

На правах рукописи

*d-*

**МАЛАХОВА Анна Ивановна**

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ОРГАНИЗАЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ  
ПРОГРАММНЫМИ ПРОЕКТАМИ**

**Специальность 05.13.01**

**Системный анализ, управление и обработка информации  
(в промышленности)**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**Уфа – 2013**

Работа выполнена на кафедре технической кибернетики  
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический  
университет»

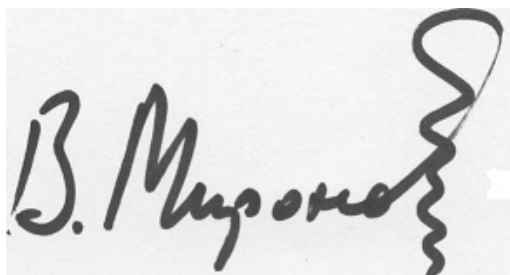
- Научный руководитель д-р техн. наук, проф.  
**ЧЕРНЯХОВСКАЯ Лилия Рашитовна**
- Официальные оппоненты д-р техн. наук, проф.  
**Гвоздев Владимир Ефимович**  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет, зав. кафедрой  
автоматизации проектирования  
информационных систем
- канд. техн. наук  
**Алимбекова Софья Робертовна**  
Научно-исследовательский институт  
технических систем «Пилот», начальник  
отдела управления проектами
- Ведущая организация **ФГБУН «Институт проблем управления  
сложными системами РАН»**

Защита диссертации состоится «13» декабря 2013 г. в 10 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
Уфимского государственного авиационного технического университета  
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «12» ноября 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.



**В. В. Миронов**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Деятельность современных промышленных предприятий как организационных систем представляет собой реализацию множества взаимодействующих деловых процессов, которые характеризуются различной степенью сложности управления, многочисленностью участников и выполняемых ими работ, а также разнородностью источников и взаимосвязей информационных потоков. Качество управления данными процессами напрямую влияет на качество деятельности и достижение поставленных стратегических целей промышленного предприятия.

Эффективным способом повышения качества управления деловыми процессами на предприятии является их автоматизация, как посредством внедрения комплексных корпоративных информационных систем, так и через многообразие функциональных решений, поэтому все большее распространение получают проекты по разработке и внедрению программных систем на промышленных предприятиях.

Основными требованиями, которые предъявляются к программным проектам, являются требования по продолжительности, стоимости и качеству содержания проекта. Анализ проблемной области показал, что на данный момент лишь около трети программных проектов по всему миру завершаются в срок, не превышают запланированный бюджет и реализуют все требуемые функции и возможности. Одной из основных причин большинства неудач программных проектов является применение неадекватных методов организационного управления разработкой. Методы работы, знания, умения и навыки, имеющиеся у многих менеджеров проектов, являются недостаточными для реализации управленческих функций. В связи с этим, актуальной становится проблема принятия точных, обоснованных и своевременных решений в проблемных ситуациях, возникающих при организационном управлении программными проектами.

### **Степень разработанности темы исследования**

Вопросам совершенствования теоретических основ и решения научно-практических задач организационного управления и управления программными проектами в целом посвящены исследования и публикации многих отечественных ученых – Д. А. Новикова, В. В. Липаева, С. А. Архипенкова, Б.Г. Ильясова, Н.И. Юсуповой, В.Е. Гвоздева, и зарубежных авторов Т. Демарко, Т. Листера, С. Макконелла. В работах российских и зарубежных ученых М.А. Айзермана, Л.Г. Евланова, В.Н. Волковой, В.Н. Козлова, О. И. Ларичева, В. Д. Ногина, В.В. Подиновского, Л.Р. Кини, Вагнера Г., Т. Саати получены важные результаты на основе методов систем-

ного анализа, теории управления, теории принятия решений; в работах А.А. Ляпунова, В.М. Пушкина, М.М. Бонгарда, В.З. Ямпольского, В.И. Васильева и др. предлагаются подходы к решению слабоструктурированных задач с применением теории и технологии искусственного интеллекта. Онтологический подход к анализу сложных процессов и разработке систем поддержки принятия решений рассматривается в работах Т.Р. Грубера, Грунингера, Н. Гуарино, А.С. Нариньяни, Т. А. Гавриловой, В.Ф. Хорошевского, Б.В. Доброва, Н.Г. Загоруйко и других ученых. Вместе с тем задачи поддержки принятия решений в организационном управлении программными проектами на основе управления знаниями, а также задачи оценки эффективности данных решений, остаются недостаточно исследованными, что обусловило необходимость исследования актуальной проблемы интеллектуальной поддержки принятия решений в организационном управлении программными проектами.

**Объектом** исследования является процесс разработки программных проектов для промышленных предприятий.

**Предметом** исследования является разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) в организационном управлении программными проектами.

### **Цель и задачи исследования**

**Целью** исследования является повышение эффективности организационного управления программными проектами на основе интеллектуальной поддержки принятия решений, включающей модели и алгоритмы формирования правил принятия управленческих решений на основе онтологического анализа.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие **задачи**:

1. Разработать концепцию интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, основанную на принципах управления знаниями и включающую онтологический анализ процесса управления программными проектами и построение базы знаний.

