

На правах рукописи



Загоруйко Галина Борисовна

**МОДЕЛЬ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
КОМПЛЕКСНОЙ ПОДДЕРЖКИ РАЗРАБОТКИ СППР
В СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЯХ**

Специальность: 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского Отделения Российской Академии Наук

Научный руководитель: **Массель Людмила Васильевна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Артемьева Ирина Леонидовна**
доктор технических наук, профессор,
ФГАОУ ВО «Дальневосточный
федеральный университет», заведующая
кафедрой прикладной математики,
механики, управления и программного
обеспечения

Бакаев Максим Александрович
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный
технический университет», доцент кафедры
автоматизированных систем управления

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет»

Защита состоится 26 мая 2020 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета Д 003.061.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМиМГ СО РАН) по адресу: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, конференц-зал ИВМиМГ СО РАН, тел. +7 (383) 330-71-59.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИВМиМГ СО РАН: <http://icmmg.nsc.ru>

Автореферат разослан: 23 марта 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 003.061.02, д.ф.-м.н.



Сорокин Сергей Борисович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Системы поддержки принятия решений (СППР) используются во многих сферах человеческой деятельности. Их популярность неуклонно возрастает. Одной из причин этого явления является массовая компьютеризация таких сфер нашей жизни, как экономика, политика, здравоохранение, образование, юриспруденция, соцзащита, культура и прочее, т.е. тех областей, которые слабо формализуемы по своей сути. Накопленные в этих областях знания и данные требуют специальных (интеллектуальных) средств для их представления, организации доступа к ним и использования. Владение этими средствами необходимо для принятия грамотных, взвешенных решений. Вместе с тем всё больше людей вовлекаются в процесс принятия важных решений. Одновременно растет ответственность за их последствия. Поэтому так важны системы, способные оказать помощь лицам, принимающим решения (ЛПР), в особенности, в слабоформализованных предметных областях (СФПО).

Разработка СППР – важная задача, решение которой осложняется отсутствием доступных инструментариев и систематизированной информации о методах и аспектах поддержки принятия решений. Поэтому процесс разработки СППР также нуждается во всесторонней поддержке, а создание методов и средств такой поддержки является актуальной проблемой.

Степень разработанности проблемы. Теория принятия решений является хорошо исследованной научной дисциплиной. Вопросы развития этой теории и ее практических приложений рассматриваются в работах Кулагина О.А., Орлова А.И., Петровского А.Б., Axelrod R., Абрамовой Н.А., Кузнецова О.П., Кулинича А.А., Тарасова В.Б., Ярушкиной Н.Г., Варшавского П.Р., Еремеева А.П., Мельникова А.В., Юсуповой Н.И., Saha S., Zulkafli Z., Трахтенгерца Э.А., Геловани В.А., Массель Л.В., Черняховской Л.Р., Грибовой В.В., Кобринского Б.А., Шалфеевой Е.А. и др. Методологии, используемые подходы и принципы разработки СППР обсуждаются в работах Garaibeh N.K., Power D. J., Turban E., Вагина В.Н., Судакова В. А, Халина В.Г.

В работах Casanovas P., Rospocher M., Saremi A., Авдеенко Т.В., Виттиха В.А., Массель Л.В., Смирнова С.В. рассматривается использование онтологий при построении СППР в различных областях, в том числе слабоформализованных.

Общепризнано, что современная СППР является одновременно и информационной системой, интегрирующей информационные ресурсы своей области знаний. Вопросы обеспечения эффективного содержательного доступа к информационным ресурсам научной, образовательной и инженерной

тематики посредством разработки специализированных информационных систем освещены в работах Edwards M.P., Scott-Morton M.S., Zhang, S., Васенина В.А., Глобы Л.С, Загорюлько Ю.А., Серебрякова В. А., Тузовского А.Ф. и др. Что касается информационных ресурсов, обслуживающих разработчиков СППР, то их практически нет.

Предлагаемые в диссертационном исследовании методы и средства предназначены для решения проблемы отсутствия доступных инструментариев построения СППР в СФПО и оказания помощи в разработке таких систем.

В рамках теории принятия решений и искусственного интеллекта разработано теоретически и реализовано программно большое количество методов, которые могут быть применены для поддержки принятия решений. Описано множество подходов, принципов построения СППР. Организация доступа к этой информации и к программным реализациям методов является актуальной задачей, решение которой создает предпосылки для успешного выполнения задач диссертационного исследования.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является создание модели, методов и средств комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР для слабоформализованных предметных областей.

