

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 004.822:004.89

ДАВЫДЕНКО
Ирина Тимофеевна

**МОДЕЛИ, МЕТОДИКА И СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ГИБРИДНЫХ
БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ
МНОГОКРАТНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Минск 2018

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Научный руководитель **Гулякина Наталья Анатольевна**, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты: **Совпель Игорь Васильевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем управления Белорусского государственного университета

Вишняков Владимир Анатольевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий частного учреждения образования «Минский инновационный университет»

Оппонирующая организация Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится «07» июня 2018 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.04 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, тел. 293-89-89, e-mail: dissovet@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Автореферат разослан «_____» мая 2018 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций, кандидат
технических наук

П. Ю. Бранцевич

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационных технологий привело, с одной стороны, к расширению синтаксического и семантического многообразия используемой информации, расширению многообразия используемых формальных языков, а с другой стороны, к созданию объемных и структурированных информационных ресурсов. Важнейшими видами таких ресурсов являются базы данных и базы знаний.

База знаний (БЗ) представляет собой систематизированную совокупность всех знаний, представленных на формальном языке, необходимых для функционирования соответствующей интеллектуальной системы. Следовательно, качество интеллектуальной системы во многом определяется качеством ее базы знаний.

Разработка базы знаний является трудоемким и продолжительным процессом, требующим высокого уровня квалификации разработчиков баз знаний. Данный факт приводит к высокой себестоимости как самих баз знаний, так и соответствующих им интеллектуальных систем, а также к дефициту специалистов в области инженерии знаний.

Расширение областей применения интеллектуальных систем требует поддержки решения комплексных задач. Решение каждой такой задачи предполагает совместное использование различных видов знаний и моделей их представления, что приводит к компенсации недостатков одних моделей возможностями и достоинствами других. Примерами комплексных задач являются задачи комплексной автоматизации предприятий, задачи понимания интеллектуальными системами текстов естественных языков, задачи семантического анализа изображений, задачи планирования и управления деятельностью автономных интеллектуальных роботов и т. д.

Базы знаний интеллектуальных систем, ориентированных на решение комплексных задач, будем называть *гибридными базами знаний*.

Для обеспечения совместного использования различных видов знаний, входящих в состав базы знаний, необходимо обеспечить их совместимость с указанной базой знаний, которая включает два аспекта: синтаксическую совместимость, что подразумевает унификацию формы представления знаний, и семантическую совместимость, что подразумевает однозначную и единую для всех фрагментов базы знаний трактовку используемых понятий.

Попытки решения задачи обеспечения семантической совместимости различных видов знаний в рамках разрабатываемых баз знаний связаны с построением онтологий верхнего уровня (SUMO, DOLCE, OpenCyc, WordNet и др.), однако отсутствие единой формальной основы, обеспечивающей однозначную

интерпретацию представляемых знаний и вводимых новых понятий, не привело к решению указанной задачи. Кроме того, существующие средства создания баз знаний предполагают, что процессы разработки и модификации базы знаний осуществляются отдельно от процесса ее использования, что приводит к дополнительному усложнению решения задачи обеспечения совместимости различного вида знаний. Отсутствие удовлетворительного решения этой задачи приводит к несовместимости компонентов баз знаний, разрабатываемых для разных систем, и невозможности их повторного использования в других системах. Следовательно, данный факт приводит к многократной повторной разработке содержательно одних и тех же компонентов для разных баз знаний.

Таким образом, актуальной является задача разработки модели баз знаний, которая, с одной стороны, обеспечит общий унифицированный формальный фундамент для представления различных видов знаний в рамках одной базы знаний и их совместного использования при решении комплексных задач, а с другой стороны, обеспечит возможность расширения многообразия видов знаний, используемых интеллектуальной системой. Наличие такого фундамента позволит создать библиотеку совместимых многократно используемых компонентов баз знаний, что, в свою очередь, существенно сократит сроки разработки баз знаний.

Диссертационная работа посвящена решению задач, связанных с разработкой моделей, методики и средств создания гибридных баз знаний интеллектуальных систем, способных решать комплексные задачи.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Тема диссертации соответствует пункту 5 перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг. (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 12 марта 2015 г. № 190).

Диссертационное исследование выполнялось в соответствии с научно-техническими заданиями и планами работы кафедры интеллектуальных информационных технологий и научно-исследовательской лаборатории 3.7 «Новые информационные технологии» учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в рамках следующих научно-исследовательских проектов: «Семантическая технология проектирования интеллектуальных help-систем» (№ ГР 20110068), грант Министерства образования Республики Беларусь; «Методы и средства онтологического моделирования для семантических технологий проектирования интеллектуальных систем» (№ ГР 20151081), совместный проект Российского

и Белорусского фондов фундаментальных исследований; «Разработка интеллектуальных обучающих систем и синергетических учебных организаций на основе открытых семантических технологий, онтологического инжиниринга и моделей понимания» (№ ГР 20164341), совместный проект Российского и Белорусского фондов фундаментальных исследований; «Разработка методов и средств поддержки принятия решений при выявлении информационных операций» (№ ГР 20164717), совместный проект Государственного фонда фундаментальных исследований Украины и Белорусского фонда фундаментальных исследований.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка моделей, методики и средств согласованного построения и модификации гибридных баз знаний, представленных в виде семантических сетей, на основе семантической совместимости многократно используемых компонентов.

Указанная цель определяет следующие *задачи исследования*:

1. Проанализировать существующие модели, методики и средства разработки баз знаний интеллектуальных систем.
2. Разработать модель гибридных баз знаний, имеющих сложную структуру и использующих знания различного вида.
3. Разработать методику согласованного построения и модификации гибридных баз знаний с применением синтаксически и семантически совместимых многократно используемых компонентов.
4. Разработать средства автоматизации процесса построения и модификации гибридных баз знаний.
5. Разработать библиотеку синтаксически и семантически совместимых многократно используемых компонентов гибридных баз знаний.

Объектом исследования являются базы знаний интеллектуальных систем. *Предметом исследования* являются процессы построения и модификации баз знаний, а также принципы создания программных средств автоматизации указанных процессов.

Научная новизна

1. Разработана модель гибридных баз знаний, основанная на представлении знаний в виде однородных семантических сетей с теоретико-множественной интерпретацией, что позволяет обеспечить синтаксическую совместимость и унификацию представления различных видов знаний. В отличие от существующих моделей баз знаний в предложенной модели используются знаки, обозначающие различные фрагменты базы знаний, что позво-

ляет рассматривать эти фрагменты как самостоятельные объекты описания и формально специфицировать их в рамках базы знаний, явно описывая различные связи и соответствия между этими фрагментами, и тем самым обеспечить возможность представления многоуровневых метазнаний и структуризации базы знаний по различным критериям. Кроме того, предложенная модель включает иерархическую систему формальных онтологий верхнего уровня, определяющих денотационную семантику понятий, обеспечивающих представление знаний, общих для всех предметных областей, что обеспечивает семантическую совместимость различных компонентов, включаемых в состав базы знаний, а также совместимость самих баз знаний, разработанных при помощи указанной модели.

