

На правах рукописи



ШАЙДУЛИН Роман Фаритович

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ
УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКИХ ЛЕСНИЧЕСТВ)**

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Пермь – 2014

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Научный руководитель

доктор технических наук,
профессор **Харитонов**
Валерий Алексеевич

Официальные оппоненты

Акбердина
Виктория Викторовна,
доктор экономических наук,
доцент, заведующий сектором эко-
номических проблем отраслевых
рынков института экономики УрО
РАН

Панюков
Анатолий Васильевич
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
экономико-математических методов и
статистики Южно-Уральского госу-
дарственного университета

Ведущая организация

ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный
университет», г. Краснодар

Защита состоится «29» декабря 2014 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета ДМ 212.188.09 на базе Пермского национального исследовательского политехнического университета и Пермского государственного национального исследовательского университета по адресу: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, ауд. 423б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках и на сайтах Пермского национального исследовательского политехнического университета (<http://www.pstu.ru>) и Пермского государственного национального исследовательского университета (<http://www.psu.ru>).

Автореферат разослан «17» ноября 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат экономических наук, доцент

Жуланов Е.Е.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сложные объекты характеризуются большим числом разнообразных связей между элементами и необходимостью их интерпретации с позиций лиц, принимающих решения (ЛПР), а также других участников этого процесса, принимающих на себя ответственность за решение задач выбора наиболее предпочтительных направлений развития объекта. Управление сложными объектами осуществляется с использованием систем поддержки принятия решений, в том числе на основе моделирования поведения ЛПР в задачах выбора.

Городские лесопарки, которые относятся к классу сложных систем, имеют высокое социальное предназначение как «легкие города» и рекреационная зона и экономическую значимость как источник получения доходов, необходимых для благоустройства этих особо охраняемых территорий местного значения. В соответствии с выдвинутой Президентом РФ концепцией устойчивого развития окружающей среды перед муниципальными учреждениями «городское лесничество» возникают приоритетные задачи стабильного развития городских лесопарков как фактора сохранения природной основы среды обитания. Принятие и реализация обоснованных решений по благоустройству и рациональному использованию лесопарков имеет большое социально-экономическое значение и составляет основу деятельности городских лесничеств.

Реализация современных концепций управления и планирования на всех уровнях экономической и организационно-управленческой иерархии в существенной степени позволяет унифицировать инструменты управления, планирования и способы инструментальной обработки информации. Однако в настоящее время возможности известных алгоритмов поддержки принятия решений не способны обеспечить достаточно высокую степень достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости процессов многофакторного управления устойчивым развитием городских лесопарков. Отсюда возникает необходимость расширения функциональных возможностей алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении социально-экономическим развитием лесопарков с учетом мнений лиц, заинтересованных в результатах управления.

Степень разработанности проблемы. Проблема устойчивого развития эколого-экономических систем обсуждалась в работах В.Н. Буркова, Д.А. Новикова, А.В. Щепкина, Н.Н. Моисеева, В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.И. Данилова-Данильяна и других авторов.

Большой вклад в теорию принятия решений при управлении сложными объектами внесли зарубежные и отечественные ученые, такие как В.И. Воропаев, С.М. Любкин, Д.А. Новиков, С.В. Леонтьев, С.Е. Гилев, А.И. Орлов, К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, Р. Кини, Х. Райфа и др.

Известные методы агрегирования частных критериев многофакторных систем в комплексную оценку, необходимые для разработки алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений с учетом предпочтений различных социальных групп, рассматривалась в работах Г.Г. Азгальдова, А.Г. Варжапетяна, В.Н. Буркова, Д.А. Новикова, В.А. Харитонova и др.

Однако решение проблем управления социально-экономическим развитием лесопарков с позиций общих принципов управления и многокритериальности нуждается в дополнительных исследованиях. В связи с этим становится востребованным расширение функциональных возможностей алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки принятия решений.

Теоретическое и практическое значение проблемы, ее социальный статус определили тему, замысел, логику построения и содержание диссертационного исследования.

Объектом исследования являются муниципальные учреждения по управлению городскими лесопарками – лесничества.

Предметом исследования являются процессы поддержки принятия решений в задачах управления сложными социально-экономическими объектами типа городской лесопарк.

Цель и задачи исследования

Цель диссертационного исследования заключается в расширении функциональных возможностей инструментальных средств интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении городским лесничеством.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- 1) сформулировать концепцию интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков;
- 2) разработать инструментальные средства моделирования предпочтений участников принятия решений;
- 3) разработать специальное алгоритмическое и программное обеспечение управления устойчивым развитием лесопарков;
- 4) исследовать результативность алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых в области управления хозяйственными процессами предприятия, теории принятия решений, экономико-математического моделирования с применением компьютерных технологий. При проведении исследования были использованы методы общей теории систем и системного анализа, методы теории принятия решений, методы моделирования информационных систем, методы теории нечетких множеств, методы агрегирования частных критериев в комплексную оценку, методы теорий дискретной математики, графов и матриц.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Концепция интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков как методологическая основа решения частных задач исследования.

2. Инструментальные средства моделирования предпочтений, обеспечивающие разработку и исследование моделей предпочтений в соответствии с требуемой функциональной полнотой и уровнем специальной подготовки участников принятия решений.

3. Специальное алгоритмическое и программное обеспечение с эффективным использованием базы данных мониторинга и процедур кластеризации территории при управлении устойчивым развитием лесопарков.

4. Оценки эффективности принимаемых решений при управлении устойчивым развитием лесопарка на основе разработанных алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки подтверждают высокий уровень достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принимаемых решений.