Достижение этой цели предполагает решение следующих задач:

1. Анализ современного состояния в области поддержки разработки СППР, позволяющий выявить существующие принципы, подходы и средства разработки интеллектуальных СППР, методы принятия решений в слабоформализованных предметных областях.
2. Создание модели комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных областях.
3. Разработка онтологии области знаний «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях».
4. Создание информационно-аналитического интернет-ресурса по поддержке принятия решений в слабоформализованных областях на основе разработанной онтологии.
5. Разработка репозитория методов поддержки принятия решений в слабоформализованных областях, в том числе, программная реализация ряда методов.
6. Разработка и апробирование методики создания интеллектуальных СППР на основе разработанных методов и средств.

Объектом исследования в данной работе является процесс разработки СППР в слабоформализованных предметных областях.

Предмет исследования – современные методы и средства поддержки разработки СППР на всех этапах их жизненного цикла, методы принятия решений в слабоформализованных предметных областях.

Методы и средства исследования. При структуризации объекта и предмета исследования были использованы методы системного анализа, когнитивной психологии, искусственного интеллекта. При разработке модели комплексной поддержки разработки СППР использовались методы инженерии знаний, онтологического моделирования, технологии Semantic Web. При создании методики разработки интеллектуальных СППР использовались методы объектно-ориентированного анализа, системного и прикладного программирования.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена оригинальная модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР для слабоформализованных предметных областей, отличающаяся интеграцией методов и средств, обеспечивающих концептуальную, информационную, компонентную и методическую поддержку разработчиков СППР, а также применением дескрипционной логики, используемой как для формального, так и содержательного описания интегрируемых в модели методов и средств.
2. Впервые выполнена систематизация области знаний «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях» и построена её онтология.
3. На основе онтологии поддержки принятия решений разработан информационно-аналитический интернет-ресурс, предоставляющий содержательный доступ к знаниям и данным этой предметной области. Отличительной особенностью данного ресурса является его интеграция с репозиторием методов поддержки принятия решений.
4. Разработан репозиторий методов поддержки принятия решений, который отличается от аналогичных библиотек и хранилищ методов, созданных для решения задач в других предметных областях, семантической систематизацией методов и организацией содержательного доступа как к их описаниям, так и к их реализациям в виде сервисов, за счет использования комбинации сервис-ориентированного и онтологического подходов.
5. Разработана новая методика создания ИСППР, предлагающая использовать в качестве каркаса создаваемой системы информационно-аналитический интернет-ресурс моделируемой предметной области и обеспечивать её функциональность за счет включения в её состав сервисов из репозитория.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в создании модели комплексной поддержки разработки интеллектуальных

СППР. За счет использования дескрипционной логики для представления данной модели обеспечивается как формальное, так и содержательное описание методов и средств концептуальной, информационной, компонентной и методической поддержки, а также подходов и принципов разработки интеллектуальных СППР, хорошо зарекомендовавших себя на практике. Определение границ, систематизация и формализация области знаний «Поддержка принятия решений в СФПО» в виде онтологии, разработка на ее основе информационно-аналитического интернет-ресурса способствуют более быстрому освоению данной области и привлечению к ней новых исследователей, а значит, ее дальнейшему развитию.

Практическая значимость работы заключается в создании средств, упрощающих и ускоряющих процесс разработки интеллектуальных СППР в СФПО. Кроме того, разработанные методы и средства могут быть использованы в процессе обучения студентов, специализирующихся в данной области знаний.

Результаты диссертационной работы вошли в наиболее значимый результат ИСИ СО РАН за 2019 год.

Основные положения работы, выносимые на защиту:

1. Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР.
2. Онтология области знаний «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях».
3. Информационно-аналитический интернет-ресурс по поддержке принятия решений в слабоформализованных областях.
4. Расширяемый репозиторий методов поддержки принятия решений. Ряд сервисов, реализующих интеллектуальные методы поддержки принятия решений в слабоформализованных областях.
5. Методика создания интеллектуальных СППР на основе разработанных методов и средств.

Область исследования соответствует специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» (технические науки) по пунктам:

1. **Модели, методы и алгоритмы проектирования и анализа программ и программных систем** – положения 1, 5.
3. **Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем** – положения 2, 3, 4.
4. **Системы управления базами данных и знаний** – положения 2, 3.

Достоверность результатов подтверждается корректным применением методов и средств исследования, апробацией основных положений работы на

международных и российских конференциях, актами о внедрении результатов, свидетельством о регистрации программного комплекса, включающего результаты диссертационного исследования.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на XV, XVII-XXI, XXIII-й Байкальских Всероссийских конференциях «Информационные и математические технологии в науке и управлении», г. Иркутск (2010, 2012-2016, 2018 гг.); Всероссийской конференции с международным участием «Знания – Онтологии – Теории» (ЗОНТ–2013), Новосибирск, 2013 г.; III, VI и VIII-й Международных научно-технических конференциях «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем», Минск (2013, 2016, 2018 гг.); 13, 14, 16-й национальных конференциях по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2012, КИИ-2014, КИИ-2018); 9, 10, 14, 17-й международных конференциях «New Trends in Software Methodologies, Tools, and Techniques» (SoMet) (2010, 2011, 2015, 2018 гг.), 6 и 7-й всероссийской научной конференции «Информационные технологии и системы» (2017 и 2019 гг.) и др.

