

Институт по математика и информатика,  
Българска академия на науките

Подходи и методи за създаване, съхранение,  
представяне и защита на цифрови ресурси от  
областта на културно-историческото наследство чрез  
технологии, основани на знания

## А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на Николай Генчев Ноев

на дисертационния труд за присъждане  
на образователна и научна степен „доктор”  
по научна специалност 01.01.12 „Информатика”  
в професионално направление 4.6 „Информатика и компютърни науки”

Научен ръководител:

доц. д-р Галина Богданова

София, 2015

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на заседание на първично звено, назначено от директора на ИМИ-БАН със заповед 220/24.06.2015 г., състояло се на 30.06.2012 г.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ часа в зала \_\_\_\_\_ на ИМИ-БАН на открито заседание на научно жури в състав:

---

---

---

---

---

---

---

Дисертационният труд е изложен в 223 страници и съдържа 10 таблици и 35 фигури. Той включва увод, 5 глави, 4 приложения, списък на използваната литература от 90 литературни източници, списък на 10 публикации на автора (една от които самостоятелна), свързани с представения дисертационен труд и списък на техни цитирания.

Номерацията на таблиците и фигурите в автореферата следва оригиналната номерация, използвана в дисертационния труд.

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в библиотеката на Институт по математика и информатика - БАН, ул. „Акад. Г. Бончев”, блок 8, София.

Автор: Николай Генчев Ноев

Заглавие: Подходи и методи за създаване, съхранение, представяне и защита на цифрови ресурси от областта на културно-историческото наследство чрез технологии, основани на знания.

## Съдържание

Съдържание .....	3
Обща характеристика на дисертационния труд .....	4
Актуалност на проблема .....	4
Цел и задачи на дисертационния труд.....	5
Структура и обем на дисертационния труд .....	6
Глава 2. Технологии, подходи и средства, за създаване, представяне и защита на цифрови ресурси от областта на културно-историческото наследство .....	9
Глава 3. Семантично ориентирана архитектура, представяща знанието за обекти от областта на камбанологията.....	19
Глава 4. Реализация на семантично-базирано представяне знания за цифрови ресурси от областта на камбанологията, тяхното създаване, съхранение и защита .....	36
Глава 5. Приноси на дисертационния труд .....	50
Апробация.....	51
Списък на авторските публикации по темата на дисертацията.....	53
Други цитирания .....	54

## Обща характеристика на дисертационния труд

### *Актуалност на проблема*

Осъществяването на идеята за осигуряване на семантичен и контекстно-базиран достъп до съдържание от областта на културно-историческото наследство за всеки, без ограничения за време и място, чрез ефективното използване на информационни и комуникационни технологии, са основни предпоставки за възникване на нови средства и услуги в среди за управление и достъп до цифрово съдържание. Най-общо се включват дейности като:

- Описание на семантиката на цифрови мултимедийни обекти, отчитайки тяхната специфика и предметната област, към която принадлежат;
- Осигуряване на семантичен и контекстно-базиран достъп, адаптиране на навигацията и формата за показване/предоставяне на информационни ресурси, специализирано търсене, групиране, сортиране, интелигентно куриране на културно-исторически и художествени обекти и др.;
- Подбор и препоръчване на информационни ресурси според съдържанието им и в контекста, в който се използват и др.

На тази база през последните години активно се работи за внедряване на семантично-базирани средства и услуги в среди за управление на цифрово съдържание и по този начин да се позволи максимално достигане до богатата семантика на ценните артефакти от културно-историческото наследство. Знанието за тези съкровища, сътворени от човешката ръка, е скрито за съвременния зрител поради недостатъчно познаване на епохата, еволюцията и произхода на това богатство, както и поради трудния достъп до някои художествени артефакти.

Първоначалните реализации на средите за управление на цифрово съдържание основно залагаха на предлагане на големи количества информационно съдържание, което е представено по атрактивен начин с осигурени услуги за автоматизираното му създаване и форматиране, стандартни услуги за търсене, услуги, позволяващи комуникация между потребителите и др. За тези системи не беше съществено кой е потребителят, какви са целите, интересите и задачите му, неговите характеристики и мотивация, съдържанието бе описано чрез шаблони според утвърдени стандарти и не позволяваха да се навлезе по-задълбочено в предметната област на обектите. От друга

страна, концепцията за Web 3.0 посочва Семантичния уеб като основен негов компонент и поставя ясно нова идеология и изисквания за представяне на съдържанието в Интернет.

Дълго време цифровите библиотеки залагаха на идеята, че техните потребители е нужно да имат достъп единствено до огромни количества информационно съдържание без да се отчитат реалните им нужди и информационни търсения.

Често прилаганите аотириания на съдържанието на цифровите библиотеки чрез наложени стандарти като Dublin Core, MARC, CIDOC-CRM са по-често рудиментарни, не добавят особени подобрения към общото функциониране на системите и достъпа до знанието за ресурсите. По-нови решения залагат на използване на технологиите на Семантичен уеб за формално описание и представяне на знанието за информационните обекти, доставяни от средата, семантично-базиран достъп и адаптиращи стратегии, методи и алгоритми. Ролята на онтолозиите е да описват формално общото значение на речниковия състав като ограничават набора от възможни съответствия между символите и техните значения в рамките на областта. Затова настоящото им приложение позволява да се опишат и структурират посочените големи множества хетерогенни данни, да се посочат семантичните връзки между данните и валидни отношения и аксиоми в областите и др., чрез използване съответно на средства, осигурени от технологиите на Семантичния уеб. Създаването на специализирани функционални модули, обработващи такъв вид данни, е значително улеснено. Осигурява се гъвкавост, бърза и лесна изменяемост на програмния код, разширяемост, устойчивост и преносимост.

#### *Цел и задачи на дисертационния труд*

**Основната цел** на дисертационния труд е дефинирането на интердисциплинарни подходи за създаване, представяне, съхранение на цифрови ресурси, създаването на модели на защита на тези ресурси и разработването на семантично-базирана архитектура на знание за културно-исторически артефакти в конкретна предметна област.

За постигането на тази цел се дефинират следните задачи:

- **Задача 1:** *Аналитично проучване на състоянието на проблемите и областите на приложение*

- Изследване на специфичните особености на артефактите от областта на камбанологията;
  - Изследване на съвременните тенденции в областта на създаване на цифрови ресурси, цифрови хранилища и библиотеки;
  - Изследване на подходите на Семантичния уеб за онтологично-базирано описание на съдържание и знание;
  - Изследване на съвременните цифрови хранилища, архитектурните им решения и подходите за използване на технологиите на Семантичния уеб за описание на семантиката на информационните им обекти и колекции.
- *Задача 2: Дефиниране на методи за създаване на цифрови ресурси чрез цифровизация на културни артефакти и организирането им в хранилища*
  - *Задача 3: Разработване на семантично-базирана архитектура на знания за културно-исторически обекти камбана. Методи за мета-семантично аотиране и индексирание на цифрови ресурси*
  - *Задача 4: Разработване и реализация на методи за защита на цифрови ресурси и семантично-базирано знание*
  - *Задача 5: Реализация на онлайн платформа с внедрени цифрови ресурси и функционалности на базата на семантично-базираното знание за обект камбана*
  - *Задача 6: Експерименти на предложените методи и подходи за реални цифрови хранилища и онлайн платформи*

#### *Структура и обем на дисертационния труд*

Дисертационният труд се състои от увод, 5 (пет) глави и 4 (четири) приложения.

В глава 1 „Обща постановка на задачата” се поставя проблемът за създаване на цифрово културно съдържание, съхранението и представянето му. Формулират се обектът, предметът, основната цел и задачите на изследването.

Глава 2 „Технологии, подходи и средства, за създаване, представяне и защита на цифрови ресурси от областта на културно-историческото наследство” е съставена от четири основни раздела, в които е направено проучване на областите в обхвата на поставените задачи. В първия раздел е представена спецификата на

избраната предметна област и анализ на обектите. Изследват се особеностите на обектите, влияещи върху описанието на знанието за тях. Във втория раздел се изследват подходите към създаване на цифрови ресурси. Проследени са различни методи за цифровизиране, включително на цифрови триизмерни модели на обемни артефакти. Анализирани са съвременни стандарти за индексирание с метаданни, техните елементи и характеристики, отговарящи на стандартите за описание на обекти от културно-историческото наследство. В третия раздел са описани методи за защита на цифрови ресурси, чрез влягане на съдържание в различни типове медия записи (добавяне на идентификационен код в аудио записи и добавяне на съдържание в цифрови изображения). В последния раздел на главата се описва същността, характеристиките и основните компоненти на цифровите хранилища и библиотеки, които ще съхраняват цифровите ресурси и семантично-описаните обекти. Проследени са различни видове системи за съхранение и категоризиране на цифрово съдържание (речници, архиви и др.) с техните характеристики и особености. Представени са принципи и особености при изграждането на цифрови хранилища и библиотеки с цел оптимизация и подобряване на контекстно-базирания/семантичен достъп до обектите в тях и са анализирани подходи за използване на семантични технологии в цифрови библиотеки. Направен е кратък преглед на международни и национални проекти и инициативи за разработка на цифрови библиотеки и тяхното съдържание.

В Глава 3 „*Семантично ориентирана архитектура, представяща знанието за обекти от областта на камбанологията*” е направено аналитично изследване на технологии за представяне на знания и по-конкретно технологии за аотиране на знание в Семантичния уеб. Проучени са начини за изграждане на онтология и е представена нейната обща структура, компоненти и особености. Направен е обзор на различни класификации на онтологии, съвременни езици, стандарти и софтуерни инструменти за изграждане и работа с онтологии и др. Посочени са добри практики в направлението, за да се подпомогне изборът на средства и методи за изграждане на онтология с оглед поставената в дисертационния труд цел. В раздела е проследен процесът на семантично маркиране на данни. Изградена е концепция и са очертани подходи за използване на онтологии и онтологични метаданни за реализация на семантични описания на обекти от културно-историческото наследство. Направено е изследване на подходите за представяне на семантично-ориентирано знание за ценни в културно-исторически план камбани, реализирано чрез средствата на технологиите на

Семантичния уеб. Описани са в детайли семантиката и знанията за избраната предметна област като е направена е формализация на знанието за описаните обекти. Разработени са различни онтологични подструктури, допълващи това знание, реализирани на базата на знанието за обект камбана, включващи: „Онтология на историческите събития, свързани с предметната област“; „Онтология на религиозни и светски сюжети изобразени на камбанни обекти“; „Онтология на камбанолейството“; „Терминологичен речник (таксономия) в областта на камбанологията“. Представени са връзките между тези онтологични подструктури, както връзки на обектите с други (външни) семантични системи. Описани са модели за индексирание на обекти от избраната културно-историческа област, използвани в цифрови хранилища и библиотеки. Проследено е изграждането на онтологичните структури и процеса им на реализация. Главата завършва с анализ на специфични особености за защита на онтологично-ориентираното знание за обекти камбана, чрез влагане на електронен подпис в семантично структурирани текстови анотации.

В Глава 4 *„Реализация на семантично-базирано представяне на знания за цифрови ресурси от областта на камбанологията, тяхното създаване, съхранение и защита“* е представено създаването на цифрови обекти и ресурси от предметната област. Проследено е изграждането на цифрово хранилище за обекти камбана и е описана неговата специфика и архитектура. Разгледани са реализираните, вградени в хранилището функционални подмодули. Показана е реализацията на онлайн платформа за представяне на цифрови ресурси и семантично описани обекти от областта на камбанологията, заедно с функционалността внедрена в тази среда, базирана на моделите за аотирано знание в предметната област. Главата се състои от три основни дяла. В първия раздел е демонстриран процесът по създаване на цифрови обекти като се проследяват: цифровизацията на обекта, индексирането на полученото съдържание, 3D модели на обемни артефакти, приложените методи за защита на цифров обект камбана и методите за представянето им чрез паспорт. Във втория раздел е представена реализацията на цифрово хранилище за обекти тип „камбана“. Разгледана и анализирана е и спецификата на хранилището, характеристиката му и използваните технологии при изграждането му. В последния раздел е представено проектирането, разработването и изграждането на онлайн платформа „Мултимедиен фонд BellKnow“, заедно с основните функционалности от архитектурата ѝ. Разгледани са анализи на техните преимуществата, недостатъците и функционалните модули, внедрени в тази



среда. Модулите добавят функционалност, оптимизация и автоматизация за процесите: по добавяне на цифрово съдържание; семантично индексирание на медия записи; семантично търсене; подбор на медия записи по множество критерии; създаване на колекции; извеждане на семантично знание и др.

Получените резултати и направления за бъдещо развитие и задълбочаване на изследването са представени в Глава 5 „*Приноси на дисертационния труд*”.

Дисертационният труд е изложен в 223 страници и съдържа 10 таблици и 35 фигури. Той включва увод, 5 глави, 4 приложения, списък на използваната литература от 90 литературни източници, списък на 10 публикации на автора (една от които самостоятелна), свързани с представения дисертационен труд и списък на техни цитирания.

## Глава 2. Технологии, подходи и средства, за създаване, представяне и защита на цифрови ресурси от областта на културно-историческото наследство

### *Специфика на обекти от културно-историческото наследство (област камбаноология)*

Обектите тип камбана са уникални артефакти от областта на културно-историческото наследство, имащи сложна форма, разнообразни функции, висока художествена стойност и тясна свързаност с духовния, социалния и материален живот на обществото през изминалите векове. Разгледана е спецификата на избраната предметна област и особеностите на обектите, влияещи върху описанието на знанието за тях.

Подобни изследвания са направени от Московския камбанен център и от Института за изследване на културното наследство в Европа в Тулуза-Франция. В Беларус е направена паспортизация на църковни камбани [Шатько, 14].

За историята на камбаната като форма и функция свидетелстват множество археологически находки от различни краища на България и света. Камбаната се появява

в живота на човека през VI-VII век като елемент на църковния ритуал. Медта за изработката на камбаните е била от областта Кампания – откъдето получават името си. Някои изследователи смятат, че в Западната църква за първи път са били използвани камбани от епископът на град Нола Павлин в края на IV и началото на V век, но тази теория има не малко противници. По-вероятно, това е станало през VI век при приемника на папа Григорий Велики, Савиан Римски. Други от съвременните изследвания сочат, че най-вероятно прародината на камбаните е Китай. Най-древните звънчета са намерени именно там от XXIII-XI век преди н.е. Първите запазени до наши дни камбани - на Св. Гал в Швейцария и Св. Патрик в Ирландия са от VI-VII в и са с четириъгълна форма, не са лети, а запоени. На Изток за пръв път църковните камбани се появяват към средата на IX век, когато по „просба” на византийския император, венецианският дож Урс изпратил в Константинопол 12 камбани, монтирани на специална кула, построена в двора на църквата „Св. София”.

