/lumbar – main thoracic (TL/L - MT)</i>)

Лумбални модификатор кичме (А, В, или С) се одређује у зависности од позиције CSVL линије у односу на лумбални вршни пршљен (слика 3.8) [6]. Уколико CSVL линија пролази између петелјки лумбалног вршног пршљена, овом типу деформитета лумбалног региона кичме се додељује лумбални модификатор А. Уколико CSVL пролази између ивице конкавне петелјке вршног лумбалног пршљена и зида вршног лумбалног пршљена на конкавној страни, тада се овом типу деформитета лумбалног региона кичме додељује лумбални модификатор В. Коначно, уколико CSVL пролази комплетно кроз средину конкавне области вршног лумбалног пршљена, тада се овом типу деформитета лумбалног региона кичме додељује модификатор С.

Грудни бочни модификатор кичме (-, N или +) одређује се у зависности од вредности измереног Кобовог угла T5-T12 кичменог сегмента на бочном радиографском снимку (слика 3.8) [6]. Вредностима Кобовог угла између +10° и +40° додељује се нормалан (N) грудни модификатор. Вредностима Кобовог угла које су мање од +10° се додељује хипо (-) грудни модификатор, којим се квалификују хипо-кифозе грудног региона кичме. Вредностима Кобовог угла које су веће од +40° се додељује хипер (+) грудни модификатор, којим се квалификују хипер-кифозе грудног региона кичме.





















Lumbalni modifikator kičme	položaj CSVL u odnosu na vršni lumbalni pršljen
A	CSVL između peteljki vršnog pršljena
B	CSVL dodiruje telo vršnog pršljena
C	CSVL prolazi kroz sredinu konkavne oblasti pršljena
Grudni bočni modifikator	Ugao između T5-T12 pršljena
- (Hipo)	<10°
N (Normalan)	10° - 40°
+ (Hiper)	>40°



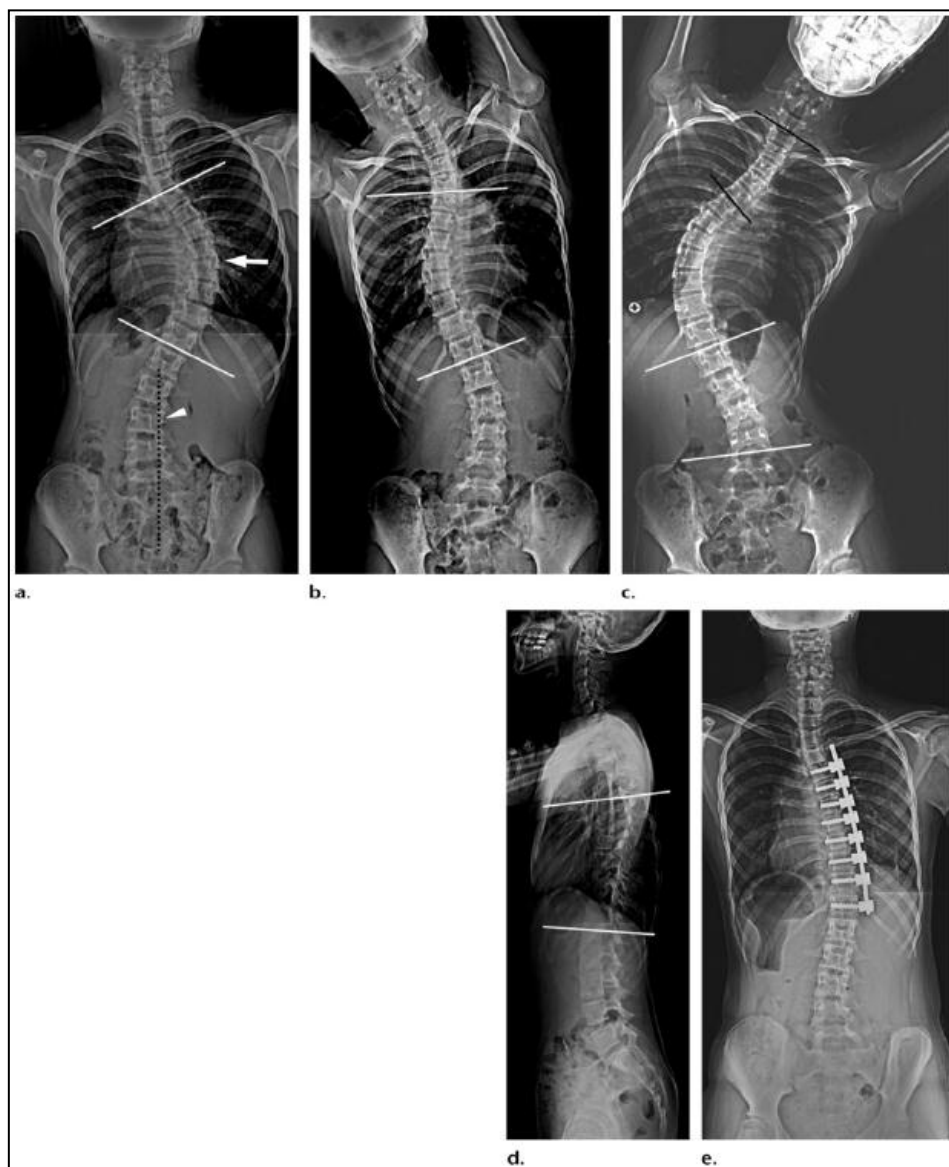
Слика 3.8. Лумбални и грудни модификатори кичме према Ленковом систему класификације сколиозе. Прилагођено из [236]

Из свега наведеног може се закључити да је за дефинисање кривине према Ленковој класификацији (слика 3.9), потребно имати радиографске снимке у фронталном усправном и бочном усправном положају, као и фронталном положају приликом савијања у леву и десну страну [223](слика 3.10). Међутим, потребно је нагласити да се комбинацијом од шест типова кривина кичме, три лумбална модификатора кичме и три грудна модификатора кичме, према Ленковој класификационој шеми добијају 42 различите класификације сколиозе, а не 54, како би се на први поглед очекивало, јер

сви анатомски релевантни Ленкови типови 5 и 6 сколиозе могу имати само С лумбални модификатор кичме [6].

LENKOVI TIPOVI KRIVINA (1-6)						
Lumbalni модификатор кичме	TIP 1 (Main Thoracic)	TIP 2 (Double Thoracic)	TIP 3 (Double Major)	TIP 4 (Triple Major)	TIP 5 (TL/L)	TIP 6 (TL/L-MT)
A (Minimal na krivina)	 1A*	 2A*	 3A*	 4A*		
B (Srednja krivina)	 1B*	 2B*	 3B*	 4B*		
C (Velika krivina)	 1C*	 2C*	 3C*	 4C*	 5C*	 6C*
Воћни профили кичме	 Normal	 PT Kyphosis	 TL Kyphosis	 PT and TL Kyphosis	 Normal	 Normal
*T5-T12 Воћни грудни модификатори кичме: -, N, +						

Слика 3.9. Ленков класификациони систем сколиозе – адаптирано на основу [223]



Слика 3.10. Ленкова класификација типа кривине код 12-годишње девојчице са адолесцентском идиопатском сколиозом

На слици 3.10 приказано је одређивање типа Ленкове класификација сколиозе, код једне пацијенткиње са адолесцентском идиопатском сколиозом. На слици 3.10.a радиографски снимак са дорзалне стране приказује велику десну грудну кривину са вршним пршљеном кривине на положају диска T8-T9 (бела стрелица) и крајњим пршљеновима T5 (горња бела линија) и T12 (доња бела линија). CSVL линија (испрекидана црна линија) додирује петелке тела вршног пршљена друге кривине у лумбалном региону (врх беле стрелице), што указује на лумбални модификатор B. Главна грудна кривина, из разлога што представља кривину са највећом вредности Кобовог угла, означена је као главна (примарна) кривина, док је лумбална кривина секундарна (минорна). Фронтални радиографски снимак приликом савијања истог пацијента у десну страну, приказује неисправљиву главну грудну кривину (сегмент између правих белих линија) са Кобовим углом који је већи од 25° , који указује на структурну кривину (слика 3.10.b). Фронтални радиографски снимак приликом савијања посматраног пацијента у леву страну приказује да Кобови углови горње

грудне кривине (кичмени сегмент између црних линија) и лумбална кривина (кичмени сегмент између белих линија) не прелазе 25° (слика 3.10.c), што указује на то да су обе минорне кривине не-структурне. Бочни усправни радиографски снимак истог пацијента представља нормални бочни профил грудне кривине (слика 3.10.d), са Кобовим углом од 10° – 40° између кичмених пршљенова T5 и T12 (беле линије). Према свему наведеном може се закључити да је Ленков тип сколиозе наведеног пацијента 1BN.

Са практичне стране, стриктна интерпретација сваког радиографског снимка на бази Ленковог система класификације изгледа непотребна. Међутим, разумевање овог класификационог система може да допринесе побољшању разумевања и интерпретације визуелне карактеристике сколиозе. Једна од основних примена Ленковог класификационог система је руковођење у процесу одлучивања о дужини кичме која ће бити укључена у оперативни третман сколиозе [237]. Посебни акценат се ставља на главну расправу која је везана за операцију сколиозе, а то је да ли укључити минорне кривине у сегмент спајања. Усправни радиографски снимак на слици 3.10.e приказује да је само структурна кривина (кривина између пршљенова T5 до T12) укључена у оперативном поступку спајања код посматране пацијенткиње са адолесцентском идиопатском сколиозом.

3.4. Основни принципи третмана сколиозе кичме

Третирање сколиоза је индивидуалан и трајан поступак који узима у обзир све ризике прогресије и даљег напредовања деформитета. План лечења, иако донекле зависи од самог лекара (хирурга), руковођен је тежином кривине, вероватноћом прогресије кривине током времена, и перцепцијом деформитета и симптома којих пацијент има [39], [40]. Свега 10% адолесцената, чије су кривине веће од 10° , захтева активно поступање и третман. Од тога, 85–90% пацијената може бити лечено не-хируршким методама. Постоје три могућности третмана сколиозе:

- *Праћење (посматрање)* – Регуларна посматрања се врше уколико пацијент са адолесцентском идиопатском сколиозом поседује кривину са Кобовим углом мањом од 20° или уколико скелетно зрели пацијент поседује кривину са Кобовим углом мањом од 30° на радиографском снимку. Пацијенти се прате у интервалима на сваких 4 до 12 месеци [218]. Вежбе и физиотерапија се у случају пацијената са сколиозом користе само као помоћна терапија за побољшање постуралног држања и јачање мишића, међутим њима се не може постићи редуковање кривина и умањити ризик од прогресије деформитета.
- *Учвршћивање коришћењем помагала (ортоза)*: мидера или корсета. Основна сврха коришћења мидера је избегавање операције. Третирање сколиоза применом мидера или корсета модификује кривину адолесцентских сколиоза и редукује ризик од прогресије. Међутим, потребно је нагласити да се мидери могу примењивати за лечење адолесцентске идиопатске сколиозе, само у случају скелетно не зрелих пацијената, док код скелетно зрелих пацијената употреба мидера не даје никакав ефекат. Мидери се иначе генерално употребљавају у случају кривина са Кобовим углом од 20° – 45° код пацијената са адолесцентском идиопатском сколиозом. У случају кривина од 20° – 30° започиње се употреба мидера, само уколико је између два суседна прегледа наступила прогресија кривине већа од 5° . Међутим уколико су пацијенти евидентно скелетно незрели (Рисеров степен 2 или нижи), као и уколико се ради

о пацијентима са Кобовим углом кривине од 30° – 45° , започиње се са терапијом употребе мидера већ при првом прегледу.

- *Операција* – Операција се препоручује у случају јувенилне и урођене (конгениталне) сколиозе и других облика сколиозе са познатим основним узроцима, код којих је оперативна интервенција неопходна [40], [218]. Операција се такође препоручује у случају пацијената са прогресијом криве упркос употреби мидера, као и код пацијената који не могу да толеришу употребу мидера [218]. У случају идиопатске сколиозе, операција се примењује код скелетно незрелих пацијената са Кобовим углом од 45° или више. Операција се такође препоручује код скелетно зрелих пацијената са Кобовим углом кривина од 45° и више, с обзиром да код оваквих пацијената прогресија кривине најчешће праћена болом [40]. За оптимизацију резултата оперативног третмана, хирурзи чине сваки напор да би се поштедели мобилни сегменти у доњем лумбалном делу кичме при обављању фузије, тако да се минимизира губитак лумбалне лордозе и избегне пост-оперативни бол у крстима. Бол у крстима јавља се код већине пацијената који пролазе кроз оперативан третман фузије изнад L3 пршљена [39]. Основни циљ операције у случају идиопатске сколиозе је спречавање прогресије криве, поступком спајања сегмента кичмених пршљенова који су обухваћени сколиозом. Други циљ је корекција криве, поновно успостављање кичменог баланса, очување бочних контура, остављајући што је више могуће покретних сегмената у лумбално-сакралном делу кичме [39]. У случају не-идиопатских сколиоза, циљ операције зависи од одговарајућег узрочника сколиозе.

4. РАЗВОЈ ОНТОЛОГИЈЕ *OBR-Scolio* ПРИМЕНОМ ИНКРЕМЕНТАЛНОГ МЕТОДОЛОШКОГ ПРИСТУПА

За развој онтологије сколиозе кичме *OBR-Scolio* и онтолошки базираног информационог система коришћен је *Инкременталан методолошки приступ*, који је детаљно објашњен у поглављу 2.4. Наведени методолошки приступ има велике сличности са *Skeletal* методологијом и *методологијом V-модела за изградњу онтологија* (поглавље 2.4). Осим тога, с обзиром да је онтологија сколиозе кичме *OBR-Scolio* развијена на основу виших референтних онтологија, за њену изградњу коришћени су основни принципи *SENSUS* метода.

У овом поглављу дат је детаљан опис корака спецификације и имплементације (поглавље 4.1), као и формализације (поглавље 4.2) инкрементално методолошког приступа развоја онтологије сколиозе кичме *OBR-Scolio*. Методолошки корак имплементације онтологије у виду онтолошки базираног дела информационог система *ScolioMedIS* [238], [239] детаљно је описан у поглављу 6, док је последњи корак евалуације инкрементално методолошког приступа описан у поглављу 7.

4.1. Спецификација и концептуализација *OBR-Scolio* онтологије

Спецификацијом се идентификује сврха и домен онтологије, док концептуализација обезбеђује спецификацију терминологије концепата и релација који су потребни за креирање онтологије. Као што је приказано на слици 2.6 (поглавље 2.4), постоје два задатка у овом кораку: колекција података и њихова анализа, при чему су задаци текстуалне репрезентације. Као резултат добија се спецификација домена онтологије, која је добијена анализом корисничких захтева и потреба.

4.1.1. Колекција података

Да би се идентификовао домен и сврха онтологије потребно је да извори података остваре три основна захтева. Први захтев се огледа у могућности спецификације концепата и процеса ослањајући се на практично искуство. Други захтев је уграђивање и постојећих концептуалних модела и коришћење релевантне литературе која је везана за домен који се специфицира. Трећи захтев подразумева коришћење историјских података, као што су ретроспективни случајеви појединих пацијената, да би се разумео читав тренутни процес колекције података и како се подаци могу формализовати у базу података и базу знања и тако пласирати крајњим корисницима. Историјски подаци се могу користити да се специфицира база случајева која се може користити у процесу учења и развоја тренутне праксе.

За прикупљање података користи се *PD (Participatory Design)* метода [240], која подразумева укључивање у овај процес крајњих корисника, чиме се обезбеђује употребљивост и корисност онтологије у процесу њеног дизајнирања. *PD* методом се остварује разумевање традиционалних, прећутно и често невидљивих начина обављања свакодневних корисничких активности и захтева.

За индентификацију домена онтологије потребно је поставити врло специфична питања током процеса прикупљања података. На пример, када се идентификују процеси веома је значајно упитати се: Ко је укључен у процес? Шта се дешава након

процеса? Које су информационе и комуникационе потребе у току процеса? Уколико постоји више извора информација како их усагласити? Који су обрасци комуникације и потребе различитих људи, који су укључени у процесе? Наведена питања морају се тражити и свим потенцијалним корисницима онтологије и информационог система.

У процесу колекције података за спецификацију домена онтологије сколиозе коришћени су следећи извори података:

- *Практично искуство* – Две врсте података практичног искуства су прикупљене и то: подаци из клиничких састанака са ортопедима и физијатрима и подаци везани за традиционалне клиничке прегледе пацијената са различитим типовима сколиозе кичме. У клиничким састанцима вођени су разговори о клиничком току посла традиционалних приступа лечења сколиозе у циљу изналагања његових недостатака и могућности за превазилажење истих (поглавље 3.4). Подаци традиционалних клиничких прегледа пацијената обухватају картон сколиозе на коме се налазе сви релевантни параметри, који се мере ради дијагностике и праћења овог кичменог деформитета.
- *Преглед одговарајуће литературе и постојећи концептуални модели* – Преглед литературе која се односи на сколиозу кичме [241]–[245], [202]–[204], [206], [236], [246]–[252] има за циљ сакупљање свих карактеристичних података, који су везани за овај тип кичменог деформитета. Од релевантних концептуалних модела разматрани су постојећи концептуални модели виших референтних и формалних онтологија из домена анатомије и патологије, као и концептуални модели апликативних *BioPortal* [4], [253] онтологија сколиозе кичме.
- *Подаци о историји тока лечења пацијената са сколиозом* – обухватају медицинске информације везане за историју тока лечења, као и садашње и прошле дијагнозе. Циљна група су: скелетно незрели и зрели пацијенти са Кобовим угловима кривина већим од 45° , код којих је у циљу оперативног планирања неопходно одредити Ленков тип сколиозе. У ову групу су такође укључени и пацијенти са адолосцентском идиопатском сколиозом са Кобовим угловима од 20° – 40° , код којих је такође у интересу одредити неке основне карактеристике кривина кичме, које су описане у поглављима 3.3.1 – 3.3.5, током процеса праћења и лечења сколиозе коришћењем помагала (мидера или корсета).

Наведени извори података који представљају целокупан спектар информација везаних за идиопатску сколиозу били су од великог значаја за спецификацију домена онтологије и њену концептуализацију. Осим тога, њихово поређење је омогућило упоређивање различитости приступа праћења и дијагностике идиопатске сколиозе у теорији и пракси, затим између лекара експерата и почетника, као лекара и медицинских сестара. Пошто су подаци прикупљени они су верификовани и унакрсно проверени од стране различитих учесника. То је од посебног значаја за идентификацију различитих задатака и потреба целокупног клиничког особља.

4.1.2. Анализа података

Метод који се користи за анализу података мора имати теоријску основу да би се на њега могла развити онтологија, која представља базу знања, тј. теорију о домену. У том циљу се користи *GT* (*Grounded theory*) истраживачка методологија, која се базира на коришћењу систематског скупа процедура за развој индуктивно изведене теорије о феномену [254]. *GT* студија не почиње са унапред дефинисаном хипотезом или

теоријом коју треба доказати, већ са теоријом која произилази из прикупљених података.

GT методологија се састоји од три фазе кодирања: *отвореног*, *аксијалног* и *селективног кодирања*. *Отворено кодирање* подразумева почетни преглед, поређење, концептуализацију и категоризацију података, да би се на основу њих креирали концепти и категорије. *Аксијалним кодирањем* се постиже богађење концепата и категорија. *Селективним кодирањем* се коначно успостављају основне категорије и концепти.

Анализом захтева корисника система тј. ортопеда и физијатара долази се до закључка да је потребно креирати онтологију домена сколиозе кичме, с обзиром да је установљено да је таква онтологија потребна у циљу моделовања Ленкове класификације могућих типова сколиозе или моделовања основних карактеристика кривина кичме, ради униформног праћења прогресије сколиозе кичме, дугогодишње анализе и међусобног упоређивања резултата, као и усаглашавања и утврђивања дијагнозе и третмана, који у појединим случајевима дају најбоље клиничке резултате. Ленкова класификација сколиозе кичме подразумева одређивање следећих основних карактеристика кривина кичме (поглавље 3.3.6):

- Одређивање и регионално лоцирање кичмених кривина пацијента, на основу одређивања положаја вршних пршљенова кичмених кривина;
- Одређивање величина регионално лоцираних кичмених кривина пацијента, на основу мерења вредности Кобових углова у усправном положају пацијента у фронталној равни гледано са леђне стране (дорзално);
- Одређивање главне (примарне) кривине кичме, која има највећу вредност Кобовог угла и одређивање Кобових углова осталих минорних (секундарних) кривина кичме;
- Одређивање структурних и не-структурних кривина кичме, на основу мерења Кобових углова кичмених кривина, приликом савијања пацијента у леву и десну страну у фронталној равни гледано са леђне стране, као и Кобових углова у бочној равни. Одређивање структурних кривина кичме од велике је важности код оперативног планирања.

Анализом постојеће литературе из области сколиозе кичме сакупљени су сви карактеристични подаци везани за овај тип кичменог деформитета који подразумевају: етиолошку класификацију сколиозе, опис биомеханике напредовања сколиозе, анализу фактора прогресије сколиозе, дефиницију вршног пршљенова кривине и осталих значајних пршљенова, дефиницију мерне методе Кобових углова и њене карактеристике, дефиницију примарних, секундарних, структурних и не-структурних кривина кичме, процес процене кичменог поретка и баланса, мерење ротације кичмених пршљенова, као и одређивање типова кривина према Ленковој класификацији (поглавље 3.3).

Анализом постојећих концептуалних модела виших референтних онтологија *FMA* (*Foundational Model of Anatomy*) [23], [24] и *OBR* (*Ontology of Biomedical Reality*) [8], установљено је да би они могли бити искоришћени као основа изградње апликативне онтологије сколиозе кичме, која се базира на Ленковој класификацији сколиозе (поглавља 4.2.1 и 4.2.2). *FMA* референтна онтологија је из домена анатомије, док *OBR* референтна онтологија представља федерацију три независне референтне онтологије из домена: анатомије, физиологије и патологије. *FMA* референтна онтологија оригинално егзистира у *Protégé* репрезентацији базираној на оквирима [31], док је *OBR* референтна онтологија егзистира само у виду прелиминарне класификације и не поседује таксономију патолошких структура. У наредним поглављима 4.1.2.1 и 4.1.2.2 биће дат преглед апликативних *BioPortal* [4], [253] онтологија сколиозе кичме и њихова анализа.

4.1.2.1. Биомедицинске апликативне онтологије сколиозе кичме на BioPortal складишту

На је бесплатно доступном складишту биомедицинских онтологија *BioPortal* [4], [253], које обезбеђује директан приступ онтологијама посредством веб прегледача и веб сервиса, пронађен је велики број онтологија сколиозе кичме које садрже *Scoliosis* класу, попут: *ICPC-2 PLUS*, *Bone Dysplasia*, *ICD10*, *Common Terminology Criteria for Adverse Events*, *CRISP Thesaurus 2006*, *MedDRA*, *ICD10CM* и *OWL Version of MeSH* онтологија. Директан приступ онтологијама на *BioPortal* складишту подразумева способност прегледања, визуелизације и претраге онтологија, као и могућност коментарисања и међусобног мапирања онтологија. Иначе *BioPortal* подржава представу онтологија у следећим језичким формама: *OBO*, *OWL*, *RDF*, *Rich Release Format (RRF)*, *Protégé frames* и *LexGrid XML*. У даљем тексту биће извршена анализа пронађених апликативних онтологија сколиозе кичме, да би се на основу ње извршила спецификација домена нове онтологије сколиозе кичме, која ће бити креирана у овом раду.

ICPC-2 PLUS (International Classification of Primary Care) онтологија [255] је проширена клиничка терминологија класа према Међународној класификацији основне здравствене заштите, чија је основна намена помоћ при уносу, претраживању и анализи података. Она узима у обзир учесталост појаве појединих здравствених проблема пацијената у примарној здравственој заштити и омогућава њихову класификацију, према успешној дијагностици и клиничкој интервенцији. *Scoliosis* класа ове онтологије нема подкласу и семантичког је типа: *Acquired Abnormality Disease or Syndrome*.

Bone Dysplasia онтологија [256] обезбеђује свеобухватну и формалну представу разноврсних концепата, чија је намена документација потпуне сложености домена скелетних поремећаја. При томе се узимају у обзир и комбинују генетске са мноштвом фенотипских карактеристика пацијента, које се морају узети у обзир у циљу правилне дијагностике скелетних поремећаја. Дефиниција *Scoliosis* класе ове онтологије је: „Присуство ненормалне латералне кривине кичме“. Надкласа *Scoliosis* класе је: *Abnormality of the curvature of the vertebral column*, при чему се *Scoliosis* класа даље класификује у следећих пет подкласа: *Thoracolumbar scoliosis*, *Thoracic scoliosis*, *Congenital scoliosis*, *Progressive Compensatory scoliosis* и *Kyphoscoliosis*. Поред *Scoliosis* класе *Abnormality of the curvature of the vertebral column* класа има још и следеће подкласе: *Abnormal cervical curvature*, *Abnormally straight spine*, *Camptocormia*, *Kyphosis* и *Lordosis*. Дефиниција класе *Abnormal cervical curvature* је: „Присуство абнормалне (PATO:0000460) кривине у цервикалном домену кичме (FMA:24138)“. Наведена класа поседује само једну подкласу: *Cervical kyphosis*. Дефиниција класе *Abnormally straight spine* је: „Одсуство нормалне кривине (PATO:0001591) кичме (FMA:13478)“. Дефиниција класе *Camptocormia* је: „Ненормално савијена кичма унапред, која се само примећује при ходу и стајању, док у лежећем положају пацијента нестаје“. Она постаје све више препознатљива карактеристика Паркинсонове болести и дистоничних поремећаја. У наведеним дефиницијама класе реч *PATO*, означава одговарајућу класу *Phenotypic quality* онтологије [257], којом се дефинишу фенотипске карактеристике (својства), која се најчешће комбинују са другим анатомским онтологијама, у овом случају *FMA* онтологијом тј. њеним класама, у циљу дефинисања анатомских фенотипских карактеристика тих класа. Подкласе *Kyphosis* класе су: *Cervical kyphosis*, *Kyphoscoliosis*, *Thoracic kyphosis*. Дефиниција класе *Kyphoscoliosis* је: „Ненормална кривина кичме у бочној и фронталној равни“. Подкласе *Kyphoscoliosis* класе су: *Congenital kyphoscoliosis*, *Lumbar kyphoscoliosis* и *Thoracolumbar kyphoscoliosis*. Подкласе *Thoracic kyphosis* класе су: *Lower thoracic kyphosis* и *Thoracolumbar kyphosis*. *Thoracolumbar kyphosis* класа се даље класификује на следеће класе: *Lumbar kyphosis* и

Thoracolumbar kyphoscoliosis. Подкласе *Lumbar kyphosis* класе су: *Lumbar kyphoscoliosis* и *Lumbar kyphosis in infancy*.

ICD10 (International Classification of Diseases) онтологија [258] у домену људских болести представља један од главних међународних стандарда клиничке праксе, а одржава се од стране светске здравствене организације (*World Health Organization - WHO*). Надкласа *Scoliosis* класе је *Deforming dorsopathies*, док су њене директне подкласе следећих осам класа: *Other secondary scoliosis*, *Neuromuscular scoliosis*, *Thoracogenic scoliosis*, *Other idiopathic scoliosis*, *Juvenile idiopathic scoliosis*, *Infantile idiopathic scoliosis*, *Scoliosis unspecified*, *Other forms of scoliosis*. Семантички тип *Scoliosis* класе је *Anatomical Abnormality*. Осим *Scoliosis* класе *Deforming dorsopathies* класа садржи и следеће подкласе: *Kyphosis and lordosis*, *Other deforming dorsopathies* и *Spinal osteochondrosis*. Наведене класе немају дефиницију.

Common Terminology Criteria for Adverse Events [259] онтологија има за циљ извештавање о нежељеним догађајима који се дешавају у току терапије канцера. Надкласа *Scoliosis* класе је *Musculoskeletal and connective tissue disorders*, док су њене директне подкласе следеће три класе: *Grade 1 Scoliosis*, *Grade 2 Scoliosis* и *Grade 3 Scoliosis*. Дефиниција ове класе је: „NCIA поремећај који се карактерише неисправном, латералном кривином кичме“. *Grade 1 Scoliosis* је дефинисана као тип сколиозе са $NCI < 20^\circ$, која се клинички не може детектовати. *Grade 2 Scoliosis* је дефинисана као тип сколиозе са $20^\circ < NCI < 45^\circ$, која је видљива приликом савијања унапред – са ограниченом инструменталном свакодневном активности, при чему инструментална свакодневна активност (*Instrumental activities of daily living - IADLs*) није неопходна за фундаментално функционисање појединца, али му омогућава самостално живљење у друштвеном окружењу. *Grade 3 Scoliosis* је дефинисана као тип сколиозе са $NCI > 45^\circ$, која је окарактерисана израженим лопатицама приликом савијања унапред, евидентном потребом за оперативни захват и ограниченом самосталном активности свакодневног живота.

CRISP Thesaurus, 2006 (Computer Retrieval of Information on Scientific Projects) терминологија [260] има основну намену индексирање биомедицинских информација. *Scoliosis* класа ове онтологије је дефинисана као: „Приметно бочна девијација нормално праве линије кичме“. Надкласа *Scoliosis* класе ове онтологије је класа *Spine disorder*, при чему *Scoliosis* класа нема даљих подкласа. Семантички тип *Scoliosis* класе је: *Anatomical Abnormality*.

MedDRA (Medical Dictionary for Regulatory Activities) онтологија [261] је медицинска терминологија, која се користи за класификацију негативних информација о догађајима који су повезани са употребом биофармацеутских и других медицинских производа (нпр. медицинских средстава и вакцина). На тај начин *MedDRA* терминологија обезбеђује здравственим установама и биофармацеутској индустрији лакшу размену и анализу података, који се односе на безбедно коришћење медицинских производа. Надкласе *Scoliosis* класе ове онтологије су класе: *Thoracic musculoskeletal disorders*, *Spine and neck deformities*, док *Scoliosis* класа нема директних подкласа. Семантички тип *Scoliosis* класе је: *Anatomical Abnormality*. Повезане (сличне) класе су: *Other kyphoscoliosis and scoliosis*, *Scoliosis associated with other conditions*, *Scoliosis (and kyphoscoliosis)*, *idiopathic*, *Resolving infantile idiopathic scoliosis*, *Progressive infantile idiopathic scoliosis*, *Rotoscoliosis*, *Thoracogenic scoliosis*, *Kyphoscoliosis and scoliosis*. Наведене класе немају дефиницију.

ICD10CM (International Classification of Diseases, 10th Edition, Clinical Modification, 2011_01) терминологија [262] се користи за представу и класификацију података о узроцима морталитета становништва. Ова класа искључује следеће типове сколиозе: постурална урођена (конгенитална) сколиоза, конгенитална сколиоза услед коштаних

поремећаја, болести срца услед кифозе, пост-процедурална сколиоза и конгенитална сколиоза. Надкласа *Scoliosis* класе ове онтологије је класа: *Deforming dorsopathies*, док су директне подкласе *Scoliosis* класе: *Other secondary scoliosis*, *Neuromuscular scoliosis*, *Thoracogenic scoliosis*, *Other idiopathic scoliosis*, *Juvenile and adolescent idiopathic scoliosis*, *Infantile idiopathic scoliosis*, *Scoliosis unspecified*, *Other forms of scoliosis*. Директне подкласе *Juvenile and adolescent idiopathic scoliosis* класе су: *Adolescent scoliosis* и *Juvenile idiopathic scoliosis*, при чему се адолосценција дефинише као период од 11 до 17 године, док се јувенилни период дефинише као период од 5 до 10 године. Даља класификација свих подкласа *Scoliosis* класе, осим *Thoracogenic scoliosis* класе и *Scoliosis unspecified* класе, врши се у зависности од кичменог региона идентификованог типа сколиозе: *cervical region*, *cervicothoracic region*, *lumbar region*, *lumbosacral region*, *thoracic region*, *thoracolumbar region* и *site unspecified*. Семантички тип *Scoliosis* класе је *Anatomical Abnormality*. *Scoliosis unspecified* класа нема подкласе, док се *Thoracogenic scoliosis* класа даље класификује према грудним регионима кичме: *thoracic region*, *thoracolumbar region* и *site unspecified*. Наведене класе немају дефиницију.

OWL Version of MeSH – је *OWL* верзија *Medical Subjects Headings Thesaurus 2012*, онтологије [263], која се користи за индексирање, каталогизацију и претрагу биомедицинских и здравствених информација и докумената. *Scoliosis* класа ове онтологије има 13 директних субкласа: *Spondylotroparsal synostosis*, *Waalder Aarskog syndrome*, *Prata Libéral Gonçalves syndrome*, *Omphalocele exstrophy imperforate anus*, *Acrodysplasia scoliosis*, *Coffin syndrome 1*, *Daish Hardman Lamont syndrome*, *Iida Kannari syndrome*, *Rhizomelic dysplasia, scoliosis, and retinitis pigmentosa*, *Pilotto syndrome*, *Parastremmatic dwarfism*, *Shprintzen omphalocele syndrome*, *Rigid spine syndrome*. Надкласа *Scoliosis* класе је *Spinal Curvatures* класа, која се још класификује на следеће класе: *Kyphosis* и *Lordosis*.

4.1.2.2. Преглед биомедицинских апликативних онтологија сколиозе кичме на BioPortal складишту

Табела 4.1: Преглед апликативних BioPortal онтологија које садрже *Scoliosis* класу

Апликативне BioPortal онтологије	Надкласе <i>Scoliosis</i> класе	Подкласе <i>Scoliosis</i> класе	Друге подкласе надкласе <i>Scoliosis</i> класе
<u>ICPC-2 PLUS</u>	<i>Acquired Abnormality Disease or Syndrome</i>	/	/
<u>Bone Dysplasia</u>	<i>Abnormality of the curvature of the vertebral column</i>	<i>Thoracolumbar scoliosis</i> , <i>Thoracic scoliosis</i> , <i>Congenital scoliosis</i> , <i>Progressive Compensatory scoliosis</i> и <i>Kyphoscoliosis</i>	<i>Abnormal cervical curvature</i> , <i>Abnormally straight spine</i> , <i>Camptocormia</i> , <i>Kyphosis</i> и <i>Lordosis</i>
<u>ICD10</u>	<i>Deforming dorsopathies</i>	<i>Other secondary scoliosis</i> , <i>Neuromuscular scoliosis</i> , <i>Thoracogenic scoliosis</i> , <i>Other idiopathic scoliosis</i> , <i>Juvenile idiopathic scoliosis</i> , <i>Infantile idiopathic scoliosis</i> , <i>Scoliosis, unspecified</i> , <i>Other forms of scoliosis</i>	<i>Kyphosis and lordosis</i> , <i>Other deforming dorsopathies</i> и <i>Spinal osteochondrosis</i>
<u>Common</u>	<i>Musculoskeletal and</i>	<i>Grade 1 Scoliosis</i> , <i>Grade 2</i>	

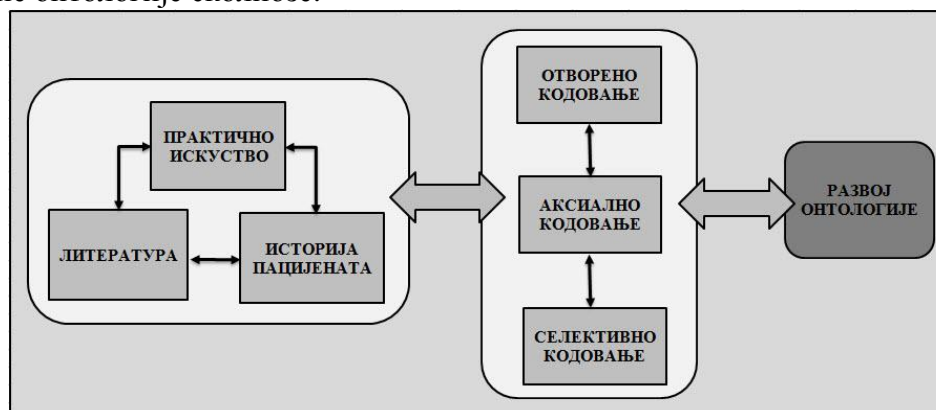
<u>Terminology Criteria for Adverse Events</u>	<i>connective tissue disorders</i>	<i>Scoliosiss и Grade 3 Scoliosis</i>	
<u>CRISP Thesaurus, 2006</u>	<i>Spine disorder</i>	/	/
<u>MedDRA</u>	<i>Thoracic musculoskeletal disorders, Spine and neck deformities</i>	/	/
<u>ICD10CM</u>	<i>Deforming dorsopathies</i>	<i>Other secondary scoliosis, Neuromuscular scoliosis, Thoracogenic scoliosis, Other idiopathic scoliosis, Juvenile and adolescent idiopathic scoliosis, Infantile idiopathic scoliosis, Scoliosis, unspecified, Other forms of scoliosis</i>	/
<u>OWL Version of MeSH</u>	<i>Spinal Curvatures</i>	<i>Spondylocarpotarsal synostosis, Waaler Aarskog syndrome, Prata Libéral Gonçalves syndrome, Omphalocele exstrophy imperforate anus, Acrodysplasia scoliosis, Coffin syndrome 1, Daish Hardman Lamont syndrome, Iida Kannari syndrome, Rhizomelic dysplasia, scoliosis, and retinitis pigmentosa, Pilotto syndrome, Parastremmatic dwarfism, Shprintzen omphalocele syndrome, Rigid spine syndrome</i>	<i>Kyphosis и Lordosis</i>

У табели 4.1 приказан је преглед директних надкласа и подкласа *Scoliosis* класе наведених апликативних *BioPortal* онтологија. Анализом директних подкласа *Scoliosis* класе може се закључити да је у њима даља класификација вршена углавном на основу узрочника настанка сколиозе (*Bone Dysplasia*, *ICD10*, *ICD10CM*, *OWL Version of MeSH*), а ретко у односу на регионе кичме у којима се налазе абнормалне кривине кичме (*Bone Dysplasia* и *ICD10CM*). У *Bone Dysplasia* онтологији у зависности од грудно-лумбалног или грудног региона захваћених сколиозом дефинисане су класе *Thoracolumbar scoliosis* и *Thoracic scoliosis*, док се *Abnormal cervical curvature* класа, која представља абнормалне кривине кичме у вратном региону кичме не сматра врстом сколиозе. У *ICD10CM* онтологији се директне подкласе *Scoliosis* класе даље класификују у зависности од узрочника настанка. Наведене подкласе се затим даље класификују у зависности од захваћеног вратног, вратно-грудног, грудног, грудно-лумбалног или лумбалног региона. У *Common Terminology Criteria for Adverse Events* онтологији директне подкласе *Scoliosis* класе, представљају врсте сколиозе у зависности од величине највеће кривине захваћене сколиозом.

Анализом литературе из области сколиозе кичме и поменутих концептуалних модела апликативних онтологија сколиозе, долази се до закључка да је у будућој онтологији сколиозе кичме, потребно најпре вршити класификацију сваке могуће абнормалне кривине у зависности од њене локације, тј. региона кичме у коме се налази њен вршни пршљен. Надаље би наведене основне кривине требало даље класификовати на структурне или не-структурне, у зависности од тога да ли поседују морфолошки измењене пршљенове или не. Све абнормалне кривине кичме треба даље класификовати према Ленковој класификацији [6], која се у пракси показала најдетаљнијим и најпозданијим системом класификовања идиопатске сколиозе [7]. С обзиром да се у Ленковој класификационој шеми тип кривина одређује у зависности од њихове локализације, величине и флексибилности (да ли су структурне или не), дефиниција наведених класа (поглавље 4.2.3.3) би била сачињена од одговарајућих класа које репрезентују основне кривине кичме. На описани начин би се добила јединствена апликативна онтологија сколизе кичме, која не постоји на *BioPortal* складишту, а која доменски покрива све главне аспекте сколиозе, који су анализирани у литератури (поглавље 3.3).

4.1.3. Хибридни *Hybrid GT-PD* метод дизајнирања апликативне онтологије сколиозе

Примена хибридног *GT-PD* метода (слика 4.1) има за циљ коришћење заједничких предности и *GT* и *PD* методологије за развој апликативне онтологије сколиозе [264], [265]. Главна снага *PD* методологије је у томе што обезбеђује средства за ангажовање корисника, да би се добила потпуна перспектива клиничке праксе, која се комбинује са релевантном литературом и историјским подацима тока дијагнозе и лечења пацијента. *PD* метод обезбеђује податке за садржај и контекст онтологије. Снага *GT* метода се огледа у кодовању података у концепте и категорије, да би се развило теоријски засновано разумевање тих података. Хибридни *GT-PD* метод пружа методолошки приступ за прикупљање и разумевање садржаја и контекста података, који се користе. Применом *PD* метода развоја апликативне онтологије сколиозе сакупљена су три значајна извора података, која се коришћењем *GT* методологије кодују у иницијалне концепте и категорије. Након тога се применом *PD* метода врши клиничка валидација добијених концепата и категорија од стране клиничких учесника, доктора и физијатара. На овај начин, добијени концепти и категорије постају основа онтолошких концепата апликативне онтологије сколиозе.



Слика 4.1. Хибридни *GT-PD* метод дизајнирања онтологије апликативне онтологије сколиозе. Адаптирано на основу [36]

Сакупљање података и кодирање врши се на клинички начин где се нови подаци припајају и пореде са постојећим подацима. Константно поређење података помаже да се успостави специфична конекција између података, пошто сваки извор података обезбеђује различиту перспективу на практично искуство у медицинској дијагностици и праћењу идиопатске сколиозе. Крајњи производ фазе спецификације и концептуализације су текстуални подаци, који се кодују у: отворене, аксијалне и селективне кодове. Селективни кодови су кључни кодови *GT* методологије кодирања, који представљају домен онтологије и полазну тачку фазе формализације.

4.2. Формализација *OBR-Scolio* онтологије

Задатак формализације је развој апликационе онтологије домена, која представља формални модел концепата и категорија добијених селективним кодирањем. Селективни кодови обезбеђују полазну тачку дизајнирања онтологије, пошто идентификују домен онтологије. Формализација проширује селективне кодове развојем хијерархије и релација. На тај начин се формализацијом остварује развој структуре и релација онтологије домена, као и специфичних приступа решавања проблема из домена. Формализација користи методе, алате и језике развоја онтологија [106] (поглавља 2.4, 2.5 и 2.6).

С обзиром да многи објављени радови попут [8] препоручују да се апликационе онтологије развијају користећи процес интеграције са постојећим референтним онтологијама, у ту сврху су одабране референтне онтологије *FMA* (*Foundational Model of Anatomy*) [23], [24] и *OBR* (*Ontology of Biomedical Reality*) [8]. *FMA* референтна онтологија је из домена анатомије, док *OBR* референтна онтологија представља федерацију три независне референтне онтологије из домена анатомије, физиологије и патологије. *FMA* референтна онтологија оригинално егзистира у *Protégé* репрезентацији базираној на оквирима [31], док *OBR* референтна онтологија тренутно егзистира само у виду прелиминарне класификације и не поседује развијену таксономију патолошких структура.

Имајући у виду претходно поменуто, процес развоја апликативне онтологије сколиозе се састојао од скраћивања *OBR* референтне онтологије, тако да садржи само основно стабло надкласа таксономије патолошких структура и креирања и развоја таксономије патолошких структура апликативне онтологије сколиозе, базирајући се на таксономију анатомских структура *FMA* референтне онтологије. С обзиром да се развија на основу *OBR* референтне онтологије, апликативна онтологија сколиозе је стога названа *OBR-Scolio*. У наведеном циљу, у поглављу 4.2.1 најпре је извршено поређење основних таксономија *OBR* референтне онтологије и *FMA* референтне онтологије, док је комплетан процес развоја *OBR-Scolio* апликационе онтологије детаљно је описан у поглављу 4.2.2.

Природна оригинална форма *FMA* референтне онтологије анатомије су *Protégé* оквири, док је *OWL Full* верзија *FMA* референтне онтологије, која је накнадно настала, само прилагођена да што верније осликава оригиналну верзију *FMA* онтологије базирану на *Protégé* оквирима. Други недостатак *OWL Full* верзије *FMA* референтне онтологије је немогућност примене аутоматизма резоновања. Из наведених разлога је *OBR-Scolio* онтологија најпре развијена у *Protégé* верзији базираној на оквирима, по угледу на преузету оригиналну верзију *FMA* референтне онтологије. Након развоја првобитне верзије *OBR-Scolio* онтологије, коришћењем форме *Protégé* оквира, *OBR-*

Scolio онтологија је накнадно преведена у *OWL DL* форму [32] из разлога веће експресивности *OWL DL* језика, могућности визуелизације и коришћења аутоматских механизма закључивања, у циљу тестирања конзистентности и хијерархијске организације класа у онтологији, провере инстанци, као и могућности дељења и интеграције са осталим биомедицинским *OWL* онтологијама. Приликом превођења *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму коришћен је слични методолошки принцип, који је примењен при превођењу *FMA* референтне онтологије из форме *Protégé* оквира у *OWL DL* форму [24], [33]. Овај методолошки приступ детаљно је објашњен у поглављу 4.2.3.

У поглављу 6 детаљно је описана имплементација онтологије у виду дела информационог система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе – *ScolioMedIS* [238], [239]. С обзиром да је за интеграцију онтологије *OBR-Scolio* у део информационог система *ScolioMedIS* коришћен *Protégé-OWL API*, који представља колекцију *Java* интерфејса према *OBR-Scolio* онтологији, одговарајући део информационог система, који омогућава корисничку интерактивност са онтологијом израђен је у *Java* веб технологији, коришћењем *Eclipse* програмског окружења.

4.2.1. Поређење *FMA* и *OBR* референтних онтологија

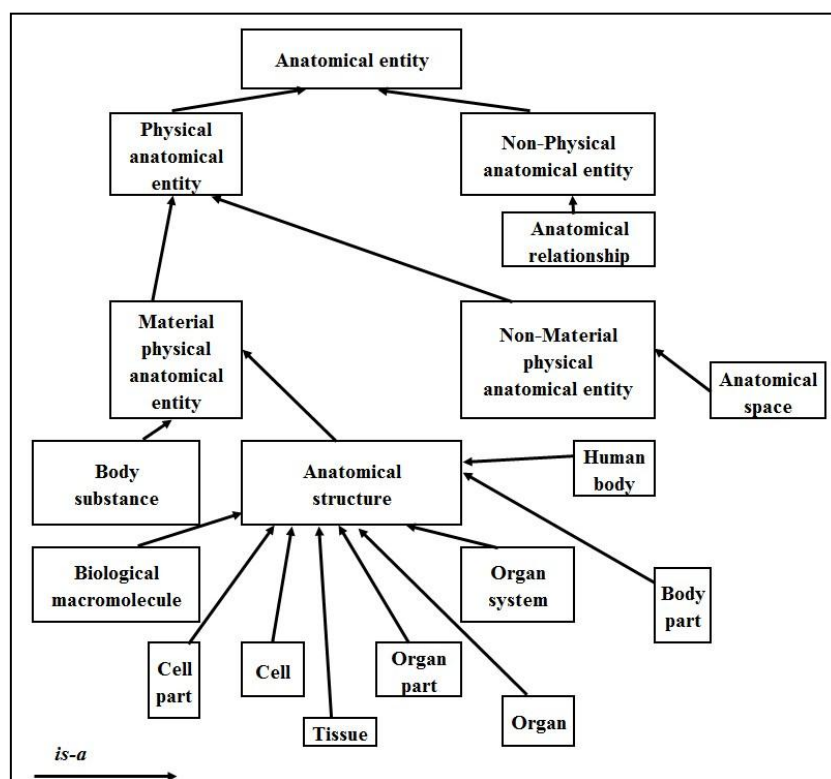
OBR референтна онтологија [8] се простире на домене анатомије, физиологије и патологије. Ова онтологија представља федерацију три независне референтне онтологије: *FMA* референтне онтологије [23], [31], [75] вертикално интегрисане са *BFO* (*Basic Formal Ontology*) онтологијом вршног-нивоа [94], као и са референтним онтологијама физиологије *PRO* (*Physiology Reference Ontology*) и патологије *PathRO* (*Pathology Reference Ontology*) [266].

BFO је формална, вршна онтологија, која се састоји од *SPAN* (*spanning*) онтологије, која се односи на процесе, збивања (*occurents*) и *SNAP* (*snapshot*) онтологије, која се односи на континуитете (*continuants*), учеснике у овим процесима. Биолошке континуитете изучава *анатомија*, биолошке збивања изучава *физиологија*, док структурне промене биолошких континуитета и претурбације биолошких збивања, које се заједно манифестују као болести, изучава *патологија*.

FMA је референтна онтологија анатомије, која према независним проценама задовољава фундаменталне захтеве онтолошке представе људске анатомије [267], [268]. Домен *FMA* је дакле, анатомија идеализованог људског тела. *FMA* онтологија користи хијерархију класа анатомских ентитета, који постоје у реалности кроз своје инстанце. Корен анатомске таксономије (АТ) *FMA* онтологије је *Anatomical_entity* класа, а њена доминантна класа је *Anatomical_structure* (слика 4.2). Класа *Anatomical_structure* *FMA* онтологије дефинише материјалне ентитете сталног 3D облика [75], који су генерисани координираном експресијом сопствених структурних гена организма. Ова класа укључује материјалне објекте, који се разликују по величини и комплексности, почев од биолошких макро-молекула до читавог организма. Доминантна улога класе *Anatomical_structure* се огледа у чињеници да су не-материјални физички анатомски ентитети (простори, површине, линије и тачке) и телесне супстанце концептуализовани у *FMA* онтологији, у контексту њихових релација са анатомским структурама.

Слично *FMA* референтној онтологији анатомије идеалног човечијег тела, класа у корену таксономије *OBR* референтне онтологије је класа *Biological_entity* (слика 4.3). Међутим за разлику од класе у корену *FMA* таксономије *Anatomical_entity* (слика 4.2), која према [75] дефинише биолошке ентитете који сачињавају структурну организацију биолошког организма или представљају атрибуте те организације, *Biological_entity*

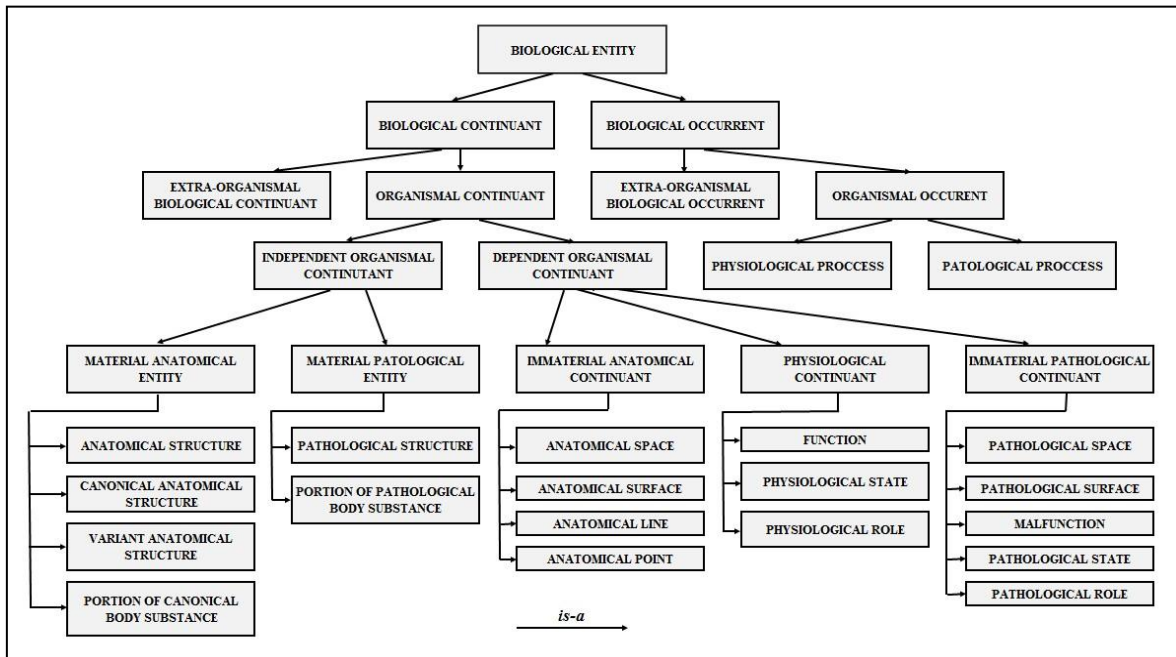
класа *OBR* онтологије (слика 4.3) је примитивна и стога недефинисана класа. Према вршној *BFO* онтологији *Biological_entity* класа се дели на класе: *Biological_continuant*, која припада домену анатомије и *Biological_occurent*, која припада домену физиологије. Ово је једна од кључних тачака екстензије *OBR* референтне онтологије, која осим анатомских ентитета укључује такође и физиолошке ентитете (процесе организма). Осим тога, *OBR* референтна онтологија разликује класе, које представљају један организам и његове делове (*Organismal_continuant*), као и процесе који се у њима одигравају (*Organismal_occurent*), насупрот класама које представљају агрегате организама (*Extra-organismal_continuant*) као и процесе који се у њима одигравају (*Extra-organismal_occurent*). Класа *Organismal_continuant* личи на класу *Physical_anatomical_entity* *FMA* онтологије (табела 4.2) и представља физичке ентитете, који поседују просторне димензије. Међутим, *OBR* класификациона шеме не поседује *FMA* класу *Non-physical_anatomical_entity*, која представља описе ентитета (релације, координате, кораке развоја ...).



Слика 4.2. Хијерархијско стабло основних *FMA* класа. Усвојено из [75]

Поделом класе *Organismal_continuant* на класу *Independent_organismal_continuant*, која представља ентитете који имају масу и материјални су и класу *Dependent_organismal_continuant*, која представља ентитете који су нематеријални и не поседују масу, *OBR* онтологија наглашава разлику између независних и зависних ентитета, чија егзистенција зависи од одговарајућих независних континуитета (слика 4.3). Друго значајно побољшање *OBR* онтологије се огледа у чињеници да се ове класе даље деле на класе, које представљају анатомске ентитете и класе које представљају патолошке (абнормалне) ентитете, који су резултат измењеног обрасца експресије нормалних структурних гена организма са негативном последицом по здравље организма. Сходно томе, класа *Independent_organismal_continuant* се дели на класе: *Material_anatomical_entity* и *Material_pathological_entity*, при чему се класа *Dependent_organismal_continuant* дели на класе: *Immaterial_anatomical_continuant*,

Immaterial_pathological_continuant и *Physiological_continuant*. Класа *Physiological_continuant* укључује физиолошке ентитете попут: *Function*, *Physiological_state* и *Physiological_role*, чија егзистенција зависи од одговарајућих независних континуитета (слика 4.3). Класа *Material_anatomical_entity* је налик класи *Material_physical_anatomical_entity* FMA референтне онтологије и представља ентитете који имају масу, док класа *Immaterial_anatomical_continuant* личи на класу *Non-material_physical_anatomical_entity* FMA онтологије и представља ентитете који немају масу: *Anatomical_space*, *Anatomical_surface*, *Anatomical_line* и *Anatomical_point* (табела 4.2).



Слика 4.3. Основна класификациона шема OBR референтне онтологије. Усвојено из [8]

Према особини поседовања и не-поседовања трајног 3D облика, класа *Material_anatomical_entity* се дели на класу *Anatomical_structure*, попут класе *Anatomical_structure* FMA референтне онтологије и класу *Portion_of_canonical_body_substance*, која личи на FMA класу *Body_substance* (табела 4.2). Друго значајно проширење OBR референтне онтологије у односу на FMA референтну онтологију се огледа у чињеници да ова онтологија узима у обзир разлику између структура које постоје у идеалном организму, концептуализованих у класи *Canonical_anatomical_structure* и структура које су резултат измењеног обрасца експресије нормалних структурних гена организма, без икаквих последица по здравље организма, а које су концептуализоване у класи *Variant_anatomical_structures* [8] (слика 4.3). На сличан начин се и класа *Material_pathological_entity*, према особини поседовања и не-поседовања трајног 3D облика дели на класе: *Pathological_structure* и *Portion_of_pathological_body_substance*.

Класа *Organismal_occurent* се дели на класе: *Physiological_process* и *Pathological_process*. Класа *Physiological_process* представља ентитете који узрокују трансформације једног физиолошког стања у друго физиолошко стање, док класа *Pathological_process* представља патолошке ентитете, који узрокују трансформацију неког физиолошког стања у неко патолошко стање или једног патолошког стања у друго патолошко стање. Релативан баланс ових процеса резултира или у одржавању

здравља или у патогенези материјалних патолошких ентитета, што се манифестује у виду успостављања или прогресије болести.

Табела 4.2: Сличности и разлике између основних класа OBR и FMA референтних онтологија

OBR референтна онтологија	FMA референтна онтологија
<i>Biological_entity</i>	<i>Anatomical_entity</i>
<i>Biological_continuant</i>	/
<i>Biological_occurent</i>	/
<i>Organismal_continuant</i>	<i>Physical_anatomical_entity</i>
/	<i>Non-physical_anatomical_entity</i>
<i>Extra-organismal_biological_continuant</i>	/
<i>Organismal_occurent</i>	/
<i>Extra-organismal_biological_occurent</i>	/
<i>Independent_organismal_continuant</i>	/
<i>Dependent_organismal_continuant</i>	/
<i>Physiological_process</i>	/
<i>Pathological_process</i>	/
<i>Material_anatomical_entity</i>	<i>Material_physical_anatomical_entity</i>
<i>Material_pathological_entity</i>	/
<i>Immaterial_anatomical_continuant</i>	<i>Non-material_physical_anatomical_entity</i>
<i>Physiological_continuant</i>	/
<i>Immaterial_pathological_continuant</i>	/
<i>Anatomical_structure</i>	<i>Anatomical_structure</i>
<i>Portion_of_canonical_body_substance</i>	<i>Body_substance</i>

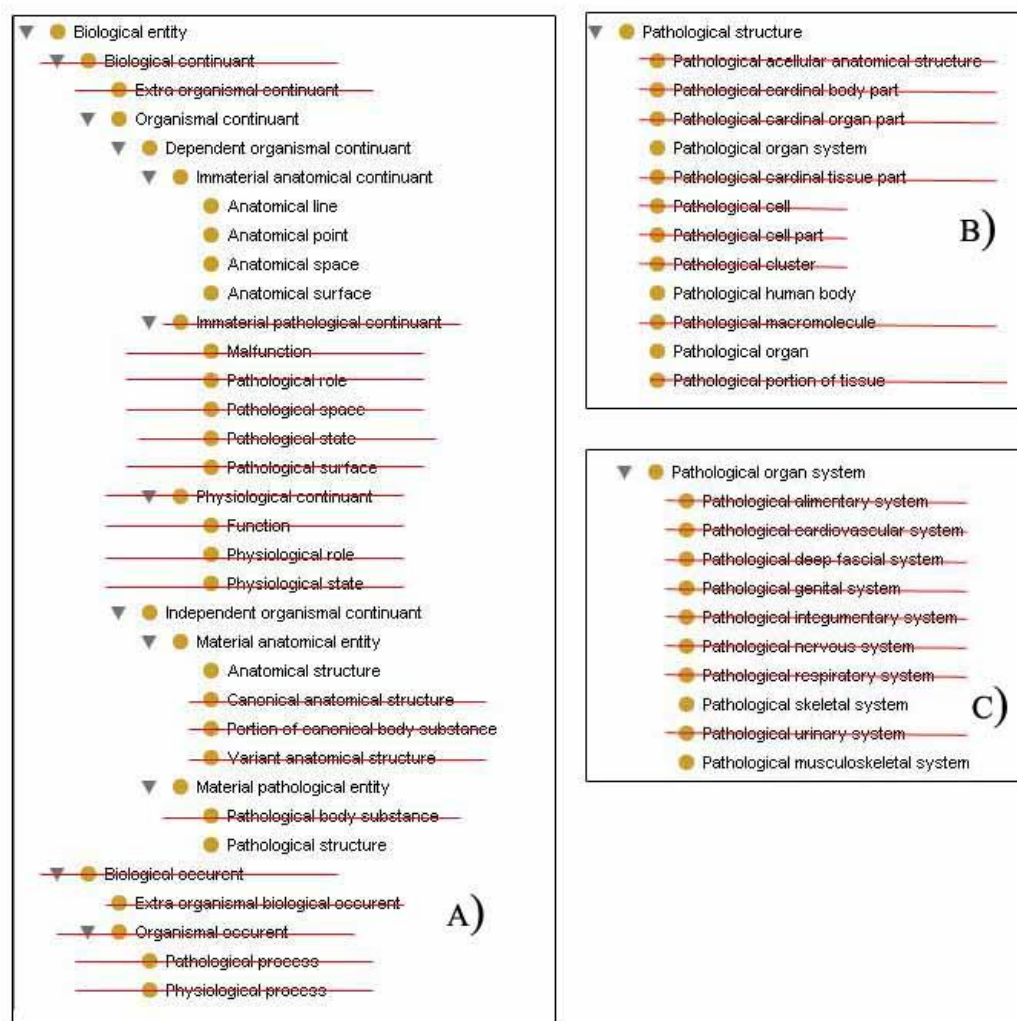
4.2.2. Креирање онтологије сколиозе кичме – OBR-Scolio

Апликациона онтологија се из референтне онтологије може извести према методолошком принципу, који је описан у [25]. Тај методолошки принцип подразумева мапирање таксономије апликативне онтологије у таксономију класа референтне онтологије, при чему се у референтној онтологији задржава основно стабло надкласа овако добијеног производа мапирања. Међутим за разлику од описаног методолошког принципа, који претпоставља постојање таксономије апликативне онтологије и њено прилагођавање таксономији референтне онтологије, у примењеном методолошком принципу за изградњу OBR-Scolio онтологије, таксономија апликативне онтологије је накнадно развијена, као додатак таксономији OBR референтне онтологије, при чему је слично описаном методу задржано само основно стабло надкласа OBR референтне онтологије.

Основна таксономија апликативне онтологије OBR-Scolio представља таксономију *Pathological_structure* класе. С обзиром да OBR референтна онтологија егзистира само у виду прелиминарне класификације, код које не постоји развијена таксономија *Pathological_structure* класе, поменута таксономија је развијена по угледу на таксономију *Anatomical_structure* класе FMA референтне онтологије (поглавље 4.2.2.4). Приликом развоја таксономије *Pathological_structure* класе, примењена је методологија моделовања коришћењем SEP (*Structure-Entity-Part*) тријада [27], [28] и адаптивних SEP тријада [269] (поглавље 4.2.2.2 и 4.2.2.3). У поглављу 4.2.2.4 описано је креирање проширене таксономије *Pathological_structure* класе, која осим хијерархије класе

Basic_curvatures_of_vertebral_column, која представља таксономију основних кичмених кривина, добијених на начин који је описан у поглављима 4.2.2.1, 4.2.2.2 и 4.2.2.3 садржи и хијерархију класе *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column*, која представља класификацију кривина према Ленку [6]. У даљем тексту најпре се описује поступак скраћивања *OBR* референтне онтологије, тако да садржи само основно стабло надкласа *Pathological_structure* класе.

Све класе које не одговарају патолошком домену кичме *OBR* референтне онтологије, као што су: *Extra-Organismal_continuant*, *Immaterial_pathological_continuant*, *Physiological_continuant*, *Biological_occurent* и такође њихове одговарајуће подкласе су обрисане из хијерархијског стабла *OBR* референтне онтологије (слика 4.4A).

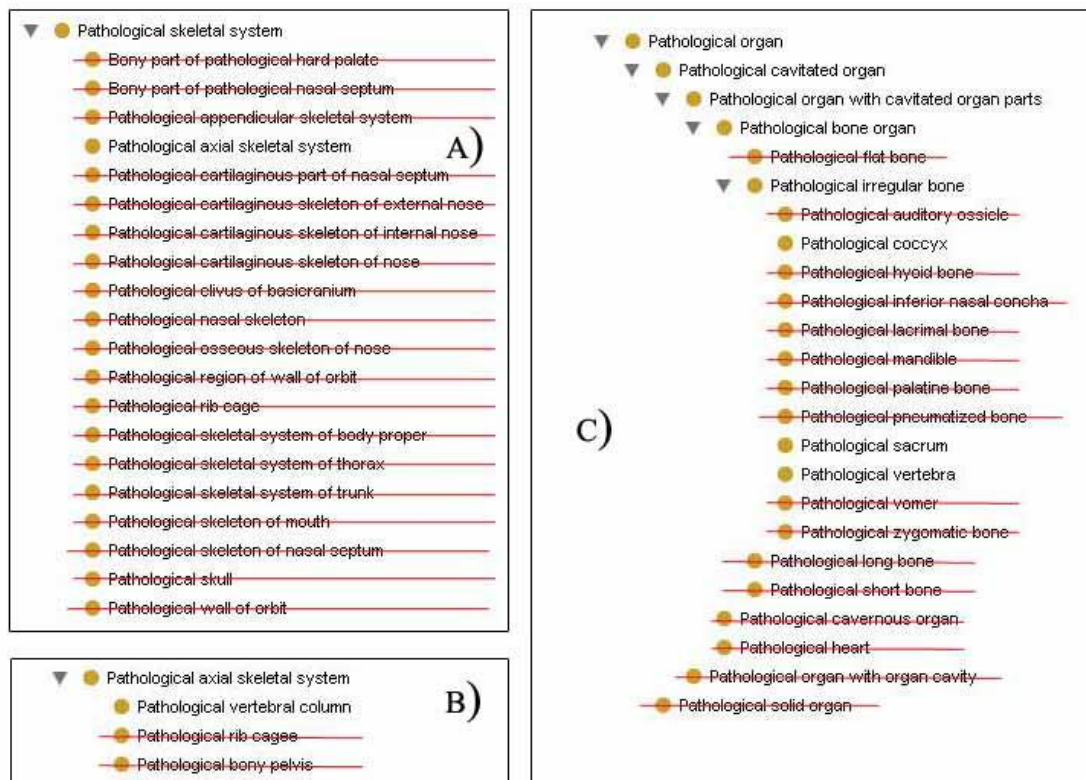


Слика 4.4. Развој *OBR-Scolio* апликационе онтологије на основу *OBR* референтне онтологије A) Класна хијерархија *Biological_entity* класе B) Класна хијерархија *Pathological_structure* класе C) Класна хијерархија *Pathological_organ system* класе

У класној хијерархији класе *Material_pathological_entity* задржана је само класа *Pathological_structure*, која је једино релевантна патолошком домену кичме (слика 4.4A). Да би поређење таксономија и релација и идеализоване кичме и кичме са сколиозом било могуће, такође је задржана класа *Anatomical_structure* и све њене подкласе, које припадају анатомском домену идеализоване кичме. Да би се дефинисао домен и опсег појединих анатомских релација (нпр. *has_related_dimensional_entity*, *part*, *part_of*, *regional_partition_1*, *regional_partition_2*...) такође је задржана и класа

Immaterial_anatomical_continuant, а сходно томе је према *FMA* референтној онтологији усвојен и *Dimensional_entity* назив за ту класу.

С обзиром да је домен *OBR-Scolio* апликационе онтологије патологија кичме, тачније деформитет кичме услед сколиозе, при њеном креирању се показало неопходним развити таксономију *Pathological_structure* класе *OBR* референтне онтологије, пошто *OBR* референтна онтологија егзистира само у виду прелиминарне класификације. У том циљу је употребљена аналогија са хијерархијским стаблом главне *FMA Anatomical_structure* класе. Наиме, хијерархијско стабло *Pathological_structure* класе *OBR* онтологије је креирано додавањем атрибута *pathological* одговарајућим подкласама *Anatomical_structure* класе *FMA* онтологије. Међутим за разлику од таксономије *Anatomical_structure* класе, све класе које представљају поделу неке анатомске структуре (тј. класе чија имена почињу са *Subdivision_of*) су изостављене, при чему су у таксономију *OBR* класе *Pathological_structure* директно додате само њихове подкласе, коришћењем атрибута *pathological*. То је учињено из разлога што су патолошке “part” класе повезане са патолошким “whole” класама са *is_a* релацијом [28], [29], [270]–[275], па стога не постоји разлог да оне буду груписане у класу чије име почиње са *Subdivision_of*. На пример, класа *Subdivision_of_cardinal_body_part* је изостављена, док су све њене релевантне подкласе, коришћењем атрибута *pathological* додате у хијерархијско стабло *Pathological_cardinal_body_part* класе.



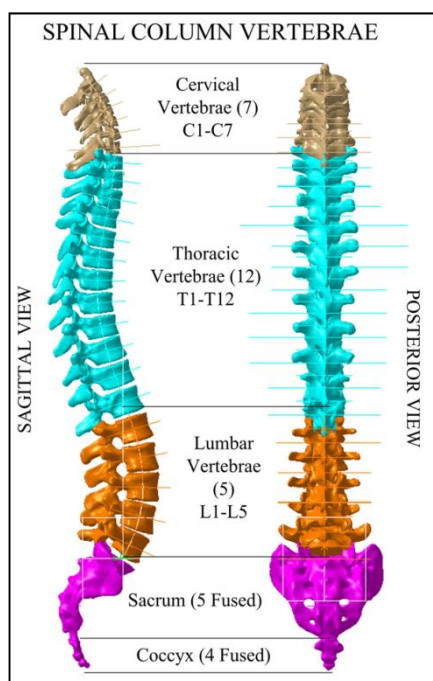
Слика 4.5. Развој *OBR-Scolio* апликационе онтологије на основу *OBR* референтне онтологије А) Класна хијерархија *Pathological_skeletal_system* класе В) Класна хијерархија *Pathological_axial_skeletal_system* класе С) Класна хијерархија *Pathological_organ* класе

Приликом конструисања таксономије *Pathological_structure* класе апликационе *OBR-Scolio* онтологије (слика 4.4B) задржане су само подкласе релевантне апликационом домену сколиозе, као што су: *Pathological_human_body*, *Pathological_organ_system* и *Pathological_organ*. Сходно томе, у хијерархијском стаблу класе *Pathological_organ_system* (слика 4.4C) задржане су класе *Pathological_musculoskeletal_system* и класа *Pathological_skeletal_system*, заједно са својом подкласом *Pathological_axial_skeletal_system* (слика 4.5A). У класној хијерархији класе *Pathological_axial_skeletal_system* (слика 4.5B), једино је задржана класа *Pathological_vertebral_column*, док су у класној хијерархији класе *Pathological_organ* (слика 4.5C), једино задржане надкласе класе *Pathological_irregular_bone*, као и сама класа *Pathological_irregular_bone* са својим подкласама, које су једино релевантне апликационом домену сколиозе: *Pathological_coccyx*, *Pathological_sacrum* и *Pathological_vertebra*.

Попут *FMA* референтне онтологије, крајња *OBR-Scolio* таксономија садржи додатне класе: *Non_physical_biological_entity* и *Anatomical_set*. Класа *Non_physical_biological_entity* је потребна за дефинисање релација између анатомских концепата и њихових атрибута, док је класа *Anatomical_set* потребна за дефинисање материјалних анатомских ентитета, који за чланове имају бројне анатомске структуре истог типа.

У следећем поглављу описује се извођење таксономије кључне *Pathological_vertebral_column* класе и примењују специфичне методологије моделовања простирања релације *curvature_of* кроз *regional-part* хијерархију *Vertebral_column* класе.

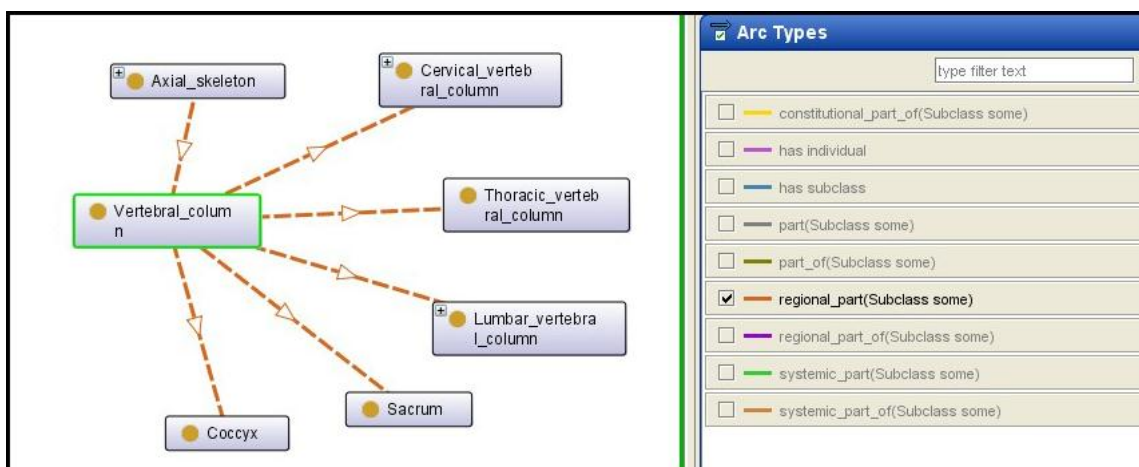
4.2.2.1. Развој таксономије класе *Pathological_vertebral_column*



Слика 4.6. Анатомски региони кичме: вратни регион (*Cervical Vertebrae*) - кичмени пршљенови C1-C7, грудни регион (*Thoracic Vertebrae*) - кичмени пршљенови T1-T12, лумбални регион (*Lumbar Vertebrae*) - кичмени пршљенови L1-L5, сакрални регион (*Sacrum*) - 5 спојених кичмених пршљенова и репни регион (*Coccyx*) - 4 спојена кичмена пршљена

Закривљење кичме услед сколиозе се обично дешава у грудном, грудно-лумбалном и лумбалном региону, при чему је вратна сколиоза ретка (слика 4.6). Грудна сколиоза је најчешћа, док лумбална сколиоза сама по себи не представља изражајан проблем, с обзиром да је лумбални предео кичме кратак, док је знатно озбиљнија појава грудно-лумбалне сколиозе. Стога, је овај рад фокусиран на класификацију и опис кривина првенствено у грудном и грудно-лумбалном региону кичме.

Приликом извођења таксономије класе *Pathological_vertebral_column OBR-Scolio* апликационе онтологије, пошло се од визуелизације *regional-part* хијерархије *Vertebral_column* класе (слика 4.7), која је генерисана коришћењем *OntoGraph* додатка [276] *Protégé* програма верзије 4.3 [171]. С обзиром да се сколиоза може третирати као кривина кичме у вратном и/или грудном и/или лумбалном региону кичме, у циљу добијања прелиминарне класификације класе *Curvatures_of_vertebral_column (Scoliosis)*, примењена је *curvature_of* релација на *regional-part* хијерархију класе *Vertebral_column* (слика 4.7). Узимајући у обзир горње поменути дефиницију сколиозе, долази се до закључка да релација *curvature_of* пропагира [270], [271], [275] кроз *regional_part* релацију само са “part” концепата *Cervical_vertebral_column*, *Thoracic_vertebral_column* и *Lumbar_vertebral_column* ка “whole” концепту *Vertebral_column*, резултујући да концепти *Curvature_of_cervical_vertebral_column*, *Curvature_of_thoracic_vertebral_column* и *Curvature_of_lumbar_vertebral_column* специјализују концепт *Curvature_of_vertebral_column*. То очигледно не важи за концепте *Sacrum* и *Coccyx*.

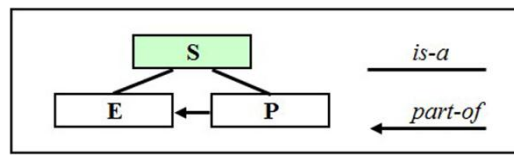


Слика 4.7. *Regional-part* хијерархија класе *Vertebral_column*, која укључује само кичмене регионе

4.2.2.2. Методологија моделовања коришћењем SEP тријада

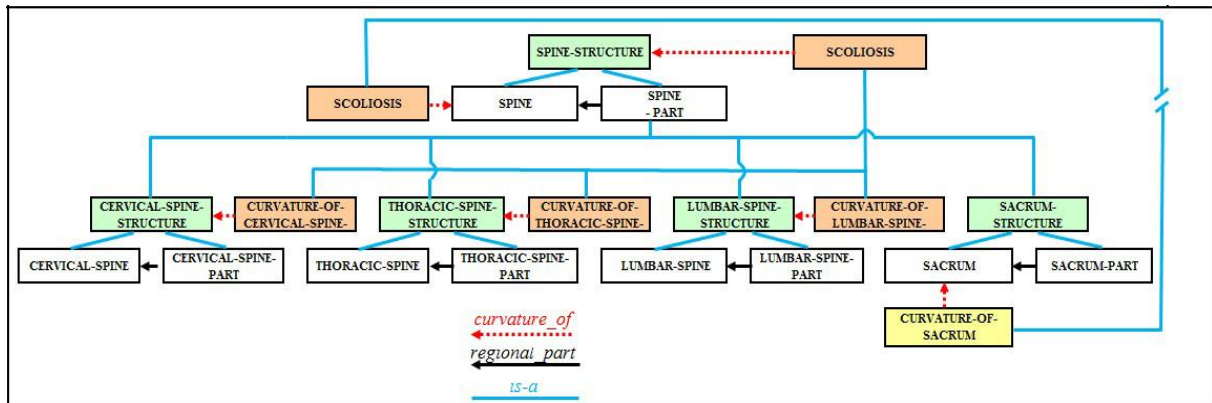
Да би се извршило моделовање селективног простирања релације *curvature_of* кроз *regional-part* хијерархију класе *Vertebral_column*, специјализација концепата и одступање од специјализације концепата, примењена је методологија моделовања коришћењем *SEP* тријада [27], [28]. Основна структура *SEP* тријада се састоји од чворова: S (*Structure node*), E (*Entity node*) и P (*Part node*) (слика 4.8).

Према [28] специјализација концепата у партономијама је омогућена када је патолошки концепт повезан са S чвором не-патолошког концепта, док је онемогућена када је патолошки концепт повезан на E чвором не-патолошког концепта. Наведено ће бити разматрано на следећем примеру.



Слика 4.8. Елементарна структура SEP тријада: S (Structure node), E (Entity node) и P (Part node) чворови

На слици 4.9 је приказано селективно простирање *curvature_of* релације (испрекидана, црвена линија) кроз *regional-part* хијерархију класе *Vertebral_column* (*Spine*), које је моделовано коришћењем незнатно модификоване структуре SEP тријада у којој је уместо уобичајене партитивне релације *part_of* употребљена партитивна релација *regional-part*. Основни концепт *Spine* је повезан са осталим концептима *Cervical_spine*, *Thoracic_spine*, *Lumbar_spine* и *Sacrum* коришћењем *regional_part* релације (пуна црна линија са стрелицом на слици 4.9). Ради једноставности приказа, на слици 4.9 намерно је изостављен концепт *Coccyx*. С обзиром да је патолошки концепт *Scoliosis* (*Curvatures_of_vertebral_column*) коришћењем *curvature_of* релације повезан са S чвором концепта *Spine* (*Spine_structure*), патолошки концепти: *Curvature_of_cervical_spine*, *Curvature_of_thoracic_spine* и *Curvature_of_lumbar_spine*, специјализују концепт *Scoliosis* према [28], јер су коришћењем исте *curvature_of* релације повезани са S чвором својих не патолошких концепата. Наведено ће надале бити доказано на примеру концепта *Scoliosis* и концепта *Curvature_of_thoracic_spine*.



Слика 4.9. Селективно простирање *curvature_of* релације кроз *regional-part* хијерархију класе *Spine* (*Vertebral_column*), које је моделовано коришћењем методологије SEP тријада

С обзиром да *curvature_of* релација повезује патолошке концепте *Scoliosis* и *Curvature_of_thoracic_spine* са S чвором концепата *Spine*, односно *Thoracic_spine*, могу се написати следеће релације дескриптивне логике:

$$Scoliosis \doteq \exists curvature_of . Spine_{str} \quad (4.1)$$

$$Curvature_of_thoracic_spine \doteq \exists curvature_of . Thoracic_spine_{str} \quad (4.2)$$

Са друге стране, важе релације специјализације између концепата *Thoracic_spine_{str}*, *Spine_{pt}* и *Spine_{str}*:

$$Thoracic_spine_{str} \sqsubseteq Spine_{pt} \sqsubseteq Spine_{str} \quad (4.3)$$

На основу релација (4.1), (4.2) и (4.3) може се закључити да је концепт *Curvature_of_thoracic_spine* специјализација концепта *Scoliosis*, тј. важи следећа релација дескриптивне логике: $Curvature_of_thoracic_spine \sqsubseteq Scoliosis$. На сличан начин као на приказаном примеру може се доказати да патолошки концепти *Curvature_of_cervical_spine* и *Curvature_of_lumbar_spine* такође специјализују концепт *Scoliosis*.

Са друге стране, разматрањем патолошког концепта *Curvature_of_sacrum* који је коришћењем *curvature_of* релације повезан са Е чвором концепта *Sacrum*, као и концепта *Scoliosis*, који је у овом случају коришћењем исте *curvature_of* релације повезан са Е чвором концепта *Spine* важе следеће релације дескриптивне логике:

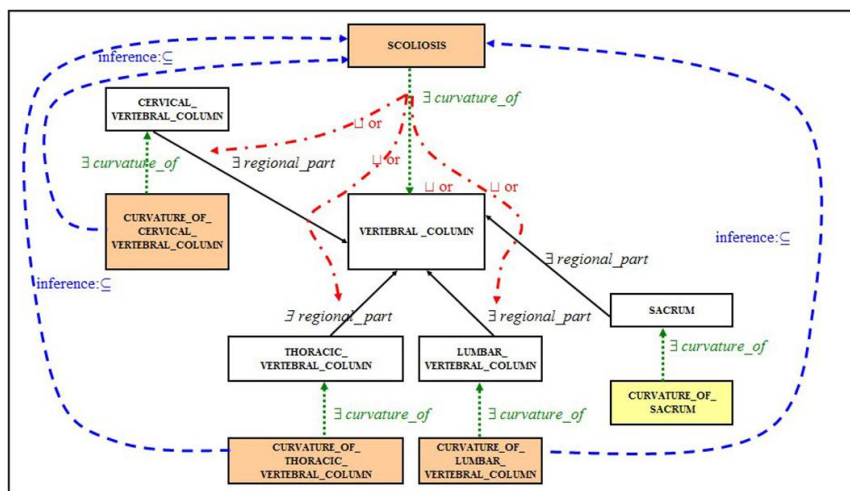
$$Scoliosis \doteq \exists curvature_of. Spine \quad (4.4)$$

$$Curvature_of_sacrum \doteq \exists curvature_of. Sacrum \quad (4.5)$$

Међутим, у овом случају на основу релација (4.4) и (4.5) не може се извести закључак да је концепт *Curvature_of_sacrum* специјализација концепта *Scoliosis* (плава прекинута линија на слици 4.9), јер релација $Sacrum \sqsubseteq Spine$ не важи.

4.2.2.3. Методологија моделовања коришћењем адаптираних SEP тријада

Ради поређења са методологијом моделовања коришћењем *SEP* тријада, која је описана у претходном поглављу, у овом поглављу се разматра методологија адаптираних *SEP* тријада [269] за моделовање селективног простирања *curvature_of* релације кроз *regional_part* хијерархију класе *Vertebral_column* класе (слика 4.10).



Слика 4.10. Селективно простирање *curvature_of* релације кроз *regional_part* хијерархију класе *Vertebral_column*, моделовано коришћењем методологије адаптираних *SEP* тријада

На слици 4.10 је приказано простирање *curvature_of* релације кроз *regional_part* хијерархију (слика 4.7) класе *Vertebral_column*, које је моделовано коришћењем методологије моделовања адаптираних *SEP* тријада. Ради једноставности приказа, концепт *Coccyx* је и у овом поглављу изостављен, овога пута са слике 4.10.

С обзиром да је концепт *Vertebral_column* повезан са концептима *Cervical_vertebral_column*, *Thoracic_vertebral_column*, *Lumbar_vertebral_column* и

Sacrum релацијом *regional_part* (пуна црна линија са стрелицом) на слици 4.10, важе следеће релације дескриптивне логике:

$$Cervical_vertebral_column \sqsubseteq \exists regional_part. Vertebral_column \quad (4.6)$$

$$Lumbar_vertebral_column \sqsubseteq \exists regional_part. Vertebral_column \quad (4.7)$$

$$Thoracic_vertebral_column \sqsubseteq \exists regional_part. Vertebral_column \quad (4.8)$$

$$Sacrum \sqsubseteq \exists regional_part. Vertebral_column \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} Scoliosis \equiv \\ \exists (curvature_of. (Vertebral_column \sqcup (\\ \exists regional_part. Vertebral_column \sqcap \neg Sacrum \sqcap \neg Coccyx))) \end{aligned} \quad (4.10)$$

Релација (4.10) је незнатно модификовани *SEP* упит, који дефинише да је концепт *Scoliosis* повезан са концептом *Vertebral_column* или било којим његовим делом (црвена црта-тачка линија на слици 4.10), који није *Sacrum* или *Coccyx* релацијом *curvature_of* (зелена тачкаста линија са стрелицом на слици 4.10). Стога, концепти *Curvature_of_cervical_vertebral_column*, *Curvature_of_thoracic_vertebral_column* и *Curvature_of_lumbar_vertebral_column* специјализују концепт *Scoliosis* (плава испрекидана линија са стрелицом на више на слици 4.10), док концепт *Sacrum* не специјализује концепт *Scoliosis*.

Применом методологија *SEP* и адаптираних *SEP* тријада за моделовање селективног простирања *curvature_of* релације кроз *regional_part* хијерархију класе *Vertebral_column*, као и моделовања специјализације и одступања од специјализације концепата, долази се до закључка да је креиран модел адаптираних *SEP* тријада знатно јаснији од аналогног модела *SEP* тријада, који изискује потребу за значајном модификацијом моделоване класне хијерархије, због увођења три различите класе за сваки концепт у класној хијерархији.

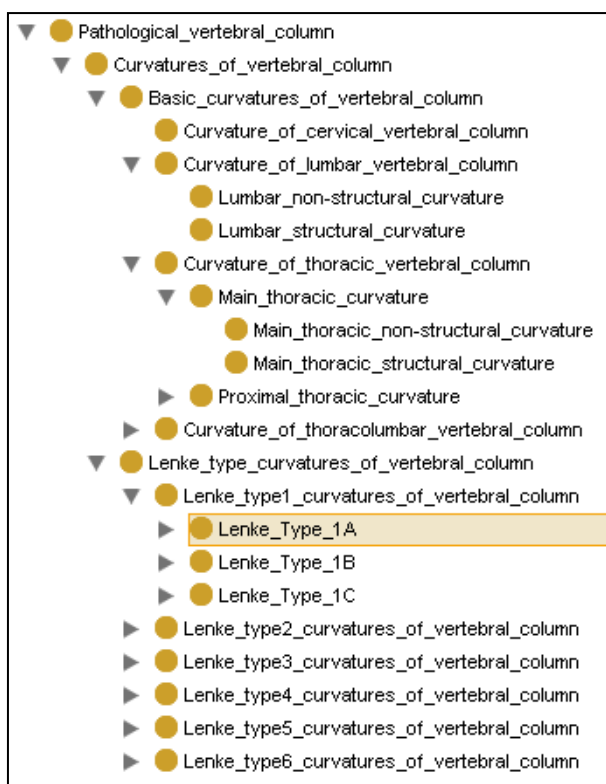
4.2.2.4. Проширена таксономија класе *Pathological vertebral column*

У претходном поглављу је показано да се као резултат селективног простирања *curvature_of* релације кроз *regional_part* хијерархију класе *Vertebral_column* добија прелиминарна класификација класе *Curvatures_of_vertebral_column*, која представља директну подкласу класе *Patological vertebral column*. Проширена таксономија класе *Patological vertebral column* (слика 4.11) је развијена коришћењем дефиниција локализације и флексибилности кривина према [6], [236] (поглавље 3.3.6). Осим хијерархије класе *Basic curvatures_of_vertebral_column*, која представља таксономију основних кичмених кривина, добијених у претходним поглављима (4.2.2.1, 4.2.2.2 и 4.2.2.3)), она садржи и хијерархију класе *Lenke_type curvatures_of_vertebral_column*, која представља класификацију кривина према Ленку [6] (слика 4.11) (поглавље 3.3.6).

У зависности од поменуте особине *локализације* кривина (табела 3.1), класа *Basic curvatures_of_vertebral_column* се прецизније класификује на следеће класе: *Curvature_of_cervical_vertebral_column*, *Curvature_of_lumbar_vertebral_column*, *Curvature_of_thoracic_vertebral_column* и *Curvature_of_thoracolumbar_vertebral_column*. На основу дефиниције локализација кривина која је дата у поглављу 3.3.6, класа *Curvature_of_thoracic_vertebral_column* се даље класификује на следеће класе: *Proximal thoracic curvature* и *Main thoracic curvature* (сл 4.11).

Друга веома битна карактеристика кривина је њихова *флексибилност*, која дефинише да ли су кривине кичме структурне или не, а која се процењује према постојању и величини кривина на радиографском снимку приликом савијања у страну

или степену кифозе (табела 3.2). Сходно наведеној дефиницији флексибилности кривина која је дата у поглављу 3.3.6, наведене класе које представљају основне кривине кичме се даље класификују на *структурне* и *не-структурне* кривине (сл 4.11).



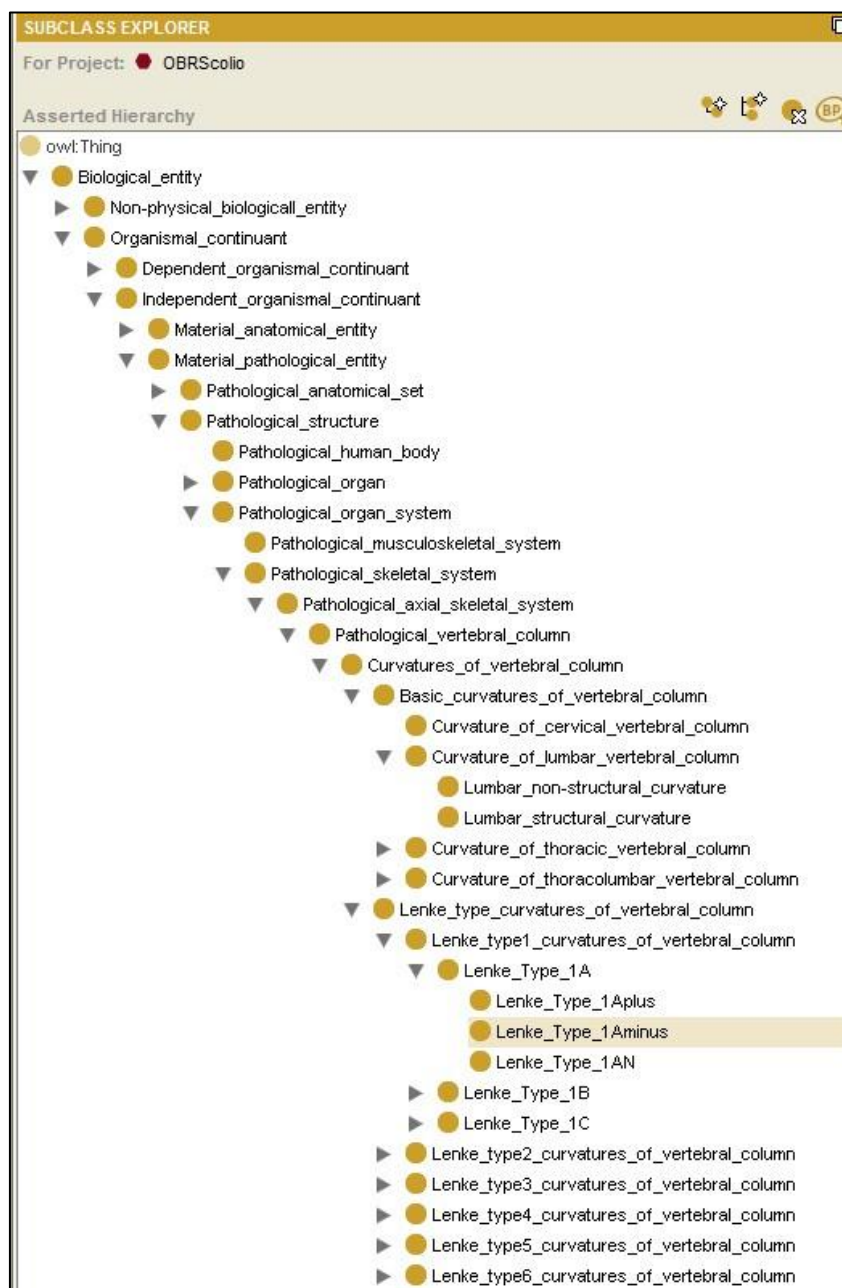
Слика 4.11. Таксономија класе *Pathological_vertebral_column*

Друга подкласа класе *Curvatures_of_vertebral_column* је класа *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column*, која представља таксономију типова кривина према Ленковој класификацији [6]. У процесу креирања таксономије класе *Curvatures_of_vertebral_column* примењен је Ленков систем класификације јер се у пракси показао најдетаљнијим и најпоузданијим системом класификовања идиопатске сколиозе [7]. Ленкова класификациона шема има укупно шест класификационих типова. Из тог разлога класа *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* има шест подкласа (слика 4.11): *Lenke_type_1_curvatures_of_vertebral_column*, *Lenke_type_2_curvatures_of_vertebral_column*, ..., *Lenke_type_6_curvatures_of_vertebral_column*, које редом одговарају следећим Ленковим типовима кривина (табела 3.3): *главна грудна (main thoracic - MT)*, *двоструко грудна (double thoracic - DT)*, *двоструко главна (double major - DM)*, *троструко главна (triple major - TM)*, *претежно грудно-лумбална/лумбална (primary thoracolumbar/lumbar - TL/L)* и *претежно грудно-лумбална/лумбална-главна грудна (primary thoracolumbar/lumbar - main thoracic (TL/L-MT))*. С обзиром да се у Ленковој класификационој шеми тип кривина одређује у зависности од њихове локализације, степена закривљености и флексибилности, дефиниција наведених класа (поглавље 4.2.3.3) је сачињена од одговарајућих класа које репрезентују основне кривине кичме, тј. од одговарајућих подкласа класе *Basic_curvatures_of_vertebral_column*. Тако на пример дефиниција *Lenke_type_3_curvatures_of_vertebral_column* класе је сходно табели 3.3 сачињена од следећих класа: *Proximal_thoracic_structural_curvature*, *Main_thoracic_structural_curvature* и *Thoracolumbar* или *Lumbar_structural_curvatures*,

при чему *Main_thoracic_structural_curvature* класа представља главну кривину са највећим вредностима Кобовог угла.

Да би се представио степен лумбалне деформације кичме у фронталној равни (*Lumbar frontal spine modifier* (A, B или C)), као и грудне деформације кичме у бочној равни (*Thoracic sagittal spine modifier* (+, - или N)) (поглавље 3.3.6), класе које представљају типове кривина према Ленку се даје класификују у класе чијим називима се додају наведене ознаке модификатора кичме (слика 4.12).

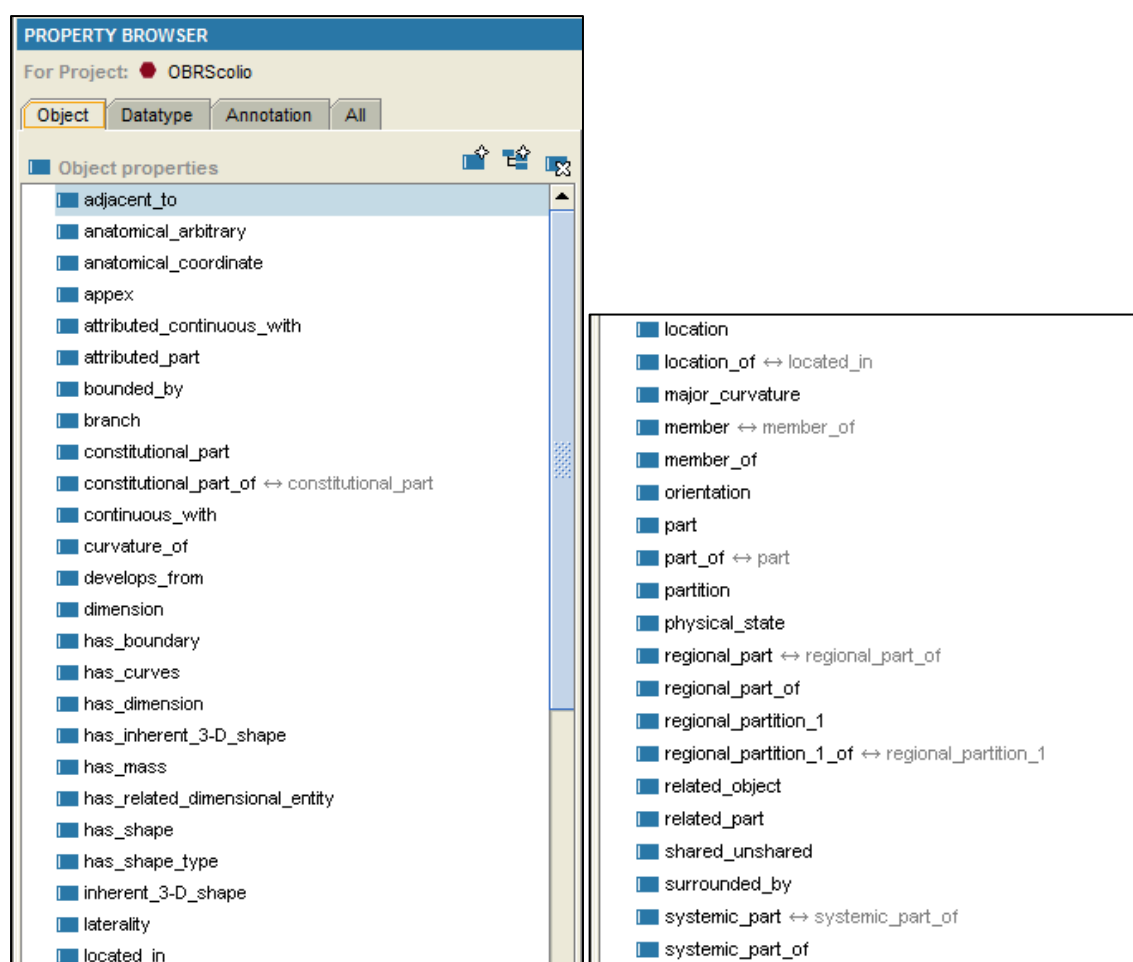
4.2.2.5. Репрезентација OBR-Scolio онтологије коришћењем Protégé оквира



Слика 4.12. Таксономија OBR-Scolio онтологије

За моделовање описане *OBR-Scolio* апликационе онтологије одабрано је *Protégé* 3.4.4 [171] програмско окружење за развој онтологија и аквизицију знања. На слици 4.12 је приказана крајња *OBR-Scolio* таксономија, док су на сликама 4.13 и 4.14 представљене

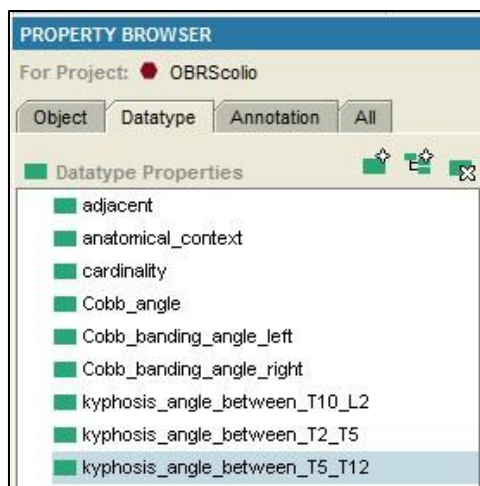
хијерархије објектних својстава, односно својстава података (атрибута) *OBR-Scolio* онтологије. Хијерархија објектних својстава *OBR-Scolio* онтологије формирана је на тај начин што су из FMA референтне онтологије задржана сва објектна својства, чији домен и опсег представљају класе које су задржане у *OBR-Scolio* онтологији, при чему су додата нова објектна својства, која су само специфична за апликациони домен *OBR-Scolio* онтологије, попут: *appex*, *curvature_of*, *has_curves*, *major_curvature*, *has_lumbar_modifier* и других својстава. На сличан начин је формирана и хијерархија својстава података *OBR-Scolio* онтологије, задржавањем само оних својстава података, чији домен представљају класе које су задржане у *OBR-Scolio* онтологији, уз додавање својстава података, који су специфични само за *OBR-Scolio* онтологију попут: *Cobb_angle*, *Cobb_banding_angle_left*, *Cobb_banding_angle_right*, *kyphosis_angle_between_T10_L2*, *kyphosis_angle_between_T2_T5* и *kyphosis_angle_between_T5_T12* својстава, као што је приказано на слици 4.13.



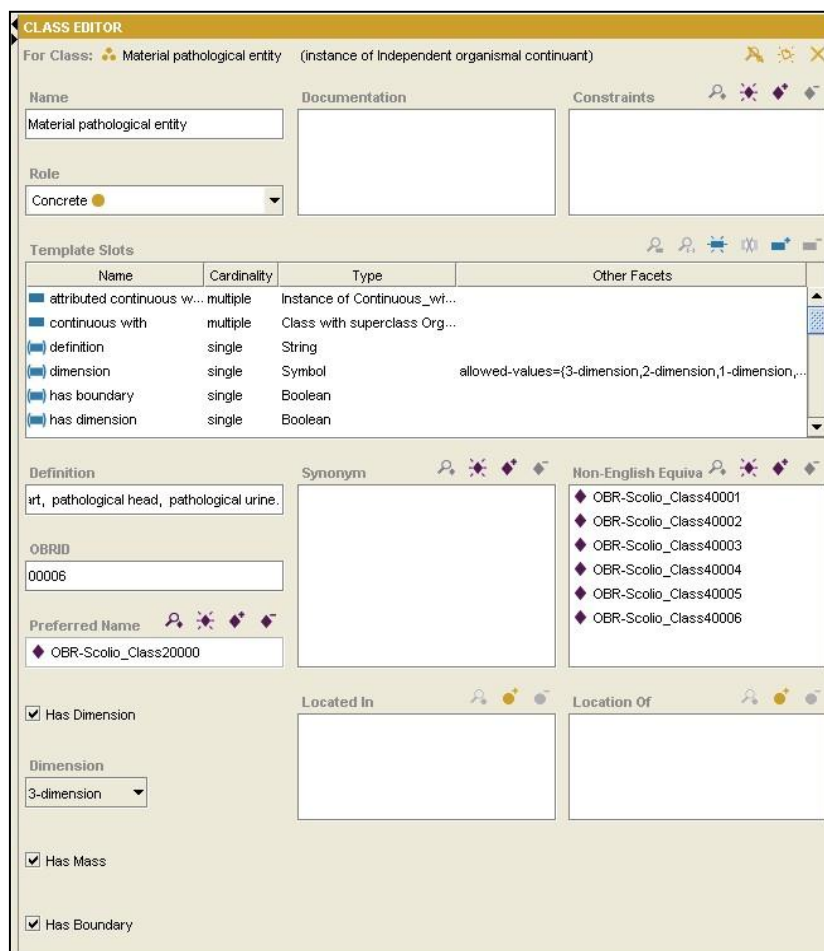
Слика 4.13. Хијерархија објектних својстава *OBR-Scolio* онтологије

У *Protégé* програмском окружењу које се базира на оквирима, сви концепти се представљају као оквири, који представљају структуре података које садрже све информације у онтологији о датом концепту: својства података (атрибуте) ентитета, као и релације тога ентитета са осталим ентитетима (објектна својства). Сваки оквир неког концепта се моделује и као класа и као инстанца одговарајуће метакласе. Његова улога као класе је да омогући простирање скупа својстава својим подкласама. Са друге стране, његова улога као инстанце метакласе је да представи сва својства метакласе као

темплејт слотове са својим специфичним додељеним вредностима. На пример, класа *Material_pathological_entity* (слика 4.15) је дефинисана као инстанца метакласе *Independent_organismal_continuant*. То значи да сва својства класе *Independent_organismal_continuant* представљају темплејт слотове њеној класи инстанци *Material_pathological_entity*, која поседује специфичне вредности тих слотова. Са друге стране, као подкласа класе *Independent_organismal_continuant*, класа *Material_pathological_entity* наслеђује сва својства ове класе.



Слика 4.14. Хијерархија својстава података OBR-Scolio онтологије



Слика 4.15. Protégé 3.4.4 оквир класе *Material_pathological_entity*

Основни недостатак *Protégé* репрезентације *OBR-Scolio* онтологије базиране на оквирима је недостатак одговарајуће семантике за тачно дефинисање онтолошки релевантних концепата, који представљају класификације Ленкових типова кривина. Стога, се појавила неизбежна потреба представе *OBR-Scolio* онтологије експресивнијим *OWL DL* језиком. У следећем поглављу 4.2.3 представљено је и детаљно описано искуство у конвертовању *OBR-Scolio* онтологије из *Protégé* репрезентације базиране на оквирима у *OWL* репрезентацију.

