

УДК 004+001

**Н. И. ЮСУПОВА, Д. В. ПОПОВ, Е. В. БАБКОВА, Д. А. РИЗВАНОВ****ПОДДЕРЖКА КОММУНИКАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТОВ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

Статья посвящена систематизации полученных авторами результатов, связанных с разработкой системы поддержки коммуникативных процессов при выполнении проектов фундаментальных исследований сложных систем, с применением методов распределенного искусственного интеллекта, интеллектуального анализа данных, управления распределенными данными и знаниями, технологий самообучающихся систем. *Искусственный интеллект; интеллектуальный анализ данных; самообучающиеся системы*

Эффективность проводимых фундаментальных исследований определяется соотношением достигнутых результатов и задействованных ресурсов, в первую очередь, — интеллектуального потенциала, который выражается в компетенции исполнителей и проявляется в процессе их коммуникации.

Моделирование коллективной творческой деятельности является наиболее сложно формализуемой проблемой в области распределенного искусственного интеллекта. Здесь в неразрывном единстве должны учитываться не только формальная, но и содержательная стороны деятельности, поскольку применение ставших уже традиционными формальных подходов, основанных на ИСО 9000, SW CMM, PMBoK, Six Sigma и др., позволяет решить сформулированную проблему лишь до определенных пределов.

В условиях распределенного информационного пространства могут возникать проблемы, связанные с недостаточной адекватностью традиционных подходов для управления проектами и трудностями в понимании (восприятии) информации, необходимой для эффективной совместной деятельности. Известные системы поддержки выполнения проектов (такие как MS Project, Spider Project и др.) являются семантически замкнутыми относительно заложенной в них парадигмы, и не по-

зволяют закладывать в систему знания, относящиеся к исследуемым предметным областям, что не позволяет решать ряд проблем фундаментальных исследований с их помощью.

В статье рассматриваются вопросы разработки научно обоснованного программного и информационного обеспечения для повышения эффективности коммуникативных процессов при выполнении проектов фундаментальных исследований сложных систем.

**ПОДХОД К ПОДДЕРЖКЕ  
КОММУНИКАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Основной вектор развития информационных технологий в настоящее время связан со всеобщей интернетизацией практически всех сфер деятельности человека, развитием «интеллектуальной сети» (Semantic Web), приближением к практической независимости в коммуникации между людьми и организациями от времени и пространства. Это открывает возможности для осуществления научных исследований и их внедрения в производство и образование на принципиально новом, научно обоснованном методическом и технологическом уровне.

Отличительной особенностью научных проектов в каждой прикладной области яв-

---

Исследование осуществляется в рамках научно-исследовательской темы ИФ-ВК-01-06-03 «Исследования и разработка интеллектуальных технологий поддержки принятия решений и управления на основе инженерии знаний», при поддержке грантами РФФИ № 03-07-90242-в «Интернет-комплекс поддержки выполнения проектов фундаментальных исследований сложных систем с применением интеллектуальных технологий на базе экспертных систем», № 06-07-89228 «Система поддержки коммуникативных процессов при выполнении проектов фундаментальных исследований сложных систем на основе интеллектуальных мультиагентов» и № 08-07-00495 «Технологии распределенного искусственного интеллекта при поддержке принятия решений в задачах календарного планирования». Контактная информация: (347)273-79-67

ляется их исследовательский характер, что означает отсутствие алгоритмически обоснованного аппарата для проведения работ в силу недостаточности информации об объектах исследования, поэтому одним из возможных решений является использование следующих методов и подходов: когнитивное моделирование, экспертные системы, семантические сети, дескриптивная логика, агентный подход.

Предлагается изучение вопросов поддержки коммуникативных процессов по направлениям исследований, связанным с разработкой интеллектуальных технологий для анализа, проектирования, моделирования, прогнозирования и управления характеристиками соответствующих сложных (технических, информационных, образовательных, социально-экономических) систем, таких как: формирование сетевой структуры комплексного проекта, распределенная разработка ПО, управление распределением ресурсов, предоставление сетевых сервисов финансовых операций, календарное планирование в санаторно-курортном комплексе. Они глубоко интегрированы, взаимно дополняют друг друга, и поэтому представляется возможным выделить и реализовать ядро инвариантных компонент на основе нового концептуального подхода, позволяющего унифицировать весь процесс выполнения работ.

