

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 004.82:004.89

ШУНКЕВИЧ
Даниил Вячеславович

АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШАТЕЛИ ЗАДАЧ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

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 **Голенков Владимир Васильевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты: **Татур Михаил Михайлович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электронных вычислительных машин учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Ерофеев Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе Белорусского государственного университета транспорта

Оппонирующая организация Белорусский государственный университет

Защита состоится «04» октября 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 «_____» сентября 2018 г.

И. о. ученого секретаря совета
по защите диссертаций
доктор технических наук

М. М. Татур

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все более актуальным становится использование интеллектуальных систем в самых различных областях. Одним из ключевых компонентов интеллектуальной системы, обеспечивающим возможность решать широкий круг задач, является решатель задач. Особенностью решателей задач интеллектуальных систем по сравнению с другими современными программными системами является необходимость решать задачи в условиях, когда сведения, необходимые для решения задачи, не локализованы явно в базе знаний интеллектуальной системы и должны быть найдены в процессе решения задачи на основании каких-либо критериев.

Расширение областей применения интеллектуальных систем требует от таких систем возможности решения комплексных задач, решение каждой из которых предполагает совместное использование целого ряда различных моделей представления знаний и различных моделей решения задач. Кроме того, решение комплексных задач предполагает использование общих информационных ресурсов (в предельном случае – всей базы знаний интеллектуальной системы) различными компонентами решателя, ориентированными на решение различных подзадач. Поскольку решатель комплексных задач осуществляет интеграцию различных моделей решения задач, будем называть его *гибридным решателем задач*.

Примерами комплексных задач являются:

- задачи понимания текстов естественного языка (как печатных, так и рукописных), понимания речевых сообщений, изображений;
- задачи автоматизации адаптивного обучения школьников и студентов;
- задачи планирования поведения интеллектуальных роботов;
- задачи комплексной и гибкой автоматизации различных предприятий;
- и другие.

Использование различных моделей решения задач в рамках интеллектуальной системы предполагает декомпозицию комплексной задачи на подзадачи, которые могут быть решены с помощью одной из известных интеллектуальной системе моделей решения задач. Благодаря комбинации различных моделей решения задач, множество задач, решаемых гибридным решателем, будет значительно шире, чем объединение множеств задач, решаемых по отдельности всеми решателями задач, входящими в его состав.

Постоянная эволюция интеллектуальных систем и технологий их разработки делает актуальной не только проблему снижения сроков разработки гибридных решателей задач, но и проблему снижения трудоемкости внесения изменений в состав уже разработанных решателей без необходимости изменения архитектуры всей системы в целом.

Современные подходы к построению гибридных решателей задач, как правило, предполагают совмещение разнородных моделей решения задач без какой-либо единой основы, например, посредством специализированных программных интерфейсов между разными компонентами системы, что приводит к существенным накладным расходам при разработке такой системы и в особенности при ее модификации, в том числе при добавлении в систему новой модели решения задач.

Таким образом, несмотря на успехи в области разработки решателей задач интеллектуальных систем, остаются нерешенными проблемы, связанные с обеспечением:

- совместимости различных частных решателей задач, т. е. возможности их согласованного использования при решении одной и той же комплексной задачи;

- возможности без существенных накладных расходов модифицировать гибридный решатель непосредственно в процессе эксплуатации интеллектуальной системы, в том числе расширять число используемых моделей решения задач без каких-либо ограничений на вид этих моделей. Такое требование обусловлено тем, что при решении комплексной задачи априори может оказаться неизвестным, какие именно модели решения задач и виды знаний могут потребоваться.

Важным способом снижения трудоемкости процесса изменения функциональности интеллектуальных систем является накопление библиотек совместимых компонентов решателей, которые позволят значительно снизить как сроки разработки и модификации решателей, так и уровень профессиональных требований к их разработчикам.

Кроме того, актуальной является проблема создания самих средств разработки гибридных решателей задач, обеспечивающих информационную поддержку и автоматизацию деятельности разработчиков.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Тема диссертации соответствует приоритетному направлению «Информатика и космические исследования» согласно 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 выполнено в рамках следующих НИР: «Семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных решателей задач» (грант Министерства образования № 12-3134 от

27.12.2011, № ГР 20121587); «Методы и средства онтологического моделирования для семантических технологий проектирования интеллектуальных систем» (БРФФИ № Ф15РМ-074 от 04.05.2015 г., № ГР 20151081); «Формализация темпоральных рассуждений в интеллектуальных системах» (БРФФИ № Ф16Р-102 от 20.05.2016 г., № ГР 20164340); «Разработка методов и средств поддержки принятия решений при выявлении информационных операций» (БРФФИ № Ф16К-068 от 21.10.2016 г., № ГР 20164717).

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка комплекса моделей, методики и средств построения и модификации гибридных решателей задач интеллектуальных систем.

Указанная цель определяет следующие *задачи исследования*:

1. Проанализировать существующие модели, методики и средства построения решателей задач, а также модели, методы и средства повышения эффективности и модифицируемости таких решателей, в частности, в направлении расширения множества решаемых ими задач.

2. Разработать агентно-ориентированную модель гибридного решателя задач, обеспечивающую интеграцию различных моделей решения задач в рамках одной интеллектуальной системы при решении комплексных задач.

3. Разработать формальную модель взаимодействия информационных процессов в общей семантической памяти, включающую классификацию таких процессов, средства их синхронизации, а также принципы взаимодействия агентов, выполняющих указанные процессы.

4. Разработать методику построения и модификации гибридных решателей задач, ориентированных на решение задач в семантической памяти, в основе которой лежит формальное описание деятельности разработчиков таких решателей.

5. Разработать средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации решателей задач.

Объектом исследования являются решатели задач интеллектуальных систем. *Предметом исследования* являются процессы решения задач и процессы построения и модификации решателей задач, а также принципы разработки программных средств автоматизации указанных процессов.

Научная новизна

1. Разработана агентно-ориентированная модель гибридного решателя задач интеллектуальных систем, в рамках которой гибридный решатель рассматривается как иерархическая система агентов, управляемых ситуациями и

событиями в общей семантической памяти. Новизна заключается в применении предложенного принципа разделения процесса решения каждой задачи на логически атомарные действия, что позволяет обеспечить совместимость и модифицируемость решателей, а также в рассмотрении решателя как иерархической системы агентов, что обеспечивает возможность поэтапного проектирования решателя и независимой отладки его компонентов.

