Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по математика и информатика

Катедра „Компютърни системи”

ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА СЕМАНТИЧНИ МОДЕЛИ В ОБЛАСТТА НА ХУМАНИТАРИСТИКАТА

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор“
в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика,
професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки,
докторска програма: Информатика

Редовен докторант:
инж. Мария Грънчарова-Христова

Научни ръководители:
Проф. д-р Ася Стоянова-Дойчева
Проф. д-р Тодорка Глушкова

Пловдив

2023

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита пред научно жури на заседание на катедра „Компютърни системи“ при Факултета по математика и информатика на ПУ „Паисий Хилендарски“, град Пловдив на 27.10.2023 г.

Дисертационният труд съдържа 201 страници. Библиографията включва 162 източника. Списъкът на авторските публикации се състои от 6 заглавия.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 09.02.2024 г. в Заседателната зала на Нова сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“, град Пловдив.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в секретариата на Факултета по математика и информатика – каб. 330 в Нова сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“, всеки работен ден от 08:30 до 17:00 ч.

Научно жури:

1) Доц. д-р Емил Христов Дойчев
2) Проф. д-р Станимир Недялков Стоянов
3) Чл. кор. Проф. д. н. Любка Атанасова Дуковска
4) Доц. д-р Ирина Александровна Радева
5) Проф. д-р Владимир Василев Монов

Автор: инж. Мария Тодорова Грънчарова-Христова

Заглавие: „Изследвания за създаване на семантични модели в областта на хуманитаристиката“

Пловдив, 2023 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД 5
Цел на дисертацията 5
Структура на дисертацията 5
ГЛАВА 1: ТЕКУЩО СЪСТОЯНИЕ В ОБЛАСТТА 6
1.1 Семантичен уеб 6
1.2 Онтологии 7
1.3 Езици за онтологии 8
1.4 Приложения на онтологии в различни области 8
1.5 Електронно обучение 8
1.6 Среди за генериране на въпроси 9
1.7 Подходи за автоматично генериране на въпроси 9
1.8 Виртуално физическо пространство (ViPS) 9
1.9 Обобщение и изводи от Глава 1 9
ГЛАВА 2: СТРУКТУРА НА ОНТОЛОГИЯТА 10
2.1 Описание на домейна и реализация на онтология в областта на хуманитаристиката 10
2.2 Класове 10
2.3 Индивидуалности 12
2.4 Обектни свойства 13
2.5 Свойства данни 14
2.6 Анотационни свойства 15
2.6.1 Анотацинни свойства за клас 15
2.6.2 Анотацинни свойства за обектно свойство 17
2.6.3 Анотацинни свойства за свойства данни 18
2.6.4 Анотацинни свойства за анотационните свойства 18
2.6.5 Анотацинни свойства за индивидуалност 19
2.7 Обобщение и изводи от Глава 2 20
ГЛАВА 3: АЛГОРИТМИЧНИ ЗАЯВКИ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА РАЗЛИЧНИ ТИПОВЕ ИЗРЕЧЕНИЯ 21
Изводи от Глава 3 23
ГЛАВА 4: ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ И ИЗВЛИЧАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ОТ НЕЯ 24
4.1 Приложение за създаване на онтология 24
4.2 Приложение за извличане на информация от онтология 24
4.3 Изводи от Глава 4 25
ГЛАВА 5: АНАЛИЗ И ПРОВЕРКА НА ПРЕДЛОЖЕНИЯ МЕТОД 25
5.1 Сравнителен анализ 26
5.2 Изводи от Глава 5 27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 28
Резултати 28
Бъдещо развитие 28
Благодарности 29
ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД 30
РЕФЕРИРАНА ЛИТЕРАТУРА 31

СПИСЪК НА ФИГУРИТЕ

Фигура 1. Архитектура и стандарти за семантичен уеб 7
Фигура 2. Езици за обмен на онтологии чрез Web 7
Фигура 3. Изглед от Protégé 10
Фигура 4. Графично представяне на наследниците на клас „Личностен“ чрез OntoGraf 10
Фигура 5. Графично представяне на наследниците на клас „Обектен“ чрез OntoGraf 11
Фигура 6. Несъвместими класове с клас „Ода“ 11
Фигура 7. Аксиома за еквивалентност с обектно свойство 12
Фигура 8. Скрити знания – резултат от аксиомата за еквивалентност за клас „Министър-председател“ 12
Фигура 9. Индивидуалности 13
Фигура 10. Съгласуване индивидуалност с клас „Град“ 13
Фигура 11. Съгласуване индивидуалност с клас „Село“ 13
Фигура 12. Домейн и ранг 14
Фигура 13. Обектни свойства 14
Фигура 14. Свойства данни 14
Фигура 15. Домейн и ранг 15
Фигура 16. Анотационни свойства 15
Фигура 17. Анотоции за клас „Композитор“ 16
Фигура 18. Анотоции за клас „Повест“ 16
Фигура 19. Съгласуване на въпросителното местоимение 17
Фигура 20. Съгласуване на глагола в анотационното свойство „Глагол във въпросително изречение“ 17
Фигура 21. Съгласуване на свойството „Глагол в съобщително изречение “ 17
Фигура 22. Съгласуване на свойство данни с подлога 18
Фигура 23. Анотация на свойство данни при съобщително изречение 18
Фигура 24. Анотации на анотационното свойство „Снимка“ 19
Фигура 25. Индивидуалност от женски род 20
Фигура 26. Индивидуалност от мъжки род 20
Фигура 27. Индивидуалност от женски род член на клас „Книга“ 20
Фигура 28. Индивидуалност от мъжки род член на клас „Роман“ 20
Фигура 29. Генерирани въпросителни изречения с един верен и три грешни отговора 21
Фигура 30. Генериране на съобщителни изречения с дописване на верния отговор 21
Фигура 31. UML Активити диаграма 23
Фигура 32. Онтология 24
Фигура 33. Върнати резултати 25
Фигура 34. Съдържание на JSON документ 25
Фигура 35. Специфика на граматическа категория 26
Фигура 36. Върнати резултати 26

СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ

Таблица 1. Резултати от направените тестове 27
Таблица 2. Връзка между приносите, задачите, структурата на дисертацията и публикациите на автора 28

УВОД

Компютърните технологии са се наложили като незаменима част от живота на хората. Науката и образованието са области, където компютърните технологии се прилагат все по-често. Един бързоразвиващ се подход за предоставяне на нови знания са семантичните модели. Те позволяват наличните знания да бъдат структурирани в конкретен модел, който да може да бъде лесно разширен с нови концепции в бъдеще. Една от основните идеи зад изграждането на този дисертационен труд е структурирането и представянето на богатата история на днешната Хуманитарна гимназия „Св. Св. Кирил и Методий“ в град Пловдив и животът и дейностите на нейните ученици и учители като семантичен модел. Друга важна тема разглеждана в дисертацията е, как тази структурирана информация в конкретната област да бъде използвана, за да е възможно автоматичното генериране на въпроси на български език, чрез които да могат да се проверяват и оценяват знанията на учениците.

Цел на дисертацията

Основната цел на дисертацията е да се направи изследване на семантични модели, които да намират приложение в хуманитаристиката.

За постигане на тази цел са определени следните пет основни задачи:

- **Задача 1:** Създаване на семантичен модел под формата на онтология в хуманитарната област.
- **Задача 2:** Създаване на алгоритми за автоматично генериране на въпроси от онтологията на български език.
- **Задача 3:** Създаване на приложение използващо предефинирани конфигурационни структури за създаване и вмъкване на информация в онтологията.
- **Задача 4:** Създаване на приложение за извличане на информация от онтологията въз основа на създадените алгоритми.

Структура на дисертацията

Предложеният изследователски труд е разделен на няколко логически компонента, които биват разглеждани в отделните глави на дисертацията:

- **Увод** - Уводната част на дисертацията представя необходимостта и положителните страни на семантичните модели използвани в областите - наука и образование. Формулирана е целта на дисертационния труд и са описани основните задачи, които ще се следват, за да бъде реализирана целта. Представена е стратегия за работата на проведеното изследване.

- **Глава 1. Текущо състояние на изследваната област** - служи да запознае читателя какво представлява семантичният уеб и семантичното моделиране. Разглежда технологии използвани за представяне на информацията като семантични модели. Представя онтологиите като семантични модели. Представена е необходимостта от семантика в електронното обучение и са проучени и разгледани различни подходи за автоматично генериране на въпроси от онтологии.
- **Глава 2. Структура на онтологията** - описва структурата на изградената онтология (класове, свойства и индивидуалности), подходите, които са използвани в нея за категоризиране на наличната информация и какви връзки са изградени, за да бъде логически свързана информацията.
- **Глава 3. Алгоритмични заявки за генериране на различни типове изречения.** Описва различните типове въпроси и алгоритмичните структури, написани на SPARQL, чрез които може да бъде извличана информация от онтологията и да се прави проверка за верността на дадения отговор.
- **Глава 4**. **Приложения за създаване на онтология и извличане на информация от нея.** Представени са логически схеми на две приложения. Едното от тях, се казва „OnthologyGenerator“ и описва създаването на JSON структури. При попълването на тези структури с конфигурирана информация, може да бъде създадена нова онтология. Второто приложение се нарича „OnthologyReader“ и се използва за извличане на информация от онтологията с помощта на SPARQL заявки.
- **Глава 5. Анализ и проверка на предложения подход** – представена е нова онтология, която е създадена на база разработеното приложение „OnthologyGenerator“. Извличането на информация от нея под формата на въпроси е осъществено с приложението "OnthologyReader". В тази глава също така се разглежда структурата на върнатата информация от всеки алгоритъм, както и преимуществата на предложените алгоритми, техните недостатъци и как могат да бъдат подобрени в бъдеще.
- **Заключение –** обобщава резултатите от свършената работа по дисертационния труд.

ГЛАВА 1: ТЕКУЩО СЪСТОЯНИЕ В ОБЛАСТТА

1.1 Семантичен уеб

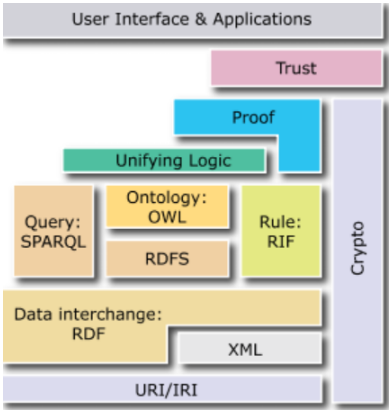
Интернет все по-всеобхватно навлиза в живота на хората. Популярността на глобалната мрежа се дължи на услугите, които предлага.

Терминът Semantic Web е въведен от Тим Бърнърс-Лий – създател на WWW и директор на организацията W3C (World Wide Web Consortium), който ръководи развитието на

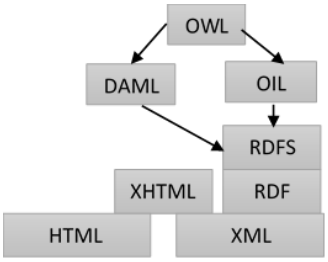
технологии и стандарти, свързани със семантичния уеб. Той го определя като „мрежа от данни, които могат да се обработват директно или индиректно от машини [1][2]

Семантичният уеб дава възможност данните да са представени като знания и да се обработват автоматично. Основни термини в семантичния уеб са: семантика [3], метаданни [4], онтология и извършването на автоматичен логически извод (reasoning) чрез машини за извод (reasoners) и софтуерни агенти (Agents).