Для управления ходом выполнения проектов предлагается применять мировые достижения в области методологии руководства проектами, такие как: структурное управление проектами Ф. О'Конелла, компетентностный подход на основе свода знаний SQI ВоК Техасского института качества ПО, синергетический подход на основе концепции самообучающейся организации. Кроме этого, используются собственные разработки, позволяющие учитывать психологические аспекты формирования коллектива исполнителей, обучения новых специалистов для последующего включения их в команду проекта.

Проведенный системный анализ способов коммуникации (взаимодействия) исполнителей проектов позволил выделить следующие уровни коммуникации, различающиеся по степени абстрагирования информации, влиянию человеческого фактора, затратам на поддержку взаимодействия, на приобретение знаний, документирование, администрирование, поддержку и модификацию данных [1]: (а) личные контакты, б) видео-/аудио-связь, мгновенный обмен сообщениями, электронная почта и системы документо-

оборота, в) использование специализированных баз данных и знаний (прикладных онтологий), г) применение фундаментальных баз знаний (онтологий предметных областей), а также уровень согласования онтологии верхнего уровня и выбора онтологии представления (рис. 1).

Для снижения временных затрат на моделирование и упрощение исследования систем в различных предметных областях предлагается метод определения главных компонентов системы и изучения их влияния друг на друга, основанный на когнитивном конфайнмент-моделировании. Конфайнмент-модель является замкнутой самовоспроизводящей системой и отражает причинно-следственные связи между главными элементами предметной области (понятиями, состояниями, подсистемами). Элементом модели формы соответствуют элементы предметной области. В технике построения модели определены два типа связи между элементами — «элемент влияет на» и «элемент зависит от». В результате построения модели получается схема, которая предоставляет не полную, а только наиболее необходимую структурированную информацию об онтологии предметной области. Разработана методика построения конфайнмент-модели, которая учитывает специфику онтологий предметных областей фундаментальных исследований сложных систем [2].

Предлагается интеграция перечисленных способов представления информации в рамках единой онтологической модели:

$$O = O^{\text{МЕТА}} \cup O^{\text{БПУП}} \cup O^{\text{ПРО}} \cup O^{\text{ОГР}} \cup O^{\text{ОПД}},$$

где  $O^{\text{МЕТА}}$  — метаонтология,  $O^{\text{БПУП}}$  — онтология процессов управления проектами,  $O^{\text{ПРО}}$  — онтологии предметных областей выполняемых проектов,  $O^{\text{ОГР}}$  — ограничения, накладываемые на роли терминов в отношениях,  $O^{\text{ОПД}}$  — оперативные данные по выполняемым проектам [3].

Для повышения эффективности взаимодействия исполнителей при совместном решении задач проектов фундаментальных исследований сложных систем, авторами предлагается игросистемный подход, основанный на применении когнитивного моделирования и широкого спектра игровых технологий. Разработаны онтологические модели и методы управления знаниями для обеспечения единого представления проекта всеми заинтересованными лицами. Изучено применение данного подхода на примере формирования