2. Разработана формальная модель взаимодействия параллельных асинхронных информационных процессов в общей семантической памяти. Новизна заключается в применении принципа коммуникации агентов, выполняющих указанные процессы, предполагающего коммуникацию агентов исключительно посредством спецификации в общей семантической памяти выполняемых ими информационных процессов, что обеспечивает совместимость и модифицируемость гибридных решателей, а также в применении модели метаагентов как средства выявления и устранения взаимоблокировок.

3. Разработана методика построения и модификации гибридных решателей задач. Новизна заключается в ориентации методики на предложенную агентно-ориентированную модель гибридного решателя, а также в применении для разработки гибридных решателей формальной онтологии деятельности разработчиков таких решателей и ориентации на применение многократно используемых компонентов решателей на каждом уровне структурной иерархии разрабатываемого гибридного решателя.

4. Разработаны средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации гибридных решателей задач, включающие средства автоматизации процесса построения агентов обработки знаний, а также библиотеку многократно используемых агентов и программ обработки знаний. Новизна заключается в том, что все разработанные в рамках исследования модели и методика формально описаны и включены в базу знаний разрабатываемой интеллектуальной метасистемы, что позволяет обеспечить информационную поддержку разработчиков гибридных решателей задач, а также в применении для построения указанных средств предложенной модели гибридного решателя, что обеспечивает модифицируемость самих указанных средств.

Положения, выносимые на защиту

1. Агентно-ориентированная модель гибридного решателя задач, рассматривающая каждый такой решатель как иерархическую систему агентов, управляемых ситуациями и событиями в общей семантической памяти, обеспечивающая модифицируемость таких решателей задач, а также возможность

решения задач, требующих совместного использования различных методов решения задач.

2. Формальная модель взаимодействия параллельных асинхронных информационных процессов в общей семантической памяти, определяющая принцип коммуникации агентов, выполняющих указанные процессы, включающая средства синхронизации процессов на основе механизма блокировок элементов семантической памяти и обеспечивающая возможность спецификации планируемых блокировок, а также выявления и устранения взаимоблокировок.

3. Методика построения и модификации гибридных решателей задач, основанная на формальной онтологии деятельности разработчиков таких решателей и ориентированная на применение многократно используемых компонентов решателей, позволяющая снизить сроки разработки решателей как минимум на 31 % за счет использования разработанных ранее компонентов.

4. Средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации гибридных решателей задач, включающие средства автоматизации процесса построения агентов обработки знаний и библиотеку многократно используемых компонентов таких решателей, которая в текущий момент позволяет сократить число агентов, разрабатываемых для каждого решателя, как минимум на 37 %.

Личный вклад соискателя ученой степени

Диссертационное исследование является квалификационной научной работой, выполненной соискателем самостоятельно на основе изучения отечественной и иностранной литературы, математических моделей, средств и методов в области представления знаний и решения задач. Основные выводы, теоретические положения и практические разработки принадлежат автору диссертации и составляют содержание данной работы. Научный руководитель д-р техн. наук, проф. В. В. Голенков принимал участие в постановке задач исследования, определении возможных путей решения, оценке результатов.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференции «Управление знаниями и технологии семантического веба» (Санкт-Петербург, 2010), Международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (Минск, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), Международной летней школе-семинаре по искусственному интеллекту «Интеллектуаль-

ные системы и технологии: современное состояние и перспективы» (Тверь-Протасово, 2011), Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе» (Йошкар-Ола, 2013, 2014), Международной научной конференции им. Т. А.Таран «Интеллектуальный анализ информации» (Киев, 2013), Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2013), Международной конференции-форуме «Информационные системы и технологии (IST)» (Минск, 2010), Международной конференции «Информационные технологии и системы (ИТС)» (Минск, 2013, 2014, 2015, 2016), Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (Минск, 2013), Межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России (ИБРР)» (Санкт-Петербург, 2015), International Conference on «Data Analytics and Management in Data Intensive Domains» (Москва, 2017).

Опубликование результатов диссертации

По материалам выполненных исследований опубликовано 37 научных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых изданиях. Без соавторства опубликовано 10 работ, из них 1 статья 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 около 18,88 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 17 приложений. Общий объем диссертации составляет 254 страницы, из которых 157 страниц основного текста, 51 рисунок на 26 страницах, 5 таблиц на 4 страницах, библиография из 167 источников, включая 37 публикаций автора, приложения на 50 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначены актуальные задачи, решению которых посвящена диссертационная работа, дано определение понятию гибридного решателя задач.

В **первой главе** обоснована актуальность согласованного использования нескольких моделей при решении комплексных задач в интеллектуальных си-

стемах. На основе анализа примеров такого рода задач сформулированы требования к гибридным решателям задач и технологиям их создания. Рассмотрены существующие подходы к построению решателей, выявлены их недостатки. Сформулирована проблема совместимости различных моделей решения задач на общей семантической основе, препятствующая созданию гибридных решателей и технологий, удовлетворяющих указанным требованиям.

В качестве основы для построения гибридных решателей задач предлагается использовать вариант реализации многоагентного подхода, при котором агенты взаимодействуют между собой путем спецификации информационных процессов, выполняемых агентами в семантической памяти.

Основные принципы предлагаемого подхода:

– коммуникация агентов осуществляется по принципу «доски объявлений», однако в отличие от классического подхода в роли сообщений выступают спецификации в общей семантической памяти выполняемых агентами процессов, направленных на решение каких-либо задач, а в роли среды коммуникации выступает сама семантическая память. Такой подход позволяет:

- исключить необходимость разработки специализированного языка для обмена сообщениями;

- обеспечить «обезличенность» общения, т. е. каждый из агентов в общем случае не знает, какие еще агенты есть в системе, кем сформулирован и кому адресован тот или иной запрос;

- агентам, в том числе конечному пользователю, формулировать задачи в *декларативном ключе*, т. е. не указывать для каждой задачи способ ее решения;

- сделать средства коммуникации агентов и синхронизации их деятельности более понятными разработчику и пользователю системы;

– в роли внешней среды для агентов выступает та же семантическая память, в которой формулируются задачи и посредством которой осуществляется взаимодействие агентов;

– спецификация каждого агента описывается средствами языка представления знаний в той же семантической памяти;

– синхронизация деятельности агентов осуществляется на уровне выполняемых ими процессов, направленных на решение задач в семантической памяти;

– каждый информационный процесс в любой момент времени имеет ассоциативный доступ к необходимым фрагментам базы знаний (с учетом механизма синхронизации);

– каждый из агентов обладает набором ключевых элементов (как правило, понятий), которые он использует в качестве отправных точек при ассоци-

ативном поиске в рамках базы знаний.

