

На правах рукописи

Алекс

Наместников Алексей Михайлович

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕПОЗИТОРИИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
В ПРОЕКТИРОВАНИИ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Ульяновск – 2018

Работа выполнена в *Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный технический университет»*.

Научный консультант: *Ярушкина Надежда Глебовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы» Ульяновского государственного технического университета*

Официальные оппоненты: *Грибова Валерия Викторовна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора по научной работе Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН*

Тулупьев Александр Львович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией теоретических и междисциплинарных проблем в информатике Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН)

Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей Ульяновского государственного университета

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»

Защита состоится «16» мая 2018 года в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете, расположенном по адресу: 432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ульяновского государственного технического университета.

Автореферат разослан «_____» _____ 2018 г.

Отзывы и замечания по автореферату в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.277.01,
доктор технических наук, профессор



Смирнов В. И.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования.

Принятие проектных решений при создании сложных программно-аппаратных комплексов, к которым можно отнести современные автоматизированные системы (АС), сопряжено с необходимостью анализа большого объема разнородной информации. Системы автоматизированного проектирования (САПР) постоянно усложняются, и, как следствие, ужесточаются требования к их информационному обеспечению. Существующие подходы к формированию информационного обеспечения САПР позволяют решать задачи организации информационных баз с целью получения необходимых данных на всем протяжении жизненного цикла проектируемой системы. Однако все чаще начинает возникать проблема оперативной доступности информации, когда фактографические или документальные базы данных содержат необходимые данные для принятия проектных решений, но получить доступ к ним затруднительно по причине отсутствия дополнительных знаний о содержании информационных ресурсов. Жесткая система классификаторов, унифицированных форм технических документов, правил структурной организации массивов проектной информации в составе современных проектных репозиториях САПР не позволяют в полной мере использовать накопленные знания в процессе информационной поддержки.

АС относятся к классу систем, которые интенсивно используют программное обеспечение. Автоматизация разработки программных систем предполагает использование различных шаблонов проектирования и фреймворков. Соответствующими артефактами проектирования в этом случае являются не только текстовые документы, но и исходные тексты программ и различные проектные диаграммы, разрабатываемые с использованием слабоформализованных нотаций (например, UML).

Отсутствие в современных электронных архивах проектных организаций методов и средств выполнения контекстно-ориентированных запросов к слабоструктурированным гетерогенным информационным ресурсам, которые являются артефактами проектных процедур создания АС, не позволяет на начальных этапах проектирования эффективно использовать накопленный опыт формирования проектных решений с целью сокращения времени проектирования АС, что является **актуальной научно-технической проблемой**.

Решение данной проблемы может основываться на применении дополнительных знаний о предметной области проектной организации, которые способствуют повышению качества информационной поддержки процесса проектирования. Благодаря усилиям консорциума W3C разработаны и утверждены ряд стандартов в области Semantic Web, которые позволяют разрабатывать системы, основанные на знаниях, с использованием единого подхода к представлению, обмену и обработке информации не только на синтаксическом, но и на семантическом уровнях. К таким стандартам можно отнести расширяемый

язык разметки XML, XMI – стандарт OMG для обмена метаданными с помощью языка XML, язык описания информационных ресурсов RDF, язык описания онтологий OWL и язык запросов к онтологическим хранилищам SPARQL.

Существующие семантические технологии ориентированы на формирование информационной среды, которая способна быть посредником между динамично изменяющейся внешней средой проектной организации и многочисленными гетерогенными источниками проектных данных. Такой подход к организации информационного обеспечения САПР позволяет повысить качество информационной поддержки процесса проектирования АС посредством включения в жизненный цикл проектируемых АС специализированных знаний предметной области и обеспечить возможность накопления индивидуального опыта специалистов в процессе выполнения проектных процедур. Значительный вклад в разработку методов представления предметных знаний на основе онтологии внесли такие исследователи, как Гаврилова Т.А., Загорулько Ю.А., Соловьев В.Д., Хорошевский В.Ф., Gruber T., Ushold M. В работах исследователей Норенкова И.П., Малюх В.Н., Голенкова В.В., Смирнова С.В., Соснина П.И., Боргеста Н.М. подчеркивается актуальность применения онтологического анализа в процедурах проектирования сложных технических систем.

Очевидно, что проектировщику АС в своей деятельности приходится сталкиваться с задачами анализа не только структурированной информации в фактографических базах данных, но и со слабоструктурированной и неструктурированной проектной информацией. Содержимое документальных баз данных извлекается из технических документов, аннотаций программных модулей, всевозможных моделей и диаграмм, построенных с использованием различных нотаций (например, нотаций IDEF1X и UML). Для разработки единого подхода для интеллектуального анализа слабоструктурированных гетерогенных информационных ресурсов проектной организации требуется синтез методов, моделей и алгоритмов онтологического анализа в условиях неполной информации и неопределенности.

Принципиальная неполнота проектной информации, рассматриваемая в работах Батыршина И.З., Берштейна Л.С., Борисова А.Н., накладывает ограничения на логико-лингвистические модели интеллектуального анализа содержимого проектных репозиторий автоматизированного проектирования. Совместное использование научного направления «мягкие вычисления (Soft Computing)», включающего в себя теорию нечетких множеств и генетические алгоритмы, с подходом представления экспертных знаний на основе дескриптивных логик (Description Logic) позволяет решать задачи информационной поддержки начальных стадий процесса проектирования сложных АС. Предметом данного исследования является именно этот класс задач.

В диссертации обобщены результаты теоретических и прикладных исследований в области моделирования процессов взаимодействия проектировщика АС с архивом технических документов на семантическом уровне.

Актуальность диссертационной работы обусловлена определенной выше

проблемой и постоянно увеличивающимся количеством проектов, предполагающих интенсивное взаимодействие проектных групп и, следовательно, формирование единого информационного пространства проектной организации.

Цели и задачи диссертационной работы.

Целью диссертационной работы является сокращение сроков выполнения начальных этапов проектирования АС за счет повышения точности и полноты выполнения профессиональных проектных запросов к электронным архивам проектных организаций на основе разработанных теоретических положений для реализации онтологического подхода к интеллектуальному анализу слабоструктурированных информационных ресурсов.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи исследования:

1. Анализ современных подходов к реализации информационного обеспечения САПР АС на синтаксическом и семантическом уровне обработки информации.
2. Разработка теоретических основ нечетких онтологических систем информационной поддержки проектировщика АС.
3. Разработка методов и средств концептуального индексирования слабоструктурированных информационных ресурсов проектных репозиториев САПР.
4. Исследование и развитие комплекса моделей интеллектуального информационного взаимодействия субъекта проектирования с интеллектуальным проектным репозиторием.
5. Разработка онтологических программных средств информационной поддержки проектирования АС как интеллектуальной компоненты САПР АС.

Научная новизна.

В результате выполнения диссертационной работы были разработаны теоретические, методологические и практические основы онтологического подхода к анализу технической документации в проектировании АС, а именно:

1. Разработан онтологический подход, модели, методы и средства которого представляю собой теоретическую основу для анализа слабоструктурированных ресурсов проектной организации на начальных этапах проектирования сложных АС, нацеленных на сокращение времени проектных процедур и отличающийся от известных использованием нечетких логических формализмов при формировании контекстно-ориентированных профессиональных запросов к архивам технических документов.
2. Предложена интегрированная модель системы онтологий интеллектуального проектного репозитория для решения задачи информационной поддержки автоматизированного проектирования, отличающаяся новой структурой и позволяющая выполнять информационное взаимодействие с проектными репозиториями на семантическом уровне.
3. Разработан метод концептуального индексирования слабоструктурированных информационных ресурсов электронных архивов проектной организации, отличающийся единым подходом к интеллектуальному анализу

проектной информации на основе описания предметной области в виде онтологии.

4. На основе введенного понятия концептуального индекса разработаны новые методы интеллектуального анализа текстовых документов при автоматизированном проектировании, позволяющие формировать навигационную структуру документов проектного репозитория в контексте жизненного цикла проектирования АС.
5. Разработан новый метод содержательной интерпретации кластеров технических документов и технических временных рядов на основе лингвистических шкал и приближенных множеств Павлака, позволяющий реализовывать объяснительную компоненту интеллектуальной САПР на основе онтологии предметной области.
6. Разработаны и обоснованы нечеткая модель и методика оценки качества онтологии на основе свойств нечетких соответствий, позволяющие выполнять оперативный контроль процесса автоматизированного формирования онтологии.
7. Разработаны методологические основы построения интеллектуальных онтологических систем информационной поддержки процесса проектирования АС, основанные на интеграции нечетко-логического, графо-аналитического и вероятностного подходов к анализу слабоструктурированной информации с целью интенсификации процессов интеллектуализации проектных репозиториях.

Практическая значимость и результаты внедрения.

Разработана архитектура интеллектуального проектного репозитория. Разработан предметно-ориентированный редактор онтологий информационной поддержки процесса проектирования АС. Разработан комплекс программ, составляющий интеллектуальный проектный репозиторий и реализующий информационную поддержку проектировщика, который позволяет выполнять контекстно-ориентированные проектные запросы к электронным архивам технических документов и осуществлять структуризацию документов в соответствии с жизненным циклом проектируемых АС.

Результаты работы используются в ФНПЦ АО «НПО «Марс» (г. Ульяновск). Данное исследование было поддержано грантами РФФИ № 10-07-00064 в 2010, 2011 и в 2012 годах, РФФИ № 16-47-730742 и 16-47-732033 в 2016 и 2017 годах, а также выполнялось согласно тематическим планам научных исследований Федерального агентства по образованию в 2009-2010 годах. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе кафедры «Информационные системы» при подготовке студентов направлений «Программная инженерия» и «Прикладная экономика». Под руководством автора защищены 2 кандидатские диссертации по тематике исследования.

Методы исследования.

При выполнении работы использованы основные положения и методы системного анализа, онтологического анализа, теории графов, искусственного интеллекта, теории нечетких множеств, приближенных множеств Павлака и дескриптивных логик.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработан подход к онтологическому анализу слабоструктурированных информационных ресурсов в проектных репозиториях, основанный на введенном понятии концептуального индекса проектного репозитория САПР. Данный подход позволяет выполнять анализ технических документов и проектных диаграмм на семантическом уровне, с учетом жизненного цикла проектируемых АС.
2. Свойство неполноты информационных ресурсов электронных архивов проектной организации является принципиальным и может быть формализовано в онтологии с использованием нечетко-логического подхода к представлению знаний предметной области.
3. Предлагается метод концептуального индексирования текстовых технических документов и проектных диаграмм, учитывающий особенности реализации проектной деятельности в виде применяемых стандартов и терминологических словарей и позволяющий выполнять контекстно-ориентированные профессиональные запросы к электронному архиву проектной организации.
4. Разработан метод нечетко-лингвистической интерпретации кластеров технических документов электронного архива, позволяющий формировать содержательную оценку навигационной структуры архива на базе системы понятий онтологии предметной области.
5. Разработан метод онтологической интерпретации технических временных рядов показателей проектируемых АС, позволяющий определять и интерпретировать фрагменты ряда в терминах предметной области объекта автоматизации.
6. Разработан способ доопределения понятийного аппарата онтологии предметной области системой терминов в виде концептуальной сети из внешних профессиональных структурированных wiki-ресурсов, нацеленный на сокращение трудоемкости построения онтологий проектных организаций за счет частичной автоматизации процесса формирования онтологических компонентов.
7. Разработана архитектура интеллектуального проектного репозитория, отличающаяся интеллектуальной компонентой, представление знаний в которой базируется на разработанной системе моделей онтологии информационной поддержки автоматизированного проектирования. Данное решение позволяет повысить точность и полноту проектных информационных запросов к электронному архиву и сократить время выполнения начальных этапов проектирования АС.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается проведением вычислительных экспериментов, непротиворечивыми математическими моделями, результатами практического использования предложенных в диссертации методов и алгоритмов, подтвержденных актами об их применении.