2. Разработать модель управления знаниями, отображающую логику представления знаний как совокупность понятий, отношений между понятиями и свойств понятий в области организационного управления программными проектами, а также динамику процессов управления знаниями для принятия решений в проблемных ситуациях.

3. Разработать метод управления знаниями, предназначенный для формирования правил принятия решений и контроля соответствия базы правил установленным требованиям для интеллектуальной поддержки

принятия решений в организационном управлении программными проектами.

4. Разработать алгоритм интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, реализующий формирование рекомендаций для принятия решений в условиях неопределенности.

5. Разработать методику построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений и провести оценку эффективности предлагаемой системы для формирования управленческих решений.

### **Методология и методы исследования**

Результаты исследований базируются на методах теории систем и системного анализа, объектно-ориентированного анализа и проектирования, методологии инженерии знаний и онтологического анализа, методах разработки интеллектуальных информационных систем, методах теории принятия решений.

### **Научная новизна**

1. Научная новизна концепции интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, основанной на принципах управления знаниями, состоит в проведении онтологического анализа процесса управления программными проектами и разработке базы знаний, встроенной в онтологию, что позволяет накапливать и применять знания и опыт экспертов по управлению проектами в проблемных ситуациях.

2. Научная новизна модели управления знаниями состоит в отображении логики представления знаний как концептуализации области организационного управления программными проектами, а также в отображении динамики процессов управления знаниями, необходимыми для принятия решений. Сочетание принципов объектно-ориентированного анализа и моделирования, онтологического анализа и представления знаний в интеллектуальных системах обеспечивает семантическую целостность модели.

3. Научная новизна метода управления знаниями состоит в формировании иерархической структуры правил принятия решений в онтологии, преобразовании детерминированных правил в нечеткие, а также контроле соответствия базы нечетких правил требуемым свойствам непрерывности, непротиворечивости и полноты, что позволяет проводить адаптацию параметров правил на основе обучения нейро-нечеткой сети, а также обеспечить объективизацию знаний и повышение точности принимаемых решений в организационном управлении программными проектами.

4. Научная новизна алгоритма интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений состоит в использовании системы нечеткого вывода и проведении оценки эффективности применения разработанных

правил, что позволяет реализовать формирование рекомендаций для принятия решений в условиях неопределенности.

5. Научная новизна методики построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений состоит в разработке в соответствии с технологией Semantic Web онтологии поддержки принятия решений, позволяющей наглядно и непротиворечиво отобразить знания и опыт экспертов по управлению программными проектами в проблемных ситуациях.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов**

Теоретическую и практическую значимость диссертационного исследования составляют метод управления знаниями и методика построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений на основе онтологической модели, включающая оценку эффективности применения знаний. Практическую ценность представляет разработанный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, реализующий поиск решений в условиях неопределенности с использованием базы нечетких правил. Практическую значимость также представляет разработанная имитационная модель процесса поддержки принятия решений в среде Bizagi BPMN Suit.

Результаты диссертационной работы нашли практическое применение в компании ООО Инженерный центр «Системы информации и связи», а также в учебном процессе УГАТУ. Работа выполнена на кафедре технической кибернетики УГАТУ в рамках грантов РФФИ: № 10-08-00743-а, № 13-08-00321.

### **Достоверность и апробация полученных результатов**

Основные теоретические и практические результаты работ докладывались на следующих конференциях: Международная научная конференция “Computer Science and Information Technologies” (CSIT)’2009, CSIT’2011, CSIT’2012, CSIT’2013 (Греция, 2009; Германия, 2011; Уфа – Гамбург – Норвежские фьорды, 2012; Вена – Будапешт – Братислава, 2013); VI Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы в науке и технике» (Уфа, 2011); II, III Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения» (Уфа, 2009, 2010); XI, XV Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (Самара, 2009, 2013); V Всероссийская мульти конференция по проблемам управления «Информационные технологии в управлении» (Санкт-Петербург, 2012); Всероссийская научно-практическая конференция «Стратегическое управление организациями: основные проблемы и методы их решения» (Санкт-Петербург, 2012); Международная конференция «Информационные технологии ин-

теллектуальной поддержки принятия решений» (Уфа, 2013); X Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Управление большими системами (Уфа, 2013); II Научная международная конференция «Информационные технологии и системы» (Республика Башкортостан, 2013).

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Концепция интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, основанная на принципах управления знаниями, отличающаяся проведением онтологического анализа процесса управления программными проектами и разработки базы знаний, встроенной в онтологию, что позволяет накапливать и применять знания и опыт экспертов по управлению проектами в проблемных ситуациях.

2. Модель управления знаниями, отличающаяся отображением логики представления знаний как концептуализации области организационного управления программными проектами, а также динамики процессов управления знаниями, необходимыми для принятия решений. Сочетание принципов объектно-ориентированного анализа и моделирования, онтологического анализа и представления знаний в интеллектуальных системах позволяет обеспечить семантическую целостность модели.