Научная новизна результатов исследования:

1. Разработана концепция интеллектуальной поддержки принятия решений как методологический базис управления устойчивым развитием лесопарков, отличающаяся от существующих обоснованием и использованием трехконтурной модели управления биотическим, абиотическим и рекреационным состояниями лесопарка; комплексом ограничений на принимаемые решения по использованию рекреационной привлекательности лесопарков, обеспечивающих неразрушение их природной основы; моделированием предпочтений, ориентированным на множество представления альтернатив, и на представляемое множество; комплексной моделью управления устойчивым развитием лесопарков с возможностями разработки стратегий и формализации задач оптимального управления состояниями лесопарка исходя из проблемных ситуаций (п. 2.5 Паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

2. Предложены инструментальные средства моделирования предпочтений, обеспечивающие необходимую функциональную полноту и уровень специальной подготовки участников принятия решений и отличающиеся от существующих алгоритмами топологической интерпретации бинарных матриц свертки на основе семейства изопрайс (линий одинаковой цены) при анализе и конструировании механизмов агрегирования; алгоритмами построения и/или анализа функций чувствительности комплексной оценки к вариациям одной или нескольких переменных; поддержкой задач построения композиций предпочтений аппаратом мнемонических схем (п. 2.3 Паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

3. Разработаны специальная алгоритмическая модель и программное обеспечение управления устойчивым развитием лесопарка, предусматрива-

ющее эффективное использование базы данных мониторинга территории лесопарка и отличающееся от существующих аналогов объединением реляционной базы данных с электронной картой лесопарка; реализацией кластерного подхода для решения задач идентификации и обоснования рекреационных и других решений на однородных территориях лесопарка, формулируемых на основе предикатов (п. 2.3 Паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

4. Подтверждена достоверность результатов комплексного оценивания, обеспечивающего высокую точность в непрерывной шкале, полученных на основе алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки принятия решений.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Теоретическая значимость исследования определяется получением нового знания в области моделирования поведения людей в задачах выбора альтернатив, необходимых для управления сложными системами. Практическая значимость исследования заключается в появившейся возможности использования инновационных алгоритмов интеллектуальной поддержки в задачах принятия решений с учетом предпочтений заинтересованных лиц в целях повышения уровня достоверности результатов комплексного оценивания экологической ситуации и распространения полученного опыта на другие предметные области.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность подходов и выводов подтверждена при экспертизе социально-экономической ситуации в особо охраняемой природной территории «Черняевский лес» города Перми превышением точности инструментальных средств комплексного оценивания экологических характеристик и совпадением полученных результатов с оценками экспертов, выполненными традиционными методами; высоким уровнем обоснования процедур агрегирования и декомпозиции участков (выделов) лесопарка с использованием кластерного подхода и ГИС-систем; прозрачностью и неманипулируемостью принимаемых решений в задачах разработки мероприятий по благоустройству лесопарка.

Результаты исследования использовались при выполнении научно-исследовательской работы «Оценка экологической ситуации в особо охраняемой природной территории местного значения „Черняевский лес“» по заказу Управления по экологии и природопользованию администрации города Перми, а также в учебном процессе Пермского национального исследовательского политехнического университета и Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. акад. Д.Н. Прянишникова. Основные результаты работы докладывались на международных научно-практических конференциях «Теория активных систем – 2007, 2009», г. Москва; семинарах «Теория управления организационными системами» в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук в 2008, 2009 гг., г. Москва; научно-практических конференциях студентов, аспирантов, молодых ученых строительного факультета ПГТУ «Строительство, Архитектура. Теория и

практика» в 2007, 2008, 2009 гг., г. Пермь; всероссийской научно-практической конференции «Инновационный потенциал аграрной науки – основа развития АПК», 2008 г., г. Пермь; VI Всероссийской школе-семинаре молодых ученых «Управление большими системами – 2009», г. Ижевск, 31 августа – 5 сентября 2009 г.; всероссийском конкурсе молодых ученых по теории управления и ее приложениям, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, 1 мая 2010 г.; VII Международной школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами 2010», г. Пермь, Россия, 27–29 мая 2010 г.; X Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами», г. Уфа, Россия, 5–7 июня 2013 г.; научно-практической конференции «Актуальные проблемы автоматизации и управления», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, 5–7 июня 2013 г.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 28 научных работ общим объемом 31,85 п.л. (из них 14,63 авторских п.л.), в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК, получено 6 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, содержащего 125 источников, и 6 приложений. Работа содержит 161 страницы основного текста, включая 95 рисунков.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, методологический аппарат работы, определены научная новизна и практическая значимость выносимых на защиту результатов. Приведены сведения о внедрении результатов, апробации и публикациях.

В первой главе «Актуальность задачи разработки алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков» проводится анализ проблем управления устойчивым развитием лесопарков и результатов исследований в области решения задачи управления устойчивым развитием лесопарков.

Во второй главе «Разработка концепции интеллектуальной поддержки принятия решений и комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков» разработаны и проанализированы концептуальные модели управления уровнем биотического, абиотического, рекреационного состояния, а также обобщенная схема контура многокритериального управления с учетом человеческого фактора, сформулированы положения концепции интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков.

В третьей главе «Разработка инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений» описаны инновационные алгоритмы и программы разработки и исследования моделей предпочтения.

В четвертой главе «Разработка специального алгоритмического и программного обеспечения комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков» разрабатываются алгоритмы создания специальной базы данных мониторинга и кластеризации лесопарка для решения задач идентификации однородных территорий и обоснования рекреационных и других мероприятий. Создана реляционная база данных, устанавливающая каждому оцифрованному выделу многомерный вектор значений параметров всех видов. Обеспечен дружественный интерфейс для решения различных прикладных задач.

В пятой главе «Исследование эффективности принимаемых решений при управлении устойчивым развитием лесопарков на основе разработанных алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки» ставится и решается задача экспериментального исследования эффективности алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений в задачах комплексного оценивания уровня социально-экономического развития лесопарка и обоснованного выбора проектов по его благоустройству с учетом мнений всех заинтересованных лиц.

В заключении приведены основные выводы, оценено практическое значение и сформулированы предложения по дальнейшему развитию инструментальных средств.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Разработана концепция интеллектуальной поддержки принятия решений как методологический базис управления устойчивым развитием лесопарков, отличающаяся от существующих обоснованием и использованием трехконтурной модели управления биотическим, абиотическим и рекреационным состояниями лесопарка; комплексом ограничений на принимаемые решения по использованию рекреационной привлекательности лесопарков, обеспечивающих неразрушение их природной основы; моделированием предпочтений, ориентированным на множество представления альтернатив, и на представляемое множество; комплексной моделью управления устойчивым развитием лесопарков с возможностями разработки стратегий и формализации задач оптимального управления состояниями лесопарка исходя из проблемных ситуаций (п. 2.5 Паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

Лесопарк представляет собой значительную площадь с существенно неоднородным составом различных участков поверхности по абиотическим, биотическим характеристикам и характеристикам социально-экономической значимости.