Модель семантической памяти, используемая в данной работе, реализуется в виде хранилища семантических сетей (sc-хранилища), которое является частью платформы интерпретации семантических моделей (sc-моделей) интеллектуальных систем и обеспечивает возможность чтения и редактирования семантической сети, хранящейся в памяти. Платформа интерпретации кроме sc-хранилища включает также интерпретатор программ базового языка программирования, ориентированного на обработку унифицированных семантических сетей (языка SCP), программы которого также хранятся в семантической памяти. Таким образом, программа каждого агента, входящего в состав решателя, может быть реализована как платформенно-независимым образом (на языке SCP), так и платформенно-зависимым образом. Платформа интерпретации в общем случае может быть реализована различными способами, в том числе аппаратно.

Для реализации указанного подхода предлагается разработать агентно-ориентированную модель гибридного решателя задач интеллектуальных систем, а также формальную модель взаимодействия параллельных асинхронных информационных процессов, выполняемых агентами в общей семантической памяти.

Для снижения трудоемкости построения и модификации гибридных решателей задач и требований к их разработчикам предлагается разработать методику построения и модификации таких решателей, основанную на формальной онтологии деятельности разработчиков, и средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации таких решателей, включающие библиотеку многократно используемых компонентов решателей.

Предлагаемые в диссертационной работе модели, методика и средства предполагается разрабатывать как часть открытой семантической технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS.

В рамках **второй главы** предложена модель взаимодействия параллельных асинхронных информационных процессов в общей семантической памяти, определяющая принцип коммуникации агентов, выполняющих указанные процессы, включающая средства синхронизации процессов на основе механизма блокировок элементов семантической памяти и обеспечивающая возможность спецификации планируемых блокировок, а также выявления и устранения взаимоблокировок.

Графическая иллюстрация модели взаимодействия процессов показана на рисунке 1. Как видно из рисунка, в соответствии с изложенными выше принципами агенты не обмениваются сообщениями напрямую, коммуника-

ция между агентами осуществляется посредством спецификации выполняемых ими информационных процессов. В свою очередь, синхронизация выполнения параллельных информационных процессов осуществляется с использованием механизма блокировок элементов семантической памяти. Спецификация каждого такого процесса фиксируется в семантической памяти. Каждый агент также имеет соответствующую спецификацию, которая является частью базы знаний системы и содержит сведения об условиях инициирования агента, возможных результатах его работы, ключевых элементах и т. д.

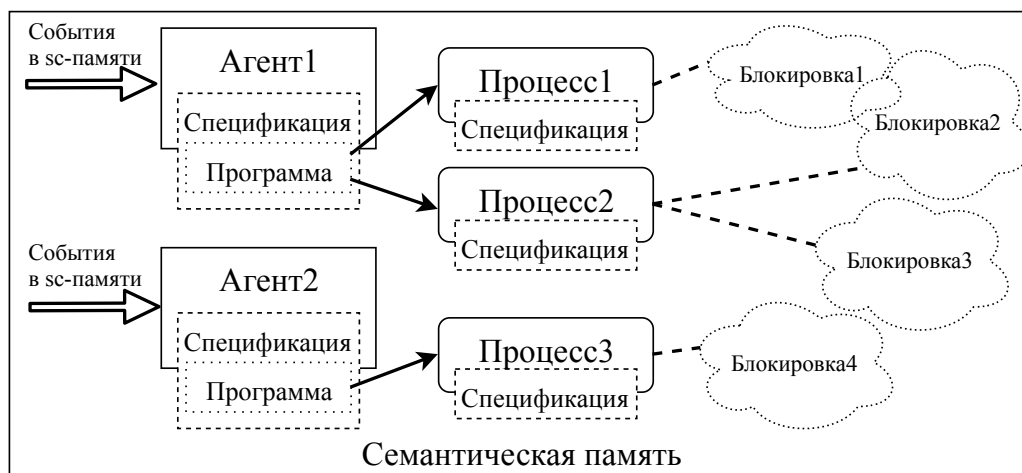


Рисунок 1. – Модель взаимодействия процессов в семантической памяти

Формально модель информационных процессов в семантической памяти задается следующим образом:

$$M_{IPM} = \{M_A, M_S, M_{SYNC}, M_{SCP}\}, \quad (1)$$

где M_A – модель деятельности, выполняемой различными субъектами (агентами) в памяти компьютерной системы и за ее пределами;

M_S – модель субъекта (агента), осуществляющего преобразование в семантической памяти компьютерной системы;

M_{SYNC} – модель синхронизации выполнения процессов в семантической памяти компьютерной системы;

M_{SCP} – модель языка SCP.

С точки зрения принципов синхронизации были выделены три уровня агентов, работающих над общей семантической памятью (sc-агентов): sc-агенты интерпретации программ на языке SCP (scp-программ), программные sc-агенты и sc-метаагенты. Такой разделение позволяет четко разграничить платформенно-зависимую и платформенно-независимую часть решателя, а также обеспечить возможность выявления и устранения взаимоблокировок за счет использования sc-метаагентов.

Далее в рамках второй главы предложена агентно-ориентированная модель гибридного решателя задач, рассматривающая каждый такой решатель как иерархическую систему агентов, управляемых ситуациями и событиями в общей семантической памяти, обеспечивающая модифицируемость решателей, а также возможность решения задач, требующих совместного использования различных методов решения задач. Согласно данной модели, процесс решения интеллектуальной системой любой задачи предлагается делить на *логически атомарные действия*, т. е. такие действия, выполнение которых не зависит от того, какие действия выполняются до или после них, и от того, частью каких более сложных действий они являются. Каждому классу логически атомарных действий ставится в соответствие агент решателя, таким образом обеспечивается независимость агентов друг от друга, что обеспечивает модифицируемость решателей и дает возможность накапливать и повторно использовать одни и те же агенты в составе разных решателей. Таким образом, *sc-агент* можно определить как компонент решателя, реагирующий на события в семантической памяти и способный выполнять действия, принадлежащие определенному классу *логически атомарных действий*.