3. Метод управления знаниями, отличающийся совокупностью операций по формированию иерархической структуры правил принятия решений в онтологии, преобразованию детерминированных правил в нечеткие, а также контролю соответствия базы нечетких правил требуемым свойствам непрерывности, непротиворечивости и полноты, что позволяет проводить адаптацию параметров правил на основе обучения нейронечеткой сети, а также обеспечить объективизацию знаний и повышение точности принимаемых решений в организационном управлении программными проектами.

4. Алгоритм интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, отличающийся использованием системы нечеткого вывода и проведении оценки эффективности применения разработанных правил, что позволяет реализовать формирование рекомендаций для принятия решений в условиях неопределенности.

5. Методика построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений, отличающаяся разработкой в соответствии с технологией Semantic Web онтологии поддержки принятия решений, позволяющей наглядно и непротиворечиво отобразить знания и опыт экспертов по управлению программными проектами в проблемных ситуациях, а также оценкой эффективности предлагаемой системы по результатам имитационного моделирования.

## **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографии и приложений. Работа содержит 151 страницу машинописного текста и 155 наименований библиографических источников.

## **Публикации**

Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 16 работах, в том числе в 15 статьях, из них 1 – в издании, входящем в перечень ВАК, 14 тезисах докладов и трудах конференций, 1 монографии.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** к диссертации приводится общая характеристика работы – обоснование актуальности выполненной работы, цель и задачи проводимых исследований, характеристика новизны и практической значимости результатов работы, выносимых на защиту.

**В первой главе** рассматриваются основные направления автоматизации для промышленных предприятий. Выполнен анализ проблемы принятия решений в организационном управлении программными проектами в условиях ограниченных ресурсов управления и наличия различного рода неопределенностей. Рассмотрены известные подходы к решению поставленной проблемы и произведен анализ их возможностей, на основе которого сделан вывод о недостаточной эффективности существующих подходов к принятию решений в организационном управлении программными проектами и необходимости разработки моделей и методов управления знаниями для организации поддержки принятия управленческих решений.

В настоящее время значительная доля разрабатываемых программных проектов не реализуется, а более трети всех проектов на этапе завершения не отвечают основным требованиям качества. Одной из основных причин сложившейся ситуации является применение неадекватных методов организационного управления разработкой вследствие принятия неверных, необоснованных или несвоевременных решений. Проведена классификация основных задач управления, стоящих перед менеджером проекта и подчиняющейся ему группой управляющих в рамках жизненного цикла разработки программного проекта. Процесс принятия решений для подобного класса организационных задач усложняется динамичностью изменения ситуаций, не структурированностью описания проблемных ситуаций, дефицитностью человеческих, финансовых, временных и других видов ресурсов, наличием высокой степени неопределенности последствий принятия решений, а также территориальной распределенностью групп разработки проектов. В ходе исследований выявлено, что существующие информационные системы управления проектами не способны удовлетво-



ритель потребности управляющих в обеспечении интеллектуальной поддержки принятия решений, из чего следует актуальность задачи интеллектуальной поддержки принятия решений в организационном управлении программными проектами.

**Во второй главе** рассматриваются вопросы моделирования процесса управления знаниями для интеллектуальной поддержки принятия решений. Цикл управления знаниями включает в себя операции по приобретению, идентификации, формализации, преобразованию, распространению, применению и оценки эффективности знаний. Разработанная концепция интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений охватывает основные процессы цикла управления знаниями и включает объектно-ориентированный анализ, онтологический анализ процесса управления программными проектами и построение базы знаний, что позволяет накапливать и применять знания и опыт экспертов по управлению программными проектами в проблемных ситуациях.

В рамках данной концепции разработана интеллектуальная система поддержки принятия решений, которая включает в себя следующие компоненты (модули): онтология поддержки принятия решений; база знаний, содержащая модуль правил поддержки принятия решений и модуль прецедентов; множество объектных, онтологических и аналитических моделей, реализующих функции моделирования процесса принятия решений; модуль, реализующий функцию выбора аналитической модели (моделей) для рассматриваемой задачи; модуль формирования решений на основе базы знаний и математического моделирования.

Моделирование управления знаниями на основе предложенного подхода к оказанию интеллектуальной поддержки принятия решений в организационном управлении программными проектами включает следующие этапы:

1) приобретение и идентификация знаний в области организационного управления проектами и разработка на их основе объектной модели управления знаниями на языке Unified Modeling Language (UML), содержащей диаграммы требований к организации интеллектуальной поддержки принятия решений и включающей когнитивные элементы управления знаниями;

2) преобразование объектной модели в онтологию поддержки принятия решений на основе дескрипционной логики, т.е. представление ее в виде семантической сети классов объектов, выраженных через однозначно понимаемые понятия, и отношений между ними, на языке Web Ontology Language (OWL DL);

3) формирование на основе разработанной онтологии правил поддержки принятия решений для отражения устойчивых причинно-следственных связей между классами объектов, участвующих в процессе разработки программных проектов.

Таким образом, реализована интеграция онтологии и объектной модели, поскольку объекты и классы, содержащиеся в объектной модели, отображаются в виде понятий создаваемой онтологии.