Сложившаяся парадигма как система представлений, основных концептуальных установок решения подобного рода задач в обобщенном виде представлена на рисунке 1.

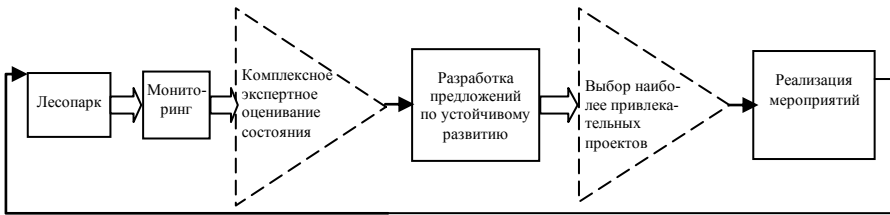


Рисунок 1 – Сложившаяся парадигма решения лесничеством задач устойчивого развития городского лесопарка

В сложившейся парадигме особое внимание привлекают процедуры комплексного экспертного оценивания состояния лесопарка, необходимого для отслеживания его динамики, и конкурсного выбора наиболее привлекательных проектов устойчивого развития. Объединяющим фактором этих двух процедур является необходимость решения многокритериальных задач комплексного оценивания и ранжирования, которые традиционно решаются на эвристическом уровне с привлечением опыта и компетентности участников управления социально-экономическими системами. Естественные способности специалистов ограничиваются небольшим числом сопоставляемых объектов и множеством их параметров. Известные инструментальные средства поддержки принятия решений не располагают достаточными функциональными возможностями и удовлетворительным дружественным интерфейсом. Поэтому изображенные на рисунке 1 соответствующие элементы выделены пунктиром как не вполне совершенные для практической деятельности.

Основные недостатки сложившейся практики решения задач устойчивого развития городского лесопарка: неполнота учета информации из огромного банка данных мониторинга по всем аспектам состояния лесопарка; низкая эффективность принимаемых управленческих решений с точки зрения их достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости, которые могут привести к несоответствию получаемых результатов и размеров осваиваемых средств. Указанные недостатки следует объяснять действием человеческого фактора.

Анализ задач управления сложными объектами в соответствии с обобщенными принципами управления приводит к структурной схеме, представленной на рисунке 2.

Принцип измерения предполагает определение текущего состояния объекта управления, которое не совпадает со значениями множества существенных характеристик $\bar{x}$ объекта управления. Устранение этого несоответствия делает необходимой субоптимизацию переменных на основе функций приведения, т.е. их перевод в частные критерии, где происходит первое проявление человеческого фактора (субъективизма) ЧФ₁. Эта процедура создает

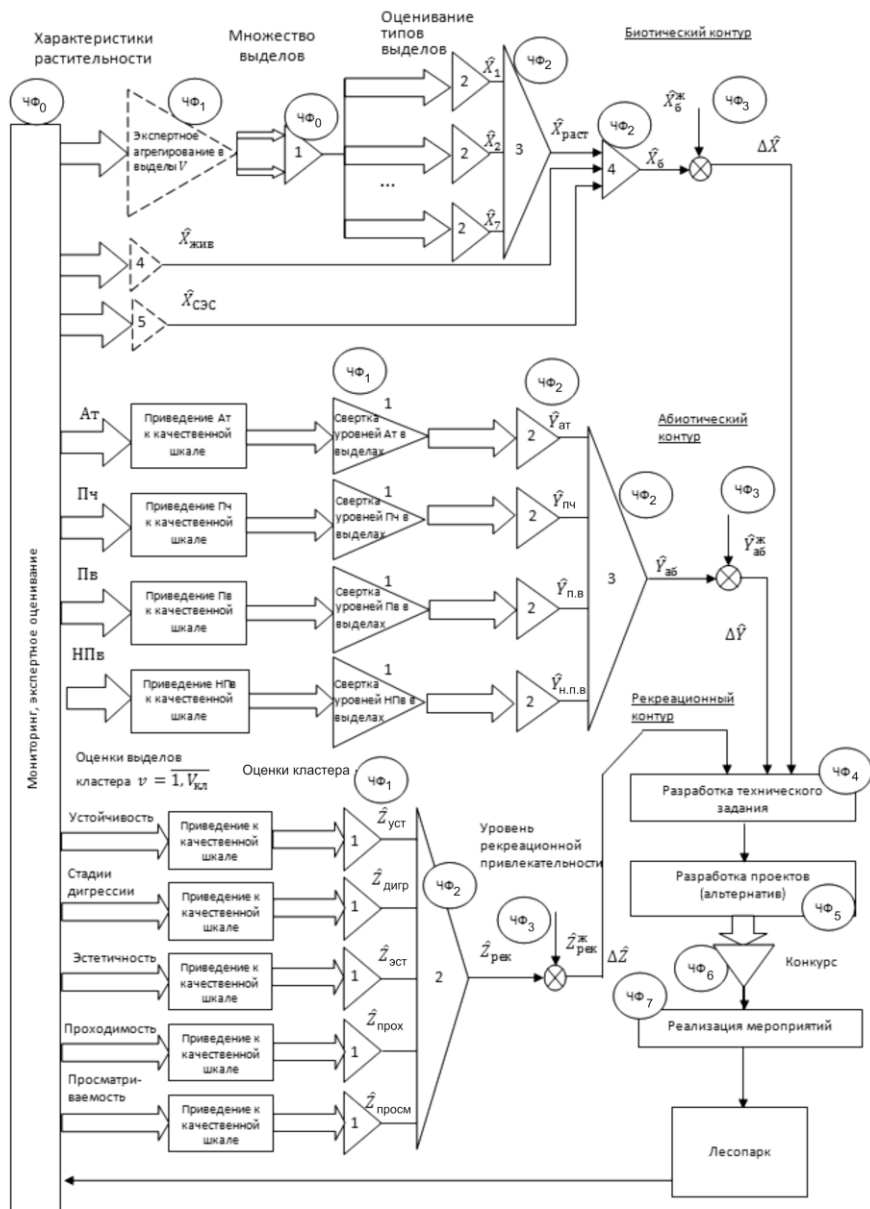


Рисунок 3 – Комплексная модель управления устойчивым развитием лесопарка

В биотическом контуре комплексной модели данные мониторинга поэтапно свертками (1–3) сворачиваются в комплексные оценки биотического состояния растительности $\hat{X}_{\text{раст}}$, животного мира $\hat{X}_{\text{жив}}$ и санитарно-эпидемиологического состояния $\hat{X}_{\text{сэс}}$. Алгоритм комплексного оценивания биотического состояния в комплексную оценку можно представить в виде свертки (4) биотического контура.

