

## ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертации

Переведенцева Дениса Алексеевича «**Разработка методики и алгоритмов поддержки принятия решений при реализации наукоемких проектов сложных технических систем**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ и управление (в науке и технике)».

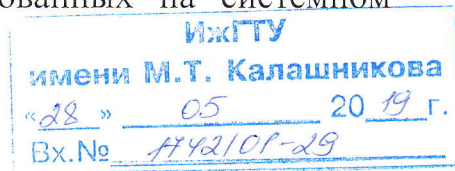
**Актуальность темы** заключается в том, что разработанные автором методики и алгоритмы позволяют повысить эффективность поддержки принятия решений при разработке и реализации наукоемких проектов сложных технических систем (СТС) в условиях сложного информационного и логического представления подсистем и отдельных элементов, а также слабоструктурированного набора данных. В работе предлагается методика снижения трудоемкости процедур сравнения наукоемких проектов за счет использования множества разнородных характеристик и комплексного подхода к оценке их перспективности и реализуемости. Поставленные в диссертации задачи решаются на основе системного подхода к формализации наукоемких проектов СТС и разработке системы поддержки принятия решений (СППР) в рамках информационной системы (ИС), что требует формирования специализированных баз данных, разработки аналитического и программно-технического инструментария с учетом предметных областей их использования и современных методов обработки информации. В этой связи многомерный анализ данных и алгоритмы машинного обучения являются необходимыми аналитическими компонентами автоматизированной компьютерной системы поддержки наукоемких проектов.

Цель работы заключается в разработке методики и алгоритмов, способствующих повышению обоснованности и эффективности принимаемых решений при реализации наукоемких проектов создания СТС на основе технологий многомерного и интеллектуального анализа данных.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы состоящего из 170 наименований. Общий объем диссертации составляет 206 с.

Введение раскрывает суть и направление диссертационного исследования.

В первой главе раскрывается понятие наукоемких проектов СТС, описана специфика их реализации. Проведен анализ актуальных проблем, заключающихся в практическом отсутствии гибких моделей и алгоритмов многомерного анализа наукоемких проектов, основанных на системном





подходе и специальных автоматических компьютерных систем. Обоснован онтологический подход к формализации предметных областей наукоемких проектов. Показаны преимущества модели онтологии для разработки базы знаний и проектирования СППР.

Во второй главе представлена методика построения онтологии наукоемких проектов на основе разработки концептуальной и содержательной моделей предметной области СТС. Описаны этапы формализации и описания функциональных зависимостей наукоемких проектов: отбор экспертов для формирования списка параметров и критериев оценки, анализ результатов опроса экспертов, алгоритмы расчета интегрального показателя оценки наукоемкого проекта на основе системы нечеткой логики и решения оптимизационной задачи отбора проектов. Представлены алгоритмы и модели работы с данными наукоемких проектов, позволяющие сформулировать основные требования к функциональным возможностям информационно-аналитической системы поддержки процессов управления наукоемкими проектами по разработке СТС. Выбран объектно-структурный подход к разработке СППР, а также методология объектно-ориентированного анализа для моделирования знаний эксперта.

Третья глава посвящена методике проектирования и разработки базы данных и системы поддержки принятия решений. Сформулирована методика проектирования специальных СППР на основе объектно-когнитивного анализа предметной области, методов объектно-ориентированного анализа, онтологического анализа и семантической сети представления знаний. Проведено моделирование и формализация знаний, используемых в процессе управления СТС в проблемных ситуациях. Представлен унифицированный подход к сбору данных о наукоемких проектах и проведению интеллектуального анализа собранной информации на основе методологии многоцелевой оптимизации, технологий многомерного анализа и вероятностных моделей. Описана процедура разработки базы знаний СППР и алгоритмы многомерного интеллектуального анализа наукоемких проектов разработки СТС.