Разработанная онтология представляет собой множество понятий предметной области и отношений между ними, которое является упорядоченным. Различные виды отношений позволяют организовать сложную иерархическую структуру понятий предметной области. Онтологию можно представить как набор элементов (1):

$$Onto = \langle C, R, Pr, V, I, A, D \rangle, \quad (1)$$

где  $C$  – множество классов объектов и их интерпретаций в определенной области знаний;  $R$  – множество отношений;  $Pr$  – свойства классов, включающих объектные свойства (экземпляры класса owl:ObjectProperty, устанавливающие отношения между классами), и свойства типов данных (экземпляры класса owl:DatatypeProperty);  $V$  – значения свойств;  $I$  – множество экземпляров классов, определяемых посредством отношений «*is an instant of*» («быть экземпляром класса») и формируемых путем определения конкретных свойств классов (фактов);  $A$  – множество аксиом;  $D$  – множество алгоритмов логического вывода на онтологии.

В онтологии установлены: иерархия понятий  $H_C$ , в соответствии с бинарными отношениями «*subclass of*» («подкласс класса»), «*part-of*» («быть частью»); иерархия отношений  $H_{Pr}$  в соответствии с бинарными отношениями «*subproperty of*»; ассоциативные отношения между классами понятий, а также между экземплярами понятий, например, «*is consequent*» («следовать за»), «*connected to*» («связанный с»), «*is cause of*» («быть причиной»).

Графическое представление отношений между классами объектов процесса управления проектом, представленных в онтологии, показано на рисунке 1. Для программной реализации разработанной онтологии был выбран программный инструмент Protégé, который является удобным редактором для разработки онтологий и поддерживает язык OWL DL.

В онтологию в виде классов включены общие понятия области управления знаниями; понятия, характерные для предметной области управления программными проектами; понятия из области организационного управления, а также задачи, модели и методы принятия решений. Кроме того, каждой задаче организационного управления, по которой принимается решение, в онтологии соответствует документ, связанный с ней в

процессе управления проектом. Данная классификация позволяет найти общий подход к идентификации проблемной ситуации, определить полный перечень ее участников и определить регламентирующие документы, позволяющие осуществить, используя результаты объектного моделирования, информационную поддержку процессов управления на основе онтологии.

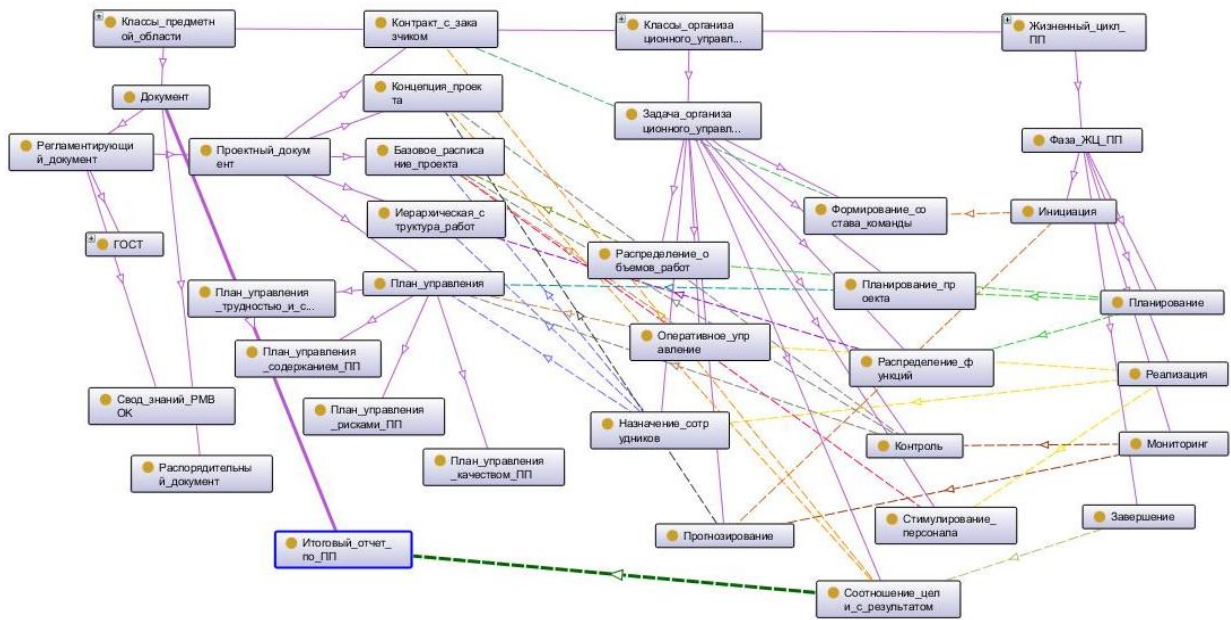


Рисунок 1 – Графическое представление отношений между классами объектов процесса управления проектом, представленных в онтологии

Одной из задач проводимых исследований является классификация проблемных ситуаций, возникающих в процессе организационного управления программными проектами, и отображение множества задач принятия решений в проблемных ситуациях на множество правил принятия решений.

Правила, описывающие каузальные отношения, сформированы в Protégé на языке SWRL в виде дизъюнктов Хорна (2):

$$Rule : C_1(?x) \wedge C_2(?y) \wedge P_1(?x,?y) \wedge C_3(?x,?z) \rightarrow C_2(?z,?y), \quad (2)$$

где  $(C_1, C_2, C_3) \in C$ ,  $P_1 \in P$ ,  $x, y$  – экземпляры или переменные,  $z$  – переменные или значения.