Основные научные положения диссертации докладывались, обсуждались и получили одобрение на Всероссийской молодежно-практической конференции «Информационные и кибернетические системы управления и их элементы» (Уфа, 1997 г.); Научной сессии МИФИ-2001 (Москва, 2001 г.); Международном научно-практическом семинаре «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2001 г.); Российской конференции с международным участием AIS'08 «Интеллектуальные системы» (Москва, 2008 г.); 11-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием «КИИ-2008» (Дубна, 2008 г.); Всероссийской научной конференции «Нечеткие системы и мягкие вычисления (НСМВ-2008)» (Ульяновск, 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Москва, 2009 г.); Международной конференции «Интеллектуальные системы (AIS'09)» (Геленджик, 2009 г.); Всероссийской конференции «Проведение научных исследований в области хранения, передачи и защиты информации» (Ульяновск, 2009 г.); 12-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием «КИИ-2010» (Тверь, 2010 г.); 6-й Международной научно-технической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2011 г.); 1-м Международном симпозиуме «Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: теория и практика» (Калининград, 2012 г.); 13-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием «КИИ-2012» (Белгород, 2012 г.); 3-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2013)» (Минск, 2013 г.); 7-й Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2013 г.); 4-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2014)» (Минск, 2014 г.); 4-й Всероссийской научно-практической конференции «Нечеткие системы и мягкие вычисления» (Санкт-Петербург, 2014 г.); 2-м Международном симпозиуме «Гибридные и синергетические системы: теория и практика (ГИСИС'2014)» (Светлогорск, 2014 г.); 14-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием «КИИ-2014» (Казань, 2014 г.); 5-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015)» (Минск, 2015 г.); 8-й Международной научно-практической конференции «Интегрированные моде-

ли и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2015 г.); 6-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS- 2016)» (Минск, 2016 г.); 15-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием «КИИ-2016» (Смоленск, 2016 г.); 7-й Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2017)» (Минск, 2017 г.).

Публикации.

Материалы диссертации опубликованы в 86 печатных работах, из них 2 монографии, 22 статьи в журналах из перечня ВАК, 35 статей в сборниках трудов конференций, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад автора.

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в опубликованные работы. Подготовка к публикации полученных результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором в течение 1997–2017 годов на кафедре «Информационные системы» Ульяновского государственного технического университета.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации – 304 страницы, из них 257 страниц текста, включая 78 рисунков. Библиография включает 202 наименования на 25 страницах.

Основное содержание работы

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе проведен анализ подходов, методов и средств формирования информационного обеспечения САПР АС.

Проведен анализ структуры информационного обеспечения современных АС. Выявлены основные проблемы интеграции инженерных данных в рамках жизненного цикла сложных изделий. Приводится обоснование применения семантического подхода к анализу информационных ресурсов проектной организации.

Рассмотрены основные принципы организации проектных репозиториев в контексте использования моделей представления слабоструктурированных ресурсов: булева модель, расширенная булева модель, векторная модель, мат-

ричная модель, модели, использующие синтаксический анализ. Представлены наиболее распространенные методы индексирования текстовых документов.

Определены роль и место онтологии в информационном обеспечении САПР АС. Рассмотрены известные онтологические модели интеллектуального анализа документальных баз данных: модели, ориентированные на онтологию, модели поиска документов в условиях неполноты (модель Хорнга (Hornng) и модель, предложенная исследователем Ogawa).

Исследование формализации неполноты проектной информации выполнено с позиций современного подхода Л.Заде (L. Zadeh) и теории приближенных множеств Павлака (Pawlak's rough sets).

Сформулированы основные направления исследования:

1. Разработка формальных моделей прикладных онтологий для решения задач информационной поддержки процесса проектирования сложных АС. Структурно-аналитическое представление прикладных онтологий должно быть нацелено на решение задач структурирования, агрегации, содержательной интерпретации и формирование поисковых запросов к слабоструктурированным информационным ресурсам электронных архивов крупных проектных организаций.
2. Составление методики формирования прикладных онтологий информационной поддержки проектирования АС, включающей в себя набор процедур лексического описания понятий онтологии и способ оценивания качества онтологии на основе анализа ее фрагментов.
3. Формальное представление процедуры концептуального индексирования документальных информационных ресурсов и аналитическое описание концептуального индекса электронного архива проектной организации как отображения системы онтологий интеллектуального проектного репозитория (ИПР) АС на информационную базу САПР.
4. Разработка формальных процедур концептуальной структуризации электронных архивов и алгоритма содержательной интерпретации кластеров электронных архивов.
5. Разработка способа содержательной интерпретации тенденций технических временных рядов, позволяющего в терминах предметной области формировать заключения о динамике технических показателей на различных промежутках времени.
6. Формализация информационной потребности проектировщика на концептуальном уровне, учитывающей отличия решаемых проектировщиком задач на различных стадиях жизненного цикла разрабатываемой АС.

Во второй главе разработана структурно-логическая модель ИПР, обеспечивающая взаимодействие проектировщика с электронным архивом на семантическом уровне.

Использование системы знаний в проектных процедурах САПР АС нацелено на решение таких задач, эффективное решение которых требует семантической обработки гетерогенных информационных ресурсов и учета принципов

альной неполноты информации, связанной с применением естественного языка (текстовые ресурсы и полуформальные графические нотации, применяемые в проектной деятельности (например, UML, IDEF0, IDEF3, DFD и IDEF1X)). Среди них в диссертационной работе выделяются следующие:

- интегрирование информационных ресурсов проектной организации;
- семантическая структуризация информационных ресурсов;
- уточнение проектных запросов пользователей (субъектов проектирования);
- содержательная интерпретация изменений показателей технических временных рядов (ВР).

В данном исследовании предлагается использовать для реализации базы знаний ИПР не одну онтологию, а интегрированную систему онтологий, компонентами которой являются: онтология предметной области, концептуальные сети проектов, онтология проектных диаграмм, онтология жизненного цикла, тезаурус проектной организации и онтология анализа технических временных рядов.

Каждая отдельно взятая онтология является средством отображения множества артефактов объекта проектирования (технические документы, модели, диаграммы) на концептуальную плоскость, формируя *концептуальный индекс* электронного архива проектной организации (рисунок 1).

Формально набор компонентов онтологии предметной области определен как кортеж вида:

$$O^{dom} = \langle PL, DL, CL, R^{dom}, F^{dom} \rangle,$$

где PL – метауровень проектов, содержащий информацию о реализуемых проектах: таксономия классов проектов и экземпляры проектов, содержащих технические документы; DL – метауровень документов, включающий таксономию классов документов и экземпляры документов; CL – метауровень понятий, основу которого составляет таксономия понятий (предметной области проектной организации и реализуемых проектов), дополнительно используются такие отношения, как «имеет часть», «связан с» и другие; R^{dom} – множество отношений между концептами и/или экземплярами, относящимися к различным метауровням онтологии; F^{dom} – множество функций интерпретации на уровне описания предметной области проектной организации.

Основой лингвистической компоненты онтологии ИПР является *тезаурус проектной организации*, структура которого записывается как кортеж вида:

$$O^{tz} = \langle CT, T, R^{tz}, F^{tz} \rangle.$$

Каждое понятие из множества CT фактически представляет собой одноэлементное множество $\{ct_j\}$ (или *номинал* в терминах дескриптивных логик). Индекс j указывает на порядковый номер номинала. Множество T состоит из термов $t_i, i = \overline{1, s}$ – терминов, извлеченных из документальных информационных баз проектной организации и прошедших процедуру стемминга. Множество $T = T^{St} \cup T^P$ есть множество термов предметной области (T^{St} – множество

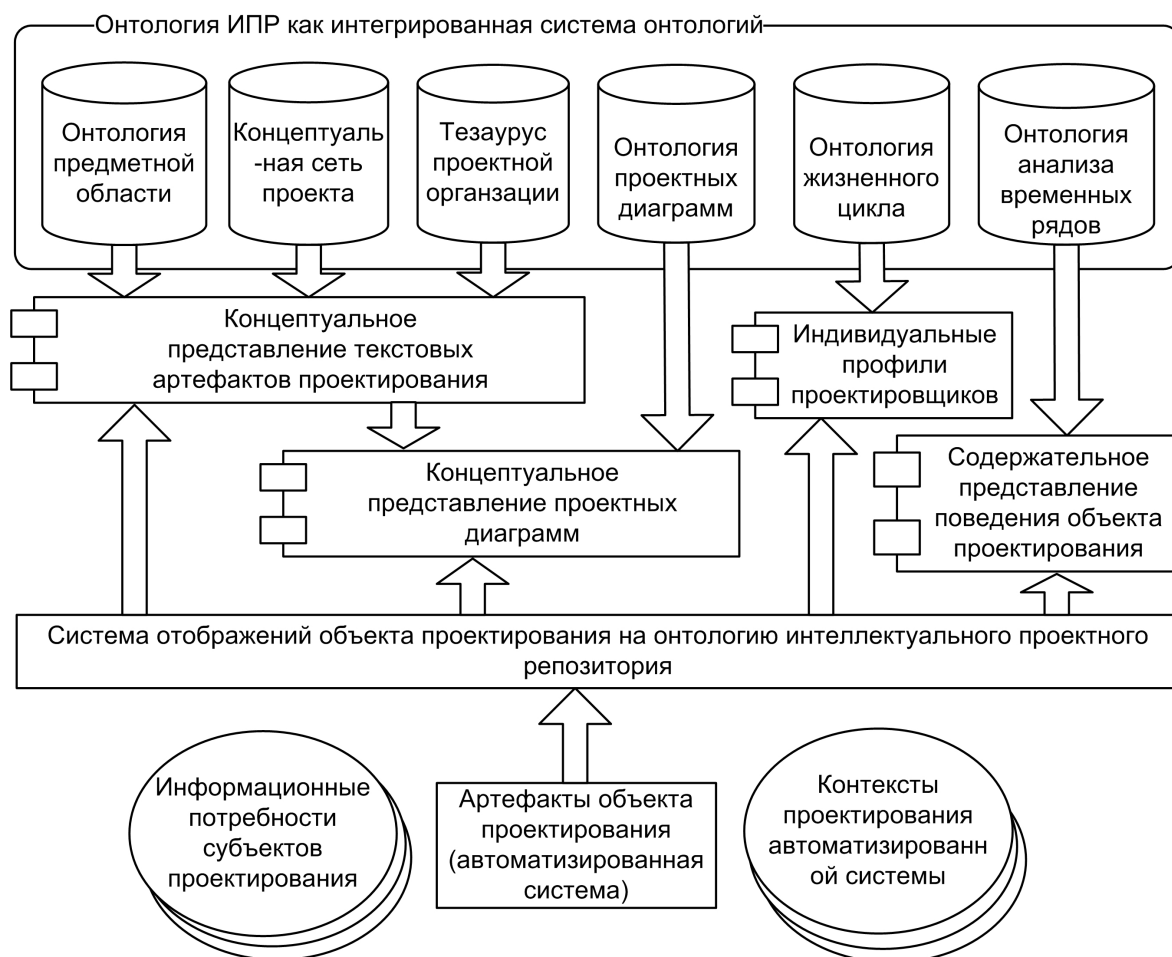


Рис. 1. Отображение объекта проектирования на онтологию ИПР

термов на уровне стандартов, T^P – множество термов на уровне проектов). Отношение R^{tz} есть отношение вида «nearBy» между термом t_k и номиналом $\{ct_j\}$. Функция интерпретации $F^{tz} : T \times CT \rightarrow [0, 1]$ – функция, сопоставляющая паре $\{t_i, \{ct_j\}\}$ вещественное число из диапазона $[0, 1]$, которое определяет степень семантической близости термина t_i и понятия ct_j .