Формально семантическая модель гибридного решателя задач задается следующим образом:

$$M_{IPS} = \{AG_{NA}, AG_A, AG_R\}, \quad (2)$$

где AG_{NA} – множество неатомарных абстрактных *sc-агентов*, входящих в состав решателя, т. е. коллективных абстрактных *sc-агентов*, которые декомпозируются на более простые;

AG_A – множество атомарных абстрактных *sc-агентов*, входящих в состав решателя, т. е. таких абстрактных *sc-агентов*, которые не имеют в своем составе других абстрактных *sc-агентов*;

AG_R – множество понятий, специфицирующих абстрактные *sc-агенты* в составе решателя, в том числе описывающих декомпозицию неатомарных агентов на атомарные.

Под абстрактным *sc-агентом* понимается класс функционально эквивалентных *sc-агентов*, для каждого из которых в общем случае уточняется способ его реализации (программа *sc-агента*).

Выделено несколько уровней детализации гибридного решателя задач (рисунок 2): уровень агентов *scr-интерпретатора*, реализуемых на уровне платформы; уровень атомарных программных *sc-агентов*, реализуемых на уровне платформы; уровень атомарных программных *sc-агентов*, реализуемых на языке SCP; уровень неатомарных программных *sc-агентов*, иерархия которых в общем случае может иметь произвольное число уровней, самым верх-

ним из которых является уровень самого гибридного решателя, который также трактуется как неатомарный sc-агент. При этом некоторые sc-агенты могут входить в состав нескольких неатомарных sc-агентов, в том числе расположенных на разных уровнях иерархии. Благодаря этому устраняется дублирование функционально эквивалентных агентов в составе решателя.

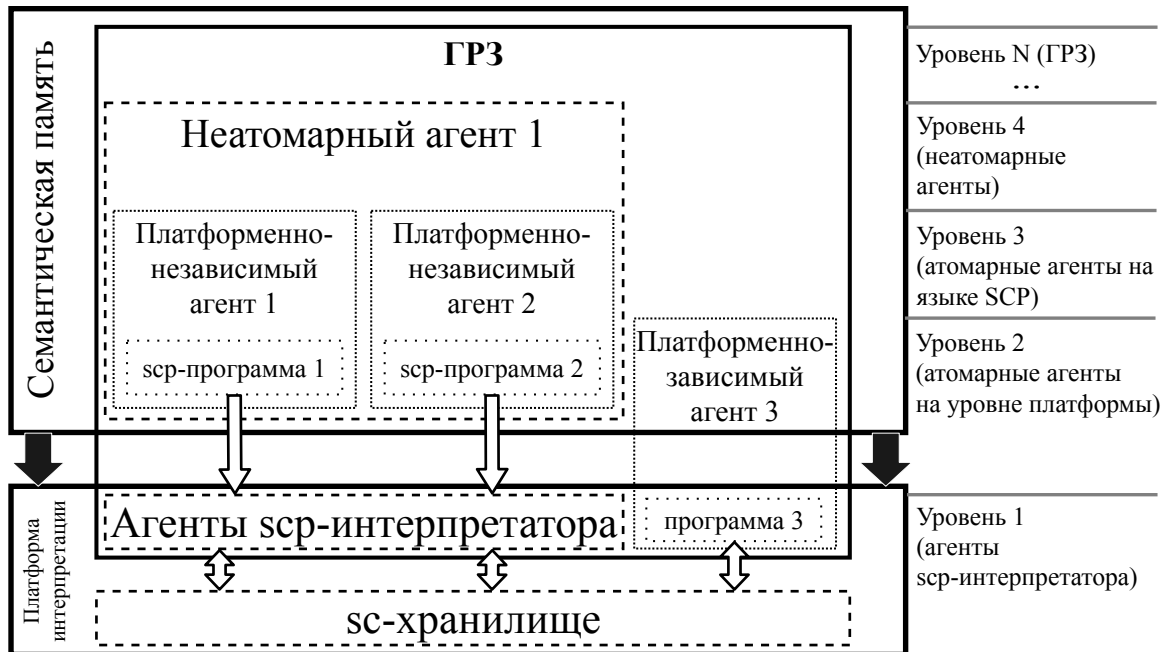


Рисунок 2. – Иерархическая агентно-ориентированная модель решателя

Как видно из рисунка, предложенный подход позволяет абстрагировать принципы построения решателя как системы sc-агентов от того, каким образом реализована программа того или иного атомарного абстрактного sc-агента в такой системе. Кроме того, иерархический подход к построению решателей позволяет обеспечить удобство проектирования и модификации решателя за счет возможности независимого проектирования и отладки компонентов решателя на разных уровнях иерархии, а также возможности рассматривать решатель на разных уровнях детализации.

За счет иерархической структуры решателя и независимости его компонентов друг от друга предложенный подход к построению решателей задач дает возможность интегрировать различные модели решения задач в рамках одного решателя, а также легко модифицировать решатель, в том числе – добавлять в его состав компоненты, реализующие новые, ранее не представленные в системе модели решения задач. В предложенном подходе добавление новой модели решения задач сводится к добавлению в иерархическую структуру решателя нового sc-агента (как правило, неатомарного) и добавлению в базу знаний спецификации новых видов знаний, используемых в рамках вводимой модели решения задач, например, средств представления в базе знаний искусственных нейронных сетей или логических утверждений.

В рамках **третьей главы** предложена методика построения и модификации гибридных решателей задач, построенных на основе предложенной модели. Предложенная методика предполагает проектирование иерархической структуры решателя методом «сверху вниз». Наличие такой методики позволяет автоматизировать процесс построения и модификации гибридных решателей и снизить требования к их разработчикам. Указанная методика основана на формальной онтологии действий разработчиков решателей и предполагает поэтапное проектирование гибридных решателей и возможность независимой отладки и верификации компонентов решателя на нескольких уровнях. При этом предполагается на каждом из таких уровней использовать компонентный подход. На рисунке 3 представлен перечень этапов, которые включает предлагаемая методика, с указанием последовательности их выполнения. Серым фоном отмечены те этапы, которые частично автоматизированы в рамках предложенных в работе средств.