2. Разработана методика согласованного построения и модификации гибридных баз знаний с применением многократно используемых компонентов, новизна которой заключается в организации процесса согласования коллективных действий по разработке базы знаний через саму создаваемую базу знаний. В основе методики лежит формальная модель проектной деятельности, представленная в виде соответствующей формальной онтологии. Предложенная методика, в отличие от существующих, позволяет совершенствовать базу знаний коллективом разработчиков непосредственно в процессе ее использования, а также создавать новые и использовать уже имеющиеся компоненты баз знаний в процессе разработки каждой базы знаний.

3. Разработаны инструментальные средства автоматизации процесса согласованного построения и модификации гибридных баз знаний, ориентированные на предложенные модель и методику, позволяющие обеспечить непротиворечивость и полноту разрабатываемых баз знаний. Данные средства встраиваются как типовая подсистема в каждую интеллектуальную систему и позволяют осуществлять согласование, верификацию и редактирование различных фрагментов базы знаний непосредственно в процессе эксплуатации этой интеллектуальной системы.

4. Разработана библиотека многократно используемых семантически совместимых компонентов гибридных баз знаний, включающая средства спецификации таких компонентов, а также программные средства автоматизации поиска компонентов на основе их спецификаций, позволяющая сократить временные затраты на разработку баз знаний за счет использования ранее разработанных компонентов.

Положения, выносимые на защиту

1. Модель гибридных баз знаний, отличающаяся от известных обеспечением как синтаксической, так и семантической совместимости различных видов знаний, позволяющая представлять в базах знаний многоуровневые метазнания, структурировать базы знаний по различным признакам, обеспечить их модифицируемость, а также разрабатывать совместимые компоненты гибридных баз знаний для их повторного многократного использования, что, в свою очередь, позволит снизить временные затраты на разработку гибридных баз знаний.

2. Методика согласованного построения и модификации гибридных баз знаний с применением многократно используемых компонентов баз знаний, основанная на формальной онтологии проектной деятельности, которая в отличие от существующих позволяет обеспечить согласованность проектной деятельности разработчиков по совершенствованию базы знаний непосредственно в процессе ее эксплуатации, а также создавать новые и использовать уже имеющиеся компоненты баз знаний в процессе разработки, что в совокупности позволяет сократить сроки разработки баз знаний минимум на 22 %.

3. Инструментальные средства автоматизации процесса построения и модификации гибридных баз знаний, включающие средства информационной поддержки разработчиков, реализующие предложенную методику и позволяющие осуществлять согласование, верификацию и редактирование фрагментов базы знаний непосредственно в процессе ее использования.

4. Библиотека многократно используемых семантически совместимых компонентов гибридных баз знаний, включающая средства их спецификации и средства автоматизации поиска компонентов на основе спецификаций и позволяющая сократить сроки разработки баз знаний за счет использования разработанных ранее компонентов, при этом установлено экспериментально, что процент заимствованной из библиотеки части базы знаний в среднем составляет 49 %.

Личный вклад соискателя ученой степени

Все результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем самостоятельно на основе изучения отечественной и иностранной литературы, математических моделей, средств и методов в области представления и обработки знаний. Вклад научного руководителя доцента Н. А. Гулякиной связан с постановкой цели, задач исследования, анализом возможных путей решения и оценкой результатов.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (Минск, 2011, 2013, 2015), Третьей всероссийской научной конференции «Нечеткие системы и мягкие вычисления» (Волгоград, 2009), Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS) (Минск, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), Международной научно-технической конференции «Информационные технологии и системы» (ITS) (Минск, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе» (Йошкар-Ола, 2010, 2012, 2013, 2014), конференции «Управление знаниями и технологии семантического веба» (KESW) (Санкт-Петербург, 2010), Международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы» (ISyT) (Тверь, 2011, 2013, 2015), научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014), XI Международной научной конференции имени Т. А. Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ» (Киев, 2013), XIV Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика» (Санкт-Петербург, 2014), IX Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015)» (Санкт-Петербург, 2015), The Fifth International Conference on Intelligent Systems and Applications INTELLI-2016 (Barcelona, Spain, 2016), The First International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry – ИТИ'16» (Ростов-на-Дону – Сочи, 2016), конференции «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (DAMDID) (Москва, 2017).

Опубликование результатов диссертации

По материалам выполненных исследований опубликовано 35 научных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых изданиях. Без соавторства опубликовано 10 работ, из них 2 статьи в рецензируемых изданиях.

Общий объем публикаций по теме диссертации, соответствующий пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, составляет 17,88 авторского листа.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка, списка публикаций автора и семи приложений. Общий объем диссертации составляет 284 страницы, из них 129 страниц основного текста, 77 рисунков на 45 страницах, 13 таблиц на 10 страницах, библиография из 182 источников, включая 35 публикаций автора, на 19 страницах, 7 приложений на 81 странице.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначаются актуальные задачи, решению которых посвящена диссертационная работа.

В **первой главе** рассмотрены области применения гибридных баз знаний интеллектуальных систем, способных решать комплексные задачи, сформулированы требования, предъявляемые к гибридным базам знаний, а также технологиям их разработки.

Проанализированы существующие модели и языки представления знаний и подходы к структуризации баз знаний. Установлено, что на сегодняшний день наиболее эффективным средством формализации и структуризации различных областей знаний, а также средством, обеспечивающим семантическую совместимость знаний, являются формальные онтологии, представляющие собой формальное описание систем используемых понятий. Рассмотрены существующие методологии разработки онтологий. Проведен анализ существующих средств разработки баз знаний, ориентированных на коллективную разработку, выявлены их основные недостатки.

На основе анализа существующих моделей, методов и средств разработки баз знаний выявлены проблемы совместимости различных видов знаний и модифицируемости баз знаний, а также проблемы высоких трудозатрат и длительных сроков их создания. Выяснено, что основными путями сокращения трудозатрат и сроков разработки баз знаний являются: повторное использование уже разработанных компонентов баз знаний; коллективная разработка баз знаний; комплексная автоматизация деятельности разработчиков баз знаний.

Сформулированы основные принципы, лежащие в основе предлагаемого подхода к решению указанных проблем, которые базируются на применении *Технологии OSTIS*, в рамках которой в качестве способа представления знаний используется язык унифицированных семантических сетей с теоретико-множественной интерпретацией их элементов, названный *SC-кодом*. Элементы такой сети названы *sc-элементами*. Компьютерные системы, разрабаты-

ваемые по Технологии OSTIS, названы *ostis-системами*. Память, в которой хранятся конструкции SC-кода, названа *sc-памятью*. Для решения указанных выше проблем предлагается разработать модель гибридных баз знаний, методику их согласованного построения и модификации, библиотеку многократно используемых компонентов баз знаний и инструментальные средства автоматизации деятельности разработчиков, а также их информационной поддержки.