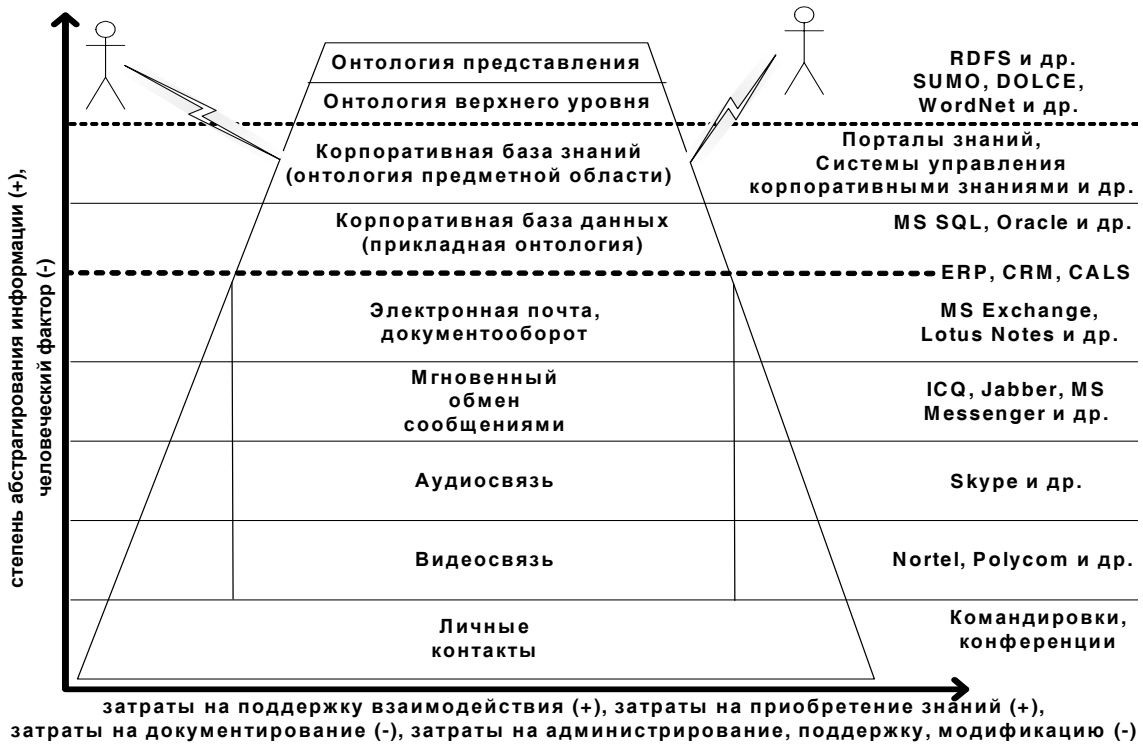


Рис. 1. Уровни абстрагирования информации при взаимодействии участников распределенных проектов

учебного и методического материала для автоматизированного обучения для повышения эффективности образовательного процесса в вузе [4].

#### МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Коллектив исполнителей сконцентрировал свои усилия на следующих конкретных темах фундаментальных исследований: поддержка принятия решений при формировании сетевой структуры комплексного проекта на основе онтологии [5], информационная технология моделирования сложных систем на основе инженерии знаний на примере распределённой разработки ПО [6], поддержка принятия решений при управлении распределением ресурсов на основе информационных моделей-эталонов [7], многоагентная система предоставления сетевых сервисов для распределенной системы финансовых операций на основе онтологических описаний [8], поддержка принятия решений при календарном планировании в санаторно-курортном комплексе на основе интеллектуальных агентов [9].

Разработанные модели и методы поддержки принятия решений [1, 3, 8] при осуществлении фундаментальных исследований сложных систем основаны на применении когнитивного, онтологического, игросистемно-

го и многоагентного подходов при моделировании коммуникативных процессов между участниками проектов и заинтересованными лицами. В частности, предложена структура блоков моделей-эталонов для поддержки принятия решений при управлении распределением ресурсов на основе моделей-эталонов в рамках архитектуры открытых систем [7]. Структура блоков моделей-эталонов приведена на рис. 2.

#### МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Для информационной поддержки выполнения проектов разработаны модели и методы представления знаний, в частности, разработаны модели метаонтологии, онтологий верхнего уровня, прикладных онтологий в задачах: предоставления сетевых сервисов для распределенной системы финансовых операций [8], календарном планировании в санаторно-курортном комплексе [9], организации знаний по выполняемым проектам исследований [6]. Разработана модель жизненного цикла разработки ПО [1, 3], отличающаяся тем, что представляет собой когнитивную конфайнмент-модель, которая обобщает известные модели (каскадную и спиральную) и расширяет их, используя основные системные зависимости между процессами разработки ПО, содержащие условия их реализуемости, и по-

