

*УТВЕРЖДАЮ*

Первый проректор по науке  
ФГБОУ ВО «Уфимский  
государственный  
авиационный технический  
университет»



Еникеев Р.Д.

21 октября 2021 г.

### **Отзыв ведущей организации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» о диссертационной работе Шалфеевой Елены Арэфьевны на тему «Методы, модели и технология обеспечения жизнеспособности интеллектуальных систем с декларативными базами знаний», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

#### **1. Актуальность темы диссертации**

В настоящее время создаются много прототипов систем, основанных на знаниях, однако только небольшой процент доходит до производства, а до реального применения – единицы. В связи с этим возникает необходимость разработки методологии и средств для обеспечения жизнеспособности систем, основанных на знаниях, которые могут продолжительное время быть полезными специалистам. Наличие у таких систем баз знаний и участие экспертов предметной области (ПрОбл) в их формировании накладывает дополнительные требования. Необходимы удобные для эксперта инструменты работы со знаниями, средства накопления и использования знаний и данных, механизмы обеспечения сопровождаемости систем и их развития.

Известные в программной инженерии решения для сопровождаемости систем (использование типовых архитектурных решений, стандартизация интерфейсов, декларативное представление компонентов, средства автоматизации построения проектных моделей и др.) не покрывают всех составных частей систем, основанных на знаниях. Несмотря на современные достижения в программной инженерии и инженерии знаний актуальной является тема, связанная с разработкой моделей, методов и технологии создания интеллектуальных систем (ИС) на основе онтологий с декларативным

представлением баз знаний и механизмами эволюционирования, поэтому диссертационное исследование Шалфеевой Е.А., посвященное технологии создания эволюционирующих интеллектуальных программных систем с семантическим представлением баз знаний, является **актуальным**.

## **2. Научная новизна результатов диссертационной работы**

В диссертации к новым научным результатам относятся иерархия постановок задач интеллектуальной деятельности в терминах единых математических абстракций для всех содержательных понятий, открывающую повторное использование готовых решений; модели жизнеспособной системы для поддержки решения задач интеллектуальной деятельности в рамках разработанных постановок; методы непрерывного развития баз знаний экспертами предметной области (без участия инженеров и программистов) на основе потока прецедентов с оцениванием корректности внесенных изменений, а также комплексного оценивания корректности, наличия дефектов и несогласованностей в онтологических информационных компонентах на основе широкого спектра графовых моделей онтологий; метод конструирования решателей задач интеллектуальной деятельности с повторным использованием онтолого-ориентированных программных единиц и операций на основе иерархии постановок, предлагающей готовые решения.

Автором предложена методология конструирования жизнеспособных систем для поддержки решения задач интеллектуальной деятельности (с учетом их места в иерархии постановок), обладающая научной новизной.

## **3. Значимость полученных результатов для науки и практики**

*Теоретическая значимость* полученных в диссертационной работе результатов заключается в развитии методов обеспечения важных свойств систем, основанных на знаниях – развиваемость баз знаний по мере развития ПрОбл и повторная используемость онтологических компонентов.

Практическую ценность имеют:

- готовая к применению технология конструирования систем с базами знаний (СБЗ) на основе онтологий, которая обеспечивает снижение трудозатрат на производство программных систем для интеллектуальной информационной поддержки при принятии решений, развиваемых по мере развития ПрОбл;
- специализированная инфраструктура для выполнения всех этапов конструирования СБЗ отдельно взятой предметной области, включающая: совокупность онтологий для формирования портала знаний и сервисов для отдельно взятой предметной области, информационные и программные повторно-используемые компоненты сервисов для поддержки решения задач, комплекс практически-полезных сервисов для этой ПрОбл, инструментальные подсистемы для развития баз знаний и других информационных компонентов в этой ПрОбл и оценивания их качества.

#### **4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные в ходе диссертационных исследований результаты можно рекомендовать к использованию на практике для создания интеллектуальных систем поддержки деятельности специалистов на основе формализованных знаний и для создания инструментов для разработчиков таких систем. Разработанная технология применима для создания порталов знаний с сервисами основанными на знаниях для исследовательских и образовательных целей.