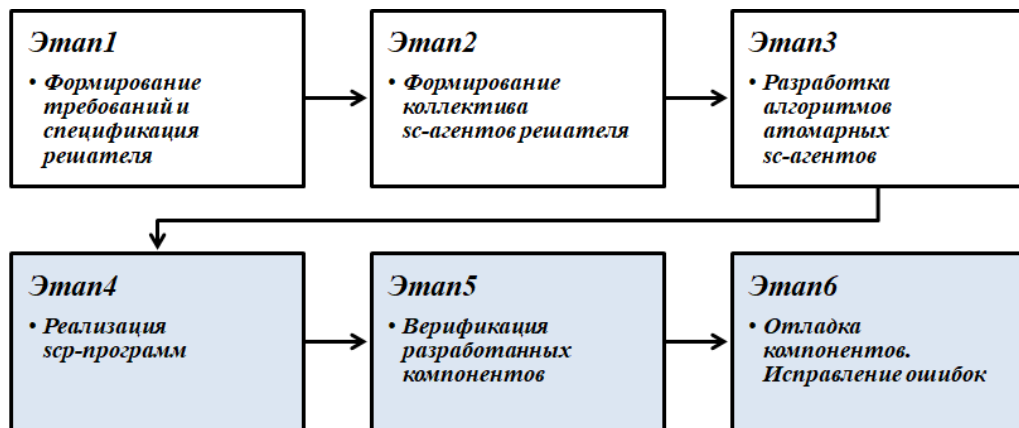


Рисунок 3. – Этапы методики построения и модификации гибридного решателя задач

Разработаны средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации гибридных решателей задач, включающие в себя систему автоматизации процесса построения и модификации решателей (САПМР) и подсистему информационной поддержки и консультационного обслуживания разработчиков решателей в рамках метасистемы IMS. Решатели задач каждой из подсистем построены на основе предложенной модели решателя, что обеспечивает их модифицируемость. Разработана библиотека многократно используемых компонентов решателей задач, включающая набор компонентов, языковые средства их спецификации и средства автоматизации поиска компонентов на основе заданной спецификации.

Рассматриваемая система поддержки построения и модификации решателей задач сама по себе также является системой, построенной по технологии OSTIS (ostis-системой), и имеет соответствующую структуру, которую графически можно изобразить следующим образом (рисунок 4):



Рисунок 4. – Структура САИМР

В рамках **четвертой главы** описана реализация разработанных ранее модели интерпретатора программ, ориентированных на обработку знаний, и модели системы автоматизации процесса построения и модификации гибридных решателей задач. Описана реализация решателей задач ряда прототипов интеллектуальных систем с использованием предложенных моделей и средств. В процессе построения указанных решателей произведено стартовое наполнение библиотеки многократно используемых компонентов.

Достоинства предложенной модели гибридного решателя задач можно показать на примере разработанного с ее использованием решателя задач интеллектуальной справочной системы по геометрии Евклида (рисунок 5).

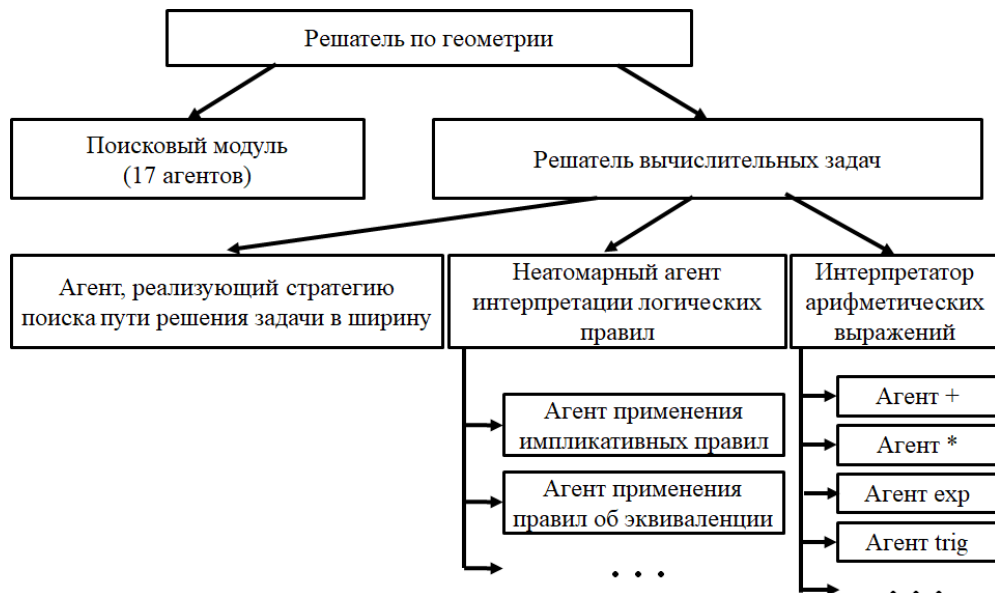


Рисунок 5. – Структура модели гибридного решателя на примере геометрии

Как видно из рисунка, такая структура решателя позволяет при необходимости легко расширять функциональные возможности решателя на разных уровнях, не затрагивая при этом другие компоненты решателя. Так например, можно реализовать в рамках того же решателя другие стратегии решения задач, расширить число типов интерпретируемых логических правил и арифметических операций.

Была произведена оценка трудоемкости разработки решателей с учетом использования разработанных ранее компонентов. Для этого были выделены классы агентов по трудоемкости разработки (поисковый агент, усложненный поисковый агент, агент логического вывода, агент расчета операций), для каждого из классов экспериментальным путем были установлены нормы времени на разработку и отладку.

Расчет показал, что даже при использовании пессимистической оценки эффективности использование предложенной методики на сегодняшний день позволит сократить продолжительность разработки для каждого решателя как минимум на 30,92 % за счет заимствования разработанных ранее агентов, что подтверждает эффективность применения данной методики. Средний процент заимствования агентов для существующих систем составляет 42,34 %.

Кроме того, был проведен анализ использования библиотеки многократно используемых компонентов решателей, разработанных с использованием предложенных моделей, методики и средств, по числу заимствованных агентов без учета их сложности. Было установлено, что текущая версия библиотеки многократно используемых компонентов позволяет сократить число агентов, разрабатываемых для каждой системы, не менее чем на 37 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Введено понятие гибридного решателя задач, обоснована актуальность согласованного использования нескольких моделей решения задач при решении комплексных задач. Сформулирована проблема совместимости различных моделей решения задач, препятствующая созданию гибридных решателей и технологий их разработки. Предложен ряд принципов, лежащих в основе комплекса моделей, методики и средств, который предлагается разрабатывать как часть технологии OSTIS. В качестве основы для построения гибридных решателей задач предлагается использовать вариант реализации многоагентного подхода, при котором агенты взаимодействуют между собой исключительно путем спецификации информационных процессов, выполняемых агентами в семантической памяти. [4, 10, 12, 13, 14, 18, 19, 26, 34, 36, 37].