База знаний ИСППР содержит множество правил: правила контроля исполнения; правила, разрешающие или запрещающие отдельные управляющие воздействия; правила взаимодействия пользователя с ИСППР и др. В зависимости от решаемых задач правила объединены в блоки  $Rules_j$ :  $KB = \dot{\cup} \{Rules_j\}$ , где  $KB$  – база знаний,  $Rules_j$  –  $j$ -й блок правил. Формирование модуля правил, встроенных в онтологию, показано на рисунке 2.

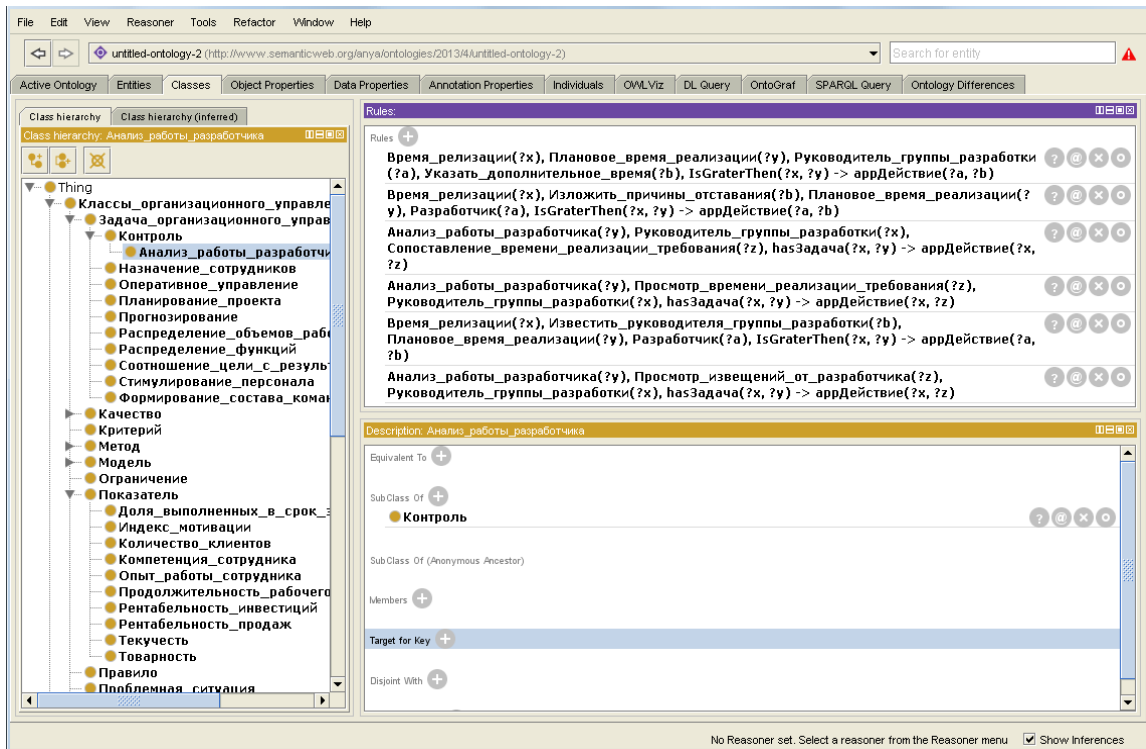


Рисунок 2 – Формирование правил принятия решений на основе онтологии

Структурирование базы знаний выполнено таким образом, чтобы отобразить множество классов проблемных ситуаций, связанных с решением организационных задач, на соответствующее множество блоков правил, что позволяет ускорить поиск решений в базе знаний.

**В третьей главе** предложен метод управления знаниями, включающий совокупность операций по формированию иерархической структуры правил принятия решений в онтологии, преобразованию детерминированных правил в нечеткие, а также контролю соответствия базы нечетких правил требуемым свойствам. На основе данного метода разработан алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений в проблемных ситуациях, возникающих при организационном управлении программными проектами. Сформированы следующие требования к разрабатываемой базе знаний: семантическая целостность знаний; непротиворечивость, полнота и непрерывность знаний; корректность взаимодействия пользователя с интеллектуальной системой поддержки принятия решений.

Семантическая целостность знаний достигается за счет представления классов объектов и отношений между ними в онтологии поддержки принятия решений на языке OWL DL, в соответствии с дескрипционной логикой. Непротиворечивость, полнота и непрерывность знаний обеспечиваются в процессе построения правил в базе знаний, а корректность взаимодействия пользователя с ИСППР контролируется в результате сопоставления решений, рекомендованных ИСППР, с решениями, принимаемыми

управляющими – пользователями системы, и оценками экспертов, полученными в ходе имитационного моделирования.

Анализ основных задач организационного управления программными проектами показал, что принятие управленческих решений происходит в условиях неопределенности. Кроме того, знания экспертов, которые служат основой для построения правил в базе знаний, зачастую выражены нечетко в виде лингвистических переменных, отражая опыт экспертов по управлению программными проектами.

