Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“
Факултет по математика и информатика
Катедра „Компютърни системи“

Себиха Ахмедова Маданска

СЕМАНТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА БЪЛГАРСКОТО КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКО НАСЛЕДСТВО

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

Научен ръководител: Проф. д-р Станимир Недялков Стоянов

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“ на 09.12.2022 г.

Дисертационният труд съдържа 158 страници. Библиографията включва 277 източника. Списъкът на авторските публикации се състои от 4 заглавия.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на ..... от ..... ч. в Заседателната зала на Нова сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“.

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.

Автор: Себиха Ахмедова Маданска

Заглавие: „Семантично моделиране на българското културно-историческо наследство“

Пловдив, 2023

СЪДЪРЖАНИЕ

Обща характеристика на дисертационния труд 5
1.1 Актуалност на тематиката 5
1.2 Цели и задачи на дисертационния труд 6
1.3 Структура на дисертационния труд 7
Кратко съдържание на дисертационния труд 7
Глава 2 Обзор на проблемната област 7
2.1 Основни понятия 8
2.2 Семантични модели – кратък исторически преглед 8
2.3 Семантично моделиране посредством онтологии 9
2.3.1 Онтологии 9
2.3.2 Семантична мрежа 9
2.3.3 Онтологични езици 9
2.4 OWL онтологии 9
2.4.1 Приложения на онтологии в различни области 10
2.4.2 Онтологии в сферата на КИН 10
2.5 Специфики при семантичното моделиране на КИН (възрожденска жилищна архитектура) 10
2.6 ViPS 10
2.7 Изводи и перспективи 10
Глава 3 Семантично моделиране на онтологии за домейна 11
3.1 Подход 11
3.1.1 Международен стандарт за каталогизиране на културни обекти (CCO) 11
3.1.2 Основен йерархичен модел 12
3.2 Формален модел 12
3.3 Визуализация чрез езика UML 12
3.4 Изводи и перспективи 12
Глава 4 Архитектура и прототипна реализация на онтология 13
4.1 Съпътстващи разработки 13
4.2 Разработване на онтология Objects 13
4.3 Разработване на онтология Materials 13
4.4 Разработване на онтология Subjects 14
4.5 Разработване на онтология Agents 15
4.6 Разработване на онтология Locations 17
4.7 Разработване на онтология Functionalities 18
4.8 Разработване на онтология OldHouses 18
4.9 Изводи и перспективи 20
Глава 5 Приложения и резултати 21
5.1 Изводи на база на логиките 21
5.2 Типологична определеност 23
5.3 Извличане на информация посредством SPARQL заявки 24
5.4 Приложение в образователната сфера 25
5.5 Виртуализация и визуализация на данните 26
5.6 Изводи и перспективи 26
Заключение – резюме на получените резултати 26
6.1 Резултати и приноси 27
6.1.1 Доклади на научни конференции 27
6.1.2 Публикации по дисертационния труд 28
6.1.3 Обобщение на резултатите на дисертационния труд 28
6.1.4 Списък на забелязани цитирания на публикациите по дисертационния труд 29
6.2 Бъдещи планове 29
Благодарности 30
Библиография 30

СПИСЪК НА ФИГУРИТЕ

Фигура 1. CCO работен запис – Пангалова къща 11
Фигура 2. E-R представяне на онтологията 12
Фигура 3. Основни класове в онтология „Materials“ 14
Фигура 4. Основни класове в онтология „Subjects“ 15
Фигура 5. Онтология „Agents“ - част от класовата йерархия и връзки „is-a“ 16
Фигура 6. Класова йерархия: основен елемент на къща и технико-икономически показатели за устройство на територията 19
Фигура 7. Клас черноморска къща – необходими условия 20
Фигура 8. Онтология за изображения „Views“ (OWLGrEd изглед) 21
Фигура 9. Аналитично интерпретиране върху всички онтологии чрез HermiT 22
Фигура 10. SPARQL заявка: локация, кадастър, помещения, площ, обзавеждане 24
Фигура 11. SPARQL заявка: личност, с изисквани характеристики 25
Фигура 12. Аксиома за подкласовете на клас „BulgarianRevivalHouse“ 25

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Докторската дисертация описва семантично моделиране на българското културно-историческо наследство, като на главен фокус са къщите от и около периода на Възраждането - с архитектура и прототипна реализация на необходимите онтологии за оптимално моделиране на областта на интерес. Постройките са семантично „изградени" с възможно най-голям детайл откъм елементи, които са поделени и систематизирани спрямо архитектурно-строителните норми и типовото им разнообразие с оглед на регионалния характер и периода. Разгледани са реални представители както индивидуално, така и на множества (класове); възрожденски помещения (с вече почти забравени наименования и функция), които са съпоставени със съвременни такива. Включено е детайлно описание на личности и организации от Българското възраждане до наши дни. Приложени са строителни материали, техники и конструкции използвани от старите майстори; също и периодизация на България в исторически и архитектурен план, разгледани са събития важни за периода на Възраждането и самите постройки. Онтологично е представена и локализация на обектите, като са заложени административни, физически географски, координатни и кадастрални (урбанистични) техни характеристики.

Представени са проблематиката и приложната област. Ще разгледаме поставените цели, съществени за научния труд и стъпките за постигането им. Но преди това нека обърнем внимание на това до колко значима към момента е тематиката на разработката.

1.1 АКТУАЛНОСТ НА ТЕМАТИКАТА

Технологичният напредък тласка към все по-висока ефективност и интелигентно поведение на системите. Един софтуер е толкова „интелигентен", колкото интелигентно моделирани са неговите данни (Allemang & Hendler, 2011). Търсейки автономно поведение и гъвкавост стигаме до все по-популярните семантични модели за представяне на знания.

На територията на България има множество запазени къщи в периода от и около Възраждането, което дава добра почва за моделирането им под формата на онтологии. Добре известен е и фактът, че някои от тях по една или друга причина ще оставят единствено дигитална следа от нашето минало. Поемайки тази инициатива можем да опазим културно-историческото наследство (КИН) на страната ни и да го съхраним във времето. Семантиката на думата „наследство" носи със себе си най-малко две чувства – гордост и отговорност. Първото не съпътства действие, но второто пряко го причинява, а развитието на технологиите ни дава нов способ да постигнем и двете едновременно – да поемем отговорност за опазването (дори понякога само виртуално) и популяризирането на културно-историческото ни наследство, и чрез това да съхраним традицията, с която се гордеем и се надяваме да остане достъпна за идните поколения. (Madanska, Stoyanov, & Stoyanova-Doycheva, 2021)

Ползите от една подобна инициатива имат много аспекти. Настоящето ни изправи пред предизвикателството да не можем да посетим желана дестинация, но дигитализацията ни позволява „да вървим по този път" виртуално. Може да се каже, че това е крачка към свят с по-малко ограничения за хората, които не са в състояние да посетят физически даден обект. Дали той се намира в труднодостъпен регион или ние сме затруднени от подобно посещение –

„достъпност“ е ключовата дума. Родината ни крие много кътчета, за които не сме и чували, а дигитализацията им „открехва вратата“, за да разберем за тях и след това да ги посетим. Семантиката, която залагаме в онтологичното инженерство понякога извежда съждения, до които научните опити и изследвания не са достигнали. Нека не пропускаме и факта, че веднъж дигитализиран, даден обект от културно-историческо естество, може да бъде използван в контекста на много разработки и приложения. Времето несъмнено оказва своето влияние върху артефактите, но чрез технологиите те могат да останат „живи“. (Madanska, Stoyanov, & Stoyanova-Doycheva, 2021)

На базата на дългогодишен опит (Stoyanov, S., 2012), екипът на Distributed e-Learning Center (DeLC) лабораторията при Факултета по математика и информатика (ФМИ) на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ разработва референтна архитектура, известна като Виртуално-физическо пространство (ViPS), която може да се адаптира към различни CPSS-приложения (Кибер-физически-социални системи), а идеята за архитектурата, както и първоначален прототип са приложени в (Stoyanov S. , Glushkova, Stoyanova-Doycheva, & Doychev, 2018). Адаптация на ViPS за изграждане на интелигентен туристически пътеводител е разгледана в (Glushkova, Miteva, Stoyanova-Doycheva, Ivanova, & Stoyanov, 2018). По отношение на CPSS-средите, фокусът е върху потребителя - поставен в центъра на сложна система, интегрираща физическия и виртуалния свят, а водеща е виртуализацията на „нещата“ от физическия свят. (Glushkova, T., & Stoyanov, S., 2019) (Madanska, Stoyanov, & Stoyanova-Doycheva, 2021) Ще разгледаме онтологичния модул от проекта за дигитализация на културно-историческото наследство на България, и в частност българските възрожденски къщи. Предстои да разгледаме единствена онтологична разработка по темата, според нашите проучванията.

1.2 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Основна цел бе изграждане на единен онтологичен модел със стандартизирани данни на базата на семантично представяне за последващото му интегриране в мрежа от онтологии за КИН под името Cultural and Historical Heritage Ontology Network (CHH-OntoNet) и използване за целите на интелигентен туристически пътеводител.

Изхождайки от актуалността на тематиката бяхме вдъхновени да осъществим проекта, но по пътя към основната цел бе необходимо залагане на задачите:

1. **Анализ на текущото състояние и създаване на концепция.** Спецификата на домейна на интерес дефинира нужните стъпки към постигане на целта. В основата на всяка цел стоят проучванията на тематиката, и в случая сравнителен анализ на български възрожденски типологични групи и къщи. Да бъдат разгледани множество хартиени и е-източници, антикварни архитектурни книги и речници. Консултациите с вещи лица, архитекти, специалисти за максимална последователност и коректност на информацията са от изключителна важност в областта на интерес. Изборът на подходящи представители също е една от задачите към осъществяване на заложената цел.
2. **Интегриране на множество писмени и е-източници по темата,** което би дало „нов живот“ за непопулярно знание, но и би запазило спомена за величествената българска архитектура (дори само виртуално в някои случаи). След обобщаването на резултатите

от предходната стъпка, възниква въпросът с последващото представяне спрямо работна рамка. Международно съгласуван стандарт за каталогизиране на културни обекти е подходящ избор, включващ детайлно описание на обекти от културно-исторически характер, тип постройка и съпътстващите субекти, но предоставящ и определена свобода спрямо казуса.

3 Изграждането на модел на възрожденската къща – удовлетворяващ базисно всички представители на територията на България и в същото време позволяващ разширяване на характеристиките им в определени множества от представители и конкретни частни случаи. Представяне на данни за конкретни такива случаи.

4 Сравнителен анализ на възрожденски къщи в България. Интегриране на всички модули на проекта в една онтология, с цел тестване за налични неконсистентности и коректно имплементиране на аксиомите. В допълнение изградената онтологична база знания може да бъде разширявана и развивана, имплементирана в различни приложения и контекст.

1.3 СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд се състои от следните глави:

- Глава 1 (Увод) въвежда в темата и обхвата на дисертационния труд. Обосновава актуалността на тематиката, дефинира основната цел, поставя задачи за осъществяването ѝ;
- Глава 2 разглежда проучвания относно проблемната област - състояние на научната сфера в обзор, приложения и съществуващи разработки, специфики при областта на интерес;
- Глава 3 дефинира областта на интерес с основен подход, включващ следване на международен стандарт за каталогизиране на обекти от културно-исторически характер, основен йерархичен модел, формален модел и представяне;
- Глава 4 описва семантичното моделиране в контекста на труда и разработката на онтологиите по темата;
- Глава 5 представя преките резултати по отношение на изводи на база заложените аксиоми и логики, типологичната определеност на множествата от къщи, извличане на информация посредством заявки към онтологиите, визуализация на знанията и приложение;
- Глава 6 (Заключение) формулира цялостните резултати от работата и включва направени от автора постижения в областта на дисертационния труд.

КРАТКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 2 ОБЗОР НА ПРОБЛЕМНАТА ОБЛАСТ

Настоящата глава проследява прогреса в научната сфера и мотивира дисертационното изследване. Тя дефинира фундаментални за труда понятия като онтология, семантично моделиране; също така прави кратък преглед на проучванията по темата и съществуващи разработки. Глава 2 разглежда семантичните модели в исторически план, различни технологии и езици около концепцията Семантичен уеб, както и спецификите на приложната област - КИН.

2.1 ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ

- **Онтология (Философия)** - понятието се заражда като клон на философията и се занимава с природата и структурата на „реалността", като древногръцкият философ Аристотел работи по тази тема и я описва в своята книга „*Метафизика*", дефинирайки Онтологията като наука за „битието/съществуващото", тоест „знанието за атрибутите, които принадлежат на нещата поради самата им природа" (Guarino, Oberle, & Staab, 2009).
- **Онтология (Информатика)** - В контекста на информатиката има различни дефиниции за онтология, но може би най-популярна остава: „изрична спецификация на концептуализация", с пояснението, че онтологията е „спецификация на представителен речник за споделен домейн на дискурса - дефиниции на класове, отношения, функции и други обекти" (Gruber, T., 1993).
- **Семантичното моделиране** се използва за представяне на връзките, които съществуват между конкретни стойности на данни (Luisi, 2014). Както е споменато в (Ontotext, 2022), семантичната технология използва формална семантика, за да подпомогне системите с изкуствен интелект да „разбират" езика и да обработват информацията подобно на начина, по който хората го правят, като съществено е, че те са в състояние да съхраняват, управляват и извличат информация въз основа на смисъл и логически връзки.

2.2СЕМАНТИЧНИ МОДЕЛИ – КРАТЪК ИСТОРИЧЕСКИ ПРЕГЛЕД

Както е известно от (FIPS Publication 184, 1993), необходимостта от семантични модели на данни е призната за първи път в средата на 70-те години на миналия век от Военновъздушните сили на Съединените американски щати, в резултат от програма за повишаване на продуктивността чрез систематично прилагане на компютърни технологии (Integrated Computer Aided Manufacturing - ICAM). С програмата ICAM се установява необходимостта от по-добри техники за анализ и комуникация между хората в екипа. В процеса се разработват IDEF дефиниции (ICAM Definition), методи, включващи: IDEF0, IDEF1, IDEF2 и IDEF1 Extended. Използвани за разработване съответно на: функционален, информационен, динамичен и графичен информационен модел. В кратък исторически преглед са представени особености за горепосочените и други модели, например Semantic Database Model - SDM (Hammer & McLeod, 1981)- проектиран да предоставя примитиви за представяне семантиката на областта на интерес и моделиране от високо ниво; SCM (Semantic Content Model) (Flotyński & Walczak, 2014) - колекция от онтологии, позволяващи семантично представяне на 3D-съдържание. Авторите на (Mishra & Jain, 2018) представят онтологиите като семантичен модел в областта на Интернет на нещата. Според тях, разковничето за проблема с оперативната съвместимост на разнородните данни, получени от различни области са семантичните подходи, а самите данни могат да бъдат представени като онтологии.

В (FIPS Publication 184, 1993) е изложено твърдението, че логическата структура данни на СУБД (Система за управление на бази от данни): йерархична, мрежова или релационна не удовлетворява концептуалната дефиниция на данните, което се дължи главно на ограничения обхват и пристрастност към стратегията за изпълнение, използвана от СУБД. Необходимостта от дефиниране на данни от концептуална гледна точка, води до възникване на идеята за семантичен подход и моделиране на данните спрямо тяхното значение и взаимовръзки с други

данни. Идеята зад модела е той да е истинско представяне на реалния свят, или абстракция определяща как съхранените символи се отнасят към реалния свят. (FIPS Publication 184, 1993)

2.3СЕМАНТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ ПОСРЕДСТВОМ ОНТОЛОГИИ

2.3.1 ОНТОЛОГИИ

Том Грубер полага основите на онтологията в сферата на компютърните науки, а в хода на времето понятието е разисквано от много учени. През 2008 г., след това и през 2016 г., Грубер обновява определението (Gruber, T., 2008) визирайки, че онтологията (информационни системи) дефинира набор от примитиви (обикновено класове/множества, атрибути/свойства и връзки/отношения между членовете на класа) за моделиране на област на знание, а в дефинициите на примитивите са включени: значение и ограничения за приложение, което да бъде логически съгласувано. Авторът определя онтологията (системи от бази данни) като ниво на абстракция на моделите на данни (аналогично на релационните модели), но за моделиране на знания за индивидуалности, техни атрибути и взаимоотношения с други индивидуалности, а езиците на онтологиите са по-близки по изразителност до логиката от първи ред, отколкото езиците за моделиране на бази данни, което е и причината, онтологиите да са на семантично ниво, докато схемите на базата данни да са модели на данни на физическо или логическо ниво. Според Грубер, онтологиите (благодарение на тяхната независимост от модели на данни на по-ниско ниво) намират приложение при интегриране на хетерогенни бази данни, като така позволяват оперативна съвместимост между различни системи и определяне на интерфейси към услуги, които са независими и базирани на знания.

2.3.2 СЕМАНТИЧНА МРЕЖА

Онтологиите са изричен слой в технологичния стек на стандартите на Семантичния уеб (Gruber, T., 2008). Според (Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O., 2001), „за да функционира семантична мрежа са нужни структурирани колекции от информация и набор от правила за извод, които да се използват за автоматични разсъждения“, а в резултат компютрите манипулират термините по-ефективно и предоставят на потребителите информацията, в желания смисъл и контекст.

2.3.3 ОНТОЛОГИЧНИ ЕЗИЦИ

Онтологиите биват моделирани посредством езици за формално представяне. Разгледани са някои популярни примери, но актуално се фокусираме върху OWL (Web Ontology Language) 2 (W3C, 2012b).

2.4 OWL ОНТОЛОГИИ

Централни концепции за OWL-онтологиите са: слоганът „*всеки* може да каже *всичко* на *всяка* тема“ (AAA) и „предположението за *отворен свят*“ (Open World Assumption) (Allemang & Hendler, 2011). Освен това липсва т.нар. „предположение за *уникалност на имената*“ (Unique Name Assumption - UNA) (W3C, 2009a). А изразителността на езика OWL, и съответно OWL-онтологиите, се определя от възможностите му като: разнообразни експресивни оператори за описание на класове - булеви оператори (сечение, обединение и допълнение), експлицитни квантори за свойства и взаимоотношения, определяне на специфични характеристики на свойства –

транзитивност, симетричност, асиметричност, функционалност, обратна функционалност, рефлексивност, ирефлексивност, област, обхват и други (Bechhofer, 2009).

2.4.1 ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОНТОЛОГИИ В РАЗЛИЧНИ ОБЛАСТИ

В (Madanska, Bilyanov, Stoyanova-Doycheva, & Stoyanov, 2021) са засегнати приложения на онтологиите в различни сфери, допълнени в дисертационния труд с още примери - за интелигентен дом, интелигентен град, интелигентни превозни средства, медицина и други.

2.4.2 ОНТОЛОГИИ В СФЕРАТА НА КИН

Някои разработки в областта на КИН бяха споменати в (Madanska, Stoyanov, & Stoyanova-Doycheva, 2021). По-малко са примерите за семантично моделиране на архитектурно наследство, каквито са (Davide & Cursi, 2017), (Colucci, et al., 2021) и други.

2.5 СПЕЦИФИКИ ПРИ СЕМАНТИЧНОТО МОДЕЛИРАНЕ НА КИН (ВЪЗРОЖДЕНСКА ЖИЛИЩНА АРХИТЕКТУРА)

Необходимостта от семантично моделиране на българската възрожденска жилищна архитектура е породена от множеството разнородни източници, които могат да бъдат обединени, описвайки един модел, основополагащ и за бъдещи разработки по темата. Според извършените проучвания не открихме съответстващ на поставеното заданието проект не само в България, но и на Балканите. Спрямо класификацията на (Стамов, С., 1989) (Стамов С. , 2007) за дървената народна къща се обособяват следните типологични групи – жеравненска, старорешка, яблановска, тревненско-еленска, арбанашка, копривщенска, родопска, странджанска; (Стамов С. , 2016) разглежда и конкретни къщи. В разработения труд използваме типологията на проф. Стамов, като я разширяваме и добавяме още типове къщи, според извършените проучвания: банска, черноморска, ковачевска, пловдивска, ловешка и мелнишка. В допълнение са проучени още трудове, водени са консултации с архитекти и са обособени характеристики на множествата от къщи и конкретни представители (Madanska, Stoyanov, & Stoyanova-Doycheva, 2021). В (Madanska, S., 2022b) накратко е представен т.нар. шаблон за генерализиране описанието на обекти от типа български възрожденски къщи.

2.6VIPS

Според (Stoyanov S. , Glushkova, Stoyanova-Doycheva, Doychev, & Ivanova, 2019), архитектурата на ViPS осигурява виртуализация на реални обекти (специфични за конкретна приложна област), т.е. създаване на дигитализиран модел на физически обекти; интегрират се физическия и виртуалния свят; в модела се имплементират процесите, потребителя, знанията за домейна и взаимодействията между тях. В резултат потребителското изживяване е далеч по-интуитивно и по-съществено - персонализирано. CHH-OntoNet хранилището от онтологии, което е компонент във ViPS, включва и онтологиите обект на дисертационното изследване.

2.7 ИЗВОДИ И ПЕРСПЕКТИВИ

Симбиозата между технологичния напредък по отношение на подмножествата на областта Изкуствен Интелект и културно-историческите ни дадености откриват работно поле, което може

да тласне туризма в нова посока, освен това да предостави онтология с потенциална възможност да бъде приложена в контекст образование, или дори само като допълваща база знания за все по-разрастващите се Свързани данни и Семантична мрежа. Коректното и последователно състояние на знанията при разработените онтологии е съблюдавано от архитектурно-строителна гледана точка през целия работен процес.

ГЛАВА 3 СЕМАНТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА ОНТОЛОГИИ ЗА ДОМЕЙНА

3.1 ПОДХОД

Следвайки до голяма степен изискванията на стандарта за каталогизиране на културни обекти, но приобщавайки го към нуждите на мрежата от онтологии (основно знание) за интелигентния туристически пътеводител, бе разработена архитектура на онтологиите.

3.1.1 МЕЖДУНАРОДЕН СТАНДАРТ ЗА КАТАЛОГИЗИРАНЕ НА КУЛТУРНИ ОБЕКТИ (CCO)

За разработката е използван стандарта CCO (Cataloging Cultural Objects) (Baca, et al., 2006), който предоставя рамка за описание на отделните характеристики на дадена културна ценност (къща, скулптура и т.н.), включително задължителни и препоръчителни такива. Той обособява отделни авторитетни органи за описание на конкретни данни. Онтологиите са поделени смислово съгласно него – концептуален модел е представен в (Madanska, Bilyanov, Stoyanova-Doycheva, & Stoyanov, 2021). Фигура 1 изобразява примерен работен запис спрямо (Baca, et al., 2006), поместен и в (Madanska, S., 2022b).