4.2.3. Конвертовање *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму

Након развоја првобитне верзије *OBR-Scolio* онтологије коришћењем форме *Protégé* оквира, *OBR-Scolio* онтологија је накнадно преведена у *OWL DL* форму, из разлога веће експресивности *OWL DL* језика, могућности визуелизације и коришћења аутоматских механизма закључивања у циљу: тестирања конзистентности и хијерархијске организације класа у онтологији, провере индивидуа, као и могућности дељења и интеграције са осталим биомедицинским *OWL* онтологијама [32]. За генерисање апликативне онтологије *OBR-Scolio*, употребљена је верзија 2.0 *FMA* референтне онтологије, која је реализована коришћењем *Protégé* оквира и *MySQL* базе података. Новије верзије *FMA* референтне онтологије (*FMA* 3.0, *FMA* 3.1 и *FMA* 3.2) поред природне репрезентације базиране на оквирима, поседују и репрезентацију базирану на *OWL* 1.0 језику [34] и доступне су са оригиналног сајта *FMA* референтне онтологије [31]. То су у ствари *OWL Full* репрезентације *FMA* референтне онтологије, које су генерисане коришћењем конверзационог скрипта [34], који може да генерише две *OWL* компоненте *FMA* онтологије: *OWL DL* компоненту и *OWL Full* компоненту. Међутим, наведене *OWL* компоненте нису могле бити искоришћене за генерисање апликативне онтологије сколиозе из два основна разлога: на *OWL Full* компоненту, која представља комплетну реализацију *FMA* референтне онтологије, није могуће применити аутоматско резоновање, док *OWL DL* компонента на коју је могуће применити аутоматско резоновање, представља некомплетну представу *FMA* референтне онтологије, јер је добијена изостављањем метакласних информација из природне репрезентације *FMA* онтологије, која је базирана на оквирима. Из тог разлога је приликом превођења *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму коришћен сличан методолошки принцип који је примењен при превођењу *FMA* референтне онтологије из форме *Protégé* оквира у *OWL DL* (*OWL* 1.0 језичке верзија) форму [24], [33]. Ова конверзија захтева не само синтаксно превођење оригиналне репрезентације онтологије базиране на оквирима, него и семантичко побољшање генерисане онтологије, које подразумева додавање ограничења над својствима и логичких дефиниција класа, које ће овде бити детаљно описане и које су у неку руку специфичне и зависе од саме циљне апликационе онтологије.

Према [277] постоје три основна типа недостатка репрезентације онтологије базиране на оквирима:

- (Не) комплетност спецификације – Концепти могу имати некомплетну спецификацију, због чињенице да специфициране вредности слотова садрже потребне али не и довољне услове. Штавише, основна мана репрезентације онтологије базиране на оквирима се огледа у чињеници, да није могуће експлицитно нагласити да ли је спецификација концепта комплетна или некомплетна, што може довести до неодговарајућег распоређивања класе унутар хијерархије и компликовати процес аутоматског додавања или уклањања класа из класне хијерархије.

- Семантичка неодређеност – Вредност слота се може тумачити као ограничење, као могућа вредност или као неопходна вредност. Сходно томе, процес постављања упита класама, које испуњавају одређене сложене критеријуме, као и провера конзистентности класа, садрже бројне практичне недостатке.
- Више вредновања – Због три могућа тумачења слотова са: више од једне вредности, као само-једна, једна или више, или све вредности, процеси аутоматског откривања редундантности и недоследности у класним спецификацијама могу да буду веома компликовани.

Насупрот репрезентацији онтологије базираној на оквирима, *OWL DL* формализам репрезентације онтологије садржи бројне предности (поглавље 2.6.1):

- Већа експресивност прецизно дефинисане семантике и богатији скуп оператора, који омогућавају концептима да буду јасно дефинисани и описани (поглавље 4.2.3.3).
- Могућност позивања механизма резоновања ради тестирања *is_a* хијерархије класа, аутоматско одређивање закључне онтолошке класне хијерархије, насупрот првобитно тврђеној и испитивање конзистентности, да ли је или није могуће за класу да има било коју индивидуу (поглавље 7.1).
- Могућност интеграције *OWL DL* репрезентације онтологије са другим *OWL* онтологијама.
- Могућност визуелизације онтолошких класа и њихових релација са другим класама (поглавље 4.2.3.4).

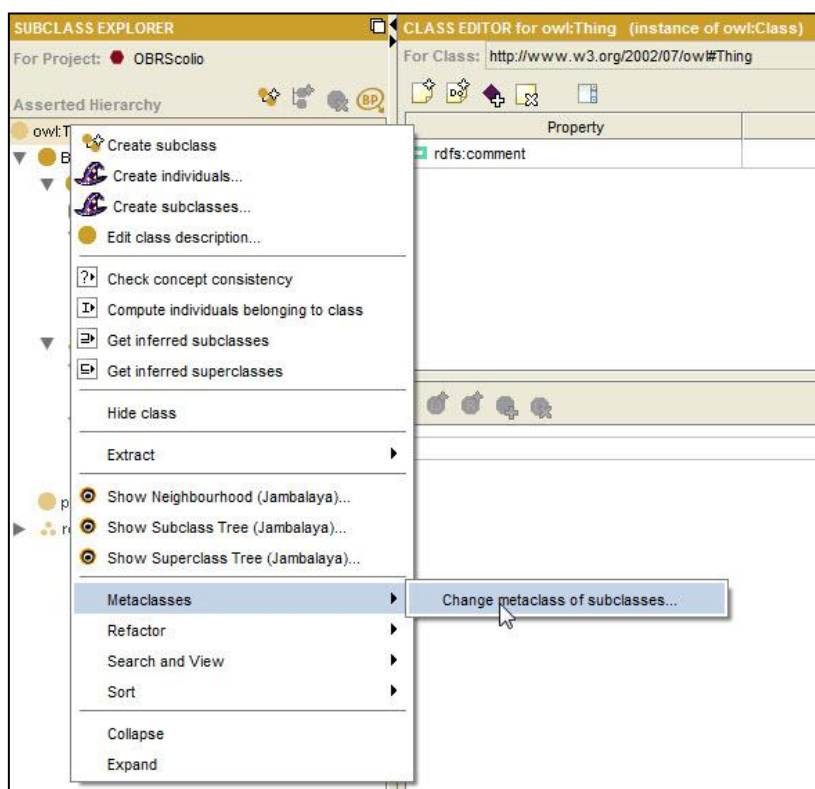
Табела 4.3: Поређење формализама репрезентације онтологије базираних на оквирима, дескриптивној логици и *OWL DL* језику. Прилагођено из [277]

Оквири	Дескриптивна логика	<i>OWL DL</i>
Класа (Class)	Концепт (Concept)	Класа (Class)
Слот (Slot)	Улога (Role)	Својство (Property)
Вредност слота (Slot value)	Испуњивач-улоге (Role-filler)	Вредност својства (Property value)
Тип вредности (Value type)	Опсег улоге (Range of role)	Опсег својства (Range of property)
/	Ограничење улоге (Role restriction)	Ограничење својства (Property restriction)
Подкласа (Subclass)	Дете (Child, Subsumer)	Подкласа (Subclass)
Надкласа (Superclass)	Родитељ (Parent, Subsumer)	Надкласа (Superclass)
Инстанца (Instance)	Индивидуа (Individual)	Објекат, Индивидуа (Object, Individual)
Некомплетна спецификација (Incomplete specification)	Примитивна дефиниција (Primitive definition)	Примитивна дефиниција (Primitive definition)
Комплетна спецификација (Complete specification)	Дефиниција (Definition)	Дефиниција (Definition)

Осим наведеног, постоји још једна веома битна разлика између репрезентација онтологија базираних на оквирима у односу на репрезентације онтологија базираних на дескриптивној логици. Она се састоји у томе што се дескриптивна логика заснива на тзв. “претпоставци отвореног света (*open world assumption*)” [138], док репрезентација

базирана на оквирима подразумева “затворени свет (*closed world assumption*)”. У затвореном свету, све што није експлицитно речено претпоставља се да је нетачно, док у отвореном свету све што није експлицитно речено, не мора да буде нетачно. Стога постоји потреба да се уведе тзв. аксиома затварања (*closure axiom*) [278] за све релације у онтологији, које су представљене формализмом дескриптивне логике.

Онтологије које су репрезентоване коришћењем *OWL DL* језика, затим онтологије које су репрезентоване формализмима дескриптивне логике, као и *Protégé* онтологије базирани на оквирима имају сличне компоненте, које су представљене у табели 4.3. Основне компоненте *OWL DL* онтологије су: класе, својства и објекти (индивидуе), које грубо одговарају следећим компонентама *Protégé* репрезентације онтологије базирани на оквирима: класе, слотови и инстанце, док су адекватне компоненте онтологије која се заснива на дескриптивној логици: концепти, улоге и индивидуе (поглавље 2.6.1). Насупрот формализмима језика *OWL* и дескриптивне логике, семантички сиромашном формализму који се базира на оквирима недостаје могућност дефинисања ограничења за вредности слотова.



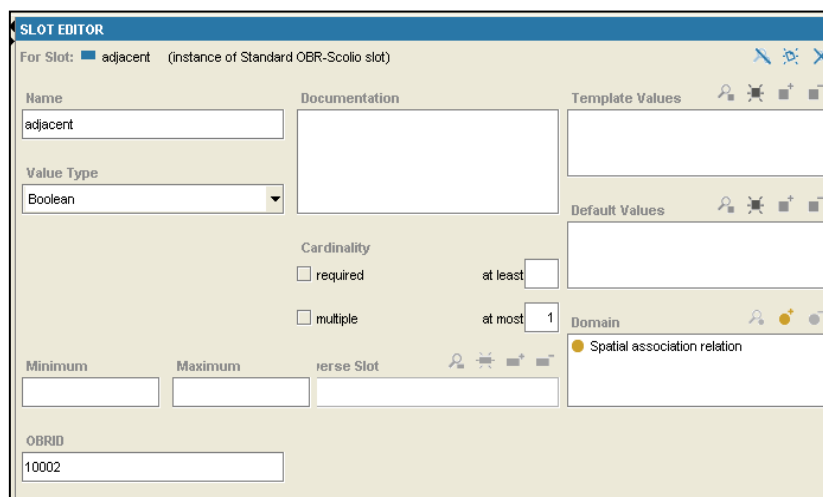
Слика 4.16. Промена метакласа свих *owl:Thing* подкласа у *owl:class*

Приликом конвертовања *OBR-Scolio* онтологије примењена је функција експортовања из *Protégé 3.4.4* пројекта базираних на оквирима у празан *OWL/RDF* ново-креирани *Protégé 3.5* пројекат. С обзиром да је на овај начин креираној *OWL* онтологији свака класа представљена такође и као инстанца друге одговарајуће метакласе, долази се до закључка да се коришћењем функције експортовања добија *OWL* онтологија, која није представљена очекиваном *OWL DL* језичком формом, него *OWL Full* језичком формом. Стога, да би се извршило конвертовање генерисане *OWL* онтологије у *OWL DL* језичку форму, потребно је дефинисати да је свака класа инстанца опште класе *owl:class*, променом метакласе свих подкласа *owl:Thing* класе у класу *owl:class* (слика 4.16), као и обрисати све метакласне информације о вредностима својстава. Поред тога,

потребно је ручно применити одређена правила конверзије за слотове и класе према [24], [33], [34], затим извршити конвертовање одређених специфичних својстава у анотациона својства и дефинисати кључне онтолошке класе, што ће бити редом описано у следећим поглављима.

4.2.3.1. Конвертовање Protégé слотова OBR-Scolio онтологије у својства OWL DL језика

У Protégé репрезентацији онтологије која је базирана на оквирима, слотови имају Value Type спецификацију, која може бити: *Integer*, *String*, *Boolean*, *Symbol with Allowed Values*, *Instance with Allowed Classes* и *Class with Allowed Superclasses*. Она одговара опсегу (range) својстава у Protégé OWL DL онтолошкој представи (слика 4.17, табела 4.3). Коришћењем функције експортовања слотови првобитне форме OBR-Scolio онтологије са: *Integer*, *String* или *Boolean*, Value Type спецификацијом се аутоматски конвертују у својства података (*data properties*) одговарајућег опсега. Са друге стране, *Class* и *Instance* за Value Type спецификације се аутоматски конвертују у објектна својства, али међутим без спецификације опсега. Стога је према [24], [33] било потребно ручно додати потребне спецификације опсега за *Class* и *Instance* типове вредности, као унију свих дозвољених суперкласа или класа (слика 4.18).

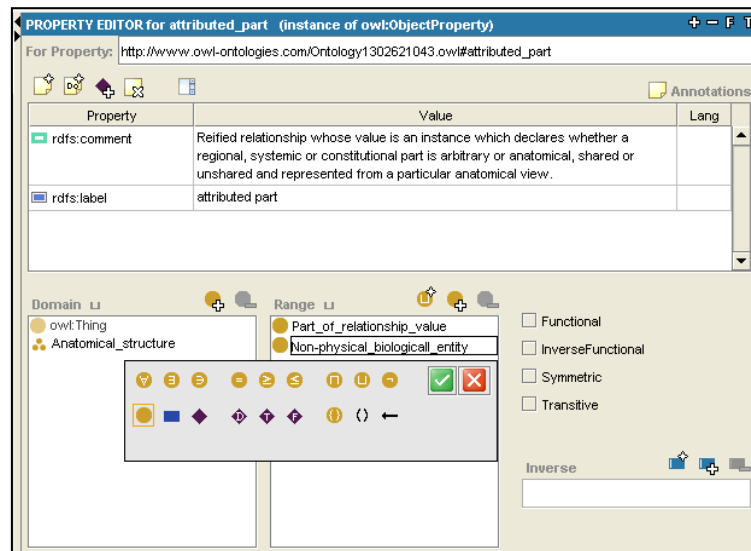


Слика 4.17. Слот едитор *adjacent* слота са *Boolean* спецификацијом типа вредности у Protégé онтолошкој репрезентацији базираној на оквирима

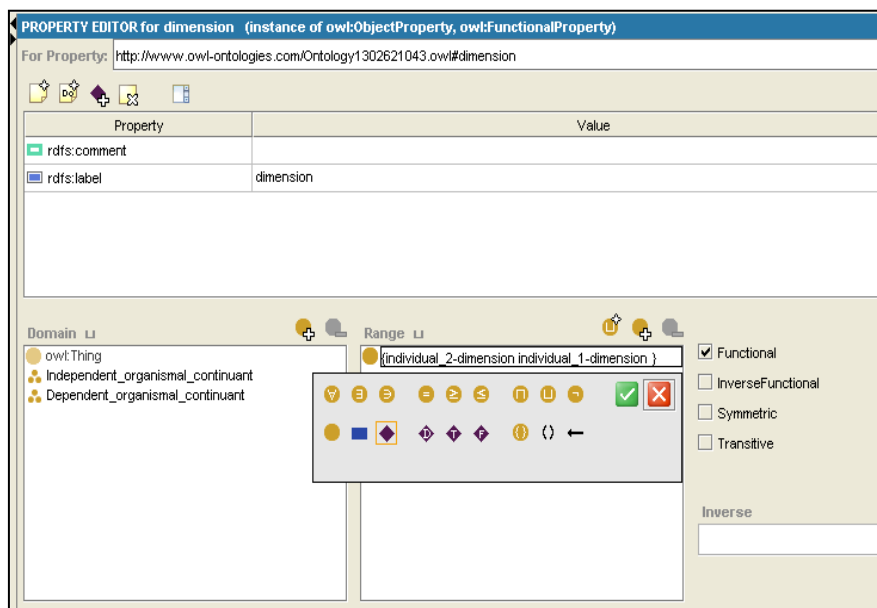
Са друге стране, током директног превођења *Symbol Value Type* спецификације се аутоматски конвертују у својства података, што је једино одговарајуће у случају дозвољених вредности *True* и *False*. Међутим, за друге дозвољене *Symbol Value Type* вредности, било је потребно конвертовати ово аутоматски креирано својство података у објектно својство и специјализовати његов опсег као енумерисану класу свих претходно формираних *OWL:Thing* индивидуа [24], [33], [34]. Тако нпр. за индивидуе: *1-dimension*, *2-dimension* и *3-dimension*, које представљају дозвољене вредности за *Symbol Value Type* слота *dimension*, потребно је креирати одговарајуће *OWL:Thing* индивидуе: *individual_1-dimension*, *individual_2-dimension*, *individual_3-dimension* и дефинисати опсег за *dimension* објектно својство, као унију овако креираних индивидуа (слика 4.19).

Штавише, током директног превођења слотови са кардиналности *at most one* се аутоматски конвертују у функционална својства, док слотови који имају инверзне

слотове (*Inverse-Slot* спецификацију) се аутоматски конвертују у *инверзна* својства *OWL DL* језика.



Слика 4.18. Специјализација опсега *attributed_part* својства као уније свих дозвољених класа (*Allowed Classes*) у *Protégé OWL* базираној онтолошкој представи

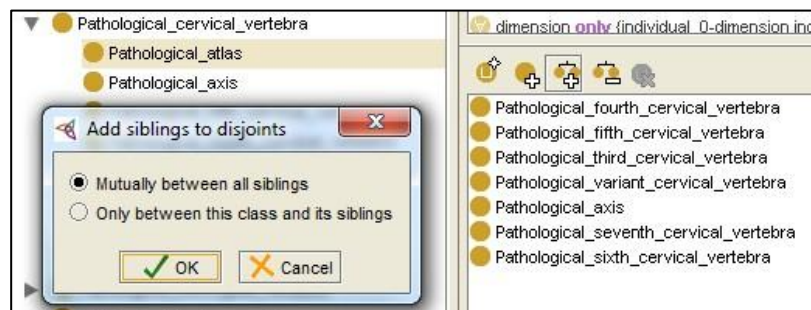


Слика 4.19. Спецификација опсега *dimension* објектног својства као еnumerисана класа одговарајућих *OWL:Thing* индивида у *Protégé OWL* репрезентацији онтологије

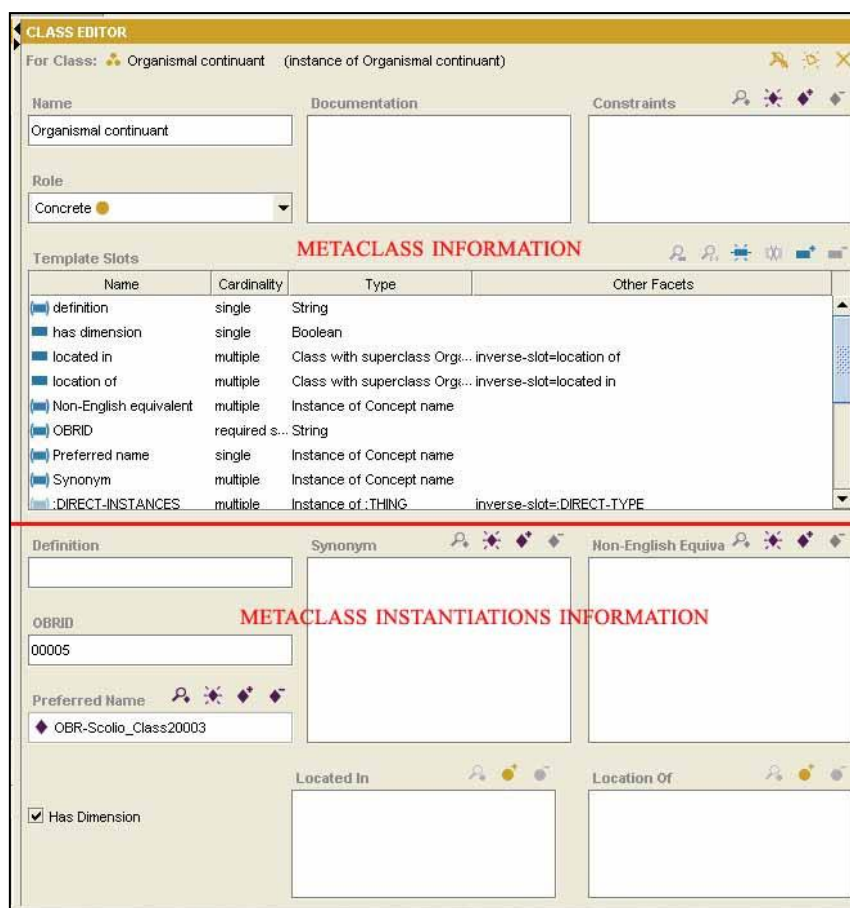
4.2.3.2. Конвертовање *Protégé* класа *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* класе и креирање анотационих својстава

У *OWL* репрезентацији онтологије све класе су подкласе класе *OWL:Thing*, пошто је то општа класа која представља скуп, који садржи све индивиде. *OBR-Scolio* онтологија је организована као хијерархија међусобно различитих (*disjoint*) концепата. Међутим, у *OWL* репрезентацији онтологије подразумева се да се класе “преклапају” и да нису подразумевано различите, што је кључна разлика у односу на репрезентацију онтологије која је базирана на оквирима, која подразумева тзв. “*unique name assumption*” претпоставку, да је све што се именује различитим именима различито.

Стога је у процесу конверзије онтологије у *OWL*, било потребно спецификовати да су све директне подкласе неке класе, међусобно различите (слика 4.20), чиме се обезбеђује да нека индивидуа за коју се тврди да је члан једне класе у групи класа, које су директне подкласе неке класе, не може бити члан било које друге класе у тој групи.



Слика 4.20. Дефинисање међусобне разлике директних подкласа класе *Pathological_atlas*

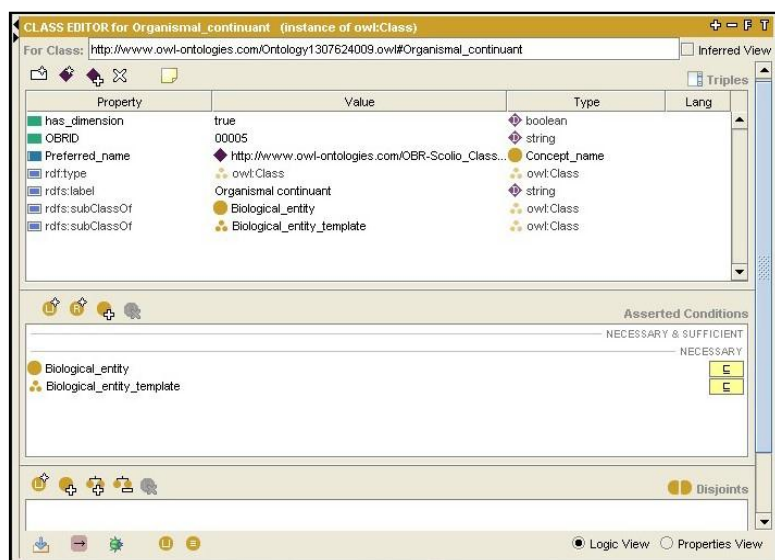


Слика 4.21. Класни едитор за класу *Organismal_continuant* у *Protégé 3.4.4* репрезентацији онтологије која се базира на оквирима

У *Protégé OBR-Scolio* репрезентацији онтологије, која се базира на оквирима, свака класа је представљена истовремено и као метакласа и као инстанца неке друге метакласе. Као метакласа, класа има спецификацију свога имена, спецификацију својих слотова и свих наслеђених слотова од својих надкласа (горњи део слике 4.21). Као инстанца друге метакласе класа има спецификације својих сопствених вредности слотова те метакласе (доњи део слике 4.21). У директно добијеној *OWL* репрезентацији

OBR-Scolio онтологије коришћењем функције експортовања, спецификације класних својстава и свих наслеђених својстава се губе (слика 4.22). Међутим, током директног ескортовања задржавају се све информације о сопственим вредностима слотова одговарајућих метакласа, што је карактеристично *Protégé OWL Full* репрезентацији онтологије. С обзиром да није могуће аутоматски израчунати класификациону хијерархију и извршити проверу конзистентности у *OWL Full* репрезентацији онтологије, било је потребно конвертовати овако добијену представу онтологије у *OWL DL* репрезентацију. У том циљу било је потребно обрисати све информације које су класе носиле као инстанце неке друге метакласе. Овим се у свим класама губе све информације сопствених вредности слотова. Сходно томе, било је потребно ручно додати све изгубљене информације, које класе имају као метакласе и као инстанце одговарајућих метакласа, коришћењем правила која ће надаље бити детаљно објашњена.

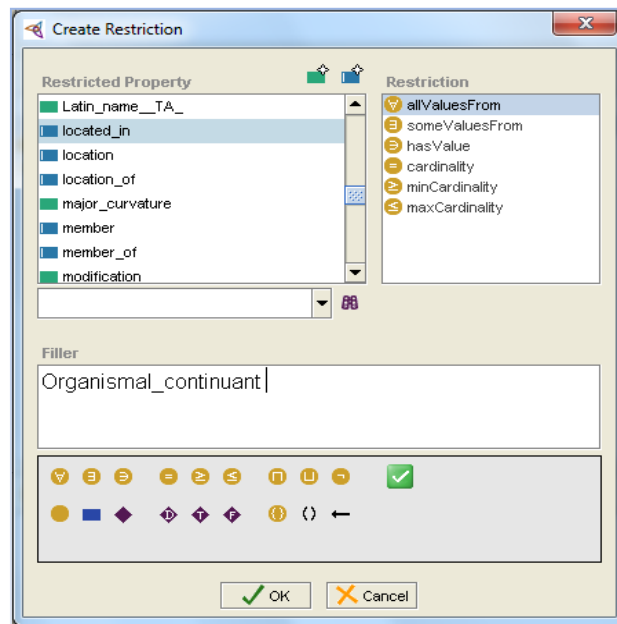
Сваки слот у класи са *Class* или *Instance Value Type* спецификацијом се у *Protégé OWL DL* базираној онтолошкој представи, према [24], [33], [34] представља као универзално ограничење *owl:allValuesFrom* над одговарајућим својством, којим се означава да су све вредности одређеног својства из уније свих дозвољених суперкласа или класа. Сходно томе, полазећи од класа на врху таксономије и анализирајући слотове са *Class* или *Instance Value Type* спецификацијом, било је потребно додати универзално ограничење над одговарајућим својством у свим његовим домен класама, целокупне *OBR-Scolio* онтологије. На пример, у класи *Organismal continuant* постоје само *located in* и *location of* слотови са *Class Value Type* спецификацијом (слика 4.21). Ови слотови имају исту дозвољену надкласу *Organismal_continuant*, за коју је било потребно креирати *owl:allValuesFrom* ограничење (слика 4.23).



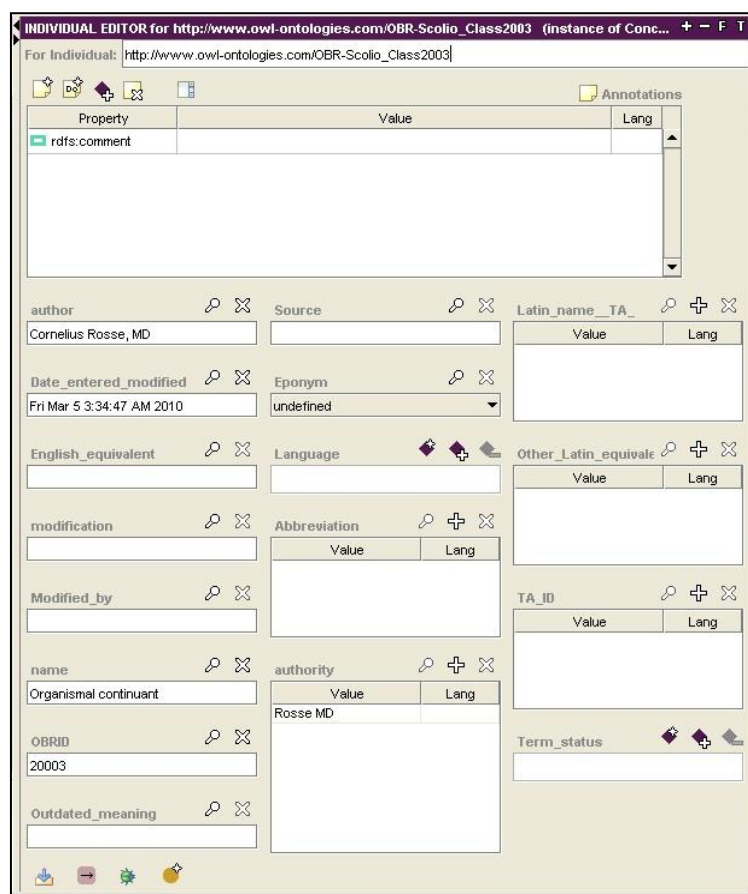
Слика 4.22. Класни едитор *Organismal_continuant* класе у *Protégé 3.5 OWL* базираној онтолошкој представи након директне транслације из *Protégé* онтолошке представе базиране на оквирима

Сваки слот, који је у класи са *Symbol Value Type* спецификацијом и дозвољеним вредностима слота, које су различите од *True* и *False* се у *Protégé OWL DL* базираној онтолошкој представи, такође представља као универзално ограничење над одговарајућим својством (*owl:allValuesFrom*), којим се означава да су све вредности одређеног својства из уније свих *OWL:Thing* индивидуа, које одговарају овим дозвољеним вредностима слота. Увођењем универзалног ограничења над својствима

(*owl:allValuesFrom*) за све класе које садрже слотове са *Class*, *Instance* и *Symbol* вредносним спецификацијама, враћене су спецификације свих објектних својстава у целокупној хијерархији класа *OBR-Scolio* онтологије.

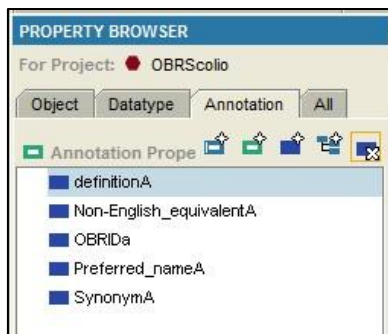


Слика 4.23. Креирање *owl:allValuesFrom* ограничења у Protégé OWL базираној онтолошкој представи

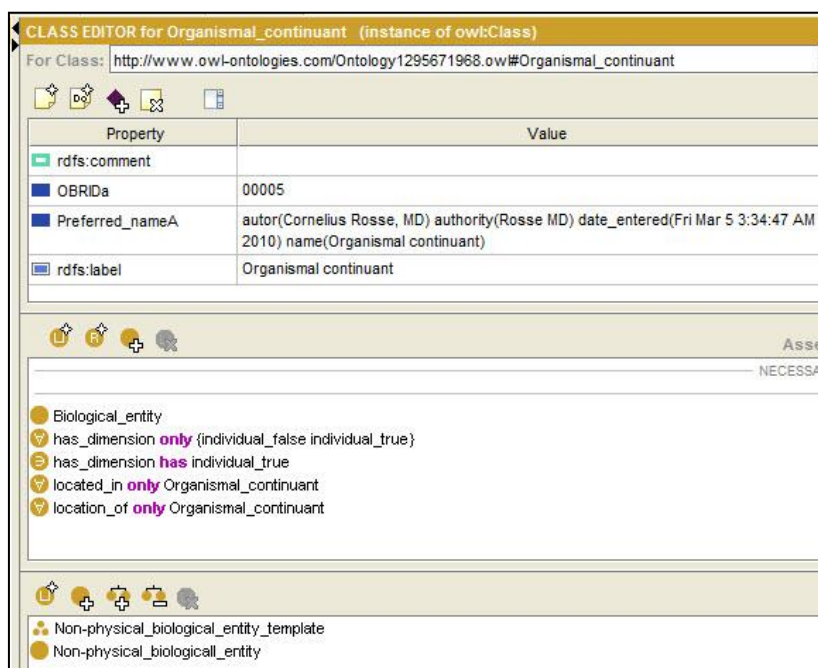


Слика 4.24. Инстанца *Concept_name* класе Protégé 3.4.4 онтолошке представе базиране на оквирима

Свака вредност слота *Class Value Type* спецификације, коју класа има као инстанца одговарајуће метакласе, представља се као егзистенцијално ограничење (*owl:someValuesFrom*) над одговарајућим својством, којим се означава да најмање једна његова вредност одговара специфицираној вредности слота. Са друге стране, вредности слотова *Instance*, *Symbol*, *Integer*, *Float*, *String* или *Boolean Value Type* спецификације, коју класе имају као инстанце одговарајуће метакласе представљају се као *owl:hasValue* ограничење над одговарајућим својством, којим се означава да својство има одређену специфицирану вредност.



Слика 4.25. Хијерархија аотационих својстава OWL форме OBR-Scolio онтологије



Слика 4.26. Коначан изглед *Organismal_continuant* класе у Protégé 3.5 OWL базираној онтолошкој представи

Словови као што су *OBRID* и *definition*, који представљају идентификаторе концепата и њихове описе су такође морали бити ручно конвертовани из одговарајућег својства података са *String* опсегом у одговарајућа аотациона својства: *OBRIDa*, *definitionA*. Осим тога, сви слотови који представљају називе концепата, а који су били дефинисани као инстанце *Concept_name* класе, као што су: *Preferred_name*, *Synonym* и *Non-English equivalent* су такође морали бити ручно конвертовани из одговарајућих објектних својстава у следећа аотациона својства: *Preferred_nameA*, *SynonymA* и *Non-English_equivalentA*. То је остварено брисањем ових објектних својстава и одговарајућих инстанца *Concept_name* класе, као и конвертовањем свих вредности

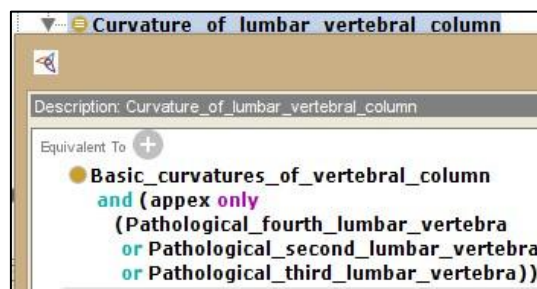
слотова тих обрисаних инстанци *Concept_name* класе у одговарајући *OWL DL data literal*.

На пример, за *Preferred_name* слот *Organismal_continuant* класе, креирано је анотационо својство *Preferred_nameA* и конвертоване су све вредности одговарајуће обрисане инстанце *Concept_name* класе у следећи *data literal* (слика 4.24): “*autor(Cornelius Rosse, MD) authority(Rosse MD) date_entered(Fri Mar 5 3:34:47 AM 2010) name(Organismal_continuant)*”. Поред наведеног, својство података *slot_synonym* са *string* опсегом, такође је обрисано из онтологије, да би било замењено анотационим својством *SynonymA* у случају следећих објектних својстава: *branch*, *has_shape*, *part*, *regional_part* и *regional_part_of*.

На слици 4.25 приказана је креирана хијерархија анотационих својстава *OWL* форме *OBR-Scolio* онтологије, док је на слици 4.26 представљен коначан изглед *Organismal_continuant* класе *Protégé OWL DL* репрезентације *OBR-Scolio* онтологије, након примене свих претходно примењених правила конверзије.

4.2.3.3. Дефинисање класа *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* са погребним и довољним условима

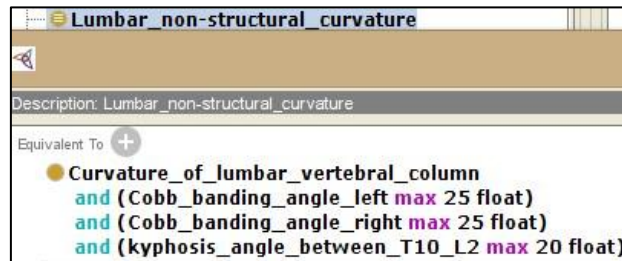
Применом свих претходно описаних правила конверзије, све спецификације класа које су базиране на оквирима (слотови и вредности слотова) су конвертовани у *OWL* ограничења над својствима, која дефинишу анонимне над-класе специфициране класе. Постоји два начина интерпретације ових ограничења својстава: интерпретирати их као скупове потребних услова или као супове потребних или довољних услова. У првом случају све класе би имале примитивне дефиниције. То би довело до конзистентне онтологије, али би онемогућило процес аутоматске класификације класа. Са друге стране, ако се ова ограничења интерпретирају као скупови потребних и довољних услова, све класе би имале потпуне дефиниције. Међутим, у том случају све класе које су дефинисане само као подкласе неке друге класе, као и многе друге класе са истим скупом потребних и довољних услова би биле сматране као еквивалентне класе у онтологији.



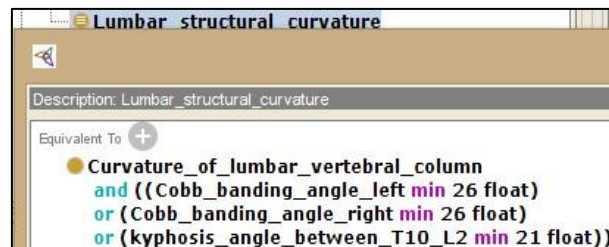
Слика 4.27. Дефиниција класе *Curvature_of_lumbar_vertebral_column* у *Protégé 4.3* верзији програма

Узимајући у обзир наведено разматрање, као и чињеницу да је апликациона *OBR-Scolio* онтологија креирана коришћењем метода издвајања из *FMA* и *OBR* референтних онтологија, коришћењем процеса брисања свих класа, које нису биле релевантне апликационом домену сколиозе (поглавље 4.2.2), за даљи приступ је одабрано дефинисање само репрезентативних, кључних класа *OBR-Scolio* онтологије, да би било могуће користити потпуну подршку механизма за резоновање. Према дефиницији локализације кривина, која је дата у табели 3.1 (поглавље 3.3.6), као илустративан пример на слици 4.27 приказана је дефиниција класе *Curvature_of_lumbar_vertebral_column*.

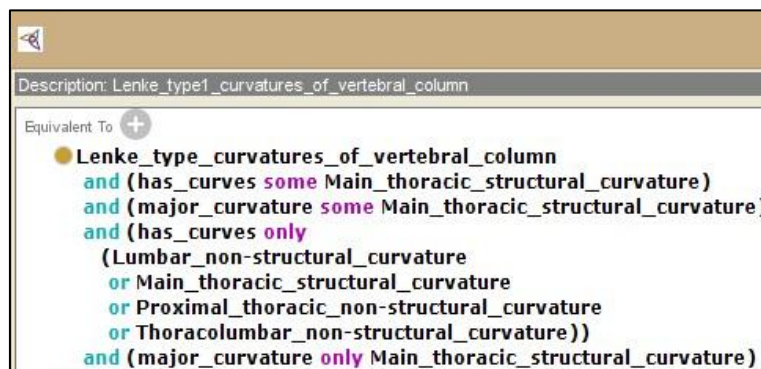
Коришћењем структурних и не-структурних критеријума свих мањих кривина кичме, према табели 3.2 у поглављу 3.3.6, дефинисане су све класе које представљају основне типове кривина кичме. Сходно наведеним дефиницијама, слике 4.28 и 4.29 илуструју примере дефиниције класа *Lumbar_non-structural_curvature*, односно *Lumbar_structural_curvature*.



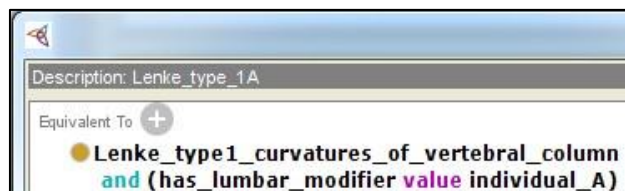
Слика 4.28. Дефиниција класе *Lumbar_non-structural_curvature* у Protégé 4.3 верзији програма



Слика 4.29. Дефиниција класе *Lumbar_structural_curvature* у Protégé 4.3 верзији програма



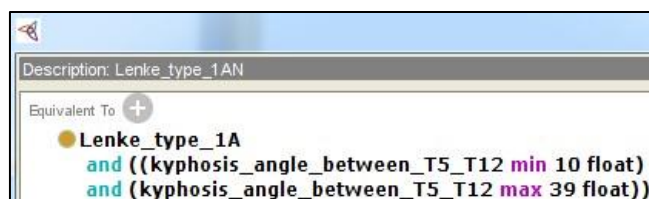
Слика 4.30. Дефиниција класе *Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column* у Protégé 4.3 верзији програма



Слика 4.31. Дефиниција класе *Lenke_type1A* у Protégé 4.3 верзији програма

Са друге стране, све класе које представљају Ленкове типове кривина кичме су дефинисане на основу претходно дефинисаних класа, које представљају основне кривине кичме, као што приказује табела 3.3 у поглављу 3.3.6. Као илустративан пример, на слици 4.30 приказана је дефиниција класе

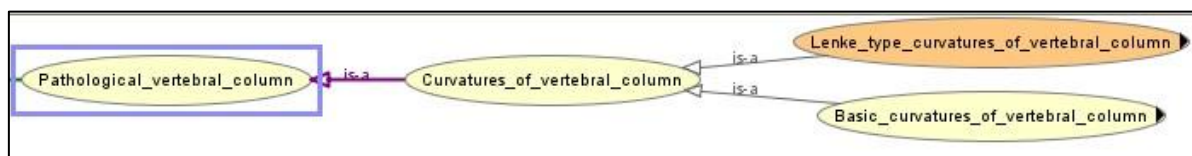
Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column, док су на сликама 4.31 и 4.32 приказане дефиниције класа *Lenke_type1A* и *Lenke_type1AN*.



Слика 4.32. Дефиниција класе *Lenke_type1AN* у *Protégé 4.3* верзији програма

4.2.3.4. Визуелизација *OBR-Scolio* онтологије

Једна од важнијих предности превођења *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму је могућност визуелизације таксономије и релац`ењске повезаности кључних класа у онтологији. На сликама 4.33, 4.34, 4.35, 4.36 и 4.37 је приказана визуелизација таксономије (*is-a* хијерархије) кључних класа *OBR-Scolio* онтологије, која је урађена коришћењем *OntoViz* додатка [279], [280] *Protégé* програма верзије 4.3 [171]. На слици 4.33 приказана је визуелизација основне таксономије *Pathological_vertebral_column* класе *OBR-Scolio* онтологије, чија подкласа *Curvatures_of_vertebral_column* садржи две подкласе *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* и *Basic_curvatures_of_vertebral_column*, при чему је класа *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* потпуно дефинисана, што је на графу назначено наранџастом бојом одговарајућег чвора.

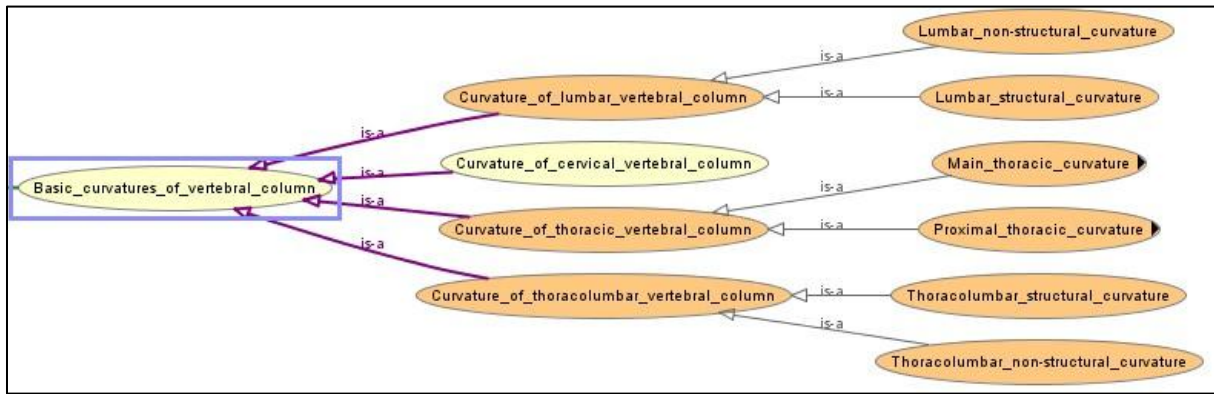


Слика 4.33. Визуелизација основне таксономије *Pathological_vertebral_column* класе *OBR-Scolio* онтологије

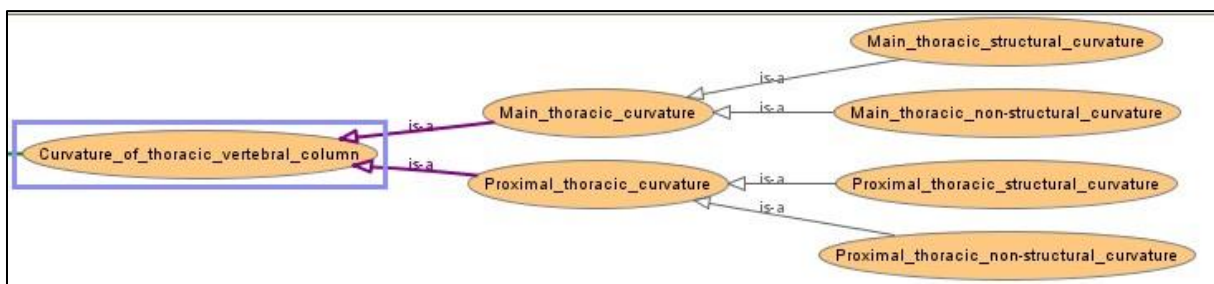
На слици 4.34 приказана је визуелизација дела таксономије *Basic_curvatures_of_vertebral_column* класе, чије су директне подкласе: *Curvature_of_thoracic_vertebral_column*, *Curvature_of_lumbar_vertebral_column*, *Curvature_of_cervical_vertebral_column* и *Curvature_of_thoracolumbar_vertebral_column*. Класа *Curvature_of_thoracic_vertebral_column* се даље класификује на класе *Main_thoracic_curvature* и *Proximal_thoracic_curvature*. Све наведене подкласе *Basic_curvatures_of_vertebral_column* класе, изузев класе *Curvature_of_cervical_vertebral_column* су потпуно дефинисане, што је назначено наранџастом бојом одговарајућих чворова. У зависности од структурности кривина на даље се свака од наведених потпуно дефинисаних класа класификује на структурне или не-структурне типове подкласа, што је приказано на сликама 4.34 и 4.35.

На слици 4.36 приказана је визуелизација таксономије потпуно дефинисане *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* класе, која има шест основних подтипова класа:

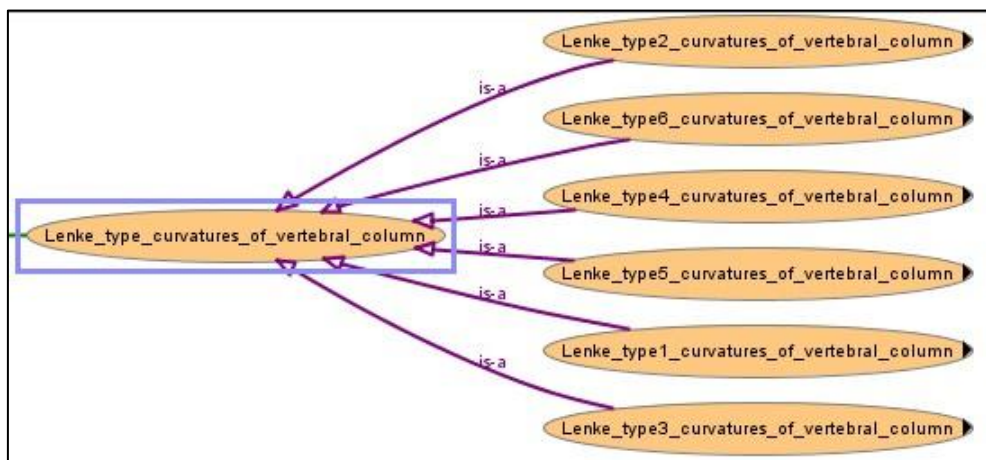
Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column,
Lenke_type2_curvatures_of_vertebral_column,...
Lenke_typeб_curvatures_of_vertebral_column, које су такође потпуно дефинисане.



Слика 4.34. Визуелизација таксономије *Basic_curvatures_of_vertebral_column* класе OBR-Scolio онтологије



Слика 4.35. Визуелизација таксономије *Curvature_of_thoracic_vertebral_column* класе OBR-Scolio онтологије

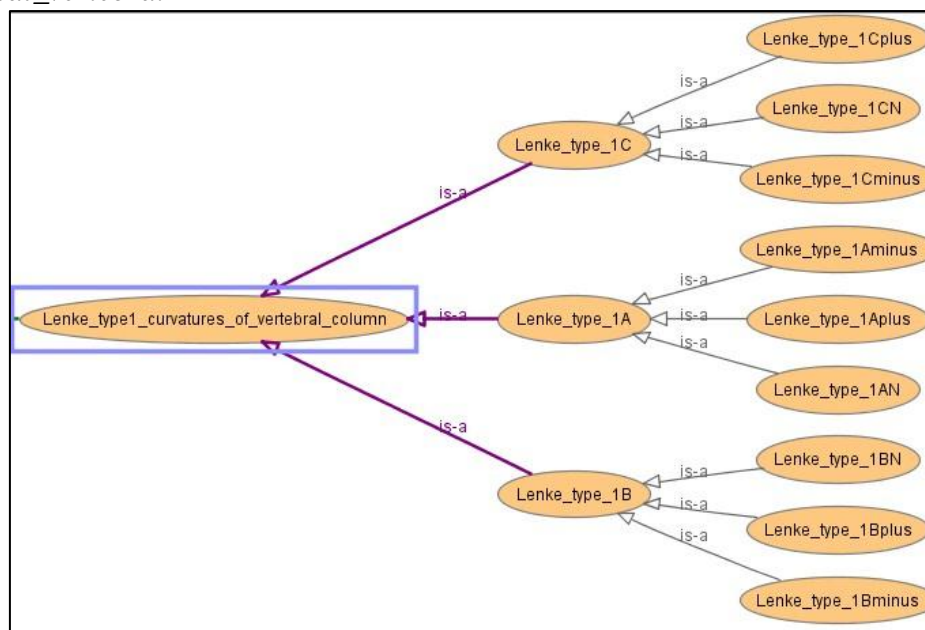


Слика 4.36. Визуелизација таксономије *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* класе OBR-Scolio онтологије

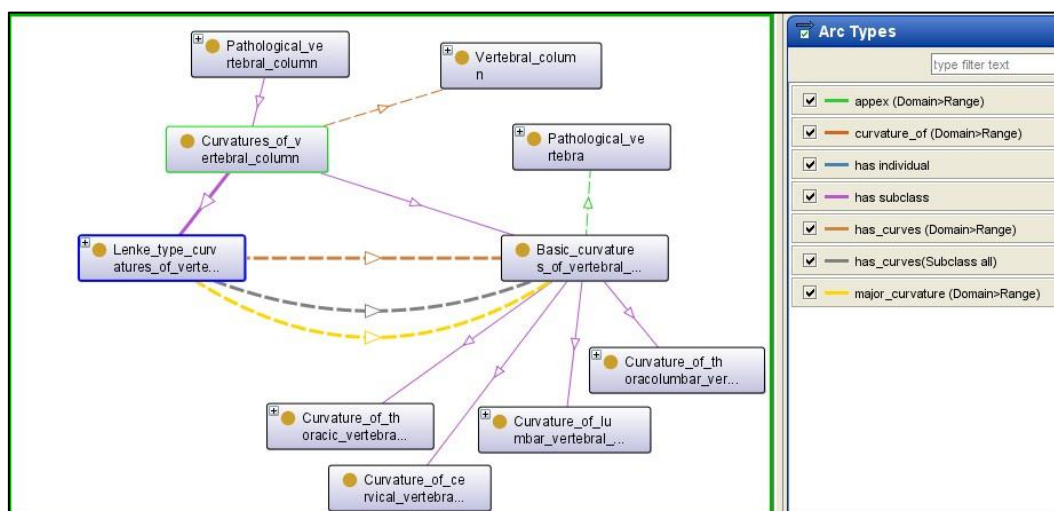
На слици 4.37 приказана је визуелизација таксономије једне од наведених класних подтипова *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* класе, тачније визуелизација таксономије *Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column* класе, која у зависности од типа лумбалног модификатора кичме: А, В или С (поглавље 3.3.6) има следеће директне подкласе: *Lenke_Type_1A*, *Lenke_Type_1B* и *Lenke_Type_1C*. Надаље се свака од наведених подкласа даље класификује на класне подтипове према вредностима грудног бочног модификатора кичме: -, + или N (поглавље 3.3.6), као што је приказано на слици 4.37.

За разлику од *OntoViz* додатка *Protégé* програма верзије 4.3, који обезбеђује визуелизацију таксономије класа у онтологији, *OntoGraph* додаток [276] обезбеђује и

визуелизацију релацијске повезаности класа, према дефинисаним објектним својствима у онтологији. На слици 4.38 је приказана је визуелизација релација класа: *Curvatures_of_vertebral_column* класе и *Basic_curvatures_of_vertebral_column* са осталим кључним класама *OBR-Scolio* онтологије, која је генерисана коришћењем *OntoGraph* додатка. Као што се на основу слике 4.38 може закључити, класа *Curvatures_of_vertebral_column* је релацијом (објектним својством) *curvature_of* повезана са класом *Vertebral_column* и има две подкласе: класу *Basic_curvatures_of_vertebral_column* и класу *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column*, што је дефинисано релацијом *has_subclass*. Са друге стране, класа *Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column* је релацијама: *has_curves* и *major_curvature* повезана са класом *Basic_curvatures_of_vertebral_column*, док је класа *Basic_curvatures_of_vertebral_column* релацијом *aprex* повезана са класом *Pathological_vertebra*.



Слика 4.37. Визуелизација таксономије *Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column* класе *OBR-Scolio* онтологије



Слика 4.38. Визуелизација релација класа: *Curvatures_of_vertebral_column* класе и *Basic_curvatures_of_vertebral_column* са осталим кључним класама *OBR-Scolio* онтологије

5. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА *ScolioMedIS*

Информациони систем се полазећи од опште теорије система и системског приступа, може дефинисати као сређени скуп метода, процеса и операција за: прикупљање, чување, обраду, преношење и дистрибуцију података у оквиру једне организације, укључујући и опрему која се у те сврхе користи и људе који се тим активностима баве. Информациони систем је модел реалног – пословног система, чија је основна намена помоћ у доношењу одлука, анализи, координацији и контроли, као и помоћ код израде нових производа.

Основни циљ овог докторског рада је израда софтверског решења које би понудило једну од могућности аутоматизације процеса оптичке дијагностике и мониторинга сколиозе. За реализацију информационог система за дијагностику и мониторинг сколиозе *ScolioMedIS* [238], [239] било је потребно упознати се са структуром процеса дијагностике и мониторинга сколиозе, подацима који су од важности, степеном њихове прецизности, функцијама које овај процес треба да реализује, као и постојећим решењима, која се тренутно користе у овом процесу.

У овој докторској дисертацији се моделовање информационог система врши објектно оријентисаним приступом, који је базиран на коришћењу *UML*-а (*Unified Modeling Language*) [281], језика за визуелно моделовање коришћењем стандардних графичких нотација. За разлику од *класичног приступа* развоја информационог система, заснованог на спецификацији функција система, *објектно оријентисани приступ* заснован је на чињеници да систем представља скуп међусобно повезаних објеката, при чему објекти представљају ентитете, који се описују у систему преко својих својстава, који се називају атрибутима и који стављају на располагање околни скуп операција, преко којих се та својства приказују или мењају. Својства објеката у систему сагледавају се као својства система, а операције над објектима као реализација функција система. Објекти неког система су повезани са објектима ван његових граница, а ови са неким другим "даљим" и тако даље. Границе система дефинишу скуп објеката, који ће се у том систему посматрати. Зато је неопходно одредити границе система, које изолују објекте од интереса, од "околине" система. У информационом систему се везе између објеката и везе система са околином, остварују разменом информација. Дејство околине на систем назива се "улаз", а дејство система на околину "излаз" система.

Објектно оријентисани развој се изводи кроз четири основна процеса:

- Дефинисање захтева;
- Објектно оријентисана анализа;
- Објектно оријентисани дизајн и
- Имплементација.

Израда модела информационог система се врши коришћењем итеративно инкременталног приступа, који је вођен случајевима употребе и концентрисан на архитектуру. Итеративни приступ представља вишеструко понављање циклуса: захтеви – анализа – дизајн – имплементација. Инкрементални приступ има за претпоставку поделу пројекта на мини пројекте. Инкрементално-итеративни развој је вођен случајевима употребе, који представљају полазни корак за приказ употребе система из перспективе будућих корисника у разним карактеристичним ситуацијама, чиме се дефинише функционалност система. На крају се дефинише имплементација која је

концентрисана на архитектуру, тј. дефинишу се компоненте и топологија хардверског система. У раду се за реализацију информационог система користи *CASE (Computer Aided Software Engineering)* бесплатно доступан софтверски алат за објектно оријентисано моделовање *StarUML* [282].

5.1. Дефинисање захтева пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Дефинисање захтева је веома битна фаза у развоју сваког информационог система, с обзиром да је квалитетно обављен процес дефинисања захтева основни предуслов да целокупни систем буде успешно пројектован, у смислу да задовољава све потребе корисника.

Процес дефинисања захтева за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе биће реализован коришћењем класичног приступа, базираног на коришћењу *IDEFO* методологије за израду *логичког модела функција*, као и објектно оријентисаног приступа који се базира на коришћењу елемената *UML (Unified Modeling Language)* методологије, за израду *физичког модела пословног процеса*.

Иако је процес дефинисања захтева први корак у изради информационог система, потребно је нагласити да се он мора непрекидно примењивати током читавог процеса пројектовања система, уз сталну сарадњу пројектанта и будућих корисника система. Из ове сарадње, код пројектанта се јавља идеја о развоју система, која се стално развија и усавршава и из које настаје крајњи продукт процеса развоја, а то је систем који у потпуности задовољава потребе корисника.

5.1.1. Израда логичког модела функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Логички модел функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе, формира се коришћењем *IDEFO* методологије и састоји се од процеса одређивања фундаменталних функција система, као и логике примитивних функција система.

За одређивање фундаменталних функција система за оптичку дијагностику и визуелизацију, потребно је извршити:

- Анализу захтева корисника тј. запослених у процесу тренутне дијагностике и третмана сколиозе;
- Формирање дијаграма контекста пословног процеса оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе;
- Формирање стабла логичких функција пословног процеса оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе;
- Формирање декомпозиционих дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.

5.1.1.1. Анализа захтева корисника

Анализа захтева корисника, тј. запослених у процесу дијагностике и третмана сколиозе, остварује се кроз активности анализе захтева на основу докумената и анализе захтева на основу интервјуа са запосленима. Анализа захтева корисника треба да омогући дефинисање потребе за применом оптичких уређаја за дијагностику и

мониторинг деформитета кичменог стуба, циљева којих је потребно остварити у том процесу, као и проблема који корисници виде у овом процесу.

Документи који се разматрају су постојећи картон за евиденцију сколиозе коришћењем спољашњих измерених мерних параметара, као и картон за евиденцију резултата рендгенског снимања, рендгенски снимци пацијената са сколиозом, као и рендгенски снимци са одређеним Кобовим угловима кривина кичме.

Анализом докумената долази се до закључка да се досадашња евиденција дијагностике и мониторинга сколиозе своди на коришћење недовољно формализованих картона за евиденцију спољашњих мерних показатеља сколиозе који, су неподесни за чување, а такође и за анализу свеукупних резултата пацијената са сколиозом на годишњем и вишегодишњем нивоу. Дакле, евидентан је недостатак базе података у којој би се чували подаци о резултатима спољашњих мерних параметара сколиозе, као и подаци о свим Кобовим угловима кичмених кривина у фронталној и бочној равни. Са друге стране, Кобови углови се одређују директно са рендгенских снимака, који су најчешће недовољно прегледни, а поред тога добијени резултати у многеме зависе и од прецизности особе, која спроводи поступак одређивања Кобових углова. На основу наведеног, долази се до закључка да је традиционална метода директног одређивања Кобових углова на основу рендгенског снимања недовољно прецизна, при чему се одређивање Кобових углова кичмених кривина најчешће врши само у фронталној равни и то у усправном положају пацијента. Будући да је за прецизно одређивање Ленковог типа класификације сколиозе потребно направити рендгенске снимке и у бочној равни, као и у фронталној равни приликом савијања у леву и десну страну, дакле укупно 4 снимка, долази се до закључка треба нарочито имати у виду штетност које доноси са собом рендгенско зрачење. Због свега наведеног, јавља потреба за применом не-инвазионих оптичких уређаја за снимање пацијената са сколиозом у процесу мониторинга и дијагностике.

Интервју са запосленима у процесу дијагностике и мониторинга сколиозе је веома битна активност, пошто они најбоље познају реални систем и његов начин функционисања. На тај начин се долази до свих неопходних сазнања о организацији, структури и функционисању система. Осим тога, кроз интервју са корисницима потребно је уочити и како они виде могуће решење проблема који постоје у систему, јер је веома битно да идејно решење пројектанта буде њима пријемчиво и природно, с обзиром да се апликација и прави за њих.

На основу интервјуа са запосленима у процесу дијагностике и мониторинга сколиозе, дошло се до сазнања да се дијагностика сколиозе углавном своди на вођење не формалног картона за евиденцију спољашњих мерних показатеља сколиозе, при чему се рендгенско снимање примењује само у тежим случајевима, а Кобови углови одређују само у фронталној равни и то најчешће само Кобов угао највеће кичмене кривине. Што се третмана сколиозе тиче, план лечења иако донекле зависи од самог лекара (хирурга), руковођен је тежином кривине, вероватноћом прогресије кривине током времена и перцепцијом деформитета и симптома којих пацијент има, при чему постоје три основне могућности третмана: праћење (посматрање), учвршћивање коришћењем помагала и операција (поглавље 3.4). На основу интервјуа са запосленима, дошло се до сазнања да се једино у циљу руковођења оперативним третманом врши класификација типа сколиозе, при чему се највише употребљава Ленков систем класификације [223].

Анализом захтева корисника донет је закључак, да постоји потреба за применом оптичких уређаја у процесу дијагностике и мониторинга сколиозе. Такође је донет закључак о неопходности израде формалног картона сколиозе за спољашњи визуелни преглед пацијената са сколиозом, мерењем унапред дефинисаних релевантних

параметара, који би били детаљно анализирани и предложени од стране запослених на дијагностици сколиозе. Осим тога, донет је закључак о неопходности израде веб апликације за евидентирање, памћење и ажурирање свих информација о прегледима пацијента, према овако дефинисаном формалном картону сколиозе. Са друге стране, с обзиром да је за потпуну дијагностику и праћење напредовања сколиозе, поред одређивања спољашњих мерних параметара сколиозе, потребно одредити Кобове углове кичмених кривина, било је потребно је осмислити и реализовати оптичке методе којима би се Кобови углови кривина кичме одредили, не примењујући рендгенско снимање пацијента. То налаже потребу за израдом апликације за визуелни приказ кичме у 2D и 3D равнима, а који се заснива на примени оптичких метода. У тој апликацији би се такође аутоматизовао процес одређивања Кобових углова кривина кичме у циљу смањења грешака које се иначе често појављују у овом процесу. Наведена апликација би такође имала могућност евидентирања, памћења и ажурирања података одређених Кобових углова пацијента и директног одређивања Ленковог типа сколиозе кичме. Тренутно решење не задовољава потребе медицинског особља у процесу дијагностике и праћења сколиозе кичме, у смислу ефикасности процеса евидентирања, памћења и ажурирања података, нарочито са три аспекта:

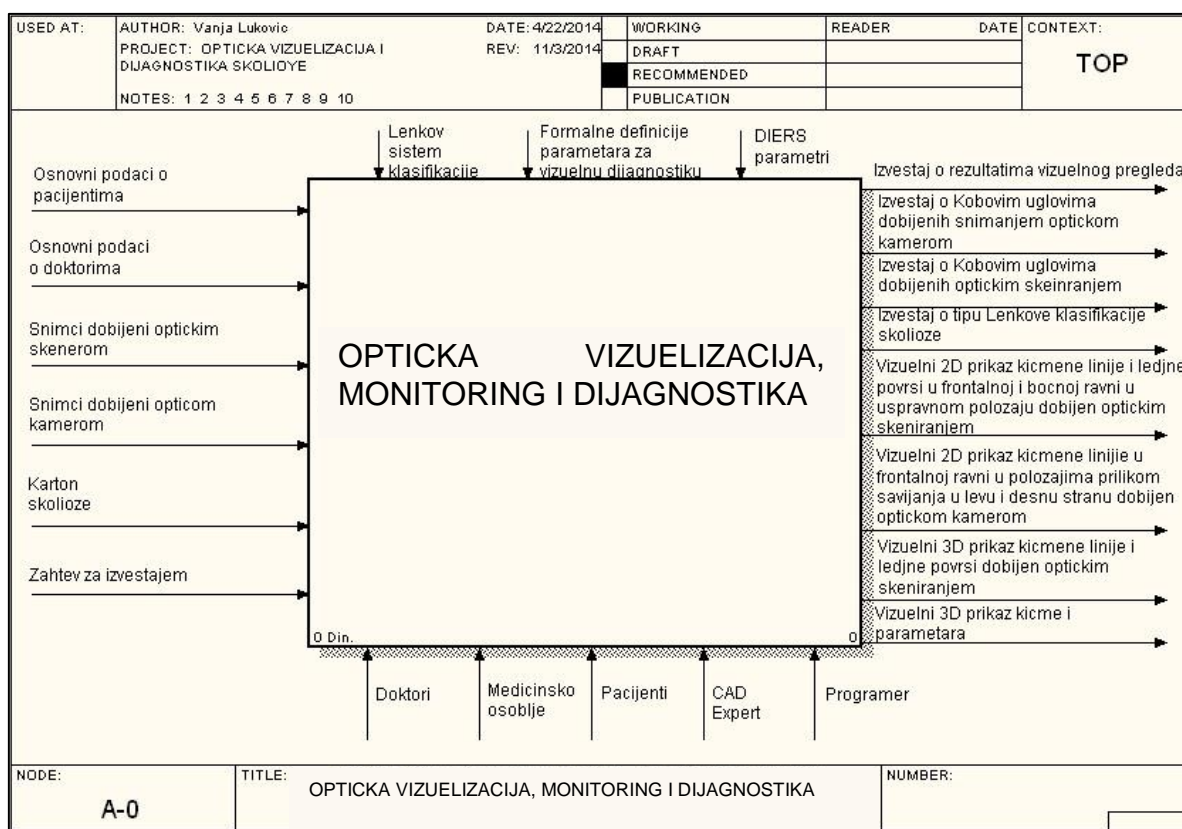
- Обједињавања и меморисања свих података везаних за дијагностику и праћење сколиозе кичме у одређеном региону и дефинисаном временском периоду, тј. нема базе података директно доступне медицинском особљу, које је ангажовано у том процесу. Наиме, база података у којој би се чували подаци о резултатима прегледа у одређеном временском периоду и одређеном региону, може да буде корисна за процесе праћења напредовања сколиозе, анализе ефикасности примењеног третмана, корекције методе лечења и анализе остварених резултата. Наведена анализа и праћење резултата прегледа би посредством базе података, такође била применљива и за више-регионално праћење сколиозе и у току дужег временског периода.
- Визуелног 2D и 3D приказа кичме применом оптичких метода и аутоматизације процеса одређивања Кобових углова кичмених кривина.
- Процеса праћења резултата дијагностике, путем разних извештаја који тренутно ни не постоје. Основни извештаји које треба реализовати су: извештај о основним подацима о пацијенту и измереним вредностима формалних параметара, добијених на основу визуелног прегледа пацијента са сколиозом, извештај о вредностима Кобових углова у усправном положају пацијента у фронталној и бочној равни, затим у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, као и извештај о типу Ленкове класификације сколиозе.

5.1.1.2. Дијаграм контекста пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

На основу изведене анализе захтева корисника врши се израда дијаграма контекста. Дијаграмом контекста пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе, који је приказан на слици 5.1 постиже се дефинисање оквира (граница) овог информационог система, као и његових веза са спољним окружењем. Дијаграм контекста до кога се дошло коришћењем CASE (*Computer Aided Software Engineering*) софтверског алата *BPwin-a*, представља највиши ниво апстракције система, који се дијаграмима декомпозиција преводи у ниже нивое апстракције.

Као што се на слици 5.1 види, основна функција система који се моделује је *Оптичка визуелизација и дијагностика сколиозе*. Стрелице са леве стране дијаграма

представљају улазне документе: *Основни подаци о пацијентима, Основни подаци о докторима, Снимци добијени оптичким скенером, Снимци добијени оптичком камером, Картон сколиозе, Захтев за извештајем.* Стрелице са десне стране дијаграма представљају излазне документе: *Извештај о резултатима визуелног прегледа, Извештај о Кобовим угловима добијених оптичким скенирањем, Извештај о Кобовим угловима добијених снимањем оптичком камером, Извештај о типу Ленкове класификације сколиозе, Визуелни 2D приказ кичмене линије и леђне површи у фронталној и бочној равни у усправном положају добијен оптичким скенирањем, Визуелни 2D приказ кичмене линије у фронталној равни у положајима приликом савијања у леву и десну страну добијен снимањем оптичком камером, Визуелни 3D приказ кичмене линије и леђне површи добијен оптичким скенирањем и Визуелни 3D приказ кичме и параметара.* Стрелице са горње стране дијаграма представљају контроле и упутства за процес који се моделује: *Леков систем класификације идиопатске сколиозе, Формалне дефиниције параметара за визуелну дијагностику, DIERS параметри* [283]. Стрелице са доње стране дијаграма контекста представљају механизме: *Доктори, Медицинско особље, Пацијенти, САД експерт, Програмер.* Имајући у виду овако постављен дијаграм контекста надаље се дефинише стабло логичких функција.

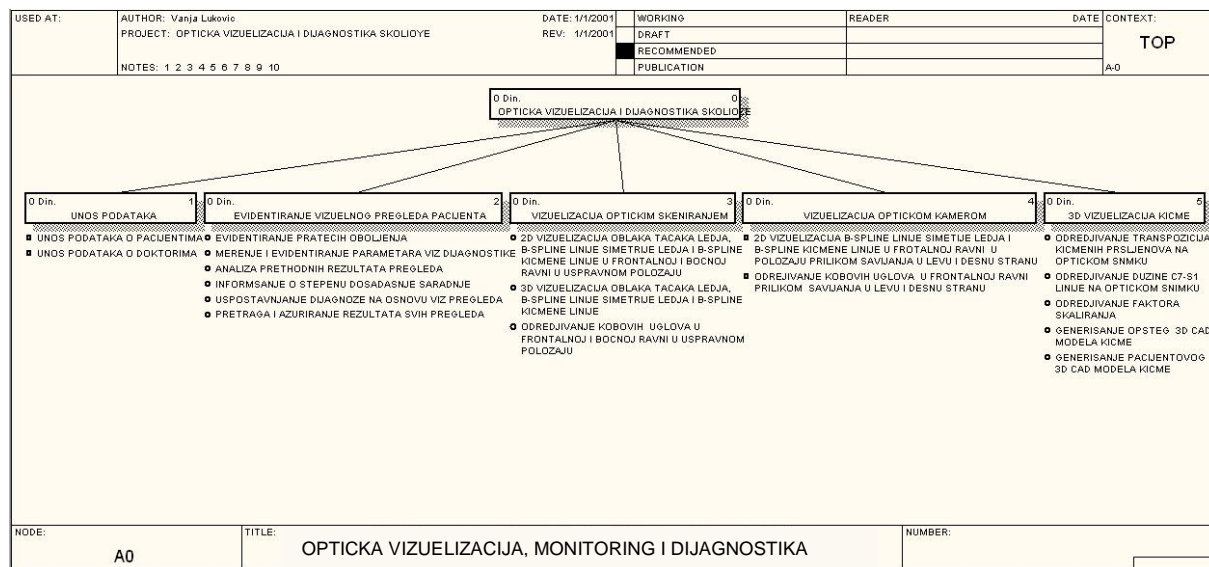


Слика 5.1. Дијаграм контекста пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

5.1.1.3. Стабло логичких функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

На слици 5.2 приказано је стабло логичких функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе, којим се постиже вертикални

(хијерархијски) приказ веза између функција које га сачињавају. За представљање стабла логичких функција коришћен је софтверски алат *VPwin*.



Слика 5.2. Стабло логичких функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Као што се на слици види, пословни процес оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе се састоји од следећих функција: Унос података, Евидентирање визуелног прегледа пацијента, Визуелизација оптичким скенирањем, Визуелизација оптичком камером, 3D визуелизација кичме. На основу анализе докумената и спроведених интервјуа са корисницима система, функција Унос података може се поделити на подређене функције: Унос пацијента и Унос доктора.

Функција Евидентирање визуелног прегледа пацијента састоји се од следећих функција: Евидентирање пратећих обољења, Мерење и евидентирање параметара визуелне дијагностике, Претрага и ажурирање резултата свих прегледа, Анализа претходних резултата прегледа, Информисање о степену досадашње сарадње и Успостављање дијагнозе на основу визуелног прегледа.

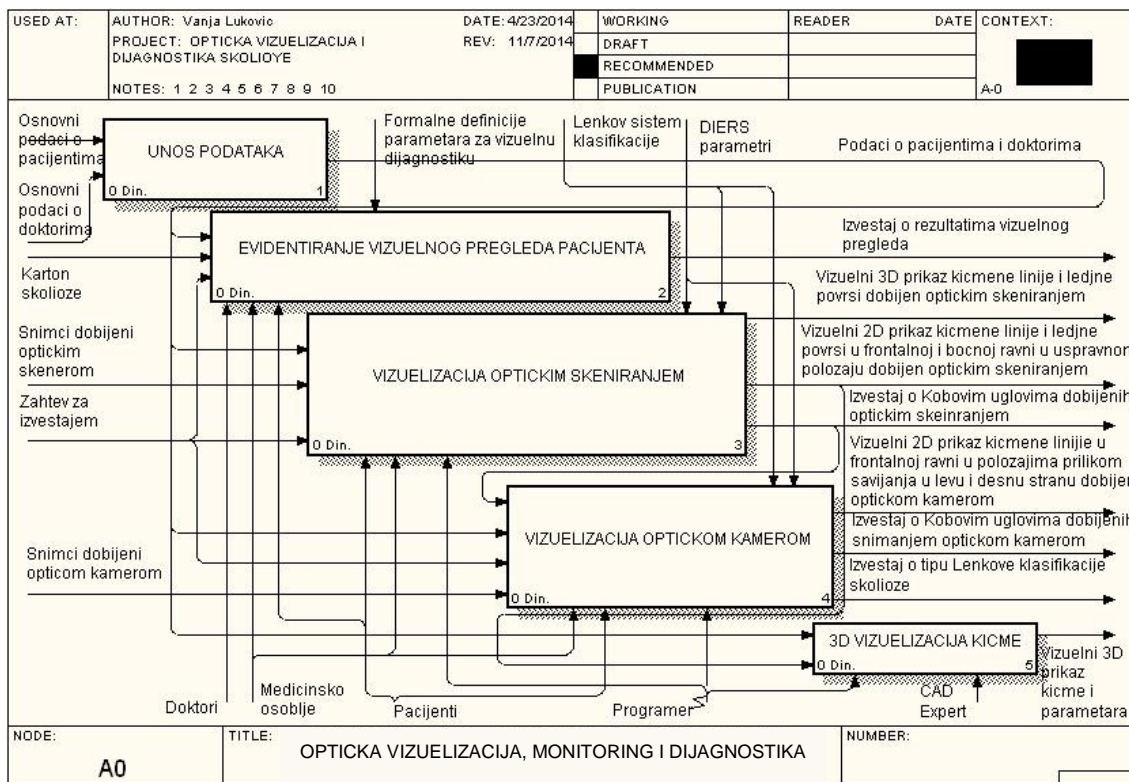
Функција Визуелизација оптичким скенирањем састоји се од следећих функција: 2D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној и бочној равни у усправном положају, 3D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије, Одређивање Кобових углова у фронталној и бочној равни у усправном положају.

Функција Визуелизација оптичком камером састоји се од следећих функција, 2D-Визуелизација B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни у положају приликом савијања у леву и десну страну, Одређивање Кобових углова у фронталној равни приликом савијања у леву и десну страну.

Функција 3D визуелизација кичме се састоји од следећих функција: Одређивање транспозиција кичмених пршљенова на оптичком снимку, Одређивање дужине C7-S1 кичмене линије на оптичком снимку, Одређивање фактора скалирања, Генерисање општег 3D CAD модела кичме и Генерисање пацијентовог 3D CAD модела кичме.

5.1.1.4. Дијаграми декомпозиције

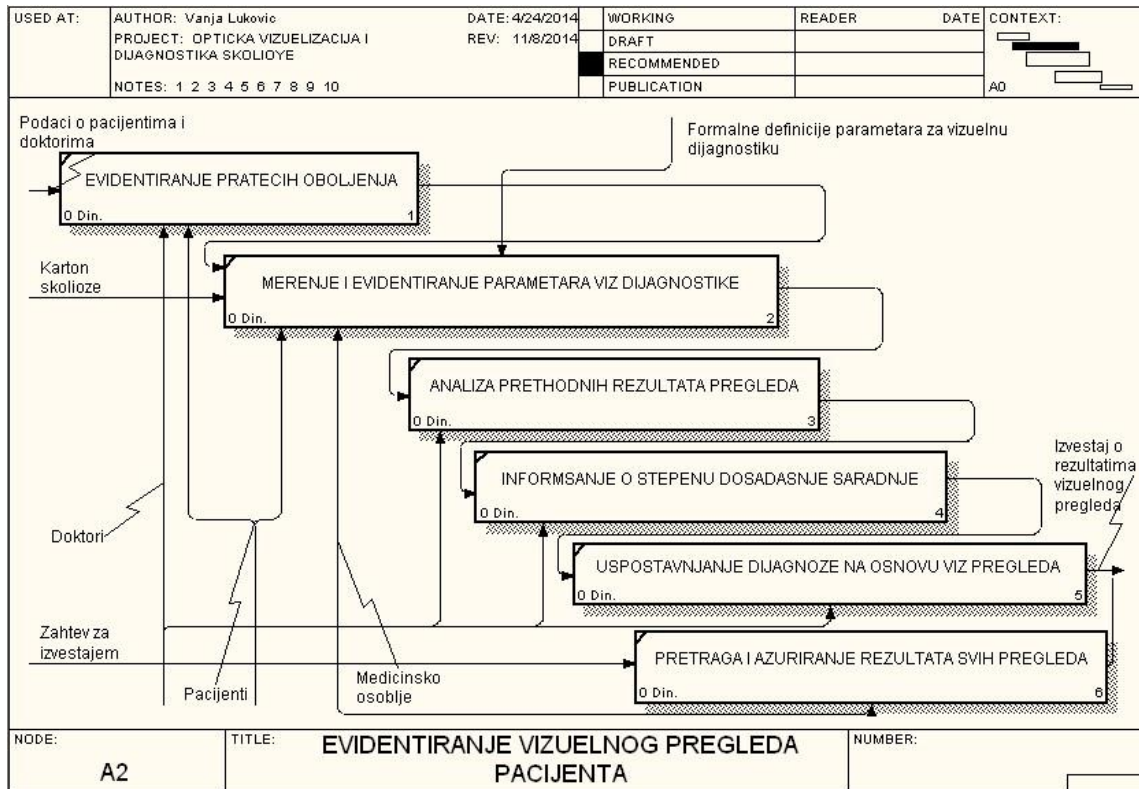
Формирањем стабла функција успостављене су вертикалне везе између функција, док се израдом дијаграма декомпозиције формирају хоризонталне везе између функција истог нивоа.



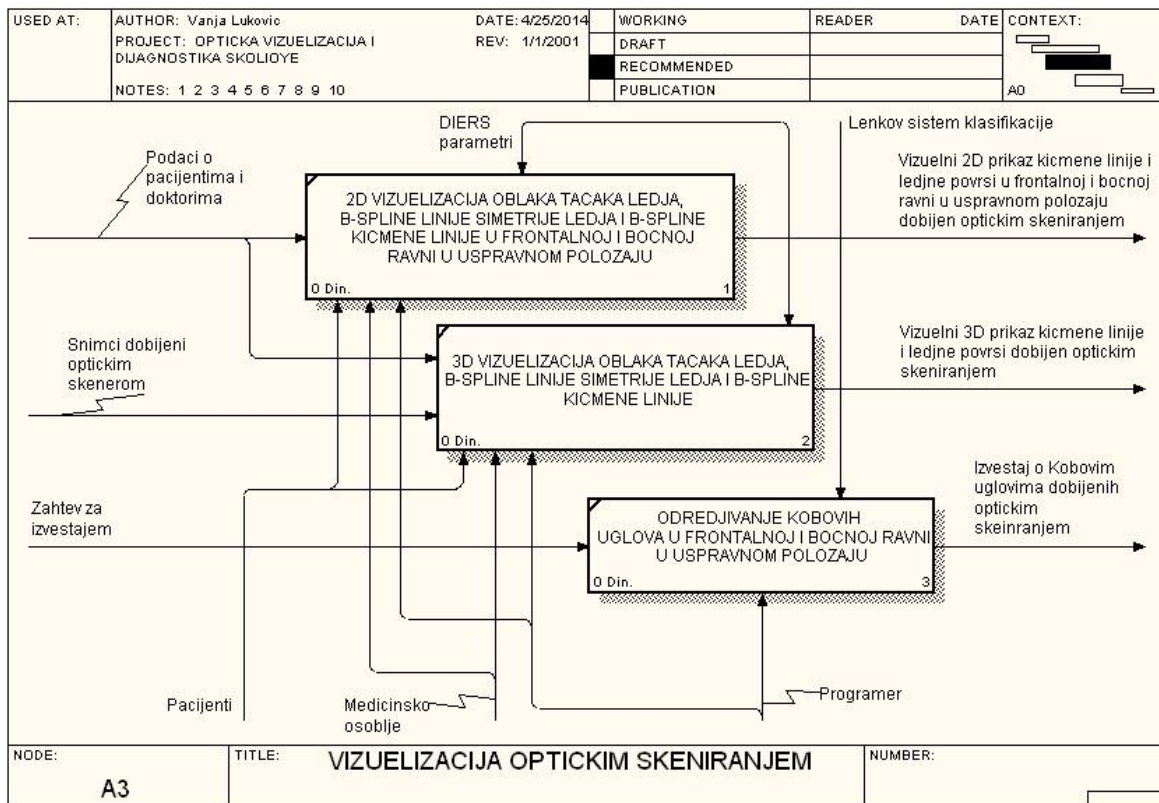
Слика 5.3. Декомпозициони дијаграм пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

На слици 5.3, приказан је дијаграм декомпозиције основне функције система за *Оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе*. Са претходно дефинисаног дијаграма контекста, који је приказан на слици 5.1 аутоматски су пренесене граничне стрелице, а са стабла функција приказаног на слици 5.2, функције од којих се састоји функција за *Оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе*: *Унос података*, *Евидентирање визуелног прегледа пацијената*, *Визуелизација оптичким скенирањем*, *Визуелизација оптичком камером* и *3D визуелизација кичме*.

На слици 5.4, приказан је дијаграм декомпозиције функције система за *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*. Са претходно дефинисаног декомпозиционог дијаграма, који је приказан на слици 5.3 аутоматски су пренесене граничне стрелице, а са стабла функција приказаног на слици 5.2, функције од којих се састоји функција за *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*: *Евидентирање пратећих обољења*, *Мерење и евидентирање параметара визуелне дијагностике*, *Анализа претходних резултата прегледа*, *Информисање о степену досадашње сарадње*, *Успостављање дијагнозе на основу визуелног прегледа* и *Претрага и ажурирање резултата свих прегледа*. На дијаграму контекста је извршено повезивање ових функција интерним стрелицама, као и повезивање граничних стрелица са одговарајућим функцијама (слика 5.4).



Слика 5.4. Евидентирање визуелног прегледа пацијента

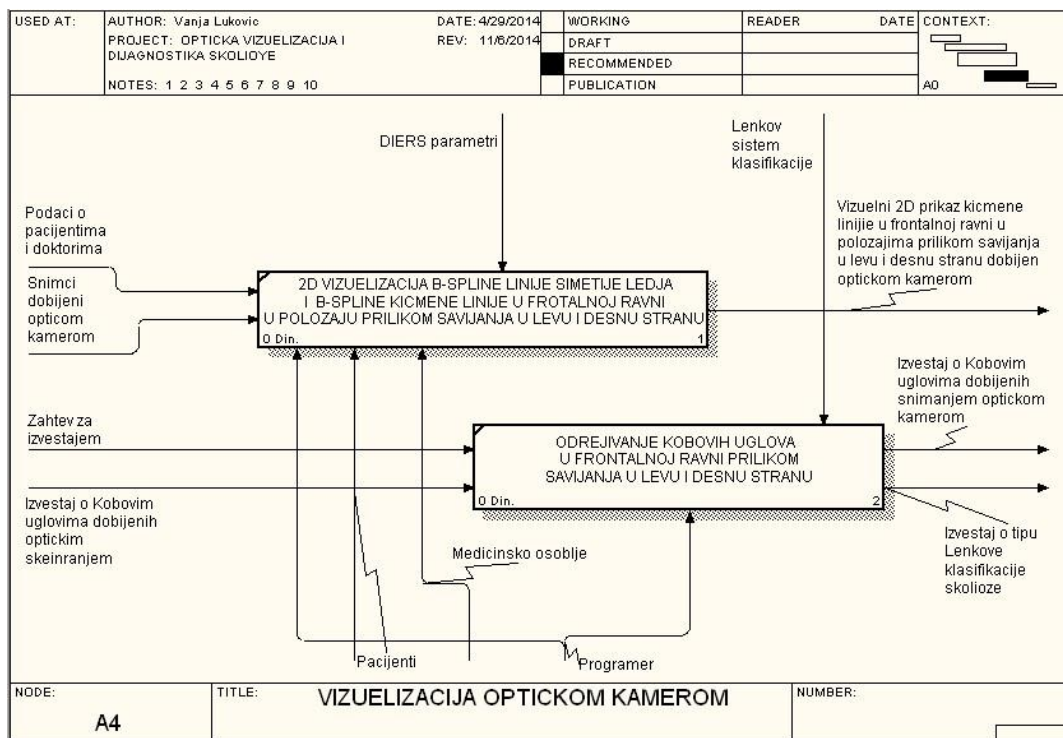


Слика 5.5. Визуелизација оптичким скенирањем

На слици 5.5 приказан је дијаграм декомпозиције функције система *Визуелизација оптичким скенирањем*. Са првобитно дефинисаног декомпозиционог дијаграма, који је

приказан на слици 5.3 аутоматски су пренесене граничне стрелице, а са стабла функција приказаног на слици 5.2, функције од којих се састоји функција *Визуелизација оптичким скенирањем: 2D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној и бочној равни у усправном положају, 3D-Визуелизација облака тачака леђа, B-spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије, Одређивање Кобових углова у фронталној и бочној равни у усправном положају*. На дијаграму контекста је извршено повезивање ових функција интерним стрелицама, као и повезивање граничних стрелица са одговарајућим функцијама (слика 5.5).

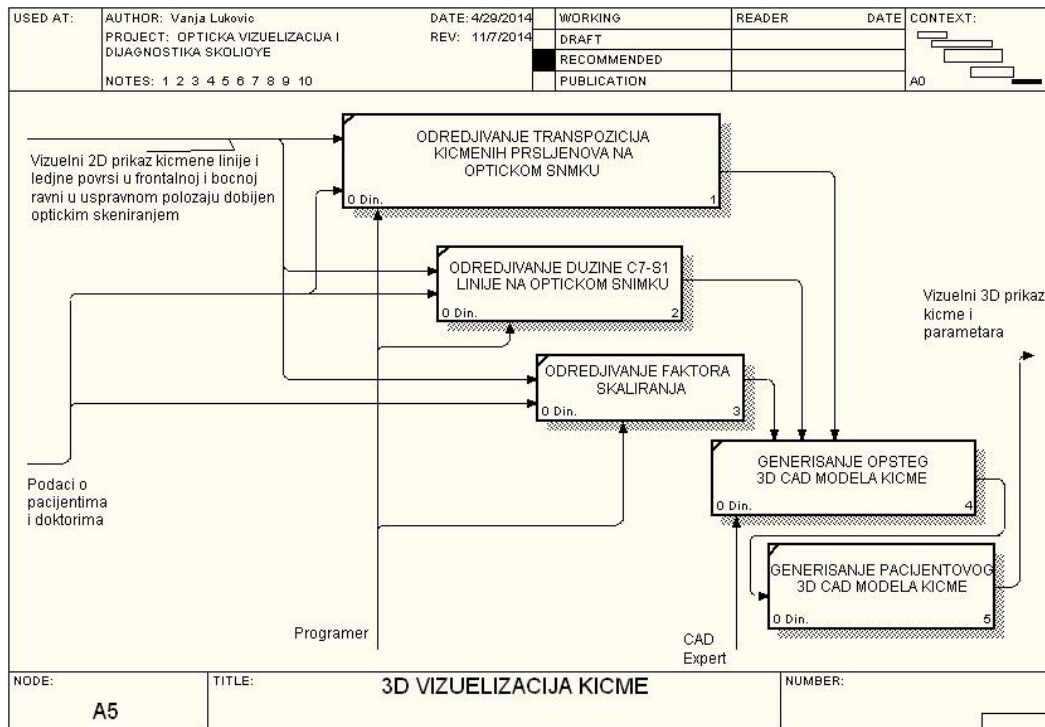
На слици 5.6 приказан је дијаграм декомпозиције функције система *Визуелизација оптичком камером*. Са првобитно дефинисаног декомпозиционог дијаграма, који је приказан на слици 5.3 аутоматски су пренесене граничне стрелице, а са стабла функција приказаног на слици 5.2, функције од којих се састоји функција *Визуелизација оптичком камером: 2D-Визуелизација B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни у положају приликом савијања леву и десну страну, Одређивање Кобових углова у фронталној равни приликом савијања у леву и десну страну*. На дијаграму контекста је извршено повезивање ових функција интерним стрелицама, као и повезивање граничних стрелица са одговарајућим функцијама, као што је приказано на слици 5.6.



Слика 5.6. Визуелизација оптичком камером

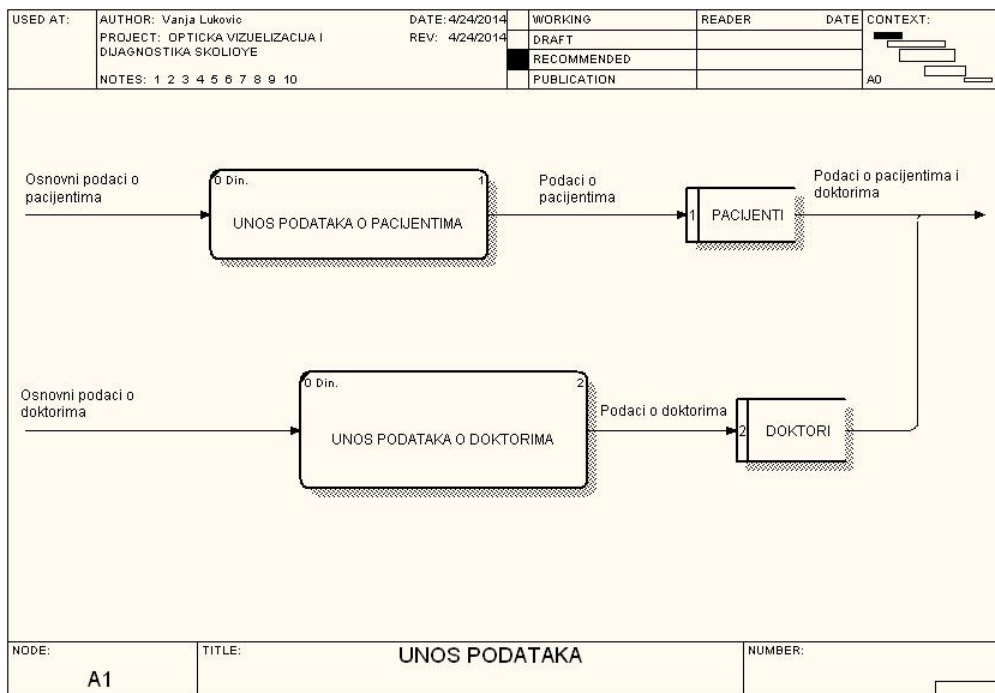
На слици 5.7 приказан је дијаграм декомпозиције функције система *3D визуелизација кичме*. Са првобитно дефинисаног декомпозиционог дијаграма, који је приказан на слици 5.3 аутоматски су пренесене граничне стрелице, а са стабла функција приказаног на слици 5.2, функције од којих се састоји функција *3D визуелизација кичме: Одређивање транспозиција кичмених приљенова на оптичком снимку, Одређивање дужине C7-S1 кичмене линије на оптичком снимку, Одређивање фактора скалирања, Генерисање општег 3D CAD модела кичме и Генерисање пацијентовог 3D CAD модела кичме*. На дијаграму контекста је извршено повезивање ових функција интерним

стрелицама, као и повезивање граничних стрелица са одговарајућим функцијама, као што је приказано на слици 5.7.



Слика 5.7. 3D визуелизација кичме

5.1.1.5. Одређивање логике примитивних процеса



Слика 5.8. Дијаграм тока података функције за унос података

Одређивање независних "атомских" (примитивних) функција изводи се коришћењем дијаграма тока података тзв. *DFD (Data Flow Diagram)*, коришћењем софтверског алата

BPwin-a. Овим поступком се остварује последњи ниво декомпоновања система, којим се листови стабла функција, који немају потомке, графички моделују међусобно повезаним процесима, токовима података и складиштима података.

На слици 5.8 приказан је дијаграм тока податка за функцију *Унос података*, који се састоји од два основна процеса: *Унос података о пацијентима* и *Унос података о докторима*, као и одговарајућих складишта података: складиште података о *Пацијентима* и складиште података о *Докторима*.

5.1.2. Израда физичког модела пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

На основу претходно дефинисаног логичког модела пословних функција, врши се пројектовање физичког модела пословног процеса. Пројектовање физичког модела пословног процеса, подразумева детаљан опис пословног процеса везаног за одређено организационо технолошко окружење. За израду физичког модела пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе потребно је извршити:

- Дефинисање организационо технолошког окружења;
- Развој дијаграма случајева употребе;
- Развој дијаграма активности.

5.1.2.1. Дефинисање организационо технолошког окружења пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Организационо и технолошко окружење једног пословног процеса се посматра кроз: анализу организационе структуре пословног процеса, анализу и систематизацију радних места и технологију обављања посла. Организациону структуру пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе сачињавају доктори ортопедије, физијатри и друго медицинско особље, који су у ангажовани у процесу дијагнозе и третмана сколиозе.

Доктори ортопедије, физијатри и друго медицинско особље обављају послове везане за дијагностику и третман сколиозе, при чему се досадашња технологија посла дијагностике и мониторинга сколиозе своди на коришћење постојећих не формалних картона сколиозе, радиографије, компјутеризоване томографије (СТ) и магнетне резонанце (MR) [39].

5.1.2.2. Развој дијаграма случајева употребе пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

На основу већ дефинисаног функционалног модела система, врши се формирање дијаграма случајева употребе. Развој дијаграма случајева употребе пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе обавља се кроз следеће активности:

- Дефинисање учесника;
- Дефинисање случајева употребе;
- Дефинисање типова веза између учесника и случајева употребе и
- Израду дијаграма случајева употребе.

5.1.2.2.1. Дефинисање учесника

Учесници репрезентују људе или системе, који омогућавају или добијају информације од датог система. С обзиром да учесник моделује специфичну улогу коју корисник има у комуникацији са системом, он у ствари представља једну врсту (стереотип) класе. За пословни процес *Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе* дефинисани су следећи учесници, заједно са улогама које имају у систему:

- *Доктор* ортопед или физијатар чије се улоге у систему своде на мерење релевантних параметара при визуелном прегледу пацијената, успостављању коначне дијагнозе на основу визуелног прегледа, мониторингу сколиозе и успостављању дијагнозе на основу 2D и 3D визуелизација, Кобових углова и Ленковог типа сколиозе, које је генерисао систем *Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе*;
- *Медицинско особље* које има улогу у обележавању кључних тачака на леђима пацијента и креирању снимака оптичким скенером и/или оптичком (дигиталном) камером;
- *Пацијент* који даје информације о степену досадашње сарадње у процесу лечења сколиозе и учествује у процесима мерења спољашњих мерних параметара сколиозе, као и у процесима креирања снимка оптичким скенером и/или оптичком (дигиталном) камером и који такође добија информације од система који врши оптичку визуелизацију дијагностике и праћење сколиозе;
- *Програмер* који има улогу у аутоматизацији процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.
- *CAD expert* који има улогу у креирању општег 3D модела кичме и у аутоматизацији процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.

5.1.2.2.2. Дефинисање случајева употребе

Случајеви употребе служе за моделовање функционалности система са тачке гледишта корисника система и спецификацију захтева система од стране корисника. Случајеви употребе одговарају логичким функцијама, које су у виду стабла логичких функција приказани на слици 5.2. Сходно томе, основни случајеви употребе везани за пословни процес *Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе* су:

- *Унос података* – Треба да омогући унос основних података о пацијентима и докторима неопходних за реализацију процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе;
- *Евидентирање визуелног прегледа пацијента* – Треба да омогући евидентирање измерених вредности формално дефинисаних параметара у процесу визуелног прегледа пацијента;
- *Визуелизација оптичким скенирањем* – Треба да обезбеди процесе: оптичке 2D визуелизације облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* кичмене линије у фронталној и бочној равни у усправном положају, 3D визуелизације облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* кичмене линије и одређивања Кобових углова у фронталној и бочној равни у усправном положају пацијента;
- *Визуелизација оптичком камером* – Треба да омогући процесе: 2D визуелизације *B-Spline* линије симетрије леђа и *B-Spline* кичмене линије у фронталној равни у

положају приликом савијања у леву и десну страну, одређивања Кобових углова у фронталној равни приликом савијања у леву и десну страну;

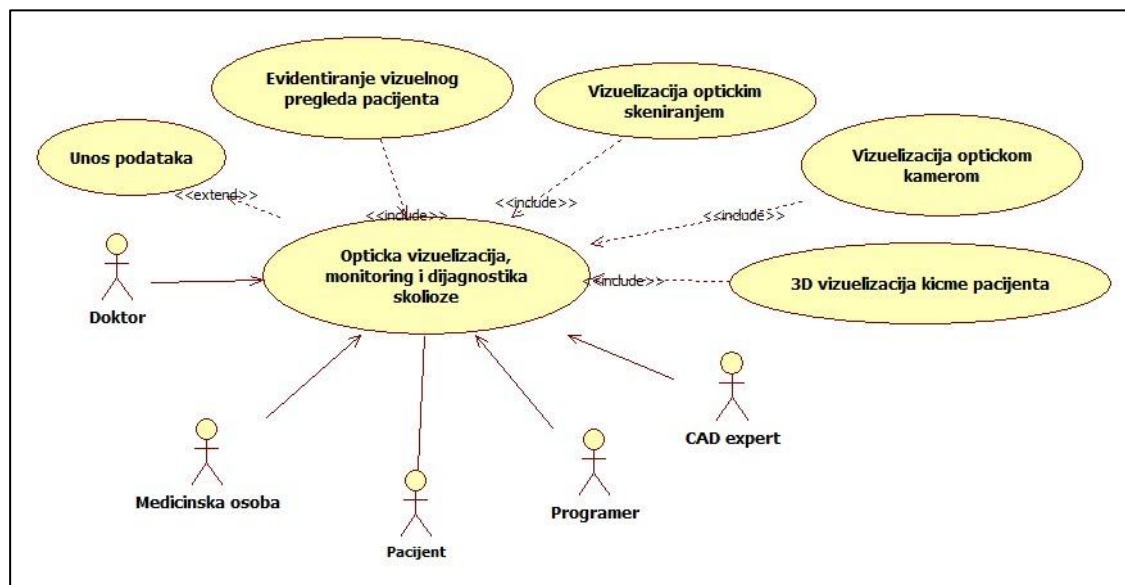
- 3D визуелизација кичме пацијента – Треба да обезбеди 3D визуелизацију и просторни приказ кичме пацијента, модификацијом општег 3D модела кичме на основу одређене: транспозиције унутрашње кичмене линије у односу на CSVL линију, дужине C7-S1 кичмене линије на 2D визуелизацијама усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања и вредности фактора скалирања.

5.1.2.2.3. Дефинисање типова веза између корисника и случајева употребе

У раду су коришћени следећи типови веза у дијаграмима случајева употребе:

- Асоцијација између учесника и случајева употребе, која означава бидирекциону везу која повезује учеснике и случајеве употребе;
- Асоцијација између случајева употребе типа *Include*. Ова врста асоцијације између случајева употребе подразумева издвајање заједничког понашања више конкретних случајева употребе у један апстрактан случај употребе, и успостављање везе типа *Include* између конкретних случајева употребе према апстрактном случају употребе. Дакле, веза *Include* описује такав однос између случајева употребе у коме један случај употребе користи услуге других случајева употребе;
- Асоцијација између случајева употребе типа *Extend*. Овом врстом асоцијације између случајева употребе остварује се проширивање једног случаја употребе са једним или више других случајева употребе.

5.1.2.2.4. Израда дијаграма случајева употребе



Слика 5.9. Дијаграм случаја употребе пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

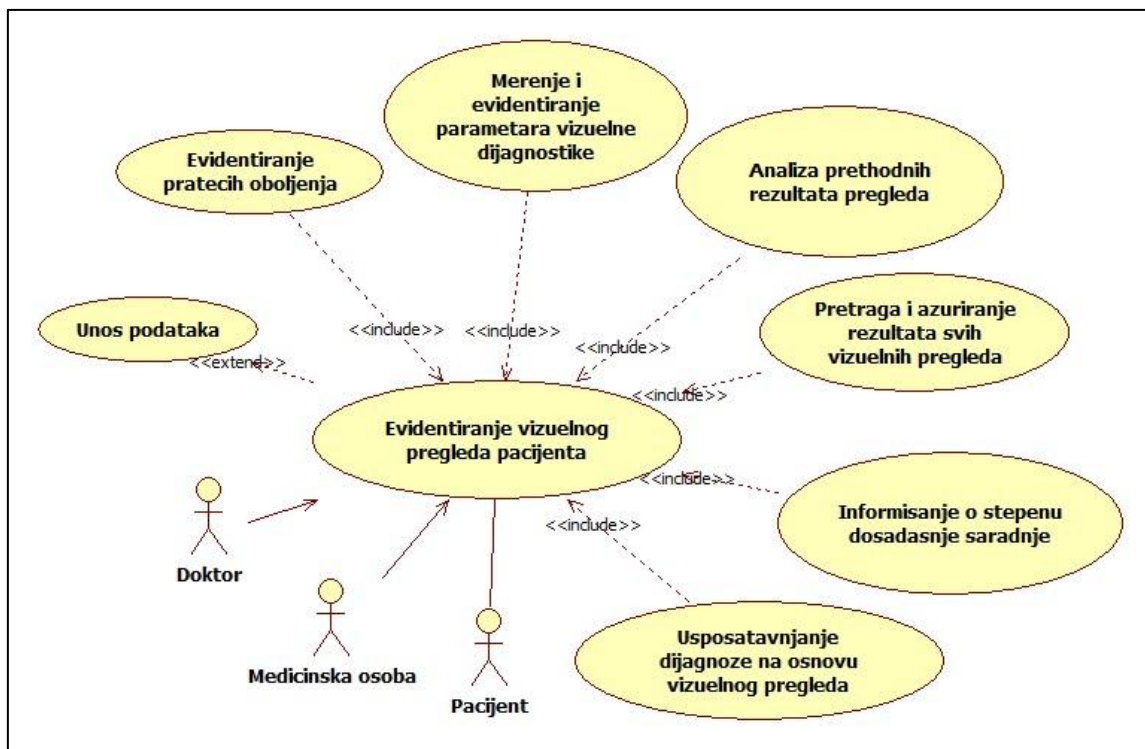
За израду дијаграма случајева употребе у раду, коришћен је CASE софтверски алат за објектно оријентисано моделовање *StarUML*, који подржава *UML* нотацију за

моделовање дијаграма случајева употребе. Дијаграми случајева употребе имају форму графа. Дијаграмима случајева употребе се приказује интеракција између случајева употребе и учесника (актера) у систему, који представљају чворове графа. Дијаграми случајева употребе приказују који учесник врши иницирање појединих случајева употребе, као што приказују и који учесници добијају информације од појединих случајева употребе.

Осим представе дијаграма потребно је извршити и детаљан опис свих случајева употребе. Под тим се подразумева: кратак опис случајева употребе, навођење учесника, навођење услова који се морају задовољити пре извршавања сваког случаја употребе, детаљан опис случајева употребе и навођење услова који морају бити задовољени после извршавања сваког случаја употребе. На слици 5.9 приказан је дијаграм случаја употребе пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.

5.1.2.2.5. *Случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента*

На слици 5.10 је приказан дијаграм случаја употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента* у коме су доктор и/или неко од медицинског особља представљени као учесници који иницирају посао евидентирања визуелног прегледа пацијента, а пацијент као учесник, који учествује у процесу мерења параметара визуелне дијагностике и који такође добија информације из целокупног процеса.