Вторая глава посвящена разработке *модели гибридных баз знаний*. Данная модель основана на представлении знаний в виде унифицированных семантических сетей с теоретико-множественной интерпретацией.

В основе модели гибридных баз знаний лежит семантическая модель знаковой *структуры*, позволяющая рассматривать и специфицировать любой фрагмент базы знаний как самостоятельный объект описания. С формальной точки зрения *структура* – это множество, элементами которого являются все sc-элементы, входящие в состав обозначаемого данной структурой фрагмента базы знаний.

Модель гибридных баз знаний задается следующим образом:

$$M_{KB} = (S, S_{SD}, S_{ONT}, ONT_R, ONT_{HL}, \{M_{STR1}, M_{STR2}, \dots, M_{STRn}\}), \quad (1)$$

где S – множество явно вводимых *структур*, хранимых в базе знаний;

S_{SD} – множество явно вводимых *предметных областей*, $S_{SD} \subset S$;

S_{ONT} – множество *онтологий*, соответствующих предметным областям из S_{SD} ;

ONT_R – *Онтология внутренних знаков (sc-элементов)*, являющаяся онтологией представления в рамках предлагаемого подхода;

$ONT_{HL} = \{ONT_{STR}, ONT_K, ONT_{SN}, ONT_{SD}, ONT_O\}$ – набор онтологий верхнего уровня;

ONT_{STR} – онтология *Предметной области структур*;

ONT_K – онтология *Предметной области знаний*;

ONT_{SN} – онтология *Предметной области семантических окрестностей*;

ONT_{SD} – онтология *Предметной области предметных областей*;

ONT_O – онтология *Предметной области онтологий*, включающая классы онтологий различного типа;

M_{STRi} – модель структуризации баз знаний по i -му признаку.

Указанные онтологии верхнего уровня и онтология представления в совокупности составляют *Ядро баз знаний*, которое входит в состав каждой базы знаний, разрабатываемой на основе предложенной модели.

Формально модель структуризации гибридных баз знаний задается следующим образом:

$$M_{STR} = (I, STR_S, STR_{CI}, STR_{RI}), \quad (2)$$

где I – признак, по которому проводится структуризация базы знаний;

STR_S – множество структур, входящих в состав базы знаний;

STR_{CI} – множество выделяемых классов структур, определяемое заданным признаком структуризации;

STR_{RI} – множество отношений, специфицирующих структуры, входящие в состав базы знаний, определяемое заданным признаком структуризации.

Структура модели гибридных баз знаний представлена на рисунке 1.

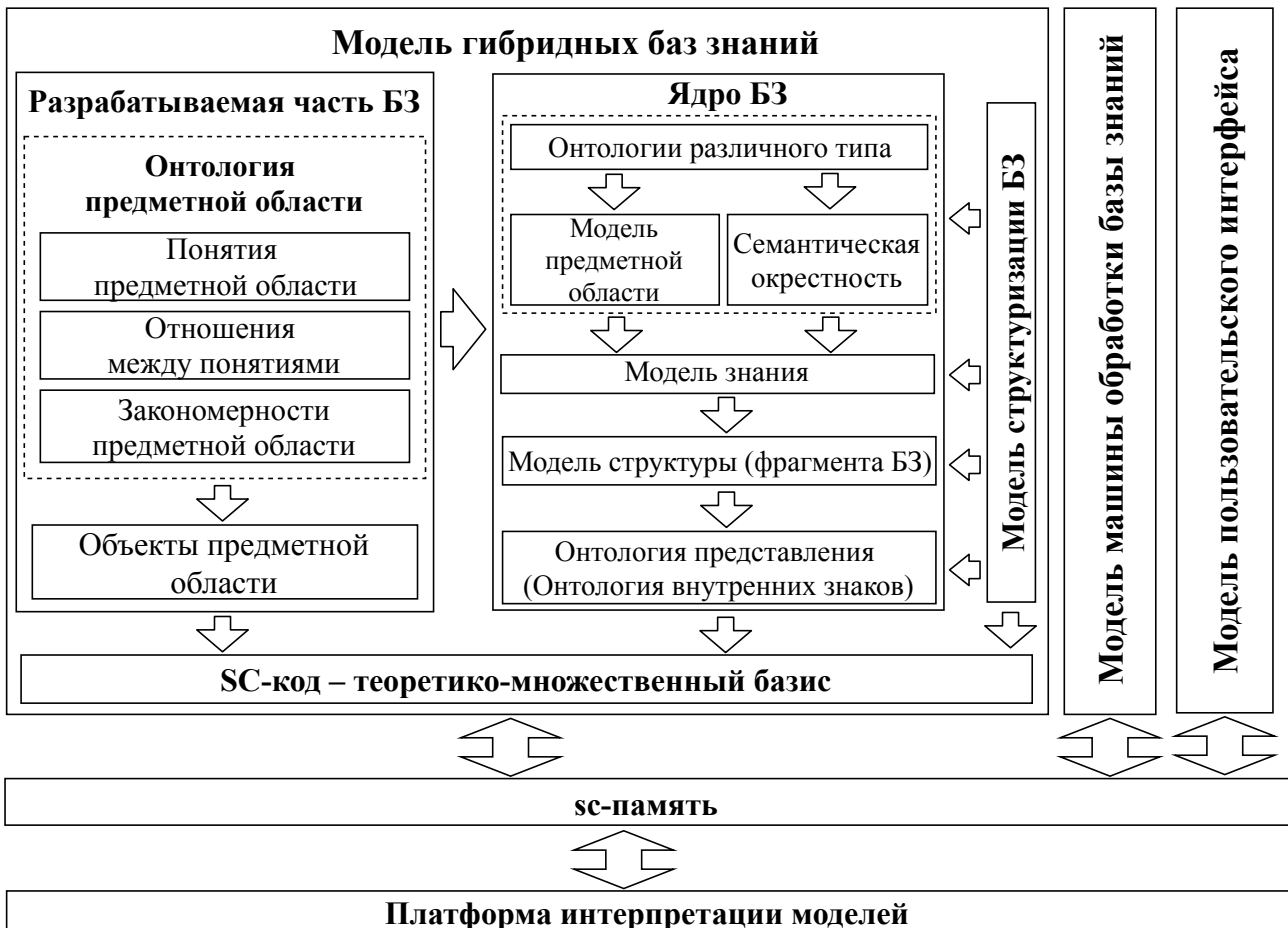


Рисунок 1: Структура модели гибридных баз знаний

В соответствии с предложенной моделью добавление в базу знаний знака новой сущности требует спецификации этой сущности и, в частности, нового понятия с использованием одного или более понятий из *Онтологии внутренних знаков* или набора онтологий верхнего уровня. Под спецификацией новой сущности в данном случае понимается указание факта включения или принадлежности различным понятиям из упомянутых онтологий, а также указание

принадлежности соответствующим предметным областям, что обеспечивает совместимость новой добавляемой информации с базой знаний. Спецификация нового понятия дополнительно требует добавления в базу знаний определения этого понятия, основанного на понятиях, известных базе знаний.