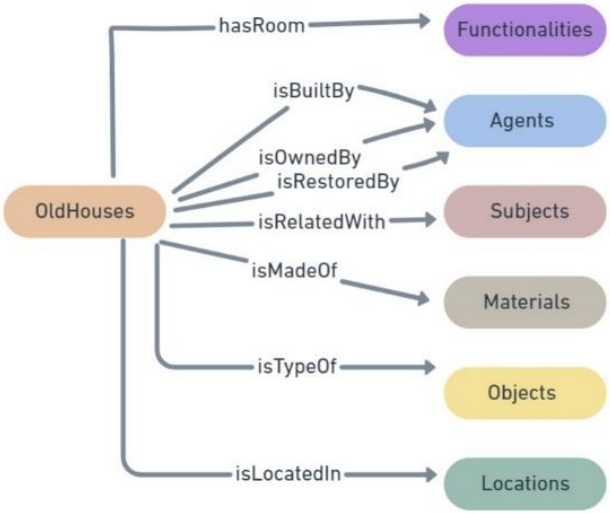
Work Record

Class *[controlled]:* ▪ National Revival Architecture ▪ Rhodope Architecture
*Work Type *[link to authority]:* ▪ house
*Title/Name: Pangalova House | Title Type: preferred
*Title/Name: Pangalov's House | Title Type: alternate
*Creator Display: Valcho Kisyov and Harit Kisyov (Bulgarian, 1860)
*Role *[link]:* architect *[link]:* Kisyov, Valcho
*Role *[link]:* architect *[link]:* Kisyov, Harit
*Creation Date: 1860
[controlled]: Earliest: 1860 Latest: 1860
*Subject *[link to authorities]:* ▪ National Revival Period ...
Style *[link]:* Revival
Culture *[link]:* Bulgarian
*Current Location *[link to authority]:* 35 Gorno Raykovo (Smolyan, Bulgaria)
*Materials and Techniques: stone exterior walls, wooden beamwork, glass windows, oak ...
Material *[links]:* ▪ stone ▪ glass ▪ oak
Technique: *[links]:* ▪ wooden frame construction /timber framing ...
Description: *The Pangalova house, with its symmetrical composition, is one of the most impressive examples from the National Revival period. ...*
Description Source *[link to authority]:*
Related images *[link to Image Records]: Image courtesy to Sebiha Madanska*

Фигура 1. CCO работен запис – Пангалова къща

3.1.2 ОСНОВЕН ЙЕРАРХИЧЕН МОДЕЛ

Концептуалният модел, създаден следвайки стандарта, бе нужно да претърпи модификации за реализиране на практика. Основните взаимоотношения и връзка между отделните модули на онтологията за възрожденските къщи в България са представени на Фигура 2 (Whimsical, 2022). Впоследствие може да се каже, че проектът прерасна в модули, можещи да съществуват отделно от цялото и да играят пълноценна роля за отделни поддомейни на КИН.



Фигура 2. E-R представяне на онтологията

3.2 ФОРМАЛЕН МОДЕЛ

Данните за възрожденската архитектура, които на човешки език са понятни е необходимо да се превърнат в смислена информация и за системите, за целта те трябва да бъдат структурирани и формализирани за изграждането на онтология в контекста на областта на интерес. Разработеният формален семантичен модел позволява представяне характеристиките на жилищната архитектура в периода на и около Българското възраждането.

3.3 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧРЕЗ ЕЗИКА UML

Създателите на OWLGrEd внедряват компактна визуализация на OWL 2 в графичен редактор в UML стил (Bārzdiņš, Bārzdiņš, Čerāns, Liepiņš, & Sproģis, 2010). Онтологиите са създадени със средата Protégé Desktop, а за визуализацията им са използвани още: уеб версията на Protégé (Musen, 2015), Protégé Desktop – приставка OntoGraf (Falconer, 2013) и OWLGrEd диаграми.

3.4 ИЗВОДИ И ПЕРСПЕКТИВИ

CCO (Baca, et al., 2006) предоставя рамка с препоръчителни и задължителни елементи, в най-често срещания случай за релационни бази данни, което не означава, че той не подлежи на прилагане към онтологии (при които се постига по-добра скалируемост, последователност, семантика и също така има възможност за извеждане на ново знание). Процесът, отнасящ се до постъпковото изграждане на онтологията за старите постройки е проследен накратко в Публикация 3 по дисертационния труд (Madanska, S., 2022b).

ГЛАВА 4 АРХИТЕКТУРА И ПРОТОТИПНА РЕАЛИЗАЦИЯ НА ОНТОЛОГИЯ

Актуалността на онтологиите като технология; несъмнено интересната тематика и липсата на подобно решение в смисъла на онтология, включваща детайлни характерни елементи, изграждащи специфично жилищна сграда в и около периода на Възраждането; също така липсата на цялостно формално представяне на знанията за областта на интерес (спрямо проучванията, които извършихме) с типовото разнообразие на територията на страната ни и характерни представители на типологични групи и къщи - са мотив да изразя мнение, че проектът има своето научно значение както за информатиката, така и за архитектурата, и не на последно място - за туризма.

4.1 СЪПЪТСТВАЩИ РАЗРАБОТКИ

CHH-OntoNet включва онтология на високо ниво – meta-ontology, която разпределя търсенето из останалите концепции (къщи, носии (Glushkova, Miteva, Stoyanova-Doycheva, Ivanova, & Stoyanov, 2018)) и описващите ги онтологии. В тях има и припокриващи се концепции, напр. „isLocatedIn".

4.2 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ OBJECTS

Онтология „Objects" определя обектите, които в най-общ характер са нужни за описание на стандартна къща, без детайли относно възрожденски стил. Актуалното състояние на онтологията включва 375 аксиоми. Основен елемент на къща е дефиниран клас с „covering axiom", включваща класовете за неносещ и носещ елемент, защото основните елементи на сграда според своя строителен характер са носещи и неносещи (интериор и екстериор). Техни подкласове са именно най-базовите елементи присъщи на всяка къща – покривна конструкция, подова конструкция, основа, врати, стени и др. Класовете са създадени в онтология „Objects", но впоследствие използвани и по-тясно определени на базата на подмножества (подкласове) характерни специфично за възрожденските и предвъзрожденските къщи в онтология „OldHouses".

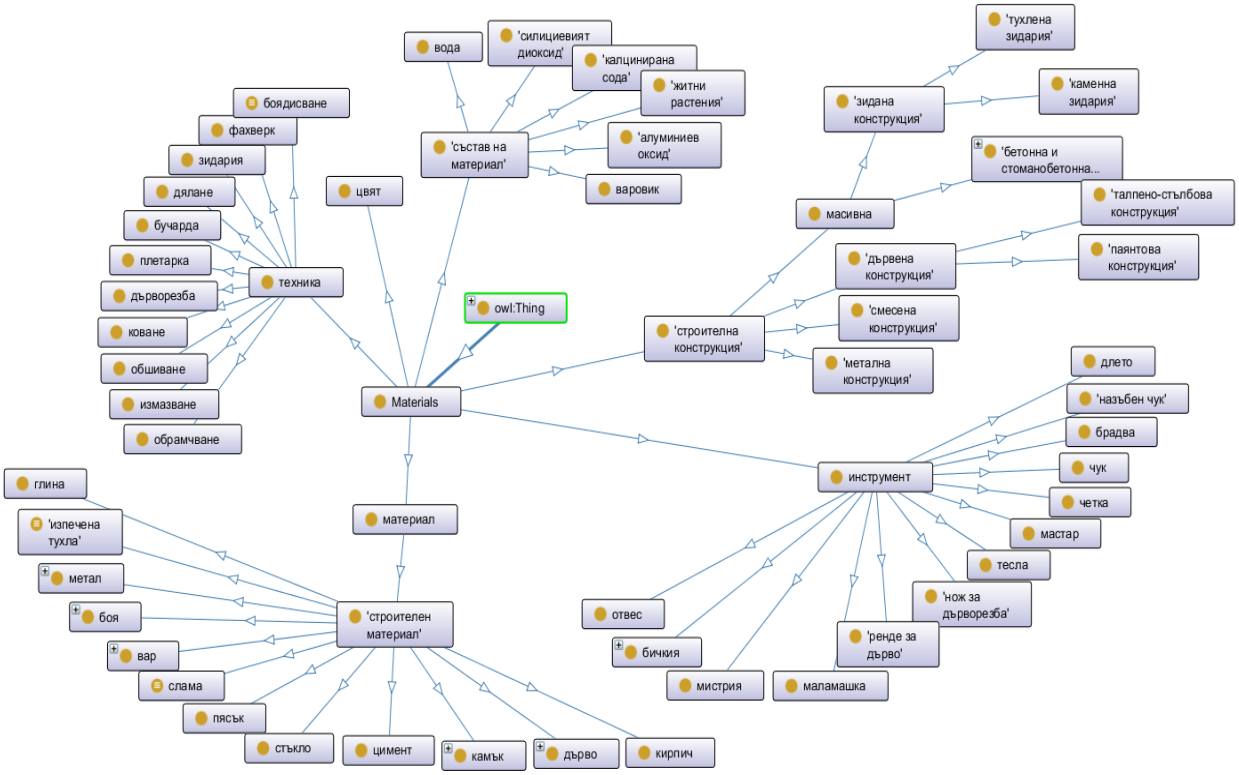
Както към разглежданата онтология, така и към всички останали от разработката, са отразени метаданни, под формата на анотации от различен тип: коментари, етикети, „rdfs:seeAlso", „source", „hasChemicalFormula", „schema:image", „dc:creator", „abbreviatedName", „oldName", „Etymology" и др. Обектните свойства са: 'се намира в', 'съдържа' и др.

Централна концепция за онтологията е клас „House", подклас на „CulturalHistoricalObject". Класът описва множество от обекти, отговарящи на поставените условия, впоследствие при сливане с онтология „OldHouses" конкретните класове типологични групи от къщи ще бъдат счетени като негови подкласове. Заложените необходими условия на примитивния клас ще бъдат унаследени от същите тези характерни за Възраждането постройки.

4.3 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ MATERIALS

Онтология „Materials" удовлетворява изискването за концептуалния авторитетен орган на CCO стандарта относно материали и техники. Целта на онтологията е да обособи логически в една структура строителните материали и техните съставни части (включително химически съединения), в комбинация с какви техники се използват тези материали, също така за какви

строителни конструкции. Включени са и нужните инструменти (незадължителен елемент на стандарта CCO). Като за всичко това са изградени общо 701 аксиоми. Фигура 3 илюстрира концептуалната връзка между най-съществените за онтологията класове – 'инструмент', 'материал', 'състав на материал', 'цвят', 'техника', 'строителна конструкция' (с различни подвидове спрямо строителните похвати).