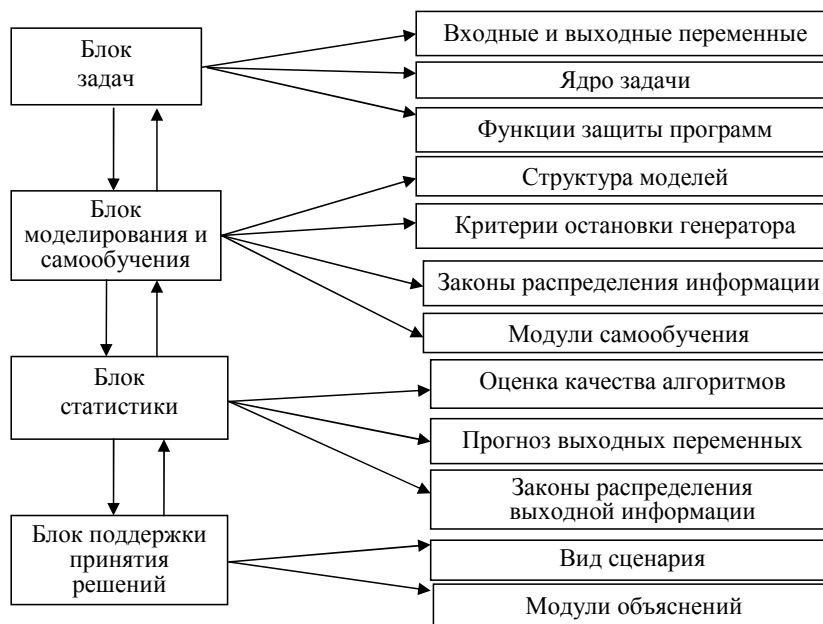


Рис. 2. Структура блоков моделей-эталонов

звояет естественным образом представить ее в виде набора экземпляров знаний онтологии и явно определить направления и содержание информационного обмена между участниками проекта в процессе их коммуникации в условиях распределенного пространства (рис. 3). Данная модель позволяет разместить в компьютерной среде необходимые данные и знания и обеспечить эффективное взаимодействие разработчиков ПО.

### ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Разработан технический прототип системы поддержки коммуникативных процессов при выполнении фундаментальных исследований сложных систем, представляющий собой программный комплекс, в который входят, в частности, редактор онтологий предметных областей исследований, редактор когнитивных конфейнмент-моделей предметных областей, решетчатый навигатор по разработанным онтологиям, интеллектуальный модуль информационной поддержки принятия решений на основе концепции много-агентных систем. Все разработанное программное обеспечение зарегистрировано [10–14].

К настоящему моменту введен в действие веб-сервер проекта, осуществлен ввод рабочей информации, общих данных по исполняемому проекту и основных исполнителях, подготовленных публикациях, а также сделаны доступными через Интернет (с учетом авторизации доступа) отдельные ресур-

сы, разработанные в ходе выполнения проекта (рис. 4). Модуль, обеспечивающий коммуникацию, выполнен с использованием Flash MX и Flash Media Server. В нем реализованы возможности обмена видео-, аудио- и тестовых сообщений в реальном времени.

Прототип системы базируется на веб-архитектуре: с одной стороны пользователь системы, оснащенный компьютером, имеющим доступ в Интернет, с другой — высокопроизводительный сервер с операционной системой Windows 2003 Server, поддерживающей основные сетевые протоколы и предоставляющей ресурсы, необходимые для работы с гипертекстом, передачи файлов, электронной почты, сообщений, организации форумов, телеконференций, и обеспечивающей необходимый уровень защищенности соединений. Подход к дизайну веб-интерфейса базируется на основе подробного анализа опыта разработки и проектирования подобных систем. Установленная на сервере CMS-система Drupal предоставляет административные инструменты для определения четких уровней привилегий для различных пользователей.

Основными источниками данных являются гипермедиа-документы OWL. Особенностью базы данных, объединяющей все распределенные источники данных, агрегирующей информацию, промежуточные данные и результаты, является не ее большой объем, а сложность взаимосвязей между отдельными информационными единицами, для преодоления которой применяется аппарат семантических сетей и специальные средства интер-