Слика 5.10. Дијаграм случаја употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*

Кратак опис: Евидентирање формално дефинисаних параметара за дијагностику сколиозе на основу визуелног прегледа.

Учесници: Доктор ортопед, физијатар и/или неко од медицинског особља, који су ангажовани у процесу визуелног прегледа пацијента са сколиозом, као и Пацијент који се прегледа.

Услови који морају бити задовољени пре извршавања: Постојање тачних основних података о пацијентима и докторима. Услови под којима долази до брисања података о пацијентима и докторима из базе података, морају бити јасно дефинисани.

Опис: Случај употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента* је апстрактан случај употребе, који користи случајеве употребе: *Евидентирање пратећих обољења, Мерење и евидентирање параметара визуелне дијагностике, Претрага и ажурирање резултата свих визуелних прегледа, Анализа претходних резултата прегледа, Информисање о степену досадашње сарадње, Успостављање дијагнозе на основу визуелног прегледа.* Овај случај употребе је уведен због потребе евидентирања резултата мерења формалних параметара у циљу визуелне дијагностике сколиозе, а проширен је случајем употребе: *Унос података о пацијентима.* Случај употребе *Унос података о пацијентима* уведен је због неопходности постојања базе података, која би садржала све неопходне информације о пацијентима, које су потребне да би процес евидентирања визуелног прегледа пацијента могао да се изврши.

Изузеци: Нетачни подаци о пацијентима и резултатима прегледа, због чега је потребно вршити сталну проверу и ажурирање ових података.

Услови који морају бити задовољени после извршавања: Уредно ажурирана база о резултатима визуелног прегледа пацијента.

5.1.2.2.6. Случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем

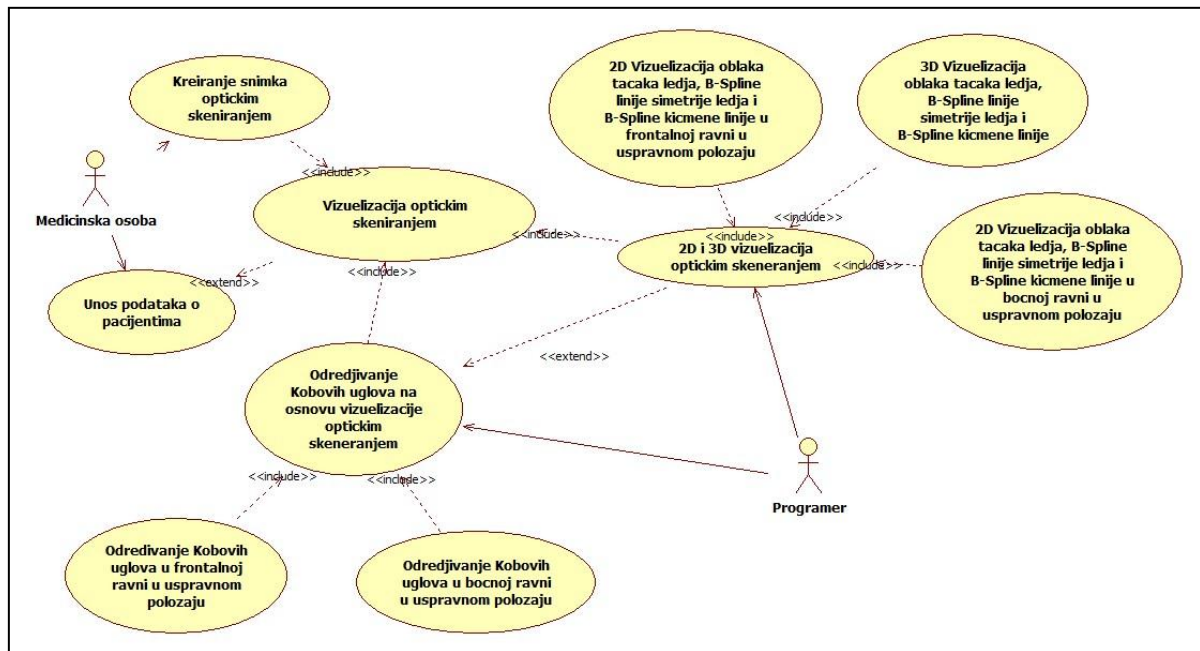
Кратак опис: Визуелизација оптичким скенирањем се врши у циљу креирања 2D и 3D визуелизације кичмене линије и облака тачака леђа, као и одређивања Кобових углова у фронталној и бочној равни у усправном положају пацијента.

Учесници: Медицинско особље које обавља процесе креирања снимка оптичким скенирањем и уноса података о пацијентима, као и *Програмер* који врши обраду добијених резултата у циљу креирања визуелизација и генерисања Кобових углова.

Услови који морају бити задовољени пре извршавања: Постојање тачних података о пацијентима, који се снимају оптичким скенером.

Опис: Случај употребе *Визуелизација оптичким скенирањем* уведен је због потребе 2D и 3D визуелизација облака тачака леђне површи, линије симетрије леђа и кичмене линије и одређивања Кобових углова у фронталној и бочној равни у усправном положају пацијента. Наиме, оптичким скенирањем се добијају координате облака тачака леђа, као и координате маркираних кључних *DIERS* [283] тачака. На основу ових кључних, параметарских *DIERS* тачака генеришу се координате линије симетрије леђа, док се повлачењем нормала на леђну површ у тачкама спољашње линије симетрије добијају координате унутрашње кичмене линије (поглавље 5.1.2.3.3). Кобови углови се одређују повлачењем нормала у инфлекссионим тачкама у којима кичмена линија прелази из конкавне у конвексну и обратно. Као што се на слици 5.11 види и овај случај употребе је апстрактан случај употребе, који укључује следеће случајеве употребе: *Креирање снимка оптичким скенирањем, 2D и 3D Визуелизација оптичким скенирањем и Одређивање Кобових углова на основу визуелизације оптичким скенирањем.* Случај употребе *2D и 3D Визуелизација оптичким скенирањем* је апстрактан и укључује следеће случајеве употребе: *2D Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни у усправном положају, 2D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у бочној равни у усправном положају, 3D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије.* Случај употребе *2D и 3D Визуелизација оптичким скенирањем* проширен је случајем употребе *Одређивање Кобових углова на основу визуелизације оптичким скенирањем.* Случај употребе

Одређивање Кобових углова на основу визуелизације оптичким скенирањем је такође апстрактан и укључује следеће случајеве употребе: *Одређивање Кобових углова у фронталној равни у усправном положају* и *Одређивање Кобових углова у бочној равни у усправном положају*. Случај употребе *Визуелизација оптичким скенирањем* проширен је случајем употребе: *Унос података о пацијентима* (слика 5.11). Случај употребе *Унос података о пацијентима* уведен је због неопходности постојања базе података, која би садржала све неопходне информације о пацијентима, које су потребне да би процес *Визуелизација оптичким скенирањем* могао да се изврши.



Слика 5.11. Дијаграм случаја употребе *Визуелизација оптичким скенирањем*

Изузеци: Пацијент не постоји у бази података. У том случају је потребно у базу података унети све потребне информације о пацијенту.

5.1.2.2.7. Случај употребе *Визуелизација оптичком камером*

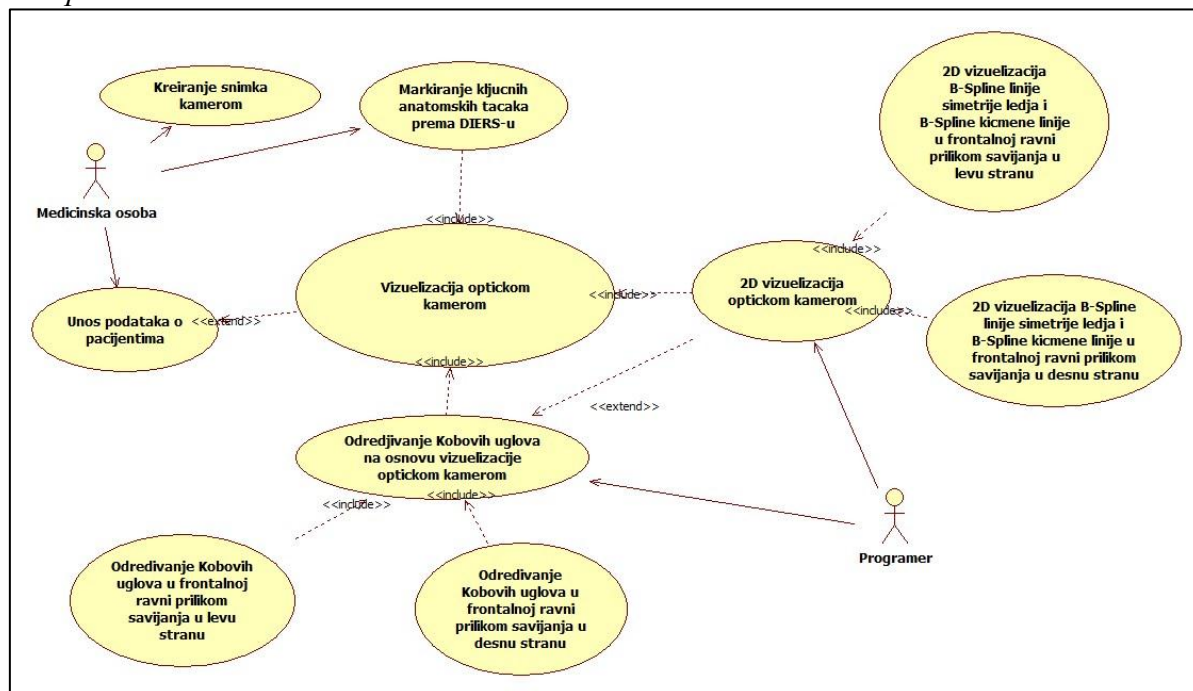
Кратак опис: Визуелизација оптичком (дигиталном) камером у циљу креирања и визуелизације кичмене линије и одређивања Кобових углова у фронталној равни у положајима приликом савијања у страну.

Учесници: Медицинско особље које обавља процес креирања снимка камером, унос података о пацијентима и маркирање анатомски карактеристичних кључних тачака према *DIERS*-у [283], као и програмер који врши обраду добијених резултата у циљу креирања визуелизација и генерисања вредности Кобових углова приликом савијања пацијената у леву и десну страну.

Услови који морају бити задовољени пре извршавања: Постојање тачних података о пацијентима који се снимају камером.

Опис: Случај употребе *Визуелизација оптичком камером* уведен је због потребе једноставног и економски приступачног начина за добијање 2D визуелизације кичмене линије и генерисања Кобових углова у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у страну, који су потребни ради дефинисања флексибилности кривина, чије су вредности Кобових углова одређене поступком визуелизације оптичким скенирањем. За то је потребно извршити мерење просторних координата

анатомски карактеристичних кључних тачака према *DIERS*-у. Процесом интерполације на основу ових тачака долази се до линије симетрије леђа. До координата кичмене линије, долази се познавајући угао ротације појединих кичмених пршљенова у усправном положају, који је добијен поступком визуелизације оптичким скенирањем (поглавље 5.2.3.3), а који се не мења приликом савијања пацијента у леву и десну страну. Кобови углови се одређују повлачењем нормала у тачкама у којима кичмена линија прелази из конкавне у конвексну и обратно. Као што се на слици 5.12 види и овај случај употребе је апстрактан случај употребе, који укључује следеће случајеве употребе: *Мерење кључних анатомских тачака према DIERS-у*, *2D-Визуелизација оптичком камером* и *Одређивање Кобових углова на основу визуелизације оптичком камером*.



Слика 5.12. Дијаграм случаја употребе Визуелизација оптичком камером

Случај употребе *2D Визуелизација оптичком камером* је апстрактан и укључује следеће случајеве употребе: *2D-Визуелизација B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни приликом савијања у леву страну*, *2D-Визуелизација B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни приликом савијања у десну страну*. Случај употребе *2D Визуелизација оптичком камером* је проширен случајем употребе *Одређивање Кобових углова на основу визуелизације оптичком камером*. Случај употребе *Одређивање Кобових углова на основу визуелизације оптичком камером* је такође апстрактан и укључује следеће случајеве употребе: *Одређивање Кобових углова у фронталној равни приликом савијања у леву страну*, *Одређивање Кобових углова у фронталној равни приликом савијања у десну страну*. Случај употребе *Визуелизација оптичком камером* проширен је случајем употребе: *Унос података о пацијентима* (слика 5.12). Случај употребе *Унос података о пацијентима* уведен је због неопходности постојања базе података, која би садржала све неопходне информације о пацијентима, које су потребне да би процес визуелизација оптичком (дигиталном) камером могао да се изврши.

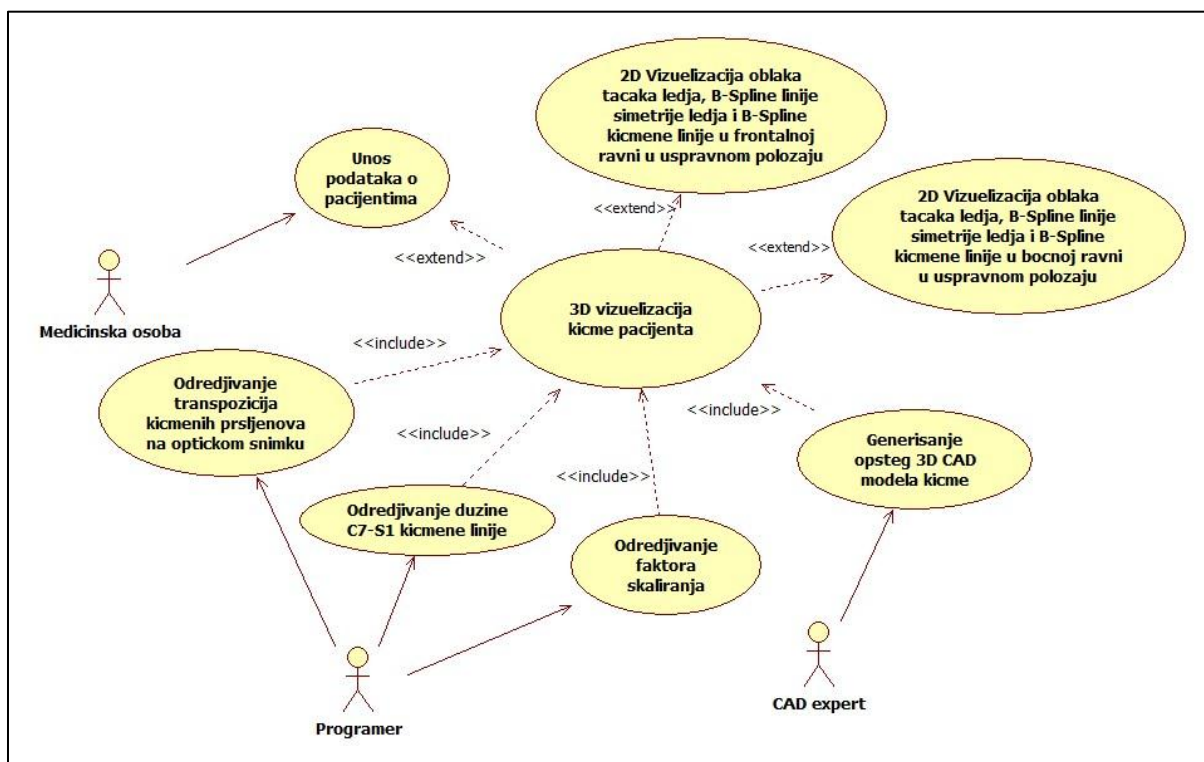
Изузеци: Пацијент не постоји у бази података. У том случају је потребно у базу података унети све потребне информације о овом пацијенту.

5.1.2.2.8. Случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента

Кратак опис: Случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента обезбеђује 3D визуелизацију и просторни приказ кичме пацијента, модификацијом општег 3D модела кичме на основу одређених вредности транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на CSVL линију, затим дужине C7-S1 кичмене линије на 2D фронталним и бочним визуелизацијама усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања, као и вредности фактора скалирања.

Учесници: Медицинско особље које обавља процес уноса података о пацијентима, CAD expert који врши генерисање општег 3D модела кичме, Програмер који врши одређивање транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на CSVL линију, затим одређивање дужине C7-S1 кичмене линије, као и одређивање вредности фактора скалирања кичмених пршљенова, на основу 2D фронталних и бочних визуелизација усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања (поглавље 5.1.2.3.4).

Услови који морају бити задовољени пре извршавања: Постојање тачних података о пацијентима чија се 3D визуелизација кичме врши, као и 2D фронталних и бочних визуелизација усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања.



Слика 5.13. Дијаграм случаја употребе 3D визуелизација кичме пацијента

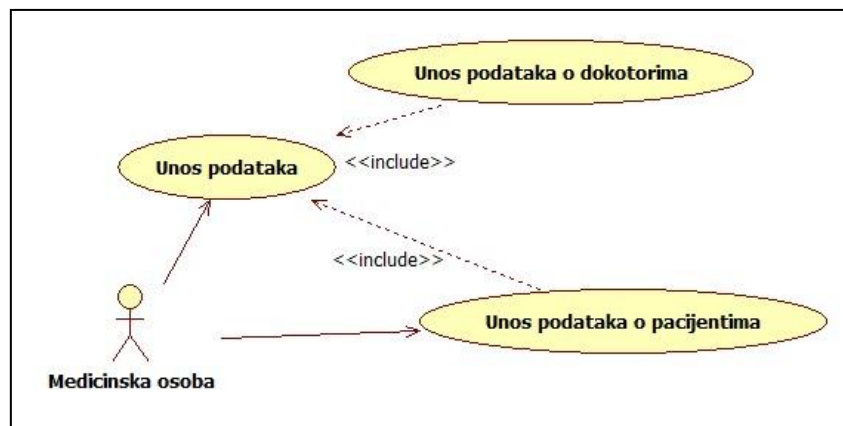
Опис: Овим случајем употребе постиже се 3D визуелизација кичме пацијента, којом се обезбеђује визуелизација ротационе компоненте сколиозе кичме. 3D визуелизација кичме пацијента се постиже генерисањем општег 3D модела кичме, који се одређивањем транспозиција кичмене линије у односу на CSVL линију, затим дужине C7-S1 кичмене линије и фактора скалирања на 2D фронталним и бочним визуелизацијама усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања, трансформише у 3D модел кичме одређеног пацијента. Као што се на слици

5.13 види и овај случај употребе је апстрактан случај употребе, који укључује следеће случајеве употребе: *Генерисање општег 3D CAD модела кичме, Одређивање транспозиција кичмених приљенова на оптичком снимку, Одређивање дужине C7-S1 кичмене линије и Одређивање фактора скалирања.* Случај употребе *3D визуелизација кичме пацијента* проширен је случајевима употребе: *Унос података о пацијентима, 2D Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни у усправном положају,* као и случајем употребе *2D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у бочној равни у усправном положају.* Случај употребе *Унос података о пацијентима* уведен је због неопходности постојања базе података, која би садржала све неопходне информације о пацијентима, које су потребне да би се извршио процес *3D визуелизација кичме.* Случајеви употребе *2D Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у фронталној равни у усправном положају,* као и *2D-Визуелизација облака тачака леђа, B-Spline линије симетрије леђа и B-Spline кичмене линије у бочној равни у усправном положају* уведени су због потребе постојања 2D визуелизација у фронталној и бочној равни пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања, јер се на основу њих врши процес аутоматског одређивања: транспозиција кичмене линије у односу на CSVL линију, затим дужине C7-S1 кичмене линије и фактора скалирања.

Изузеци: Пацијент не постоји у бази података. У том случају је потребно у базу података унети све потребне информације о овом пацијенту.

5.1.2.2.9. Случај употребе Унос података

Функција *Унос података* може се поделити на подређене функције: *Унос пацијената* и *Унос доктора.* На слици 5.14 приказан је дијаграм случаја употребе *Унос података.*



Слика 5.14. Дијаграм случаја употребе Унос података

Кратак опис: Уношење података о пацијентима и докторима који су неопходни за пословни процес *Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе.*

Учесници: Медицинско особље које обавља процес уноса података.

Опис: Овај случај употребе се односи на унос основних података о пацијентима и докторима, неопходних за исправно функционисање система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе. Овај случај употребе је апстрактан, који укључује следеће случајеве употребе: *Унос података о пацијентима* и *Унос података о докторима.*

5.1.2.3. Развој дијаграма активности пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Дијаграми активности се користе у процесу прикупљања захтева за детаљан приказ тока догађаја (активности) кроз које пролазе поједини случајеви употребе. У њима је дефинисано где почиње ток процеса, где се завршава, које се активности у њему обављају и у ком редоследу, тачке доношења одређених одлука, и одговорности за извршавање појединих активности.

Намена ових дијаграма је да се у фази дефинисања захтева постигне боље разумевање корисничких захтева и детаљан опис потребних активности за успешну реализацију пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.

Дијаграм активности је дефинисан:

- *Пливачким стазама*, које специфицирају одговорности учесника система за активности које припадају одређеној пливачкој стази;
- *Активностима*, које представљају кораке у току пословног процеса;
- *Транзицијама*, које приказују редослед обављања активности;
- *Тачкама условног гранања*, које представљају места где је потребно донети одлуку о даљем току извршења активности, у зависности од тога да ли је неки услов испуњен или не;
- *Синхронизацијама*, које приказују где се две или више активности одвијају паралелно;
- *Почетним стањем*, које показује почетак извршавања пословног процеса;
- *Завршним стањем*, које приказује крај тока пословног процеса.

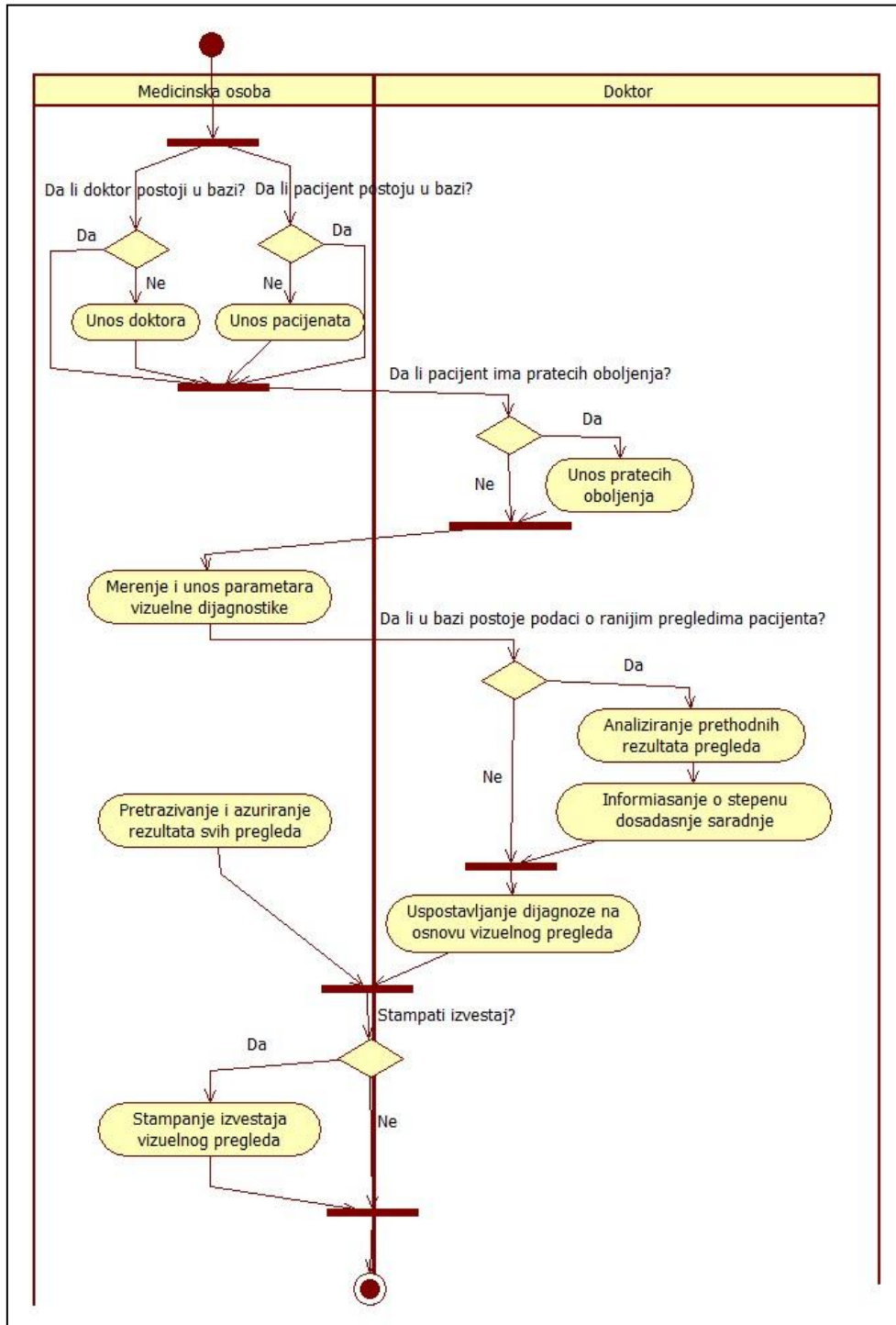
Прегледањем активности у конкретној пливачкој стази може се доћи до обавеза и одговорности учесника те пливачке стазе. Прегледањем прелаза између активности у различитим пливачким стазама може се сазнати ко има потребу са ким да комуницира.

5.1.2.3.1. Дијаграм активности за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента

На слици 5.15 приказан је дијаграм активности основног случаја употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*, који је резултат рада нашег пројектног истраживачког тима [43]. У циљу што боље ефикасности, процес визуелне дијагностике сколиозе треба да буде брз, јефтин и једноставан за спровођење, безбедан, неинвазиван и прихватљив за пацијента [284]. Из тог разлога процес визуелне дијагностике у основи као и сваки клинички преглед, представља визуелну процену става пацијента спреда, са стране и назад у усправном неутралном положају пацијента и положају приликом савијања унапред [285]. Овим процесом се само дефинише површински изглед тела код пацијента са сколиозом у циљу дијагнозе и мониторинга сколиозе, а не одређује анатомски положај кичмених пршљенова. За анатомско одређивање положаја кичмених пршљенова, користе се методе визуелизације оптичким скенирањем и оптичком (дигиталном) камером, као и метода 3D визуелизације кичме.

Као што са слике 5.15 може закључити за евидентирање визуелног прегледа пацијента потребно је да *Медицинска особа* најпре унесе основне податке о пацијенту који се прегледа, као и доктору који обавља преглед, уколико ти подаци не постоје у бази података. Поред имена, презимена, *JMBG* броја и пола, ови подаци код пацијента укључују и унос године дијагностиковања сколиозе, уколико је сколиоза већ раније

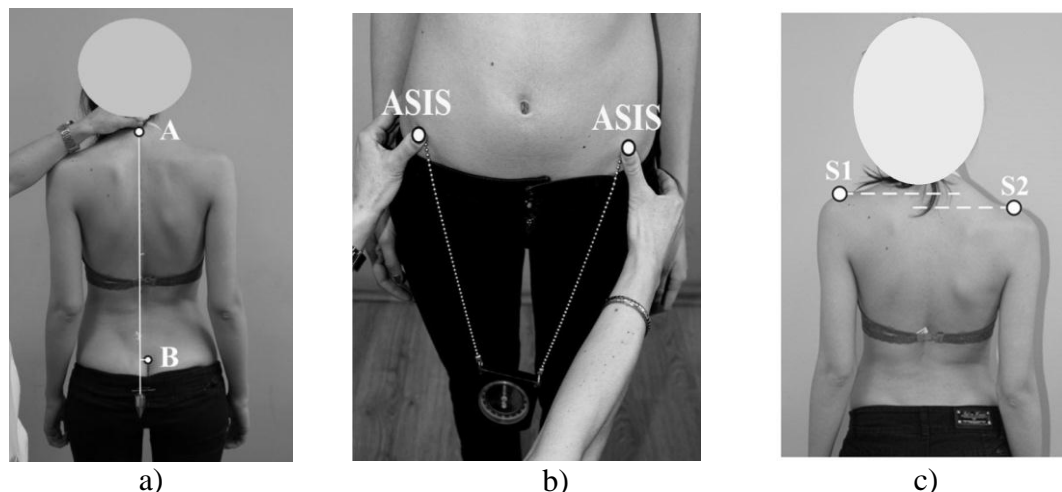
дијагностикована, а у случају женских пацијената они подразумевају и унос датума прве менархе, ради процене скелетне зрелости пацијента. Након тога *Доктор* проверава да ли пацијент има пратећих обољења и уколико их има, врши њихов унос. У наредном поглављу је детаљно описан дијаграм активности случаја употребе *Унос пратећих обољења*.



Слика 5.15. Дијаграм активности случаја употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*

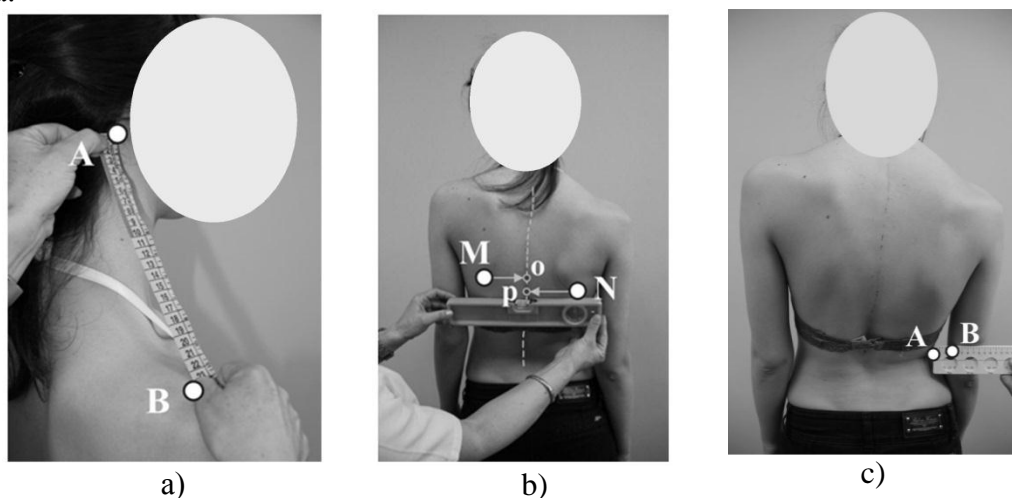
Надаље, *Доктор* врши мерења формално дефинисаних мерних параметара сколиозе и њихов унос. Ови мерни параметри подразумевају основне антропометријске и

клиничке параметре, као што су: телесна висина и тежина, транслација кичме (*spine translation*) [286], дужина ногу, пад карлице (*pelvic tilt*), разлика у висини рамена, разлика у висини лопатица, удаљеност лопатица, троугао стаса (*stature triangle*) (празнина између руку и трупа), обим грудног коша у инспиријуму и експиријуму, ребарна грба (*rib hump*), угао ротације трупа измереног помоћу сколиометра [287], контрактура бочног слабинског мишића (*contracture of m. iliopsoas*) [288], величина лумбалне лордозе [289] и *Fröchner* индекс [290], [291].



Слика 5.16. Одређивање параметара а) транслације кичме б) пад карлице с) разлика у висини рамена

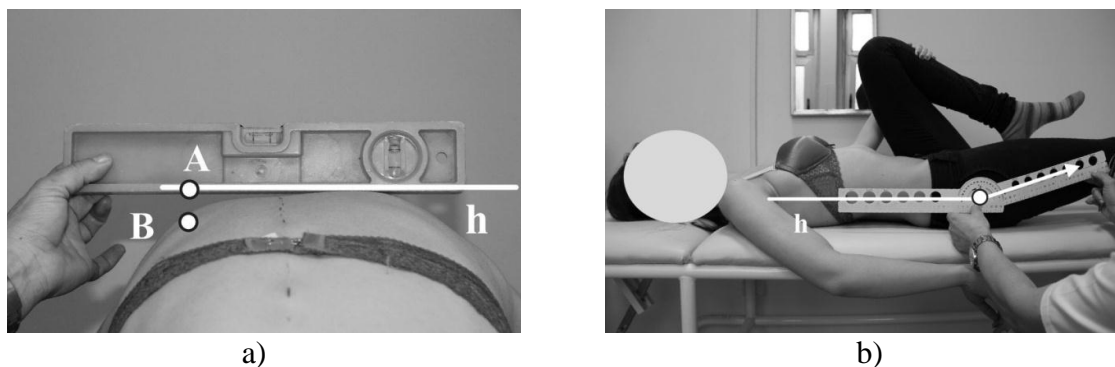
Параметар *транслација кичме (spine translation)* се процењује мерењем хоризонталног растојања (у фронталној равни) помоћу леђира између кичме и линије виска – вертикална линија која иде од спиналног процеса 7. вратног пршљена (А) ка интерглутеалном процепу (В), као што је приказано на слици 5.16а. Параметар *пад карлице (pelvic tilt)* представља степен нагиба карлице, који се мери коришћењем инклинометра окаченог на два једнака канапа, чије су полазне тачке постављене у врховима карличних костију у фронталној равни, које су на слици 5.16б) обележене са *ASIS (Anterior Superior Iliac Spines)*. Параметар *разлика у висини рамена (shoulder tilt)* одређује се мерењем разлике у висинама левог и десног рамена (у фронталној равни), тј. вертикалног растојања између тачака S1 и S2 (слика 5.16с), измереног помоћу леђира.



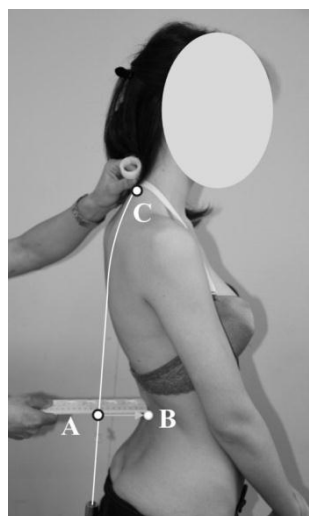
Слика 5.17. Одређивање параметара а) разлика у висини лопатица б) удаљеност лопатица с) троугао стаса

Параметар разлика у висини лопатица (*scapular tilt*) (слика 5.17а) се одређује мерењем разлике растојања између тачака А (*mastoid process*) и В (*acromion*) израчунатих на левој и десној страни пацијента, коришћењем лењира. Параметар удаљеност лопатица (*scapular remoteness*) представља хоризонтално растојање (у фронталној равни) између доњег угла леве лопатице и кичме, односно доњег угла десне лопатице и кичме, измерено помоћу лењира. На слици 5.17б) то је растојање између тачака М и о, односно N и р. Параметар троугао стаса (*stature triangle*) представља празнину између руке и трупа, а мери се помоћу лењира као хоризонтално растојање (у фронталној равни) између струка (А) и руке (В), као што је приказано на слици 5.17с). Ово растојање се мери и на левој и на десној страни пацијента.

Параметар ребрана грба (*rib hump*) представља разлику у висини десне (А) и леве (В) хемисфере грудног коша, измерене коришћењем лењира (слика 5.18а). Параметар контрактура бочног слабинског мишића (*contracture of m. iliopsoas*) се мери у степенима флексије кука приликом примене Томасовог теста [292] (слика 5.18б). Параметар лумбална лордоза (*lumbar lordosis*) представља хоризонтално растојање између кичме (В) и линије виска (AC) у бочној равни, измерено коришћењем лењира (слика 5.19).



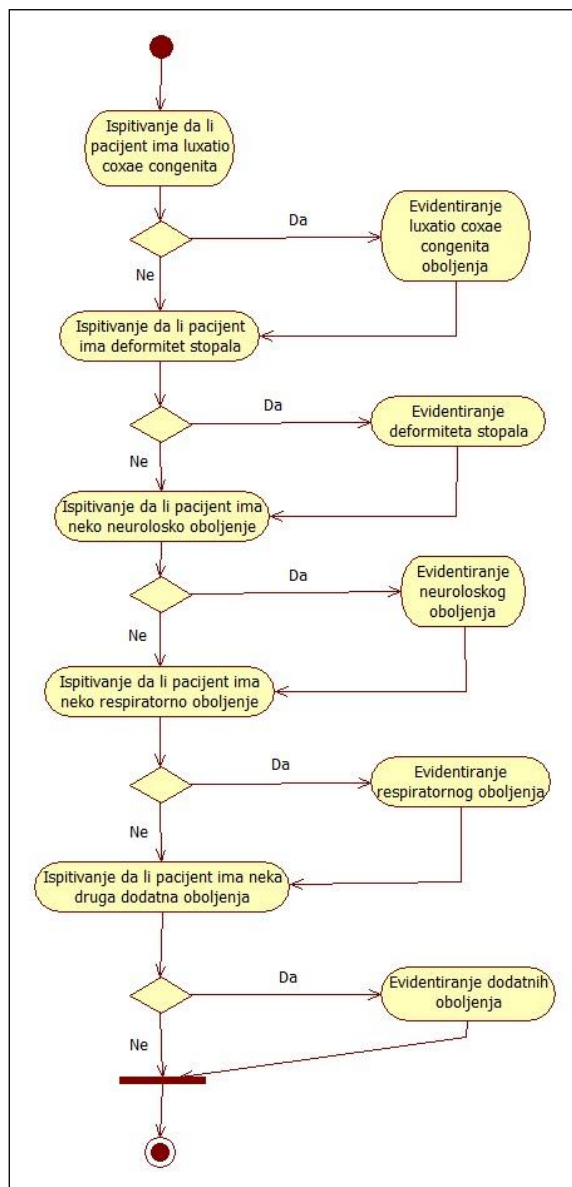
Слика 5.18. Одређивање параметра а) ребарна грба б) контрактура бочног слабинског мишића



Слика 5.19. Одређивање параметра лумбална лордоза

5.1.2.3.2. Дијаграм активности за случај употребе Унос пратећих обољења

На слици 5.20 приказан је детаљан дијаграм активности Унос пратећих обољења случаја употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента са слике 5.15. Као што са слике следи, унос пратећих обољења подразумева испитивање пратећих обољења сколиозе кичме и њихово евидентирање. У пратећа обољења спадају: *luxatio coxae congenita*, неуронска обољења, респираторна обољења или нека друга додатна обољења.

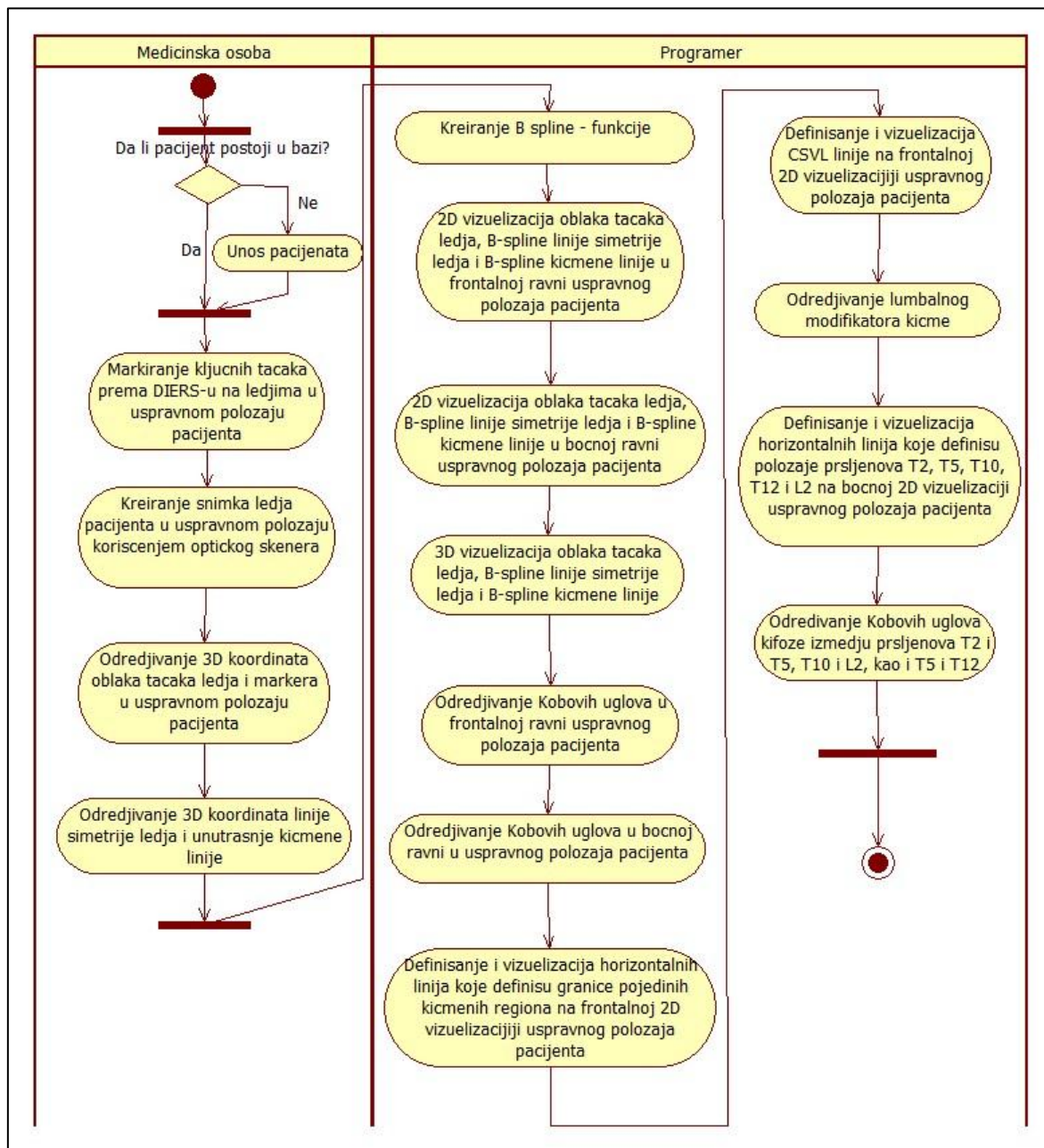


Слика 5.20. Дијаграм активности Унос пратећих обољења

5.1.2.3.3. Дијаграм активности за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем

На слици 5.21 приказан је дијаграм активности случаја употребе Визуелизација оптичким скенирањем. Као што се са слике може закључити, за визуелизацију оптичким скенирањем потребно је да Медицинска особа најпре унесе потребне податке о пацијенту, уколико у бази података не постоји пацијент, који се снима оптичким скенером. Након тога, обележавају се кључне тачке према DIERS-у [283] на леђима пацијента, које обухватају координате кичмених пршљенова C5, C7, T4, T8, T12, L4 и S1, а које респективно имају следеће ознаке: *fix_C5*, *fix_C7*, *fix_T4*, *fix_T8*, *fix_T12*,

fix_L4 и *fix_SP* (*sacrum point*), при чему кичмени пршљен *C7* има и ознаку *fix_VP*³ (*vertebra prominens – VP*). Надаље, кључне *DIERS* тачке обухватају лево и десно леђно удубљење у сакралном региону кичме са ознакама: *fix_DL* и *fix_DR*, као и њихову одговарајућу средишњу тачку, која има ознаку *fix_DM*, затим леву и десну крајњу тачку у прегибном појасу са ознакама: *fix_ArmpitLeft* и *fix_ArmpitRight*.



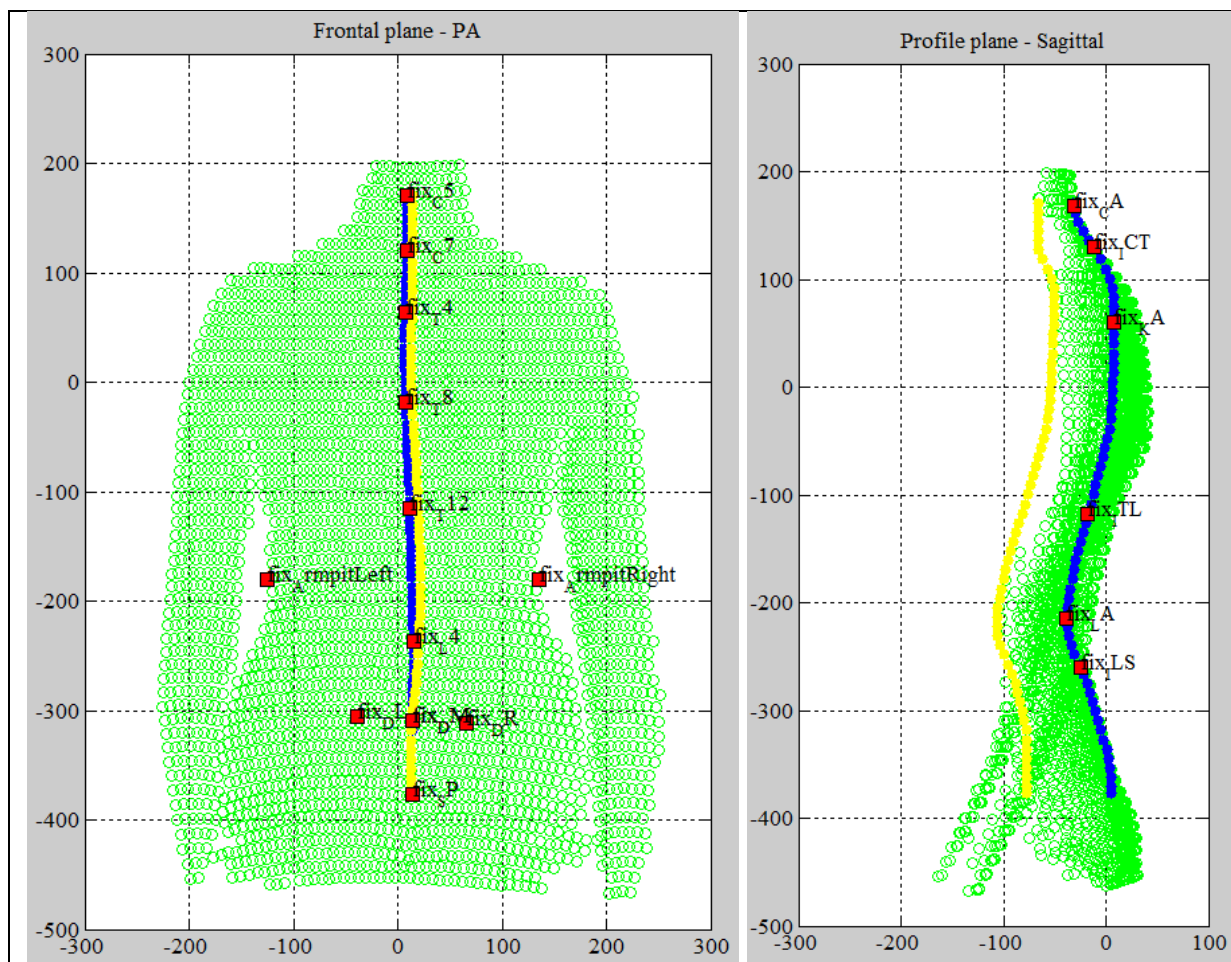
Слика 5.21. Дијаграм активности случаја употребе Визуелизација оптичким скенирањем

Поред наведених кључних тачака, које су карактеристичне за фронталну раван (слика 5.22a) у кључне *DIERS* тачке које су карактеристичне за бочну раван (слика 5.22b) спадају: вршна тачка лордозе у вратном региону са ознаком *fix_CA* (*cervical*

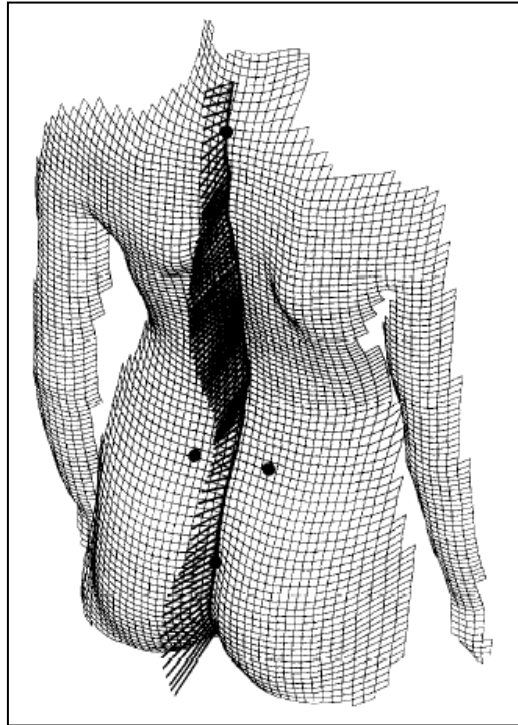
³ Пошто је ртни наставак седмог вратног кичменог пршљена *C7* дужи од ртних наставака осталих вртаних пршљенова, овај пршљен носи и назив *vertebra prominens*

apex), вршна тачка кифозе у грудном региону са ознаком fix_KA (*kyphotic apex*) и вршна тачку лордозе у лумбалном региону кичме са ознаком fix_LA (*lordotic apex*). Надаље, у кључне *DIERS* тачке бочне равни спадају и координате инфлексионих тачака у којима кичмена линија у бочној равни прелази из конкавне у конвексну и обратно и то: вратно-грудна инфлексиона тачка са ознаком fix_ICT , затим грудно-лумбална инфлексиона тачка са ознаком fix_ITL и лумбално-сакрална инфлексиона тачка са ознаком fix_ILS . Наведене кључне *DIERS* тачке су или потпуно независне од релативне позиције пацијента у односу на посматрани систем оптичког скенирања или су базиране у односу на линију гравитације. Одређивање и обележавање кључних тачака је од највеће важности за тачност и исправност приказивања спољашње линије симетрије и унутрашње кичмене линије, а стога и свих осталих резултата, који из њих произлазе.

Након маркирања кључних *DIERS* тачака, *Медицинска особа* креира снимак леђа пацијента у усправном положају, коришћењем *Forametric DIERS* оптичког скенера [283]. Надаље се одређују и у текстуалним фајловима бележе 3D координате: облака тачака леђа, маркираних тачака, линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије. Линија симетрије леђа (плава линија на слици 5.22) сачињена је од свих кључних *DIERS* тачака карактеристичних за бочну раван, као и од свих кључних *DIERS* тачака карактеристичних за фронталну раван, изузев следећих тачака: fix_DL , fix_DR , $fix_ArmpitLeft$ и $fix_ArmpitRight$. Иначе, то је линија која повезује ртне наставке свих кичмених пршљенова, а која је у случају здравих пацијената права линија.



Слика 5.22. Кључни *DIERS* маркери а) фронталне равни б) бочне равни



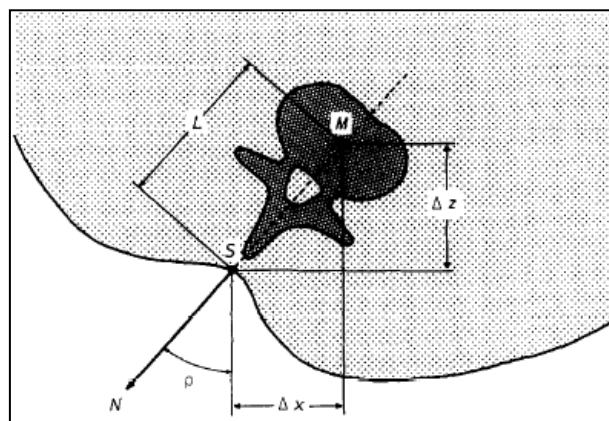
Слика 5.23. Нормале на спољашњу површ леђа у тачкама спољашње кичмене линије. Усвојено из [293]

Унутрашња кичмена линија (жута линија на слици 5.22), пролази кроз центре кичмених пршљенова. Координате унутрашње кичмене линије (x_m, y_m, z_m) су аутоматски генерисане коришћењем нормала на површ у тачкама спољашње кичмене линије (x_s, y_s, z_s) (слика 5.23), према следећим једначинама и слици 5.24, који су усвојени из [293]:

$$x_m = x_s + \Delta x = x_s + L \cdot \sin \rho \quad (5.1)$$

$$y_m = y_s \quad (5.2)$$

$$z_m = z_s + \Delta z = z_s + L \cdot \cos \rho \quad (5.3)$$



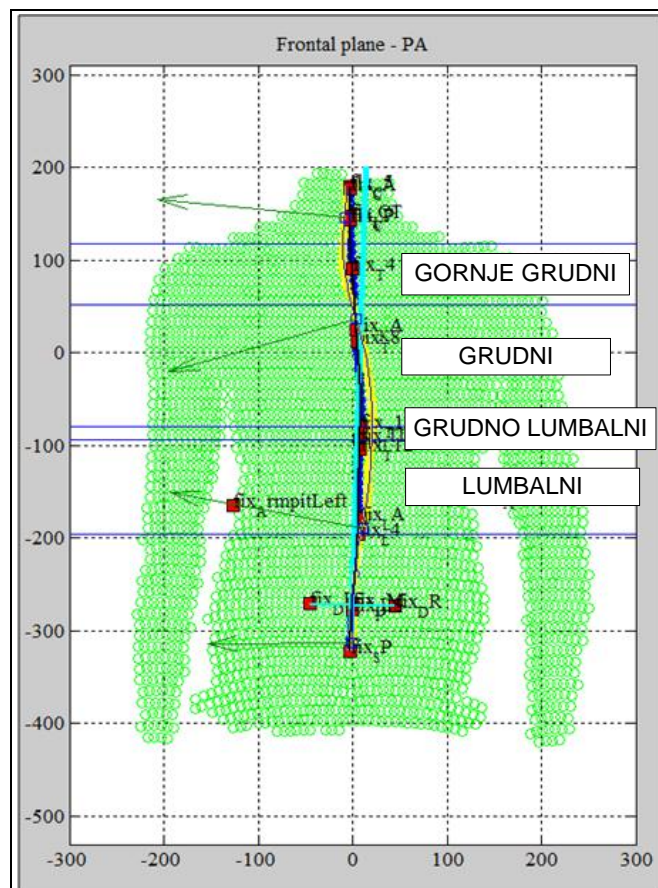
Слика 5.24. Конструкција унутрашње кичмене линије на основу спољашње кичмене линије. Усвојено из [293]

Наиме, према [294]–[296] опште је познато да аксијална ротација кичме одговара ротацији површи, која се у нашем случају рачуна према углу ρ , кога захвата нормала N на површ у односу на z осу. У једначинама (5.1) и (5.3) L представља дужину кичменог пршљена од површине коже до центра тела кичменог пршљена. Она зависи од y_s координате посматраног пршљена и израчунава се према [293] по следећем обрасцу:

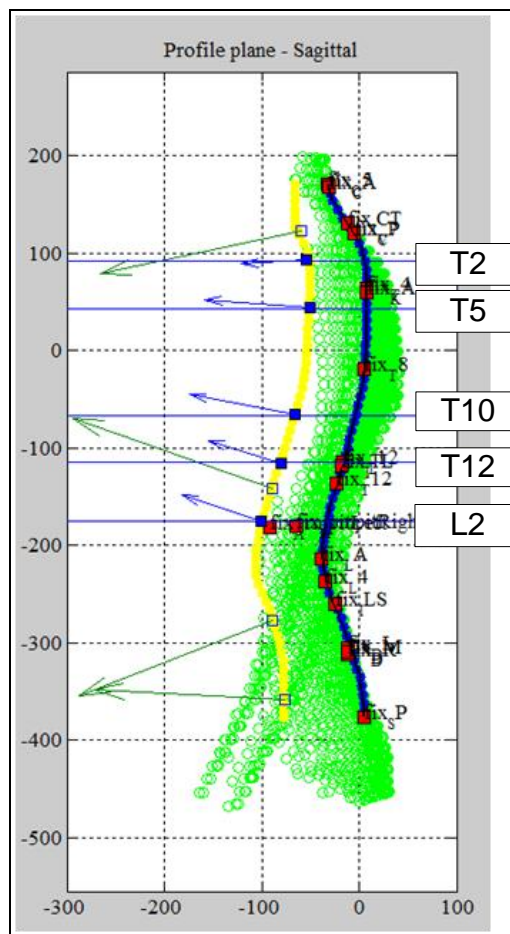
$$L(y_s) = 0,132 \cdot T - 0,035 \cdot y_s \quad (5.4)$$

У обрасцу (5.4) T представља дужину трупа израчунату од кључне тачке fix_VP до кључне тачке fix_DM .

Програмер има улогу аутоматизације процеса креирања 2D и 3D визуелизација на основу координата тачака добијених оптичким скенирањем (слика 5.21). У том циљу *Програмер* најпре врши креирање *B-spline* програмске функције за генерисање *B-spline* линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије, а потом креирање: функција за 2D визуелизацију облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије у фронталној и бочној равни, као и функција за 3D визуелизацију истих. Након тога, *Програмер* креира програмску функцију у којој се повлачењем нормала у инфлексионим тачкама у којима је други извод *B-spline* унутрашње кичмене линије једнак нули, одређују Кобови углови у фронталној равни и бочној равни у управном положају пацијента.



Слика 5.25. *Matlab* 2D визуелизација облака тачака леђа, *DIERS* маркера, *B-spline* спољашње линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни усправног положаја пацијента са приказом граница које дефинишу поједине кичмене и *CSVL* линије



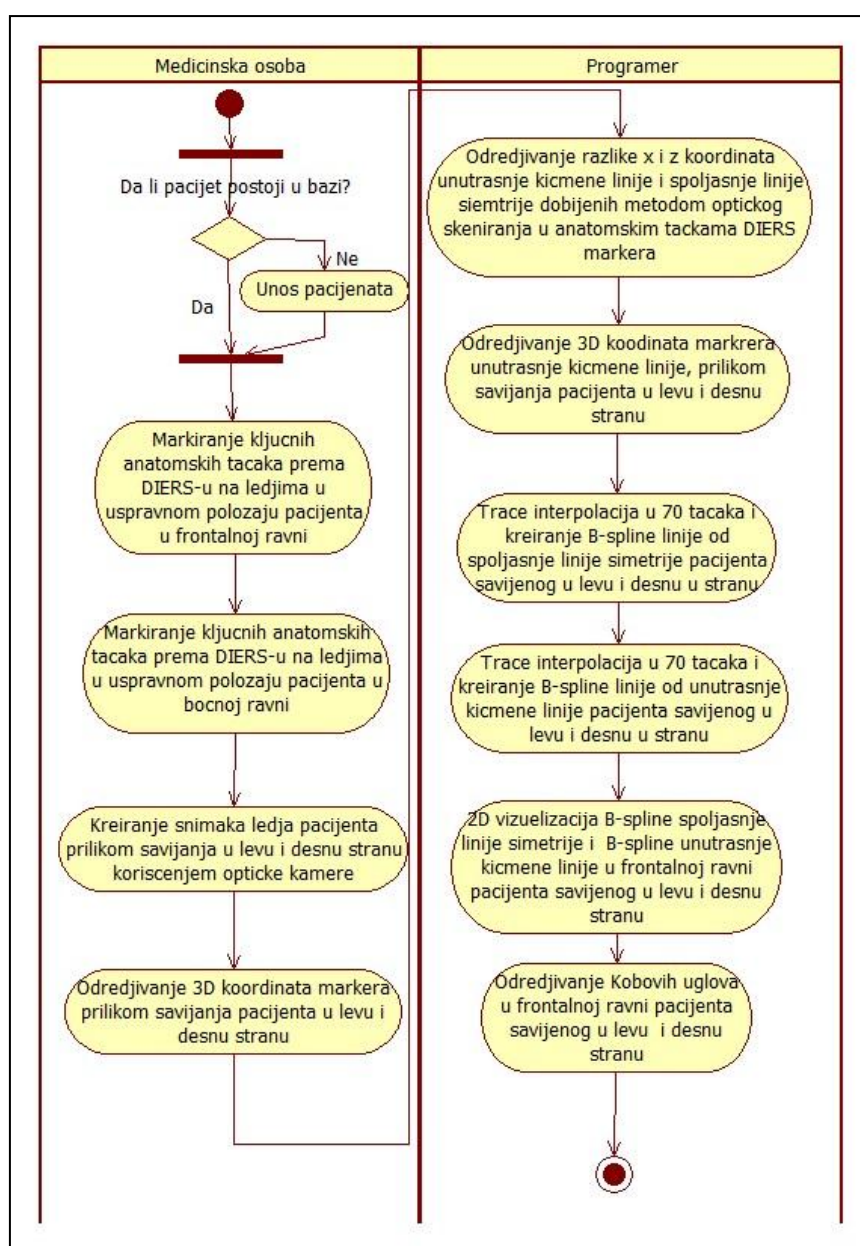
Слика 5.26. *Matlab* 2D визуелизација облака тачака леђа, DIERS маркера, B-spline спољашње линије симетрије леђа и B-spline унутрашње кичмене линије у бочној равни усправног положаја пацијента са приказом хоризонталних линија, које дефинишу положаје пршљенова T2, T5, T10, T12 и L2 и линијама одговарајућих Кобових углова кифозе

С обзиром да је за одређивање Ленковог типа сколиозе неопходно одређивање региона кичме у коме се налази вршни пршљен, *Matlab* програмски код за генерисање описаних 2D визуелизација у фронталној равни усправног положаја пацијента је проширен у циљу дефинисања и приказивања хоризонталних линија, које дефинишу границе појединих кичмених региона, сходно табели 3.1. Ове линије (слика 5.25) су одређене на основу познавања у координата маркера *fix_C7*, *fix_T4*, *fix_T8* и *fix_L4*, које редом одговарају позицијама пршљена C7, T4, T8 и T4. Осим тога, у циљу одређивања лумбалног модификатора кичме (слика 3.8), *Matlab* програмски код је проширен у циљу дефинисања и приказивања CSVL линије (поглавља 3.3.1 и 3.3.6). Наведена линија је добијена као нормала на дуж која спаја тачке маркера *fix_DL* и *fix_DR*, а полази из тачке *fix_SP*, као што је приказано на слици 5.25. На овој слици приказан је пример пацијента са Ленковим типом сколиозе 5CN.

За одређивање структурности појединих кривина (табела 3.2), као и грудног бочног модификатора кичме (слика 3.8), било је потребно одредити Кобове углове кифозе у бочној равни усправног положаја пацијента између пршљенова T2 и T5, T10 и L2, односно T5 и T12. У том циљу извршено је проширивање *Matlab* кода за генерисање 2D визуелизација у бочној равни усправног положаја пацијента, тако да се приказују хоризонталне линије које дефинишу положаје ових пршљенова, који су такође

одређени на основу познавања у координата маркера *fix_C7*, *fix_T4*, *fix_T8* и *fix_L4*. Надаље се врши одређивање пресечних тачака ових линија са унутрашњом кичменом линијом и повлачење нормала на унутрашњу кичмену линију у овом тачкама (слика 5.26). Након тога се одређују и исписују вредности Кобових углова између прве и друге, треће и пете, као и друге и четврте нормале, које редом одговарају Кобовим угловима између пршљенова T2 и T5, T10 и L2, односно T5 и T12. За потпуно одређивање структурности појединих кривина, примењује се поступак оптичке визуелизације камером у циљу одређивања Кобових углова унутрашње кичмене линије у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну. Дијаграм активности случаја употребе *Визуелизација оптичком камером* детаљно је описан у наредном поглављу.

5.1.2.3.4. Дијаграм активности за случај употребе *Визуелизација оптичком камером*



Слика 5.27. Дијаграм активности случаја употребе *Визуелизација оптичком камером*

На слици 5.27 приказан је дијаграм активности случаја употребе *Визуелизација оптичком камером*. Као што са слике може закључити, за оптичку визуелизацију камером потребно је да *Медицинска особа* најпре унесе потребне податке о пацијенту, уколико у бази података не постоји пацијент, који се снима оптичком (дигиталном) камером. Након тога, *Медицинска особа* маркером обележава анатомске кључне *DIERS* тачке [283] у фронталној и бочној равни на леђима пацијента у усправном положају (слика 5.28). Ове анатомске кључне тачке у фронталној равни обухватају: седми вратни пршљен (fix_C7), лево и десно леђно удубљење у сакралном региону кичме (fix_DL и fix_DR), затим лева и десна тачка у струку ($fix_ArmpitLeft$ и $fix_ArmpitRight$) и први сакрални пршљен (fix_SP). Анатомски кључне тачке у бочној равни обухватају: вршну тачку лордозе у вратном региону (fix_CA), вршну тачку кифозе у грудном региону (fix_KA), вршну тачку лордозе у лумбалном региону кичме (fix_LA), као и координате инфлексионих тачака у којима кичмена линија у бочној равни прелази из конкавне у конвексну и обратно и то: вратно-грудну инфлексиону тачку (fix_ICT), затим грудно-лумбалну инфлексиону тачку (fix_ITL) и лумбално-сакралну инфлексиону тачку (fix_ILS). Надаље, *Медицинска особа* креира снимак леђа пацијента приликом његовог савијања најпре у лево, па у десну страну коришћењем оптичке (дигиталне) камере, а потом одређује 3D координате маркера у оба положаја савијања пацијента.

Координате *DIERS* маркера x и y у фронталној равни, приликом савијања пацијента у лево и десну страну одређене су коришћењем *SreenReader* алата програмског окружења *OriginPro* 8 [297], [298], као што је приказано на слици 5.29, при чему је усвојено да је z координата *DIERS* маркера приликом савијања пацијента у лево и десну страну иста као и z координата *DIERS* маркера у усправном положају пацијента, која је добијена поступком оптичког скенирања.

Програмер има улогу аутоматизације процеса креирања 2D визуелизација *B-spline* спољашње линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије и одређивања Кобових углова у фронталној равни приликом савијања пацијента у лево и десну страну (слика 5.27). У том циљу, најпре се према (5.1) и (5.3) врши одређивање разлике x координате унутрашње кичмене линије x'_m и спољашње линије симетрије x'_s (5.5), односно z координата унутрашње кичмене линије z'_m и спољашње линије симетрије z'_s (5.7). Навдене координате су добијене методом оптичког скенирања и одговарају анатомским кључним *DIERS* тачкама у усправном положају пацијента. С обзиром да су наведене разлике x и z координата зависне од угла ротације кичмених пршљенова, који се не мења приликом савијања пацијента у лево и десну страну, надаље се према (5.8) и (5.10) једноставно одређују координате *DIERS* тачака унутрашње кичмене линије, приликом савијања пацијента у лево и десну страну (x''_m, z''_m), на основу оптичком камером одређених *DIERS* координата анатомских тачака линије симетрије леђа, приликом савијања пацијента у лево и десну страну (x''_s, z''_s) (слика 5.30 b). Са друге стране, у координате линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије у усправном положају, као и положајима приликом савијања у страну су међусобно једнаке сходно изразима (5.2), (5.7) и (5.9):

$$\Delta x' = x'_m - x'_s = L \cdot \sin \rho \quad (5.5)$$

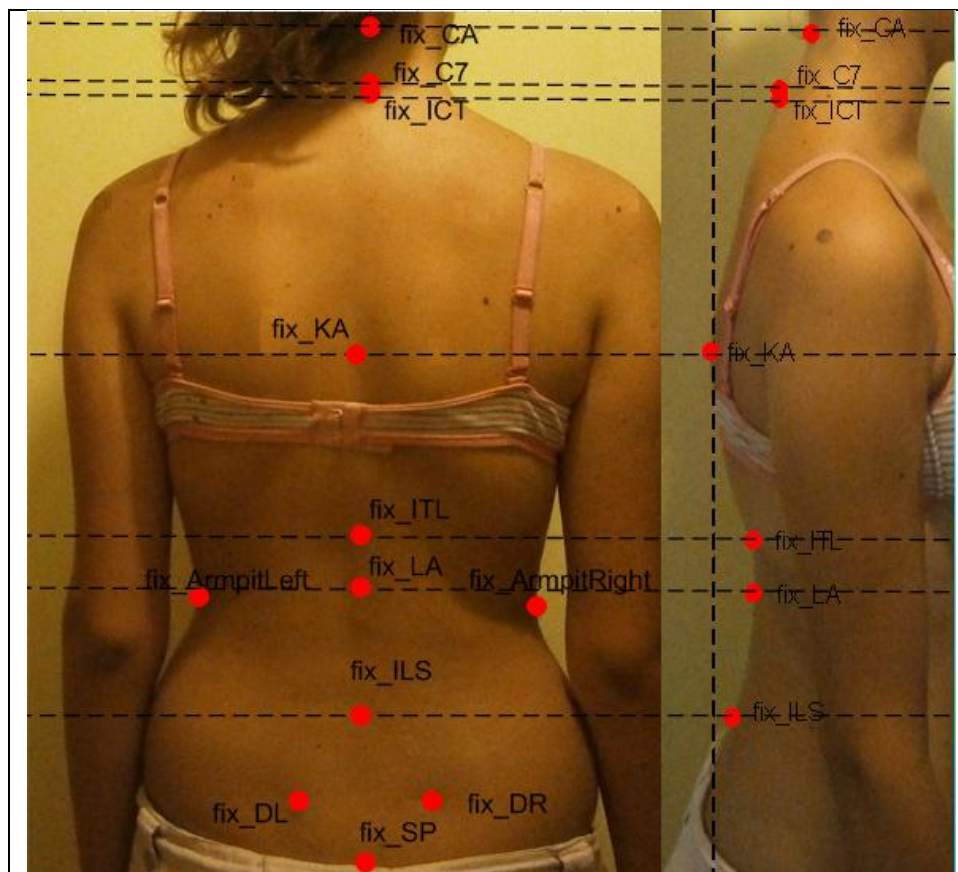
$$y'_m = y'_s \quad (5.6)$$

$$\Delta z' = z'_m - z'_s = L \cdot \cos \rho \quad (5.7)$$

$$x''_m = \Delta x' + x''_s = L \cdot \sin \rho + x''_s \quad (5.8)$$

$$y''_m = y''_s \quad (5.9)$$

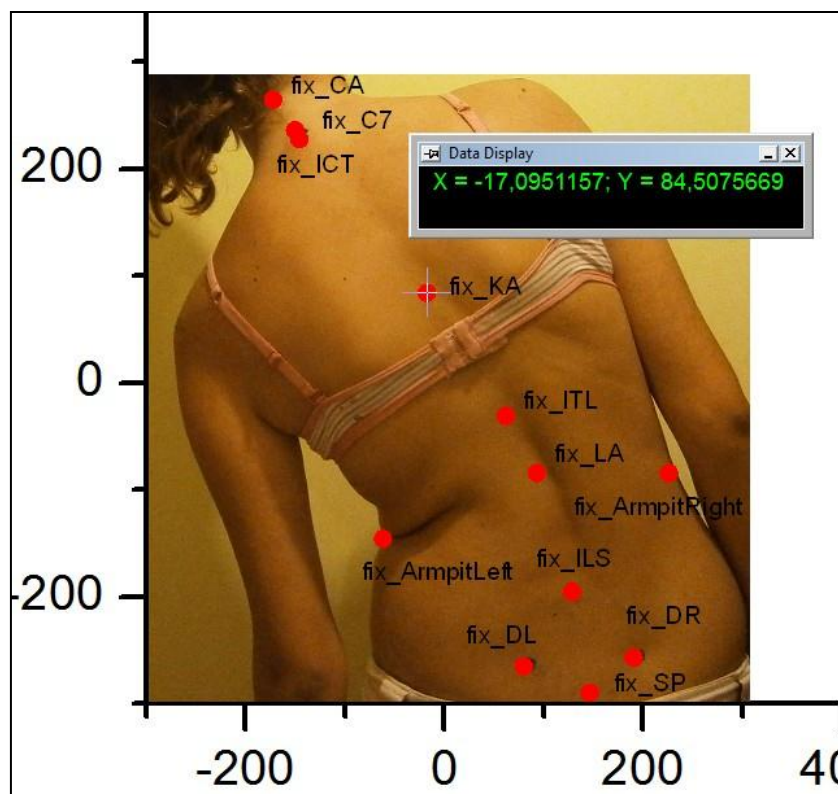
$$z''_m = \Delta z' + z''_s = L \cdot \cos \rho + z''_s \quad (5.10)$$



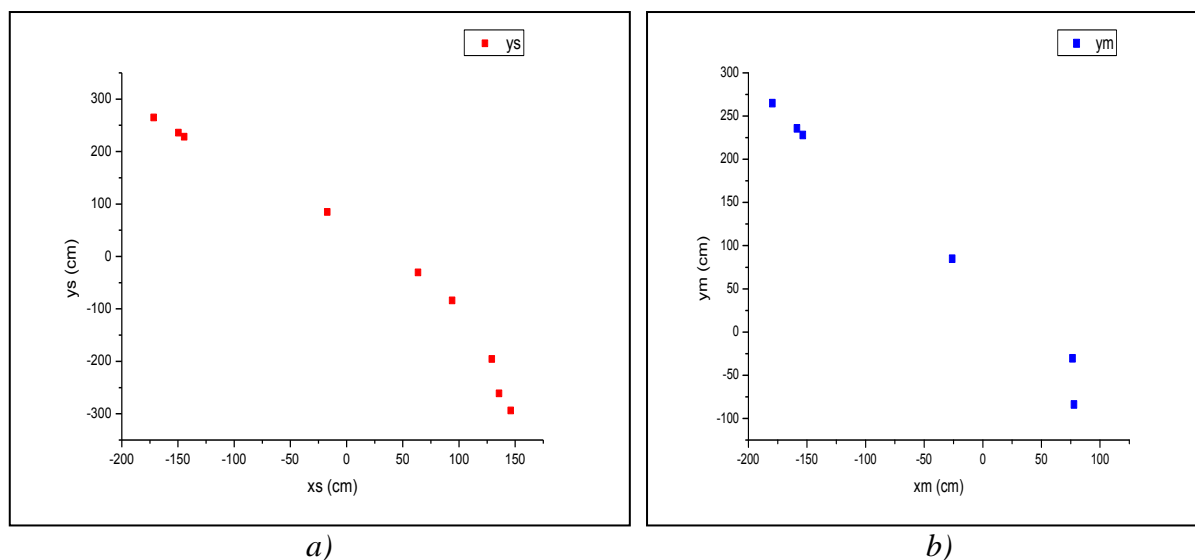
Слика 5.28 Маркирање кључних анатомских DIERS тачака

На сликама 5.30a) и 5.30b) приказани су *OrignPro 8* графици кључних анатомских *DIERS* тачака спољашње линије симетрије и унутрашње кичмене линије у фронталној равни, приликом савијања пацијента у леву страну. Надаље се примењује поступак тзв. линеарне интерполације у траговима (*trace* интерполације) у 70 тачака и креирање *B-spline* линије од спољашње линије симетрије и *B-spline* линије од унутрашње кичмене линије у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну. На слици 5.31 приказан је *OrignPro 8* гафик *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну, који је добијен на описани начин. Надаље према дијаграму активности, који је приказан на слици 5.27, *Програмер* креира *Matlab* програмске функције за генерисање 2D визуелизација анатомски кључних *DIERS* тачака, *B-spline* спољашње линије симетрије и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну, користећи координате тачака које су добијене претходно описаним поступком линеарне интерполације у траговима (слика 5.32a). Наведене *Matlab* програмске функције такође генеришу визуелизације кичмене закривљености, на основу којих се види положај инфлексионих тачака у којима је други извод *B-spline* унутрашње кичмене линије једнак нули и у којима долази до промене закривљености кичмене линије из конкавне у конвексну или обратно (слика 5.32b). Надаље *Програмер* креира програмску функцију у којој се повлачењем нормала у инфлексионим тачкама одређују Кобови углови у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну. На примеру пацијента, који је приказан на слици 5.29 добијене су следеће вредности Кобових углова кривина

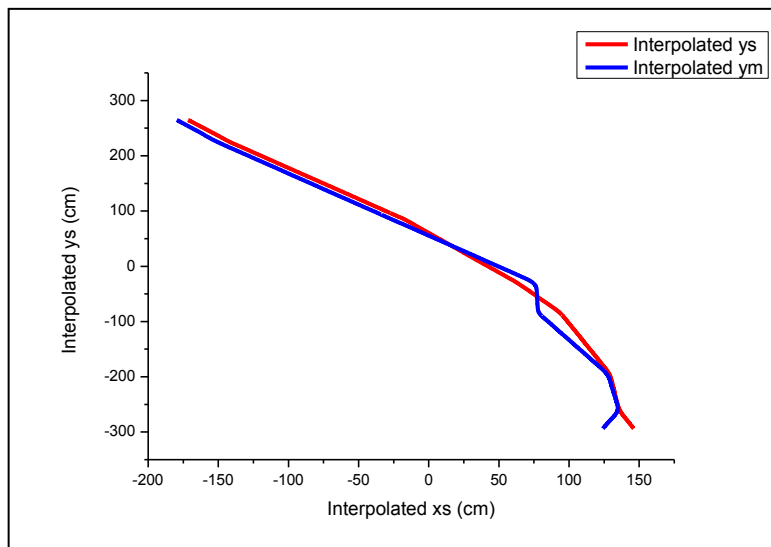
приликом савијања пацијента у леву страну: 6° , 1.1° и 31.9° , што указује на постојање структурне кривине у лумбалном региону кичме.



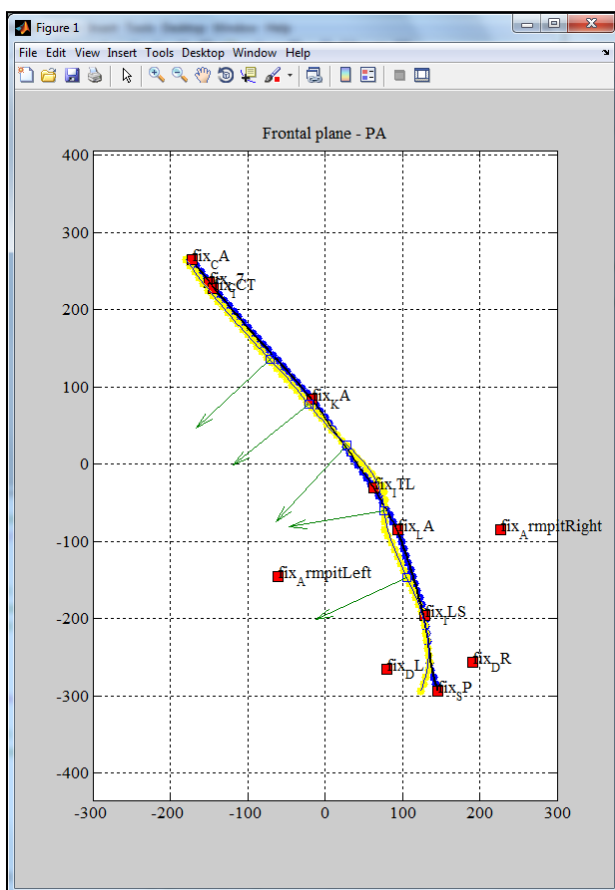
Слика 5.29. Одређивање координата анатомских DIERS тачака - у коришћењем OriginPro 8 програма



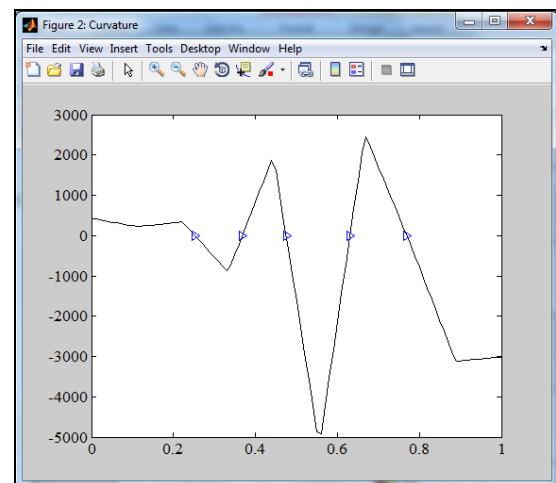
Слика 5.30. а) Координате кључних анатомских DIERS тачака спољашње линије симетрије у положају приликом савијања у леву страну у фронталној равни б) Координате кључних анатомских DIERS тачака унутрашње кичмене линије у положају приликом савијања у леву страну у фронталној равни



Слика 5.31. B-spline линија симетрије леђа и B-spline унутрашња кичмена линија добијене интерполацијом анатомски кључних DIERS тачака у 70 тачака приликом савијања пацијента у леву страну у фронталној равни



a)



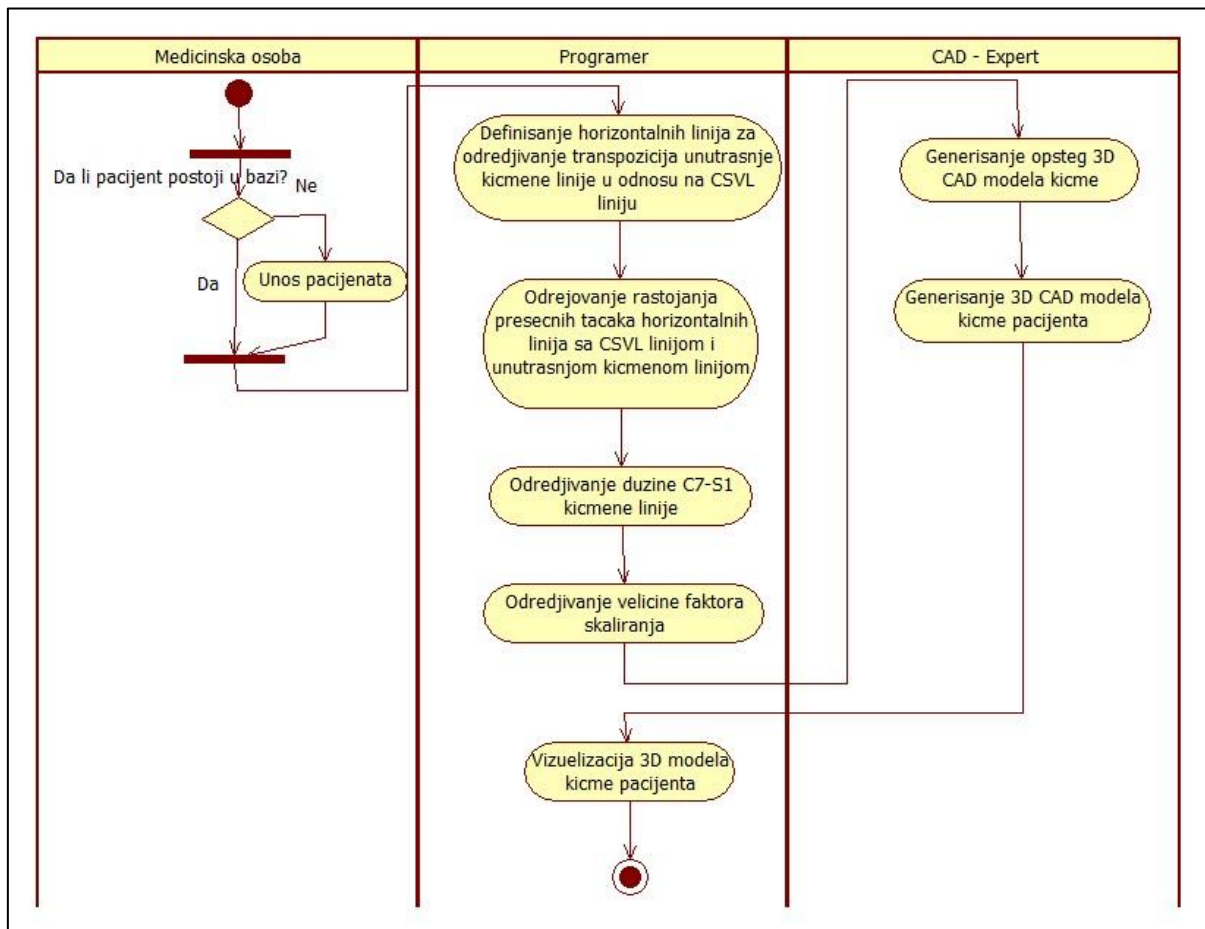
b)

Слика 5.32. a) Matlab 2D визуелизација анатомски кључних DIERS тачака, B-spline спољашње линије симетрије и B-spline унутрашње кичмене линије и Кобових улова у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну; b) Matlab графички приказ кичмене закривљености

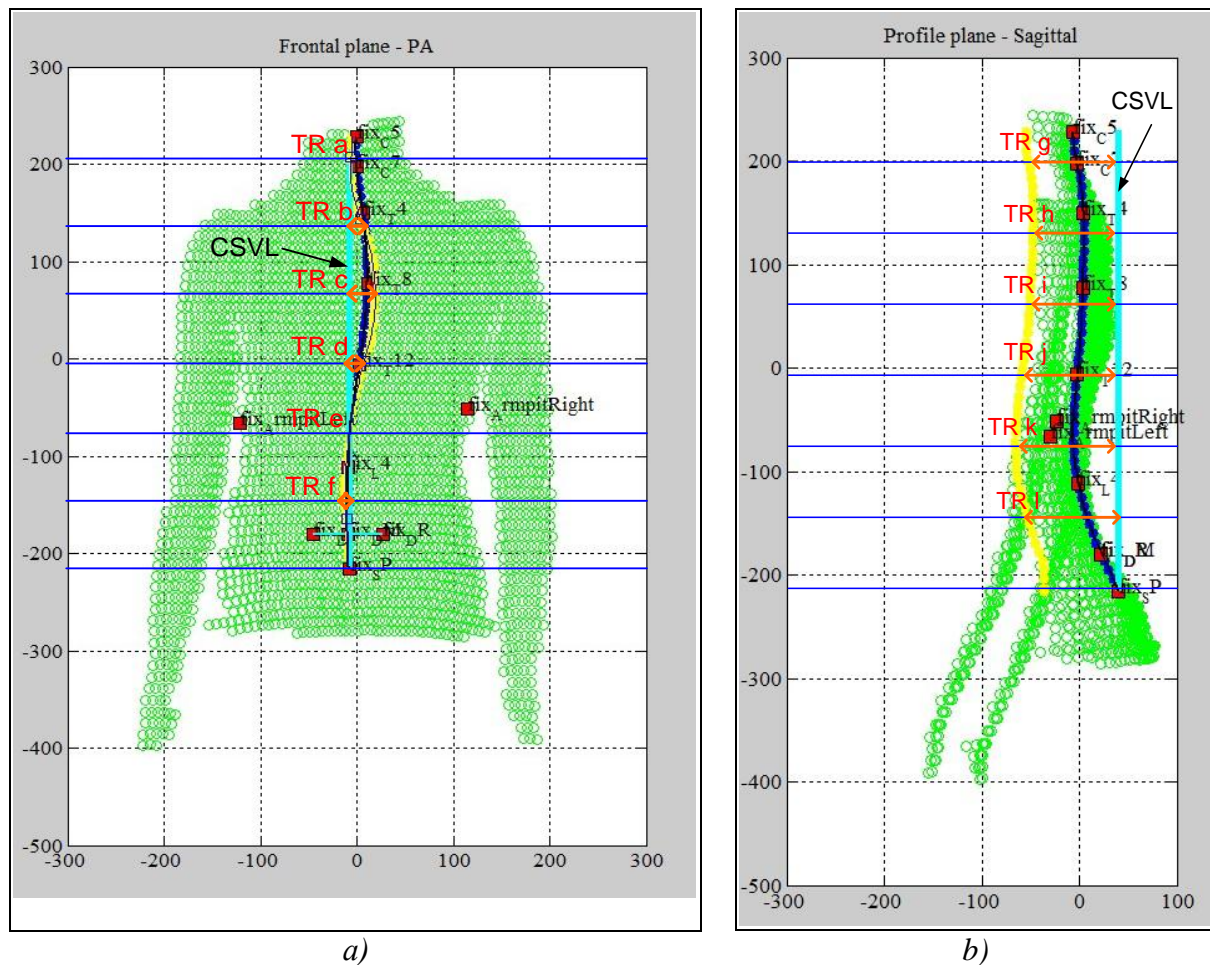
5.1.2.3.5. Дијаграм активности за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента

На слици 5.33 приказан је дијаграм активности случаја употребе 3D визуелизација кичме пацијента. Као што са слике може закључити за 3D визуелизацију кичме пацијента потребно је да *Медицинска особа* најпре унесе потребне податке о пацијенту, уколико у бази података не постоји пацијент чији је визуелни 3D приказ кичме потребно добити.

Програмер има улогу аутоматизације процеса одређивања свих параметара потребних за генерисање пацијентовог, специфичног 3D модела кичме. У том циљу *Matlab* програмски код за генерисање 2D визуелизација оптичким скенирањем у фронталној и бочној равни усправног положаја пацијента (поглавље 5.1.2.3.3) је проширен у циљу дефинисања и приказивања хоризонталних линија (плаве линије на слици 5.34) за одређивање транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на *CSVL* линију. Овим линијама се сегментна област, коју образују хоризонталне линије, које пролазе кроз кључне *DIERS* тачке *fix_C7* и *fix_SP* у фронталној (слика 5.34а) и бочној равни (слика 5.34b) дели на шест једнаких сегментних делова. Надаље се одређују и исписују растојања између одговарајућих пресечних тачака овако одређених хоризонталних линија у фронталној и бочној равни са унутрашњом кичменом линијом и *CSVL* линијом: *TR_a*, *TR_b*, *TR_c*, *TR_d*, *TR_e*, *TR_f*, *TR_g*, *TR_h*, *TR_i*, *TR_j*, *TR_k* и *TR_l*.



Слика 5.33. Дијаграм активности случаја употребе 3D визуелизација кичме пацијента



Слика 5.34. Транспозиције унутрашње кичмене линије од CSVL линије на а) фронталној б) бочној 2D визуелизацији добијеној поступком оптичког скенирања у усправном положају пацијента

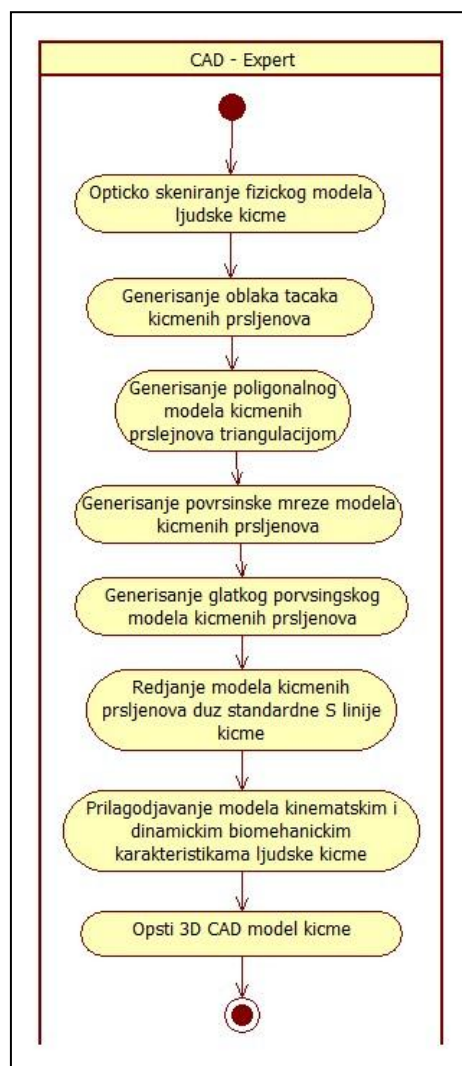
Надаље се сходно дијаграму активности, који је приказан на слици 5.33 у *Matlab* коду врши одређивање и исписивање дужине C7-S1 кичмене линије и величине фактора скалирања. Фактор скалирања се одређује према (5.11) у зависности од величине петог лумбалног пршљена [293]:

$$L_{L5} = 0,132 \cdot T - 0,035 \cdot ys(L5) \quad (5.11)$$

У обрасцу (5.11) L_{L5} представља дужину петог лумбалног кичменог пршљена од површине коже до центра његовог тела, према слици 5.24. Она зависи од ys координате петог лумбалног пршљена, која је добијена поступком визуелизације оптичким скенирањем. У обрасцу (5.11) T представља дужину трупа израчунату од кључне *DIERS* тачке fix_VP до кључне *DIERS* тачке fix_DM . Наведене кључне тачке су добијене поступком визуелизације оптичким скенирањем и редом представљају координате седмог вратног пршљена и координате средишње тачке левог и десног леђног удубљења у сакралном региону кичме.

На основу одређених вредности транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на CSVL линију, дужине C7-S1 кичмене линије и величине фактора скалирања, врши се модификација општег 3D модела кичме, кога је генерисао *CAD expert* и генерисање и визуелизација пацијентовог специфичног 3D модела кичме од стране *Програмера*.

5.1.2.3.6. Дијаграм активности за случај употребе Генерисање општег 3D CAD модела кичме пацијента



Слика 5.35. Дијаграм активности случаја употребе Генерисање општег 3D CAD модела кичме

На слици 5.35 приказан је дијаграм активности случаја употребе Генерисање општег 3D CAD модела кичме, који је генерисан од стране CAD експерта [239]. Као што се на основу слике може закључити, за генерисање општег 3D CAD модела кичме потребно је извршити оптичко скенирање физичког модела људске кичме, чиме се као резултат добија облак тачака кичмених пршљенова. Надаље се врши генерисање полигоналног модела кичмених пршљенова поступком триангулације, а након тога генерисање површинске мреже модела кичмених пршљенова, да би се на крају добио гладак површински модел кичмених пршљенова. Добијени модел кичмених пршљенова се надаље ређа дуж стандардне S линије кичме са нормалним опсегом грудне кифозе од 20° - 40° , као и лумбалне лордозе од 30° - 60° , док је према Ленковој класификацији нормални угао између T5 и T12 пршљенова, који дефинише грудну кифозу од 10° - 40° . Након тога се модел прилагођава кинематским и динамичким биомеханичким карактеристикама људске кичме, чиме се као резултат добија 3D CAD модел кичме који је општи и за мушкарце и за жене.

5.2. Објектно оријентисана анализа пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Процес објектно оријентисане анализе (надаље ОО анализа) користи се за дефинисање кључних концепата и веза између концепата, помоћу којих се врши моделовање објекта реалног система и њихових међусобних веза. Производ ОО анализе је концептуални модел система. ОО анализа је најкритичнија фаза у процесу пројектовања система, с обзиром да је потребно исправно уочити објекте који постоје у систему, специфицирати њихове атрибуте и њихову међусобну интеракцију. Реализацијом процеса ОО анализе долази се потпуног и јасног модела реалног система који је услов за имплементацију информационог система на рачунару.

Објектно оријентисана анализа процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе користи се за дефинисање кључних концепата и веза између концепата, везаних за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе.

Објектно оријентисана анализа обухвата:

- Израду концептуалног модела;
- Израду дијаграма секвенци;
- Дефинисање уговора о извршењу операција;

5.2.1. Израда концептуалног модела

Концептуалним моделом се идентификују концепти, њихови атрибути и међусобне везе у реалном систему који се моделује. Концептуални модел се у *UML* нотацији описује дијаграмом класа, који садржи основне атрибуте без операција, или само са неким елементарним операцијама.

Међутим, иако подсећа на дијаграм класа концептуални модел се у многоме разликује од дијаграма класа. Наиме, класни дијаграм је сачињен од правих софтверских класа, које у софтверском решењу проблема представљају декларације класа. Класе у концептуалном моделу су само резултат покушаја да се сагледавањем реалног система препознају неки ентитети који би могли да конкуришу за софтверске класе, као и да се препознају неке везе и њихова кардиналност. У даљим процесима фаза ОО анализе и ОО дизајна концептуални модел мора претрпети крупне измене да би на крају ових процеса резултовао класним дијаграмом, на основу кога се врши имплементација софтверског решења.

Израда концептуалног модела обухвата:

- Дефинисање концепата;
- Дефинисање релација између концепата;
- Дефинисање атрибута, операција и одговорности.

5.2.1.1. Дефинисање концепата

На основу претходно стечених сазнања о реалном систему добијених дефинисањем захтева и њиховом анализом дефинисани су следећи концепти: *Pacijent*, *Doktor*, *Medicinska osoba*, *Vizuelni pregled*, *Vizuelizacija optickom kamerom*, *Vizuelizacija optickim skeneranjem*, *3D modelovanje kicme*. Пре склапања класа-концепата у целину концептуалног модела, потребно је извршити детаљну спецификацију сваког појединачног концепта.

Концепт Pacijent - Концепт *Pacijent* је основни концепт у систему оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе. Пацијент представља апстракцију свих пацијената, код којих се врши оптичка визуелизација и дијагностика сколиозе.

Атрибути: PacijentID, JMBG, LBO, Ime, Prezime, Datum_rodjenja, Pol, Ulica_broj, Mesto, Opstina, DoktorID.

Концепт Doktor - Концепт *Doktor* је апстракција за све докторе ортопедије и физијатрије, који врше процес визуелне дијагностике сколиозе и такође учествују у процесу оптичке визуелизације сколиозе.

Атрибути: DoktorID, Ime, Prezime, Zvanje, Zdravstvena_ustanova, Kontakt_telefon.

Концепт Vizuelni_pregled – Концепт *Vizuelni_pregled* је апстракција свих визуелних прегледа, који се врше у процесу оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе.

Атрибути: PregledID, PacijentID, Prva_menarha_devojciце, Godina_dijagnostikovanja_skolioze, Luxatio_coxae_congenita, Deformiteti_stopala, Neuroloska_oboljenja, Respiratorna_oboljenja, Ostala_prateca_oboljenja, Datum_pregleda, Redni_broj_pregleda, Telesna_visina, Telesna_tezina, Translacija_kicme, Translacija_kicme_LD, Duzina_leve_noge, Duzina_desne_noge, Pad_karlice, Pad_karlice_LD, Visina_levog_ramena, Visina_desnog_ramena, Razlika_visine_lopatice, Razlika_lopatice_LD, Udaljenost_leve_lopatice, Udaljenost_desne_lopatice, Lorenc_trougao_levo, Lorenc_trougao_desno, Obim_grudnog_kosa_inspirijum, Obim_grudnog_kosa_ekspirium, Rebarna_grba, Rebarna_grba_LD, Skoliometar_ocitano1, Skoliometar_ocitano2, Skoliometar_ocitano3, Skoliometar_rezultat1, Skoliometar_rezultat2, Skoliometar_rezultat3, Kontraktura_iliopsoasa_levo, Kontraktura_iliopsoasa_desno, Lumbalna_lordoza, FI_a, FI_b, FI_c, FI_d, FI_Rezultat, Datum_rendgenskog_snimanja, Riser_znak, Cobb_ugao, Dijagnoza, Redovnost_kontrolisanja, Redovnost_vezbanja, Prosecna_saradnja, Napomena, DoktorID, Datum_sledeceg_pregleda.

Концепт Vizuelizacija_optickom_kamerom - Концепт *Vizuelizacija_optickom_kamerom* је апстракција свих оптичких визуелизација камером пацијената.

Атрибути: OVK_ID, PacijentID, naziv_DIERS_markera, x_DIERS_marker_levo, y_DIERS_marker_levo, z_DIERS_marker_levo, Dx_DIERS_marker, Dy_DIERS_marker, Dz_DIERS_marker, x_simetrija_ledja_levo, y_simetrija_ledja_levo, z_simetrija_ledja_levo, x_simetrija_ledja_desno, y_simetrija_ledja_desno, z_simetrija_ledja_desno.

Концепт Vizuelizacija_optickim_skeneranjem

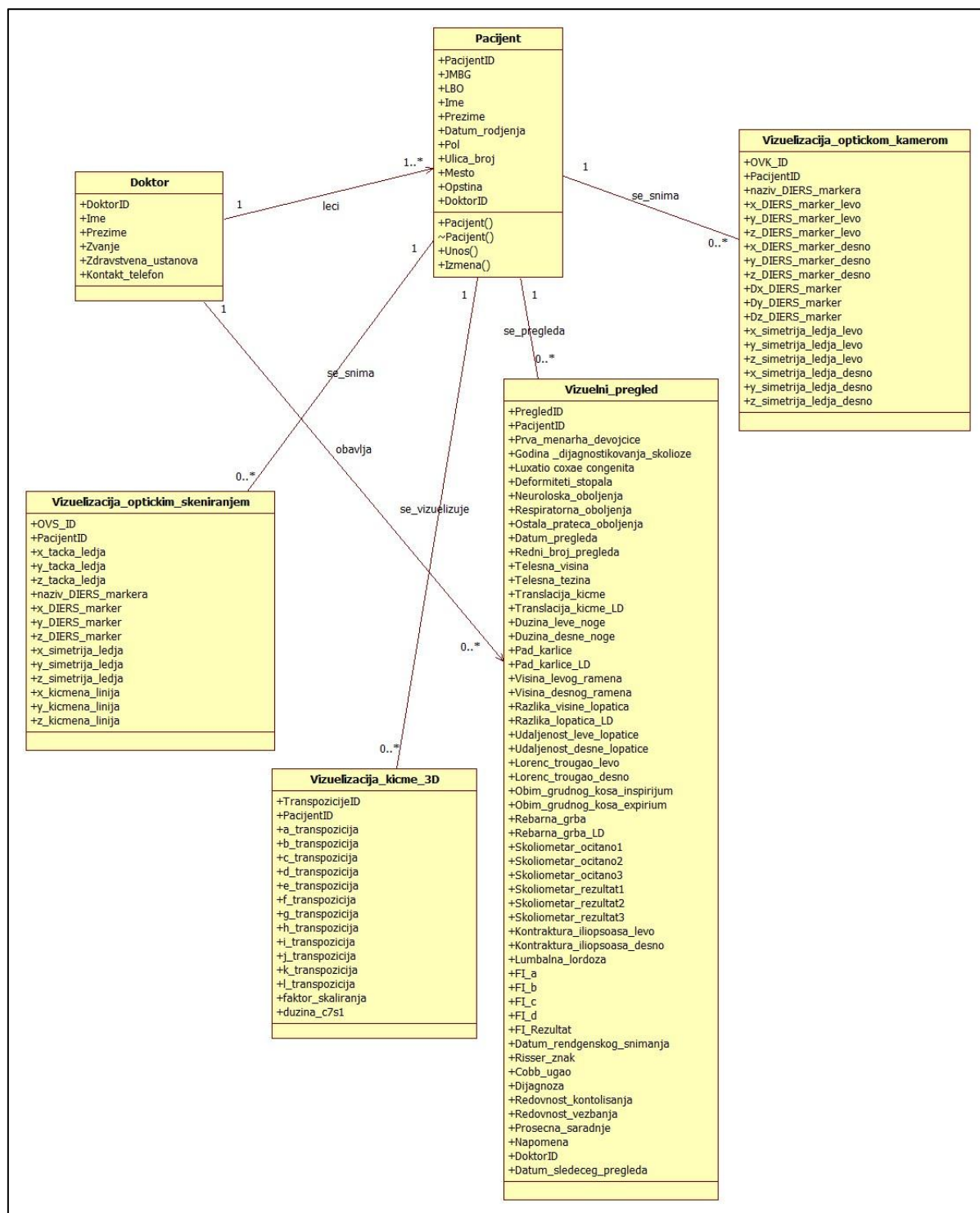
Концепт *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* је апстракција свих визуелизација пацијента оптичким скенирањем.

Атрибути: OVS_ID, PacijentID, x_tacka_ledja, y_tacka_ledja, z_tacka_ledja, naziv_DIERS_markera, x_DIERS_marker, y_DIERS_marker, z_DIERS_marker, x_simetrija_ledja, y_simetrija_ledja, z_simetrija_ledja, x_kicmena_linija, y_kicmena_linija, z_kicmena_linija.

Концепт: Vizuelizacija_kicme_3D - је апстракција свих 3D визуелизација кичме пацијента.

Атрибути: TranspozicijeID, PacijentID, a_transpozicija, b_transpozicija, c_transpozicija, d_transpozicija, e_transpozicija, f_transpozicija, g_transpozicija, h_transpozicija, i_transpozicija, j_transpozicija, k_transpozicija, l_transpozicija, faktor_skaliranja, duzina_c7s1.

5.2.1.2. Дефинисање релација



Слика 5.36. Концептуални модел Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе

Концепт *Pacijent* је основни концепт реалног система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе, који је у релацији са свим осталим концептима система. Концепт *Pacijent* је у релацији *se_pregleda* нула, један или више са концептом *Vizuelni_pregled*, јер се преглед може обавити над једним пацијентом, нула, један или више пута. Концепт *Pacijent* је у релацији *se_snima* нула, један или више са концептима *Vizuelizacija_optickom_kamerom* и *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*, јер се

визуелизација оптичком (дигиталном) камером и оптичким скенирањем могу обавити над једним пацијентом нула, један или више пута. Осим наведеног, концепт *Pacijent* је у релацији *se_vizuelizuje* нула, један или више са класом *Vizuelizacija_kicme_3D*, јер се 3D визуелизација кичме може обавити над једним пацијентом нула, један или више пута. Описане кардиналности ових релација приказане су на слици 5.36. Концепт *Doktor* је у релацији *leci* један или више са концептом *Pacijent*, а у релацији *obavlja* нула, један или више са концептом *Vizuelni_pregled* (слика 5.36).