В Русия камбаната става неотменна част от църковния обред в средата на IX век и там започва отливането на огромни камбани, за които се строят специални камбанарии. Най-голямата камбана в света е „Цар Колокол”, която е разположена на Кремълския площад в столицата на Русия - Москва.

По българските земи на практика липсват данни за църковните камбани през Средновековието (в НИМ се пазят двете известни мелнишки камбани от XII век). Камбани започват да се използват по време на Възраждането. Тогава българите получават право вместо използваните до тогава клепала да бият камбани, издигнати на високи кули-звънарници. Те стават център на обществения живот в българските градове и села [Чоухаджиева, 11], [Палиев, 85], [Шариков и др., 00].

Камбаната може да се разглежда по различен начин в зависимост от контекста и насочеността на изследването. От проучванията за създаване и реализацията на архива за ценни камбани се достигна до извода, че камбаната, като обект и предмет, може да се разглежда по няколко начина и да съдържа в себе си различно знание:

- Като предмет от действителността, който има своите параметри, размери, форма и характеристика;
- Като музикален инструмент – в музиката камбаната се класифицира като вид перкусионен музикален инструмент;

- Като предмет със социално значение – през вековете камбаната е била средство за комуникация и разпространение на новини в малките населени места. Чрез различно биене на камбана или камбани населението се известявало за опасност, бедствие, празник, сватба, погребение и др.;
- Като произведение на леярското изкуство камбаната се е отливала от майстори-занаятчии по искане (поръчка) на знатни хора, духовенство, владетели и др., които са искали да изпъкнат и да увековечат събития или ритуали. Поради това на камбаните се изписвали много текстове и изографисвали много религиозни сюжети;
- Като културно-исторически символ – едно от значенията на камбаната винаги е било да напомня на хората за празници и събития, свързани с историята. Поради това в много храмове и паметници има камбани, които огласяват околността със своя глас на празници.

#### ***Обект камбана***

Камбаната е просто устройство за произвеждане на звук, което обикновено има форма на кух цилиндър или пресечен конус с един отворен край, който резонира, щом бъде ударен. Инструментът, с който се нанасят ударите, може да бъде окачено в камбаната парче метал, наречено език, метална сачма, затворена в обема на камбаната, или отделен чук.

Камбаните обикновено се отливат от метал (бронз или друга сплав), а някои малки камбанки се правят от стъкло или керамика.

За осъществяване на геометричните измервания и тяхната обработка е важно да се определят и изберат:

- Схема на камбаната, място и количество на точки за измерване, съобразно спецификата на обекта;
- Граници на измерваните параметри;
- Основни и спомагателни технически средства, необходими за реализиране на измерванията;
- Средства за пост-обработка и съхраняване на данни.

Все още няма доказателства за съществуването на стандартни техники за моделиране на камбана. До този момент всички съществуващи описания не са нищо повече от чисто емпирично представяне на занаятчийските техники. Познатите методи за построяване на формата на тялото се основават на композиционните свойства на модулния принцип: основните части на формите са подчинени на една схема, която се разделя на модули. Големината на модулите се избира в зависимост от тежестта на камбаната по специализирани таблици [Шашкина, 85]. Най-известният и логически издържан метод за конструиране на формата на православните камбани е на руския учен В. С. Кнаббе. Неговото описание е най-подходящо за математически анализ, защото изгражда първо за основа осевата линия (крива) на профила на стената на камбаната и след това като производни на тази линия се построяват вътрешния и външния профил. Следва да се отбележи, че ключът към идентифицирането на „скритата“ геометрия на формата на камбани е осевата линия, която е крива, подчинена на логаритмичната функция.

*Специфични особености при създаване на цифрови ресурси за обект камбана. Процес на цифровизация, мета-описание, модели, цифрови формати и стандарти на цифрови обекти. Подходи за създаване на цифрови триизмерни модели*

Изследвани са интердисциплинарни подходи за създаване на цифрови ресурси. Проследени са различни методи за цифровизиране и са анализирани съвременни стандарти за индексирание с метаданни, техните елементи и характеристики, отговарящи на стандартите за описание на обекти от културно-историческото наследство. Изследват се подходи за създаване на цифрови триизмерни модели на обемни артефакти.

Създаването на цифрови ресурси на пръв поглед не изглежда сложно, защото може да се използва обикновен компютър и апаратура със стандартен софтуер. Но в действителност процесите са по-сложни, ако обект на цифровизирането са артефакти от културно-историческото наследство, които носят със себе си допълнителна информация и притежават разнородни и понякога доста нестандартни свойства и форми. Качеството на файла, форматът, използван за съхранението му, неговото описание, идеите за използването му, неговото дълготрайно опазване, методът на доставяне до потребителите и защитата от посегателство върху интелектуалната

собственост са само някои от проблемите, които изискват решение. Например цифровизирането на обекти камбана в зависимост от типа запис (текст, фото, аудио, видео, 3D), изисква различни методи на заснемане, индексирание, съхранение, аудио запис на камбанобиенето, различни анализи на звука, запис на интервюта, исторически проучвания, сложни геометрични измервания на обекта и др. Освен това за всеки тип цифров материал трябва да се вземат под внимание различни фактори, за да се гарантира, че цифровият продукт ще се използва устойчиво в пълния му потенциал сега и в бъдеще.

Цифровизацията на обекти е съществена стъпка и е значим предварителен етап към създаването на знание.

В глава 4 са представени примери за реализация на създаване на цифрови образци на културно-исторически обекти от тип камбана от цифрово хранилище BellKnow. В Приложение 1 е представен паспорт на обект камбана (камбана №01, катедрален храм св. Александър Невски, гр. София).

#### ***Индексирание на цифровите обекти. Метаданни***

Индексирането е много съществен етап от цифровизирането на обекти, включително обекти от материално и нематериално естество. При цифровизацията на реални архиви, библиотеки, музейни експонати и др., може да се достигне до огромно количество цифрови образци и съответно без предварително индексирание (на всеки отделен образец по време на процеса цифровизация), може да се получат тривиални и досадни пречки за последващо обработване на тези образци. Друго възможно затруднение може да се получи при мрежово споделяне на ресурси и многоплатформеност, което се преодолява чрез използване на утвърдени стандарти за мета описание. При описанието на ресурсите е необходимо да се осигури съвместимост и функционалност на цифровата информация и да се създаде възможност за взаимодействие между различни хранилища на данни и системи. Освен това ресурсите се описват, така че да се подобри точността при търсене на информация и за тази цел описанието на ресурсите включва метаданни, описание на ниво колекция, контролни речници, уникални идентификатори.

Индексирането на цифрови ресурси се извършва посредством метаданни, като се описва съдържанието на цифровия обект и кратко описание на файловете по определени признаци и класификации.

Метаданните (metadata) са структурирана информация за описание на цифрови обекти и ресурси. Те обикновено са текстови полета, вградени в различни видове файлови формати или са допълнителни текстови файлове (XML, XMP). Според Гил [Gill et al., 00] метаданните са сбор от всичко, което някой би могъл да каже, за който и да е информационен обект на всяко едно ниво на агрегация, вземайки предвид, че информационен обект е всяко нещо, към което човек или система може да се обърне и да управлява като дискретна единица. Всеки информационен обект може да бъде атомарен или да е резултат от събиране на други обекти. Той има три характеристики, които могат да се опишат с метаданни: съдържание, контекст и структура. Съдържанието е свързано с това какво съдържа обектът или за какво се отнася. Контекстът определя характеристики от рода къде се съхранява обектът, кой го е създал или го обновява и как може да се използва коректно. Структурата представлява множество от съществуващи асоциативни връзки вътре или измежду отделните обекти. С други думи мета данните са „данни за данните”, описващи всеки електронен или неелектронен източник на информация по предварително установен стандарт. Използването на единен стандарт за описване на информацията допринася за съвместимостта ѝ независимо, че може да е генерирана от различни системи за информация. По този начин използването на метаданни и осигуряването на съвместимост на информацията с информация от други информационни системи, правят възможно нейното намиране и обмен, без значение какъв е първоначалният източник на тази информация.

#### *Подходи за защита на цифрови медийни ресурси*

Основен етап от създаването на цифрови ресурси е защитата на информацията в тях от неоторизирано разпространение. Изследванията в тази област са свързани с търсенето на ефективни методи за вграждане на знаци, серийни номера и др. в оригиналните данни, доказващи техния произход. Въвеждането на все повече рестриктивни мерки от страна на някои правителства върху криптиращите услуги мотивира търсенето на методи, чрез които да се скрие информация в оригиналните данни. Изследванията в тази област се развиват в няколко поддисциплини. Едни от най-важните от тях са криптографията от областта на теория на кодирането и стеганографията.



**Фигура 3. Влагане на скрити данни в мултимедия**

### *Защита на информацията с воден знак*

Цифровият воден знак е видим или за предпочитане невидим идентификационен код, който е перманентно вграден в цифрови данни и запазва присъствието си в тях след извличане му. Той е специален знак, незабележимо вграден в изображение, текст или друг сигнал, с цел да се осъществи контрол върху използването на този сигнал [Berger, Todorov, 08], [Тодоров, 09], [Илчев, 13], [Ivanova, 11] и [Bogdanova, Georgieva, 08].

Всички методи за защита с воден знак имат едни и същи основни съставни блокове: система за вграждане на воден знак и система за извличане на воден знак. Входните данни към системата за вграждане са водния знак, покриващия обект и незадължителен публичен или таен ключ. Водният знак може да бъде от всякакъв тип като число, текст или изображение. Ключът се използва, за да се предотврати неоторизираното извличане и манипулиране на водния знак. В комбинация с публичен или таен ключ, техниките за воден знак се отнасят към тайна или публична защита с воден знак. Изходът от схемата са данни, защитени с воден знак.

За вграждане на информация в аудиосигнали могат да се използват методи, приети при други видове стеганографии. Може да се вгради информация, замествайки най-малко значещите битове на основа на особеностите на аудиосигналите или на слуховата система на човека.

Описани са методи за защита на цифрови ресурси с криене на данни в мултимедийни записи (добавяне на идентификационен код в аудио записи и методи за

добавяне на съдържание в цифрови изображения) (виж Глава 2, Дял 2.3 „Подходи за защита на цифрови медийни ресурси”).

*Средства и системи за съхранение и представяне на обекти и знания от културно-историческото наследство*

Представени са същността, характеристиките и основните компоненти на цифровите хранилища и библиотеки, в които ще се съхраняват семантично-описаните обекти и знанията за тях. Проследени са различни видове системи за съхранение и категоризиране на цифрово съдържание (речници, архиви и др.) с техните характеристики и особености. Представени са принципите и особеностите при изграждането на цифрови хранилища и библиотеки с цел оптимизация и подобряване на контекстно-базираня/семантичен достъп до обектите в тях. Анализирани са подходи за използване на семантични технологии в цифрови библиотеки. Направен е кратък преглед на международни и национални проекти и инициативи за разработка на цифрови библиотеки и тяхното съдържание.

Речникът е списък от подредени по азбучен ред думи и термини с техните значения по определена характеристика. Те дават информация за произношението, граматиката, производните думи, историята или етимологията на основната дума, както и препоръки за употреба, примери, фразеологични изрази, илюстрации. Речниците се срещат най-често под формата на книги, но напоследък все повече се утвърждават тези в електронен вид.

В днешно време съществуват множество от информационни складове под формата на архиви, библиотеки, колекции и др., съхранявани в различни форми и технологии. Най-разпространеният във времето и един от най-старите начини за съхранение на информация е на хартиена основа. Съществуват запазени документи, записани на папируси от преди 3-4 хил. години. През годините начинът на събиране и запазване на знания се променя според обществения строй и технологичното развитие, започвайки от изографисване на пещери и дялане на камъни и стигайки до създаването на огромни библиотеки от знания и масиви със записана цифрова информация.

Същността на архивите през времето на развитие на човешката култура е да се събере, класифицира и съхрани натрупаното знание, като тези принципи са и основните предизвикателства при изграждането и експлоатирането им.



Цифровите архиви представляват колекция или склад на записи информация от различен вид – визуална, звукова, пространствена и др., съхранена и класифицирана под формата на цифрови записи с помощта на електронни технологии. Цифровият архив по своята същност е архив, ползващ преимуществата на цифровите технологии.

Според развитието на цифровите технологии и тенденцията за изграждане на информационно общество на местно и глобално ниво, съвсем закономерно е изграждането на нови цифрови хранилища или преобразуването на съществуващи архиви в електронни складове на информация. Преимуществата на цифровите архиви могат да се изброят по определени направления: гъвкавост на съхраняваните записи, достъпност до информацията и др.

Възможните предизвикателства и проблеми при експлоатация на цифрови архиви са подобни на тези при конвенционалните такива. Например съхранение на данните без да бъдат повредени от физическата среда, опазване на съдържанието от зловредно посегателство, съблюдаване на интелектуалната собственост от неправомерно копиране и разпространение и др.

Огромните количества цифрови ресурси, произведени при дейностите на информационното общество, са богат източник на информация и цифрово знание. Концептуално и технологично-реализуемо решение за запазване на това богатство е изграждането на Интернет-базирани среди, доставящи информационни ресурси по всяко време и навсякъде. Пример за такива среди са мултимедийните цифрови библиотеки, наричани още цифрови библиотеки с мултимедийно съдържание или само цифрови библиотеки. Тези системи съхраняват разнообразна хипертекстово-организирана информация (цифрови обекти, включващи текст, графични изображения, звук, видео и др.), която е подредена тематично и достъпът до нея се управлява от специализирани функционални модули за семантично-базирано търсене, персонализирано и многокритериално търсене, контекстно-базираното търсене, управлението на ресурси и колекции и тяхното индексирание и семантично аотиране, управление на метаданни, групиране и адаптирано представяне на цифрова информация, извлечена от различни източници и др. Цифрови библиотеки (ЦБ) се характеризират с гъвкавост и децентрализация, осигуряват механизми за автоматично обновяване и защита на съхраняваните цифрови обекти и колекции. Основна тяхна цел е предоставянето на достъп до големи количества разнообразна и актуална информация на всякакъв тип потребители, задоволявайки техните интелектуални потребности.

Цифровизирането на културно-историческото наследство е важна задача за запазване на знанието за бита и културата на обществото. Дигитализирането и създаването на ново цифрово съдържание и опазването и разпространението на това електронно съдържание със съвременни технологии, са основна част от изграждането на съвременното общество.