Добавление в базу знаний нового вида знаний осуществляется путем:

- введения в базу знаний знака новой предметной области, которая включает в себя знания соответствующего вида;
- построения на основе онтологии *Предметной области предметных областей* структурной спецификации этой предметной области, в рамках которой указываются роли всех ключевых понятий, используемых в специфицируемой предметной области (роль класса объектов исследования, роль подкласса объектов исследования, роль отношения, заданного на объектах исследования, роль понятия, рассматриваемого в смежной предметной области, и др.), а также указываются связи специфицируемой предметной области со смежными ей предметными областями;
- построения семейства онтологий, описывающих систему понятий, используемых в новой предметной области.

Использование предложенной модели гибридных баз знаний позволяет обеспечить:

- согласованное использование различных видов знаний за счет использования в качестве формальной основы кодирования информации SC-кода, синтаксис и семантика которого задаются онтологией представления (*Онтологией внутренних знаков*), а также за счет использования разработанного набора *онтологий верхнего уровня*, которые специфицируют виды сущностей, общие для всех предметных областей, и, в частности, знаний, на основе которых могут быть специфицированы любые другие виды сущностей и знаний;
- возможность структуризации базы знаний по различным признакам и возможность перехода от знаний к метазнаниям на неограниченное количество уровней;
- удобство обработки базы знаний за счет возможности использования метазнаний в процессе обработки, а также возможности локализации области поиска путей решения задач рамками одной или нескольких предметных областей, явно специфицируемых в базе знаний;
- легкость модификации базы знаний за счет стратификации базы знаний в виде иерархической системы достаточно независимых друг от друга предметных областей и соответствующих им онтологий, что позволяет в процессе разработки и изменения базы знаний четко различать те изменения каждой

предметной области или онтологии, которые требуют согласования со смежными предметными областями и онтологиями, от тех изменений, которые такого согласования не требуют;

– возможность одними и теми же средствами осуществлять верификацию, корректировку и оценку полноты не только той части базы знаний, которая предназначена для обслуживания конечных пользователей интеллектуальной системы, но и части базы знаний, которая осуществляет поддержку деятельности разработчиков (прежде всего это история и планы эволюции базы знаний).

Третья глава посвящена разработке методики и средств автоматизации согласованного построения и модификации гибридных баз знаний, а также библиотеки многократно используемых компонентов баз знаний.

Библиотека многократно используемых компонентов баз знаний включает в себя сами компоненты, средства их спецификации и средства автоматизации их поиска на основе указанных спецификаций. Каждый *многократно используемый компонент баз знаний* с формальной точки зрения представляет собой *структуру*. К основным семантическим классам многократно используемых компонентов баз знаний относятся спецификации различных сущностей, онтологии различных предметных областей, базы знаний типовых подсистем, интегрируемых в состав разрабатываемых интеллектуальных систем. Важнейшим компонентом библиотеки является рассмотренное выше *Ядро баз знаний*.

Методика согласованного построения и модификации гибридных баз знаний предполагает два основных этапа – этап создания стартовой версии разрабатываемой *ostis-системы*, база знаний которой синтезируется из компонентов, входящих в библиотеку многократно используемых компонентов баз знаний *ostis-систем*, и этап расширения и совершенствования базы знаний разрабатываемой *ostis-системы*, осуществляемый в рамках этой системы. Стартовая версия *ostis-системы* содержит набор знаний и средств решения задач, достаточный для дальнейшего развития системы. Предложенная методика включает в себя шаги, последовательность которых отражена на рисунке 2.

Основу рассматриваемой методики составляют формальная модель деятельности разработчиков, направленная на разработку и модификацию гибридных баз знаний, языковые средства спецификации предложений по редактированию базы знаний, способ внесения изменений в базу знаний, языковые средства спецификации переходных процессов в базе знаний и языковые средства спецификации противоречий и неполноты в базе знаний.



Рисунок 2: Методика согласованного построения и модификации гибридных баз знаний

Для организации проектной деятельности по созданию гибридных баз знаний в рамках диссертационной работы была построена формальная *модель деятельности, направленной на создание гибридных баз знаний коллективом разработчиков*, которая задается следующим образом:

$$M_{PA} = (D, PA_C, PA_R), \quad (3)$$

где D – множество ролей, выполняемых разработчиками базы знаний в процессе ее создания;

PA_C – множество классов действий, выполняемых разработчиками базы знаний;

PA_R – множество отношений, специфицирующих эти действия, в том числе задающие порядок их выполнения.

Процесс создания и редактирования гибридных баз знаний *ostis-систем* сводится к формированию разработчиками *предложений по редактированию* того или иного раздела базы знаний и последующему рассмотрению этих предложений *администратором базы знаний*. Каждое *предложение по редактированию базы знаний* является явно представленной в базе знаний структурой, в составе которой указываются *sc-элементы*, которые предлагается удалить из базы знаний, и *sc-элементы*, которые предлагается ввести в состав базы знаний. В случае необходимости для верификации поступающих предложений могут привлекаться *эксперты*, а управление процессом создания базы знаний осуществляется *менеджерами* проекта по ее разработке.

Инструментальные средства автоматизации процессов создания гибридных баз знаний реализованы в виде системы поддержки коллективной разработки гибридных баз знаний (СПБЗ).

На основе проведенного анализа аналогичных систем были сформулированы следующие дополнительные требования к функциональности СПБЗ, учитывающие недостатки рассмотренных аналогов: обеспечение возможности как ручного, так и автоматического редактирования баз знаний; обеспечение возможности автоматической верификации и анализа полноты базы знаний; обеспечение возможности согласования действий между членами коллектива разработчиков.

Реализация перечисленных возможностей предполагает, что все изменения осуществляются непосредственно в памяти интеллектуальной системы, что, в свою очередь, позволяет осуществлять разработку ее базы знаний в процессе эксплуатации системы.

Средства информационной поддержки разработчиков реализованы в виде интеллектуальной *Metасистемы IMS.ostis (Intelligent MetaSystem)*, которая также построена по Технологии OSTIS. В каждый момент времени метасистема содержит накопленные и формализованные к данному моменту модели, средства и методы разработки интеллектуальных систем по Технологии OSTIS.