Основните стандарти и езици, на които се базира семантичният уеб са представени на (**Фигура 1**).



Фигура 1. *Архитектура и стандарти за семантичен уеб*



Фигура 2. *Езици за обмен на онтологии чрез Web*

- XML се използва за структуриране на уеб документи [5];
- RDF (Resource Description Framework) позволява създаването на модел на данни с наложени структурни ограничения, с цел осигуряването на еднозначни методи за семантично изразяване [6];
- RDF схемата (RDFS) предоставя език за дефиниране на лексика за описание на класовете и свойствата на RDF ресурсите [7];
- OWL (Web Ontology Language) разширява RDFS, като позволява дефинирането на по-сложни връзки между уеб обектите, като по-този начин представлява мощен език за създаване на онтологии [8];
- SPARQL е протокол и език за запитване към семантични уеб източници на данни [9].

1.2 Онтологии

Съвременната философска литература, дефинира понятието онтология като определена система от категории, които са следствие от определена система от възгледи за света. Така реалният свят може да бъде разделен на части, да бъдат описани свойствата им, за да се представи тяхното развитие и поведение.

В компютърните науки с онтология се обозначава продукт, които е създаден с цел да стане възможно описанието на знания за определена област. Понятието онтология е въведено в информатиката за първи път през 1993 г. от Томас Грубер [10] и представлява явна (експлицитна) спецификация на определена концептуализация [11]. Онтологиите изясняват структурата на знанията за дадена област и позволяват споделянето на тези знания [12].

1.3 Езици за онтологии

Обменът на онтологии в световната мрежа (WWW) и сътрудничеството между хетерогенни агенти, разположени в нея, е основната причина за разработването на нов набор от езици за спецификация на онтологиите. Езици за обмен на онтологии чрез Web (**Фигура 2**).

XML предлага повърхнинен синтаксис за структурираните документи, без да налага семантични ограничения върху смисъла на тези документи.
XML scheme е език ограничаващ структурата на XML документите и позволяващ използването на datatypes в XML.
RDF (Resource Description Framework) е модел на данни, съдържащ обекти ("ресурси") и отношения между обекти. Този модел осигурява проста семантика и може да бъде представян с помощта на XML синтаксис.
RDF scheme (Resource Description Framework Schema) **е речник,** описващ свойствата и класовете на RDF ресурсите. Съдържа семантична информация за йерархичната генерализация на тези свойства и класове.

OIL (Ontology Inference Layer) [13]
DAML (DARPA Agent Markup Language) е нововъзникващ език за определяне на машинно четими онтологии в мрежата [14]

OWL (Web Ontology Language) осигурява допълнителни речникови елементи за описанието на свойствата и класовете. Последната версия на езика е OWL 2. използва допускането за отворен свят. Според [15] и [16], допускането за затворен свят, въплъщава идеята, че всичко, което не знаем е грешно. А допускането за отворен свят – всичко, което не знаем, не е дефинирано. OWL езика съществува в три подезика - **OWL Lite**, **OWL DL, OWL Full** [17].

1.4 Приложения на онтологии в различни области

Онтологиите като модели за представяне на знания и извод намират широко приложение в различни области на обществения живот. В областта на хуманитаристиката и представянето на културно историческите обекти съществуват множество разработки, в които се използват онтологии. Направен е кратък преглед на разработените онтологии в област селско стопанство. Онтологиите в областта на образованието представляват формални модели на знанията, които описват концепциите, и връзките между понятията в предметната област. Те помагат за структуриране и организиране на информацията, като осигуряват семантично тълкуване на данните. Приложението на онтологиите в образованието може да има различни цели и задачи. Онтологичните модели създадени и използвани в област промишленост съхраняват данни за основни агрегати, суровини, продукти и процеси в производството.

1.5 Електронно обучение

Електронното обучение е качествено нов процес на обучение, неограничен от гледна точка на време и място, при който се осигурява индивидуализация на учебния процес и се предоставят нужните обучителни ресурси при необходимост или поискване от обучаемия

в резултат на осъзната необходимост [18]. През годините, системите използвани в електронното обучение са различни.

1.6 Среди за генериране на въпроси

Проверката на усвоените знания, под формата на тестове, е услуга, която се осигурява от LMS и ALS - обучителни среди с достъп до тестова система. Най-разпространените платформи, които предлагат модул „Тестване“ са: **Microsoft Teams [**19], **Google Classroom** [20], **Moodle** (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) [21], **PEGASO, DIPSEIL** (Distributed Internet-based Performance Support Environment for Individualized Learning) [22], **DisPeL** (Distributed Platform for e-Learning), **WolframMathematica** е системата за компютърна алгебра за подпомагане на процеса на генериране тестови въпроси по английски език.

1.7 Подходи за автоматично генериране на въпроси

Автоматичното генериране на въпроси играе ключова роля в образователния процес. Затова много изследователи съсредоточават своите усилия към автоматичното генериране на въпроси за образователни цели.

1.8 Виртуално физическо пространство (ViPS)

ViPS като референтна архитектура, може да се адаптира към различни приложни области – туризъм [23], земеделие [24], образование [25] и др. Виртуалното образователно пространство (ВОП) е адаптация на ViPS в областта на висшето образование [26] и [27], а BLISS за средното училище [28].

Предшественик на ВОП е разпределения център за електронно обучение (DeLC - (Distributed eLearning Center) [29]. DeLC е разпределена среда, която има за цел да подпомогне предоставянето на образователни услуги.

Част от ViPS е средата за автоматично генериране на тестови въпроси. Средата има две функции – генериране и оценка на различни видове тестови въпроси на английски език, извлечени от онтология в област софтуерно инженерство [30], [31] и [32]. Средата е разработена като мултиагентна система.

1.9 Обобщение и изводи от Глава 1

В резултат на представените изследвания могат да се направят следните изводи:

1. Основната цел на концепцията за семантичен уеб е компютрите да възприемат смисъла на информацията и да го използват. За създаване на разбираем от компютрите език се използва форматът RDF, описващ мрежовите ресурси.

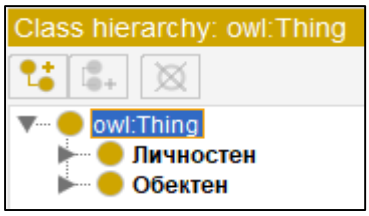
2. Онтологиите представляват база знания за определен домейн, които могат да бъдат преизползвани. Намират приложение в различни области и се използват за различни цели.

3. Някои от средите и системите за електронно обучение предлагат модул „Тестване“. При повечето от тях генерирането на въпроси е полуавтоматично. Много изследователи работят и споделят своя опит за автоматичното генериране на въпроси и проверка на отговорите в различни системи.

ГЛАВА 2: СТРУКТУРА НА ОНТОЛОГИЯТА

2.1 Описание на домейна и реализация на онтология в областта на хуманитаристиката

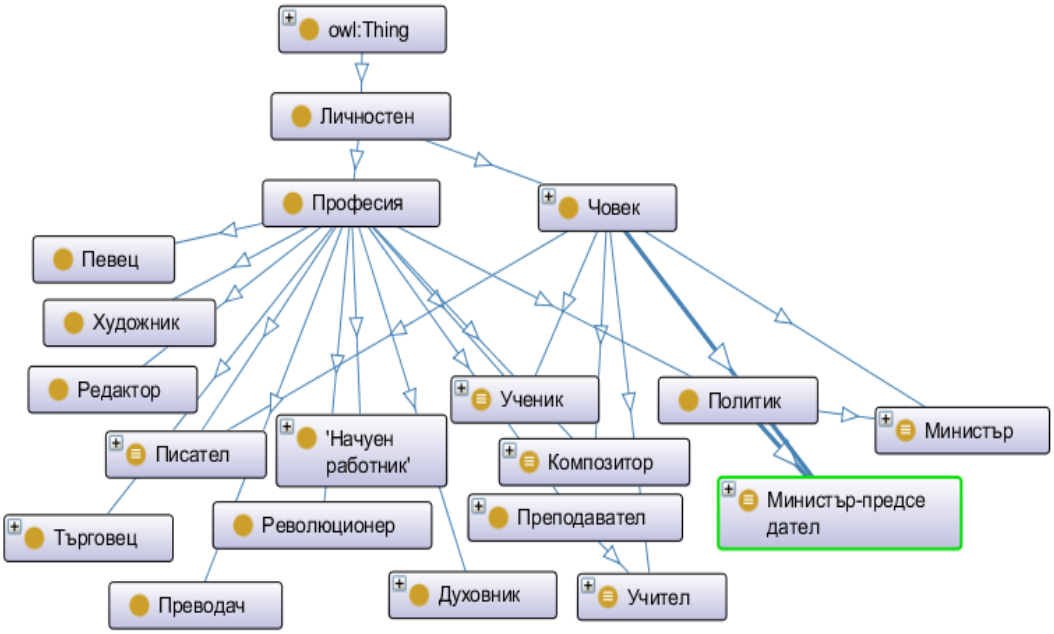
Създадена е онтология, която представя домейна – хранилище от знания, който описва богатата история на днешната Хуманитарна гимназия. Много бележити личности са били учители и възпитаници на училището [33].



2.2 Класове

В онтологията класовете са разделени на два типа. Тези, които описват лица (хора) и тези, които описват обекти (градове, книги, поеми, т. н.). Това разделение е резултат от семантиката на българския език (**Фигура 3**).