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 40 работ, в том числе, 7 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук и 7 – в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Личный вклад. Положения 1, 2, 5, составляющие новизну и выносимые на защиту, получены автором лично. Положения 3, 4 получены совместно с сотрудниками лаборатории искусственного интеллекта ИСИ СО РАН и дипломниками НГУ под руководством автора. При этом вклад автора в получение этих результатов является определяющим.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 196 наименований, и 5 приложений. Полный объем диссертации составляет 191 страницу, включая 56 рисунков и 2 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цель и задачи, объект, предмет и методы исследования, сформулированы научная новизна, выносимые на защиту положения, теоретическая и практическая значимость, представлены сведения об апробации результатов научной работы.

В первой главе выполняется анализ современного состояния в области разработки интеллектуальных СППР в СФПО.

В начале главы рассматривается специфика СФПО, дается определение СППР, рассматриваются разные классы таких систем и их структура. Под

СППР понимаются человеко-машинные системы, которые позволяют лицам, принимающим решения, использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения слабоструктурированных проблем. Если в СППР используются методы искусственного интеллекта, то такие системы называются интеллектуальными СППР (ИСППР).

Далее рассматриваются используемые в современных ИСППР модели представления знаний. Подробно анализируются принципы и подходы к разработке систем такого класса. Приводится обзор методов поддержки принятия решений и реализующих их средств. Рассматриваются технологии, используемые для разработки ИСППР.

В настоящее время готовых инструментариев для создания ИСППР в СФПО, обеспечивающих необходимую функциональность, в свободном доступе нет. Вместе с тем в литературе описаны методологии разработки СППР, основанные на разных принципах и подходах. Создано большое количество программных систем, реализующих разные методы поддержки принятия решений (ППР).

Необходимость и возможность сочетания достоинств имеющихся подходов и использования доступных методов и средств разработки ИСППР в рамках общей модели подтверждает актуальность диссертационной работы, обосновывает её цели и задачи.

Глава 2 посвящена описанию и формализации предлагаемых модели, методов и средств организации комплексной поддержки разработки (КПР) ИСППР. Модель представляет комплексную поддержку разработки ИСППР как процесс удовлетворения потребностей разработчиков ИСППР и предлагает для этого соответствующие методы и средства. Основные элементы модели КПР представлены на рисунке 1.

Модель описывается с помощью формальной системы $FM = \langle C, R, A \rangle$, где C – множество атомарных концептов КПР, R – множество атомарных ролей, описывающих свойства концептов и отношения между ними, A – множество аксиом, устанавливающих связи между концептами и ролями. Аксиомы содержат составные концепты и ограничения ролей, которые определяются в соответствии с конструкторами логики SOIN(D) Множества C и R включают следующие основные концепты и роли:

$C = \{ \text{Разработчик_ИСППР, Потребность_разработчика_ИСППР, Метод_КПР,}$
 $\text{Средство_КПР, Методика_разработки_ИСППР,}$
 $\text{Принцип_разработки_ИСППР, Подход_к_разработке_ИСППР,}$
 $\text{Технология_для_разработки_ИСППР,}$
 $\text{Методика_разработки_репозитория_методов_ППР,}$

Архитектура_ИСППР, Алгоритм_разработки_ИСППР, Действие,
Процесс_разработки_ИСППР, Этап_разработки_ИСППР }

R = { удовлетворяет, реализует, заимствует, использует, основываетсяНа,
предлагает, включает }

