

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

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

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель
Харитонов Валерий Алексеевич
доктор технических наук, профессор

Пермь 2014

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Актуальность задачи разработки алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков.....	12
1.1 Анализ проблем управления устойчивым развитием лесопарков.....	12
1.2 Анализ результатов исследований в области решения задачи управления устойчивым развитием лесопарков.....	22
1.3 Цели и задачи исследования.....	29
Выводы по главе 1.....	37
Глава 2. Разработка концепции интеллектуальной поддержки принятия решений и комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков.....	40
2.1. Разработка и анализ концептуальных моделей и положений концепции управления устойчивым развитием лесопарков.....	40
2.2. Разработка комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков.....	56
Выводы по главе 2.....	69
Глава 3. Разработка инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений.....	71
3.1. Инструментальные средства разработки моделей предпочтений.....	71
3.2. Инструментальные средства исследования моделей предпочтений.....	92
Выводы по главе 3.....	112
Глава 4. Разработка специального алгоритмического и программного обеспечения комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков.....	113
4.1. Разработка базы данных мониторинга лесопарка.....	113
4.2. Разработка алгоритма кластеризации территории лесопарка.....	118
Выводы по главе 4.....	124
Глава 5. Исследование эффективности принимаемых решений при управлении устойчивым развитием лесопарков на основе разработанных алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки.....	126
5.1. Анализ достоверности комплексного оценивания экологической ситуации городского лесопарка «Черняевский лес» на основе инновационных алгоритмов и программ.....	126
5.2. Анализ уровня обоснованности, прозрачности и неманипулируемости интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка «Черняевский лес».....	135

Выводы по главе 5.....	143
Заключение.....	145
Список литературы	147
Приложение 1 Руководство пользователя «Системы анализа Черняевского лесопарка».....	162
Приложение 2 Назначение хозяйственных мероприятий по типам леса в условиях Пермского края.....	170
Приложение 3 Ориентировочная стоимость работ.....	179

Введение

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, 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 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.

Глава 1. Актуальность задачи разработки алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков

1.1 Анализ проблем управления устойчивым развитием лесопарков.

Городские леса занимают 11 тыс. гектаров в Москве, около 18 тыс. гектаров в Санкт-Петербурге, 41 тыс. гектаров в Перми, более 150 тыс. гектаров в Сочи. Несмотря на их огромное значение в жизни городов, содержание и охрана городских лесов на сегодняшний день сопряжены с серьезными проблемами, которые ставят под угрозу сохранение этих оплотов экологии в условиях возрастающей урбанизации.

Лесной кодекс определяет городские леса как леса, находящиеся на землях населенных пунктов. При этом существует проблема неопределенность формы собственности на городские леса в большинстве населенных пунктов. На сегодняшний день определена форма собственности на городские леса только для наиболее крупных городов страны. Так, например, в городах федерального значения городские леса находятся в собственности субъектов Российской Федерации, что является вполне оправданным, так как в таких городах существует возможность финансировать содержание городских лесов из местного бюджета.

В России ситуация с городскими лесами весьма непростая. Управление городскими лесами сводится к образованию на их территориях особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различных категорий и дальнейшему их содержанию. Также в структуру управления городскими лесами (фактически особо охраняемыми природными территориями) города входят государственные природоохранные бюджетные учреждения «Управления ООПТ по административным округам», находящиеся в ведомственном подчинении Департамента природопользования и охраны окружающей среды. Они при-

званы координировать работы по охране, содержанию и благоустройству природных территорий. Практически на каждой такой территории существуют специальные природоохранные учреждения, отвечающие за состояние лесных массивов. Но зачастую они нанимают коммерческие организации, которые впоследствии осуществляют уход за лесами. К сожалению, далеко не всегда подобные наемные организации имеют опыт ведения лесного хозяйства, что, безусловно, не лучшим образом сказывается на состоянии объектов природы. Ситуацию способна исправить более активная позиция контролирующих органов. Необходимо строго отслеживать деятельность природоохранных учреждений на конкретных ООПТ города и не допускать к работам недостаточно компетентные организации.

Особо охраняемая природная территория – это участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны в соответствии с Федеральным законом РФ от 14 марта 1995 г. №33-ФЗ.

Как отмечают эксперты, городские леса выполняют важные средообразующие функции, играют неоценимую природоохранную роль для крупных городов. Леса способствуют переводу дождевых осадков и талых весенних вод в подземный сток. Городские леса создают особый микроклимат, очищают воздух от вредных примесей, пыли и насыщают его кислородом и фитонцидами, снижают уровень шума. Словом, имеют важное санитарно-гигиеническое значение для города и его пригородной зоны.

При этом городские леса, в отличие от парков, привносят в разы больший вклад в поддержание приемлемой экологической обстановки. Связано это не только с различием в площадях, но и с различным составом расти-

тельности. Значительная часть лесных древесных и кустарниковых пород не способна выдержать сильные рекреационные нагрузки, присущие парковым зонам. Более того, замена лесного городского хозяйства на парковое ставит под угрозу не только поддержание способности лесных массивов в полной мере выполнять защитные функции, но и сохранение реликтовых пород растений, а также может означать полную потерю значительной части фауны городских лесов.

Политика полного «окультуривания» городских лесов и «заточка» их исключительно под отдых граждан исключает сохранение большинства этих полезных функций лесных массивов города. Последствия подобной политики могут исключительно негативно сказаться на и без того неблагоприятной экологической обстановке крупных городов Российской Федерации.

Как отмечают в Рослесхозе, ступить на путь решения проблем, связанных с управлением городскими лесами, помогли бы такие меры, как закрепление в законодательстве положений, определяющих полномочия органов местного самоуправления по осуществлению организации использования, охраны и защиты городских лесов, а также определение форм собственности на все городские леса Российской Федерации. А со стороны городских властей могло бы положительно повлиять на экологическую ситуацию городов изменение взглядов на ведение рекреационного хозяйства в лесах – прежде всего, отказ от смены лесопаркового режима ведения хозяйства на парковый. Важной задачей правительств городов и субъектов Федерации является сохранение и поддержание в наилучшем состоянии городских лесов и лесов пригородных лесничеств. [65].

Рассмотрим управление городским лесопарком на примере муниципальных учреждений лесного хозяйства, в частности МУ «Пермское городское лесничество», входящего в структуру Управления по экологии и природопользованию администрации г. Перми, показанной на рисунке 1.1.

Управление по экологии и природопользованию - функциональный орган администрации города, основная цель которого - организация обеспечения благоприятной окружающей среды как основы жизни и деятельности населения, проживающего на территории города.



Рис. 1.1. Структура Управления по экологии и природопользованию администрации г. Перми

Основными задачами управления являются:

- мониторинг окружающей среды (состояние атмосферного воздуха и поверхностных водных объектов на территории города), организация мероприятий по ее охране;
- реконструкция и развитие зеленого фонда города;
- охрана био - и ландшафтного разнообразия, в том числе особо охраняемых природных территорий;

- регулирование численности безнадзорных животных на территории города;
- информирование населения по экологическим вопросам; экологическое воспитание и образование.

В ведомстве управления по экологии и природопользованию находятся 3 организации: «Пермское городское лесничество», «Пермская городская служба по регулированию численности безнадзорных собак и кошек» и «Бюро экологической информации»

Пермское городское лесничество, подведомственно городскому управлению по экологии и природопользованию, выполняет задачи по обеспечению контроля за природопользованием и охраной окружающей среды. Структура «Пермского городского лесничества» представлена на рисунке 1.2. Одним из объектов управления городского лесничества является лесопарк.

Лесопарки – это леса, расположенные на землях городских поселений, выделяемых одновременно с установлением или изменением границ городов. В состав городских лесов входят покрытые и не покрытые лесом земли, а также нелесные земли в контуре лесных массивов, используемые для охраны леса, организации лесопользования и ведения лесного хозяйства и не исключенные из состава лесов в установленном порядке.

В настоящее время на территории г. Перми находится около 41 000 га лесов, отнесенных в соответствии с Лесным Кодексом РФ к категории городских лесов. Городские леса и древесно-кустарниковая растительность зон застройки г. Перми является средообразующим фактором, выполняющим следующие функции: санитарно-гигиенические, культурно-оздоровительные, рекреационные, бальнеологические, эстетические, водоохранные и почвозащитные. Поскольку городские леса, расположенные в границах города, предназначены для сохранения благоприятной экологической обстановки, а также для отдыха населения, проведения культурно-оздоровительных и спортив-

ных мероприятий, они испытывают дополнительные нагрузки, связанные с их доступностью для населения. Следствием этого являются лесные пожары, незаконные рубки, несанкционированные свалки отходов и т.д.



Рис. 1.2. Структура МУ «Пермское городское лесничество»

Примером решения проблемы охраны и содержания особо охраняемых природных территорий (ООПТ) может служить Черняевский лесопарк г. Перми, переданный Указом губернатора в ведение администрации г. Перми. Разработанное муниципальным управлением по экологии и природопользованию и утвержденное постановлением Главы города от 26.02.01 № 71 «Положение о лесопарке» позволяет упорядочить деятельность хозяйствующих субъектов на его территории, исключить самовольные рубки деревьев, ограничить капитальное строительство и возведение временных торговых точек на территории лесопарка. Содержание городских лесов включает в себя не только ведение лесного хозяйства (рубки ухода, санитарные рубки, лесовосстановление, противопожарные мероприятия и т.д.), но и специфиче-

ские функции (благоустройство, очистка от бытового мусора, обустройство мест пребывания населения, ликвидация стихийных свалок).

В административном отношении район «Черняевский лесопарк» расположен на северо-западной окраине Дзержинского района г. Перми. Площадь Черняевского лесопарка ограничена с севера и северо-востока улицей Подлесной (микрорайонами Парковый и Светлый), с юго-востока и юга Шоссе Космонавтов (микрорайонами Балатово и Верхние Муллы), с запада улицей Оверятской, переходящей в улицу Встречная (рисунок 1.3).

Район «Черняевского лесопарка» представляет собой лесной массив, на площади которого находятся лечебные учреждения (областной тубдиспансер, детская больница, госпиталь ветеранов войн), оздоровительные учреждения (дома отдыха, профилакторий), ипподром, парк культуры и отдыха и одно закрытое предприятие. Общая площадь лесопарка составляет 689,9 га.

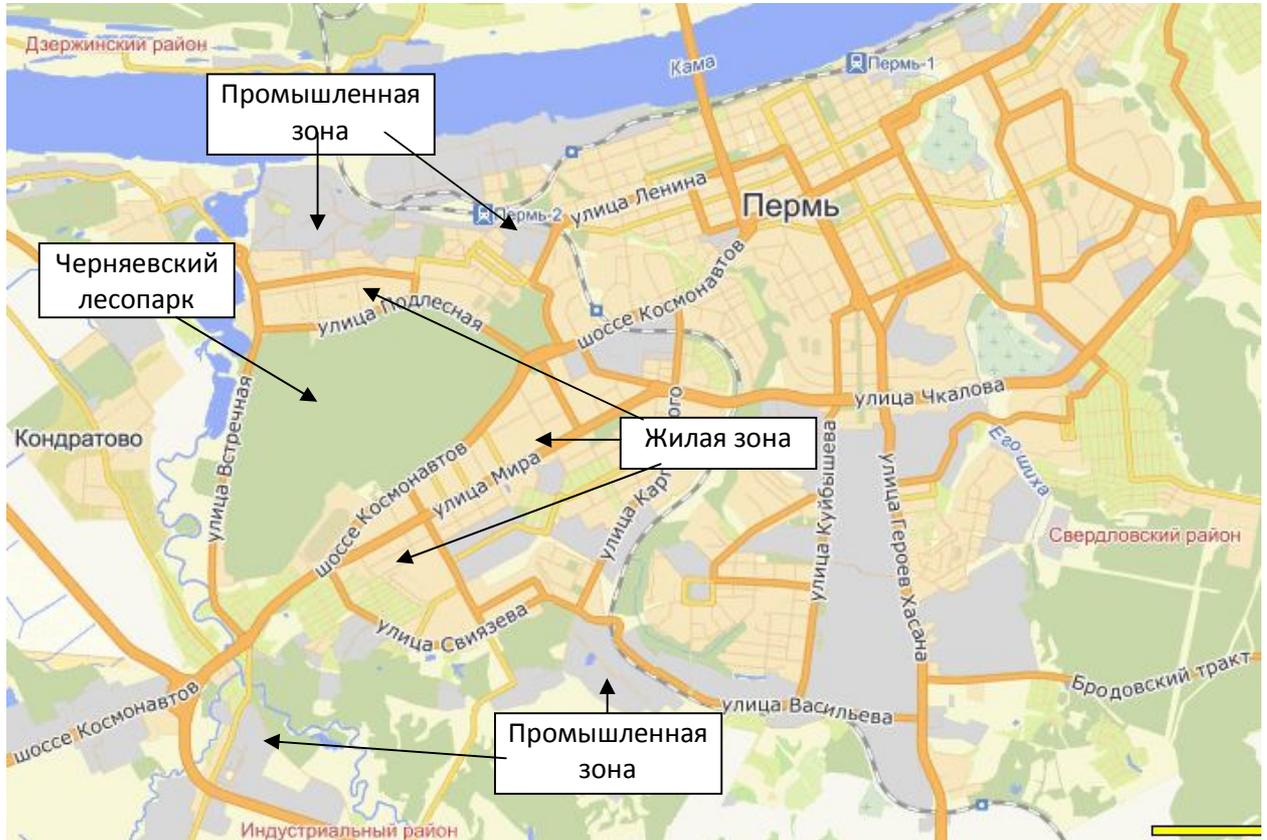


Рис. 1.3. Черняевский лесопарк на карте города Перми.