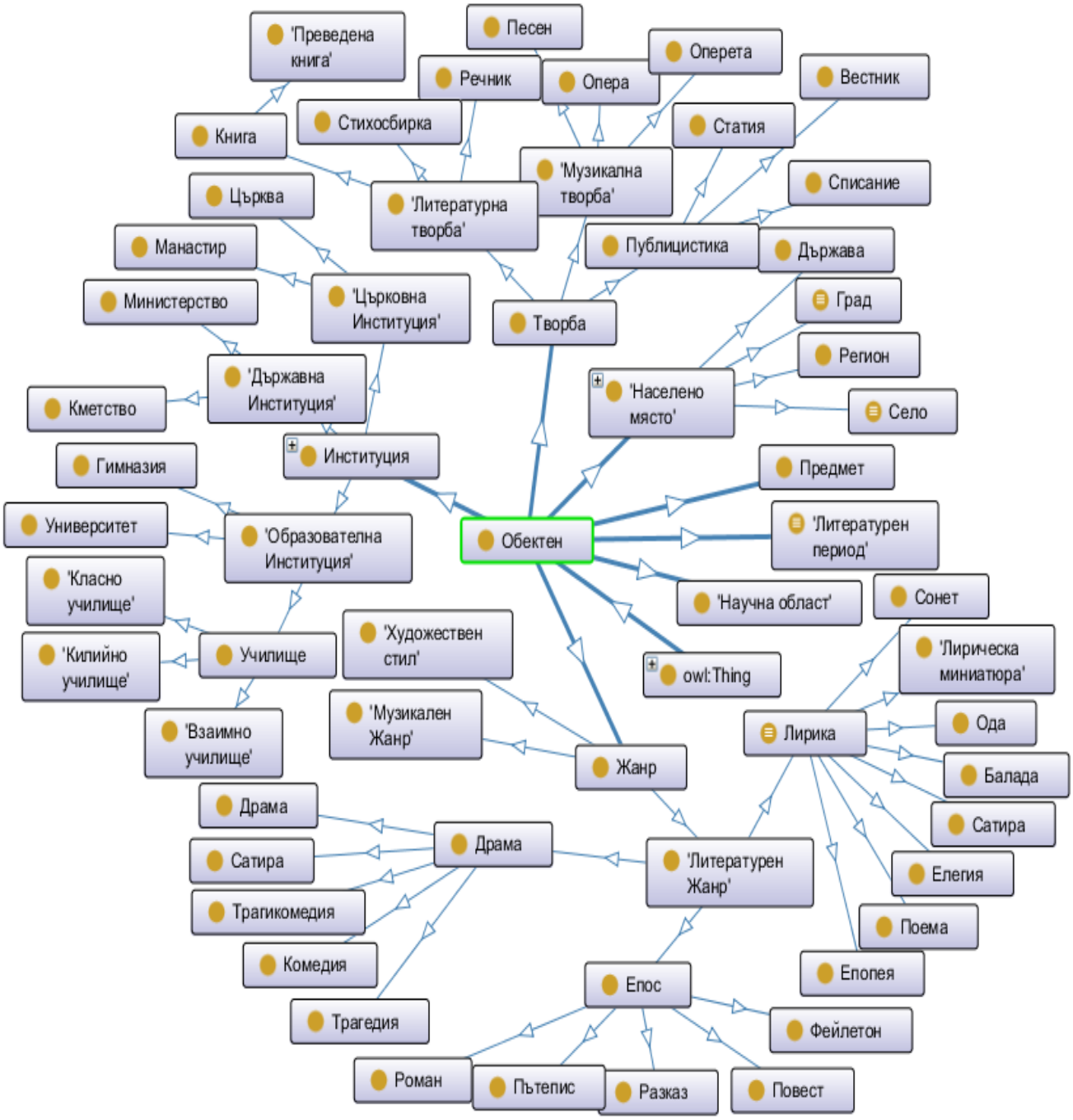
Фигура 3. *Изглед от Protégé*



Фигура 4. *Графично представяне на наследниците на клас „Личностен“ чрез OntoGraf*

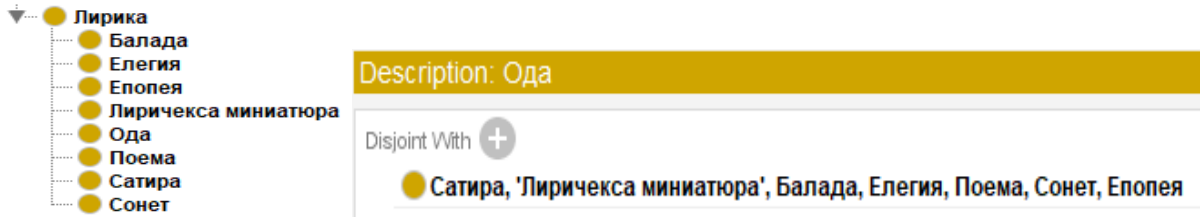
Клас „Личностен“ съдържа два подкласа „Човек“ и „Професия“. Връзката между класовете е представена чрез OntoGraf (**Фигура 4).** Всички класове, които описват хора са съвместими. Това означава, че една индивидуалност може да принадлежи на един или на много от тези класове.

Друг наследник на базовия клас Thing в онтологията е класът „Обектен. Той и неговите наследници са показани чрез OntoGraf (**Фигура 5**).



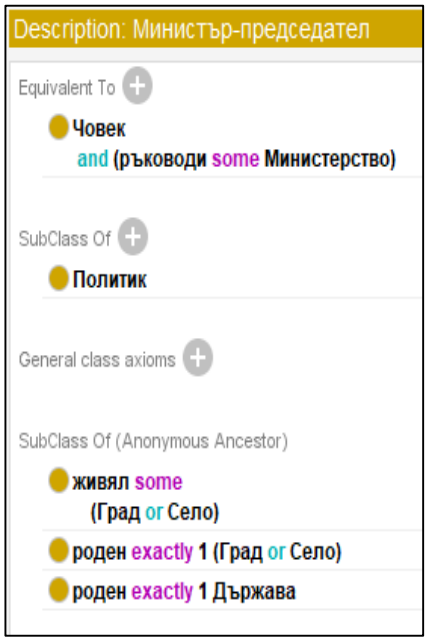
Фигура 5. *Графично представяне на наследниците на клас „Обектен“ чрез OntoGraf*

Всички класове описващи обекти са несъвместими помежду си (**Фигура 6).** Това означава, че една индивидуалност не може да принадлежи на два такива класа едновременно.

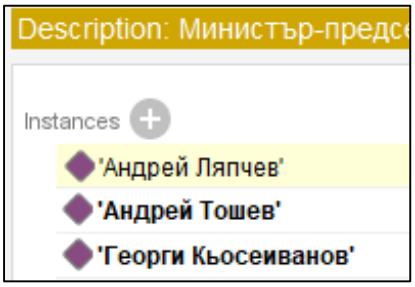


Фигура 6*. Несъвместими класове с клас „Ода“*

Чрез различните видове ограничения – екзистенциални, универсални и кардинални, основният клас се свързва с рестриктивния и се създават нови неименувани класове, които са примитивни или дефинирани, в зависимост от това дали са зададени само необходими условия или необходими и достатъчни. Повечето класове, които описват личности са от дефиниран тип, докато почти всички класове описващи обекти са от примитивен тип. Класове постигат своята еквивалентност, чрез използването на структурата: „Equivalent To“. За личностните класове (**Фигура 7**) аксиомата е оформена чрез връзка между обектно свойство и друг клас (рестриктивен).



Фигура 7. *Аксиома за еквивалентност с обектно свойство*



Фигура 8. *Скрити знания – резултат от аксиомата за еквивалентност за клас „Министър-председател“*

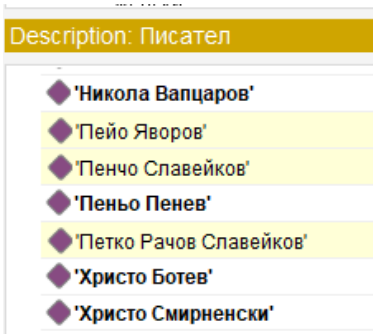
В онтологиите често има скрити знания, което ги отличава от базите данни. В структурата: „Equivalent To“ е описана аксиома, която казва, че Министър-председател е човек, който има поне една връзка с класа „Министерство“ чрез свойството „ръководи“. Това прави класът „Министър-председател“ определен. Когато една индивидуалност отговаря на тези условия, то тя ще бъде причислена към този клас „Министър-председател“, дори и такова категоризиране да не е директно зададено в онтологията (**Фигура 8**).

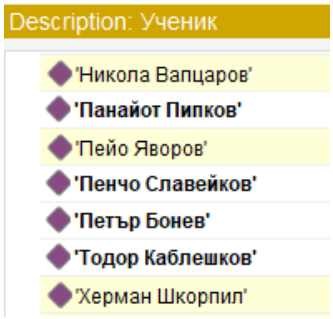
2.3 Индивидуалности

Индивидуалностите представляват конкретни обекти като хора, произведения, градове и т.н. и отговарят на определена дескриптивна логика. Те спадат към основните компоненти, които изграждат онтологията.

Индивидуалностите в онтологията се разделят на два типа:

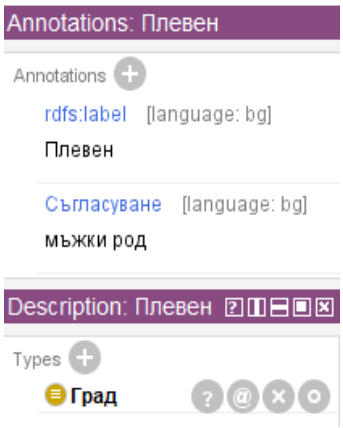
- ***Действащи лица*** – тези индивидуалности, които са хора (Пейо Яворов, Пенчо Славейков) и могат да принадлежат на множество родствени класове(**Фигура 9**).

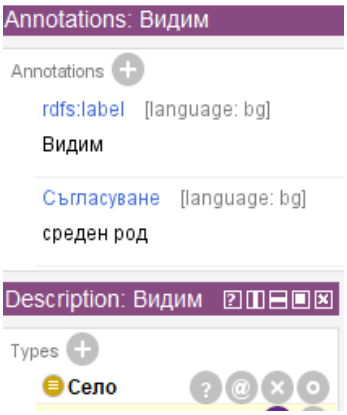




Фигура 9. *Индивидуалности*

- ***Обектни*** – индивидуалностите, които са конкретен обект като населени места, произведения, литературни периоди (Пловдив, Немили-Недраги). Те могат да се причислят само към един конкретен клас от дадена верига от класове Родител - Наследник. Обектните индивидуалности не притежават свой собствен род. Техният род се определя от рода на класа, към който принадлежат (**Фигура 10)** и (**Фигура 11**).





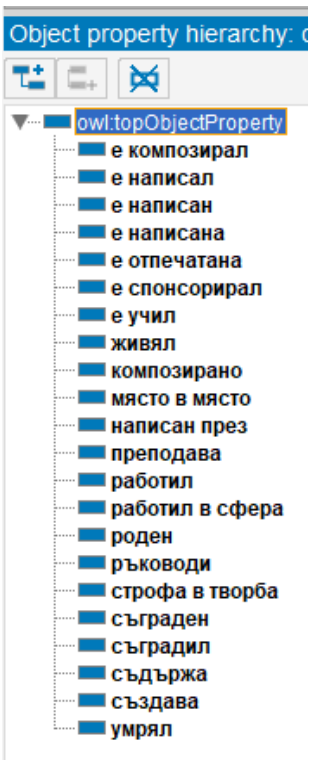
Фигура 10. *Съгласуване на индивидуалност с клас „Град“*

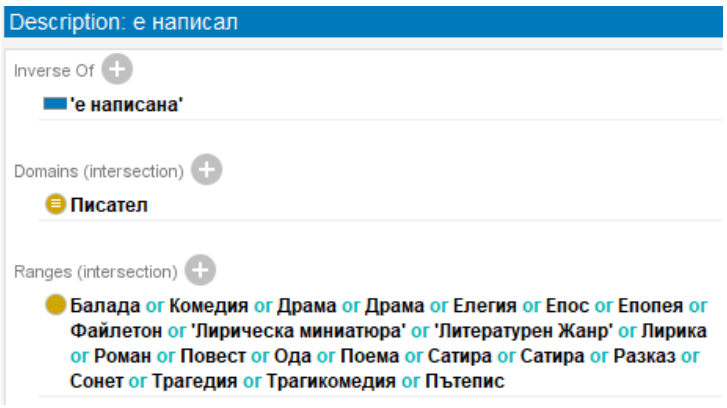
Фигура 11. *Съгласуване на индивидуалност с клас „Село“*

2.4 Обектни свойства

Обектните свойства в една онтология (**Фигура 13)** позволяват да бъде създадена връзка между индивидуалностите на два класа създавайки Resourse Description Framework (RDF) тройка: субект-предикат-обект, където субектът се явява подлог в изречението, докато обектът играе ролята на допълнение.

Чрез задаване на област (domain) и обхват (range) на обектното свойство, се показва възможността за изграждане на връзка между индивидуалности от класа на областта с индивидуалности от класа на обхвата чрез даденото свойство **(Фигура 12)**.