Архитектура СПБЗ представлена на рисунке 3. Как видно из рисунка, СПБЗ является подсистемой, встраиваемой в разрабатываемую ostis-систему, и взаимодействует с ней через общую семантическую память (sc-память).

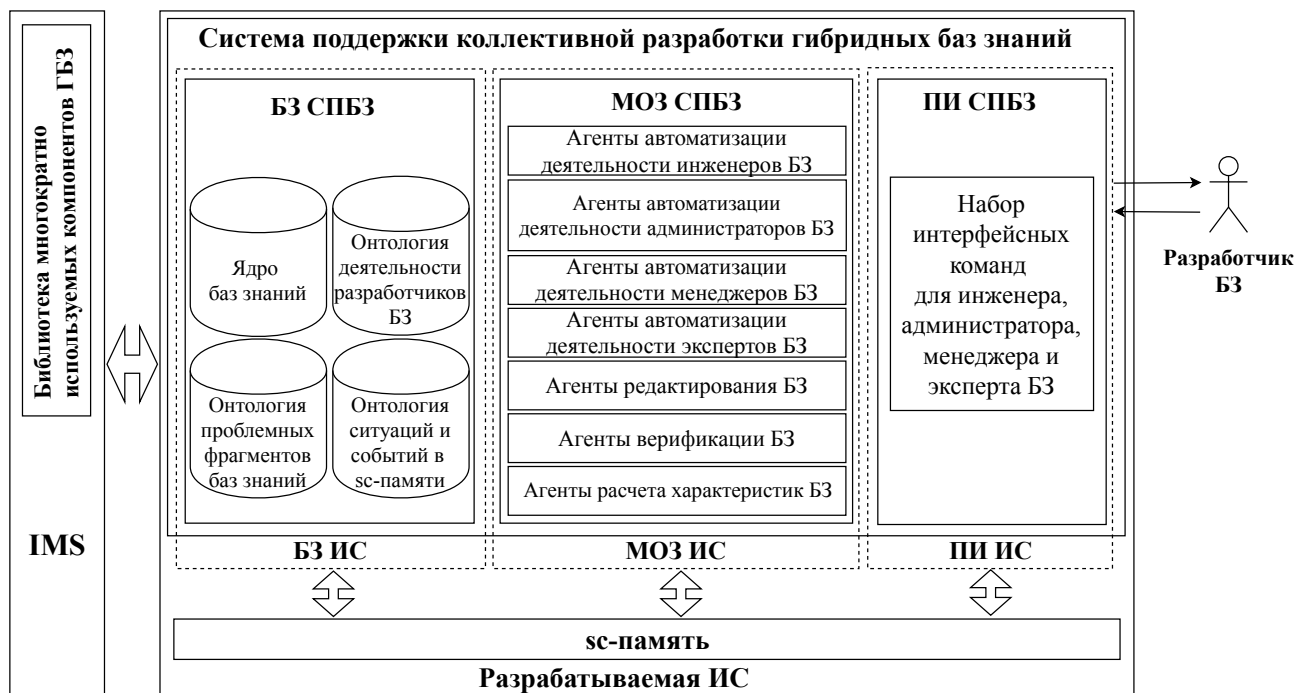


Рисунок 3: Архитектура СПБЗ

База знаний СПБЗ включает в себя все знания, необходимые для обеспечения процесса разработки и эволюции базы знаний, к которым относятся: Ядро баз знаний; формальная онтология предметной области деятельности, направленной на разработку и эволюцию баз знаний, включающая средства описания типологии ролей разработчиков баз знаний, классификации действий разработчиков, спецификации предложений по редактированию базы знаний; онтология предметной области проблемных структур, описывающих неполную, некорректную или избыточную информацию в базе знаний; средства спецификации изменений и переходных процессов в базе знаний.

Машина обработки базы знаний (МОЗ) СПБЗ представляет собой коллектив агентов, каждый из которых автоматизирует действия, принадлежащие какому-либо из классов действий по разработке баз знаний. *Пользовательский интерфейс* (ПИ) СПБЗ представлен набором интерфейсных команд, которые позволяют разработчикам инициировать деятельность нужного агента, входящего в состав этой системы.

В **четвертой главе** рассмотрена реализация и применение предложенных в данной работе моделей, методики и средств разработки и модификации гибридных баз знаний на примере справочной системы по Геометрии, Мета-системы IMS.ostis и системы автоматизации рецептурного производства.

Проведена оценка эффективности полученных результатов. Показана эффективность использования многократно используемых компонентов баз знаний при разработке баз знаний различных систем. На основе расчета метрик оценки когнитивной эргономичности онтологий сделан вывод о том, что структуризация базы знаний на основе выделения онтологий различного типа повышает когнитивные качества онтологий частного вида по сравнению с интегрированными онтологиями. При оценке соотношения количества элементов, входящих в состав Ядра баз знаний, к общему числу элементов базы знаний было выяснено, что процент заимствованной части базы знаний из библиотеки в среднем составляет 49 %. Применение предложенной в работе методики позволяет сократить время, затрачиваемое на разработку баз знаний, минимум на 22 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. На основе проведенного анализа сформулированы требования, предъявляемые к гибридным базам знаний, а также технологиям их разработки. Обоснована необходимость согласованного использования различных видов знаний и метазнаний в рамках одной базы знаний. В результате анализа существующих моделей, методов и средств разработки баз знаний выявлены

проблемы согласованного использования различных видов знаний в рамках базы знаний при решении комплексных задач, совместимости и модифицируемости баз знаний, а также высоких трудозатрат и длительных сроков их создания [1, 4, 10, 13, 31].

2. Разработана модель гибридных баз знаний, основанная на представлении знаний в виде однородных семантических сетей с теоретико-множественной интерпретацией, что позволяет обеспечить синтаксическую совместимость и унификацию представления различных видов знаний за счет обеспечения строгости трактовки различных понятий. Основу модели составляет множество знаков, обозначающих различные фрагменты базы знаний, которые позволяют рассматривать эти фрагменты в рамках базы знаний как отдельные объекты описания, тем самым обеспечить возможность представления многоуровневых метазнаний и структуризации базы знаний по различным признакам. Предложенная модель также включает в свой состав иерархическую систему формальных онтологий верхнего уровня, определяющих денотационную семантику понятий предметных областей, описывающих наиболее общие виды знаний, что позволяет обеспечить семантическую совместимость различных фрагментов, включаемых в базу знаний, а также самих баз знаний, разработанных при помощи указанной модели [3, 11, 19, 27, 29, 30, 32].

3. Предложена методика согласованного построения и модификации гибридных баз знаний с применением многократно используемых компонентов, новизна которой заключается в организации процесса согласования коллективных действий по разработке базы знаний через саму разрабатываемую базу знаний. В основе методики лежит формальная модель проектной деятельности, представленная в виде соответствующей формальной онтологии. Предложенная методика позволяет совершенствовать базу знаний непосредственно в процессе ее использования, а также накапливать и применять многократно используемые компоненты баз знаний в процессе разработки. Применение указанной методики позволяет сократить время, затрачиваемое на разработку баз знаний, минимум на 22 % [2, 5, 8, 9, 17, 22, 24, 28, 34].