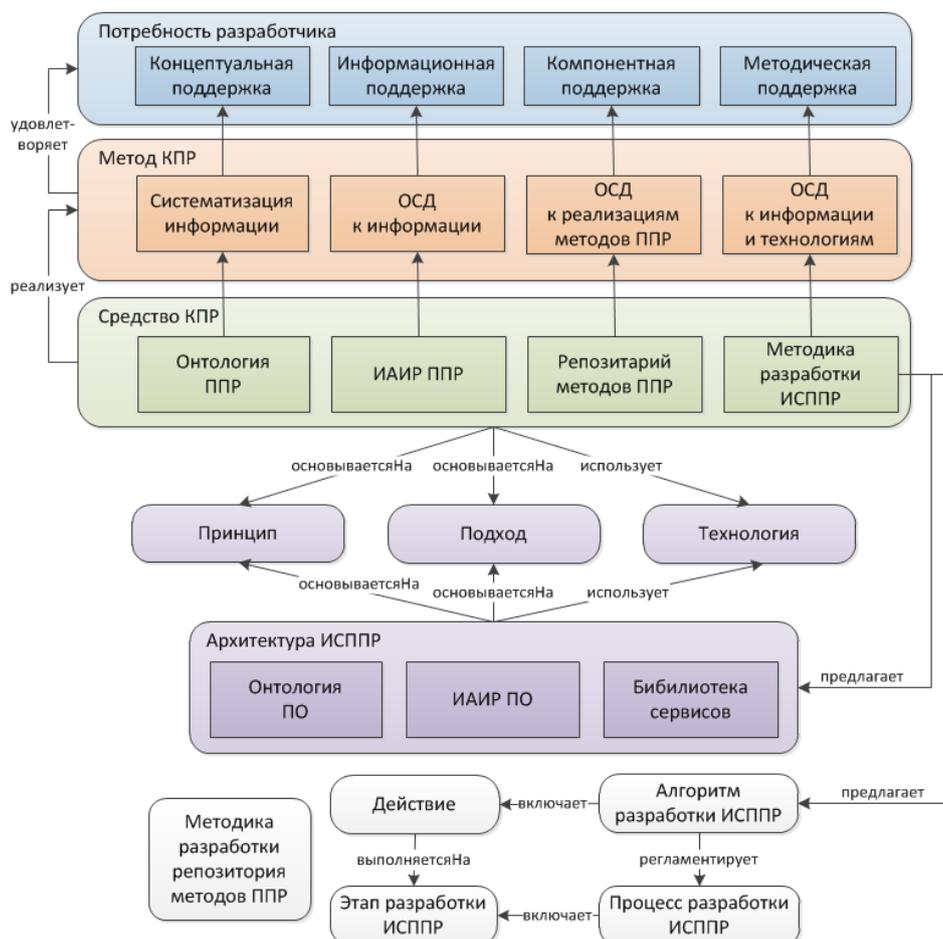


Рисунок 1. Основные элементы модели КПР (здесь: ОСД – обеспечение содержательного доступа; ИАИР – информационно-аналитический интернет-ресурс)

Интерпретация I формальной системы, задающая ее семантику, представляется парой $I = \langle \Delta, f \rangle$, где Δ – домен, множество всех экземпляров (индивидов) модели КПР, $f: C \cup R \rightarrow (2\Delta) \cup (2\Delta \times 2\Delta)$ – функция интерпретации, сопоставляющая каждому концепту множество его индивидов – $f(C_i) \subseteq \Delta, C_i \in C$, а каждой роли – бинарное отношение, т.е. множество пар связываемых им индивидов $f(R_i) \subseteq \Delta \times \Delta, R_i \in R$.

Функция f расширяется для интерпретации составных концептов в соответствии с индуктивными правилами логики $SOIN(D)$.

Тогда интерпретация формальной системы FM будет задавать **модель КПР** как множество конкретных объектов, принадлежащих определенным классам, связанных определенными отношениями и удовлетворяющих аксиомам A.

Далее рассматриваются основные концепты, роли и аксиомы модели КПР и их интерпретации.

В разработке ИСППР участвуют специалисты трех типов:

f (Разработчик_ИСППР) = { ИНЖЕНЕР_ЗНАНИЙ, ЭКСПЕРТ, ПРОГРАММИСТ }

f (Потребность_разработчика) = { КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ_ПОДДЕРЖКА,
ИНФОРМАЦИОННАЯ_ПОДДЕРЖКА, КОМПОНЕНТНАЯ_ПОДДЕРЖКА,
МЕТОДИЧЕСКАЯ_ПОДДЕРЖКА }

Основными методами КПР являются способы работы с информацией о методах и аспектах ППР – их систематизация и обеспечение содержательного доступа к ним, а также к их реализациям. Средствами КПР являются онтология области знаний (ОЗ) ППР, информационно-аналитический интернет-ресурс (ИАИР) по ППР, репозиторий методов ППР и методика разработки ИСППР.

Методы КПР удовлетворяют потребности разработчиков ИСППР.

f (удовлетворяет) =

{ (СИСТЕМАТИЗАЦИЯ_ИНФОРМАЦИИ, КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ_ПОДДЕРЖКА),
(ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_МЕТОДАХ_ППР, ИНФОРМАЦИОННАЯ_ПОДДЕРЖКА),
(ОСД_К_РЕАЛИЗАЦИЯМ_МЕТОДОВ_ППР, КОМПОНЕНТНАЯ_ПОДДЕРЖКА),
(ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_ПОДХОДАХ_ПРИНЦИПАХ_ТЕХНОЛОГИЯХ,
МЕТОДИЧЕСКАЯ_ПОДДЕРЖКА) }

Средства КПР реализуют методы КПР.

f (реализует) = { (ОНТОЛОГИЯ_ППР, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ_ИНФОРМАЦИИ),
(ИАИР_ППР, ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_МЕТОДАХ),
(РЕПОЗИТОРИЙ_МЕТОДОВ, ОСД_К_РЕАЛИЗАЦИЯМ_МЕТОДОВ),
(МЕТОДИКА_РАЗРАБОТКИ_ИСППР,
ОСД_К_ИНФОРМАЦИИ_О_ПОДХОДАХ_ПРИНЦИПАХ_ТЕХНОЛОГИЯХ) }

Средства комплексной поддержки, представленные индивидами в модели КПР, являются сложными объектами. Для них построены собственные подмодели, которые подробно рассматриваются в этой главе.