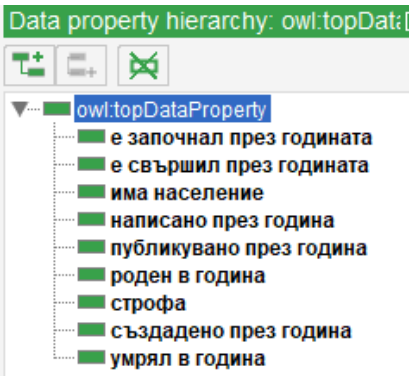
Фигура 12. *Домейн и ранг*

Фигура 13. *Обектни свойства*

2.5 Свойства данни

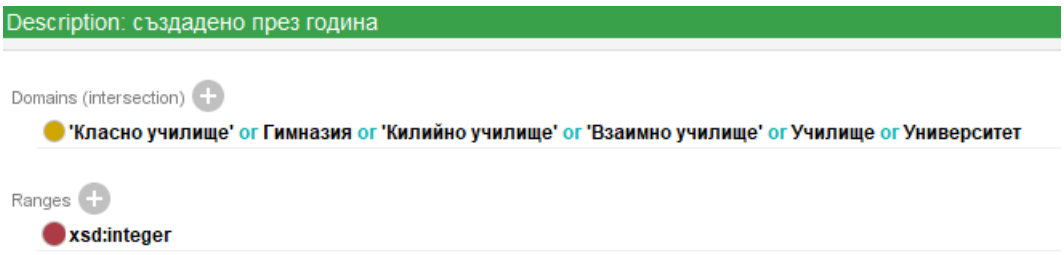
Свойствата данни описват данните на дадена индивидуалност с различни Resourse Description Framework Scheme RDF(S) типове данни. По този начин дадена индивидуалност може да се свърже с конкретна нейна стойност.

Създадените и използвани свойства данни са показани на (**Фигура 14**).



Фигура 14. *Свойства данни*

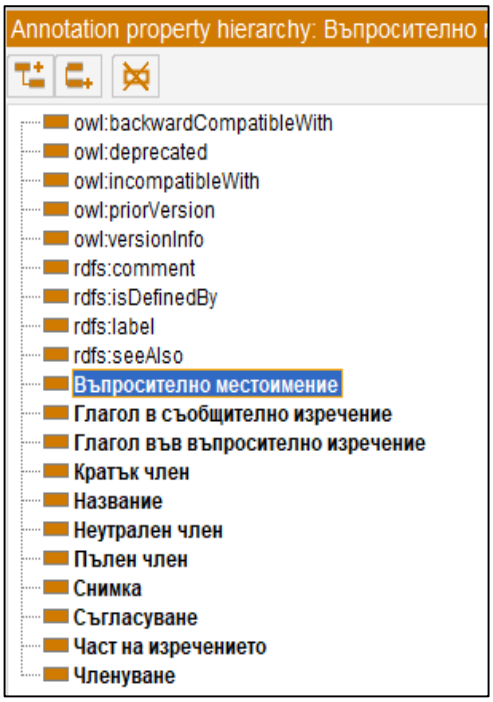
Чрез задаване на област (domain) и обхват (range) на свойство данни (**Фигура 15),** се дава възможност за изграждане на връзка между индивидуалности от класа на областта, със стойност принадлежаща на типа зададен като обхват на свойството.



Фигура 15. *Домейн и ранг*

2.6 Анотационни свойства

В BulgarianLiteratureAndHistoryOntology онтологията са добавени мета знания. Те представляват знания за самите знания т. е. дават допълнителна информация за класовете, индивидуалностите, обектните свойства, свойства данни или за самите себе си. Анотациите в Protégé се задават в AnnotationProperty. В Web Ontology Language (OWL) съществуват дефинирани анотационни свойства, но се предоставя и възможност за дефинирани от потребителя. В онтологията са създадени 11 анотационни свойства (**Фигура 16**), които ще се използват при генерирането на различни видове изречения на български език.

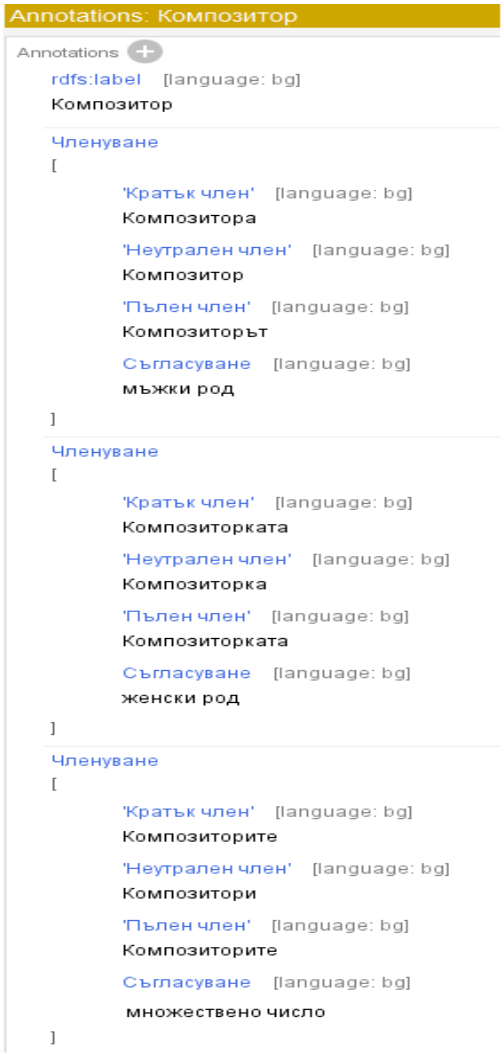


Фигура 16. *Анотационни свойства*

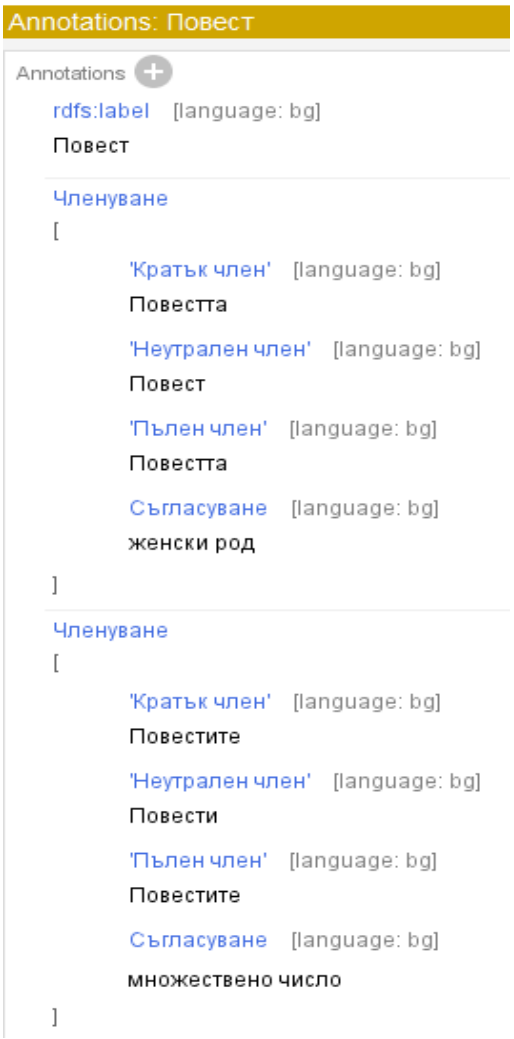
2.6.1 Анотацинни свойства за клас

При класовете се използват два типа анотационни свойства – прости и сложни. Простото свойство винаги е от тип „rdfs:label“ и е незадължително за генерирането на въпроси. То се използва в онтологията, за да представи обектите на български език. Сложните свойства “Членуване” са тези, които съдържат пълната информация за дадения клас. Те притежават четири подсвойства, в които се описва съгласуването на класа.

Анотационното свойството “Членуване” може да бъде зададено веднъж или няколко пъти за конкретен клас. В онтологията се използва няколко пъти “Членуване” за даден клас, когато описва личност, тъй като личностите могат да имат различен род и число. В анотационното свойство се задават различните родове и числа на класа („мъжки“, „женски“, „среден“ за единствено число и за множествено число), за да може да се направи засичане с рода и числото на индивидуалността принадлежаща на този клас (**Фигура 17)**. При класове описващи обекти (**Фигура 18)** се работи само с две свойства от тип “Членуване”, едното е за множествено число на класа (пример: „повест“), а другото е родът на обекта, който е конкретен и определен от семантиката на българския език и не зависи от индивидуалностите принадлежащи към него (пример: „повест“ е винаги от женски род).



***Фигура 17**. Анотоции за клас „Композитор“*

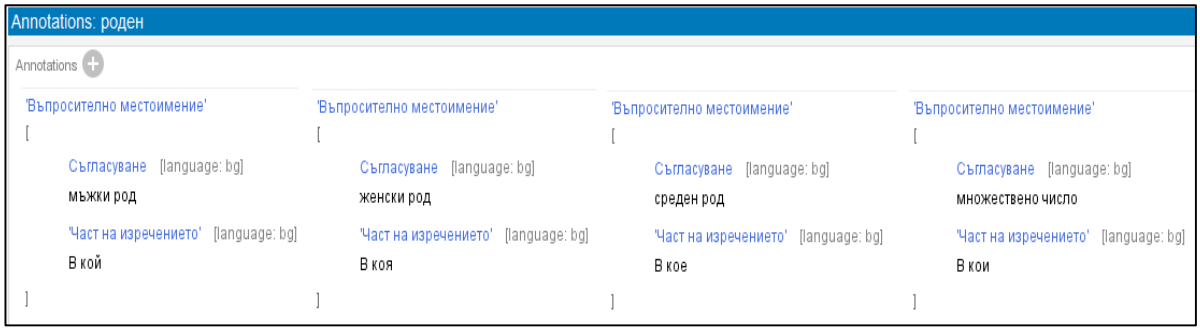


***Фигура 18.** Анотоции за клас „Повест“*

2.6.2 Анотацинни свойства за обектно свойство

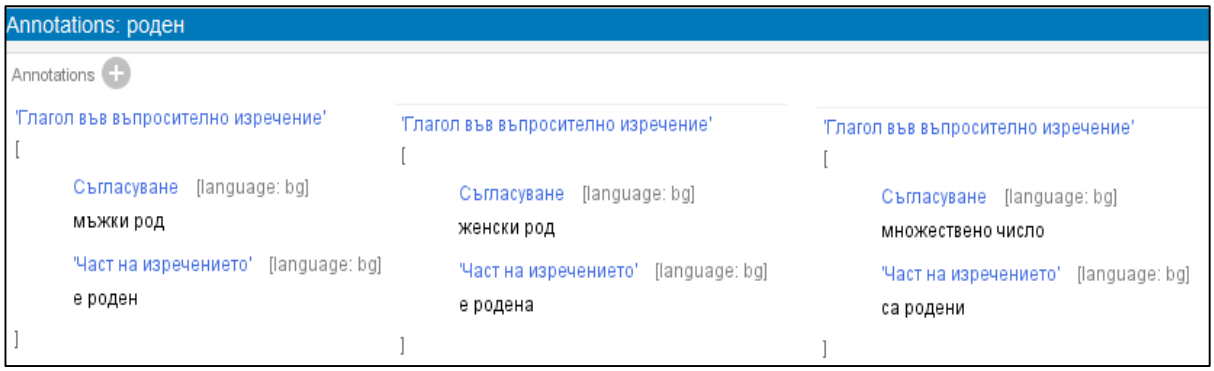
При обектните свойства използваме четири типа анотационни свойства – едно просто и три сложни**.** Простото свойство винаги е от тип „rdfs:label“ и е незадължително при генерирането на въпроси.