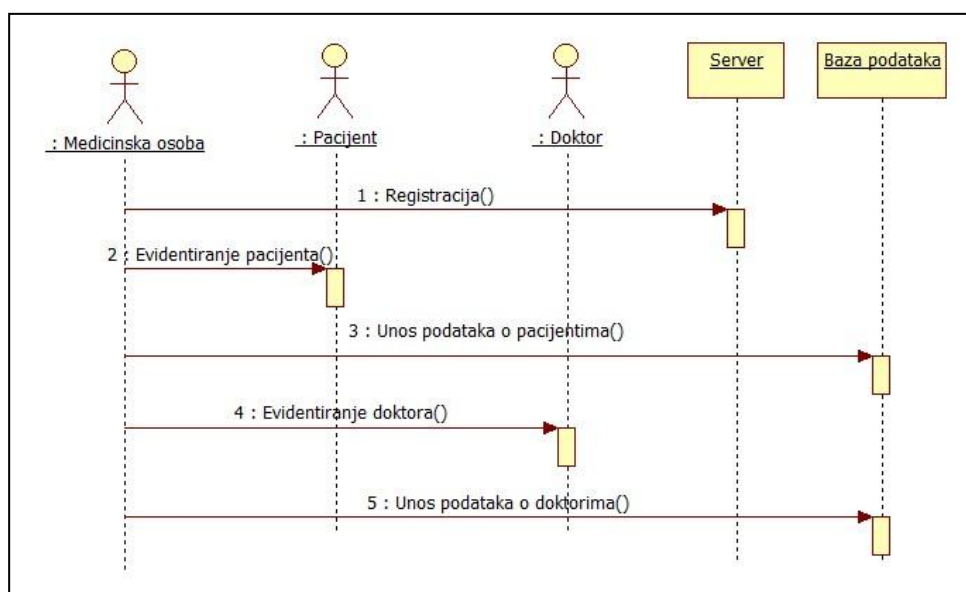
На основу дефинисаних релација између концепата реалног система израђује се концептуални модел система. Концептуални модел система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе приказан је на слици 5.36. Концептуални модел дефинисан на овај начин ће касније бити разрађен у класни дијаграм са свим дефинисаним атрибутима и операцијама. У овом моделу обухваћени су сви концепти тј. будуће класе: *Pacijent*, *Vizuelni_pregled*, *Vizuelizacija_optickom_kamerom*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и *Vizuelizacija_kicme_3D* и везе са њима.

5.2.2. Израда дијаграма секвенци

Дијаграми секвенци спадају у групу интеракционих дијаграма, који служе за опис динамичког аспекта система који се моделује. Дијаграмима секвенци се графички за сваки случај употребе, приказују временске секвенце догађаја које учесници генеришу у систему, као и временске секвенце операција (порука) који објекти у систему међусобно комуницирајући размењују, при чему објекти у систему представљају инстанце концепата.

Дијаграми секвенце имају две димензије: вертикалну која представља време и хоризонталну која представља колекцију објеката. Поруке (догађаји) преко којих објекти комуницирају приказују се хоризонталним линијама а активирање објеката представља се уским правоугаоником који представља операцију коју објекат обавља у периоду представљене активности.

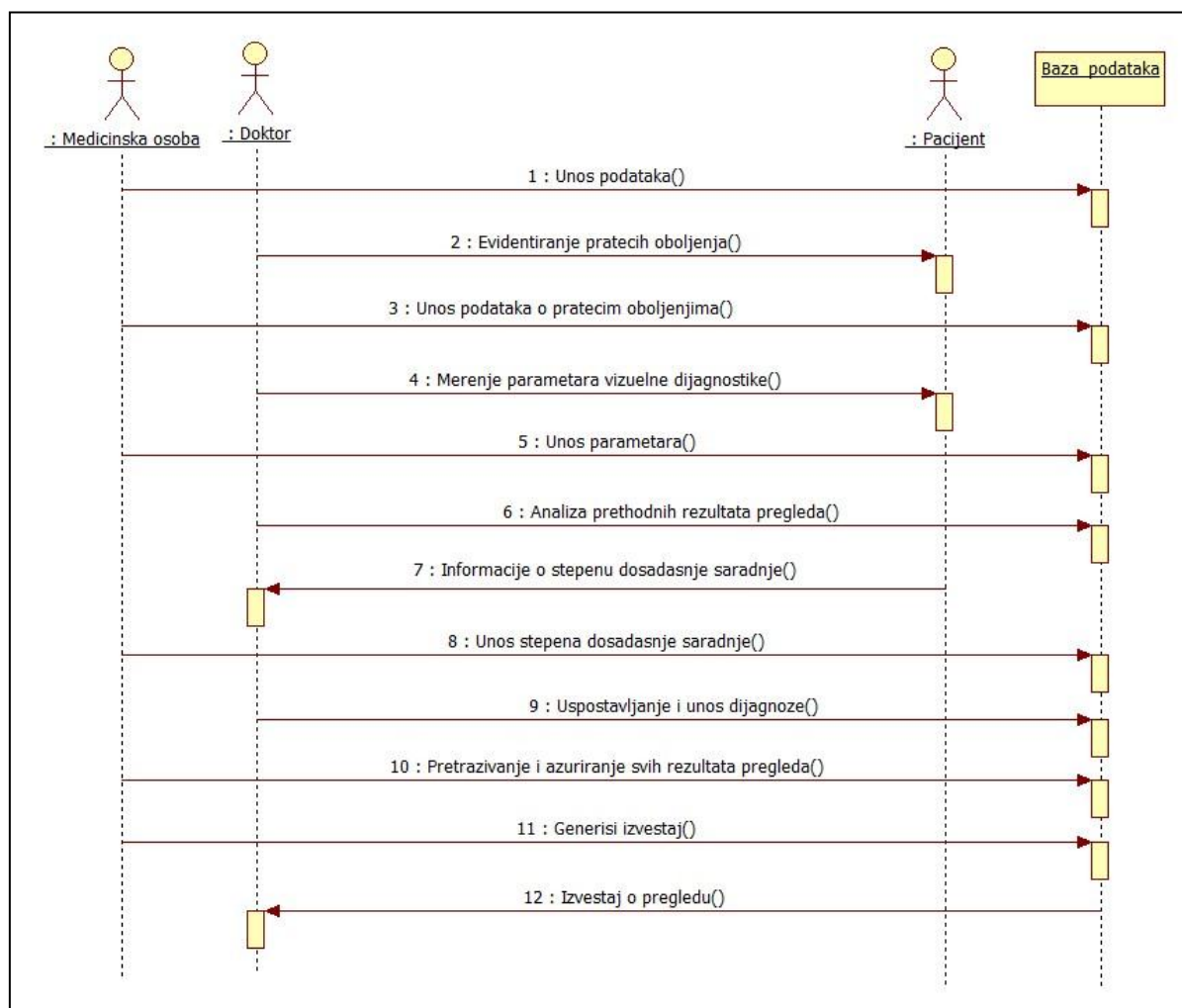
5.2.2.1. Дијаграм секвенци за случај употребе Унос података



Слика 5.37. Дијаграм секвенци за случај употребе Унос података

На слици 5.37 приказан је дијаграм секвенци за случај употребе *Унос података*. Са слике се види да *Медицинска особа* треба најпре да се региструје на серверу система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе. Тек након успешне регистрације, *Медицинска особа* може да врши евидентирање пацијената и доктора и унос њихових података у базу података система.

5.2.2.2. Дијаграм секвенци за случај употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*

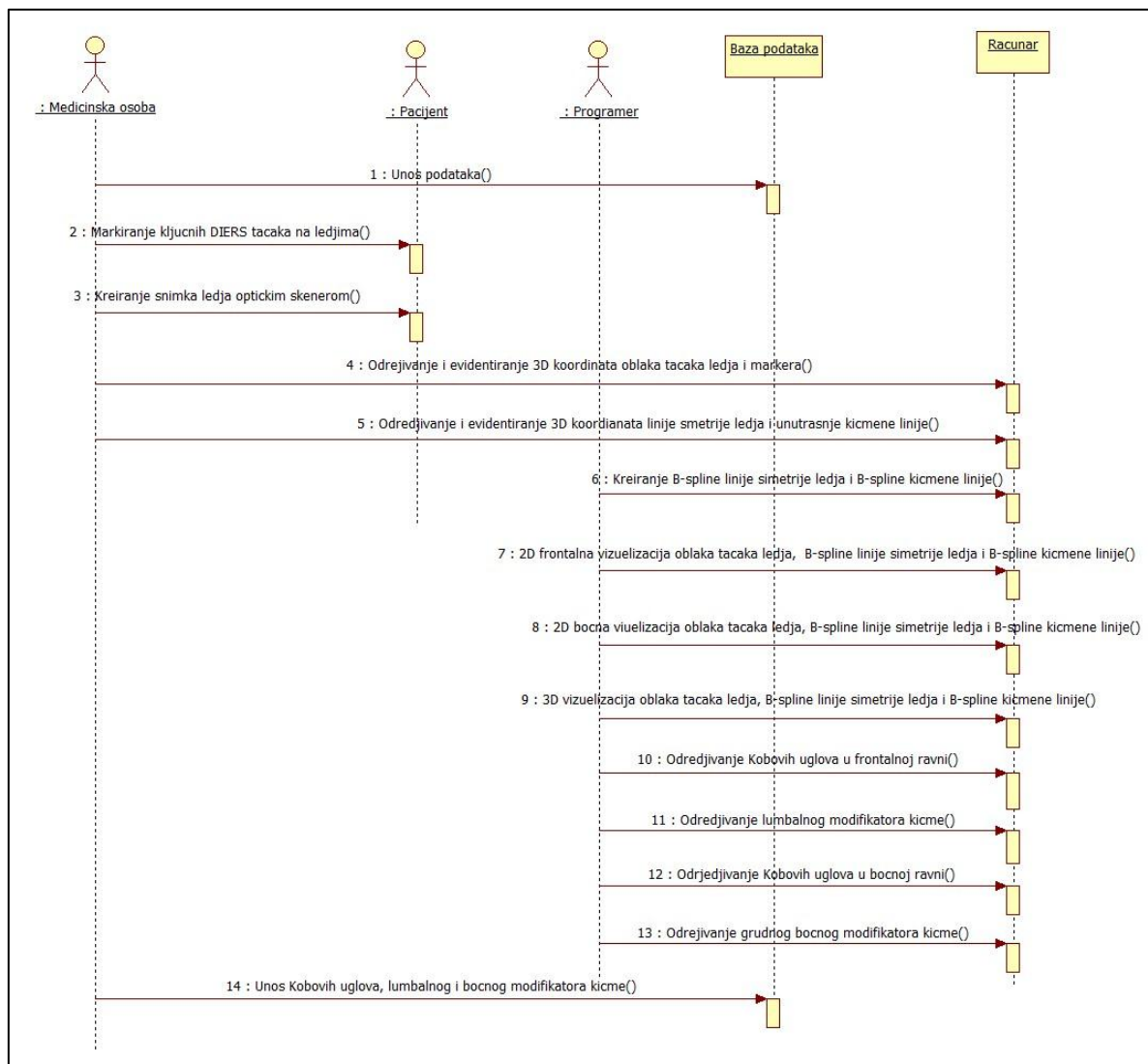


Слика 5.38. Дијаграм секвенци за случај употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*

На слици 5.38 приказан је дијаграм секвенци за случај употребе *Евидентирање визуелних прегледа пацијента*. Са слике се види да је за евиденцију визуелних прегледа пацијената, потребно најпре да *Медицинска особа* изврши унос основних података о пацијенту и доктору у базу података система. Након тога, *Доктор* врши евидентирање пратећих обољења, а *Медицинска особа* унос података о пратећим обољењима у базу података система. Након тога, *Доктор* врши мерење параметара визуелне дијагностике, а *Медицинска особа* уноси измерене вредности параметара у базу података система. Надаље *Доктор* анализира претходне резултате прегледа и тражи од *Пацијент*-а информације о степену досадашње сарадње у процесу лечења, а *Медицинска особа*

уноси ове податке у базу података система. На основу свих добијених података *Доктор* успоставља дијагнозу и уноси је у базу. По потреби *Медицинска особа* врши претраживање и ажурирање свих претходних резултата прегледа и шаље захтев за генерисањем извештаја прегледа одређеног пацијента. Извештај прегледа се даље предаје *Доктору*, ради још једне коначне провере и потписивања.

5.2.2.3. Дијаграм секвенци за случај употребе *Визуелизација оптичким скенирањем*



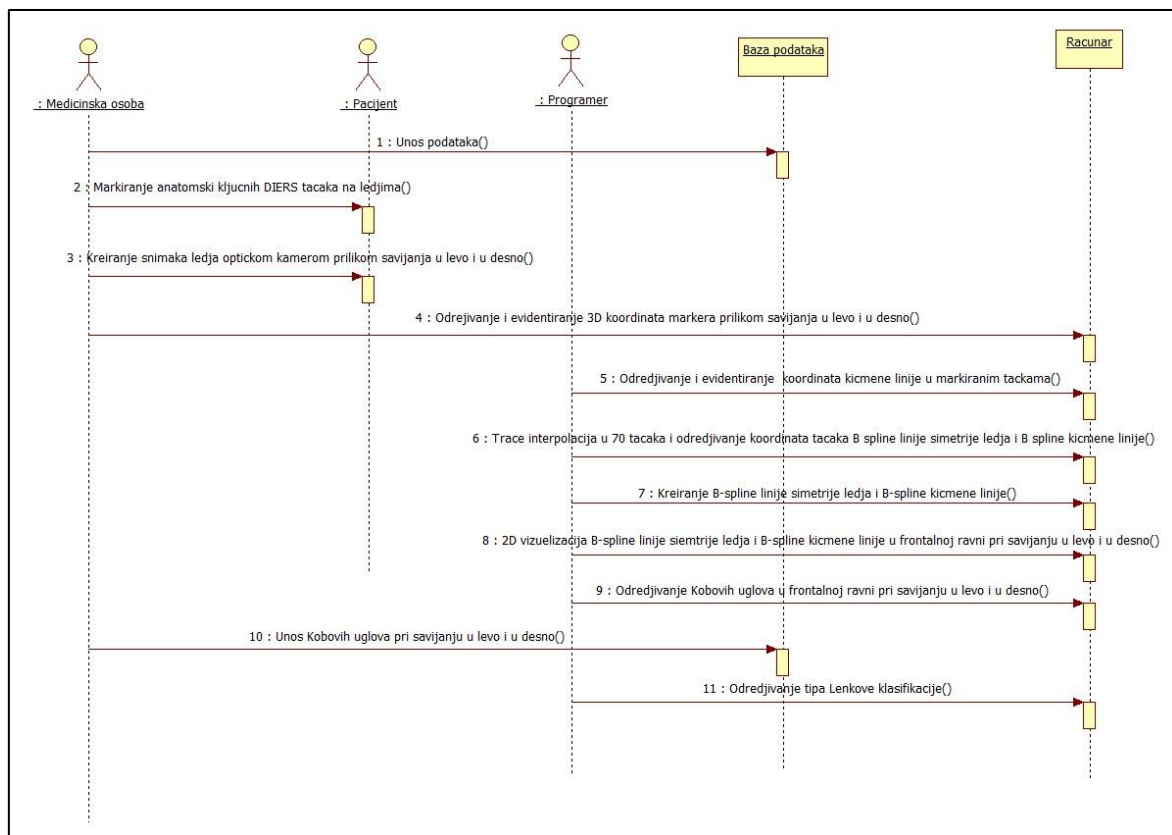
Слика 5.39. Дијаграм секвенци за случај употребе *Визуелизација оптичким скенирањем*

На слици 5.39 приказан је дијаграм секвенци за случај употребе *Визуелизација оптичким скенирањем*. Са слике се види да је за визуелизацију оптичким скенирањем потребно да *Медицинска особа* изврши унос основних података о пацијенту и доктору у базу података система. Након тога, *Медицинска особа* врши маркирање кључних тачака према *DIERS*-у на леђима пацијента и креира оптички снимак леђа пацијента. Надаље, *Медицинска особа* одређује 3D координате облака тачака леђа и маркера, затим 3D координате линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије, коришћењем оптичког скенера и евидентира их на рачунару. *Програмер* има улогу аутоматизације процеса креирања 2D и 3D визуелизација и одређивања Кобових углова кичмених кривина. У том циљу *Програмер* најпре врши креирање *B-spline* функције за генерисање *B-spline*

линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије, а потом креира функције за 2D визуелизацију облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној и бочној равни, као и функције за 3D визуелизацију истих. Надаље, *Програмер* креира функцију за одређивање Кобових углова у фронталној равни и бочној равни у усправном положају пацијента, повлачењем нормала у инфлексионим тачкама у којима је други извод *B-spline* унутрашње кичмене линије једнак нули, као и одређивање лумбалног и грудног бочног модификатора кичме. На крају, *Медицинска особа* врши унос одређених Кобових углова у фронталној и бочној равни, лумбалног и грудног бочног модификатора кичме у базу података система.

5.2.2.4. Дијаграм секвенци за случај употребе Визуелизација оптичком камером

На слици 5.40 приказан је дијаграм секвенци за случај употребе *Визуелизација оптичком камером*. Са слике се види да је за оптичку визуелизацију камером потребно да *Медицинска особа* најпре изврши унос основних података о пацијенту и доктору у базу података система. Након тога, медицинска особа маркером обележава анатомске кључне тачке према *DIERS*-у [283] на леђима пацијента у усправном положају у бочној и фронталној равни (слика 5.28). Надаље медицинска особа креира снимак леђа пацијента приликом његовог савијања најпре у леву, па у десну страну коришћењем оптичке камере, а потом одређује 3D координате маркера у оба положаја савијања пацијента и евидентира их на рачунару.



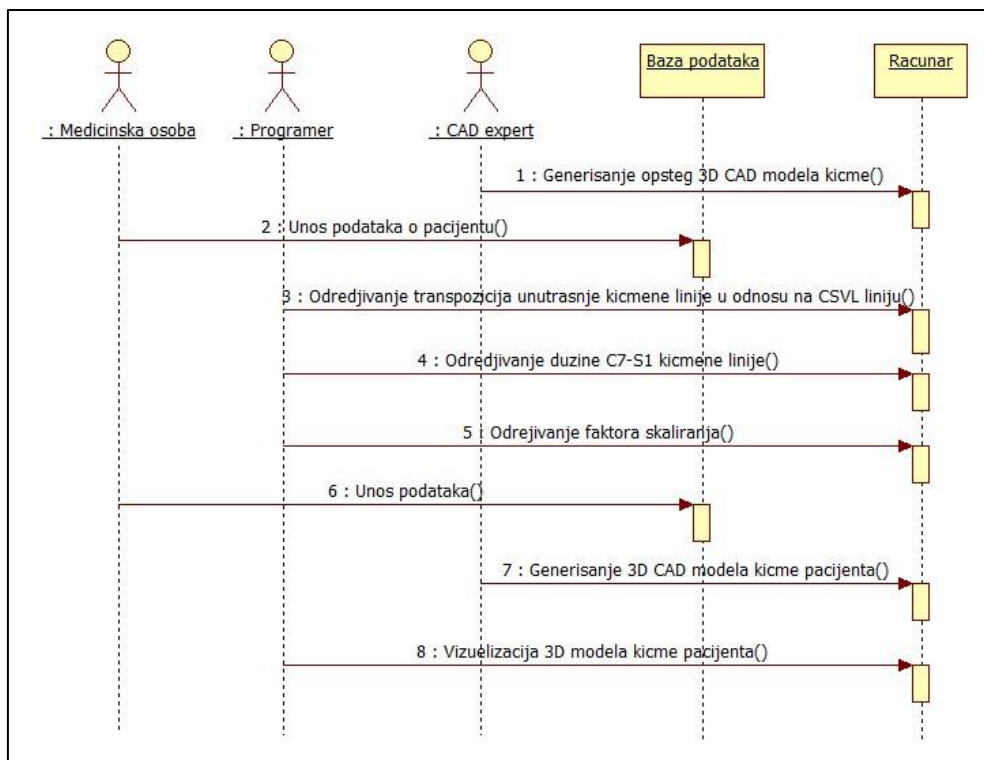
Слика 5.40. Дијаграм секвенци за случај употребе Визуелизација оптичком камером

Програмер има улогу аутоматизације процеса креирања 2D визуелизација *B-spline* спољашње линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије и одређивања

Кобових углова у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну. У том циљу *Програмер* најпре врши одређивање координата анатомских кључних *DIERS* тачака унутрашње кичмене линије, на основу координата анатомских кључних *DIERS* тачака спољашње линије симетрије (поглавље 5.1.2.3.4). Надаље *Програмер* примењује поступак тзв. линеарне интерполације у траговима (*trace* интерполације) у 70 тачака и креирање координата *B-spline* спољашње линије симетрије, односно *B-spline* унутрашње кичмене линије у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну.

Након тога, *Програмер* креира *Matlab* програмске функције за генерисање *B-spline* спољашње линије симетрије и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну, користећи координате тачака које су добијене претходно описаним поступком линеарне интерполације у траговима. Надаље *Програмер* креира *Matlab* програмске функције за генерисање 2D визуелизација анатомски кључних *DIERS* тачака, *B-spline* спољашње линије симетрије и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну. Надаље *Програмер* креира програмску функцију у којој се повлачењем нормала у инфлексионим тачкама у којима је други извод *B-spline* унутрашње кичмене линије једнак нули, одређују вредности Кобових углова у фронталној равни у положајима приликом савијања пацијента у леву и десну страну. На крају *Програмер* креира функцију за одређивање типа Ленкове класификације сколиозе, која се врши на основу вредности Кобових углова у фронталној и бочној равни, затим лумбалног и бочног модификатора кичме, које су добијене поступком визуелизације оптичким скенирањем и на основу вредности Кобових углова у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, добијених поступком визуелизације оптичком (дигиталном) камером.

5.2.2.5. Дијаграм секвенци за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента



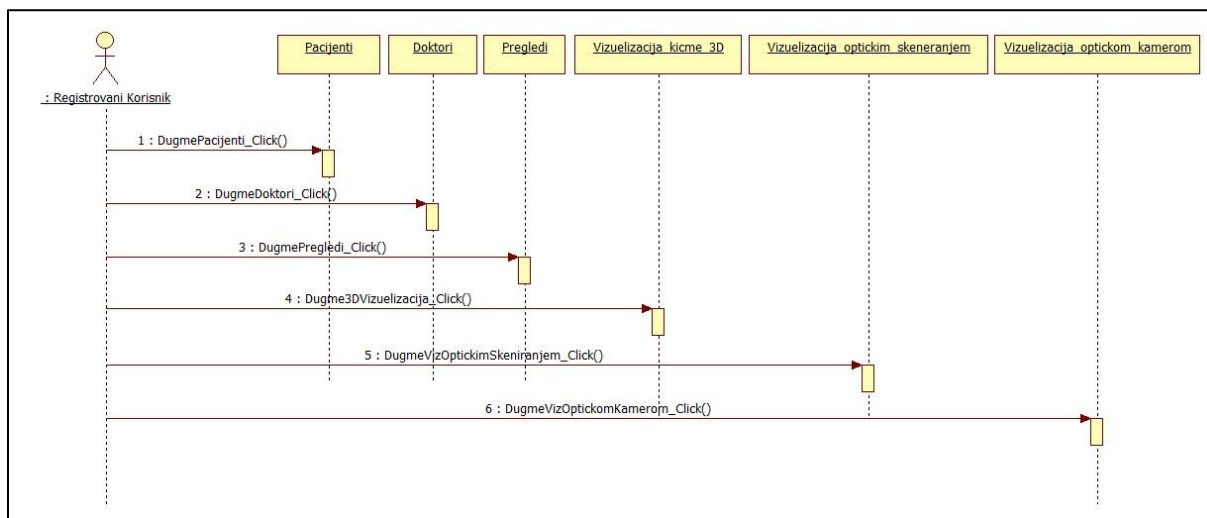
Слика 5.41. Дијаграм секвенци за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента

На слици 5.41 приказан је дијаграм секвенци за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента. Са слике се види да је за 3D визуелизацију кичме пацијента неопходно постојање општег 3D CAD модела кичме, кога генерише CAD expert. Медицинска особа врши унос основних података о пацијенту у базу података система. Након тога, Медицинска особа врши мерење транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на CSVL линију, мерење дужине C7-S1 кичмене линије на 2D фронталним и бочним визуелизацијама усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања, као и одређивање вредности фактора скалирања. На крају Медицинска особа врши унос ових података у Базу података система. На основу ових података, као и општег 3D CAD модела кичме CAD expert врши генерисање 3D модела кичме одређеног пацијента. Програмер врши приказ добијене визуелизације 3D модела кичме пацијента у систему оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе.

5.2.2.6. Дијаграм секвенци главног интерфејса апликације ScolioMedIS - ScolioMedIS главна

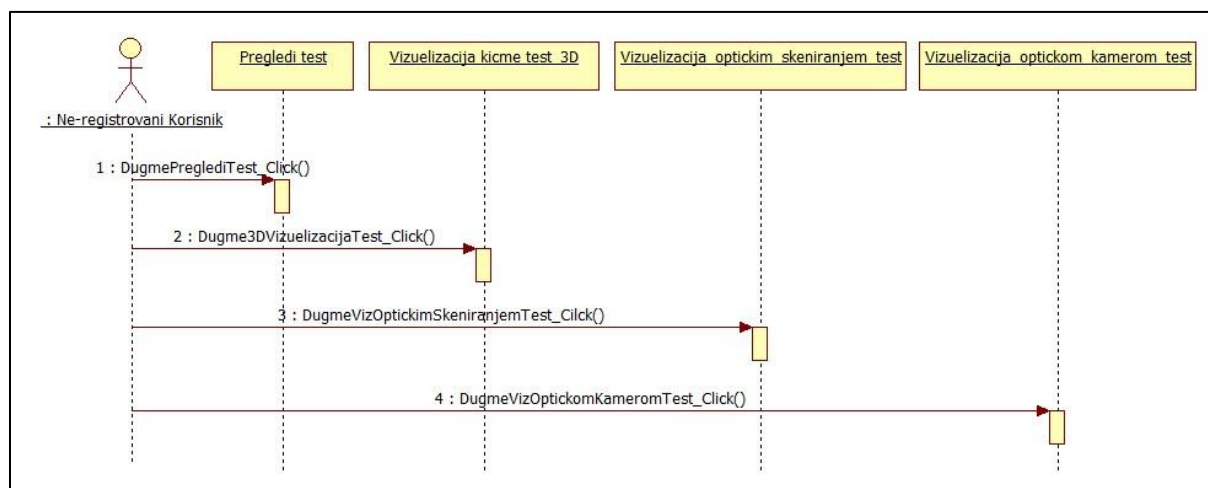
Дијаграмима секвенце могуће је такође описати и временски редослед размене порука између различитих веб страница апликације за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе – ScolioMedIS. Наведени дијаграми секвенце апликације ScolioMedIS су овде представљени због континуитета излагања, мада више припадају објектно оријентисаном дизајну. У њима ће се појавити објекти (примерци) неких нових класа које ће касније детаљније бити описане у дијаграмима класа интерфејса система. Ове класе представљају углавном различите веб странице које ће се појављивати у апликацији.

За потпуни приступ свим страницама апликације ScolioMedIS неопходно је да корисник (медицинска особа, доктор) буде регистрован у систему, док не-регистровани корисници (било који корисник апликације) имају ограничено право приступа само одређеним страницама апликације. Из наведеног разлога ће дијаграми секвенци интерфејса веб страница апликације у наредним поглављима бити разматрани у зависности од тога да ли се односе на регистрованог или не регистрованог корисника у систему. Иначе у дијаграмима секвенци интерфејса система је временски редослед догађаја које се прослеђују серверу апликације небитан и завистан је од тренутне потребе корисника.



Слика 5.42. Дијаграм секвенци интерфејса ScolioMedIS_главна за случај регистрованог корисника

На слици 5.42 приказан је дијаграм секвенци главног интерфејса апликације *ScolioMedIS - ScolioMedIS_glavna* за случај регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, временски редослед догађаја које регистровани корисник прослеђује главној веб страници интерфејса апликације, зависи од тренутне потребе корисника. На тај начин, у зависности од избора, корисник може отворити следеће веб странице апликације: *Pacijenti*, *Doktori*, *Pregledi*, *Vizuelizacija_kicme_3D*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и *Vizuelizacija_optickom_kamerom*. Такође, регистровани корисник може приступити и свим пробним страницама веб апликације, које овде због прегледности нису приказане.



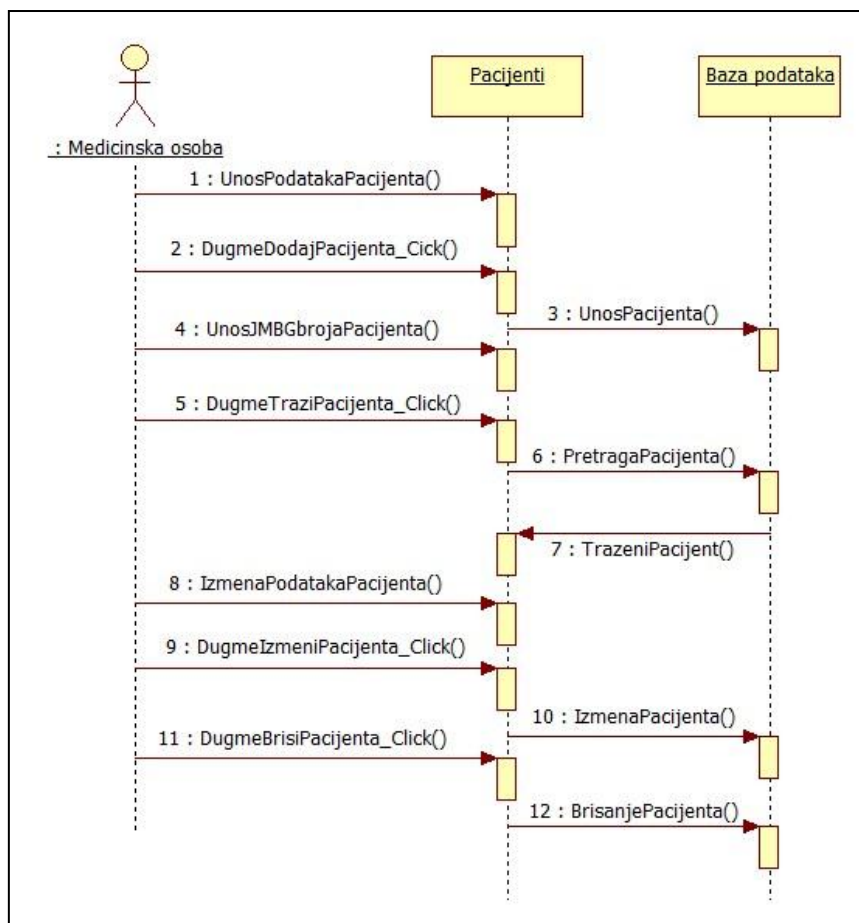
Слика 5.43. Дијаграм секвенци интерфејса *ScolioMedIS_glavna* за случај не-регистрованог корисника

На слици 5.43 приказан је дијаграм секвенци главног интерфејса апликације *ScolioMedIS - ScolioMedIS_glavna* за случај не-регистрованог корисника. За разлику од регистрованог корисника, не-регистровани корисник има могућност приступа само следећим пробним страницама апликације: *Pregledi_test*, *Vizuelizacija_kicme_3D_test*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test* или *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test*.

5.2.2.7. Дијаграм секвенци интерфејса *Pacijenti*

На слици 5.44 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Pacijenti* за случај регистрованог корисника. На основу дијаграма секвенци главног интерфејса апликације, који је приказан на слици 5.42 може се закључити, да у циљу заштите података у бази података система, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник. С обзиром да у циљу уноса, претраге, измене и брисања података о пацијентима, веб страници *Pacijenti* најчешће приступа неко од медицинског особља, у овом дијаграму секвенци је управо и представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја веб странице. На основу слике 5.44 се може закључити да је за унос података о новим пацијентима у базу података система, потребно најпре да медицинска особа у веб страници *Pacijenti* унесе све неопходне пацијентове податке и да након тога покрене одговарајућу команду (дугме). За претрагу података о пацијентима, медицинска особа најпре уноси *JMBG* број траженог пацијента, након чега притиска одговарајуће дугме, којим се покреће

догађај претраживања базе података система и само ако пацијент постоји у бази, врши се враћање и приказивање пацијентових података у веб страници *Pacijenti* апликације. Тек када се пацијент одговарајућег *JMBG* броја пронађе у бази података система и прикаже у веб страници *Pacijenti*, медицинска особа може уколико је то потребно, извршити измену пацијентових података или пак брисање пацијента, задатог *JMBG* броја из базе података система, што се постиже притиском на одговарајуће командно дугме апликационе веб странице *Pacijenti*.

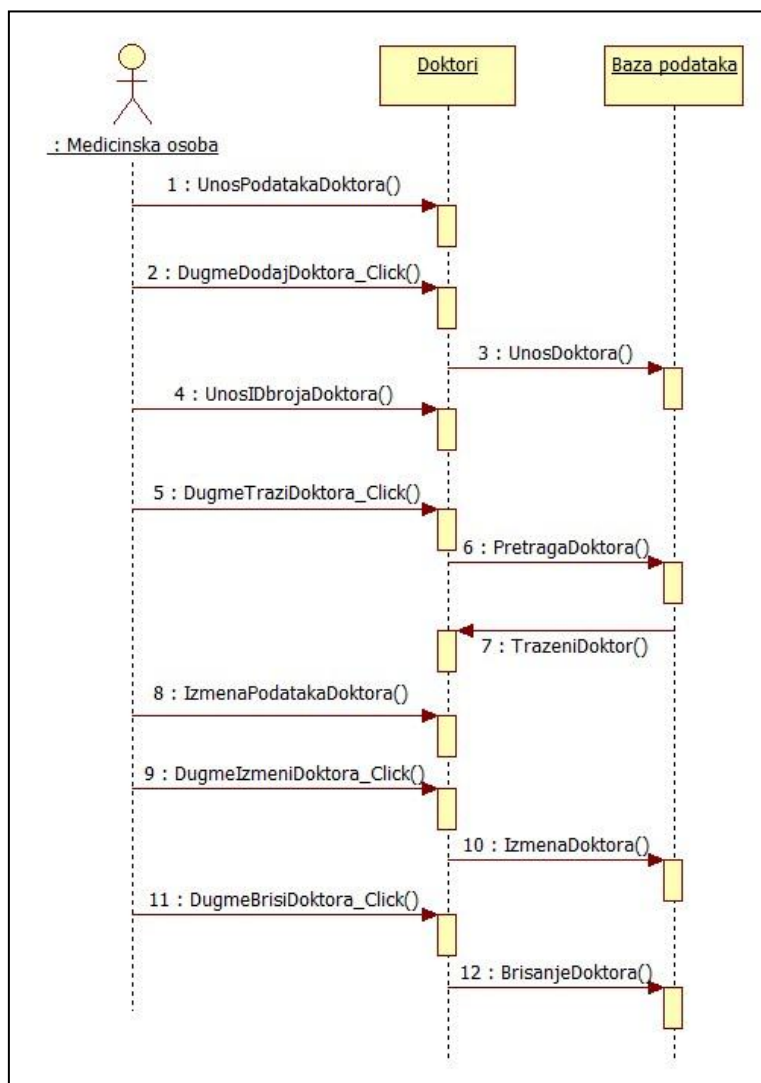


Слика 5.44. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Pacijenti*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

5.2.2.8. Дијаграм секвенци интерфејса *Doktori*

На слици 5.45 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Doktori* за случај регистрованог корисника. На основу дијаграма секвенци главног интерфејса апликације са слике 5.42, може се закључити да у циљу заштите података који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS*, овој апликационој веб страници као и апликационој веб страници *Pacijenti* може приступити само регистровани корисник система. С обзиром да у циљу уноса, претраге, измене и брисања података о докторима веб страници *Doktori* најчешће приступа неко од медицинског особља и у овом као и претходном дијаграму секвенци је представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја веб странице. На основу слике 5.45 се може закључити да је за унос података о новим докторима у базу података система, потребно најпре да медицинска особа у веб страници *Doktori* унесе све неопходне податке о докторима и да након тога покрене одговарајућу команду (дугме). За

претрагу података о докторима, медицинска особа на основу табеле свих доктора који постоје у бази података система, а која се приказује на дну ове апликационе веб странице најпре уноси *ID* број траженог доктора, након чега притиска одговарајуће дугме, којим се покреће догађај претраживања базе података система. Ако доктор постоји у бази, његови подаци се враћају и приказују у веб страници *Doktori* апликације. Тек када се доктор одговарајућег *ID* броја пронађе у бази података система и прикаже у веб страници *Doktori*, медицинска особа може уколико је то потребно, извршити измену података о доктору или пак брисање доктора задатог *ID* броја из базе података система, што се постиже притиском на одговарајуће командно дугме апликационе веб странице *Doktori*.

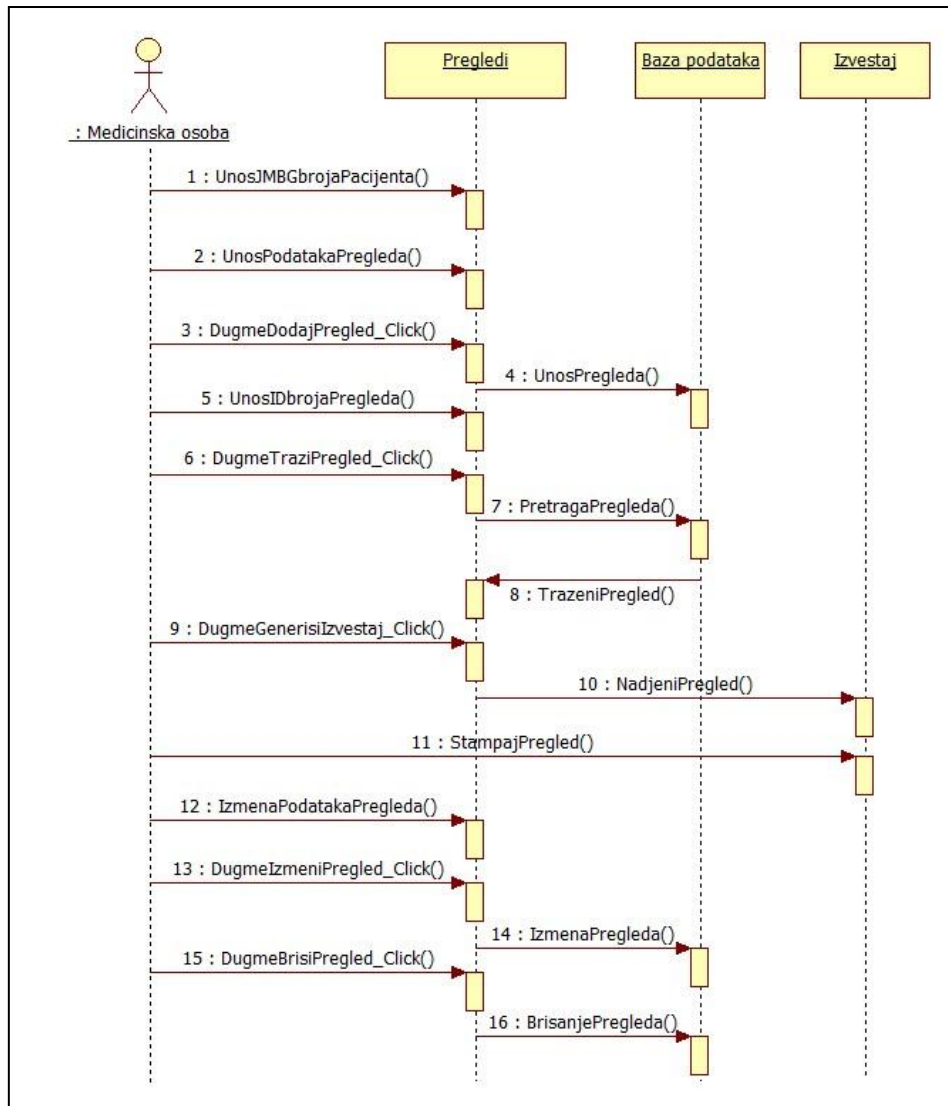


Слика 5.45. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Doktori*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

5.2.2.9. Дијаграм секвенци интерфејса *Pregledi*

На слици 5.46 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Pregledi* за случај регистрованог корисника. На основу дијаграма секвенци главног интерфејса апликације, који је приказан на слици 5.42 може се закључити, да у циљу заштите података у бази података система, овој апликационој веб страници, која има могућност

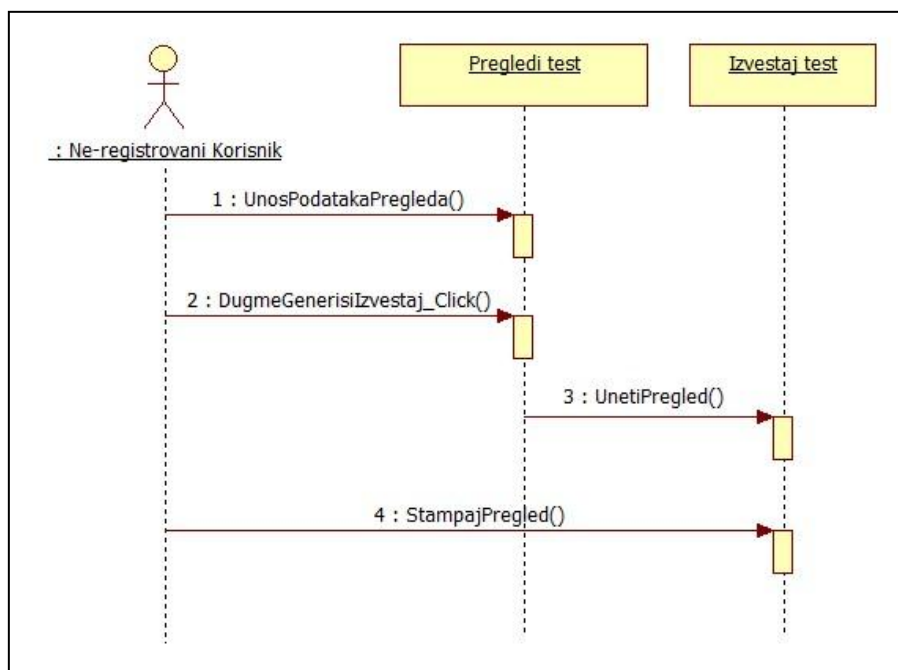
потпуне интеракције са базом података система може приступити само регистровани корисник, док не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Pregledi_test*, која нема никакву интеракцију са базом података система. С обзиром да у циљу уноса, претраге, измене и брисања података о прегледима пацијената, веб страници *Pregledi* најчешће приступа неко од медицинског особља у овом дијаграму секвенци је управо и представљена медицинска особа као регистровани корисник, који је иницијатор различитих догађаја веб странице.



Слика 5.46. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Pregledi*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На основу слике 5.46 се може закључити да је за унос података о новим прегледима пацијента у базу података система, потребно најпре да медицинска особа унесе *JMBG* број пацијента који се прегледа, а након тога све податке о резултатима прегледа пацијента и покрене одговарајућу команду (дугме) на веб страници *Pregledi*. За претрагу података о прегледима, који постоје у бази података система медицинска особа уноси *ID* број траженог прегледа, на основу табеле свих прегледа пацијента претходно задатог *JMBG* броја, а која се приказује на дну ове апликационе веб странице, након чега притиска одговарајуће дугме за претрагу. Ако преглед задатог *ID* броја, пацијента задатог *JMBG* постоји у бази, подаци о прегледу се враћају и приказују

у веб страници *Pregledi*. Тек када се преглед одговарајућег *ID* броја пронађе у бази података система и прикаже у веб страници *Pregledi*, медицинска особа може уколико је то потребно, извршити генерисање извештаја, измену података о прегледу или пак брисање прегледа задатог *ID* броја из базе података система, што се постиже притиском на одговарајуће команде апликационе веб странице *Pregledi*. Уколико је притиском на одговарајуће дугме, медицинска особа послала захтев за генерисање извештаја резултата прегледа, подаци нађеног прегледа прослеђују се и приказују у веб страници *Izvestaj*, где се у зависности од потребе могу одштампати.



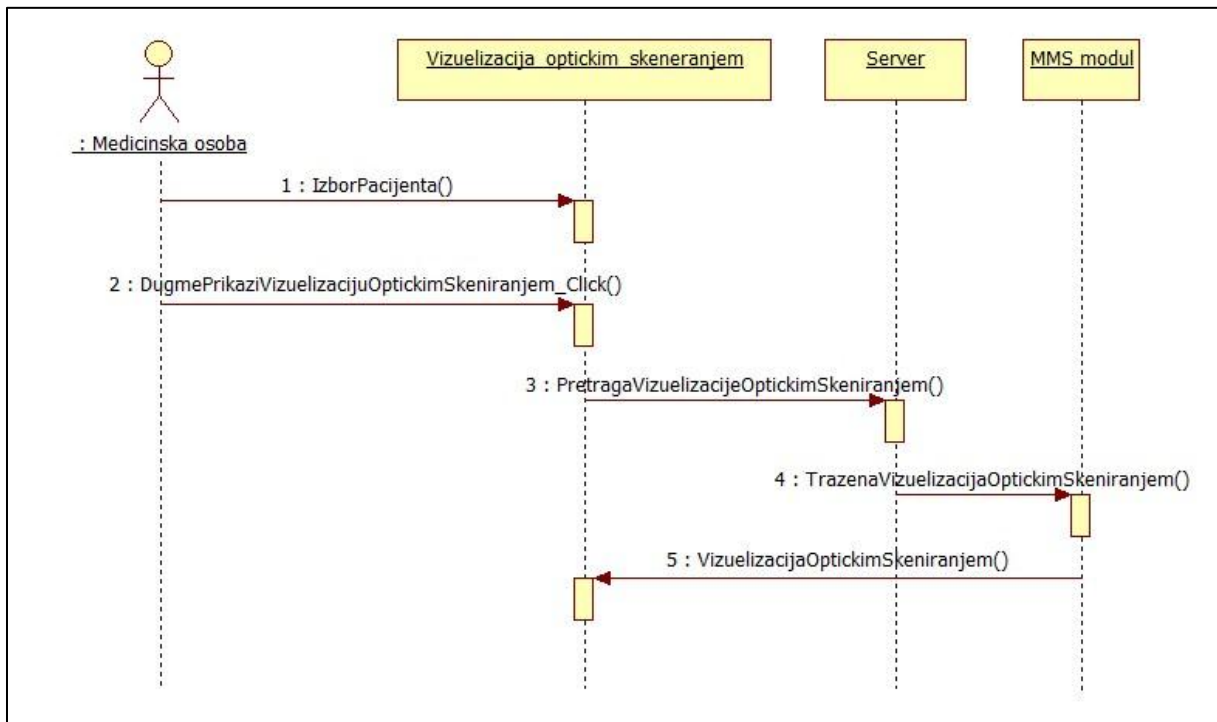
Слика 5.47. Дијаграм секвенци интерфејса *Pregledi_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

На слици 5.47 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Pregledi_test* за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, веб страница *Pregledi_test* нема никакву интеракцију са базом података система. Њена основна намена је да било ком кориснику система пружи могућност евиденције и пробног уноса неопходних података за реализацију процеса визуелног прегледа пацијената, заснованог на мерењу формално дефинисаних параметара. *Не-регистровани корисник* има такође могућност слања захтева за генерисање извештаја унетих података, притиском на одговарајуће дугме. Том приликом се унети подаци прослеђују и приказују у веб страници *Извештај тест*, одакле се такође могу, по потреби и одштампати.

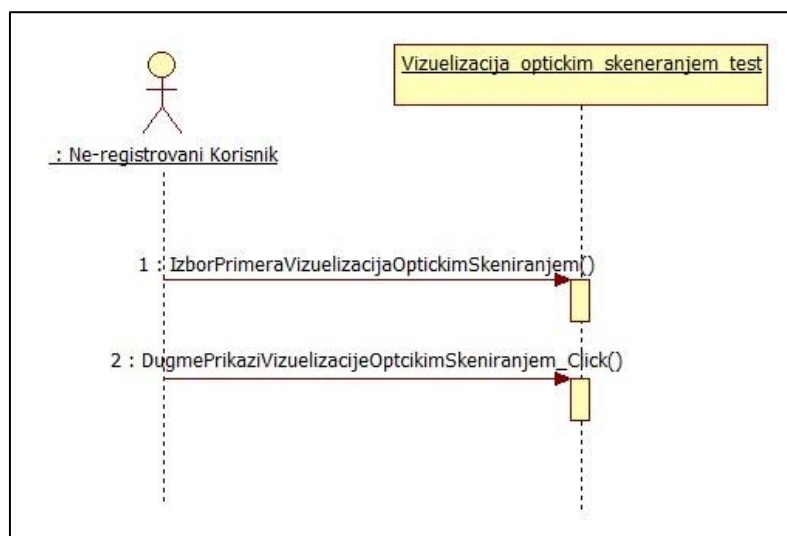
5.2.2.10. Дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*

На слици 5.48 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* за случај регистрованог корисника. На основу дијаграма секвенци главног интерфејса апликације, који је приказан на слици 5.42 може се закључити, да у циљу заштите података оптичког скенирања пацијената архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник, док не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test* у којој се само приказују примери визуелизација оптичким скенирањем.

Као и у претходним дијаграмима секвенци интерфејса апликације *ScolioMedIS* и у овом дијаграму секвенци је представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја ове веб странице. Дакле, медицинска особа врши избор једног пацијената, а затим притиска одговарајуће дугме за приказ и генерисање визуелизација оптичким скенирањем. Ако подаци потребни за оптичку визуелизацију кичме пацијента постоје архивирани на диску сервера, они се прослеђују *MMS модулу* за регенерисање визуелизације оптичким скенирањем, а након тога враћају и приказују у веб страници *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*.



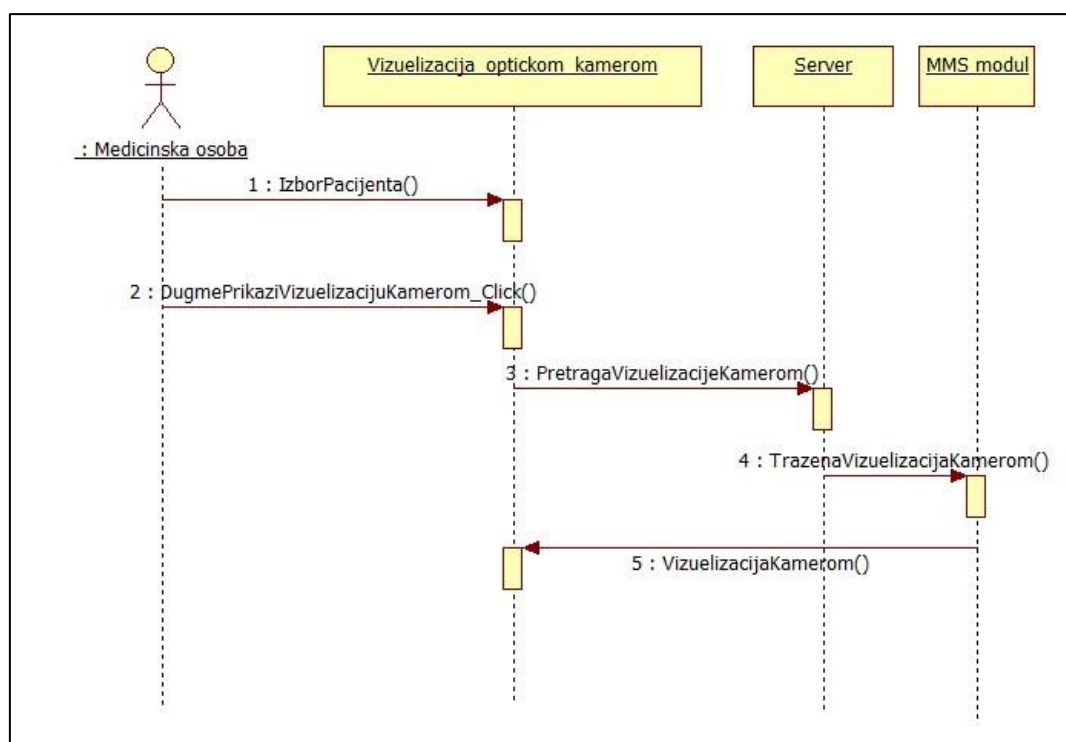
Слика 5.48. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника



Слика 5.49. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

На слици 5.49 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test*, за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, веб страница *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test* нема приступ подацима оптичких скенирања пацијената, архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару. Њена основна намена је да било ком кориснику система пружи могућност приказа примера визуелизација оптичким скенирањем. Дакле, након избора жељеног примера оптичких визуелизација, *Не-регистровани корисник* притиска дугме за њихов приказ у овој апликационој веб страници.

5.2.2.11. Дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickom kamerom*

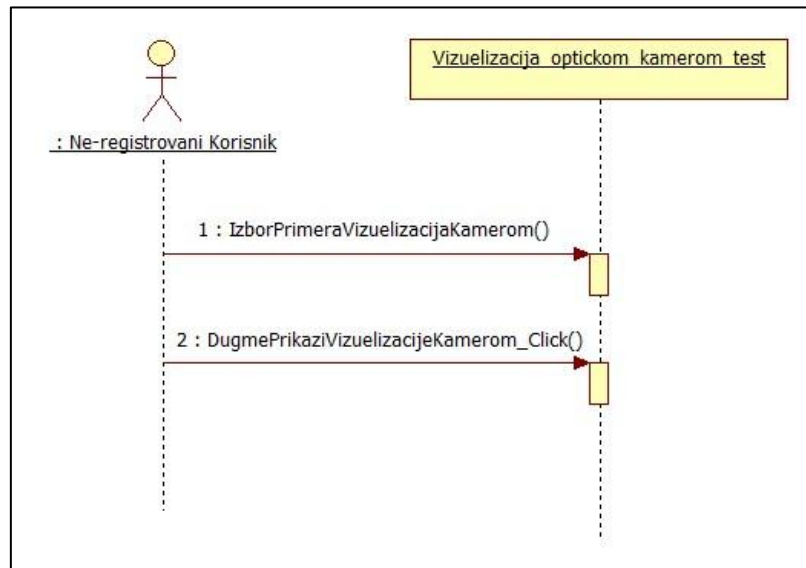


Слика 5.50. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Vizuelizacija_optickom kamerom*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На слици 5.50 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickom kamerom* за случај регистрованог корисника. На основу дијаграма секвенци главног интерфејса апликације, који је приказан на слици 5.42 може се закључити, да у циљу заштите података оптичких визуелизација камером пацијената архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник. Не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Vizuelizacija_optickom kamerom_test* у којој се само приказују примери визуелизација оптичком (дигиталном) камером. Као и у претходним дијаграмима секвенци интерфејса апликације *ScolioMedIS* и у овом дијаграму секвенци је представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја ове веб странице. Дакле, медицинска особа врши избор једног пацијената, а затим притиска одговарајуће дугме за приказ и генерисање оптичких визуелизација камером. Ако подаци потребни за оптичку визуелизацију кичме пацијента постоје архивирани на диску сервера, они се прослеђују

MMS модулу за регенерисање оптичке визуелизације камером, а након тога враћају и приказују у веб страници *Vizuelizacija_optickom_kamerom*.

На слици 5.51 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test*, за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, веб страница *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test* нема приступ подацима оптичке визуелизације камером пацијената, архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару. Њена основна намена је да било ком кориснику система пружи могућност приказа примера оптичких визуелизација камером. Дакле, након избора жељеног примера визуелизација камером, *Не-регистровани корисник* притиска дугме за њихов приказ у овој веб страници.



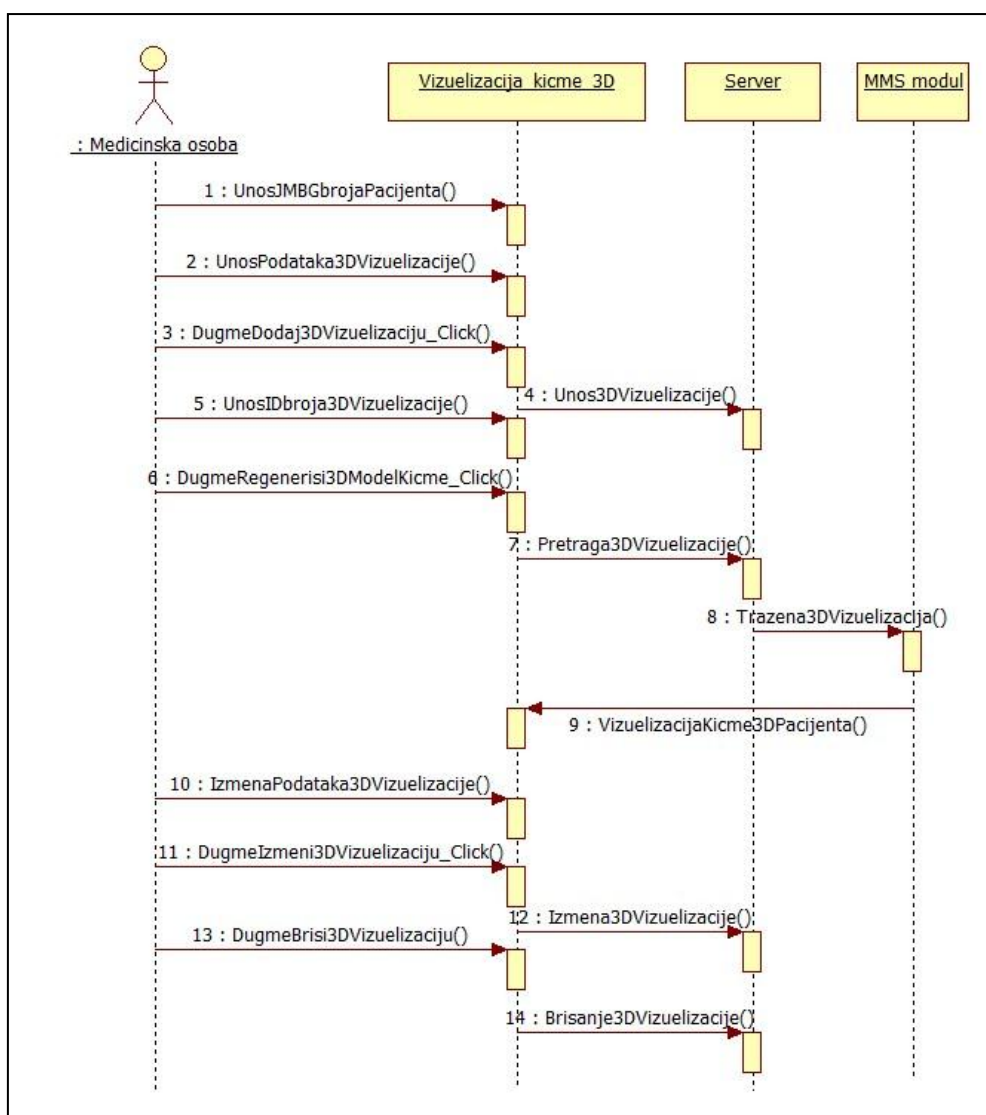
Слика 5.51. Дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

5.2.2.12. Дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D*

На слици 5.52 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D* за случај регистрованог корисника. На основу дијаграма секвенци главног интерфејса апликације, који је приказан на слици 5.42 може се закључити, да у циљу заштите података у бази података система, овој апликационој веб страници, која има могућност потпуне интеракције са базом података система може приступити само регистровани корисник, док не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D_test*, која нема никакву интеракцију са базом података система. С обзиром да у циљу уноса, претраге, измене и брисања података, који су неопходни за 3D визуелизацију кичме пацијената, веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D* најчешће приступа неко од медицинског особља, у овом дијаграму секвенци је управо и представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја веб странице.

На основу слике 5.52 се може закључити да је за унос нових података о 3D визуелизацији кичме пацијента у базу података система, потребно најпре да медицинска особа унесе *JMBG* број пацијента, а након тога све податке који су потребни за 3D визуелизацију кичме и покрене одговарајућу команду (дугме) на веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D*. За претрагу и генерисање 3D визуелизације кичме

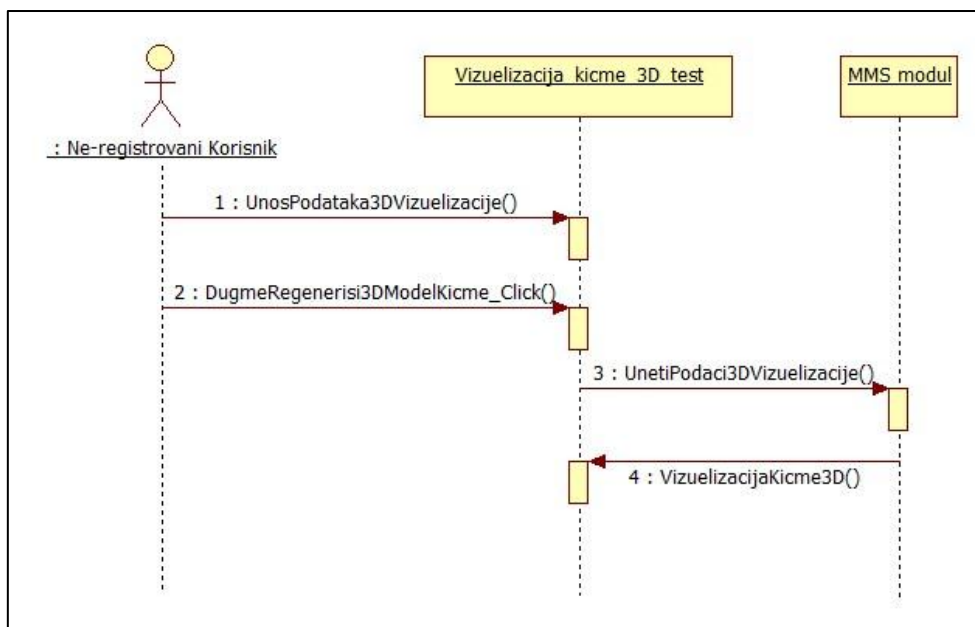
одређеног пацијента, поред уноса *JMBG* броја пацијента, потребно је да медицинска особа унесе и *ID* број жељене 3D визуелизације кичме пацијента, на основу табеле свих 3D визуелизација кичме, пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује на дну ове апликационе веб странице, након чега притиска одговарајуће дугме за регенерисање 3D визуелизације кичме. Ако подаци потребни за 3D визуелизацију кичме пацијента постоје у бази, они се као и сама 3D визуелизација кичме прослеђују *MMS* модулу за регенерисање пацијентове кичме и враћају и приказују у веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D*. Тек када се подаци о жељеној 3D визуелизацији кичме пацијента пронађу у бази података система и прикажу у веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D*, медицинска особа може, уколико је то потребно, извршити њихову измену или брисање из базе података система, што се постиже притиском на одговарајуће командно дугме апликационе веб странице *Vizuelizacija_kicme_3D*.



Слика 5.52. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На слици 5.53 приказан је дијаграм секвенци интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D_test* за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, *Vizuelizacija_kicme_3D_test* веб страница нема никакву интеракцију са базом података система. Њена основна намена је да било ком кориснику система пружи могућност

евиденције и пробног уноса неопходних података за реализацију процеса 3D визуелизације кичме пацијената, засноване на мерењу формално дефинисаних параметара визуелизације на основу оптичког снимка. *Не-регистровани корисник* има такође могућност слања захтева *MMS* модулу за генерисање 3D визуелизације кичме, притиском на одговарајуће дугме. Том приликом се унети подаци прослеђују *MMS* модулу, који генерише и враћа одговарајућу 3D визуелизацију кичме, за приказ у веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D_test*.



Слика 5.53. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

5.2.3. Дефинисање уговора о извршавању операција

Уговори о извршењу операција дефинишу ефекте које операције треба да имају по стање система. Обично се операције представљају у облику излагања описа стања, која систем има пре и после њиховог извршавања. Ови уговори могу бити дефинисани за појединачне операције сваке софтверске класе, или на нивоу општих операција система. Пошто се систем за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе налази у фази анализе, где се даје одговор на питање шта систем треба да ради, овде ће бити дефинисани само уговори о извршавању операција система. То значи да ће бити дат само формални опис стања система након извршавања основних операција, које су оквирно описане кроз претходно дате дијаграме секвенци веб страница *ScolioMedIS* апликације.

Име операције: Тражи пацијента

Одговорности: Претрага података о пацијенту задатог *ID* броја.

Изузеци: Пацијент задатог *ID* броја не постоји у бази података система.

Предуслов: Пацијент задатог *ID* броја постоји у бази података система.

Постуслов: Нађени су подаци о пацијенту задатог *ID* броја.

Име операције: Измена пацијента

Одговорности: Измена података о пацијенту задатог *ID* броја.

Изузеци: Пацијент задатог *ID* броја не постоји у бази података система.

Предуслов: Пацијент задатог *ID* броја постоји у бази података система.

Постуслов: Измењени су подаци о пацијенту задатог *ID* броја, што се може потврдити и изменом одговарајућег записа пацијента у табели за евиденцију свих пацијената у систему.

Име операције: Бриши пацијента

Одговорности: Уклањање записа података о пацијенту задатог *ID* броја из базе података система.

Изузеци: Пацијент задатог *ID* броја не постоји у бази података система.

Предуслов: Пацијент задатог *ID* броја постоји у бази података система и избрисани су сви подаци о визуелном прегледу пацијента, као и сви подаци о 3D визуелизацијама кичме пацијента задатог *ID* броја из базе података система. Осим тога, обрисани су сви снимци пацијента оптичким скенером и/или дигиталном камером и све текстуалне евиденције 3D координата кључних *DIERS* тачака, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије тог пацијента, које су биле потребне за реализацију процеса визуелизације оптичком (дигиталном) камером и оптичким скенирањем.

Постуслов: Избрисан је пацијент задатог *ID* броја из базе података система, што се може и потврдити и недостатком одговарајућег записа пацијента у табели за евиденцију свих пацијената, која се приказује у систему.

Име операције: Додај пацијента

Одговорности: Овом операцијом се подаци о новом пацијенту уписују у базу података система.

Изузеци: Пацијент задатог *JMBG* броја већ постоји у бази података система.

Предуслов: Обавезни унос података о *JMBG* броју пацијента, његовом имену и презимену.

Постуслов: Подаци о новом пацијенту унети су у базу података система, што се може потврдити додавањем новог записа пацијента у табели за евиденцију свих пацијената, која се приказује у систему.

Име операције: Тражи доктора

Одговорности: Претрага података о доктору задатог *ID* броја.

Изузеци: Доктор задатог *ID* броја не постоји у бази података система.

Предуслов: Доктор задатог *ID* броја постоји у бази података система.

Постуслов: Пронађени су подаци о доктору задатог *ID* броја.

Име операције: Измени доктора

Одговорности: Измена података о доктору задатог *ID* броја.

Изузеци: Доктор задатог *ID* броја не постоји у бази података система.

Предуслов: Доктор задатог *ID* броја постоји у бази података система.

Пост услов: Измењени су подаци о доктору задатог *ID* броја, што се може потврдити и изменом одговарајућег записа доктора у табели за евиденцију свих доктора, која се приказује у систему. Осим тога, уколико измена доктора, подразумева измену његовог имена или презимена, сходно томе измењени су и сви подаци о имену и презимену доктора у свим визуелним прегледима пацијената које је водио тај доктор.

Име операције: Бриши доктора

Одговорности: Уклањање записа података о доктору задатог *ID* броја из базе података система.

Изузеци: Доктор задатог *ID* броја не постоји у бази података система.

Предуслов: Доктор задатог *ID* броја постоји у бази података система и обрисани су сви подаци о визуелним прегледима пацијената које је обављао тај доктор из базе података система.

Постуслов: Избрисан је доктор задатог *ID* броја из базе података система, што се може потврдити и недостатком одговарајућег записа доктора у табели за евиденцију свих доктора, која се приказује у систему.

Име операције: Додај доктора

Одговорности: Овом операцијом се подаци о новом доктору уписују у базу података система.

Изузеци: Доктор већ постоји у бази података система.

Предуслов: Обавезни унос података о имену, презимену и звању доктора.

Постуслов: Подаци о новом доктору унети су у базу података система, што се може потврдити додавањем новог записа доктора у табели за евиденцију свих доктора, која се приказује у систему.

Име операције: Тражи преглед

Одговорности: Претрага података о прегледу задатог *ID* броја, који одговара пацијенту задатог *JMBG* броја.

Изузеци: У бази података не постоји преглед задатог *ID* броја, који одговара пацијенту задатог *JMBG* броја.

Предуслов: Преглед задатог *ID* броја, који одговара пацијенту задатог *JMBG* броја постоји у бази података система.

Постуслов: Пронађени су подаци о прегледу задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја.

Име операције: Прикажи извештај визуелног прегледа

Одговорности: Овом операцијом се генерише извештај о резултатима визуелног прегледа пацијента задатог *JMBG* броја и прегледа задатог *ID* броја.

Изузеци: Дошло је до грешке у систему приликом генерисања извештаја.

Предуслов: Извршена је успешна претрага прегледа задатог *ID* броја, за пацијента задатог *JMBG* броја.

Постуслов: Формиран је извештај у коме се приказују жељени подаци и који се може одштампати.

Име операције: Измени преглед

Одговорности: Измена података о прегледу.

Изузеци: У бази података не постоји преглед задатог *ID* броја, који одговара пацијенту задатог *JMBG* броја. Уколико су дефинисани садржаји атрибута *FI_c* и *FI_d* једнаки нули, не може се израчунати вредност атрибута *FI_Rezultat*.

Предуслов: Преглед задатог *ID* броја, који одговара пацијенту задатог *JMBG* броја постоји у бази података система.

Постуслов: Измењени су подаци о прегледу задатог *ID* броја за пацијента задатог *JMBG* броја, што се може потврдити и у табели евиденције свих прегледа пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује у систему.

Име операције: Бриши преглед

Одговорности: Уклањање записа података о прегледу задатог *ID* број из базе података система.

Изузеци: У бази података система не постоји пацијент задатог *JMBG* броја или пак преглед задатог *ID* броја, који одговара пацијенту задатог *JMBG* броја.

Предуслов: У бази података система постоји преглед задатог *ID* броја за пацијента задатог *JMBG* броја.

Постуслов: Избрисани су подаци о прегледу задатог *ID* броја за пацијента задатог *JMBG* броја, што се може и потврдити недостатком одговарајућег записа о прегледу задатог *ID* броја у табели евиденције свих прегледа за пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује у систему.

Име операције: Додај визуелни преглед

Одговорности: Овом операцијом се подаци о новом визуелном прегледу пацијента задатог *JMBG* броја уносе у базу података система.

Изузеци: У бази података система не постоји пацијент задатог *JMBG* броја.

Предуслов: Обавезни унос податка о *JMBG* броју пацијента.

Постуслов: Подаци о новом прегледу додати су у базу података система, што се може потврдити додавањем новог записа прегледа у табели за евиденцију свих визуелних прегледа пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује у систему.

Име операције: Тражи 3D визуелизацију

Одговорности: Претрага података о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, која одговара пацијенту задатог *JMBG* броја.

Изузеци: У бази података не постоје подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја.

Предуслов: Подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја постоје у бази података система.

Постуслов: Пронађени су подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја.

Име операције: Прикажи 3D визуелизацију

Одговорности: Овом операцијом се генерише 3D визуелизација задатог *ID* броја, која одговара пацијенту задатог *JMBG* броја.

Изузеци: Дошло до грешке у систему приликом генерисања визуелизације.

Предуслов: Извршена је успешна претрага 3D визуелизација задатог *ID* броја, која одговара пацијенту задатог *JMBG* броја.

Постуслов: Генерисан је снимак 3D визуелизације кичме пацијента.

Име операције: Измени 3D визуелизацију

Одговорности: Измена података о 3D визуелизацији.

Изузеци: У бази података не постоје подаци о 3D визуелизација задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја.

Предуслов: Подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја постоје у бази података система.

Постуслов: Измењени су подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, за пацијента задатог *JMBG* броја, што се може потврдити и у табели евиденције свих 3D визуелизација пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује у систему.

Име операције: Бриши 3D визуелизацију

Одговорности: Уклањање записа о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, за пацијента задатог *JMBG* броја из базе података система.

Изузеци: У бази података система не постоји пацијент задатог *JMBG* броја или пак подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја.

Предуслов: У бази података система постоје подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја.

Постуслов: Избрисани су подаци о 3D визуелизацији задатог *ID* броја, који одговарају пацијенту задатог *JMBG* броја, што се може и потврдити недостатком одговарајућег записа о 3D визуелизацији задатог *ID* броја у табели евиденције свих 3D визуелизација за пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује у систему.

Име операције: Додај 3D визуелизацију

Одговорности: Овом операцијом се подаци о новој 3D визуелизацији пацијента задатог *JMBG* броја уносе у базу података система.

Изузеци: У бази података система не постоји пацијент задатог *JMBG* броја.

Предуслов: Обавезни унос податка о *JMBG* броју пацијента.

Постуслов: Подаци о новој 3D визуелизацији додати су у базу података система, што се може потврдити додавањем новог записа о 3D визуелизацији у табели за евиденцију свих 3D визуелизација пацијента задатог *JMBG* броја, која се приказује у систему.

5.3. Објектно оријентисани дизајн пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Објектно оријентисани дизајн подразумева логичку и физичку декомпозицију система који се моделује, на мање софтверске целине и блокове, као и спецификацију статичких и динамичких аспеката система. Статички аспекти система моделују се помоћу дијаграма класа и дијаграма објеката, који обезбеђују визуелно приказивање елемената који егзистирају у систему. Динамички аспекти система се моделују коришћењем дијаграма сарадње и дијаграма стања, којима се представља размена порука између скупа објеката који постоје у систему.

Дакле, објектно оријентисани дизајн обухвата следеће активности које ће у раду бити разматране:

- Израда дијаграма сарадње оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе;
- Израда потпуних дијаграма класа оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе;
- Израда дијаграма стања оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе;
- Дефинисање пакета.

5.3.1. Израда дијаграма сарадње

Дијаграмима сарадње се као и дијаграмима секвенци моделују интеракције у систему. Интеракција представља размену скупа порука између скупа објеката у систему, при њиховој међусобној комуникацији. Извођењем те комуникације објекти остварују очекивано понашање, тј. извршавају основне функције система које апликација треба да обезбеди кориснику.

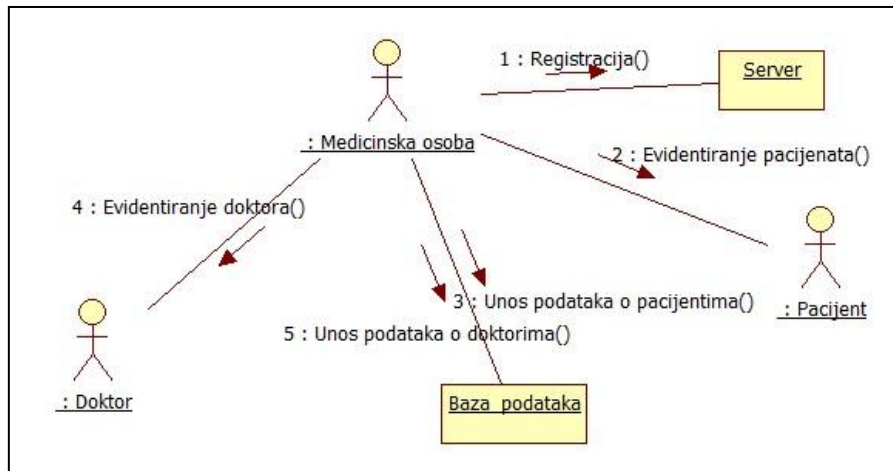
Дијаграми сарадње као и дијаграми секвенци врше трансформацију концепата система у класни дијаграм, на основу кога се развија софтверско решење проблема, јер се њима описује реализација операција будућих класа. Дијаграмима сарадње као и дијаграмима секвенци одређује се који објекат извршава коју операцију будуће апликације. Дијаграми сарадње имају форму графа. Чворови су објекти класа, спојени везама по којима се крећу поруке. С обзиром да се и дијаграми сарадње и дијаграми секвенци изводе из истих информација, ови дијаграми су међусобно еквивалентни. Последица тога је да се један дијаграм може превести у други без икаквог губитка информација. Међутим, за разлику од дијаграма секвенци којима се наглашава временски редослед порука које се преносе, дијаграмима сарадње наглашавају се везе између објеката који међусобно комуницирају. Дијаграми сарадње описују везе између објеката детаљним приказивањем комуникације, коју они међусобно врше.

Значај дијаграма сарадње састоји се у томе што се њима детаљније описују неке операције које се не могу лепо приказати дијаграмима секвенци. Осим тога, ови дијаграми су знатно погоднији за приказ више паралелних токова информација. У ту сврху ће се и овде користити, за приказ сарадње објеката у току извршавања оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе.

5.3.1.1. Дијаграм сарадње за случај употребе Унос података

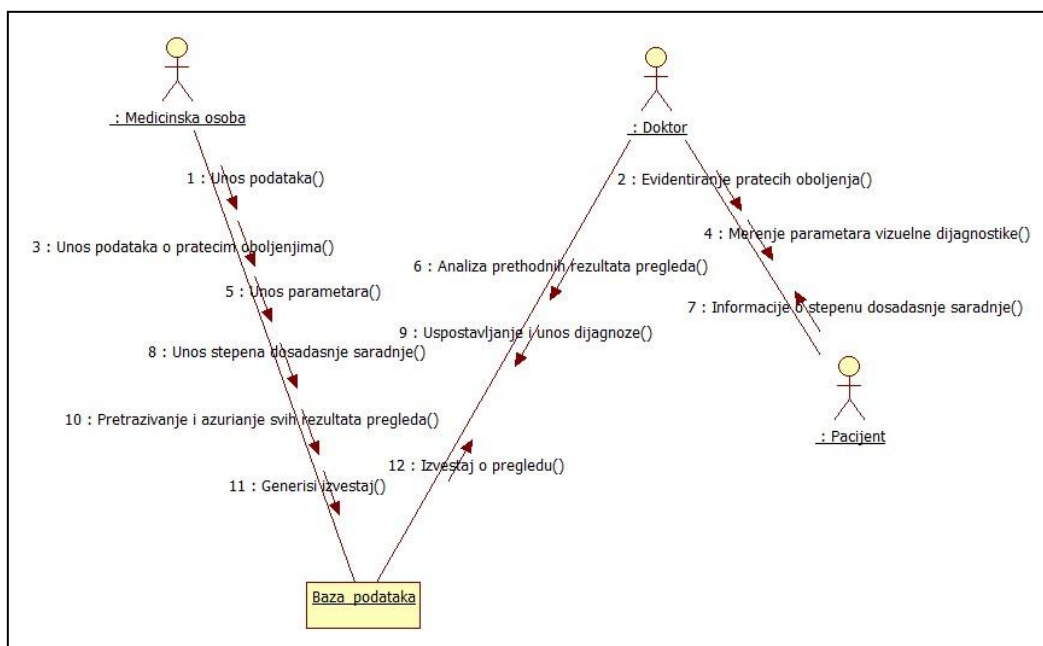
На слици 5.54 приказан је дијаграм сарадње за случај употребе *Унос података*. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу

њихове размене између објеката. Логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.54. Дијаграм сарадње за случај употребе Унос података

5.3.1.2. Дијаграм сарадње за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента

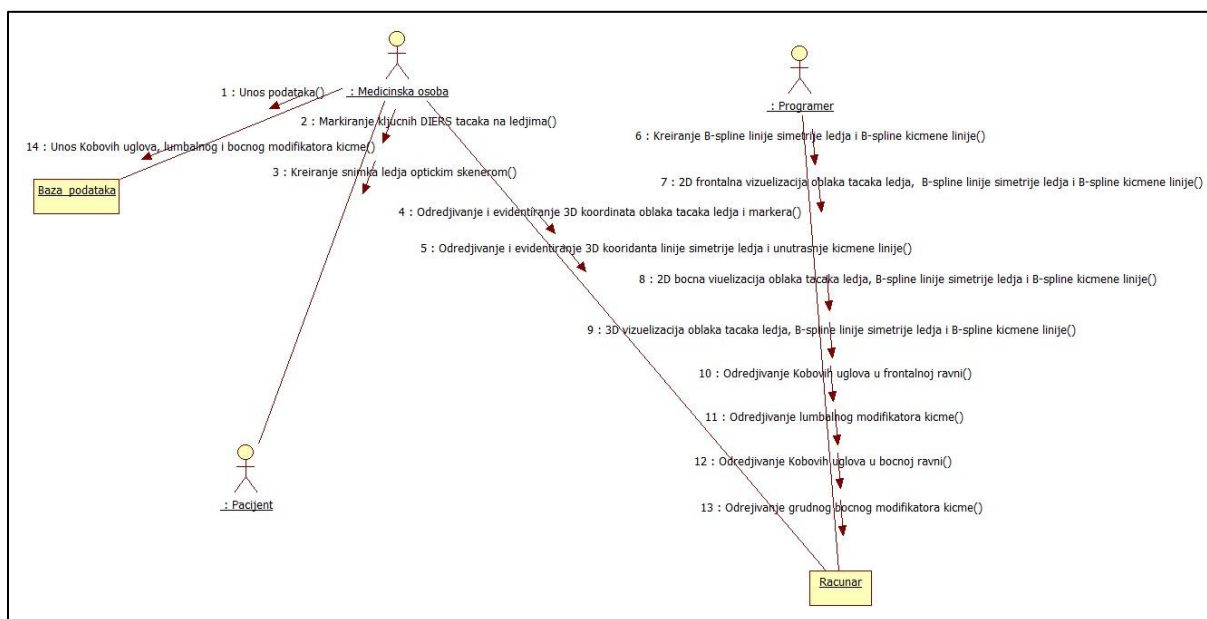


Слика 5.55. Дијаграм секвенци за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента

На слици 5.55 приказан је дијаграм сарадње за случај употребе *Евидентирање визуелног прегледа пацијента*. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

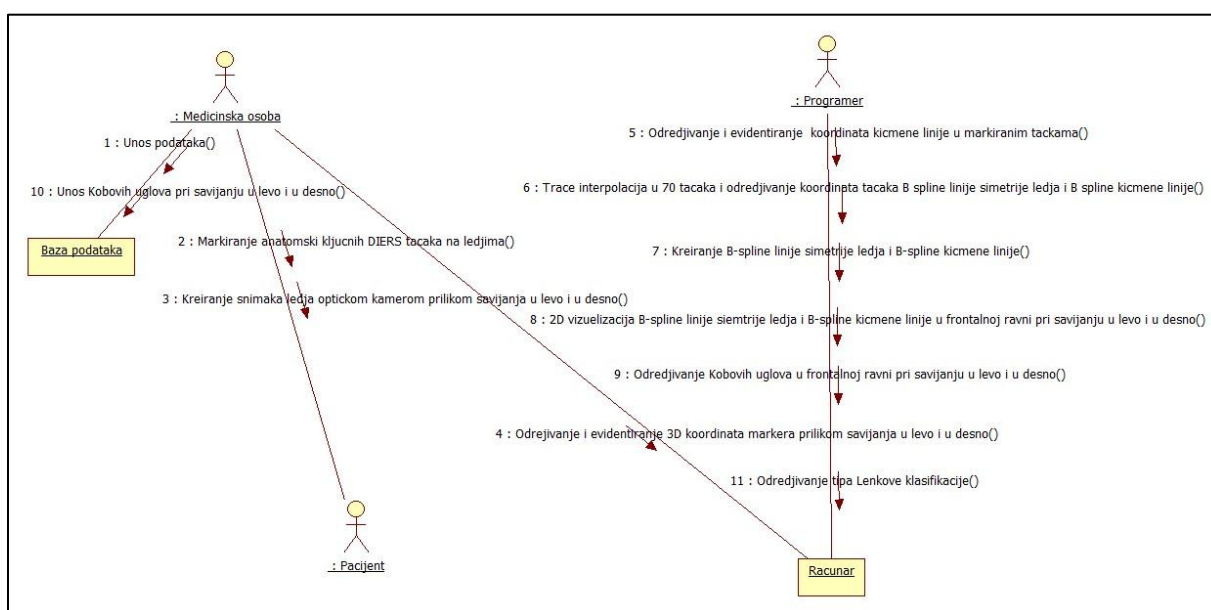
5.3.1.3. Дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем

На слици 5.56 приказан је дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.56. Дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем

5.3.1.4. Дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичком камером

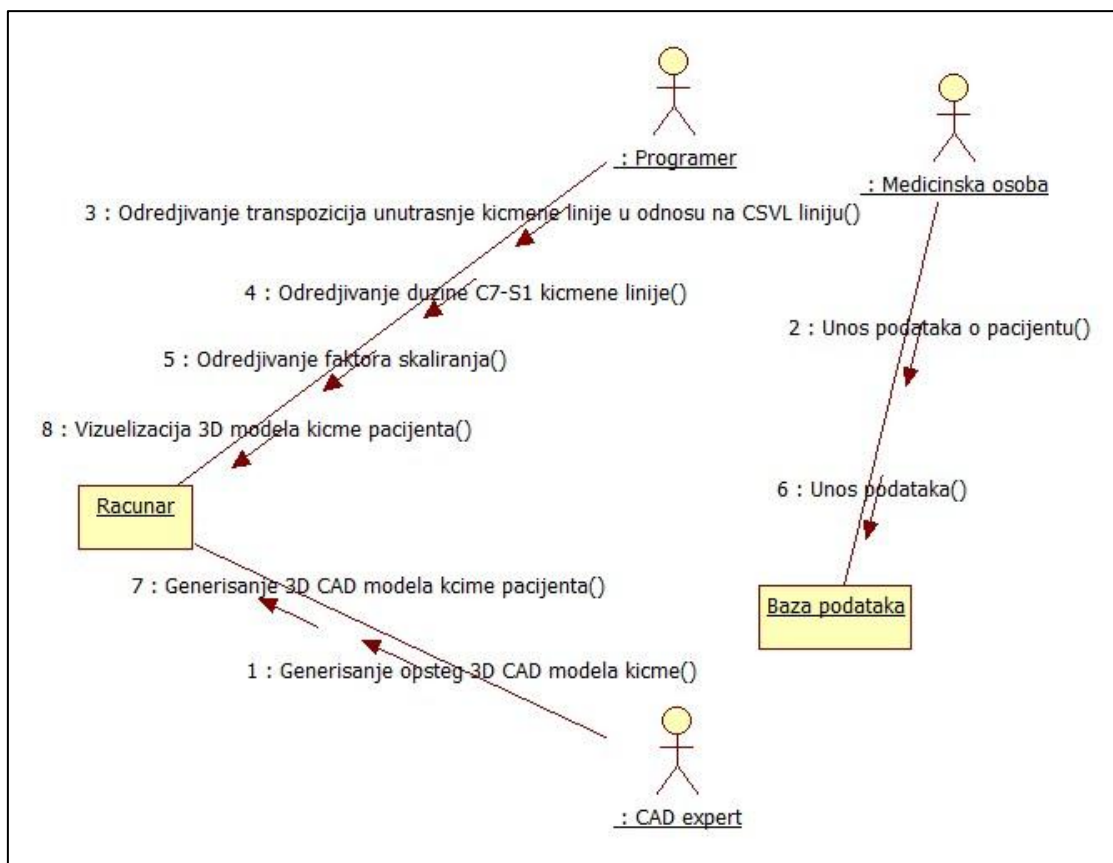


Слика 5.57. Дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичком камером

На слици 5.57 приказан је дијаграм сарадње за случај употребе *Vizuelizacija_optickom_kamerom*. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

5.3.1.5. Дијаграм сарадње за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента

На слици 5.58 приказан је дијаграм секвенци за случај употребе *3D визуелизација кичме пацијента*. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

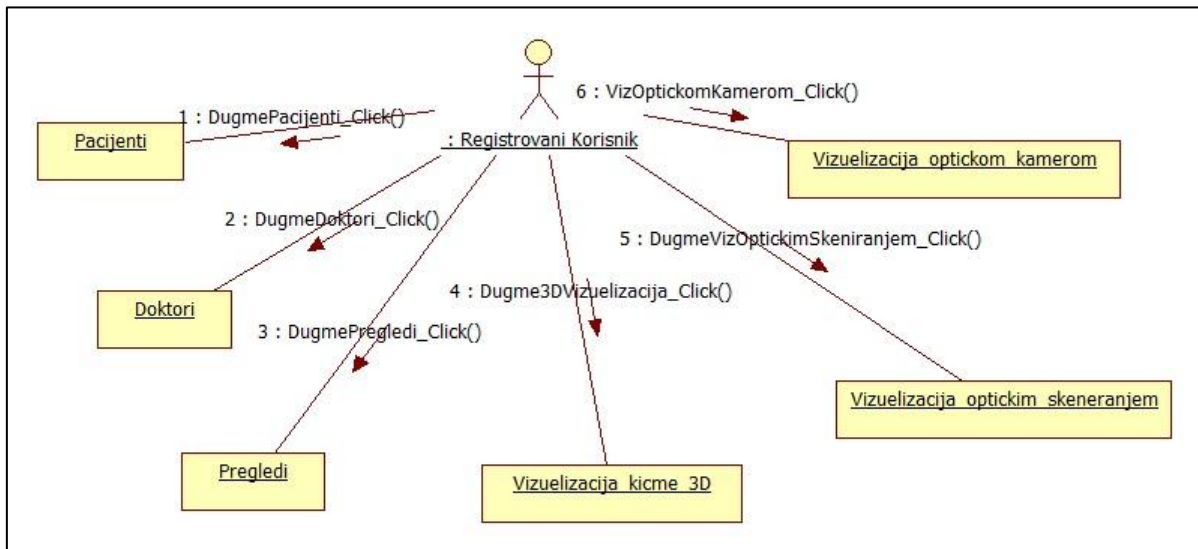


Слика 5.58. Дијаграм сарадње за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента

5.3.1.6. Дијаграм сарадње главног интерфејса апликације ScolioMedIS - ScolioMedIS glavna

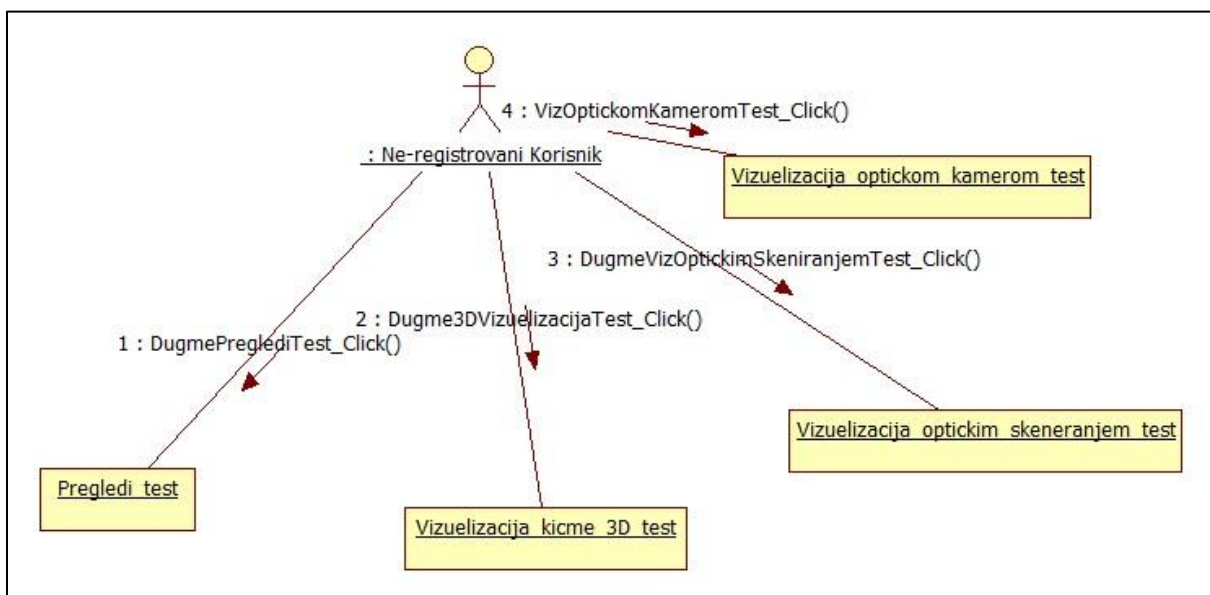
На исти начин као што су дефинисани дијаграми секвенци за интерфејсе, овде ће бити приказани одговарајући дијаграми сарадње. За разлику од дијаграма секвенци класа интерфејса, дијаграми сарадње наглашавају структуру веза између објеката, који међусобно комуницирају.

На слици 5.59 приказан је дијаграм сарадње главног интерфејса апликације *ScolioMedIS -_ScolioMedIS_glavna* за случај регистрованог корисника. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци. Логика којом се одвија слање порука у случају главног интерфејса апликације иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.59. Дијаграм сарадње веб странице главног интерфејса апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

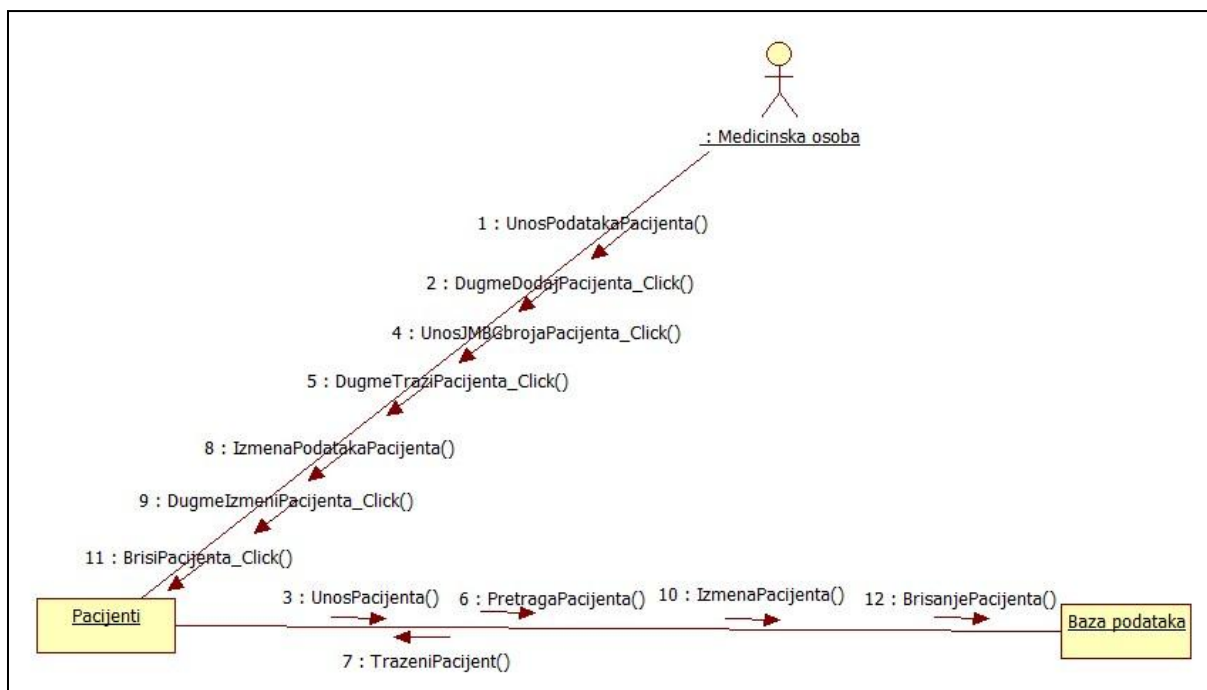
На слици 5.60 приказан је дијаграм сарадње главног интерфејса апликације *ScolioMedIS-ScolioMedIS_glavna*, за случај не-регистрованог корисника. За разлику од регистрованог корисника, не-регистровани корисник има могућност приступа само следећим страницама апликације: *Pregledi_test*, *Vizuelizacija kicme 3D_test*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test* или *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test*.