Следует отметить положительную динамику организационных преобразований в деятельности природоохранных учреждений, которые в значительной степени завершили формирование институциональной основы управления устойчивым развитием лесопарков. Однако в самих лесопарках коренного перелома в вопросах улучшения их геоэкологического состояния не наблюдается.

Современные города являются центрами концентрации производства, зачастую токсичного и вредного для окружающей природной среды и здоровья городского населения. Значительному изменению подвергаются лесные экосистемы, входящие в ранг городских лесов, являющихся одновременно «фильтрами» и «легкими» города, последними форпостами рекреации для населения. Отсюда важное ландшафтно-экологическое значение приобретают вопросы сохранения лесных территорий с целью выполнения ими ресурсопроизводящих, водоохраных, санитарно-гигиенических и защитных, а также рекреационных и других функций. Для их решения необходимо учитывать, что главной особенностью лесопарка является необходимость его представления в качестве биологического, рекреационного и экономического объекта одновременно.

В пределах городских лесопарков год от года ослабляются позиции зональных и интразональных типов растительности лесопарка (лесной, луговой), которые в своем естественном состоянии присутствуют лишь в труднодоступных (удаленных) местообитаниях. Ухоженность и окультуренность лесопарковых ландшафтов, как правило, уменьшается в направлении от центральной его части к окраинам. В таких условиях основным средством оптимизации состояния городских лесов, по мнению ряда исследователей [78], должны стать функциональное зонирование и ландшафтное обустройство территории, позволяющие, с одной стороны, разделить места рекреации и отдыха, с другой – защитить наиболее ценные участки леса от чрезмерной нагрузки.

Реализация таких мероприятий невозможна без углубленного анализа состояния лесных геосистем. Эмпирической площадкой таких исследований может послужить особо охраняемая территория (ООПТ) «Черняевский лесопарк», являющийся представительной частью зеленой зоны г. Перми, признанного «самым зеленым городом Поволжья, Урала и Сибири» [74].

Для преодоления существующих вредных воздействий и нагрузок на ландшафты лесопарка, а также предупреждения новых необходима информация о генезисе и структуре ландшафтов, протекающих в них процессах и тенденциях изменений и, как следствие, возможностях их минимизации и восстановления фоновых значений качества природы и ландшафта. Отсюда следует другая особенность решения задачи устойчивого развития лесопарков – многофакторность и многоконтурность управления.

На основе анализа современного геоэкологического состояния ландшафтов установлено, что лес испытывает существенно возрастающую рекреационную нагрузку активно используется в течение всего года как парковая рекреационная зона, здесь проводятся учебные практики студентов, спортивные игры и соревнования, это место массового отдыха, прогулок с собаками и пр. Существуют дороги для транзитных потоков пешеходов и проезда автомобилей. В результате Черняевский лесопарк превратился в место постоянного ежедневного пребывания горожан, плотность такого воздействия достигает нескольких десятков человек на гектар, а ведь это особо охраняемая природная территория в соответствии с постановлением Администрации г. Перми №71 «Об утверждении положения о лесопарке «Черняевский лесопарк» г. Перми». Таким образом, для рассматриваемого примера очевидна большая роль при управлении устойчивым развитием лесопарков человеческого фактора, а именно, интересов различных социальных групп.

К отмеченным выше проблемам управления устойчивым развитием лесопарков необходимо добавить еще одну, без решения которой невозможно обеспечить эффективность принимаемых решений – твердое следование об-

щим принципам управления, касающихся измерения параметров системы, неопределенности и обратной связи.

Таким образом, поднятые выше проблемы устойчивого развития лесопарков условно можно разбить на две группы.

Первая группа проблем носит организационный характер. Их решение связано с выбором наиболее подходящих организационных структур, распределения полномочий и зон ответственности между различными структурными элементами. В этом направлении делаются конкретные шаги, связанные с общими процессами, протекающими в обществе и в социально-экономических системах, затрагивающих данную предметную область. Нет сомнений в том, что эти проблемы найдут приемлемые решения после их апробации и проведения необходимых коррекций.

Вторая группа проблем устойчивого развития городских лесопарков связана с востребованностью новых теоретических и прикладных результатов в области повышения эффективности управления сложными системами, в том числе содержащими биологические объекты.

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных решению этих проблем, остались нераскрытыми некоторые вопросы, касающиеся главной особенности представления лесопарка как биологического, рекреационного и экономического объекта одновременно. Они также затрагивают аспекты многофакторности и многоконтурности управления, необходимости соблюдения общих принципов управления и учета человеческого фактора, а именно, интересов различных социальных групп при управлении устойчивым развитием лесопарков. Прикладных результатов, касающихся управления устойчивым развитием лесопарков на этих принципах, не обнаружено.

1.2 Анализ результатов исследований в области решения задачи управления устойчивым развитием лесопарков

Сложные объекты как объекты управления ставят перед исследователями новые управленческие задачи, постановка и решение которых требуют учета вида (степени) сложности этих объектов [98]. Большое количество элементов системы с разнообразными связями определяет структурную сложность. Множество состояний, правила перехода из состояния в состояние определяет сложность поведения. Сложность выбора поведения в многоальтернативных ситуациях определяется характеристиками целенаправленности системы, гибкостью ее реакции на заранее неизвестные воздействия среды. Сложность развития определяется характеристиками соответствующих эволюционных и скачкообразных процессов.

Управление сложными объектами осуществляется с использованием систем поддержки принятия решений, характеризующихся большим числом разнообразных связей между элементами и необходимостью их интерпретации с позиций лиц принимающих решения и других участников этого процесса, несущих ответственность за решение задач выбора наиболее предпочтительных направлений развития объекта, т.е. с учетом человеческого фактора.

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. [67, 76, 87-90, 92, 107].

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. [10, 50, 51].

Известные методы агрегирования частных критериев многофакторных систем в комплексную оценку, необходимые для разработки алгоритмов интел-

лектуальной 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. Харитонова и др. [24,50,57,93]

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.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [113] определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности; регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду[52].

При решении выше перечисленных задач особого внимания заслуживает обсуждение понятия устойчивого развития.

Стратегия устойчивого развития была принята в 1992 году на всемирной конференции по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро), где **устойчивое развитие** было определено как процесс, отвечающий потребностям настоящего, но не лишаящий будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности (то есть развитие, позволяющее на долговременной основе обеспечить стабильный экономический рост, не приводящий к деградационным изменениям окружающей среды). Суть стратегии устойчивого развития составляет идея равновесия между окружающей средой и ее ресурсами, экономикой и населением Земли, а её цель – выработка основных путей и способов приспособления жизни к глобальным изменениям. Согласно этой цели, каждый человек имеет право на здоровую окружающую среду, на плодотворную жизнь в гармонии с природой [52].

В апреле 1996 года указом Президента Российской Федерации была утверждена Концепция перехода РФ к устойчивому развитию [109], где под устойчивым развитием понимается стабильное социально-экономическое развитие, не разрушающее своей природной основы. Эта концепция подразумевает переход России к устойчивому развитию, обеспечивающему решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения нынешнего и будущих поколений людей.

Под эколого-экономическими системами (ЭкЭС), понимается «совокупность взаимосвязанных экономических, технических, социальных и природных факторов в окружающем человека мире» [8], «интеграцию экономики и природы, представляющую собой взаимосвязанное и взаимообусловленное функционирование производства и протекание естественных процессов в природе» [82].

Экологические системы [97, 105] являются предметом исследований различных отраслей науки: биологии, медицины, физики, химии, математики, экономики, социологии. В последнее время, в качестве самостоятельного

раздела менеджмента стал выделяться экологический менеджмент [2, 7, 62, 83, 91, 100, 106, 125].

Более общим (по соотношению к ЭкЭС) является понятие социально-эколого-экономической системы [86].

С этой точки зрения экологические, экономические, организационные и социальные системы, а также социально-экономические, эколого-экономические и др. системы являются подсистемами социально-эколого-экономической системы. В комбинации элементов «государство – экономика – природа» государство считается выразителем социальных и «эколого-биологических» потребностей и интересов общества и личности, а экономика – выразителем экономических интересов личности [52].

Как и к любой сложной системе, к ЭкЭС применимы множество методов исследования. Для исследования используется такой метод, как моделирование, причем объектом моделирования являются механизмы управления ЭкЭС.

Наличие в системе определенной совокупности конкретных механизмов управления привлекательно как с точки зрения управляющего органа – так как позволяет предсказать поведение управляемых субъектов, так и с точки зрения управляемых субъектов – так как делает предсказуемым поведение управляющего органа. То есть, снижение неопределенности за счет использования механизмов управления является одним из существенных свойств любой организованной системы [52].

Для принятия решений управляющему органу целесообразно построить модель объекта для дальнейшего исследования.

Функции моделирования (дескриптивная, прогностическая и нормативная) совпадают с функциями научного знания [61].

Нормативная функция моделирования заключается в получении ответа на вопрос «как должно быть?» – если, помимо состояния системы, заданы критерии оценки ее состояния, то за счет использования оптимизации возможно не только описать существующую систему, но и построить ее норма-

тивный образ – желательный с точки зрения субъекта, интересы и предпочтения которого отражены используемыми критериями [52].

Нормативная функция моделирования тесно связана с решением задач управления, то есть, с ответом на вопрос «как добиться желаемого (состояния, свойств системы и т.д.)?».

Модель эколого-экономической системы включает три типа участников ЭкЭС:

- управляющие органы (называемые в дальнейшем «центр»);
- экономические агенты (называемые в дальнейшем «предприятие»);
- окружающая среда.

Управляющие органы заинтересованы как в «экономических» достижениях управляемых предприятий, так и в обеспечении требуемого уровня безопасности (или минимизации до требуемых границ уровня риска и т.д.). Их возможности заключаются в установлении условий деятельности предприятий (назначении штрафов, предоставлении льгот и т.д.).

На качественном уровне задача управляющих органов заключается в выборе таких условий деятельности предприятий, которые побуждали бы последних выбирать действия, приводящие к наиболее выгодным для управляющих органов результатам.

С точки зрения задач управления, специфика ЭкЭС заключается, в том числе, в следующем:

- результаты деятельности управляемых субъектов много аспектны (имеются, как минимум, две составляющих результатов – «экономическая» и «экологическая») и подвержены воздействию множества неконтролируемых, неопределенных и случайных факторов;
- интересы различных управляющих органов могут не только не совпадать с интересами предприятий, но и противоречить друг другу;
- затраты на регулярное получение достоверной и полной информации достаточно велики;
- ЭкЭС не могут самостоятельно отстаивать свои интересы, их реакция носит инерционный характер и происходит с задержкой [108];

- существенными, а во многом и решающими, являются институциональные ограничения (нормативно-правовая база) деятельности предприятий и их взаимодействия с управляющими органами.

Перечисленные характеристические особенности ЭкЭС требуют своего учета при разработке соответствующих механизмов управления [52].

Успешное управление сложными объектами посредством принятия обоснованных управленческих решений требует совершенствования СППР, что в современных условиях тесно связано с обеспечением таких свойств процессов поддержки принятия решений, как высокий уровень обоснованности, прозрачности и документированности управленческих решений.

Выполнение этих требований, в свою очередь, следует связывать, с одной стороны, с развитием базовых (универсальных) инструментальных средств моделирования ключевых элементов всякой СППР - предпочтений всех заинтересованных лиц. С другой стороны с той же целью для каждого типа сложных объектов возникает проблема разработки специальных инструментальных средств более узкого применения по сравнению с базовыми, что объясняется различными проявлениями сложности рассматриваемых объектов управления.

Существование данной проблемы подтверждается рядом проведенных исследований по управлению социально-экономическими объектами.

Известные методы моделирования предпочтений, в том числе на основе деревьев критериев и матриц свертки, обсуждаемые в работах, В.Н. Буркова, Д.А. Новикова, В.А. Харитонова, А.А. Белых и др.[17, 28, 50, 51, 59], характеризуются недостаточно развитым соотношением и функциональным наполнением базовых (универсальных) и специальных инструментальных средств СППР.

Проблемы разработки специальных инструментальных средств для СППР различного назначения затрагивались в работах А.В. Генералова, И.В.

Елоховой, В.И. Стаматина, М.Р. Камалетдинова, К.А. Гуреева, А.О. Алексеева, М.В. Лыкова и других [3, 64, 69, 72, 84, 104].

В прикладных задачах управления социально-экономическими системами чаще всего применяются линейные свертки, как наиболее простая форма агрегирования, предусматривающая субъективное обоснование взвешенных коэффициентов. Она представляется линейным алгебраическим уравнением, описывающим сумму фактических значений частных критериев с учетом взвешенных коэффициентов при них.

Основным недостатком линейных сверток является постоянство взвешенных коэффициентов во всей области определения заданного множества критериев, что не соответствует реальным ситуациям их агрегирования. Областью определения свертки является декартово произведение областей определения каждого из критериев.