В резултат на направените проучвания и анализи могат да се направят следните изводи:

- За дигитализирането на камбанните обекти като част от културно-историческото наследство и според тяхната специфика и характеристика, трябва да се цифровизират различни аспекти от тяхната същност: геометрични измервания на формата и големината на обектите; художественото оформление на камбаните, изображенията на религиозни персонажи и надписи; описване на културно-историческото значение на всеки обект; описване на исторически факти относно живота на камбаните; цифровизиране на звука и анализи на записите; създаване на документ (паспортизиране) на всеки камбанен обект;
- При създаване на цифрово съдържание на обекти от културно-историческото наследство се имат предвид някои особености и специфични аспекти на цифровите ресурси. Например: за създаването на електронния обект - качество на информацията, съхранена в цифровия файл, методи за цифровизиране, съвместимост на файловете формати, възможност за мрежово споделяне, мултиплатформеност; за индексирание на цифровото съдържание – използване на световни стандарти за индексирание (метаданни) на културно-историческо наследство, с възможност за обмен на знания в предметната област с множество световни системи; създаване на електронно съдържание на различни носители на знание – текст, аудио, фото, видео; създаване на обекти с нови характеристики (например 3D модели); използване на методи за защита на цифрови мултимедийни обекти, чрез влагане на скрито съдържание в записите;
- Използването на различни цифрови системи за съхранение и достъп до електронно съдържание е препоръчително поради различните задачи, които изпълняват отделните системи: речниците са добри и бързи

носителите на текстово съдържание и знание; цифровите архиви съхраняват масиви от цифрово мултимедийно съдържание с голям обем и съответно по-детайлно и качествено мултимедийно съдържание; цифровите библиотеки за източник на ценни информационни ресурси с многофункционални възможности и широк спектър на покритие на знание, но поради търсено бързодействие и широкообхватност правят компромис с детайлността на мултимедийното съдържание.

Изводите от направените проучвания в представената глава, доведоха до формулиране на конкретните задачи в Глава 1, водещи до постигане на целта на дисертационния труд. В Глава 4 е представена реализацията на следните задачи: създаване, съхранение, представяне и защита на цифрови ресурси от областта на камбанологията, чрез модифицирани методи.

Направените проучвания, представени в тази глава, са докладвани и публикувани в [Noev, 10], [Bogdanova et al., 11f], [Bogdanova et al., 10c], [Bogdanova et al., 11d], [Bogdanova et al., 10a], [Bogdanova et al., 11a], [Bogdanova et al., 13a], [Ноев, 09a], [Noev, Todorov, 14].

### Глава 3. Семантично ориентирана архитектура, представяща знанието за обекти от областта на камбанологията

#### *Семантично-ориентирано представяне на знания за обекти от културното наследство*

Направено аналитично изследване на технологии за представяне на знания и по-конкретно представяне на знания в семантичното Интернет пространство. Разгледани са същността на Семантичния уеб и онтологичните системи като основни знанийни структури в тази мрежа. Описана е общата структура на една онтология, нейните компоненти и особености. Представени са различни класификации на онтологиите, съвременни езици, стандарти и софтуерни инструменти за изграждане и работа с онтологии и др. Описани са речници, метаданни и съвременни технологии за създаването на една онтологична система, както и добри практики за подпомагане на избора на средства и методи за изграждане на онтология с оглед на поставената цел. В

тази секция са проследени типовете метаданни и процесът на семантично маркиране на данни. Прегледът и направеният анализ целят да се изгради концепция и да се очертаят подходите за използване на онтологии, речници и онтологични метаданни за реализация на семантика в една цифрова мултимедийна система.

### *Средства за семантично-ориентирано представяне на знания. Семантичен уеб*

През изминалите години се наблюдава изключително разрастване на Интернет (World Wide Web – WWW), използван предимно като средство за пряк достъп до информационни ресурси. Нова технология, целяща да разшири тази употреба на Интернет е Семантичният уеб (Семантична мрежа), която въвежда семантично маркиране на данните в Интернет [Antoniou, van Harmelen, 08]. По този начин се създава семантично-свързана и лесно обработваема от компютри информация и се позволява по-точно търсене, анализ, смесване и представяне на данни от различен тип. Понятието Семантичен уеб е въведено от Тим Бърнърс-Лий [Berners-Lee, Fischetti, 99], директор и създател на World Wide Web Consortium<sup>1</sup> (W3C) и определя следващото поколение Интернет, с което се описва надграждане на конвенционалното мрежово пространство и разширение на информацията, публикувана там. Използва се като термин, с който се описва възможността информацията, с която боравят компютрите, да е разбираема и за машините и за хората, тоест машините пряко или косвено тълкуват и обработват значението и предназначението на информационните ресурси на мрежата. При семантичния уеб се говори за бази от знания, като знанията следва да са достъпни за компютрите – не само да са обработваеми, както е в базите от данни, но и „разбираеми”, което означава, че и машините ще могат да направят интелигентна интерпретация на знанията.

Технологиите, използвани в изграждането на семантичния уеб, са предназначени да предоставят формално описание на понятията, термините и взаимоотношенията в рамките на дадена област на знания, необходими при създаване на онтология.

В ядрото на Семантичния уеб стоят онтологиите, които са основна технология за описване и семантично маркиране на данните в Интернет, като това позволява изграждането на машинно-обработваемо знание.

---

<sup>1</sup> The World Wide Web Consortium (W3C), <http://www.w3.org>

Терминът онтология идва от философията, където според определението, което дава Аристотел, онтологията е „наука за биващото като биващо”. Най-общо казано, онтологията изучава битието – както началата на всичко съществуващо, така и основните му принципи и категорийното им изразяване.

Без значение от езиците за описание, които използват, онтолозиите споделят общи характеристики, с цел да направят възможните задачи по представянето на знанията и правенето на изводи. Често множеството от твърденията, съставляващи онтологията, има формата на логическа теория от първи ред, в която термините от речника са имена на унарни и бинарни предикати, наричани съответно понятия и свойства (отношения или връзки). В най-простия случай онтологията описва йерархия на понятия, свързани с отношения за категоризация. В по-сложните случаи към нея се добавят подходящи аксиоми за изразяване на други връзки между понятията и за ограничаване на предполагаемите интерпретации на значението им. В този смисъл онтологията е база от знания, описваща факти, за които се предполага, че са винаги верни в рамките на определена взаимна общност на основата на общоприетия смисъл на използвания речник [Павлов, Дочев, 03].

Данните, описани от една онтология се тълкуват като набор от „обекти“ и набор от „твърдения за принадлежност“, с които тези „обекти“ взаимодействат помежду си.

При разработка на онтология е важно да се определи предварително какъв ще е видът и според целите и обхвата. Понастоящем съществуват множество класификации в зависимост от различни признаци. Някои автори разглеждат онтолозиите като ориентирани към базовите понятия, а други – към обектите в предметната област. В литературата се говори за зависимост и независимост на онтологията от конкретна предметна област или задача, определят се още типове онтолозии според различните роли, които могат да играят в процеса на построяване на системи, базирани на знания. Основна класификация, представена от Фенсел [Fensel, 04] разделя онтолозиите на:

- Общи онтолозии;
- Онтолозии, ориентирани към конкретна област;
- Онтолозии, ориентирани към конкретна задача;
- Онтолозии за метаданни;
- Репрезентационни онтолозии;
- Приложни онтолозии и др.

Семантичният уеб и неговите градивни компоненти - онтолозиите осигуряват структура, методи и средства за представяне на семантичната същност на информационните обекти, създават основа за семантичното им аотиране и реализиране на семантично-базиран достъп до тях. Създаването на онтолозиии в различни области позволява унифицирането на знанието им и всеобщото му разбиране, компютърното му обработване и правенето на семантични изводи. За целта са разработени голям брой езици и софтуерни инструменти за създаване и формално изписване на онтолозиии, аотиране на обекти чрез онтологични метаданни, правене на заявки и семантични изводи, обединение и интегриране на онтолозиии и др.

***Подходи за използване на онтолозиии и онтологични метаданни за реализация на семантични описания на цифрови обекти камбана***

В новите среди за управление на цифрово съдържание и цифрови библиотеки потребителят все по-често се поставя в центъра и системата прави опити максимално да задоволи изискванията, потребностите и желанията му с цел да го привлече за дълго време. Тази тенденция изисква осигуряване на механизми за бързо и лесно търсене, индексирание и семантично описание на различни типове цифрови ресурси, извличане на ново знание, съпоставяне на данните за обекти с тези за нуждите на потребители, правене на интелигентни изводи по отношение на най-подходящи ресурси за всеки отделен потребител и др. Използването на метаданни и семантични технологии са съвременен концептуално решение на тези задачи. Както вече беше споменато, метаданните осигуряват общ набор от етикети, които са приложими за всякакви типове ресурси, независимо от техния автор, средствата, използвани за създаването им, обектите, които описват или начина и мястото на съхраняване. Използването на метаданни прави възможно описанието, обобщаването, синтеза, търсенето и извличането на същински данни, което от своя страна е необходимо за многократната употреба на последните. Различните общности от професионалисти са разработили стандарти и стандартизирани речници от метаданни, които задоволяват конкретни нужди. Тези стандарти спомагат за осъществяването на съвместната дейност в рамките на дадена предметна област, но те водят до несъвместимост между разделените и нехомогенни описания или схеми за метаданните за различни области [Zheleva, Pavlov, 03], [Bogdanova et al., 10a]. Тази липса на съвместно разбиране за термините в рамките на един речник, както и между термините в различни речници от метаданни, може да

бъде избегната чрез използването на онтологии като концептуална основа за реализацията на мета-описания. Ролята на онтологията е да описва формално общото значение на речниковия състав (набора от символи), като ограничава набора от възможни съответствия между символите и техните значения в рамките на областта. По този начин знанията, например за потребителя на средата могат да се опишат и структурират чрез онтология и онтологичните метаданни да се използват от специализирани услуги за разбиране на познавателните нужди на потребителя и създаване на персонализирани и адаптивни информационни потоци, които да го задоволяват. По този начин търсенето на информационни материали от различните потребители с различни интереси и гледни точки ще е реализуемо и до ресурсите ще достигнат както тези, за които най-важно е за какво се отнася ресурсът и в каква форма е представен (контекст), така и онези, за които са съществени много други характеристики като съдържание, включени понятия, цифрови обекти, използвани за изграждането на съдържанието, цел на материала, аудитория, за която е предназначен, минимални знания за разбирането му и т.н.

По отношение на информационното съдържание и неговото мета-описание онтолозиите могат да решат проблема с различния начин на възприемане на семантика от страна на автора и читателя чрез установяване на споделена концептуализация в конкретно разглежданата предметна област [Павлова, 13]. Освен това, при създаване на информационните ресурси съществува големият риск двама автори да обясняват един и същ проблем (понятие) по различен начин. Това означава, че семантично идентични понятия могат да бъдат изразени чрез различни ключови думи, например, човек може да използва следните семантично еквивалентни термини за „агент“: агент, играч, сътрудник, създател, човек, който върши нещата, професионалист и т.н. Този проблем може да бъде решен, като се използват онтологии в области, в които означенията от речниковия състав на дадена област (като тук се имат предвид всеобщо възприети термини) са дефинирани по много начини (например, агент, играч, сътрудник, създател, човек, който върши нещата, професионалист и т.н., са символи, използвани в реалния свят и те означават концепцията „агент“ в онтологията на областта). В допълнение онтологичните аксиоми играят важна роля в представянето на информацията, например аксиомата, която твърди, че две релации са взаимно противоположни, се използва за проверка на съгласуваността на информацията.

Изводи: Метаописанието на знанието за дадена предметна област може да осигури реални възможности за откриване на полезни материали, задоволяващи предпочитанията, нуждите и изискванията на потребителя. Стандартното търсене ще се трансформира в семантично и контекстно-базирано. Освен това подходът, базиран на онтологии, може много лесно да се разшири до ситуация, в която всички традиционни нива метаданни (напр. общи, технически) се използват в анатомия на информационния ресурс и потребителя.

#### *Формализация на семантиката на обекти от областта на камбанологията*

Обектите камбана могат формално да се опишат с помощта на различни тематични области на описание (още наричани „нива на знание“). Всяка от областите съдържа различни подобласти, включвайки множество характеристики, описващи обектите.

Първото основно ниво на знание, наричано „Първично ниво“ съдържа общи идентифициращи характеристики за обектите камбана като: идентификатор; тип; съдържател; собственик; локация; част от комплект; изработка; отлята от леяр/леярна; художествено оформление; технически данни; форма; размери; тегло и др.

Второто ниво на знание, наименувано „Описателно ниво“ покрива информация относно описателни детайли на обекта, свързани с художественото оформление. То описва изобразеното съдържание върху обекта камбана (ако има такива), знанието за различни културно-исторически събития в обществото, свързани с обектите камбана, като описва тези събития и връзката им с обектите. Съдържанието на тази област включва описания на различни орнаменти, текстове (относно създателя на камбаната, технически данни, изписани върху нея, послания, религиозни текстове и др.) и изображения на (религиозни или исторически персонажи - светци, владетели, сцени, знаци и др.). Също така включва описание на понятия и термини като „изработена в памет на“, „подарена по повод на“, „възпоменателна камбана“ и др.

Последното ниво на знание наричаме „Технически данни“. То покрива разнообразна техническа информация, разкриваща технологията на отливане, материалите, от които е изработен обекта, както и различни допълнителни технически детайли, разширяващи знанието за предмета камбана. В тази област на формализация е

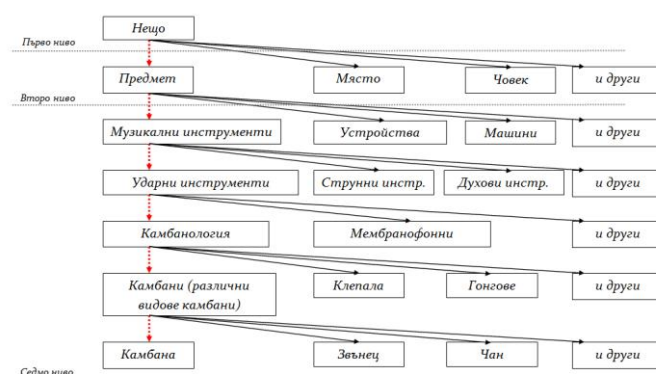


включено поднивото „Звукови характеристики”, описващо звуковите характеристики на обекта камбана, включващи информация за биенето на камбаната, звукови анализи (тон на звънене, затихване на звука и др.), мелодии и др.