4. Разработаны инструментальные средства автоматизации процесса согласованного построения и модификации гибридных баз знаний, ориентированные на предложенные модель и методику, позволяющие обеспечить непротиворечивость и полноту разрабатываемых баз знаний. Указанные средства реализованы в виде системы поддержки коллективной разработки гибридных баз знаний, которая включает языковые средства спецификации вносимых в базу знаний изменений, программные средства автоматизации деятельности разработчиков по редактированию и анализу качества базы знаний. Система встраивается как компонент в каждую разрабатываемую интеллектуальную

систему и позволяет осуществлять согласование, верификацию и редактирование различных фрагментов базы знаний непосредственно в процессе использования разрабатываемой интеллектуальной системы [1, 23, 35].

5. Разработана библиотека многократно используемых семантически совместимых компонентов гибридных баз знаний, которая помимо самих компонентов включает в себя средства их формальной спецификации в библиотеке, а также программные средства автоматизации поиска таких компонентов по различным параметрам. Важнейшим компонентом указанной библиотеки является Ядро баз знаний, входящее в состав всех баз знаний и обеспечивающее семантическую совместимость различных видов знаний, вводимых в состав разрабатываемых баз знаний. Наличие такой библиотеки позволяет сократить временные затраты на разработку баз знаний за счет повторного использования разработанных компонентов различной степени сложности. Экспериментально установлено, что процент заимствованной из библиотеки части базы знаний в различных системах составляет в среднем 49 % [5, 18, 20, 26].

6. С использованием предложенных моделей, методики и средств разработаны базы знаний интеллектуальной справочной системы по Геометрии, Метасистемы IMS.ostis, прототипа системы автоматизации рецептурного производства и других систем [2, 6, 7, 12, 14, 15, 16, 21, 25, 33].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные модели и средства могут быть использованы при разработке баз знаний интеллектуальных систем различного назначения, как прикладных, так и инструментальных.

Полученные в диссертации результаты внедрены и используются:

– при разработке базы знаний системы автоматизации рецептурного производства на предприятии ОАО «Савушкин продукт», г. Брест, Республика Беларусь;

– при разработке базы знаний семантического электронного учебника по дискретной математике на предприятии ООО «АйтиРекс», г. Минск, Республика Беларусь;

– при разработке базы знаний системы обработки вредоносных программ на предприятии ОДО «ВирусБлокАда», г. Минск, Республика Беларусь;

– в учебном процессе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» при подготовке студентов специальности «Искусственный интеллект», г. Минск, Республика Беларусь.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Давыденко, И. Т. Модель и средства компонентного проектирования баз знаний на основе унифицированных семантических сетей / И. Т. Давыденко // Электроника Инфо. — 2013. — № 11. — С. 23–26.
2. Давыденко, И. Т. Интеллектуальные геоинформационные системы на основе комплексной методики проектирования моделей интеллектуальных справочных систем / И. Т. Давыденко, С. А. Самодумкин // Докл. БГУИР. — 2013. — № 8. — С. 76–82.
3. Давыденко, И. Т. Смысловая модель базы знаний интеллектуальной метасистемы, поддерживающей технологию OSTIS / И. Т. Давыденко // Электроника Инфо. — 2014. — № 3. — С. 30–34.
4. Семантическая технология проектирования интеллектуальных систем / И. Т. Давыденко, В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич // Вестн. Кременчуг. нац. ун-та. — 2014. — № 5. — С. 28–33.
5. Комплексный подход к проектированию систем, управляемых знаниями, на основе библиотек компонентов / И. Т. Давыденко, Д. В. Шункевич, Д. Н. Корончик, Н. В. Гракова, А. В. Губаревич // Электроника Инфо. — 2015. — № 3. — С. 37–42.
6. Давыденко, И. Т. Применение семантических технологий для проектирования интеллектуальных систем управления жизненным циклом продукции / И. Т. Давыденко, А. В. Федотова // Изв. вузов. Машиностроение. — 2016. — № 3. — С. 74–81.
7. Проектирование предприятий рецептурного производства на основе онтологий / И. Т. Давыденко, В. В. Таберко, Д. С. Иванюк, В. В. Голенков, К. В. Русецкий, Д. В. Шункевич, В. В. Захаров, В. П. Ивашенко, Д. Н. Корончик // Онтология проектирования. — 2017. — Т. 7, № 2. — С. 123–144.

Статьи в научных журналах

8. Давыденко, И. Т. Комплексная методика проектирования интеллектуальных справочных систем, основанная на массовой семантической технологии проектирования компьютерных систем / И. Т. Давыденко // Кибернетика и программирование. — 2012. — № 2. — С. 10–17.
9. Давыденко, И. Т. Методика проектирования семантической модели интеллектуальной справочной системы, основанная на семантических сетях / И. Т. Давыденко, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич // Програм. системы и вычисл. методы. — 2013. — № 1. — С. 56–68.

10. Давыденко, И. Т. Семантическая технология проектирования интеллектуальных решателей задач на основе агентно-ориентированного подхода / И. Т. Давыденко, В. В. Голенков, Д. В. Шункевич // Програм. системы и вычисл. методы. — 2013. — № 1. — С. 82–94.

11. Давыденко, И. Т. Семантическая модель базы знаний интеллектуальной справочной системы / И. Т. Давыденко // Кибернетика и программирование. — 2013. — № 2. — С. 1–11.

Статьи в сборниках материалов научных конференций, включенных в системы международного цитирования (Scopus)

12. Davydenko, I. Design intelligent lifecycle management systems based on applying of semantic technologies / I. Davydenko, A. Fedotova, A. Pfortner // Intelligent Information Technologies for Industry (IITI'16) : proc. of the First Intern. sci. conf., Sochi, 16–21 May 2016 : in 2 vol. / ed.: A. Abraham [et al.]. — Cham, 2016. — Vol. 1. — P. 251–260.

13. Семантическая модель представления и обработки баз знаний / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, И. Т. Давыденко, Д. В. Шункевич // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных : сб. науч. тр. XIX Междунар. конф. DAMDID / RCDL'2017, Москва, 10–13 окт. 2017 г. / Федер. исслед. центр «Информатика и управление» Рос. акад. наук [и др.] ; под ред. Л. А. Калиниченко [и др.] — М., 2017. — С. 412–419.