В абиотическом контуре комплексной модели по результатам мониторинга источники техногенного воздействия (ИТВ) представлены четырьмя группами данных, каждая из которых содержит набор групповых компонентов в принятых единицах измерений группы характеристик: атмосферы $\hat{Y}_{\text{ат}}$, поверхностных вод $\hat{Y}_{\text{п.в}}$, недр и подземных вод $\hat{Y}_{\text{н.п.в}}$, почвенного покрова $\hat{Y}_{\text{пч}}$, которые поэтапно сворачиваются (1–2) в комплексные оценки уровней ИТВ. Алгоритм комплексного оценивания абиотического состояния можно представить в виде свертки (3) частных оценок ИТВ.

В рекреационном контуре данные мониторинга поэтапно свертками (1) сворачиваются в комплексные оценки по классификаторам: устойчивости $\hat{Z}_{\text{уст}}$, стадий дигрессии $\hat{Z}_{\text{дигр}}$, эстетичности $\hat{Z}_{\text{эст}}$, проходимости $\hat{Z}_{\text{прох}}$ и просматриваемости $\hat{Z}_{\text{просм}}$, а затем в общую комплексную оценку сверткой (2).

Комплексная модель участвует в разработке стратегий и формализации задач оптимального в системе ценностей специалистов лесничества управления состояниями лесопарка в соответствии с проблемными ситуациями.

Проблемная ситуация 1. Недостаточность привлекательности кластера для нуждающихся в рекреационных услугах. Стратегия управления состоит в выборе приоритетности благоустройства выделенного кластера. Соответствующую оптимизационную задачу можно сформулировать как задачу выбора из множества альтернативных проектов $\{\hat{Z}_u\}$ одного u_{opt} , максимизирующего комплексную оценку $\hat{Z}_u$ по параметрам $(Z_{\text{эст}}, Z_{\text{прох}}, Z_{\text{просм}})$ при соответствующих ограничениях:

$$u_{\text{opt}} = \underset{\{\hat{Z}_{\text{кли}}\}}{\text{Ind max}} (\hat{Z}_{\text{кли}}(Z_{\text{эст}}, Z_{\text{прох}}, Z_{\text{просм}}); \hat{X}_u \geq \hat{X}, \hat{Y}_u \geq \hat{Y}). \quad (1)$$

Проблемная ситуация 2. Проблема заключается в исчерпании рекреационных возможностей кластера. Стратегия состоит в увеличении рекреационных возможностей имеющегося кластера или выделенных новых кластеров рекреационного назначения. Соответствующую оптимизационную задачу можно сформулировать как задачу выбора из множества альтернативных

проектов $\{\hat{Z}_u\}$ одного, максимизирующего комплексную оценку $\hat{Z}_u$ уровня рекреационной привлекательности данного кластера по параметрам $Z_{уст}, Z_{дигр}$, определяющим размеры рекреационной нагрузки на рассматриваемой территории лесопарка:

$$u_{opt} = Ind \max_{\{\hat{Z}_{кли}\}} (\hat{Z}_{кли} (Z_{уст}, Z_{дигр}); \hat{X}_u \geq \hat{X}, \hat{Y}_u \geq \hat{Y}). \quad (2)$$

Проблемная ситуация 3. Проблема состоит в существенном снижении уровней биотического или абиотического состояний. Стратегия заключается в приоритетности мероприятий по оперативному устранению последствий экологического характера и обосновании объемов финансирования. Соответствующая оптимизационная задача может принять одну из форм:

$$u_{opt} = Ind \max_{\{\hat{X}_{бу}\}} (\hat{X}_{бу}; Z_{кли} \geq \hat{Z}_{кл}, Y_{кли} \geq \hat{Y}_{кл}), \quad (3)$$

$$u_{opt} = Ind \max_{\{\hat{Y}_u\}} (\hat{Y}_u; Z_{кли} \geq \hat{Z}_{кл}, X_{кли} \geq \hat{X}_{кл}). \quad (4)$$

Анализ содержания сверток в контурах управления комплексной модели и характера оптимизационных задач (1)–(4) позволил обосновать требования к функциональным возможностям алгоритмов интеллектуальной поддержки в задачах моделирования предпочтений участников принятия решений.

Концепция интеллектуальной поддержки принятия решений стала методологическим базисом решения задач управления устойчивым развитием лесопарка.

2. Предложены инструментальные средства моделирования предпочтений, обеспечивающие необходимую функциональную полноту и уровень специальной подготовки участников принятия решений и отличающиеся от существующих алгоритмами топологической интерпретации бинарных матриц свертки на основе семейства изопрайс (линий одинаковой цены) при анализе и конструировании механизмов агрегирования; алгоритмами построения и/или анализа функций чувствительности комплексной оценки к вариациям одной или нескольких переменных; поддержкой задач построения композиций предпочтений аппаратом мнемонических схем (п. 2.3 Паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

Основные проблемы моделирования предпочтений, связанные с расширением функциональных возможностей матричной свертки, решаются численными табличными методами. Размеры таблиц свертки M определяются требованиями точности вычислений. На практике вполне приемлемым пара-

метром таблиц является размер 100×100 , что соответствует шагу 0,01 варьирования частных критериев $\hat{X}_{1m}, \hat{X}_{2n}$.