В связи с этим предложено расширить детерминированную форму представления продукционных правил принятия решений в онтологической базе знаний до нечетких правил (*fuzzy rule*) модели *Takagi-Sugeno-Kang (TSK)* в системе нечеткого вывода (3):

$$R_i : \text{Если } x_1 \text{ есть } A_1^i \text{ и } x_2 \text{ есть } A_2^i \text{ и...и } x_n \text{ есть } A_n^i \text{ то } y_i = f(x_1^i, \dots, x_n^i), \quad (3)$$

где  $R_i$  –  $i$ -е правило ( $i=1,2,\dots,K$ );  $x_j$  – входные переменные ( $j=1,2,\dots,n$ );  $A_j^i$  – нечеткие подмножества, определенные при помощи гауссовых функций принадлежности;  $y_i$  – выход  $i$ -го правила.

Свойства классов сущностей в описании проблемных ситуаций преобразуются в нечеткие свойства, значения которых есть лингвистические переменные, описанные набором вида  $L = \langle W, T, X, G, M \rangle$ , где  $W$  – наименование лингвистической переменной;  $T$  – множество ее значений (термножество), представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является множество  $X$ ;  $G$  – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами термножества  $T$ ;  $M$  – семантическая процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой  $G$ , в нечеткую переменную, т.е. сформировать соответствующее нечеткое множество. Множество термов  $T$  определяется в результате кластерного анализа значений свойств как признаков описания проблемных ситуаций, образуя, таким образом, нечеткую шкалу, с помощью которой формируется множество нечетких значений свойств  $\tilde{V} = V \cup V_F$ . Множество экземпляров классов в онтологии становится множеством нечетких экземпляров  $\tilde{I} = I \cup I_F$ . Множество отношений между классами сущностей преобразуется в множество нечетких отношений  $\tilde{R} = R \cup R_F$  в результате определения весов отношений как функций принадлежности.

На основе выполненных преобразований сформирована база нечетких правил. Для выбора вариантов решений разработан алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений (рисунок 3).