Основните нива на знание и стойностите на метаданните им са определени след задълбочен анализ и научно изследване на същността на представяните обекти, на областта на изкуството, към което принадлежат и на тяхната културно-историческа стойност. Черпен е опит и от други подобни приложения в областта [Tzouveli et al., 08], [Tzouveli et al., 09].

*Знания за предметната област. Ниво на знание за предметната област, приведено към Онтология на реалния свят*

Примерното ниво на знание за избраната предметната област, приведено към Онтология на реалния свят е показано на фигура 6. На първо ниво е обект-клас „Нещо“. Той включва всичко, което може да се опише онтологично. На второ ниво е обекта-клас „Предмет“, който описва всички предмети. Третото ниво е „Музикални инструменти“, включващо всички музикални предмети и устройства. Следва нивото „Ударни музикални инструменти“. Петото условно ниво е на „камбаноподобни“ ударни музикални инструменти, включващо различни видове камбани, гонгове, клепала и др. Шестото ниво е „Различни видове камбани“, включващо звънци, чанове, хлопатары и др. Накрая е нивото на предметната област „Камбана“.



**Фигура 6. Таблица на примерните нива на знание от Нещо до Камбана.**

### *Онтология за обект камбана. Цел и обхват*

Онтологията за обект камбана представлява предметна онтология, която описва знание за обектите камбани. Тя цели семантично да се опишат обектите камбани с техните характеристики, да се дефинират различни спецификации за тях и да се направи релация с другите специализирани онтологични структури, разширяващи знанието за камбана, камбанология, камбанолеярство и др.

### *Допълнителни специализирани онтологични структури*

Специализираните онтологии и онтологични подструктури целят да разширят базовата онтология и служат за осигуряване на знанийна база за допълнително семантично аотиране на обекти.

Всяка от специализираните структури е представена чрез нейните цел и обхват, йерархичен списък на класовете, техните характеристики, релациите с класове от базовата и други специализирани онтологии, както и с примерни индивиди.

Специализираните онтологични подструктури са както следва:

### ***Онтология на историческите събития, свързани с предметната област.***

#### ***Цел и обхват***

Онтологията цели да опише исторически събития свързани пряко или косвено с камбанните обекти. Като например: Събитията довели до цар Александър да поръча изработката на камбани за храм-паметника в село Шипка, да ги дари и събитията, свързани с пренасянето им, които са социално значими за тогавашното общество. Знанието, описано в тази онтология разширява знанието в класа „*Исторически данни*“ и косвено допълва знанието в класовете „*Притежател*“, „*Начин на придобиване*“, „*Тип на камбанния обект*“, „*Описание*“, „*Описание на комплект*“, „*Местонахождение*“, „*Художествено оформление*“ и „*Изработка*“.

### ***Онтология на религиозни и светски сюжети, изобразени на камбанни обекти. Цел и обхват***

Целта на онтологичната подструктура е да представи различните религиозни и светски сюжетни композиции, изобразени на някои от камбанните обекти. Тази

онтология разширява и задълбочава знанието от под-класовете на класа „Художествено оформление“ на базовата онтология с по-детайлно описание на изобразените художествени и религиозни изображения, орнаменти и надписи. Също така структурата прави връзка с други онтологични структури за религиозно и др. изкуство.

#### ***Онтология на камбанолелярството. Цел и обхват***

Тази онтологична подструктура има за цел да разшири знанието за изработка на камбани и по-точно камбанолелярството. Онтологията представлява развитие на класа „Изработка“ на базовата онтология и развива по-обширно под-класовете „Леляр“, „Школа“, „Материали“, „Година на изработка“ и „Период“. Добавя знание за начина на изработка (леене), разликите в процеса на леене при различните лелярни/леляри и използваните материали и инструменти.

#### ***Терминологичен речник (таксономия) в областта на камбанологията. Цел и обхват***

Целта на терминологичния речник е да опише и дефинира използваните термини в областта на камбанологията, както и да представи къде и как се използват тези термини.

#### ***Връзка на базовата онтология за обект „камбана“ със специализираните онтологии***

Класовете от базовата онтология се свързват допълнително със следните класове от специализираните онтологии за: историческите събития, свързани с предметната област; религиозните и светски сюжети, изобразени на камбани; камбанолелярството.

#### ***Дефинирани правила и факти за връзки на базовата онтология с другите онтологични структури***

Множество правила и факти са дефинирани с цел осъществяване на връзките между базовата и специализираните онтологии, като например релациите между базовата онтология с онтологичните структури на историческите събития, свързани с предметната област и религиозните сюжети, изобразени на камбани:

**Пример 1:**

Исторически събития (свързани с камбанния обект) е историческо събитие  
Историческо събитие

Или:

$\forall$  Исторически\_събития (A) е\_историческо\_събитие (A→B) [1:1]  
Историческо\_събитие (B)

Или:

За всеки обект „Историческо\_събитие”, анотиран в онтология за обект камбани има връзка (описание) „е\_историческо\_събитие”, описано в онтология на историческите събития, свързани с предметната област в обект от клас „Историческо\_събитие”.

**Пример 2:**

Камбанен обект има художествено оформление сюжет Сюжет (Онтология на религиозните сюжети изобразени на камбани) (0:n)

Или:

Релация  $R_2$ :  $\forall$  Камбанен\_обект (A:{0, A}) има\_художествено\_оформление\_сюжет ({0, A}→{0, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ... B<sub>n</sub>}) [0:n] Сюжет (B:{0, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ... B<sub>n</sub>})

Или:

За някои обекти „Камбанен\_обект”, описан в базовата онтология за обект камбана има една или няколко връзки (отношения) „има\_художествено\_оформление\_сюжет”, към обекти „Сюжет”, описани в онтология на религиозните сюжети, изобразени на камбани.

Към този пример за някой обект „Камбанен\_обект” (A) от онтология за обект камбани добавяме и някои дефинирани правила, като например:

Релации в базовата онтология:

$RA_1$ : Камбанен обект (A) има тип на камбана (A→T) Тип на камбанния обект (T)

Или:  $RA_1$ : A, T (A→T)

$RA_2$ : Камбанен обект ( $A$ ) има художествено оформление ( $A \rightarrow H$ ) Художествено оформление ( $H$ )

Или:  $RA_2: A, H (A \rightarrow H)$

$RA_3$ : Тип на камбанния обект ( $T$ ) е тип на камбана ( $T \rightarrow Ch$ ) Църковна камбана ( $Ch$ )

Или:  $RA_3: T, Ch (T \rightarrow Ch)$

*Релации в онтология на религиозните сюжети изобразени на камбани:*

$RB_1$ : Сюжет ( $B$ ) има тип на сюжета ( $B \rightarrow Ts$ ) Тип на сюжета ( $Ts$ )

Или:  $RB_1: B, Ts (B \rightarrow Ts)$

$RB_2$ : Тип на сюжета ( $Ts$ ) има тип на сюжета ( $Ts \rightarrow Rg$ ) Религиозен ( $Rg$ )

Или:  $Rb_2: Ts, Rg (Ts \rightarrow Rg)$

*Правило 1:*

$\forall$  Камбанен\_обект ( $A: \{0, A\}$ )

IF ( $A \rightarrow B$ ) AND IF ( $RA_1 \ \&\& \ RA_3$ )

THEN ( $RB_1, RB_2$ )

Или:

Ако за някой „Камбанен\_обект“ ( $A$ ) съществува релация „има\_художествено\_оформление\_сюжет“ ( $R_1: A \rightarrow B$ ) и ако за „Камбанен\_обект“ ( $A$ ) съществуват релациите ( $RA_1$ : „Камбанен\_обект“ ( $A$ ) „има\_тип\_на\_камбана“ ( $A \rightarrow T$ ) „Тип\_на\_камбанния\_обект“ ( $T$ ) и ( $RA_3$ : „Тип\_на\_камбанния\_обект“ ( $T$ ) „е\_тип\_на\_камбана“ ( $T \rightarrow Ch$ ) „Църковна\_камбана“ ( $Ch$ )), то за „Сюжет“ ( $B$ ) съществуват релациите ( $RB_1$ ) и ( $RB_2$ ), тоест: „Сюжет“ ( $B$ ) „има\_тип\_на\_сюжета“ ( $B \rightarrow Ts$ ) „Тип\_на\_сюжета“ ( $Ts$ ) „има\_тип\_на\_сюжета“ ( $Ts \rightarrow Rg$ ) „Религиозен“ ( $Rg$ ).

Тези правила целят да подпомогнат процеса на аотиране на обектите камбана. При ясно изказване и формализиране в аотирания шаблон, съответната стойност на даден клас може автоматично да бъде попълвана или предлагана за избиране в зависимост от различни художествени интерпретации (има се предвид, че дадена

анотираща стойност може да се използва за няколко подобни обекта). Тези правила още осигуряват възможности за изводи, свързани с тенденции и приоритети в творчеството на даден леяр, школа или изкуството, като цяло за фиксиран период. Посочените правила са дефинирани според анализите, извършени от различни интердисциплинарни специалисти [Bell, проект]. Освен това тези правила и факти подпомагат извършването на изкуствоведски и технологични анализи, търсене, изводи и приоритети в областта, намиране на скрити данни/съдържание, зависимости, тенденции, обучение и др.

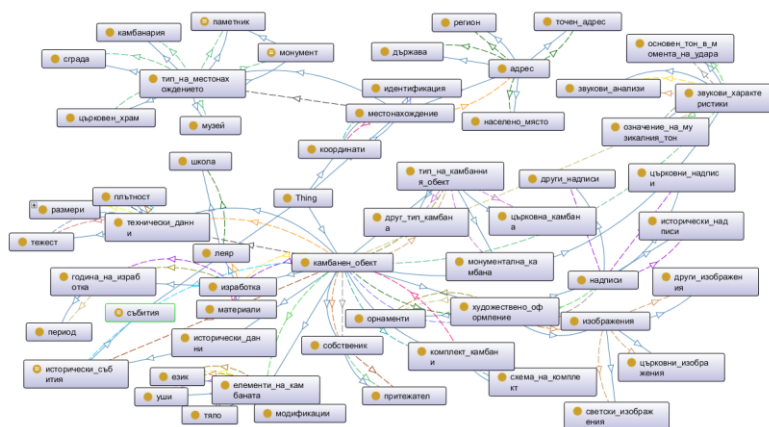
### *Изграждане на онтологичните структури за предметната област*

Процесът на реализация на онтологичния модел на знанието за обектите камбана преминава през следните основни фази (нива) според класификационната методология за разработка на знанияни системи: ниво на знанието, символно ниво и ниво осъществяване [Schreiber et al., 00]. Нивото на знания определя целта, обсега, употребата, нивото на формализъм на онтологията и събирането на данни посредством различни методи за извличане. Символното ниво се грижи за специфицирането на термините и възможните интеграции на изградената онтология с други. Формализацията и оценката на пълнота, съгласуваност и рудиментарност се реализират в ниво осъществяване.

За да се представи ефективно аотираното знание за областта на камбанологията в мултимедийна цифрова библиотека (МЦБ) според представената онтология, трябва да се използва формат (език), който не поставя семантични ограничения върху данните и улеснява сложни процедури с тях, позволявайки прилагане на алгебрата на семантичните заявки и др. За настоящият онтологичен модел бяха изследвани функционалните характеристики, особеностите и възможностите на множество езици и средства за изграждане на онтологии и бе избран OWL (Web Ontology Language) като най-подходящ. Този език дава възможност за по-добра интерпретация на зададено на машина съдържание в сравнение с XML, RDF и RDF Schema чрез осигуряване на допълнителен речник (лексика) заедно с формалните семантики. Знанието за предметната област е класифицирано чрез богата йерархия от понятия и връзки между тях. OWL е съставен и динамичен. Той осигурява категоризиращи понятия, разсъждаване, съгласуваност, обработка на информацията и правене на семантични заявки. За проучванията върху функционалностите на OWL и изграждането на

онтологията в МЦБ е използван Protégé OWL Plug-in. Protégé е бесплатна платформа с отворен код, която съдържа мощни инструменти за създаване онтологии. Платформата съдържа в себе си богат набор от инструменти за моделиране на структури от знания, които подпомагат създаването, визуализацията и манипулирането на онтологии. Тя има възможност за разширяване за да работи като плъгин или като Java-базирано приложно-програмно средство (Application Programming Interface (API)) за изграждане на знанийно-базирани приложения [Gennari et al., 00], [Knublauch, 03].

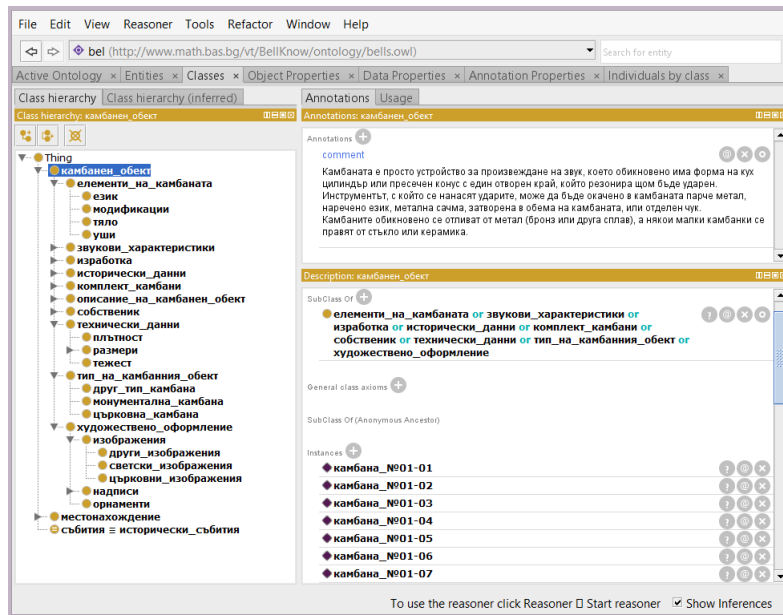
Използвайки информацията от мета анотациите на обектите камбана, се дефинира техният онтологически модел [Bogdanova et al., 12a], [Bogdanova et al., 10d], използван за построяването в платформата на първоначална версия на онтология за обект камбани. Основната схема на този модел е показан на следващата фигура:



Фигура 11. Основна схема на връзките на онтология за обект камбана

Тази схема показва основните класове онтологията за обект камбана (камбана, исторически данни, технически данни, художествено оформление, местоположение, медийни файлове и звукови характеристики) и техните свойства.

Построяването на онтология с платформа Protégé методологически започва със създаването на нова (празна) онтология, съдържаща само основния клас *Нещо*. Следва добавянето на всички индивиди и класове, които формално в йерархията на класовете са подкласове на *Нещо*. На фигура 12 е показана първоначалната версия на онтологията за обект камбани след създаването на класовете: камбана, исторически данни, технически данни, местоположение и медийни файлове.