Фактически каждая линейная свертка отражает мнения экспертов только в одной сравнительно небольшой подобласти определения. Частично этот недостаток компенсируется нелинейностью функций приведения – перехода от характеристик сопоставляемых объектов к их критериям.

Более точное отображение мнения экспертов способны дать нелинейные свертки (арифметические, геометрические, квадратические, гармонические [57], матричные)

Из известных нелинейных сверток перспективными являются матричные свертки, поскольку они имеют существенные достоинства, связанные с наглядностью интерпретации множества возможных результатов комплексного оценивания и получения эффективных процедур исследования моделей предпочтений прямых и косвенных участников принятия решений. Преимущество матричной свертки в наглядности основано на двойственности роли частных критериев: как значения и как позиция строки или столбца в матрице.

В известных работах недостаточно уделялось внимания современным требованиям достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принятия решений по управлению состояниями лесопарка, постановке и решения оптимизационных задач в системе ценностей (предпочтений) специалистов лесничества как лиц, принимающих решение, расширению функциональных возможностей механизмов агрегирования при моделировании индивидуальных и коллективных предпочтений, а также специальному алгоритмическому и программному обеспечению управления таким специфическим объектом как лесопарка.

1.3 Цели и задач исследования

Бурно развивающиеся процессы урбанизации все острее ставят проблему улучшения или хотя бы сохранения экологической обстановки в больших городах. В этих условиях возрастает роль городских лесопарков, которые прежде всего являются «легкими города». Поэтому городские лесопарки являются особо охраняемой природной территорией.

В связи с уплотнением застройки городов, увеличением числа жителей их отдаленности от лесов в их естественной среде, повышается интерес социума к городским лесопаркам как рекреационным образованиям, предназначенным для осуществления оздоровительных и коммерческих мероприятий с целью организации отдыха, восстановления сил работающего населения и улучшения характеристик его трудоспособности. Значительно возрастает число людей желающих посетить данные территории, что небезопасно для сохранения природной среды лесопарков.

Управление такими территориями становится все более сложным и ответственным видом деятельности, нуждающимся в больших финансовых вложениях, которые могут складываться из различных источников: федеральных, муниципальных и частных. Последние формируются в результате бизнес-процессов, осуществляемых на этих территориях. Поэтому, городской лесопарк следует рассматривать двойственным образом: как биологический,

так и социально-экономический объект, источник рекреационных услуг. Рекреационный аспект городских лесопарков становится приоритетным настолько, что проведение систематического мониторинга и регулирование на этой основе условий и порядка оказания рекреационных услуг являются объектом пристального внимания институциональных органов и подчиняющихся им лесничеств, решающих проблему устойчивого развития этих особо охраняемых природных территорий.

Управление состоянием городских лесопарков со стороны лесничеств имеет в своем распоряжении сложившиеся лесотехнические подходы и методы, которые в новых социально-экономических условиях и формах проявления человеческого фактора не поддерживают достаточный уровень эффективности принимаемых решений. Прежде всего, это касается **достоверности** обобщающих выводов об уровне состояния и динамики развития лесопарков на основе данных мониторинга. Эти данные отличаются гигантским объемом и разнообразием измеряемых характеристик и предъявляемым требованиям к их значениям. Улучшить этот показатель эффективности принимаемых решений затруднительно без использования инновационных алгоритмов интеллектуальной поддержки, использующих положительные стороны человеческого фактора – высокий профессионализм специалистов из разных предметных областей, в форме математических моделей человеческих предпочтений.

Успешное решение проблемы достоверности комплексного оценивания состояния лесопарка создает условия для повышения эффективности управления путем повышения уровня его **обоснованности** при ограничениях на выделяемые для этого ресурсы. Для этого необходима убедительная локализация проблемных мест, предполагающая первоочередность их устранения, и строгое дозирование экономической составляющей управленческих решений, что возможно только в случае использования алгоритмов интеллектуальной поддержки, соответствующих предпочтениям специалистов.

Высокая социальная значимость решаемой проблемы, безусловно, предполагает возможность институционального и общественного контроля процессов управления устойчивым развитием лесопарков. Для этого решения должны иметь высокий уровень **прозрачности**, превышающий возможности естественного языка, отличающегося известными признаками многовариантного толкования и логической неопределенностью положений и принципов программных документов. Естественный язык общения при продвижении специалистами и менеджерами выверенных в соответствии с их предпочтениями лесотехнических технологий необходимо дополнять соответствующими алгоритмами интеллектуальной поддержки.

Негативные стороны человеческого фактора в задачах управления проявляются в виде случаев манипулирования данными со стороны отдельных специалистов и менеджеров с целью оказания влияния на результаты принятия решений. Воспрепятствовать подобным проявлениям человеческого фактора можно используя **неманипулируемые** алгоритмы интеллектуальной поддержки.

Стремление повысить эффективность принимаемых решений в задачах управления устойчивым развитием лесопарков позволило сформулировать цель исследования. Целью исследования является повышение уровня достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принимаемых решений при управлении устойчивым развитием лесопарков на основе разработки алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки.

Повышение эффективности принимаемых решений в задачах управления устойчивым развитием лесопарков может быть достигнуто использованием моделей предпочтений всех заинтересованных лиц в алгоритмах интеллектуальной поддержки. Поэтому **объектом исследования** являются муниципальные учреждения по управлению городскими лесопарками – лесничества, а **предметом** – являются процессы поддержки принятия решений в за-

дачах управления сложными социально-экономическими объектами типа городской лесопарк.

Достижение поставленной цели требует новых концептуальных моделей, установок, положений и принципов, которые могли бы в совокупности составить новую концепцию интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков.

Лесопарк представляет собой значительную площадь с существенно неоднородным составом различных участков поверхности по абиотическим, биотическим характеристикам и характеристикам социально-экономической значимости [34].

Задача устойчивого развития городского лесопарка, соответственно, предполагает управление его состояниями в трех аспектах:

- биотический аспект, охватывающий состояние всех биологических объектов лесопарка как единое целое;
- абиотический аспект, характеризующий неживую среду проживания биологических объектов;
- рекреационный, социально-экономический аспект осуществления оздоровительных и коммерческих мероприятий для организации отдыха, восстановления сил населения с целью улучшения характеристик его трудоспособности, не исключая возможности получения дополнительных доходов при условии сохранения природной основы лесопарка.

Для разработки концепции интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка необходимо разработать концептуальные модели управления состояниями лесопарка, каждая из которых рассматривает этот процесс с определенной, естественным образом, делегированной ей позиции, а также обобщенную схему контура многокритериального управления объектом раскрывающую роль человеческого фактора на всех этапах его реализации. Методом анализа концептуальных моделей и сопоставления их со сложившейся парадигмой управления лесопарка

парком можно определить целесообразность использования тех или иных методов решения присущих им задач управления. Этот результат целесообразно сформулировать в виде положений концепции. Они касаются структуры управления устойчивым развитием городского лесопарка, которая, видимо, должна быть многоконтурной. Необходимо описать принципы взаимодействия контуров управления и природу этих отношений, согласуясь с общими принципами управления, касающимися измерения параметров системы, неопределенности и обратной связи. Особое место в анализе должно занимать обоснование необходимости и систематизации учета человеческого фактора, на основании чего возникает потребность в интеллектуальной поддержке управленческих решений и следующее за ней моделирование предпочтений заинтересованных лиц. Необходимо связать задачи ранжирования отдельных объектов и их состояний с процедурами агрегирования и декомпозиции, на основе чего могут быть построены инструментальные средства моделирования индивидуальных и коллективных предпочтений, несущих в себе креативность экспертов, освобожденную от проявления попыток манипулирования. Проведенный анализ позволяет обозначить первую задачу исследования – сформулировать концепцию интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарков

Разработанная концепция управления устойчивым развитием лесопарка является методологической основой решения частных задач исследования и в первую очередь, создания комплексной модели управления. Комплексная модель управления устойчивым развитием лесопарка должна иметь достаточную степень детализации, чтобы обеспечить понимание каждого из этапов агрегирования, а также постановку разнообразных задач оптимизации. При разработке алгоритмов интеллектуальной поддержки в виде механизмов комплексного оценивания необходимо выявить эффективные процедуры описания проблемных ситуаций для лесопарка, использующие информацию, содержащуюся в процедурах комплексного оценивания. При этом повыша-

ется уровень достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принимаемых оптимальных для лесничества решений, обеспечивающих устойчивое развитие лесопарка с учетом предпочтений других заинтересованных лиц. Возникающие различные проблемные ситуации требуют разработки соответствующей стратегии, которую целесообразно сформулировать в виде подлежащей решению оптимизационной задачи.

Решение формулируемых оптимизационных задач по управлению устойчивым развитием лесопарка с высоким уровнем достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости обеспечит требования к разработке эффективных алгоритмов интеллектуальной поддержки. Эта поддержка должна строиться на основе инструментальных средства моделирования предпочтений участников принятия решений, а также специальных алгоритмов, обусловленных особенностями объекта управления.

Разработка алгоритмов связана, в первую очередь, с выбором тех или иных информационных технологий на основе которых они и будут разрабатываться.

Системный анализ положений концепции и комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков, а также поставленных оптимизационных задач для ряда проблемных ситуаций должен позволить обосновать требования к функциональной полноте алгоритмов интеллектуальной поддержки в форме инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений, что должно стать второй частной задачей данного исследования.

Алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений применительно к задачам устойчивого развития лесопарков естественным образом декомпозируется на универсальные (базовые), связанные с моделированием предпочтений, и специальные, касающиеся специфики объекта управления. Первая из этих двух задач, которая может быть диверсифицирована на другие предметные области, должна рассматриваться как отдельная (вторая) ча-

стная задача исследования: **разработать инструментальные средства моделирования предпочтений участников принятия решений.**

В соответствии с общепринятым пониманием двух аспектности процессов моделирования: разработки моделей объекта и исследование этого объекта с помощью разработанной модели, можно рекомендовать разбиение инструментальных средств моделирования индивидуальных предпочтений на два последовательных этапа инструментальные средства разработки моделей индивидуальных предпочтений, и исследования моделей индивидуальных предпочтений [24].

Входной информацией этапа разработки моделей индивидуальных предпочтений являются данные об объекте.

В инструментальные средства необходимо включить универсальные алгоритмы и программы, которые могут быть выявлены с помощью комплексной схемы управления лесопарком и составом аргументов формализованных оптимальных задач управления, например механизмы комплексного оценивания произвольной структуры и наполнения матриц свертки, представления частных критериев (параметров) и комплексных оценок, процедуры построения функций чувствительности и транзитивного замыкания, построители траекторий развития абстрактных объектов и др [24].

При разработке алгоритмов интеллектуальной поддержки целесообразно использовать методы теории графов с целью обеспечения сочетания свойств открытости и контекстности программного сопровождения деревьев комплексного оценивания на стадии структурного синтеза механизмов комплексного оценивания. Для обеспечения дружественного интерфейса необходимо привлекать современные технологии визуализации и манипуляции для операторов различной степени подготовки. Подобные проблемы могут возникнуть и на этапе приведения частных характеристик в стандартной шкале комплексного оценивания, то есть их преобразование в частные критерии, которое является единственной формой аргументов подлежащих

свертке (агрегирования). Наиболее важным обстоятельством достижения необходимой эффективности модели предпочтений в задачах управления объектов различной природы является расширение их функциональных возможностей. Эта задача требует для своего решения поиска новых способов интерпретации нелинейных сверток, обеспечивающих возможность наиболее точного выражения системы ценностей респондентов. Для нелинейных сверток, строящихся на бинарных матричных алгоритмах надо искать инновационные решения, способные расширять функциональные свойства модели с сохранением высокого быстродействия в направлении построения функций чувствительности комплексной оценки к вариациям аргументов, в том числе находящихся на значительном расстоянии в системе иерархических уровней деревьев критериев. Особое внимание заслуживают модели коллективных предпочтений, которые должны отражать не только мнения отдельного социума, но и сохранять все функциональные возможности свойственные индивидуальным. Для композиции модели предпочтений может возникнуть необходимость разработки механизмов стандартизации их отображения и связи между ними с целью обеспечения наглядности (читаемости) сложных систем поддержки принятия решений, учитывающих возможности компромиссов. В силу широкого диапазона требований к инструментальным средствам в различных ситуациях, сочетающих требования к функциональному наполнению и к специальной подготовленности участников принятия решений необходимо развивать семейство программных продуктов, предусмотренных для государственной регистрации в виде свидетельств программ для ЭВМ.

Необходимо учитывать в инструментальных средствах признаки сложных систем, ведущих к многомодельности, например сочетанию линейных нелинейных и линеаризуемых линейных сверток, а также модифицированных процедур противодействия манипулированию данными и результатами комплексного оценивания. Разрабатываемые семейства инструментальных средств моделирования предпочтений должно быть адаптируемо к еди-

ной платформе проведения имитационно-деловых игр как важнейшему средству подтверждения достоверности и эффективности инновационных алгоритмов интеллектуальной поддержки. Наконец, достаточное внимание должно быть уделено проблеме адекватности моделей предпочтения носителям этих предпочтений на основе различных подходов к сертификации программных продуктов и их восприятия участниками принятия решений.