2. Предложена агентно-ориентированная модель гибридного решателя задач, рассматривающая каждый такой решатель как иерархическую систему агентов, управляемых ситуациями и событиями в общей семантической памяти, обеспечивающая модифицируемость таких решателей задач, а также возможность решения задач, требующих совместного использования различных методов решения задач. Предложенная модель позволяет рассматривать разрабатываемый решатель задач на различных уровнях детализа-

ции, что обеспечивает возможность поэтапного проектирования решателей, а также их модифицируемость. На основе предложенной модели гибридного решателя задач построена агентно-ориентированная модель интерпретатора базового языка программирования, ориентированного на обработку знаний [1, 2, 8, 10, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 26, 28, 31].

3. Предложена модель взаимодействия параллельных асинхронных информационных процессов в общей семантической памяти, определяющая принцип коммуникации агентов, выполняющих указанные процессы, включающая средства синхронизации процессов на основе механизма блокировок элементов семантической памяти, и обеспечивающая возможность спецификации планируемых блокировок, а также выявления и устранения взаимоблокировок. Уточнено понятие агента, выполняющего преобразование в семантической памяти. Разработана классификация агентов и средства их спецификации [1, 2, 8, 10, 24, 25, 26, 28, 30, 33].

4. Разработана методика построения и модификации гибридных решателей задач, построенных на основе предложенной модели решателя. В основе методики лежит формальная онтология действий разработчиков таких решателей. Наличие такой методики позволяет автоматизировать процесс построения и модификации решателей и снизить требования к их разработчикам. Указанная методика предполагает поэтапное проектирование гибридных решателей с учетом повторного использования разработанных ранее компонентов и возможности независимой отладки и верификации компонентов решателя на нескольких уровнях. [3, 5, 9, 11, 14, 15, 17, 23, 26, 32, 35].

5. Разработаны средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации гибридных решателей задач, включающие в себя систему автоматизации процесса построения и модификации решателей и подсистему информационной поддержки разработчиков решателей в рамках метасистемы IMS. Решатели задач каждой из подсистем построены на основе предложенной модели решателя, что обеспечивает их модифицируемость. Разработана библиотека многократно используемых компонентов решателей задач, включающая набор компонентов, языковые средства их спецификации и средства автоматизации поиска компонентов на основе заданной спецификации [1, 3, 5, 15, 17, 22, 26].

6. С использованием языка С реализована разработанная агентно-ориентированная модель интерпретатора базового языка программирования, ориентированного на обработку знаний. Все описанные в рамках диссертационной работы модели формализованы и включены в состав соответствующих разделов базы знаний разрабатываемой метасистемы IMS, таким образом

обеспечена информационная поддержка разработчиков решателей. С использованием предложенных моделей и средств разработаны решатели задач для ряда прикладных интеллектуальных систем. В процессе построения указанных решателей произведено стартовое наполнение библиотеки многократно используемых sc-агентов, показана эффективность предложенной методики с учетом текущей версии библиотеки. Сведения об использовании результатов диссертационной работы отражены в соответствующих актах внедрения, приведенных в приложении к диссертации [5, 6, 7, 13, 20, 27, 29, 32, 36].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные модели, средства и их программная реализация могут быть использованы при разработке решателей задач интеллектуальных систем различного назначения, как инструментальных, так и прикладных.

Разработка проводилась с использованием свободного программного обеспечения и может быть использована в различных отечественных проектах без необходимости приобретения дорогостоящих программных средств.

Научные и практические результаты диссертационной работы используются в учебном процессе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», в НИЛ 3.7 при выполнении работ по договору БРФФИ–РФФИ (№ ГР 20164340), а также на предприятиях ОАО «Савушкин продукт» при разработке решателя задач системы автоматизации рецептурного производства, ООО «ФордэКонсалтинг» при разработке программной системы обслуживания клиентов розничной торговли, ООО «Кинросс-ресерч» при разработке системы автоматизации и оптимизации строительного проектирования, ФГБУН Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН при разработке решателя в области энергетики.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Шункевич, Д. В. Семантические модели и средства компонентного проектирования машин обработки знаний / Д. В. Шункевич // Электроника ИНФО. — 2013. — № 11. — С. 27–30.

2. Шункевич, Д. В. Смысловая модель обработки знаний в интеллектуальных системах / Д. В. Шункевич, К. В. Русецкий // Электроника ИНФО. — 2014. — № 3. — С. 35–37.

3. Семантическая технология проектирования интеллектуальных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, И. Т. Давыденко, Д. Н. Корончик, Д. В. Шункевич // Вестн. Кременчуг. нац. ун-та. им. М. Остроградського. — Кременчук, 2014. — Вып. 5. — С. 28–33.

4. Анцибор, Д. В. Онтологический подход к проектированию биллинговых систем / Д. В. Анцибор, М. Ю. Терновой, Д. В. Шункевич // Докл. БГУИР. — 2015. — № 3. — С. 101–106.

5. Комплексный подход к проектированию систем, управляемых знаниями, на основе библиотек компонентов / Д. В. Шункевич, И. Т. Давыденко, Д. Н. Корончик, Н. В. Гракова, А. В. Губаревич // Электроника ИНФО. — 2015. — № 3. — С. 37–42.

6. Шункевич, Д. В. Разработка интеллектуальных справочных систем на основе открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем *ostis* / Д. В. Шункевич, Г. Ш. Нургазинова, А. С. Омарбекова // Вест. ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. — 2015. — Ч. 2, № 6. — С. 404–408.

7. Проектирование предприятий рецептурного производства на основе онтологий / В. В. Голенков, В. В. Таберко, Д. С. Иванюк, К. В. Русецкий, Д. В. Шункевич, И. Т. Давыденко, В. В. Захаров, В. П. Ивашенко, Д. Н. Корончик // Онтология проектирования. — 2017. — Т. 7, № 2. — С. 123–144.

Статьи в других научных журналах

8. Шункевич, Д. В. Многоагентный подход к построению машин обработки знаний на основе семантических сетей / Д. В. Шункевич // Кибернетика и программирование. — 2013. — № 1. — С. 37–45.