Слика 5.60. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *ScolioMedIS_glavna* за случај не-регистрованог корисника

5.3.1.7. Дијаграм сарадње интерфејса *Pacijenti*

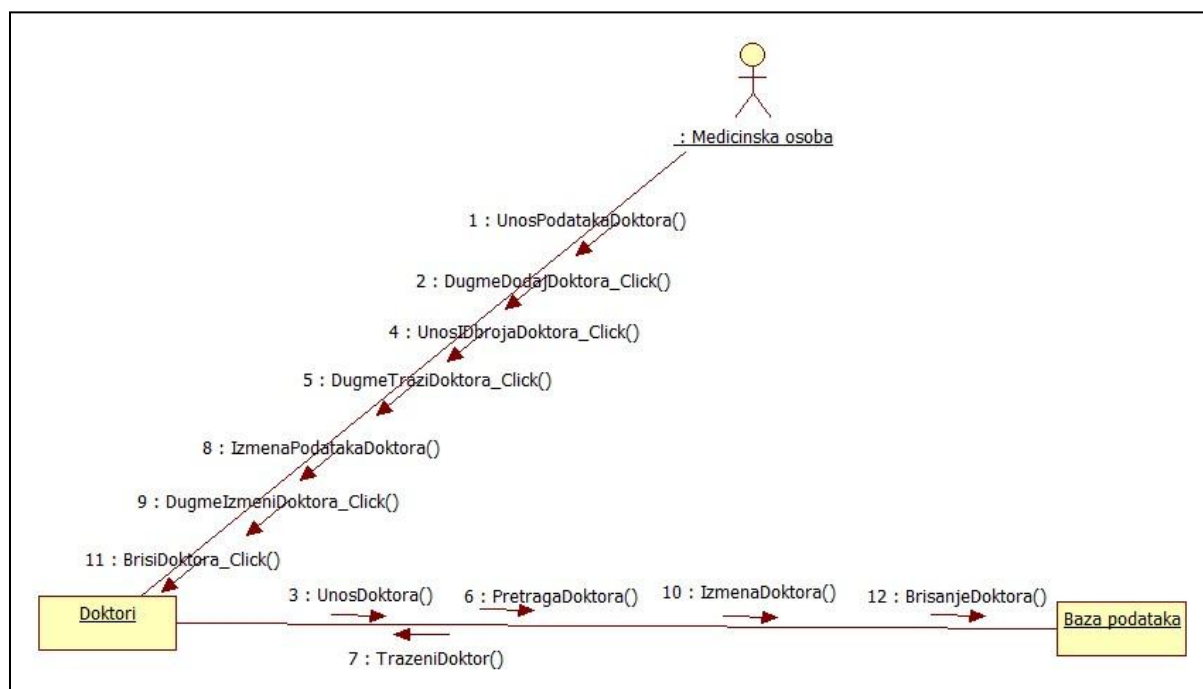
На слици 5.61 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Pacijenti*, за случај регистрованог корисника. У циљу заштите података који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS*, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник система, што је најчешће неко од медицинског особља, па је то разлог што је у дијаграму сарадње управо и представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја веб странице. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.61. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Pacijenti*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

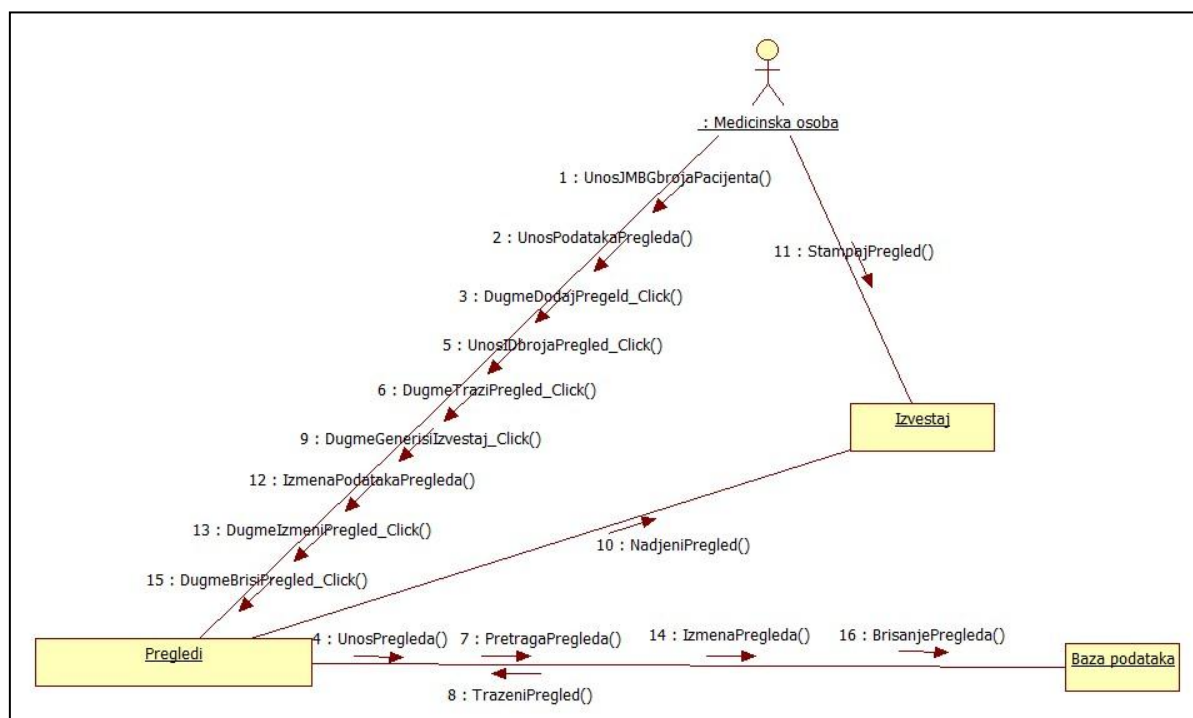
5.3.1.8. Дијаграм сарадње интерфејса *Doktori*

На слици 5.62 приказан је дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Doktori*, за случај регистрованог корисника. У циљу заштите података који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS*, овој апликационој страници као и апликационој страници *Pacijenti* може приступити само регистровани корисник система, што је најчешће неко од медицинског особља, па је то разлог што је у овом као и претходном дијаграму сарадње управо и представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја ове веб странице. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука, по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.62. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Doktori*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

5.3.1.9. Дијаграм сарадње интерфејса *Pregledi*

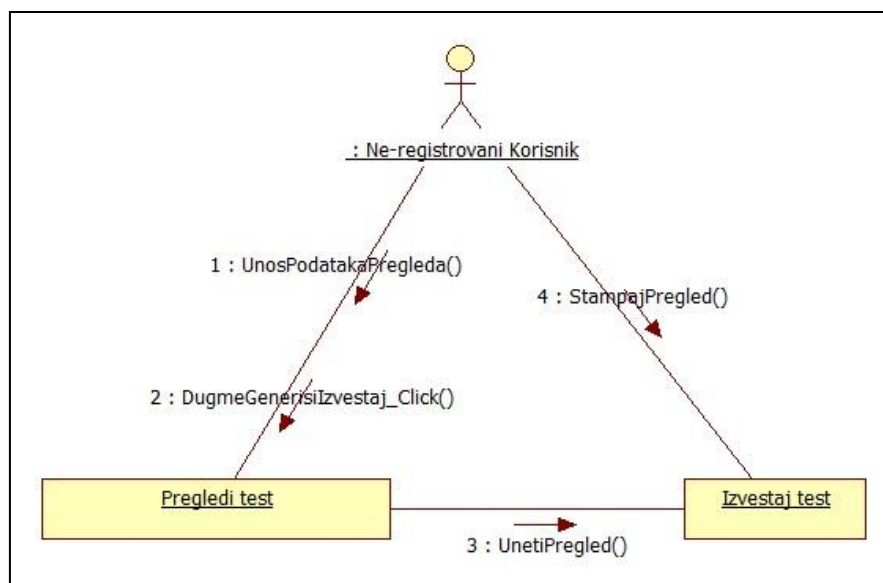


Слика 5.63. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Pregledi*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На слици 5.63 приказан је дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Pregledi*, за случај регистрованог корисника. У циљу заштите података у бази података система,

овој апликационој веб страници, која има могућност потпуне интеракције са базом података система може приступити само регистровани корисник, док не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Pregledi_test*, која нема никакву интеракцију са базом података система. С обзиром да у циљу уноса, претраге, измене и брисања података о прегледима пацијената, веб страници *Pregledi* најчешће приступа неко од медицинског особља, у овом дијаграму сарадње је управо и представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја веб странице. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

На слици 5.64 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Pregledi_test* за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, веб страница *Pregledi_test* нема никакву интеракцију са базом података система. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

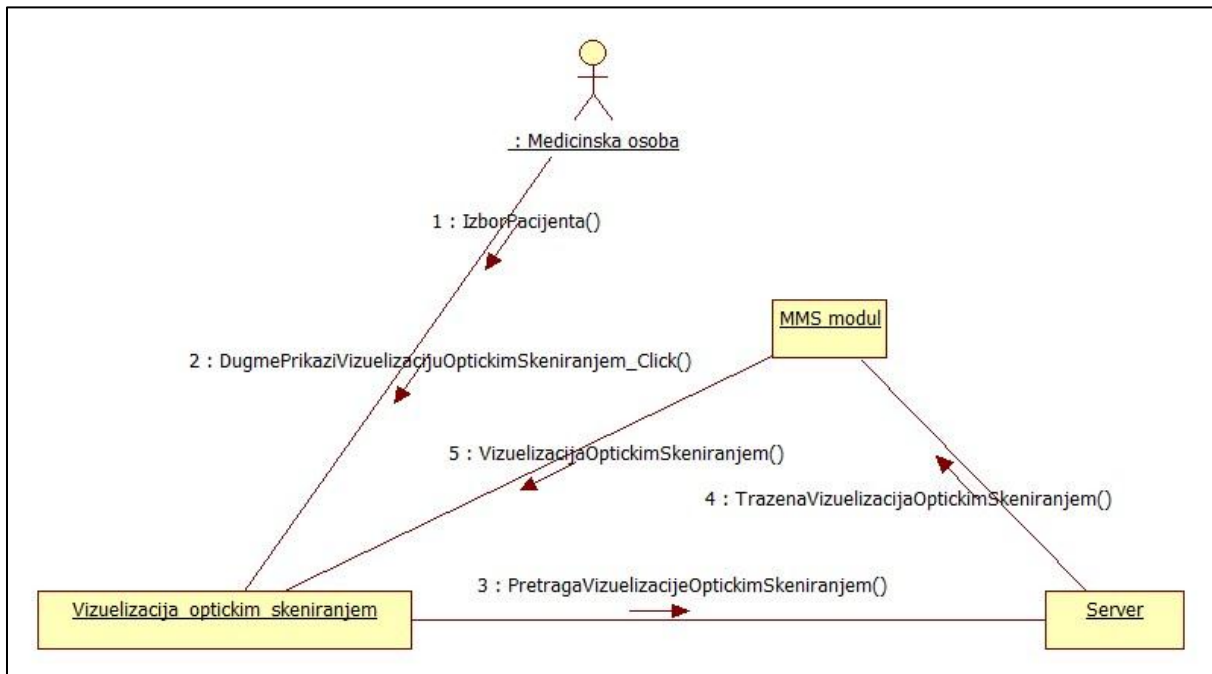


Слика 5.64. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Pregledi_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

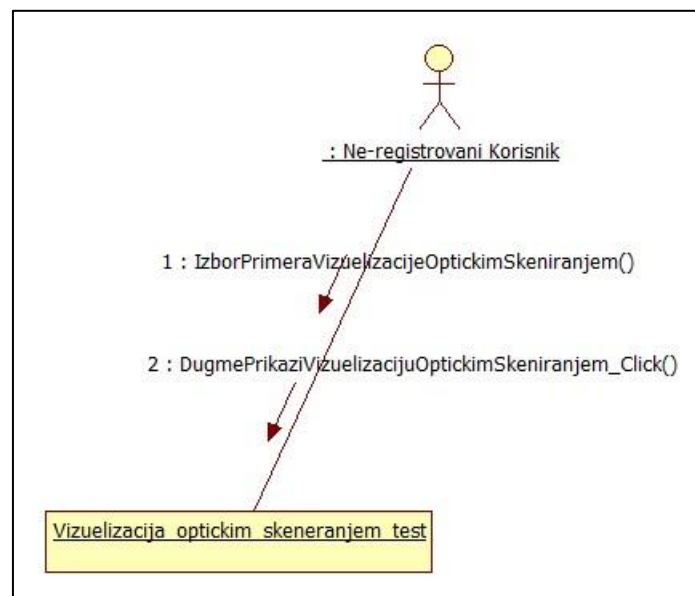
5.3.1.10. Дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*

На слици 5.65 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* за случај регистрованог корисника. У циљу заштите података оптичких скенирања пацијената архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник, док не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test*, у којој се само приказују примери визуелизација оптичким скенирањем. Као и у претходним дијаграмима сарадње интерфејса апликације *ScolioMedIS* и у овом дијаграму сарадње је представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја

ове веб странице. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.65. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

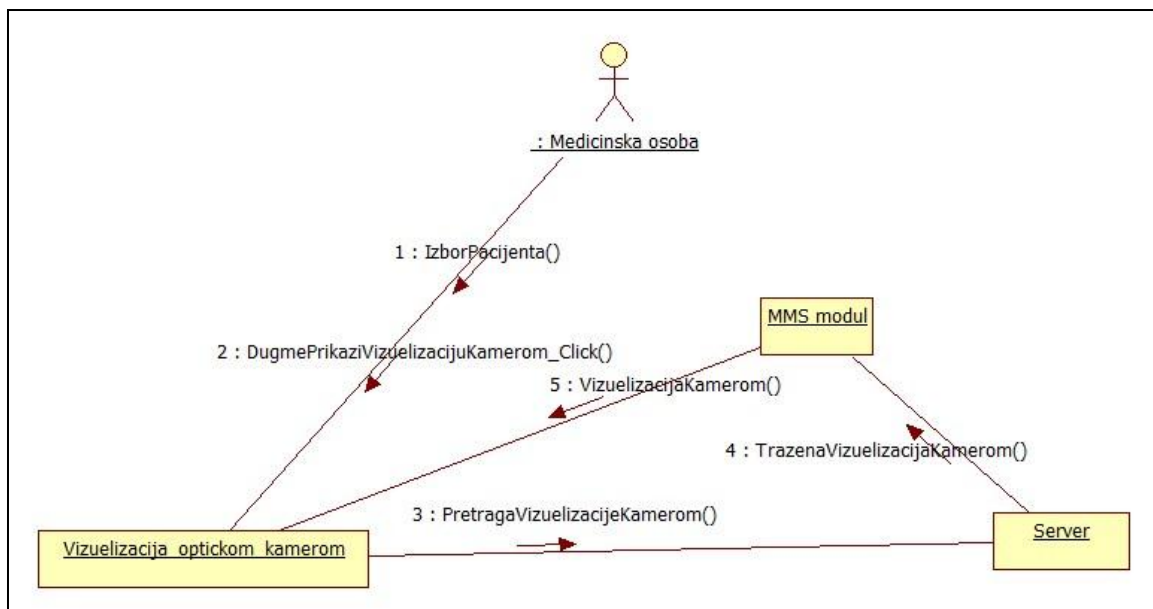


Слика 5.66. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На слици 5.66 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test*, за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, веб страница *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test* нема приступ подацима оптичких скенирања пацијената, архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару. Њена основна намена је да било ком кориснику система пружи могућност приказа одабраног примера визуелизација оптичким скенирањем. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

5.3.1.11. Дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom*

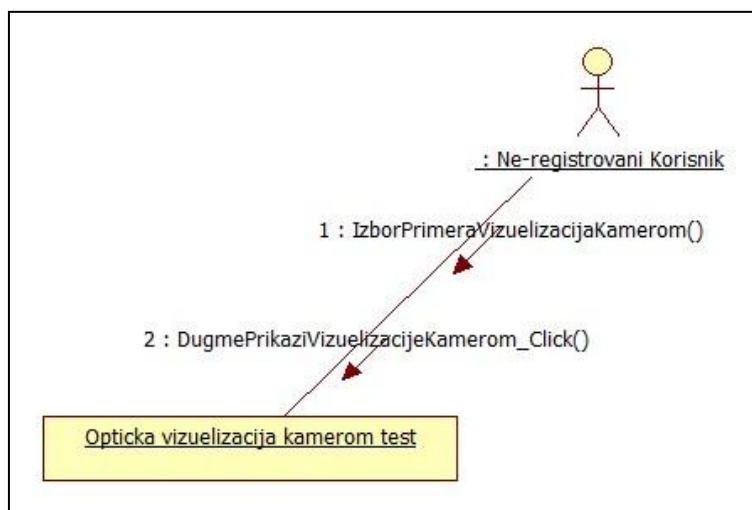
На слици 5.67 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom* за случај регистрованог корисника. У циљу заштите података оптичких визуелизација камером пацијената архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник. Не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test* у којој се само приказују примери визуелизација оптичком (дигиталном) камером. Као и у претходним дијаграмима сарадње интерфејса апликације *ScolioMedIS* и у овом дијаграму сарадње је представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја ове веб странице. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.67. Дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom* *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На слици 5.68 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test*, за случај не-регистрованог корисника. Као што је

већ напоменуто, веб страница *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test* нема приступ подацима оптичке визуелизације камером пацијената, архивираних у текстуалним фајловима на серверском рачунару. Њена основна намена је да било ком кориснику система пружи могућност приказа одабраног примера оптичких визуелизација камером. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



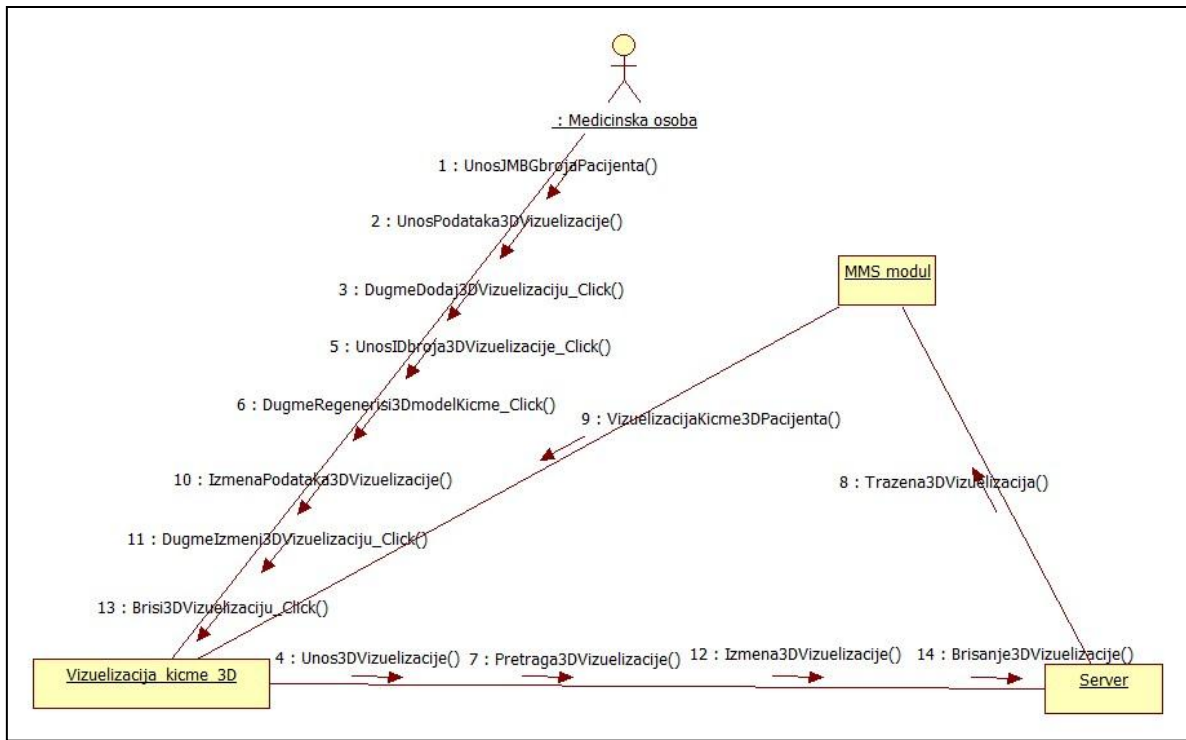
Слика 5.68. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Vizuelizacija_optickom_kamerom_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

5.3.1.12. Дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D*

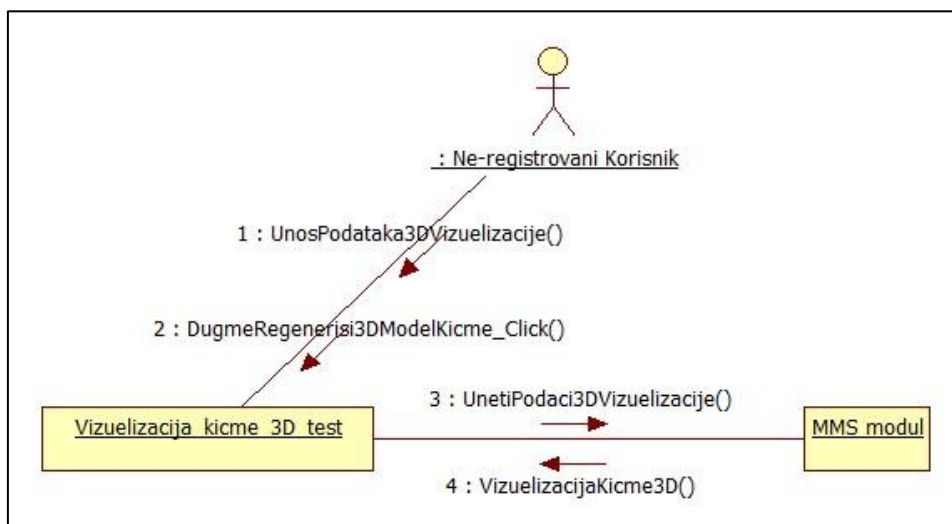
На слици 5.69 приказан је дијаграм сарадње интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D*, за случај регистрованог корисника. У циљу заштите података у бази података система, овој апликационој веб страници, која има могућност потпуне интеракције са базом података система може приступити само регистровани корисник, док не регистровани корисник има могућност приступа само веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D_test*, која нема никакву интеракцију са базом. С обзиром да у циљу уноса, претраге, измене и брисања података, који су неопходни за 3D визуелизацију кичме пацијената, веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D* најчешће приступа неко од медицинског особља, у овом дијаграму сарадње је управо и представљена медицинска особа, као регистровани корисник који је иницијатор различитих догађаја веб странице. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.

На слици 5.70 приказан је дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D_test* за случај не-регистрованог корисника. Као што је већ напоменуто, веб страница *Vizuelizacija_kicme_3D_test* нема никакву интеракцију са базом података система. Дијаграм је урађен на основу одговарајућег дијаграма секвенци, па су у складу са њим додати и бројеви који представљају нумерацију порука по временском редоследу њихове размене између објеката. Иначе, логика којом се

одвија слање порука иста је као и у одговарајућем дијаграму секвенци, па стога овде неће бити поново разматрана.



Слика 5.69. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D*, апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника



Слика 5.70. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса *Vizuelizacija_kicme_3D_test*, апликације *ScolioMedIS* за случај не-регистрованог корисника

5.3.2. Израда потпуних дијаграма класа

Потпуни дијаграм класа специфицира логичке и статичке аспекте система који се моделује. Израђује се на основу већ дефинисаног концептуалног модела и дијаграма

интеракције (дијаграма секвенци и дијаграма сарадње). Итеративним поступком врши се идентификација свих класа које постоје у концептуалном моделу и њима додају операције, анализом дијаграма интеракције. Такође се уколико је то потребно, додају нове класе, нови атрибути, детаљно описују релације између класа и спецификују имплементациони детаљи свих елемената.

Класа садржи скуп атрибута и операција којима се описују особине (својства) и понашање објеката дефинисаних концепата. Својства објеката дефинисана су концептуалним моделом, а њихова понашања (операције) дефинисана су дијаграмима интеракције. Класа представља апстракцију за све објекте реалног света, који имају иста својства и операције. Објекат који припада класи је примерак (инстанца) класе и представља конкретизацију ствари, која постоји у реалном простору и времену, са тачно дефинисаним вредностима сваког својства и могућношћу извршавања понашања класе. Атрибутима класе, представљају се особине (својства) објеката класе, са дефинисаним скупом вредности које објекти класе могу имати. Операције класе, представљају имплементацију сервиса који се може захтевати од било којег објекта класе, да би се тако утицало на његово понашање. Операције мењају вредности атрибута објеката класе.

Израда потпуног дијаграма класа изводи се кроз следеће активности: дефинисање класа, дефинисање атрибута, дефинисање операција, дефинисање веза и кардиналности, дефинисање дијаграма класа и дефинисање класа интерфејса апликације.

5.3.2.1. Дефинисање потпуног дијаграма класа

На слици 5.71 приказан је потпуни дијаграм класа *Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе*. Поред одговарајућих атрибута и релација са другим класама, који су оквирно описани приликом дефинисања концепата у поглављу 5.2.1.1, у класном дијаграму све класе поседују и операције (функције чланице, методе). Све класе имају две карактеристичне функције чланице, које носе исти назив као и одговарајућа класа, које представљају подразумеване конструкторе и деструкторе класа, са том разликом што деструктори класа испред назива одговарајуће класе имају додат знак '~'. Подразумевани конструктор се увек позива када се креира објекат одговарајуће класе, који ће имати подразумеване вредности својих атрибута. Са друге стране, деструктор се позива увек када се уништава објекат одређене класе. Осим конструктора и деструктора, све класе поседују методе за унос података тј. дефинисање вредности одговарајућих атрибута класе и измену тих вредности. Надаље ће за сваку појединачну класу у систему за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе детаљно бити описани: атрибути, операције и релације са другим класама.

Класа Pacijent

Класа *Pacijent* представља основну класу у систему оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе (слика 5.71). *Pacijent* представља апстракцију свих пацијената код којих се врши оптичка визуелизација и дијагностика сколиозе.

Атрибути класе: *PacijentID*, *JMBG*, *LBO*, *Ime*, *Prezime*, *Datum_rodjenja*, *Pol*, *Ulica_broj*, *Mesto*, *Opstina*, *DoktorID*.

Операције класе: Поред конструктора и деструктора (*Pacijent()* и *~Pacijent()*), ова класа садржи и функције чланице за унос основних података о пацијенту и измену ових података.

Релације са другим класама: Класа *Pacijent* је основна класа реалног система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе, која је у релацији са свим класама система. Класа *Pacijent* је у релацији *se_pregleda* нула, један или више са класом *Vizuelni_pregled*, јер се преглед може обавити над једним пацијентом, нула, један или више пута. Класа *Pacijent* је у релацији *se_snima* нула, један или више са класама *Vizuelizacija_optickom_kamerom* и *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem*, јер се визуелизације оптичком (дигиталном) камером и оптичким скенирањем могу обавити над једним пацијентом нула, један или више пута. Осим наведеног, класа *Pacijent* је у релацији *se_vizuelizuje* нула, један или више са класом *Vizuelizacija_kicme_3D*, јер се 3D визуелизација кичме може обавити над једним пацијентом нула, један или више пута. Описане кардиналности ових релација приказане су на слици 5.71.

Класа Doktor

Класа *Doktor* представља апстракцију за све докторе ортопедије и физијатрије, који врше процес визуелне дијагностике сколиозе и такође учествују у процесу оптичке визуелизације сколиозе (слика 5.71).

Атрибути класе: *DoktorID*, *Ime*, *Prezime*, *Zvanje*, *Zdravstvena_ustanova*, *Kontakt_telefon*.

Операције класе: Поред конструктора и деструктора (*Doktor()* и *~Doktor()*), ова класа садржи и функције чланице за унос основних података о доктору и измену ових података.

Релације класе: Класа *Doktor* је у релацији *leci* један или више са класом *Pacijent*, а у релацији *obavlja* нула, један или више са класом *Vizuelni_pregled*. Наведене кардиналности релације између класа *Doktor* и *Vizuelni_pregled*, као и *Doktor* и *Pacijent* приказане су на слици 5.71.

Класа Vizuelni_pregled

Класа *Vizuelni_pregled* је апстракција свих визуелних прегледа, који се врше у процесу оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе.

Атрибути: *PregledID*, *PacijentID*, *Prva_menarha_devojcice*, *Godina_dijagnostikovanja_skolioze*, *Luxatio_coxae_congenita*, *Deformiteti_stopala*, *Neuroloska_oboljenja*, *Respiratorna_oboljenja*, *Ostala_prateca_oboljenja*, *Datum_pregleda*, *Redni_broj_pregleda*, *Telesna_visina*, *Telesna_tezina*, *Translacija_kicme*, *Translacija_kicme_LD*, *Duzina_leve_noge*, *Duzina_desne_noge*, *Pad_karlice*, *Pad_karlice_LD*, *Visina_levog_ramena*, *Visina_desnog_ramena*, *Razlika_visine_lopatice*, *Razlika_lopatice_LD*, *Udaljenost_leve_lopatice*, *Udaljenost_desne_lopatice*, *Lorenc_trougao_levo*, *Lorenc_trougao_desno*, *Obim_grudnog_kosa_inspirijum*, *Obim_grudnog_kosa_ekspirium*, *Rebarna_grba*, *Rebarna_grba_LD*, *Skoliometar_ocitano1*, *Skoliometar_ocitano2*, *Skoliometar_ocitano3*, *Skoliometar_rezultat1*, *Skoliometar_rezultat2*, *Skoliometar_rezultat3*, *Kontraktura_iliopsoasa_levo*, *Kontraktura_iliopsoasa_desno*, *Lumbalna_lordoza*, *FI_a*, *FI_b*, *FI_c*, *FI_d*, *FI_Rezultat*, *Datum_rendgenskog_snimanja*, *Risser_znak*, *Cobb_ugao*, *Dijagnoza*, *Redovnost_kontrolisanja*, *Redovnost_vezbanja*, *Prosecna_saradnja*, *Napomena*, *DoktorID*, *Datum_sledeceg_pregleda*.

Операције класе: Поред конструктора и деструктора ова класа садржи и функције чланице за унос основних података о прегледу и измену ових података.

Релације: Класа *Vizuelni_pregled* је у одговарајућим релацијама са класама *Pacijent* и *Doktor* (слика 5.71). Ове релације су описане приликом дефинисања класа *Pacijent* и *Doktor*, тако да овде неће бити поново разматране.

Класа Vizuelizacija optickim skeniranjem

Ова класа је апстракција свих оптичких визуелизација пацијента оптичким скенирањем.

Атрибути: *OVS_ID*, *PacijentID*, *x_tacka_ledja*, *y_tacka_ledja*, *z_tacka_ledja*, *naziv_DIERS_markera*, *x_DIERS_marker*, *y_DIERS_marker*, *z_DIERS_marker*, *x_simetrija_ledja*, *y_simetrija_ledja*, *z_simetrija_ledja*, *x_kicmena_linija*, *y_kicmena_linija*, *z_kicmena_linija*.

Операције класе: Поред конструктора и деструктора, ова класа садржи и функције чланице за унос основних података о визуелизацији оптичким скенирањем и измену ових података, функције за одређивање Кобових углова у фронталној и бочној равни у усправном положају пацијента: *Kobovi_uglovi_FR_uspravno()* и *Kobovi_uglovi_BR_uspravno()* и функције за одређивање лумалног и грудног бочног модификатора кичме: *Lumalni_modifikator()* и *Grudni_bocni_modifikator()*.

Релације: Класа *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* је у релацији са класом *Pacijent* (слика 5.71). Ова релација је описана приликом дефинисања класе *Pacijent*, тако да овде неће бити поново разматрана.

Класа Vizuelizacija optickom kamerom

Класа *Vizuelizacija_optickom_kamerom* је апстракција свих оптичких визуелизација камером пацијената.

Атрибути: *OVK_ID*, *PacijentID*, *naziv_DIERS_markera*, *x_DIERS_marker_levo*, *y_DIERS_marker_levo*, *z_DIERS_marker_levo*, *Dx_DIERS_marker*, *Dy_DIERS_marker*, *Dz_DIERS_marker*, *x_simetrija_ledja_levo*, *y_simetrija_ledja_levo*, *z_simetrija_ledja_levo*, *x_simetrija_ledja_desno*, *y_simetrija_ledja_desno*, *z_simetrija_ledja_desno*.

Операције класе: Поред конструктора и деструктора, ова класа садржи и функције чланице за унос основних података о визуелизацији камером и измену ових података, као и функције за одређивање Кобових углова у фронталној равни приликом савијања пацијента у лево и у десно: *Kobovi_uglovi_FR_levo()*, *Kobovi_ugao_FR_desno()*, као и функцију за одређивање Ленковог типа класификације *Lenkov_tip()*.

Релације: Класа *Vizuelizacija_optickom_kamerom* је у релацији са класом *Pacijent* (слика 5.71). Ова релација је описана приликом дефинисања класе *Pacijent*, тако да овде неће бити поново разматрана.

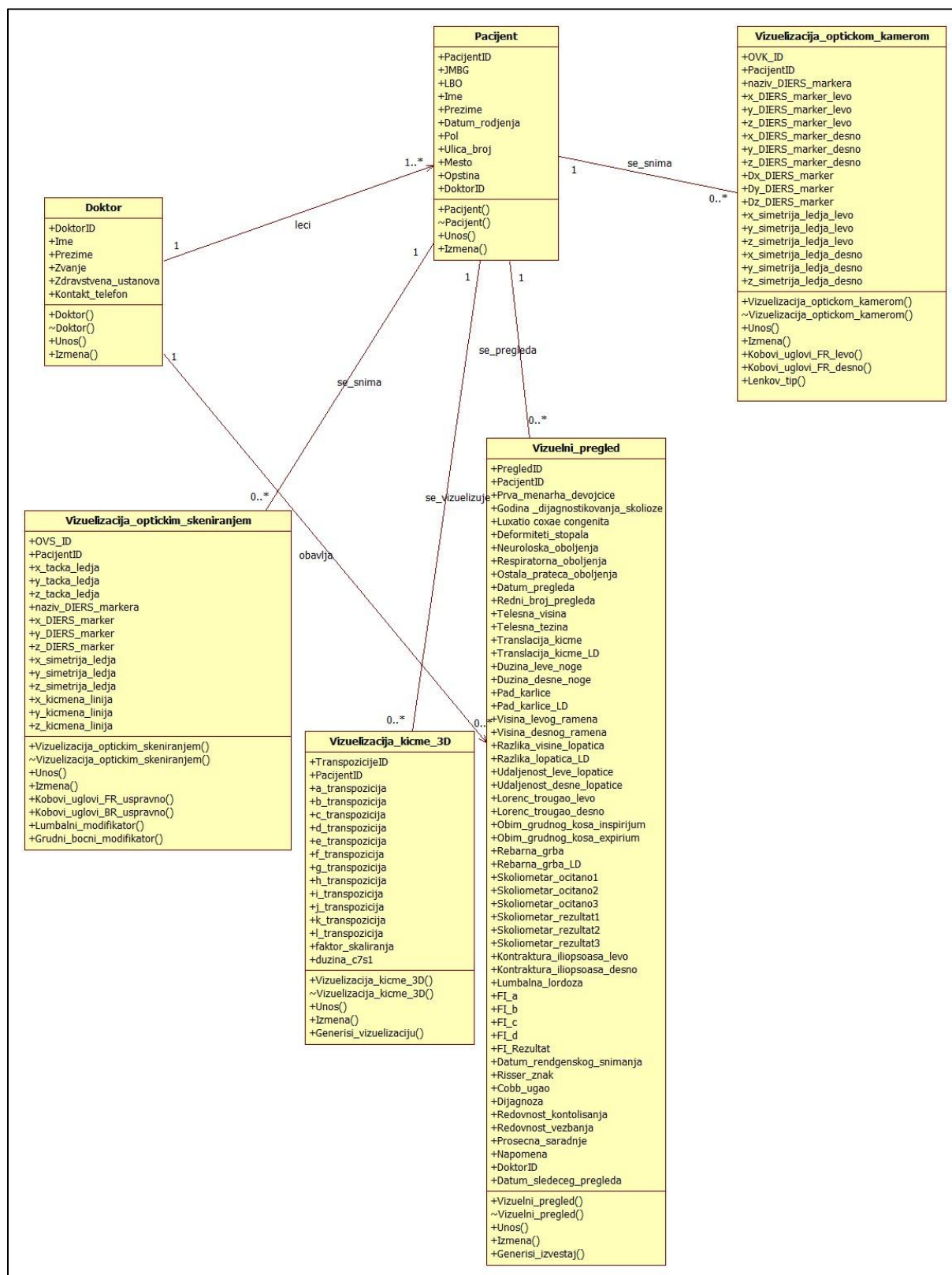
Класа Vizuelizacija kicme 3D

Ова класа је апстракција свих оптичких визуелизација кичме пацијента.

Атрибути: *TranspozicijeID*, *PacijentID*, *a_transpozicija*, *b_transpozicija*, *c_transpozicija*, *d_transpozicija*, *e_transpozicija*, *f_transpozicija*, *g_transpozicija*, *h_transpozicija*, *i_transpozicija*, *j_transpozicija*, *k_transpozicija*, *l_transpozicija*, *faktor_skaliranja*, *duzina_c7s1*.

Операције класе: Поред конструктора и деструктора, ова класа садржи и функције чланице за унос основних података о 3D визуелизацији кичме пацијента, измену ових података и функцију за генерисање 3D визуелизације кичме (слика 5.71).

Релације: Класа *Vizuelizacija_kicme_3D* је у релацији са класом *Pacijent* (слика 5.71). Ова релација је описана приликом дефинисања класе *Pacijent*, тако да овде неће бити поново разматрана.



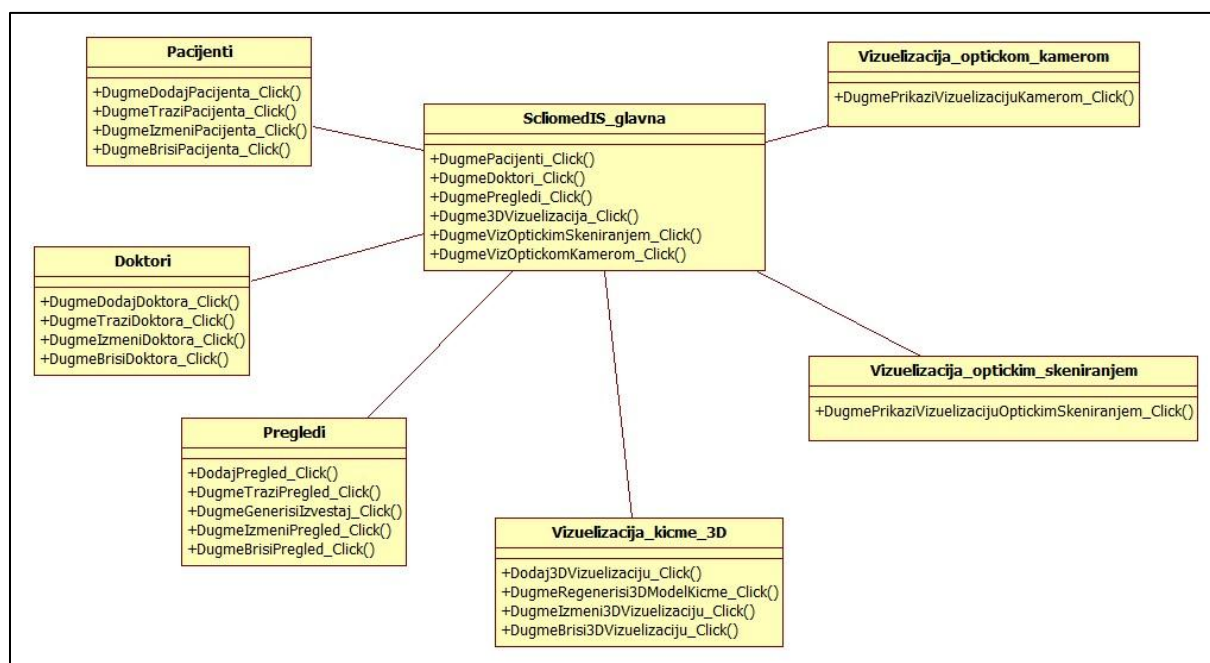
Слика 5.71. Дијаграм класа Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе

Битно је напоменути да у току читавог развојног процеса апликације за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе, корисници апликације морају бити активно ангажовани. Интервјуи који су обављени са корисницима приликом дефинисања захтева, не смеју бити њихов једини контакт са пројектантом. Наиме, сасвим је

природно очекивати да корисник при првом интервјуу није у стању да изнесе све битне карактеристике реалног система са становишта пројектанта. Такође, ни његова идеја о изгледу интерфејса при раду са апликацијом није статична. Стога је препоручљиво периодично, када год се заокружи целина приликом израде апликације, предочити кориснику шта је до одређеног тренутка постигнуто. На основу примедби које корисник тада изнесе, врши се дорађивање класног дијаграма (додају се атрибути и операције, а најчешће и читаве класе). На овај начин се врши итеративна израда класног дијаграма, као и самог софтверског решења.

5.3.2.2. Дефинисање дијаграма класа интерфејса апликације

Дијаграмима интерфејса класа приказује се изглед корисничког интерфејса апликације. У овим дијаграмима, класе представљају веб странице апликације, а везе између њих, могућност преласка из једне веб странице у другу.



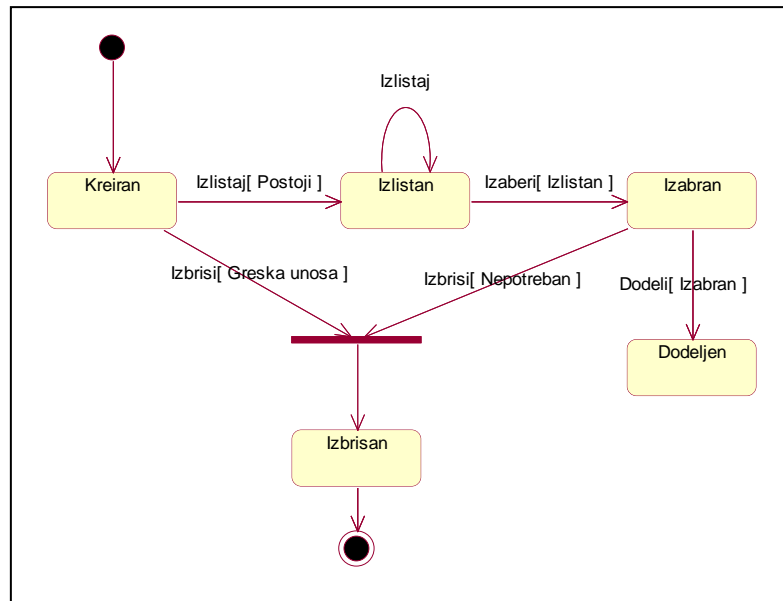
Слика 5.72. Дијаграм класа интерфејса апликације *ScolioMedIS* за случај регистрованог корисника

На слици 5.72 приказан је дијаграм класа интерфејса апликације *ScolioMedIS*, за случај регистрованог корисника. Са слике се види да се апликација *ScolioMedIS* састоји од главне веб странице *ScolioMedIS_glavna*, са које се активацијом одговарајућих веза, могу отворити шест различитих веб страница, које омогућавају обављање основних функција апликације за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе и представљају интерфејсе према бази података апликације. Ове веб странице су: *Pacijenti*, *Doktori*, *Pregledi*, *Vizuelizacija_kicme_3D*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и *Vizuelizacija_optickom_kamerom*. Као што се на основу одговарајућих дијаграма секвенци и сарадње интерфејса апликације може закључити, основне функције веб страница *Pacijenti*, *Doktori*, *Pregledi* и *Vizuelizacija_kicme_3D* обухватају: унос, претрагу, измену и брисање података о пацијентима, докторима, прегледима, односно 3D визуелизацијама кичме из базе података *ScolioMedIS* информационог система. Са друге стране, основна функција веб страница *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и

Vizuelizacija_optickom_kamerom је приказ одговарајућих визуелизација оптичким скенирањем, односно оптичком (дигиталном) камером.

5.3.2.3. Израда дијаграма стања

За разлику од дијаграма класа којима се описују статичке карактеристике система, дијаграми стања служе за опис динамичких карактеристика система. Дијаграм стања се придружује објектима класе, чије је понашање значајно у опису динамике система. Дијаграмом стања се приказују сва стања у којима се објекат класе може налазити, као и догађаји који иницирају прелаз објекта из једног стања у друго. До промене стања једног објекта у систему долази као одговор на поруку коју шаље други објекат у систему.

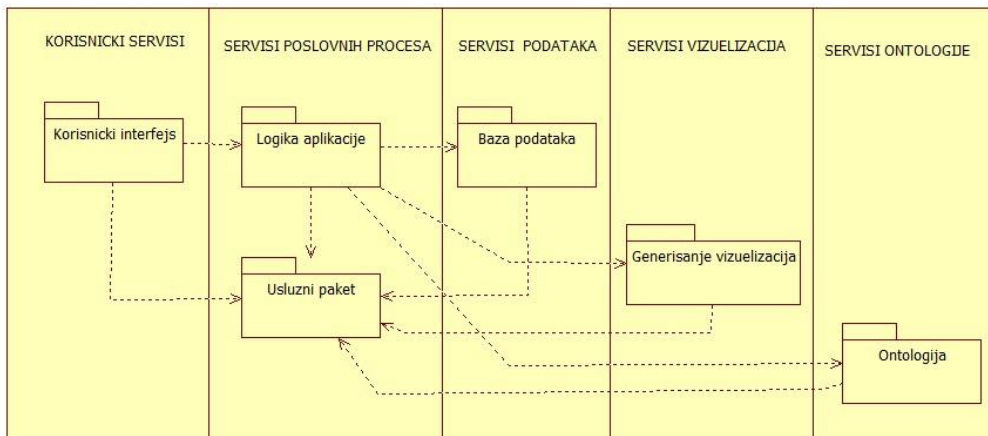


Слика 5.73. Дијаграм стања објеката класа: *Pacijent*, *Doktor*, *Vizuelni_pregled*, *Vizuelizacija_optickom_kamerom*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и *Vizuelizacija_kicme_3D*

На слици 5.73 приказан је дијаграм стања објеката класа: *Pacijent*, *Doktor*, *Vizuelni_pregled*, *Vizuelizacija_optickom_kamerom*, *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и *Vizuelizacija_kicme_3D*. На основу слике се може закључити да је након почетног стања, следеће стање у коме се може наћи објекат ових класа, стање креиран. У случају погрешног уноса, објекат одмах након стања креирања прелази у стање избрисан. Ако је објекат исправно унет, објекат ће бити коришћен тј. наћи ће се у стању излистан. У овом стању се у току свог животног века објекат може задржати неограничено дуго, што је приказано стрелицом која приказује рекурзивни прелазак у ово стање. Док се налази у овом стању, објекат може бити изабран, чиме прелази у истоимено стање. У овом стању објекат класе *Pacijent* додељен је објекту класе *Vizuelni_pregled* и/или *Vizuelizacija_optickom_kamerom* и/или *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* и/или *Vizuelizacija_kicme_3D*, а објекат класе *Doktori* је додељен објекту класе *Vizuelni_pregled*. Међутим, из стања изабран могућ је и прелаз у стање избрисан, као што је приказано на слици. Наиме, с времена на време у склопу одржавања ажурности система бришу се објекти наведених класа, који више нису потребни. Преласком у стање избрисан, практично се завршава животно циклус објеката.

5.3.2.4. Дефинисање пакета

Посао оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе је сам по себи сложен. Да би се дошло до крајњег продукта овог рада, софтверског решења које аутоматизује све активности везане за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе, извршена је детаљна анализа проблема кроз активности: дефинисања захтева, ОО анализе и ОО дизајна. У свим овим фазама вршено је разлагање проблема и његово моделовање коришћењем UML нотације и програмског пакета *StarUML* [282], [299]. Све ово је за последицу имало настајање великог броја елемената UML нотације за моделовање, због чега је било пожељно извршити њихово груписање у логичке и функционалне целине, које се у UML нотацији називају пакетима. Пакети садрже семантички блиске елементе и елементе који се заједнички међају. На слици 5.74 приказани су пакети класа система, имајући у виду трослојну архитектуру апликације, коју сачињавају следећи слојеви: *кориснички сервис*, *сервис пословних процеса* и *сервис података*, *сервис визуелизација* и *сервиси онтологије*.



Слика 5.74. Пакети трослојне архитектуре *ScolioMedIS* апликације

У корисничком сервису се налази пакет *Кориснички интерфејс*, који садржи све интерфејсне дијаграме класа и интеракција од значаја за опис и дефиницију графичке презентације апликације *Оптичка визуелизација и дијагностика сколиозе*. Сервиси података, визуелизација и онтологије садрже: пакет *База података*, пакет *Генерисање визуелизација*, односно пакет *Онтологија*. Пакет база података обухвата све класе на основу којих се формира база података, похрањују и одржавају подаци у њој. Пакет генерисање визуелизација обухвата све класе, које омогућују генерисање 2D и 3D визуелизација на основу снимања оптичком (дигиталном) камером или оптичким скенером. Пакет онтологија обухвата све класе које обезбеђују приказ свих онтолошких компоненти, као и генерисање нових индивидуа и измену постојећих индивидуа репрезентативних онтолошких концепата. Сервиси пословних процеса обухватају пакете *Логика апликације* и *Услужни пакет*. Пакети логика апликације и услужни пакет представљају везу апликације са базом података, слојем за генерисање визуелизација и онтологијом. У пакету логика апликације садржан је дијаграм класа система, којим се описује логика апликације, као и класе система којима се остварује комуникација корисничког слоја са слојем базе података, слојем за генерисање визуелизација и слојем онтологије. У услужном пакету се налазе класе, које су задужене за приказ резултата претраге базе података, извештаји, приказ резултата упита према онтологији, као и приказ визуелизација. Између пакета успостављена је веза зависности.

5.4. Имплементација пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Имплементација пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе дефинисана је кроз:

- Израду веб базиране апликације пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе;
- Дефинисање логике апликативне и мрежне архитектуре пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.

5.4.1. Израда апликације пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Израда апликације пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе обухвата:

- Израду корисничког интерфејса;
- Израду базе података;
- Мапирање, програмирање и превођење.

Након извршених фаза дефинисања захтева, ОО анализе и ОО дизајна приступа се имплементацији софтверског решења. Ова последња фаза даје крајњи продукт читавог развојног процеса, а то је веб апликација: „Оптичка визуелизација и дијагностика сколиозе – *ScolioMedIS*“. При избору софтверског алата за израду апликације у обзир је узето више критеријума:

- Обим и ниво прецизности података који се воде приликом оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе су релативно опсежни, па је стога одлучено да база података буде развијена и имплементирана коришћењем једног од сервера база података, какав је *Microsoft SQL Server* [300]. Наиме, с обзиром да се планира да се оптичка визуелизација и дијагностика сколиозе обавља на великом броју пацијената у дугогодишњем временском периоду, управо је то разлог што је за складиштење и манипулацију овако великим базама података и изабран *Microsoft SQL* сервер база података, који је у стању да обезбеди очување њихове конзистентности и интегритета и задовољи потребе система у смислу перформанси, безбедности, могућности и администрације.
- Интерфејс према кориснику треба да буде прегледан и јастан за употребу и да има могућност генерисања потребних визуелизација и извештаја, који се морају приказивати у облику прихватљивом за корисника. С обзиром да се визуелизације иницијално развијају и генеришу коришћењем *CATIA V5R20* [301], [302] и *Matlab* [303]–[307] програмских алата, потребно је користити развојно окружење које има могућност интеграције наведених програмских алата и које омогућује рад са *Microsoft SQL* сервером база података. Узимајући у обзир речено, за развој веб апликације система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе изабрано је програмско окружење *Microsoft Visual Studio* [308], [309] и *C# ASP.NET* технологија [309], [310]. *ASP.NET (Active Server Pages .NET)* је веб технологија компаније *Microsoft*, која омогућава програмерима да креирају динамичке веб сајтове, веб апликације и веб сервисе. *ASP.NET* је изграђен на *CLR-у (Common Language Runtime)* окружењу за писање програма, па тиме омогућава програмерима да пишу *ASP.NET* код у било ком језику, кога подржава

.NET Framework софтверска платформа: C++, C# или Visual Basic. Странице .NET апликације, званично познате као веб форме (*Web Forms*), главни су камен темељац сваке веб апликације. Ове странице се састоје од два главна фајла: фајла са *.aspx екстензијом и фајла са *.aspx.cs екстензијом. Фајл са екстензијом *.aspx најчешће садржи статички XHTML код, који дефинише дизајнерски изглед веб странице, контроле које се извршавају на серверској страни са посебном asp: ознаком, као и клијентске контроле. Поред статичког кода, *.aspx фајл може такође садржати и динамички код апликације, који мора бити постављен у посебном блоку <% динамички код %>, али је препорука да се динамички, програмски код апликације, који се извршава на серверској страни, пише у одвојеном фајлу са екстензијом *.aspx.cs. Овим се постиже остваривање основне предности ASP.NET технологије у односу на класичну ASP технологију, која се састоји у раздвајању улога дизајнера и програмера веб апликације.

5.4.1.1. Израда базе података пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Израда базе података пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе обухвата:

- Генерисање физичког модела базе података;
- Генерисање шеме базе података.

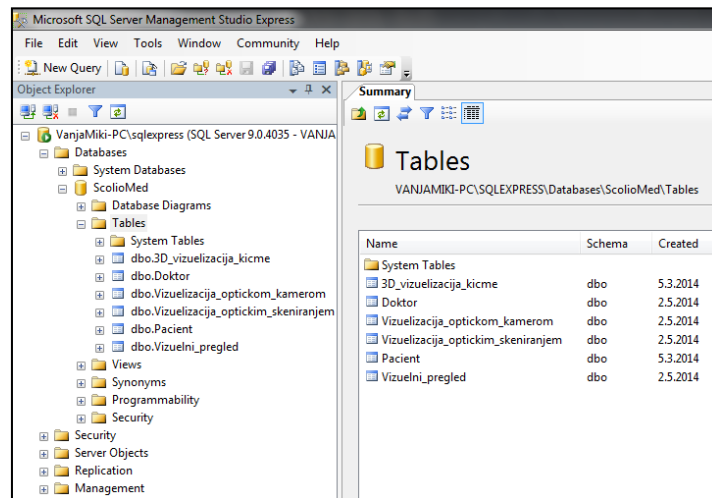
Физички модел базе података представља дијаграм ентитета и њихових међусобних веза, а служи за моделовање шеме базе података, на основу које се генеришу табеле у коришћеном систему за управљање базама података – *Microsoft SQL Server 2008*. Физички модел базе података добија се превођењем из логичког дијаграма класа.

Приликом превођења логичког модела класа у физички модел ентитета веза, спроводе се следећа правила:

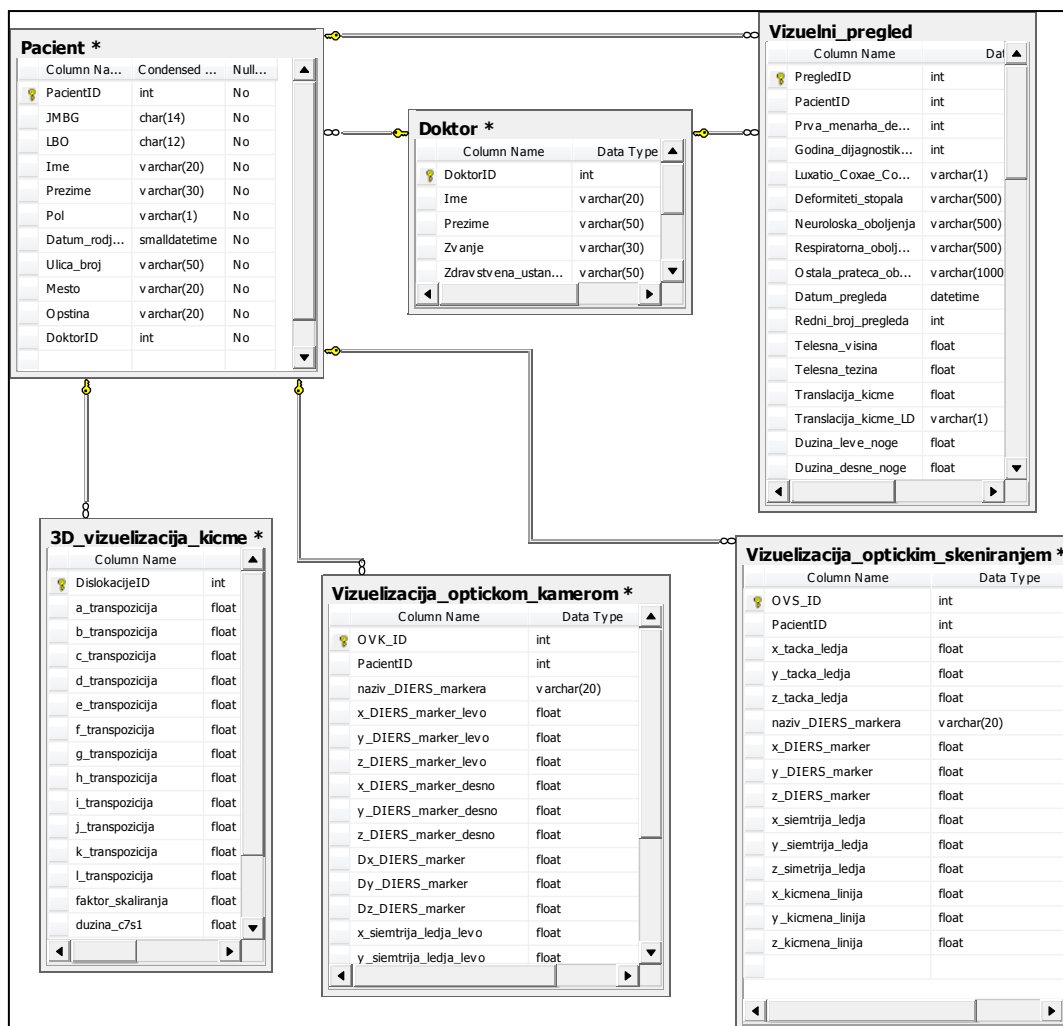
- Пакет класа преводи се у шему (*Schema*) у моделу података, која представља контејнер за модел података;
- Све класе преводи се у ентитете;
- Сви атрибути у класама преводи се у атрибуте ентитета;
- Сви атрибути у класама, који треба да постану примарни кључеви, морају се посебно назначити.
- Операције у класама немају одговарајућу замену у физичком моделу података;
- Све везе генерализације и композитне агрегације постају идентификујуће везе;
- Све везе асоцијације и агрегације постају неидентификујуће везе;
- Кардиналност веза у логичком моделу класа пресликава се у физички модел података.

У добијеном физичком моделу базе података, ентитети представљају будуће табеле базе података (слика 5.75). Атрибути ентитета представљају будуће колоне табела базе података. Атрибути који јединствено идентификују податке у табели су кључеви. Ако је веза од изворишног ентитета ка одредишном ентитету идентификујућа, тада примарни кључ изворишног ентитета постаје пренесени кључ, који је део примарног кључа одредишног ентитета. Ако је веза од изворишног ка одредишном ентитету неидентификујућа, тада примарни кључ изворишног ентитета постаје страни кључ одредишног ентитета, који је атрибут одредишног ентитета. Треба нагласити да кардиналност везе одредишни ентитет – изворишни ентитет може бити само "тачно

један" или "нула или један", док кардиналност везе изворишни ентитет – одредишни ентитет може бити различита. Сходно, класном дијаграму који је приказан на слици 5.71, у коме су све везе између одговарајућих класа везе асоцијације, у физичком моделу базе података оне су неидентификујуће везе.



Слика 5.75. Списак табела генерисаних у Microsoft SQL Server-у



Слика 5.76. Дијаграм табела базе података система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе - ScolioMedIS добијен помоћу Microsoft SQL Server-а

На слици 5.76 приказан је дијаграм табела базе података информационог система које су генерисане у *Microsoft SQL Server*-у. Све везе асоцијације између одговарајућих класа у класном дијаграму (слика 5.71), у дијаграму табела базе података система постају неидентификујуће везе, у којима примарни кључ изворишне табеле постаје страни кључ одредишне табеле.

5.4.1.2. Израда корисничког интерфејса пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе ScolioMedIS

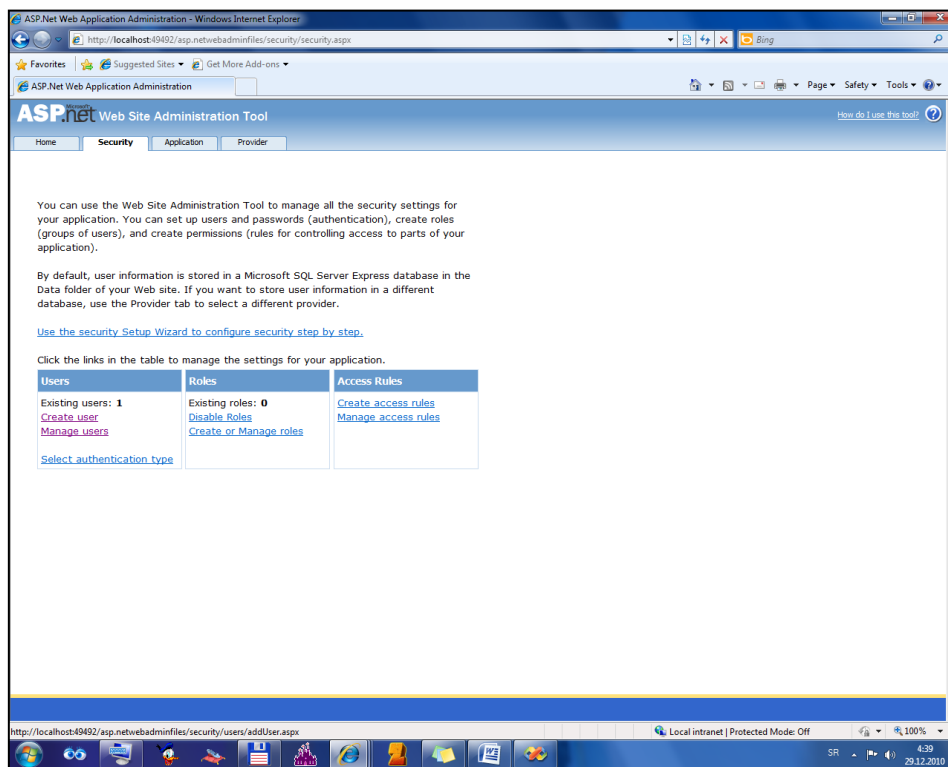
За израду корисничког интерфејса и логике апликације *ScolioMedIS* коришћени су сви дијаграми секвенци и сарадње, као и све класе до којих се дошло кроз објектно оријентисан развој. Као што је већ напоменуто, кориснички интерфејс је израђен коришћењем програмског окружења *Microsoft Visual Studio* [308], [309] и *C# ASP.NET* технологије [309], [310], а састоји се од веб страница које су дизајниране на тај начин да омогућавају потпуну корисничку интеракцију са *Microsoft SQL Server* базом података система, као и интеракцију са *CATIA V5R20* и *Matlab* програмским алатима у циљу приказа визуелизација. У даљем тексту ће бити описани изгледи конкретних веб страница апликације, као и функције појединих контрола које се налазе на њима.



Слика 5.77. Веб страницама за пријављивање корисника

Приликом стартовања апликације најпре се на екрану појављује веб страница за пријављивање корисника (слика 5.77), којом се врши идентификација корисника, преко његовог корисничког имена, затим аутентификација корисника, преко провере унете шифре и ауторизација (додељивање права приступа која овај корисник поседује), ако је унета шифра исправна. Право приступа свим страницама апликације, а самим тим и

бази података система додељује се само одређеној групи корисника система у које спадају доктори и медицинско особље Клиничког центра у Крагујевцу, док се осталим корисницима дозвољава приступ само пробним страницама апликације, које немају могућност никакве интеракције са базом података система.



Слика 5.78. ASP.NET конфигурациони алат за администрацију веб апликацијом

Дефинисање корисничких имена, лозинка и права приступа остварује се коришћењем *ASP.NET* конфигурационог алата за администрацију веб апликацијом *Microsoft Visual Studio* развојног окружења апликационог пројекта (слика 5.78). Сви подаци који се тичу безбедности базе података, том приликом се чувају у апликационом директоријуму пројекта *App_Data*, који садржи *ASPNETDB.MDF* и *aspnetdb_log.LDF* фајлове. То је посебна база података *Microsoft SQL Server*-а, у коју *Microsoft SQL Server* уписује дефинисана имена корисника и њихових група, њихове лозинке, податке о власништву и права приступа, целој апликацији или само одређеној групи директоријума унутар апликације. Описаним системом заштите постиже се спречавање рада са апликацијом корисницима, који за то немају овлашћење. У вишекорисничком, мрежном режиму рада заштита апликације и података који се чувају у бази података је веома битна због спречавања евентуалних злоупотреба апликације или нарушавања интегритета података од стране неовлашћених и нестручних корисника.

Након успешне пријаве регистрованих корисника система или притиском на линк *DOBRODOŠLI*, од стране не-регистрованих корисника система отвара се главна веб страница апликације (слика 5.79), која садржи линкове, који регистрованим корисницима омогућавају приступ свим страницама апликације: *Pacijenti*, *Doktori*, *Pregledi*, *Pregledi test*, *3D Viz*, *3D Viz test*, *Opticko skeniranje – Matlab*, *Opticko skeniranje – Matlab test*, *Opticka kamera – Matlab*, *Opticka kamera – Matlab test*, *Ontologija skolioze – OBR-Scolio* или само пробним (тест) страницама апликације у случају не-регистрованих корисника: *Pregledi test*, *3D Viz test*, *Opticko skeniranje – Matlab test* и *Opticka kamera –*

Matlab test. Осим тога, главна веб страница *ScolioMedIS* апликације садржи линкове до веб страница, које садрже све важније информације везане за саму апликацију и то: опис апликације, биографије ангажованог особља на пројекту Министарства науке и просвете: „Примена биомедицинског инжењеринга у претклиничкој и клиничкој пракси“, чија је једна од најзначајнијих активности била управо изградња информационог система *ScolioMedIS*, као и све важније референце резултата научно истраживачких радова на овом пројекту. Такође, на главној страници *ScolioMedIS* апликације се налазе линкови до свих важнијих клиничких и универзитетских центара, затим линк за анкетање корисника и преузимање документације, која је од значаја за саму апликацију.

ScolioMedIS® V3.0

Dobrodošli na zvaničan sajt ScolioMedIS informacionog sistema! [Prijava](#) [Ođjava](#)

AKTIVNI PROJEKTI

I "Primena Biomedicinskog Inženjeringa u Prekliničkoj i Kliničkoj Praksi"
 Ministarstvo nauka, prosvete i tehnološkog razvoja Republike Srbije, III-41007, 2011-2014

II "Studies in Bioengineering and Medical Informatics (BioEMIS)"
 This Tempus project is funded by the European Commission Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (530423-TEMPUS-1-2012).

Linkovi

- [Scoliosis Research Society](#)
- [Projekat III-41007](#)
- [KoBSON](#)
- [Ministarstvo prosvete i nauke](#)
- [Klinički centar Kragujevac](#)
- [Nado Centar zdravlja](#)
- [Univerzitet u Kragujevcu](#)
- [SOSORT](#)
- [Spinalni centar Banjica](#)
- [FTN - Kragujevac](#)
- [FTN - Čačak](#)

Vesti

Odlukom Nastavno - Naučnog veća Fakulteta inženjerskih nauka Br. TR-01/2012 od 25.01.2011 usvojeno je tehničko rešenje "ScolioMedIS - Informacioni sistem za praćenje idiopatskih skolioza". Sistem je namenjen Centru za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Kliničkog centra u Kragujevcu

S aprill 2015						
po	ut	szb	ne	su	ne	
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

Слика 5.79. Главна веб страница *ScolioMedIS* апликације

5.4.1.2.1. Веб страница Pacijenti

PODACI O PACIJENTIMA											
PacientID	JMBG	LBO	Ime	Prezime	Pol	Datum rođenja	Ulica i broj	Mesto	Opština	DoktorID	
1	1902978787845	28000786695	Dragana	Maric	Z	2/19/1978 12:00:00 AM	Smederevska 14	Cacak	Cacak	2	
2	1405981787849	28001316595	Dragana	Antic	Z	5/14/1981 12:00:00 AM	Dubrovačka 10	Ljubic	Cacak	2	
4	2002978797843	28000786698	Ivan	Tomic	M	2/20/1978 12:00:00 AM	Trnavska 3	Cacak	Cacak	3	

Слика 5.80. Веб страница Pacijenti ScolioMedIS апликације

На слици 5.80 приказан је изглед веб странице *Pacijenti*, за случај регистрованог корисника. Ова веб страница је реализована на основу класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе и класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS*. Са класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе преузети су сви атрибути класе *Pacijent*, који су реализовани као одговарајућа текстуална поља на страници, док су из класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS* преузете све операције над базом података система, које су реализоване као одговарајући догађаји који се покрећу притиском на одговарајуће линкове ове апликационе веб странице. У поглављу 5.2.3 описани су уговори извршавања операција, у којима је дефинисано које ефекте имају

операције ове апликационе веб странице на стање система. У циљу заштите података који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS*, овој апликационој веб страници може приступити само регистровани корисник система, што је најчешће неко од медицинског особља.

У одговарајућим дијаграмима секвенце и сарадње детаљно је описан временски редослед размене порука, тј. иницијализације догађаја на овој веб страници од стране медицинске особе, на основу којих се може закључити да је за претрагу података о пацијентима потребно да медицинска особа најпре унесе JMBG број траженог пацијента, након чега притиска линк дугме 1. *Trazi pacijenta zadatog JMBG broja*, чиме се покреће догађај претраживања базе података система и само ако пацијент постоји у бази, врши се враћање и приказивање пацијентових података у одговарајућим текстуалним пољима, као и у табели која се налази на дну ове апликационе веб странице. Тек када се пацијент одговарајућег JMBG броја пронађе у бази података система и прикаже у веб страници *Pacijenti*, медицинска особа може, уколико је то потребно, извршити измену пацијентових података, притиском на линк дугме 2. *Sacuvaj promene podataka o pacijentu zadatog JMBG broja* или пак брисање пацијента задатог JMBG броја из базе података система, што се постиже притиском на линк дугме 3. *Brisi pacijenta zadatog JMBG broja*. Уколико подаци о пацијенту задатог JMBG броја, који се брише постоје у бази података система, они се овом приликом више не приказују у табели на дну ове апликационе веб странице. За унос података о новим пацијентима у базу података система, потребно је најпре да медицинска особа у текстуалним пољима веб странице *Pacijenti*, унесе све неопходне пацијентове податке и да након тога притисне линк дугме 4. *Dodaj novog pacijenta*. Уколико су подаци о новом пацијенту успешно додати у базу података система и при том није дошло до никакве грешке, њима се аутоматски придружује нови идентификациони ID број пацијента и они се приказују у табели на дну ове апликационе веб странице.

5.4.1.2.2. Веб страница *Doktori*

На слици 5.81 приказана је веб страница *Doktori* за случај регистрованог корисника, која је реализована на основу класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе и класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS*. Са класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе преузети су сви атрибути класе *Doktor*, који су реализовани као одговарајућа текстуална поља на страници, док су из класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS* преузете све операције над базом података система, које су реализоване као одговарајући догађаји, који се покрећу притиском на одговарајуће линкове ове апликационе веб странице. У поглављу 5.2.3 описани су уговори извршавања операција, у којима је дефинисано које ефекте имају операције ове апликационе веб странице на стање система. У циљу заштите података, који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS* и овој апликационој веб страници, као и апликационој страници *Pacijenti* може приступити само регистровани корисник система, што је најчешће неко од медицинског особља.

У одговарајућим дијаграмима секвенце и сарадње детаљно је описан временски редослед размене порука, тј. иницијализације догађаја на овој веб страници од стране медицинске особе. На основу ових дијаграма се може закључити да је за претрагу података о докторима потребно да медицинска особа најпре унесе ID број траженог доктора, на основу табеле свих доктора који постоје у бази података система, а која је приказана на дну ове апликационе веб странице, након чега притиска линк дугме 1. *Trazi doktora zadatog ID broja*, чиме се покреће догађај претраживања базе података

система и само ако доктор постоји у бази, врши се враћање и приказивање докторових података у одговарајућим текстуалним пољима, као и у табели која се налази на дну ове апликационе веб странице. Тек када се доктор одговарајућег ID броја пронађе у бази података система и прикаже у веб страници *Doktori*, медицинска особа може уколико је то потребно, извршити измену докторових података, притиском на линк дугме 2. *Sacuvaj promene podataka o doktoru zadatog ID broja* или пак брисање доктора задатог ID броја из базе података система, што се постиже притиском на линк дугме 3. *Brisi doktora zadatog ID broja*. Уколико подаци о доктору задатог ID броја, који се брише постоје у бази података система, они се овом приликом више не приказују у табели на дну ове апликационе веб странице. За унос података о новим докторима у базу података система, потребно је најпре да медицинска особа у текстуалним пољима веб странице *Doktori*, унесе све неопходне докторове податке и да након тога притисне линк дугме 4. *Dodaj novog doktora*. Уколико су подаци о новом доктору успешно додати у базу података система и при том није дошло до никакве грешке, њима се аутоматски придружује нови ID број доктора и они се приказују у табели на дну ове апликационе веб странице.

Naslovna	Pacijenti	Doktori	Pregledi	Pregledi probno	Zakazivanje	3D RTG	3D RTG probno	Opticko skeniranje - Matlab	Opticko skeniranje - Matlab probno	Ontologija skolioze - OBRScolio	ScolioMedIS info	O skoliozar
PODACI O DOKTORIMA												
DoktorID	Ime i prezime		Specijalizacija	Zdravstvena ustanova		Telefon						
1	Gordana Perovic		Fizioterapeut	Klinicki centar Kragujevac		034/568941						
2	Tanja Zecevic Lukovic		Fizioterapeut	Klinicki centar Kragujevac		034/568952						
3	Svetlana Maric		Fizioterapeut	Klinicki centar Kragujevac		034568978						
4	Svetlana Ivic		Fizioterapeut	Klinicki centar Kragujevac		034568976						
7	Svetlana Maric		Fizioterapeut	Klinicki centar Kragujevac		034568973						

Слика 5.81. Веб страница *Doktori* ScolioMedIS апликације

5.4.1.2.3. Веб страница *Pregledi*

На слици 5.82 приказана је веб страница *Pregledi* за случај регистрованог корисника, која је реализована на основу класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе и класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS*. Са класног дијаграма пословног процеса оптичке

визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе преузети су сви атрибути класе *Pregledi*, који су реализовани као одговарајућа текстуална поља на страници, док су из класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS* преузете све операције над базом података система, које су реализоване као одговарајући догађаји који се покрећу притиском на одговарајуће линкове ове апликационе веб странице. У поглављу 5.2.3 описани су уговори извршавања операција, у којима је дефинисано које ефекте имају операције ове апликационе веб странице на стање система. У циљу заштите података који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS* и овој апликационој веб страници, као и апликационој страници *Pacijenti* и *Doktori* може приступити само регистровани корисник система, што је најчешће неко од медицинског особља.

ScolioMedIS DB
- Baza podataka o obavljenim pregledima -

Dobrodosli na zvaničan sajt ScolioMed informacionog sistema! Vase korisnicko ime je: vanja [Odjava](#)

Demografska obeležja

JMBG: -
Ime: -
Prezime: -
Pol: -
PregledID: -
Prva menarha (devoјčice): 0
Godina dijagnostikovanja skolioze: 0

Luxatio coxae congenita: -
Deformiteti stopala: -
Neuroloska oboljenja: -
Respiratorna oboljenja: -
Ostalo: -

Pregled



Datum pregleda: 1.1.2000
Pregled po redu: 1

1. Trazi podatke o pregledu zadatog ID broja za pacijenta izabranog JMBG broja
2. Sacuvaj promene podatka o pregledu zadatog ID broja za pacijenta zadatog JMBG broja
3. Brisi podatke o pregledu zadatog ID broja za pacijenta zadatog JMBG broja
4. Generisi izvestaj pregleda
5. Dodaj novi pregled za pacijenta zadatog JMBG broja

Слика 5.82. Веб страница *Pregledi* *ScolioMedIS* апликације

У одговарајућим дијаграмима секвенце и сарадње детаљно је описан временски редослед размене порука, тј. иницијализације догађаја на овој веб страници од стране медицинске особе. На основу ових дијаграма се може закључити да је за претрагу података о прегледима одређеног пацијента потребно да медицинска особа најпре унесе *JMBG* број пацијента. Након тога, на основу табеле свих прегледа задатог пацијента, а која се том приликом приказује на дну ове апликационе веб странице, медицинска особа уноси *ID* број траженог прегледа, након чега притиска линк дугме *1. Trazi podatke o pregledu zadatog ID broja za pacijenta izabranog JMBG broja*, чиме се покреће догађај претраживања базе података система и само ако подаци о прегледу задатог *ID* броја за пацијента задатог *JMBG* броја постоје у бази, врши се враћање и приказивање података о прегледу у одговарајућим текстуалним пољима, као и табели која се налази на дну ове апликационе веб странице. Тек након проналажења и приказивања података о прегледу у веб страници *Pregledi*, медицинска особа може

уколико је то потребно, извршити измену података о прегледу притиском на линк дугме 2. *Sacuvaj promene podatka o pregledu zadatog ID broja za pacijenta zadatog JMBG broja* или пак брисање података о прегледу из базе података система, што се постиже притиском на линк дугме 3. *Brisi podatke o pregledu zadatog ID broja za pacijenta zadatog JMBG broja*. Уколико подаци о прегледу задатог ID броја, за пацијента задатог JMBG броја постоје у бази података система, они се након успешног брисања више не приказују у табели на дну ове апликационе веб странице. Осим наведеног, након проналажења и приказивања података о прегледу у веб страници апликације, медицинска особа може такође послати и захтев за генерисањем извештаја резултата прегледа, притиском на линк дугме 4. *Generisi izvestaj pregleda* (слике 5.83 и 5.84). Генерисани извештај се потом може одштампати. За унос података о новим прегледима пацијента задатог JMBG броја у базу података система, потребно је најпре да медицинска особа у текстуалним пољима веб странице *Pregledi* унесе све неопходне податке о прегледу и да након тога притисне линк дугме 5. *Dodaj novi pregled za pacijenta zadatog JMBG broja*. Уколико су подаци о новом прегледу успешно додати у базу података система и при том није дошло до никакве грешке, њима се аутоматски придружује нови ID број прегледа и они се приказују у табели на дну ове апликационе веб странице.

 KLINIČKI CENTAR KRAGUJEVAC <small>Zemaj Jevina br. 30, 34 000 Kragujevac</small>		 ScolioMedIS <small>E-evidence & 3D Visualization</small>	
Centar za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju KRAGUJEVAC		Informacioni sistem za praćenje idiopatskih skolioza-ScolioMedIS®	
<u>IZVEŠTAJ O OBAVLJENOM PREGLEDU</u>			
DEMOGRAFSKA OBELEŽJA	Ime i prezime:	--	
	JMBG:	-	
	Pol:	-	
	Prva menarha (devojciце):	0	
	Godina dijagnostikovanja skolioze:	0	
	OSTALE BOLESTI/DEFORMITETI(Luxatio coxae congenita, deformiteti stopala, neurološka, respiratorna, idr...)	----	
PREGLEDI	Datum pregleda:	1.1.2000	
	Broj pregleda:	1	
	Telesna visina (cm):	0	
	Telesna težina (kg):	0	
	Translacija kicme(cm):	0 L	
	Duzina nogu (cm):	Leva: 0	Desna: 0
	Pad karlice (deg):	0 L	
	Visina ramena (cm):	Levo: 0	Desno: 0
	Razlika u visini lopatica (cm):	0 L	
	Udaljenost lopatica (cm):	Levo: 0	Desno: 0

Слика 5.83. I део форме извештаја обављеног прегледа

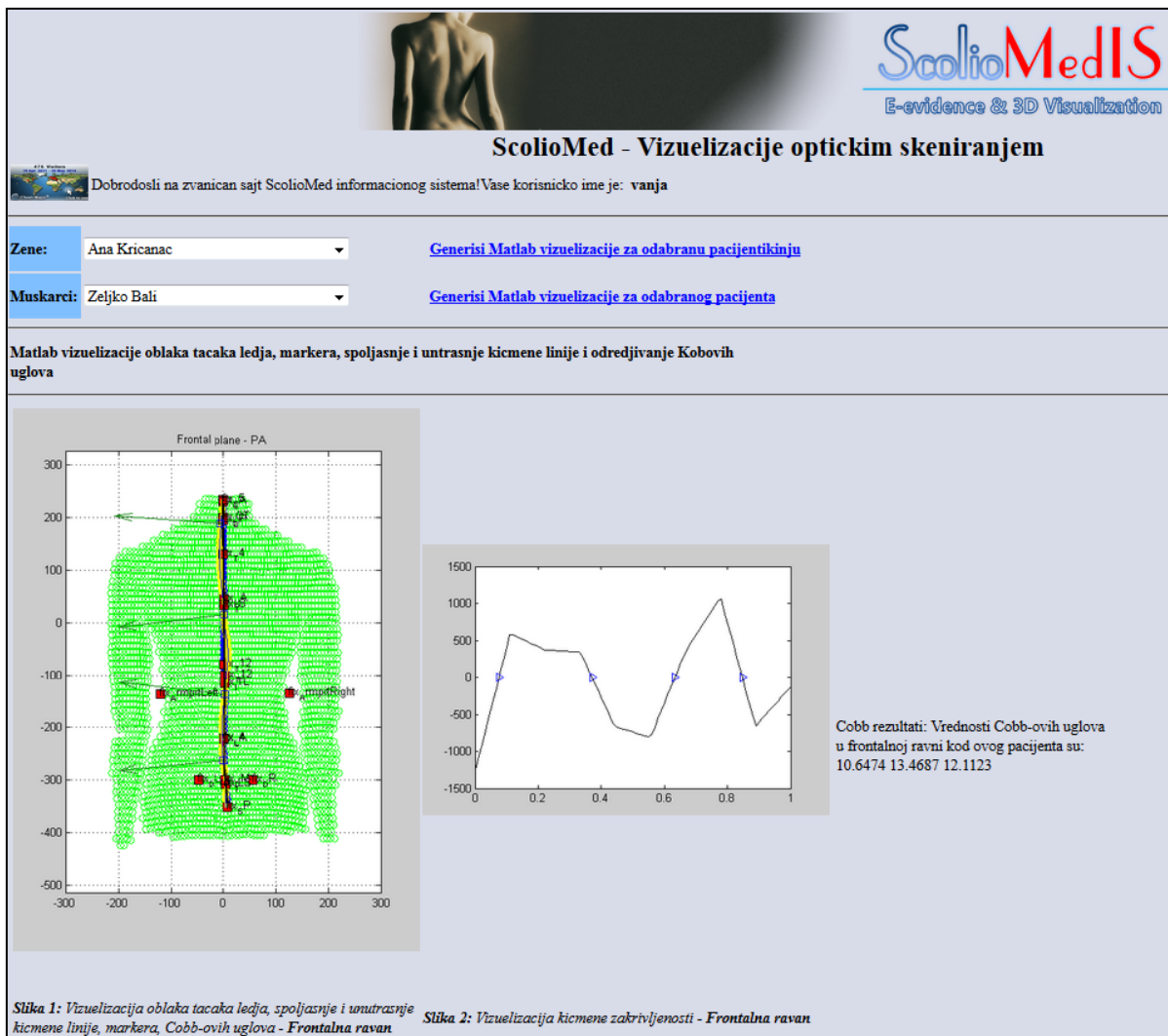
KLINICKA MERENJA	Lozenc trougao (cm):	Levo: 0	Desno: 0		
	Obim grudnog kosa (cm):	Inspirijum: 0	Ekspirijum: 0		
	Rebarna grba (cm):	0 L			
	SKOLIOMETAR (stepeni)	Očitana vrednost na tri nivoa:	0 0 0		
		Rezultat:	0 0 0		
	Kontraktura m. iliopsoasa (deg):	Levo: 0	Desno: 0		
	Lumbalna lordoza (cm):	0			
FRÖCHNER INDEKS	Očitana vrednost (cm):	a: 0	b: 0	c: 0	d: 0
	Rezultat (a+d)/(b+c)	0			
RENTGEN DIJAGNOSTIKA	Datum snimanja:	1.1.2000			
	Risser znak:	0			
	Cobb ugao:	0			
DIJAGNOZA					
PITANJA KOMILIJANSE	Da li dolazite redovno na kontrole?	-	Da li vezbate onoliko koliko je potrebno?	-	Prosečna kompilijansa
NAPOMENA					
Pregled obavio				Datum sledeceg pregleda:	1.1.2000

Слика 5.84. II део форме извештаја обављеног прегледа

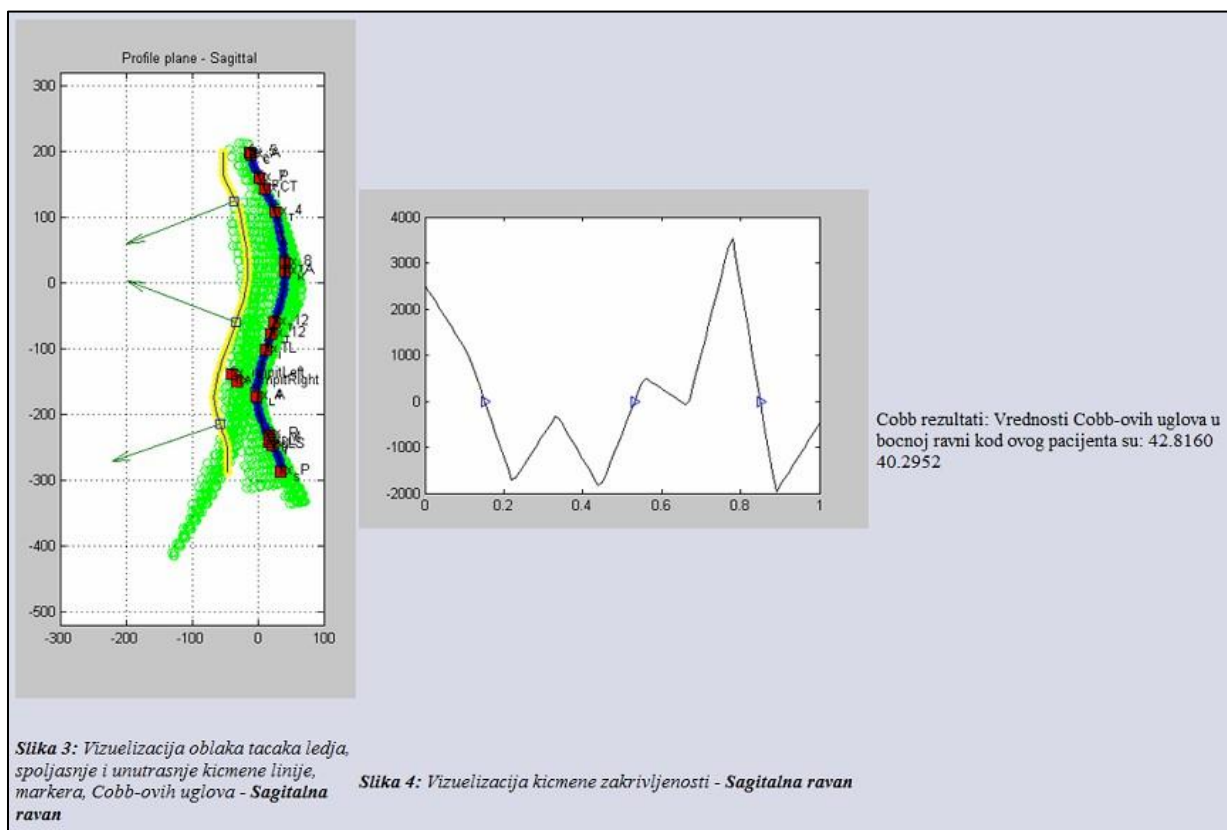
5.4.1.2.4. Веб страница Vizuelizacija_optickim_skeniranjem

На сликама 5.85, 5.86 и 5.87 приказана је веб страница *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* за случај регистрованог корисника, која је реализована на основу класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе и класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS*. С обзиром да су подаци о резултатима оптичког скенирања пацијената расположиви у виду текстуалних фајлова, у овој веб страници предвиђена су две падајуће листе за избор мушког, односно женског пацијента чије је визуелизације оптичким скенирањем потребно приказати. Након избора одређеног пацијента, односно пацијенткиње медицинска особа притиска линк дугме *Generisi Matlab vizuelizaciju za odabranu pacijentkinju*, односно *Generisi Matlab vizuelizaciju za odabranog pacijenta*. Захваљујући реализованом програмском интерфејсу према *Matlab* програму *ScolioMedIS* веб апликације, а који ће детаљно бити описан у поглављу 5.4.2.3 врши се читање текстуалних фајлова резултата оптичког скенирања одабраног пацијента и интерактивно генерисање и приказивање следећих *Matlab* визуелизација у овој апликационој веб страници:

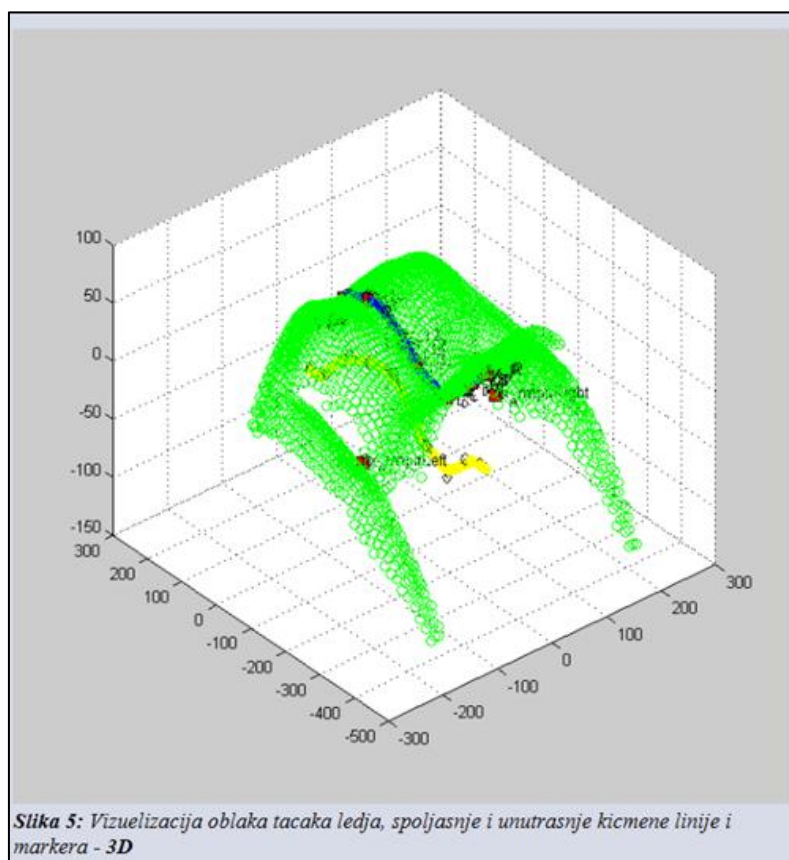
- 1) *Matlab* 2D визуелизација облака тачака леђа, *DIERS* маркера [283], *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), унутрашње *B-spline* кичмене линије (жута линија), кичмене закривљености и приказ вредности Кобових улова у фронталној равни усправног положаја пацијента (слика 5.85);
- 2) *Matlab* 2D визуелизација облака тачака леђа, *DIERS* маркера, *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), унутрашње *B-spline* кичмене линије (жута линија), кичмене закривљености и приказ вредности Кобових улова у бочној равни усправног положаја пацијента (слика 5.86);
- 3) *Matlab* 3D визуелизација облака тачака леђа, *DIERS* маркера, *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), унутрашње *B-spline* кичмене линије (жута линија) (слика 5.87).



Слика 5.85. Веб страница *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* – први део

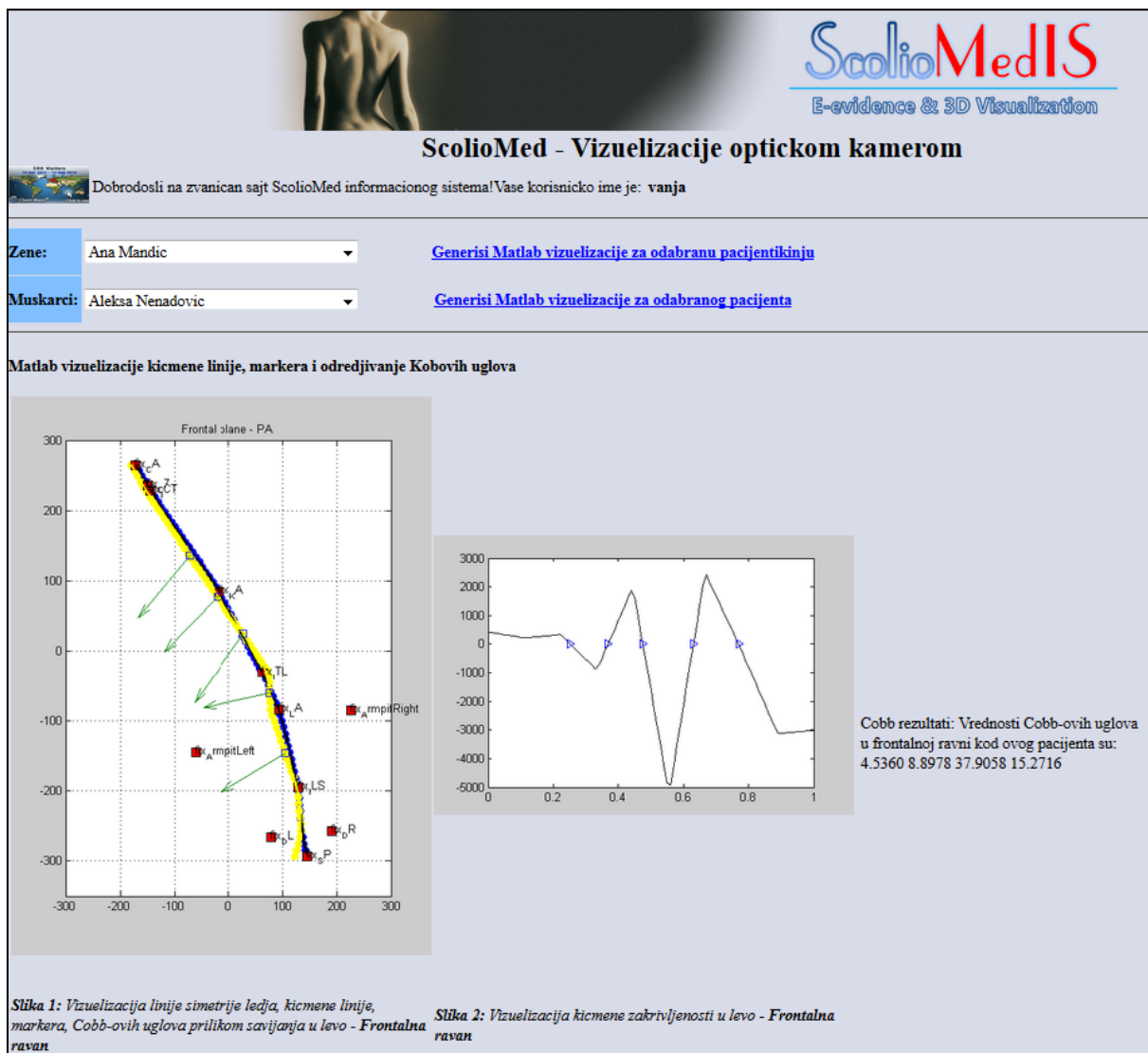


Слика 5.86. Веб страница Vizuelizacija_optickim_skeniranjem – други део



Слика 5.87. Веб страница Vizuelizacija_optickim_skeniranjem – трећи део

5.4.1.2.5. Веб страница Vizuelizacija_optickom_kamerom



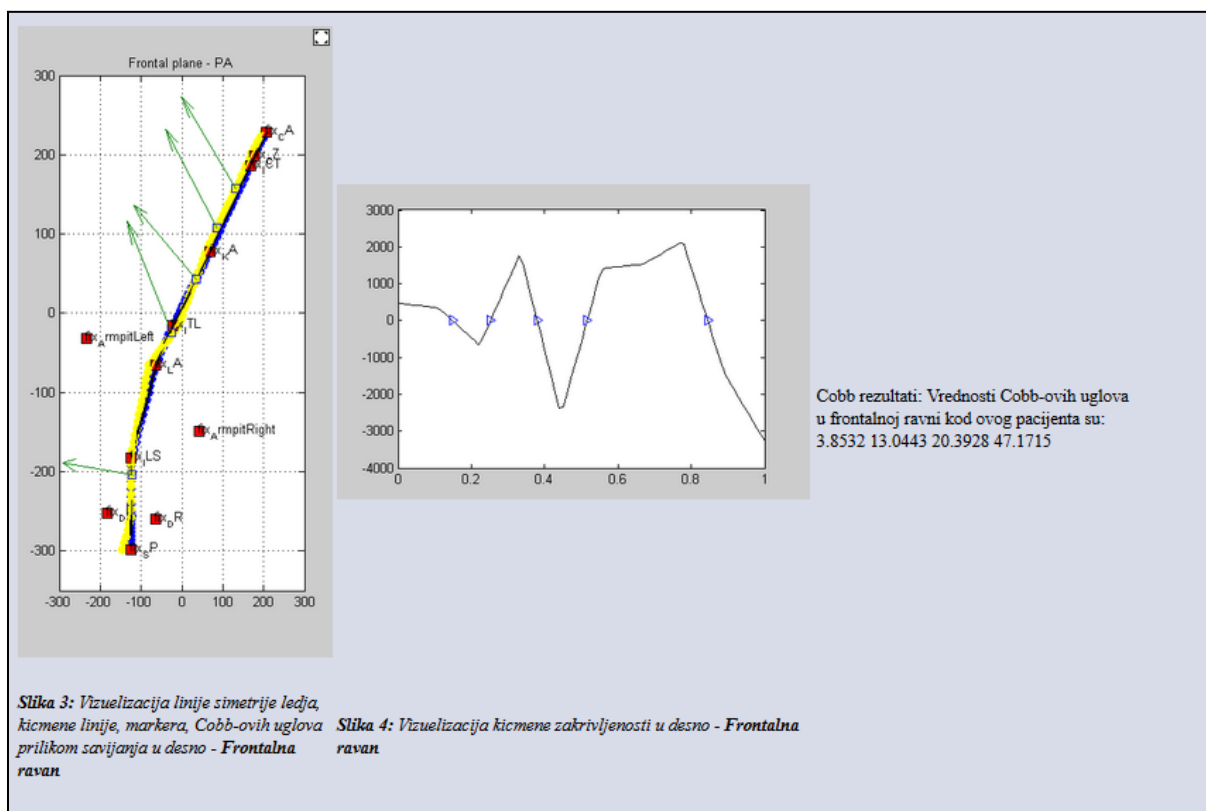
The screenshot displays the ScolioMedIS web application interface. At the top right is the logo for ScolioMedIS, with the tagline "E-evidence & 3D Visualization". Below the logo, the title "ScolioMed - Vizuelizacije optickom kamerom" is centered. A navigation bar contains a globe icon and the text "Dobrodošli na zvanican sajt ScolioMed informacionog sistema! Vase korisnicko ime je: vanja". Below this, there are two dropdown menus for user selection: "Zene: Ana Mandic" and "Muskarci: Aleksa Nenadovic". To the right of each dropdown is a blue link: "Generisi Matlab vizuelizacije za odabranu pacijentkinju" and "Generisi Matlab vizuelizacije za odabranog pacijenta". The main content area is titled "Matlab vizuelizacije kicmene linije, markera i odredjivanje Kobovih uglova". It contains two plots. The left plot, titled "Frontal plane - PA", shows a 2D coordinate system with axes ranging from -300 to 300. A blue line represents the spine, with various markers labeled (e.g., T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, L1, L2, L3, L4, L5, S1, S2, S3, S4, S5, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P38, P39, P40, P41, P42, P43, P44, P45, P46, P47, P48, P49, P50). The right plot shows a line graph of Cobb angles, with the y-axis ranging from -5000 to 3000 and the x-axis from 0 to 1. The graph shows several peaks and troughs. To the right of the graph, the text reads: "Cobb rezultati: Vrednosti Cobb-ovih uglova u frontalnoj ravni kod ovog pacijenta su: 4.5360 8.8978 37.9058 15.2716". Below the plots, there are two captions: "Slika 1: Vizuelizacija linije simetrije ledja, kicmene linije, markera, Cobb-ovih uglova prilikom savijanja u levo - Frontalna ravan" and "Slika 2: Vizuelizacija kicmene zakrivljenosti u levo - Frontalna ravan".

Слика 5.88. Веб страница Vizuelizacija_optickom_kamerom – први део

На сликама 5.88 и 5.89 приказани су делови веб странице *Vizuelizacija_optickom_kamerom* за случај регистрованог корисника, која је реализована на основу класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе и класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS*. Као и у случају визуелизације оптичким скенирањем и овде су подаци о резултатима снимања пацијената оптичком (дигиталном) камером расположиви у виду текстуалних фајлова, тако да су и у овој веб страници предвиђена две падајуће листе за избор мушког, односно женског пацијента чије је оптичке визуелизације дигиталном камером потребно приказати. Након селекције одређеног пацијента, односно пацијенткиње медицинска особа притиска линк дугме *Generisi Matlab vizuelizaciju za odabranu pacijentkinju*, односно *Generisi Matlab vizuelizaciju za odabranog pacijenta*. Захваљујући реализованом програмском интерфејсу према *Matlab* програму *ScolioMedIS* веб апликације, а који ће детаљно бити описан у поглављу 5.4.2.3, врши се читање текстуалних фајлова резултата снимања оптичком (дигиталном) камером одабраног

пацијента и интерактивно генерисање и приказивање следећих *Matlab* визуелизација у овој апликационој веб страници:

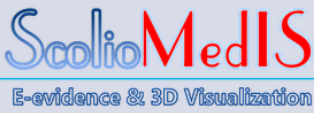
- 1) *Matlab* 2D визуелизација *DIERS* маркера [283], *B-spline* кичмене линије, кичмене закривљености и приказ вредности Кобових улова у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну (слика 5.88);
- 2) *Matlab* 2D визуелизација *DIERS* маркера, *B-spline* кичмене линије, кичмене закривљености и приказ вредности Кобових улова у фронталној равни приликом савијања пацијента у десну страну (слика 5.89).



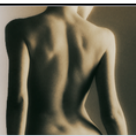
Слика 5.89. Веб страница *Vizuelizacija_optickom_kamerom*— други део

5.4.1.2.6. Веб страница *Vizuelizacija_kicme_3D*

На сликама 5.89. и 5.90 приказана је веб страница *Vizuelizacija_kicme_3D* за случај регистрованог корисника, која је реализована на основу класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе и класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS*. Са класног дијаграма пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе преузети су сви атрибути класе *Vizuelizacija_kicme_3D*, који су реализовани као одговарајућа текстуална поља на страници, док су из класног дијаграма интерфејса апликације *ScolioMedIS* преузете све операције, које су реализоване као одговарајући догађаји који се покрећу притиском на одговарајуће линкове ове апликационе веб странице. У поглављу 5.2.3 описани су уговори извршавања операција, у којима је дефинисано које ефекте имају операције ове апликационе веб странице на стање система. У циљу заштите података који се налазе у бази података информационог система *ScolioMedIS* и овој апликационој веб страници, као и апликационој страници *Pacijenti* и *Doktori* може приступити само регистровани корисник система, што је најчешће неко од медицинског особља.



ScolioMedIS
E-evidence & 3D Visualization



ScolioMedDB
- Podaci o transpozicijama apikalnih prsljenova u odnosu na srednju sakralnu vertikalnu liniju -

Dobrodošli na zvaničan sajt ScolioMed informacionog sistema! Vase korisnicko ime je: vanja [Odjava](#)

JMBG: 1405981787849

PODACI O PACIJENTU	PacijentID	JMBG	LBO	Ime	Prezime	Pol	DatumRodjenja	UlicaBroj	Mesto	Opstina	DoktorID
	2	1405981787849	28001316595	Dragana	Antic	Z	5/14/1981 12:00:00 AM	Dubrovačka 10	Ljubic	Cacak	2

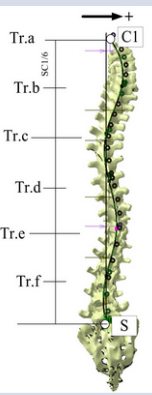
PODACI O TRANSPOZICIJAMA APIKALNIH PRSLJENOVA U ODNOSU NA CSVL LINIJU	TranspozicijeID	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Scaling	c7s1	PacijentID	Datum
	15	0	0	0	0	0	0	5	-10	5	5	-20	-30	1	530	2	2/5/2014 11:01:29 AM
	21	0	0	20	0	-5	0	5	-10	5	5	-20	-30	1	530	2	4/4/2014 4:03:29 PM
	22	0	0	20	-5	5	0	5	-10	5	5	-20	-30	1	530	2	4/4/2014 4:04:27 PM
	23	0	5	20	-5	5	0	5	-10	5	5	-20	-30	1	530	2	4/4/2014 4:05:01 PM

UNOS I AZURIRANJE PODATAKA O TRANSPOZICIJAMA APIKALNIH PRSLJENOVA U ODNOSU NA CSVL LINIJU

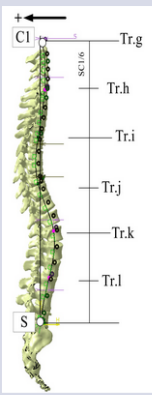
Слика 5.90. Веб странице Vizuelizacija_kicme_3D – први део

UNOS I AZURIRANJE PODATAKA O TRANSPOZICIJAMA APIKALNIH PRSLJENOVA U ODNOSU NA CSVL LINIJU

FRONTALNA RAVAN



SAGITALNA RAVAN



a (mm):

b (mm):

c (mm):

d (mm):

e (mm):

f (mm):

g (mm):

h (mm):

i (mm):

j (mm):

k (mm):

l (mm):

Scaling:
c7s1:

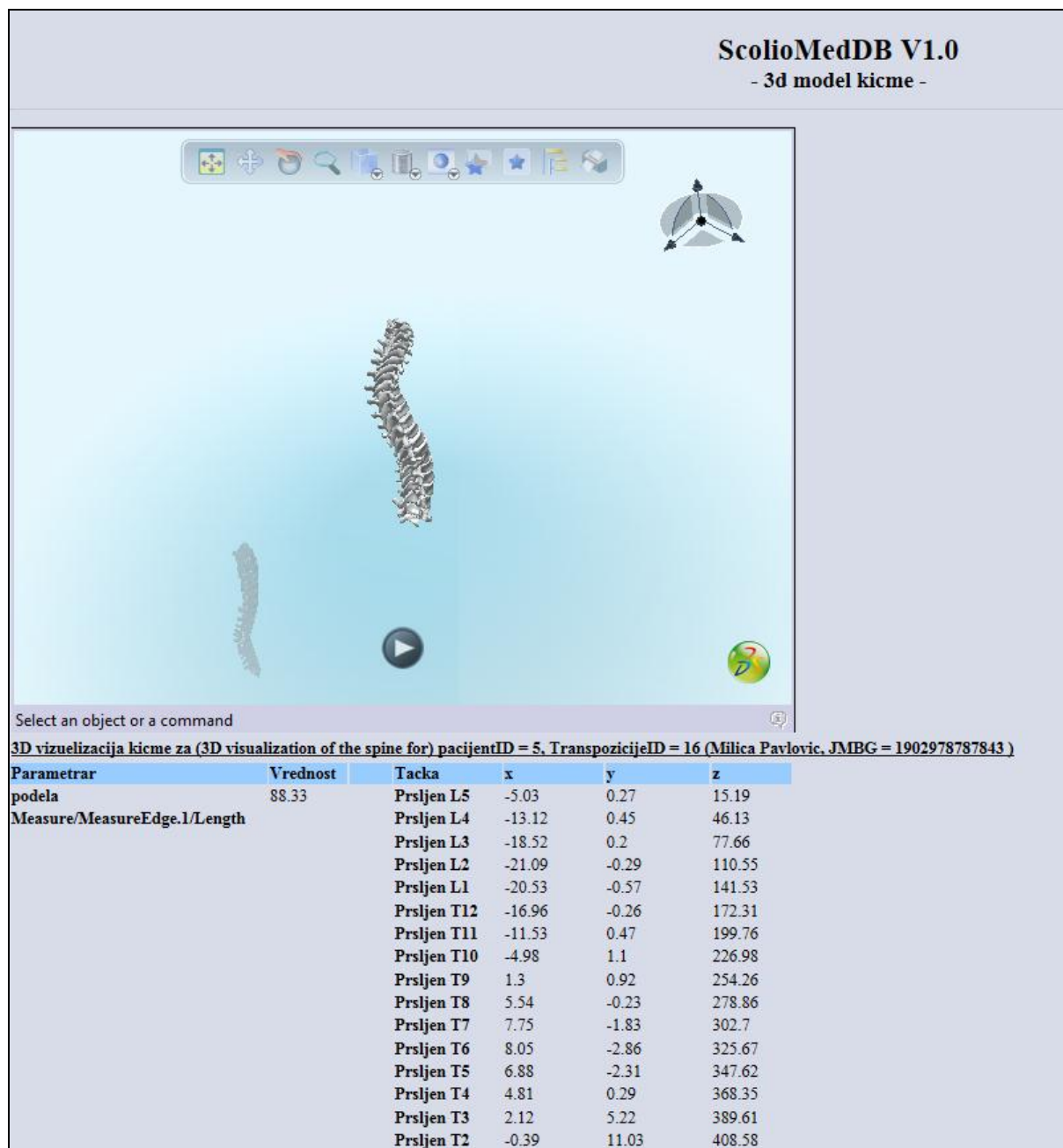
Napomena: Normalne vrednosti transpozicije apikalnih prsljenova u odnosu na CSVL liniju u frontalnoj ravni su: a=0mm, b=0mm, c=0mm, d=0mm, e=0mm, f=0mm, a u sagitalnoj ravni su: g=5mm, h=-10mm, i=5mm, j=5mm, k=-20mm, l=-30mm. Podrazumevana vrednost faktora skaliranja je 1, dok je podrazumevana vrednost duzinskog parametra projekcije tacaka C7 i C1 na CSVL 530mm.

1. Dodaj novo izmerene vrednosti transpozicija kicmene linije za pacijenta zadatog JMBG broja
2. Unesi broj TranspozicijeID:
3. Brisi podatke o transpozicijama kicmene linije pacijenta zadatog JMBG broja i TranspozicijeID broja
4. Sacuvaj izmenjene vrednosti transpozicija kicmene linije za pacijenta zadatog JMBG broja i TranspozicijeID broja
5. Regenerisi 3D model kicme pacijenta zadatog JMBG broja i TranspozicijeID broja

Слика 5.91. Веб странице Vizuelizacija_kicme_3D – други део

У одговарајућим дијаграмима секвенце и сарадње детаљно је описан временски редослед размене порука тј. иницијализације догађаја на овој веб страници, од стране медицинске особе. На основу ових дијаграма се може закључити да је потребно најпре да медицинска особа из падајуће листе одабере *JMBG* број пацијента (слика 5.90), а

након тога да у текстуалним пољима ове веб странице (слика 5.91) унесе вредности: транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на *CSVL* линију, фактора скалирања и дужине *C7-S1* кичмене линије, које су одређене на основу 2D фронталних и бочних визуелизација усправног положаја пацијента, а које су добијене поступком оптичког скенирања и притисне линк дугме *1. Dodaj novo izmerene vrednosti transpozicija kicmene linije za pacijenta zadatog JMBG broja*. Овим се покреће догађај уноса специфицираних података у базу података система.



Слика 5.92. 3D модел кичме пацијента специфицираног *JMBG* броја и *TranspozicijeID* броја

Када медицинска особа у падајућој листи, која се налази у горњем делу ове странице (слика 5.90) одабере *JMBG* број пацијента, том приликом се на врху странице приказује табела у којој су представљени основни подаци о пацијенту и табела у којој су

представљене одређених вредности транспозиција унутрашње кичмене линије у односу на CSVL линију, затим дужине вертикалних пројекција C7-S1 кичмених линија (слика 5.90). Након тога, медицинска особа може, уколико је то потребно, извршити брисање или измену ових података, при чему је најпре потребно да у текстуалном пољу 2. *Unesi broj TranspozicijeID* унесе број *Transpozicije ID* тих података. Притиском на линк дугме 3. *Brisi podatke o transpozicijama kicmene linije pacijenta zadatog JMBG broja i TranspozicijeID broja* из базе података система се бришу подаци о 3D визуелизацији кичме задатог *TranspozicijeID* броја, што се може евидентирати и њиховим изостављањем у табеларном приказу у овој апликационој веб страници. Када се након спецификације *TranspozicijeID* броја унесу друге, измењене вредности улазних података ове апликационе веб странице са слике 5.91 и притисне линк дугме 4. *Sacuvaj izmenjene vrednosti transpozicija kicmene linije za pacijenta zadatog JMBG broja i TranspozicijeID broja*, измене које се при том врше у бази података система се могу евидентирати и измењеним улазним подацима 3D визуелизације кичме, посматраног пацијента у табели ове апликационе веб странице. Притиском на линк дугме 5. *Regenerisi 3D model kicme pacijenta zadatog JMBG broja i TranspozicijeID broja*, након спецификације *TranspozicijeID* броја, врши се регенерисање 3D модела кичме пацијента и његов приказ у виду *.3dxml* фајла у посебној страници *ScolioMedIS* веб апликације, која је приказана на слици 5.92. Поред 3D модела кичме пацијента у овој страници се такође исписују и други релевантни параметри модела, као што су позиције појединих кичмених пршљенова, Кобови углови кичмених кривина, итд...

5.4.2. Дефинисање технологије апликативне и мрежне архитектуре пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

Дефинисање логике апликативне и мрежне архитектуре пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе се састоји од следећих активности:

- Дефинисање технологије;
- Дефинисање апликативне архитектуре (дијаграм компоненти);
- Дефинисање мрежне архитектуре (развојни дијаграм).