Онтология жизненного цикла проектирования АС O^{lc} записывается в виде кортежа:

$$O^{lc} = \langle St, R^{lc}, F^{lc} \rangle,$$

где St – множество стадий (этапов) проектирования, соответствующее используемой методологии проектирования АС (например, RUP); R^{lc} – множество семантических отношений онтологии O^{lc} ; F^{lc} – множество функций интерпретации в O^{lc} .

На начальных этапах проектирования нового изделия формируется концептуальная сеть проекта:

$$O^{cn} = \langle CS, R^{cn}, F_{in}^{cn}, F_{out}^{cn} \rangle,$$

где $CS = \{cs_1, \dots, cs_m\}$ – множество понятий, имеющих отношение к проекту и извлекаемые из wiki-ресурсов; R^{cn} – направленное бинарное отношение

«associatedWith», связывающее два понятия; $F_{in(out)}^{cn} : CS \rightarrow n$ – функция интерпретации, ставящее в соответствие понятию $cs_i \in CS$ натуральное число n , определяющее входящих (соответственно, исходящих) дуг-отношений для данного понятия.

Формально онтология анализа технических временных рядов имеет следующий вид:

$$O^{ts} = \langle V, TS, FT, TRG, R^{ts}, F^{ts} \rangle,$$

где $V = \{v_1, \dots, v_m\}$ – множество понятий, определяющих анализируемые показатели АС; TS – понятие, определяющее множество временных рядов; FT – понятие, определяющее множество фрагментов временных рядов; TRG – понятие, определяющее множество шаблонов вида прямоугольного треугольника, которые сопоставляются с представлениями фрагментов временных рядов.

Онтология проектных диаграмм представляется как множество:

$$O^{prj} = \{O_{dc}^{prj}, O_{tmp_1}^{prj}, O_{tmp_2}^{prj}, \dots, R^{prj}, F^{prj}\},$$

где O_{dc}^{prj} – онтология диаграммы UML (в работе применяется диаграмма классов), $O_{tmp_i}^{prj}$ – онтологическое представление i -го шаблона проектирования программных систем; R^{prj} – отношение, связывающее концепт из O_{dc}^{prj} и экземпляр, принадлежащий $O_{tmp_i}^{prj}$; F^{prj} – функция интерпретации, устанавливающая соответствия экземпляров из $O_{tmp_i}^{prj}$ и классов O_{dc}^{prj} .

Для внесения в метрику семантического расстояния специфики проектной деятельности сформирован набор словарей $L_p = \{L_{p_1}, L_{p_2}, \dots, L_{p_n}\}$, где каждый из L_{p_i} представляет собой словарь терминов, извлекаемых из документов проекта p_i . Кроме того, используются словари, сформированные из применяемых в организации стандартов: $L_{st} = \{L_{st_1}, L_{st_2}, \dots, L_{st_k}\}$, где L_{st_i} – словарь, построенный на основе i -й серии стандарта.

Семантический коэффициент отношения между номиналом понятия и термином определяется следующим образом:

$$S(\{ct_j^i\}, t_k) = \frac{\sum_{occur(\{ct_j^i\}, t_k)} \frac{1}{\exp(sentence \cdot (paragraph+1))}}{num(occur(\{ct_j^i\}, t_k))} \times \max \left(\frac{num(prj - cooccur(\{ct_j^i\}, t_k))}{num(totalprj)}, \frac{num(stnd - cooccur(\{ct_j^i\}, t_k))}{num(totalstnd)} \right),$$

где $\{ct_j^i\}, t_k$ – j -й номинал i -го понятия онтологии и k -й термин соответственно; $sentence$ – расстояние, выраженное в количестве предложений между номиналом и термином; $paragraph$ – расстояние, выраженное в количестве абзацев между номиналом и термином; $num(occur(\{ct_j^i\}, t_k))$ – количество совпадений $\{ct_j^i\}$ и t_k ; $num(prj - cooccur(\{ct_j^i\}, t_k))$ – количество словарей проектов, где существует совместная встречаемость $\{ct_j^i\}$ и t_k ; $num(totalprj)$ – число словарей

проектов; $num(stnd - cooccur(\{ct_j^i\}, t_k))$ – количество словарей стандартов, где существует совместная встречаемость $\{ct_j^i\}$ и t_k ; $num(totalstnd)$ – число словарей стандартов.

В основу формального критерия качества онтологии были положены свойства нечетких соответствий: нечеткая функциональность, нечеткая инъективность и нечеткая всюду определенность.

Степень нечеткой функциональности фрагмента онтологии определяется по формуле:

$$\beta(\tilde{\Gamma}_{TC})_{fon} = 1 - \alpha(\tilde{\Gamma}_{TC})_{fon},$$

$$\text{где } \alpha(\tilde{\Gamma}_{TC})_{fon} = \frac{1}{C_{|C|}^2} \sum_{c_i, c_j \in C} \left(\frac{1}{|T|} \sum_{t \in T} (\mu_{\tilde{\Gamma}^{-1}(c_i)}(t) \& \mu_{\tilde{\Gamma}^{-1}(c_j)}(t)) \right).$$

Степень неинъективности фрагмента онтологии формально представляется в следующем виде:

$$\alpha(\tilde{\Gamma}_{TC})_{inj} = \frac{1}{C_{|T|}^2} \sum_{t_i, t_j \in T} \left(\frac{1}{|C|} \sum_{c \in C} (\mu_{\tilde{\Gamma}(t_i)}(c) \& \mu_{\tilde{\Gamma}(t_j)}(c)) \right).$$

Соответствующая ей степень инъективности: $\beta(\tilde{\Gamma}_{TC})_{inj} = 1 - \alpha(\tilde{\Gamma}_{TC})_{inj}$.

Степень всюду определенности фрагмента онтологии будем вычислять по следующей формуле:

$$\beta(\tilde{\Gamma}_{TC})_{def} = \frac{1}{|T|} \sum_{t \in T} \left(\frac{1}{|C|} \sum_{c \in \Gamma(t)} \mu_{\tilde{\Gamma}(t)}(c) \right).$$

Интегральным критерием качества фрагмента онтологии будем считать следующий показатель:

$$\tilde{\delta}_{TC} = 0.3 \cdot \beta(\tilde{\Gamma}_{TC})_{fon} + 0.2 \cdot \beta(\tilde{\Gamma}_{TC})_{inj} + 0.5 \cdot \alpha(\tilde{\Gamma}_{TC})_{def} \rightarrow \max, \tilde{\delta}_{TC} \in [0, 1].$$

В контексте дескриптивной логики $SHOIN(\mathcal{D})$ онтология представляет собой базу знаний следующего вида:

$$KB = \{TBox, ABox\},$$

где $TBox$ – набор терминологических аксиом, представляющие общие знания о понятиях электронного архива проектной организации и их взаимосвязях; $ABox$ – набор утверждений (фактов) об индивидах.

Принимая во внимание структуру онтологии предметной области, тезауруса проектной организации и онтологию проектных диаграмм будем различать $TBox^{arch}$ – терминологию проектного архива, $TBox^{dom}$ – терминологию предметной области проектной организации, $TBox^{prj}$ – терминологию шаблонов проектирования и $ABox^{arch}$, $ABox^{dom}$, $ABox^{prj}$ – соответствующие множества фактов:

$$TBox = TBox^{arch} \cup TBox^{dom} \cup TBox^{prj},$$

$$ABox = ABox^{arch} \cup ABox^{dom} \cup ABox^{prj}.$$

В работе предлагается использовать нечеткое расширение формализма дескриптивной логики $SHOIN(\mathcal{D})$, позволяющее представить расплывчатые характеристики информационных объектов, которые не могут быть выражены с использованием четких предикатов, определенных на конкретных доменах. Указанные характеристики являются неотъемлемой чертой информационных объектов электронных архивов проектной организации и следствием неформализованности естественного языка.

В третьей главе разрабатываются методы и средства построения концептуального индекса интеллектуального проектного репозитория САПР. Концептуальное индексирование позволяет получить сжатое (компактное) представление различных по своей структуре и содержанию информационных ресурсов электронного архива проектной организации на семантическом уровне. Структурная схема процесса формирования концептуального индекса проектной организации представлена на рисунке 2.

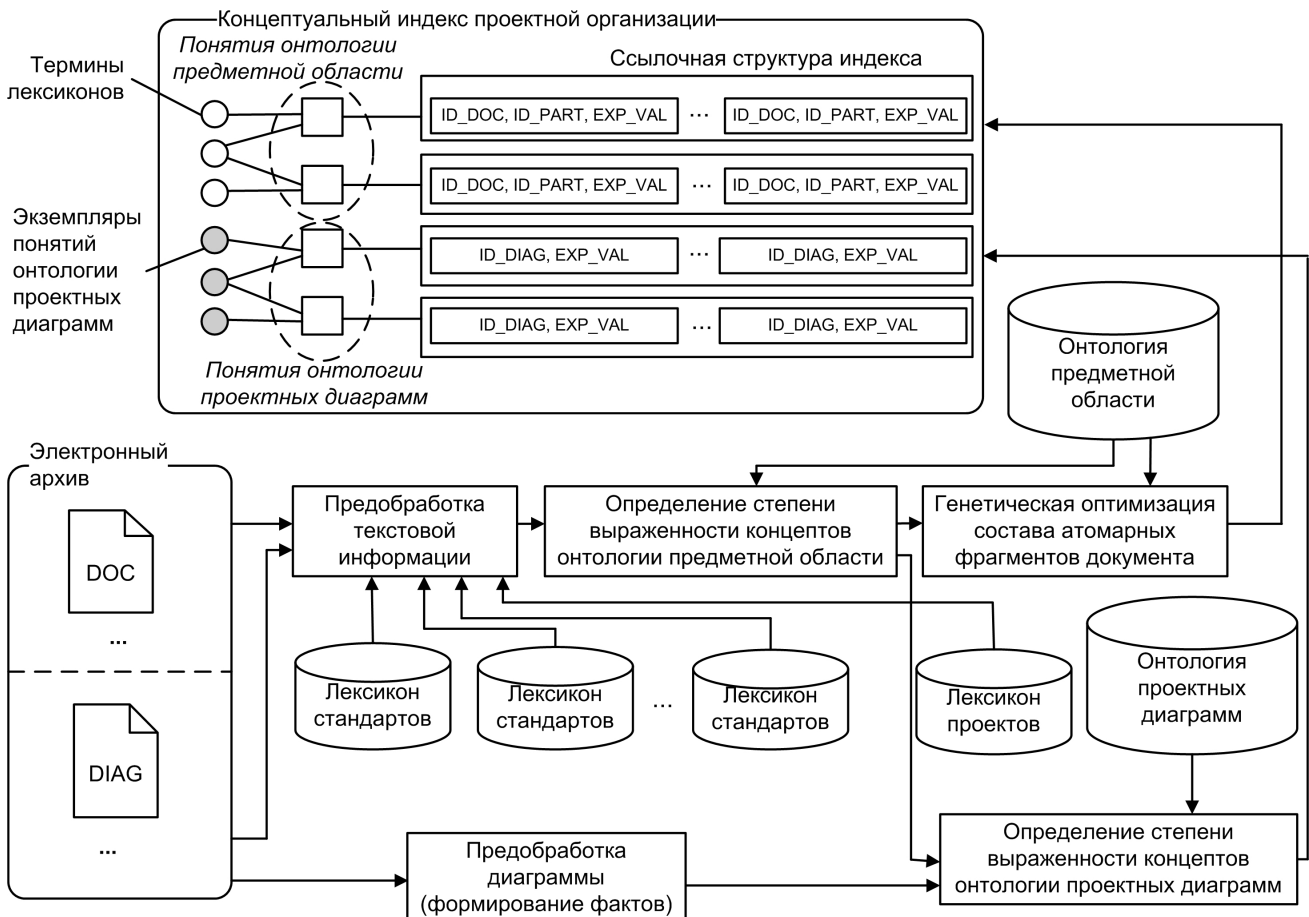


Рис. 2. Формирование концептуального индекса проектной организации

Реализация функции индексирования предполагает вычисление степеней выраженности понятий онтологии в каждом из разделов документа.