Предлагаемая модель КПР (рисунок 1) включает **принципы, подходы, и технологии**, которые используются в современных ИСППР и хорошо зарекомендовали себя на практике.

f(Принцип_разработки_ИСППР) = {
МАКСИМАЛЬНОЕ_ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_ГОТОВЫХ_РЕШЕНИЙ,
МАСШТАБИРУЕМОСТЬ, ДОСТУПНОСТЬ, ОТКРЫТОСТЬ,
ПРОСТОТА_ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, НЕЗАВИСИМОСТЬ_ОТ_ПО, ИНФОРМАТИВНОСТЬ }

f(Подход_к_разработке_ИСППР) = {
ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ_ПОДХОД, ФРАКТАЛЬНО_СТРАТИФИЦИРОВАННЫЙ_ПОДХОД,
СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ_ПОДХОД, КАРКАСНЫЙ_ПОДХОД
ПОДХОД_БЫСТРОГО_ПРОТОТИПИРОВАНИЯ, ПОДХОД_ ГИБКОЙ_РАЗРАБОТКИ, }

f(Технология_для_разработки_ИСППР) = {
ТЕХНОЛОГИЯ_SEMANTIC_WEB, ТЕХНОЛОГИЯ_РАЗРАБОТКИ_ИНИР }

Архитектура типовой ИСППР. Согласно предлагаемой модели КПР основным компонентом разрабатываемой ИСППР, её каркасом, на который в виде сервисов будут «нанизаны» интерфейсные и функциональные компоненты, является тематический ИАИР выбранной предметной области (ПО). Он создается по той же технологии разработки интеллектуальных научных интернет-ресурсов (ИНИР), что и ИАИР ППР (разработка ИСИ СО РАН). База знаний строится на основе онтологии ПО. Сервисы, включаемые в архитектуру ИАИР, заимствуются из репозитория методов ППР, а описывающие их информационные объекты – из онтологии ППР и контента ИАИР ППР. На Рисунке 2 показаны архитектурные компоненты типовой ИСППР (выделены жирным контуром) и схема их взаимодействия.