Трите сложни анатационни свойства са: „Въпросително местоимение“ (**Фигура 19**)



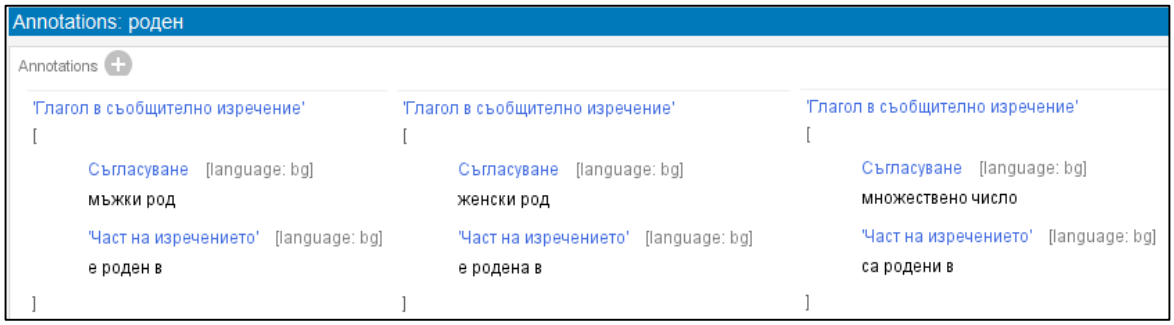
Фигура 19. *Съгласуване на въпросителното местоимение*

„Глагол във въпросително изречение“ (**Фигура 20)**



Фигура 20. *Съгласуване на глагола в анотационното свойство „Глагол във въпросително изречение“*

„Глагол в съобщително изречение“ (**Фигура 21**).

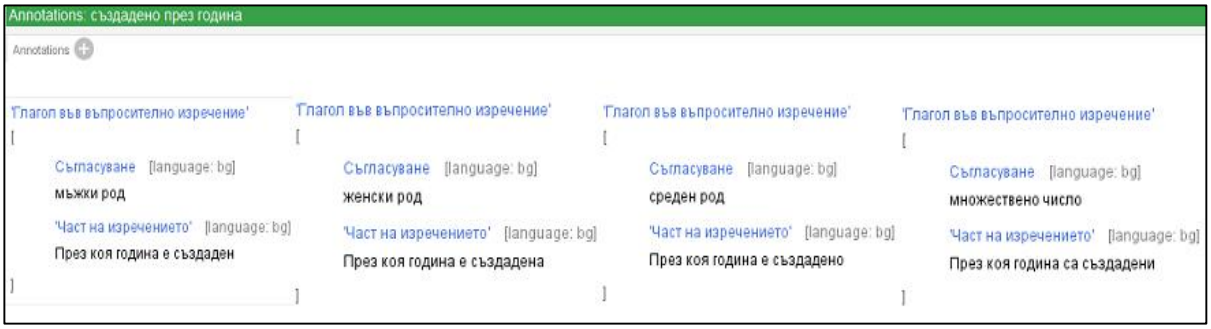


Фигура 21. *Съгласуване на свойството „Глагол в съобщително изречение “*

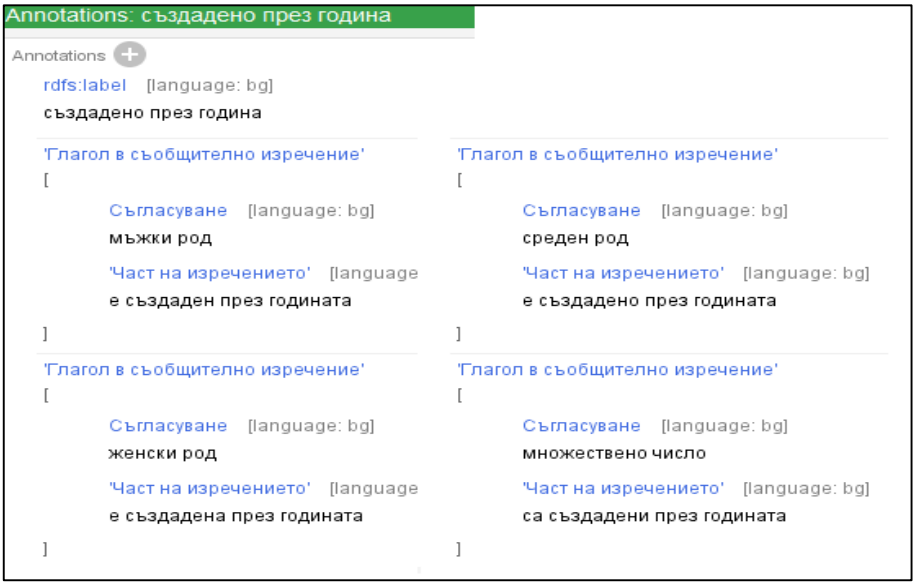
Всяко от тях присъства няколко пъти за всяко едно обектно свойство, в зависимост от това какви съгласувания то трябва да притежава. Всяко от трите свойства съдържа по две подсвойства от примитивен тип.

2.6.3 Анотацинни свойства за свойства данни

При свойства данни използваме три типа анотационни свойства – едно просто и две сложни. Простото свойство винаги е от тип „rdfs:label“ и е незадължително за генерирането на въпроси. То се използва в онтологията, за да представи свойство данни на български език. Двете сложни анатационни свойства, които се използват при генерирането на въпрос са: „Глагол във въпросително изречение“ (**Фигура 22**) и „Глагол в съобщително изречение“ **(Фигура 23**).



Фигура 22. *Съгласуване на свойство данни с подлога*



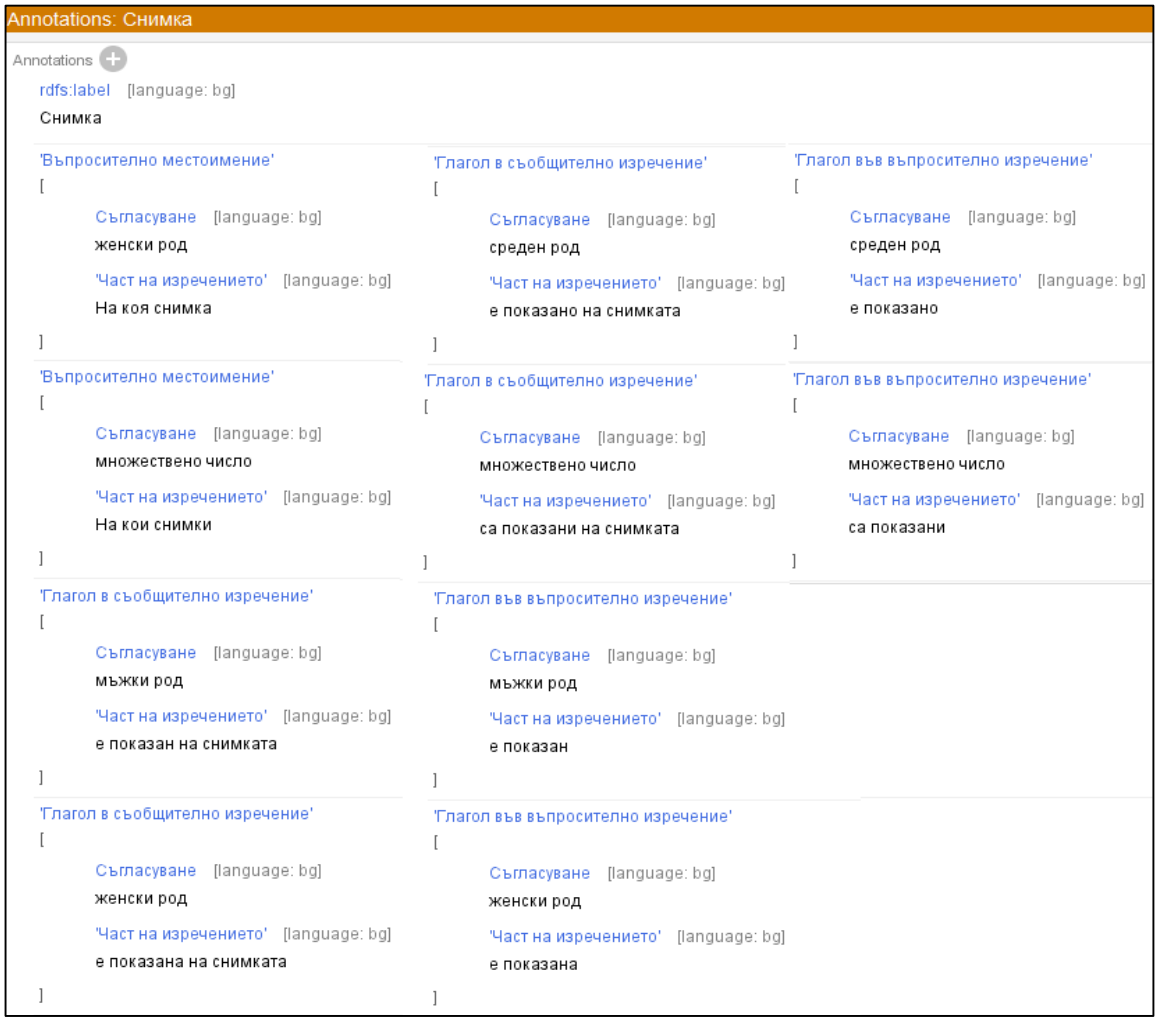
Фигура 23. *Анотация на свойство данни при съобщително изречение*

2.6.4 Анотацинни свойства за анотационните свойства

При анотационните свойства се използват четири типа анотационни свойства – едно просто и три сложни. Простото свойство винаги е от тип „rdfs:label“ и е незадължително за генерирането на въпроси. То се използва в онтологията, за да представи анотационното свойство на български език. Трите сложни анатационни свойства, които се използват при генерирането на въпрос са: „Глагол във въпросително изречение“, „Въпросително местоимение“ и „Глагол в съобщително изречение“ (**Фигура 24).** Всяко от тях присъства няколко пъти за всяко едно анотационно свойство в зависимост от това какви съгласувания то трябва да притежава.

Анотационните свойства „Глагол във въпросително изречение“ и „Въпросително местоимение“ се използват при генерирането на въпросителни изречения, а сложното

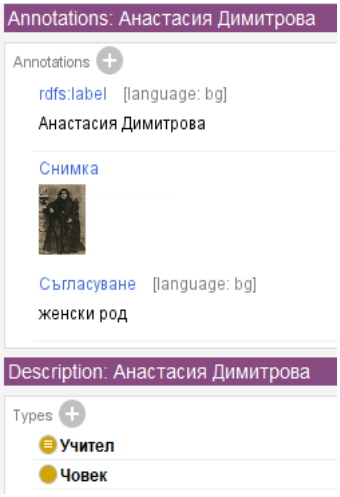
анотационно свойство „Глагол в съобщително изречение “ описва всички възможни съгласувания в съобщителните изречения.