Определение: Под степенью выраженности понятия онтологии

интеллектуального проектного репозитория будем понимать степень совпадения текстового входа понятия с набором терминов некоторого фрагмента технического документа (ТД).

Вычисление степеней выраженности понятий онтологии для каждого раздела ТД предлагается производить с применением аппарата нечетких соответствий. *Нечетким соответствием* между множествами T (множество терминов в онтологии, которые образуют текстовые входы понятий) и C (множество понятий прикладной онтологии) будем называть и через $\tilde{\Gamma} = (T, C, \tilde{O})$ обозначать тройку множеств, в которой T и C – четкие множества, а \tilde{O} – нечеткое множество в $T \times C$. Множество T есть область отправления, множество C – область прибытия, а \tilde{O} – нечеткий график нечеткого соответствия.

Назовем носителем нечеткого соответствия $\tilde{\Gamma} = (T, C, \tilde{O})$ четкое соответствие $\Gamma = (T, C, O)$, у которого график O является носителем нечеткого графика \tilde{O} .

Образом множества \tilde{T}^d (нечеткое множество терминов ТД d) при соответствии $\tilde{\Gamma}$ будем называть нечеткое множество $\tilde{\Gamma}(\tilde{T}^d)$ в C , определяемое выражением:

$$\tilde{\Gamma}(\tilde{T}^d) = \{\langle \mu_{\Gamma(T^d)}(c), c \rangle \mid c \in C\},$$

где $\mu_{\Gamma(T^d)}(c) = \bigvee_{t^d \in \tilde{T}^d} (\mu_{\Gamma(T^d)}(t^d) \wedge \mu_O\langle t, c \rangle)$.

Производя анализ содержимого любого ТД, можно сделать вывод о том, что в различных его частях (фрагментах) составитель такого документа делает акцент на разных понятиях предметной области. В этой связи возникает задача учета данного факта в процессе концептуального индексирования ТД, опираясь при этом на описание предметной области в виде онтологии.

В процессе концептуального индексирования электронного архива необходимо определить набор понятий предметной области, который содержится в тексте анализируемых документов. Будем принимать во внимание следующую гипотезу.

Гипотеза: *Любой текстовый документ можно разделить на множество непересекающихся фрагментов, в каждом из которых будет доминировать тот или иной концепт (понятие) предметной области.*

Для нахождения численных значений степеней доминирования понятий будем применять метод сравнения текстового входа каждого понятия в онтологии предметной области с анализируемым фрагментом текстового документа. Степень выраженности $\mu_{S_p^d}(c)$ понятий $c \in C$ в p -м фрагменте ТД d будем вычислять как образ множества терминов.

Алгоритм вычисления степени доминирования понятия в текстовом фрагменте состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Определение максимальной степени выраженности концептов в текстовом фрагменте (рисунок 3):

$$\hat{\mu}_{S_p^d}(c) = \max_c (\mu_{S_p^d}(c)).$$

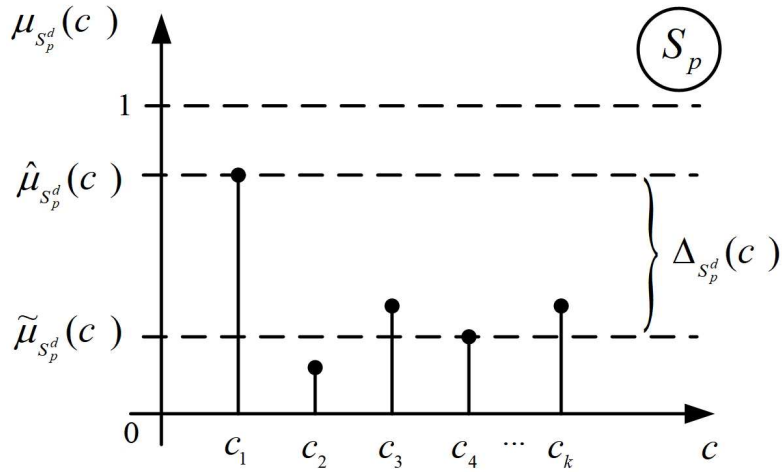


Рис. 3. Определение степени доминирования понятия в текстовом фрагменте

Шаг 2. Определение среднего значения степени выраженности концептов онтологии, исключая концепт с максимальной степенью выраженности (определенный на предыдущем шаге):

$$\tilde{\mu}_{S_p^d}(c) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \mu_{S_p^d}(c_i),$$

где $c_i \in c - c_k$; $c_k = \arg \max_c (\mu_{S_p^d}(c))$; n – количество концептов с ненулевой степенью выраженности для текстового фрагмента S_p^d .

Шаг 3. Определение степени доминирования понятия в текстовом фрагменте S_p^d :

$$\Delta_{S_p^d}(c) = \hat{\mu}_{S_p^d}(c) - \tilde{\mu}_{S_p^d}(c).$$

Разработан алгоритм генетической оптимизации в процессе концептуального индексирования документальной базы, целью которого является нахождение такой последовательности текстовых фрагментов ТД, которая соответствует минимальному значению целевой функции:

$$F(S^d) = \frac{1}{s} \sum_p (1 - \Delta_{S_p^d}(c)) \rightarrow \min,$$

где $p = \overline{1, s}$, где s – количество текстовых фрагментов; $s = \overline{1, m}$, где m – количество предложений в индексированном документе.

Исходными данными для концептуального индексирования проектных диаграмм являются:

- $\{\langle cs_1, dc_1 \rangle, \langle cs_2, dc_2 \rangle, \dots, \langle cs_n, dc_n \rangle\}$ – множество анализируемых проектов электронного архива, которые включают исходный код cs_i и диаграмму классов dc_i ;
- онтология $O^{prj} = \{\langle C^{prj}, R^{prj} \rangle, \{tmp_1, tmp_2, \dots, tmp_m\}\}$, включающую концепты C^{prj} (диаграмма классов языка UML), множество отношений R^{prj} и множество шаблонов проектирования $\{tmp_1, tmp_2, \dots, tmp_m\}$;

- O^{dom} – онтология предметной области ИПР;
- O^{tz} – тезаурус проектной организации.

На первом шаге происходит извлечение текста комментария и его последующее индексирование:

$$\forall i : tc_i = F_{extcomm}(sc_i),$$

где tc_i – текстовое представление комментария программного модуля sc_i .

В результате получаем онтологическое представление комментариев исходного кода для каждого программного модуля:

$$oV_{sc_i} = F_{oV}(tc_i, O^{dom}, O^{tz}),$$

$$oV_{sc_i} = \{\mu(c_1^{sc_i})/c_1^{sc_i}, \mu(c_2^{sc_i})/c_2^{sc_i}, \dots, \mu(c_l^{sc_i})/c_l^{sc_i}\} = \mu_{oV}(c^{sc_i}).$$

Рассмотрим процесс определения степени выраженности шаблонов онтологии проектных диаграмм, позволяющий сформировать концептуальный индекс проектной организации по представленным в электронном архиве проектными диаграммам (на языке UML). В основе концептуального индекса проектных диаграмм лежит понятие нечеткой меры степени соответствия элементов проектной диаграммы шаблону онтологии.

Аналитически степень соответствия проектной диаграммы шаблону онтологии вычисляется по следующей формуле:

$$\mu_{tmp_j}(dc_i) = \frac{N(ABox_{dc_i}^{prj})}{N(ABox_{tmp_j}^{prj})},$$

где $N(ABox_{dc_i}^{prj})$ – количество фактов, которые являются истинными при условии истинности терминологии $TBox^{prj}$ и соответствуют базе фактов $ABox_{tmp_j}^{prj}$; $N(ABox_{tmp_j}^{prj})$ – количество фактов шаблона tmp_j .

Для вычисления $N(ABox_{dc_i}^{prj})$ разработан следующий алгоритм:

Шаг 1. Преобразование проектной диаграммы dc_i электронного архива в набор фактов $ABox_{dc_i}^{prj}$ вида:

$$\begin{aligned} elem_k^{dc_i} &: Concept \\ \langle elem_k^{dc_i}, elem_s^{dc_i} \rangle &: Role, \end{aligned}$$

где $Concept$ – понятие, определенное в $TBox^{prj}$ и $Role$ – роль, определенная в $TBox^{prj}$; $elem_k^{dc_i}, elem_s^{dc_i}$ – экземпляры понятий, извлеченные из проектной диаграммы dc_i .

Шаг 2. Определение набора базовых классов из $ABox_{dc_i}^{prj}$ относительно шаблона tmp_j .

Базовым классом будем называть такой экземпляр $elem_k^{dc_i}$ понятия «Class» (или его дочернего понятия «Subclass») из $ABox_{dc_i}^{prj}$, который соответствует некоторому экземпляру $cls_l^{tmp_j} \in Class$ из $ABox_{tmp_j}^{prj}$ и для которого в шаблоне tmp_j имеет место максимальное количество фактов вида:

$$\begin{aligned} elem_k^{dc_i} &: Concept \\ \langle elem_k^{dc_i}, * \rangle &: Role, & \langle *, elem_k^{dc_i} \rangle &: Role. \end{aligned}$$

Определенный набор базовых классов проектной диаграммы dc_i относительно шаблона tmp_j запишем в виде множества:

$$\{ \langle elem_1^{dc_i}, cls_1^{tmp_j} \rangle, \langle elem_2^{dc_i}, cls_2^{tmp_j} \rangle, \dots \},$$

где кортеж $\langle elem_k^{dc_i}, cls_k^{tmp_j} \rangle$ означает, что экземпляр понятия проектной диаграммы $elem_k^{dc_i}$ эквивалентен экземпляру класса проектного шаблона $cls_k^{tmp_j}$.

Шаг 3. Вычисление количества истинных фактов, выполняя попарную замену экземпляров классов j -го шаблона tmp_j и i -й проектной диаграммы dc_i :

$$\forall k : cls_k^{tmp_j} \leftrightarrow elem_k^{dc_i}.$$

Факт шаблона проектирования является истинным относительно проектной диаграммы, если удастся найти ему соответствие в наборе фактов проектной диаграммы с учетом того, что различные имена экземпляров понятий обозначают различные индивиды.

Принимая во внимание, что ТД имеет онтологическое представление как результат концептуального индексирования, множество $D = \{\tilde{d}_j\}$ будем понимать как множество ТД в концептуальном индексе, а \tilde{d}_j – отдельно взятое онтологическое представление j -го ТД. Получаем, что нечеткий неориентированный гиперграф $\widetilde{CI}_{doc} = (C, D)$ формально определяет концептуальный индекс документальной базы.

Два документа \tilde{d}_γ и \tilde{d}_δ называются нечетко смежными, если $\tilde{d}_\gamma \cap \tilde{d}_\delta \neq \emptyset$, причем величина

$$\mu(\tilde{d}_\gamma, \tilde{d}_\delta) = \bigvee_{c \in (d_\gamma \cap d_\delta)} \mu_{d_\gamma \cap d_\delta}(c)$$

называется степенью смежности документов \tilde{d}_γ и \tilde{d}_δ . Величина $1 - \mu(\tilde{d}_\gamma, \tilde{d}_\delta)$ описывает расстояние между документами в информационной базе, основываясь на содержании документов и онтологии ИПР.

Также, как и в случае документальных ресурсов $C = \{c_i\}$, $i \in I = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ – конечное множество понятий предметной области, зафиксированных в онтологии. Множество шаблонов проектных диаграмм в онтологии обозначим как $T = \{tmp_k\}$, $k \in K = \{1, 2, 3, \dots, l\}$. Множество проектных диаграмм обозначим как $Dc = \{\tilde{dc}_j\}$, $j \in J = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ – семейство нечетких подмножеств в $C \cup T$.