Второй аспект разработки алгоритмов интеллектуальной поддержки должен составить решение третьей задачи данного исследования: **разработать специальное алгоритмическое и программное обеспечение управления устойчивым развитием лесопарков.** Для решения задачи необходимо разработать реляционную базу данных, отличающуюся формированием карты обособленных участков с одним типом растительного сообщества (выделов), описываемых многомерным вектором значений параметров всех видов, и процедурой кластеризации территории лесопарка на этой основе. Разрабатываемое специальное алгоритмическое и программное обеспечение должно эффективно идентифицировать однородные территории лесопарка при обосновании рекреационных и других мероприятий по благоустройству при управлении устойчивым развитием лесопарка.

Заключительной частью исследование должно быть решение четвертой задачи: **исследовать эффективность алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка.** Для такого сложного объекта управления, каким является для лесничества лесопарк, необходимо сочетать методы вычислительного с натурным экспериментом на базе реальной социально-экономической системы – лесничества.

Выводы по главе 1

1. Поднятые выше проблемы устойчивого развития лесопарков условно можно разбить на две группы.

Первая, успешно решаемая, группа проблем носит организационный характер. Их решение связано с выбором наиболее подходящих организационных структур, распределения полномочий и зон ответственности между различными структурными элементами.

Вторая группа проблем устойчивого развития городских лесопарков связана с необходимостью новых теоретических и прикладных результатов в области повышения эффективности управления сложными системами, в том числе содержащими биологические объекты.

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных решению этих проблем, остались нераскрытыми некоторые вопросы, касающиеся главной особенности представления лесопарка как биологического, рекреационного и экономического объекта одновременно. Они также затрагивают аспекты многофакторности и многоконтурности управления, необходимости соблюдения общих принципов управления и учета человеческого фактора, а именно, интересов различных социальных групп при управлении устойчивым развитием лесопарков.

2. В своих работах авторы не уделили внимания современным требованиям достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принятия решений по управлению состояниями лесопарка, необходимости постановки и решения оптимизационных задач в системе ценностей (предпочтений) специалистов лесничества, расширение функциональных возможностей механизмов агрегирования при моделировании индивидуальных и коллективных предпочтений, а также специальному алгоритмическому и программному обеспечению управления устойчивым развитием лесопарка.

Обобщая все выше сказанное, можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день при управлении устойчивым развитием лесопарков осталось еще много нерешенных проблем. На основании этого сформулированы цель и задачи управления устойчивым развитием лесопарков.

3. Формулировка и анализ цели исследования позволили декомпозировать решаемую научную задачу на следующие частные задачи:

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

Глава 2. Разработка концепции интеллектуальной поддержки принятия решений и комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков

2.1 Разработка и анализ концептуальных моделей и положений концепции управления устойчивым развитием лесопарков.

Лесопарк представляет собой значительную площадь с существенно неоднородным составом различных участков поверхности по абиотическим, биотическим характеристикам и характеристикам социально-экономической значимости [34].

Сложившаяся парадигма как система представлений, основных концептуальных установок решения подобного рода задач в обобщенном виде представлена на рисунке 2.1.

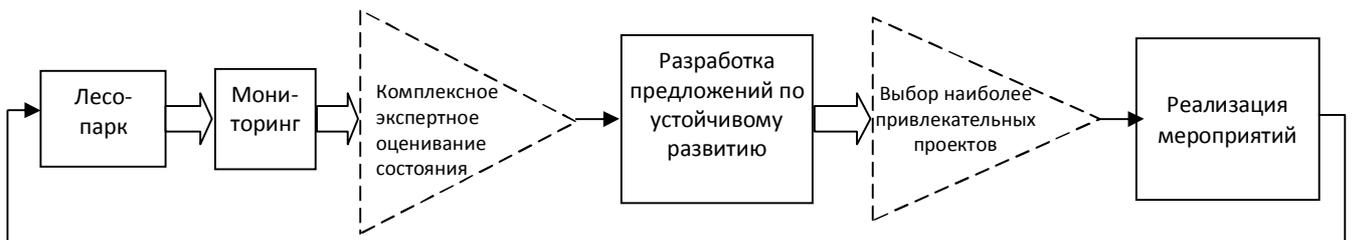


Рис. 2.1. Сложившаяся парадигма решения лесничеством задач устойчивого развития городского лесопарка

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 как субъекта управления 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 2.1 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, на создание которого тратятся внушительные финансовые ресурсы;

- 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 в условиях отсутствия алгоритмов интеллектуальной поддержки при обосновании и принятии решений, расширяющих природные способности сотрудников лесничества, приглашаемых экспертов и специалистов и способствующих успешному решению сложных задач устойчивого развития городского лесопарка. Это касается анализа прошлых событий и прогнозирования будущего, обоснования принимаемых решений и организации совместной деятельности всех заинтересованных лиц, включая социум.

Предлагаемая концепция эффективной интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка должна стать методологической основой достижения целей и задач данного исследования на основе сформулированных положений, отражающих специфику понимания абиотических, биологических и социально-экономических процессов взаимодействия общества и природной среды.

Для разработки концепции интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка необходимо разработать концептуальные модели управления состояниями лесопарка, каждая из которых рассматривает этот процесс с определенной, естественным образом, делегированной ей позиции. Методом анализа концептуальных моделей можно определить целесообразность использования тех или иных методов решения присущих им задач управления, временно опуская из внимания другие задачи, а затем построить обобщенную комплексную модель управления устойчивым развитием лесопарка, с помощью которой можно рассмотреть с системных позиций совместное обслуживание всего комплекса задач управления данного класса и перейти к математической постановке этих задач.

Концептуальная модель управления уровнем биотического состояния лесопарка представлена на рисунке 2.2.

Рассматриваемый уровень биотического состояния лесопарка характеризуется высокой степенью сложности как по числу классификаторов, касающихся растительности $X_{раст}$, животного мира $X_{жив}$, и санитарного эпидемиологического состояния $X_{сэс}$, так и по количеству измеряемых данных для каждого классификатора. Особенно это касается классификаторов растительности, в отношении которых используется специальный подход в вопросах упорядочения и структуризации, связанный с понятием «выдела».

Отдельные участки лесопарка, на которых сформировались биотические сообщества с ярко выраженными индивидуальными свойствами, принято классифицировать по типу лесонасаждений [34]. Элементом такого экспертно осуществляемого агрегированного представления лесопарка является выдел – обособленный участок с одним типом растительного сообщества (сухие сосновые боры, сосняки зеленомошники, ельники кисличники, ельники логовые, сосняки переувлажненных почв, ельники переувлажненных почв, лесные болота – всего 7) [приложение 2]. Система выделов V , включающая в себя классы $V_1 - V_7$, должна быть оцифрована для нанесения на кар-

ту местности с целью учета их размеров и взаимоположения с перспективой возможностей кластерного подхода.

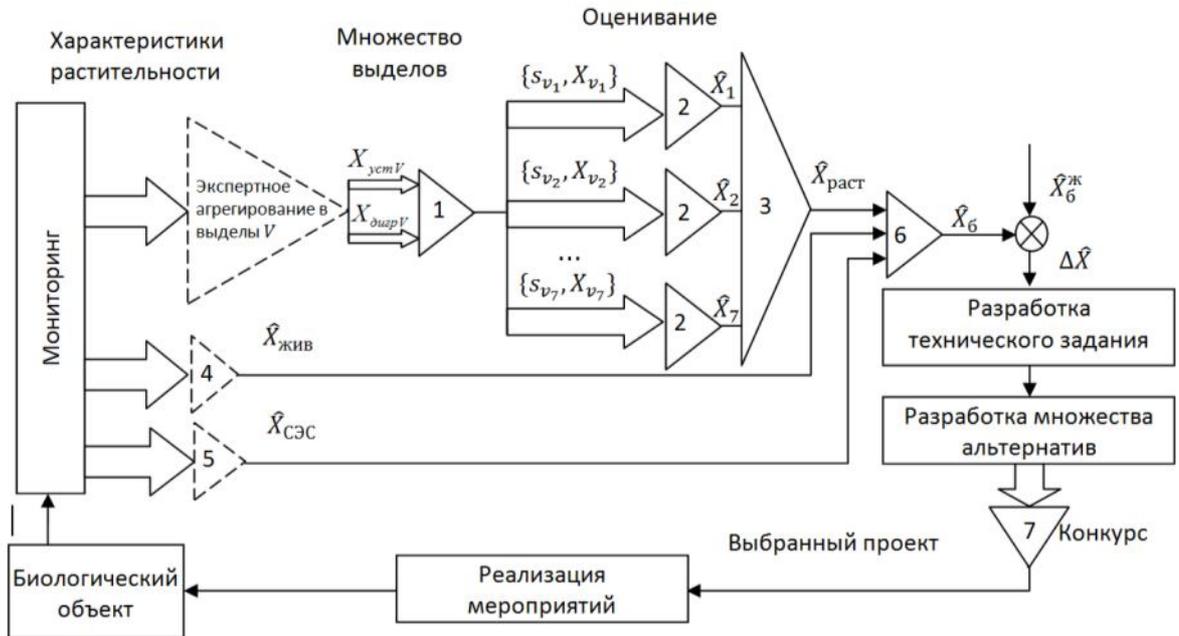


Рис. 2.2. Концептуальная модель управления уровнем биотического состояния лесопарка (кластера)

Множество выделов описывается специальной системой классификаторов, касающихся характеристик основных источников техногенного воздействия и состояния окружающей среды, атмосферы, поверхностных и подземных вод, недр, почвенного покрова, растительности, животного мира, результатов санитарно-эпидемиологических исследований, последствий от выбранных способов обращения с отходами и использования лесопарка для рекреационных целей.

Данные мониторинга по всем классификаторам образуют гигантский массив информации, который можно использовать для приведения в соответствие каждому выделу набора значений параметров всех видов. Данное обстоятельство определяет специфику решения задачи агрегирования данных мониторинга в комплексную оценку.

Необходимо заметить, что выделы одного типа могут существенно отличаться друг от друга по параметрам биотического состояния: устойчивости к рекреационным нагрузкам $X_{ycm V1} - X_{ycm V7}$ и стадии дигрессии $X_{дигр V1} - X_{дигр V7}$.

Указанные параметры определяются экспертно для каждого выдела на основании экспертного анализа данных мониторинга. Их свертка (1) $X_{V1}(X_{ycm V1}, X_{дигр V1}) - X_{V7}(X_{ycm V7}, X_{дигр V7})$ характеризует социальную значимость выдела (доступности, просматриваемости, эстетичности и т.д.).

Следующий этап агрегирования предполагает определение комплексных оценок $\hat{X}_1 - \hat{X}_7$ отдельных территорий лесопарка, соответствующих каждому типу выделов, с учетом размеров занимаемой выделами площади S_V . Данному виду свертки (2) подвергаются множества характеристик выделов $\{S_{V1}, X_{V1}\} - \{S_{V7}, X_{V7}\}$. Данная процедура может выполняться как для лесопарка в целом V , так и для отдельных кластеров $V_{кл}$ на основе реализации кластерного подхода.

Заключительным этапом агрегирования является свертка (3) комплексных оценок состояния растительности лесопарка (кластера) по типам выделов $\hat{X}_1 - \hat{X}_7$ в её итоговую комплексную оценку $\hat{X}_{раст}$ ($\hat{X}_{раст кл}$).

Биотическое состояние лесопарка главным образом определяется уровнем состояния растительного сообщества (флоры), являющегося средой обитания (ареалом) животных (фауны). Присутствие в лесопарке представителей животного мира и положительная динамика показателей устойчивости их развития служит дополнительным подтверждением благополучия лесопарка или его рекреационной ценности. Важной характеристикой рекреационной привлекательности лесопарка является его санитарно-эпидемиологическое состояние (СЭС). Процедуры агрегирования результатов мониторинга, соответствующих классификаторам животного мира и СЭС, строятся на основе экспертных свертки (4),(5): $\hat{X}_{жив}$ и $\hat{X}_{СЭС}$, соответственно, значения которых могут быть приведены к общей шкале комплексного оценивания для участия

в итоговой свертке (6) как уровень биотического состояния лесопарка (кластера) в целом. Как уже подчеркивалось выше, этот результат необходим для изучения лесничеством динамики развития биотического состояния лесопарка и конкурсного выбора наиболее привлекательных проектов его развития.

С учетом планируемого (желаемого) уровня устойчивого развития лесопарка $\hat{X}_{раст}^{жс}$ устанавливается рассогласование $\Delta\hat{X}$ и разрабатывается техническое задание на проекты, предусматривающие достижение этого уровня при нормативных ограничениях и представляющие собой множество альтернатив для принятия решения. Результат выбора, произведенного в соответствии с конкурсным механизмом (7), направляется на реализацию предусмотренных выбранным проектом мероприятий по благоустройству лесопарка как биологического объекта с последующим контролем эффективности соответствующей формой мониторинга.

Концептуальная модель управления уровнем абиотического состояния лесопарка представлена на рисунке 2.3.

Разработка концептуальной модели управления абиотического состояния лесопарка (кластера) выполнена в рамках той же стратегии что и биотического состояния, поскольку преследует своей целью описание результативной процедуры комплексного оценивания уровня данного аспекта для отслеживания его динамики и конкурсного выбора приоритетных проектов восстановления, то есть управление этим аспектом.