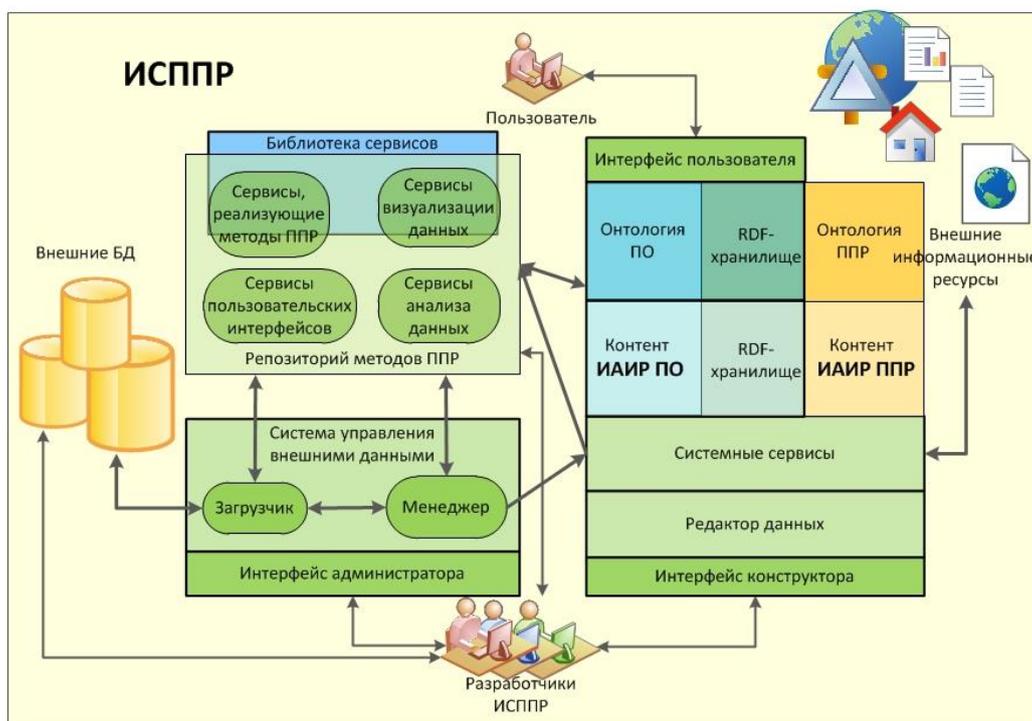


Рисунок 2. Архитектура типовой ИСППР

Методика разработки ИСППР предлагает архитектуру и алгоритм разработки ИСППР, основывается на рассмотренных выше принципах и подходах и использует указанные выше технологии. Алгоритм задает последовательность действий, выполняемых в процессе разработки ИСППР, который включает следующие этапы: идентификацию, концептуализацию, формализацию, реализацию, тестирование, опытную эксплуатацию. На множестве всех действий определено отношение « \leq », определяющее порядок следования действий алгоритма, а также отношение, сопоставляющее каждому этапу разработки ИСППР набор действий, выполняемых на нем.

Глава 3 посвящена реализации предлагаемых средств комплексной поддержки разработки ИСППР – онтологии ППР, ИАИР ППР и репозитория методов ППР.

Онтология ППР была построена на основе базовых онтологий научного знания, научной деятельности, задач и методов, научных информационных ресурсов, предоставляемых технологией разработки ИНИР, путем дополнения и конкретизации содержащихся в них понятий. Основные понятия базовых онтологий конкретизируются в онтологии ППР следующим образом:

$f(\text{Объект_исследования}) = \{\text{ПРОБЛЕМНАЯ_СИТУАЦИЯ,}$
 $\text{ПРОЦЕСС_ПРИНЯТИЯ_РЕШЕНИЙ}\}$

ПредметИсследования \supseteq Аспект_процесса_ПР \sqcup Информация \sqcup
ПредставлениеИнформации \sqcup Цель_ППР

Метод/средство_исследования \supseteq Алгоритм \sqcup Математический_метод \sqcup
Метод_поддержки_принятия_решений \sqcup
Метод_получения_информации \sqcup Метод_визуализации \sqcup Формализм

Метод_поддержки_принятия_решений \supseteq Метод_анализа_данных \sqcup
Метод_рассуждений \sqcup Метод_моделирования \sqcup Экспертный_метод

Аспект_процесса_ПР \supseteq Альтернатива \sqcup Критерий_оценки \sqcup
Метрика/мера_близости \sqcup Предпочтение_ЛПР \sqcup
Процесс_работы_метода_ПР \sqcup Шкала \sqcup Этап_ПР \sqcup Этап_работы_метода_ПР

Результат/продукт \supseteq Алгоритм \sqcup
Инструментальная_программная_разработка \sqcup Методика \sqcup
Методология \sqcup Прикладная_разработка

Онтология ППР была реализована на языке OWL в редакторе Protégé. Для упрощения процесса создания онтологии были разработаны и использованы паттерны онтологического проектирования.

На основе данной онтологии был построен **информационно-аналитический интернет-ресурс по ППР**. При этом использовалась технология разработки ИНИР, которая помимо средств построения онтологий предоставляет оболочку ресурса и редактор данных, с помощью которого был наполнен контент ИАИР (введены объекты, установлены связи между ними, добавлены полнотекстовые инструкции для использования программных систем, описания методов, задач и данных, необходимых для их решения). Для настройки отображения на ресурсе элементов онтологии и контента они были дополнены служебной информацией.

На Рисунке 3 представлена страница ИАИР ППР. В левой части страницы показана иерархия классов онтологии ППР. Центральное окно страницы занимает описание метода недоопределенных вычислений.

Реализация репозитория осуществлена также на основе онтологии ППР. Описания представленных в репозитории методов и программных систем систематизированы в соответствии с этой онтологией.

Главная **Онтология** О ресурсе

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ОБЛАСТЯХ



- Географическое место
- + Деятельность
- + Интернет ресурс
- Метод / средство исследования
 - + Эвристический метод
 - Метод поддержки принятия решений
 - + Анализ данных
 - + Метод рассуждений
 - Моделирование
 - Аналитическое моделирование
 - + Математическое моделирование
- Программирование в ограничениях
 - Имитационное моделирование
 - Семантическое моделирование
 - + Экспертный метод
- Объект исследования
 - Организация
 - Персона
- + Предмет исследования
 - Публикация
 - Раздел науки
- + Результат / продукт
 - Событие

Свойства объекта	
Название	Метод недоопределенных вычислений
Описание	Метод, предложенный А.С. Нариньяни. Является методом программирования в ограничениях в самой общей постановке
Дата возникновения	1980

Связи объекта	
имеет Автор-Персону	
Персона	
Нариньяни А.С.	