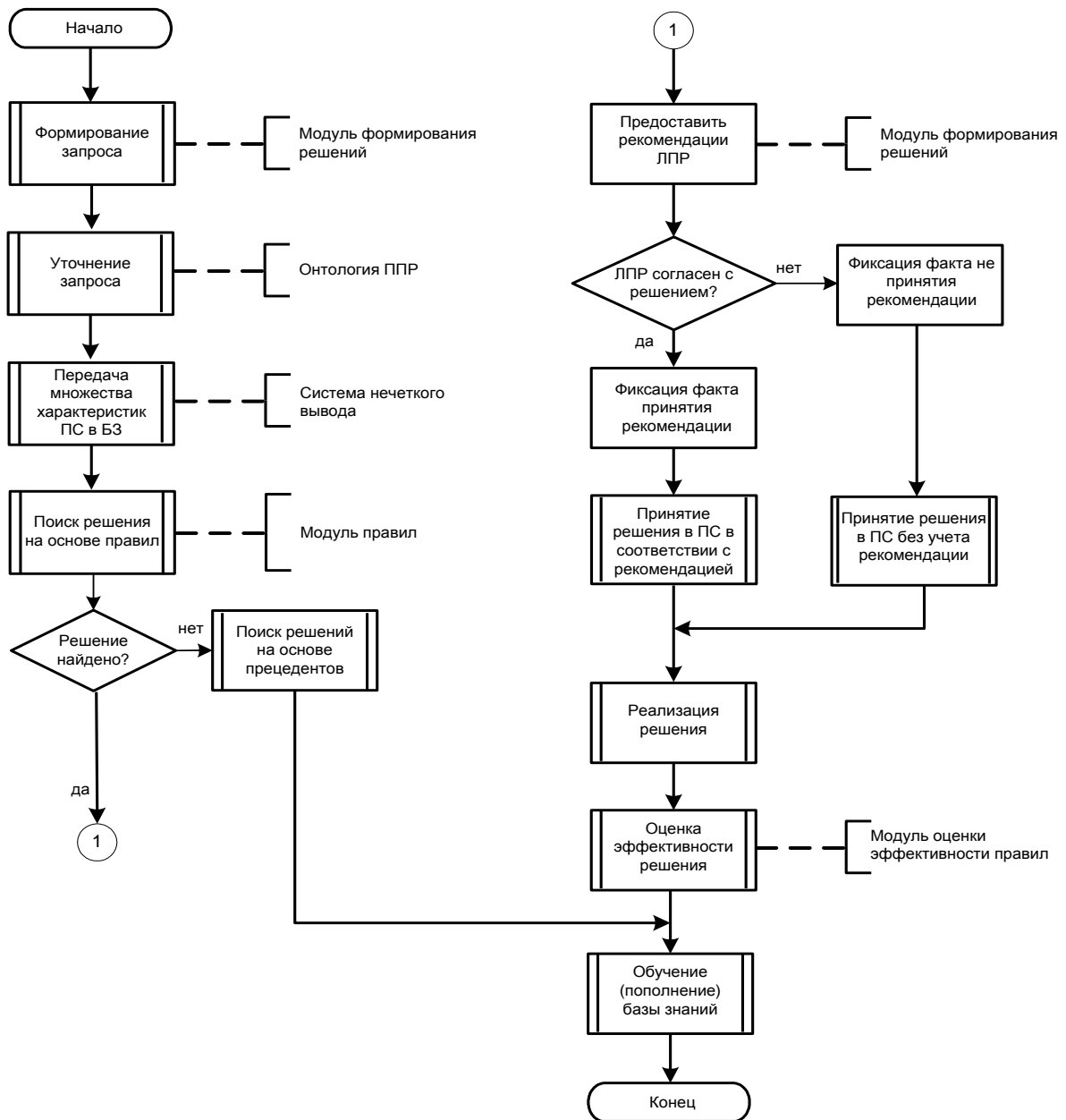


Рисунок 3 – Схема алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений

**В четвертой главе** приводится структура интеллектуальной системы поддержки принятия решений и проводится имитационное моделирование разработанной ИСППР. Управление базой правил производится по результатам проводимого моделирования системы нечеткого вывода в среде *MATLAB* в подсистеме *Fuzzy Logic Toolbox*, дальнейшей адаптации параметров правил с применением нейро-нечеткой сети ANFIS и построения имитационной модели принятия решений в программном пакете *Vizagi BPMN Suit* для оценки эффективности работы системы пользователями (ЛПР). В имитационной модели представлены правила принятия решений при организационном управлении программным проектом, на основе которых воспроизведено множество реализаций процесса организационного

управления программным проектом. Примером программного проекта является процесс разработки корпоративной информационной системы для промышленного предприятия по производству и поставке нефтепромыслового оборудования.

Имитационная модель позволяет корректировать базу знаний в соответствии с решениями, принимаемыми ЛПР в проблемных ситуациях. При этом на имитационной модели было учтено количество обращений к системе за заданный период времени с учетом квалификации и опыта ЛПР. ЛПР имеет возможность оценить предложенные рекомендации и прокомментировать принятое им решение. На основе данных комментариев, с учетом опыта и квалификации ЛПР, эксперт принимает решение о корректировке правил в онтологической базе знаний. В результате проведенной корректировки увеличилось количество рекомендаций, принятых ЛПР в качестве руководства к действию и составило в среднем 80% для разного рода задач организационного управления программным проектом (рисунок 4).



Рисунок 4 – Результаты оценки эффективности ИСППР на имитационной модели

Другим результатом применения имитационной модели является оценка ее влияния на оперативность принятия решений. С помощью аналитических средств имитационной модели выполнен анализ частоты возникновения и времени решения основных задач. Результаты анализа показали, что поддержка принятия решений позволяет повысить оперативность принятия решения по отдельным задачам организационного управления программными проектами на 17%. Оценка эффективности предлагаемой ИСППР показала достижение следующих качественных результатов: повышение степени эффективности коммуникации между ЛПР в процессе принятия решений на основе разработанной онтологии; обеспечение возможности обучения ЛПР, а также активизацию распространения знаний экспертов в корпоративной среде.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В работе поставлена и решена научно-техническая задача, актуальная для организационного управления программными проектами – интеллектуальная поддержка принятия решений на основе онтологического анализа и базы знаний. В ходе проведенных теоретических и экспериментальных исследований получены следующие результаты:

1. Обоснована необходимость оказания интеллектуальной поддержки принятия решений в организационном управлении программными проектами. Разработана концепция интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, основанная на принципах управления знаниями, отличающаяся проведением онтологического анализа процесса управления программными проектами и разработки базы знаний, встроенной в онтологию, что позволяет накапливать и применять знания и опыт экспертов по управлению проектами в проблемных ситуациях.

2. Разработана модель управления знаниями, отличающаяся отображением логики представления знаний как концептуализации области организационного управления программными проектами, а также динамики процессов управления знаниями, необходимыми для принятия решений. Сочетание принципов объектно-ориентированного анализа и моделирования, онтологического анализа и представления знаний в интеллектуальных системах позволяет обеспечить семантическую целостность модели.

3. Разработан метод управления знаниями, отличающийся совокупностью операций по формированию иерархической структуры правил принятия решений в онтологии, преобразованию детерминированных правил в нечеткие, а также контролю соответствия базы нечетких правил требуемым свойствам непрерывности, непротиворечивости и полноты, что позволяет проводить адаптацию параметров правил на основе обучения нейро-нечеткой сети, а также обеспечить объективизацию знаний и повышение точности принимаемых решений в организационном управлении программными проектами.

4. Разработан алгоритм интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, отличающийся использованием системы нечеткого вывода и проведении оценки эффективности применения разработанных правил, что позволяет реализовать формирование рекомендаций для принятия решений в условиях неопределенности.

5. Предложена методика построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений, отличающаяся разработкой в соответствии с технологией Semantic Web онтологии поддержки принятия решений, позволяющей наглядно и непротиворечиво отобразить знания и опыт экспертов по управлению программными проектами в проблемных ситуациях, а



также произведена оценка эффективности предлагаемой системы по результатам имитационного моделирования.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В рамках дальнейших исследований на основе созданных моделей, метода и алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений планируется разработка алгоритма взаимодействия пользователей в процессе коллективного формирования управленческих решений с применением Web-технологий.