#### **5. Достоверность результатов и обоснованность выводов**

Достоверность результатов, полученных в ходе выполнения диссертационных исследований, обеспечивается корректными постановками интеллектуальных задач, методами построения онтолого-ориентированных компонентов программных систем с базами знаний для поддержки их решения, созданием инструментальной среды развития – комплекса инструментальных средств для разработки всех компонентов этих систем и обеспечения их эволюционирования по мере расширения знаний и накопления фактологического материала, корректным применением методов: многоуровневой классификации интеллектуальных задач, отражающих важные свойства предметных областей, спецификации в единой формальной системе понятий классов задач, решаемых на основе формализованных знаний, алгоритмов решения практически полезных интеллектуальных задач: запроса дополнительной информации, диагностики развивающегося процесса, планирования воздействий на систему или объект и др., моделей жизнеспособной системы для поддержки решения задач интеллектуальной деятельности в рамках их постановок, структурного подхода к оцениванию информационных компонентов систем с базами знаний, методологии обеспечения качества баз знаний интеллектуальных систем через монотонное повышение «оценки» их правильности, принципов архитектурного проектирования онтологического решателя (через композицию из повторно-использованных модулей, обрабатывающих конкретные типы отношений между понятиями), методологии разработки жизнеспособных систем с базой знаний, а также подтверждается результатами внедрения нескольких систем в организации.

#### **6. Структура и основное содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы. Общий объем диссертации составляет 217 страниц, в том числе 24 рисунка, 1 таблица, 1 приложение. Библиография включает 170 наименований.

**Во введении** обосновывается актуальность диссертационной работы, приведена цель и сформулированы задачи работы, перечислены выносимые на защиту научные результаты, обладающие научной новизной, обоснована

достоверность научных положений и выводов, указаны методология и методы исследования, сведения о теоретическом и практическом значении работы, а также о внедрении и апробации результатов диссертационного исследования.

**В первой главе** проанализированы литературные источники по интеллектуальным задачам, ПрОбл с интеллектуальной деятельностью, по вопросам автоматизации разработки рекомендаций с объяснениями на основе баз знаний.

Выведены требуемые основные свойства технологии и ее инструментов для обеспечения возможности усовершенствования ИС в процессе эксплуатации. Каждое из известных технологий и инструментов для создания ИС отвечает нескольким из этих требований, но ни одно не поддерживает всех указанных требований одновременно.

Эволюционируемость баз знаний выделена как принципиальное требование к СБЗ в предметных областях, где важны влияние факторов и событий на состояние системы, их изменение во времени, взаимовлияние систем и процессов.

Отмечено, что для создания жизнеспособных программных систем поддержки специалистов, решающих важные для науки и практики интеллектуальные задачи, необходима современная методология обеспечения их жизнеспособности. Нужны модели, методы и технологии создания эволюционирующих интеллектуальных программных систем с базами знаний, реализующих все перечисленные требования к СБЗ.

**Во второй главе** предложена иерархическая классификация экспертных задач, которую «возглавляют» задачи анализа результатов наблюдений и задачи анализа условий на синтезируемые решения, специализируемые далее иерархию, специализируемых далее в разных ПрОбл с учетом характерных для ПрОбл более частных свойств.

Предложен математический аппарат для обозначения содержательных понятий, необходимых для формулировки интеллектуальных задач. Приведены постановки задач классификации интеллектуальных (экспертных) задач, введены и формально представлены общие и частные свойства ПрОбл и предложены постановки задач на более низких уровнях абстракции или новые характерные задачи, опирающиеся на эти свойства.

Для выявления общих, повторяемых методов, алгоритмов и процедур решения задач представленной классификации проведен их структурированный анализ с применением обобщенных онтологий соответствующих знаний. По обобщенным моделям знаний, содержащим несколько типов связей, специфицированы необходимые вычислительные операции и *операции запросов* к базе знаний. Выявлено общее множество вычислительных *операций*, требуемых для решения задач разных типов. Алгоритмы программных



компонентов (специализированных) решателей для таких задач предлагается создавать с использованием специфицированных операций.

**В третьей главе** приведена разработанная модель жизнеспособной системы поддержки решения задач на основе баз знаний, обоснована важность декларативности БЗ (одновременно понятных человеку и программному обработчику) и создания для этого онтологии ПрОбл как самостоятельного отдельно хранимого компонента системы.

Модель жизнеспособной СБЗ есть представление всех компонентов, участвующих не только в процессе ее функционирования, но и в процессе ее совершенствования (т.е. инструментарий для развития баз знаний в онтологической среде).