Обратные связи объекта	
описывает Метод	
Публикация	
А.С. Нариньяни НЕ-факторы: неточность и недоопределенность – различие и взаимосвязь 2000	
А.С. Нариньяни Недоопределенность в системах представления и обработки знаний 1986	
В.А. Сидоров, Г.Б. Загорюлько NeMo-: Объектно-ориентированная система программирования в ограничениях на основе недоопределенных моделей 1998	
В.А. Сидоров, Г.Б. Загорюлько Метод недоопределенных вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях 2016	
реализует Программный продукт Метод	
Результат / продукт	
Решатель UniCalc	
Система Интегра	
реализует Сервис Метод	
Проблемно-ориентированный сервис	
WebUniCalc	

Рисунок 3. ИАИР «Поддержка принятия решений»

Для реализации методов ППР было использовано несколько подходов.

1. Разработка сервисов с использованием протоколов SOAP/WSDL. Так были разработаны Web-сервисы, реализующие ряд методов линейного программирования, метод недоопределенных вычислений, метод рассуждений на основе экспертных правил. Для разработки данных сервисов была использована платформа .Net, язык C#.

2. Разработка сервисов с использованием технологии Java Web Start (сокращенно JavaWS), основанной на протоколе Java Network Launching Protocol (JNLP). С использованием данного подхода были разработаны сервисы для методов семантического моделирования – редакторы для построения онтологий, когнитивных карт и событийных карт (разработка ИСЭМ СО РАН).

3. Разработка сервиса как web-приложения, позволяющего получить подробное описание метода и запустить его. Так были разработаны сервисы, реализующие метод Саати, метод когнитивного моделирования и метод недоопределенных вычислений. Разработка осуществлялась на языке PHP.

Для решения многих задач принятия решений требуется обработка больших массивов данных, хранящихся во внешних источниках. Для поддержки такой функциональности были разработаны сервисы, позволяющие запрашивать данные из внешних источников, отображать их в ресурсе в виде таблиц или графических зависимостей, либо передавать массивы данных для дальнейшей обработки соответствующим сервисам. Разработка менеджера, осуществляющего взаимодействие данных сервисов (Рисунок 2), выполнена на

языке PHP. Для доступа к внутреннему хранилищу онтологии был использован язык SPARQL и библиотека EasyRdf. В качестве протокола общения с внешними источниками данных была использована библиотека protobuf компании Google.

В четвертой главе описываются примеры использования предлагаемой методики для разработки двух ИСППР из разных предметных областей.

На Рисунке 4 представлен интерфейс одной из этих систем – ИСППР по угрозам энергетической безопасности.

The screenshot shows the interface of the 'Threats of Energy Security' decision support system. At the top, there are navigation links for 'Главная', 'Онтология', and 'О СППР'. The main title is 'УГРОЗЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ' and the subtitle is 'СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ'. Below the title is a grid of icons representing different energy-related concepts. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:** A hierarchical tree structure representing the ontology. It includes categories like 'Географическое место', 'Деятельность', 'Задача Энергетической безопасности', 'Конкретная задача', 'Информационный ресурс', 'Объект Энергетической безопасности', 'Инфраструктура энергетики', 'Объект энергетики', 'Ресурс', 'Топливо-энергетический ресурс', 'Возобновляемый ресурс', 'Невозобновляемый ресурс', 'Энергетический ресурс', 'Энергетическая отрасль', 'Организация', 'Персона', 'Поддержка принятия решений', 'Предмет Энергетической безопасности', 'Публикация', 'Событие', 'Субъект Энергетической безопасности', 'Угроза Энергетической безопасности', 'Киберугроза', 'Природная угроза', 'Социально политическая угроза', 'Техногенная угроза', 'Управленческо-правовая угроза', 'Экономическая угроза', 'Цель Энергетической безопасности', and 'Энергетическая безопасность'.
- Top Right:** Two tabs for 'Табличное представление' and 'Графовое представление'.
- Center:** A table showing properties of an object. The object is 'Авария на электростанции'. The description is '/threats/uploads/40/b3/d659ad18a7019b9eee39bf177608.pdf'. Below this are sections for 'Связи объекта' (relationships), 'Обратные связи объекта' (reverse relationships), and 'Метод / средство' (method/tool).
- Bottom:** Copyright information: '© ИСИ, ИСЭМ 2018' and 'Ресурс разработан при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-07-00569)'.

Рисунок 4. Интерфейс ИСППР «Угрозы энергетической безопасности»

При создании этой ИСППР, согласно методике, была разработана онтология соответствующей ей ПО и описаны две задачи: «Анализ угрозы похолодания» и «Анализ угрозы аварии у производителя энергоресурса». Для решения этих задач были разработаны две недоопределенные вычислительные модели, реализован сервис для ввода данных, запуска решателя Unicalc и отображения результатов.