Вычисленная таблица значений сверток с установленным шагом Δ

$$M = \|\hat{X}_{mn}\|; mn \in \overline{1,300}, |M| = 90000, \quad (5)$$

$$\hat{X}_{mn} = (\hat{X}_{1m}, \hat{X}_{2n}), \quad X_{1m}, \hat{X}_{2n} \in [1,4], \quad \Delta = 0,01,$$

является строителем функций чувствительности одной и более переменных, а также топологической интерпретацией матриц свертки

$$\hat{X}(\hat{X}_1)_{\hat{X}_2^*} = M(\hat{X}_{1m})_{\hat{X}_{2n}^*}, m \in \overline{1,300}; \hat{X}(\hat{X}_2)_{\hat{X}_1^*} = M(\hat{X}_{2n})_{\hat{X}_{1m}^*}, n \in \overline{1,300}. \quad (6)$$

Инструментальные средства моделирования предпочтений представлены широким набором функциональных возможностей в форме авторских программ для построения и исследования моделей предпочтений (таблица 1).

Таблица 1 – Функциональные возможности инструментальных средств при исследовании моделей предпочтений

Инструментальные средства		«Декон»	«Декон-изопрэйс»	«Декон-табл»	«Опер-декон»	«Активная экспертиза»	«Бизнес-декон»	Требуемый уровень спец. подготовки
Реализованные функции								
Комплексная оценка	Без привязки к шкале	+						0
	С привязкой к шкале		+	+	+			0
	Нечеткая свертка						+	1
Функция чувствительности	Графоаналитическая	+	+					0
	Автоматизированная одной переменной			+	+		+	1
	Автоматизированная двух переменных			+				1
	Транзитивное замыкание			+				1
Обработка результатов коллективных предпочтений	Ручная	+	+	+	+			0
	Согласованная с активной экспертизой	+	+	+	+			0
	Коллективные предпочтения					+		1
	Модификация активной экспертизы					+	+	2
Линеаризация	Ручная	+	+	+	+			0
	Автоматизированная						+	1

Решение задач построения композиций предпочтений для нескольких участников принятия решений поддержано аппаратом мнемонических схем и алгоритмами моделирования коллективных предпочтений, ограничивающими возможности манипулирования данными на основе модифицированной процедуры активной экспертизы (рисунок 4).

Процедура модифицированной активной экспертизы отличается от известной изменением порядка вычисления алгоритма:

$$X_j = \max_{i=1, \overline{n}} \min_{i=1, \overline{n}} (X_i, W_{i-1}), \quad (7)$$

а именно: высказывания n экспертов, вычисление специальной дискретной функции, значения которой являются точками равновесия по Нэшу:

$$W_{i-1} = X_{\text{ниж}} + \frac{X_{\text{верх}}^{\text{факт}} - X_{\text{ниж}}^{\text{факт}}}{n} (n - i + 1), \quad (8)$$

непосредственное вычисление алгоритма (7) с целью уменьшения диапазона манипулирования отдельными экспертами (диктаторами) путем использования фактической области высказываний $X_{\text{верх}}^{\text{факт}} - X_{\text{ниж}}^{\text{факт}}$, являющейся областью определения специальной функции. Процедура лежит в основе моделирования согласованных решений и моделей коллективных предпочтений социума.

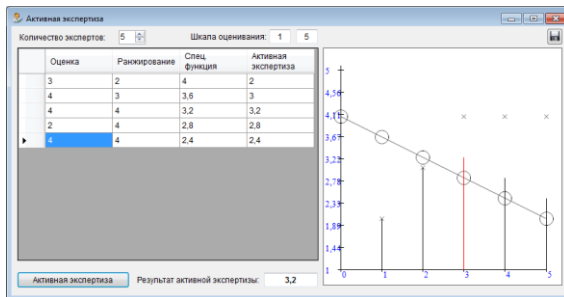


Рисунок 4 – Иллюстрация работы программы «Активная экспертиза»

3. Разработаны специальная алгоритмическая модель и программное обеспечение управления устойчивым развитием лесопарка, предусматривающее эффективное использование базы данных мониторинга территории лесопарка и отличающееся от существующих аналогов объединением реляционной базы данных с электронной картой лесопарка; реализацией кластерного подхода для решения задач идентификации и обоснования рекреационных и других решений на однородных террито-

риях лесопарка, формулируемых на основе предикатов (п. 2.3 Паспорта специальности 08.00.13 ВАК РФ).

Мониторинг лесопарка предполагает получение огромного числа результатов прямых измерений и экспертных оценок, осуществляемых на его территории и вблизи нее. Данные мониторинга по всем классификаторам образуют гигантский массив информации, агрегированный по выделам, реализованный в системе в виде реляционной базы данных. Таким образом, каждому выделу (рисунок 5) в базе данных соответствует многомерный вектор значений параметров всех видов. Для того чтобы эта информация была продуктивно использована в задачах управления устойчивым развитием лесопарка, её необходимо размещать (дополнять) в специальной базе данных, которая должна разрабатываться с учетом естественной структуры этих данных и специфики решаемых прикладных задач.

Для взаимодействия пользователя с базой данных разработан интерфейс. В качестве компромиссного варианта была выбрана платформа Qt. Qt – кросс-платформенный инструмент разработки программного обеспечения на языке программирования C++. Qt является полностью объектно-ориентированным, легко расширяемым и поддерживающим технику компонентного программирования языком. Следует отметить, что данная платформа использует в качестве источника данных практически любую из существующих систем управления базами данных, в том числе и PostgreSQL.