Фигура 12. Онтология за обект камбани построена в платформа Protégé

Построяването на онтологията в платформата продължава със създаването на OWL свойства. Трите основни типа свойства са: свойства на обекта, свойства на тип данни (datatype properties) и анотационни свойства. Свойствата на обекта са отношенията между два индивида. Анотационните свойства се използват за добавяне на метаданни към индивидите, класовете и свойствата. Свойствата на тип данни се използват за добавяне на ограничаващи правила на класовете, така че всички индивиди от дадения клас са ограничени от тези правила. Следващата таблица представя примери на свойства от построената първоначална версия на онтология за обект камбана.

Свойства	Фигура	Описание
Свойства на обекта (Object property)		Свойството (отношението) „има_изображение” свързва индивида „камбана_№01-01” с индивида „изображение_№01-01”
Свойства на тип данни (Datatype property)		Свойството „има_стойност_за_размер” свързва индивида „камбана_№01-01” със символния низ „226”, който е от тип „xsd:float”, клас „долен_външен_диаметър”
Анотационни свойства (Annotation property)		Свойството „изработена_от_леяр” свързва класът „камбанен_обект” със символния низ “П. Н. Финляндски”

Таблица 8. Примери на свойства от построената онтология за обект камбана в платформа Protégé



### ***Формално представяне на онтолозиите за камбана и камбанология***

За да се представи ефективно аотираното знание за камбана и камбанология в МЦБ според представената онтология, трябва да се използва формат (език), който не поставя семантични ограничения върху данните и улеснява сложни процедури с тях, позволявайки прилагане на алгебрата на семантичните заявки и др. За настоящия онтологичен модел бяха изследвани функционалните характеристики, особеностите и възможностите на множество езици и средства за изграждане на онтологии (представени в тази глава) и бе избран Web Ontology Language (OWL) като най-подходящ. Този език дава възможност за по-добра интерпретация на зададено на машина съдържание, в сравнение с XML, RDF и RDF Schema, чрез осигуряване на допълнителен речник (лексика) заедно с формалните семантики.

Приложение 2 в дисертационния труд включва пълното формално представяне на онтологии за обект камбана чрез средства на семантичния уеб с технологията OWL.

### ***Връзки на онтолозиите за обект камбана с други бази от знания***

Част от съдържанието на знанието за обектите камбана се допълва от знание в други области. Например голяма част от камбанните обекти в областта на културно-историческото наследство са църковни и са богато украсени с художествени изображения на светци и религиозни сюжети, също така имат и надписи на тази тематика. Съвременните технологии за семантични описания предоставят механизми за връзка на една онтологична структура с друга на определени обекти, ресурси или термини [Богданова и др., 13].

Приложение 2 на дисертационния труд включва пълна версия на специализирана онтология за обект камбана, формално представена чрез средствата на технологиите за описание на семантика. Индивидите на класовете са конкретизирани според онтологичния модел за нуждите на платформата „Мултимедиен фонд BellKnow”.

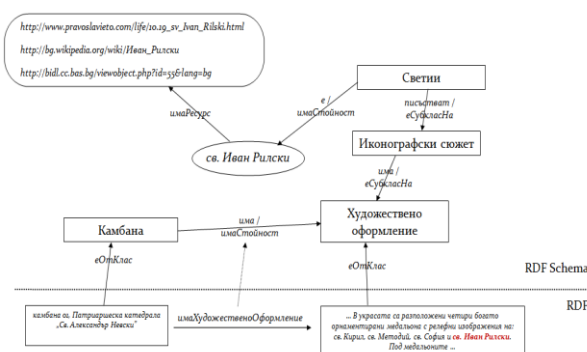
Следващият код и схема представя вмъкване на връзки към Интернет ресурси (Българския православен каталог<sup>2</sup>; Свободна енциклопедия Уикипедия<sup>3</sup> и Виртуална

---

<sup>2</sup> Българския православен каталог, <http://www.pravoslavieto.com>

<sup>3</sup> Свободна енциклопедия Уикипедия, <http://bg.wikipedia.org>

енциклопедия на българската иконография<sup>4</sup>) на описанието за „св. Иван Рилски“ чрез RDF дефиниции [Bogdanova et al., 12b]:



**Фигура 14. Схема на RDF / RDFS връзките между ресурсите камбана 01, Св. Александър Невски и св. Иван Рилски**

*Особености при защитата на семантичните описания на обектите от област камбанология*

Под защита на семантични описания на обекти от област камбанология се има предвид влагане на електронен подпис в семантични описания на дадените обекти. Влагането на електронен подпис се извършва чрез модел за криптиране на RDF граф на текстови елементи или външни препратки, съдържащи се в предварително определено семантично структурирано текстово описание. Резултатът от електронното криптиране се представя като елемент на криптиран XML документ, който пряко съдържа кодирани данни или препратки към тях [Bogdanova et al., 10e].

*Метод за защита на семантични описания на обект камбана чрез влагане на електронен подпис*

- Определя се структурираното текстово съдържание, което трябва да се защити;
- Форматира се това съдържание да отговаря на изискванията за електронно подписване (канонизиране, стандартизиране и оформяне на структурирания текст като съобщение);

<sup>4</sup> Виртуална енциклопедия на българската иконография, <http://bidl.cc.bas.bg>

- Влага се електронен подпис в структурата на текста под формата на криптирани, текстово-структурирани данни;

Отделните елементи и примери на този метод за защита са представени в дисертационния труд (виж Глава 3, Дял 3.6 „Особености при защитата на семантичните описания на обектите от област камбанонология” и приложение 3).

***Анализ на модела за защита на семантични описания на обекти от област камбанонология***

Моделът за защита на семантични описания на обекти от областта на културно-историческото наследство допринася за идентификацията и оторизирането на цифровото знание за тези обекти. Чрез влагането на криптирани данни и в частност електронното подписване на семантични текстови анотации се гарантира: автентичност на съдържанието; точна идентификация на цифровия информационен ресурс; защита на интелектуалната собственост; гарантиране на авторство и принадлежност.

При процеса на разработване на модела за защита и експериментирането с конкретни семантични анотации възникнаха определени проблеми: Трудно читаеми и усложнени семантични анотации – (при влагането на електронен подпис в структуриран текст, частите на този подпис заемат около 60-80% от съдържанието. Което води до увеличаване с пъти обема на съдържанието, като това забавя машинната им обработка и читаемостта им); Усложнено добавяне на ново съдържание – (подготовката за електронно подписване на ново съдържание изисква спазването на строги правила на текстовия сурогат (трябва структурирания текст да е „канонизиран”, „сериализиран” и „оформен подходящо като съобщение”), което задължава автора на ново съдържание да е запознат с тези ограничения и да се съобразява с тях); Изискване на строги правила за обработка на електронно подписано текстово съдържание – (всяка обработка (включително търсене, въвеждане, извеждане и т.н.) на такова съдържание изисква нулева промяна на цифровия запис. Дори промяна на символ в съдържанието или дори на една метаданна на записа „разваля” подписа); „Неподвижност” на електронно подписания текстов ресурс – (при публикуването на текстовото съдържание в Интернет, всяка една търсачка и всеки активен агент се опитва да прочете това съдържание, да го маркира, кешира и индексира самия ресурс или в собствена база данни, особено агенти като Google, Yahoo, Bing и т.н. Това автоматично води до промяна на това съдържание и до „разваляне” на електронния подпис. С други думи:

електронно подписаното текстово съдържание е валидно само и единствено на мястото, където е записано).

След направените проучвания изводите са: Маркирането на семантични анотации с електронен подпис под формата на структуриран текст добавя автентичност на съдържанието, точна идентификация на цифровия ресурс и защита на интелектуалната собственост. Но към момента усложнената обработка на съдържанието и „развалянето” електронния подпис при публикуване в Интернет на цифровия ресурс, правят този процес „не достатъчно ефективен”.

Разработените модели и методи са приложени в процеса на реализация на научно-приложен проект, свързан с цифровизация на културно-историческото наследство на обекти камбана „Изследване и идентификация на значими камбани от историческото и културно наследство на България и създаване на аудио и видео архив с помощта на съвременни технологии“, (BELL) [Bell, проект] и „Изграждане на цифров мултимедиен фонд – BellKnow”, [BellKnow, проект].

Семантичните анотации на цифрови обекти камбана са представени в [Bogdanova et al., 10d], [Богданова и др., 13б] и [Богданова и др., 12]. Защита на семантично-базирани анотации чрез подписване на RDF структури е развита в [Bogdanova et al., 10e] и [Bogdanova et al., 14a]. Направени са и лингвистични проучвания на знания от областта на културно-историческото наследство [Bogdanova et al., 12b] и [Bogdanova et al., 11b], като е експериментирано със създаването на речници [Ноев и др., 09б]. Представени са проучвания, свързани със създаването на онтология чрез съвременни методи в [Bogdanova et al., 12a].

#### Глава 4. Реализация на семантично-базирано представяне знания за цифрови ресурси от областта на камбанологията, тяхното създаване, съхранение и защита

В настоящата глава е представено създаването на цифрови обекти и ресурси от областта на културно-историческото наследство и изграждането на техните цифрови хранилища. Описани са тяхната специфика, архитектура и реализираните функционални подмодули, които ги обслужват. Показан е процесът по създаване на

цифрови обекти, като се проследява: цифровизацията на обекта, индексирание на полученото съдържание, 3D модели на обемни артефакти, влягане на разработените методи за защита на цифров обект камбана и методи за представянето му чрез паспорт. Представена е реализация на цифрови хранилища, тяхното създаване, използваните технологии и анализи на техните преимущества и недостатъци. Разгледани са функционални модули, внедрени в онлайн платформа „Мултимедиен фонд BellKnow“. Модулите добавят функционалност, оптимизация и автоматизация за процесите по добавяне на цифрово съдържание, добавяне на семантично индексирание на медия записите, семантично търсене, подбор на медия записи по множество критерии, създаване на колекции, извеждане на семантично знание и др.

### *Създаване на цифров обект*

За създаване на цифров обект се следват следните стъпки:

- Проучване и избор на обект, техника и методика на цифровизация;
- Цифровизиране на обекта;
- Индексирание на полученото съдържание;
- Цифрова обработка на отделните файлове, ако е необходимо;
- Прилагане на методи за защита на съдържанието;
- Организиране на отделните носители на информация в хранилище.

След създаването на множеството от цифрови обекти се пристъпва към организирането на хранилище, системата за представяне на ресурсите в мрежовото пространство и създаване на семантично аотиране на знанието за предметната област.

### *Методика за цифровизиране на обект*

Цифровизирането на обект камбана се състои от следните процеси:

- Цифрово фото заснемане на обекта;
- Измерване на геометрични размери и местоположение на обекта;
- Записване на камбанните звуци;
- Записване на проучвания чрез интервюта;
- Видео заснемане на звъненето/биенето на обектите.

Пример: При цифровизирането на обекти камбани в Патриаршеска катедрала „Св. Александър Невски“ са заснети и обработени 114 фото изображения, записи на

звъненето на всяка от 12-те камбани поотделно, общо изпълнение на звънаря, запис на интервюта, исторически справки, геометрични размери и др. (Фигура 17).



**Фигура 17. Цифрови фото изображения на камбанен обект намиращ се в Патриаршеска катедрала „Св. Ал. Невски“ (Камбана №1)**

#### *Триизмерни модели на артефакти от културно-историческото наследство*

Подробно проучване на създаване на 3D модели на артефакти от културно-историческото наследство с технологията за 3D сканиране „структурирана светлина” е представено в приложение 4, [Bogdanova et al., 13a], [Noev and Todorov, 14]. Сканирани са артефакти от фонда на Музей Възраждане, РИМ – Велико Търново [Балкански войни, проект].

Създадени са експериментални 3D модели на камбани чрез моделиране на двумерни изображения [Bogdanova et al., 11a] съвместно със специалисти от Швейцария, работещи в областта на представяне на тримерни изображения чрез технологиите на семантични описания [Cotofrei et al., 11].

#### *Обзор на триизмерни обекти от областта на културно-историческото наследство*

3D моделите на обемни артефакти добавят богато съдържание към знанието за обекти от културно-историческото наследство. Те съдържат в себе си по-вече информация за обем, форма, текстура, релеф и т.н., която може да се представи и визуализира. Все още има затруднения в разпространението и представянето на тези 3D модели, поради специфичността на програмните приложения и използваната апаратура за създаване, обработка и представяне на цифрови 3D изображения.

### ***Индексиране на получените цифрови ресурси***

Индексирането на отделните цифрови записи е направено с въвеждане на метаданни и съдържанието на обектите, като е съобразено със световните стандарти, прилагани за обекти от културно-историческото наследство. Описанието на цифровите ресурси е необходимо като част от метода за създаване на цифров архив, подпомагащо класифицирането и дейностите като търсене, намиране, филтриране и т.н. на артефакти в голям масив от ресурси. Използва се стандарта Dublin Core и технология по добавяне на метаданни (текстови полета), прикачени към цифровия ресурс. За всички цифрови обекти се генерира XML прикачен файл, в който са включени текстовите анотации под формата на метаданни, чрез които различните архивни, библиотечни системи и Интернет агенти могат да индексират и обработят съдържанието на цифровите артефакти. След направени проучвания се обособиха две направления на организация на метаданните:

- Индексиране на дигитални ресурси – кратко описание на файловете с цел индексирание на конкретните ресурси за бързото им намиране в дигиталния масив (склад) по определени признаци и класификации;
- Индексиране на съдържанието на медия ресурса – подробно описва съдържанието на дигитализирания обект, с цел откриване на информация в съдържанието.

Индексирането по съдържание на цифровите ресурси се състои в добавянето на анотации и връзки към тях в отделни описателни текстови XML файлове чрез RDF дефиниции, които са част от семантично-онтологичните структури за обект камбана, разгледани в глава 3.

### ***Модел за представяне на цифровизиран обект камбана чрез цифров паспорт***

Паспортите представляват анотации от цялата събрана информация за даден обект, в случая комплект от няколко камбани на едно място (на хартиен или електронен носител). Съдържанието на паспорта включва снимков материал, историческа справка, технически данни, диаграми на направените изследвания и др. В електронния вариант на паспорта са вложени допълнително и секции за мултимедийни файлове със записани звук и видео клипове.

За генерирането на паспортите е разработен модел на три нива с  $n+1$  секции ( $n$  – брой камбани) с варианти за електронен и хартиен паспорт. Създаден и внедрен е програмен модул за генериране и представяне на електронен паспорт на обекти камбана по разработения модел за отделен обект или обекти, групирани по местоположение.