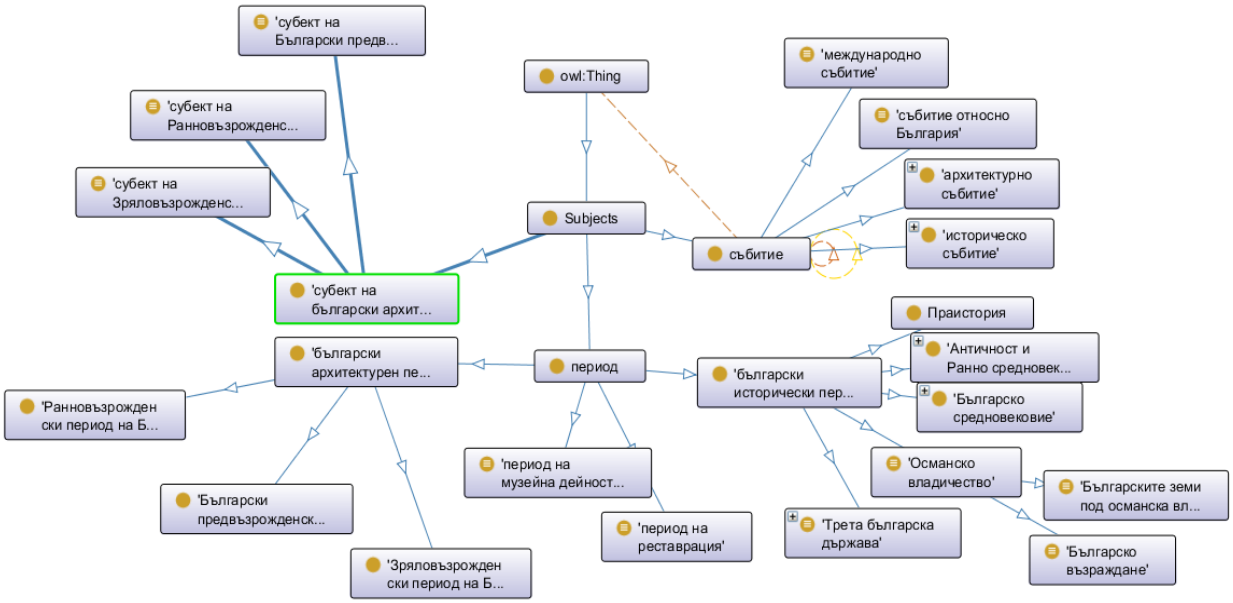
Фигура 3. Основни класове в онтология „Materials“

Класовете в онтологията са несъвместими чрез приложени аксиоми. За превръщане на таксономия в онтология има и още стъпки. За целта се създават свойства, които да свързват класовете не само в порядък „родител-дъщерен клас“ (class-subclass) или „несъвместими класове“ (disjoint classes). Подобни връзки са съществени. Но за логическото описание на класовете (както примитивни, така и дефинирани) са нужни аксиоми, изградени чрез характерните тройки „обект-предикат-субект“. Следователно бе нужно създаване и на предикати - всъщност свойства. Свойствата биват, както е известно, три типа: обектни (object properties) – напр. 'е използван за', 'е направена чрез'; на типа данни (data properties) като 'има процентен състав' и анотации (annotations). Техниките на старите майстори, използвани за изграждане на строителни постройки са описани посредством свойства: 'изгражда' (строителна конструкция/и), 'използва инструмент' и 'обработва' (строителен материал/и).

4.4 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ SUBJECTS

Съществено за онтологията (Фигура 4) е да обособи логически в една структура периоди (напр. Възраждане) и исторически събития, важни за къщите и концепцията като цяло. Конкретна граница в години от един период до друг не може да има и интервалът е условен. Чрез импортиране на онтологията в „oldhouses.owl“, конкретните къщи на база ограниченията,

зададени при дефинираните класове от типа „субект на български архитектурен период“, биват автоматично причислени като техни инстанции. Към момента онтологията включва 341 аксиоми.



Фигура 4. Основни класове в онтология „Subjects“

Клас „Subjects“ е добавен с цел прегледност. Негови подкласове са 'период' (с подмножества: 'български архитектурен период', 'български исторически период', 'период на музейна дейност', 'период на реставрация'); 'субект на български архитектурен период' (с подмножества: 'субект на Български предвъзрожденски период', 'субект на Зряловъзрожденски период на България', 'субект на Ранновъзрожденски период на България'); 'събитие' (с подмножества: 'архитектурно събитие', 'историческо събитие', 'международно събитие', 'събитие относно България').

4.5 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ AGENTS

Онтология „Agents” олицетворява концепцията за описване на личности и организации свързани с къщите - един от изискваните от стандарта CCO „authorities“ (авторитетни органи). Общият брой на аксиомите в нея е 1450. Поместени са и вписванията като културна ценност на обекти в регистъра на НИНКН (Национален институт за недвижимо културно наследство), чрез конкретен брой на Държавен вестник. След концептуалното изчистване на необходимите за онтологично моделиране понятия и връзките между тях, следва техническото обособяване на таксономия или йерархия от класове. Приложена е (Фигура 5) (Madanska, S., 2022a) в най-общи линии основаната йерархия и връзки от типа „is-a“ чрез OWLViz (Horridge M. , 2019). Информацията е частично поместена и в Публикация 4 (Madanska, S., 2022a) по дисертационния труд.

Класовете, директно взети от изискванията на международния стандарт CCO са: личност, с нейната роля (с оглед на културната ценност – в случая къща), т.е. строителите на къщата, реставратори (ако има такива), също собственици, организации и институции свързани с къщите (Публикация 4 по дисертационния труд (Madanska, S., 2022a)).

Фигура 5. Онтология „Agents“ - част от класовата йерархия и връзки „is-a“

Предвид подбраните обекти от КИН, повечето от които предмет на НИНКН, може да се каже, че имат история на вписване като културна ценност под пряката юрисдикция на Министерството на културата на Република България. Паметниците имат различен статут спрямо закона на същата - това е описано в клас „DocumentedStatute“ и съответните му подкласове.

Някои от къщите са вписани в Държавен вестник, който е описан като индивидуалност на клас „Listing“. (Madanska, S., 2022a)

Личностите са описани с най-характерните им черти, като: пол, националност, житейска роля, семейна принадлежност, семейни взаимоотношения или друг вид отношения – познанства, работни с други личности и организации, също така научна степен – доктор, доктор на науките, академична позиция – гл. асистент, доцент, професор (ако имат такива). А житейската роля (различна или не от тази спрямо къщите) е описана в „PersonLifeRole“. Подкласовете на класа са: търговска професия, като търговец на аби, на розово масло, на коприна; архитектурна и строителна професия – архитект, строителен техник; артистична професия – архитект, резбар, зограф; административна професия – управник. Относно ролята на личност или организация свързана с къщите, тя може да бъде – собственик, реставратор, строител. А всички неизвестни личности от типа са обединени в класове с аналогични названия – неизвестен строител, неизвестен реставратор. (Madanska, S., 2022a) В Публикация 4 по дисертационния труд (Madanska, S., 2022a) може да бъде разгледан пример за индивидуалност проф. арх. Ст. Стамов, изведена като реставратор.

4.6 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ LOCATIONS

Онтология „Locations“ отговаря на авторитетния орган от стандарта CCO за географски места. Понеже се създава модел на къщи, те имат и някои допълнителни характеристики, които не са упоменати в стандарта, но за детайлното описание на обектите бяха включени към онтологията, именно – кадастрална идентификация и координатно определяне. Два са подкласовете на кореновия клас „owl:Thing“: 'координатно място в България' и 'регион'. Като клас 'регион' от своя страна има три случая, подкласовете: 'административен географски регион', 'физически географски регион' и 'урбанистично планиране'. 'Административен географски регион' има няколко подкласа: 'град', 'държава', 'исторически географски регион', 'квартал', 'област', 'община', 'село', 'улица'. От архитектурна и урбанистична гледна точка е създаден класът 'урбанистично планиране', който включва следните множества - 'кадастрална идентификация' (с подкласове: 'местност', 'номер на сграда', 'поземлен имот') и 'регулационно планиране' (с подкласове: 'зона', 'регулационен квартал', 'урегулиран поземлен имот'). 'Физически географски регион' в общи линии се разглежда с подкласовете: 'воден басейн' и неговите класови разновидности, 'крайбрежие', 'терен', 'физикогеографска зона', 'форма на релефа' - 'вдлъбната форма на релеф', 'изпъкнала форма на релефа', 'равнинна форма на релефа' и съответните им разновидности. Онтологията към момента включва 2306 аксиоми.

В онтологията са добавени следните обектни свойства 'включва място' и 'се намира в', 'е номер на имот на', 'е номер на сграда на', 'е номер на УПИ на', 'е регулационен квартал на', 'има терен'. Повечето от свойствата са функционални и обратно функционални, като: 'е номер на имот на', 'е номер на сграда на', 'е номер на УПИ на'. Свойство 'има терен' е характеризирано като функционално, с област (domain) 'регион' и обхват (range) следната аксиома '{'равнинен релеф' , 'стръмен релеф'}'. Важно свойство за коректното определяне от тясна към по-широка концепция за регион е „isLocatedIn“ и неговото обратно свойство „includePlace“, характеризирани като транзитивни. В онтологията са добавени свойства на типа на данните (data properties): „hasLatitude„, „hasLongitude“, 'има кадастрален идентификатор' (с подсвойства: 'има номер на

поземлен имот', 'има номер на сграда'), 'има надморска височина', 'има землище', 'ЕКАТТЕ' (Единен класификатор на административно-териториалните и териториалните единици), 'пощ. код', 'тел. код', 'има регулационен идентификатор' (с подсвойства: 'има номер на УПИ', 'има площ на УПИ', 'има регулационен квартал'). Свойства „hasLatitude" и „hasLongitude" са функционални с домейн кореновият клас „owl:Thing" и обхват стойност от тип „xsd:decimal". Свойствата: 'има номер на поземлен имот', 'има номер на сграда', 'има номер на УПИ', 'има площ на УПИ', 'има регулационен квартал' също са функционални с обхват стойност от тип „xsd:string".