Статьи в сборниках материалов докладов научных конференций

14. Давыденко, И. Т. Разработка базы знаний и поисковой машины обработки знаний интеллектуальной справочной системы по геометрии / И. Т. Давыденко, В. А. Житко, И. А. Лещева // Управление знаниями и технологии семантического веба–2010 : сб. тр. конф., Санкт-Петербург, 4–5 дек. 2010 г. / С.-Петерб. гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. — СПб., 2010. — С. 25–28.

15. Интеллектуальная справочная система по геометрии / И. Т. Давыденко, В. А. Житко, С. С. Заливако, Д. Н. Корончик, С. Г. Мошенко, О. Ю. Савельева, С. С. Старцев, Д. В. Шункевич // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2011) : материалы I Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–12 февр. 2011 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2011. — С. 463–482.

16. Давыденко, И. Т. Разработка базы знаний интеллектуальной справочной системы на примере базы знаний по геометрии / И. Т. Давыденко // Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы

(ISyT'2011) : материалы междунар. лет. шк.-семинара по искусств. интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых / Твер. гос. техн. ун-т. — Тверь, 2011. — С. 257–262.

17. Давыденко, И. Т. Комплексная методика проектирования семантических моделей интеллектуальных справочных систем / И. Т. Давыденко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2012) : материалы II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 февр. 2012 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2012.— С. 457–466.

18. Давыденко, И. Т. Технология компонентного проектирования баз знаний на основе унифицированных семантических сетей / И. Т. Давыденко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2013) : материалы III Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21–23 февр. 2013 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2013.— С. 185–190.

19. Давыденко, И. Т. Структуризация баз знаний на основе унифицированных семантических сетей / И. Т. Давыденко, Н. А. Гулякина // Интеллектуальный анализ информации (ИАИ-2013) : сб. тр. междунар. науч. конф. им. Т. А. Таран, Киев, 15–17 мая 2013 г. / Нац. техн. ун-т Украины «Киев. политехн. ин-т» ; под ред. С. В. Сироты. — Киев, 2013. — С. 142–146.

20. Давыденко, И. Т. Компонентное проектирование баз знаний на основе семантических сетей / И. Т. Давыденко // Информационные технологии и системы-2013 (ИТС 2013) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 23 окт. 2013 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред) [и др.]. — Минск, 2013. — С. 114–115.

21. Давыденко, И. Т. База знаний интеллектуальной метасистемы поддержки проектирования интеллектуальных систем / И. Т. Давыденко, Н. В. Гракова, К. В. Русецкий // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2014) : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 20–22 февр. 2014 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2014.— С. 83–92.

22. Давыденко, И. Т. Методика коллективного проектирования баз знаний с использованием семантической модели коллективного проектирования баз знаний / И. Т. Давыденко, М. Н. Святкина, А. В. Федотова // Информационные технологии и системы-2014 (ИТС 2014) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 29 окт. 2014 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2014. — С. 154–155.

23. Средства поддержки компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / И. Т. Давыденко, Д. В. Шункевич, Д. Н. Корончик, И. И. Жуков, А. В. Паркалов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015) : материалы V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 февр. 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2015. — С. 79–88.

24. Методика компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / И. Т. Давыденко, Д. В. Шункевич, Д. Н. Корончик, А. В. Губаревич, А. С. Борискин // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015) : материалы V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 февр. 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2015. — С. 93–110.

25. Онтологическое моделирование для реализации семантических технологий создания интеллектуальной системы управления жизненным циклом / И. Т. Давыденко, А. В. Федотова, М. Н. Святкина, Д. В. Шункевич // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015) : материалы IX межрегион. конф., Санкт-Петербург, 28–30 окт. 2015 г. / С.-Петерб. о-во информатики, вычисл. техники, систем связи и упр. ; редкол.: Б. Я. Советов [и др.]. — СПб., 2015. — С. 336.

26. Давыденко, И. Т. Проектирование баз знаний на основе библиотек многократно используемых компонентов / И. Т. Давыденко, А. Ю. Богатко, А. И. Сидоренко // Информационные технологии и системы-2015 (ИТС 2015) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 28 окт. 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2015. — С. 104–105.

27. Давыденко, И. Т. Семантическая структуризация базы знаний интеллектуальной справочной системы по геометрии / И. Т. Давыденко, Е. А. Дюбина // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 3–4 дек. 2015 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Б. В. Никульшин [и др.]. — Минск, 2015. — С. 153–154.

28. Давыденко, И. Т. Семантическая модель коллективного проектирования баз знаний / И. Т. Давыденко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2016) : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–20 февр. 2016 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2016. — С. 107–114.

29. Средства структуризации семантических моделей баз знаний / И. Т. Давыденко, Н. В. Гракова, Е. С. Сергиенко, А. В. Федотова // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2016) : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–20 февр. 2016 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2016.— С. 93–106.

30. Давыденко, И. Т. Онтологический подход к построению баз знаний на основе семантических сетей / И. Т. Давыденко, В. Б. Тарасов, А. В. Федотова // Информационные технологии и системы-2016 (ИТС 2016) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 26 окт. 2016 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2016. — С. 150–151.

31. Lifecycle ontologies: background and state-of-the art / I. Davydenko, A. Fedotova, V. Tarassov, D. Mouromtsev // Fifth International Conference on Intelligent Systems and Applications (INTELLI 2016), Barcelona, 13–17 November 2016 / Intern. Acad., Research a. Industry Assoc. ; ed. A. Martin. — Barselona, 2016. — P. 76–82.

32. Davydenko, I. Ontology-based knowledge base design / I. Davydenko // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 февр. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2017.— Вып. 1. — P. 57–72.

33. Ontology-based design of batch manufacturing enterprises / I. Davydenko, V. Taberko, D. Ivanyuk, K. Rusetski, D. Shunkevich, V. Zakharov, V. Ivashenko, D. Koronchik // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 февр. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2017.— Вып. 1. — P. 265–280.

34. Давыденко, И. Т. Комплексный подход к разработке баз знаний интеллектуальных систем на основе семантических сетей / И. Т. Давыденко, Н. А. Гулякина // Информационные технологии и системы-2017 (ИТС 2017) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2017. — С. 118–119.

35. Давыденко, И. Т. Система поддержки коллективного создания баз знаний / И. Т. Давыденко, А. В. Зверуго // Информационные технологии и системы-2017 (ИТС 2017) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2017. — С. 116–117.

РЕЗЮМЕ

Давыденко Ирина Тимофеевна

МОДЕЛИ, МЕТОДИКА И СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ГИБРИДНЫХ БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ МНОГОКРАТНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ

Ключевые слова: база знаний, система, основанная на знаниях, семантическая сеть, семантическая структуризация, семантическая совместимость баз знаний.

Цель исследования: разработка моделей, методики и средств согласованного построения и модификации гибридных баз знаний, представленных в виде семантических сетей, на основе семантической совместимости многократно используемых компонентов.

Методы исследования: методы инженерии знаний; теория информационного поиска; теория множеств; математическая логика; теория графов.