В приложение 1 е представен пример на реализиран паспорт на обект камбана по проект Bell [Bell, проект], изграден по този модел. В раздел 4.3 на тази глава е представен електронен паспорт на обект камбана или група от обекти, динамично генериран от онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow”.

### ***Организиране на цифрово хранилище за обекти от тип „камбана”***

Цифровото хранилище представлява по своята същност множество от архиви, библиотеки, бази от данни, каталози, файлове и др., използващи цифрови технологии с вградени допълнителни функционалности и съдържащи в себе си нееднородно цифрово съдържание.

Хранилището прилага правилата за добра организация на съдържанието, утвърдени при изграждане на архив. Съдържанието е подредено, обработено, описано и индексирано еднозначно.

За организиране и изграждане на цифрово хранилище BellKnow се анализираха необходимите етапи на организация на съдържанието и необходимата обработка и подготовка на влаганото съдържание.

За организиране на цифрово хранилище се използва софтуерна среда FotoStation на компанията FotoWare<sup>5</sup>, специализирана за създаване на цифрови масиви, индексирание на медия файлове и организиране на дървовидна файлова структура. Софтуерната среда FotoStation има възможност за надграждане с клиент-сървър системата Cameleon за работа с много клиентски приложения и доставянето на файловете като интернет ресурси. Тя позволява и програмиране на допълнителни функционалности, които да автоматизират и обогатят обработването на цифровите ресурси [Noev, 10].

---

<sup>5</sup> FotoWare (FotoStation и Cameleon), <http://www.fotoware.com>



Следващото изображение представя част от аудио записи в цифров архив БФН [БФН, проект], организирано чрез софтуерната среда и с разработени допълнително функционалности.



**Фигура 23. Част от аудио записи в цифрово хранилище БФН**

### *Подходи и средства при изграждане на цифров архив BellKnow*

При първоначалния анализ на обема на цифровия материал за обект камбана се констатира, че са проучени, заснети, анализирани и записани над 100 обекта камбани в над 20 местонахождения при реализирането на научно-изследователски проект Bell [Bell, проект], [Bogdanova et al., 06b], [Богданова и др., 07], [Bogdanova et al., 15]. Събраните необработени цифрови записи са: цифрови фото изображения - над 10000; аудио записи – над 1000; видео записи 2000 (включващи записи на биене на камбани по отделно и общо; интервюта на звънари, клисари и научни работници; презентационни филми; записи на процеса по проучване и др.); текстови документи и др. Всички цифрови материали се обработват по две направления: с цел архивиране и запазване на по-голям обем от информация и оптимизиране на съдържанието с цел на представяне на цифровите материали в Интернет пространството. Методите по които се обработват цифровите сурогати са надлежно описани в глава 2.

При такъв очакван обем от данни (необработени и обработени по две направления) е необходима добра организация на цифровия архив: дървовидна файлова структура; матрица за сигнатура на файловете имена; допълнителни мета текстови данни за индексирание на медия файловете и описи за всяка цифрова единица.

### *Тестване и поддръжка на цифров архив за обект камбана*

Извършено е тестване на процесите на цифровизация и на цифровия архив с избрани примерни обекти от различните типове медии с различен произход. Проверени са процесите на цифровата обработка на разнородните обекти и поведението при различни ситуации.

Тествани са стъпките на цифровизация и качеството на различните обекти, получени чрез методите за цифровизация. Специално внимание е обърнато на специфичните процеси и поведението на архива след внедряването на добавени нови софтуерни промени, на тестването на компактност, търсене и сигурност. И най-вече тестването по типове записи. Хранилището се състои от 4 фонда според типа запис (видео, аудио, фото, текстови). Реално съществуват създадени и въведени в базовия изследователски модел на архива над 10 000 цифрови записа.

Направено е изследване на препоръчителни процедури за тестване и поддръжка: като аотиране и въвеждане в архива на вече описани цифрови копия на записите от оригиналния архив; въвеждане и поведение на цифровите обекти от различни типове медии в цифровия архив; тестване на примерна извадка от цифровизираните обекти от аналогови източници с предимство на застрашените от нарушаване и изчезване аналогови носители. Изследвано е въвеждането и поддръжката на цифрови материали с различно съдържание (операции с тях като промяна, преместване и изтриване; ново разработените функции като преоразмеряване, видим воден знак и др; тестване на различните формати за всеки тип обекти; добавянето на метаданни и процесите на индексирание; търсене по зададени метаданни; поведение при търсенето по различни критерии от различните типове записи).

Обектът се индексира към архива в съответния фонд според типа запис - видео, аудио, фото, текстови с оглед съхраняването му и търсенето му и експонирането му като такъв тип запис. Необходима е проверка при промяната на метаданните и компактното съхранение на различни типове медии и комплексността на обектите; дали се поддържат предварително въведените и ново въведените данни и съдържание и сигурността на съхранение; текущо тестване на въведените и описващите ги основни и допълнителни данни. Също така важно е да се изследва експортирането на данни и експортирането на колекции; тестване по типове колекции; дизайн на архива за различните типове под архиви и колекции (видео, аудио, фото, текстови) и др.

*Изграждане на онлайн платформа за представяне на цифрови ресурси и семантично описани обекти от предметната област. Функционалност, внедрена в тази среда, базирана на моделите за знание*

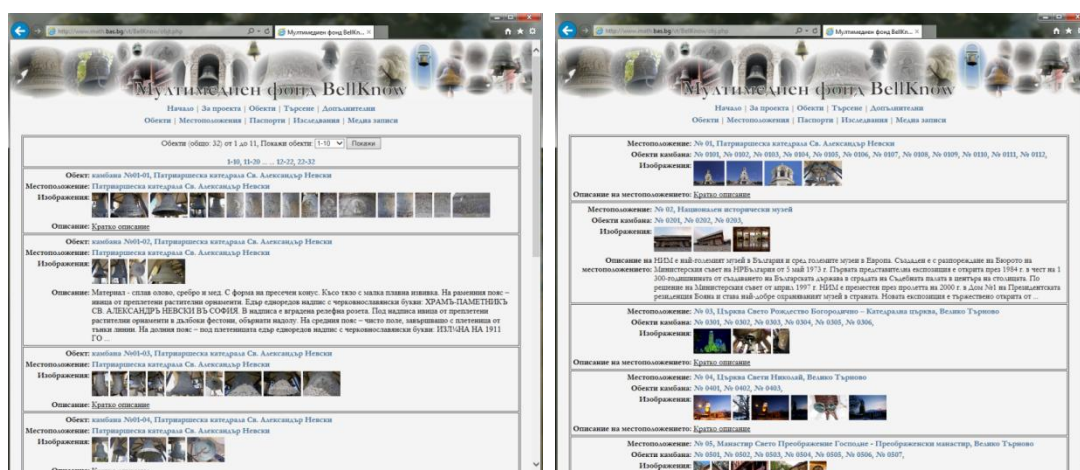
В настоящият дял са описани проектирането, разработването и изграждането на онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“, заедно с основните функционални подмодули от архитектурата на тази среда, използваните в тях алгоритми и софтуерната им реализация.

### **Съдържание на мултимедийни обекти в платформата BellKnow**

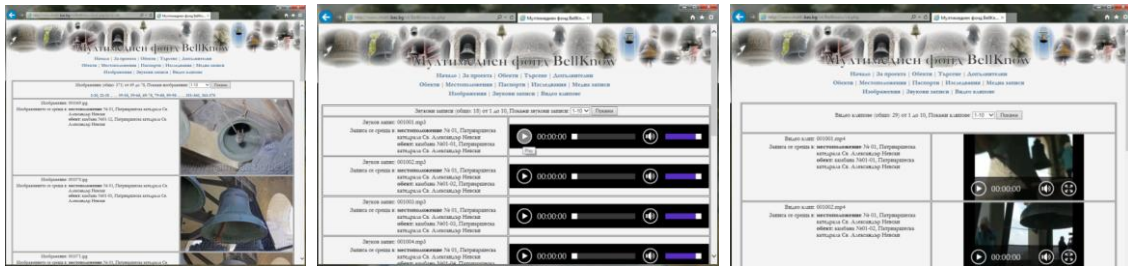
Платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“ е изградена с текстови данни, изображения, аудио и видео записи, съхранявани в цифровия архив по проектите Bell и BellKnow. Средата представя знанието, натрупано при изследванията и анализите на обекти камбана, извършени от интердисциплинарни специалисти, включващи математици, информатици, акустици, историци и др.

Знанието за обектите камбана се представя за всеки обект поотделно, групирани обекти по местоположение или по друга характеристика, включително по избор на потребител. Информацията за обектите включва изображения, медия (аудио и видео) записи, технически данни, исторически справки, анализи на звука и други.

Следващите фигури представят визуално, съдържанието на цифрови записи и обекти в платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“:



**Фигура 27. Обекти в онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“, групирани по обект камбана и местоположение**



**Фигура 28. Изображения, звукови записи и видео клипове в „Мултимедиен фонд BellKnow”**

***Функционалност, внедрена в онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow”***

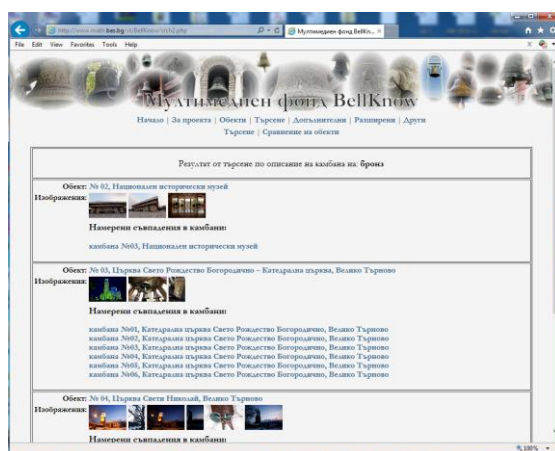
Функционалността, внедрена в „Мултимедиен фонд BellKnow”, която е базирана на онтологично-базирано знание за обект камбана, покрива основно дейности като създаване, представяне, търсене и групиране на информационно съдържание и обекти.

Функционалният модул за оптимизиране и автоматизиране на въвеждането на цифрови ресурси, техните мета данни и семантични описания, представлява модул от информационната система с ограничен достъп, чрез който постъпково се въвеждат цифровите ресурси с техните мета данни и онтологични описания. Същността на оптимизирането и автоматизирането се състои в това, че в един модул, постъпково се влага цифров ресурс (изображение, запис) заедно с неговите мета данни и онтологични описания. При влагането на цифровия ресурс, той се обработва според изискванията и методите за представяне на цифрови ресурси в мрежово пространство, представени в глава 2. За индексирването на ресурса с мета данни и онтологични описания се използват интуитивни контроли и текстови шаблони, с които се оптимизира процеса на индексация и последователно въвеждане на описания на онтологични обекти чрез избор на отделни характеристики и отношения, преобразуването им в семантичен код и интегрирането им в онтологичната система, според дефинициите, разгледани в глава 3.

Основните дейности в процеса на създаване на съдържание за „Мултимедиен фонд BellKnow” е аотирането и семантичното индексирване на цифрови обекти, както и тяхното включване в медийното хранилище към него. Въвеждането на семантични метаданни се осъществява чрез различни автоматични и полуавтоматични услуги чрез използване на специални шаблони за аотиране. Шаблоните осигуряват множество опции за по-лесно и бързо въвеждане на съдържание.

В онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“ е внедрен терминологичен речник Bell. Той представлява речник, припокриващ онтологичната структура „Терминологичен речник (таксономия) в областта на камбанологията“ (описана в глава 3) и използващ семантичните ѝ анотации, класове и данни. След съхраняване на даден цифров ресурс в медийното хранилище, специална машина обхожда анотациите му с цел търсене на специализирани термини от областта. При наличие на такива термини автоматично поставя връзка към съответната им дефиниция (обяснение). В случай, че бъде въведен нов термин, неговото присъствие в анотациите за обектите се открива автоматично и се добавя връзка към дефиницията му.

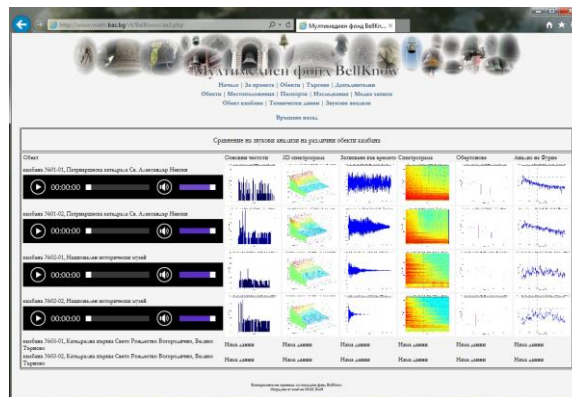
Онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“ предоставя широк набор от услуги за търсене като търсене по ключови думи, разширено търсене, семантично, контекстно-базирано търсене, комплексно търсене и търсене с групиране на резултатите. Тяхната реализация се базира на различни по тип и сложност заявки към знанийната база като се използват основно семантичните данни на базовата онтология за обект камбана.



**Фигура 30. Резултат от търсене по описание на „бронзова камбана“ в онлайн платформата**

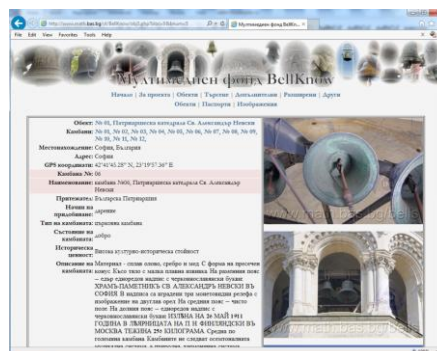
Функционалният модул за сравнение на цифрови медийни ресурси съпоставя записи от различни типове (аудио, видео и фото) на групи от обекти камбана. Първоначално се избират групите от камбанни обекти, които ще се сравняват. Следва избиране на компонентите и критериите за сравнение, които са: тип на медия ресурсите, различни данни, характеристики или диапазон на сравняваните стойности. В

резултата се визуализират различни параметри и сравнения, графики и медия записи, показващи разликите в сравняваните обекти.