Вместе с тем необходимо учитывать принципиальные различия между этими двумя аспектами задачи устойчивого развития городского лесопарка:

– лесопарк как абиотический объект является важнейшим фактором благополучия лесопарка как биотического объекта. Однако последствия негативного воздействия данного фактора являются слабо прогнозируемыми. Поэтому общепринятая основная стратегия управления абиотическим состоянием лесопарка строится на строгом соблюдении предусмотренных до-

пустимых для лесопарка норм от каждого источника техногенного воздействия.

– уровень каждого классификатора в любой группе определяется посредством приведения к непрерывной стандартной качественной шкале [1,4] в новой интерпретации её дискретных целочисленных значений:

4 – отсутствие признаков воздействия;

3 – воздействие в точности соответствует предельно допустимой концентрации (ПДК) и обозначает способность внутренних ресурсов выдела к устранению последствий при такой интенсивности воздействия;

2 – условно допустимый уровень воздействия, предполагающий существование средств и методов, достаточных для ликвидации (устранения) последствий при соответствующих материальных затратах;

1 – уровень воздействия, начиная с которого в зоне выдела возникают необратимые для биотического состояния процессы;

уровень группы источников техногенных воздействий (ИТВ) для каждого кластера определяется по наиболее низкому уровню среди всех классификаторов данной группы [42].

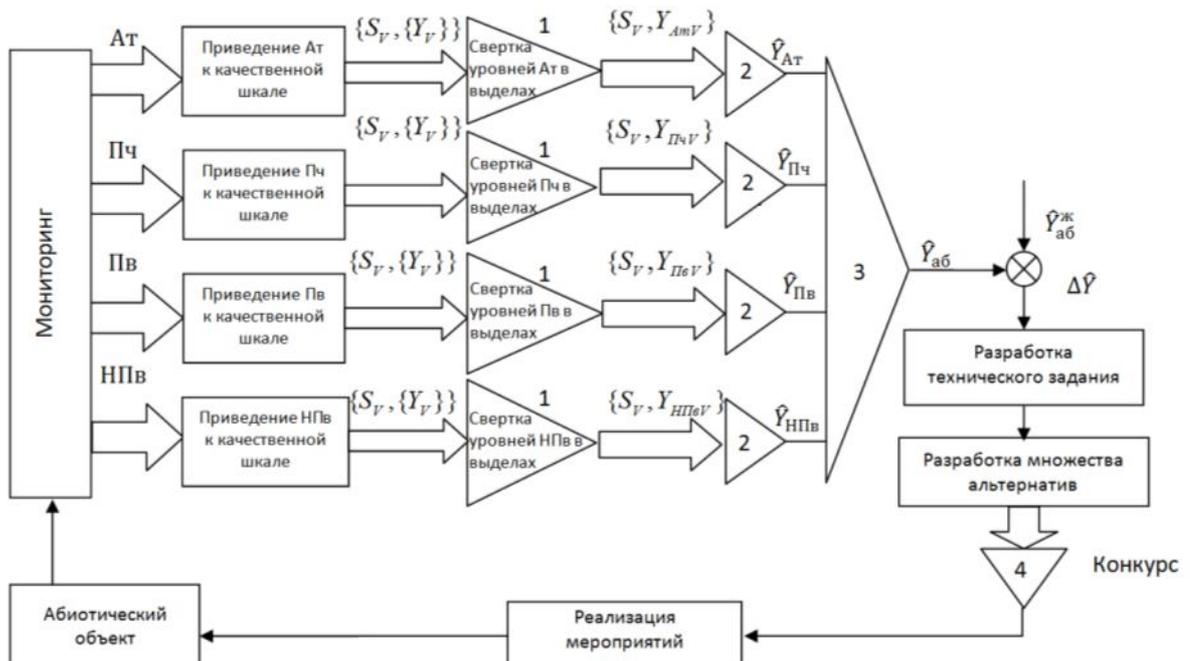


Рис. 2.3. Концептуальная модель управления уровнем абиотического состояния лесопарка (кластера)

По результатам мониторинга ИТВ представлены четырьмя группами данных, каждая из которых содержит набор групповых компонентов в принятых единицах измерений и масштабе: группа характеристик атмосферы *АТ*, группа характеристик поверхностных вод *ПВ*, недр и подземных вод *НПВ*, группа характеристик почвенного покрова *ПЧ*.

На первом этапе обработки данных количественные характеристики абиотического состояния переводятся в качественную форму для подготовки к прохождению процедур агрегирования.

На первом этапе агрегирования процедура (1) выделяет для каждого выдела и в каждой группе характеристик $\{Y_v\}$ те, мониторинговые значения которых в качественной форме совпадают, занимая при этом нижнюю ступень. Это значение в соответствии с описанной ранее стратегией становится комплексной оценкой абиотического состояния выдела v с площадью S_v в конкретной группе классификаторов, то есть осуществляет преобразование (свертку) $\{Y_v\}_{AT} \rightarrow \{Y_{AmV}\}$.

На следующем этапе агрегирования сверткой (2) с учетом «веса» площади S_v выделов в общей площади лесопарка (кластера) определяется комплексная оценка лесопарка (кластера) по каждой группе классификаторов абиотического состояния: $\{S_v, Y_{AmV}\} \rightarrow \hat{Y}_{AT}$ и т.д.

Комплексная оценка абиотического состояния лесопарка (кластера) определяется сверткой (3) учитывающей важность групп классификаторов и их текущие значения, то есть, являясь нелинейной процедурой.

Остальная часть разработанной концептуальной модели подобна предыдущей, что следует учитывать при разработке комплексной модели устойчивого развития лесопарков.

Концептуальная модель управления уровнем рекреационного, социально-экономического развития лесопарка представлена на рисунке 2.4.

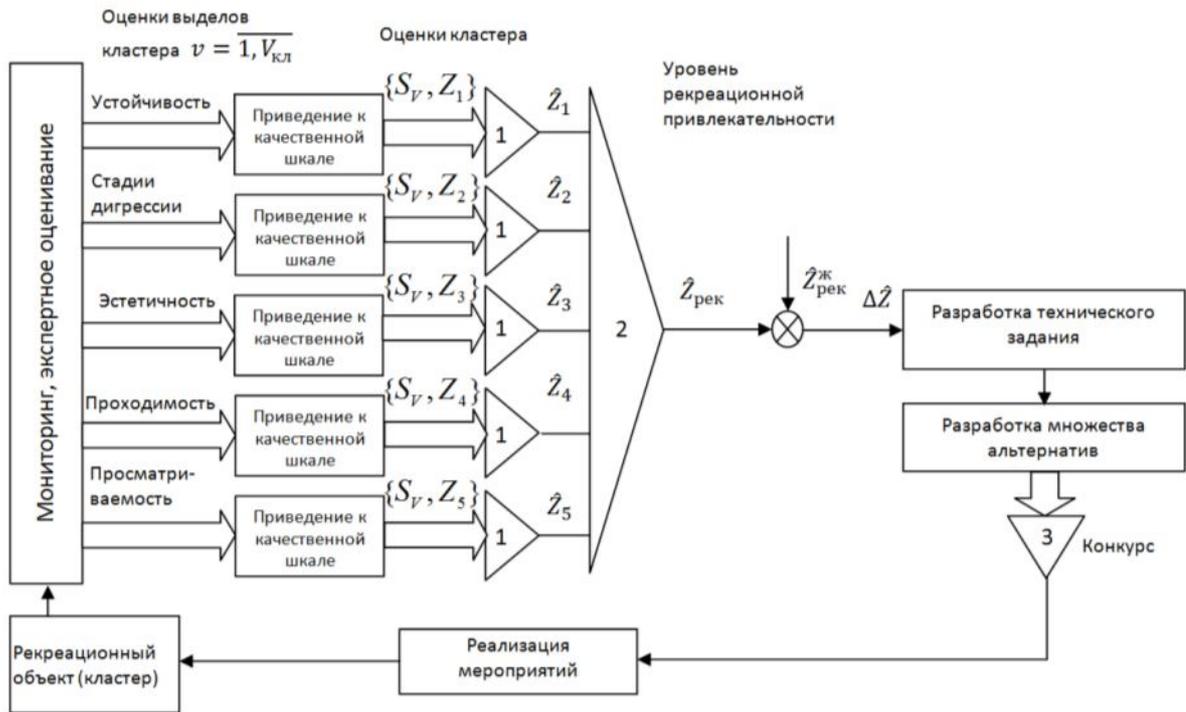


Рис. 2.4. Концептуальная модель управления уровнем рекреационного, социально-экономического развития кластера

Данный аспект, как правило, охватывает лишь наиболее подготовленную часть лесопарка, составленную из выделов, характеризующихся достаточно высокими уровнями биотического и абиотического состояний. Выделение кластеров в общей массе выделов лесопарка выступает как отдельная частная задача управления его устойчивым развитием подлежащей рассмотрению в данном исследовании.

База данных, необходимая для управления, пополняется из общего мониторинга лесопарка и из других контуров управления в виде наборов значений классификаторов для каждого выдела, вошедшего в кластер.

Рассматриваемый уровень рекреационного, социально-экономического развития кластера характеризуется высокой степенью сложности по числу классификаторов, касающихся: устойчивости, стадий дигрессии, эстетичности, проходимости и просматриваемости.

Шкала оценки устойчивости (Устойчивость)

3 Насаждения совершенно здоровые, подрост, подлесок и напочвенный покров характерен для нормальных древостоев

2 Насаждения с замедленным ростом, рыхлым строением кроны, хвоя и листва с бледно-зеленой окраской, категория санитарного состояния 2 – 3, подрост лесообразующих пород отсутствует, напочвенный покров из характерных для типа леса лесных видов изрежен, преобладают сорно-рудеральные виды

1 Насаждения с резко ослабленным ростом. Подрост отсутствует, подлесок и напочвенный покров вытоптаны, почва сильно уплотнена, деревья имеют механические повреждения, поражены вредителями и болезнями, категория санитарного состояния 3-4; Насаждения с прекратившимся ростом. Подрост, подлесок и живой напочвенный покров отсутствуют, почва сильно уплотнена, категория санитарного состояния более 4.

Стадии рекреационной дигрессии (Стадии дигрессии)

5 Изменения лесной среды не наблюдается: подрост, подлесок и напочвенный покров не нарушен и является характерным для данного типа леса. Проективное покрытие мхом составляет 30-40%, травостоя из лесных видов 20-30%. Древостой совершенно здоров с признаками хорошего роста и развития. Регулирование рекреационного использования не требуется

4 Изменение лесной среды незначительно. Проективное покрытие мохового покрова уменьшается до 20%, травяного увеличивается до 50%. Появляются в травяном покрове луговые травы (5-10%), не характерные данному типу леса. В подросте и подлеске поврежденные и усыхающие экземпляры составляют 5-20%. В древостое больные деревья составляют не более 20% от их общего количества. Требуется незначительное регулирование рекреационного использования путем увеличения дорожно-тропиночной сети.

3 Изменение лесной среды средней степени. Мхи встречаются только около стволов деревьев (5-10%). Проективное покрытие травостоя 80-90%, из них 10-20% луговые травы. Подрост и подлесок средней густоты усыхающих и поврежденных экземпляров до 50%. В древостое больных и усыхающих

деревьев от 20 до 50%. Требуется значительное регулирование рекреационной нагрузки различными лесопарковыми мероприятиями - дорожно-тропиночная сеть, защитные операции и др.

2 Изменение лесной среды сильной степени. Мхи отсутствуют. Травяной покров составляет 40%, из них половина луговые травы. В древостое от 50 до 70% больных и усыхающих деревьев. Подрост и подлесок редкий, сильно поврежденный или отсутствует. Требуется строгий режим рекреационного использования

1 Лесная среда деградирована. Моховой покров отсутствует. Травяной покров составляет не более 10%, причем состоит почти полностью из злаков. Подрост и подлесок отсутствуют. Древостой изрежен, больные и усыхающие деревья составляют 70% и более. Рекреационное использование запрещается, требуется восстановление лесной среды.

Шкала эстетической оценки (Эстетичность)

3 Обозримость и проходимость хорошие, захламленности и сухостоя нет, разнообразный живой напочвенный покров

2 Обозримость и проходимость пониженные, захламленность и сухостой до 5 кубм/га, травяной покров однообразный, сорные виды, кочки

1 Открытые пространства заболоченные или требуют осушения, недоступные для посещения места

Шкала оценки проходимости участка (Проходимость)

3 Передвижение удобно во всех направлениях

2 Передвижение ограничено

1 Передвижение затруднено

Шкала просматриваемости участка (Просматриваемость)

3 Просматриваемость более 40м

2 Просматриваемость 21-40м

1 Просматриваемость Менее 20м

На первом этапе обработки данных качественные характеристики рекреационного состояния приводятся к стандартной шкале комплексного оценивания для подготовки к прохождению процедур агрегирования.

Первым шагом агрегирования сверткой (1) с учетом «веса» площади S_V выделов в общей площади лесопарка (кластера) определяется комплексная оценка лесопарка (кластера) по каждой группе классификаторов рекреационного состояния: $\{S_V, Z_1\} \rightarrow \hat{Z}_1$ и т.д.

Комплексная оценка рекреационного состояния кластера определяется сверткой (2) учитывающей важность групп классификаторов и их текущие значения, то есть, являясь нелинейной процедурой $\{\hat{Z}_1, \hat{Z}_2, \hat{Z}_3, \hat{Z}_4, \hat{Z}_5\} \rightarrow \hat{Z}_1$.