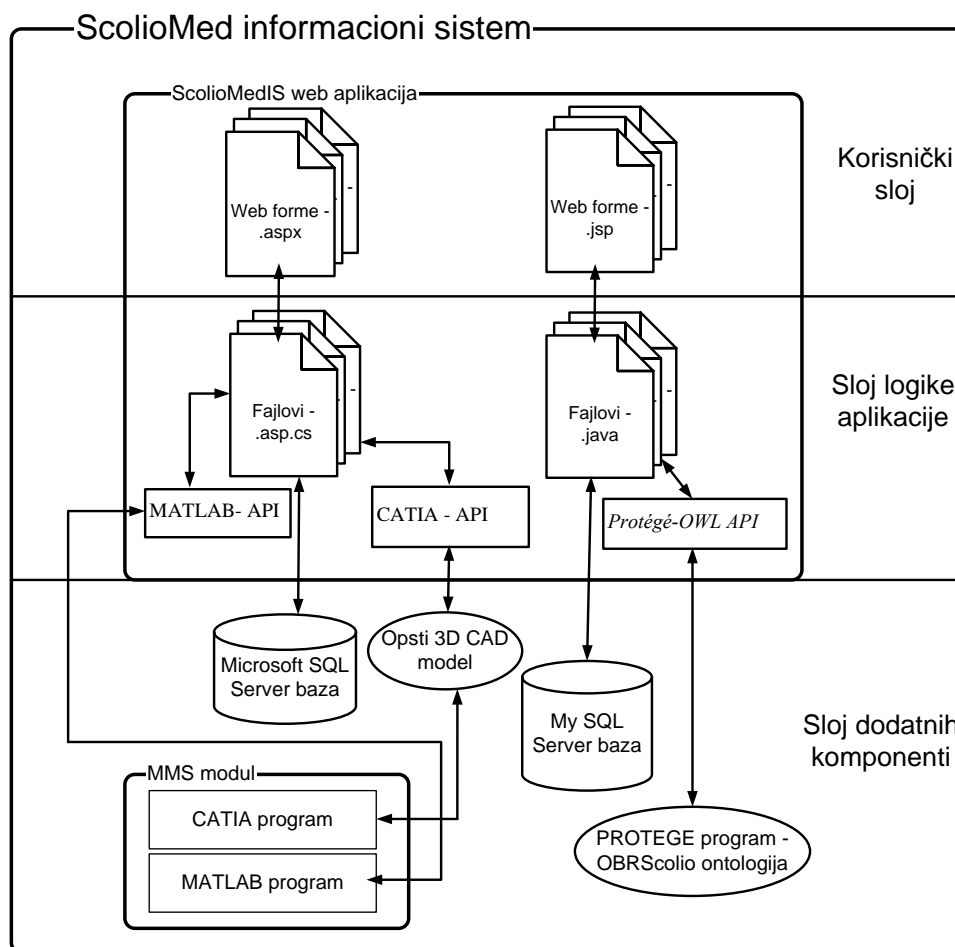
5.4.2.1. Дефинисање технологије пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

При изради информационог система, који се у овом случају састоји од: корисничког интерфејса, базе података, модула за генерисање визуелизација и онтологије неизбежно је коришћење технологије *трослојне архитектуре* (слике 5.93 и 5.94). Слојеви који сачињавају ову архитектуру су:

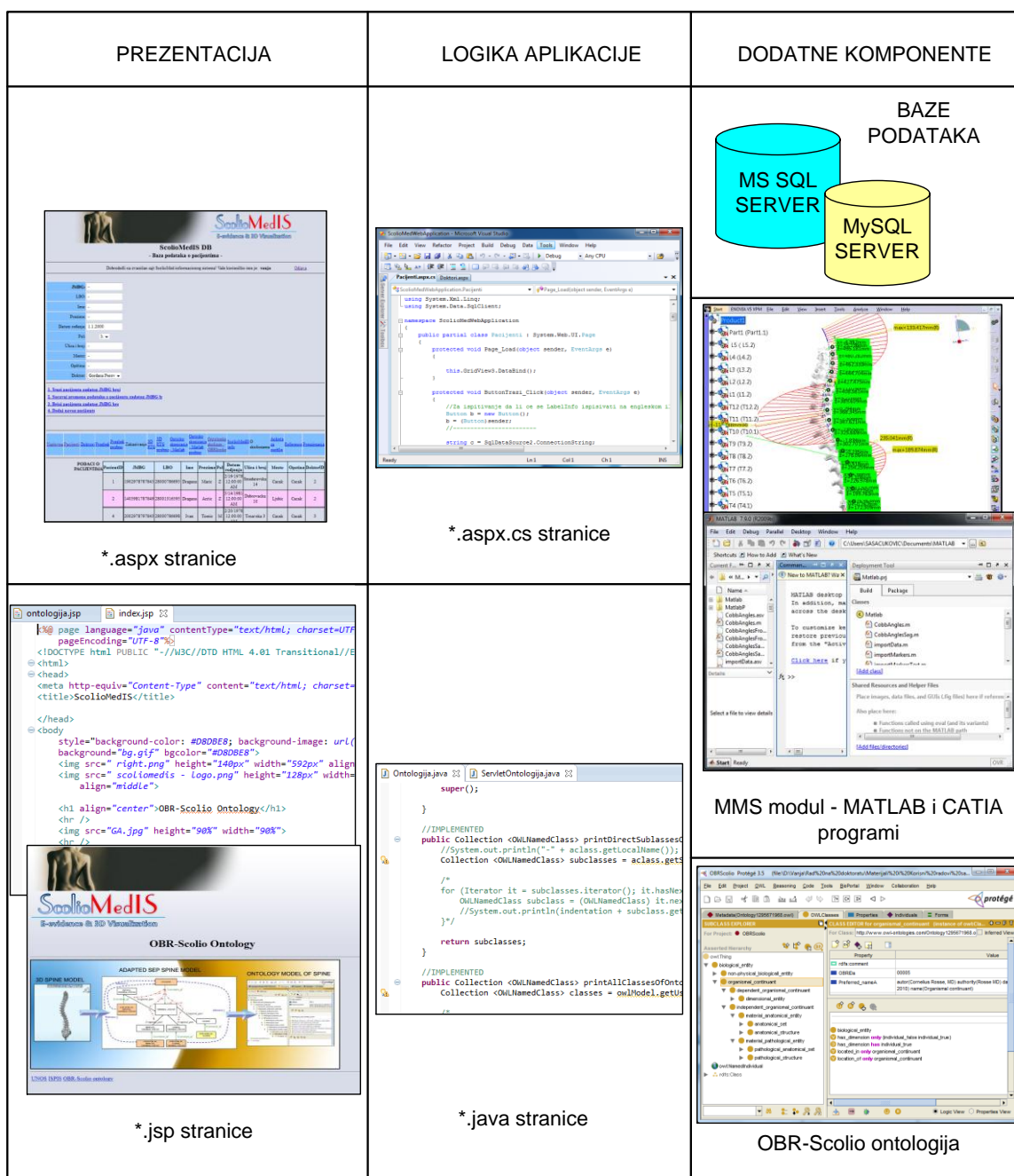
- 1) *Слој презентације (кориснички слој)* – Овај слој је сачињен углавном од веб форми тј. страница, које дефинишу изглед апликације изграђених у програмском окружењу *Microsoft Visual Studio* [308], [309], коришћењем *C# ASP.NET* технологије [309], [310], а сачињавају га фајлови апликације са екстензијом **.aspx*, који најчешће садрже статички XHTML код апликације. На страни дела *ScolioMedIS* информационог система, који се састоји од апликације израђене у *Javi*, која има непосредну интеракцију са онтологијом сколиозе *OBR-Scolio*, овај слој сачињавају *.jsp* странице које дефинишу изглед апликације.
- 2) *Слој логике апликације* – Овај слој дефинише логику апликације, којим се остварује комуникација, тј. интеракција корисничког слоја са слојевима базе

података, слојем за генерисање визуелизација и слојем онтологије. Њега сачињавају фајлови апликације израђене коришћењем *C# ASP.NET* технологије, који имају екстензију **.aspx.cs*, а садрже програмски код апликације, који се извршава на серверској страни и обезбеђује интеракцију са слојем базе података, као и слојем за генерисање визуелизација, коришћењем *Matlab* и *CATIA* програмских интерфејса (*API-a*). На страни дела *ScolioMedIS* информационог система, који се састоји од апликације израђене у *Javi*, овај слој сачињавају *.java* фајлови и сервлети у којима се налази програмски код, који дефинише логику *Java* апликације и обезбеђује непосредну интеракцију са онтологијом сколиозе *OBR-Scolio*, коришћењем *Protégé-OWL API-a*.

- 3) *Слој додатних компоненти: база података, модул за моделовање сколиозе и онтологија* – База података сачињава *Microsoft SQL* сервер базу података [300], која укључује механизме складиштења и ажурирања података. Модуо за моделовање сколиозе – *MMS (Module for Modeling Scoliosis)* укључује механизме који обезбеђују генерисање визуелизација и састоји се од *CATIA V5R20* [301], [302] и *Matlab* [303]–[307] програмских алата. На страни дела *ScolioMedIS* информационог система који се састоји од апликације израђене у *Javi*, овај слој сачињава база података *MySQL* сервера заједно са механизмима складиштења и ажурирања података и *Protégé* програм [171] за креирање и управљање онтологијом сколиозе *OBR-Scolio*.



Слика 5.93. Трослојна архитектура информационог система – *ScolioMedIS* – дијаграм компоненти



Слика 5.94. Трослојна архитектура информационог система – ScolioMedIS – дијаграм програмских компоненти

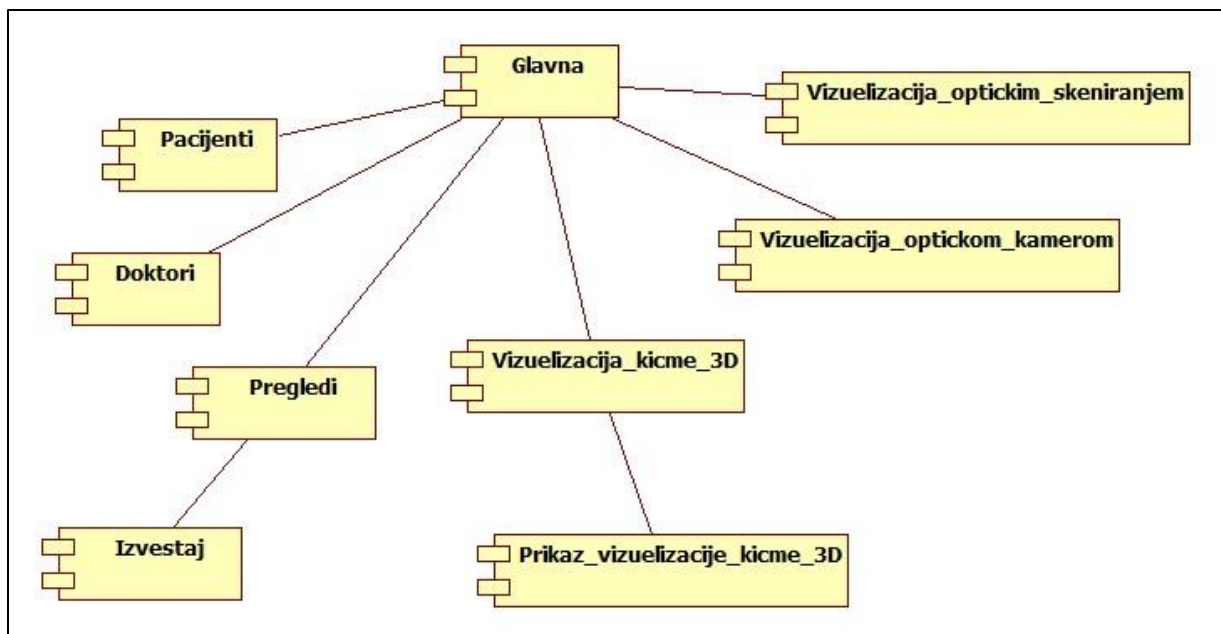
Највећа предност коришћења трослојне архитектуре јесте издвајање логике апликације у оквиру посебног слоја, који врши повезивање слоја презентације са слојевима: базе података, слојем визуелизације, односно слојем онтологије. Овим се постиже ослобађање слоја презентације од послова комуникације и интеракције са базом података, модулима за генерисање визуелизација или онтологијом. Сви захтеви задатака слоја презентације прослеђују се средњем слоју, који обавља послове: додавања и ажурирања података у бази, преузимања података из базе, ради приказа у систему или генерисања извештаја, затим прослеђивање захтева за генерисањем визуелизација, преузимања и приказа визуелизација у систему, као и постављања упита онтологији и преузимања и приказа резултата упита онтологији. Предности које пружа

трослојна архитектура *ScolioMedIS* информационог система су могућност поновне употребе кода (*Code Reuse*), као и могућност дистрибуираног рада апликације (рад у мрежном окружењу).

Трослојна логичка архитектура информационог система *ScolioMedIS* је физички реализована коришћењем клијент/сервер модела и то на тај начин да је слој презентације на клијентском рачунару, а логика апликације, модуло за моделовање сколиозе, базе података и онтологија на серверу апликације. Клијент/сервер архитектура базирана је на неједнакој расподели посла између рачунара клијената и сервера, која произилази из диспаратитета обраде између клијента и сервера. Већи и бржи серверски рачунар брже преноси податке, може да похрани већу количину података и обично обавља екстензивнију обраду него клијентски рачунар. Мањи *PC* рачунари користе се као клијенти у оваквим системима и обављају сразмерно мањи део посла, ослањајући се при том на сервер.

5.4.2.2. Дефинисање апликативне архитектуре пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе

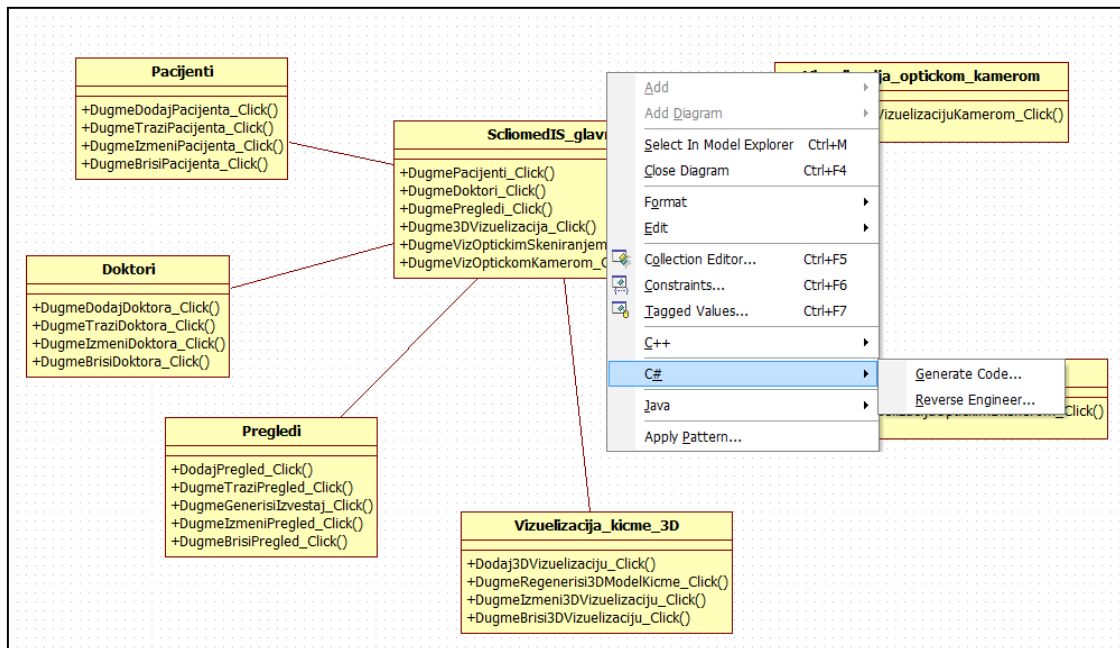
Дефинисање апликативне архитектуре подразумева дефинисање софтверских компоненти, које обезбеђују функционисање апликације, као и веза зависности између њих. Компонента представља физички модул кода. Између компоненти је могуће успоставити само операцију зависности, која означава да једна компонента мора бити компајлирана пре друге компоненте. Дијаграм компоненти за *Оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе* приказан је на слици 5.95. На основу слике се може закључити да компоненте: *Pacijenti*, *Doktori*, *Pregledi*, *Vizuelizacija_kicme_3D*, *Vizuelizacija_optickom_kamerom* и *Vizuelizacija_optickim_skeniranjem* зависе од *Glavne* компоненте, док компонента *Prikaz_vizuelizacije_kicme_3D* зависи од компоненте *Vizuelizacija_kicme_3D*.



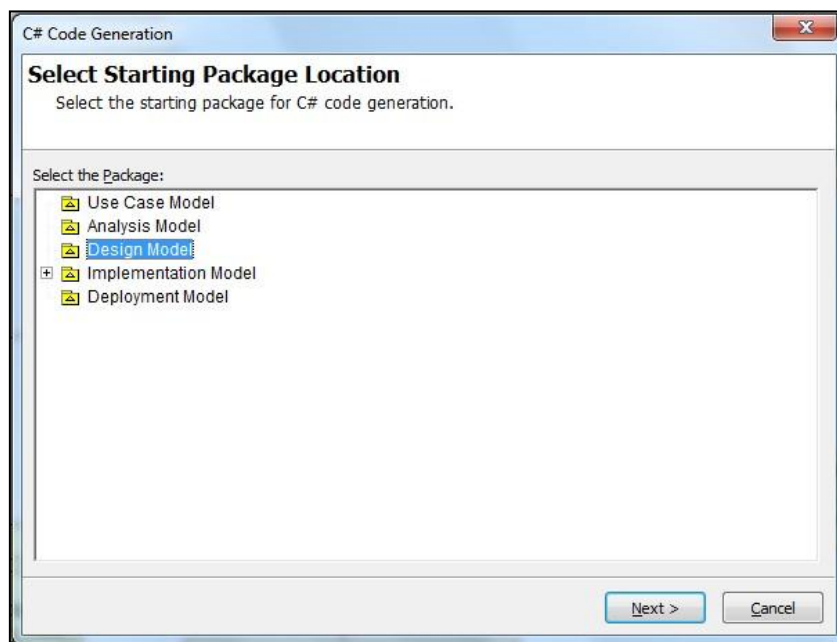
Слика 5.95. Дијаграм компоненти информационог система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе – *ScolioMedIS*

5.4.2.3. Мапирање производа дизајна у програмски код

Програмски код написан у неком објектно оријентисаном програмском језику представља крајњи циљ претходно спроведених фаза објектно оријентисане анализе и објектно оријентисаног дизајна. На основу дијаграма класа и дијаграма сарадње интерфејса, који су дефинисани у фази објектно оријентисаног дизајна, врши се мапирање класа интерфејса апликације у одговарајуће компоненте, коришћењем одговарајућег објектно оријентисаног програмског језика.



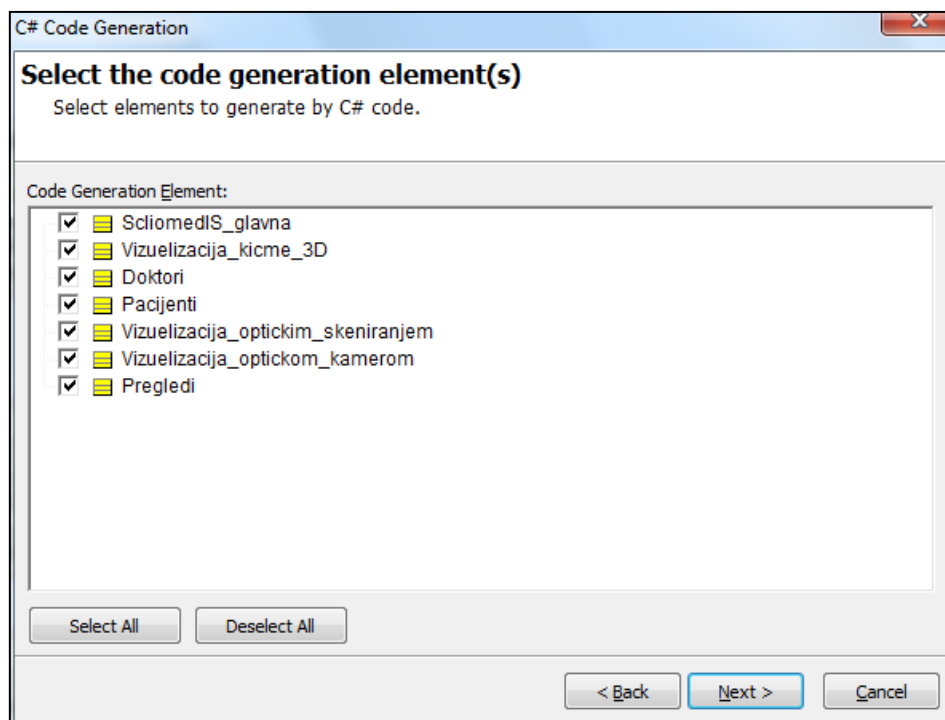
Слика 5.96. Генерисање оквирног C# кода апликације ScolioMedIS на основу дијаграма класа интерфејса у StarUML-у



Слика 5.97. Избор локације стартног пакета пројекта који садржи одговарајући дијаграм класа интерфејса апликације у StarUML-у

У раду је за мапирање производа дизајна у програмски код коришћен објектно оријентисани програмски језик C# (слика 5.95). Поред наведеног објектно оријентисаног програмског језика, *StarUML* такође нуди могућност генерисања програмског кода и у другим објектно оријентисаним програмским језицима, као што су *Java* и *C++*. У циљу генерисања програмског кода изабраног објектно оријентисаног програмског језика потребно је селектовати пакет у оквиру креираног *StarUML* пројекта, који садржи одговарајући дијаграм класа интерфејса апликације, као што је то приказано на слици 5.97.

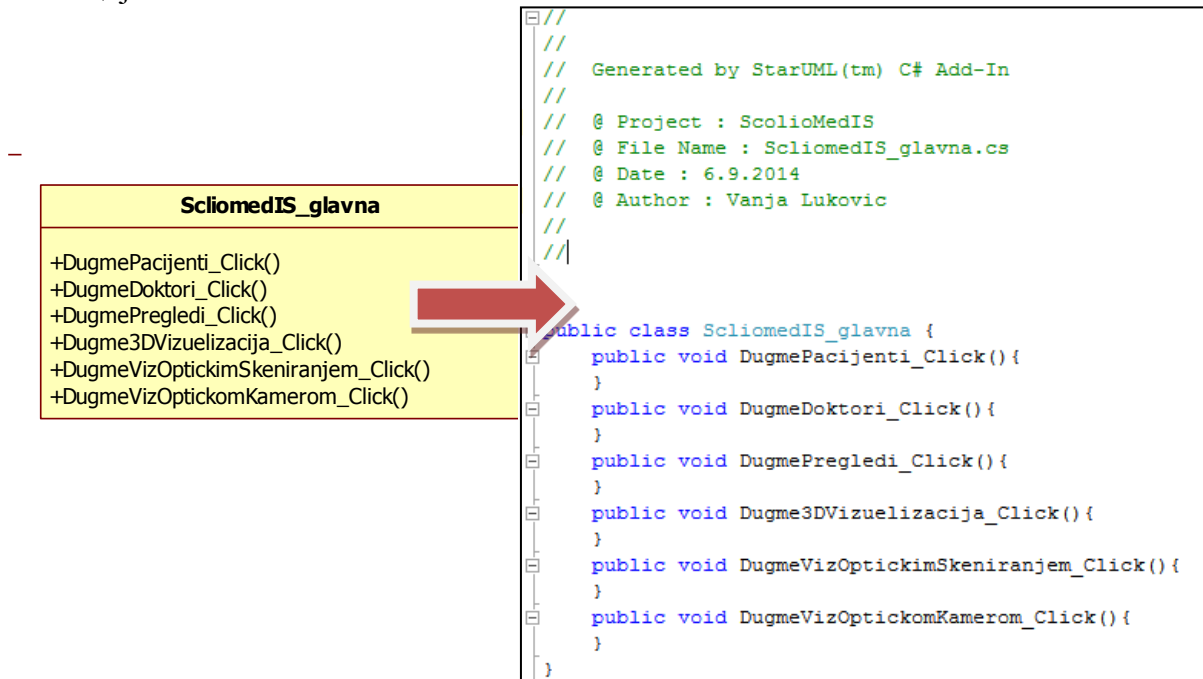
Након селекције пакета, врши се избор одговарајућих класа дијаграма интерфејса апликације, као што је приказано на слици 5.98. На крају је потребно дефинисати путању до директоријума на диску где ће се вршити меморисање C# фајлова. Као резултат описаног поступка, *StarUML* програмски алат директно генерише програмски код у изабраном објектно оријентисаном програмском језику. Том приликом *StarUML* имплементира сваку класу дијаграма као одговарајући C# фајл, који садржи C# програмски код и има екстензију *.cs*, при чему се атрибути у класама пресликавају у C# променљиве а операције у C# методе. С обзиром да су класе, атрибути и операције концепти који су директно подржани у објектно оријентисаним програмским језицима, пресликавање се практично непосредно врши, тако да је генерисање оквирног кода апликације релативно механички процес. На сликама 5.99 и 5.100 приказано је наведено пресликавање дијаграма класа интерфејса апликације у C# програмски код, на примеру класа *ScolioMedIS_glavna* и *Pacijenti*, док је за остале интерфејсне класе: *Pregledi*, *Vizuelizacija_kicme_3D*, *Vizuelizacija_optickim_skenerom* и *Vizuelizacija_optickom_kamerom* пресликавање у C# програмски извршено на аналоган начин.



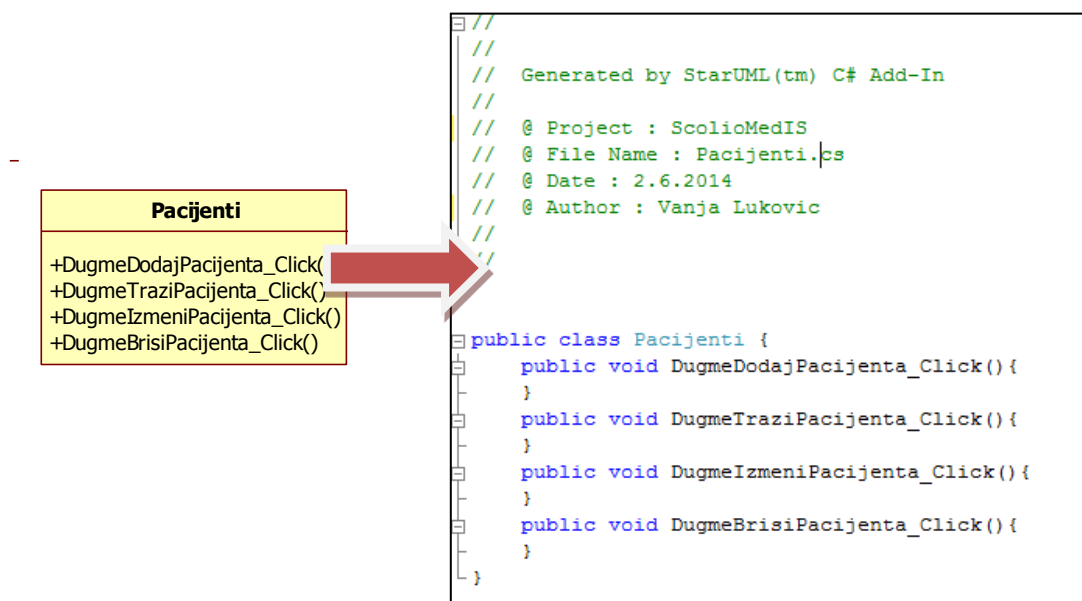
Слика 5.98. Избор локације стартног пакета пројекта који садржи одговарајући дијаграм класа интерфејса апликације у *StarUML*-у

Међутим, потребно је нагласити да је добијени програмски код само оквирни почетни корак у фази програмирања апликације. Након тога, потребно је извршити детаљну имплементацију сваке појединачне методе у класама, као и извршити

интеграцију модула за генерисање визуелизација и онтологије у *ScolioMedIS* апликацију, што је изузетно захтеван и сложен програмски задатак, који ће бити разматран у наредним поглављима. Поред тога, у циљу добијања потпуне функционалности апликације, која задовољава крајње потребе корисника, потребно је често вршити ре-програмирање појединих делова кода, ажурирање и тестирање готове апликације.



Слика 5.99. Мапирање класе главног интерфејса апликације *ScolioMedIS* у *StarUML*-у у *C#* програмски код

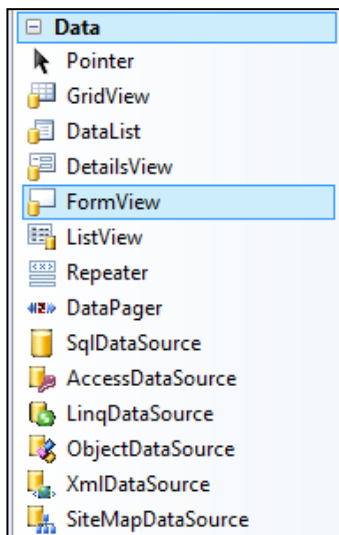


Слика 5.100. Мапирање класе интерфејса *Pacijenti* у *StarUML*-у у *C#* програмски код

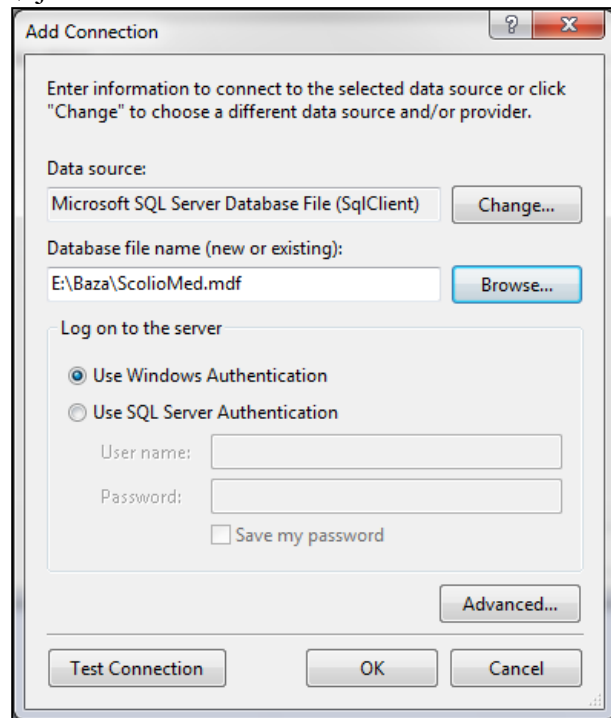
У даљем тексту се описују имплементације свих важнијих метода појединих компоненти *ScolioMedIS* апликације у *C#* програмском језику. Такође ће бити додатно описиване методе које се не појављују у класном дијаграму.

5.4.2.3.1. Интеракција са *ScolioMed* базом података *Microsoft SQL Servera* – претрага података

Као што је већ напоменуто, веб апликационе странице *Pacijenti*, *Doktori*, *Pregledi* и *Vizuelizacija_kicme_3D* интересују са *Microsoft SQL* сервером базе података система. Интеракција са базом података постигнута је додавањем објекта *SqlDataSource* класе у одговарајућу апликациону страницу информационог система. Наведени објекат расположив је у палети алата (*Toolbar*) *Microsoft Visual Studio* окружења (слика 5.101). Успостављање конекције са одговарајућом базом података постигнуто је спецификацијом коришћеног сервера базе података, назива базе података, као и дефинисањем приступних параметара серверу базе података (корисничке шифре и имена), уколико они постоје (слика 5.102). У зависности од наведених спецификација, формира се одговарајући конекциони стринг, који је у овом случају следеће форме: „Data Source=.\SQLEXPRESS; AttachDbFilename=E:\Baza\ScolioMed.mdf; Integrated Security = True; Connect Timeout=30;User Instance=True“. Иначе, наведени конекциони стринг представља *SqlConnection* својство *SqlDataSource* класе. Надаље се за креирани објекат класе *SqlDataSource* дефинише одговарајући упит *ScolioMed* бази података *Microsoft SQL* сервера, чиме подаци резултата упита бивају директно доступни за коришћење у апликацији.



Слика 5.101. *Data* мени палете алата *Toolbar*



Слика 5.102. Успостављање конекције са одговарајућом базом података *Microsoft SQL Servera*

Претрага података из базе, која се врши на основу кориснички специфицираног садржаја одређеног текстуалног поља или падајуће листе на одговарајућој веб страници апликације се генерално врши коришћењем *SELECT* упита, који се дефинише преко

објекта класе *SqlCommand*. Коришћењем `Add` методе `Parameters` својства класе *SqlCommand* постиже се додавање назива и спецификација типа одговарајућих параметара у упиту, док се коришћењем `Value` методе врши спецификација њихових вредности. У следећем коду је приказан *SELECT* упит у случају веб странице *Pacijenti*.

```
string c = SqlConnection.ConnectionString;
SqlConnection sc = new SqlConnection(c);

SqlCommand selectCommand = new SqlCommand("SELECT * FROM Pacijenti
WHERE JMBG LIKE @a", sc); //potrebno da bi se pokrenuo reader dole
selectCommand.Parameters.Add("@a", SqlDbType.Char, 14).Value =
TextBoxJMBG.Text;
SqlDataReader reader = selectCommand.ExecuteReader();

if (reader.HasRows){
    reader.Read();
    this.TextBoxJMBG.Text = reader[1].ToString();
    this.TextBoxLBO.Text = reader[2].ToString(); //konvertovanje u
string druge kolone iz dobijenog upita za tabelu Pacijenti
    this.TextBoxIme.Text = reader[3].ToString();
    this.TextBoxPrezime.Text = reader[4].ToString();
    this.DropDownListPol.Text = reader[5].ToString();
    this.TextBoxDatum.Text = reader[6].ToString();
    this.TextBoxUlicaBroj.Text = reader[7].ToString();
    this.TextBoxMesto.Text = reader[8].ToString();
    this.TextBoxOpstina.Text = reader[9].ToString();
    this.DropDownListDoktor.Text = reader[10].ToString();
    reader.Close();
}
```

На основу приказаног кода може се закључити да се *SELECT* упитом врши избор само оног записа у табели *Pacijenti* чији *JMBG* број одговара *JMBG* броју, кога је корисник унео у текстуалном пољу `TextBoxJMBG` ове веб странице. Надаље се коришћењем методе `ExecuteReader()`, преко објекта класе *SqlCommand* врши покретање извршавања овог упита и преузимање резултата упита, преко објекта класе *SqlDataReader*. Коришћењем својства `HasRows` овог објекта, може се проверити да ли постоји запис у бази података, који задовољава постављени упит. Уколико постоји, коришћењем методе `Read()` истог објекта, врши се позиционирање на тај запис и уписивање вредности појединих поља записа у одговарајућим текстуалним пољима посматране веб странице *Pacijenti*.

5.4.2.3.2. Интеракција са *ScolioMed* базом података *Microsoft SQL Servera* – измена података у бази

Након успешне претраге базе података, по потреби је могуће извршити измену података резултата претраге у одговарајућим пољима странице. Измена података у бази се врши постављањем *UPDATE* упита, преко објекта класе *SqlCommand*. Коришћењем `Add` методе `Parameters` својства објекта класе *SqlCommand* постиже се додавање назива и спецификација типова одговарајућих параметара у упиту, док се коришћењем `Value` методе врши спецификација њихових вредности. У следећем коду је приказан *UPDATE* упит у случају веб странице *Pacijenti*.

```
string c = SqlDataSource.ConnectionString;
SqlConnection sc = new SqlConnection(c);

SqlCommand command = new SqlCommand("UPDATE Pacienti SET LBO = @l,
Ime = @i, Prezime = @p, Pol =@pol, DatumRodjenja = @dr, UlicaBroj = @ub,
Mesto = @m, Opstina =@o, DoktorID=@did WHERE JMBG = @j", sc);
command.Parameters.Add("@l", SqlDbType.Char,12).Value =
this.TextBoxLBO.Text;
command.Parameters.Add("@i", SqlDbType.VarChar,20).Value =
this.TextBoxIme.Text;
command.Parameters.Add("@p", SqlDbType.VarChar,30).Value =
this.TextBoxPrezime.Text;
command.Parameters.Add("@pol", SqlDbType.VarChar, 1).Value =
this.DropDownListPol.Text;
command.Parameters.Add("@dr", SqlDbType.SmallDateTime).Value =
this.TextBoxDatum.Text;
command.Parameters.Add("@ub", SqlDbType.VarChar,50).Value =
this.TextBoxUlicaBroj.Text;
command.Parameters.Add("@m", SqlDbType.VarChar,20).Value =
this.TextBoxMesto.Text;
command.Parameters.Add("@o", SqlDbType.VarChar,20).Value =
this.TextBoxOpstina.Text;
command.Parameters.Add("@j", SqlDbType.Char,14).Value =
this.TextBoxJMBG.Text;
command.Parameters.Add("@did", SqlDbType.Int).Value =
this.DropDownListDoktor.Text;
command.ExecuteNonQuery();

this.GridView.DataBind();
```

Коришћењем методе `ExecuteNonQuery()` објекта класе `SqlCommand` врши се покретање извршавања овог упита. Том приликом се у специфицираним параметрима преузимају вредности одговарајућих текстуалних поља, односно падајућих листа на страници, након чега се извршава `UPDATE` упит за измену само оног записа у табели `Pacienti`, код кога је вредност `JMBG` броја једнака вредности која је специфицирана у `JMBG` текстуалном пољу странице.

На дну апликационе веб странице `Pacijenti` приказује се табела коришћењем `GridView` објекта, чији извор података представљају сви записи у табели `Pacienti`, што је постигнуто коришћењем `SELECT` упита: `"SELECT * FROM Pacienti"`. Коришћењем `DataBind()` методе `GridView` објекта, врши се његово повезивање са изворном табелом `Pacijenti` из базе и ажурирање података и у `GridView` табели странице, након извршене измене у табели `Pacijenti` у бази.

5.4.2.3.3. Интеракција са `ScolioMed` базом података `Microsoft SQL Servera` – брисање података у бази

Након успешне претраге базе података, некада се јавља потреба за брисањем података резултата претраге. Брисање података у бази се врши постављањем `DELETE` упита, преко објекта класе `SqlCommand`. Коришћењем `Add` методе `Parameters` својства објекта класе `SqlCommand` постиже се додавање назива и спецификација типова одговарајућих параметара у упиту, док се коришћењем `Value` методе врши спецификација њихових вредности. У следећем коду је приказан `DELETE` упит у случају веб странице `Pacijenti`.

```
SqlCommand command = new SqlCommand("DELETE FROM Pacienti WHERE JMBG = @j", sc);
command.Parameters.Add("@j", SqlDbType.Char, 14).Value =
this.TextBoxJMBG.Text;
command.ExecuteNonQuery();
this.GridView.DataBind();
```

Коришћењем методе `ExecuteNonQuery()` објекта класе `SqlCommand` врши се покретање извршавања овог упита. Том приликом се у специфицираним параметру преузима вредност текстуалног поља, које представља *JMBG* број пацијента, након чега се извршава *DELETE* упит за брисање само оног записа у табели *Pacienti*, код кога је вредност *JMBG* броја једнака вредности, која је специфицирана у *JMBG* текстуалном пољу странице.

На дну апликационе веб странице *Pacijenti* приказује се табела, коришћењем `GridView` објекта, чији извор података представљају сви записи у табели *Pacienti*, што је постигнуто коришћењем *SELECT* упита: "SELECT * FROM Pacienti". Коришћењем `DataBind()` методе `GridView` објекта, врши се његово повезивање са изворном табелом *Pacijenti* из базе и ажурирање података и у `GridView` табели странице, након брисања одговарајућег записа табеле *Pacienti* у бази.

Интеракција са ScolioMed базом података Microsoft SQL Servera – додавање нових података у базу

Често се јавља потреба за додавањем нових података у одређену табелу базе података. Додавање нових података у бази се врши постављањем *INSERT* упита, преко објекта класе `SqlCommand`. Коришћењем `Add` методе `Parameters` својства објекта класе `SqlCommand` постиже се додавање назива и спецификација типова одговарајућих параметара у упиту, док се коришћењем `Value` методе врши спецификација њихових вредности. На тај начин, у случају странице *Pacijenti* овај упит има следећи облик:

```
SqlCommand command = new SqlCommand("INSERT INTO Pacienti (JMBG, LBO,
Ime, Prezime, Pol, DatumRodjenja, UlicaBroj, Mesto, Opstina, DoktorID)
values (@j, @l, @i, @p, @pol, @dr, @ub, @m, @o, @did)", sc);
command.Parameters.Add("@j", SqlDbType.Char,14).Value =
this.TextBoxJMBG.Text;
command.Parameters.Add("@l", SqlDbType.Char,12).Value =
this.TextBoxLBO.Text;
command.Parameters.Add("@i", SqlDbType.VarChar,20).Value =
this.TextBoxIme.Text;
command.Parameters.Add("@p", SqlDbType.VarChar,30).Value =
this.TextBoxPrezime.Text;
command.Parameters.Add("@pol", SqlDbType.VarChar, 1).Value =
this.DropDownListPol.Text;
command.Parameters.Add("@dr", SqlDbType.SmallDateTime).Value =
this.TextBoxDatum.Text;
command.Parameters.Add("@ub", SqlDbType.VarChar,50).Value =
this.TextBoxUlicaBroj.Text;
command.Parameters.Add("@m", SqlDbType.VarChar,20).Value =
this.TextBoxMesto.Text;
command.Parameters.Add("@o", SqlDbType.VarChar,20).Value =
this.TextBoxOpstina.Text;
command.Parameters.Add("@did", SqlDbType.Int).Value =
this.DropDownListDoktor.Text;
command.ExecuteNonQuery();
this.GridView.DataBind();
```

Коришћењем методе `ExecuteNonQuery()` објекта класе `SqlCommand` врши се покретање извршавања овог упита. Том приликом се у наведеним параметрима преузимају вредности одговарајућих текстуалних поља или падајућих листа на страници, након чега се извршава `INSERT` упит за додавање новог записа у табели `Pacienti`, са вредностима које одговарају специфицираним текстуалним пољима на страници.

На дну апликационе веб странице `Pacijenti` приказује се табела, коришћењем `GridView` објекта, чији извор података представљају сви записи у табели `Pacienti`, што је постигнуто коришћењем `SELECT` упита: "`SELECT * FROM Pacienti`". Коришћењем `DataBind()` методе `GridView` објекта, врши се његово повезивање са изворном табелом `Pacijenti` из базе и ажурирање података и у `GridView` табели странице, након додавања новог записа у табелу `Pacienti` базе.

5.4.2.3.4. Интеграција `CATIA` компоненте `MMS` модула за моделовање сколиозе у `ScolioMedIS` веб базирани информациони систем

`CATIA` компонента модула за моделовање сколиозе `MMS (Module for Modeling Scoliosis)` је симулатор сколиозе, који модификује генерички 3D модел кичме према клиничким параметрима бочних и фронталних радиографских снимака коришћењем `CATIA V5R20` програма и аутоматски израчунава вредности Кобових углова појединих кривина кичме.

Генерички 3D модел кичме `DMU (Digital Mock UP)` [239] у коме се истовремено комбинују анатомске-структурне (интерне и екстерне), као и кинематске (биомеханичке) карактеристике кичменог стуба креиран је оптичким скенирањем подсхумних кичмених пршљенова, поређаних тако да се испоштују анатомска и биомеханичка ограничења, која симулирају реално кретање и да се избегне њихова колизија [311]. Генерички 3D модел кичме израђен је од стране `CAD` експерта, коришћењем 3D оптичког система `ATOS II (GOM GMBH, Germany)` и `CATIA V5R20` [301] програма. Он је основа за генерисање пацијентовог специфичног модела кичме за визуелизацију деформитета, мерење деформисаних региона кичме и целокупну дијагностику. Основни параметри за генерисање пацијентовог специфичног 3D модела кичме према [312], [313] су: 12 транспозиција унутрашње кичмене линије од централне сакралне вертикалне линије (`CSVL`)[208], затим дужина `C7-S1` кичмене линије на 2D фронталним и бочним визуелизацијама усправног положаја пацијента, које су добијене поступком оптичког скенирања, као и фактор скалирања који се одређује у зависности од димензије петог лумбалног пршљена. Наведени параметри се добијају коришћењем веб апликационе странице `Vizuelizacija_optickim_skeniranjem`.

Интеграција `CATIA` компоненте `MMS` модула за моделовање сколиозе у `ScolioMedIS` веб базирани информациони систем, постигнута је укључивањем следећих библиотека класа у оквиру веб странице `Vizuelizacija_kicme_3D`:

```
using INFITF;  
using ProductStructureTypeLib;  
using KnOWLedgewareTypeLib;  
using MECMOD;
```

Наведене библиотеке класа садрже све неопходне методе за стартовање `CATIA` апликације, учитавање потребног `CATIA` пројекта у коме је извршена 3D визуелизација генеричког модела кичме, као и модификацију кључних параметара генеричког 3D модела кичме, ради генерисања визуелизације специфичног пацијентовог 3D модела

кичме. Осим тога, наведене библиотеке класа омогућавају приказ свих релевантних параметара специфичног пацијентовог 3D модела кичме у апликацији, у циљу њихове даље анализе и поређења, као и експортовање специфичног пацијентовог 3D модела кичме у *3dxml* формат, ради његове визуелизације у *ScolioMedIS* веб апликацији.

Покретање *CATIA* апликације постигнуто је коришћењем наведене *StartCatia* методе *CatiaCore* класе, која је дефинисана у апликацији:

```
public class CatiaCore
{
    private string modelPath;
    private Application aCatia;
    private Document doc;
    private ProductDocument prodDoc;

    ...

    public void StartCatia(bool bVisible)
    {
        Type oCat = Type.GetTypeFromProgID("Catia.Application");
        try {
            aCatia = (Application)Activator.CreateInstance(oCat);
            if (aCatia == null)
                throw new Exception();
        }
        catch {
            WebMsgBox.Show("Catia aplikacija neuspesno pokrenuta!");
        }
        finally
        {
            aCatia.Visible = bVisible;
        }
    }
}
```

У овој методи се спецификацијом истините или неистините вредности *bVisible* аргумента, постиже дефинисање видљивости приказа покренуте *CATIA* апликације. Методом *GetTypeFromProgID* системске класе *Type* постиже се преузимање типа специфицираног програмског идентификатора *CATIA* апликације. Надаље се коришћењем *CreateInstance* методе системске класе *Activator*, којој се прослеђује преузети тип идентификатора *CATIA* апликације, постиже стартовање *CATIA* апликације.

Учитавање одговарајућег *CATIA* пројекта постиже се коришћењем *Documents.Open* методе *CATIA* апликације, у којој је потребно специфицирати путању на диску где је лоциран *CATIA* пројекат кога је потребно учитати, као што је приказано у наведеној *LoadModel* методи класе *CatiaCore*.

```
public class CatiaCore
{
    private string modelPath;
    private Application aCatia;
    private Document doc;
    private ProductDocument prodDoc;

    ...

    public void LoadModel(string mPath)
    {
```

```
modelPath = mPath;
try{
    doc = aCatia.Documents.Open(string modelPath);
    if (doc == null)
        throw new NullReferenceException();
}
catch
{
    WebMsgBox.Show ("CATIA projekat nesupesno ucitan!");
}
finally
{
    doc = aCatia.ActiveDocument;
}
}
```

Експортовање учитаног *CATIA* пројекта у одговарајући формат, ради његове визуелизације на вебу, постигнуто је коришћењем `ExportData` методе `ProductDocument` класе, у којој је потребно специфицирати путању на диску где ће се вршити експортовање, као и формат експортовања, као што је приказано у доле наведеној `ExportDocument` методи `CatiaCore` класе:

```
public class CatiaCore
{
    private string modelPath;
    private Application aCatia;
    private Document doc;
    private ProductDocument prodDoc;

    ...

    public void ExportDocument(string exportPath, string exportFormat)
    {
        try
        {
            prodDoc.ExportData(ref exportPath, ref exportFormat);
        }

        catch {
            WebMsgBox.Show ("CATIA projekat nesupesno eksportovan!");
        }
    }
}
```

Измена релевантних параметара општег 3D *CATIA* модела кичме у циљу добијања специфичног пацијентовог 3D *CATIA* модела кичме, постигнута је коришћењем следеће `ChangeParameters` методе програмски дефинисане `CatiaCore` класе:

```
public class CatiaCore
{
    private string modelPath;
    private Application aCatia;
    private Document doc;
    private ProductDocument prodDoc;

    ...
```



```
public void ChangeParameters(float ap, float bp, float cp, float
dp, float ep, float fp, float gp, float hp, float ip, float jp, float kp,
float lp, float c7s1p, float scalingp)
{
    try
    {
        //change paremeters
        prodDoc = (ProductDocument)doc;
        Parameters ps = prodDoc.Product.Parameters;

        object name;
        //Parametri frontalne ravni
        name = "a";
        RealParam rpa = (KnOWLedgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
        rpa.Value = Convert.ToDouble (ap);

        name = "b";
        RealParam rpb = (KnOWLedgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
        rpb.Value = Convert.ToDouble (bp);

        ...

        name = "scaling";
        RealParam rpscaling =
(KnOWLedgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);
        rpscaling.Value = Convert.ToDouble(scalingp);

        if (rpa == null || rpb == null || rpc == null || rpd == null ||
rpe == null || rpf == null || rpg == null || rph == null || rpi == null ||
rpj == null || rpk == null || rpl == null || rpc7s1 == null || rpscaling ==
null)

            throw new Exception();

    }
    catch {
        WebMsgBox.Show ("Izmena parametara neuspesno izvrsena");
    }

    finally
    {
        //update
        //-----
        prodDoc.Product.Update ();
        //-----
    }
}
}
```

У наведеној методи се преузимање релевантних параметра, учитаног 3D CATIA модела кичме постиже коришћењем његовог Product.Parameters својства. Приступање специфичном параметру у групи преузетих параметара модела, постиже се коришћењем његове Item методе, у којој је потребно специфицирати тачан назив параметра модела, који се преузимају. Након тога се врши измена вредности сваког

појединачног специфицираног параметра у вредност, која је дефинисана аргументом `ChangeParameters` методе.

Коришћењем доле наведене `GetParameters` методе `CatiaCore` класе остварено је преузимање следећих релевантних параметара са пацијентовог специфичног 3D *CATIA* модела кичме: углова у фронталној равни између кичмених пршљенова T2 и T5, T5 и T12, T10 и L2, односно L1 и L5, затим углова између кичмених пршљенова у бочној равни T4 и T12, односно L1 и L5, као и 3D координате центара свих кичмених пршљенова.

```
public void GetParameters(ref double parPodela, ref double parPlx, ..., ref
double parSosortT2T5, ref double parSosortT5T12, ref double parSosortT10L2,
ref double parSosortL1L5, ref double parSosortSAGTh4T12, ref double
parSosortSAGL1L5) {

    try
    {
        prodDoc = (ProductDocument)doc;
        Parameters ps = prodDoc.Product.Parameters;

        object name;
        name = "podela";
        RealParam podela =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        //name = "Measure\MeasureEdge.1\Length";
        //RealParam mml =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);
        //mmlPar = mml.Value;

        //Cobbovi uglovi frontalna ravan
        name = @"sosortT2T5";
        RealParam sosortT2T5 =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        name = @"sosortT5T12";
        RealParam sosortT5T12 =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        name = @"sosortT10L2";
        RealParam sosortT10L2 =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        name = @"sosortL1L5";
        RealParam sosortL1L5 =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        //Cobbovi uglovi sagitalna ravan
        name = @"sosortSAGTh4T12";
        RealParam sosortSAGTh4T12 =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        name = @"sosortSAGL1L5";
        RealParam sosortSAGL1L5 =
(KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref name);

        //Vrednosti X, Y i Z koordinate centara prsljenova
        //name = @"MeasurePoint.1\Gx";
        name = @"Gx1";
```

```
RealParam p1x = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
    name = @"Gy1";
RealParam p1y = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
    name = @"Gz1";
RealParam p1z = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);

    name = @"Gx2";
RealParam p2x = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
    name = @"Gy2";
RealParam p2y = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
    name = @"Gz2";
RealParam p2z = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);

    name = @"Gx3";
RealParam p3x = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
    name = @"Gy3";
RealParam p3y = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);
    name = @"Gz3";
RealParam p3z = (KnowledgewareTypeLib.RealParam)ps.Item(ref
name);

        ...
    if (podela == null || p1x == null || p1y == null || p1z == null || p2x
== null || p2y == null ... || sosortT2T5 == null || sosortT5T12 == null ||
sosortT10L2 == null || sosortL1L5 == null || sosortSAGTh4T12 == null ||
sosortSAGL1L5 == null)
        throw new Exception();
    else
    {
        parPodela = podela.Value;
        parSosortT2T5 = sosortT2T5.Value;
        parSosortT5T12 = sosortT5T12.Value;
        parSosortT10L2 = sosortT10L2.Value;
        parSosortL1L5 = sosortL1L5.Value;
        parSosortSAGL1L5 = sosortSAGL1L5.Value;
        parSosortSAGTh4T12 = sosortSAGTh4T12.Value;

        parP1x = p1x.Value;
        parP1x = p1x.Value;
        parP1x = p1x.Value;

        ...
    }
}
catch
{
    WebMessageBox.Show("Preuzimanje parametara, neuspesno izvrшено!");
}
}
}
```

У наведеној методи се преузимање релевантних параметра уčitаног 3D *CATIA* модела кичме такође постиже коришћењем његовог *Product.Parameters* својства. Приступање специфичном параметру у групи преузетих параметара модела, постиже се коришћењем његове *Item* методе, у којој је потребно специфицирати тачан назив параметра модела, који се преузимају. Након тога се вредности преузетих параметара модела додељују аргументима *ChangeParameters* методе, ради приказа у апликацији.

Генерисање пацијентовог специфичног 3D модела кичме остварује се читавањем општег 3D *CATIA* модела кичме и изменом релевантних параметара, коришћењем описане *ChangeParameters* методе. Након тога се врши експортовање овако креираног пацијентовог специфичног 3D *CATIA* модела кичме у виду *3dxml* фајла.

5.4.2.3.5. Приказ 3D визуелизација кичме *ScolioMedIS* апликације

Креирани пацијентов специфичан 3D *CATIA* модел кичме се екпортује у *3dxml* формат као *Product1.3dxml* фајл, који заузима знатно мање меморијског простора од поменутог 3D *CATIA* модела кичме, па се стога може у реалном времену приказати на вебу у оквиру странице *Vizuelizacija_kicme_3D* (слика 5.92). Приказ генерисаног *Product1.3dxml* фајла остварен је дефинисањем следећих поставци на веб страници *Vizuelizacija_kicme_3D*:

```
<object id="viewer" classid="clsid:5ABD296B-F8A0-436C-B2F7-B19170C43D28"
codebase="http://gtwiki.org/mwiki/downloads/3DXMLPlayerSetup.exe"
border="1" ondatabinding="ButtonRegenerisi3D_Click">
<param name="Param1"
value="http://www.scolio medis.mfkg.rs/exports/Product1.3dxml" visible="true" />
```

За приказ визуелизације пацијентовог специфичног модела кичме на клијентској страни, потребно је само да клијентски рачунари имају инсталиран *3D XML Player* који се бесплатно може преузети са [314].

5.4.2.3.6. Интеграција *Matlab* компоненте *MMS* модула за моделовање сколиозе у *ScolioMedIS* веб базирани информациони систем

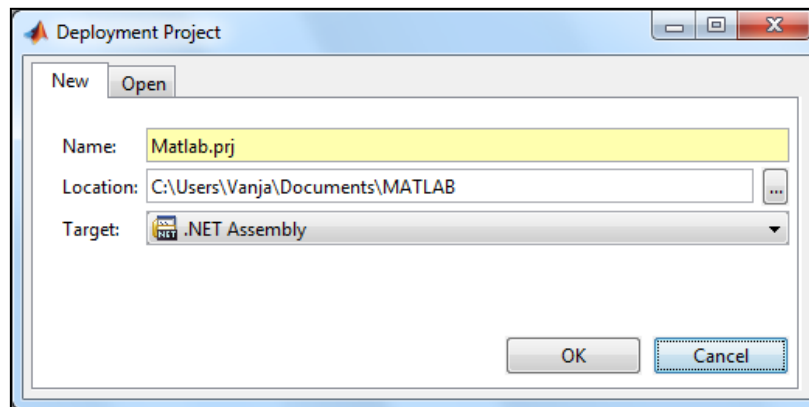
Matlab компонента модула за моделовање сколиозе *MMS (Module for Modeling Scoliosis)* је сачињена од скупа *Matlab* функција, које врше генерисање визуелизација и одређивање свих релевантних Кобових углова, коришћењем описаних методологија визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком (дигиталном) камером. За интеграцију *Matlab* компоненте *MMS* модула у веб базирани систем *ScolioMedIS*, који је као што је у поглављу 5.4.2.1 напоменуто, израђен у *C# ASP.NET* технологији [310], [315], било је потребно извршити интеграцију улога *Matlab* програмера и *C# ASP.NET* програмера.

У том циљу *Matlab* програмер врши најпре креирање *Matlab R2008b* (или новије) верзије пројекта (у овом случају коришћена је верзија *Matlab R2009b*), за реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем, односно методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером, који се састоји од следећих *Matlab* функција (*.m* фајлова):

- Функције за читање текстуалних фајлова, који садрже 3D координате облака тачака леђа, спољашње линије симетрије леђа, унутрашње кичмене линије и кључних *DIERS* тачака леђа у усправном положају пацијента, који су добијени поступком визуелизације оптичким скенирањем, као и текстуалних фајлова који

- садрже 2D координате линије симетрије леђа, унутрашње кичмене линије и анатомски кључних *DIERS* тачака леђа приликом савијања пацијента у леву и десну страну, који су добијени поступком визуелизације оптичком (дигиталном) камером;
- *B-spline* 3D програмске функције за генерисање *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије за реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем, као и *B-spline* 2D програмске функције за генерисање *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије за реализацију методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером;
 - Програмске функције за 2D визуелизацију облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни усправног положаја пацијента, затим хоризонталних линија, које дефинишу границе појединих кичмених региона и *CSVL* линије за реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем;
 - Програмске функције за 2D визуелизацију облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије, затим хоризонталних линија које дефинишу положаје значајних пршљенова за одређивање угла кифозе у бочној равни усправног положаја пацијента и реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем;
 - Програмске функције за 3D визуелизацију облака тачака леђа, *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије, за реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем;
 - Програмске функције за 2D визуелизацију *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну, за реализацију методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером;
 - Програмске функције за 2D визуелизацију *B-spline* линије симетрије леђа и *B-spline* унутрашње кичмене линије у фронталној равни приликом савијања пацијента у десну страну, за реализацију методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером;
 - Програмске функције у којој се повлачењем нормала у инфлексионим тачкама у којима је други извод *B-spline* унутрашње кичмене линије једнак нули, одређују Кобови углови у фронталној и бочној равни у управном положају пацијента, као и Кобови углови кифозе између пршљенова T2 и T5, T10 и L2, односно T5 и T12, за реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем;
 - Програмске функције у којој се повлачењем нормала у инфлексионим тачкама у којима је други извод *B-spline* унутрашње кичмене линије једнак нули, одређују Кобови углови у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, за реализацију методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером;
 - Програмске функције за 2D визуелизацију другог извода унутрашње кичмене линије у фронталној и бочној равни, које представљају графике који дефинишу промену закривљености унутрашње кичмене линије (тј. прелазак кривине из конкавне у конвексну и обратно) у фронталној равни и бочној равни у управном положају пацијента, за реализацију методологије визуелизације оптичким скенирањем.
 - Програмске функције за 2D визуелизацију другог извода унутрашње кичмене линије у фронталној и бочној равни, које представљају графике који дефинишу промену закривљености унутрашње кичмене линије (тј. прелазак кривине из

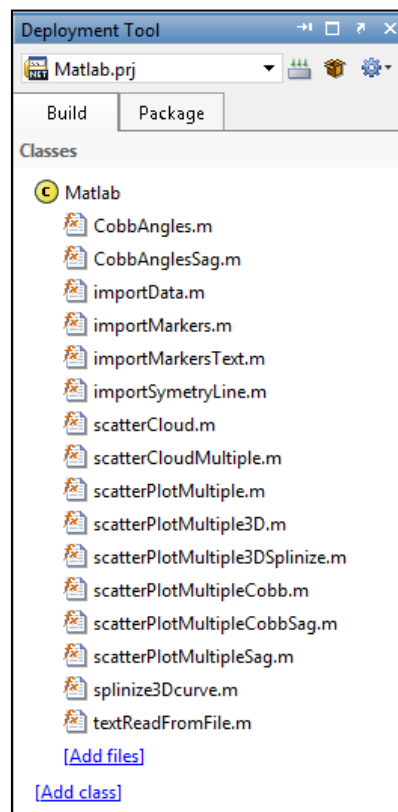
конкавне у конвексну и обратно) у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, за реализацију методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером.



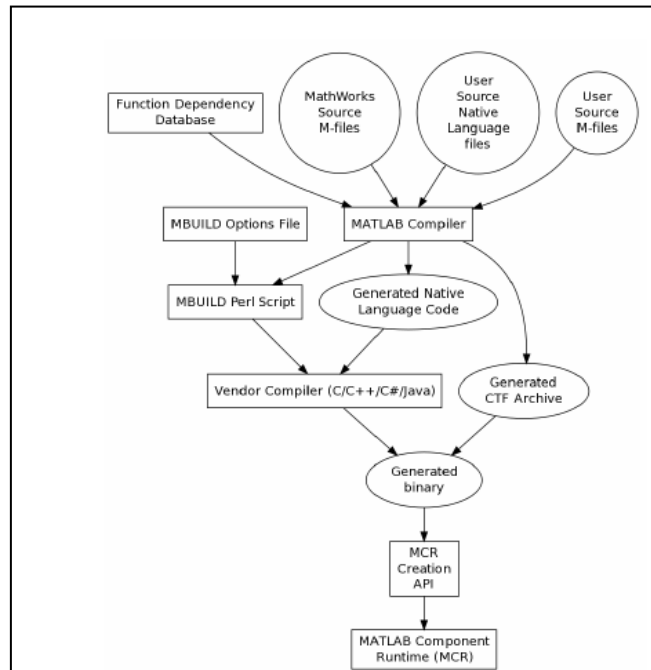
Слика 5.103. Креирање .NET Assembly пројекта *Matlab.prj*

C# ASP.NET програмер има улогу интеграције креираних *Matlab* функција у C# ASP.NET развојно окружење *ScolioMedIS* веб базираних информационог система [318]. Интеграција се постиже коришћењем *Matlab Deployment Tool* алата у коме се креира пројекат жељеног назива (у нашем случају назив је *Matlab.prj*), при чему је за циљно окружење одабран *.NETAssembly* (слика 5.103).

Наведеном пројекту се додаје *Matlab* класа жељеног назива (у нашем случају *Matlab*), којој се додају сви претходно дефинисани функционални модули (.m фајлови) (слика 5.104), након чега се покрене *Matlab* процес компајлирања и креирања дефинисаног пројекта (слика 5.105).



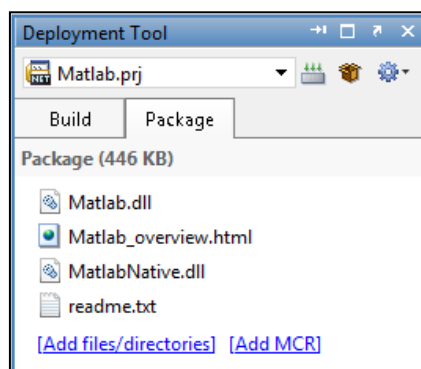
Слика 5.104. Укључивање свих (.m фајлова) у .NETAssembly пројекат *Matlab.prj*



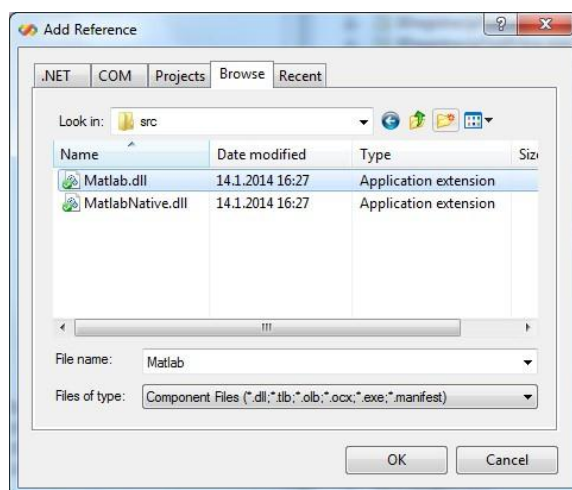
Слика 5.105. Matlab процес компајлирања и изградње дефинисаног пројекта

Овај процес подразумева позивање *Matlab* компајлера, који врши:

- Испитивање улазних *Matlab* (.m фајлова) и њихове зависности од екстерних база података да би се одредила комплетна листа свих функција, које се користе у *Matlab* апликацији.
- Одређивање које функције треба да буду јавно видљиве.
- Генерисање одговарајућег фајла кода апликационог интерфејса, које се базира на листи јавних функција и комплетне листе функција. Код апликационог интерфејса се такође креира у зависности од циљног апликационог окружења.
- Паковање функција у *CTF* архиву, креирањем фајла на корисничком диску.
- Опционо позивање циљног апликационог окружења за генерисање бинарне верзије апликационог пројекта, од генерисаног фајла кода апликационог интерфејса, као и библиотека кода интерфејса које обезбеђује *MathWorks*.
- Лоцирање инсталационог пакета *Matlab Compiler Runtime (MCR)*.
- Заједничко колекционисање бинарних фајлова, *CTF* архиве и *MCR* инсталације, као и других опционих, кориснички специфицираних фајлова.

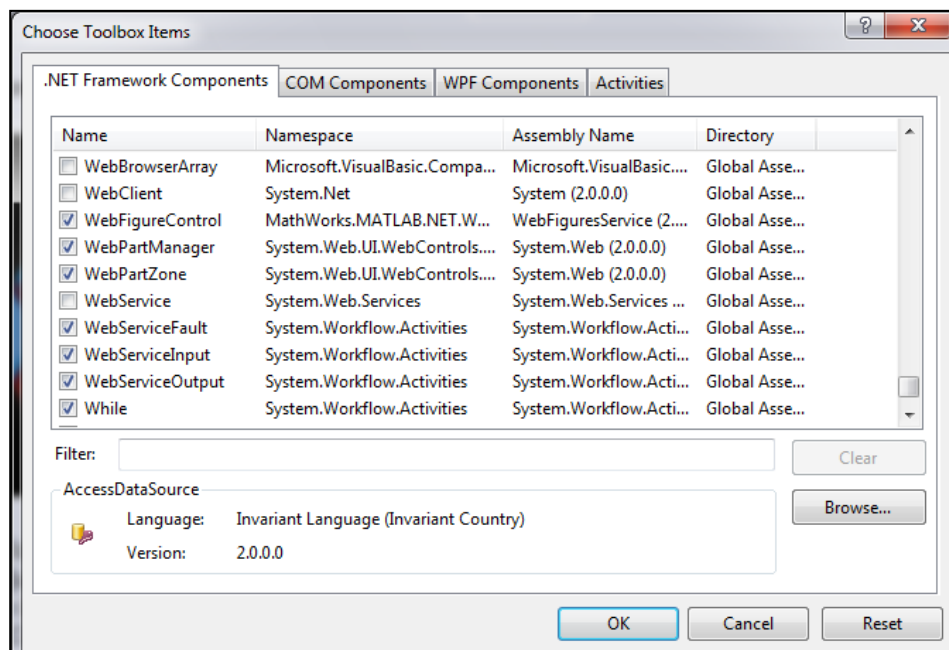


Слика 5.106. Пакет фајлова *Matlab.prj* пројекта генерисаних коришћењем *Matlab Deployment Tool* алата

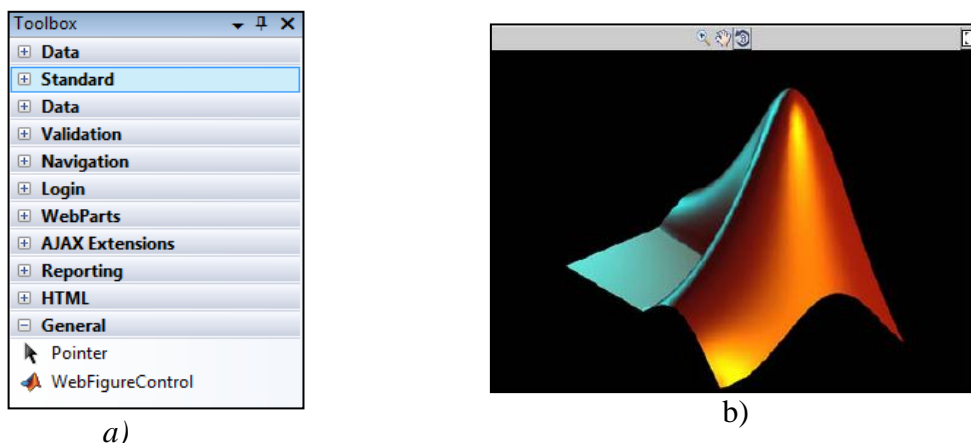


Слика 5.107. Укључивање *Matlab.dll* фајла у *C# ASP.NET* окружење *ScolioMedIS* апликације

Надаље се у *Microsoft Visual Studio* развојно окружење *ScolioMedIS* апликације врши референцирање *Matlab.dll* фајла (слика 5.107), чиме се постиже коришћење свих креираних *Matlab* функција у апликацији, као и референцирање *MWArray.dll* фајла, који обезбеђује коришћење свих *Matlab* података, који су аргументи позива *Matlab* функција или њихови резултати, а који имају форму правоугаоне матрице. Уколико је матрица димензије 1×1 ови подаци су скаларни, а уколико матрица има једнодимензионалну колону или врсту, ови подаци су вектори. Иначе, *MWArray.dll* фајл се најчешће налази на системској путањи, на којој је инсталиран *Matlab* програм: *InstallRoot\toolbox\dotnetbuilder\bin\win32\v2.0\MWArray.dll*, при чему је *InstallRoot* локација на којој је инсталиран *MatlabCompilerRuntime (MCR)*, на рачунарима са инсталираним *MCR*-ом или пак *matlabroot* на рачунарима на којима је инсталиран *Matlab* програм.



Слика 5.108. Укључивање *WebFigureControl*-е у палету алата *Toolbar*, *C# ASP.NET* окружења *ScolioMedIS* апликације



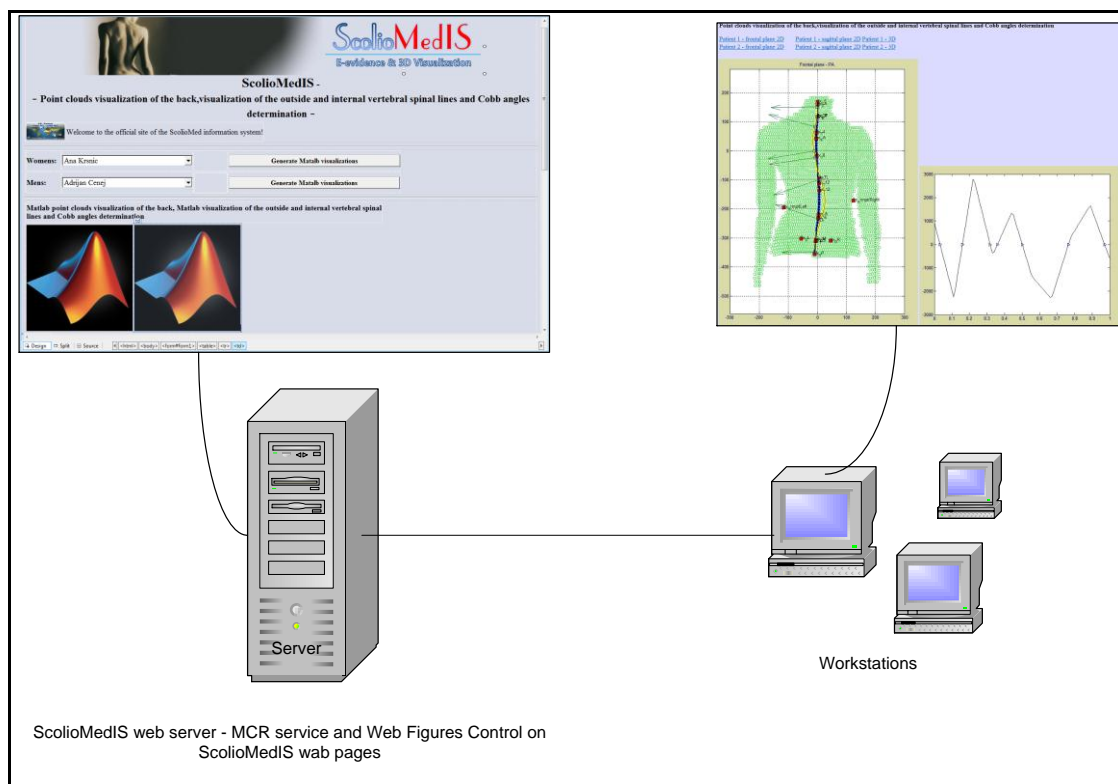
Слика 5.109. а) Изглед Toolbar палете алата C# ASP.NET окружења након додавања WebFigure контроле б) Изглед WebFigure контроле након додавања у .aspx странице

У циљу уграђивања и приказивања свих *Matlab* визуелизација у *ScolioMedIS* веб апликацији, потребно је у *Microsoft Visual Studio* развојно окружење апликације, тачније у палету алата *Toolbar* убацили *WebFigures* контролу [318]. Уграђивање контроле *WebFigures* постиже се додавањем следеће *.NET Framework* компоненте у палету алата *Toolbar*:
InstallRoot\toolbox\dotnetbuilder\bin\arch\v2.0\WebFiguresService.dll, при чему је *InstallRoot* локација на којој је инсталиран *MatlabCompilerRuntime (MCR)*, на рачунарима са инсталираним *MCR*-ом или пак *matlabroot*, на рачунарима на којима је инсталиран целокупан *Matlab* програм (слика 5.108). На слици 5.109а) је приказан изглед палете алата *Toolbar Microsoft Visual Studio* окружења, након што је на претходно описани начин извршено додавање *WebFigure* контроле, док је на слици 5.109б) приказан изглед *WebFigure* контроле након додавања у *.aspx* странице апликације. Као што се на основу слике 5.109б), може закључити, ова контрола омогућава кориснику контролисање увећавања, померања и ротације *Matlab* графика. Да би наведено било могуће потребно је користити верзију *Microsoft Visual Studio 2005* или новију (у нашем случају коришћена је верзија *Microsoft Visual Studio 2008*), као и *.NET Framework* верзије 2.0 или новије. Ова контрола обезбеђује директно уграђивање и визуелизацију свих *Matlab* графика у веб странице *.NET* апликација, њихов приказ на вебу и манипулацију од стране крајњих корисника, без потребе инсталирања комплетног *Matlab* програма. Довољно је само инсталирати *MATLAB Compiler Runtime (MCR)* верзије 7.9 или новије. У нашем случају коришћена је најједноставнија мрежна конфигурација приказана на слици 5.110, у којој се сервис за *WebFigures* контролу тј. *MCR*, као и одговарајуће веб странице *ScolioMedIS* веб апликације са уграђеним *WebFigures* контролама налазе на истом серверском рачунару.

Да би се сви *Matlab* графици, који се генеришу коришћењем *Matlab figure* функције, приказивали у *WebFigure* контролама, потребно их је у свим функцијским *.m* фајловима *Matlab* програма сакрити и предати *webfigure* функцији, као што је приказано у следећем примеру:

```
function [wf1,wf2,wf3] = MyWebFigures()  
    f1= figure('visible','off'); %kreiranje slike prvog grafika i njeno sakrivanje  
    ...  
    wf1 = webfigure(f1); %generisanje veb slike prvog grafika  
    ...
```

```
f2= figure('visible','off'); %kreiranje slike drugog grafika i njeno sakrivanje  
...  
wf2 = webfigure(f); %generisanje veb slike drugog grafika  
...  
f3= figure('visible','off'); %kreiranje slike treceg grafika i njeno sakrivanje  
...  
wf3 = webfigure(f3); %generisanje veb slike treceg grafika  
end
```



Слика 5.110. Мрежна конфигурација ScolioMedIS апликације у којој се MATLAB Compiler Runtime (MCR) сервис, као и веб странице ScolioMedIS апликације са уграђеним WebFigures контролама налазе на истом серверском рачунару

У *.aspx.cs* страницама веб апликације се надаље врши укључивање следећих *Matlab* библиотека класа, да би се обезбедила могућност да се преко дефинисаног објекта *Matlab* класе у апликацији (`public Matlab.Matlab obj = new Matlab.Matlab()`) (слика 5.104), користе сви дефинисани *Matlab* функционални модули (*.m* фајлови):

```
using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays;  
using MathWorks.MATLAB.NET.Utility;  
using Matlab;  
using MathWorks.MATLAB.NET.WebFigures;
```

Директивом *using Matlab* постиже се укључивање *Matlab* библиотеке пројекта *Matlab.prj*, док се директивама *using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays* и *using MathWorks.MATLAB.NET.Utility*, постиже укључивање одговарајућих библиотека класа, које омогућавају позивање *Matlab* функција, чији су аргументи или резултати позива, подаци матричног `MWArray[]` или векторског (`MWArray` или `MWNumericArray`) типа. Директивом *using MathWorks.MATLAB.NET.WebFigures*, обезбеђује се коришћење

функционалности *WebFigures* контроле у апликацији. Тако на пример, за позивање горе дефинисане *MyWebFigures* функције *Matlab* програма у *.aspx.cs* страницама апликације, потребно је најпре са `public Matlab.Matlab obj = new Matlab.Matlab();` креирати објекат *Matlab* класе пројекта *Matlab.prj*. Надаље се преко дефинисаног објекта позива *MyWebFigures* функције. Резултат позива ове функције је низ веб графика, који се генеришу у функцији и надаље преко *WebFigures* контрола приказују у веб страницама апликације, као што је приказано у следећем коду:

```
namespace ScolioMedWebApplication
{
    publicpartialclassMatlabVisualizaction : System.Web.UI.Page
    {
        public Matlab.Matlab obj = new Matlab.Matlab();

        //GRAFICKO PREDSTAVLJANJE OBLAKA TACAKA 2D
        MWArray[] outputs = obj. MyWebFigures ();

        WebFigureControl1.WebFigure = newWebFigure(outputs[0]);
        WebFigureControl2.WebFigure = newWebFigure(outputs[1]);
        WebFigureControl3.WebFigure = newWebFigure(outputs[2]);
        WebFigureControl4.WebFigure = newWebFigure(outputs[3]);
    }
}
```

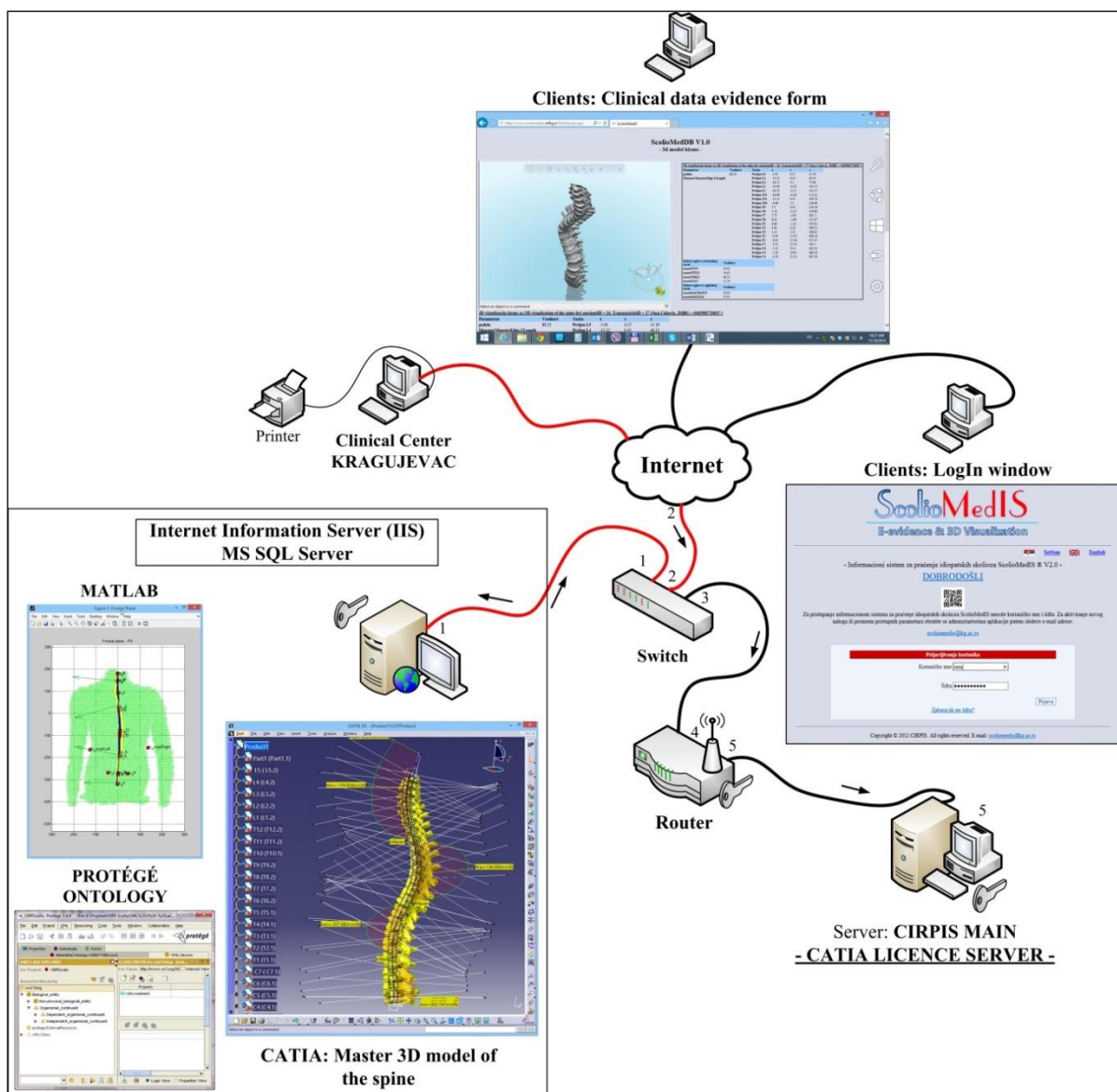
5.4.2.4. Дефинисање мрежне архитектуре (развојни дијаграм) пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе - ScolioMedIS

У *UML* нотацији мрежна архитектура се приказује одговарајућим дијаграмом размештаја који представља граф, чији су чворови уређаји система. Везе између појединих чворова представљају директне конекције у систему. Дефинисање мрежне архитектуре подразумева дефинисање структуре хардверских компоненти потребних за реализацију пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.

Мрежна архитектура информационог система *ScolioMedIS* организована је по клијент/сервер принципу. *ScolioMedIS* веб апликација се налази на главном серверу, који има улогу и веб сервера, *Microsoft SQL* и *MySQL* сервера база података. Све неопходне апликације, укључујући *Microsoft Visual Studio* програмско окружење [308] за управљање и покретање веб апликације информационог система *ScolioMedIS*, *Microsoft SQL Server 2005* и *MySQL* сервери за складиштење и управљање базама података, *Protégé* програм [171] за креирање и управљање онтологијом сколиозе и *Matlab* програм [303]–[307] за визуелизацију инсталирани су на главном серверском рачунару, док је *CATIA V5R20* [301] програм за визуелизацију и геометријско израчунавање 3D модела кичме инсталиран на посебном серверском рачунару (слика 5.111).

Информациони систем *ScolioMedIS* користи *ADO.NET (ActiveX Data Object.NET)* дисконекциони принцип [103] приступа *Microsoft SQL Server* бази података, на коме се налазе све апликационо потребни подаци. Дисконекциона организација омогућава веб апликацији да потпуно независно од базе података манипулише и прихвата све податке из *dataset* локалног бафера података, преузетих из базе података. Конекција са базом се успоставља само када *ScolioMedIS* веб апликација треба да проследи неку извршену манипулацију над подацима серверу база податка, након чега се она аутоматски затвара.

Насупрот подразумеваној клијент/сервер мрежној архитектури, мрежна архитектура информационог система *ScolioMedIS* поседује специфичне карактеристике. Наиме, као што је већ напоменуто, сервер на коме се налази *ScolioMedIS* веб апликација је одговоран за управљање свим ресурсима, потребних апликацији. Стога, рачунари клијенти не морају да имају било који извршни програм, који је потребан за исправно функционисање апликације, осим *3D XML Player* [314] програма за приказ 3D визуелизације пацијентовог модела кичме у веб прегледачу. Сходно томе, у клијент/сервер мрежној архитектури, рачунари клијенти су тзв. лаки клијенти [309].



Слика 5.111. Мрежна архитектура веб оријентисаног медицинског информационог система *ScolioMedIS* за визуелизацију и праћење идиопатске сколиозе [238]

Дисконекциони *ADO.NET* принцип за приступ *MS SQL Server* бази података, који је употребљен у *ScolioMedIS* веб апликацији поседује многе предности, од којих је најзначајнија повећана ефикасност приступа базама података од стране више клијентских рачунара, који приступају апликацији. Наиме, пошто је веб апликација конектована са базом података само у процесу читања и измене података из базе, након чега она постаје доступна осталим веб клијентским рачунарима, она функционише

једнако добро када се конектује са десет, као и са десет хиљада веб клијената. Са друге стране, с обзиром да је конекција отворена само у минималном интервалу времена, дисконекциони *ADO.NET* принцип омогућује максималну сигурност базама података и има мањи утицај на перформансе целокупног информационог система.

ScolioMedIS ужива значајну предност мрежне архитектуре лаког клијента и у непотребности иницијалне дистрибуције програма и фајлова који су потребни за покретање веб апликације на клијентским рачунарима. Са друге стране, с обзиром да се све измене веб апликације једино морају извршити на серверу, не постоји потреба дистрибуције ажуриране верзије апликације клијентским рачунарима.

6. ИНТЕГРАЦИЈА *OBR-Scolio* ОНТОЛОГИЈЕ У ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ *ScolioMedIS*

У овој фази се онтологија имплементира (слика 2.6) у виду дела информационог система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе – *ScolioMedIS* [238], [239]. Информациони систем се развија на бази фазе формализације (поглавље 4.2), којом су развијени онтологија и разноврсни приступи решавања проблема из домена. Онтолошки концепти и релације управљају процесом дизајнирања базе података, како би се осигурала прикладност ентитета и релација базе података. Са друге стране, приступи решавања проблема из домена користе се за дизајнирање интерфејса и функционалности информационог система. Клинички речник који је добијен коришћењем *GT-PD* метода, обезбеђује да је информациони систем дизајниран речником који је разумљив крајњим корисницима.

Фаза имплементације се састоји од два основна корака, који ће детаљно бити описани у наредним поглављима 6.2.1 и 6.2.2:

- *Креирање техничке архитектуре система* – Ова фаза подразумева конвертовање доменске онтологије у табеле базе података, на тај начин што онтолошки концепти постају колоне табела у бази података, са подацима прегледаних пацијената. Везе између онтолошких концепата се имплементирају као релације између различитих табела база података.
- *Креирање корисничког погледа на информациони систем* – Ова фаза подразумева развој форми, правила, извештаја и интерфејса, који омогућавају крајњим корисницима интеракцију са системом, на тај начин што кључеви у бази података постају основа за приступ и измену осталих елемената, док разноврсни приступи решавања проблема постају правила, упити и средства за навигацију кроз садржај базе података. Онтолошки речник је основа за коришћење упита у одлучивању и добијању потребних информација. Интерфејс према онтологији треба да обезбеди интеракцију са онтологијом, која је развијена у *Protégé* програмском алату. С обзиром да је *Protégé* алат развијен у *Java* програмском језику и интерфејс је рађен у истом програмском језику, коришћењем *Eclipse* програмског окружења и представља део информационог система *ScolioMedIS*. За интеграцију онтологије у информациони систем *ScolioMedIS* коришћен је *Protégé-OWL API*, који представља колекцију *Java* интерфејса према *OBR-Scolio* онтологији. Ови интерфејси омогућују приступ *OWL* моделу онтологије и његовим елементима: класама, својствима и индивидуама.

6.1. Креирање техничке архитектуре система - израда базе података за интеграцију *OBR-Scolio* онтологије у информациони систем *ScolioMedIS*

Као што је већ напоменуто, у овој фази се добијена *OBR-Scolio* онтологија користи за изградњу одговарајућих табела базе података. С обзиром да су кључни онтолошки концепти *OBR-Scolio* онтологије намењени за дефинисање Ленкове класификације сколиозе, која се врши на основу одређивања вредности одговарајућих Кобових углова, управо су Кобови углови дефинисани као колоне кључне табеле базе. За генерисање базе података на основу *OBR-Scolio* онтологије коришћен је *MySQL* сервер у оквиру софтверског пакета *XAMPP* [319]. Софтверски пакет *XAMPP* представља *PHP* веб развојно окружење, чије су основне компоненте *Apache HTTP* сервер и *MySQL* сервер за управљање базама података.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra
1	id	int(11)			No	None	AUTO_INCREMENT
2	ime	varchar(20)	utf8_unicode_ci		No	None	
3	prezime	varchar(40)	utf8_unicode_ci		No	None	
4	JMBG	varchar(13)	utf8_unicode_ci		No	None	
5	vremeUpisa	datetime			No	None	
6	KobovUgaoUT	int(11)			Yes	0	
7	KobovUgaoUTlevo	int(11)			Yes	0	
8	KobovUgaoUTdesno	int(11)			Yes	0	
9	UgaoKifozeT2T5	int(11)			Yes	0	
10	KobovUgaoMT	int(11)			Yes	0	
11	KobovUgaoMTlevo	int(11)			Yes	0	
12	KobovUgaoMTdesno	int(11)			Yes	0	
13	KobovUgaoTL	int(11)			Yes	0	
14	KobovUgaoTLlevo	int(11)			Yes	0	
15	KobovUgaoTLdesno	int(11)			Yes	0	
16	KobovUgaoL	int(11)			Yes	0	
17	KobovUgaoLlevo	int(11)			Yes	0	
18	KobovUgaoLdesno	int(11)			Yes	0	
19	UgaoKifozeT10L2	int(11)			Yes	0	

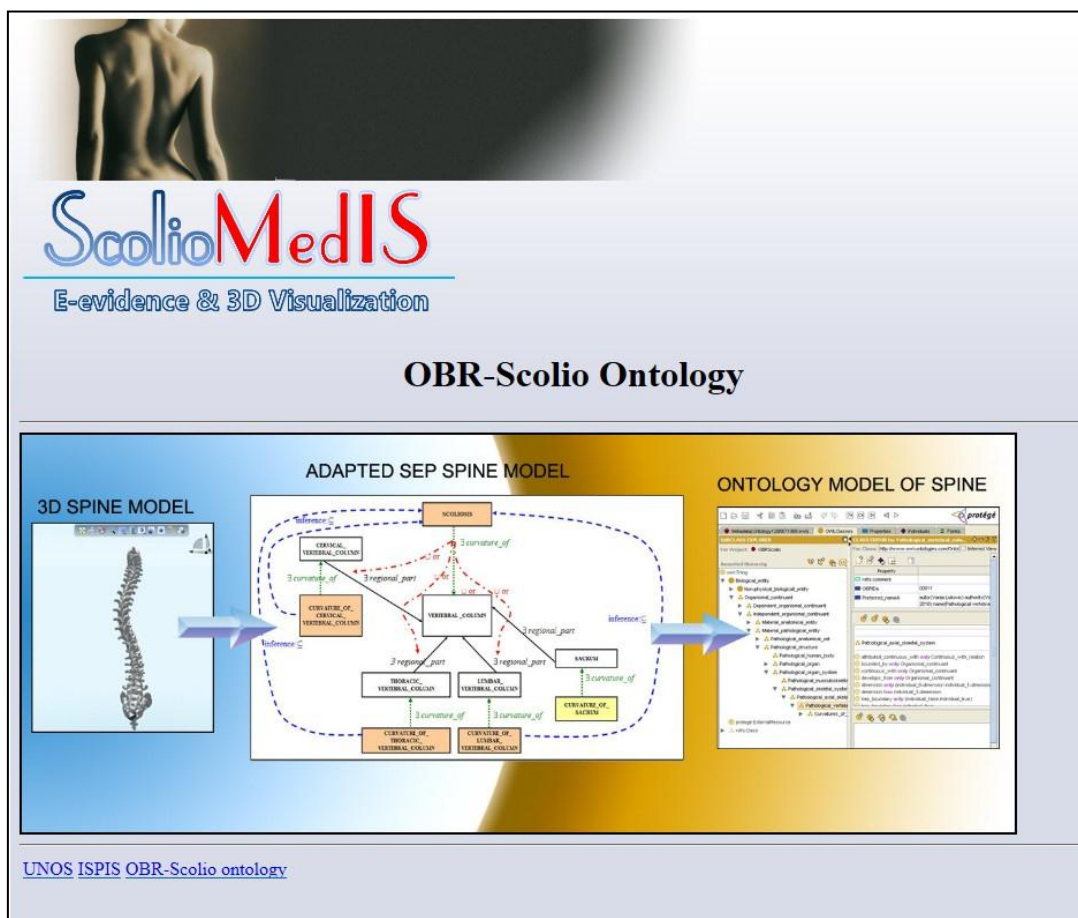
Слика 6.1. Колоне кључне табеле *pacijent* базе података *scolioemed* за интеграцију *OBR-Scolio* онтологије у информациони систем *ScolioMedIS*

На слици 6.1 приказана је главна табела *pacijent* *MySQL* сервер базе података *scolioemed*, која је добијена на основу *OBR-Scolio* онтологије. Поред колоне које дефинишу основне податке о пацијенту: његово име, презиме и *JMBG* број, ова табела садржи колоне које представљају Кобове углове основних кичмених кривина (дефинисаних *Basic_curvatures_of_vertebral_column* класом *OBR-Scolio* онтологије) у фронталној равни усправног положаја пацијента. Осим наведених Кобових углова, табела *pacijent* садржи Кобове углове у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну, као и Кобове углове у бочној равни, који су потребни за одређивање типа структурности кривина (табела 3.2) и грудног бочног модификатора кичме (слика 3.8).

6.2. Креирање корисничког погледа на информациони систем – изградња корисничког интерфејса за интеграцију *OBR-Scolio* онтологије у информациони систем *Scolio-MedIS*

Кориснички интерфејс за интеграцију *OBR-Scolio* онтологије треба да обезбеди одређивање типа Ленкове класификације сколиозе кичме, а на основу Кобових углова који су добијени поступком визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком (дигиталном) камером информационог система *ScolioMedIS*. Ови поступци, као и остали поступци од којих се састоји пословни процес оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе детаљно су описани у претходном поглављу 5. Кориснички интерфејс је израђен коришћењем програмског окружења *Eclipse* за *Windows 32 bit*-ни оперативни систем [320] у *Java Dinamic Web* технологији, а састоји се од веб страница које су дизајниране на тај начин да омогућавају потпуну корисничку интеракцију са *MySQL* базом података система, као и интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом. У даљем тексту ће бити описани изгледи конкретних веб страница *Java* апликације, као и поједине значајније функције, које обезбеђују интеракцију апликације са базом података и са *OBR-Scolio* онтологијом.

6.2.1. Интеракција Јава веб апликације информационог система *ScolioMedIS* са базом података



Слика 6.2. Главна страница за интеграцију *OBR-Scolio* онтологије у информациони систем *ScolioMedIS*

Као што је већ напоменуто, *Java* веб апликација за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом је део информационог система *ScolioMedIS*. Право приступа свим кључним страницама и деловима овог информационог система, у које спада и *Java* веб апликација за интеракцију са онтологијом, додељено је само одређеној групи корисника система у које спадају доктори и медицинско особље Клиничког центра у Крагујевцу. Приликом стартовања *Java* апликације, најпре се на екрану појављује главна веб страница (слика 6.2), која садржи линкове који регистрованим корисницима омогућавају приступ страницама апликације за интеракцију са *MySQL* базом података система (*unos.jsp* и *ispis.jsp*), као и страници за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом *OBR-Scolio ontologija.jsp*.



The screenshot shows the 'ScolioMedDB' web interface. At the top left is a small image of a human back. To the right is the 'ScolioMedIS' logo with the tagline 'E-evidence & 3D Visualization'. Below the logo, the page title is 'ScolioMedDB' and the subtitle is '- Baza podataka o Kobovim uglovima krivina pacijenata -'. The main content area contains a form with the following fields:

IME :	<input type="text"/>
PREZIME :	<input type="text"/>
JMBG:	<input type="text"/>
Kobov ugao UT:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao UT levo:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao UT desno:	<input type="text" value="0"/>
Ugao Kifoze izmedju T2 i T5:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao MT:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao MT levo:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao MT desno:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao TL:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao TL levo:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao TL desno:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao L:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao L levo:	<input type="text" value="0"/>
Kobov ugao L desno:	<input type="text" value="0"/>
Ugao Kifoze izmedju T10 i L2:	<input type="text" value="0"/>
Ugao Kifoze izmedju T5 i T12:	<input type="text" value="0"/>
Lumbalni modifikator:	<input type="text" value="A"/>

At the bottom of the form is a button labeled 'UNOS'.

Слика 6.3. Страница за унос основних података о пацијенту и Кобових углова сколиозе кичме – *unos.jsp*

Страница *unos.jsp* (слика 6.3) се састоји од текстуалних поља, који обезбеђују унос основних података о пацијенту, као и унос вредности Кобових углова свих кривина кичме у усправном положају пацијента у фронталној равни и бочној равни, као и свих вредности Кобових углова кривина кичме у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву и десну страну. На страници се такође налази и падајућа листа ставки за спецификацију одређеног лумбалног модификатора кичме. Као што је већ напоменуто, наведени Кобови углови и лумбални модификатор кичме, добијени су поступком визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком

(дигиталном) камером (поглавље 5). Унете вредности основних података о пацијенту и Кобових углова се даље прослеђују *doPost()* методи сервлета *ServletPacijenti.java* у коме се врши њихово преузимање. Уколико је корисник унео све потребне податке у исправном формату, надаље се врши конструисање примерка, инстанце класе *Pacijent*, чији подаци чланови добијају све кориснички специфициране вредности. Унос специфицираних података о пацијенту у *MySQL* базу постиже се коришћењем *insertPacijent* методе креираног примерка *PacijentDAO* класе, која је приказана у следећем коду:

```
public void insertPacijent(Pacijent pacijent){
    Connection con = null;
    PreparedStatement pstmt = null;
    con = ds.getConnection();
    pstmt = con.prepareStatement("INSERT INTO pacijent (ime, prezime,
JMBG, vremeUpisa, KobovUgaoUT, KobovUgaoUTlevo, KobovUgaoUTdesno,
ugaoKifozeT2T5, KobovUgaoMT, KobovUgaoMTlevo, KobovUgaoMTdesno,
KobovUgaoTL, KobovUgaoTLlevo, KobovUgaoTLdesno, KobovUgaoL, KobovUgaoLlevo,
KobovUgaoLdesno, ugaoKifozeT10L2, ugaoKifozeT5T12, lumbalniModifikator)
VALUES (?, ?, ?, CURRENT_TIMESTAMP,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?,?)");
    pstmt.setString(1, pacijent.getIme());
    pstmt.setString(2, pacijent.getPrezime());
    pstmt.setString(3, pacijent.getJMBG());
    pstmt.setFloat(4, pacijent.getKobovUgaoUT());
    pstmt.setFloat(5, pacijent.getKobovUgaoUTlevo());
    pstmt.setFloat(6, pacijent.getKobovUgaoUTdesno());
    pstmt.setFloat(7, pacijent.getUgaoKifozeT2T5());
    pstmt.setFloat(8, pacijent.getKobovUgaoMT());
    pstmt.setFloat(9, pacijent.getKobovUgaoMTlevo());
    pstmt.setFloat(10, pacijent.getKobovUgaoMTdesno());
    pstmt.setFloat(11, pacijent.getKobovUgaoTL());
    pstmt.setFloat(12, pacijent.getKobovUgaoTLlevo());
    pstmt.setFloat(13, pacijent.getKobovUgaoTLdesno());
    pstmt.setFloat(14, pacijent.getKobovUgaoL());
    pstmt.setFloat(15, pacijent.getKobovUgaoLlevo());
    pstmt.setFloat(16, pacijent.getKobovUgaoLdesno());
    pstmt.setFloat(17, pacijent.getUgaoKifozeT10L2());
    pstmt.setFloat(18, pacijent.getUgaoKifozeT5T12());
    pstmt.setString(19, pacijent.getLumbalniModifikator());
    pstmt.execute();
}
```

У овој методи се најпре врши успостављање конекције са *MySQL* базом података *scoliomed*, која у *context.xml* фајлу представља специфицирани извор података *DataSource*. Након тога се *MySQL* табели *pacijent* прослеђује одговарајући *INSERT* упит, након чега се врши спецификација појединих параметара у упиту коришћењем преузетог објекта класе *Pacijent* и покретање његовог извршавања.