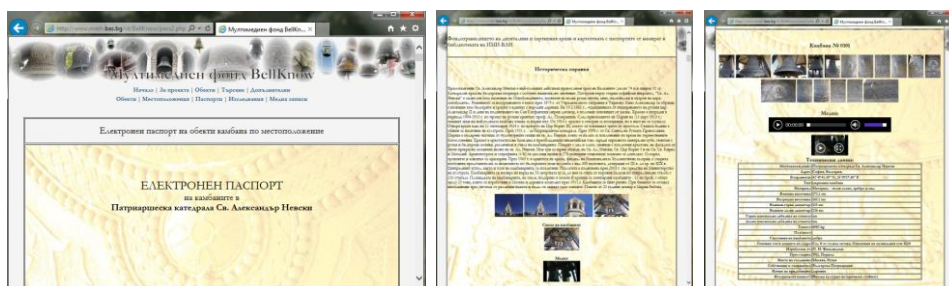
**Фигура 32. Резултат от сравнение на звукови анализи в платформата**

Функционалният модул за представяне на цифрови ресурси и обекти с техните мета и семантични описания в онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow” визуализира всеки обект камбана заедно с множеството от неговите описания, анотации и характеристики. В левия панел са включени наименование, адреси, координати, технически данни, състояние, елементи, описание, художествено оформление и много други, а цифровите мултимедийни записи за този обект се визуализират вдясно. Визуализацията на богатото семантично описание на отделния обект камбана бе решена със скрити части, които се появяват с разгръщане или нов прозорец след избор на съответна хипервръзка. Тази опция се използва основно при представяне на описанията на камбаната и художествената ѝ анотация. Част от описателните полета също са скрити, пазейки стойностите им като чисто семантични метаданни.



**Фигура 33. Описание на обект камбана (камбана №06, Патриаршеска катедрала Св. Александър Невски) в „Мултимедиен фонд BellKnow”**

В онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow“ е включен модул за представяне на електронен паспорт на обекти камбана, като има възможност за генериране на паспорт по разработения модел за отделен обект или обекти, групирани по местоположение, по разработена схема за паспортизация (виж дял 4.1, раздел „Модел за представяне на цифровизиран обект камбана чрез цифров паспорт“, в глава 4). В електронния паспорт присъстват медия записи (аудио и видео) на звуци при биене на една камбана или записи на ансамблови мелодии от комплект камбани, както и интервюта, очерци, документални разкази и др. Генерирането на електронните паспорти на обекти камбана е динамично в реално време, като се събира и обработва актуалната информация, съхранена в семантичните анотации на обектите.



**Фигура 34. Електронен паспорт на обекти камбана**

Функционалният модул за изграждане на колекции по определени семантични признаци и/или характеристики представя цифровите ресурси за обекти камбана, по определени признаци и правила, избрани от потребителя. Представените колекции се визуализират във формат за Интернет представяне и е разработен вариант за запазване в удобен за потребителя изглед на избраната от него колекция. При разработката на услугите за групиране на обекти като основни критерии за групиране бяха избрани класове от базовата онтологията за обект камбана и наличните опционално-избираеми стойности на множество характеристики. Използвайки друга групираща опция, потребителят може да вижда отделни колекции, групирани по основни признаци като местоположение (храм, музей и др.), леяр (изработени от), общи характеристики (например: изображение на един същ религиозен персонаж) и др.

## *Заклучение*

В Глава 4, дял 4.1 е описано създаване на цифрови обекти от областта на културно-историческото наследство, чрез модифицирани методи на цифровизация и са дадени примери за дигитализиране на ценни обекти тип камбана. Представени са методи за цифрово фотозаснемане, аудио запис и видеозаснемане. Също така е представен триизмерен модел на камбана, създаден чрез моделиране на изображения. Тези методи са използвани в процеса на реализация на научно-приложни проекти, свързани с цифровизация на културно-историческото наследство на обекти камбана „Изследване и идентификация на значими камбани от историческото и културно наследство на България и създаване на аудио и видео архив с помощта на съвременни технологии“, (BELL) [Bell, проект] и „Изграждане на цифров мултимедиен фонд – BellKnow“, [BellKnow, проект]. Цифровото фотозаснемане е извършено от професионален фотограф, аудио записите и звуковите анализи на биенето на камбаните е извършено с професионална техника от различни специалисти. Също така е описано (в Приложение 4) създаването на триизмерни обекти чрез 3D сканиране с технологията „Структурирана светлина“ на обемни артефакти от фонда на музей Възраждане, РИМ Велико Търново, по научно-приложен проект „Електронен архив на документалното наследство за Балканските войни“, (BalkanWars) [Балкански войни, проект]. Представено е индексирание на цифровите записи с метамаркиране, чрез стандарта Dublin Core. Представени са примери и методи за защита, чрез маркиране на мултимедийни записи с влагане на видими и невидими водни знаци и маркери. Тези методи са приложени за цифровите записи, вложени в цифрови архиви в различни културно-исторически области, като камбанология, фолклор, история и архитектура (Цифрово мултимедийно хранилище BellKnow [Bell, проект]; Експериментален мултимедиен архив – БФН [БФН, проект]; Мултимедиен архив – BalkanWars [Балкански войни, проект]; Мултимедиен архив – KolioFicheto [Колю Фичето, проект]). Описан е модел за представяне на обект от културно-историческото наследство камбана чрез паспорти (електронен в мултимедиен фонд BellKnow и на хартиен носител (Приложение 1)).

В част 4.2 е представена методология за организиране на цифрово хранилище BellKnow [Bell, проект] (същата адаптирана методология е използвана при създаването и на: Експериментален мултимедиен архив – БФН [БФН, проект]; Мултимедиен архив – BalkanWars [Балкански войни, проект]; Мултимедиен архив – KolioFicheto [Колю



Фичето, проект]). Описани са принципите на създаване на цифрови архиви, техните специфики за съхранение на цифрови образци от културно-историческото наследство, използвани информационни среди, влягане на модифицирани методи и инструменти за обработка на цифровото съдържание в тези среди и техните възможности за федерирането им.

В дял 4.3 е представено проектирането, разработването и изграждането на онлайн платформата „Мултимедиен фонд BellKnow”, заедно с основните функционалности от архитектурата ѝ. Разгледани са анализи на техните преимущества, недостатъци и функционални модули, внедрени в тази среда. Модулите добавят функционалност, оптимизация и автоматизация за процесите: по добавяне на цифрово съдържание; на семантично индексирание на медия записи; семантично търсене; подбор на медия записи по множество критерии; създаване на колекции; извеждане на семантично знание и др.

В резултат на направените проучвания на спецификата на цифровизиране на обекти от културно-историческото наследство и създаването на цифрови хранилища са постигнати следните резултати:

- Усъвършенствани са методи за създаване на цифрови ресурси от областта на културно-историческото наследство, чрез цифровизация и индексирание на получените образци (методи за цифровизация на текст, изображения, аналогови аудио и видео записи, както и триизмерно сканиране на обемни обекти). Методите са приложени в процеса на реализация на различни научно-приложни проекти и изграждането на федерация от цифрови хранилища: Цифрово мултимедийно хранилище – BellKnow; Експериментален мултимедиен архив – БФН; Мултимедиен архив – BalkanWars; Мултимедиен архив – KolioFicheto;
- Разработени са методологически подходи и техники за съхранение на цифрови медийни записи и знание в онлайн платформи. Разработени са функционални модули за индексирание и анотиране на цифрови ресурси; за търсене в медийни обекти; за извеждане на информационно съдържание; за създаване и представяне на колекции от медийни записи по различни критерии и схеми. Разработените подходи и функционални модули са приложени в платформата „Мултимедиен фонд BellKnow”.

## Глава 5. Приноси на дисертационния труд

Създаден е онтологичен модел на знание от областта на културно-историческото наследство, описващ обекти камбани. Детайлно е описана семантиката на предметната област, като са дефинирани множество характеристики, метаданни, правила, класове знание и взаимовръзките между тях. Развити са онтологично-семантични подструктури, допълващи знанието за предметната област: „Онтология на историческите събития, свързани с предметната област”, „Онтология на религиозните сюжети, изобразени на камбани”, „Онтология на камбанолелярството” и „Терминологичен речник (таксономия) за областта на камбанологията”. Определени са формални правила/инструкции и алгоритми за взаимодействие между семантичните структури, както и връзки към семантични структури извън предметната област.

Изградена е онлайн платформа „Мултимедиен фонд BellKnow”, съдържаща цифрови ресурси и семантично-базирано знание за обекти камбана. Разработени и внедрени в платформата са, базираните на онтологичния модел на знание за предметната област, функционални модули за оптимизация и автоматизация за процесите: по добавяне на цифрово съдържание с данни и семантични описания; на семантично индексирание на медия записи; търсене съдържание в метаданните и семантични описания на цифровите ресурси; подбор на медия записи по множество критерии; сравнение на цифрови медийни ресурси; създаване на колекции по определени семантични признаци и/или характеристики; динамично генериране на електронен паспорт за обекти камбана; извеждане на семантично знание и др.

Развити са методи и технологии за създаване и индексирание на цифрови ресурси от разнородни обекти от областта на културно-историческото наследство, съобразени с техните специфики: текст, изображения, аналогови аудио и видео записи, цифрови триизмерни модели на обемни артефакти.

Развити са методи за маркиране на цифрови ресурси, чрез влагане на съдържание (добавяне на идентификационен код в аудио записи и на съдържание в цифрови изображения). Създадени и анализирани са методи за защита на знание, чрез криптиране на семантични анотации (текстови XML-RDF анотации) с електронен подпис, приложени върху цифрови ресурси и знания за обекти камбана.

Разработени са методологически подходи и техники за организация и съхранение на разнородни медийни записи в цифрови хранилища. Изградено е цифрово

мултимедийно хранилище BellKnow, включително функционални модули за индексирание и аотиране на цифрови ресурси, за търсене в медийни обекти, за извеждане на информационно съдържание, за създаване и представяне на колекции от медийни записи по различни критерии и схеми.

Реализирани са цифрови мултимедийни хранилища в различни културно-исторически области, използвайки адаптирани методи и подходи:

- фолклор (Експериментален архив БФН) [БФН, проект];
- история (Архив BalkanWars) [Балкански войни, проект];
- архитектура (Архив KolioFicheto) [Колю Фичето, проект].

## Апробация

Част от резултатите, получени в дисертационния труд, са публикувани в международни списания („Mathematica Balkanica“ (2010 и 2011) и „Information Technologies and Knowledge“ (2011)). Постигнатите резултати са докладвани и публикувани в сборници на международни и национални конференции: Международна конференция “Цифрово представяне и опазване на културно и научно наследство” („Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage”) – DiPP ’11 ’12 ’13 ’14 (Велико Търново, България, 2011, 2012, 2013 и 2014); Международна конференция „Информационни изследвания и приложения“ („Information Research and Applications“) – i.Tech’11 (Варна, България, 2011); Международна конференция „Компютърни системи и технологии” (“Computer Systems and Technologies”) – ComSysTech’10 (София, България, 2010); Международна конференция „Алгебрична и комбинаторна теория на кодирането“ („Algebraic and Combinatorial Coding Theory“) – АССТ’2010 (Новосибирск, Русия, 2010); Научни конференции с международно участие "Библиотеки-четене-комуникации" (Велико Търново, България, 2011 и 2012); Национална конференция „Майски четения - Дни на науката 2013“, посветена на 50-годишнината на Великотърновския университет „Св. Св. Кирил и Методий“ (Велико Търново, България, 2013); Национална конференция „Иновации в програмните технологии, алгоритми и обучението във висшите училища, свързано с тях“, (Априлци, България, 2009) и семинари: „Годишен семинар по алгебрична и комбинаторна теория на кодирането“ (Ксилифор, България, 2010); Научен интердисциплинарен семинар

„Информационно общество“ (Велико Търново, България, 2011, 2012) и др. Част от резултатите са представени в аналитични изследвания и отчети за проекти: „Изследване и идентификация на значими камбани от историческото и културно наследство на България и създаване на аудио и видео архив с помощта на съвременни технологии“; „Електронен архив на документалното наследство за Балканските войни“; „Технологии, основани на знания за създаване на дигитални ресурси и виртуално представяне на значими колекции от българското фолклорно наследство – FolkKnow“, модул 2 „Създаване, анотиране и защита на дигитален архив „Българско фолклорно наследство““.

Резултати от изследванията са използвани в няколко научно-изследователски проекти, свързани с цифровизация на културно-историческото наследство на България:

- „Изследване и идентификация на значими камбани от историческото и културно наследство на България и създаване на аудио и видео архив с помощта на съвременни технологии“, <http://www.math.bas.bg/bells/> (BELL) [Bell, проект];
- „Изграждане на цифров мултимедиен фонд – BellKnow“, <http://www.math.bas.bg/vt/BellKnow/> [BellKnow, проект];
- „Технологии, основани на знания, за създаване на дигитални ресурси и виртуално представяне на значими колекции от българското фолклорно наследство – FolkKnow“, модул 2 „Създаване, анотиране и защита на дигитален архив „Българско фолклорно наследство““, <http://folkknow.cc.bas.bg/> (FolkKnow) [БФН, проект];
- „Електронен архив на документалното наследство за Балканските войни“, <http://www.math.bas.bg/vt/balkanwars/balkanwars.htm> (BalkanWars) [Балкански войни, проект];
- „Цифровизиране на творчеството на Колю Фичето“, <http://www.math.bas.bg/vt/exhibitions/KolioFicheto2013/> (KolioFicheto) [Колю Фичето, проект].

*Дълбока благодарност дължа на научния си ръководител доц. д-р Галина Богданова за ползотворните дискусии, съветите и подкрепата, която ми бе оказана през целия период на*

работата върху дисертацията. За подкрепата, съветите и критиките дължа особена благодарност на колегите проф. д-р Радослав Павлов, гл. ас. д-р Тодор Тодоров и не на последно място на човека, който пръв прояви доверие към мен академик д-мн Стефан Додунеков. Особена признателност дължа на ръководството и членовете на секции „Математически основи на информатиката“, „Математически лингвистика“, както и на целия Институт по математика и информатика за търпението, с което ме приеха сред тях. За ползотворната ни съвместната интердисциплинарна работа благодарности дължа на гл. ас. д-р Стефка Кънчева (ВТУ „Св. Св. Кирил и Методий“) и Галя Чохаджиева (РИМ – Велико Търново).