Тройка $\widetilde{CI}_{prj} = (C, T, Dc)$ называется нечетким неориентированным гиперграфом, если $\tilde{dc}_j \neq \emptyset$, $j \in J$ и $\bigcup_{j \in J} \tilde{dc}_j = C \cup T$; при этом $c_1, c_2, \dots, c_n \in C$

и $tmp_1, tmp_2, \dots, tmp_l \in T$ являются вершинами гиперграфа, а множество Dc , состоящее из $\tilde{dc}_1, \tilde{dc}_2, \dots, \tilde{dc}_m$, – множество нечетких ребер гиперграфа.

Нечеткий неориентированный гиперграф $\widetilde{CI}_{prj} = (C, T, Dc)$ формально определяет концептуальный индекс базы проектов. Две проектные диаграммы \tilde{dc}_γ и \tilde{dc}_δ называются нечетко смежными, если $\tilde{dc}_\gamma \cap \tilde{dc}_\delta \neq \emptyset$, причем величина

$$\mu(\tilde{dc}_\gamma, \tilde{dc}_\delta) = \bigvee_{c \in (dc_\gamma \cap dc_\delta)} \mu_{dc_\gamma \cap dc_\delta}(c) \& \bigvee_{tmp \in (dc_\gamma \cap dc_\delta)} \mu_{dc_\gamma \cap dc_\delta}(tmp)$$

называется степенью смежности проектных диаграмм \tilde{dc}_γ и \tilde{dc}_δ . Величина $1 - \mu(\tilde{dc}_\gamma, \tilde{dc}_\delta)$ описывает расстояние между проектными диаграммами в информационной базе, основываясь на содержании контекстов проектов и степени принадлежности проектной диаграммы шаблонам проектирования из онтологии ИПР.

В четвертой главе разрабатываются модели и алгоритмы онтологического анализа информационных ресурсов проектного репозитория САПР АС.

Разработан метод структуризации документальных информационных баз проектной организации, в основе которого лежит алгоритм кластеризации Fuzzy C-Means (FCM), который позволяет одному объекту принадлежать двум или более кластерам с определенной степенью принадлежности. Модифицированный FCM-алгоритм кластеризации документальной базы информационных ресурсов ИПР основан на минимизации следующей целевой функции:

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|oV_i - oV_j^c\|^2, \quad 1 \leq m < \infty,$$

где N – количество онтологических представлений ТД для кластеризации; C – количество кластеров; m – любое действительное число больше 1; u_{ij} – степень принадлежности онтологического представления oV_i кластеру j ; oV_i – i -е онтологическое представление; oV_j^c – центр j -го кластера; $\| * \|$ – нормализованное расстояние между онтологическим представлением ТД и центром кластера.

Разработаны математические модели содержательной интерпретации кластеров технических документов. Интенциональное описание кластеров основывается на множестве правил, которые фактически формируют границы классов, и имеют форму $C_i^a C_j^b \dots C_k^c \rightarrow K^d$ или более развернуто:

$$(C_i = a) \wedge (C_j = b) \wedge \dots \wedge (C_k = c) \rightarrow (K = d),$$

где $\{a, b, \dots, c\}$ – допустимые значения из домена, который определяется значениями термов лингвистической переменной «Степень выраженности понятия онтологии».

Метод извлечения правил предполагает формирование так называемой решающей матрицы (decision matrix) для каждого отдельного значения решающего атрибута. Решающая матрица представляет собой список пар «атрибут-значение», которые различны между документами.

Предложенный способ содержательной интерпретации кластеров документальных информационных баз САПР АС предназначен для использования в системах выработки рекомендаций проектировщикам в тех случаях, когда необходимо автоматически сформировать в компактной форме описание фрагмента содержимого больших информационных документальных ресурсов проектной организации.

Разработан метод интерпретации технических временных рядов для получения информации, необходимой для принятия управленческих решений в процессе разработки нового изделия. Исходными данными для содержательной интерпретации технического временного ряда являются сведения об отрезках времени, в течение которых показатель изменялся монотонно, а именно: абсолютная величина изменения, длина временного интервала и функция изменения значения показателя. В самом простом случае эта функция является линейной. При выборе линейной функции временной ряд аппроксимируется совокупностью прямоугольных треугольников, начальная и конечная точки отрезка гипотенузы которых соответствуют значениям временного ряда на начало и конец выбранного отрезка времени.

Целевую функцию, которая подвергается минимизации, представляется следующей формулой:

$$F = \alpha a + (1 - \alpha)b,$$

где a и b – параметры, определяющие суммарную ошибку аппроксимации и количество интервалов разбиения временного ряда соответственно,

$$a = \frac{\sum_{i=1}^L \epsilon_i}{\sum_{i=1}^L y_i}, b = \frac{N}{L - 1},$$

L – длина временного ряда, N – количество треугольников (интервалов разбиения).

Методика содержательной интерпретации:

1. Формирование набора эталонных временных рядов выбранной предметной области.
2. Определение фрагментов эталонных временных рядов экспертом и присвоение каждому фрагменту лингвистической метки.
3. Сохранение полученной информации в форме прикладной онтологии анализа временных рядов.
4. Определение фрагментов анализируемого временного ряда.
5. Определение степени совпадения описаний фрагментов ряда с описаниями, представленными в онтологии.
6. Назначение каждому фрагменту ряда лингвистической метки с вычисленной степенью совпадения ее с экспертной.

Разработана модель опыта взаимодействия проектировщика с электронным архивом технической документации. Формализация опыта проектировщика осуществляется на основе предположения о том, что имеется возмож-

ность фиксировать результаты проектных запросов к электронному архиву в виде множества документов, удовлетворяющих информационной потребности, и множества документов, которые текущей информационной потребности не удовлетворяют.

Каждой информационной потребности In_j^i ставится в соответствие пара классов понятий онтологии ИПР $K^+ = \{c_1^+, c_2^+, \dots, c_n^+\}$, $K^- = \{c_1^-, c_2^-, \dots, c_m^-\}$, определяющие положительные и отрицательные подмножества понятий онтологии соответственно.

Положительные K^+ и отрицательные K^- классы понятий формируются следующим образом:

- В процессе выполнения проектировщиком информационных запросов к электронному архиву определяется набор ТД, которые соответствуют его информационной потребности (D^+) и ТД, не соответствующие ей (D^-), с учетом текущей стадии (этапа) проектирования.
- Для каждого документа определяется его концептуальное представление. Другими словами, производится концептуальное индексирование. Запишем нечеткое соответствие между множеством $K^{+(-)}$ и множеством $T^D = T_{in}^D \cup T_{ext}^D$, как $\tilde{\Gamma}_{KT} = (K^{+(-)}, T^D, \tilde{F}_{KT})$, где \tilde{F}_{KT} – нечеткое множество в $K^{+(-)} \times T^D$. Определим нечеткое соответствие $\tilde{\Gamma}_{KT}$ в виде ориентированного двудольного графа с множеством вершин $K^{+(-)} \cup T^D$, каждой дуге $\langle c_i^+, t_j \rangle (\langle c_i^-, t_j \rangle)$ которого приписываем значение функции принадлежности $\mu_{F_{KT}} \langle c_i^+, t_j \rangle (\mu_{F_{KT}} \langle c_i^-, t_j \rangle)$. Указанное значение функции принадлежности вычисляется на основе нормализованной частоты встречаемости термина в текстовом входе понятия, которые формируются из внутреннего источника (терминологических словарей) и из внешних источников (профессиональных wiki-ресурсов), а также $T^D = T_{in}^D \cap T_{ext}^D = \emptyset$. Образ множества T^D , при соответствии $\tilde{\Gamma}_{KT}$, фактически представляет собой нечеткое множество, элементами которого являются концепты с соответствующими степенями выраженности:

$$\tilde{\Gamma}_{KT}(T^D) = \{\mu_{\Gamma_{KT}}(c^{+(-)})/c^{+(-)}\},$$

где $\mu_{\Gamma_{KT}}(c^{+(-)}) = \vee_{t \in T^D} \mu_{F_{KT}} \langle c_i^{+(-)}, t_j \rangle$.

- В положительные и отрицательные подмножества понятий онтологии предметной области включаются такие понятия из онтологических представлений, степень выраженности которых наибольшая.

Формально опыт проектировщика записывается в виде кортежа:

$$Ex^i = \langle \{In_1^i, K^+, K^-\}, \dots, \{In_j^i, K^+, K^-\}, \dots, \{In_n^i, K^+, K^-\} \rangle,$$

где i – индекс проектировщика, j – индекс стадии жизненного цикла.

Разработанная процедура уточнения результатов проектных запросов базируется на модели классификации разделов документов. Будем принимать во внимание, что документы электронного архива имеют концептуальный вид и

представляются в виде множества понятий онтологии, имеющих высокую степень выраженности в разделах ТД. Данная модель основана на применении наивного байесовского классификатора.

Вероятность того, что j -й раздел i -го документа s_j^i принадлежит классу $k \in \{K^+, K^-\}$:

$$P(k|s_j^i) = \frac{P(s_j^i|k) \cdot P(k)}{P(s_j^i)},$$

где $P(s_j^i|k)$ – вероятность встретить раздел s_j^i среди всех документов класса k ; $P(k)$ – безусловная вероятность класса k в обучающей выборке; $P(s_j^i)$ – безусловная вероятность раздела документа s_j^i в корпусе документов обучающей выборки.

Наиболее вероятный класс:

$$k_{map} = \arg \max_{k \in K} \frac{P(s_j^i|k) \cdot P(k)}{P(s_j^i)}.$$

$$P(s_j^i|k) \approx P(c_1|k) \cdot P(c_2|k) \cdot \dots \cdot P(c_n|k) = \prod_{s=1}^n P(c_s|k),$$

получаем:

$$k_{map} = \arg \max_{k \in K} [P(k) \cdot \prod_{s=1}^n P(c_s|k)].$$

Схема уточнения проектных запросов, учитывающая профиль проектировщика представлена на рисунке 4. Поскольку в общем случае у разных проектировщиков в различные моменты времени возникают разные информационные потребности, то их учет при формировании проектных запросов способен привести к повышению показателей качества получаемых результатов (повышение точности и полноты откликов на проектные запросы).

Разработана формальная модель проектного запроса. Пусть i – номер проектировщика, j – номер реализуемого проекта АС, тогда формальную запись проектного запроса к интеллектуальному проектному репозиторию представим в следующем виде:

$$Q = \{Ex^i, Cont_j, \{t_1^q, \dots, t_n^q\} | D^{ini} \{cs_1, \dots, cs_m\} \{dc_1, \dots, dc_l\}\},$$

где Ex^i – опыт проектировщика; $Cont_j$ – контекст проекта, включающий онтологию предметной области, тезаурус проектной организации и концептуальную сеть проекта; $\{t_1^q, \dots, t_n^q\}$ – множество ключевых слов запроса; D^{ini} – текстовый технический документ; $\{cs_1, \dots, cs_m\}$ – множество исходных текстов программ; $\{dc_1, \dots, dc_l\}$ – множество проектных диаграмм.