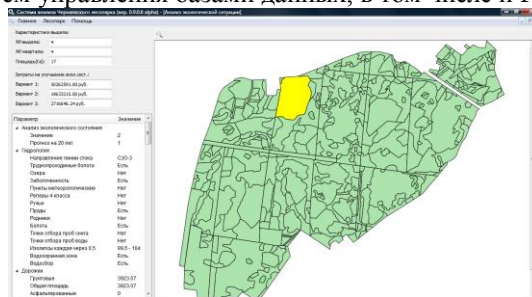


Рисунок 5 – Представление лесопарка в виде реляционной базы по выделам. Иллюстрация запроса

Цели и задачи управления устойчивым развитием лесопарка могут потребовать самые разнообразные по форме и содержанию данные по группе выделов либо определять группы выделов по совокупности данных. Для этих целей удобно воспользоваться кластерным подходом на основе предикатов, способных формализовать высказывания, определяющие условия решения задач в реляционной базе данных. Например, используя высказывание

$$\{Vi\} = (\forall Vi \in V_0) P(("Болота" \& "Ручьи" \& "Напр. стока – сев.") \vee ("Дор. сеть \geq 1 \text{ км}")), \quad (9)$$

получаем результат, отражающий область истинности предиката (9), представленную на рисунке 6.

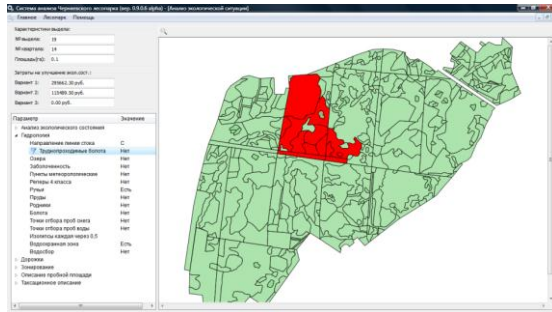


Рисунок 6 – Кластер выделов, построенный по определенным характеристикам (труднопроходимые болота)

4. Подтверждена достоверность результатов комплексного оценивания, обеспечивающего высокую точность в непрерывной шкале, полученных на основе алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки принятия решений.

Достоверность результатов комплексного оценивания в непрерывной шкале [1, 4] подтверждается совпадением с результатами экспертного оценивания по известным методикам в дискретной шкале $\overline{1,4}$, за исключением спорных для дискретной шкалы ситуаций (выделы № 5 и № 48 в таблице 2), что следует из использования обоими методами оценивания общей базы – дискретных матриц свертки, а также их взаимным соответствием после округления.

Таблица 2 Сопоставление результатов комплексного оценивания выделов «Черняевского леса», полученных на основе различных подходов

Выдел	Экспертные частные оценки в дискретной шкале					Оценки частных критериев после приведения					Экспертные комплексные оценки	Комплексные оценки, рассчитанные на основе инструментальных средств
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		
5	2	3	3	2	2	2,4	2,8	3	1,9	2,2	2	2,5
15	3	3	2	2	3	2,5	3,1	2	1,5	2,8	3	2,8
28	2	2	1	2	2	1,8	2,1	1	1,7	2,1	2	1,9
31	4	3	4	4	4	3,6	2,7	4	4	3,9	4	3,8
48	3	3	3	1	2	2,7	2,6	3	1	1,6	2	2,6
58	4	4	4	3	4	4	3,8	4	3,1	3,7	4	3,9
70	2	2	3	3	3	2,5	2,3	3	2,8	3	3	2,9
87	3	2	2	2	2	2,6	1,7	2	2,2	2,3	2	2,2

Примечание: x_1 – устойчивость выдела, x_2 – стадии дигрессии, x_3 – эстетичность, x_4 – проходимость, x_5 – просматриваемость.

Разработка технического задания на проектирование мероприятий по благоустройству лесопарка производится на основе процедуры декомпозиции рассогласования между желаемым и фактическим уровнем состояния объекта (биотического, абиотического, рекреационного в зависимости от постановки оптимизационной задачи), обратной алгоритмам комплексного оценивания, с использованием всех промежуточных результатов предшествующей свертки. При этом локализация узких мест начинается с процедуры линеаризации матричной свертки (рисунок 7) в ее текущем значении:

$$\Delta Z = k_1 \Delta \hat{Z}_{\text{уст}} + k_2 \Delta \hat{Z}_{\text{дигр}}. \quad (10)$$

Коэффициенты линеаризации определяются по формуле

$$k_i = \frac{\partial \hat{Z}}{\partial Z_i} \Delta Z_i, \quad \left. \frac{\partial \hat{Z}}{\partial Z_i} \right|_{\hat{X}^*} = \operatorname{tg} \alpha_i, \quad |\Delta Z_i| < \xi_i. \quad (11)$$

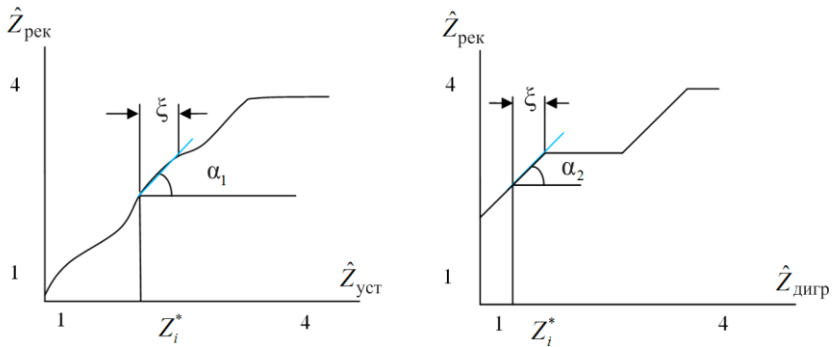


Рисунок 7 – Графоаналитическая процедура определения коэффициентов линеаризации

На основании технического задания (10) специалистами в соответствующей области разрабатываются варианты допустимых проектов, отвечающие сложившейся в лесничестве и лесопарке ситуации и отличающиеся друг от друга степенью соответствия техническому заданию, а также рядом дополнительных свойств социально-экономического значения, характерных для большинства проектов: допустимая интенсивность функционального ис-

пользования территории (Фи); полнота предоставления рекреационных услуг (Ру); ценовая доступность услуг для населения (Цу); дополнительные рабочие места (Др); снижение трудопотерь работоспособного населения (Тп); размер прибыли от оказания рекреационных услуг (Пр); выделяемые затраты на приведение к экологическим стандартам (Э); объем предполагаемого инвестирования (И); время окупаемости (Во).

Комплексные оценки вариантов благоустройства на момент мониторинга t_0 подлежат агрегированию. Эффективность предложений по благоустройству лесопарка, представляемых в виде проекта, может быть существенно повышена к моменту проведения конкурса по результатам анализа чувствительности комплексной оценки к отдельным частным критериям в соответствии с правилами конкурса (рисунок 8).