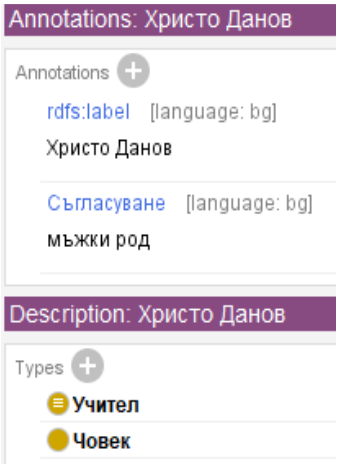
Фигура 24. *Анотации на анотационното свойство „Снимка“*

2.6.5 Анотацинни свойства за индивидуалност

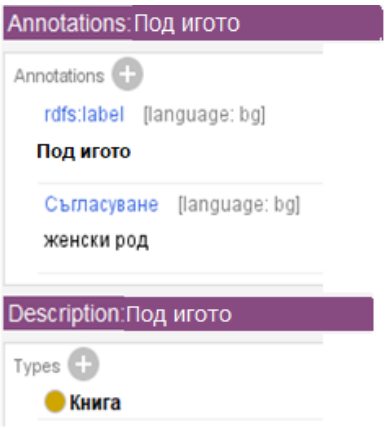
Всяка индивидуалност притежава по две задължителни прости анотационни свойства. Първото “rdfs:label” представлява названието на индивидуалността на български език и се използва при визуализирането ѝ в онтологията, както и при генерирането на въпроси. Второто е „Съгласуване“ и то определя рода на индивидуалността. Родът на индивидуалностите се задава в свойството „Съгласуване“ и зависи от типа индивидуалност. Когато става дума за личност, се използва рода на самата личност **(Фигура 25)** и (**Фигура 26)**. Когато става дума за индивидуалности от тип обект ситуацията е различна, защото обектите нямат конкретен род. Те приемат рода на класа, към който принадлежат (**Фигура 27)** и (**Фигура 28**).



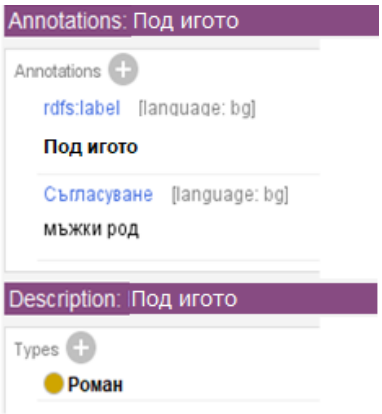
Фигура 25. *Индивидуалност от женски род*



Фигура 26. *Индивидуалност от мъжки род*



Фигура 27. *Индивидуалност от женски род член на клас „Книга“*



Фигура 28. *Индивидуалност от мъжки род член на клас „Роман“*

2.7 Обобщение и изводи от Глава 2

1. Създадена е онтология в областта на хуманитаристиката. Тя съдържа следните метрики:

- Аксиоми - 5094
- Класове - 90
- Обектни свойства - 22
- Свойства данни - 9
- Индивидуалности - 330
- Анотационни свойства - 12

2. Изключително важна част от създената онтологията са анотационните свойства, с които се постига генерирането на граматически правилни изречения на български език.

ГЛАВА 3: АЛГОРИТМИЧНИ ЗАЯВКИ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА РАЗЛИЧНИ ТИПОВЕ ИЗРЕЧЕНИЯ

Алгоритмите разработени за извличане на информация от онтологията под формата на въпросителни (**Фигура 29**) и съобщителни (**Фигура 30**) изречения са написани на езика за заявки SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language).

questionStart	answerType	questionLabel	fullMember	individual	answerCorrectA	answerWrongA	answerWrongB	answerWrongC
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Детство мое	Подир сенките на облаците	Сън за щастие
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Подир сенките на облаците	Подир сенките на облаците	Хубава си, татковино
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Весели балони	Подир сенките на облаците	Хубава си моя горо
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Сън за щастие	Подир сенките на облаците	Моторни песни
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Хубава си, татковино	Подир сенките на облаците	Епични песни
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Хубава си моя горо	Подир сенките на облаците	Евтим Евтимов - стихотворения
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Епични песни	Подир сенките на облаците	Под сурдинка
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Евтим Евтимов - стихотворения	Подир сенките на облаците	Пеньо Пенев - стихотворения
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Под сурдинка	Подир сенките на облаците	Под тъмни небеса
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Пеньо Пенев - стихотворения	Подир сенките на облаците	Да бъде ден
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Под тъмни небеса	Българи от старо време	Маминото детенце
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Кино	Моторни песни	Да бъде ден	Българи от старо време	Яворов - събрани съчинения
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Детство мое	Българи от старо време	Разкази за деца
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Подир сенките на облаците	Българи от старо време	Йордан Йовков - разкази
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Весели балони	Българи от старо време	Христо Смирненски - избрани тво
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Сън за щастие	Българи от старо време	Епопея на забравените
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Хубава си, татковино	Българи от старо време	Ян Бибиян
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Хубава си моя горо	Българи от старо време	Немили недраги
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Моторни песни	Подир сенките на облаците	Да бъде ден
"В коя"@bg	Стихосбирка	"е отпечатана"@bg	"Поемата"@bg	Самота	Пеньо Пенев - стихотворения	Епични песни	Българи от старо време	Маминото детенце

Фигура 29. *Генерирани въпросителни изречения с един верен и три грешни отговора*

Въпросителните изречения са:

- с един верен и три грешни отговора;
- с два верни и два грешни отговора.

fullMember	individualLabel	propertyLabel	partialMember	answerLabel
"Мъжът"@bg	"Атанас Беляев"@bg	"е работил в"@bg	"Гимназията"@bg	"Пловдивска мъжка гимназия"@bg
"Мъжът"@bg	"Атанас Беляев"@bg	"е ръководил"@bg	"Гимназията"@bg	"Пловдивска мъжка гимназия"@bg
"Мъжът"@bg	"Пеньо Пенев"@bg	"е живял в"@bg	"Града"@bg	"Димитровград"@bg
"Мъжът"@bg	"Пеньо Пенев"@bg	"е живял в"@bg	"Държавата"@bg	"България"@bg
"Мъжът"@bg	"Пеньо Пенев"@bg	"е умрял в"@bg	"Града"@bg	"Димитровград"@bg

Фигура 30. *Генериране на съобщителни изречения с дописване на верния отговор*

Съобщителните изречения са:

- с дописване на отговора;
- с отговор да или не.

При генерирането на различните видове изречения, в алгоритмите са разгледани три различни възможности, в зависимост от използваните елементи в RDF тройките :

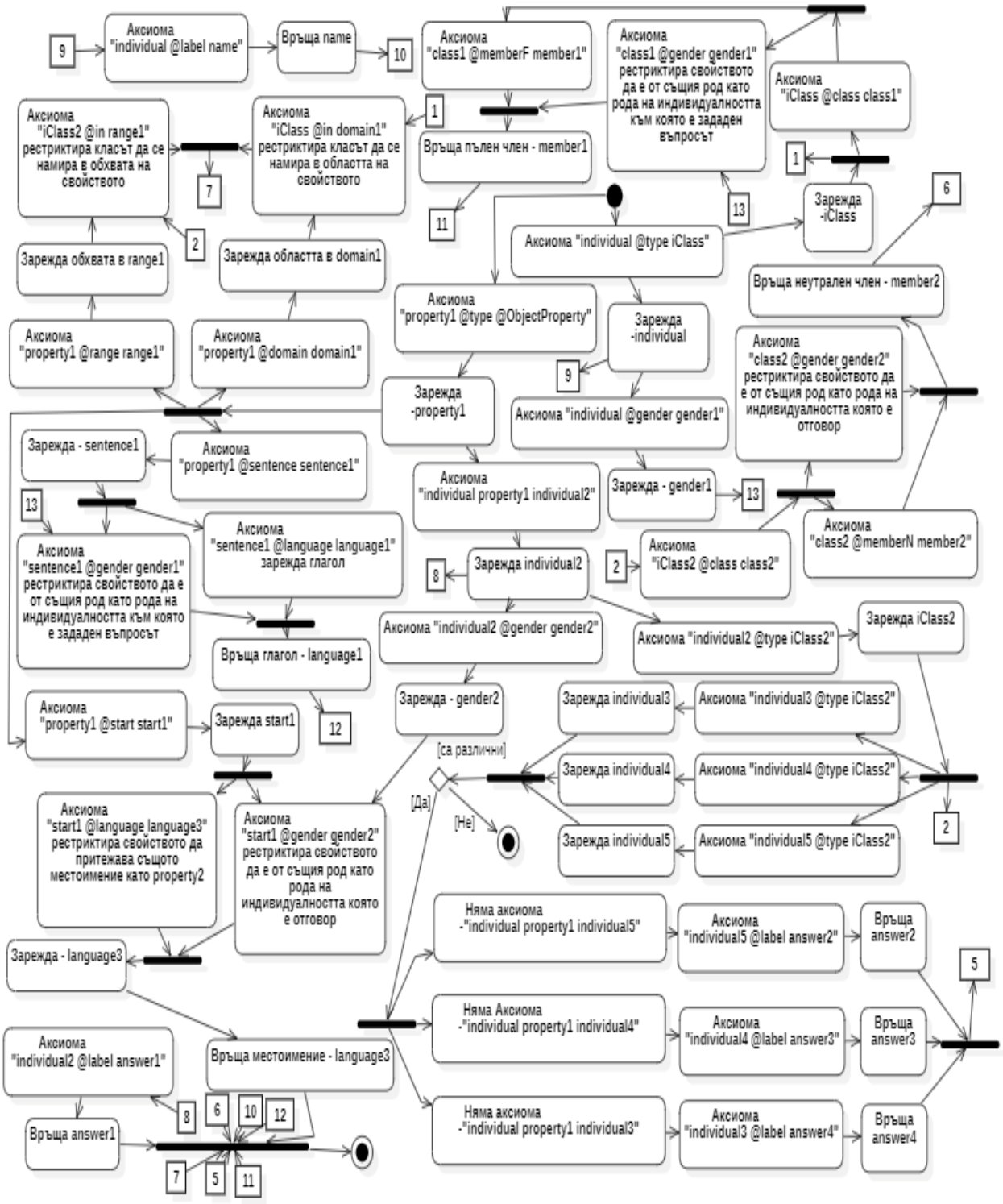
- изречение съставено въз основа на връзка между две индивидуалности свързани чрез обектно свойство;
- изречение съставено въз основа на връзка между индивидуалност и негова стойност чрез свойство данни;
- изречение съставено въз основа на връзка между индивидуалност и снимка чрез анотационно свойство.

Създадени са 15 алгоритъма в дисертационния труд и за тяхното представяне са използвани активити диаграми.

Стъпките на алгоритъма за генериране на въпросително изречение с един верен и три грешни отговора, извлечени от RDF тройки, съставени от две индивидуалности, свързани чрез обектно свойство е показан на **(Фигура 31)** чрез активити диаграма.