Установлены ключевые принципы разработки жизнеспособной СБЗ:

- проведение системного анализа и выбор адекватных проблеме классов интеллектуальных задач, позволяющих использовать соответствующие им модели знаний и базовые свойства ПрОбл для формирования онтологии ПрОбл (или определить дополнительные свойства ПрОбл для расширения или уточнения существующих);
- проведение системного проектирования для определения набора решателей для выделенных подзадач (рассматривая возможные готовые решатели);
- формирование составных частей (разных типов компонентов – силами узких специалистов) на основе выбранной онтологии ПрОбл, с которой связан опыт решений и опробованные методы обработки информации;
- использование инструментальной поддержки, реализующей механизмы совершенствования каждого компонента с сохранением целостности всей СБЗ.

**В четвертой главе** представлены методы обеспечения качества и совершенствования баз знаний. Поскольку от актуальности (соответствия современному представлению) и качества знаний зависит успех применения СБЗ, они интегрируются с системой управления ее БЗ (СУБЗ). Определены функции системы управления БЗ и реализующие их программные инструменты, которые образуют среду развития СБЗ. Средства оценивания баз знаний по эталонным архивам дают принципиально другой уровень качества по сравнению со средствами контроля формальных свойств построенной БЗ и привлечением экспертов для оценки решений, предлагаемых системой.

Предложен систематический подход к регулярной проверке информационных компонентов перед компоновкой СБЗ, позволяющий получать объективные значения структурных свойств, выявлять дефекты и другие недостатки, а также задаваемые субъективно показатели качества информации.

**В пятой главе** определены требования к онтолого-ориентированному решателю, выдвигающему гипотезы о решении и сохраняющему аргументы в их пользу (объяснение). Его логический вывод, создается как алгоритм

последовательного подтверждения или опровержения подцелей, соответствующих элементам формализованных знаний или как последовательная проверка подцелей, соответствующих элементам знаний, и поиск соответствующих им требуемых элементов или действий.

Предложен метод проектирования Решателя: в его алгоритме происходит поочередный вызов программных единиц (ПрЕд) – процедур вывода следствий из обработанных посылок, которые записывают результат проверки посылок в объяснение. Онтологическими являются ПрЕд двух типов: операции, реализующие обработку одного онтологического информационного компонента в соответствии с указанными в его онтологии структурными связями, и ПрЕд обработки множества таких компонентов в соответствии с конкретными типами причинно-следственных и других связей в онтологии решаемой задачи.

Еще один шаг в направлении создания жизнеспособных систем – декларирование решателей задач (специфицирование обрабатываемых им знаний и данных), декларирование его компонентов и поддержка создания заготовок исходных кодов по декларациям.

Такой онтологический решатель многократно используется для множества систем, т.к. не зависит от наполнения баз знаний (использует ее как параметр). Это обеспечивает и возможность усовершенствования систем-сервисов без участия программистов.

**В шестой главе** представлена концепция облачной технологии разработки СБЗ, методика представления и обработки знаний и другой информации для поддержки решения экспертных задач. В отличие от технологий создания экспертных систем, эта технология обеспечивает планируемый путь построения за счет использования готовых решений и коллективно-параллельную работу разных участников, снижает технические риски.

Представлены требования к комплексу инструментальных средств разработки и сопровождения всех компонентов конфигурации жизнеспособной СБЗ, метод реализации программного комплекса инструментальных средств для производства и развития систем.

Описано практическое использование инструментального комплекса, реализующего представленную технологию разработки и развития на IACPaaS для коллективной разработки прикладных СБЗ.

**В заключении** представлены основные результаты работы и указаны перспективы диссертационного исследования.

#### **7. Соответствие требованиям по выполнению, оформлению и апробации диссертационной работы**

По результатам работы было опубликовано 52 научные работы, из них: 15 статей в журналах из списка ВАК; 2 переводные версии и 14 публикаций, индексируемых в базах SCOPUS, WoS и MathSciNet; 21 статья в научно-

технических журналах и сборниках; 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на следующих конференциях: конференция по искусственному интеллекту (КИИ) (г. Москва, 2020, г. Ульяновск, 2019, г. Москва, 2018, г. Смоленск, 2016 и др.), "Знания - Онтологии – Теории» (ЗОНТ) (г. Новосибирск, 2019, г. Новосибирск, 2017 и др.), "Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем" (OSTIS) (г. Минск, 2019, г. Минск, 2015 и др.), «Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications» RPC (г. Владивосток, 2010, г. Владивосток, 2017), Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо) (г. Севастополь, 2012 и др.), международная мультikonференция по инженерным, компьютерным и информационным наукам SIBIRCON (г. Новосибирск, 2019), «Системный анализ в медицине» (г. Благовещенск, 2018).