Примеры структур «запрос-ответ»:

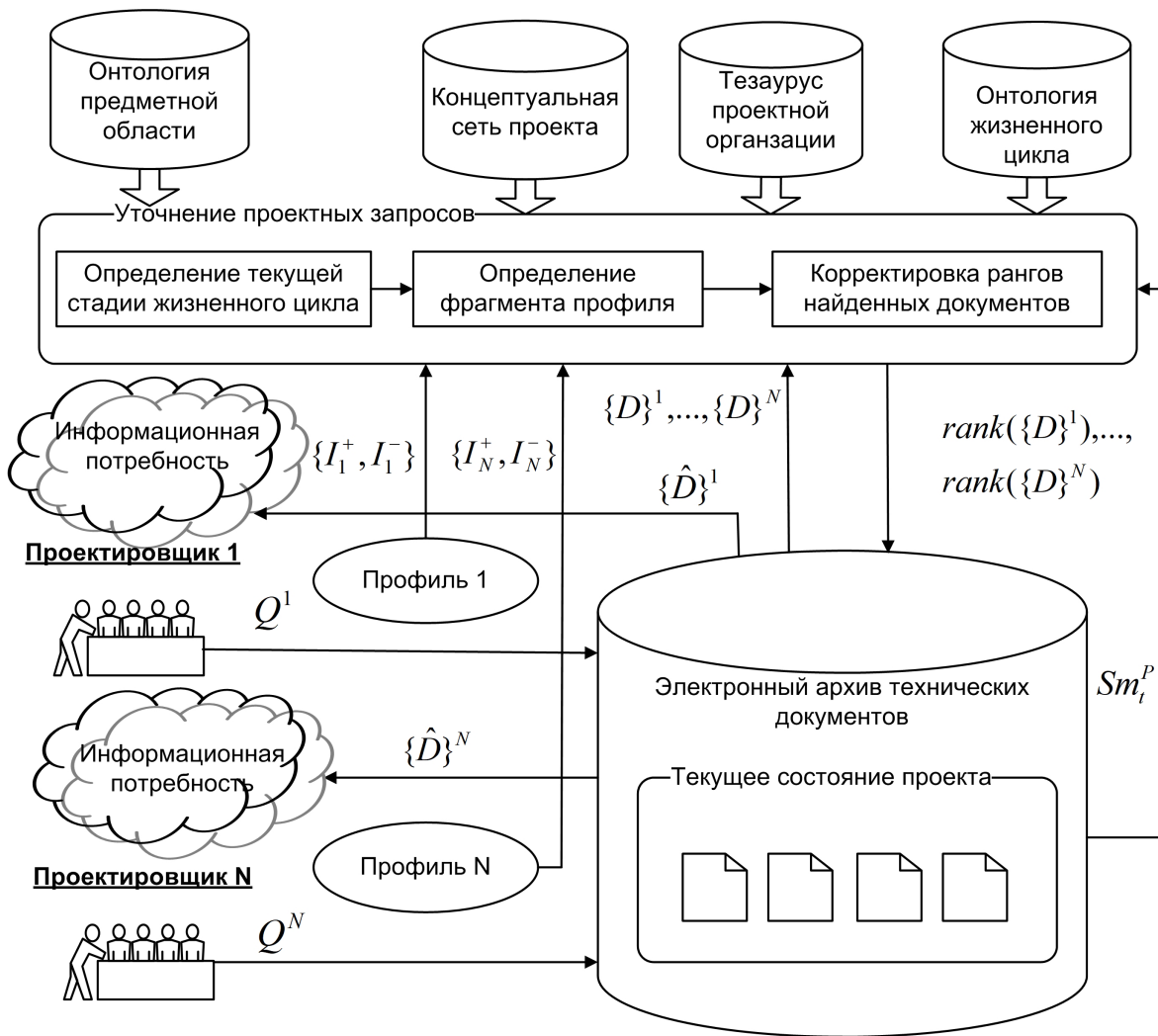


Рис. 4. Структурная схема уточнения проектных запросов

- $Q = \{Ex^i, Cont_j, \{t_1^q, \dots, t_n^q\}\} \rightarrow Resp = \{D^{txt}\} \subset D^{arch}$ (проектный запрос представлен набором ключевых слов, ответ на запрос есть подмножество документов электронного архива),
- $Q = \{Ex^i, Cont_j, D^{ini}\} \rightarrow Resp = cluster(D^{txt}) \subset D^{arch}$ (проектный запрос представлен документом, инициализирующим проект (технико-экономическое обоснование, техническое задание на проектирование), ответ на запрос есть наиболее подходящий кластер документов электронного архива),
- $Q = \{Ex^i, Cont_j, \{cs_1, \dots, cs_m\}\} \{dc_1, \dots, dc_l\}\} \rightarrow Resp = cluster(D^{prj}) \subset D^{arch}$ (проектный запрос представлен множеством проектных диаграмм, ответ на запрос есть подходящий кластер проектных диаграмм как подмножество документов электронного архива).

Пятая глава посвящена разработке архитектуры интеллектуального проектного репозитория и структур данных.

ИПР включает в себя следующие подсистемы:

- подсистема кластеризации и формирования навигационной структуры электронного архива;

- подсистема визуализации и оценки качества онтологии ИПР;
- подсистема информационной поддержки автоматизированного проектирования АС.

На рисунке 5 представлена обобщенная структура интеллектуального проектного репозитория.

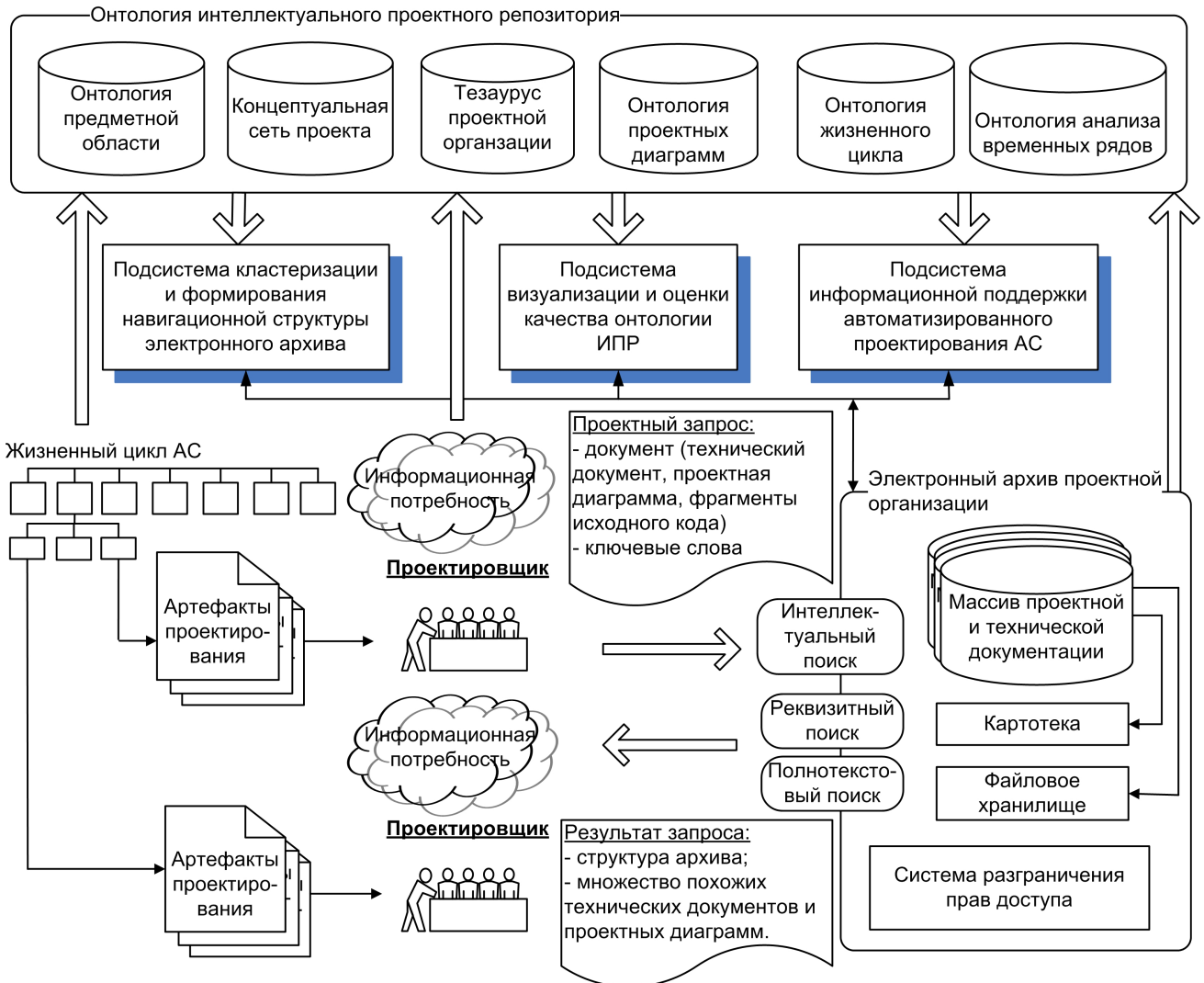


Рис. 5. Архитектура интеллектуального проектного репозитория

Представлено синтаксическое описание технических документов и фрагментов онтологии ИПР в формате RDF/RDF Schema. Структурное представление фрагмента XML-файла преобразованного ТД имеет следующий вид:

```
<structure>
  <vertex name="chapter1" relation="chapter"
    value="1,0000000000000000" parent="ROOT" />
  ...
  <vertex name="chapter15" relation="chapter"
    value="1,0000000000000000" parent="ROOT" />
</structure>
<content>
  <term paragraph="0" sentence="0" term="задан" value="1,0" />
</content>
```

```

...
<term paragraph="115" sentence="0" term="программисту" value="1,0"/>
</content>

```

Фрагмент XML-файла из концептуального индекса электронного архива:

```

<structure>
  <vertex name="chapter1" relation="chapter"
    value="1,0000000000000000" parent="ROOT" />
  ...
  <vertex name="chapter15" relation="chapter"
    value="1,0000000000000000" parent="ROOT" />
</structure>
<content>
  <instance name="Информац" value="0,0044204320722766" />
  ...
  <instance name="Этап" value="0,0103495718735234" />
</content>
...
<icontent>
  <term name="celeron" value="0,0079821059246524" />
  ...
  <term name="языке" value="0,0127210234731346" />
</icontent>

```

Хранилище онтологий ИПР выполнено на базе сервера онтологий Sesame, который представляет собой RDF-ориентированную базу данных с возможностью логического вывода по RDF-тройкам и формирования запросов на языках SPARQL и SeRQL. Sesame реализован как сервлет (Java Servlet Application) и работает внутри контейнера сервлетов Apache Tomcat, связь с которым осуществляется по протоколу HTTP (HyperText Transfer Protocol).

Фрагмент онтологии предметной области в формате RDF:

```

<rdf:RDF
  <!-- Life Circle Ontology -->
  <Stage rdf:ID="Разработка концепцииАС" />
  <Stage rdf:ID="Изучениеобъекта_">
    <PartOfStage rdf:resource="Разработка концепцииАС" />
  </Stage>
  ...
  <!-- Life Circle Ontology End -->
  <!-- Domain Ontology -->
  <Concept rdf:ID="Серия стандартов 34" />
  <Concept rdf:ID="Общетехнические термины">
    <PartOf rdf:resource="Серия стандартов 34" />
  </Concept>
  ...
  <!-- Domain Ontology End -->
  <!-- Project Ontology -->
  <Instance rdf:ID="Прибор" />
  ...
  <Term rdf:ID="документ" />
  ...
  <ConceptInstance rdf:ID="CInst1">
    <ConnectToCIConcept rdf:resource="Программно техническийкомплексАС" />
    <ConnectToCIInstance rdf:resource="Прибор" />
  </ConceptInstance>
  ...
  <InstanceTerm rdf:ID="CIndex1">

```

```

<ConnectToInstance rdf:resource="Прибор" />
<ConnectToTerm rdf:resource="документ" />
<ConnectToFreq rdf:datatype="float">
    0,0483945306899893
</ConnectToFreq>
</InstanceTerm>
...
<!-- Project Ontology End -->
</rdf:RDF>

```

В заключении главы дается описание структуры подсистемы информационной поддержки проектировщика как компоненты ИПР ФНПЦ АО «НПО «Марс».

В шестой главе представлены основные результаты вычислительных экспериментов. Для решения задачи анализа результатов концептуального индексирования и структуризации множества документов электронного архива ФНПЦ АО «НПО «Марс» была построена онтология предметной области, понятия которой извлекались из стандартов, применяемые в НПО «Марс»:

1. Информационные технологии. Взаимосвязь открытых систем (ГОСТ 34). Содержит 108 понятий онтологии.
2. Единая система программной документации (ГОСТ 19). Содержит 111 понятий онтологии.