Класа *Pacijent* дефинисана је у *Pacijenti.java* фајлу и поред поменутих приватних података чланова, *Set i Get* метода за приступ и измену приватних података чланова, подразумеваног конструктора и конструктора иницијализације садржи методе чланице у којима се врши одређивање региона кичме у коме се налази главна кривина, региона кичме у коме се налазе структуре кривине, као и методу за одређивање Ленковог типа сколиозе кичме. Сходно дефиницијама структурних кривина, главних кривина и Ленкових типова сколиозе које су дате у поглављу (3.3.6) наведене функције у класи *Pacijent* су дефинисане на следећи начин:

```
public String glavnaKrivina(){
```

```
String glavna = "Gornja grudna";
int maxKobovUgao = this.KobovUgaoUT;
if (maxKobovUgao < this.KobovUgaoMT) {
    maxKobovUgao = this.KobovUgaoMT;
    glavna = "Grudna";
}
if (maxKobovUgao < this.KobovUgaoTL) {
    maxKobovUgao = this.KobovUgaoTL;
    glavna = "Grudno-slabinska";
}
if (maxKobovUgao < this.KobovUgaoL) {
    maxKobovUgao = this.KobovUgaoL;
    glavna = "Slabinska";
}

return glavna;
}

public boolean strcturnaUT() {
    if ((this.KobovUgaoUTlevo > 25) || (this.KobovUgaoUTdesno > 25)
|| (this.UgaoKifozeT2T5 > 20))
        return true;
    else
        return false;
}

public boolean strcturnaMT() {
    if ((this.KobovUgaoMTlevo > 25) || (this.KobovUgaoMTdesno > 25)
|| (this.UgaoKifozeT10L2 > 20))
        return true;
    else
        return false;
}

public boolean strcturnaTL() {
    if ((this.KobovUgaoTLlevo > 25) || (this.KobovUgaoTLdesno > 25)
|| (this.UgaoKifozeT10L2 > 20))
        return true;
    else
        return false;
}

public boolean strcturnaL() {
    if ((this.KobovUgaoLlevo > 25) || (this.KobovUgaoLdesno > 25)
|| (this.UgaoKifozeT10L2 > 20))
        return true;
    else
        return false;
}

public String LenkovTip() {
    String LenkeTip;
    if (glavnaKrivina().equals("Grudna") && this.strcturnaUT() ==
false && this.strcturnaTL() == false && this.strcturnaL() == false)
        LenkeTip = "Tip1 - Main Thoracic (MT)";
    else if (glavnaKrivina().equals("Grudna") && this.strcturnaUT()
== true && this.KobovUgaoUT>0 && this.strcturnaTL() == false &&
this.strcturnaL() == false)
        LenkeTip = "Tip2 - Double Thoracic (DT)";
    else if (glavnaKrivina().equals("Grudna") && this.strcturnaUT()
== false && ((this.strcturnaTL() == true && this.KobovUgaoTL>0) ||
(this.strcturnaL() == true && this.KobovUgaoL>0)))
```

```
        LenkeTip = "Tip3 - Double Major (DM)";
        else if (glavnaKrivina().equals("Grudna") && this.strcturnaUT()
== true && this.KobovUgaoUT>0 && ((this.strcturnaTL() == true &&
this.KobovUgaoTL>0) || (this.strcturnaL() == true && this.KobovUgaoL>0)))
        LenkeTip = "Tip4 - Triple Major (TM)";
        else if ((glavnaKrivina().equals("Grudno-slabinska") ||
glavnaKrivina().equals("Slabinska")) && this.strcturnaUT() == false &&
this.strcturnaMT() == false)
        LenkeTip = "Tip5 - Thoracolumbar/Lumbar (TL/L)";
        else if ((glavnaKrivina().equals("Grudno-slabinska") ||
glavnaKrivina().equals("Slabinska")) && this.strcturnaUT() == false &&
this.strcturnaMT() == true && this.KobovUgaoMT>0)
        LenkeTip = "Tip6 - Thoracolumbar/Lumbar - Main Thoracic
(TL/L - MT)";
        else
            LenkeTip = "Ne moze se odrediti Lenkov tip skolioze";

        //Odredjivanje grudnog modifikatora kicme
        if
        ((this.getUgaoKifozeT5T12() <=40) && (this.getUgaoKifozeT5T12() >=10)) {

            grudniMod = "N";
        }
        else if(this.getUgaoKifozeT5T12() <10) {
            grudniMod = "-";
        }
        else
            grudniMod = "+";
        LenkeTip = LenkeTip + grudniMod +
this.getLumbalniModifikator();
        return LenkeTip;
    }
}
```

Притиском на дугме *ISPIS* на главној страници *Java* веб апликације, покреће се *doGet* метода сервлета *ServletPacijent.java*, у којој се преко објекта *PacijentDAO* класе позива *getAllPacijenti()* метода, за генерисање листе објеката класе *Pacijent* на основу свих записа о пацијентима у табели *pacijent* базе. У коду који следи, приказана је *getAllPacijenti()* метода *PacijentDAO* класе:

```
public ArrayList<Pacijent> getAllPacijenti() {
    Pacijent pacijent = null;
    Connection con = null;
    PreparedStatement pstmt = null;
    ResultSet rs = null;
    ArrayList<Pacijent> lp = new ArrayList<Pacijent>();

    con = ds.getConnection();
    pstmt = con.prepareStatement("SELECT * FROM pacijent ORDER BY
id");

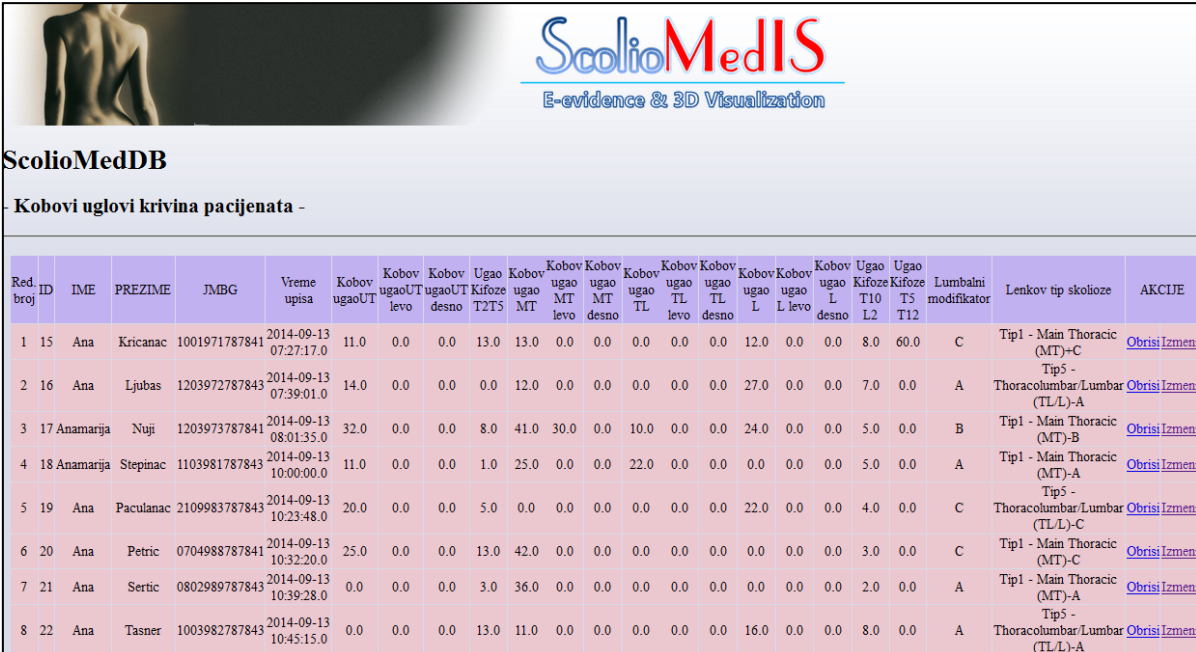
    pstmt.execute();
    rs = pstmt.getResultSet();

    while(rs.next()){
        pacijent = new Pacijent();
        pacijent.setId(rs.getInt("id"));
        pacijent.setIme(rs.getString("ime"));
        pacijent.setPrezime(rs.getString("prezime"));
        pacijent.setJMBG(rs.getString("JMBG"));
    }
}
```

```

pacijent.setVremeUpisa(rs.getTimestamp("vremeUpisa"));
pacijent.setKobovUgaoUT(rs.getFloat("KobovUgaoUT"));
pacijent.setKobovUgaoUTlevo(rs.getFloat("KobovUgaoUTlevo"));
pacijent.setKobovUgaoUTdesno(rs.getFloat("KobovUgaoUTdesno"));
pacijent.setUgaoKifozeT2T5(rs.getFloat("ugaoKifozeT2T5"));
pacijent.setKobovUgaoMT(rs.getFloat("KobovUgaoMT"));
pacijent.setKobovUgaoMTlevo(rs.getFloat("KobovUgaoMTlevo"));
pacijent.setKobovUgaoMTdesno(rs.getFloat("KobovUgaoMTdesno"));
pacijent.setKobovUgaoTL(rs.getFloat("KobovUgaoTL"));
pacijent.setKobovUgaoTLlevo(rs.getFloat("KobovUgaoTLlevo"));
pacijent.setKobovUgaoTLdesno(rs.getFloat("KobovUgaoTLdesno"));
pacijent.setKobovUgaoL(rs.getFloat("KobovUgaoL"));
pacijent.setKobovUgaoLlevo(rs.getFloat("KobovUgaoLlevo"));
pacijent.setKobovUgaoLdesno(rs.getFloat("KobovUgaoLdesno"));
pacijent.setUgaoKifozeT10L2(rs.getFloat("ugaoKifozeT10L2"));
pacijent.setUgaoKifozeT5T12(rs.getFloat("ugaoKifozeT5T12"));
pacijent.setLumbalniModifikator(rs.getString("lumbalniModifikator"));
lp.add(pacijent);
}
}

```



ScolioMedDB
- Kobovi uglovi krivina pacijenata -

Red broj	ID	IME	PREZIME	JMBG	Vreme upisa	Kobov ugaoUT	Kobov ugaoUT levo	Kobov ugaoUT desno	Ugao Kifoze T2T5	Kobov ugao MT	Kobov ugao MT levo	Kobov ugao MT desno	Kobov ugao TL	Kobov ugao TL levo	Kobov ugao TL desno	Kobov ugao L	Kobov ugao L levo	Kobov ugao L desno	Ugao Kifoze T10 L2	Ugao Kifoze T5 T12	Lumbalni modifikator	Lenkov tip skolioze	AKCIJE
1	15	Ana	Kricanac	1001971787841	2014-09-13 07:27:17.0	11.0	0.0	0.0	13.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	8.0	60.0	C	Tip1 - Main Thoracic (MT)-C Tip5 - Thoracolumbar/Lumbar (TL/L)-A	Obrisi Izmeni
2	16	Ana	Ljubas	1203972787843	2014-09-13 07:39:01.0	14.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	0.0	0.0	7.0	0.0	A	Tip1 - Main Thoracic (MT)-B	Obrisi Izmeni
3	17	Anamarija	Nuji	1203973787841	2014-09-13 08:01:35.0	32.0	0.0	0.0	8.0	41.0	30.0	0.0	10.0	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0	5.0	0.0	B	Tip1 - Main Thoracic (MT)-A	Obrisi Izmeni
4	18	Anamarija	Stepinac	1103981787843	2014-09-13 10:00:00.0	11.0	0.0	0.0	1.0	25.0	0.0	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	A	Tip1 - Main Thoracic (MT)-A Tip5 - Thoracolumbar/Lumbar (TL/L)-C	Obrisi Izmeni
5	19	Ana	Paculanac	2109983787843	2014-09-13 10:23:48.0	20.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	0.0	0.0	4.0	0.0	C	Tip1 - Main Thoracic (MT)-C	Obrisi Izmeni
6	20	Ana	Petric	0704988787841	2014-09-13 10:32:20.0	25.0	0.0	0.0	13.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	C	Tip1 - Main Thoracic (MT)-A	Obrisi Izmeni
7	21	Ana	Sertic	0802989787843	2014-09-13 10:39:28.0	0.0	0.0	0.0	3.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	A	Tip1 - Main Thoracic (MT)-A Tip5 - Thoracolumbar/Lumbar (TL/L)-A	Obrisi Izmeni
8	22	Ana	Tasner	1003982787843	2014-09-13 10:45:15.0	0.0	0.0	0.0	13.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	8.0	0.0	A		Obrisi Izmeni

Слика 6.4. Страница за испис основних података о пацијенту, вредности Кобових углова и Ленковог типа сколиозе кичме пацијента – *ispis.jsp*

У овој методи се најпре врши успостављање конекције са *MySQL* базом података *scolioimed*, која у *context.xml* фајлу представља специфицирани извор података *DataSource*. Након тога се *MySQL* табели *pacijent* прослеђује *SELECT* упит, за преузимање свих записа о пацијентима. Резултат упита, тј. сви записи из табеле *pacijent* се смештају у објекат *ResultSet* класе. Након тога се коришћењем методе *next()* врши приступање сваком појединачном запису и преузимање вредности сваког поља записа у одговарајући атрибут објекта класе *Pacijent*, спецификацијом назива одговарајуће колоне у табели *pacijent*. На крају се овако формиран објекат класе *Pacijent* додаје у листу и поступак понавља за све записе у табели *pacijent*. Добијена листа објеката класе *Pacijent* се надаље прослеђује страници *ispis.jsp* и у њој приказује (слика 6.4).

Поред приказа података о пацијентима, у страници *ispis.jsp* је такође могуће извршити брисање или измену жељеног записа. Притиском на линк дугме *Obrisi*

одговарајућег записа, врши се прослеђивање пацијентовог *id* броја сервлету *ServletPacijent.java* у коме се покрене *doGet* метода. У овој методи се преко објекта *PacijentDAO* класе позива *deletePacijent* метода, за брисање пацијента преузетог *id* броја, која је приказана у следећем коду:

```
public void deletePacijent(int id) {
    Connection con = null;
    PreparedStatement pstmt = null;
    con = ds.getConnection();
    pstmt = con.prepareStatement("DELETE from pacijent WHERE id=?");
    pstmt.setInt(1, id);
    pstmt.execute();
}
```

У овој методи се најпре врши успостављање конекције са *MySQL* базом података *scoliomed*, која у *context.xml* фајлу представља специфицирани извор података *DataSource*. Након тога се *MySQL* табели *pacijent* прослеђује *DELETE* упит, за брисање записа у табели са специфицираним *id* бројем.

Притиском на линк дугме *Izmeni* одговарајућег записа у страници *ispis.jsp* и овог пута се врши прослеђивање пацијентовог *id* броја сервлету *ServletPacijent.java*, у коме се покрене *doGet* метода. У овој методи се преко објекта *PacijentDAO* класе позива *getPacijentById* метода, за генерисање објекта класе *Pacijent*, на основу одговарајућег преузетог *id* броја. У коду који следи, приказана је *getPacijentById* метода:

```
public Pacijent getPacijentById(String id) {
    Pacijent pacijent = null;
    Connection con = null;
    PreparedStatement pstmt = null;
    ResultSet rs = null;

    con = ds.getConnection();
    pstmt = con.prepareStatement("SELECT * FROM pacijent WHERE id=? ");
    pstmt.setString(1, id);
    pstmt.execute();

    rs = pstmt.getResultSet();

    if(rs.next()){
        pacijent = new Pacijent();
        pacijent.setId(rs.getInt("id"));
        pacijent.setIme(rs.getString("ime"));
        pacijent.setPrezime(rs.getString("prezime"));
        pacijent.setJMBG(rs.getString("JMBG"));
        pacijent.setVremeUpisa(rs.getTimestamp("vremeUpisa"));
        pacijent.setKobovUgaoUT(rs.getFloat("KobovUgaoUT"));
        pacijent.setKobovUgaoUTlevo(rs.getFloat("KobovUgaoUTlevo"));
        pacijent.setKobovUgaoUTdesno(rs.getFloat("KobovUgaoUTdesno"));
        pacijent.setUgaoKifozeT2T5(rs.getFloat("UgaoKifozeT2T5"));
        pacijent.setKobovUgaoMT(rs.getFloat("KobovUgaoMT"));
        pacijent.setKobovUgaoMTlevo(rs.getFloat("KobovUgaoMTlevo"));
        pacijent.setKobovUgaoMTdesno(rs.getFloat("KobovUgaoMTdesno"));
        pacijent.setKobovUgaoTL(rs.getFloat("KobovUgaoTL"));
        pacijent.setKobovUgaoTLlevo(rs.getFloat("KobovUgaoTLlevo"));
        pacijent.setKobovUgaoTLdesno(rs.getFloat("KobovUgaoTLdesno"));
        pacijent.setKobovUgaoL(rs.getFloat("KobovUgaoL"));
        pacijent.setKobovUgaoLlevo(rs.getFloat("KobovUgaoLlevo"));
        pacijent.setKobovUgaoLdesno(rs.getFloat("KobovUgaoLdesno"));
        pacijent.setUgaoKifozeT10L2(rs.getFloat("UgaoKifozeT10L2"));
        pacijent.setUgaoKifozeT5T12(rs.getFloat("ugaoKifozeT5T12"));
    }
}
```

```
pacijent.setLumalniModifikator(rs.getString("lumalniModifikator"));  
}  
return pacijent;  
}
```

И у овој методи се најпре врши успостављање конекције са *MySQL* базом података *scolimed*, која у *context.xml* фајлу представља специфицирани извор података *DataSource*. Након тога се *MySQL* табели *pacijent* прослеђује *SELECT* упит, за преузимање записа о пацијенту специфицираног *id* броја. Резултат упита, тј. одговарајући пацијентов запис из табеле *pacijent* се смешта у објекат *ResultSet* класе, након чега се коришћењем метода *next()*, врши приступање том запису. Након тога се врши преузимање вредности сваког поља записа, спецификацијом назива одговарајуће колоне из табеле *pacijent* у одговарајући атрибут објекта класе *Pacijent*. Овако креирани објекат класе *Pacijent* се потом, као резултат враћа из ове методе и преузима у сервлету *ServletPacijent.java*.

У сервлету *ServletPacijent.java* се овако генерисани објекат класе *Pacijent* затим даље прослеђује и приказује у текстуалним пољима странице *izmena.jsp*, као што је приказано на слици 6.5. На тај начин се у текстуалним пољима странице *izmena.jsp*, најпре приказују текуће вредности основних података о пацијенту, вредности Кобових углова појединих кичмених кривина, као и вредност лумбалног модификатора кичме. Када корисник унесе друге, измењене вредности ових података и притисне дугме *IZMENA* на овој страници, надаље се врши њихово преузимање у *doPost()* методи сервлета *ServletPacijenti.java*. Уколико је корисник унео све потребне податке у исправном формату, надаље се врши конструисање примерка, инстанце класе *Pacijent*, чији подаци чланови добијају све кориснички специфициране вредности.

Измена специфицираних података о пацијенту у *MySQL* бази, постиже се коришћењем *updatePacijent* методе, креираног примерка *PacijentDAO* класе, која је приказана у следећем коду:

```
public void updatePacijent(Pacijent pacijent){  
    Connection con = null;  
    PreparedStatement pstmt = null;  
    con = ds.getConnection();  
    pstmt = con.prepareStatement("UPDATE pacijent SET ime = ?,  
prezime = ?, JMBG = ?, KobovUgaoUT = ?, KobovUgaoUTlevo = ?,  
KobovUgaoUTdesno = ?, ugaoKifozeT2T5 = ?, KobovUgaoMT = ?, KobovUgaoMTlevo  
= ?, KobovUgaoMTdesno = ?, KobovUgaoTL = ?, KobovUgaoTLlevo = ?,  
KobovUgaoTLdesno = ?, KobovUgaoL = ?, KobovUgaoLlevo = ?, KobovUgaoLdesno =  
?, ugaoKifozeT10L2 =?, ugaoKifozeT5T12=?, lumalniModifikator=? WHERE id =  
?");  
  
    pstmt.setString(1, pacijent.getIme());  
    pstmt.setString(2, pacijent.getPrezime());  
    pstmt.setString(3, pacijent.getJMBG());  
    pstmt.setFloat(4, pacijent.getKobovUgaoUT());  
    pstmt.setFloat(5, pacijent.getKobovUgaoUTlevo());  
    pstmt.setFloat(6, pacijent.getKobovUgaoUTdesno());  
    pstmt.setFloat(7, pacijent.getUgaoKifozeT2T5());  
    pstmt.setFloat(8, pacijent.getKobovUgaoMT());  
    pstmt.setFloat(9, pacijent.getKobovUgaoMTlevo());  
    pstmt.setFloat(10, pacijent.getKobovUgaoMTdesno());  
    pstmt.setFloat(11, pacijent.getKobovUgaoTL());  
    pstmt.setFloat(12, pacijent.getKobovUgaoTLlevo());  
    pstmt.setFloat(13, pacijent.getKobovUgaoTLdesno());  
    pstmt.setFloat(14, pacijent.getKobovUgaoL());  
    pstmt.setFloat(15, pacijent.getKobovUgaoLlevo());
```

```
pstm.setFloat(16, pacijent.getKobovUgaoLdesno());  
pstm.setFloat(17, pacijent.getUgaoKifozeT10L2());  
pstm.setFloat(18, pacijent.getUgaoKifozeT5T12());  
pstm.setString(19, pacijent.getLumbalniModifikator());  
pstm.setInt(20, pacijent.getId());  
pstm.execute();  
}
```

У овој методи се најпре врши успостављање конекције са *MySQL* базом података *scoliomed*, која у *context.xml* фајлу представља специфицирани извор података *DataSource*. Након тога се *MySQL* табели *pacijent* прослеђује одговарајући *UPDATE* упит, након чега се врши спецификација појединих параметара у упиту, коришћењем преузетог објекта класе *Pacijent* и покретање његовог извршавања. Надаље се у сервлету *ServletPacijenti.java* преко објекта *PacijentDAO* класе позива *getAllPacijenti()* метода за генерисање листе објеката класе *Pacijent* на основу свих записа о пацијентима у измењеној табели *pacijent* базе. Добијена листа се даље прослеђује и исписује у страници *ispis.jsp*.

ScolioMedDB
E-evidence & 3D Visualization

- Izmena Kobovih uglova krivina pacijenta -

IME :	Anamarija
PREZIME :	Nuji
JMBG :	1203973787841
Kobov ugao UT:	32.0
Kobov ugao UT levo:	0.0
Kobov ugao UT desno:	0.0
Ugao Kifoze izmedju T2 i T5:	8.0
Kobov ugao MT:	41.0
Kobov ugao MT levo:	30.0
Kobov ugao MT desno:	0.0
Kobov ugao TL:	10.0
Kobov ugao TL levo :	0.0
Kobov Ugao TL desno :	0.0
Kobov ugao L:	24.0
Kobov ugao L levo :	0.0
Kobov Ugao L desno :	0.0
Ugao Kifoze izmedju T10 i L2 :	5.0
Ugao Kifoze izmedju T5 i T12:	0.0
Lumbalni modifikator:	B ▾

[<== Nazad](#)

Слика 6.5. Страница за измену података изабраног пацијента – *izmena.jsp*

6.2.2. Интеракција Јава веб апликације информационог система *ScolioMedIS* са *OBR-Scolio* онтологијом

Приликом креирања *Java* веб апликационог пројекта, као дела информационог система *ScolioMedIS*, у коме је потребно остварити интеракцију са *OWL* онтологијом *OBR-Scolio* посредством *Protégé-OWL API* – а, било је потребно извршити његова додатна конфигурациона подешавања у *Eclipse* програмском окружењу [321]. Наведена конфигурациона подешавања подразумевају креирање и интеграцију *protege-core* и *protege-owl* пројекта у *Java* веб апликациони пројекат, будући да се у њима налазе све кључне *Protégé* и *Protégé-OWL* библиотеке класа, које омогућавају пуну функционалност *Protégé-OWL API* – а, као и превођење и покретање *Protégé* програма из *Eclipse* програмског окружења.



Слика 6.6. Страница *ontologija.jsp* *Java* веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом

Protégé-OWL API иначе садржи интерфејсе, који омогућају приступ *OWL* моделу онтологије и његовим елементима: класама, својствима и индивидуама. Приликом развоја дела информационог система, који садржи ове интерфејсе за приступ онтологији није било потребе анализирати начин њихове имплементације, као ни познавати интерне детаље на који *Protégé* памти онтологију, већ је било довољно само искористити их у циљу интеграције *OBR-Scolio* онтологије у *ScolioMedIS* информациони систем. Један од најзначајнијих *OWL* интерфејса је *OWLModel*, који омогућаје креирање, брисање и измену свих основних елемената онтологије (класа, својстава и индивидуа), као и постављање упита онтологији.

Притиском на линк дугме *OBR-Scolio ontology* главне странице *Java* веб апликације отвара се страница *ontologija.jsp*, која обезбеђује корисничку интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом (слика 6.6). У њој је могуће остварити следеће врсте корисничких интерактивности са онтологијом:

- приказ свих класа *OBR-Scolio* онтологије;

- приказ хијерархијског стабла задате кључне класе *OBR-Scolio* онтологије;
- приказ коментара задате кључне класе *OBR-Scolio* онтологије;
- приказ свих епитета задате кључне класе *OBR-Scolio* онтологије;
- испис свих индивидуа *OBR-Scolio* онтологије;
- креирање и испис свих кључних индивидуа *OBR-Scolio* онтологије, чије име почиње са PJMBG и статистичких података;
- испис индивидуа *OBR-Scolio* онтологије задатог пацијента, чије име почиње са PJMBG и осталих карактеристика кривина.

У фајлу *Ontologija.java* у коме су на почетку референциране све кључне *Protégé-OWL* јава библиотеке класа, садржане у интегрисаним *protege-core* и *protege-owl* пројектима, дефинисана је класа *Ontologija*, чије функције чланице обезбеђују интеракцију са било којом *Protégé-OWL* онтологијом. У ове функције спадају: функције за одређивање директне подкласе задате класе (*printDirectSubclassesOfClass*), функције за испис свих објашњења или текстуалних дефиниција задате класе, датих у виду коментара (*printAllCommentsOfClass*), функције за испис свих назива задате класе (*printAllLabelsOfClass*), функције за испис свих дефинисаних класа у онтологији (*printAllClassesOfOntology*) и функције за испис свих индивидуа онтологије (*getAllIndividualsOfOntology*), које као резултат дају колекцију класа, индивидуа или низова карактера. У наведеним функцијама се као аргументи користе примерци класа *OWLNamedClass* или *OWLModel*, преко којих се приступа функцијама *Protégé-OWL API-a*, које обезбеђују све описане функционалности, а које су подвучене у коду који следи:

```
import edu.stanford.smi.protege.OWL.jena.JenaOWLModel;
import edu.stanford.smi.protege.OWL.model.OWLDatatypeProperty;
import edu.stanford.smi.protege.OWL.model.OWLIndividual;
import edu.stanford.smi.protege.OWL.model.OWLModel;
import edu.stanford.smi.protege.OWL.model.OWLNamedClass;
import edu.stanford.smi.protege.OWL.model.OWLObjectProperty;

public class Ontologija {

    public Ontologija()
    {
        super();
    }

    public Collection <OWLNamedClass>
    printDirectSubclassesOfClass(OWLNamedClass aclass, String indentation) {
        Collection <OWLNamedClass> subclasses = aclass.getSubclasses(false);
        return subclasses;
    }

    public Collection <String> printAllCommentsOfClass(OWLNamedClass aclass)
    {
        Collection <String> comments = aclass.getComments();
        return comments;
    }

    public Collection <String> printAllLabelsOfClass(OWLNamedClass aclass) {
        Collection <String> labels = aclass.getLabels();
        return labels;
    }
}
```

```
public Collection <OWLNamedClass> printAllClassesOfOntology(OWLModel
OWLModel) {
    Collection <OWLNamedClass> classes =
    OWLModel.getUserDefinedOWLNamedClasses();
    return classes;
}

public Collection <OWLIndividual> getAllIndividualsOfOntology(OWLModel
OWLModel) {
    Collection <OWLIndividual> inds = OWLModel.getOWLIndividuals();
    return inds;
}
...
}
```



Слика 6.7. Део странице *ispisSvihKlasa.jsp* Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом

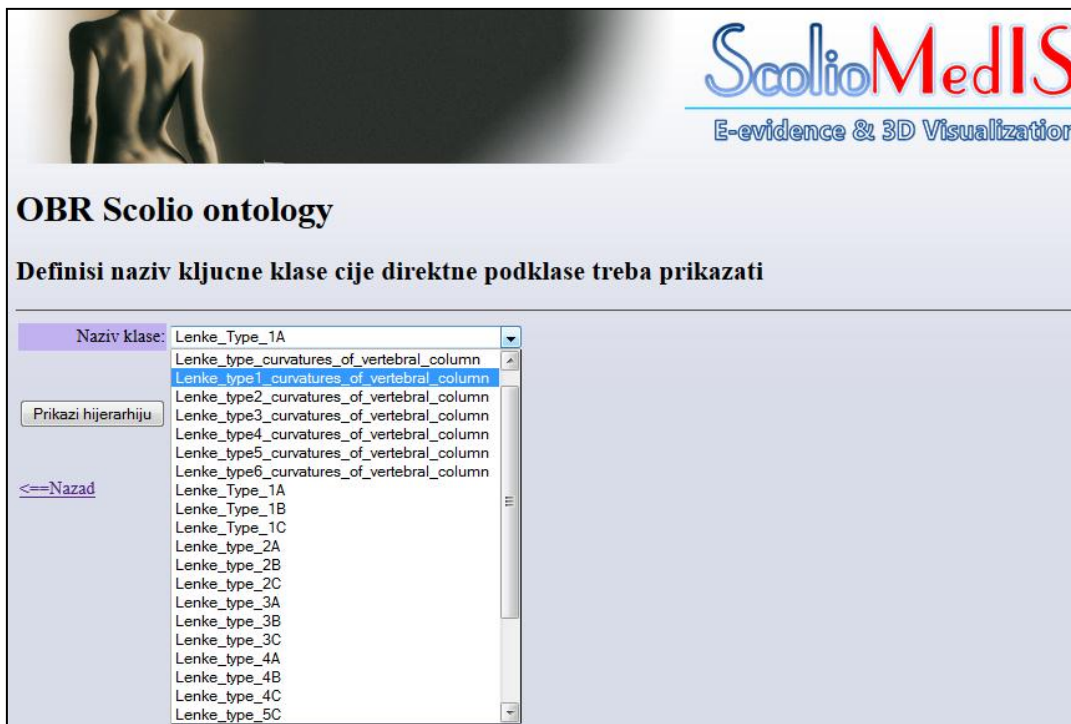
Притиском на линк дугме *Ispis svih klasa OBR-Scolio ontologije* извршава се *doGet* метода сервлета *ServletOntologija.java*. У овој методи се најпре врши учитавање онтологије са локације која је специфицирана у *web.xml* фајлу, као иницијални параметар, на следећи начин:

```
<init-param>
  <param-name>ontology_location</param-name>
  <param-value>C:/xampp/tomcat/webapps/OBRScolioLinux/WEB-INF/classes/web</param-value>
</init-param>
```

Приликом иницијалног учитавања и стартовања сервелта *ServletOntologija.java* врши се преузимање овог параметара у *init* методи. Надаље се преузети параметар у *doGet* методи користи за спецификацију URI-а онтологије. Специфицирани URI онтологије се затим предаје методи *createJenaOWLModelFromURI*, класе *Protégé-OWL* и преузима у примерку *OWLModel* класе *JenaOWLModel*, као што је приказано у следећем коду:

```
JenaOWLModel OWLModel = null;
URI uri = new File(this.ontology_location).toURI();
OWLModel = ProtegeOWL.createJenaOWLModelFromURI(uri.toString());
OWLModel.getNamespaceManager().setDefaultNamespace("http://www.OWL-ontologies.com/Ontology1295671968.OWL#");
```

Надаље се креира примерак *Ontologija* класе, која је дефинисана у фајлу *Ontologija.java*, преко кога се позива поменута метода *printAllClassesOfOntology*. Добијене онтолошке класе се надаље шаљу страници *ispisSvihKlasa.jsp* и у њој приказују коришћењем *getLocalName()* методе, која омогућава приказ локалног имена било које компоненте онтологије, при чему локално име неке онтолошке компоненте представља део потпуног URI назива те компоненте (слика 6.7).

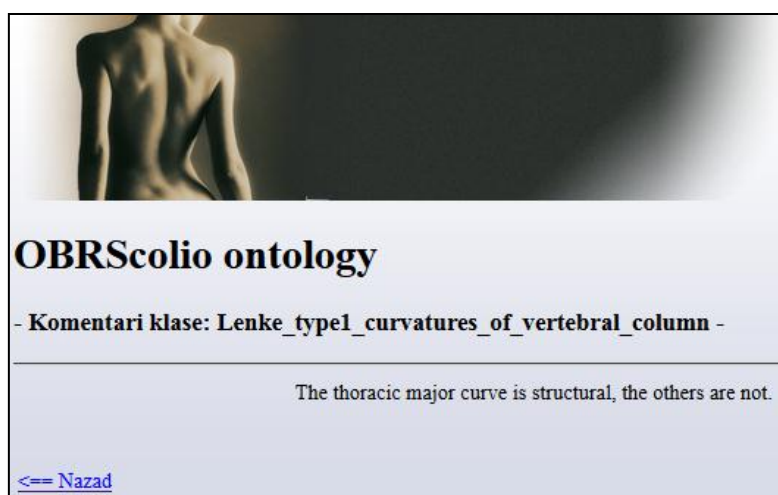


Слика 6.8. Страница *klasaZaIspisHijerarhije.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом

Притиском на линк дугме *Ispis hijerarhijskog stabla zadate kljucne klase OBR-Scolio ontologije* на страници *ontologija.jsp* (слика 6.6), отвара се страница *klasaZaIspisHijerarhije.jsp* (слика 6.8) у којој је могуће селектовати кључну класу *OBR-Scolio* онтологије, чије директне подкласе треба приказати. Притиском на дугме *Prikazi hijerarhiju* позива се *doPost* метода сервлета *ServletOntologija.java*, у којој се најпре врши учитавање *OBR-Scolio* онтологије са локације која је специфицирана у *web.xml* фајлу, па се након тога преко инстанце *Ontologija* класе позива њена поменута метода чланица *printDirectSublassesOfClass*. Добијене директне подкласе селектоване класе се даље шаљу страници *ispisHijerarhijeKlase.jsp* и у њој приказују, коришћењем *getLocalName()* методе, која омогућава приказ локалног имена било које компоненте онтологије (слика 6.9).



Слика 6.9. Страница *ispisHijerarhijeKlase.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом

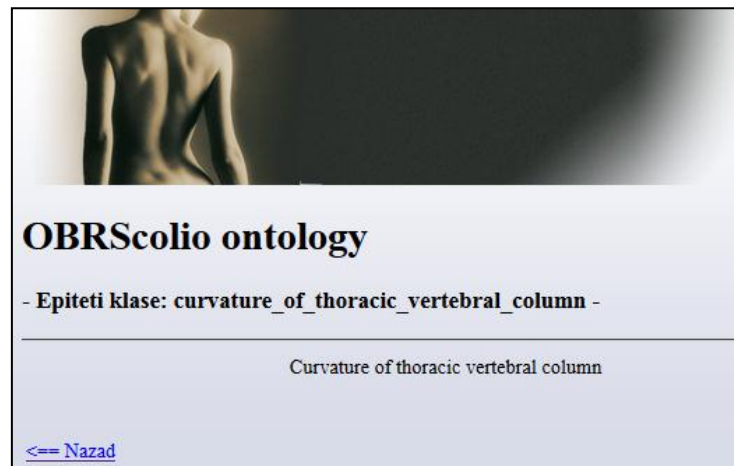


Слика 6.10. Страница *ispisKomentaraKlase.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом

Притиском на линк дугме *Ispis komentara zadate kljucne klase OBR-Scolio ontologije* на страници *ontologija.jsp* (слика 6.6) отвара се страница *klasaZaIspisKomentara.jsp*, у којој је могуће селектовати кључну класу *OBR-Scolio* онтологије чије коментаре треба

приказати. Притиском на дугме *Prikazi komentare* позива се *doPost* метода сервлета *ServletOntologija.java*, у којој се преко инстанце *Ontologija* класе позива њена поменућа метода чланица *printAllCommentsOfClass*. Добијени коментари селектоване класе се даље шаљу страници *ispisKomentaraKlase.jsp* и у њој директно приказују (слика 6.10).

Притиском на линк дугме *Ispis svih epiteta zadate klase OBR-Scolio ontologije* на страници *ontologija.jsp* (слика 6.6) отвара се страница *klasaZaIspisLabela.jsp* у којој је могуће селектовати класу *OBR-Scolio ontologije*, чије директне подкласе треба приказати. Притиском на дугме *Prikazi epitete* позива се *doPost* метода сервлета *ServletOntologija.java*, у којој се преко инстанце *Ontologija* класе позива њена поменућа метода чланица *printAllLabelsOfClass*. Добијени епитети селектоване класе се даље шаљу страници *ispisLabelaKlase.jsp* и у њој директно приказују (слика 6.11).



Слика 6.11. Страница *ispisLabelaKlase.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом

Притиском на линк дугме *Ispis svih individua OBR-Scolio ontologije* на страници *ontologija.jsp* (слика 6.6) извршава се *doGet* метода сервлета *ServletOntologija.java* у којој се преко инстанце *Ontologija* класе позива њена поменућа метода чланица *getAllIndividualsOfOntology*. Добијене индивидуе се надаље шаљу страници *ispisIndividua.jsp* и у њој приказују коришћењем *getLocalName()* методе, која омогућава приказ локалног имена било које компоненте онтологије (слика 6.12).

Притиском на линк дугме *Kreiranje i ispis svih individua OBR-Scolio ontologije cije ime pocinje sa PJMBG i statistickih podataka* на страници *ontologija.jsp* (слика 6.6) извршава се *doGet* метода сервлета *ServletOntologija.java* у којој се на основу свих података о Кобовим угловима пацијената у бази и Ленковог типа сколиозе пацијента креирају најпре индивидуе *OBR-Scolio* онтологије основних типова кривина кичме пацијента, да би се након тога креирала одговарајућа индивидуа *OBR-Scolio* онтологије Ленковог типа сколиозе пацијената. Да би се разликовале од осталих индивидуа *OBR-Scolio* онтологије, усвојено је да називи свих наведених индивидуа почињу са *PJMBG*.

До листе података о Кобовим угловима пацијената у бази долази се преко објекта класе *PacijentDAO*, коришћењем већ описане методе *getAllPacijenti()*. Након тога се у сервлету *ServletOntologija.java* преко инстанце *Ontologija* класе позива најпре њена метода чланица *deletePJMBGIndividuals*, која обезбеђује брисање свих претходно постојећих индивидуа *OBR-Scolio* онтологије, чије име почиње са *PJMBG*. Брисање свих постојећих индивидуа *OBR-Scolio* онтологије, чије име почиње са *PJMBG* потребно је у случајевима када је у бази извршено брисање или измена података о Кобовим угловима пацијента, па је сходно томе потребно извршити креирање нових

индивидуа *OBR-Scolio* онтологије, чије име почиње са *PJMBG*, а које осликавају текуће вредности података у бази. У класи *Ontologija* ова функција је дефинисана на следећи начин:

```
public class Ontologija {
    ...

    public void deletePJMBGIndividuals(JenaOWLModel OWLModel) {
        Collection <OWLIndividual> inds = OWLModel.getOWLIndividuals();
        for (Iterator it = inds.iterator(); it.hasNext();) {
            OWLIndividual ind = (OWLIndividual) it.next();

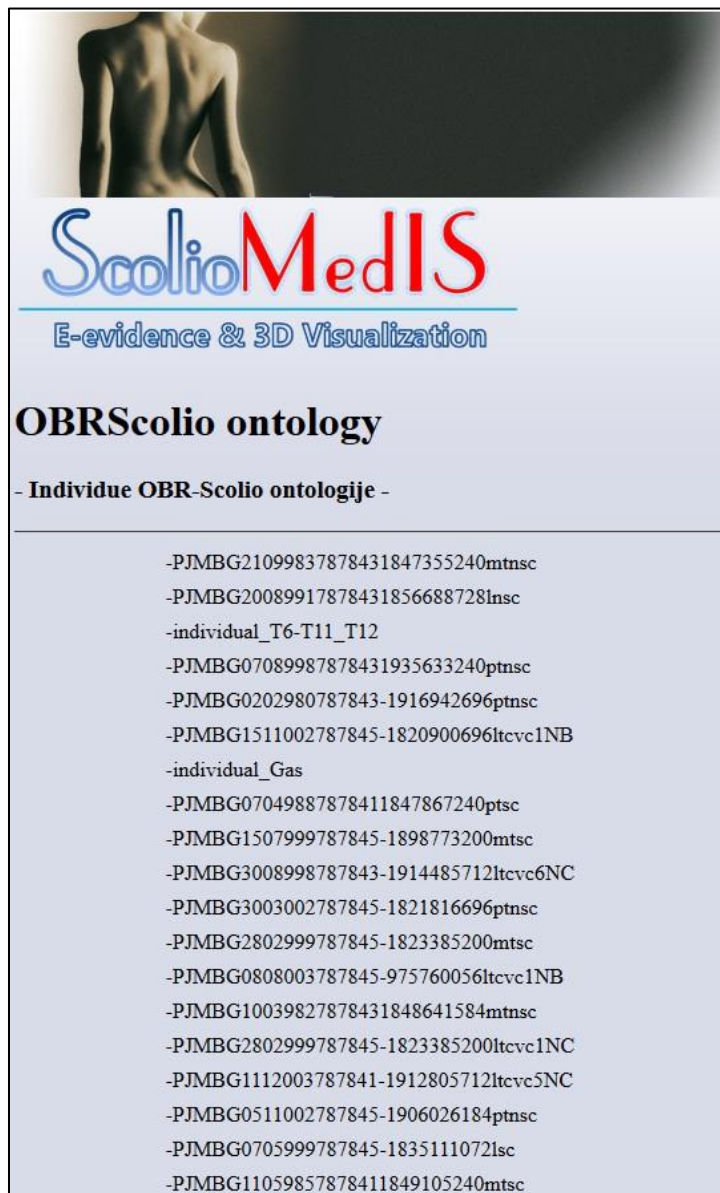
            String imeIndividue = ind.getLocalName();
            //izdvojiti individue koje pocinju sa PJMBG
            if (imeIndividue.startsWith("PJMBG")){
                ind.delete();
            }
        }
    }
    ...
}
```

Надаље се у сервлету *ServletOntologija.java* итерацијом кроз преузету листу пацијената испитује Ленков тип сколиозе, коришћењем описане методе *LenkovTip()* објекта класе *Pacijent*. У зависности од Ленковог типа сколиозе пацијента, надаље се у *OBR-Scolio* онтологији врши инстанцирање одговарајућих основних типова кривина, при чему се инстанцирају само постојеће кривине, тј. кривине са не нултим вредностима Кобових углова пацијента (поглавље 4.2.2.4). Инстанцирање основних типова кривина кичме врши се методом *setInstanceOfClassBasicCurvatureOfVertebralColumn* објекта *Ontologija* класе. У класи *Ontologija* наведена метода је дефинисана на следећи начин:

```
public class Ontologija {
    ...
    public OWLIndividual
setInstanceOfClassBasicCurvatureOfVertebralColumn(JenaOWLModel OWLModel,
OWLNamedClass aclass, String nameIndividual, Integer CobbAngle, Integer
CobbBandingLeftAngle, Integer CobbBandingRightAngle, Integer kyphosisAngle)
{
    OWLIndividual individual =
aclass.createOWLIndividual(nameIndividual);
    OWLDatatypeProperty CobbAngleProperty =
OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Cobb_angle");
    OWLDatatypeProperty CobbBandingAngleLeftProperty =
OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Cobb_banding_angle_left");
    OWLDatatypeProperty CobbBandingAngleRightProperty =
OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Cobb_banding_angle_right");
    OWLDatatypeProperty KyphosisAngle;

    if ((aclass.getLocalName()).equalsIgnoreCase("proximal_thoracic_
structural_curvature") || (aclass.getLocalName()).equalsIgnoreCase
("proximal_thoracic_non-structural_curvature")) KyphosisAngle =
OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Kyphosis_angle_between_T2_T5");
    else
    KyphosisAngle =
OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Kyphosis_angle_between_T10_L2");
    individual.setPropertyValue(CobbAngleProperty, CobbAngle);
}
```

```
        individual.setPropertyValue (CobbBandingAngleLeftProperty,  
CobbBandingLeftAngle) ;  
        individual.setPropertyValue (CobbBandingAngleRightProperty,  
CobbBandingRightAngle) ;  
        individual.setPropertyValue (KyphosisAngle, kyphosisAngle);  
        return individual;  
    }  
    ...  
}
```



Слика 6.12. Страница *ispisIndividua.jsp* Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом

У наведеној методи се креира примерак индивидуе дефинисане класе *aclass*, коришћењем *createOWLIndividual* методе чланице *OWLNamedClass* класе. Након тога се функцијом *getOWLDatatypeProperty* врши преузимање својстава података ове класе, који представљају Кобове углове у усправном положају и положајима приликом савијања у страну, као и одговарајућих Кобових углова кифозе, коришћењем *OWL* модела, претходно учитане *OBR-Scolio* онтологије. Преузета својства података се коришћењем *setPropertyValue* методе креираног примерка индивидуе, постављају на

вредности које су дефинисане у листи аргумената приказане методе *setInstanceOfClassBasicCurvatureOfVertebralColumn*. Креирани примерак индивидуе се потом убацује у низ инстанци основних типова кривина.

Након инстанцирања основних типова кривина, у сервлету *ServletOntologija.java* се надаље инстанцира одговарајући Ленков тип сколиозе *OBR-Scolio* онтологије, коришћењем методе *setInstanceOfClassLenkeTypeCurvaturesOfVertebralColumn* објекта *Ontologija* класе, као што је приказано у следећем коду:


```
public class Ontologija {
    ...
    public void
    setInstanceOfClassLenkeTypeCurvaturesOfVertebralColumn(JenaOWLModel
    OWLModel, OWLNamedClass aclass, String nameIndividual, OWLIndividual mc,
    OWLIndividual [] arrayIndividual, int n, float kyphosisAngleT5T12) {
        OWLIndividual individual =
        aclass.createOWLIndividual(nameIndividual);
        OWLObjectProperty mainCurvatureProperty =
        OWLModel.getOWLObjectProperty("major_curvature");
        OWLObjectProperty hasCurvesProperty =
        OWLModel.getOWLObjectProperty("has_curves");
        OWLDatatypeProperty KyphosisAngleT5T12 =
        OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Kyphosis_angle_between_T5_T12");
        for (int i=0;i<n;i++){
            individual.addValue(hasCurvesProperty,
            arrayIndividual[i]);
            individual.setPropertyValue(mainCurvatureProperty, mc);
            individual.setPropertyValue(KyphosisAngleT5T12, kyphosisAngleT5T12);
        }
        ...
    }
}
```

У наведеној методи се креира примерак индивидуе дефинисане класе *aclass* Ленковог типа сколиозе, коришћењем *createOWLIndividual* методе чланице *OWLNamedClass* класе. Након тога се функцијама *getOWLObjectProperty* и *getOWLDatatypeProperty* врши преузимање објектних својстава, односно својстава података (атрибута) ове класе, коришћењем *OWL* модела, претходно учитане *OBR-Scolio* онтологије. Ова својства редом представљају називе главне кривине кичме, називе свих кривина кичме и угао кифозе између пршљена T5 и T12. Преузето објектно својство *has_curves* се коришћењем *addPropertyValue* методе креиране индивидуе, поставља на вредности низа претходно креираних инстанци основних типова кривина. Коришћењем *setProperty* методе се својства *major_curvature* и *Kyphosis_angle_between_T5_T12* креиране индивидуе, постављају на вредности, које су дефинисане у листи аргумената приказане методе *setInstanceOfClassLenkeTypeCurvaturesOfVertebralColumn*.

На крају се памти измењени модел *OBR-Scolio* онтологије, након чега се све инстанце онтологије надаље шаљу страници *ispisPJMBGIndividual.jsp* и у њој приказују, итерацијом кроз преузету листу индивидуа чије име почиње са *PJMBG*, коришћењем *getLocalName()* методе (слика 6.13). Ова метода омогућава приказ локалног имена било које компоненте онтологије. Иначе ове индивидуе, поред *JMBG* броја пацијента садрже и *hash* код датума дијагностиковања сколиозе.

Упоредном анализом слике 6.13 и листе података из *MySQL* базе о Кобовим угловима основних кривина кичме и Ленкових типова сколиозе кичме пацијената, која је приказана на слици 6.4, може се закључити да све индивидуе *OBR-Scolio* онтологије основних типова кривина кичме и Ленковог типа сколиозе, које су креиране преко *Java* веб апликације, исправно осликавају стање података у бази. На слици 6.14 је за сваку

класу основних кривина кичме и Ленковог типа сколиозе, приказан одговарајући број креираних индивидуа, као и листа инстанци *lumbar_non-structural_curvature* класе *OBR-Scolio* онтологије у *Protégé* програму. На слици 6.15a) приказан је пример индивидуе *Lenke_typeINC* класе *OBR-Scolio* онтологије, за пацијента са *JMBG* бројем 0101998787843, на којој се виде сва тврђења објектних својстава, која представљају одговарајућу индивидуу главне кривине кичме и одговарајуће индивидуе основних типова кривина кичме, као и тврђење својства података о величини угла кифозе између пршљена T5 и T12. На слици 6.15b) приказан пример индивидуе класе основног типа кривине кичме *main_thoracic_structural_curvature* истог пацијента у *Protégé* програму, на којој се виде сва тврђења својстава података о величинама Кобових углова кривине кичме у усправном положају, положајима приликом савијања у леву и десну страну, као и углови кифозе кичме пацијента.



OBRscolio ontology

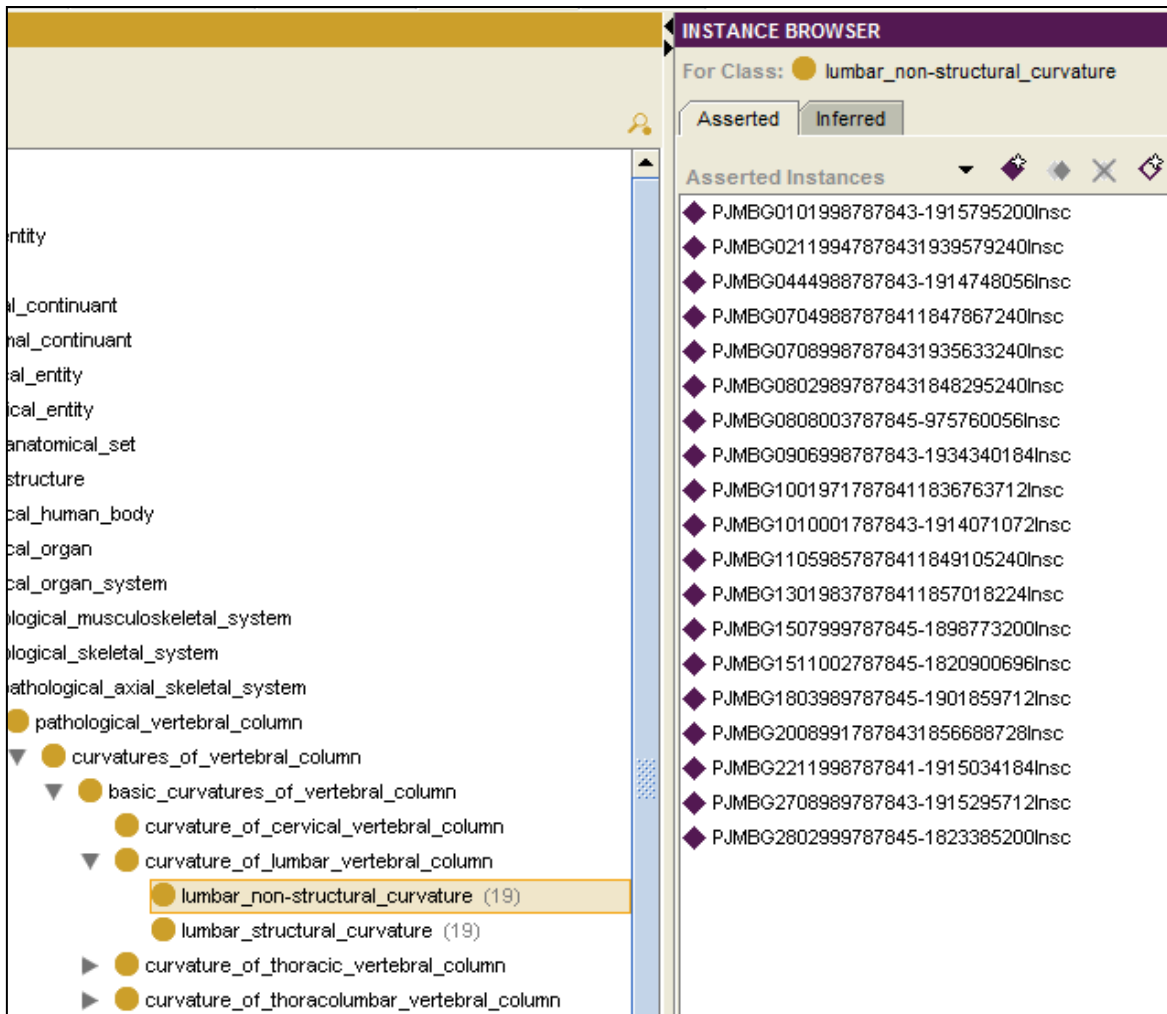
- Individue OBR-Scolio ontologije cije ime pocinje sa PJMBG -

- PJMBG21099837878431847355240mtnc
- PJMBG07089987878431935633240ptnc
- PJMBG20089917878431856688728lnc
- PJMBG0202980787843-1916942696ptnc
- PJMBG1511002787845-1820900696lncv1NB
- PJMBG07049887878411847867240ptsc
- PJMBG1507999787845-1898773200mtsc
- PJMBG3008998787843-1914485712lncv6NC
- PJMBG3003002787845-1821816696ptnc
- PJMBG2802999787845-1823385200mtsc
- PJMBG0808003787845-975760056lncv1NB
- PJMBG10039827878431848641584mtnc
- PJMBG2802999787845-1823385200lncv1NC
- PJMBG1112003787841-1912805712lncv5NC
- PJMBG0511002787845-1906026184ptnc
- PJMBG0705999787845-1835111072lsc
- PJMBG11059857878411849105240mtsc
- PJMBG07099957878411869775112lsc
- PJMBG3003002787845-1821816696mtnc
- PJMBG1811001787841-1913596056lncv1NA

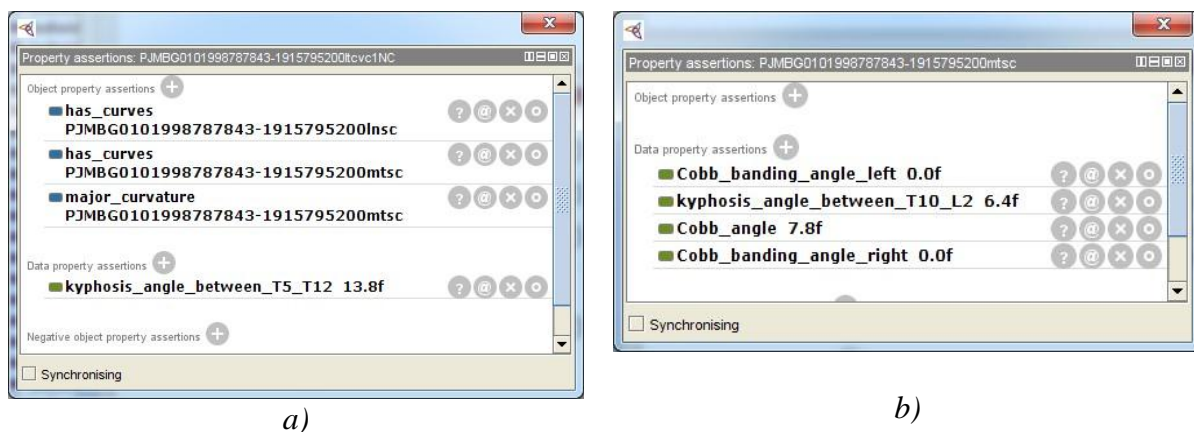
Слика 6.13. Страница *ispisPJMBGIndividua.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом – први део

У другом делу странице *ispisPJMBGIndividua.jsp* (слика 6.16) се врши испис статистичких података о процентуалном броју прегледаних пацијената са појединим основним типовима кривина кичме, Ленковим типовима сколиозе, затим процентуалан број пацијената са појединим лумбалним, односно грудним бочним модификатором кичме. Овим се обезбеђује демографска анализа заступљености Ленкових типова сколиозе кичме, учесталости појављивања појединих кичмених кривина, као и

заступљености појединих лумбалних, односно грудних бочних модификатора кичме у посматраном региону и у одређеном временском раздобљу.



Слика 6.14 Инстанце основних кривина OBR-Scolio онтологије у Protégé програму



Слика 6.15. а) Инстанца *Lenke_typeINC* класе OBR-Scolio у Protégé 4.3 програму б) Инстанца *main_thoracic_structural_curvature* класе OBR-Scolio онтологије у Protégé програму 4.3

Притиском на линк дугме *Ispis individua OBR-Scolio ontologije zadatag pacijenta cije ime pocinje sa PJMBG i ostalih karakteristika krivina* на страници *ontologija.jsp* (слика 6.6) извршава се *doGet* метода сервлета *ServletOntologija.java*, у којој се преко објекта *PacijentDAO* класе позива метода *getAllPacijenti()*, за генерисање листе пацијената, који се налазе у бази. Добијена листа пацијената се надаље шаље страници *izborIndividuaZadatogPJMBG.jsp*, која се састоји од падајуће листе за селекцију одговарајућег *JMBG* броја пацијента, чије карактеристике кривина треба приказати (слика 6.17). Притиском на дугме *Prikazi karakteristike krivina izabranog pacijenta* позива се *doPost* метода сервлета *ServletOntologija2.java* у коме се врши преузимање *JMBG* броја изабраног пацијента, који се заједно са листом пацијента, онтолошким моделом и свим индивидуама онтологије даље прослеђују страници *ispisTrazenihPJMBGIndividua.jsp*. Онтолошки модел *OBR-Scolio* онтологије се генерише читавањем онтологије преко локације, која је специфицирана у *web.xml* фајлу на већ описани начин, док се позивом методе *getAllIndividualsOfOntology* креираног објекта *Ontology* класе добијају све индивидуе онтологије.

```
- Percentualan broj pacijenata sa gornje grudnom ne-strukturnom krivinom je: 14.960629921259844%
- Percentualan broj pacijenata sa gornje grudnom strukturnom krivinom je: 5.511811023622047%
- Percentualan broj pacijenata sa glavnom grudnom ne-strukturnom krivinom je: 9.448818897637794%
- Percentualan broj pacijenata sa glavnom grudnom strukturnom krivinom je: 24.409448818897637%
- Percentualan broj pacijenata sa grudno lumbalnom ne-strukturnom krivinom je: 1.574803149606299%
- Percentualan broj pacijenata sa grudno lumbalnom strukturnom krivinom je: 6.299212598425196%
- Percentualan broj pacijenata sa lumbanom ne-strukturnom krivinom je: 16.535433070866144%
- Percentualan broj pacijenata sa lumbanom strukturnom krivinom je: 21.25984251968504%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1-A je: 6.521739130434782%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1NA je: 4.3478260869565215%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1+A je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1-B je: 2.1739130434782608%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1NB je: 17.391304347826086%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1+B je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1-C je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1NC je: 4.3478260869565215%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 1+C je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2-A je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2NA je: 4.3478260869565215%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2+A je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2-B je: 2.1739130434782608%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2NB je: 4.3478260869565215%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2+B je: 0.0%
- Percentualan broj pacijenata sa Lenkovim tipom 2-C je: 0.0%
```

Слика 6.16. Страница *ispisPJMBGIndividua.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом – други део

У страници *ispisTrazenihPJMBGIndividua.jsp* (слика 6.18) се врши груписани приказ свих назива кривина кичме и њихових Кобових углова, као и Ленковог типа сколиозе, пацијента изабраног *JMBG* броја, у зависности од датума дијагностиковања. Уколико пацијент изабраног *JMBG* броја има више од једног термина дијагностиковања

Ленковог типа сколиозе, у овој страници се такође врши испис повећања, односно смањења Кобових углова кривина кичме, у односу на вредности Кобових углова кривина кичме пацијента у непосредно претходном термину дијагностиковања, чиме се постиже континуално праћење прогресије, односно регресије величина кичмених кривина пацијента са сколиозом.



Слика 6.17. Страница *izborIndividuaZadatogPJMBG.jsp* Java веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом

За остварење описаних функционалности у страници *ispisTrazenihPJMBGIndividua.jsp* било је најпре потребно креирати две нове класе: *Skolioza* и *KicmenaKrivina*. Класа *Skolioza*, која је дефинисана је у фајлу *Skolioza.java* садржи податке чланове који представљају Ленков тип сколиозе, датум дијагностиковања и листу кичмених кривина, сколиозе кичме. Кичмене кривине дефинисане су класом *KrivinaKicme* у фајлу *KrivinaKicme.java*. Ова класа садржи податке чланове, који представљају назив кривине кичме и Кобове углове кичмених кривина.

Надаље се у страници *ispisTrazenihPJMBGIndividua.jsp* креира низ елемената класе *Skolioza*, чији је број чланова једнак броју датума дијагностиковања сколиозе, пацијента одабраног *JMBG* броја. На тај начин се итерацијом кроз листу пацијената, проналазе објекти класе *Pacijent*, чији је *JMBG* једнак одабраном. Затим се преко пронађених објеката класе *Pacijent*, преузимају подаци о времену уписа, тј. датуму дијагностиковања сколиозе и Ленковом типу сколиозе у одговарајући елеменат низа класе *Skolioza*. Затим се одређује број снимања пацијента, као што је приказано у следећем коду:

```
ArrayList<Pacijent> lp =
(ArrayList<Pacijent>) request.getAttribute("lp");
int brojSnimanja = 0;
String deo="";
int j = 0, broj;

if (lp != null) {
    ListIterator itr = lp.listIterator();
    while (itr.hasNext()) {
        Pacijent pi = (Pacijent) itr.next();
        if(pi.getJMBG().equals(jmbg)){
```

```
//preuzimanje vremena upisa i pretvaranje u hash
kod koji predstavlja deo naziva individua
skol[j] = new Skolioza();//VAZNO!!!OVDE JE
NEOPHODNO PRE SETOVANJA VREDNOSTI KREIRATI PRIMERAK CLANA NIZA
skol[j].setDatum(pi.getVremeUpisa());
skol[j].setLenkovTip(pi.LenkovTip());
j++;
}
}
brojSnimanja = j;//broj snimanja pacijenata jednak je broju
razlicitih datuma upisa
}
```

OBR-Scolio ontology

- Ispis karakteristika krivina i Lenkovog tipa skolioze pacijenta zadatog PJMBG broja na osnovu individua OBR-Scolio ontologije-

Pacijent sa JMBG brojem 1908986787843 poseduje sledece krivine kicme:		
1. Naziv krivine: Gornje grudna ne-strukturna krivina	Kobov ugao krivine: 20	
2. Naziv krivine: Grudno lumbalna strukturna krivina	Kobov ugao krivine: 30	Kobov ugao krivine prilikom savijanja u levu stranu: 15
<u>Lenkov tip skolioze: Tip5 - Thoracolumbar/Lumbar (TL/L)</u>		
Datum dijagnostikovanja: 2013-08-26 17:44:46.0		

1. Naziv krivine: Gornje grudna ne-strukturna krivina	Kobov ugao krivine: 25	
Povecanje Kobovog ugla krivine u odnosu na prethodni period iznosi: 5		
2. Naziv krivine: Grudno lumbalna strukturna krivina	Kobov ugao krivine: 40	Kobov ugao krivine prilikom savijanja u levu stranu: 30
Povecanje Kobovog ugla krivine u odnosu na prethodni period iznosi: 10		
Povecanje Kobovog ugla krivine prilikom savijanja u levu stranu u odnosu na prethodni period iznosi: 15		
<u>Lenkov tip skolioze: Tip5 - Thoracolumbar/Lumbar (TL/L)</u>		
Datum dijagnostikovanja: 2014-08-13 23:00:32.0		

Слика 6.18. Страница *ispisTrazenihPJMBGIndividua.jsp* Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом

Вредности назива кичмених кривина и њихових Кобових углова, од којих се формира листа инстанци класе *KrivinaKicme*, која се додаје у одговарајући елемент низа класе *Skolioza*, су добијене преко одговарајућих *PJMBG* индивидуа, на тај начин што се врши итерација кроз скуп свих *PJMBG* индивидуа (слика 6.13), из којих се издвајају само оне индивидуе, које у називу садрже *JMBG* број одабраног пацијента, као и одговарајући *hash* код датума дијагностиковања. Из ових индивидуа се својстава о вредностима одговарајућих Кобових углова кичмених кривина преузимају коришћењем већ поменуте *getPropertyValue* методе, док се називи кривина преузимају на основу завршних назива индивидуа (слика 6.13), као што је приказано у следећем коду:

```
for(j = 0; j<brojSnimanja; j++){
//if (lk!= null) lk.clear();//brisanje prethodne liste krivina
lk = new ArrayList<KrivinaKicme>();
```

```
int i = 0;
if (sveInd != null) {
    for (Iterator it = sveInd.iterator(); it.hasNext();) {
        OWLIndividual ind = (OWLIndividual) it.next();
        String name = ind.getLocalName();
        if (name.startsWith(ime)) {
            deo = name.substring(18, 28); //hach kod dela imena individue
            String hash = String.valueOf((skol[j].getDatum()).hashCode());
            //proveravnje hash dela naziva svake individue i uporedjivanje sa
            hash kodom odgovarajuceg datuma radi smestanja u odgovarajuci elemenat niza
            skolioza
            if (hash.startsWith(deo)) { //konvertovanje u string
                OWLDatatypeProperty KyphosisAnglePropertyT10L2 = null;
                OWLDatatypeProperty KyphosisAnglePropertyT2T5 = null;
                if (name.endsWith("mtsc")) {
                    kriva = new KrivinaKicme(); //VAZNO!!!OVDE JE NEOPHODNO PRE SETOVANJA
                    VREDNOSTI KREIRATI PRIMERAK KLASSE KRIVINA KICME
                    kriva.setCobbAngle((Integer) ind.getPropertyValue(CobbAngleProperty));
                    kriva.setCobbAngleLeft((Integer) ind.getPropertyValue(CobbBandingAngle
                    LeftProperty));
                    kriva.setCobbAngleRight((Integer) ind.getPropertyValue(CobbBandingAngl
                    eRightProperty));
                    KyphosisAnglePropertyT10L2=OWLModel.getOWLDatatypeProperty("Kyphosis_
                    angle_between_T10_L2");
                    kriva.setKyphAngleT10L2((Integer) ind.getPropertyValue(KyphosisAnglePr
                    opertyT10L2));
                    kriva.setNazivKrivine("Glavna grudna strukturna krivina");
                    lk.add(kriva);
                }
                ...
            }
        }
    }
}
```

Итерацијом кроз елементе низа класе *Skolioza* и њима припадајуће листе кривина врши се приказ назива кривина, вредности Кобових углова, Ленковог типа сколиозе и датума дијагностиковања, као што је приказано на слици 6.18. У случају постојања више термина дијагностиковања код пацијента изабраног *JMBG* броја, овде се такође врши одређивање и испис разлике вредности одговарајућих величина Кобових углова кичмених кривина у односу на непосредно претходни термин дијагностиковања. Овим се постиже анализа резултата прегледа и праћење напретка сколиозе задатог пацијента.

7. ЕВАЛУАЦИЈА *OBR-Scolio* ОНТОЛОГИЈЕ И ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА *ScolioMedIS*

У овом поглављу најпре се описује евалуација онтологије *OBR-Scolio* (поглавље 7.1), а потом евалуација методологија: визуелног прегледа пацијената (поглавље 7.2), визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком (дигиталном) камером (поглавље 7.3). Евалуација онтологије *OBR-Scolio* извршена је кроз процесе корисничке и техничке евалуације, при чему је у оквиру техничке евалуације примењено резоновање њене *OWL* репрезентације, док је корисничка евалуација онтологије детаљно описана у поглављу 7.3, кроз евалуацију методологија визуелизација оптичким скенирањем и визуелизација оптичком (дигиталном) камером.

Учесници процеса евалуације методологија визуелизације оптичким скенирањем и визуелизација оптичком (дигиталном) камером су доктори (физијатри и ортопеди) и медицинске сестре. План ангажовања учесника подразумева слање електронске поште позива Клиничком центру за физичку медицину и рехабилитацију у Крагујевцу уз писмено упутство коришћења *ScolioMedIS* система. Питања која се постављају корисницима су везана за број година искуства рада за пацијентима са сколиозом, затим за степен познавања рада на рачунару (слаб, солидан, добар, веома добар, одличан), као и степен учесталости коришћења *ScolioMedIS* система (никад, једном месечно, два до три пута месечно, једном недељно или два до шест пута недељно).

Услови који су морали бити задовољени за спровођење процеса евалуације методологија визуелизације оптичким скенирањем и визуелизација оптичком (дигиталном) камером подразумевају постојање снимака пацијената оптичким скенером у фронталној и бочној равни у усправном положају, као и снимака пацијената оптичком (дигиталном) камером у фронталној равни у положају приликом савијања у леву и десну страну. Број испитаних пацијената у овом истраживању је износио 60, од кога је било 30 женских и 30 мушких пацијената.

Циљ спроведене евалуације методологија визуелизације оптичким скенирањем и визуелизација оптичком (дигиталном) камером је истраживање корисности онтологије *OBR-Scolio*, као и корисности процеса визуелизација оптичким скенирањем и визуелизација оптичком (дигиталном) камером у детекцији типа сколиозе кичме, коришћењем Ленкове класификације. Евалуација примењених методологија је извршена кроз анализу резултата учесталости појављивања кичмених кривина у појединим кичменим регионима, учесталости појављивања грудних бочних модификатора кичме (N, +, -), учесталости појављивања лумбалних модификатора кичме (A, B и C), као и учесталости појављивања Ленкових типова сколиозе кичме.

7.1. Евалуација онтологије *OBR-Scolio*

Постоје различити приступи евалуације онтологије, који омогућавају да се онтологија константно ревидира и модификује у процесу свог дизајнирања. Два специфична приступа су корисничке и техничке оријентације [322].

- Техничка евалуација подразумева формалну евалуацију онтологије током њеног развоја. *GT-PD* метод описан у првој фази развоја онтологије је користан за формалну техничку евалуацију, јер се током прикупљања и анализирања

података могу добити повратне информације од учесника, који представљају изворе тих података.

- Корисничка евалуација подразумева евалуацију онтологије у контексту дизајнираног информационог система у имплементационој фази. Она захтева оцену подобности сваког појединачног концепта онтологије домена из друге фазе да би се осигурало да је онтолошки базирани информациони систем испунио потребна очекивања.

У оквиру техничке евалуације онтологије примењено је резоновање њене *OWL* репрезентације, које ће надаље бити описано, док је корисничка евалуација онтологије детаљно описана у поглављу 7.3, кроз евалуацију методологија визуелизација оптичким скенирањем и визуелизација оптичком (дигиталном) камером.

OWL DL репрезентација *OBR-Scolio* онтологије обезбеђује максималну експресивност, која нуди комплетну подршку за израчунавање и доношење закључака од стране система за резоновање. Анализа метрике најновије верзије *OBR-Scolio* онтологије показала је да је у њој коришћена *ALCQD(I)* експресивност језика дескриптивне логике и да она поседује 2739 аксиома, од којих су 1475 логичке аксиоме, затим 263 класа, 47 објектних својстава, 9 својстава података и 227 индивидуа. Подкласних аксиома има 845, класних аксиома које дефинишу еквивалентне класе има 19, а класних аксиома које дефинишу различите класе 419. Аксиома које дефинишу инверзна објектна својства има 8, аксиома које дефинишу функционална објектна својства има 18, а аксиома које дефинишу функционална својства података има 9. Аксиома које дефинишу тврђења о индивидуама у класама има 214, аксиома које дефинишу тврђења о индивидуама у објектним својствима има 163, а аксиома које дефинишу тврђења о индивидуама у својствима података има 514. Аксиома које дефинишу тврђења о аотационим својствима има 890.

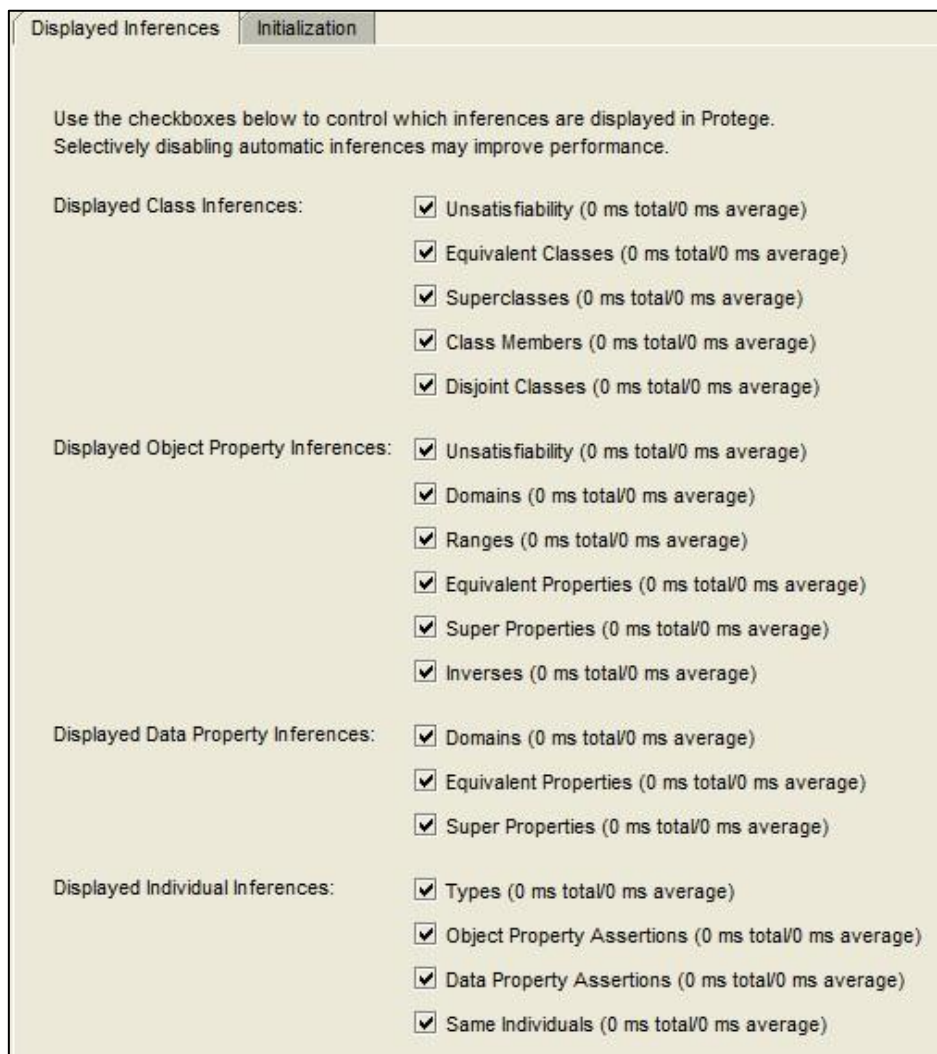
Систем за резоновање има широк спектар функционалности, нпр. провера конзистентности, хијерархијске организације (таксономије) класа у онтологији, као и проверу индивидуа. Конзистентност класа се одређује анализирањем класних аксиома (описа) у онтологији и одлучивањем да ли је или не за класе могуће да имају било коју индивидуу. Поред тога, испитивањем да ли је или не нека класа подкласа друге класе у онтологији, као и то да ли је нека класа генералнија од неке друге класе у онтологији, систем за резоновање може да изведе закључну онтолошку хијерархију класа, насупрот тврђеној класној хијерархији. Провера класификације изричито захтева да класе буду дефинисане са потребним и довољним условима. Основни сервис резоновања *ABox*-а је провера индивидуа, којим се верификује да ли задата индивидуа припада специфицираном концепту. Наведени сервис резоновања такође обезбеђује проверу реализације, која проналази који је најспецифичнији концепт који инстанцира посматрану индивидуу, као и повратну проверу која проналази индивидуе, које су инстанце задатог концепта. У сврху резоновања *Protégé OWL* репрезентације *OBR-Scolio* онтологије, најпре је употребљен *Racer (RenamedABox and Concept Expression Reasoner)* програм за резоновање [183]–[186] у *Protégé* верзији 3.4.8, а потом *FaCT++*[181] и *HermiT* [188] програми за резоновање у *Protégé* верзији 4.3.

Racer програм нуди сервисе резоновања у вези *TBox*-а и *ABox*-а, при чему имплементира дескриптивну логику *ALCQHTR+*, која је такође позната и као *SHIQ* [323]. То је основна *ALC* логика којој је додато квалификовано бројно ограничење (*qualifying number restrictions*), хијерархија улога, инверзне и транзитивне улоге. С обзиром на постојећу директну апроксимацију наведеног дескриптивног језика, кога

имплементира *Racer* и *OWL* језика, *Racer* може директно да чита *OWL* фајлове и да их представи као базе знања засноване на овој дескриптивној логици.

FaCT++ систем резоновања имплементира “*tableau*” алгоритам резоновања експресивне дескриптивне логике *SHOIQ*. Коришћењем стандардног *DIG* интерфејса *FaCT++* систем резоновања се може користити за спровођење сервиса резоновања разноврсним онтолошким алатима, који подржавају *OWL* и *OWL2 DL* базиране онтолошки језике.

HermiT је нови *OWL* систем резоновања, који се базира на новом “*hypertableau*” алгоритму резоновања, који обезбеђује много ефикасније и брже резоновање од било раније познатог алгоритма резоновања. *HermiT* систем за резоновање је у стању да за свега неколико секунди изврши класификацију онтологија, које су од стране других система резоновања класификоване за неколико минута или чак сати. Осим тога, *HermiT* је први систем резоновања, који је у стању да изврши класификацију бројних онтологија, које су се раније показале веома компликованим за резоновање од стране било другог система резоновања.



Слика 7.1. Подешавања механизма резоновања у *FaCT++* и *HermiT* 1.3.8 алатима резоновања *Protégé* 4.3 верзије програма

На слици 7.1 приказани су сви коришћени механизми резоновања уграђених алата резоновања *Protégé* програма верзије 4.3. Као што се са слике 7.1 може закључити, ови

механизми обухватају: закључивање над класама (провера еквивалентних класа, провера хијерархије над-класа, провера чланова класа и провера различитих класа), закључивање над објектним својствима (провера домена и опсега објектних својстава, провера еквивалентних својстава, провера хијерархије над-својстава, провера инверзних својстава), закључивање над својствима података (проверу домена, провера еквивалентних својстава, провера хијерархије над-својстава података) и закључивање над индивидуама (провера типа индивидуе тј. провера конзистентности класа, провера тврђења над објектним својствима и својствима података, као и провера истих индивидуа). Када је *Racer* програм покренут из *Protégé* програма, покушај класификације није успео, јер *Racer* није могао да обради целокупну *OBR-Scolio OWL* онтологију. *FaCT++* је успешно класификовао онтологију са поставкама дефинисаним на слици 7.1 за око 4s, док је *HermiT* класификовао онтологију за око 40s. Као резултат, закључна таксономија класа је једнака тврђеној, а закључна хијерархија објектних својстава и својстава података су такође једнаке тврђеним хијерархијама својстава. Међутим, на основу дефинисаних различитих подкласа истог хијерархијског нивоа механизми закључивања су извршили додавање свих класа, које не припадају хијерархијском стаблу задате класе, постојећем скупу различитих класа. Што се закључних домена и опсега објектних својстава, као и својстава података тиче, они су у главном једнаки тврђеним, са том разликом што су закључни домени/опсези, који су дефинисани као унија одређених подкласа, замењени њиховим надкласама. Механизми закључивања су установили да нема не-конзистентних класа, при чему су најспецифичније закључне класе, које као своје чланове садрже поједине индивидуе једнаке тврђеним. Сходно томе, механизми закључивања су индивидуе најспецифичнијих класа додали свим класама, које припадају њиховим надкласним хијерархијским стаблима. Механизми закључивања су такође додали и сва не специфицирана тврђења оних објектних својстава у индивидуама, која су у одговарајућој класи дефинисана (*hasValue*) вредносним ограничењима. Након завршетка корак по корак тестирања од стране *FaCT++* и *HermiT* механизма резоновања и након детаљне анализе добијених резултата, постале су очигледне предности представљања онтологије *OWL* језиком, као и корисност техника резоновања дескриптивне логике.

7.2. Евалуација методологије визуелног прегледа пацијената

У циљу што боље ефикасности, процес визуелне дијагностике сколиозе треба да буде брз, јефтин и једноставан за спровођење, безбедан неинвазиван и прихватљив за пацијента [284]. Из тог разлога процес визуелне дијагностике у основи, као и сваки клинички преглед, представља визуелну процену става пацијента спреда, са стране и назад у усправном неутралном положају пацијента и положају приликом савијања унапред [285]. Овим процесом се само дефинише површински изглед тела код пацијената са сколиозом у циљу дијагнозе и мониторинга, а не одређује анатомски положај кичмених пршљенова. За анатомско одређивање положаја кичмених пршљенова, користе се методе визуелизације оптичким скенирањем и оптичком (дигиталном) камером, као и метода 3D визуелизације кичме, које ће надаље бити детаљно описане.

Иако се процес визуелне дијагностике сколиозе интензивно истражује деценијама, не постоји општи консензус о томе који и колико параметра визуелне дијагностике најбоље дефинишу овај деформитет. Засигурно већи број параметара означава већу тачност визуелне дијагностике, али и захтева више времена за спровођење, што га чини неприхватљивим у свакодневnoj рутини. Међутим, пошто је сколиоза 3D деформитет кичме извесно је да параметри који га описују мора да проистичу из све три равни тела, при чему највећу важност имају параметри у фронталној равни, затим параметри у трансверзалној равни и на крају долазе параметри у бочној равни. Имајући у виду наведено, у процесу визуелне дијагностике сколиозе, на основу физиотерапеутских мерења, усвојени су параметри (слике 5.83 и 5.84), који нису дефинитивни али представљају полазни протокол истраживања, која ће тек бити обављена од стране наше истраживачке групе пројекта Министарства науке и технологије III-41007 под називом: “Примена биомедицинског инжењеринга у преклиничкој и клиничкој пракси”.

Сва представљена мерења су неинвазивна и јефтина за извођење, а могу да се понове колико год пута је то потребно, са потребним бројем учесталости, чиме се смањују шансе да погоршања у ставу остану неоткривена. Мерења су директна, што је веома важно, јер свака калкулација смањује тачност мерења. Интеробсервер грешке се могу смањити уколико исти физиотерапеут сваки пут обавља мерења, док се интраобсервер грешке могу избећи специјалистичким усавршавањем физиотерапеута, да би се постигло да његове вештине и искуство одговарају потребном нивоу стручности. Видљива површина асиметрије, укључује многе структуре које су јединствене за сваког пацијента и мењају се током времена са напредовањем деформитета, тако да није могуће поуздано предвидети степен закривљености кичме на основу површинске топографије или мерења пацијента, коришћењем било које технике [324], али суштина тих мерења треба да буде регистровање најмање могуће прогресије сколиозе између два узастопна испитивања, а не величине кичмене закривљености, које се одређују методама визуелизације оптичким скенирањем, визуелизације оптичком (дигиталном) камером и методом 3D визуелизације кичме.

Годишње, 3000-3500 деце долазе на испитивање држања у Клиничком центру за физикалну медицину и рехабилитацију у Крагујевцу, од којих 800-1000 поседује асиметрију у држању. После обављања мерења на довољном броју пацијената, и извођења адекватне статистичке анализе, истраживачки тим ће бити у стању да направи разлику између више и мање корисних параметара и на тај начин скратити или чак продужити усвојени протокол.

7.3. Евалуација методологија визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком камером

Методологије визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком (дигиталном) камером примењене су на 30 женских и 30 мушких пацијената. У циљу класификовања кичмених кривина посматраних пацијената, извршена је примена Ленкове класификације идиопатске сколиозе, коришћењем поменутих методологија визуелизације и *Java* веб апликације информационог система *ScolioMedIS* (поглавље 6).

Као резултат оптичког скенирања пацијената са сколиозом, за сваког пацијента генерисана су по три текстуална фајла: *Markeri.txt*, *Oblak.txt* и *Simetrija.txt* (слика 7.2). У наведеним текстуалним фајловима су редом записане 3D координате: *DIERS* маркера,

облака тачака леђа, спољашње линије симетрије леђа (прва половина фајла *Simetrija.txt*) и унутрашње кичмене линије (друга половина фајла *Simetrija.txt*). Подаци из наведених фајлова се обрађују у *Matlab* програму у циљу генерисања:

- 1) *Matlab* 2D визуелизација: облака тачака леђа, *DIERS* маркера [283], *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), *B-spline* кичмене линије, линија Кобових улова кичмених кривина, хоризонталних линија које дефинишу границе појединих кичмених региона и *CSVL* линије у фронталној равни усправног положаја пацијента (слика 5.25);
- 2) Вредности Кобових углова појединих кичмених кривина у фронталној равни усправног положаја пацијента (слика 5.85);
- 3) *Matlab* 2D визуелизација облака тачака леђа, *DIERS* маркера, *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), *B-spline* кичмене линије, линија Кобових углова кичмених кривина, линија Кобових углова кифозе између пршљенова T2 и T5, T10 и L2, односно T5 и T12 у бочној равни усправног положаја пацијента (слика 5.26);
- 4) Вредности Кобових углова кичмених кривина у бочној равни усправног положаја пацијента (слика 5.86) и углова кифозе између пршљенова T2 и T5, T10 и L2, односно T5 и T12.

Markeri.txt			
1	fix_C5	0.0	234.0 -16.3
2	fix_C7	0.0	195.0 0.2
3	fix_DL	-48.0	-300.0 -12.1
4	fix_DM	4.5	-300.0 -12.1
5	fix_DR	57.0	-300.0 -12.1
6	fix_SP	9.6	-351.0 10.2
7	fix_ArmpitLeft	-120.3	-138.0 -42.4
8	fix_ArmpitRight	127.4	-135.0 -46.7
9	fix_T4	0.7	129.7 23.7
10	fix_T8	2.2	33.1 37.9
11	fix_T12	3.0	-79.9 3.7
12	fix_L4	1.7	-221.9 -30.2
13	fix_CA	0.0	231.1 -16.1
14	fix ICT	0.0	199.4 -1.7
15	fix_KA	2.0	44.7 38.2
16	fix_ITL	3.3	-115.6 -9.2
17	fix_LA	1.7	-222.7 -30.2
18	fix_ILS	5.2	-307.8 -3.9
19	fix_VP	0.0	195.0 0.2
20	fix_T12	3.3	-100.7 -4.6
21	fix_DM	4.5	-300.0 -12.1

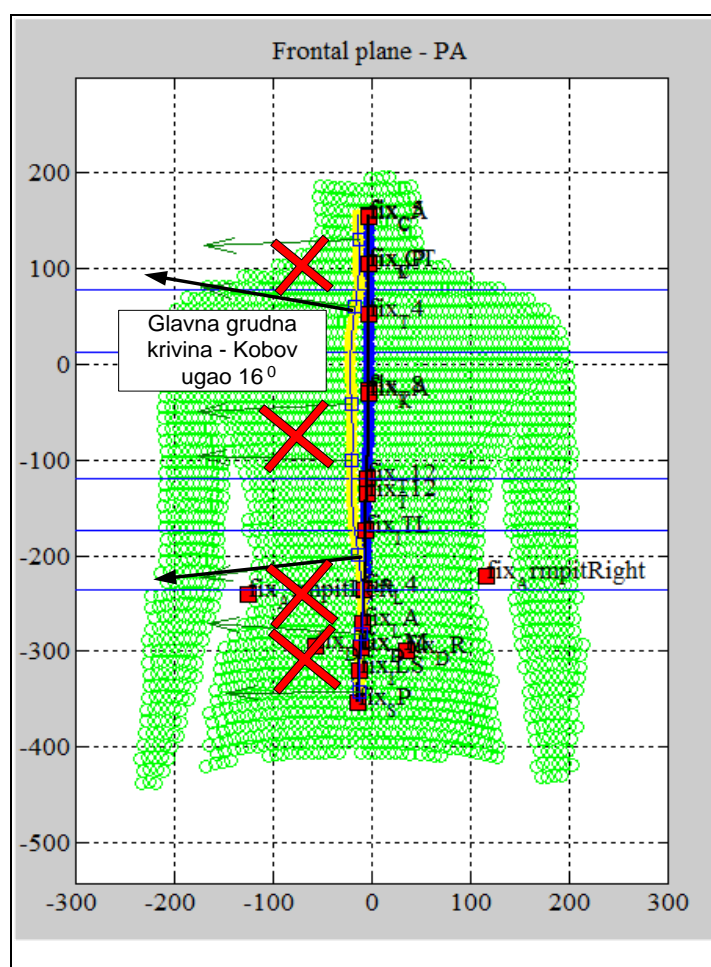
Oblak.txt			
1		-308.4500134	-22.5699991 136.9999945
2		-307.7699840	-18.3199998 145.9999979
3		-297.2000241	-17.1000008 136.9999945
4		-296.4500189	-12.3000005 145.9999979
5		-285.9800160	-11.4899995 136.9999945
6		-285.2999866	-6.9599999 145.9999979
7		-274.9499977	-6.7099999 136.9999945
8		-274.2699981	-1.9900000 145.9999979
9		-264.0499771	-2.4000001 136.9999945
10		-263.3799911	2.3299998 145.9999979
11		-253.2799840	-252.7500093 5.1500001
12		-253.1799972	1.9600000 136.9999945
13		-252.5599897	6.5799998 145.9999979
14		-252.4200082	-242.0299947 8.9300005
15		-251.5799999	-231.3700020 12.5600006
16		-250.7199943	-220.7299918 16.4000001
17		-249.8800009	-210.1400048 20.1699995
18		-248.8899976	-199.4599998 25.2299998
19		-247.9400039	-188.8599992 29.9999993
20		-247.4799901	-263.0600035 4.6599996
21		-247.1600026	-178.4700006 33.2500003

Simetrija.txt			
1		6.0	303.0 -13.5
2		6.1	294.0 -13.6
3		6.2	285.0 -13.2
4		6.3	276.1 -11.9
5		6.2	267.1 -9.5
6		6.1	258.1 -6.0
7		5.9	249.1 -2.0
8		5.6	240.1 2.0
9		5.2	231.2 5.3
10		4.9	222.2 7.7
11		4.6	213.2 9.4
12		4.3	204.2 9.8
13		4.1	195.3 10.4
14		4.0	186.3 11.1
15		3.9	177.3 11.7
16		3.9	168.3 12.3
17		4.0	159.3 12.7
18		4.1	150.4 12.8
19		4.3	141.4 12.9
20		4.5	132.4 14.5
21		4.8	123.4 13.8

Слика 7.2. Текстуални фајлови *Markeri.txt*, *Oblak.txt* и *Simetrija.txt* добијени оптичким скенирањем пацијента

Надаље се коришћењем генерисаних *Matlab* 2D визуелизација у фронталној равни усправног положаја пацијента, на основу положаја најудаљеније тачке унутрашње кичмене линије, приступало одређивању кичменог региона, коме припада одговарајући вршни пршљен постојећих кичмених кривина. Кобови углови кривина, чији одговарајући кичмени пршљенови не припадају ни једном кичменом региону према Ленковој класификацији (табела 3.1), нису узети у обзир (слика 7.3). У случајевима када су се појављивале две кривине супротне закривљености у истом региону, што се најчешће дешавало са грудним или лумбалним регионом, одбачена је мања кривина. Такође су одбачени и Кобови углови „лажних“ кичмених кривина, које су настале као последица промене закривљености *B-spline* кичмене линије из конкавне у конвексну или обратно (слика 7.3). На слици 7.3 приказан је случај пацијента са лажном

кривином, која се налази унутар главне грудне кривине са Кобовим углом од 16° , која је као таква одбачена, заједно са свим осталим кривинама, које не припадају неком од региона кичме, који се узимају у обзир у Ленковој класификацији. Надаље се на основу положаја вршне тачке кичмене линије у односу на *CSVL* линију, у лумбалном региону кичме, на генерисаним *Matlab* 2D визуелизацијама у фронталној равни усправног положаја пацијента, приступало одређивању лумбалног модификатора кичме (слика 5.25). Затим се на основу одређених вредности Кобових углова кифозе између пршљенова T5 и T12 приступало одређивању грудног бочног модификатора кичме (поглавље 3.3.6). На основу одређених вредности Кобових углова у бочној равни усправног положаја пацијента, између пршљенова T2 и T5, односно T10 и L2, врши се одређивање структурности појединих кичмених кривина (табела 3.2).

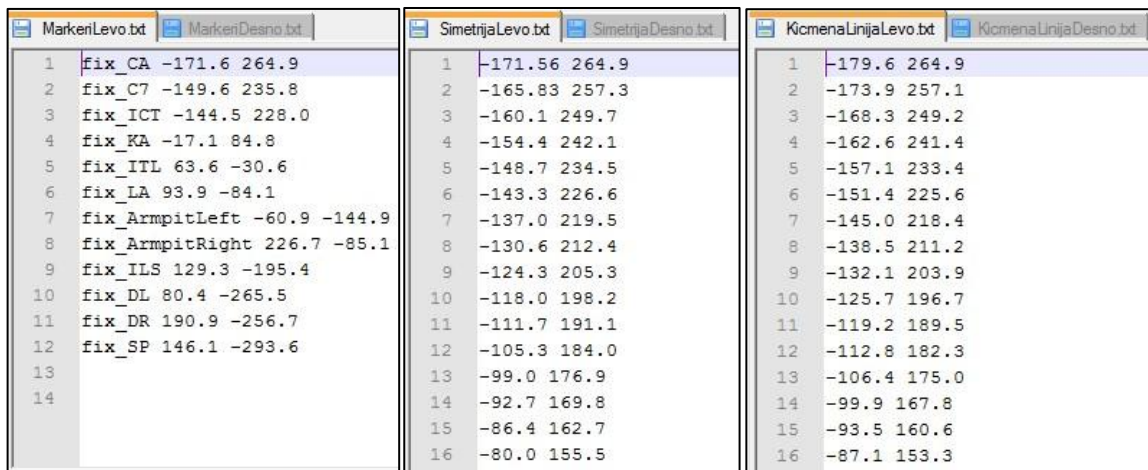


Слика 7.3 *Matlab* 2D визуелизација у фронталној равни усправног положаја пацијента облака тачака леђа, линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије, добијена поступком оптичког скенирања са приказом прихваћених и одбачених Кобових углова појединих кичмених кривина

За потпуно одређивање структурности појединих кривина, примењен је поступак визуелизације оптичком (дигиталном) камером. Као резултат снимања пацијената са сколиозом коришћењем оптичке камере, за сваког пацијента генерисано је шест текстуалних фајлова: *MarkeriLevo.txt*, *MarkeriDesno.txt*, *SimetrijaLevo.txt*, *SimetrijaDesno.txt*, *KicmenaLinijaLevo.txt* и *KicmenaLinijaDesno.txt*, у којима су редом записане 3D координате анатомски кључних тачака *DIERS* маркера, спољашње линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије (слика 7.4).

Подаци из наведених фајлова се обрађују у *Matlab* програму у циљу генерисања:

- 1) *Matlab* 2D визуелизација: анатомски кључних тачака *DIERS* маркера [283], *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), *B-spline* кичмене линије (жута линија), линија Кобових улова кичмених кривина у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну (слика 5.88);
- 2) Вредности Кобових углова појединих кичмених кривина у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну (слика 5.88);
- 3) *Matlab* 2D визуелизација: анатомски кључних тачака *DIERS* маркера [283], *B-spline* линије симетрије леђа (плава линија), *B-spline* кичмене линије (жута линија), линија Кобових улова кичмених кривина у фронталној равни приликом савијања пацијента у десну страну (слика 5.89);
- 4) Вредности Кобових углова појединих кичмених кривина у фронталној равни приликом савијања пацијента у десну страну (слика 5.89).



MarkerLevo.txt	MarkerDesno.txt	SimetrijaLevo.txt	SimetrijaDesno.txt	KicmenaLinijaLevo.txt	KicmenaLinijaDesno.txt
1 fix_CA -171.6 264.9		1 -171.56 264.9		1 -179.6 264.9	
2 fix_C7 -149.6 235.8		2 -165.83 257.3		2 -173.9 257.1	
3 fix ICT -144.5 228.0		3 -160.1 249.7		3 -168.3 249.2	
4 fix_KA -17.1 84.8		4 -154.4 242.1		4 -162.6 241.4	
5 fix_ITL 63.6 -30.6		5 -148.7 234.5		5 -157.1 233.4	
6 fix_LA 93.9 -84.1		6 -143.3 226.6		6 -151.4 225.6	
7 fix_ArmpitLeft -60.9 -144.9		7 -137.0 219.5		7 -145.0 218.4	
8 fix_ArmpitRight 226.7 -85.1		8 -130.6 212.4		8 -138.5 211.2	
9 fix_ILS 129.3 -195.4		9 -124.3 205.3		9 -132.1 203.9	
10 fix_DL 80.4 -265.5		10 -118.0 198.2		10 -125.7 196.7	
11 fix_DR 190.9 -256.7		11 -111.7 191.1		11 -119.2 189.5	
12 fix_SP 146.1 -293.6		12 -105.3 184.0		12 -112.8 182.3	
13		13 -99.0 176.9		13 -106.4 175.0	
14		14 -92.7 169.8		14 -99.9 167.8	
		15 -86.4 162.7		15 -93.5 160.6	
		16 -80.0 155.5		16 -87.1 153.3	

Слика 7.4. Текстурални фајлови *MarkeriLevo.txt*, *MarkeriDesno.txt*, *SimetrijaLevo.txt*, *SimetrijaDesno.txt*, *KicmenaLinijaLevo.txt* и *KicmenaLinijaDesno.txt* добијени снимањем оптичком (дигиталном) камером

На основу положаја и величине Кобових углова кичмених кривина, приликом савијања пацијента у леву и десну страну, добијен је додатни податак о структурности појединих кичмених кривина пацијената.

Надаље се приступало уносу Кобових углова лоцираних кичмених кривина у *MySQL* базу података пацијената, коришћењем *Java* веб апликације информационог система *ScolioMedIS* (слика 6.3). Такође су базу података унете, одређене вредности Кобових углова између пршљенова T2 и T5, T10 и L2, односно T5 и T12 у бочној равни усправног положаја пацијента, као и вредност одређеног лумбалног модификатора кичме. Након уноса података о пацијентима у базу, надаље се коришћењем интерфејса *Java* веб апликације за интеракцију са *OBR-Scolio* онтологијом, приступало креирању свих одговарајућих индивидуа пацијената онтологије (слика 6.13) и статистичког приказа резултата података о процентуалном броју прегледаних пацијената са појединим основним типовима кривина кичме, односно Ленковим типовима сколиозе (слика 6.16).

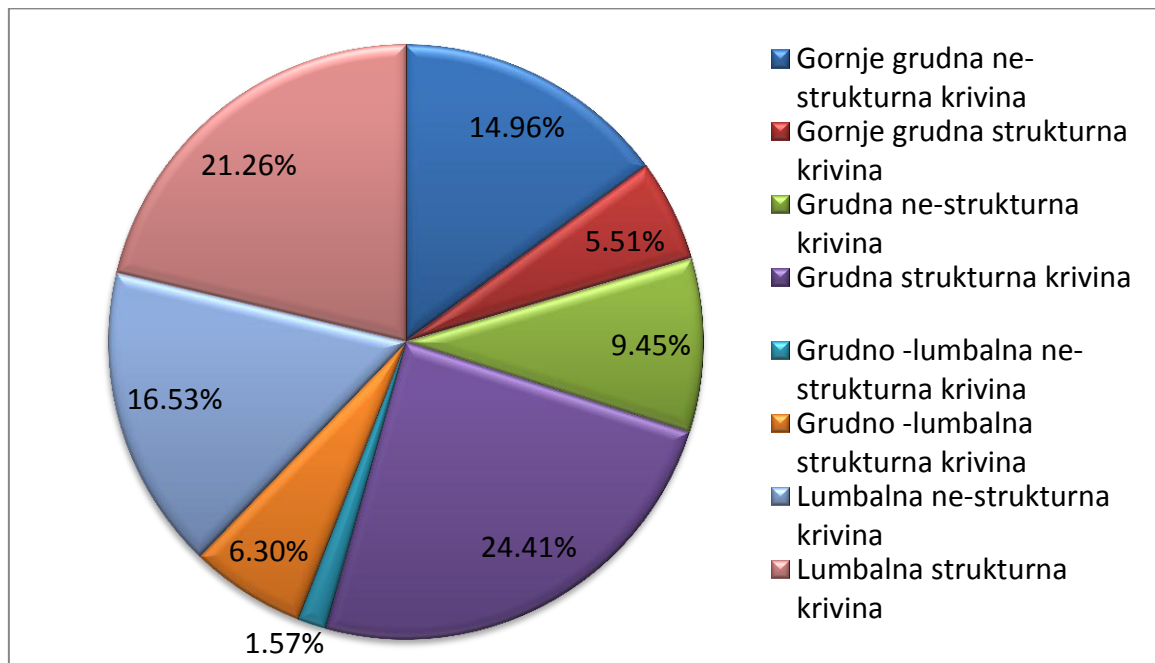
Анализа резултата пацијената са примењеним методологијама визуелизације оптичким скенирањем и оптичком (дигиталном) камером, коришћењем информационог система *ScolioMedIS* обухватала је:

а) Анализу учесталости појављивања кичмених кривина у појединим кичменим регионима.

б) Анализу учесталости појављивања грудних бочних модификатора кичме: N, +, -.

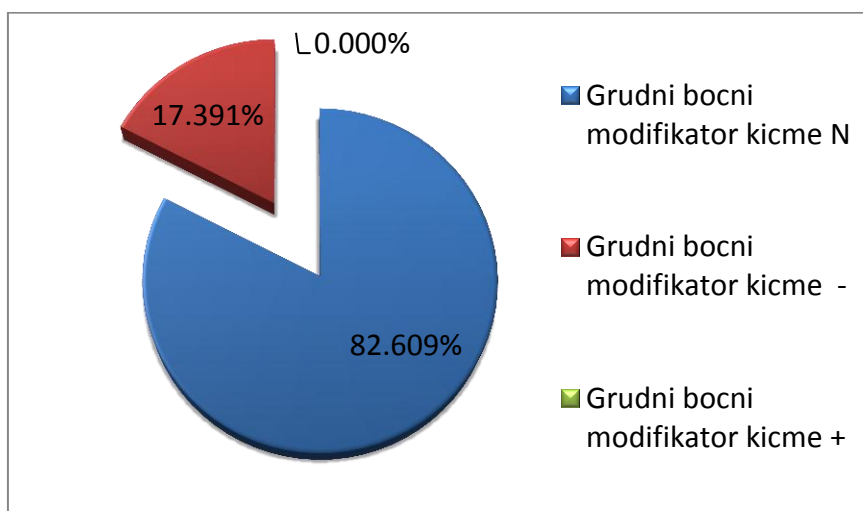
в) Анализу учесталости појављивања лумбалних модификатора кичме: А, В и С.

г) Анализу учесталости појављивања Ленкових типова сколиозе кичме.



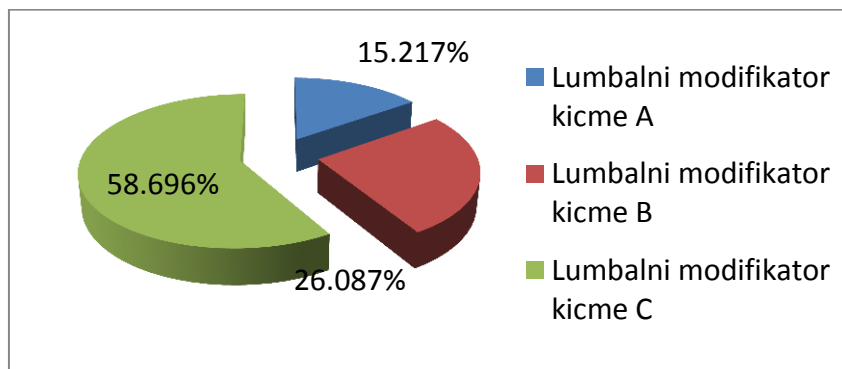
Слика 7.5. Статистички приказ учесталости појављивања основних кичмених кривина код оптички скенираних пацијената

Анализом учесталости појављивања кичмених кривина у појединим кичменим регионима, дошло се до закључка да је код посматраних пацијената са сколиозом, најучесталија грудно структурна (24,4%) и лумбално структурна кривина (21,26%). Са друге стране, најређе се појављују грудно лумбална не-структурна (1,57%) и грудно лумбална структурна кривина (6,3%), као и горње грудна структурна кривина (5,5%) (слика 7.5).



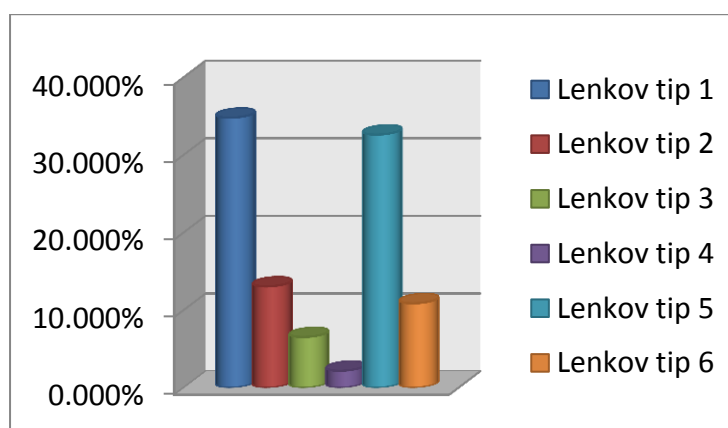
Слика 7.6. Статистички приказ учесталости појављивања појединих грудних модификатора кичме код оптички скенираних пацијената

Анализом учесталости појављивања појединих грудних бочних модификатора кичме, код посматраних пацијената са сколиозом, дошло се до закључка да је најучесталији грудни бочни модификатор кичме N (82,61%). Са друге стране, 17,39% посматраних пацијената поседује грудни бочни модификатор кичме –, док у групи посматраних пацијената није било оних са одређеним лумбалним модификатором кичме + (слика 7.6). У анализи која је спроведена у [223] на групи од 315 посматраних пацијената, такође је најучесталија појава грудног бочног модификатора кичме N (71%), док је учесталост појављивања грудног бочног модификатора кичме – износила 18%, а учесталост појављивања грудног бочног модификатора кичме + је износила 11%.



Слика 7.7. Статистички приказ учесталости појављивања појединих лумбалних модификатора кичме код оптички скенираних пацијената

Анализом учесталости појављивања појединих лумбалних модификатора кичме на групи посматраних пацијената са сколиозом, дошло се до закључка да је најучесталији лумбални модификатор кичме C (58,696%). Са друге стране, 26,087% посматраних пацијената поседује лумбални модификатор кичме B, док 15,217% посматраних пацијената поседује лумбални модификатор кичме A (слика 7.7). У анализи која је спроведена у [223] на групи од 315 посматраних пацијената, такође је најчешћа појава лумбалног модификатора C (49%), док је учесталост појављивања лумбалног модификатора кичме A износила 30%, а учесталост појављивања лумбалног модификатора кичме B је износила 21%.



Слика 7.8. Статистички приказ учесталости појединих Ленкових типова сколиозе код оптички скенираних пацијената

Анализом учесталости појављивања појединих Ленкових типова сколиозе кичме, дошло се до закључка да је код посматраних пацијената најучесталији Ленков тип

сколиозе 1 (34,78%) и Ленков тип сколиозе 5 (32,61%), док се најређе појављују Ленков тип сколиозе 3 (6,52%) и Ленков тип сколиозе 4 (2,17%) (слика 7.8). Слични резултати добијени су у анализама спроведеним у [223] по којима је такође у посматраној групи пацијента најчесталији Ленков тип 1 сколиозе (40%), док се најређе појављује Ленков тип 4 (3%). Међутим у наведеној анализи приближно једнака је била учесталост појављивања Ленковог типа 2, Ленковог типа 3 и Ленковог типа 5 (око 18%), док је учесталост појављивања Ленковог типа 6 била међу најнижим и износила је око 3%. С обзиром да Ленкова класификација не узима у обзир, веома ретке кривине у цервикалном и сакралном делу кичме, описаним поступком није одређен број пацијената са кривинама у наведеним регионима кичме. Са друге стране, из разлога што Ленкова класификација не разматра случајеве пацијената са главном горње грудном кривином, у 16,95% случајева оптички скенираних пацијената, није могао бити одређен Ленков тип сколиозе.