Полученные результаты и их новизна: в работе исследованы подходы к разработке гибридных баз знаний на основе семантических технологий. Разработана модель гибридных баз знаний, в основу которой положено представление информации в виде семантических сетей с теоретико-множественной интерпретацией. Предложенная модель позволяет обеспечить синтаксическую и семантическую совместимость представления различных видов знаний. Разработана модель структуризации гибридных баз знаний, позволяющая применить к одной базе знаний одновременно несколько видов структуризации по различным признакам. Для разработки указанной модели предложена методика, основанная на использовании формальной модели онтологии проектной деятельности разработчиков гибридных баз знаний. Разработаны средства автоматизации процесса согласованного построения и модификации гибридных баз знаний и информационной поддержки разработчиков таких баз знаний, позволяющие автоматизировать деятельность разработчиков как в процессе согласования фрагментов базы знаний, так и в процессе ее верификации и редактирования. Разработана библиотека многократно используемых семантически совместимых компонентов баз знаний, основанная на выделенной типологии знаний и позволяющая сократить сроки разработки баз знаний.

Рекомендации к использованию и область применения: разработанные модели, методика и средства могут быть использованы при разработке баз знаний интеллектуальных систем различного назначения. Полученные результаты внедрены в технологический процесс предприятий Республики Беларусь, а также использованы в открытых проектах по разработке интеллектуальных систем различного назначения.

РЭЗІЮМЭ

Давыдзенка Ірына Цімафееўна

**СЕМАНТЫЧНЫЯ МАДЭЛІ, МЕТОДЫКА І СРОДКІ РАСПРАЦОЎКІ
ГІБРЫДНЫХ БАЗ ВЕДАЎ НА АСНОВЕ СЕМАНТЫЧНАЙ
СУМЯШЧАЛЬНАСЦІ ШМАТРАЗОВА ВЫКАРЫСТОЎВАЕМЫХ
КАМПАНЕНТАЎ**

Ключавыя словы: база ведаў, сістэма, заснаваная на ведах, семантычныя сеткі, семантычная структурызацыя, семантычная сумяшчальнасць баз ведаў.

Мэта работы: распрацоўка мадэляў, методыкі і сродкаў узгодненай пабудовы і мадыфікацыі гібрыдных баз ведаў, прадстаўленых у выглядзе семантычных сетак, на аснове семантычнай сумяшчальнасці шматразова выкарыстоўваемых кампанентаў.

Метады даследвання: метады інжэнерыі ведаў; тэорыя інфармацыйнага пошуку; тэорыя мностваў; матэматычная логіка; тэорыя графаў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у працы даследаваны падыходы да распрацоўкі гібрыдных баз ведаў, на падставе семантычных тэхналогій. Распрацавана семантычная мадэль гібрыдных баз ведаў, у аснову якой пакладзе на прадстаўленне інфармацыі ў выглядзе семантычных сетак з тэарэтычна-множнай інтэрпрэтацыяй. Прапанаваная мадэль дазваляе забяспечыць сінтаксічную і семантычную сумяшчальнасць прадстаўлення розных відаў ведаў. Распрацавана мадэль структурызацыі гібрыдных баз ведаў, якія дазваляюць прымяніць да адной базы ведаў адначасова некалькі відаў структурызацыі па розных прыкметах. Для распрацоўкі ўказанай мадэлі прапанавана методыка, заснаваная на выкарыстанні фармальнай мадэлі анталогіі праектнай дзейнасці распрацоўшчыкаў гібрыдных баз ведаў. Распрацаваныя сродкі аўтаматызацыі працэсаў узгодненай пабудовы і мадыфікацыі гібрыдных баз ведаў і інфармацыйнай падтрымкі распрацоўшчыкаў такіх баз ведаў, якія дазваляюць аўтаматызаваць дзейнасць распрацоўшчыкаў як падчас працэса ўзгаднення фрагментаў баз ведаў, так і ў працэсе яе верыфікацыі і рэдагавання. Распрацавана бібліятэка шматразова выкарыстоўваемых семантычна сумяшчальных кампанентаў баз ведаў, заснаваная на выдзяленні тыпалогіі ведаў, якая дазваляе скараціць тэрмін распрацоўкі баз ведаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні і вобласць ужывання: распрацаваныя мадэлі, методыка і сродкі могуць быць выкарыстаны падчас распрацоўкі баз ведаў інтэлектуальных сістэм разнастайнага прызначэння. Атрыманыя вынікі былі ўкаранёныя ў тэхналагічны працэс прадпрыемстваў Рэспублікі Беларусь, а таксама выкарыстаныя ў адкрытых праектах па распрацоўцы інтэлектуальных сістэм разнастайнага прызначэння.

SUMMARY

Davydenko Irina Timofeevna

SEMANTIC MODELS, METHOD AND TOOLS OF HYBRID KNOWLEDGE BASES DEVELOPMENT BASED ON SEMANTIC INTEROPERABILITY OF MULTIPLE USED COMPONENTS

Key words: knowledge base, knowledge-based system, semantic model, semantic networks, semantic structuring, semantic interoperability.

The purpose of research: development of models, methods and tools for coordinated construction and modification of hybrid knowledge bases represented in the form of semantic networks, based on semantic interoperability of reusable components.

The research methods: methods of knowledge engineering; theory of information search; set theory; mathematical logic; graph theory.

The obtained results and their novelty: in this paper explored approaches for the hybrid knowledge base design based on the semantic technologies. Developed the semantic model of the hybrid knowledge base, which is based on information representation in the form of semantic networks with set-theoretic interpretation. The proposed model allows to provide syntactic and semantic interoperability of the representation of various types of knowledge. Worked out the model of the hybrid knowledge base structuring, which allows to apply for the same knowledge base concurrently several types of structuring according to the different characteristics. For this model design was proposed the method, based on using the formal model of ontology of the developers of knowledge bases project activity. Developed the tools for automating the process of coordinated construction and modification of hybrid knowledge bases and information support for knowledge base developers, which allow to automate the activity of developers both in the process of coordinating the fragments of the hybrid knowledge base, and in the process of its verification and editing. Worked out the library of reusable semantically compatible components of knowledge bases, based on the selected knowledge typology and allowing to reduce the labor costs for the knowledge bases design.

Recommendations on the use and field of application: developed models, methods and tools were implemented in the technological process of enterprises of the Republic of Belarus, as well as were used in open projects for intelligent systems design.

Научное издание

Давыденко Ирина Тимофеевна

**МОДЕЛИ, МЕТОДИКА И СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ГИБРИДНЫХ
БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ
МНОГОКРАТНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики

Подписано в печать .04.2018 г. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. 1,63. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 60 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/238 от 24.03.2014,
№ 2/113 от 07.04.2014, № 3/615 от 07.04.2014.
ЛП № 02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровка, 6