Описание на алгоритъма:

1. Зареждат се анотации на създадените анотационни свойства;
2. Зареждат се индивидуалности и класовете, към които те принадлежат;
3. Създаване на триплет;
4. Зареждат се класовете, които са домейни на свойството;
5. Създава се списък от триплети, в който са заредени всички възможни комбинации на субекта, принадлежащ на множество класове и връзката с обекта чрез това свойство;
6. Филтрират се класовете и остават тези, които са от областта на свойството;
7. Зареждат се класовете, които са в обхвата на свойството;
8. Създава се списък от триплети, в който са заредени всички възможни комбинации на обекта, принадлежащ на множество класове и връзките със субекта чрез това свойство;
9. Филтрират се класовете и остават тези, които са от обхвата на свойството;
10. Индивидуалността /верен отговор/ зарежда класа, към който принадлежи;
11. Зареждат се три индивидуалности /грешни отговори/, които принадлежат на класа на индивидуалността /верен отговор/;
12. Зарежда се етикета на индивидуалността /верен отговор/;
13. Зареждат се етикетите на индивидуалностите /грешен отговор/;
14. Филтрират се грешните отговори, така че трите индивидуалности да са различни;
15. Филтри, които налагат индивидуалността /субект/ да няма връзка чрез това свойство с индивидуалностите /грешни отговори/;
16. Зарежда се рода на индивидуалността /субект/;
17. Зарежда се рода на индивидуалността /верен отговор/;
18. Зареждат се етикетите на анотациите на класа на субекта;
19. Родът на индивидуалността /субект/ се засича с рода на класа, към който принадлежи;
20. Извлича се пълния член;
21. Зареждат се анотациите на свойството “Глагол във въпросително изречение”;
22. Родът на индивидуалността на субекта /подлог/ се засича с правилната форма за съгласуване на глагола;
23. Извлича правилно съгласувания глагол;
24. Зареждат се анотациите на свойството “Въпросително местоимение”;
25. Родът на класа на индивидуалността на обекта /допълнение/ се засича с правилната форма за съгласуване на личното местоимение;
26. Извлича се правилно съгласуваното лично местоимение.



Фигура 31. *UML Активити диаграма*

Изводи от Глава 3

1. Създадените алгоритмични заявки използват анотационните свойства, в които са заложени основните граматични конструкции, на база на които се създават въпросителни и съобщителни изречения, отговарящи на книжовните норми на езика. SPARQL заявките извличат информацията от тези анотационни свойства, за да се създадат различните видове

изречения и генерират верния отговор и предложения за възможни грешни отговори. Множеството автоматично създадени въпроси на български език, зависи от информацията въведена в онтологията под формата на класове и индивидуалности. Разнообразието на тези въпроси се дължи на множеството разработени алгоритми. Те използват анотационните свойства, за да генерират различни видове изречения на база обектни свойства, свойства данни и анотационни свойства.

2. Описаните алгоритми връщат резултати, само ако е спазен описаният подход за създаване на онтология в Глава 2.

ГЛАВА 4: ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ И ИЗВЛИЧАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ОТ НЕЯ

4.1 Приложение за създаване на онтология

Приложението създадено за генериране на онтологията се казва „OnthologyGenerator“. Написано е на езика C# и представлява „Windows“ приложение, което има входяща информация - конфигурационни файлове и изходяща – създадена онтология **(Фигура 32).**

Name	Date modified	Type	Size
configuration.json	6/11/2023 12:44 PM	JSON File	1 KB
configuration_classes.json	6/11/2023 11:49 AM	JSON File	5 KB
configuration_data_properties.json	6/11/2023 12:51 PM	JSON File	6 KB
configuration_individuals.json	6/11/2023 12:13 PM	JSON File	2 KB
configuration_object_properties.json	6/11/2023 12:47 PM	JSON File	7 KB
links_with_data_properties.json	6/11/2023 11:49 AM	JSON File	5 KB
links_with_object_properties.json	6/11/2023 11:49 AM	JSON File	5 KB
onthology.owl	5/24/2023 8:01 PM	OWL File	1,059 KB
OnthologyGenerator.exe	5/2/2023 10:52 PM	Application	155 KB

Фигура 32. *Онтология*

Създадената онтология е във формат “owl/xml syntax”. За да може да бъде използвана от приложението за извличане на информация, се налага онтологията да бъде отворена в Protégé и запаметена в “rdf/xml syntax”.

4.2 Приложение за извличане на информация от онтология

Приложението създадено за извличането на информация от онтологията е „OnthologyReader“. То използва (**Фигура 33**):

Name	Date modified	Type	Size
OnthologyReader.exe	5/2/2023 10:52 PM	Application	155 KB
ALG_1_A.json	6/10/2023 10:40 PM	JSON File	2 KB
ALG_1_B.json	6/10/2023 10:37 PM	JSON File	27 KB
ALG_2_A.json	6/10/2023 10:38 PM	JSON File	11 KB
ALG_1_A.mghsparql	6/10/2023 10:42 PM	MGHSPARQL File	3 KB
ALG_1_B.mghsparql	5/21/2023 12:53 PM	MGHSPARQL File	2 KB
ALG_2_A.mghsparql	5/21/2023 1:13 PM	MGHSPARQL File	3 KB
onthology.owl	4/12/2023 8:28 AM	OWL File	864 KB

Фигура 33. Върнати резултати


```
[
  {
      "startQuestionLabel": "В кои",
      "answerType": "градове",
      "questionSentenceLabel": "е живял",
      "fullMemberLabel": "цар",
      "individual": "Симеон",
      "correctAnwerALabel": "Константинопол",
      "correctAnwerBLabel": "Плиска",
      "wrongAnwerALabel": "Филипополис",
      "wrongAnwerBLabel": "Адрианопол",
  },
   {
]
```


Фигура 34. *Съдържание на JSON документ*

- SPARQL заявка – вход – файл с разширение „.mghsparql“, в който е описан алгоритъмът, който трябва да бъде изпълнен върху онтологията.
- Онтология – вход – създадената онтология запазена във формат „RDF/XML“ и именувана „onthology.owl“.
- JSON документ **(Фигура 34)** – изход – файлът съдържа JSON списък от обекти, където всеки обект е уникален резултат, върнат от заявката.

4.3 Изводи от Глава 4

1. Създадено е приложение „OnthologyGenerator“, което облекчава работата по създаването на нова онтология, като използва конфигурационни файлове, за да премахне ръчното въвеждане на идентични структури в множеството различни обекти на онтологията. Онтологията се запазва във формат “OWL/XML ”.
2. Създадено е приложение „OnthologyReader“, което използва SPARQL заявка, която се изпълнява за онтология запазена в „RDF/XML“ формат и връща резултати, които се запазват в “.json” документ. В резултатите се съхраняват генерираните изречения на български език, в зависимост от изпълнената заявка, реализираща конкретен алгоритъм.

ГЛАВА 5: АНАЛИЗ И ПРОВЕРКА НА ПРЕДЛОЖЕНИЯ МЕТОД

Създадена е нова (втора) онтология с цел да се анализира предложеният подход за нейното генериране и извличане на информация чрез формулиране на въпроси. Създадената онтология представя първата българска държава. Тя се използва за проверка

на изпълнението на алгоритмите, за да се установи дали връщат смислени и синтактично коректни въпроси.

Всяка от създадените заявки се изпълнява за втората онтология с цел валидация. Изпълнението на заявките се постига чрез използване на приложението "OnthologyReader".


```
{
    "className": 'Khan',
    "classVisualization": 'Хан',
    "classLabel": [
        {
            "fullMember": 'Хан',
            "partialMember": 'Хан',
            "neutralMember": 'Хан',
            "gender": 'мъжки род'
        },
        {
            "fullMember": 'Хановете',
            "partialMember": 'Хановете',
            "neutralMember": 'Ханове',
            "gender": 'множествено число'
        }
    ],
    "parentClassOf": [],
    "disjoinedWith": [],
    "equivalentTo": [
        {
            "connectingProperty": 'ruledCountry',
            "connectedClass": 'Country',
            "mainClass": 'Ruler'
        }
    ]
    "subClassOf": []
},
```


След създаването на валидиращата онтология и изпълнените заявки бе забелязан проблем с част от класовете ѝ. Титлите и населените места в българския език не се членуват, когато играят роля на приложения, независимо каква част на изречението поясняват. Това наложи да се направи промяна в под свойства „Пълен член“ и „Кратък член“ и те да приемат стойности като под свойството „Неутрален член“(**Фигура 35**).

Фигура 35. *Специфика на граматическа категория*

Тази промяна позволява да бъде направен анализ от две гледни точки. Първата е, да се провери дали ще се генерират изречения, които са правилно членувани и съгласувани спрямо зададените норми (пълен/кратък член). Втората, да се провери възможността за генериране на изречения, които отговарят на специфични правила в българския език. След промяната структурата на изречението се запазва, но то придобива вида: (**Фигура 36**).


```
{
    "questionLabel": "През коя година е завършило управлението на",
    "fullMemberLabel": "хан",
    "individualLabel": "Аспарух",
    "correctAnswerALabel": "700",
    "wrongAnswerALabel": "814",
    "wrongAnswerBLabel": "927",
    "wrongAnswerCLabel": "721",
},
```


Фигура 36. *Върнати резултати*

5.1 Сравнителен анализ

В разработената онтология е наложена конкретна структура, която трябва да се спазва стриктно, за да се генерират правилно тестови въпроси на български език.

При генерирането на въпроси, заявките от алгоритмите могат да се изпълнят, както в Protégé, така и в „OnthologyReader“. Двете приложения връщат идентична информация. Може да се направи селектиране, за да се генерират резултати за опредена индивидуалност или свойство. Създаденото приложение улеснява работа по извличане на информация от онтологията и автоматично създава файл с върната информация в JSON формат .

Тестване на двете програми за времето необходимо за обработка на алгоритмичните заявки и връщане на резултати от тях е показано в (**Таблица 1**).

Алгоритъм	Protégé			OnthologyReader		
	10 резултата	25 резултата	100 резултата	10 резултата	25 резултата	100 резултата
3.1.1	2.35 сек.	10.11 сек.	95.13 сек.	2.20 сек.	9.93 сек.	87.11 сек.
3.1.2	1.54 сек.	7.23 сек.	69.16 сек.	1.36 сек.	6.59 сек.	62.25 сек.
3.1.3	1.09 сек.	4.47 сек.	-	0.97 сек.	4.01 сек.	-
3.2.1	2.17 сек.	9.32 сек.	81.31 сек.	2.02 сек.	9.09 сек.	76.18 сек.
3.2.2	1.37 сек.	7.06 сек.	68.58 сек.	1.17 сек.	6.41 сек.	60.59 сек.
3.2.3	0.52 сек.	4.34 сек.	-	0.51 сек.	3.57 сек.	-
3.3.1	2.32 сек.	15.44 сек.	58.34 сек.	1.39 сек.	13.30 сек.	55.21 сек.
3.3.2	2.09 сек.	13.57 сек.	56.29 сек.	1.30 сек.	11.25 сек.	50.36 сек.
3.4.1	1.31 сек.	6.37 сек.	30.18 сек.	1.24 сек.	6.01 сек.	29.23 сек.
3.4.2	1.21 сек.	5.16 сек.	29.57 сек.	1.09 сек.	5.49 сек.	28.40 сек.
3.4.3	0.57 сек.	3.43 сек.	-	0.55 сек.	3.34 сек.	-
3.5.1	4.23 сек.	20.01 сек.	155.26 сек.	3.59 сек.	19.39 сек.	143.31 сек.
3.5.2	3.55 сек.	18.31 сек.	137.17 сек.	3.52 сек.	18.09 сек.	135.45 сек.
3.6.1	5.13 сек.	26.22 сек.	166.38 сек.	4.47 сек.	22.30 сек.	154.21 сек.
3.6.2	5.02 сек.	22.46 сек.	150.20 сек.	4.26 сек.	21.29 сек.	149.54 сек.