Са практичне стране, стриктно одређивање Ленковог типа сколиозе кичме за сваког пацијента, може изгледати непотребно, поготово када се узме у обзир чињеница да је једна од основних примена Ленковог класификационог система у тренутној клиничкој пракси, руковођење у процесу одлучивања о дужини кичме која ће бити укључена у оперативни третман сколиозе [237]. Међутим, разумевање овог класификационог система, на чијем је аутоматском одређивању у оквиру информационог система *ScolioMedIS* и заснована ова теза, може знатно да допринесе побољшању разумевања и интерпретације тродимензионалне визуелне карактеристике сколиозе. Наведено посебно поткрепљује чињеница да је за одређивање Ленковог типа сколиозе, потребно одредити локације вршних пршљенова кичмених кривина, величине Кобових углова кривина у фронталној и бочној равни усправног положаја пацијента, величине Кобових углова кривина приликом савијања пацијента у леву и десну страну, положај *CSVL* линије у односу на вршни пршљен лумбалне кривине, као и карактеристичне Кобове углове кифозе.

Са друге стране, за прецизно одређивање Ленковог типа сколиозе у тренутној клиничкој пракси, потребно је за сваког пацијента креирати четири рендгенска снимка и то: рендгенски снимак у фронталној равни усправног положаја пацијента, рендгенски снимак у бочној равни усправног положаја пацијента, рендгенски снимак у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну и рендгенски снимак у фронталној равни приликом савијања пацијента у десну страну. Осим тога, одређивање Ленковог типа сколиозе кичме захтева примену методе Кобових углова, која се у тренутној клиничкој пракси базира на дво-димензионим радиографским снимцима, чиме се не узима у обзир ротација кичмених пршљенова. Са друге стране примена мерне методе Кобових углова може у појединим случајевима бити значајно отежана [54].

Стога је и један од основних циљева ове тезе био добити систем који ће извршити поуздану класификацију Ленковог типа сколиозе, која у себи укључује и поуздану методу мерења Кобових углова, при чему је потребно заобићи ефекат штетног рендгенског зрачења, који она са собом носи. И то је у потпуности превазиђено коришћењем описаних методологија визуелизације оптичким скенирањем и визуелизације оптичком (дигиталном) камером, којима се узима у обзир целокупан тродимензиони изглед кичмене линије.

Иначе, наведена анализа резултата, осим на одређеној групи пацијента краткорочно се такође може аналогно спровести и у дефинисаном временском периоду, дугорочно на истој групи пацијента, коришћењем странице Java веб апликације информационог система *ScolioMedIS*, која је приказана на слици 6.18, како би се установиле карактеристике прогресије сколиозе, које би помогле у процесу даљег руковођења медицинском третману сколиозе.

8. ЗАКЉУЧАК

У овом мултидисциплинарном истраживању на коме се базира ова докторска дисертација реализоване су све основне полазне хипотезе и то:

1. Развијена је онтологија сколиозе кичме *OBR-Scolio*, као потпуно нова апликативна онтологија из домена Ленкове класификације сколиозе кичме [6], која је базирана на постојећим референтним биомедицинским онтологијама анатомије *FMA* [23], [24] и патологије *OBR* [8]. Процес развоја апликативне онтологије сколиозе се састојао од скраћивања *OBR* референтне онтологије, тако да садржи само основно стабло надкласа таксономије патолошких структура и креирања и развоја таксономије патолошких структура апликативне онтологије сколиозе, базирајући се на таксономију анатомских структура *FMA* референтне онтологије. С обзиром да је развијена на основу *OBR* референтне онтологије, апликативна онтологија сколиозе је стога названа *OBR-Scolio*. Основна намена развијене апликативне онтологије сколиозе кичме је поновна употреба, размена, интеграција и апликативна примена доменског знања из области сколиозе кичме. За разлику од постојећих апликативних *BioPortal* [4], [253] онтологија сколиозе кичме, чији је преглед дат у 4.1.2.1, у *OBR-Scolio* онтологији се најпре врши класификација сваке могуће абнормалне кривине у зависности од њене локације, тј. региона кичме у коме се налази њен вршни (апикални) пршљен. Надаље се наведене кривине, у зависности од тога да ли поседују морфолошки измењене пршљенове или не, даље класификују на структурне или не. Надаље се све могуће абнормалне кривине даље класификују према Ленковој класификацији [6], која се у пракси показала најдетаљнијим и најпоузданијим системом класификовања идиопатске сколиозе [7].
2. Након развоја првобитне верзије *OBR-Scolio* онтологије коришћењем форме *Protégé* оквира, *OBR-Scolio* онтологија је накнадно преведена у *OWL DL* форму [32] из разлога веће експресивности *OWL DL* језика, могућности визуелизације и коришћења аутоматских механизма закључивања, у циљу тестирања конзистентности и хијерархијске организације класа у онтологији, провере индивидуа, као и могућности дељења и интеграције са осталим биомедицинским *OWL* онтологијама. Приликом превођења *OBR-Scolio* онтологије у *OWL DL* форму примењен је методолошки принцип у коме је *OBR-Scolio* директно преведена најпре у *OWL Full* форму, па потом у *OWL DL* форму брисањем метакласних информација, затим применом одређених правила конверзије за слотове и класе описаних у [24], [33] и дефинисањем кључних класа у онтологији. *FaCT++* је успешно класификовао онтологију за око 4s, док је *HermiT* класификовао онтологију за око 40s. Након завршетка корак по корак тестирања од стране *FaCT++* и *HermiT* механизма резоновања и након детаљне анализе добијених резултата постале су очигледне предности представљања онтологије *OWL* језиком, као и корисност техника резоновања дескриптивне логике. Представљањем онтологије *OWL DL* језиком, остварено је да онтологија сколиозе кичме представља дељиву и проширљиву базу знања, која се може надоградити и према другим класификационим шемама, које се у будућности покажу боље од Ленковог система класификације. У том циљу *OBR-Scolio* онтологија је регистрована и пријављена на *BioPortal* [4], [253] складишту, које

обезбеђује директан приступ, дељење и интеграцију онтологија посредством веб прегледача и веб сервиса.

3. У овом раду је коришћен *инкременталан методолошки приступ* за развој онтологије сколиозе кичме [36], који се састоји од четири основна корака: спецификације и концептуализације, формализације, имплементације, која је спроведена процесом интеграције онтологије у постојећи веб оријентисани информациони систем *ScolioMedIS* и на крају евалуације и одржавања. Наведени методолошки приступ изградње онтологије сколиозе кичме има велике сличности са *Skeletal* методологијом и *методологијом V-модела за изградњу онтологија* (поглавље 2.4). Са друге стране, за изградњу онтологије сколиозе кичме на бази виших референтних онтологија, коришћени су основни методолошки принципи *SENSUS* методологије. Као резултат добијена је онтологија сколиозе кичме *OBR-Scolio*, која представља једну од битних основа веб оријентисаног информационог система *ScolioMedIS* за дијагностику и мониторинг пацијента са идиопатском сколиозом.
4. Информациони систем *ScolioMedIS* је базиран на креираној онтологији сколиозе кичме и омогућава *евидентирање визуелног прегледа* пацијента са сколиозом, коришћењем електронског картона сколиозе, који се базира на иновативном протоколу [43]. Наведена електронска форма обезбеђује евидентирање, памћење и ажурирање свих информација о прегледима пацијента, а такође и анализу свеукупних резултата пацијената са сколиозом на годишњем и вишегодишњем нивоу у одређеном региону, а и шире. Осим наведеног, информациони систем *ScolioMedIS* обезбеђује интеграцију модула за моделовање сколиозе (у даљем тексту *MMS* модула), који се састоји од две основне компоненте: *Matlab* [303]–[305] и *CATIA V5R20* програма.
 - *Matlab* компонента *MMS* модула обезбеђује 2D и 3D визуализацију спољашње линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије са аутоматским одређивањем и исписивањем Кобових углова кичмених кривина у фронталној и бочној равни у усправном положају пацијента, као и положајима приликом савијања пацијента у страну, коришћењем не-јонизујућих оптичких уређаја, тј. оптичког скенера и оптичке (дигиталне) камере, који имају за циљ да се избегне традиционални начин дијагностике и мониторинга сколиозе кичме, а који се базира на коришћењу штетног јонизујућег зрачења.
 - *CATIA* компонента *MMS* модула обезбеђује интеграцију *CATIA V5R20* програма [301], који врши модификацију генеричког 3D модела кичме према параметрима бочних и фронталних снимака добијених поступком оптичког скенирања и која такође има могућност аутоматског одређивања Кобових углова.

Аутоматизацијом процеса одређивања Кобових углова кривина кичме се знатно смањују грешке, које се иначе често појављују у овом процесу, који се конвенцијално врши на основу рендгенских снимака. На тај начин информациони систем *ScolioMedIS* обезбеђује комплетан мониторинг, дијагностику и визуелизацију кичме пацијената са идиопатском сколиозом. Међутим потребно је нагласити и то да традиционална употреба СТ скенера и MR у циљу оперативног планирања и детекције неуропатских типова сколиозе, ипак не може бити замењена коришћењем оптичких уређаја за дигитализацију, који се користе у информационом систему *ScolioMedIS*.

5. Информациони систем обезбеђује интеграцију интернет оријентисаних база података, општих и специфичних карактеристика сколиозе пацијената у циљу регионалног праћења распрострањености и карактеристика овог кичменог деформитета.
6. Информациони систем *ScolioMedIS* обезбеђује значајно скраћење времена свеобухватне дијагностике и праћења деформитета кичменог стуба, поуздану класификацију и прецизан мониторинг.
7. Примена методологије визуелизације оптичком (дигиталном) камером омогућује одређивање структурних кривина кичме са сколиозом и на тај начин прецизно одређивање Ленковог типа класификације сколиозе.
8. Онтолошки базирани део информационог система *ScolioMedIS* има могућност евидентирања, памћења и ажурирања података одређених Кобових углова кичмених кривина и других карактеристика кривина, код пацијената са сколиозом, коришћењем интернет оријентисане базе података, као и директног одређивања Ленковог типа сколиозе кичме. Осим тога, онтолошки базирани део информационог система садржи интерфејсе који омогућују претраживање, креирање, брисање и измену основних елемената *OBR-Scolio* онтологије: класа, њених својстава и индивидуа, као и статистичку упоредну анализу резултата Ленкове класификације сколиозе пацијената на годишњем и вишегодишњем нивоу у одређеном региону, а и шире. На тај начин *OBR-Scolio* онтологија, која је преко *Protégé-OWL* интерфејса доступна корисницима информационог система, обезбеђује размену семантичких информација и од великог је значаја за колаборативно решавање проблема који се тичу сколиозе кичме.

Информациони систем *ScolioMedIS* је иначе намењен потребама Центра за физикалну медицину и рехабилитацију Клиничког центра у Крагујевцу, али се такође може користити и за регионално праћење адолесцентских деформитета кичменог стуба у другим здравственим центрима у земљи и иностранству.

Правци даљег развоја информационог система *ScolioMedIS* биће усмерени су ка:

- развоју методологије за приказ површи леђа пацијената добијених оптичким скенирањем заједно са *3D CAD* моделом кичменог стуба;
- имплементацији алгорита за аутоматску детекцију и *3D* визуелизацију вршних пршљенова *3D CAD* модела кичме;
- аутоматском генерисању леђно-површинских показатеља деформитета;
- развоју модула за мултимодалну деформабилну *3D* регистрацију пршљенова и генерисање индивидуализованог модела – Регистрационим методама вршило би се *3D* позиционирање пршљенских центара у односу на леђну површ пацијента и адаптивно регенерисање облика генеричких *3D CAD* модела пршљенова, према кључним анатомским обележјима на пршљеновима пацијента. Резултат оваквог унапређења био би приказ потпуне слике деформитета на вебу, могућност визуелизације других типова сколиозе кичме, осим идиопатске и генерисање низа спољашњих и унутрашњих дијагностичких параметара за свеобухватнију анализу прогресије деформитета и унапређење терапеутских третмана.
- развоју методологије примене дигиталне камере за генерисање савијања *3D CAD* модела кичме у страну.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. D'Aquin and N. F. Noy, "Where to publish and find ontologies? A survey of ontology libraries," *Journal of Web Semantics*, vol. 11, pp. 96–111, 2012.
- [2] M. A. Musen, N. F. Noy, N. H. Shah, P. L. Whetzel, C. G. Chute, M.-A. Story, and B. Smith, "The National Center for Biomedical Ontology," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 19, pp. 190–195, 2012.
- [3] N. F. Noy, N. H. Shah, P. L. Whetzel, B. Dai, M. Dorf, N. Griffith, C. Jonquet, D. L. Rubin, M.-A. Storey, C. G. Chute, and M. A. Musen, "BioPortal: ontologies and integrated data resources at the click of a mouse.," *Nucleic Acids Res.*, vol. 37, pp. W170–W173, 2009.
- [4] P. L. Whetzel, N. F. Noy, N. H. Shah, P. R. Alexander, C. Nyulas, T. Tudorache, and M. a Musen, "BioPortal: enhanced functionality via new Web services from the National Center for Biomedical Ontology to access and use ontologies in software applications.," *Nucleic Acids Res.*, vol. 39, pp. 541–5, Jul. 2011.
- [5] M. A. Storey, "Addressing cognitive and social challenges in designing and using ontologies in the biomedical domain," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2013, vol. 7745 LNCS, pp. 1–3.
- [6] L. G. Lenke, "Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations.," *Instr. Course Lect.*, vol. 54, pp. 537–42, Jan. 2005.
- [7] B. S. Richards, D. J. Sucato, D. E. Konigsberg, and J. A. Ouellet, "Comparison of reliability between the Lenke and King classification systems for adolescent idiopathic scoliosis using radiographs that were not premeasured.," *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 28, no. 11, pp. 1148–1156; discussion 1156–1157, 2003.
- [8] C. Rosse, A. Kumar, J. L. V Mejino, D. L. Cook, L. T. Detwiler, and B. Smith, "A Strategy for Improving and Integrating Biomedical Ontologies," *AMIA Annu. Symp. Proc. AMIA Symp. AMIA Symp.*, vol. 2005, pp. 639–643, 2005.

- [9] S. Arabandi, C. Ogbuji, S. Redline, R. Chervin, J. Boero, R. Benca, and G. Q. Zhang, “Developing a sleep domain ontology,” in *Proceedings of the 2010 AMIA clinical research informatics summit*, 2010.
- [10] C. Ogbuji, “A Framework Ontology for Computer-Based Patient Record Systems,” in *Proceedings of the ICBO: International Conference on Biomedical Ontology*, 2011, pp. 217–223.
- [11] “ogms - Ontology for General Medical Science - Google Project Hosting.” [Online]. Available: <http://code.google.com/p/ogms/>.
- [12] “Ontology for General Medical Science - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available: <http://bioportal.bioontology.org/ontologies/OGMS>.
- [13] L. Temal, P. Lando, B. Gibaud, M. Dojat, G. Kassel, and A. Lapujade, “OntoNeuroBase: a Multi-Layered Application Ontology in Neuroimaging,” in *Proceedings of FOMI2006 second workshop on Formal Ontology Meets Industry*, 2007.
- [14] J. Fortier and G. Kassel, “Managing Knowledge at the Information Level: an Ontological Approach,” in *Proceedings of the ECAI'2004 Workshop on Knowledge Management and Organizational Memories*, 2004.
- [15] P. Lando, A. Lapujade, G. Kassel, and F. Fürst, “Towards a general ontology of computer programs,” in *International Conference on Software and Data Technologies ICSoft (PL/DPS/KE/MUSE)*, 2007, pp. 163–170.
- [16] S. Bruaux, G. Kassel, and G. Morel, “An ontological approach to the construction of problem-solving models,” in *Proceedings of the 3rd international conference on Knowledge capture - K-CAP '05*, 2005, pp. 181–182.
- [17] J. Malone, T. F. Rayner, X. Zheng Bradley, and H. Parkinson, “Developing an application focused experimental factor ontology: embracing the OBO Community,” *Proc. Elev. Annu. Bioontologies Meet.*, 2008.
- [18] “Experimental Factor Ontology - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available: <http://bioportal.bioontology.org/ontologies/EFO>.

- [19] B. Smith, A. Kumar, W. Ceusters, and C. Rosse, “On carcinomas and other pathological entities,” *Comp. Funct. Genomics*, vol. 6, no. 7–8, pp. 379–387, 2005.
- [20] J. Simon, J. Fielding, M. Dos Santos, and B. Smith, “Reference Ontologies for Biomedical Ontology Integration and Natural Language Processing Introduction : L & C ’ s LinKBase ® and Basic Formal Ontology Methods : Standardization,” in *Proceedings of EuroMISE 2004*, 2004, pp. 1–10.
- [21] M. Shaw, L. T. Detwiler, J. F. Brinkley, and D. Suci, “Generating application ontologies from reference ontologies,” *AMIA Annu. Symp. Proc.*, pp. 672–676, 2008.
- [22] D. Marwede, P. Daumke, K. Marko, D. Lobsien, S. Schulz, and T. Kahn, “RadLex - German version: a radiological lexicon for indexing image and report information,” *Rofo*, vol. 181, no. 1, pp. 38–44, 2009.
- [23] C. Rosse and L. V. M. Jr., “The Foundational Model of Anatomy Ontology,” *Esophagus*, vol. 2007, pp. 59–117, 2007.
- [24] C. Golbreich, S. Zhang, and O. Bodenreider, “The foundational model of anatomy in OWL: Experience and perspectives,” *Web Semant. Online*, vol. 4, no. 3, pp. 181–195, 2006.
- [25] J. L. V Mejino, D. L. Rubin, and J. F. Brinkley, “FMA-RadLex: An application ontology of radiological anatomy derived from the foundational model of anatomy reference ontology,” *AMIA Annu. Symp. Proc.*, vol. 2008, pp. 465–469, 2008.
- [26] B. Swartout, R. Patil, K. Knight, and T. Russ, “Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies,” in *AAAI Symposium on Ontological Engineering*, 1997.
- [27] S. Schulz, M. Romacker, and U. Hahn, “Part-whole reasoning in medical ontologies revisited--introducing SEP triplets into classification-based description logics,” *Proc. AMIA Symp.*, pp. 830–834, 1998.
- [28] S. Stefan and H. Udo, “Parthood as Spatial Inclusion – Evidence from Biomedical Conceptualizations,” in *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Ninth International Conference (KR2004)*, 2004, 2004, pp. 55–63.

- [29] S. Schulz, A. Kumar, and T. Bittner, “Biomedical ontologies: what part-of is and isn’t,” *J. Biomed. Inform.*, vol. 39, no. 3, pp. 350–61, 2006.
- [30] R. Cornet and A. Abu-Hanna, “Using description logics for managing medical terminologies,” in *Proceedings of the ninth conference on artificial intelligence in medicine in Europe - AIME*, 2003, pp. 61–70.
- [31] “Foundational Model of Anatomy ontology - Home.” [Online]. Available: <http://sig.biostr.washington.edu/projects/fm/>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [32] V. Lukovic, D. Milosevic, G. Devedzic, and S. Cukovic, “Converting OBR-Scolio ontology in OWL DL,” *Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 10, no. 3, pp. 1359–1385, 2013.
- [33] O. Dameron, D. L. Rubin, and M. A. Musen, “Challenges in converting frame-based ontology into OWL: the Foundational Model of Anatomy case-study,” *AMIA Annu. Symp. Proc. AMIA Symp. AMIA Symp.*, vol. 2005, pp. 181–185, 2005.
- [34] N. F. Noy and D. L. Rubin, “Translating the Foundational Model of Anatomy into OWL,” *Web Semant.*, vol. 6, no. 2, pp. 133–136, Jan. 2008.
- [35] S. M. Wimalaratne, P. Grenon, R. Hoehndorf, G. V. Gkoutos, and B. de Bono, “An infrastructure for ontology-based information systems in biomedicine: Ricordo case study,” *Bioinformatics*, vol. 28, pp. 448–450, 2012.
- [36] C. E. Kuziemsy and F. Lau, “A four stage approach for ontology-based health information system design,” *Artif. Intell. Med.*, vol. 50, no. 3, pp. 133–48, Nov. 2010.
- [37] R. Hoehndorf, M. Dumontier, and G. V. Gkoutos, “Evaluation of research in biomedical ontologies,” *Brief. Bioinform.*, vol. 14, pp. 696–712, 2013.
- [38] B. Smith and M. Brochhausen, “Putting biomedical ontologies to work,” *Methods Inf. Med.*, vol. 49, pp. 135–140, 2010.
- [39] V. N. Cassar-Pullicino and S. M. Eisenstein, “Imaging in scoliosis: what, why and how?,” *Clin. Radiol.*, vol. 57, no. 7, pp. 543–562, 2002.

- [40] D. Malfair, A. K. Flemming, M. F. Dvorak, P. L. Munk, A. T. Vertinsky, M. K. Heran, and D. A. Graeb, "Radiographic evaluation of scoliosis: self-assessment module.," *Ajr Am. J. Roentgenol.*, vol. 194, no. 3 Suppl, pp. S23–S25, 2010.
- [41] B. Maiocco, V. F. Deeney, R. Coulon, and P. F. Parks, *Adolescent idiopathic scoliosis and the presence of spinal cord abnormalities. Preoperative magnetic resonance imaging analysis.*, vol. 22, no. 21. 1997, pp. 2537–2541.
- [42] J. R. Davids, E. Chamberlin, and D. W. Blackhurst, "Indications for magnetic resonance imaging in presumed adolescent idiopathic scoliosis.," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 86-A, no. 10, pp. 2187–95, 2004.
- [43] T. Lukovic, S. Cukovic, V. Lukovic, D. Goran, and D. Djordjevic, "Towards a new protocol of scoliosis assessments and monitoring in clinical practice: A pilot study," *Back Musculoskelet. Rehabil.*, 2014.
- [44] C. C. D'Ossualdo F., Schierano S., "The evaluation of the spine through the surface. The role of surface measurements in the evaluation and treatment of spine diseases in young patients," *Eur. J. Phys. Rehabil. Med. (europa medicophysica)*, vol. 38, no. 3, pp. 147–152, 2002.
- [45] L. R. Lim CH., Tassone C., Liu XC., Thometz JG., "Correlation of idiopathic scoliosis assessments between newly developed Milwaukee Topographic Scanner and Quantec," *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 176, pp. 255–258, 2012.
- [46] G. E. Gorton, M. L. Young, and P. D. Masso, "Accuracy, Reliability, and Validity of a 3-Dimensional Scanner for Assessing Torso Shape in Idiopathic Scoliosis," *Spine*, vol. 37, no. 11. pp. 957–965, 2012.
- [47] Z. Y. Cheung CW., Law SY., "Development of 3-D ultrasound system for assessment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): and system validation," in *Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2013.
- [48] G. A. Glinkowski W., Michoński J., Glinkowska B., Zukowska A., Sitnik R., "Telediagnostic 3D school screening of back curvatures and posture using structured light method - pilot study," *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 176, pp. 291–294, 2012.

- [49] X. C. Liu, J. C. Tassone, J. G. Thometz, L. C. Paulsen, R. M. Lyon, C. Marquez-Barrientos, S. Tarima, and P. R. Johnson, "Development of a 3-dimensional back contour imaging system for monitoring scoliosis progression in children," *Spine Deform.*, vol. 1, no. 2, pp. 102–107, 2013.
- [50] F. Berryman, P. Pynsent, J. Fairbank, and S. Disney, "A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis," *Eur. Spine J.*, vol. 17, no. 5, pp. 663–672, 2008.
- [51] A. Zubović, N. Davies, F. Berryman, P. Pynsent, N. Quraishi, C. Lavy, G. Bowden, J. Wilson-Macdonald, and J. Fairbank, "New method of scoliosis deformity assessment: ISIS2 system," in *Studies in Health Technology and Informatics*, 2008, vol. 140, pp. 157–160.
- [52] S. Delorme, H. Labelle, and C.-E. Aubin, "Is Cobb angle progression a good indicator in adolescent idiopathic scoliosis?," *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 27, no. 6, pp. E145–E151, 2002.
- [53] R. T. Loder, A. Urquhart, H. Steen, G. Graziano, R. N. Hensinger, A. Schlesinger, M. A. Schork, and Y. Shyr, "Variability in Cobb angle measurements in children with congenital scoliosis.," *J. bone Jt. Surg. Br. Vol.*, vol. 77, no. 5, pp. 768–770, 1995.
- [54] J. E. Pruijs, M. A. Hageman, W. Keessen, R. Van Der Meer, and J. C. Van Wieringen, "Variation in Cobb angle measurements in scoliosis.," *Skeletal Radiol.*, vol. 23, no. 7, pp. 517–520, 1994.
- [55] R. T. Morrissy, G. S. Goldsmith, E. C. Hall, D. Kehl, and G. H. Cowie, "Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error.," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 72, no. 3, pp. 320–327, 1990.
- [56] M. Shaw, C. J. Adam, M. T. Izatt, P. Licina, and G. N. Askin, "Use of the iPhone for Cobb angle measurement in scoliosis.," *Eur. spine J. Off. Publ. Eur. Spine Soc. Eur. Spinal Deform. Soc. Eur. Sect. Cerv. Spine Res. Soc.*, vol. 21, no. 6, pp. 1062–8, 2012.
- [57] S. Blackburn, *The Oxford Dictionary of Philosophy*, vol. 105, no. 1984. Oxford University Press, 1996.

- [58] J. F. Sowa, *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*, vol. 27, no. 2. Brooks/Cole, 2000.
- [59] R. Neches, R. Fikes, T. Finin, T. Gruber, R. Patil, T. Senator, and W. R. Swartout, "Enabling technology for knowledge sharing," *AI Mag.*, vol. 12, no. 3, pp. 36–56, 1991.
- [60] T. R. Gruber, "Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies," Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 1992.
- [61] W. N. Borst, "Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse," Universiteit Twente, 1997.
- [62] R. Studer, V. R. Benjamins, and D. Fensel, "Knowledge engineering: Principles and methods," *Data Knowl. Eng.*, vol. 25, no. 1–2, pp. 161–197, 1998.
- [63] M. Klein, D. Fensel, F. Van Harmelen, and I. Horrocks, "The relation between ontologies and schema-languages," *Computer (Long Beach, Calif.)*, pp. 1–19, 2000.
- [64] M. Uschold and M. Gruninger, "Ontologies: Principles, methods and applications," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 11, no. 2, pp. 93–136, 1996.
- [65] M. Uschold, M. King, S. Moralee, and Y. Zorgios, "The Enterprise Ontology," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 13, no. 1, pp. 31–89, 1998.
- [66] N. F. Noy and D. L. McGuinness, "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology," *Development*, vol. 32, no. 1, pp. 1–25, 2000.
- [67] M. A. Musen, "Dimensions of knowledge sharing and reuse.," *Comput. Biomed. Res.*, vol. 25, no. 5, pp. 435–467, 1992.
- [68] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," *Knowl. Acquis.*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, 1993.
- [69] T. R. Gruber, "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 43, pp. 907–928, 1995.

- [70] D. McGuinness and J. Wright, "Conceptual modelling for configuration: A description logic-based approach," *Artif. Intell. Eng. Des. Anal. Manuf.*, vol. 12, no. 4, pp. 333–344, 1998.
- [71] D. L. McGuinness, R. Fikes, J. Rice, and S. Wilder, "An Environment for Merging and Testing Large Ontologies," in *Proceedings of the Seventh International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning KR2000*, 2000, pp. 483–493.
- [72] M. Uschold and R. Jasper, "A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications," *Methods*, vol. 18, pp. 1–12, 1999.
- [73] R. Stevens, C. A. Goble, and S. Bechhofer, "Ontology-based knowledge representation for bioinformatics.," *Brief. Bioinform.*, vol. 1, no. 4, pp. 398–414, 2000.
- [74] D. L. Rubin, N. H. Shah, and N. F. Noy, "Biomedical ontologies: a functional perspective.," *Brief. Bioinform.*, vol. 9, pp. 75–90, 2008.
- [75] C. Rosse and J. L. V Mejino, "A reference ontology for biomedical informatics: the Foundational Model of Anatomy.," *J. Biomed. Inform.*, vol. 36, no. 6, pp. 478–500, Dec. 2003.
- [76] M. Joubert, F. Miton, M. Fieschi, and J. J. Robert, "A conceptual graphs modeling of UMLS components.," *Medinfo*, vol. 8 Pt 1, pp. 90–94, 1995.
- [77] C. Lindberg, "The Unified Medical Language System (UMLS) of the National Library of Medicine.," *J. Am. Med. Rec. Assoc.*, vol. 61, no. 5, pp. 40–42, 1990.
- [78] R. Xu, M. A. Musen, and N. H. Shah, "A Comprehensive Analysis of Five Million UMLS Metathesaurus Terms Using Eighteen Million MEDLINE Citations.," *AMIA Annu. Symp. Proc.*, vol. 2010, pp. 907–911, 2010.
- [79] Y. Perl, G. Elhanan, and J. Geller, "A survey of SNOMED CT direct users, 2010: impressions and preferences regarding content and quality," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 18, no. Suppl 1. pp. i36–i44, 2011.
- [80] I. Release, T. International, H. Terminology, and S. Development, "SNOMED Clinical Terms Technical Reference Guide," *Development*, no. July, p. 164, 2008.

- [81] A. L. Rector and W. A. Nowlan, "The GALEN project.," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 45, no. 1–2, pp. 75–78, 1994.
- [82] J. Rogers, A. Roberts, D. Solomon, E. van der Haring, C. Wroe, P. Zanstra, and A. Rector, "GALEN ten years on: tasks and supporting tools.," *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 84, no. Pt 1, pp. 256–260, 2001.
- [83] B. Smith, M. Ashburner, C. Rosse, J. Bard, W. Bug, W. Ceusters, L. J. Goldberg, K. Eilbeck, A. Ireland, C. J. Mungall, N. Leontis, P. Rocca-Serra, A. Ruttenberg, S.-A. Sansone, R. H. Scheuermann, N. Shah, P. L. Whetzel, and S. Lewis, "The OBO Foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration.," *Nat. Biotechnol.*, vol. 25, pp. 1251–1255, 2007.
- [84] S. Federhen, "The NCBI Taxonomy database.," *Nucleic Acids Res.*, vol. 40, no. Database issue, pp. D136–43, 2012.
- [85] L. Tari, "Gene Ontology," *Nature Reviews Genetics*, 2010. [Online]. Available: <http://www.geneontology.org/>.
- [86] G. O. Go, "The Gene Ontology," *Genome*, 2011. .
- [87] J.-L. Schulman, "What's New for 2012 MeSH®.," *NLM Tech. Bull.*, no. 383, pp. 30–31, 2011.
- [88] F. E. Masarie and R. A. Miller, "Medical Subject Headings and medical terminology: an analysis of terminology used in hospital charts.," *Bull. Med. Libr. Assoc.*, vol. 75, no. 2, pp. 89–94, 1987.
- [89] A. Hamosh, A. F. Scott, J. S. Amberger, C. A. Bocchini, and V. A. McKusick, "Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM), a knowledgebase of human genes and genetic disorders.," *Nucleic Acids Res.*, vol. 33, no. Database issue, pp. D514–D517, 2005.
- [90] J. F. Brinkley and C. Rosse, "The Digital Anatomist Distributed Framework and Its Applications to Knowledge-based Medical Imaging," *J. Am. Med. Informatics Assoc.*, vol. 4, no. 3, pp. 165–183, 1997.

- [91] P. J. Neal, L. G. Shapiro, and C. Rosse, "The digital anatomist structural abstraction: a scheme for the spatial description of anatomical entities.," *Proc. AMIA Symp.*, pp. 423–7, Jan. 1998.
- [92] R. Beck and S. Schulz, "Logic-based remodeling of the Digital Anatomist Foundational Model.," *AMIA Annu. Symp. Proc.*, pp. 71–75, 2003.
- [93] A. Gangemi, N. Guarino, C. Masolo, A. Oltramari, and L. Schneider, "Sweetening ontologies with DOLCE," in *Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2473, 2002, pp. 223–233.
- [94] P. Grenon, B. Smith, and L. Goldberg, "Biodynamic ontology: applying BFO in the biomedical domain.," *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 102, no. ii, pp. 20–38, 2004.
- [95] H. Herre, B. Heller, P. Burek, R. Hoehndorf, F. Loebe, and H. Michalek, "General Formal Ontology (GFO) Part I : Basic Principles," 2006.
- [96] G. Guizzardi and G. Wagner, "Towards Ontological Foundations for Agent Modelling Concepts Using the Unified Foundational Ontology (UFO)," in *Agent-Oriented Information Systems II*, vol. 3508, 2005, pp. 110–124.
- [97] G. Guizzardi and G. Wagner, "A Unified Foundational Ontology and some Applications of it in Business Modeling," *Technol. Manag.*, pp. 129–143, 2004.
- [98] *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, vol. 121990, no. 1. Inst. of Electrical and Electronical Engineers, 1990.
- [99] M. Ferndndez, A. Gmez-p, and N. Juristo, "METHONTOLOGY : From Ontological Art Towards Ontological Engineering," in *Assessment*, 1997, vol. SS-97–06, pp. 33–40.
- [100] M. Gruninger and M. S. Fox, "Methodology for the design and evaluation of ontologies," in *IJCAI'95, Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, 1995.
- [101] M. Uschold and M. King, "Towards a Methodology for Building Ontologies," in *Methodology*, 1995, vol. 80, no. July, pp. 275–280.

- [102] D. B. Lenat and R. V. Guha, *Building Large Knowledge-Based Systems; Representation and Inference in the Cyc Project*, 1st ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1989.
- [103] B. Amaia, L. Iñaki, and C. Jose Manuel, “Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications,” in *Proceeding of 12th European Conference on Artificial Intelligence*, 1996, pp. 298–302.
- [104] M. F. Lopez, A. Gomez-Perez, J. P. Sierra, and A. P. Sierra, “Building a chemical ontology using Methontology and the Ontology Design Environment,” *IEEE Intell. Syst. their Appl.*, vol. 14, no. 1, 1999.
- [105] S. Staab, R. Studer, H. P. Schnurr, and Y. Sure, “Knowledge processes and ontologies,” *IEEE Intell. Syst.*, vol. 16, no. 1, pp. 26–34, 2001.
- [106] O. Corcho, M. Fernández-López, and A. Gómez-Pérez, “Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?,” *Data Knowl. Eng.*, vol. 46, no. 1, pp. 41–64, Jul. 2003.
- [107] N. Casellas, “Methodologies, Tools and Languages for Ontology Design,” in *Legal Ontology Engineering*, vol. 3, no. 1990, Springer Netherlands, 2011, pp. 57–107.
- [108] S. Reed and D. Lenat, “Mapping ontologies into Cyc,” *AAAI 2002 Conf. Work. Ontol. ...*, 2002.
- [109] K. Kerremans, R. Temmerman, and J. Tummers, “Discussion on the Requirements for a Workbench supporting Termontography,” in *Proceedings of the 11th EURALEX International Congress*, 2004, pp. 559–569.
- [110] K. Kerremans, R. Temmerman, and J. Tummers, “Representing Multilingual and Culture-Specific Knowledge in a VAT Regulatory Ontology: Support from the Termontography Method,” in *OTM 2003 Workshops*, 2003, pp. 662–674.
- [111] R. Temmerman and K. Kerremans, “Termontography : Ontology Building and the Sociocognitive Approach to Terminology Description,” *Appl. Linguist.*, no. 105, pp. 1–10, 2003.

- [112] P. Spyns, Y. Tang, and R. Meersman, “An ontology engineering methodology for DOGMA,” *Applied Ontology*, vol. 3, no. Number 1–2/2008. IOS Press, pp. 13–39, 2008.
- [113] M. Jarrar and R. Meersman, “Formal ontology engineering in the DOGMA approach,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 2519 LNCS, pp. 1238–1254, 2002.
- [114] M. Jarrar and R. Meersman, “Ontology Engineering -The DOGMA Approach,” in *Advances in Web Semantics I*, Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 7–34.
- [115] B. Bi, S. Szulman, and A. J. Clement, “TERMINAE : a method and a tool to build a domain ontology,” *Knowl. Acquis. Model. Manag.*, pp. 49–66, 1999.
- [116] N. . Aussenac-Gilles, S. . Despres, and S. . Szulman, “The TERMINAE method and platform for ontology engineering from texts,” *Front. Artif. Intell. Appl.*, vol. 167, no. 1, pp. 199–223, 2008.
- [117] N. R. Milton, *Knowledge Acquisition in Practice: A Step-by-step Guide (Decision Engineering)*. Springer, 2007.
- [118] D. Vrandečić, S. Pinto, Y. Sure, and C. Tempich, “The DILIGENT knowledge processes,” *Journal of Knowledge Management*, vol. 9, no. 5. pp. 85–96, 2005.
- [119] H. S. Pinto, S. Staab, and C. Tempich, “DILIGENT : Towards a fine-grained methodology for DIstributed , Loosely-controlled and evolvInG Engineering of oNTologies,” in *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2004)*, 2004.
- [120] M. C. Suarez-Figueroa and A. Gomez-Perez, “NeOn Methodology for Building Ontology Networks: a Scenario-based Methodology,” in *Proceedings of the International Conference on Software Services Semantic Technologies S3t*, 2009.
- [121] J. F. Sowa, “Top-level ontological categories,” *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 43, no. 5–6, pp. 669–685, 1995.
- [122] A. Gomez-Perez, “Some ideas and examples to evaluate ontologies,” *Proc. 11th Conf. Artif. Intell. Appl.*, 1995.

- [123] J. Euzenat, “Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyper-documents,” in *10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW96)*, 1996, pp. 1–18.
- [124] M. C. Suárez-figueroa, A. Gómez-pérez, and B. Villazón-terrazas, “How to Write and Use the Ontology Requirements Specification Document,” in *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2009. Lecture Notes in Computer Science, Volume 587*, Springer, 2009, pp. 966–982.
- [125] M. C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, Ó. Muñoz-García, and M. Vigo, “gOntt, a Tool for Scheduling and Executing Ontology Development Projects,” in *Proceedings of the 22nd International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering SEKE 2010*, 2010, no. 1, pp. 614–619.
- [126] A. Garcia-Silva, A. Gómez-Pérez, M. Suárez-Figueroa, and B. Villazón-Terrazas, “A Pattern Based Approach for Re-engineering Non-Ontological Resources into Ontologies,” *Semant. Web*, vol. 6, no. 2, pp. 167–181, 2008.
- [127] “Ontology Design Patterns . org (ODP) - Odp.” [Online]. Available: http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Main_Page. [Accessed: 20-Nov-2014].
- [128] M. E. Aranguren, E. Antezana, M. Kuiper, and R. Stevens, “Ontology Design Patterns for bio-ontologies: a case study on the Cell Cycle Ontology.,” *BMC Bioinformatics*, vol. 9 Suppl 5, p. S1, 2008.
- [129] J. M. Mortensen, M. Horridge, M. a Musen, and N. F. Noy, “Applications of ontology design patterns in biomedical ontologies.,” *AMIA Annu. Symp. Proc.*, vol. 2012, pp. 643–52, 2012.
- [130] M. Espinoza, E. Montiel-Ponsoda, and A. Gómez-Pérez, “Ontology localization,” *Proc. fifth Int. Conf. Knowl. capture KCAP 09*, pp. 33–40, 2009.
- [131] A. Gómez-Pérez, “Ontological engineering: A state of the art,” *Expert Updat. Knowl. Based Syst. Appl. Artif. Intell.*, vol. 2, no. 3, pp. 33–43, 1999.
- [132] S. Borgo, N. Guarino, C. Masolo, and C. S. Uniti, “Stratified ontologies: the case of physical objects,” in *Proceedings of ECAI-96 Workshop on Ontological Engineering*, 1996, pp. 5–15.

- [133] J. César, A. Vega, A. Gómez-pérez, A. L. Tello, H. Sofia, and A. N. P. Pinto, “(ONTO) 2 Agent : An ontology-based WWW broker to select ontologies,” *Language (Baltim.)*, pp. 16–24, 1998.
- [134] R. J. Brachman, D. L. McGuinness, P. F. Patel-Schneider, L. A. Resnick, and A. Borgida, “Living with CLASSIC : When and How to Use a KL-ONE-Like Language Appears in Principles of Semantic Networks : Explorations in the,” in *Principles of Semantic Networks: Explorations in the representation of knowledge*, J. Sowa, Ed. Morgan Kaufmann, 1991, pp. 401–456.
- [135] A. Borgida, “Description Logics in Data Management,” *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 7, no. 5, pp. 671–682, 1995.
- [136] W. A. Woods, “What’s in a link: Foundations for semantic networks,” in *Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science*, no. November, Academic Press, 1975, pp. 35–82.
- [137] J. F. Sowa, “Semantic Networks,” *Encycl. Artif. Intell.*, vol. 5, no. 3, pp. 291–299, 1992.
- [138] F. Baader, D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, and P. Patel-Schneider, *THE DESCRIPTION LOGIC HANDBOOK : Theory , implementation , and applications*, vol. 32, no. 9/10. Cambridge University Press, 2003.
- [139] S. Bechhofer and C. Goble, “Delivering Terminological Services,” *AI*IA Not. Period. dell’Associazione Ital. per l’intelligenza Artif.*, vol. 12, no. 1, 1999.
- [140] M. Ginsberg, “Knowledge interchange format: The KIF of death,” *AI Mag.*, vol. 12, no. 3, pp. 57–63, 1991.
- [141] M. R. Genesereth and R. E. Fikes, “Knowledge Interchange Format, Version 3.0 Reference Manual,” *Interchange*, no. Logic-92–1. Citeseer, pp. 1–68, 1992.
- [142] P. Hayes and C. Menzel, “A semantics for the knowledge interchange format,” *IJCAI 2001 Work. IEEE Stand. Up. ...*, 2001.
- [143] R. M. MacGregor, “Inside the LOOM description classifier,” *ACM SIGART Bull.*, vol. 2, no. 3, pp. 88–92, 1991.

- [144] I. Vlahavas and N. Bassiliades, "Processing production rules in DEVICE, an active knowledge base system," *Data & Knowledge Engineering*, vol. 24, no. 2. pp. 117–155, 1997.
- [145] C. F. Eick and P. Werstein, "Rule-based consistency enforcement for knowledge-based systems," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 5, no. 1, 1993.
- [146] A. Farquhar, R. Fikes, and J. Rice, "The Ontolingua Server: a tool for collaborative ontology construction," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 46, no. 6, pp. 707–727, 1997.
- [147] R. Fikes, P. D. Karp, and J. P. Rice, "OKBC: A programmatic foundation for knowledge base interoperability," *Proc. Natl. Conf. Artif. Intell.*, pp. 600–607, 1998.
- [148] A. L. Rector, S. Bechhofer, C. A. Goble, I. Horrocks, W. A. Nowlan, and W. D. Solomon, "The GRAIL concept modelling language for medical terminology.," *Artif. Intell. Med.*, vol. 9, no. 2, pp. 139–171, 1997.
- [149] N. R. Hardiker and A. L. Rector, "Modeling Nursing Terminology Using the GRAIL Representation Language," *J. Am. Med. Informatics Assoc.*, vol. 5, no. 1, pp. 120–128, 1998.
- [150] G. Lausen, J. Wu, and M. Kifer, "Logical foundations of object-oriented and frame-based languages," *Journal of the ACM*, vol. 42, no. 4. pp. 741–843, 1995.
- [151] S. Decker, M. Erdmann, D. Fensel, and R. Studer, "Ontobroker: Ontology Based Access to Distributed and Semi-Structured Information," *Database Semant. Semant. Issues Multimed. Syst.*, vol. 351, no. Gruber 93, pp. 351–369, 1999.
- [152] J. Heflin, J. Hendler, and S. Luke, "SHOE: A Knowledge Representation Language for Internet Applications," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, no. 0639876, pp. 1–30, 1999.
- [153] J. Paoli and C. Sperberg-McQueen, "Extensible Markup Language (XML) 1.0," *W3C Recomm.*, vol. 0, no. November 2008, pp. 1–34, 2004.
- [154] M. Klein, D. Fensel, F. Van Harmelen, and I. Horrocks, "The relation between ontologies and XML schemas," *City*, vol. 6, no. 4, pp. 65–94, 2001.

- [155] P. D. Karp, V. K. Chaudhri, and J. Thomere, “XOL: An XML-Based Ontology Exchange Language,” *Version 03 July*, vol. 3, 1999.
- [156] D. Beckett and B. McBride, “RDF/XML Syntax Specification (Revised),” 2003.
- [157] “RDF - Semantic Web Standards.” [Online]. Available: <http://www.w3.org/RDF/>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [158] J. Broekstra, M. Klein, S. Decker, D. Fensel, and I. Horrocks, “Adding formal semantics to the Web building on top of RDF Schema,” *Computer (Long Beach, Calif.)*, pp. 1–10, 2000.
- [159] C. Status, Y. Started, B. Standards, and R. Standards, “RDF Schema,” *Language (Baltim.)*, pp. 1–4, 1998.
- [160] D. Brickley and R. V. Guha, “RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema,” *W3C*, 2004. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [161] D. Fensel, I. Horrocks, F. Van Harmelen, S. Decker, M. Erdmann, and M. Klein, “OIL in a Nutshell,” *Framework*, vol. 1937, no. 1937, pp. 1–16, 2000.
- [162] I. R. Horrocks, “Using an expressive description logic: FaCT or fiction?,” in *Principles of Knowledge Representation and Reasoning International Conference*, 1998, no. Borgida 1992, pp. 636–649.
- [163] I. Horrocks, “DAML+OIL: a Description Logic for the Semantic Web,” *IEEE Data Eng. Bull.*, vol. 25, no. 1, pp. 4–9, 2002.
- [164] D. Connolly, F. Van Harmelen, I. Horrocks, D. L. McGuinness, P. F. Patel-Schneider, and L. A. Stein, “DAML+OIL (March 2001) Reference Description,” *W3C Note 18 December 2001*, p. <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>, 2001.
- [165] S. Bechhofer, F. Van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. L. McGuinness, P. F. Patel-Schneider, and L. A. Stein, “OWL Web Ontology Language Reference,” *W3C Recommendation*, vol. 10, no. February. W3C, pp. 2006–01, 2004.
- [166] G. Antoniou and F. Van Harmelen, “OWL Web Ontology Language,” *Ubiquity*, vol. 2007, no. September, pp. 1–1, 2004.

- [167] M. K. Smith, C. Welty, and D. L. McGuinness, “OWL Web Ontology Language Guide,” *W3C Recommendation*, vol. 10, no. February. The World Wide Web Consortium (W3C), pp. 1–46, 2004.
- [168] B. Motik, B. C. Grau, I. Horrocks, Z. Wu, A. Fokoue, and C. Lutz, “OWL 2 Web Ontology Language Profiles,” *Language (Baltim.)*, vol. 2009, no. October, pp. 1–53, 2009.
- [169] D. L. McGuinness, R. Fikes, J. Rice, and S. Wilder, “The Chimaera ontology environment,” in *Proceedings of the 17th National Conference on Artificial Intelligence*, 2000, pp. 1123–1124.
- [170] J. Domingue, “Tadzebao and WebOnto : discussing , browsing , and editing ontologies on the Web,” in *Eleventh Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management*, 1998.
- [171] “The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System.” [Online]. Available: <http://protege.stanford.edu/>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [172] S. M. Informatics, “The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System welcome to protégé,” *Knowl. Acquis.*, pp. 2010–2010, 2010.
- [173] N. F. Noy, M. Crubezy, R. W. Fergerson, H. Knublauch, S. W. Tu, J. Vendetti, and M. A. Musen, “Protégé-2000: an open-source ontology-development and knowledge-acquisition environment.,” *AMIA Annu. Symp. Proc.*, p. 953, 2003.
- [174] U. Prot, M. Horridge, H. Knublauch, A. Rector, R. Stevens, C. Wroe, S. Jupp, G. Moulton, N. Drummond, and S. Brandt, “A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools Edition 1.3,” *Matrix*, p. 117, 2011.
- [175] S. K. Malik, N. Prakash, and S. A. M. Rizvi, “Ontology Merging Using Prompt Plug-In of Protégé in Semantic Web,” *2010 Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Networks*, pp. 476–481, 2010.
- [176] M. A. Musen and N. F. Noy, “The PROMPT suite: interactive tools for ontology merging and mapping,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, no. 6. pp. 983–1024, 2003.

- [177] N. F. Noy and M. A. Musen, “PROMPT: Algorithm and tool for automated ontology merging and alignment,” in *Proceedings of the 17th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-00)*, 2000, vol. 2000.
- [178] A. Katifori, E. Torou, C. Halatsis, G. Lepouras, and C. Vassilakis, “A Comparative Study of Four Ontology Visualization Techniques in Protege: Experiment Setup and Preliminary Results,” in *Proceedings of the conference on Information Visualization*, 2006, pp. 417–423.
- [179] “Using Reasoners - Protege Wiki.” [Online]. Available: http://protegewiki.stanford.edu/wiki/Using_Reasoners. [Accessed: 10-Jul-2014].
- [180] E. Sirin, B. Parsia, B. C. Grau, A. Kalyanpur, and Y. Katz, “Pellet: A practical OWL-DL reasoner,” *Web Semant.*, vol. 5, no. 2, pp. 51–53, 2007.
- [181] D. Tsarkov and I. Horrocks, “FaCT++ Description Logic Reasoner: System Description,” in *Proceedings of the Third International Joint Conference (IJCAR 2006)*, 2006, pp. 292–297.
- [182] V. Haarslev and R. Möller, “RACER System Description,” *Syntax Semant.*, vol. 1, pp. 701–705, 2001.
- [183] V. Haarslev and R. Moeller, “Practical Reasoning in RACER with a Concrete Domain for Linear Inequations,” in *Syntax And Semantics*, 2002, no. D, p. 91–98.
- [184] V. Haarslev and R. Möller, “Racer: A Core Inference Engine for the Semantic Web,” in *Proceedings of the 2nd International Workshop on Evaluation of Ontologybased Tools*, 2003, vol. 87, pp. 27–36.
- [185] V. Haarslev and R. Möller, “Description of the RACER System and its Applications,” in *International Workshop on Description Logics DL2001*, 2001, vol. 1, pp. 132–142.
- [186] “Racer.” [Online]. Available: <http://www.sts.tu-harburg.de/~r.f.moeller/racer/>. [Accessed: 03-Aug-2013].
- [187] T. Tserendorj, S. Rudolph, M. Kr??tzsch, and P. Hitzler, “Approximate OWL-reasoning with screech,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries*

- Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*), 2008, vol. 5341 LNCS, pp. 165–180.
- [188] R. Shearer, B. Motik, and I. Horrocks, “HermiT : A Highly-Efficient OWL Reasoner,” *Complexity*, vol. 432, p. 10, 2008.
- [189] C. Golbreich and A. Imai, “Combining SWRL rules and OWL ontologies with Protégé OWL Plugin , Jess , and Racer 2 . The OWL ontology for SWRL,” pp. 2–5.
- [190] “SPARQL Query Language for RDF.” [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [191] E. Sirin and B. Parsia, “SPARQL-DL : SPARQL Query for OWL-DL,” *OWLED*, vol. 258, pp. 1–10.
- [192] “SPARQL Query - Protege Wiki.” [Online]. Available: http://protegewiki.stanford.edu/wiki/SPARQL_Query. [Accessed: 10-Jul-2014].
- [193] B. Kapoor and S. Sharma, “A Comparative Study of Ontology building Tools in Semantic Web Applications,” *International journal of Web & Semantic Technology*, vol. 1, no. 3. pp. 1–13, 2010.
- [194] T. Tudorache, C. Nyulas, N. F. Noy, and M. A. Musen, “WebProtégé : A Collaborative Ontology Editor and Knowledge Acquisition Tool for the Web,” *Semant. Web*, vol. 4, no. 1, pp. 89–99, 2013.
- [195] C. J. Arpírez, Ó. Corcho, M. Fernández-López, and A. Gómez-Pérez, “WebODE: a Scalable Workbench for Ontological Engineering,” in *Proceedings of the 1st International Conference on Knowledge Capture: Victoria, Canada: 2001, October, 22- 23, 2001*, pp. 6–13.
- [196] J. C. Arpírez, O. Corcho, M. Fernández-López, and A. Gómez-Pérez, “WebODE in a nutshell,” *AI Mag. - Spec. Issue Ontol.*, vol. 24, no. 3, pp. 37–47, 2003.
- [197] Ó. Corcho, M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez, and Ó. Vicente, “WebODE: An Integrated Workbench for Ontology Representation, Reasoning, and Exchange,” *Lect. Notes Comput. Sci.*, vol. 2473, no. A. Gómez-Pérez and V.R. Benjamins (Eds.): EKAW 2002, pp. 138–153, 2002.

- [198] M. Blazquez, M. Fernandez, J. M. Garcia-Pinar, and A. Gomez-Perez, "Building Ontologies at the Knowledge Level using the Ontology Design Environment," in *11th International Workshop on Knowledge Acquisition Modeling and Management KAW98*, 1998, p. SHARE 4.1 – 4.15.
- [199] Y. Sure, M. Erdmann, J. Angele, S. Staab, R. Studer, and D. Wenke, "OntoEdit: Collaborative Ontology Development for the Semantic Web," in *The Semantic Web — ISWC 2002*, 2002, pp. 221–235.
- [200] S. Bechhofer, I. Horrocks, C. Goble, and R. Stevens, "OilEd : a Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web," in *Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence*, 2001, pp. 396–408.
- [201] P. Kogut, S. Cranefield, L. Hart, M. Dutra, K. Baclawski, M. Kokar, and J. Smith, "UML for ontology development," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 17, no. 01, pp. 61–64, 2002.
- [202] H. Graf, J. Hecquet, and J. Dubousset, "3-dimensional approach to spinal deformities. Application to the study of the prognosis of pediatric scoliosis," *Rev. Chir. Orthop. reparatrice l'appareil Mot.*, vol. 69, no. 5, pp. 407–416, 1983.
- [203] D. Fabris and S. Costantini, "Vertebral rotation during the initial stages of scoliosis: the costovertebral interaction mechanism.," *Ital. J. Orthop. Traumatol.*, vol. 14, no. 1, pp. 59–66, 1988.
- [204] J. I. James, "Infantile idiopathic scoliosis.," *Am. J. Orthop. Belle Mead NJ*, vol. 21, no. 1, pp. 576–584, 2007.
- [205] M. De Sèze and E. Cugy, "Pathogenesis of idiopathic scoliosis: a review.," *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 55, no. 2, pp. 128–38, 2012.
- [206] I. A. Stokes, "Three-dimensional terminology of spinal deformity. A report presented to the Scoliosis Research Society by the Scoliosis Research Society Working Group on 3-D terminology of spinal deformity.," *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 19, no. 2, pp. 236–248, 1994.
- [207] "Scoliosis Research Society (SRS)." [Online]. Available: <http://www.srs.org/>. [Accessed: 18-Jun-2013].

- [208] H. Kim, H. S. Kim, E. S. Moon, C.-S. Yoon, T.-S. Chung, H.-T. Song, J.-S. Suh, Y. H. Lee, and S. Kim, "Scoliosis imaging: what radiologists should know.," *Radiogr. a Rev. Publ. Radiol. Soc. North Am. Inc.*, vol. 30, no. 7, pp. 1823–1842, 2010.
- [209] S. E. Koop, "Infantile and juvenile idiopathic scoliosis.," *Orthop. Clin. North Am.*, vol. 19, no. 2, pp. 331–337, 1988.
- [210] A. Samdani and R. Betz, "Infantile and juvenile idiopathic scoliosis," in *Surgical Management of Spinal Deformities: Expert Consult: Online and Print*, T. Errico, B. Lonner, and A. Moulton, Eds. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier, 2009, pp. 89–96.
- [211] S. L. Weinstein, L. A. Dolan, J. C. Y. Cheng, A. Danielsson, and J. A. Morcuende, "Adolescent idiopathic scoliosis.," *Lance*, vol. 18, no. 2, pp. 255–9, 2008.
- [212] J. E. Lonstein and R. B. Winter, "Adolescent idiopathic scoliosis. Nonoperative treatment.," *Orthop. Clin. North Am.*, vol. 19, no. 2, pp. 239–246, 1988.
- [213] M. B. Dobbs and S. L. Weinstein, "Infantile and juvenile scoliosis.," *Orthop. Clin. North Am.*, vol. 30, no. 3, pp. 331–341, vii, 1999.
- [214] S. A. Grubb, H. J. Lipscomb, and R. W. Coonrad, *Degenerative adult onset scoliosis.*, vol. 13, no. 3. Lippincott Williams & Wilkins, 1988, pp. 241–245.
- [215] T. Kotwicki, "Evaluation of scoliosis today: examination, X-rays and beyond.," *Disabil. Rehabil.*, vol. 30, no. 10, pp. 742–751, 2008.
- [216] D. J. Hoh, J. B. Elder, and M. Y. Wang, "Principles of growth modulation in the treatment of scoliotic deformities.," *Neurosurgery*, vol. 63, no. 3 Suppl, pp. 211–221, 2008.
- [217] I. A. F. Stokes, "Mechanical effects on skeletal growth.," *J. Musculoskelet. neuronal Interact.*, vol. 2, no. 3, pp. 277–280, 2002.
- [218] J. Van Goethem, A. Van Campenhout, L. van den Hauwe, and P. M. Parizel, "Scoliosis.," *Neuroimaging Clin. N. Am.*, vol. 17, no. 1, pp. 105–15, Feb. 2007.
- [219] J. R. Urbaniak, W. W. Schaefer, and F. H. Stelling, "Iliac apophyses. Prognostic value in idiopathic schliosis.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 116, pp. 80–85, 1976.

- [220] B. K. Potter, M. K. Rosner, R. A. Lehman, D. W. Polly, T. M. Schroeder, and T. R. Kuklo, “Reliability of end, neutral, and stable vertebrae identification in adolescent idiopathic scoliosis.,” 2005.
- [221] B. K. Potter, M. K. Rosner, R. A. Lehman, D. W. Polly, T. M. Schroeder, and T. R. Kuklo, “Reliability of end, neutral, and stable vertebrae identification in adolescent idiopathic scoliosis.,” 2005.
- [222] H. A. King, J. H. Moe, D. S. Bradford, and R. B. Winter, “The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis.,” *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 65, no. 1, pp. 1302–1313, 2003.
- [223] L. G. Lenke, R. R. Betz, J. Harms, K. H. Bridwell, D. H. Clements, T. G. Lowe, and K. Blanke, “Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis.,” *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 83-A, no. 8, pp. 1169–1181, 2001.
- [224] D. What, R. The, R. This, and W. Schulthess, “Classification (King - Lenke) · Scoliosis · Deformities,” 2007.
- [225] T. R. Kuklo, B. K. Potter, M. F. O’Brien, T. M. Schroeder, L. G. Lenke, and D. W. Polly, “Reliability analysis for digital adolescent idiopathic scoliosis measurements.,” *J. spinal Disord. Tech.*, vol. 18, no. 2, pp. 152–159, 2005.
- [226] K. D. K. Luk, A. S. Don, C. S. Chong, Y. W. Wong, and K. M. Cheung, “Selection of fusion levels in adolescent idiopathic scoliosis using fulcrum bending prediction: a prospective study.,” 2008.
- [227] K. Watanabe, N. Kawakami, Y. Nishiwaki, M. Goto, T. Tsuji, T. Obara, S. Imagama, and M. Matsumoto, “Traction versus supine side-bending radiographs in determining flexibility: what factors influence these techniques?,” *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 32, no. 23, pp. 2604–2609, 2007.
- [228] T. R. Kuklo, B. K. Potter, and L. G. Lenke, “Vertebral rotation and thoracic torsion in adolescent idiopathic scoliosis: what is the best radiographic correlate?,” *J. spinal Disord. Tech.*, vol. 18, no. 2, pp. 139–147, 2005.
- [229] C. L. Nash and J. H. Moe, “A study of vertebral rotation.,” *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 51, no. 2, pp. 223–9, Mar. 1969.

- [230] H. Hosseinpour-Feizi, J. Soleimanpour, J. G. Sales, and A. Arzroumchilar, “Lenke and King classification systems for adolescent idiopathic scoliosis: interobserver agreement and postoperative results.,” *Int. J. Gen. Med.*, vol. 4, pp. 821–5, 2011.
- [231] H. A. King, “Analysis and treatment of type II idiopathic scoliosis.,” *Orthop. Clin. North Am.*, vol. 25, no. 2, pp. 225–237, 1994.
- [232] J. S. Smith, C. I. Shaffrey, C. Kuntz, and P. V Mummaneni, “Classification systems for adolescent and adult scoliosis.,” *Neurosurgery*, vol. 63, no. 3 Suppl, pp. 16–24, 2008.
- [233] L. G. Lenke, R. R. Betz, K. H. Bridwell, D. H. Clements, J. Harms, T. G. Lowe, and H. L. Shufflebarger, “Intraobserver and interobserver reliability of the classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis.,” *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 80, no. 8, pp. 1107–1111, 1998.
- [234] G. Qiu, Q. Li, Y. Wang, B. Yu, J. Qian, K. Yu, C. I. Lee, J. Zhang, J. Shen, Y. Zhao, X. Weng, T. Wang, D. M. K. Aladin, and W. W. Lu, “Comparison of reliability between the PUMC and Lenke classification systems for classifying adolescent idiopathic scoliosis.,” *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 33, no. 22, pp. E836–E842, 2008.
- [235] H.-R. Weiss, “The method of Katharina Schroth - history, principles and current development.,” *Scoliosis*, vol. 6, no. 1, p. 17, 2011.
- [236] M. Haefei and K. Min, “Spinal Deformities and Malformations: Idiopathic scoliosis,” in *Spinal Disorders: Fundamentals of Diagnosis and Treatment*, N. Boos and M. Aebi, Eds. Springer Verlag, 2008, pp. 623–654.
- [237] L. G. Lenke, “The Lenke classification system of operative adolescent idiopathic scoliosis.,” *Neurosurg. Clin. N. Am.*, vol. 18, no. 2, pp. 199–206, 2007.
- [238] “ScolioMedIS.” [Online]. Available:
<http://www.scolio medis.mfkg.rs/LoginNew.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1>.
[Accessed: 29-Aug-2013].
- [239] G. Devedzic, S. Cukovic, V. Lukovic, D. Milosevic, K. Subburaj, and T. Lukovic, “ScolioMedIS: Web-oriented information system for idiopathic scoliosis visualization and monitoring,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 108, no. 2, pp. 736–749, 2012.

- [240] C. Spinuzzi, "The Methodology of Participatory Design," *Tech. Commun.*, vol. 52, no. 2, pp. 163–174, 2005.
- [241] M. Aebi, "The adult scoliosis.," *Eur. spine J. Off. Publ. Eur. Spine Soc. Eur. Spinal Deform. Soc. Eur. Sect. Cerv. Spine Res. Soc.*, vol. 14, no. 10, pp. 925–948, 2005.
- [242] G. Kawchuk and R. McArthur, "Scoliosis quantification: an overview," *J. Can. Chiropr. Assoc.*, vol. 41, no. 3, pp. 137–144, 1997.
- [243] J. W. Ogilvie, "Diagnosis and treatment of spinal deformities. What to do for the patient with scoliosis.," *Postgrad. Med.*, vol. 84, no. 3, pp. 147–150, 153, 1988.
- [244] I. Bjerkreim, *Infantile and adolescent idiopathic scoliosis in the same individual.*, vol. 48, no. 5. 1977, pp. 461–465.
- [245] J. A. Janicki and B. Alman, "Scoliosis: Review of diagnosis and treatment," *Paediatr. child Heal.*, vol. 12, no. 9, pp. 771–776, 2007.
- [246] A. Gardner, "Clinical assessment of scoliosis," *Orthop. Trauma*, vol. 25, no. 6, pp. 397–402, 2011.
- [247] P. Bishop, T. Williams, N. N. Byl, S. Holland, H. Jurek, and S. H. Sereno, "Scoliosis and balance.," *Adapt. Phys. Act. Q.*, vol. 15, no. 2, p. 191, 1998.
- [248] D. Hedequist and J. Emans, "Congenital scoliosis: a review and update.," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 27, no. 1, pp. 106–116, 2004.
- [249] L. Labaziewicz and A. Nowakowski, "Scoliosis and postural defect," *Chir. Narzadow Ruchu Ortop. Pol.*, vol. 61, no. 3, pp. 247–250, 1996.
- [250] M. Djurasovic and S. D. Glassman, "Correlation of radiographic and clinical findings in spinal deformities.," *Neurosurg. Clin. N. Am.*, vol. 18, no. 2, pp. 223–227, 2007.
- [251] A. Meurer, C. Hopf, and J. Heine, "Natural course in idiopathic scoliosis," *Orthopade*, vol. 23, no. 3, pp. 228–235, 1994.
- [252] R. Radl, M. Maafe, and S. Ziegler, "[Scoliosis: the bent spine].," *Orthopade*, vol. 40, no. 5, pp. 449–62, 2011.

- [253] “BioPortal | bioontology.org.” [Online]. Available:
<http://www.bioontology.org/BioPortal>. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [254] A. Strauss and J. Corbin, “Grounded Theory Methodology: An Overview Handbook of Qualitative Research,” in *Handbook of qualitative research*, N. K. E. Denzin and Y. S. Lincoln, Eds. Sage Publications, 1994, pp. 273–285.
- [255] “ICPC-2 PLUS - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/42297>. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [256] “Bone Dysplasia Ontology - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/1613>. [Accessed: 12-Jun-2013].
- [257] “Phenotypic quality - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/1107>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [258] “ICD10 - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/44103>. [Accessed: 12-Jun-2013].
- [259] “Common Terminology Criteria for Adverse Events - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available: <http://bioportal.bioontology.org/ontologies/46081>. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [260] “CRISP Thesaurus, 2006 - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/44432>. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [261] “MedDRA - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/1422>. [Accessed: 19-Jun-2013].
- [262] “ICD10CM - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/46302>. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [263] “OWL Version of MeSH - Summary | NCBO BioPortal.” [Online]. Available:
<http://bioportal.bioontology.org/ontologies/47112>. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [264] C. E. Kuziemsky, G. M. Downing, F. M. Black, and F. Lau, “A grounded theory guided approach to palliative care systems design,” *Int. J. Med. Inform.*, vol. 76 Suppl 1, no. Supplement 1, pp. S141–S148, 2007.

- [265] C. E. Kuziemy, J. H. Weber-Jahnke, F. Lau, and G. M. Downing, “An interdisciplinary computer-based information tool for palliative severe pain management,” *J. Am. Med. Informatics Assoc.*, vol. 15, no. 3, pp. 374–382, 2008.
- [266] D. L. Cook, J. L. V Mejino, and C. Rosse, “Evolution of a Foundational Model of Physiology : Symbolic Representation for Functional Bioinformatics Challenges of Functional Bioinformatics,” *Med. Educ.*, vol. 2004, no. Pt 1, pp. 336–340, 2004.
- [267] E. Mikroyannidi, A. Rector, and R. Stevens, “Abstracting and Generalising the Foundational Model Anatomy (FMA) Ontology,” in *Proceedings of the BioOntologies 2009 Conference*, 2009, pp. 1–4.
- [268] S. Zhang and O. Bodenreider, “Law and order: assessing and enforcing compliance with ontological modeling principles in the Foundational Model of Anatomy.,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 36, no. 7–8, pp. 674–93, 2006.
- [269] J. Seidenberg and A. Rector, “Representing Transitive Propagation in OWL,” in *Proc of the 25th Int Conf on Conceptual Modeling ER 2006*, 2006, pp. 255–266.
- [270] A. Artale, E. Franconi, and N. Guarino, *Open Problems with Part-Whole Relations*. AAAI Press, 1996.
- [271] J. Bernauer, “Analysis of part-whole relation and subsumption in the medical domain,” *Data Knowl. Eng.*, vol. 20, no. 3, pp. 405–415, Nov. 1996.
- [272] L. Lian, J. Ma, J. Lei, and L. Song, “Subdivision and nature analysis of part-whole relation,” *Jisuanji Gongcheng Computer Eng.*, vol. 32, no. 17, pp. 83–85, 2006.
- [273] G. Guizzardi, “The Problem of Transitivity of Part-Whole Relations in Conceptual Modeling Revisited,” *Adv. Inf. Syst. Eng.*, pp. 94–109, 2009.
- [274] M. Donnelly, “On parts and holes: the spatial structure of the human body,” in *MEDINFO 2004 Proceedings of the 11th World Congress on Medical Informatics Volume 107 Studies in health technology and informatics*, 2004, vol. 107, no. Pt 1, pp. 351–5.
- [275] M. E. Winston, R. Chaffin, and D. Herrmann, “A taxonomy of part-whole relations,” *Cogn. Sci.*, vol. 11, no. 4, pp. 417–444, 1987.

- [276] “OntoGraf - Protege Wiki.” [Online]. Available:
<http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoGraf>. [Accessed: 18-Jun-2013].
- [277] R. Cornet and A. Abu-Hanna, “Evaluation of a frame-based ontology: a formalization-oriented approach,” *Stud Heal. Technol Inf.*, vol. 90, pp. 488–493, 2002.
- [278] A. Rector, N. Drummond, M. Horridge, J. Rogers, H. Knublauch, R. Stevens, H. Wang, and C. Wroe, “OWL Pizzas : Practical Experience of Teaching OWL-DL : Common Errors & Common Patterns,” *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 3257, no. Engineering Knowledge in the Age of the SemanticWeb, pp. 63–81, 2004.
- [279] G. Singh, T. V Prabhakar, and J. Chatterjee, “OntoViz : Visualizing Ontologies and Thesauri Using Layout Algorithms,” 2006.
- [280] “OntoViz - Protege Wiki.” [Online]. Available:
<http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoViz>. [Accessed: 02-Mar-2015].
- [281] A. Veljovic, *Osnove objektno orijentisanog modeliranja UML*. Kompjuter biblioteka, drugo dopunjeno izdanje, 2004.
- [282] “StarUML 5.0 User Guide.” [Online]. Available:
[http://staruml.sourceforge.net/docs/user-guide\(en\)/toc.html](http://staruml.sourceforge.net/docs/user-guide(en)/toc.html). [Accessed: 29-Apr-2014].
- [283] “DIERS - Biomechanische Lösungen von Kopf bis Fuß.” [Online]. Available:
<http://www.diers.de/Template.aspx?page=24>. [Accessed: 06-Oct-2014].
- [284] J. Chowanska, T. Kotwicki, K. Rosadzinski, and Z. Sliwinski, “School screening for scoliosis: can surface topography replace examination with scoliometer?,” *Scoliosis*, vol. 7. p. 9, 2012.
- [285] T. Kotwicki, J. Chowanska, E. Kinel, D. Czaprowski, M. Tomaszewski, and P. Janusz, “Optimal management of idiopathic scoliosis in adolescence.,” *Adolesc. Health. Med. Ther.*, vol. 4, pp. 59–73, 2013.
- [286] I. P. McLean, M. G. Gillan, J. C. Ross, R. M. Aspden, and R. W. Porter, “A comparison of methods for measuring trunk list: a simple plumbline is the best.,” *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 21, pp. 1667–1670, 1996.

- [287] W. P. Bunnell, "An objective criterion for scoliosis screening.," *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 66, pp. 1381–1387, 1984.
- [288] A. Michele, "Iliopsoas: Development of anomalies in man," *South. Med. J.*, vol. 57, no. 2, p. 236, 1964.
- [289] P. Stagnara, "Ambulante orthopaedische behandlung der scheuermannschen krankheit im floriden stadium," *Schweiz Med Wschr.*, vol. 95, p. 674, 1965.
- [290] Frohner G, "Objektivierung der haltung und beweglichkeit des rumpfes bei kindern und jugendlichen.," *Haltung Bewegung*, vol. 2, pp. 5–13, 1998.
- [291] O. Ludwig, D. Mazet, and E. Schmitt, "Haltungsschwächen bei kindern und jugendlichen—eine interdisziplinäre betrachtung," *Gesundheitssport Sport.*, pp. 165–71, 2003.
- [292] M. D. Bartlett, L. S. Wolf, D. B. Shurtleff, and L. T. Stahell, "Hip flexion contractures: a comparison of measurement methods.," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 66, no. 9, pp. 620–625, 1985.
- [293] B. Drerup and E. Hierholzer, "Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape," *Clin. Biomech.*, vol. 9, no. 1, pp. 28–36, 1994.
- [294] I. A. Stokes, J. G. Armstrong, and M. S. Moreland, "Spinal deformity and back surface asymmetry in idiopathic scoliosis.," *J. Orthop. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 129–137, 1988.
- [295] I. A. Stokes and M. S. Moreland, "Concordance of back surface asymmetry and spine shape in idiopathic scoliosis.," *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 14, no. 1, pp. 73–78, 1989.
- [296] I. A. Stokes, "Axial rotation component of thoracic scoliosis.," *J. Orthop. Res.*, vol. 7, no. 5, pp. 702–708, 1989.
- [297] O. Corporation, "Origin 8 User Guide." Northampton, MA 01060 USA, 2007.
- [298] "OriginLab - Origin and OriginPro - Data Analysis and Graphing Software." [Online]. Available: <http://www.originlab.com/>. [Accessed: 17-Aug-2014].

- [299] “StarUML 5 - StarUML_5.0_Developer_Guide.pdf.” [Online]. Available: http://staruml.sourceforge.net/docs/StarUML_5.0_Developer_Guide.pdf. [Accessed: 29-Apr-2014].
- [300] M. C. September, J. L. Contributor, and L. Hughes, “Overview of Microsoft SQL Server 2008,” *Mastering*, pp. 1–34, 2008.
- [301] “3D CAD design software CATIA - Dassault Systèmes.” [Online]. Available: <http://www.3ds.com/products-services/catia/>. [Accessed: 31-Aug-2013].
- [302] CCARD, *CATIA*, vol. 135, no. 2. 2004.
- [303] D. J. Higham and N. J. Higham, “MATLAB Guide - Desmond J,” *Ieee Spectrum*, vol. 34, no. 4. Society for Industrial Mathematics, p. 386, 2005.
- [304] S. E. Lyshevski, “MATLAB Basics,” in *Engineering and Scientific Computations Using MATLAB®*, John Wiley & Sons, Inc., 2003, pp. 1–26.
- [305] M. E. Herniter, “Programming in MATLAB,” *Subband Adapt. Filter.*, p. 486, 2001.
- [306] T. D. E. Matlab, “MATLAB Tutorial,” *Nonlinear Anal. Theory Methods*, vol. 71, no. 12, pp. e1005–e1020, 2009.
- [307] T. Language and T. Computing, “MATLAB The Language of Technical Computing,” *Components*, vol. 3, no. 7, p. 750, 2004.
- [308] “Visual Studio 2013 Preview | Microsoft Visual Studio.” [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/visualstudio/eng/2013-preview>. [Accessed: 30-Aug-2013].
- [309] H. Davis, P. A. Garber, N. Kim, D. Nash, L. O. Connell, and Y. Rabinovitch, *Visual C # . NET Programming*. 2002.
- [310] M. MacDonald, A. Freeman, and M. Szpuszta, “ASP . NET 4 in C # 2010,” *Library (Lond.)*, p. 1616, 2010.
- [311] H. Labelle, C.-E. Aubin, R. Jackson, L. Lenke, P. Newton, and S. Parent, “Seeing the spine in 3D: how will it change what we do?,” *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 31, no. 1 Suppl, pp. S37–S45, 2011.

- [312] T. R. Kuklo, B. K. Potter, D. W. Polly, M. F. O'Brien, T. M. Schroeder, and L. G. Lenke, "Reliability analysis for manual adolescent idiopathic scoliosis measurements.," *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 30, no. 4, pp. 444–454, 2005.
- [313] S. Cukovic, "Development of 3D Kinematic Model of the Spine for Idiopathic Scoliosis Simulation," *Comput. Aided. Des. Appl.*, vol. 7, no. 1, pp. 153–161, Feb. 2010.
- [314] "Downloads - Dassault Systèmes." [Online]. Available: <http://www.3ds.com/products-services/3dvia/3d-xml/1/>. [Accessed: 31-Aug-2013].
- [315] B. Evjen, S. Hanselman, and D. Rader, *Professional ASP.NET 4 in C# and VB*. Wiley Publishing, 2010.
- [316] A. Mackey, *Introducing .NET 4.0 with Visual Studio 2010*. Apress, 2010.
- [317] A. Moore, *Visual Studio 2010 All-in-One For Dummies*. 2010.
- [318] "MATLAB® Builder™ NE 3 User's Guide." MathWorks, 2010.
- [319] "XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends." [Online]. Available: <https://www.apachefriends.org/index.html>. [Accessed: 23-Jun-2014].
- [320] "Eclipse Downloads." [Online]. Available: <http://www.eclipse.org/downloads/>. [Accessed: 26-Jun-2014].
- [321] "ProtegeWiki: Compile Protege OWLIn Eclipse." [Online]. Available: <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?CompileProtegeOWLInEclipse>. [Accessed: 27-Jun-2014].
- [322] A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López, and O. Corcho, *Ontological Engineering*. Springer Verlag, 2004.
- [323] I. Horrock, U. Sattler, and S. Tobies, "Reasoning with Individuals for the Description Logic SHIQ," *Autom. Deduc.*, vol. 1831, no. 1831, pp. 482–496, 2000.
- [324] W. P. Bunnell, "Selective screening for scoliosis.," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, pp. 40–45, 2005.

10. ПРИЛОЗИ

10.1. Листа слика

Слика 2.1. Преглед методолошких корака према <i>Skeletal</i> методологији. Адаптирано према [107]	22
Слика 2.2. Методологија <i>V</i> -модела за изградњу онтологија	24
Слика 2.3. Животни циклус изградње онтологије према методологији <i>V</i> -модела.....	26
Слика 2.4. <i>METHONTOLOGY</i> методологија развоја онтологија. Адаптирано према [107].....	27
Слика 2.5. <i>DOGMA</i> систем развоја онтологија. Адаптирано према [107].	30
Слика 2.6. Инкременталан методолошки приступ за дизајнирање онтолошки базираног информационог система. Адаптирано на основу [36]	33
Слика 2.7. Класа - онтолошка компонента која садржи скуп индивидуа	35
Слика 2.8. Дефинисање подкласе (класа дете) одређене надкласе (класа родитељ), коришћењем релације специјализације „је“	35
Слика 2.9. Објектна својства (<i>object proprerties</i>) и атрибуту (<i>data properties</i>)	36
Слика 2.10. Егзистенцијално (<i>some</i>) ограничење за релацију <i>relacija2</i> којим се креира класа инстанци <i>Nadklasa1</i> , које су преко <i>relacija2</i> повезани најмање са једном индивидуом класе <i>Klasa2</i>	37
Слика 2.11. Класе <i>B</i> и <i>C</i> дефинисане као подкласе класе <i>A</i> а) без аксиоме покривања б) са аксиомом покривања, којом је класа <i>A</i> дефинисана као унија својих подкласа <i>B</i> и <i>C</i>	38
Слика 3.1. Прогресија сколиозе. Адаптирано према [208]	48
Слика 3.2. Рисерови индекси дефинисани у зависности од степена окоштавања карличне кости	49
Слика 3.3. Значајни приљенови ненормалне кривине кичме на фронталном радиографском снимку пацијента са сколиозом - адаптирано према [208].....	50
Слика 3.4. Мерење Кобових углова кичмене кривине	51
Слика 3.5. Главне, минорне, структурне и не-структурне кривине пацијента са идиопатском адолосцентском сколиозом.....	52
Слика 3.6. Мерење фронталног и бочног поретка кичмених приљенова на усправном радиографском снимку 11-годишње девојчице.	53
Слика 3.7. Степени ротације кичмених приљенова према <i>Nash-Moe</i> методи.....	54
Слика 3.8. Лумбални и грудни модификатори кичме према Ленковом систему класификације сколиозе. Прилагођено из [236].....	57
Слика 3.9. Ленков класификациони систем сколиозе – адаптирано на основу [223]	58
Слика 3.10. Ленкова класификација типа кривине код 12-годишње девојчице са адолосцентском идиопатском сколиозом.....	59
Слика 4.1. Хибридни <i>GT-PD</i> метод дизајнирања онтологије апликативне онтологије сколиозе. Адаптирано на основу [36]	69
Слика 4.2. Хијерархијско стабло основних <i>FMA</i> класа. Усвојено из [75]	72
Слика 4.3. Основна класификациона шема <i>OBR</i> референтне онтологије. Усвојено из [8].....	73

Слика 4.4. Развој OBR-Scolio апликационе онтологије на основу OBR референтне онтологије А) Класна хијерархија <i>Biological_entity</i> класе В) Класна хијерархија <i>Pathological_structure</i> класе С) Класна хијерархија <i>Pathological organ system</i> класе.....	75
Слика 4.5. Развој OBR-Scolio апликационе онтологије на основу OBR референтне онтологије А) Класна хијерархија <i>Pathological_skeletal_system</i> класе В) Класна хијерархија <i>Pathological_axial_skeletal_system</i> класе С) Класна хијерархија <i>Pathological_organ</i> класе.....	76
Слика 4.6. Анатомијски региони кичме: вратни регион (<i>Cervical Vertebrae</i>) - кичмени шиљенови C1-C7, грудни регион (<i>Thoracic Vertebrae</i>) - кичмени шиљенови T1-T12, лумбални регион (<i>Lumbar Vertebrae</i>) - кичмени шиљенови L1-L5, сакрални регион (<i>Sacrum</i>) - 5 спојених кичмених шиљенова и репни регион (<i>Coccyx</i>) - 4 спојена кичмена шиљена	77
Слика 4.7. <i>Regional-part</i> хијерархија класе <i>Vertebral_column</i> , која укључује само кичмене регионе.....	78
Слика 4.8. Елементарна структура SEP тријада: S (<i>Structure node</i>), E (<i>Entity node</i>) и P (<i>Part node</i>) чворови.....	79
Слика 4.9. Селективно простирање <i>curvature_of</i> релације кроз <i>regional-part</i> хијерархију класе <i>Spine (Vertebral_column)</i> , које је моделовано коришћењем методологије SEP тријада.....	79
Слика 4.10. Селективно простирање <i>curvature_of</i> релације кроз <i>regional_part</i> хијерархију класе <i>Vertebral_column</i> , моделовано коришћењем методологије адаптираних SEP тријада	80
Слика 4.11. Таксономија класе <i>Pathological_vertebral_column</i>	82
Слика 4.12. Таксономија OBR-Scolio онтологије	83
Слика 4.13. Хијерархија објектних својстава OBR-Scolio онтологије	84
Слика 4.14. Хијерархија својстава података OBR-Scolio онтологије.....	85
Слика 4.15. <i>Protégé 3.4.4</i> оквир класе <i>Material_pathological_entity</i>	85
Слика 4.16. Промена метакласа свих <i>owl:Thing</i> подкласа у <i>owl:class</i>	88
Слика 4.17. Слот едитор <i>adjacent</i> слота са <i>Boolean</i> спецификацијом типа вредности у <i>Protégé</i> онтолошкој репрезентацији базираној на оквирима.....	89
Слика 4.18. Специјализација <i>onsega attributed_part</i> својства као уније свих дозвољених класа (<i>Allowed Classes</i>) у <i>Protégé OWL</i> базираној онтолошкој представи..	90
Слика 4.19. Спецификација <i>onsega dimension</i> објектног својства као еnumerисана класа одговарајућих <i>OWL:Thing</i> индивида у <i>Protégé OWL</i> репрезентацији онтологије	90
Слика 4.20. Дефинисање међусобне разлике директних подкласа класе <i>Pathological_atlas</i>	91
Слика 4.21. Класни едитор за класу <i>Organsimal_continuant</i> у <i>Protégé 3.4.4</i> репрезентацији онтологије која се базира на оквирима.....	91
Слика 4.22. Класни едитор <i>Organsimal_continuant</i> класе у <i>Protégé 3.5 OWL</i> базираној онтолошкој представи након директне транслације из <i>Protégé</i> онтолошке представе базиране на оквирима	92
Слика 4.23. Креирање <i>owl:allValuesFrom</i> ограничења у <i>Protégé OWL</i> базираној онтолошкој представи	93
Слика 4.24. Инстанца <i>Concept_name</i> класе <i>Protégé 3.4.4</i> онтолошке представе базиране на оквирима	93
Слика 4.25. Хијерархија аотационих својстава <i>OWL</i> форме OBR-Scolio онтологије	94
Слика 4.26. Коначан изглед <i>Organsimal_continuant</i> класе у <i>Protégé 3.5 OWL</i> базираној онтолошкој представи	94

Слика 4.27. Дефиниција класе <i>Curvature_of_lumbar_vertebral_column</i> у Protégé 4.3 верзији програма.....	95
Слика 4.28. Дефиниција класе <i>Lumbar_non-structural_curvature</i> у Protégé 4.3 верзији програма.....	96
Слика 4.29. Дефиниција класе <i>Lumbar_structural_curvature</i> у Protégé 4.3 верзији програма.....	96
Слика 4.30. Дефиниција класе <i>Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column</i> у Protégé 4.3 верзији програма.....	96
Слика 4.31. Дефиниција класе <i>Lenke_type1A</i> у Protégé 4.3 верзији програма.....	96
Слика 4.32. Дефиниција класе <i>Lenke_type1AN</i> у Protégé 4.3 верзији програма.....	97
Слика 4.33. Визуелизација основне таксономије <i>Pathological_vertebral_column</i> класе OBR-Scolio онтологије.....	97
Слика 4.34. Визуелизација таксономије <i>Basic_curvatures_of_vertebral_column</i> класе OBR-Scolio онтологије.....	98
Слика 4.35. Визуелизација таксономије <i>Curvature_of_thoracic_vertebral_column</i> класе OBR-Scolio онтологије.....	98
Слика 4.36. Визуелизација таксономије <i>Lenke_type_curvatures_of_vertebral_column</i> класе OBR-Scolio онтологије.....	98
Слика 4.37. Визуелизација таксономије <i>Lenke_type1_curvatures_of_vertebral_column</i> класе OBR-Scolio онтологије.....	99
Слика 4.38. Визуелизација релација класа: <i>Curvatures_of_vertebral_column</i> класе и <i>Basic_curvatures_of_vertebral_column</i> са осталим кључним класама OBR-Scolio онтологије.....	99
Слика 5.1. Дијаграм контекста пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.....	104
Слика 5.2. Стабло логичких функција пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.....	105
Слика 5.3. Декомпозициони дијаграм пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.....	106
Слика 5.4. Евидентирање визуелног прегледа пацијента.....	107
Слика 5.5. Визуелизација оптичким скенирањем.....	107
Слика 5.6. Визуелизација оптичком камером.....	108
Слика 5.7. 3D визуелизација кичме.....	109
Слика 5.8. Дијаграм тока података функције за унос података.....	109
Слика 5.9. Дијаграм случаја употребе пословног процеса оптичке визуелизације, мониторинга и дијагностике сколиозе.....	112
Слика 5.10. Дијаграм случаја употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента.....	113
Слика 5.11. Дијаграм случаја употребе Визуелизација оптичким скенирањем.....	115
Слика 5.12. Дијаграм случаја употребе Визуелизација оптичком камером.....	116
Слика 5.13. Дијаграм случаја употребе 3D визуелизација кичме пацијента.....	117
Слика 5.14. Дијаграм случаја употребе Унос података.....	118
Слика 5.15. Дијаграм активности случаја употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента.....	120
Слика 5.16. Одређивање параметара а) транслације кичме б) пад карлице с) разлика у висини рамена.....	121
Слика 5.17. Одређивање параметара а) разлика у висини лопатица б) удаљеност лопатица с) троугао стаса.....	122
Слика 5.18. Одређивање параметра а) ребарна грба б) контрактура бочног слабинског мишића.....	122

Слика 5.19. Одређивање параметра лумбална лордоза.....	122
Слика 5.20. Дијаграм активности Унос пратећих обољења.....	123
Слика 5.21. Дијаграм активности случаја употребе Визуелизација оптичким скенирањем	124
Слика 5.22. Кључни DIERS маркери а) фронталне равни б) бочне равни.....	125
Слика 5.23. Нормале на спољашњу површ леђа у тачкама спољашње кичмене линије. Усвојено из [293]	126
Слика 5.24. Конструкција унутрашње кичмене линије на основу спољашње кичмене линије. Усвојено из [293].....	126
Слика 5.25. Matlab 2D визуелизација облака тачака леђа, DIERS маркера, B-spline спољашње линије симетрије леђа и B-spline унутрашње кичмене линије у фронталној равни усправног положаја пацијента са приказом граница које дефинишу поједине кичмене и CSVL линије.....	127
Слика 5.26. Matlab 2D визуелизација облака тачака леђа, DIERS маркера, B-spline спољашње линије симетрије леђа и B-spline унутрашње кичмене линије у бочној равни усправног положаја пацијента са приказом хоризонталних линија, које дефинишу положаје приљенова T2, T5, T10, T12 и L2 и линијама одговарајућих Кобових углова кифозе.....	128
Слика 5.27. Дијаграм активности случаја употребе Визуелизација оптичком камером.....	129
Слика 5.28 Маркирање кључних анатомских DIERS тачака	131
Слика 5.29. Одређивање координата анатомских DIERS тачака - у коришћењем OriginPro 8 програма	132
Слика 5.30. а) Координате кључних анатомских DIERS тачака спољашње линије симетрије у положају приликом савијања у леву страну у фронталној равни б) Координате кључних анатомских DIERS тачака унутрашње кичмене линије у положају приликом савијања у леву страну у фронталној равни.....	132
Слика 5.31. B-spline линија симетрије леђа и B-spline унутрашња кичмена линија добијене интерполацијом анатомски кључних DIERS тачака у 70 тачака приликом савијања пацијента у леву страну у фронталној равни	133
Слика 5.32. а) Matlab 2D визуелизација анатомски кључних DIERS тачака, B-spline спољашње линије симетрије и B-spline унутрашње кичмене линије и Кобових улова у фронталној равни приликом савијања пацијента у леву страну; б) Matlab графички приказ кичмене закривљености	133
Слика 5.33. Дијаграм активности случаја употребе 3D визуелизација кичме пацијента.....	134
Слика 5.34. Транспозиције унутрашње кичмене линије од CSVL линије на а) фронталној б) бочној 2D визуелизацији добијеној поступком оптичког скенирања у усправном положају пацијента.....	135
Слика 5.35. Дијаграм активности случаја употребе Генерисање општег 3D CAD модела кичме.....	136
Слика 5.36. Концептуални модел Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе	139
Слика 5.37. Дијаграм секвенци за случај употребе Унос података.....	140
Слика 5.38. Дијаграм секвенци за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента.....	141
Слика 5.39. Дијаграм секвенци за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем	142
Слика 5.40. Дијаграм секвенци за случај употребе Визуелизација оптичком камером	143

Слика 5.41. Дијаграм секвенци за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента	144
Слика 5.42. Дијаграм секвенци интерфејса ScolioMedIS_glavna за случај регистрованог корисника	145
Слика 5.43. Дијаграм секвенци интерфејса ScolioMedIS_glavna за случај не-регистрованог корисника	146
Слика 5.44. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Pacijenti, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	147
Слика 5.45. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Doktori, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	148
Слика 5.46. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Pregledi, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	149
Слика 5.47. Дијаграм секвенци интерфејса Pregledi_test, апликације ScolioMedIS за случај не-регистрованог корисника	150
Слика 5.48. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Vizuelizacija_optickim_skeniranjem, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	151
Слика 5.49. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test, апликације ScolioMedIS за случај не-регистрованог корисника	151
Слика 5.50. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Vizuelizacija_optickom_kamerom, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	152
Слика 5.51. Дијаграм секвенци интерфејса Vizuelizacija_optickom_kamerom_test, апликације ScolioMedIS за случај не-регистрованог корисника	153
Слика 5.52. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Vizuelizacija_kicme_3D, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	154
Слика 5.53. Дијаграм секвенци веб странице интерфејса Vizuelizacija_kicme_3D_test, апликације ScolioMedIS за случај не-регистрованог корисника	155
Слика 5.54. Дијаграм сарадње за случај употребе Унос података	161
Слика 5.55. Дијаграм секвенци за случај употребе Евидентирање визуелног прегледа пацијента	161
Слика 5.56. Дијаграм сарадње за случај употребе Визуелизација оптичким скенирањем	162
Слика 5.57. Дијаграм сарадње за случај употребе Vizuelizacija_optickom_kamerom	162
Слика 5.58. Дијаграм сарадње за случај употребе 3D визуелизација кичме пацијента	163
Слика 5.59. Дијаграм сарадње веб странице главног интерфејса апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	164
Слика 5.60. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса ScolioMedIS_glavna за случај не-регистрованог корисника	164
Слика 5.61. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса Pacijenti, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	165
Слика 5.62. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса Doktori, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	166
Слика 5.63. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса Pregledi, апликације ScolioMedIS за случај регистрованог корисника	166
Слика 5.64. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса Pregledi_test, апликације ScolioMedIS за случај не-регистрованог корисника	167

Слика 5.65. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i> , апликације <i>ScolioMedIS</i> за случај регистрованог корисника	168
Слика 5.66. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem_test</i> , апликације <i>ScolioMedIS</i> за случај регистрованог корисника	168
Слика 5.67. Дијаграм сарадње интерфејса <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom</i> <i>ScolioMedIS</i> за случај регистрованог корисника	169
Слика 5.68. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom_test</i> , апликације <i>ScolioMedIS</i> за случај не-регистрованог корисника	170
Слика 5.69. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса <i>Vizuelizacija_kicme_3D</i> , апликације <i>ScolioMedIS</i> за случај регистрованог корисника	171
Слика 5.70. Дијаграм сарадње веб странице интерфејса <i>Vizuelizacija_kicme_3D_test</i> , апликације <i>ScolioMedIS</i> за случај не-регистрованог корисника	171
Слика 5.71. Дијаграм класа Оптичке визуелизације и дијагностике сколиозе.....	175
Слика 5.72. Дијаграм класа интерфејса апликације <i>ScolioMedIS</i> за случај регистрованог корисника	176
Слика 5.73. Дијаграм стања објеката класа: <i>Pacijent</i> , <i>Doktor</i> , <i>Vizuelni_pregled</i> , <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom</i> , <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i> и <i>Vizuelizacija_kicme_3D</i>	177
Слика 5.74. Пакети трослојне архитектуре <i>ScolioMedIS</i> апликације.....	178
Слика 5.75. Списак табела генерисаних у <i>Microsoft SQL Server</i> -у.....	181
Слика 5.76. Дијаграм табела базе података система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе - <i>ScolioMedIS</i> добијен помоћу <i>Microsoft SQL Server</i> -а.....	181
Слика 5.77. Веб страницама за пријављивање корисника	182
Слика 5.78. <i>ASP.NET</i> конфигурациони алат за администрацију веб апликацијом...	183
Слика 5.79. Главна веб страница <i>ScolioMedIS</i> апликације	184
Слика 5.80. Веб страница <i>Pacijenti ScolioMedIS</i> апликације.....	185
Слика 5.81. Веб страница <i>Doktori ScolioMedIS</i> апликације.....	187
Слика 5.82. Веб страница <i>Pregledi ScolioMedIS</i> апликације	188
Слика 5.83. I део форме извештаја обављеног прегледа.....	189
Слика 5.84. II део форме извештаја обављеног прегледа.....	190
Слика 5.85. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i> – први део.....	191
Слика 5.86. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i> – други део.....	192
Слика 5.87. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickim_skeniranjem</i> – трећи део.....	192
Слика 5.88. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom</i> – први део	193
Слика 5.89. Веб страница <i>Vizuelizacija_optickom_kamerom</i> – други део.....	194
Слика 5.90. Веб странице <i>Vizuelizacija_kicme_3D</i> – први део.....	195
Слика 5.91. Веб странице <i>Vizuelizacija_kicme_3D</i> – други део	195
Слика 5.92. 3D модел кичме пацијента специфицираног <i>JMBG</i> броја и <i>TranspozicijeID</i> броја.....	196
Слика 5.93. Трослојна архитектура информационог система – <i>ScolioMedIS</i> – дијаграм компоненти.....	198
Слика 5.94. Трослојна архитектура информационог система – <i>ScolioMedIS</i> – дијаграм програмских компоненти	199
Слика 5.95. Дијаграм компоненти информационог система за оптичку визуелизацију и дијагностику сколиозе – <i>ScolioMedIS</i>	200
Слика 5.96. Генерисање оквирног <i>C#</i> кода апликације <i>ScolioMedIS</i> на основу дијаграма класа интерфејса у <i>StarUML</i> -у	201

Слика 5.97. Избор локације стартног пакета пројекта који садржи одговарајући дијаграм класа интерфејса апликације у StarUML-у.....	201
Слика 5.98. Избор локације стартног пакета пројекта који садржи одговарајући дијаграм класа интерфејса апликације у StarUML-у.....	202
Слика 5.99. Мапирање класе главног интерфејса апликације ScolioMedIS у StarUML-у у C# програмски код.....	203
Слика 5.100. Мапирање класе интерфејса Pacijenti у StarUML-у у C# програмски код.....	203
Слика 5.101. Data мени палете алата Toolbar.....	204
Слика 5.102. Успостављање конекције са одговарајућом базом података Microsoft SQL Servera.....	204
Слика 5.103. Креирање .NET Assembly пројекта Matlab.prj.....	216
Слика 5.104. Укључивање свих (.m фајлова) у .NETAssembly пројекат Matlab.prj ...	216
Слика 5.105. Matlab процес компајлирања и изградње дефинисаног пројекта	217
Слика 5.106. Пакет фајлова Matlab.prj пројекта генерисаних коришћењем Matlab Deployment Tool алата.....	217
Слика 5.107. Укључивање Matlab.dll фајла у C# ASP.NET окружење ScolioMedIS апликације.....	218
Слика 5.108. Укључивање WebFigureControl-е у палету алата Toolbar, C# ASP.NET окружења ScolioMedIS апликације.....	218
Слика 5.109. а) Изглед Toolbar палете алата C# ASP.NET окружења након додавања WebFigure контроле б) Изглед WebFigure контроле након додавања у .aspx странице.....	219
Слика 5.110. Мрежна конфигурација ScolioMedIS апликације у којој се MATLAB Compiler Runtime (MCR) сервис, као и веб странице ScolioMedIS апликације са уграђеним WebFigures контролама налазе на истом серверском рачунару.....	220
Слика 5.111. Мрежна архитектура веб оријентисаног медицинског информационог система ScolioMedIS за визуализацију и праћење идиопатске сколиозе [238]	222
Слика 6.1. Колоне кључне табеле расијент базе података scolioMed за интеграцију OBR-Scolio онтологије у информациони систем ScolioMedIS	225
Слика 6.2. Главна страница за интеграцију OBR-Scolio онтологије у информациони систем ScolioMedIS.....	226
Слика 6.3. Страница за унос основних података о пацијенту и Кобових углова сколиозе кичме – ipos.jsp.....	227
Слика 6.4. Страница за испис основних података о пацијенту, вредности Кобових углова и Ленковог типа сколиозе кичме пацијента – ispis.jsp.....	231
Слика 6.5. Страница за измену података изабраног пацијента – izmena.jsp	234
Слика 6.6. Страница ontologija.jsp Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	235
Слика 6.7. Део странице ispisSvihKlasa.jsp Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	237
Слика 6.8. Страница klasaZaIspisHijerarhije.jsp Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	238
Слика 6.9. Страница ispisHijerarhijeKlase.jsp Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	239
Слика 6.10. Страница ispisKomentaraKlase.jsp Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	239
Слика 6.11. Страница ispisLabelaKlase.jsp Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	240

Слика 6.12. Страница <i>ispisIndividua.jsp</i> Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	242
Слика 6.13. Страница <i>ispisPJMBGIndividua.jsp</i> Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом – први део	244
Слика 6.14. Инстанце основних кривина OBR-Scolio онтологије у Protégé програму	245
Слика 6.15. а) Инстанца <i>Lenke_typeINC</i> класе OBR-Scolio у Protégé 4.3 програму б) Инстанца <i>main_thoracic_structural_curvature</i> класе OBR-Scolio онтологије у Protégé програму 4.3.....	245
Слика 6.16. Страница <i>ispisPJMBGIndividua.jsp</i> Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом – други део.....	246
Слика 6.17. Страница <i>izborIndividuaZadatogPJMBG.jsp</i> Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	247
Слика 6.18. Страница <i>ispisTrazenihPJMBGIndividua.jsp</i> Java веб апликације за интеракцију са OBR-Scolio онтологијом.....	248
Слика 7.1. Подешавања механизма резоновања у FaCT++ и Hermit1.3.8 алатима резоновања Protégé 4.3 верзије програма	252
Слика 7.2. Текстуални фајлови <i>Markeri.txt</i> , <i>Oblak.txt</i> и <i>Simetrija.txt</i> добијени оптичким скенирањем пацијената.....	255
Слика 7.3. Matlab 2D визуелизација у фронталној равни усправног положаја пацијента облака тачака леђа, линије симетрије леђа и унутрашње кичмене линије, добијена поступком оптичког скенирања са приказом прихваћених и одбачених Кобових углова појединих кичмених кривина.....	256
Слика 7.4. Текстуални фајлови <i>MarkeriLevo.txt</i> , <i>MarkeriDesno.txt</i> , <i>SimetrijaLevo.txt</i> , <i>SimetrijaDesno.txt</i> , <i>KicmenaLinijaLevo.txt</i> и <i>KicmenaLinijaDesno.txt</i> добијени снимањем оптичком (дигиталном) камером.....	257
Слика 7.5. Статистички приказ учесталости појављивања основних кичмених кривина код оптички скенираних пацијената.....	258
Слика 7.6. Статистички приказ учесталости појављивања појединих грудних модификатора кичме код оптички скенираних пацијената	258
Слика 7.7. Статистички приказ учесталости појављивања појединих лумбалних модификатора кичме код оптички скенираних пацијената	259
Слика 7.8. Статистички приказ учесталости појединих Ленкових типова сколиозе код оптички скенираних пацијената	259

10.2. Листа табела

Табела 3.1: Типови кривина у зависности од локације вршног приљена (<i>Scoliosis Research Society Definition</i>) [207].....	55
Табела 3.2: Критеријуми структурности кривина минорних кривина. Усвојено из [236].....	56
Табела 3.3: Типови кривина према Ленковој шеми класификације сколиозе. Адаптирано према [236].....	56
Табела 4.1: Преглед апликативних BioPortal онтологија које садрже <i>Scoliosis</i> класу	67
Табела 4.2: Сличности и разлике између основних класа OBR и FMA референтних онтологија.....	74

Табела 4.3: Поређење формализама репрезентације онтологије базираних на оквирима, дескриптивној логици и OWL DL језику. Прилагођено из [277] 87

10.3. Листа једначина

$Scoliosis = \exists curvature_of.Spinestr$ (4.1)	79
$Curvature_of_thoracic_spine = \exists curvature_of.Thoracic_spinestr$ (4.2).....	79
$Thoracic_spinestr \sqsubseteq Spinept \sqsubseteq Spinestr$ (4.3)	79
$Scoliosis = \exists curvature_of.Spine$ (4.4)	80
$Curvature_of_sacrum = \exists curvature_of.Sacrum$ (4.5)	80
$Cervical_vertebral_column \sqsubseteq \exists regional_part.Vertebral_column$ (4.6)	81
$Lumbar_vertebral_column \sqsubseteq \exists regional_part.Vertebral_column$ (4.7).....	81
$Thoracic_vertebral_column \sqsubseteq \exists regional_part.Vertebral_column$ (4.8)....	81
$Sacrum \sqsubseteq \exists regional_part.Vertebral_column$ (4.9).....	81
$Scoliosis \equiv$ $\exists (curvature_of. (Vertebral_column \sqsubseteq$ $\exists regional_part.Vertebral_column \sqcap \neg Sacrum \sqcap \neg Coccyx))$ (4.10).....	81
$xm = xs + \Delta x = xs + L \cdot \sin \rho$ (5.1)	126
$ym = ys$ (5.2)	126
$zm = zs + \Delta z = zs + L \cdot \cos \rho$ (5.3).....	126
$Lys = 0,132 \cdot T - 0,035 \cdot ys$ (5.4)	127
$\Delta x' = x'm - x's = L \cdot \sin \rho$ (5.5)	130
$ym' = ys'$ (5.6)	130
$\Delta z' = z'm - z's = L \cdot \cos \rho$ (5.7)	130
$x''m = \Delta x' + x''s = L \cdot \sin \rho + x''s$ (5.8)	130
$ym'' = ys''$ (5.9)	130
$z''m = \Delta z' + z''s = L \cdot \cos \rho + z''s$ (5.10).....	130
$LL5 = 0,132 \cdot T - 0,035 \cdot ys(L5)$ (5.11)	135