В другой ИСППР «Профилактика и лечение элементозов» использовался метод рассуждений на основе экспертных правил и реализующий его сервис, предоставляющий доступ к системе Semp-ТАО.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

В приложениях представлен справочный и иллюстративный материал, фрагменты программного кода, реализующего ряд методов ППР, свидетельство о государственной регистрации программного комплекса, включающего результаты диссертационного исследования, акты об их внедрении.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В ходе диссертационного исследования были получены следующие результаты:

1. Разработана модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных областях. Эта модель интегрирует методы и средства, обеспечивающие концептуальную, информационную, компонентную и методическую поддержку разработчиков СППР. При разработке модели использовался язык дескрипционной логики, позволяющий получить как формальное, так и содержательное её описание.
2. Определены границы предметной области «Поддержка принятия решений в слабоформализованных областях» и построена ее онтология.
3. Разработан информационно-аналитический интернет-ресурс по поддержке принятия решений в слабоформализованных областях, предоставляющий содержательный доступ к знаниям и данным этой предметной области, а также к методам поддержки принятия решений и реализующим их программным системам.
4. Создан репозиторий методов поддержки принятия решений в слабоформализованных областях. Разработаны и включены в репозиторий сервисы, реализующие ряд методов поддержки принятия решений в слабоформализованных областях, а также сервис для организации доступа к данным из внешних источников. Методы и программные системы репозитория имеют семантические описания и доступны через информационно-аналитический интернет-ресурс.
5. Разработана методика создания интеллектуальных СППР. Данная методика предлагает использовать в качестве каркаса создаваемой системы информационно-аналитический интернет-ресурс моделируемой предметной области и обеспечивать её функциональность за счет подключения сервисов из репозитория. Выполнена апробация методики на примере разработки ИСППР из технической и медицинской областей, которая показала удобство и простоту использования предлагаемых средств.

Рассмотренные выше средства КПР упростят и ускорят процесс создания конкретных прикладных ИСППР, а также могут быть использованы в процессе обучения студентов, специализирующихся в данной области знаний.

Дальнейшее развитие полученных результатов будет вестись в нескольких направлениях: (1) развитие онтологии ППР; (2) пополнение контента ИАИР ППР описаниями новых методов, программных разработок, связанной с ними литературы; (3) развитие репозитория, реализация новых сервисов, в частности, сервисов интерфейса с конечным пользователем; (4) создание конкретных ИСППР с применением разработанных модели и средств КПР.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Онтологический подход к разработке системы поддержки принятия решений на нефтегазодобывающем предприятии // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2012. Том.10, выпуск 1. –С. 121-128
2. Загорулько Г.Б., Молородов Ю.И., Федотов А.М. Систематизация знаний по теплофизическим свойствам веществ.//Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2014 -Том 12, Выпуск № 3. -С.48-56.
3. Загорулько Г.Б. Разработка онтологии для интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях / Г.Б. Загорулько // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №4(22). - С. 485-500.
4. Загорулько Г.Б., Массель Л.В. Разработка интеллектуальной СППР по предотвращению угроз энергетической безопасности // Вестник СибГУТИ. 2019. №3. С.70-79.
5. Загорулько Г.Б. Модель комплексной поддержки разработки интеллектуальных СППР // Онтология проектирования. – 2019. – Т. 9, №4(34). - С. 462-479.

Публикации в изданиях, индексируемых в SCOPUS и Web of Science

6. Yury Zagorulko, Galina Zagorulko. Architecture of Extensible Tools for Development of Intelligent Decision Support Systems // New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques. Proceedings of the 10th SoMeT_11. Hamido Fujita (Eds.) –IOS Press, - Amsterdam. –2011. –P.457-466.
7. Molorodov Yu.I., Zagorulko G.B., Vishnev K.E., 2018. Tools for integrating intelligent scientific internet resources with distributed data sources. Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications, 6(3): 45-52.

Доклады на конференциях и публикации в рецензируемых журналах

8. Загорулько Г.Б. Обеспечение информационной поддержки разработчиков СППР//Труды XVIII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. –С. 137-142.
9. Загорулько Г.Б. Сервис-ориентированный подход к разработке интеллектуальных научных интернет-ресурсов // Труды XX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. –С. 97-104.
10. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Проблемы комплексной поддержки процесса разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2016, №3. – С. 115–125.
11. Загорулько Г.Б., Сидоров В.А. Метод недоопределенных вычислений как средство поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2016. № 4-1. – С. 27-36.
12. Загорулько Г.Б. Методические аспекты разработки интеллектуальных СППР в слабоформализованных предметных областях на основе информационно-аналитических ресурсов // Труды шестнадцатой Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2018). М.: РКП, 2018. Т. 1, С. 36–43.

Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019619698 Программный комплекс для разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений в слабоформализованных предметных областях СПОРА+ / Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б., Боровикова О.И., Шестаков В.К., Серый А.С. – №2019618680; заявл. 16.07.2019; зарег. в реестре программ для ЭВМ 23.07.2019 г.