## Списък на авторските публикации по темата на дисертацията

1. [Noev, 10] **Noev N.**, Organization and Security of the Audio and Video Archive for Unique Bulgarian Bells, *Mathematica Balkanica, NewSeries* Vol. 24, 2010, ISSN 0205-3217, Fasc.3-4, pp. 285-291, 2010;
2. [Bogdanova et al., 11a] Bogdanova G., **Noev N.**, Stoffel K., Todorov T., 3D Modeling of Valuable Bulgarian Bells and Churches, *Mathematica Balkanica, NewSeries* Vol. 25, 2011, ISSN 0205-3217, Fasc. 5, pp. 475-482, 2011;
3. [Bogdanova et al., 10d] Bogdanova G., Todorov T., **Noev N.**, Semantic Model of Digital Resources of Bulgarian Bells, *Mathematica Balkanica, NewSeries* Vol. 25, 2011, ISSN 0205-3217, Fasc. 5, pp. 483-490, 2011;
4. [Bogdanova et al., 12a] Bogdanova G., Stoffel K., Todorov T., **Noev N.**, Building OWL Ontology of unique Bulgarian bells using Protégé platform, *Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 12*, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2012, pp. 161-166, ISSN: 1314-4006, 2012;
5. [Bogdanova et al., 12b] Bogdanova G., Todorov T., **Noev N.**, Kancheva S., Research on Linguistic Approaches, Used for Semantic Explanation of Bell's Knowledge, *Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 12*, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2012, pp. 155-160, ISSN: 1314-4006, 2012;
6. [Bogdanova et al., 11b] Bogdanova, G., Rangochev K., Paneva-Marinova D., **Noev N.**, Towards Linguistics Analysis of the Bulgarian Folklore Domain, *International Journal "Information Technologies and Knowledge"*, Vol.5, №2, pp. 119-128, ISSN 1313-0455, presented at International conference - i.Tech'11, Varna, Bulgaria, 2011;
7. [Bogdanova et al., 13a] Bogdanova G., Todorov T., **Noev N.**, Digitization and 3D Scanning of Historical Artifacts, *Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 13*, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2013, pp. 133-138, ISSN: 1314-4006, 2013;

8. [Bogdanova et al., 10e] Bogdanova G., Todorov T., **Noev N.**, Singing individual fragments of an RDF graph of unique Bulgarian bells, ACCT`2010: Twelfth international workshop sept. 5-11, 2010, Academgorodok, Novosibirsk, Russia, ISBN 978-5-86134-174-5, pp. 47-52, 2010;
9. [Богданова и др., 13] Богданова Г., Тодоров Т., **Ноєв Н.**, Методи за цифровизация и семантично аотиране на исторически артефакти, сборник на национална конференция „Майски четения - Дни на науката 2013“, посветена на 50-годишнината на Великотърновския университет “Св. св. Кирил и Методий”, май, 2013;
10. [Богданова и др., 12] Богданова Г., Тодоров Т., **Ноєв Н.**, Семантично представяне на знания и защита на данни в областта на културно-историческото наследство, XI-национална научна конференция с международно участие "Библиотеки-четене-комуникации", 16-17 ноември 2012, посветена на 20-годишнината на катедра "библиотекознание и масови комуникации" при Стопански факултет на ВТУ "Св. св. Кирил и Методий", 390-395 с., 2012 г.;

## Други цитирания

[Antoniou, van Harmelen, 08] Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen, A Semantic Web Primer. London, 2008;

[Berger, Todorov, 08] Berger T., T.Todorov, Improving the Watermarking Process With Usage of Block Error-Correcting Codes, Serdica Journal of Computing, vol. 2, 2008, pp. 163-180;

[Berners-Lee, Fischetti, 99] Tim Berners-Lee, Mark Fischetti, Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by its inventor., 1999;

[Bogdanova, Georgieva, 08] Bogdanova G., Georgieva T., Using Error-correcting Dependencies for Collaborative Filtering, Data and Knowledge Engineering, Elsevier, vol. 66, № 3, 2008, pages 402-413, <http://dx.doi.org/10.1016/j.datak.2008.04.008>, 2008;

[Bogdanova et al., 10a] Bogdanova G., Dimkov G., Todorov T., Noev N., Model of Digital Repository of Information and Knowledge - Fund “BellKnow”, Годишен семинар по алгебрична и комбинаторна теория на кодирането - 2010, Ксилифор, 17-19 декември 2010;

[Bogdanova et al., 11a] Bogdanova G., Noev N., Stoffel K., Todorov T., 3D Modeling of Valuable Bulgarian Bells and Churches, Mathematica Balkanica, NewSeries Vol. 25, 2011, ISSN 0205-3217, Fasc. 5, pp. 475-482, 2011;

[Bogdanova et al., 11b] Bogdanova, G., Rangochev K., Paneva-Marinova D., Noev N., Towards Linguistics Analysis of the Bulgarian Folklore Domain, International Journal "Information Technologies and Knowledge", Vol.5, №2, pp. 119-128, ISSN 1313-0455, presented at International conference - i.Tech'11, Varna, Bulgaria, 2011;

[Bogdanova et al., 12a] Bogdanova G., Stoffel K., Todorov T., Noev N., Building OWL Ontology of unique Bulgarian bells using Protégé platform, Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP'12, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2012, pp. 161-166, ISSN: 1314-4006, 2012;

[Bogdanova et al., 15] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Database Design for a Cultural Artifact Repository. Encyclopedia of Information Systems and Technology. ISBN: 978-0-12-227240-0 (to appear), 2015;

[Bogdanova et al., 11d] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Development, Annotation and Protection of Digital Archive „Bulgarian Folklore Heritage”, First International Conference Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP'11, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 11-14 September, 2011, pp. 181, ISSN: 1314-4006, 2011;

[Bogdanova et al., 13a] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Digitization and 3D Scanning of Historical Artifacts, Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific

- Heritage - DiPP' 13, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2013, pp. 133-138, ISSN: 1314-4006, 2013;
- [Bogdanova et al., 10c] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Digitalization and security of "Bulgarian Folklore Heritage" archive, CompSysTech, ACM International Conference Proceeding Series (ICPS) vol. 471, pp. 335-340, 2010;
- [Bogdanova et al., 14a] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Protection of Semantic Organized Data. Encryption of RDF Graph, Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 14, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2014, pp. 183-188, ISSN: 1314-4006, 2014;
- [Bogdanova et al., 10d] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Semantic Model of Digital Resources of Bulgarian Bells, Mathematica Balkanica, NewSeries Vol. 25, 2011, ISSN 0205-3217, Fasc. 5, pp. 483-490, 2011;
- [Bogdanova et al., 10e] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Singing individual fragments of an RDF graph of unique Bulgarian bells, АССТ'2010: Twelfth international workshop sept. 5-11, 2010, Academgorodok, Novosibirsk, Russia, ISBN 978-5-86134-174-5, pp. 47-52, 2010;
- [Bogdanova et al., 12b] Bogdanova G., Todorov T., Noev N., Kancheva S., Research on Linguistic Approaches, Used for Semantic Explanation of Bell's Knowledge, Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 12, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2012, pp. 155-160, ISSN: 1314-4006, 2012;
- [Bogdanova et al., 06b] Bogdanova G., Trifonov T., Todorov T., Georgieva T., Methods for Investigation and Security of the Audio and Video Archive for Unique Bulgarian Bells, In Proceedings of the National Workshop on Coding Theory and Applications, Blagoevgrad, 1-3.12.2006, page 5, 2006;
- [Cotofrei et al., 11] Paul Cotofrei, Christophe Künzi, and Kilian Stoffel, Semantic Interpretation of 3D Point Clouds of Historical Objects, First International Conference Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 11, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 11-14 September, 2011, pp. 91-98, ISSN: 1314-4006, 2011;
- [Fensel, 04] Fensel, D., Ontologies: A Selve Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce, Second edition, 2004;
- [Gennari et al., 00] Gennari J., Musen M., Ferguson R., Grosso W., Crubezy M., Eriksson H., Noy, N. and Tu S., The evolution of Protégé - 2000: An environment for knowledge-based systems development. International Journal of Human-Computer Studies, 58(1):89-123, 2003 (2000);
- [Gill et al., 00] Gill, T., A. Gilliland, M. Woodley, Introduction to Metadata: Setting the Stage, Patways to Digital Information, Getty Information Institute, 2000;
- [Ivanova, 11] Ivanova K., A Novel Method for Content-Based Image Retrieval in Art Image Collections Utilizing Colour Semantics., PhD Defence, Hasselt University, 15.11.2011, Hasselt, Belgium, 2011;
- [Knublauch, 03] Knublauch. H.: An AI tool for the real world: Knowledge modeling with Protégé. Java-World (2003)
- [Noev, 10] Noev N., Organization and Security of the Audio and Video Archive for Unique Bulgarian Bells, Mathematica Balkanica, NewSeries Vol. 24, 2010, ISSN 0205-3217, Fasc.3-4, pp. 285-291, (2010);
- [Noev, Todorov, 14] Todorov T., Noev N., Technology of Three-Dimensional Scanning "Structured Light", Международна конференция Digital Preservation and Presentation of Cultural and Scientific Heritage - DiPP' 14, Велико Търново, България, 18-21 Септември, 2014, pp. 87-94, ISSN: 1314-4006, 2014;
- [Schreiber et al., 00] Schreiber, G., H. Akkermans, A. Anjewierden, R. De Hoog, N. Shadbolt, W. Van De Velde, B. Wielinga, Knowledge Engineering and Management - The CommonKADS Methodology, MIT Press, 2000;
- [Tzouveli et al., 08] Tzouveli, R., Simou, N., Stamou, G., Kollias, S., Kalomoirakis, D., Foukareli, G., Fyssas, N. (2008), Sacred Figure Recognition based on Byzantine Iconography Knowledge. Digital Heritage in New Knowledge Enviroment: shared spaces & open paths to cultural content, Hellinic Ministry of Culture, Athens

[Tzouveli et al., 09] Tzouveli, R., Simou, N., Stamou, G., Kollias, S. (2009), Semantic Classification of Byzantine Icons. IEEE Intelligent Systems, 24 (2009), No 2, 35–43;

[Zheleva, Pavlov, 03] Zheleva, M., R. Pavlov, Metadata Tagging and Interactive Multimedia Content Reusability in Web-Based Learning Systems, In the Proceedings of the International Conference „Information and Communication Technologies and Programming”, 2003, pp.106-112;

[Богданова и др., 13б] Богданова Г., Тодоров Т., Ноев Н., Методи за цифровизация и семантично аотиране на исторически артефакти, сборник на национална конференция "Майски четения - Дни на науката 2013", посветена на 50-годишнината на Великотърновския университет "Св. св. Кирил и Методий", май, 2013;

[Богданова и др., 12] Богданова Г., Тодоров Т., Ноев Н., Семантично представяне на знания и защита на данни в областта на културно-историческото наследство, XI-национална научна конференция с международно участие "Библиотеки-четене-комуникации", 16-17 ноември 2012, посветена на 20-годишнината на катедра "библиотекознание и масови комуникации" при Стопански факултет на ВТУ "Св. св. Кирил и Методий", 390-395 с., 2012 г.;

[Богданова и др., 07] Богданова Г., Трифонов Т., Тодоров Т., Георгиева Ц., Анализирание и защита на аудио и видео архив на уникални български камбани, Научна конференция „Европа като културно пространство”, Благоевград, 2007;

[Илчев, 13] Илчев С., Дисертация за присъждане на научно-образователната степен “доктор”, Модулни методи за вграждане на цифрова информация в изображения за подобряване сигурността на Интернет-базирани комуникационни платформи, София, 2013;

[Ноев, 09а] Ноев Н., магистърска теза, Дигитализация на аналогови аудио записи от колекция на фоно материали от архива на Института за Фолклор (Институт за Фолклор – понастоящем Институт за етнология и фолклористика с Етнографски музей (ИЕФЕМ), след обединяване с Етнографския институт с музей през 2010 г.), защитена през м. Февруари 2009 г. в ИМИ – БАН, 2009;

[Ноев и др., 09б] Ноев Н., Христов Г., Станчев И., „Експериментален специализиран честотен речник”, Национална конференция „Иновации в програмните технологии, алгоритми и обучението във висшите училища, свързано с тях”, гр. Априлци, България, Юни 2009, стр. 102-109, 2009;

[Павлов, Дочев, 03] Павлов, Р., Д. Дочев, Нови информационни технологии и интерактивни среди за професионално и продължаващо обучение (Аналитично изследване), Държавна агенция за информационни технологии и съобщения, 2003, стр.1-100;

[Павлова, 13] Павлова, Л., Дисертация за присъждане на научно-образователната степен “доктор”, Семантични технологии и средства в цифрови библиотеки за художествено културно наследство, София, 2013, стр. 1-205;

[Палиев, 85] Палиев Д., Български камбани, клепала и овчарски звънци, 1985;

[Тодоров, 09] Тодоров Т., Еквидистантни кодове. Методи за защита на информацията вс воден знак, Автореферат на дисертация за присъждане на научно-образователната степен “доктор”, София, 2009;

[Чохаджиева, 11] Галя Чохаджиева, С помощта на благочестивите християни (Камбаната – артефакт и символ), Известия на Исторически музей Кюстендил, том XVII, Велико Търново, стр. 45-61, 2011;

[Шарииков и др., 00] Шарииков В.Г., А.Беляков, А.Суворов, Православный звон в Болгарии, Москва, 2000;

[Шатько, 14] Шатько Е. Г., Колокола и колокольные звоны православных храмов западных регионов Беларуси: история и современность, Монография, Белосток, Полша, ISBN 978-83-89396-67-9, стр. 1-296, 2014;

[Шашкина, 85] Шашкина Т. Б., Модульный метод колоколотейного ремесла, Колокола: История и современность., стр. 216—238, 1985;

Научно-приложни проекти:

[Bell, проект] Проект „Bell – Изследване и идентификация на значими камбани от историческото и културно наследство на България и създаване на аудио и видео архив с помощта на съвременни



технологии“ е изследователски проект на Института по математика и информатика при БАН, изцяло финансиран от Фонд „Научни изследвания“, Министерство на образованието и науката, под грант KIN-1009/2006, <http://www.math.bas.bg/bells/>;

[BellKnow, проект] „Изграждане на цифров мултимедиен фонд – BellKnow“, <http://www.math.bas.bg/vt/BellKnow/>;

[БФН, проект] „Технологии, основани на знания за създаване на дигитални ресурси и виртуално представяне на значими колекции от българското фолклорно наследство – FolkKnow“, модул 2 „Създаване, аотиране и защита на дигитален архив „Българско фолклорно наследство““, <http://folknow.cc.bas.bg/>;

[Балкански войни, проект] „Електронен архив на документалното наследство за Балканските войни“, е изследователски проект финансиран по програма „Финансиране на фундаментални научни и научноприложни изследвания в приоритетните области“, 2012, FFNNIPO\_12\_01136 <http://www.math.bas.bg/vt/balkanwars/balkanwars.htm>;

[Колю Фичето, проект] „Цифровизиране на творчеството на Колю Фичето“, <http://www.math.bas.bg/vt/exhibitions/KolioFicheto2013/>;