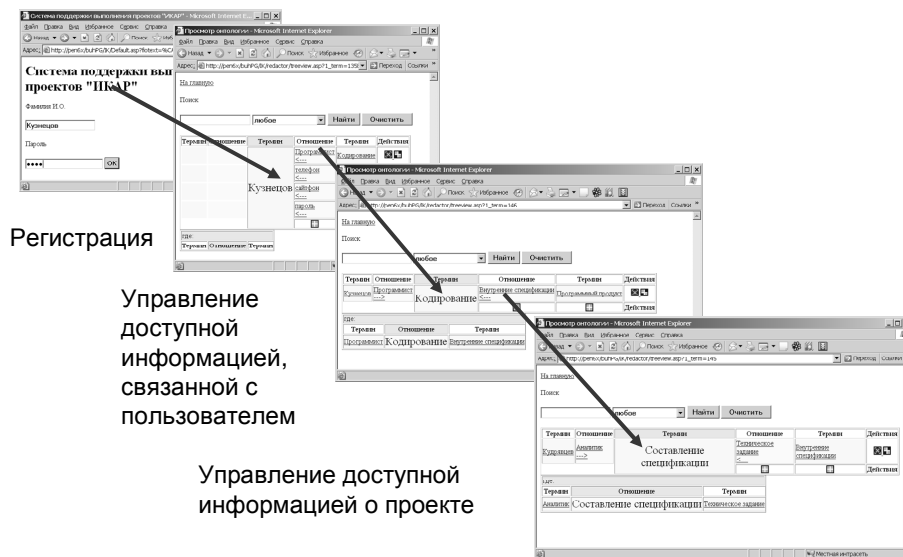


Рис. 4. Интерфейс прототипа системы

80% за счет применения предложенной методики выделения главных компонентов исследуемых сложных систем. Предложенный метод календарного планирования на основе агентного подхода обладает естественным параллелизмом, позволяет наиболее эффективно использовать доступные ресурсы локальной вычислительной сети организации, что позволяет многократно уменьшить время составления расписания по сравнению с традиционной схемой при прочих равных условиях.

Проведенный анализ состояния существующих систем показал, что как сам разрабатываемый прототип, так и его отдельные модули и подсистемы, в части аппаратно-программного обеспечения находятся на уровне последних мировых достижений в области информационных технологий, а в научно-методическом плане являются оригинальными решениями исследуемой проблемы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход предоставляет исследователю удобный инструмент для выявления закономерностей и проведения анализа сложных систем на основе интеллектуальных методов обработки данных. Использование открытой архитектуры в системе позволяет использовать накопленный практический опыт в рамках исследования одной предметной области для другой.

Предложенная методика проведения исследований состоит в том, что проведение исследований рассматривается как единый процесс с соответствующими стадиями жизнен-

ного цикла, и предусматривающий оперативный контроль за ходом его выполнения с использованием необходимых ресурсов. Данный подход позволяет оптимизировать процесс проведения научных исследований на основе применения соответствующих подходов и методов управления сложными проектами в области информационных технологий.

Полученные результаты являются необходимой и достаточной основой для осуществления поддержки коммуникативных процессов при проведении фундаментальных исследований сложных систем, когда основное содержание взаимодействия состоит из обмена не просто текстовыми сообщениями или документами, но знаниями (описываемыми не только парадигматическими, но и синтагматическими отношениями), для чего применяются онтологический и агентный подходы.

Полученные результаты являются принципиально необходимыми для выполнения дальнейших работ, связанных с отладкой оперативного управления выполнением работ на разных уровнях детализации и программной реализацией соответствующих интеллектуальных подсистем в исследуемых областях знания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Попов, Д. В.** Информационная технология моделирования сложных систем на основе инженерии знаний (на примере распределенной разработки ПО) / Д. В. Попов, А. Г. Абайтуллин // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тр. XII Байкальской всерос. конф. с междунар. участием. Ч. III. Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 24–31.