4.7 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ FUNCTIONALITIES

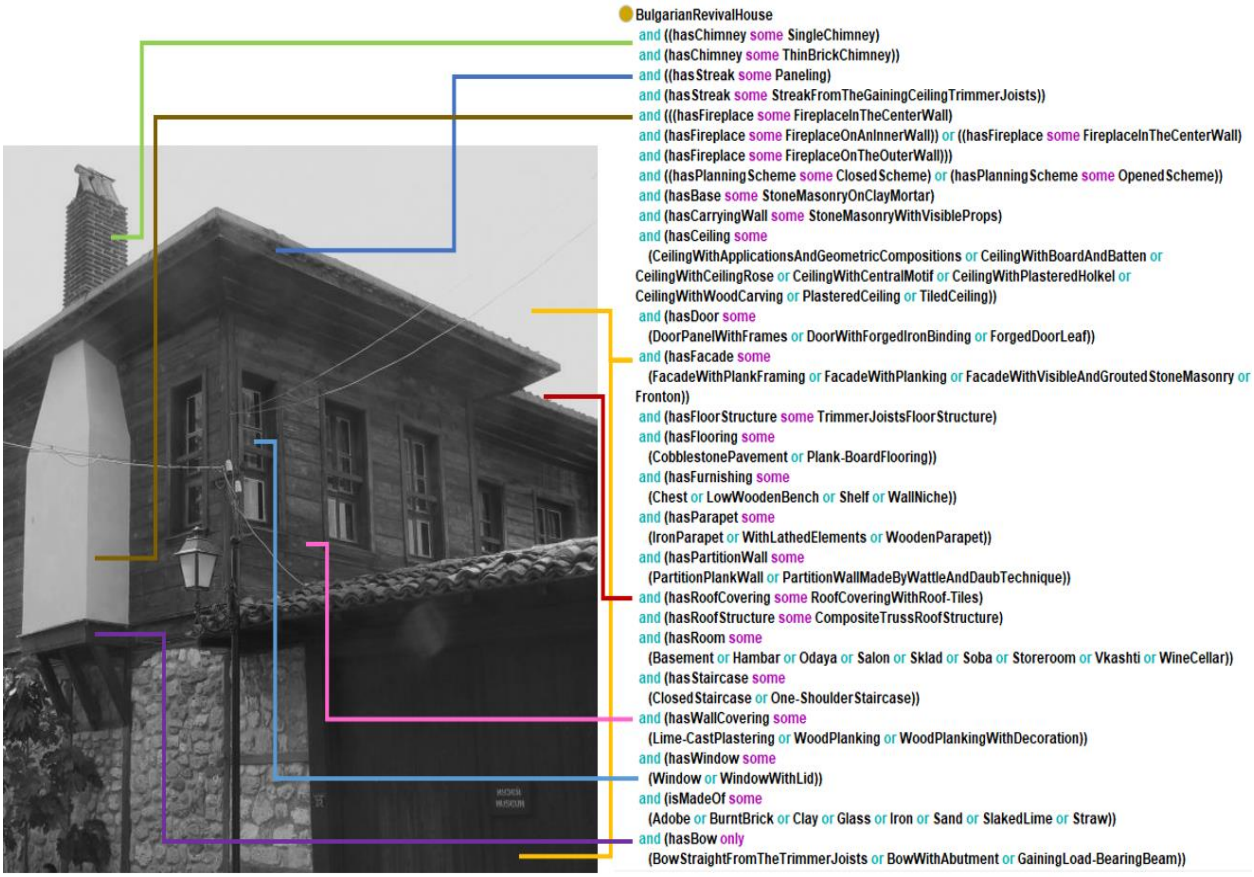
Онтология „Functionalities" е допълнителна и несъставен елемент на стандарта за каталогизиране, но внася детайл от гледна точна на диалектика в регионален аспект и специфика при определени помещения, как се отнасят те към днешните по функция, както и примерно разпределение по етажите на една къща. Тази онтология може да се определи като речник, тя не описва конкретни помещения в къщите, защото конкретни стаи за индивидуалности къщи са описани в онтология „OldHouses". Подкласовете на клас 'възрожденско помещение' са създадени в онтология „Functionalities", а техните IRI са повторно използвани за целите на онтология „OldHouses". Аксиомите в онтология „Functionalities" са 632. Подкласове на клас „Functionalities" са равнопоставените: 'етаж', 'помещение' и 'функция на помещение'. Етажите биват 'приземен етаж', 'първи етаж' и 'горен етаж'. Функцията на помещенията може да бъде най-разнообразна: 'място за криене', 'място за печене на хляб', 'помещение за миене', 'помещение за продажба', 'склад за жито', 'стая за родилката', 'стая за сено', 'сцена', 'тераса', 'трапезария', 'функция - стая за прислуга', 'функция баня', 'функция гостна', 'функция дрешник', 'функция жилищно помещение' и др. Клас 'възрожденско помещение' е подклас на 'помещение', а неговите разнообразни вариации се явяват подкласовете: 'аят', 'брашненик', 'варънлък', 'вкъщи', 'вътрешен двор', 'горница', 'долен потон', 'долна коща', 'домашен затвор', 'дрешник', 'дюкян', 'естрада', 'изба', 'изба за вино', 'килер', 'клет', 'кула', 'кьошк', 'магазин', 'мазе', 'малка соба', 'мивник', 'нужник', 'обор', 'одая', 'отвод', 'пейка', 'пещова одая', 'подник', 'потон', 'предверие', 'прокопани тунели за вино', 'прост', 'сайвант', 'салон', 'сеновал', 'склад', 'скривалище', 'соба', 'стая за прислуга', 'стая с менсофа', 'стобор', 'столова', 'тъмно помещение', 'фудая', 'хайет', 'хамам', 'хамбар', 'хашево', 'хоризма', 'чардак' и други (някои от тях имат подкласове). Частично публикувани в: (Madanska, Bilyanov, Stoyanova-Doycheva, & Stoyanov, 2021). Обектните свойства са: „hasComponent" и неговото обратно (inverseOf) „isComponentOf" – транзитивни, а техни подкласове са съответно: 'има помещение' и 'има функция'; и 'е помещение на етаж' и 'е функция на помещение', описани с област и обхват. Класовете са описани с тяхна евентуална принадлежност към етаж и изпълнявана функция (в някои случаи повече от една).

4.8 РАЗРАБОТВАНЕ НА ОНТОЛОГИЯ OLDHOUSES

Съблюдавайки анализираната литература и разгледаните примери са създадени аксиоми, които определят типовете къщи. Тяхната бройка за онтология „OldHouses" е 5123. Таксономията (Фиг. 6) (Madanska, S., 2022b) (Madanska, Bilyanov, Stoyanova-Doycheva, & Stoyanov, 2021) е създадена на база проучванията (Ангелов, 2011) и не е заимствана от вече съществуваща йерархия на концепции, като може да послужи за дефиниране и описване на характеристиките на произволна възрожденска къща.

Фигура 6. Класова йерархия: основен елемент на къща и технико-икономически показатели за устройство на територията

Основните елементи на една стандартна къща (дефинирани в „objects.owl“), при „oldhouses.owl“ са разгърнати в конкретика. Добавени са оптимално детайлни разновидности на класовете, които са подкласове на 'основен елемент на къща'. Част от тях са групирани на база показател (обемно-планировъчен и материален). Всички те са разграничени чрез аксиома за несъпоставимост „disjointness axiom”.



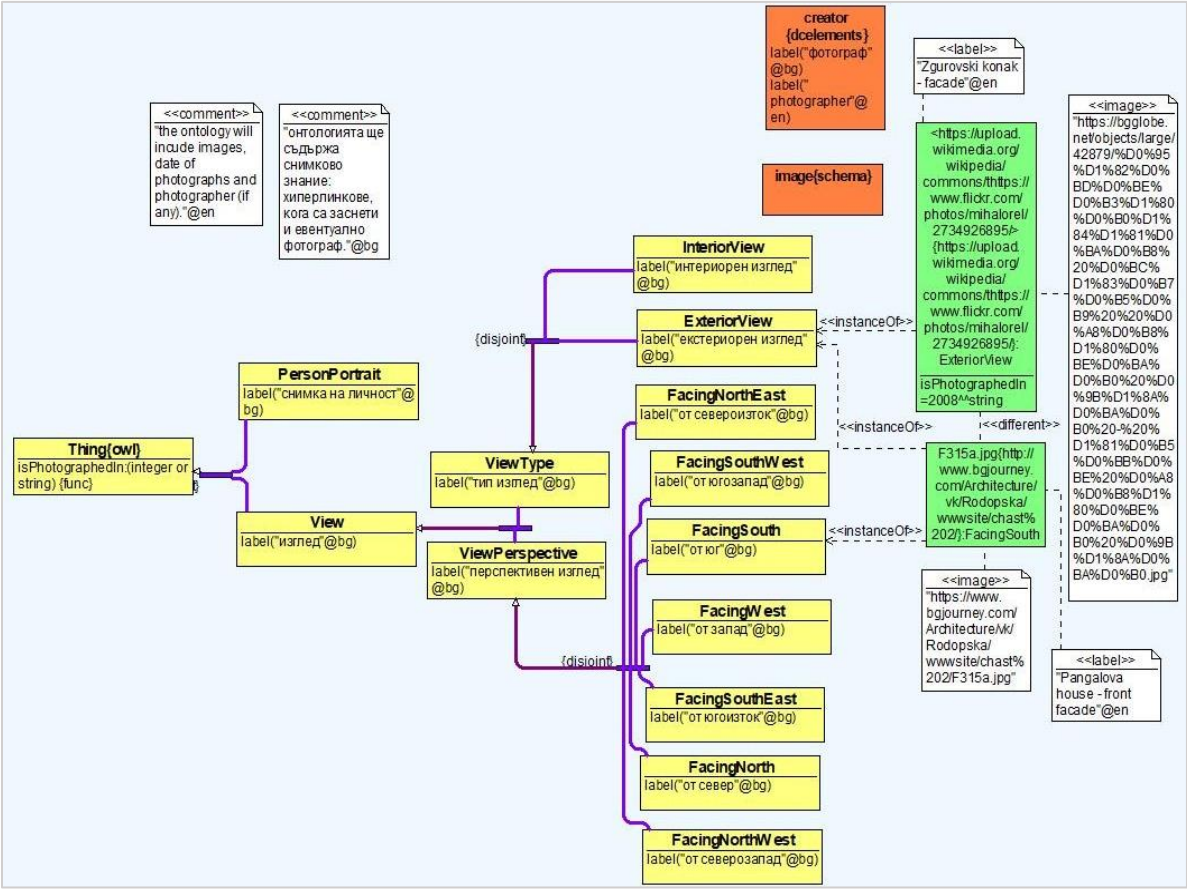
Фигура 7. Клас черноморска къща – необходими условия

На Фигура 7 е представено описанието на клас 'черноморска къща', а за илюстрация на елементите присъщи на класа е използвана фасадна снимка на къщата на Москояни от (Museum Ancient Nessebar, 2022). (Madanska, Bilyanov, Stoyanova-Doycheva, & Stoyanov, 2021). Аналогични класови описания съществуват и при останалите типологични групи и къщи.

4.9 ИЗВОДИ И ПЕРСПЕКТИВИ

В бъдеще има възможност за обособяване на изображенията в отделен модул посредством онтология „Views“. Тя предстои да бъде разработена, а на Фигура 8 може да бъде видяна първоначална прототипна реализация, визуализирана посредством OWLGrEd (Institute of Mathematics and Computer Science, University of Latvia, 2020). Онтологията включва два подкласа на класа „owl:Thing“: 'снимка на личност' и 'изглед'. Изгледът е поделен по два критерия: перспектива (от запад, от изток и др.) и тип (екстериор, интериор). URL на изображението се представя като индивидуалност на класовете с възможност за добавяне на метаданни: етикети,

коментари, свойство (purl.org/dc/elements/1.1/creator) с етикет 'фотограф'; или връзки с конкретни стойности чрез свойство на типа данни „isPhotographedIn“, което е характеризирано като функционално с обхват „xsd:integer or xsd:string“.



Фигура 8. Онтология за изображения „Views“ (OWLGrEd изглед)

ГЛАВА 5 ПРИЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

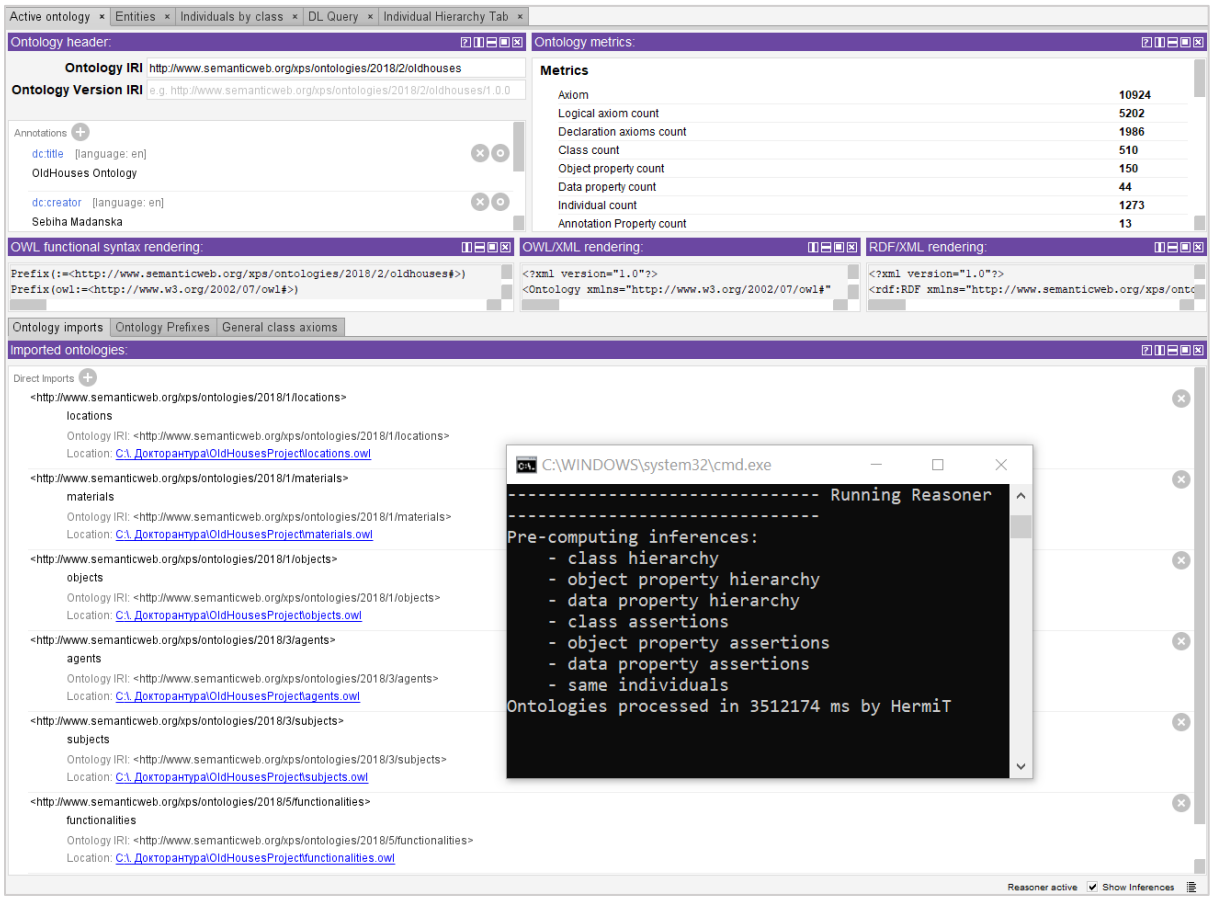
Разпределеността на онтологиите в различни файлове не е пречка да бъдат внедрени в една онтология, където елементите с еднакви IRI се припокриват (съвпадат), а всички връзки остават цялостни и коректни. Средата за разработка Protégé предоставя подобна функционалност и дистрибутираните файлове могат да бъдат експериментално слети в един. При импортиране на онтологиите, те работят напълно безпроблемно.