9. Гулякина, Н. А. Методика проектирования семантической модели интеллектуальной справочной системы, основанная на семантических сетях / Н. А. Гулякина, И. Т. Давыденко, Д. В. Шункевич // Програм. системы и вычисл. методы. — 2013. — № 1. — С. 56–68.

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

Статьи в сборниках материалов научных конференций

11. Проектирование интеллектуальных решателей задач / Д. В. Шункевич, С. С. Заливако, О. Ю. Савельева, С. С. Старцев // Управление знаниями и технологии семантического веба – 2010 : сб. тр. конф. / Рос. ассоц. искусств. интеллекта, С.-Петербург. гос. ун-т информ. технологий, механики и оптики. — СПб, 2010. — С. 58–63.

12. Семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных решателей задач / С. С. Заливако, 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. 265–286.

13. Интеллектуальный решатель геометрических задач / Д. В. Шункевич, С. С. Заливако, О. Ю. Савельева, С. С. Старцев // Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы : сб. науч. тр. Междунар. лет. шк.-семинара по искусств. интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых, Тверь – Протасово, 1–6 июля 2011 г. / Твер. гос. техн. ун-т. — Тверь, 2011. — С. 280–287.

14. Заливако, С. С. Семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных решателей задач / С. С. Заливако, Д. В. Шункевич // 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. 297–314.

15. Шункевич, Д. В. Модели и средства компонентного проектирования машин обработки знаний на основе семантических сетей / Д. В. Шункевич // 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. 269–280.

16. Шункевич, Д. В. Многоагентный подход к построению машин обработки знаний на основе семантических сетей / Д. В. Шункевич // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 ч. / Поволж. гос. технол. ун-т. — Йошкар-Ола, 2013. — Ч. 1. — С. 214–219.

17. Шункевич, Д. В. Компонентное проектирование машин обработки знаний в интеллектуальных системах на основе семантических сетей / Д. В. Шункевич // 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. 162–166.

18. Шункевич, Д. В. Семантическая технология проектирования машин обработки знаний / Д. В. Шункевич, В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте : сб. науч. тр. VII Междунар. науч.-техн. конф., Коломна, 20–22 мая 2013 г. : в 3 т. / Рос. фонд фундам. исслед. [и др.]. — М., 2013. — Т. 3. — С. 1078-1087.

19. Golenkov, V. Open semantic technology for intelligent systems / V. Golenkov, N. Guliakina, D. Shunkevich // Science. Innovation. Production : proc. of the 2nd Belarus-Korea forum, 19–20 Nov. 2013 / Belarus. Nat. Techn. Univ., Sci. a. Technological Park of BNTU «Polytechnic». — Minsk, 2013. — P. 85–86.

20. Шункевич, Д. В. Машина обработки знаний интеллектуальной метасистемы поддержки проектирования интеллектуальных систем / Д. В. Шункевич // 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. 93–96.

21. Шункевич, Д. В. Принципы интерпретации программ языка программирования, ориентированного на обработку баз знаний / Д. В. Шункевич // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Поволж. гос. технол. ун-т. — Йошкар-Ола, 2014. - С. 47–55.

22. Средства поддержки компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / Д. В. Шункевич, И. Т. Давыденко, 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.

23. Методика компонентного проектирования систем, управляемых знаниями / Д. В. Шункевич, И. Т. Давыденко, 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.

24. Формальное семантическое описание целенаправленной деятельности различного вида субъектов / Д. В. Шункевич, А. В. Губаревич, М. Н. Святкина, О. Л. Моросин // 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. 125–136.

25. Шункевич, Д. В. Взаимодействие асинхронных параллельных процессов обработки знаний в общей семантической памяти / Д. В. Шункевич //

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. 137–144.

26. Shunkevich, D. Ontology-based design of knowledge processing machines / D. Shunkevich // 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. 73–94.

27. Ontology-based design of batch manufacturing enterprises / V. Golenkov, K. Rusetski, D. Shunkevich, I. Davydenko, V. Zakharov, V. Ivashenko, D. Koronchik, V. Taberko, D. Ivanyuk // 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. — С. 265–280.

28. 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 ; под ред. Л. А. Калиниченко [и др.]. — М., 2017. — С. 412–419.

Тезисы докладов в сборниках материалов научных конференций

29. Интеллектуальный решатель задач по геометрии / Д. В. Шункевич, С. С. Заливако, О. Ю. Савельева, С. С. Старцев // Информационные системы и технологии IST'2010 : материалы VI Междунар. конф., Минск, 24–25 нояб. 2010 г. / Белорус. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: А. Н. Курбацкий (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2010. — С. 482–485.

30. Шункевич, Д. В. Принципы проектирования и интерпретации программ, ориентированных на обработку семантических сетей / Д. В. Шункевич // 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. 116–117.

31. Шункевич, Д. В. Базовые понятия технологии компонентного проектирования машин обработки знаний систем дистанционного обучения / Д. В. Шункевич // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века

: материалы VIII междунар. науч.-метод. конф., Минск, 5–6 дек. 2013г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Б. В. Никульшин [и др.]. — Минск, 2013. — С. 186–187.

32. Якимчик, С. В. Принципы построения решателей задач в прикладных интеллектуальных системах / С. В. Якимчик, Д. В. Шункевич // 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. 160–161.

33. Губаревич, А. В. Онтология деятельности интеллектуальных агентов над общей памятью / А. В. Губаревич, М. Н. Святкина Д. В. Шункевич // 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. 138–139.

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

35. Шункевич, Д. В. Унифицированная семантическая модель процесса проектирования машин обработки знаний / Д. В. Шункевич, И. Б. Фоминых, О. Л. Моросин // 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. 172–173.

36. Шункевич, Д. В. Представление базовых конструкций языка семантических сетей с теоретико-множественной интерпретацией средствами платформы Neo4j / Д. В. Шункевич, О. С. Родионова // 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. 174–175.

37. Голенков, В. В. Принципы построения машин обработки баз знаний / В. В. Голенков, Д. В. Шункевич // 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. 134–135.

РЕЗЮМЕ

Шункевич Даниил Вячеславович

**АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШАТЕЛИ ЗАДАЧ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Ключевые слова: решатель задач, база знаний, интеллектуальная система, семантическая модель, семантическая память, многоагентная система.

Целью исследования является разработка комплекса моделей, методики и средств построения и модификации решателей задач интеллектуальных систем.