2. **Попов, Д. В.** Системно-когнитивный подход к управлению жизненным циклом научно-исследовательского проекта / Д. В. Попов, Д. А. Ризванов, Н. И. Юсупова, А. М. Фридлянд // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 8. С. 34–39.
3. **Юсупова, Н. И.** Модели и методы поддержки выполнения проектов в распределенном информационном пространстве / Н. И. Юсупова, Д. В. Попов, Д. А. Ризванов [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. Т. 3, № 2 (26). С. 16–22.
4. **Юсупова, Н. И.** Обучающая система на основе онтологической базы знаний / Н. И. Юсупова, Д. В. Попов, Г. Р. Сабирьянова // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тр. XII Байкальской всерос. конф. с междунар. участием. Ч. III. Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 15–24.
5. **Богданова, Д. Р.** Поддержка принятия решений при формировании сетевой структуры организации на основе онтологии / Д. Р. Богданова, Д. В. Попов // TEL 2006 : тр. Казанск. шк.-сем. по комп. и когнитивн. лингвистике. Казань : Отечество, 2007. С. 102–117.
6. **Попов, Д. В.** Подход к поддержке выполнения проектов распределенной разработки программного обеспечения на основе знаний / Д. В. Попов, М. А. Тихов // Вестник УГАТУ. 2006. Т. 8, № 2(18). С. 66–69.
7. **Бабкова, Е. В.** Поддержка принятия решений при управлении распределением ресурсов в сложных системах на основе моделей-эталонов / Е. В. Бабкова. М. : Изд-во МАИ, 2006. 127 с.
8. **Котельников, В. А.** Онтологическое описание системы сетевых сервисов для распределенной системы финансовых операций / В. А. Котельников // TEL 2006 : тр. Казанск. шк.-сем. по комп. и когнитивн. лингвистике. Казань : Отечество, 2007. С. 127–137.
9. **Сенькина, Г. В.** Мультиагентная система составления расписания в санаторно-курортном комплексе / Г. В. Сенькина, Д. В. Попов, Д. А. Ризванов [и др.]. Уфа, 2007. 233 с.
10. **Юсупова, Н. И.** Программа для ЭВМ. Рабочий прототип интернет-комплекса поддержки выполнения проектов фундаментальных исследований сложных систем / Н. И. Юсупова, Д. В. Попов, Д. И. Бурмистров [и др.]. Рег. № 50200500857. ВНИИЦ. М., 2006.
11. **Ризванов, Д. А.** Программа для ЭВМ. Экспертная система для когнитивного моделирования сложных систем «ConfExpert». Версия 1.0 / Д. А. Ризванов, Д. В. Попов. Рег. № 50200500303. ВНИИЦ. М., 2006.
12. **Абайтуллин, А. Г.** Программа для ЭВМ: Коммуникационный модуль «Сайтфон» для поддержки выполнения проектов в распреде-

ленном информационном пространстве. Версия 1.0 / А. Г. Абайтуллин, Д. В. Попов. Рег. № 5020061237. ВНИИЦ. М., 2007.

13. **Сенькина, Г. В.** Программа для ЭВМ: Мультиагентная система составления расписания в санаторно-курортном комплексе. Версия 1.0 / Г. В. Сенькина, Д. В. Попов, Д. А. Ризванов. Рег. № 50200601234. ВНИИЦ. М., 2007.
14. **Бабкова, Е. В.** Система расчета параметров графа с различными типами возвратов : свид. об офиц. регистр. программы для ЭВМ № 2006613035 / Е. В. Бабкова, О. М. Верхотурова. 2006.

#### ОБ АВТОРАХ



**Юсупова Нафиса Исламовна**, проф., зав. каф. выч. мат. и киб., декан ФИРТ. Дипл. радиофизик (Воронежск. гос. ун-т, 1975). Д-р техн. наук по упр-ю в техн. сист. (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. критич. сит. упр-я, информатики.



**Попов Денис Владимирович**, д-рант, доц. каф. выч. мат. и кибернет. Дипл. спец. по прогн. обесп. (УГАТУ, 1995). Канд. техн. наук по САПР (УГАТУ, 2000). Готовит дис. в обл. поддержки принятия решений в соц. и эконо. системах.



**Бабкова Елена Васильевна**, доц., докторант той же каф. Дипл. инженера-экономиста по АСУ (УАИ, 1972). Канд. техн. наук по автоматизированным системам управления (УГАТУ, 1990). Иссл. в обл. управления и моделирования в сложных организац.-техн. системах.



**Ризванов Дмитрий Анварович**, доц. той же каф. Дипл. инженер-программист (УГАТУ, 1995). Канд. экон. наук по матем. и инструм. методам в экономике (Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, 2003). Иссл. в обл. моделирования сложн. соц.-эконом. и разработки интеллектуальн. систем.