Другая часть онтологии сформирована на основе выборки документов электронного архива НПО «Марс», состоящей из 5017 ТД. Данный уровень содержит 81 понятие и 10 078 уникальных термина, составляющих текстовые входы понятий.

Для осуществления анализа результатов работы системы на множестве документов электронного архива НПО «Марс» экспертом была подготовлена выборка, состоящая из 5017 ТД и сгруппированная по разным основаниям классификации:

- по классу документации – 4 группы (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД, Нормативные);
- по виду документации – 52 группы (ГОСТ 2.601, 2.602, 2.102, 2.701 и 3.1201);
- по разделу документации – 27 групп (ГОСТ 2.106 и сложившаяся на предприятии система присвоения документам десятичных номеров);
- по тематике работ – 28 групп (изделия, рассматриваемые в документах).

Целевая функция, формализующая качество структуризации, использует два критерия – отсутствие документов в кластере и наличие «лишних» документов в кластере:

$$\hat{f}_i = 1 - \frac{\max(\sum_{i=1}^M \bar{K}^i, \sum_{i=1}^M \hat{K}^i)}{N},$$

где \bar{K}^i – множество отсутствующих документов, входящих в i -й кластер согласно сопоставлению результатов экспертного и автоматического разбиений, \hat{K}^i – множество «лишних» документов, входящих в i -й кластер согласно сопоставлению результатов экспертного и автоматического разбиений, $i = \overline{1, M}$ – номер кластера, M – количество кластеров, N – количество документов.

Лучшие значения целевой функции получены для концептуального индекса с учетом моделей жизненного цикла. Только для структуризации по виду документа система Oracle Text показала лучшие результаты (рисунок 6). Отдельное внимание следует уделить разбиению тестовой выборки ТД по тематике работ, так как данный вариант структуризации наиболее близко соответствует основной задаче ИПР – структуризации электронного архива ТД по содержанию отдельных документов. По данным целевой функции, результаты структуризации онтологических представлений ТД примерно на 40% лучше по сравнению с результатами системы Oracle Text.

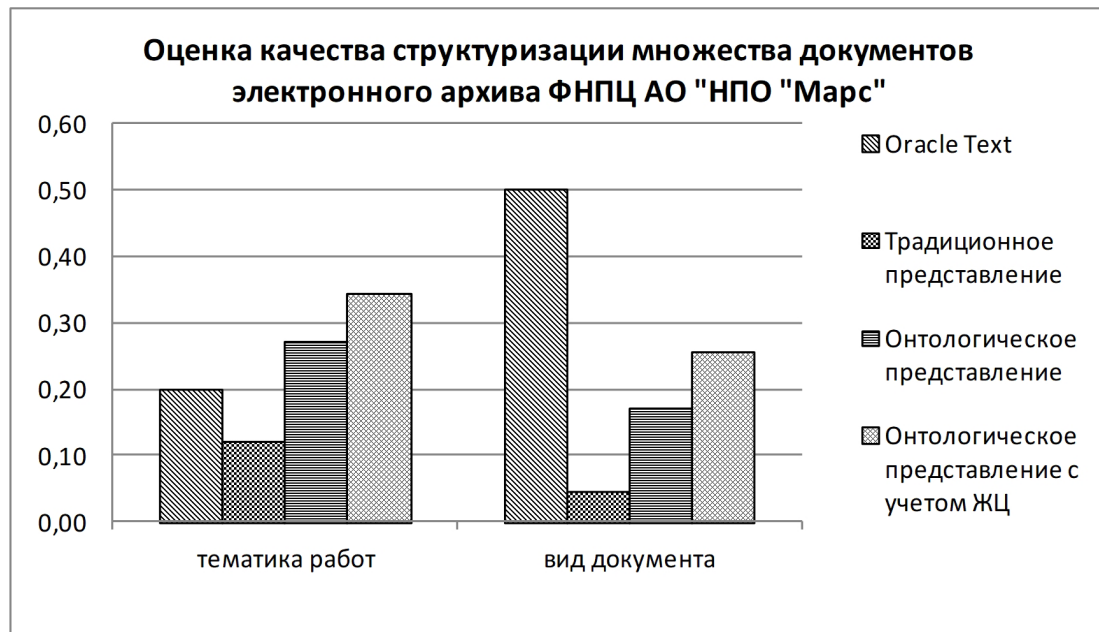


Рис. 6. Оценка качества структуризации множества документов электронного архива ФНПЦ АО «НПО «Марс»

Выполнялся анализ временных затрат на процесс концептуального индексирования. На процесс индексирования множества документов электронного архива НПО «Марс» было затрачено 41 656,58 секунд. Таким образом, индексирование крупных выборок ТД требует значительных временных затрат, однако в силу специфики процесса индексирования данный результат можно считать приемлемым.

Были проведены вычислительные эксперименты для получения сведений о временных затратах на одну итерацию процесса структуризации множества документов электронного архива НПО «Марс». При увеличении количества документов и кластеров время структуризации традиционных представлений ТД значительно возрастает. Разница в скорости структуризации между традиционными и онтологическими представлениями ТД является значительной и зависит от размера выборки ТД, количества понятий онтологии предметной области, количества терминов в составе редуцированного множества терминов всей выборки ТД и количества кластеров (рисунок 7).

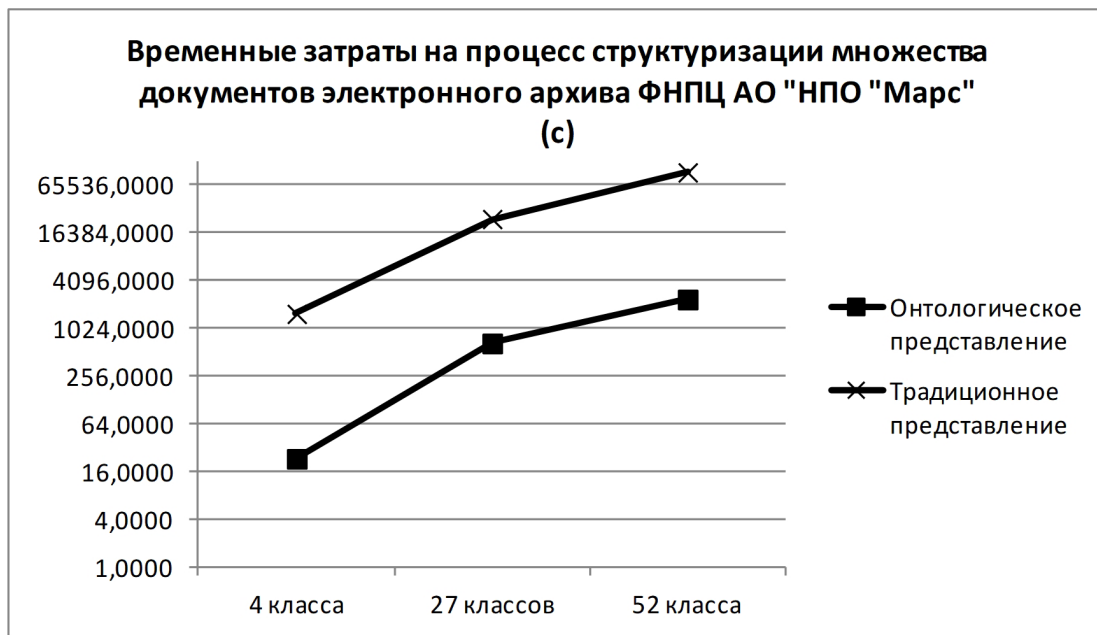


Рис. 7. Временные затраты на процесс структуризации множества документов электронного архива ФНПЦ АО «НПО «Марс»

Использование навигационной структуры электронного архива вместо традиционных методов разбиения множества ТД на заданное число кластеров сократило суммарное время поиска документов в среднем на 13%.

Выполнены вычислительные эксперименты по формированию контекстно-ориентированных проектных запросов к электронному архиву. Получены результаты в разрезе индивидуальных профилей пользователя («программист», «инженер», «проектировщик»). Сравнивались результаты экспериментов с запросами явно и неявно представляющими предметную область. Анализ производился с такими системами, как «Яндекс.Персональный поиск», «1С: Документооборот 8», «Архивариус 3000» и «Copernic Desktop Search».

На рисунке 8 представлены результаты экспериментов с применением профиля «Программист» для запросов, которые семантически неявно определяют предметную область.

Дополнительно производилось сравнение качества результатов контекстно-ориентированного поиска ТД в электронном архиве при использовании различных онтологий, отличающиеся способом формирования. Одна онтология содержит концептуальную сеть, концепты которой автоматизированным способом были извлечены из электронной библиотеки. Другая онтология содержит понятийный аппарат, сформированный экспертом предметной области.

Построение концептуальной сети автоматизированным способом и применение ее в процессах информационной поддержки позволяет улучшить качество поиска по сравнению с экспертной онтологией в среднем до 50%.

В заключении представлены основные результаты работы.

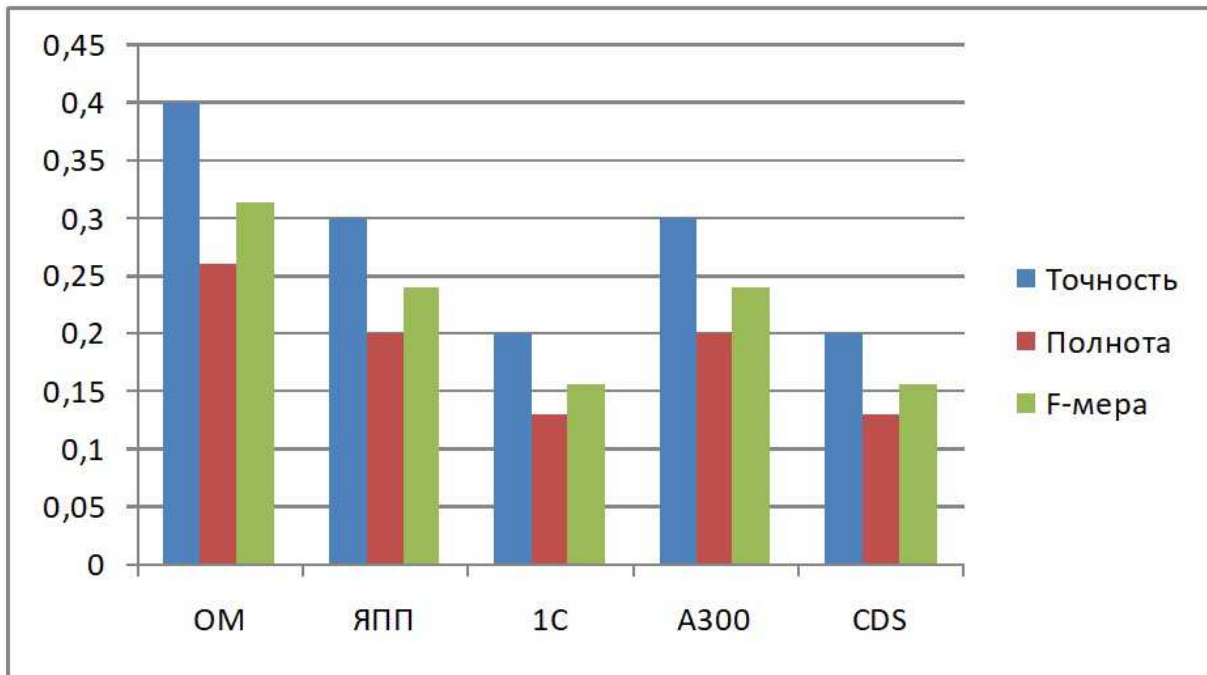


Рис. 8. Сравнение результатов экспериментов для профиля программиста с запросами, семантически неявно определяющих предметную область

Заключение

Подводя итог диссертационному исследованию можно утверждать следующее:

Цель исследований, направленная на сокращение сроков выполнения начальных этапов проектирования АС за счет повышения точности и полноты выполнения контекстно-ориентированных проектных запросов к электронным архивам проектных организаций на основе разработанных теоретических положений для реализации онтологического подхода к интеллектуальному анализу слабоструктурированных информационных ресурсов, достигнута.