## **ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ**

### ***В рецензируемых журналах из списка ВАК***

1. Управление принятием решений в организационном управлении с применением правил / Л. Р. Черняховская, Е. Б. Старцева, А. И. Малахова, И.П. Владимирова // Вестник УГАТУ: научн. журнал Уфимск. гос. авиацион. техн. ун-та. 2012. Т. 16, № 3 (48). С. 53–55.

### ***В других изданиях***

2. Формирование правил принятия решений на основе анализа деловых процессов / А. И. Малахова, К. С. Гендель // Мавлютовские чтения: матер. всерос. молодежн. научн. конф. Уфа: УГАТУ, 2009. Т. 3. С. 77–79.

3. Моделирование управления взаимодействующим деловыми процессами в единой информационной среде / Л. Р. Черняховская, Е. Б. Старцева, А. И. Малахова, К. А. Макаров // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: матер. 11-й межд. науч. конф. Самара: Самарский научный центр РАН, 2009. С. 225–229.

4. Повышение эффективности управления качеством процессов на основе деловых правил / Л. Р. Черняховская, Е. Б. Старцева, А. И. Малахова // Матер. 11-й межд. науч. конф. CSIT'2009. Крит, Греция, 2009 Т. 2. С. 138–141. (Статья на англ. яз.)

5. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений в критических ситуациях / А. И. Малахова, Н. А. Минюк // Мавлютовские чтения: матер. всерос. молодежн. научн. конф. Уфа: УГАТУ, 2010. Т. 3. С. 208–210.

6. Поддержка принятия решений при стратегическом управлении предприятием на основе инженерии знаний. Монография / Л. Р. Черняховская, Е. Б. Старцева, П. В. Муксимов, А. И. Малахова, К. А. Макаров // Уфа: АН РБ, Гилем, 2010. 128 с.

7. Поддержка принятия решений руководителя при распределении функций и ресурсов / А. И. Малахова, Ю. И. Васильева // Актуальные проблемы в науке и технике. Управление и экономика: сб. труд. 6-й всерос. зимн. шк.-сем. аспирантов и молодых ученых. Т.2. Уфа: УГАТУ, 2011. С. 227–230.

8. Поддержка принятия решений при разработке проектов в территориально-распределенных организационных системах / Е. Б. Старцева, А. И. Малахова // Матер. 13-й межд. науч. конф. CSIT'2011. Гармиш-Партенкирхен, 2011. Т. 2. С. 76–79. (Статья на англ. яз.)

9. Применение математических методов и моделей для стратегической оценки показателей деятельности фирмы / А. Н. Набатов, Е. Б. Старцева, А. И. Малахова // Стратегическое управление организациями: теория и практика инновационного развития: сб. науч. труд. всерос. науч.-практ. конф. СПб.: изд. Политехнического ун-та, 2012. С. 69–72.

10. Управление правилами принятия решений в организационных процессах / Б. Г. Ильясов, Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова // Информационные технологии в управлении: матер. конф. в рамках 5-й рос. мульти-конф. по проблемам управления. СПб., 2012. С. 466–470.

11. Поддержка принятия решений при управлении взаимодействующими процессами / Л. Р. Черняховская, Н. И. Федорова, Р. И. Низамутдинова, А. И. Малахова // Матер. 14-й межд. науч. конф. CSIT'2012. Уфа – Гамбург – Норвежские Фьорды, 2012. Т. 2. С. 42–53. (Статья на англ. яз.)

12. Онтологический подход к разработке правил принятия решений в проектном менеджменте / Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова // Информационные технологии и системы: матер. 2-й научн. межд. конф. Респ. Башкортостан, 2013. Т.3. С. 111-114.

13. Аналитическая поддержка принятия решений на основе онтологического анализа прецедентов проблемных ситуаций / Л. Р. Черняховская, Н. И. Федорова, А. И. Малахова, И. П. Владимирова // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: матер. межд. конф. Уфа: УГАТУ, 2013. Т.2. С. 96–99.

14. Поддержка принятия решений в организационном управлении разработкой программных проектов на основе правил / А. И. Малахова, Н. А. Минюк // Управление большими системами: матер. 10-й всерос. шк.-конф. Уфа: УГАТУ, 2013. Т. 3. С. 154–158.

15. Формирование правил принятия решений в управлении проектами по результатам онтологического анализа / Л. Р. Черняховская, А. И. Малахова // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: матер. 15-й межд. науч. конф. Самара: Самарский научный центр РАН, 2013. С. 343–350.

16. Интеллектуальная поддержка принятия решений на основе онтологического анализа корпоративных знаний / Л. Р. Черняховская, Н. И. Федорова, И. П. Владимирова, А. И. Малахова // Матер. 15-й межд. науч. конф. CSIT'2013. Вена–Будапешт–Братислава, 2013. Т. 2. С. 13–17. (Статья на англ. яз.)

МАЛАХОВА Анна Ивановна

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ  
ПРОГРАММНЫМИ ПРОЕКТАМИ

Специальность 05.13.01  
Системный анализ, управление и обработка информации  
(в промышленности)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 12.11.2013 Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Сур.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч. изд. л. 1,0.  
Тираж 100 экз. Заказ № 597

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный  
технический университет»  
Центр оперативной полиграфии  
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12