С учетом планируемого (желаемого) уровня устойчивого развития лесопарка $\hat{Z}_{рек}^{жс}$ устанавливается рассогласование $\Delta \hat{Z}$.

На основе полученных текущих значений комплексной оценки выделов разрабатывается техническое задание на проект, которое позволит генерацию множества альтернатив для принятия решения. Выбор из множества подходящей альтернативы и дальнейшая её реализация позволит достичь планируемого (желаемого) уровня развития лесопарка

Предложения по благоустройству территории лесопарка отображаются на карте экологической характеристики. Проекты по благоустройству территории характеризуются набором параметров (критериев) социально-экономической эффективности.

На основе анализа концептуальных моделей сформулированы следующие положения концепции.

1. Прикладные задачи управления устойчивым развитием городского лесопарка предполагают обслуживание как одного из трех ранее названных аспектов, так и любую комбинацию из них. Однако глубокое единство аспектов данного особо охраняемого природного объекта (городского лесопарка) в каждом варианте задачи управления его устойчивым развитием требует учета

всех аспектов, хотя бы в форме ограничений. Поэтому структура комплексной модели управления устойчивым развитием городского лесопарка должна быть трехконтурной.

2. Главное достоинство городского лесопарка представляет его рекреационный аспект. Однако размеры социального (здоровье, работоспособность, восстанавливаемость потраченной энергии) для социума и экономического (бизнес) для предпринимателей эффектов зависят от уровней биотического и абиотического состояний, определяющих рекреационные возможности лесопарка. Оптимальные с учетом предпочтений заинтересованных лиц управленческие решения на рекреационном, социально-экономическом уровне состояния лесопарка должны быть строго подчинены установленным ограничениям, заключающимся в не превышении допустимых нагрузок на лесопарк как биологический объект.

3. Прогнозы динамики развития биотического уровня состояния лесопарка аналитически не определены в виду отсутствия прямых зависимостей биотического состояния от внешних факторов. Поэтому на практике используются известные неразрушающие природную среду предельные уровни воздействия, как правило, рекреационного характера. С другой стороны, восстанавливающие биотическое состояния лесопарка мероприятия также параметрически на прямую не связаны с ожидаемой положительной динамикой развития лесопарка, что усложняет формулировку критериев оптимизации подобных управленческих решений. Их приходится заменять интуитивными рекомендациями опытных сотрудников лесничества.

Это в равной степени относится не только к растительной составляющей (флоре), но и к животной, санитарно-эпидемиологической составляющим лесопарка, управленческие решения в которых в значительной степени связаны с предшествующими натурными экспериментами и нацелены на расширение возможностей рекреационных нагрузок.

4. Решения в области управления абиотическим уровнем состояния лесопарка связаны ограничениями на допустимые воздействия, исходя из

сохранения необходимых условий жизнедеятельности лесопарка как биологической системы: состояние атмосферы, почвенного покрова, поверхностных вод, недр и подземных вод и др. Состояние данного аспекта также вносит существенные поправки на размер допустимых рекреационных нагрузок и возможности предпринимательства в зоне лесопарка.

5. Анализ задач управления устойчивым развитием городских лесопарков в соответствии с общими принципами управления, сформулированными еще Норбертом Винером: принцип измерения, принцип неопределенности, принцип обратной связи, приводит нас к необходимости и систематизации учета человеческого фактора в форме обобщенной схемы контура управления объектом, представленной на рисунке 2.5.

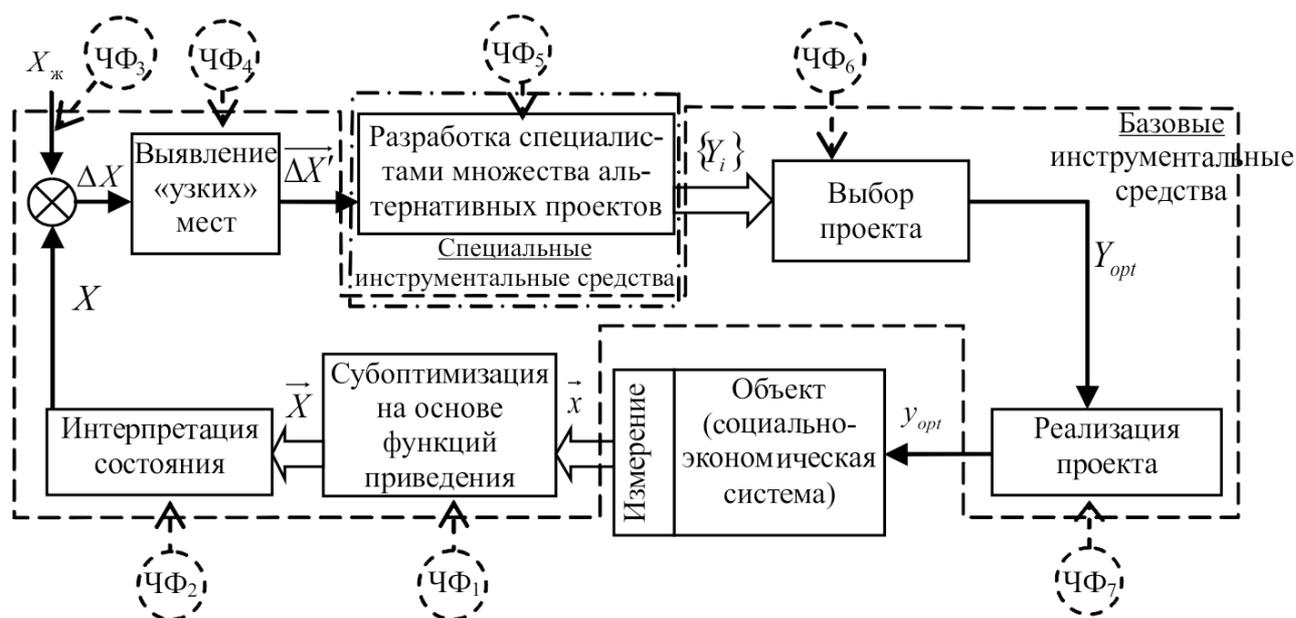


Рис. 2.5. Обобщенная схема контура многокритериального управления объектом

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

свертки частных критериев \overline{X} в комплексный X на основе её интерпретации ЛПР в виде модели предпочтений (ЧФ₂).

Задание желаемого значения $X_{жс}$ состояния объекта управления является очередным проявлением человеческого фактора (ЧФ₃) и способствует реализации принципа обратной связи путем формирования рассогласования ΔX .

Выявление «узких» мест связано с выбором на основе предпочтений ЛПР (ЧФ₄) среди допустимых состояний объекта управления изменений характеристик объекта $\overline{\Delta X'}$, приводящих к желаемой коррекции его состояния.

Разработка множества альтернативных проектов (управлений) $\{X_i\}$ может быть возложена на специалистов (ЧФ₅) в форме технического задания. Среди предлагаемых проектов ЛПР (ЧФ₆) должен сделать выбор наилучшего X_{opt} в рамках его предпочтений, принимающих во внимание обстоятельства его реализации. Реализация управления X_{opt} осуществляется в соответствии с рекомендациями теории управления проектами и человеческим фактором (ЧФ₇).

6. Главное внимание в системах управления устойчивым развитием городских лесопарков, отвечающих обобщенной схеме контура управления объектом, следует обратить на необходимость учета мнений заинтересованных лиц. Формы их естественного представления в недостаточной степени отвечают требованиям достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости, предъявляемым к управленческим решениям. Поэтому появляется востребованность в интеллектуальной поддержке этих решений, построенной на основе моделей индивидуальных и коллективных предпочтений, описывающих поведение людей в задачах выбора. Модель предпочтений, ориентированная на множество представления альтернатив, приобретает свойства высокой степени обоснованности и прозрачности, а также форму

целеполагания и способность противостоять попыткам манипулирования решениями на представляемом множестве.

7. Основной задачей моделей предпочтений заинтересованных лиц является ранжирование объектов сопоставления (состояний отдельных объектов) с целью поддержки решений многокритериальных задач выбора в широком диапазоне варьирования частных критериев. Это обстоятельство, в данном приложении, ограничивает использование линейных сверток в пользу нелинейных матричных сверток и предполагает, в общем случае, композиции сверток различного вида. Известные инструментальные средства моделирования предпочтений при таком подходе нуждается в существенной модернизации, которая должна придать им форму инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений с широким спектром процессов и методов преобразования исходных данных в искомый результат.

8. Инструментальные средства моделирования предпочтений должны включать в себя дополнительные возможности, связанные с решением обратных задач, заключающихся в локализации «узких мест» среди характеристик объектов управления, ответственных за целенаправленное изменение состояний этих объектов. На этой основе строятся задачи оптимизации управления в системе ценностей (предпочтений) всех заинтересованных лиц.

9. Эффективность алгоритмов интеллектуальной поддержки на этапах разработки и исследования моделей предпочтения зависит от их функциональной полноты и избыточности. Гармоническое сочетание этих обеспечивает оперативность работы системы поддержки принятия решений и адаптивность к разнообразным прикладным задачам, внося в управленческие решения высокий уровень достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости. Последнее свойство обеспечивается тем, что модель предпочтений субъекта ориентирована на полное множество представления альтернатив, а не на представляемое множество.

10. Инструментальные средства моделирования индивидуальных и коллективных предпочтений всех заинтересованных лиц должны эффективно обслуживать управление в широком спектре уровней их специальной подготовки к этим средствам. Это обстоятельство должно быть отражено в алгоритмах интеллектуальной поддержки и программных решениях с дружественным интерфейсом.

11. Первой, но не главной функцией инструментальных средств является комплексное оценивание сопоставляемых объектов или состояний одного объекта, способное осуществлять мониторинг динамики в их ранжированном ряду. Однако основной их функцией становится обоснование перспективных направлений развития объектов (состояний), выполняющих роль технического задания на разработку множества альтернативных управлений (проектов).

12. Инструментальные средства, являясь универсальным инструментом создания систем поддержки принятия решений, в конкретных предметных областях при решении прикладных задач управления должны быть дополнены специальными алгоритмами, предназначенными для узкого применения, и сопрягаемые с этими инструментальные средства.

Сформулированные положения концепции интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка становится методологической основой достижения целей и задач данного исследования, начиная с разработки комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков и критериев оптимизации.

2.2 Разработка комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков

В соответствии с положениями 1-6 концепции интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка о трехаспектности этой задачи с учетом её соответствия общим принципам управления и формам проявления человеческого фактора разработана ком-

плексная трехконтурная модель управления устойчивым развитием лесопарков, представленная на рисунке 2.6. Единство биотического, абиотического и рекреационного контуров управления устойчивым развитием лесопарков отражается в объединении блоков разработки технического задания и проектов (альтернатив), а также проведения конкурса альтернативных проектов и реализации мероприятий в обобщенном объекте управления – лесопарке.

Трехканальная структура управления предполагает постановку разнообразных задач оптимизации. На основе анализа этих задач можно обосновать требования к алгоритмам интеллектуальной поддержки их решение в функциональном и пользовательском отношениях. С этой целью осуществлена формализация оптимальных задач управления.

Основу алгоритмов интеллектуальной поддержки в задачах оптимального управления устойчивым развитием лесопарка составляют комплексные оценки биотического абиотического и рекреационного уровней, а также конкурсные механизмы выбора на множестве альтернативных проектов.