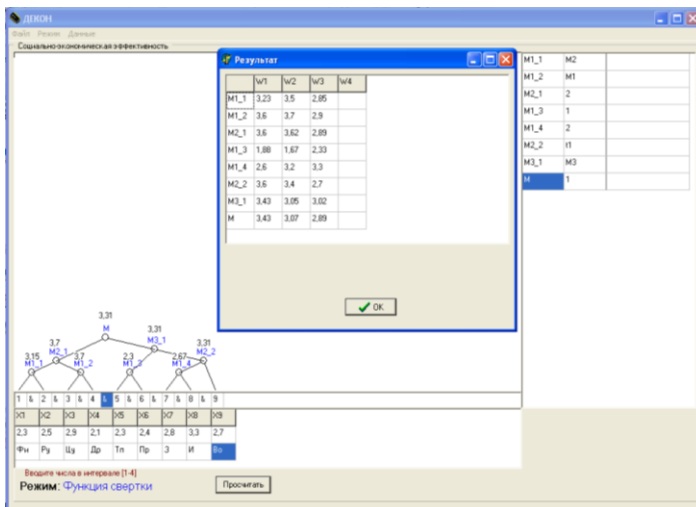


Рисунок 8 – Конкурсный механизм отбора предложений по благоустройству лесопарка

К исполнению принимается лучший проект из числа представленных на конкурс. Условия конкурса формализуются с использованием механизмов комплексного оценивания, которые ориентируются на множество представления альтернатив и поэтому являются неманипулируемыми для любого представляемого множества. Различные вариации предлагаемых корректир состояний лесопарка для инновационных алгоритмов носят параметрический характер, т.е. касаются только дозирования, не изменяя области локализации управленческих решений (узких мест) и сочетая такие их свойства, как обоснованность, прозрачность и неманипулируемость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена задача повышения уровня обоснованности принимаемых решений при управлении экономическими процессами в муниципальном учреждении – лесничестве. Лесничество как объект, отвечающий за устойчивое развитие лесопарков при условии сохранения природной основы среды обитания, является сложной системой, что особенно проявляется на этапе разработки и принятия управленческих решений. Разработанные инструментальные средства моделирования поведения ЛПР в задачах выбора и специальные инструментальные средства отличаются от известных существенным расширением функциональных возможностей и поэтому могут успешно использоваться в системах интеллектуальной поддержки принятия решений в широком классе сложных экономических систем.

В связи с тем, что в процессах принятия решений принимают участие различные заинтересованные лица, отличающиеся уровнем подготовленности к работе с новыми инструментальными средствами, создано семейство оригинальных программных продуктов «Декон» соответствующего назначения, предлагающее на выбор широкий спектр вариантов дружественного интерфейса. Это позволяет в каждом случае достигать основной цели моделирования – адекватного математического описания предпочтений экспертов, специалистов и других заинтересованных лиц. В связи с этим появляются новые возможности решения задач управления экономическими процессами, связанные с организацией и проведением имитационных деловых игр исследовательского, обучающего и управленческого назначения. Реализация данных возможностей обеспечивается программным комплексом организации и проведения имитационных деловых игр в задачах субъектно-ориентированного управления социально-экономическими системами «Декон-Платформа», интегрирующим все разработанные компоненты семейства «Декон».

Перспективными направлениями дальнейшего расширения функциональных возможностей алгоритмов поддержки принятия решений следует считать использование облачных технологий, веб-технологий, способствующих расширению числа пользователей, а также их функционирование в различных операционных системах и аппаратных платформах. Отдельно следует отметить возможности использования touchscreen-технологий в инструментальных средствах моделирования предпочтений, ориентированных на участие в исследованиях рыночных отношений.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Издания, включенные в перечень рекомендованных ВАК:

1. Экспресс-анализ промышленных предприятий с учетом согласованных предпочтений участников принятия инвестиционных решений [Электронный ресурс] / А.А. Белых, М.В. Лыков, В.И. Стаматин, Р.Ф. Шайдулин //

Вестник Самар. гос. экон. ун-та. – 2008. – № 10. – С. 123–135. – URL: http://vestnik.sseu.ru/view_pdf.php?pdf=1980.

2. Принцип многомодельности в задаче моделирования индивидуальных предпочтений решений [Электронный ресурс] / А.А. Белых, Р.Ф. Шайдулин, К.А. Гуреев, В.А. Харитонов, А.О. Алексеев // Управление большими системами: сб. тр. (электрон. журнал). – 2010. – Спец. вып. 30.1 «Сетевые модели в управлении». – С. 128–143. URL: <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS30109.pdf>.

3. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф., Харитонов В.А. Интеллектуальные технологии повышения эффективности информационных систем решений [Электронный ресурс] // Политематич. сетевой электрон. науч. журнал Куб. гос. аграр. ун-та. – 2010. – № 06(60). – С. 539–570. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/35.pdf>.

4. Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Концепции интеллектуальной поддержки принятия решений в задачах управления сложными объектами (на примере городских лесничеств) [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами: электрон. науч. журнал. – 2014. – № 10. – URL: <http://www.uecs.ru>.

Другие издания:

5. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений: монография / В.А. Харитонов [и др.]; под ред. В.А. Харитонova. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 363 с.

6. Инструментальные средства комплексного оценивания сложных объектов с использованием топологии матриц свертки / И.Р. Винокур, Н.И. Липин, М.Г. Иванов, А.А. Белых, Р.Ф. Шайдулин // Концептуальные подходы в развитии НИИУМСа на 2006–2007 годы / НИИУМС. – Пермь, 2006 – С. 131-136

7. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф., Шафранская О.Н. Обоснование технических заданий на разработку конкурентоспособной продукции // Строительство, архитектура. Теория и практика: тез. докл. аспирантов, молодых ученых и студентов на науч.-практ. конф. строит. факультета. – Пермь: Изд-во. Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – С. 179–185.