Полученные результаты и их новизна: в работе исследованы существующие подходы к построению решателей задач интеллектуальных систем. Разработана агентно-ориентированная модель гибридного решателя задач, рассматривающая каждый такой решатель как коллектив агентов, работающих над общей семантической памятью, позволяющая реализовать и интегрировать различные модели решения задач в рамках гибридного решателя, а также обеспечить модифицируемость таких решателей. Разработана формальная модель взаимодействия параллельных асинхронных информационных процессов в общей семантической памяти, включающая средства их синхронизации на основе механизма блокировок элементов семантической памяти, а также принцип взаимодействия агентов, выполняющих указанные процессы, обеспечивающая возможность спецификации планируемых блокировок, выявления и устранения взаимоблокировок. Разработана методика построения и модификации гибридных решателей задач, основанная на формальной онтологии деятельности разработчиков таких решателей и ориентированная на применение библиотеки многократно используемых компонентов решателей задач. Разработаны средства автоматизации и информационной поддержки процесса построения и модификации гибридных решателей задач, включающие библиотеку многократно используемых компонентов таких решателей и средства автоматизации процесса построения агентов обработки знаний. Указанные средства разработаны с использованием предложенной модели решателя задач.

Рекомендации к использованию и область применения: разработанные модели, средства и их программная реализация могут быть использованы при разработке решателей задач интеллектуальных систем различного назначения. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений для обучения специалистов по специальностям, где предусмотрено чтение курсов, связанных с моделями решения задач в интеллектуальных системах.

РЭЗІЮМЭ

Шункевіч Данііл Вячаслававіч

**АГЕНТНА-АРЫЕНТАВАНЫЯ РАШАЦЕЛІ ЗАДАЧ
ІНТЭЛЕКТУАЛЬНЫХ СІСТЭМ**

Ключавыя словы: рашацель задач, база ведаў, інтэлектуальная сістэма, семантычная мадэль, семантычная памяць, шматагентная сістэма.

Мэтай работы з'яўляецца распрацоўка комплексу мадэляў, метаду і сродкаў пабудовы і мадыфікацыі рашацеляў задач інтэлектуальных сістэм.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у працы даследаваны існуючыя падыходы да пабудовы рашацеляў задач інтэлектуальных сістэм. Распрацавана агентна-арыентаваная мадэль гібрыднага рашацеля задач, якая разглядае кожны такі рашацель як калектыў агентаў, якія працуюць над агульнай семантычнай памяццю, і дазваляе рэалізаваць і інтэграваць розныя мадэлі рашэння задач у рамках гібрыднага рашацеля, а таксама забяспечыць мадыфікуемасць такіх рашацеляў. Распрацавана фармальная мадэль узаемадзеяння паралельных асінхронных інфармацыйных працэсаў у агульнай семантычнай памяці, якая ўключае сродкі іх сінхранізацыі на аснове механізму блакіровак элементаў семантычнай памяці, а таксама прынцып узаемадзеяння агентаў, якія выконваюць азначаныя працэсы, і забяспечвае магчымасць спецыфікацыі плануемых блакіровак, выяўлення і ліквідацыі ўзаемаблакіровак. Распрацавана методыка пабудовы і мадыфікацыі гібрыдных рашацеляў задач, заснаваная на фармальнай анталогіі дзейнасці распрацоўшчыкаў такіх рашацеляў і арыентаваная на ўжыванне бібліятэкі шматразова выкарыстоўваемых кампанентаў рашацеляў задач. Распрацаваны сродкі аўтаматызацыі і інфармацыйнай падтрымкі працэсу пабудовы і мадыфікацыі гібрыдных рашацеляў задач, якія ўключаюць бібліятэку шматразова выкарыстоўваемых кампанентаў азначаных рашацеляў і сродкі аўтаматызацыі працэсу пабудовы агентаў апрацоўкі ведаў. Азначаныя сродкі распрацаваны з выкарыстаннем прапанаванай мадэлі рашацеля задач.

Рэкамендацыі па выкарыстанні і вобласць ужывання: распрацаваныя мадэлі, сродкі і іх праграмная рэалізацыя могуць быць выкарыстаныя падчас распрацоўкі рашацеляў задач інтэлектуальных сістэм разнастайнага прызначэння. Атрыманыя ў дысертацыі вынікі могуць быць выкарыстаныя ў навучальным працэсе вышэйшых навучальных устаноў для навучання спецыялістаў па спецыяльнасцях, дзе прадугледжваецца чытанне курсаў, звязаных з мадэлямі рашэння задач у інтэлектуальных сістэмах.

SUMMARY

Shunkevich Daniil Viacheslavovich

AGENT-ORIENTED PROBLEM SOLVERS OF INTELLIGENT SYSTEMS

Key words: problem solver, knowledge base, intelligent system, semantic model, semantic memory, multi-agent system.

The purpose of research is to develop a complex of models, methods and tools for constructing and modifying the problem solvers of intelligent systems.

The obtained results and their novelty: in work the existing approaches to the construction of problem solvers of intelligent systems are investigated. An agent-oriented model of the hybrid solver was developed, which considers each such solver as a team of agents working over the common semantic memory, which allows implementing and integrating of various problem solving models within a hybrid solver, and also ensuring the modifiability of such solvers. A formal model of the interaction of parallel asynchronous information processes in the common semantic memory was developed, including the means of their synchronization based on the mechanism of blocking the elements of semantic memory, as well as the interaction mechanism of agents performing these processes, providing the possibility of specifying planned locks, identifying and eliminating deadlocks. A method for hybrid problem solvers constructing and modifying was developed, based on the formal ontology of the activity of such solvers developers and oriented to the use of the library of problem solvers reusable components. The means of automation and information support for the process of hybrid problem solvers constructing and modifying were developed, including a library of reusable components of such solvers and means for automating the process of knowledge-processing agents constructing. These tools are developed using the proposed solver model.

Recommendations on the use and field of application: the developed models, tools and their software implementation can be used in the development of problem solvers for intelligent systems for various purposes. The results obtained in the thesis can be used in the educational process of higher education institutions for training specialists in specialties, which provides the reading of courses related to problem solving models in intelligent systems.

Научное издание

Шункевич Даниил Вячеславович

**АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШАТЕЛИ ЗАДАЧ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 05.13.17 — Теоретические основы информатики

Подписано в печать .06.2018 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. Бровки, 6