Алгоритм комплексного оценивания биотического состояния в комплексную оценку можно представить в виде композиции сверток биотического контура:

$$\text{свертка 4} \quad \hat{X}_B = f_B(\hat{X}_{\text{раст}}, \hat{X}_{\text{жив}}, \hat{X}_{\text{СЭС}}), \quad (2.1)$$

где уровни состояния животного мира $\hat{X}_{\text{жив}}$ и санитарно эпидемиологического состояния $\hat{X}_{\text{СЭС}}$ устанавливаются методом экспертного оценивания, а уровень растительности $\hat{X}_{\text{раст}}$ вычисляется с помощью свертки 3

$$\hat{X}_{\text{раст}} = f_{\text{раст}}(\hat{X}_i; i \in 1,7), \quad (2.2)$$

где \hat{X}_i вычисляется с помощью сверток 2

$$\hat{X}_i = f_i(\{S_{v_i}, X_{v_i}\}); i \in 1,7, \quad (2.3)$$

S_{v_i} – доля площади v_i выдела в лесопарке, а X_{v_i} вычисляется с помощью

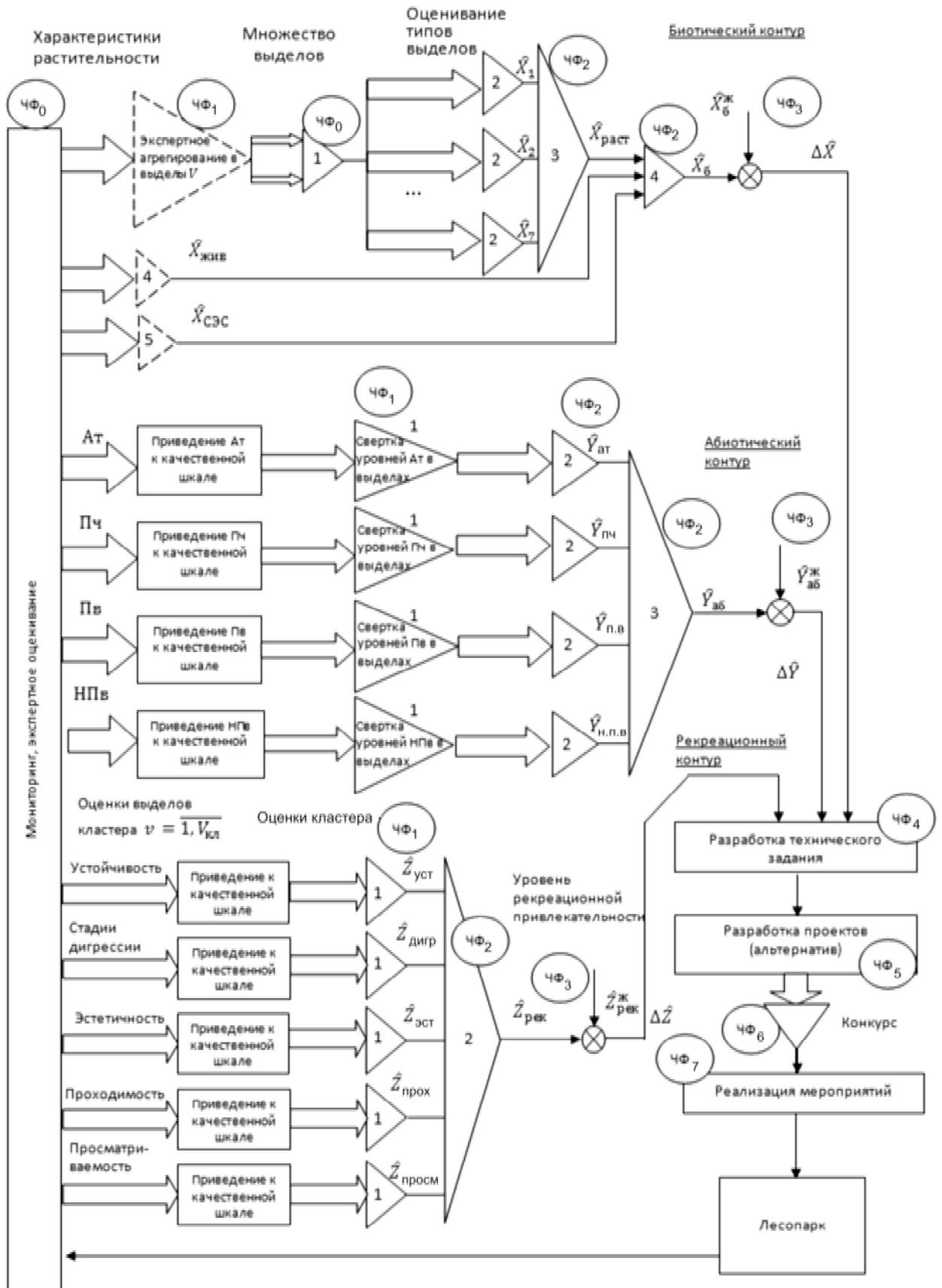


Рис. 2.6. Комплексная модель управления устойчивым развитием лесопарка

свертки 1

$$X_{Vi} = f_{Vi} (X_{Vi\text{дигр}}, X_{Vi\text{уст}}); v_i \in Vi; i \in 1,7, \quad (2.4)$$

где $X_{Vi\text{дигр}}, X_{Vi\text{уст}}$ уровни дигрессии и устойчивости, устанавливаемые методом экспертного оценивания для каждого выдела v_i , принадлежащего i типу.

Алгоритм комплексного оценивания абиотического состояния в комплексную оценку можно представить в виде композиции сверток абиотического контура:

свертка 3 –

$$\hat{Y}_{A\bar{6}} = f_{A\bar{6}} (\hat{Y}_{A\Gamma}, \hat{Y}_{Пч}, \hat{Y}_{Пв}, \hat{Y}_{НПв}), \quad (2.5)$$

где уровни источников техногенного воздействия (ИТВ) в группах $\hat{Y}_{A\Gamma}, \hat{Y}_{Пч}, \hat{Y}_{Пв}, \hat{Y}_{НПв}$ вычисляется с помощью сверток 2

$$\hat{Y}_{A\Gamma} = f_{A\Gamma} (\{S_V, Y_{A\Gamma V}\}), \quad (2.6)$$

$$\hat{Y}_{Пч} = f_{Пч} (\{S_V, Y_{Пч V}\}), \quad (2.7)$$

$$\hat{Y}_{Пв} = f_{Пв} (\{S_V, Y_{Пв V}\}), \quad (2.8)$$

$$\hat{Y}_{НПв} = f_{НПв} (\{S_V, Y_{НПв V}\}), \quad (2.9)$$

где $Y_{A\Gamma V}, Y_{Пч V}, Y_{Пв V}, Y_{НПв V}$ для каждого выдела вычисляются с помощью свертки 1

$$\begin{aligned} Y_{A\Gamma V} &= f_{A\Gamma V} (\{Y_V\}_{A\Gamma}), \quad Y_{Пч V} = f_{Пч V} (\{Y_V\}_{Пч}), \\ Y_{Пв V} &= f_{Пв V} (\{Y_V\}_{Пв}), \quad Y_{НПв V} = f_{НПв V} (\{Y_V\}_{НПв}), \end{aligned} \quad (2.10)$$

где $\{Y_V\}_{A\Gamma}, \{Y_V\}_{Пч}, \{Y_V\}_{Пв}, \{Y_V\}_{НПв}$ – результаты мониторинга в виде наборов физических значений характеристик ИТВ после их приведения к качественной шкале на основе описанной выше стратегии оценивания абиотических характеристик.

Алгоритм комплексного оценивания рекреационного, социально-экономического состояния в комплексную оценку можно представить в виде композиции сверток рекреационного контура:

свертка 2
$$\hat{Z}_{Рек} = f_{Рек} (\hat{Z}_{уст}, \hat{Z}_{Дигр}, \hat{Z}_{Эст}, \hat{Z}_{Прох}, \hat{Z}_{Просм}) \quad (2.11)$$

где элементы рекреационной привлекательности $\hat{Z}_{\text{уст}}, \hat{Z}_{\text{Дигр}}$, совпадают с элементами $X_{\text{уст}V}, X_{\text{Дигр}V}$ абиотического состояния, но имеют другую интерпретацию, поскольку касаются задачи определения допустимых рекреационных нагрузок а не прогноза динамики развития растительности в выделах.

На ряду с другими элементами рекреационной привлекательности

$\hat{Z}_{\text{Эст}}, \hat{Z}_{\text{Прох}}, \hat{Z}_{\text{Просм}}$ они вычисляется с помощью сверток 1

$$\hat{Z}_{\text{уст}} = f_{\text{уст}}(\{S_V, Z_{\text{уст}}\}), \quad (2.12)$$

$$\hat{Z}_{\text{Дигр}} = f_{\text{Дигр}}(\{S_V, Z_{\text{Дигр}}\}), \quad (2.13)$$

$$\hat{Z}_{\text{Эст}} = f_{\text{Эст}}(\{S_V, Z_{\text{Эст}}\}), \quad (2.14)$$

$$\hat{Z}_{\text{Прох}} = f_{\text{Прох}}(\{S_V, Z_{\text{Прох}}\}), \quad (2.15)$$

$$\hat{Z}_{\text{Просм}} = f_{\text{Просм}}(\{S_V, Z_{\text{Просм}}\}), \quad (2.16)$$

В общем случае в зависимости от динамики развития лесопарка, планируемых рекреационных задач и условий финансирования лесничеством обосновываются желаемые значения уровней биотического $\hat{X}_B^{\text{ж}}$, абиотического $\hat{Y}_{\text{Аб}}^{\text{ж}}$ и рекреационного $\hat{Z}_{\text{Рек}}^{\text{ж}}$ состояний, вычисляются отклонения от этих значений $\Delta\hat{X}, \Delta\hat{Y}, \Delta\hat{Z}$, необходимых для разработки технического задания на конкурсное проектирование мероприятия по благоустройству. Результаты конкурса представляют собой воздействие на общей для всех контуров объект – лесопарк.

При разработке алгоритмов интеллектуальной поддержки в виде механизмов комплексного оценивания на основе расширенных функциональных возможностей появляются эффективные процедуры выявления проблемных ситуаций для лесопарка, использующие информацию, содержащуюся в проведенной на предварительном этапе процедуре комплексного оценивания. При этом повышается уровень достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принимаемых оптимальных для лесничества решений, обеспечивающих устойчивое развитие лесопарка с учетом предпочтений

других заинтересованных лиц. Возникающие различные проблемные ситуации требуют разработки соответствующей стратегии, которую целесообразно сформулировать в виде подлежащей решению оптимизационной задачи. Наиболее часто встречающиеся проблемные ситуации.

Проблемная ситуация 1. На территории лесопарка выявлен подходящий для рекреационных целей кластер, возможности которого используются не в полной мере. Возникшая проблема заключается в недостаточной привлекательности этого кластера для нуждающегося в рекреационных услугах социума.

Стратегия управления устойчивым развитием лесопарка состоит в разработке мероприятий по благоустройству выделенного кластера при условии поддержания достигнутых уровней биотического и абиотического состояний лесопарка, неразрушающих его природной основы. Соответствующую оптимизационную задачу можно сформулировать как задачу выбора из множества альтернативных проектов $\{\hat{Z}_u\}$ одного (ему присваивается индекс u_{opt}), максимизирующего комплексную оценку \hat{Z}_u уровня рекреационной привлекательности данного кластера по параметрам $(Z_{Эст}, Z_{Прох}, Z_{Просм})$ при условии не ухудшения ранее достигнутых уровней биотического \hat{X} и абиотического \hat{Y} состояний лесопарка

$$u_{opt} = \underset{\{\hat{Z}_{кли}\}}{Ind \max} (\hat{Z}_{кли}(Z_{Эст}, Z_{Прох}, Z_{Просм}); \hat{X}_u \geq \hat{X}, \hat{Y}_u \geq \hat{Y}). \quad (2.17)$$

Данная стратегия поддерживается до тех пор пока ситуация не начнет приближаться к состоянию исчерпания рекреационных возможностей кластера.

Проблемная ситуация 2. На территории лесопарка подходящий для рекреационных целей кластер используется на пределе своих рекреационных возможностей. Возникшая проблема заключается в ограниченных возможностях лесопарка удовлетворять возросшие потребности населения в рекреационных услугах.

Стратегия управления устойчивым развитием лесопарка состоит в увеличении рекреационных возможностей имеющегося кластера или выделенных новых кластеров рекреационного назначения при условии поддержания достигнутых уровней биотического и абиотического состояний лесопарка, неразрушающих его природной основы.

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, при условии не ухудшения ранее достигнутых уровней биотического \hat{X} и абиотического \hat{Y} состояний лесопарка

$$u_{opt} = \underset{\{\hat{Z}_{кли}\}}{Ind} \max(\hat{Z}_{кли}(Z_{уст}, Z_{дигр}); \hat{X}_u \geq \hat{X}, \hat{Y}_u \geq \hat{Y}). \quad (2.18)$$

Данная стратегия поддерживается до тех пор пока ситуация не изменится таким образом, что в лесопарке появится заданный (прогнозируемый) рекреационный ресурс.

Проблемная ситуация 3. На территории лесопарка средствами мониторинга обнаружено ухудшение биотического или абиотического состояний, произошедшее по причинам техногенных, природных или иных негативных воздействий, но не затронувшие рекреационной зоны. Возникшая проблема заключается в востребованности мероприятий по оперативному устранению последствий экологического характера и обоснования необходимого для этого объемов финансирования.

Стратегия управления устойчивым развитием лесопарка состоит в повышении уровней биотического или абиотического состояний до их прежних значений с сохранением имеющихся рекреационных возможностей кластера.

Соответствующую оптимизационную задачу можно сформулировать как задачу выбора из множества альтернативных проектов $\{\hat{X}_u\}$ одного, вос-

становливающего комплексную оценку \hat{X}_B ($\hat{Y}_{аб}$) уровня биотического (2.19) (абиотического (2.20)) состояний пострадавшей территории при поддержании текущего уровня рекреационной привлекательности кластера

$$u_{opt} = Ind \max_{\{X_u\}} (\hat{X}_{Бу}; Z_{кли} \geq \hat{Z}_{кл}, Y_{кли} \geq \hat{Y}_{кл}), \quad (2.19)$$

$$u_{opt} = Ind \max_{\{Y_u\}} (\hat{Y}_{АБу}; Z_{кли} \geq \hat{Z}_{кл}, X_{кли} \geq \hat{X}_{кл}). \quad (2.20)$$

Данная стратегия поддерживается до полного устранения негативных последствий в лесопарке.

Решение сформулированных выше оптимизационных задач по управлению устойчивым развитием лесопарка с высоким уровнем достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости требует разработки эффективных алгоритмов интеллектуальной поддержки. Эта поддержка должна строиться на основе инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений, а также специальных алгоритмов, обусловленных особенностями объекта управления. Разработанные концепция и комплексная модель определяют структуру и содержание инструментальных средств моделирования предпочтений людей в задачах выбора.

Разработка алгоритмов связана, в первую очередь, с выбором тех или иных инструментальных средств, на основе которых будут разрабатываться интеллектуальные технологии [79] поддержки принятия решений в конкретных предметных областях.