В настоящата глава ще разгледаме някои изводи от процеса на сливане на онтологиите. Ще се спрем на типологичната определеност и изводи направени за спецификите на областта на интерес, също така примерни заявки за извличане на информация от онтологиите. Разгледани са и допълнителни възможности за развитие на проекта.

5.1 ИЗВОДИ НА БАЗА НА ЛОГИКИТЕ

Как може да бъде валидирана онтология? Използва се вграден логически интерпретатор и валидатор на средата, а онтологиите преминават тестовете успешно. Относно тяхната взаимна

работа, самият факт, че при импортиране на всички онтологии в една (Фигура 9) - те работят безпроблемно и извеждат съждения е достатъчен, за да се заключи, че разработката е успешно реализирана.



Фигура 9. Аналитично интерпретиране върху всички онтологии чрез HermiT

Изведената йерархия на класовете е подразбрана правилно на база логиките от заложените аксиоми и изричната йерархията. Описанието на отделните множества (като: родопска, ловешка, старорешка и други) е дефинирано на базата на описание както откъм основните елементи на къща, така и технико-икономически показатели за устройство на територията. Отделните индивидуалности къщи удовлетворяват условията на класовете, но са описани в конкретика и с допълнителни детайли:

- конкретните индивидуалности къщи са характеризирани чрез тип – явно и неявно;
- всички те са диференцирани една от друга посредством аксиома;
- специфични елементи, или т.нар. основни елементи, поместени в онтологиите (като: обзавеждане, еркери, стенно покритие, стреха, огнище, тавани, подова конструкция, покривана конструкция, покривно покритие, стълбища, парапет, основа, врати, прозорци, подова настилка, фасада, комини и други). Основните елементи са представени като индивидуалности поради възможността в бъдеще да бъдат индивидуално разглеждани като обекти на изкуството с техните специфики. Например една врата може да бъде

разгледана с нейните метрики, специфични декорации, конкретен материал; дърводелец (ако е известен) и много други описателни характеристики, които не бяха цел за настоящата разработка, но са планувани като възможни;

- конкретни технико-икономически показатели (планова композиция, брой етажи, планова схема, брой помещения, застроена площ, разгъната застроена площ);
- помещения - представени чрез конкретни индивидуалности в онтология OldHouses, а като множества допълнително разгърнати с особеностите им в онтология Functionalities;
- поради факта, че някои от къщите се разглеждат като обекти от 100-те национални туристически обекта са включени техните поредни номера;
- локация: административна, физическа, урбанистична - регулационен идентификатор (номер и площ на УПИ, регулационен квартал) спрямо кадастъра. На база транзитивността при онтологията за локациите може да се определи конкретно местоположение. Добавени са и географски координати;
- включен е статут на паметника спрямо описанието му в НИНКН (ако е признат от института). Вписване в Държавен вестник - година и брой (ако има такова);
- освен тях са взети предвид личностите/организациите свързани с къщите (тяхно допълнително описание съществува в специализираната онтология agents.owl);
- години свързани с къщите – строеж, реставрация, музейна дейност, реституция (евентуално);
- на база тези години, те се причисляват като субекти на конкретни периоди – Зряло-, Ранно-, Предвъзрожденски (архитектурен период). Някои къщи могат да бъдат субект на два периода поради дългото си историческо минало, включващо изграждане под една планова схема, но и престрояване впоследствие;
- спрямо особености на плановата схема – отворена, затворена, редова, квадратна и др. са добавени конкретики посредством връзки с индивидуалности, за да може плановата схема да бъде разгледана допълнително в евентуално бъдещо изследване;
- състояние, ако има информация за актуално такова и предназначение спрямо кадастрална карта;
- снимков материал под формата на schema:image (Schema.org, 2022) /илюстрации/.

Всичко това е представено в контекста на онтологичното инженерство и неговите похвати. Както при всяко изследване са възможни и по-оптимални решения, а често работата по една онтология е с продължаващо развитие.

5.2 ТИПОЛОГИЧНА ОПРЕДЕЛЕНОСТ

Типовете къщи и групи от къщи не са изрично „шаблонни“ множества. Както става ясно от разглежданата област на интерес (възрожденски къщи), те имат определени прилики и различия, но не можем строго да заключим, че точно това са характеристиките на всяка една къща индивидуалност (представител) от групата (класа). Възможно е съществуването на единични представители, които имат различия поради архитектурни или дизайн решения повлияли на поръчителя на изграждане на зданието и съответно приложени спрямо личните му предпочитания. Това не отменя възможността теченията в регионален, исторически и архитектурно-строителен план да бъдат разглеждани от гледна точна на множества и да обобщим (спрямо проучената литература, отразяваща мнението на специалисти, тоест може да

се каже общоприето мнение от гледна точна на семантично моделиране, както и консултациите с архитекти). За целите на разработката са въведени оптимални конкретики – прилики и различия между класовете къщи. Отразени са подобни изводи на база разгледаните примери конкретни къщи. Не можем да твърдим изцяло, че всеки един друг представител от конкретните класове притежава тези особености, а по-скоро, че те са по-често срещана характеристика. Приликите са отразени чрез сливане на тройките от „обект-предикат-субект“ с други такива в своеобразен граф.

5.3 ИЗВЛИЧАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ ПОСРЕДСТВОМ SPARQL ЗАЯВКИ

Подобно на езика за заявки SQL при релационните бази от данни, OWL-онтологиите също имат специфициран език за заявки SPARQL (W3C, 2013). Данните се представят чрез познатите „тройки“, но търсеното е променлива/и, а резултатите от заявката съвпадат с шаблона. (Madanska, S., 2022b) Заявката на Фигура 10 (Madanska, S., 2022b) извежда променливи от тип 'Родопска къща' с техни общ брой помещения, номер на сграда, застроена и разгъната застроена площ. Изведените изрази са спрямо кадастър. Знак „#“ определя коментарите в SPARQL. Ако бъде премахнат при първия коментиран ред ще бъде изведена само Пангаловата къща понеже се намира на ул. „Родопи“ 85, а в случай че присъства валидно условие от последния коментиран ред – биха били изведени конкретни индивидуалности от клас 'обзавеждане', имащи връзка посредством свойството с къщите. Данните остават с консистентно поведение дори при комбинирането им с данни от други източници.

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/xps/ontologies/2018/2/oldhouses#>
PREFIX l: <http://www.semanticweb.org/xps/ontologies/2018/1/locations#>
PREFIX o: <http://www.semanticweb.org/xps/ontologies/2018/1/objects#>


SELECT ?house  ?rooms  ?building_number  ?area ?total_area #?furnishing
WHERE { ?house a                          :RhodopeHouse ;
                # o:isLocatedIn            l:RhodopeStreet85 ;
                  :hasBuildingNumber       ?building_number ;
                 :hasTotalNumberOfRooms    ?rooms ;
                 :hasBuilt-UpArea          ?area ;
                 :hasTotalBuilt-UpArea     ?total_area ;
                # :hasFurnishing           ?furnishing .
        }
```

house	rooms	building_number
Згуровски конак	"13"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>	83274.501.670.1
Хаджичонева къща	"17"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>	67653.925.118.1
Пангалова къща	"21"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>	67653.920.326.1

area	total_area
"136m2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"408m2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"114 m²"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"342 m²"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"240 m²"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"720 m²"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Фигура 10. SPARQL заявка: локация, кадастър, помещения, площ, обзавеждане

Резултатът от следващата заявка е личност, индивидуалност от клас 'мъж', притежаваща академична позиция 'професор' и научна степен 'доктор', 'българин' по националност, 'учил в'

'УАСГ' и 'работил в' 'Министерството на културата на Република България'. Променливата заема стойност 'проф. арх. Стефан Стамов', защото това е единствената индивидуалност от наличните в онтология „Agents“, която отговаря на заложените „тройки“ от критерии, тоест удовлетворява условията на шаблона. Примерът е разгледан в Публикация 4 по дисертационния труд (Madanska, S., 2022a).

```
SPARQL query:

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/xps/ontologies/2018/3/agents#>

SELECT DISTINCT ?person
WHERE { ?person  a                  :Man ,
                                    owl:NamedIndividual ;
                 a          [ a          owl:Class ;
                                         owl:intersectionOf ( [ a                    owl:Restriction ;
                                                                 owl:onProperty          :hasAcademicPosition ;
                                                                 owl:someValuesFrom      :FullProfessor
                                                               ]
                                                               [ a                       owl:Restriction ;
                                                                 owl:onProperty          :hasDegree ;
                                                                 owl:someValuesFrom      :PhD
                                                               ] )
                            ] ;
                 :hasNationality    :Bulgarian ;
                 :studiedAt         :UniversityOfArchitectureCivilEngineeringAndGeodesy ;
                 :workedIn          :BulgarianMinistryOfCulture . }

                                    person
проф. арх Стефан Стамов
```

Фигура 11. SPARQL заявка: личност, с изисквани характеристики

5.4 ПРИЛОЖЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛНАТА СФЕРА

Онтологията може да бъде използвана за обучение в училища и университети в областта на архитектурата и изкуството за тестове свързани с възрожденски къщи, архитектурни особености и вариации на носещ и неносещ елемент, техники, конструкции, период на изграждане и други (Stoyanova-Doycheva, Madanska, Grancharova, Glushkova, & Cholakov, 2022). Тя е подложена на опити с Test Generation Environment (TGE) (Станчева, 2020) (Stancheva, Popchev, Stoyanova-Doycheva, & Stoyanov, 2016) (Stancheva, Stoyanova-Doycheva, Stoyanov, Popchev, & Ivanova, 2017). Формалните твърдения в онтологиите (като напр. Фигура 12) могат да бъдат използвани допълнително за различни цели. На база изградените аксиоми има възможност да бъдат генерирани въпроси. Пример е публикуван в (Stoyanova-Doycheva, Madanska, Grancharova, Glushkova, & Cholakov, 2022).