В четвертой главе на основе разработанной методики определены характерные особенности основных типов наукоемких проектов в рамках бизнес-инкубатора. Построены инфологическая и даталогическая модели ИС, разработана структура базы данных, определены условия и порядок принятия управленческого решения и реализована база знаний для формирования автоматических рекомендаций по работе с наукоемкими проектами разработки СТС, описан комплекс функциональных модулей СППР, представлена схема работы аналитического модуля СППР.



В пятой главе формализована предметная область оценки научно-технических проектов в рамках онлайн-платформы и разработаны алгоритмы обработки данных. Также в рамках разработанной методики описаны существенные для предметной области понятия и концепты, построена модель онтологии наукоемких проектов, получены математические модели оценки привлекательности наукоемких проектов СТС по выбранным атрибутам проекта в соответствии с их взаимосвязями. Разработаны алгоритмы формирования автоматических рекомендаций в рамках онлайн-платформы для повышения эффективности отбора наукоемких проектов на основе анализа структуры их параметров и рассчитанной оценки привлекательности.

**Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации:**

1. Методика разработки модели онтологии наукоемких проектов на основе концептуально-содержательного подхода к моделированию экспертных знаний о предметной области проекта, позволяющая формализовать его основные атрибуты и системные связи. Сформирована модель данных сущности «наукоемкий проект», а также описаны процессы реализации наукоемких проектов в рамках информационно-технической системы.
2. Методика и математические алгоритмы, отражающие функциональные зависимости параметров наукоемкого проекта. На основе системы нечетного логического вывода разработана комплексная методика оценки наукоемких проектов, представляющая собой оригинальный набор агрегированных критериев и учитывающая коэффициенты влияния отдельных параметров на интегральный показатель степени привлекательности проекта. Описан алгоритм решения задачи многокритериальной оптимизации отбора наукоемких проектов. Построена многомерная модель данных (MD-модель) наукоемкого проекта. На основе MD-модели разработана логическая структура OLAP-кубов для представления и анализа данных.
3. Методика разработки самообучаемой и адаптивной базы знаний для формирования автоматических рекомендаций по работе с наукоемкими проектами разработки сложных технических систем, описывающая условия и порядок принятия управленческого решения. Данная база знаний позволяет оптимизировать и автоматизировать процессы работы с наукоемкими проектами за счет определения принадлежности текущей ситуации к одной из эталонных и формирования промежуточных выводов и итоговых рекомендаций по принятию управленческого решения. Расширение и оптимизация правил базы знаний происходит на основе алгоритма машинного обучения дерева решений (CART).



4. Методика проектирования программной архитектуры и компьютерной реализации разработанных моделей в виде алгоритмического обеспечения системы анализа и обработки информации, включающей серверную часть для ведения базы данных и их обработки, а также системы визуализации информации. Данная ИАС в совокупности с модулем формирования экспертных рекомендаций позволяет повысить обоснованность решений, принимаемых при реализации наукоемких проектов сложных технических систем.

Основные результаты диссертации опубликованы в 28 научных работах, из них 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и 1 монография.

**Практическая значимость результатов**, полученных автором, заключается в возможности их использования в виде системы поддержки принятия решений, позволяющей извлекать знания из больших массивов накапливаемой в базах данных слабоструктурированной информации в целях поиска путей эффективной реализации, продвижения и внедрения научных результатов и разработок. Разработанная модель управления данными о результатах научных исследований и разработок и их обработки на основе современных информационных технологий позволяет повысить оперативность анализа данных об имеющихся научных исследованиях и автоматизировать учет полученных результатов научных разработок, а также сократить время на организацию новых проектов и научных коллективов.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов** подтверждается сопоставительным анализом разработанных и существующих методик и алгоритмов, а также итогами проведения вычислительного эксперимента и компьютерного моделирования. Теоретические положения, установленные в работе, обосновываются последовательным и корректным применением математического аппарата при получении выводов из исходных посылок, а также аналитической проверкой этих посылок и выводов результатами систематического исследования. Достоверность результатов экспериментального исследования обеспечена их согласованностью с результатами теоретического исследования и воспроизводимостью на значительных объемах экспериментального материала, а также выбором обоснованных критериев при построении алгоритмов обработки информации, обоснованностью построения алгоритмов обработки информации наукоемких проектов, наглядностью интерпретации полученных практических результатов.

**Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации:**



1. Разработана методика формализации системной структуры наукоемкого проекта в слабоструктурированных предметных областях путем построения концептуально-содержательной модели онтологии на основе профессиональных знаний и опыта экспертов.

2. Впервые разработаны методика и математические алгоритмы формализации функциональных связей наукоемких проектов, которые позволяют получить интегральную оценку проекта, построить многомерную модель его данных, а также проводить многокритериальный отбор наукоемких проектов по разработке сложных технических систем.

3. Разработана методика проектирования структуры и алгоритмов базы знаний для автоматического формирования рекомендаций по работе с наукоемкими проектами, основанная на формализации знаний эксперта предметной области, а также алгоритм автоматизированного обучения и оптимизации правил этой базы с использованием метода машинного обучения дерева решений (CART).

4. Представлена методика проектирования программной архитектуры систем поддержки принятия решений, позволяющая, как в рамках монолитных приложений, так и онлайн-платформ реального времени, объединить в единое информационное пространство подсистемы сбора и обработки данных проектов сложных технических систем, инструменты многомерного анализа и модуль экспертных рекомендаций.

#### **Общие замечания:**

1. В работе, в целях повышения целостности и согласованности базы знаний, следовало бы больше внимания уделить методам верификации новых правил базы знаний, полученных путем автоматической обработки накопленных данных,

2. В диссертации поверхностно рассмотрены вопросы анализа возможностей использования существующих методов разработки и сопровождения программных автоматизированных комплексов моделирования сложных систем с использованием онтологий, и возможностей применения известных методов системного подхода поддержки принятия решения в условиях нечеткой информации.

3. Данные о количестве публикаций автора по теме диссертации в тексте диссертации и автореферате различаются.

4. В тексте диссертационной работы встречаются стилистические погрешности.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

**Заключение.** Диссертация Переведенцева Дениса Алексеевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой

содержится решение научной задачи разработки новых методов и алгоритмов анализа наукоемких проектов по разработке сложных технических систем для повышения эффективности принимаемых управленческих решений.

Анализ содержания диссертации позволяет сделать вывод о достижении автором поставленной цели и решения всех задач исследования. Высокая степень обоснованности и новизны научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании, а также их достоверность и новизна, не вызывает сомнения.

Диссертация написана грамотным и доступным языком, оформлена аккуратно и в соответствии с действующими стандартами. Тема и содержание диссертации соответствует заявленной специальности 05.13.01 – «Системный анализ и управление (в науке и технике)». Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация «Разработка методики и алгоритмов поддержки принятия решений при реализации наукоемких проектов сложных технических систем» полностью удовлетворяет требованиям п. 7 Положения о порядке присуждения ученых степеней к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Переведенцев Денис Алексеевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ и управление (в науке и технике)».

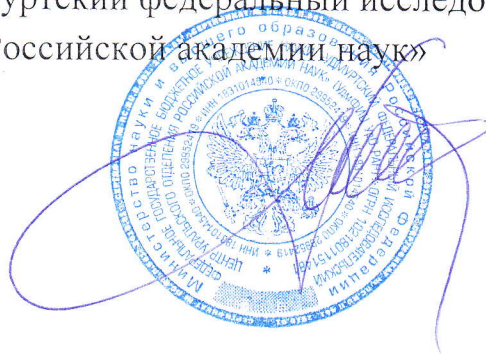
Старший научный сотрудник с возложением обязанностей  
заведующего отделом исследования и диагностики  
пространственных структур ФГБУН «Удмуртский федеральный  
исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»  
к.т.н., старший научный сотрудник

В.Н Милич

Подпись Милича В.Н. заверяю:

Директор ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения Российской академии наук»

д.ф.м.н., профессор



М.Ю. Альес