8. Модель комплексного оценивания защиты выпускных квалификационных работ / В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин, А.А. Белых, А.О. Алексеев, С.Г. Пуйсанс // Информационные технологии в образовательном процессе вузов МВД России: материалы науч.-практ. конф. / Нижегород. акад. МВД России, Пермский филиал. – Пермь, 2007. – С. 110–114.

9. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Многомодельные исследования предпочтений в задачах поддержки принятия решений // Электронный журнал «Вестник ПГТУ», ПГТУ. Пермь, 2008.

10. Алексеев А.О., Шайдулин Р.Ф. Расширение функциональных возможностей механизмов комплексного оценивания // Теория активных систем – 2007:

тр. междунар. науч.-практ. конф. «Управление большими системами – 2007» / Ин-т проблем управления Рос. акад. наук. – М., 2007. – С. 205–208.

11. Каримова Р.А., Шайдулин Р.Ф. Компьютерная поддержка комплексного оценивания выпускных квалификационных работ // Теория активных систем – 2007: тр. междунар. науч.-практ. конф. «Управление большими системами – 2007» / Ин-т проблем управления Рос. акад. наук. – М., 2007. – С. 265–268

12. Шайдулин Р.Ф., Белых А.А. Создание дружественного интерфейса инструментальных средств моделирования предпочтений // Строительство, архитектура. Теория и практика: тез. докл. аспирантов, молодых ученых и студентов на науч.-практ. конф. строит. факультета. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 214–216.

13. Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Конкурентные механизмы выставки «Строительство и ремонт» (Пермь, 2007) // Строительство, архитектура. Теория и практика: тез. докл. аспирантов, молодых ученых и студентов на науч.-практ. конф. строит. факультета. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 220–222.

14. Харитонов В.А., Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Инжинирингово-управленческие компетенции в технологиях современного менеджмента // Строительство, архитектура. Теория и практика: тез. докл. аспирантов, молодых ученых и студентов на науч.-практ. конф. строит. факультета. – Пермь: Изд-во. Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 222–225.

15. Моделирование согласованных предпочтений с использованием механизмов активной экспертизы / А.О. Алексеев, В.И. Стоматин, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин, И.М. Глотина // Инновационный потенциал аграрной науки – основа развития АПК: материалы всерос. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию сельскохозяйственного образования на Урале / Перм. гос. сельскохозяйственный университет. – Пермь, 2008. – С. 237–241.

16. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Система поддержки принятия решений в задачах управления устойчивым развитием лесопарков // Управление большими системами: сб. тр. VI Всерос. shk.-семинара молодых ученых. – Ижевск: Бон Анца, 2009. – Т. 1. – С. 68–73.

17. Алексеев А.О., Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Сертификация матричных моделей предпочтений // Теория активных систем: тр. междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 17–19 нояб. 2009 г.: в 2 т. / под общ. ред. В.Н. Буркова, Д.А. Новикова; Ин-т проблем управления Рос. акад. наук. – М., 2009. – Т. 1. – С. 178–182.

18. Гуреев К.А., Лыков М.В., Шайдулин Р.Ф. Процедура поддержки принятия коллегиальных решений с использованием активной экспертизы // Теория активных систем – 2009: сб. тр. междунар. науч.-практ. мульти-конф. «Управление большими системами – 2009», г. Москва, 17–19 нояб. 2009 г.:

в 2 т. / под общ. ред. В.Н. Буркова, Д.А. Новикова; Ин-т проблем управления Рос. акад. наук. – М., 2009. – Т. 1. – С. 230–233.

19. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Интерпретация модели предпочтения переносом топологии свертки в метрическое пространство // Управление большими системами: материалы VII Всерос. шк.-конф. молодых ученых. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010.

20. Интеллектуальные управленческие технологии в жилищной сфере / В.А. Харитонов, А.О. Алексеев, А.А. Белых, Р.Ф. Шайдулин // Инновационному развитию АПК – научное обеспечение: сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию Перм. гос. сельскохоз. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова (Пермь, 18 ноября 2010 года). – Пермь, 2010. – С. 179–183.

21. Шайдулин Р.Ф., Мишкина Е.В., Салова Н.Н. Мнемонические схемы в задачах разработки имитационных деловых игр // Управление большими системами: материалы X Всерос. шк.-конф. ученых: в 2 т. / Уфим. гос. авиац. тех. ун-т. – Уфа, 2013. – Т. 2. – С. 273–276.

22. Формальная система описания моделей предпочтения для имитационных деловых игр / Р.Ф. Шайдулин, Е.В. Мишкина, Н.Н. Салова, В.А. Харитонов // Актуальные проблемы автоматизации и управления: тр. науч.-практ. конф. – Челябинск: Изд-во Юж.-Урал. гос. ун-та, 2013. – С. 374–377.

23. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2007614834. Автоматизированная система комплексного оценивания объектов / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин; Федер. служба по интелект. собственности. – М., 2007.

24. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2008612724. Автоматизированная система исследования моделей комплексного оценивания объектов / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин; Федер. служба по интелект. собственности. – М., 2008.

25. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2009610220. Автоматизированная система оперативного исследования моделей объектов комплексного оценивания / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин; Федер. служба по интелект. собственности. – М., 2009.

26. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2009616217. Адаптивная неманипулируемая процедура обработки результатов активного экспертного оценивания / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин, М.И. Мелехин, А.О. Алексеев; Федер. служба по интелект. собственности. – М., 2009.

27. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2011619529. Автоматизированная система комплексного оценивания и исследования объектов в физическом пространстве представления частных критериев (Бизнес-Декон) / А.А. Белых, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин, М.И. Мелехин; Федер. служба по интелект. собственности. – М., 2011.

28. Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2013660527. Программный комплекс организации и проведения имитационных деловых игр в задачах субъектно-ориентированного управления социально-экономическими системами (Декон-Платформа) / А.О. Алексеев, А.Ю. Букалова, А.В. Вычегжанин, К.А. Гуреев, А.Н. Данилов, В.А. Харитонов, Р.Ф. Шайдулин; Федер. служба по интелект. собственности. – М., 2013.

Подписано в печать _____. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 1,5. Тираж 130 экз. Заказ № __/2014.

Отпечатано в издательстве
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.