```
<DisjointClasses>
    <Class IRI="#ArbanassiTypologicalGroup"/>
    <Class IRI="#BanskoHouse"/>
    <Class IRI="#BlackSeaHouse"/>
    <Class IRI="#KovachevskaHouse"/>
    <Class IRI="#LovechHouse"/>
    <Class IRI="#PlovdivHouse"/>
    <Class IRI="#RhodopeHouse"/>
      ...
</DisjointClasses>
```

Фигура 12. Аксиома за подкласовете на клас „BulgarianRevivalHouse“

5.5 ВИРТУАЛИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ДАННИТЕ

В перспектива съществува възможност за създаване на уеб приложение, предоставящо проучените данни на широк кръг хора с подобни интереси. В голямата си част данните са на хартиен носител, а публикуването им в Мрежата ще ги направи по-достъпни. Има разнообразни сценарии това да се случи – например с потребителски интерфейс, представен с помощта на Vaadin Java Web Framework (Vaadin, 2022) или с вградения в Protégé - OWLDoc (Drummond, Horridge, & Redmond, 2012). Но все пак не се набляга на темата, защото основната идея, за която е разработена мрежата от онтологии е те да бъдат имплементирани в CHH-OntoNet, като база знания за работата на интелигентния туристически пътеводител. В (Madanska, S., 2022b) - Публикация 3 по дисертационния труд е разгледана връзката с алтернативния туризъм.

5.6 ИЗВОДИ И ПЕРСПЕКТИВИ

Създаването на завършена онтология за българските къщи в периода Пред-, Ранно, Зряло възраждане е изключително трудоемка и сложна задача, която не може да бъде осъществена изцяло в рамките на дисертационния труд.

Самото моделиране на онтология изисква логика, опит и време, а мрежа от взаимосвързани онтологии с подобна тематика – същите ресурси многократно, но освен тях и съвети от архитекти, интердисциплинарни проучвания (архитектура и строителство - включително специфичен речник; история - личности, периоди; норматив на културните ценности според закона; урбанистично планиране за създаване на подробно локализиране, следвайки кадастъра; диалектика, остарели думи и изрази), анализ на необходимите за целта източници в „морето от знания“, а в някои случаи липса на достатъчно такива, обобщение във формален модел на иначе нееднородната информация, и не на последно място по важност последователност - както що се отнася до данните, така и до работата като докторант и млад учен, заел се с нелека задача, но извършващ я с огромен ентусиазъм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ – РЕЗЮМЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Дисертационният труд разглежда обстойно и дава решения на поставената основна цел, и съответните подцели и задачи. И не претендира за изчерпателност в сферата на архитектурата.

Тематиката предполага задълбочени проучвания в областта на интерес и имплементирането им за постигане на оптимални резултати по отношение на изследването. Такива бяха направени. В резултат, посредством средата Protégé, бяха разработени седем онтологии около концепцията за семантично моделиране на българското културно-историческо наследство, и в частност българските възрожденски жилищни сгради. При моделирането на концепцията е използван международен стандарт за каталогизиране на културни обекти. Не ни е известно съществуването на подобни изследвания или онтологичен проект от същото естество. Съставена е онтология с основните елементи на българската възрожденска къща, спрямо които може да бъде моделирана семантично произволна постройка на територията на страната ни. Също така факторите около обект „къща“ са засегнати – материали, местоположение и други.

По време на изследванията на проблемната област бяха постигнати няколко резултата, обобщени в следващите раздели.

6.1 РЕЗУЛТАТИ И ПРИНОСИ

В настоящия раздел са описани резултатите, които са пряко или индиректно свързани с дисертационния труд. По време на постигане на основната цел и решаване на задачите към нея, бяха получени основни резултати (по-конкретно представени в Таблица 1), а в резюме:

1. **Проучване на проблемната област и създаване на концепция** – разнородната информация по темата бе проучена, структурирана и подготвена за последващото ѝ моделиране, съобразно изначалната цел за използването ѝ като база знания (онтологична) за интелигентен туристически пътеводител.
2. **Моделиране на прототип на онтологии за областта спрямо дефинирани критерии** – за коректното реализиране на онтологичните модули от проекта бе проучен и използван стандарт за каталогизиране, а за описанието им - стандартен формален подход.
3. **Реализация на онтологии за областта на интерес** – създадени са седем онтологии, разгледани в глава 4 от дисертационния труд. Особен резултат е онтология OldHouses (с изключително детайлна таксономия), посредством която може да бъде моделирана индивидуалност на възрожденската къща.
4. **Интегриране и приложение. Сравнителен анализ на възрожденски къщи в България** - Тестовете на вече разработените онтологии преминават успешно, като доказателства са: коректните извличания със SPARQL заявки, успешното имплементиране на всички седем онтологии в една без грешни съждения, коректните логически интерпретации на машините за извод, внедрени в средата Protégé и опитите със средата Test Generation Environment за сферата на образованието. Като резултат от дефинираните характеристики на типологичните групи и къщи, са моделирани сравнения помежду им.

6.1.1 ДОКЛАДИ НА НАУЧНИ КОНФЕРЕНЦИИ

Резултатите от работата по дисертационното изследване са докладвани на следните международни научни конференции:

1. "ONTOLOGICAL PRESENTATION OF BULGARIAN REVIVAL RESIDENTIAL ARCHITECTURE", *Eleventh International Conference "Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage—DiPP2021".* 23-25 September, 2021. Burgas, Bulgaria; ***(представящ)***
2. "DEVELOPMENT OF ONTOLOGIES IN DIFFERENT DOMAINS FOR A TEST GENERATION ENVIRONMENT", *8th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'22).* 14–17 June, 2022. Valencia, Spain;
3. "SEMANTIC MODELING OF THE BULGARIAN REVIVAL ARCHITECTURE FOR THE MODERN FORMS OF ALTERNATIVE TOURISM", *"VIII International Conference Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization (KIN2022)".* 12-16 April, 2022. Veliko Tarnovo, Bulgaria; ***(представящ)***
4. "AN ONTOLOGY FOR ARCHITECTURAL HERITAGE: HISTORICAL FIGURES AND ORGANIZATIONS", *Twelfth International Conference "Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage—DiPP2022".* 23-25 September, 2022. Burgas, Bulgaria; ***(представящ)***
5. "DIGITALIZATION OF BULGARIAN RESIDENTIAL ARCHITECTURE IN AND AROUND THE BULGARIAN REVIVAL PERIOD – TYPOLOGICAL GROUPS AND HOUSES", *"VII International*

Conference Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization (KIN2022)". 21-25 April, 2021. Veliko Tarnovo, Bulgaria; ***(представящ)***

6.1.2 ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Резултатите от работата по дисертационното изследване са публикувани в следните: списания, рецензирани издания и реферирани конференции:

1. Madanska, S., Bilyanov, S., Stoyanova-Doycheva, A., Stoyanov, S. (2021). Ontological Presentation of Bulgarian Revival Residential Architecture. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage. Vol. 11*, Sofia, Bulgaria: Institute of Mathematics and Informatics – BAS, 2021, pp. 67-76, ISSN 1314-4006 (Print), eISSN 2535-0366 (Online). DOI: 10.55630/dipp.2021.11.6 (Индексирана в SCOPUS и Web of Science)
2. Stoyanova-Doycheva, A. G., Madanska, S., Grancharova-Hristova, M., Glushkova, T., Cholakov, G. (2022). Development of Ontologies in Different Domains for a Test Generation Environment. *8th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'22)*, Valencia, Spain, pp. 925-933. DOI: 10.4995/HEAd22.2022.14205 (Индексирана в SCOPUS и Web of Science)
3. Madanska, S. (2022b). Semantic Modeling of the Bulgarian Revival Architecture for the Modern Forms of Alternative Tourism. *Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization (KIN Journal), 8(1)*, ISSN 2367-8038, Institute of Mathematics and Informatics – Bulgarian Academy of Sciences, 164–173. DOI: 10.55630/KINJ.2022.080114
4. Madanska, S. (2022a). An Ontology for Architectural Heritage: Historical Figures and Organizations. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage, Vol. 12*, Sofia, Bulgaria: Institute of Mathematics and Informatics – BAS, 2021, pp. 121–130. DOI: 10.55630/dipp.2022.12.9 (Индексирана в SCOPUS и Web of Science)

6.1.3 ОБОБЩЕНИЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Основните резултати на дисертационния труд са описани в Таблица 1.

Резултат	Задача	Глава от дисертационния труд	Публикации от 6.1.1
Проучване на проблемната област КИН (възрожденска жилищна архитектура) и създаване на концепция	Анализ на текущото състояние на областта на интерес и създаване на концепция	Глава 2	1, 3
Моделиране на прототип на онтологии за областта спрямо дефинирани критерии	Интегриране на множество писмени и е-източници по темата, съблюдавайки международен стандарт за каталогизация	Глава 3	1, 2, 3, 4

Реализация на онтологии за областта на интерес	Изграждането на модел на „възрожденската къща“ и онтологии, удовлетворяващи областта на интерес	Глава 4	1, 3, 4
Интегриране и приложение. Сравнителен анализ на възрожденски къщи в България	Интегриране на онтологиите в една, за целите на тяхното тестване и възможно приложение в различни сфери	Глава 5	2, 3, 4

Таблица 1. Връзка между резултатите, задачите, структурата на дисертацията и публикациите на автора

6.1.4 СПИСЪК НА ЗАБЕЛЯЗАНИ ЦИТИРАНИЯ НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Забелязано е **едно** цитиране на публикация по дисертационния труд. Както следва:

1. Madanska, S., Bilyanov, S., Stoyanova-Doycheva, A., Stoyanov, S. (2021), Ontological Presentation of Bulgarian Revival Residential Architecture. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage. Vol. 11*, Sofia, Bulgaria: Institute of Mathematics and Informatics – BAS, 2021, pp. 67-76, ISSN 1314-4006 (Print), eISSN 2535-0366 (Online) DOI: 10.55630/dipp.2021.11.6
   1.1. Стоянов, И., Дуковска, Л., Табакова-Комсалова, В., Монов, В. (2022). Персонален асистент за земеделски стопани. *Сборник доклади от VI-та Национална научна конференция с международно участие – TechCo 2022,* Ловеч, Университетско издателство „Васил Априлов“, Габрово, pp. 85-92, ISSN 2535-079X, www.tugab.bg/images/tk-lovech/Techco-Lovech-22.pdf

6.2 БЪДЕЩИ ПЛАНОВЕ

Като бъдещи планове могат да бъдат изведени следните:

1. Разработването на онтология е трудоемък и дългосрочен процес. Извършената работа във времевите рамки на дисертационния труд е удовлетворяваща, но може да бъде обогатена с повече детайли относно конкретните елементи на къщите, също така и повече реални представители на терен.
2. От направените проучвания в областта на архитектурата разбрахме, че съществува възможност за изграждане на BIM модел за 3D визуализация на конкретни обекти. И нещо повече моделът е с широко приложение в съвременната архитектура и има съвместимост с онтологичния модел, което ще позволи обогатена семантика и по-добро потребителско изживяване.
3. Има възможност да бъде създаден „дигитален близнак“ (Digital Twin) на тези от постройките, които могат да бъдат снабдени със сензори, за да може да бъдат следени техните показатели и евентуални възможности за щети от посетители, атмосферни условия, или износоустойчивост на реновираните части.

4. Онтологията може да бъде приложена след интегрирането ѝ в потребителски модул за нуждите на учебни заведения, насочени към архитектурно-строително образование.