Результаты исследования реализованы в виде облачной среды разработки баз знаний, сервисов их использования и инструментов их развития. Компоненты облачной среды используются научными и образовательными коллективами и учреждениями и зарубежными партнерами для создания онтологических баз знаний и систем поддержки решений с объяснением.

Автореферат соответствует установленным стандартам, достаточно полно отражает содержание диссертации и содержит 40 страниц.

#### **8. Замечания по диссертационной работе**

1. Наблюдается некая лингвистическая несогласованность поставленных в работе задач и сформулированных результатов работы. Например, результат решения второй задачи (разработка модели жизнеспособной системы, основанной на деятельности и анализ методов их решения) стоит под четвертым номером.

2. Второй и третий результаты выглядят как ответы на дополнительные вопросы. Кроме того, было бы неплохо сформулировать какой-то вывод по каждому результату, что дает этот результат с точки зрения эффективности обработки данных и знаний.

3. В выводах по главе 2 сказано, что введение принципа уточнения абстрактных задач по мере рассмотрения свойств ПрОбл и единый формализм для постановки задач на разных уровнях абстракции позволил создать расширяемую классификацию решаемых на практике задач и систематизирующую новые постановки задач. Однако в главе речь идет о новой классификации задач, которая открывает возможность добавления и систематизации новых постановок задач. В явном виде термин «расширяемая классификация» не приводится.

4. В одном из положений, выносимых на защиту говорится о «методологии обеспечения качества баз знаний интеллектуальных систем через монотонное повышение «оценки» их правильности», но в заключении под номером 5 указывается только метод монотонного улучшения баз знаний и структурный подход к оцениванию всех информационных ресурсов для их проверки на ранних этапах разработки интеллектуальных программных систем. При этом в поставленных задачах методология также отсутствует.

5. Присутствуют ряд неточностей при оформлении текста диссертации:

- на стр. 20 ссылка на неизвестный источник.

- на стр. 143 пример «соглашения в виде структурной записи» следовало бы оформить в виде структурированной записи в тексте.

6. В главе 4 рассмотрены методы обеспечения качества информационных декларативных компонентов интеллектуальной системы на основе знаний, где предполагается экспертное оценивание. Существуют стандарты в области качества, например, ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014 Информационные технологии. СИСТЕМНАЯ И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). В тексте диссертации не сказано, могут ли характеристики качества из стандартов быть использованы для оценки качества информационных декларативных компонентов интеллектуальной системы.

Отмеченные недостатки носят частный характер и, по нашему мнению, не влияют на общую положительную оценку хорошего уровня диссертационной работы Шалфеевой Е.А.

#### **9. Заключение**

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. В диссертации получены и изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие наукоемких отраслей народного хозяйства путем создания и развития программных систем для накопления и использования формализуемых знаний специалистов и поддержки их деятельности на основе знаний с объяснением предлагаемых решений.

Работа Шалфеевой Елены Арефьевны является самостоятельным научно-исследовательским трудом, соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (с изм. от 11.09.2021 г.), предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Шалфеева Елена Арефьевна, достойна присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.



Диссертация, автореферат и отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры Вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета 12.10.2021 г. протокол № 2.

Отзыв составили:

Заведующий кафедрой вычислительной математики и кибернетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», д.т.н., профессор

e-mail: yussupova@ugatu.ac.ru

Юсупова Нафиса Исламовна

Диссертация на соискание ученой степени доктора наук защищена по научной специальности 05.13.01: – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)

Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», д.т.н., доцент

e-mail: antonov.v@bashkortostan.ru

Антонов Вячеслав Викторович

Диссертация на соискание ученой степени доктора наук защищена по научной специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», д.т.н., доцент

e-mail: smoljushka@mail.ru

Сметанина Ольга Николаевна

Диссертация на соискание ученой степени доктора наук защищена по научной специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

Подпись Юсуповой Н.И.  
Удостоверяю « 12 » 10 2021 г.  
Начальник отдела документационного обеспечения и архива

Подпись Антонова В.В.  
Удостоверяю « 12 » 10 2021 г.  
Начальник отдела документационного обеспечения



ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, + 7 (987) 254-38-29, e-mail: office@ugatu.su, официальный сайт: <http://ugatu.su>

Подпись Сметаниной О.Н.  
Удостоверяю « 12 » 10 2021 г.  
Начальник отдела документационного обеспечения и архива