Получены новые научные результаты:

1. Разработан онтологический подход, модели, методы и средства которого представляю собой теоретическую основу для анализа слабоструктурированных ресурсов проектной организации на начальных этапах проектирования сложных АС, позволяющие сократить время проектных процедур на 10-15% за счет использования нечетких логических формализмов при формировании проектных запросов к электронным архивам технических документов.
2. Предложена интегрированная модель системы онтологий интеллектуального проектного репозитория для решения задачи информационной поддержки автоматизированного проектирования, отличающаяся новой структурой и позволяющая выполнять информационное взаимодействие с проектными репозиториями на семантическом уровне.

3. Разработан метод концептуального индексирования слабоструктурированных информационных ресурсов, включающих в себя текстовые технические документы и проектные диаграммы, который позволил обосновать единый подход к интеллектуальному анализу проектной информации, на основе описания предметной области в виде онтологии.
4. На основе введенного понятия концептуального индекса разработаны новые методы интеллектуального анализа текстовых документов при автоматизированном проектировании, позволяющие улучшить качество формирования навигационной структуры технических документов проектного репозитория до 40% за счет использования формального онтологического описания контекста проектной организации при проектировании АС.
5. Разработан новый метод содержательной интерпретации кластеров технических документов и технических временных рядов на основе лингвистических шкал и приближенных множеств Павлака, позволяющий реализовывать объяснительную компоненту интеллектуального проектного репозитория на основе онтологии предметной области в терминах эксперта-проектировщика.
6. Разработаны и обоснованы нечеткая модель и методика оценки качества онтологии на основе свойств нечетких соответствий, позволяющие выполнять оперативный контроль процесса автоматизированного формирования онтологии и, как следствие, значительно сократить трудоемкость и время построения прикладной онтологии.
7. Разработаны методологические основы построения интеллектуальных онтологических систем информационной поддержки процесса проектирования АС, основанные на интеграции нечетко-логического, графо-аналитического и вероятностного подходов к анализу слабоструктурированной информации с целью интенсификации процессов интеллектуализации проектных репозиториях, что позволяет улучшить качество выполнения проектных запросов в среднем до 50%.
8. Показана эффективность применения онтологического подхода в решении ряда практических задач:
 - структурирование документальной информационной базы технических документов ФНПЦ АО «НПО «Марс» на основе созданной онтологии предметной области проектирования радиоэлектронных систем специального назначения;
 - информационная поддержка проектировщика в процессе выполнения проектных запросов к электронному архиву ФНПЦ АО «НПО «Марс» во время реализации этапа опытно-конструкторских работ.
9. Разработанные алгоритмы и комплексы программ онтологического подхода к построению интеллектуальных проектных репозиториях являются новыми информационными ресурсами, обеспечивают взаимодействие проектировщика с электронным архивом технической документации на

семантическом уровне, ориентированы на широкое использование конечными пользователями как в практических, так и в научных целях.

Перспективы диссертационного исследования связаны с развитием методов онтологического подхода к анализу гетерогенных информационных ресурсов электронных архивов проектных организаций в направлении повышения точности и полноты выполнения проектных запросов, интеграции с нейросетевыми моделями и реализации интеллектуальных проектных репозиторий как аппаратно-программных комплексов.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Монографии

1. Наместников, А. М. Интеллектуальные проектные репозитории / А. М. Наместников. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 110 с.
2. Наместников, А. М. Метауровень информационного обеспечения САПР: от теории к практике / А. М. Наместников. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 176 с.

Список публикаций в ведущих рецензируемых журналах и сборниках, отвечающих требованиям ВАК

3. Namestnikov, A. M. Efficiency of genetic algorithms for automated design problems / A. M. Namestnikov, N. G. Yarushkina // Известия РАН, Теория и системы управления. – 2002. – № 2. – С. 127-133.
4. Наместников, А. М. Интеллектуальный сетевой архив электронных информационных ресурсов / А. М. Наместников, А. В. Чекина, Н. В. Корюнова // Программные продукты и системы. – 2007. – № 4. – С. 10–13.
5. Наместников, А. М. Примеры реализаций систем имитационного моделирования вычислительных сетей / А. М. Наместников, В. Г. Тронин // Инфокоммуникационные технологии. – 2008. – № 1. – Т. 6. – С. 84-88.
6. Наместников, А. М. Перспективы применения технологии Семантического WEB в интеллектуальных хранилищах данных / А. М. Наместников // Программные продукты и системы. – 2008. – № 4. – С. 15-19.
7. Наместников, А. М. Концептуальная индексация проектных документов / А. М. Наместников, А. А. Филиппов // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 2. – С. 34-39.
8. Наместников, А. М. Интенциональное представление кластеров проектных документов на основе приближенных множеств Павлака / А. М. Наместников // Автоматизация процессов управления. – 2011. – № 3. – С. 42-45.
9. Наместников, А. М. Реализация системы кластеризации концептуальных индексов проектных документов / А. М. Наместников, А. А. Филиппов // Автоматизация процессов управления. – 2011. – № 3. – С. 46-50.

10. Наместников, А. М. Разработка инструментария для интеллектуального анализа технической документации / А. М. Наместников, Р. А. Субхангулов, А. А. Филиппов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – № 4. – Т. 13. – С. 984-990.
11. Наместников, А. М. Концептуальное индексирование проектных документов на основе генетической оптимизации / А. М. Наместников // Автоматизация процессов управления. – 2012. – № 1. – С. 62-66.
12. Наместников, А. М. Разработка инструмента инженерии онтологии в интеллектуальном проектном репозитории / А. М. Наместников, Р. А. Субхангулов // Автоматизация процессов управления. – 2012. – № 2. – С. 38-43.
13. Наместников, А. М. Методы мягких вычислений в организации хранилища проектных документов / А. М. Наместников, Н. Г. Ярушкина // Радиотехника. – 2012. – №9. – С. 14-20.
14. Наместников, А. М. Концептуальное индексирование и кластеризация архива проектной документации на основе онтологии / А. М. Наместников // Научные технологии. – 2013. – № 5, Т. 14. – С. 73-78.
15. Наместников, А. М. Применение тезаурусов и онтологий в интеллектуальных архивах проектной документации / А. М. Наместников, Н. Г. Ярушкина // Научные технологии. – 2013. – № 5, Т. 14. – С. 79-86.
16. Наместников, А. М. Формирование информационных запросов к электронному архиву на основе концептуального индекса / А. М. Наместников, Р. А. Субхангулов // Радиотехника. – 2014. – № 7. – С. 126-129.
17. Наместников, А. М. Формирование навигационной структуры электронного архива технической документации на основе онтологии / А. М. Наместников, А. А. Филиппов // Радиотехника. – 2014. – № 11. – С. 108-117.
18. Наместников, А. М. Онтологическая модель контекстного поиска электронных документов в архиве проектной организации / А. М. Наместников, Р. А. Субхангулов // Радиотехника. – 2015. – № 6. – С. 73-78.
19. Наместников, А. М. Интеграция нечетко-гранулярных и онтологических методов в задаче анализа временных рядов / А. М. Наместников, Н. Г. Ярушкина, Т. В. Афанасьева, Г. Ю. Гуськов // Автоматизация процессов управления. – 2015. – № 2. – С. 72-79.
20. Наместников, А. М. Разработка многоагентной системы извлечения знаний из гетерогенных источников / А. М. Наместников, Г. Ю. Гуськов, В. С. Мошкин, А. А. Филиппов, Н. Г. Ярушкина // Радиотехника. – 2016. – № 9. – С. 57-63.
21. Наместников, А. М. Онтологический подход к структурированию знаний проектной организации / А. М. Наместников // Радиотехника. – 2016. – № 9. – С. 77-83.
22. Наместников, А. М. Система управления программными проектами на основе онтологического подхода / А. М. Наместников, Г. Ю. Гуськов // Автоматизация процессов управления. – 2016. – № 3. – С. 88-94.
23. Наместников, А. М. Подход к поиску похожих по структуре проектов, ос-

нованный на онтологии языка UML / А. М. Наместников, Г. Ю. Гуськов, Н. Г. Ярушкина // Радиотехника. – 2017. – № 6. – С. 122-127.

24. Наместников, А. М. Интеграция проектных диаграмм и онтологий в задаче балансировки мощностей авиастроительного предприятия / А. М. Наместников, Г. Ю. Гуськов, Н. Г. Ярушкина, Т. В. Афанасьева, В. Н. Негода, М. К. Самохвалов, А. А. Романов // Автоматизация процессов управления. – 2017. – № 4. – С. 85-93.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

25. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012617586. Онтологически-ориентированный индекатор проектных документов / Наместников А. М., Филиппов А. А.; заявитель и правообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. - № 2012615323; заявл. 26.06.2012; зарегистр. 22.08.2012. – Москва, Роспатент, 2012.
26. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012617587. Предметно-ориентированный редактор онтологий / Наместников А. М., Субхангулов Р. А.; заявитель и правообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. - № 2012615324; заявл. 26.06.2012; зарегистр. 22.08.2012. – Москва, Роспатент, 2012.
27. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012617589. Онтологически-ориентированный кластеризатор проектных документов / Наместников А. М., Субхангулов Р. А.; заявитель и правообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. - № 2012615326; заявл. 26.06.2012; зарегистр. 22.08.2012. – Москва, Роспатент, 2012.

Выборочный список основных публикаций в других изданиях

28. Namestnikov A.M., Yarushkina N.G. Efficiency of genetic algorithms for auto-mated design problems // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2002. V. 41. № 2. С. 288-294 (Индексируется SCOPUS).
29. Наместников, А. М. Интеллектуальный репозиторий проектных документов / А. М. Наместников, Н. В. Корунова, А. А. Островский, Ю. А. Радионова, А. В. Чекина, Н. Г. Ярушкина // Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010: Труды конференции. – М.: Физматлит, 2010. – С. 257–263.
30. Наместников, А. М. Онтологически-ориентированная система кластеризации и полнотекстового поиска проектных документов / А. М. Наместников, А. А. Филиппов, Р. А. Субхангулов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2013): материалы 3 Международ. научн.-техн. конф. – Минск: БГУИР, 2013. – С. 219-224.
31. Namestnikov A.M., Filippov A.A., Avvakumova V.S. An Ontology-Based Model of Technical Documentation Fuzzy Structuring // Proceedings of the 2nd Inter-national Workshop on Soft Computing Applications and Knowledge

- Disco-very (SCAKD 2016) colocated with the 13th International Conference on Concept Lattices and Their Applications (CLA 2016), Moscow, Russia, July 18, 2016, pp. 63-74 (Индексируется SCOPUS).
32. Наместников, А. М. Онтологический подход к формированию контекстных запросов в электронном архиве технических документов / А. М. Наместников // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2016): материалы 6 Междунар. научн. техн. конф. – Минск: БГУИР, 2016. – С. 415-420.
 33. Наместников, А. М. Способ уточнения контекстных запросов к архиву технических документов на основе онтологии / А. М. Наместников // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016. – Казань, 2016. – Т. 2. – С. 98-105.
 34. Namestnikov A.M., Guskov G.U. Ontological Mapping for Conceptual Models of Software System // International scientific and technical conference proceedings «Open Semantic Technologies for Intelligent Systems» (OSTIS-2017), Minsk, Belarus, February 18-20, 2017, pp. 111-117.
 35. Namestnikov A.M., Guskov G.U., Yarushkina N.G. Approach to the search for similar software projects based on the UML ontology // 2nd International Scientific Conference proceedings «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI-2017), September 14-16, 2017, Varna, Bulgaria, pp. 3-10 (Индексируется SCOPUS).

Наместников Алексей Михайлович

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора технических наук на тему:

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕПОЗИТОРИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ**

В ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Подписано в печать 02.02.2018. Формат 60 × 84 1/16. Тираж 120 экз. Заказ 68.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г.Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32.