5. Базата от знания може да бъде използвана за тестови въпроси при провеждане на изпити или игрови приложения питащи потребителя любопитни факти.
6. Също така може да бъде създадено уеб приложение за широката общественост с данни за същите и свързаните с тях обекти, които иначе не са достъпни онлайн, а са понятни за тесен кръг хора, интересуващи се от литература с архитектурна насоченост.
7. Създадената онтология може да бъде използвана за целите на стартиращ проект, наречен „Digital Bulgaria in Prolog".

БЛАГОДАРНОСТИ

Искам да изразя своята благодарност към личностите, без които този дисертационен труд не би бил възможен. Огромна благодарност дължа на научния си ръководител, проф. д-р Станимир Стоянов, за доверието в мен и всеотдайността във всяка ситуация, идеите и съветите, които оценявам изключително много; както и мотивацията да излизам от зоната си на комфорт. Изказвам специална благодарност към проф. д-р Ася Стоянова-Дойчева за позитивната енергия и сърдечно отношение, ценните насоки и безрезервна помощ. Благодаря на целия колектив за създадената приятелска обстановка и възможността да се учим един от друг. Благодаря на ръководството на ФМИ, както и на Пловдивски университет като цяло! Няма да пропусна да изразя благодарност към своето семейството, че винаги са до мен и ме подкрепят във всяко начинание. „Благодаря" за мен е силна дума, подкрепена с много топлина към всички тези личности, които ще останат в моето сърце завинаги.

БИБЛИОГРАФИЯ

Allemang, D., & Hendler, J. (2011). Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL. *2*, 1-354. Morgan Kaufmann Publishers Inc. ISBN 978-0-12-385965-5.

Baca, M., Harpring, P., Lanzi, E., McRae, L., Whiteside, A., & VRA. (2006). Cataloging Cultural Objects. A Guide to Describing Cultural Works and Their Images. 1-396. Chicago, United States of America: AMERICAN LIBRARY ASSOCIATION, Visual Resources Association. ISBN-10: 0-8389-3564-8 ISBN-13: 978-0-8389-3564-4. Retrieved December 6, 2022, from http://vraweb.org/wp-content/uploads/2020/04/CatalogingCulturalObjectsFullv2.pdf;

Bārzdiņš, J., Bārzdiņš, G., Čerāns, K., Liepiņš, R., & Sproģis, A. (2010). UML Style Graphical Notation and Editor for OWL 2. *In: Forbrig, P., Günther, H. (eds) Perspectives in Business Informatics Research. BIR 2010, Lecture Notes in Business Information Processing, Volume 64*, pp. 102-114. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-16101-8_9

Bechhofer, S. (2009). OWL: Web Ontology Language. *In: LIU, L., ÖZSU, M.T. (eds) Encyclopedia of Database Systems*. Springer, Boston, MA. doi:10.1007/978-0-387-39940-9_1073

Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. (2001, May). The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*. Retrieved December 6, 2022, from https://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific%20American_%20Feature%20Article_%20The%20Semantic%20Web_%20May%202001.pdf

Colucci, E., Xing, X., Kokla, M., Mostafavi, M., Noardo, F., & Spanò, A. (2021). Ontology-Based Semantic Conceptualisation of Historical Built Heritage to Generate Parametric Structured Models from Point Clouds. *Applied Sciences, 11(6), 2813*. doi:10.3390/app11062813

Davide, S., & Cursi, S. (2017). A Platform for Enriching BIM Representation Through Semantic Web Technologies. *Lean and Computing in Construction Congress (LC3) 2017: Volume I - Proceedings of the Joint Conference on Computing in Construction (JC3)*, (pp. 423-430). Heraklion, Greece. doi:10.24928/JC3-2017/0323

Drummond, N., Horridge, M., & Redmond, T. (2012, May 8). OWLDoc. Retrieved December 6, 2022, from https://protegewiki.stanford.edu/wiki/OWLDoc

Falconer, S. (2013, January 18). OntoGraf. Retrieved December 6, 2022, from https://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoGraf

FIPS Publication 184. (1993, December 21). INTEGRATION DEFINITION FOR INFORMATION MODELING (IDEF1X). *Federal Information Processing Standards Publication*. Retrieved December 2022, from https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/FIPS/fipspub184.pdf

Flotyński, J., & Walczak, K. (2014, October). Semantic Representation of Multi-platform 3D Content. *Computer Science and Information Systems, 11*(4), 1555-1580. doi:10.2298/CSIS131218073F

Glushkova, T., & Stoyanov, S. (2019). Ambient-oriented modeling of "smart" cities [Амбиент-ориентирано моделиране на "умни" градове]. *TechCo 2019 . 2*, pp. 211-216. Lovech [ЛОВЕЧ]: Vasil Aprilov University Publishing House - Gabrovo [Университетско издателство "Васил Априлов" – Габрово] . Retrieved December 5, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/344388958_AMBIENT-ORIENTIRANO_MODELIRANE_NA_UMNI_GRADOVE , ISSN: 2535-079X

Glushkova, T., Miteva, M., Stoyanova-Doycheva, A., Ivanova, V., & Stoyanov, S. (2018). Implementation of a Personal Internet of Thing Tourist Guide. *American Journal of Computation, Communication and Control, 5(2)*, 39-51. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/325313152_Implementation_of_a_Personal_Internet_of_Thing_Tourist_Guide ; ISSN: 2375-3943

Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition, 5*(2), pp. 199–220. doi:10.1006/KNAC.1993.1008

Gruber, T. (2008). Ontology. *Encyclopedia of Database Systems, Ling Liu and M. Tamer Özsu (Eds.), Springer-Verlag, 2009*. Retrieved December 6, 2022, from https://tomgruber.org/writing/definition-of-ontology

Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What Is an Ontology? In S. Staab, & R. Studer, *Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems* (pp. 1-17). Springer, Berlin, Heidelberg. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/226279556_What_Is_an_Ontology; DOI: 10.1007/978-3-540-92673-3_0

Hammer, M., & McLeod, D. (1981, September). Database Description with SDM: A Semantic Database Model. *6*, 351-386. ACM Transactions on Database Systems. doi:10.1145/319587.319588

Horridge, M. (2019, March 29). *OWLViz*. Retrieved December 06, 2022, from Protégé wiki: https://protegewiki.stanford.edu/wiki/OWLViz

Institute of Mathematics and Computer Science, University of Latvia. (2020). *OWLGrEd*. Retrieved August 2, 2022, from owlgred.lumii.lv: http://owlgred.lumii.lv/

Luisi, J. V. (2014). 4.1.3.8 Semantic Modeling Architecture. *Pragmatic Enterprise Architecture. Strategies to Transform Information Systems in the Era of Big Data*, 189-261. (J. V. Luisi, Ed.) doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800205-6.00004-4. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/semantic-modeling

Madanska, S. (2022a). An Ontology for Architectural Heritage: Historical Figures and Organizations. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage, 12*, pp. 121-130. doi:10.55630/dipp.2022.12.9

Madanska, S. (2022b). Semantic Modeling of the Bulgarian Revival Architecture for the Modern Forms of Alternative Tourism. *Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization (KIN Journal), 8(1), ISSN 2367-8038, Institute of Mathematics and Informatics – Bulgarian Academy of Sciences*, 164–173. doi:10.55630/KINJ.2022.080114

Madanska, S., Bilyanov, S., Stoyanova-Doycheva, A., & Stoyanov, S. (2021, September). Ontological Presentation of Bulgarian Revival Residential Architecture. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage. Vol. 11*, pp. 67-76. doi:10.55630/dipp.2021.11.6. ISSN 1314-4006 (Print), eISSN 2535-0366 (Online)

Madanska, S., Stoyanov, S., & Stoyanova-Doycheva, A. (2021). Digitalization of Bulgarian Residential Architecture in and around the Bulgarian Revival Period – Typological Groups and Houses. *Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization (KIN Journal), 7*(2), 94-106. doi:10.26615/issn.2367-8038.2021_2_008. ISSN 2367-8038

Mishra, S., & Jain, S. (2018, August 6). Ontologies as a semantic model in IoT. *International Journal of Computers and Applications 42:3* , 233-243. doi:10.1080/1206212X.2018.1504461

Musen, M. (2015, June). *The Protégé project: A look back and a look forward. AI Matters. Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence, 1(4)*. doi:10.1145/2557001.25757003

Museum Ancient Nessebar. (2022). *The Old Nessebar*. Retrieved June 13, 2022, from https://ancient-nessebar.com/html/main_bg.php?menu=etno

Ontotext. (2022). *Semantic web technology*. Retrieved December 7, 2022, from ontotext.com: https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/semantic-web-technology/

Schema.org. (2022). *Welcome to Schema.org*. Retrieved December 6, 2022, from Schema.org: https://schema.org/

Stancheva, N., Popchev, I., Stoyanova-Doycheva, A., & Stoyanov, S. (2016). Automatic generation of test questions by software agents using ontologies. *2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS)*, pp. 741-746. doi:10.1109/IS.2016.7737395

Stancheva, N., Stoyanova-Doycheva, A., Stoyanov, S., Popchev, I., & Ivanova, V. (2017, June). An Environment for Automatic Test Generation. *CYBERNETICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES, 17*(2), 183-196. doi:10.1515/cait-2017-0025

Stoyanov, S. (2012). Context-Aware and Adaptable eLearning Systems. *PhD Thesis, STRL Software Technology Research Laboratory*. Leicester, United Kingdom: De Montfort University.

Stoyanov, S., Glushkova, T., Stoyanova-Doycheva, A., & Doychev, E. (2018). Virtual Physical Space — An Architecture Supporting Internet of Things Applications. *20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA)*. doi:10.1109/SIELA.2018.8447156

Stoyanov, S., Glushkova, T., Stoyanova-Doycheva, A., Doychev, E., & Ivanova, V. (2019). *Cyber-Physical-Social Systems and Applications. Part 1: Reference architecture*. LAP Lambert Academic Publishing ISBN: 978-620-0-31825-1.

Stoyanova-Doycheva, A. G., Madanska, S., Grancharova, M., Glushkova, T., & Cholakov, G. (2022, June). Development of Ontologies in Different Domains for a Test Generation Environment. *8th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'22)*, pp. 925-933. doi:http://dx.doi.org/10.4995/HEAd22.2022.14205

Vaadin. (2022). Retrieved December 6, 2022, from https://vaadin.com/

W3C. (2009a, November 12). OWL Web Ontology Language Reference. *W3C Recommendation 10 February 2004*. Retrieved February 1, 2022, from https://www.w3.org/TR/owl-ref/

W3C. (2012b, December 11). OWL 2 Web Ontology Language Structural Specification and Functional-Style Syntax (Second Edition). *W3C Recommendation 11 December 2012*. Retrieved December 7, 2022, from https://www.w3.org/TR/owl2-syntax/

W3C. (2013, March 21). SPARQL 1.1 Query Language. *W3C Recommendation 21 March 2013*. Retrieved March 4, 2022, from https://www.w3.org/TR/sparql11-query/

Whimsical. (2022). Retrieved December 6, 2022, from https://whimsical.com/

Ангелов, Ч. (2011). Сградостроителството в България. Том I: 681-1940. Академично издателство "Проф. Марин Дринов", ISBN 978-954-322-460-9.

Стамов, С. (1989). Българската жилищна архитектура /15-19 век/ [Bulgarian House Architecture (15th-19th centuries)]. 1-147. София [Sofia], България [Bulgaria]: Издатество на БАН [Publishing house of the Bulgarian Academy of Sciences] Издателски индекс 11214/87.

Стамов, С. (2007). Дървената народна къща. Систематика и типология. Второ допълнено издание [The Wooden Folk House. Systematics and typology. Second supplemented edition]. *2*, 1-384. София: БЕТ Принт.

Стамов, С. (2016). Българско архитектурно наследство: селища, църкви, манастири. Второ преработено и допълнено издание. 1-516. София, България: БЕТ Принт.

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