Таблица 1. *Резултати от направените тестове*

Направеният анализ е постигнат при изпълнението на всеки алгоритъм за една конкретна индивидуалност и въпросите, които могат да бъдат зададени към нея. Всеки от алгоритмите е изпълнен по пет пъти за всяка среда и е представено средно статистическото време, нужно за получаването на резултати. Резултатите показват, че създаденото приложение успява да извлече информация от онтологията малко по-бързо от Protégé.

5.2 Изводи от Глава 5

1. Предоставеният анализ показва, че създадените алгоритми изпълняват алгоритмични заявки в онтологии с предложената структура. Генерират се синтактично правилни въпросителни и съобщителни изречения, при които са спазени основните граматични правила, които са заложени в българския език.

2. С направената промяна в стойностите на анотационните свойства се изчистват засечените изключения за определени граматични норми. Това показва, че разработените структури могат да се адаптират към залагане на нови граматически норми и правила.

3. Генерираните изречения са съставени на база на различни елементи в RDF структурите.

4. Според направените експерименти се доказва, че при работа с приложението „OnthologyReader“ генерирането на въпроси от онтологията отнема по-малко време, отколкото програмата Protégé.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дисертацията е представено изследване за създаване семантични модели в областта на хуманитаристиката, които са приложими в информационните и комуникационни технологии. В разработената онтология, информацията е структурирана по подходящ начин, така че да може да бъде извличана от създадените алгоритми. Чрез тях се генерират автоматично правилни граматични изречения на български език.

Резултати

Резултатите в дисертационния труд следствие от поставените задачи са:

1. Създаден семантичен модел под формата на онтология в хуманитарната област.
2. Създадени алгоритми за автоматично генериране на въпросителни и съобщителни изречения от онтологията на български език.
3. Разработено приложение „OnthologyGenerator“ на езика C#, използващо предефинирани конфигурационни структури за създаване и вмъкване на информация в онтологията.
4. Създадено приложение „OnthologyReader“ на езика C# за извличане на информация от онтологии въз основа на създадените алгоритми.

Връзката между резултатите, задачите, структурата на дисертацията и публикациите, са представени в (**Таблица 2**):

Задача	Резултат	Глава	Публикации
1	1	2	2, 3, 5, 6
2	2	3	1, 2, 3, 4
3	3	4, 5	
4	4	4, 5	

Таблица 2. *Връзка между приносите, задачите, структурата на дисертацията и публикациите на автора*

Бъдещо развитие

1. В онтологията може да бъде въвеждана нова информация под формата на класове, инстанции, свойства, като е необходимо да се следва създадената структура.
2. Могат да се параметризират разработените алгоритми, за да покрият по-широк спектър от варианти на тестови въпроси.
3. Да се създадат нови алгоритми, които да връщат смислено обособен текст.
4. Разработеният семантичен модел на онтологията може да се приложи при създаването на нови онтологии в различни дисциплини и да се използва разработеният подход при генериране на тестови въпроси.

5. Модифициране на разработената среда за електронно тестване TGE, която е реализирана като мултиагентна система във ВОП, с използване на алгоритмите за генериране на тестови въпроси на български език.

Благодарности

Изказвам сърдечна благодарност към научните ми ръководител проф. д-р Ася Стоянова-Дойчева и проф. д-р Тодорка Глушкова за позитивната енергия, ценните насоки и безрезервна подкрепа. Изказвам специална благодарност към проф. д-р Станимир Стоянов. Благодаря и на всички колеги за съветите, препоръките и съдействието.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Glushkova, T., **Grancharova-Hristova, M.,** Moraliyska, N., *Processing and use of knowledge about the Cultural-Historical and Natural Heritage of Bulgaria in school education*, Anniversary International Scientific Conference "Computer Technologies and Applications", September 2021, Pamporovo, Bulgaria, ISBN 978-619-202-702-5, p.57-62, https://cta2021.fmi-plovdiv.org/wp-content/uploads/2021/09/CTA2021 _Glushkova_Grancharova_Moraliiska_57_62.pdf

2. **Грънчарова-Христова, М**. Глушкова, Т., Стоянова-Дойчева, А., Стоянов, Д., *Използване на онтологии и бази от данни с учебна информация при проверка знанията на обучаемите*, Сборник научни трудове от VI-та Национална научна конференция с международно участие TechCo'22, 1 - 2 Юли 2022, Ловеч, ISSN 2535-079X, стр. 73-78, https://www.tugab.bg/images/tk-lovech/Techco-Lovech-22.pdf .

3. Stoyanova-Doycheva, Asya & Madanska, Sebiha, **Grancharova-Hristova, Maria**, Glushkova, Todorka, Cholakov, Georgi. (2022). *Development of Ontologies in Different Domains for a Test Generation Environment*. www.doi.org/10.4995/HEAd22.2022.14205, **SCOPUS**.

4. **Grancharova-Hristova, M**., Moraliyska, N., Rusev, K., Ivanova, V., Tabakova-Komsalova, V. (2021). Application of ontologies and digital libraries in school education. Informatics and Education, 10 (329), 15-20. http://doi.org/10.32517/0234-0453-2021-36-10-15-20

5. **Grancharova-Hristova M.**, Moraliyska N., Madanska S., *Development of an Ontology in the Field of the Humanities*, Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization KIN Journal, volume 7, Issue 2, 2021, http://www.math.bas.bg/vt/kin/ , 2021

6. **Grancharova-Hristova, M.**, Moraliyska, N., Glushkova, T., & Rusev, K. (2022). *Virtualization, Processing, and Standardization of Knowledge about Bulgarian Cultural, Historical and Natural Heritage for Use in School Education*. Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage, 12 (1), 131–140. https://doi.org/10.55630/dipp.2022.12.10, **SCOPUS**

РЕФЕРИРАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] T. Berners Lee, J. Handler, O. Lassila, The Semantic Web, Scientific American, vol. 284, pp. 34-43, May 2001.

[2] Berners-Lee, T., What the semantic web can represent, W3 org., Scientific report 2000

[3] Uschold, M. (2003). Where are the semantics in the semantic web? Ai Magazine, 24(3), 25-25.

[4] Handschuh, S., & Staab, S. (2003). Cream: Creating metadata for the semantic web Computer Networks, 42(5), 579-598.

[5] Extensible Markup Language (XML) https://www.w3.org/XML/

[6] Resource Description Framework (RDF) http://www.w3.org/RDF/

[7] RDF Schema 1.1 http://www.w3.org/TR/rdf-schema/

[8] OWL Web Ontology Language https://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/

[9] SPARQL 1.1 https://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-overview-20130321/

[10] Gruber T. R. A translation approach to portable ontologies / Knowledge Acquisition, 1993, V. 5(2), P. 199-220

[11] Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?. International journal of human-computer studies, 43(5-6), 907-928.

[12] Swartout, W., & Tate, A. (1999). Guest editors' introduction: Ontologies. IEEE Intelligent Systems, 14(01), 18-19.

[13] Fensel, D., Van Harmelen, F., Horrocks, I., McGuinness, D. L., & Patel-Schneider, P. F. (2001). OIL: An ontology infrastructure for the semantic web. IEEE intelligent systems, 16(2), 38-45.

[14] Baclawski, K., Kokar, M. K., Kogut, P. A., Hart, L., Smith, J., Holmes III, W. S., . & Aronson, M. L. (2001, September). Extending UML to support ontology engineering for the semantic web. In International Conference on the Unified Modeling Language (pp. 342-360). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

[15] Mazzocchi, S. (2005). Closed world vs. open world: the first semantic web battle. Stefano's Linotype.

[16] Reiter, R. (1981). On closed world data bases. In Readings in artificial intelligence (pp. 119-140). Morgan Kaufmann.

[17] McGuinness, D. L., & Van Harmelen, F. (2004). OWL web ontology language overview. W3C recommendation, 10(10), 2004.

[18] Barker, Ph. , "Designing Teaching Webs: Advantages, Problems and Pitfalls" в Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunication, Association for the Advancement of Computing in Education, Charlottesville, VA, ISBN 978-953-51-0054-6 , 2000, pp. 54-59.

[19] Microsoft Teams, “Quick Start Guide”, https://download.microsoft.com/download/D/9/F/D9FE8B9E-22F5-47BF-A1AB-09539C41FCD0/Teams%20QS.pdf

[20] Google Classroom, “Get started with Classroom for teachers”, 2022, https://support.google.com/edu/classroom/answer/9582854?hl=en&ref_topic=9049890

[21] Moodle Community. (2022). https://moodle.org/, retrived on 18.01.2022

[22] https://v4.dipseil.net/

[23] Glushkova, T., M. Miteva, A. Stoyanova-Doycheva, V. Ivanova, S. Stoyanov, Implementation of a Personal Internet of Thing Tourist Guide, American Journal of Computation, Communication and Control, issue 1/2018, Pages: 39-51, ISSN: 2375-3943, http://www.aascit.org/journal/ajccc

[24] Stoyanov S., Glushkova T., Popchev I., Doukovska L. (2021) Virtualization of Things in a Smart Agriculture Space. In: Sgurev V., Jotsov V., Kacprzyk J. (eds) Advances in Intelligent Systems Research and Innovation. Studies in Systems, Decision and Control, vol 379. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78124-8_16, https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100828949&tip=sid&clean=0, ISBN 978-3-030-78123-1.

[25] Glushkova, T., Stoyanov, S., Ivanova, V., Krasteva, I., AN IDEA FOR CONDUCTING THE EDUCATIONAL PROCESS IN A VIRTUAL-PHYSICAL SPACE, AIP Conference Proceedings 2333, 050006 (2021); https://doi.org/10.1063/5.0041727 AIP

[26] Valkanov, V., Stoyanov, S., & Valkanova, V. (2016). Virtual education space. Journal of Communication and Computer, 13(2), 64-76.

[27] S. Stoyanov, T. Glushkova, An Approach to E-learning in the Virtual Education Space, CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2770, 2020, 55–64, ISBN: 1613-0073.

[28] Todorov, J., Krasteva, I., Ivanova, V., & Doychev, E. (2019, July). BLISS-A CPSS-like Application for Lifelong Learning. In 2019 IEEE International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA) (pp. 1-5). IEEE.

[29] Stoyanov, S., Popchev, I., Doychev, E., Mitev, D., Valkanov, V., Stoyanova-Doycheva, A., & Minov, I. (2010). DeLC educational portal. Cybernetics and Information Technologies, 10(3), 49-69.

[30] Stancheva, N. S., Popchev, I., Stoyanova-Doycheva, A., & Stoyanov, S. (2016, September). Automatic generation of test questions by software agents using ontologies. In 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS) (pp. 741-746). IEEE.

[31] Stancheva, N., Stoyanova-Doycheva, A., Stoyanov, S., Popchev, I., Ivanova, V. (2017). A model for generation of test questions. Compt. Rend. Acad. bulg. Sci, 70(5), 619-630.

[32] Станчева, Н., (2020). Дисертационен труд „Семантични модели за Виртуално Образователно Пространство“, защитен във ФМИ на ПУ “П. Хилендарски“, Пловдив.

[33] Димов, Д., (2000). Историческият подвиг на Пловдивската гимназия Св. Кирил и Методий. Издателска къща „Жанет-45“, ISBN 954-491-006-2.