Множество вариантов наполнения технологических процессов разнообразными методами на основе предложенных в работе инструментальных средств, способно сформировать множество технологий, востребованных особыми условиями конкретного производства [24].

Целесообразно разбить инструментальные средства моделирования индивидуальных предпочтений на два последовательных этапа (рисунок 2.7):

алгоритмы разработки моделей индивидуальных предпочтений, алгоритмы исследования моделей индивидуальных предпочтений.

Входной информацией этапа разработки моделей индивидуальных предпочтений служат данные о поведении объекта (эксперта) в задачах принятия решений.



Рис. 2.7. Обобщенная структура инструментальных средств моделирования индивидуальных предпочтений

Под инструментальными средствами понимаются универсальные алгоритмы и программы: структурного синтеза модели, заполнения матриц свертки, функции приведения частных критериев в качественную шкалу, процедуры построения функций чувствительности и транзитивного замыкания и др.

Процесс разработка моделей индивидуальных предпочтений характеризуется большим количеством реализованных функций (рисунок 2.8):

- Разработка модели объекта в количественной форме (набор существенных характеристик объекта);
- Разработка модели объекта в качественной форме (набор частных критериев);
- Структурный синтез (разработка дерева критериев);

Расширение функциональных свойств модели предпочтений

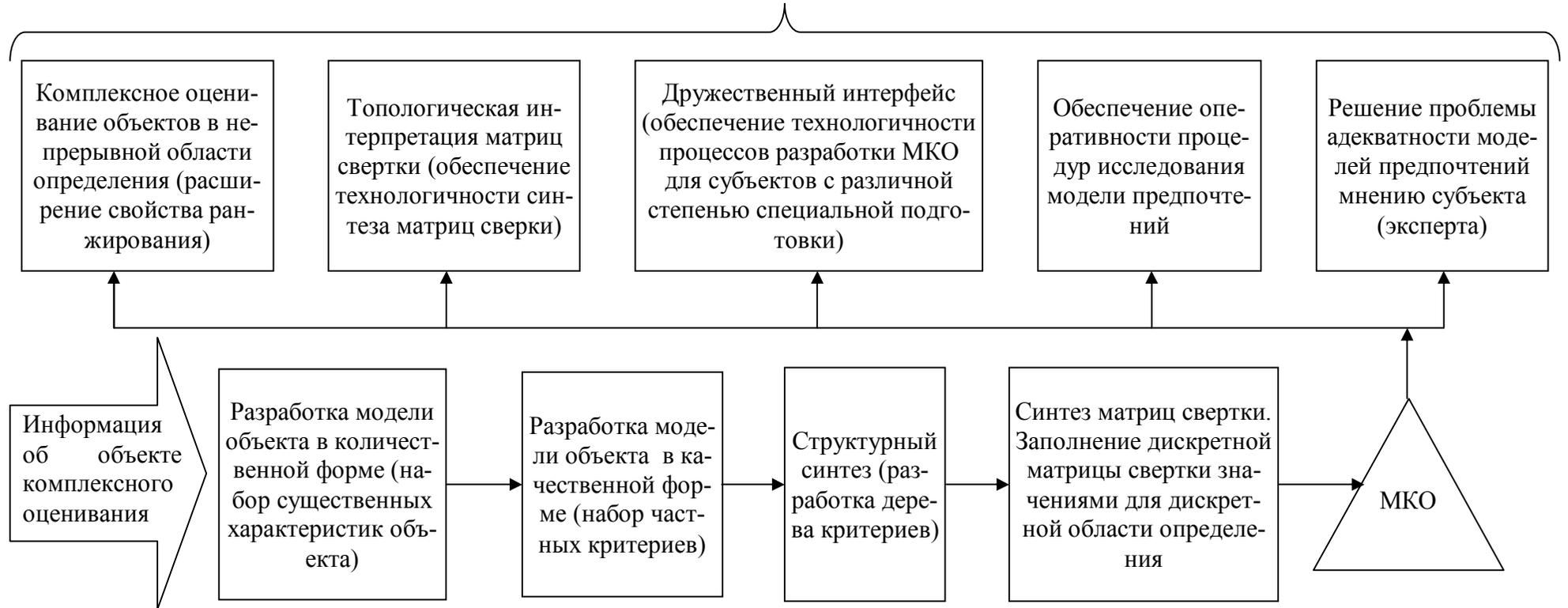


Рис. 2.8. Процессы разработки моделей индивидуальных предпочтений ЛПР и их функциональные возможности

- Синтез матриц свертки. Заполнение дискретной матрицы свертки значениями для дискретной области определения.

Поэтапное выполнение предложенных функций приводит к созданию моделей предпочтения лиц принимающих решение. Также предлагается расширенный набор пользовательских возможностей (функциональных свойств):

- Комплексное оценивание объектов в непрерывной области определения (расширение свойства ранжирования);
- Топологическая интерпретация матриц свертки (обеспечение технологичности синтеза матриц свертки);
- Дружественный интерфейс (обеспечение технологичности процессов разработки МКО для субъектов с различной степенью специальной подготовки);
- Решение проблемы адекватности моделей предпочтений прототипу: мнению субъекта (эксперта).

Исследование моделей индивидуальных предпочтений предполагает использования следующих функций рисунке 2.9:

- процедура комплексного оценивания (построение «рабочей» точки на дереве комплексного оценивания);
- построение семейства рабочих точек (для задач ранжирования объектов и исследование динамики изменения состояний отдельных объектов);
- построение функций чувствительности комплексной оценки к вариациям значений только одной переменной в рабочей точке;
- построение функций чувствительности комплексной оценки к вариациям значений двух переменных, а также интервалов её варьирования (областей определения) в рабочей точке в 3D и в виде тразитивного замыкания на дереве комплексного оценивания;



Рис. 2.9 - Алгоритмы исследования моделей индивидуальных предпочтений ЛПР и методы анализа и обработки информации об объекте

– исследование функций чувствительности многих переменных в рабочей точке (определение диапазона изменения комплексной оценки при варьировании значениями нескольких переменных).

Создание инструментальных средств на описанных выше этапах завершается наполнением всех процессов алгоритмами их реализации. Функциональное разнообразие упомянутых алгоритмов, обусловленное особенностями локальных целей и условий моделирования, а также содержанием входной информации, влечет за собой достаточно большое разнообразие прикладных интеллектуальных технологий моделирования предпочтений ЛППР [24]. Программные продукты, разработанные при участии автора, соответствуют предложенным алгоритмам интеллектуальной поддержки принятия решений и представляют собой завершённую форму инструментальных средств для пользователей. Они прошли государственную регистрацию в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам [Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: №2007614834 «Автоматизированная система комплексного оценивания объектов», 2007г.; №2008612724 «Автоматизированная система исследования моделей комплексного оценивания объектов», 2008г.; №2009610220 «Автоматизированная система оперативного исследования моделей объектов комплексного оценивания», 2009г.; №2009616217 «Адаптивная неманипулируемая процедура обработки результатов активного экспертного оценивания», 2009г.; №2011619529 «Автоматизированная система комплексного оценивания и исследования объектов в физическом пространстве представления частных критериев (Бизнес-Декон)», 2011г.; №2013660527 «Программный комплекс организации и проведения имитационных деловых игр в задачах субъектно-ориентированного управления социально-экономическими системами (Декон-Платформа)», 2013].

Выводы по главе 2

1. В развитие сложившейся парадигмы решения многокритериальных задач комплексного оценивания и конкурсного выбора наиболее привлекательных проектов благоустройства городских лесопарков на эвристическом уровне для повышения эффективности принимаемых управленческих решений с точки зрения их достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости, разработаны концепция интеллектуальной поддержки принятия решений и комплексная модель управления устойчивым развитием лесопарков.

2. Присутствие в задачах устойчивого развития городских лесопарков трех аспектов управления: биотический, абиотический и рекреационный, социально-экономический, обосновало необходимость их глубокого анализа в рамках разработанных концептуальных моделей управления и формулировки положений, являющихся методологической основой достижения целей и задач данного исследования и новым научным результатом, выносимым на защиту.

3. На основе концепции интеллектуальной поддержки принятия решений разработана комплексная трехуровневая модель управления устойчивым развитием лесопарков как новый научный результат, выносимый на защиту, способствующий описанию формальными средствами ряда задач управления состояниями городских лесопарков, оптимальных в системе ценностей (предпочтений) специалистов лесничества.

4. Системный анализ положений концепции и комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков, а также поставленных оптимизационных задач для ряда проблемных ситуаций позволил обосновать требования к функциональной полноте алгоритмов интеллектуальной поддержки в форме инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений.

5. По результатам исследований, изложенных во второй главе работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

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

Глава 3. Разработка инструментальных средств моделирования предпочтений участников принятия решений

3.1 Инструментальные средства разработки моделей предпочтения

Ниже приводятся оригинальные алгоритмы и иллюстрации реализации функциональных возможностей программного комплекса «Декон» в соответствии с планом, представленным на рисунке 2.8.

Построение дерева критериев (структурный синтез).

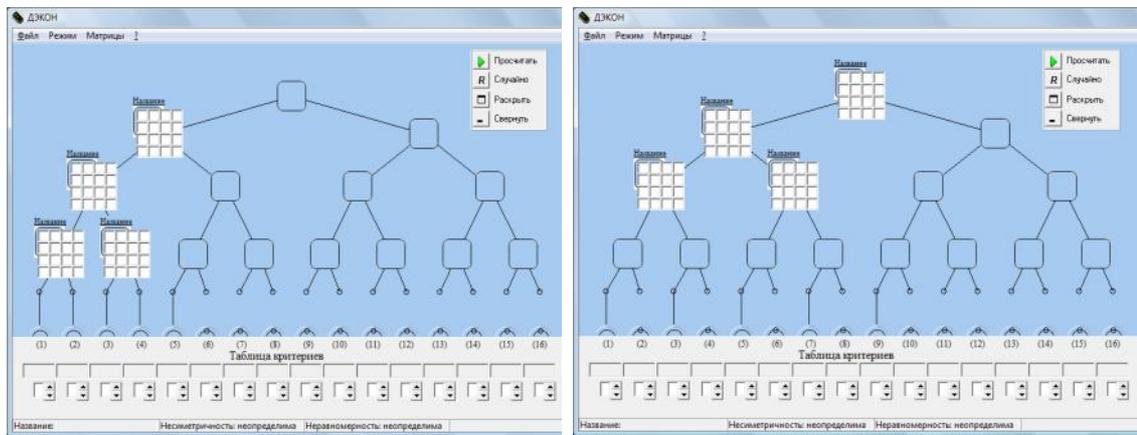
Построение дерева критериев, в первых версиях программ «Декон», выполнялось с применением «шаблона» (рисунок 3.1). Данный шаблон имеет фиксированный набор из шестнадцати входных параметров и пятнадцати вершин. По мере соединения входных параметров с вершинами формируется граф задачи. Каждая вершина имеет два входа и один выход.

При моделировании задач с известным набором входных параметров целесообразно применять метод «снизу вверх». Алгоритм построения следующий. На первом шаге выбираются агрегируемые критерии. Далее необходимо дать интерпретацию агрегируемым (сворачиваемым) критериям. Следует продолжать эти действия до тех пор, пока остаются незадействованные критерии или вершины. Исключением составляет вершина самого верхнего уровня, которая представляет комплексную оценку. В процессе агрегирования (свертке) могут участвовать критерии, критерий и вершина и вершины, образуя при этом вершину более высокого уровня.

Построение дерева критериев считается завершенным при условии присутствия всех связей между критериями и вершинами.

При отсутствии набора входных параметров целесообразно применить метод «сверху вниз», то есть декомпозировать (рисунок 3.1 б) рассматриваемую задачу на подзадачи. При данном подходе необходимо

интерпретировать полученные промежуточные (вершины) или конечные (терминальные) критерии.



а)

б)

Рис. 3.1. Структурный синтез «снизу вверх» по правилу агрегирования (а), «сверху вниз» по правилу декомпозиции (б) с использованием шаблона [24]

Положительным моментом следует отметить то, что при формировании графа задачи можно соединять (добавлять) и разъединять (удалять) входные критерии с вершинами в любой момент времени но, не превышая при этом общее количество входных параметров.

Недостатком данного подхода является ограничение количества входных параметров. Для задач с количеством параметров более шестнадцати приходится её декомпозировать, с соответствующей кратностью, и по частям выполнять дальнейшие расчеты, что не очень удобно для пользователя.

Описанный выше недостаток удалось устранить, предложив другой инструмент построения дерева критериев. Данный инструмент предполагает построение дерева методом «снизу вверх». При создании модели указывается количество критериев, которое необходимо для формирования набора терминальных критериев.

На следующем шаге необходимо агрегировать сформированные критерии в соответствии с описанным ранее алгоритмом метода «снизу вверх».

Формирование дерева критериев с программной поддержкой бинарных матриц по принадлежности к уровню иерархии производится по алгоритму представленному на рисунке 3.2. На нулевом уровне находятся терминальные критерии на последующих - вершины.

Рассмотренное формирование отличается от конструирования дерева критериев с применением шаблона тем, что в первом случае предоставляется возможность самому выполнять функции агрегирования с вершинами во втором выбирается только критерии а связи создаются автоматически в соответствии с выражениями (3.1-3.4).

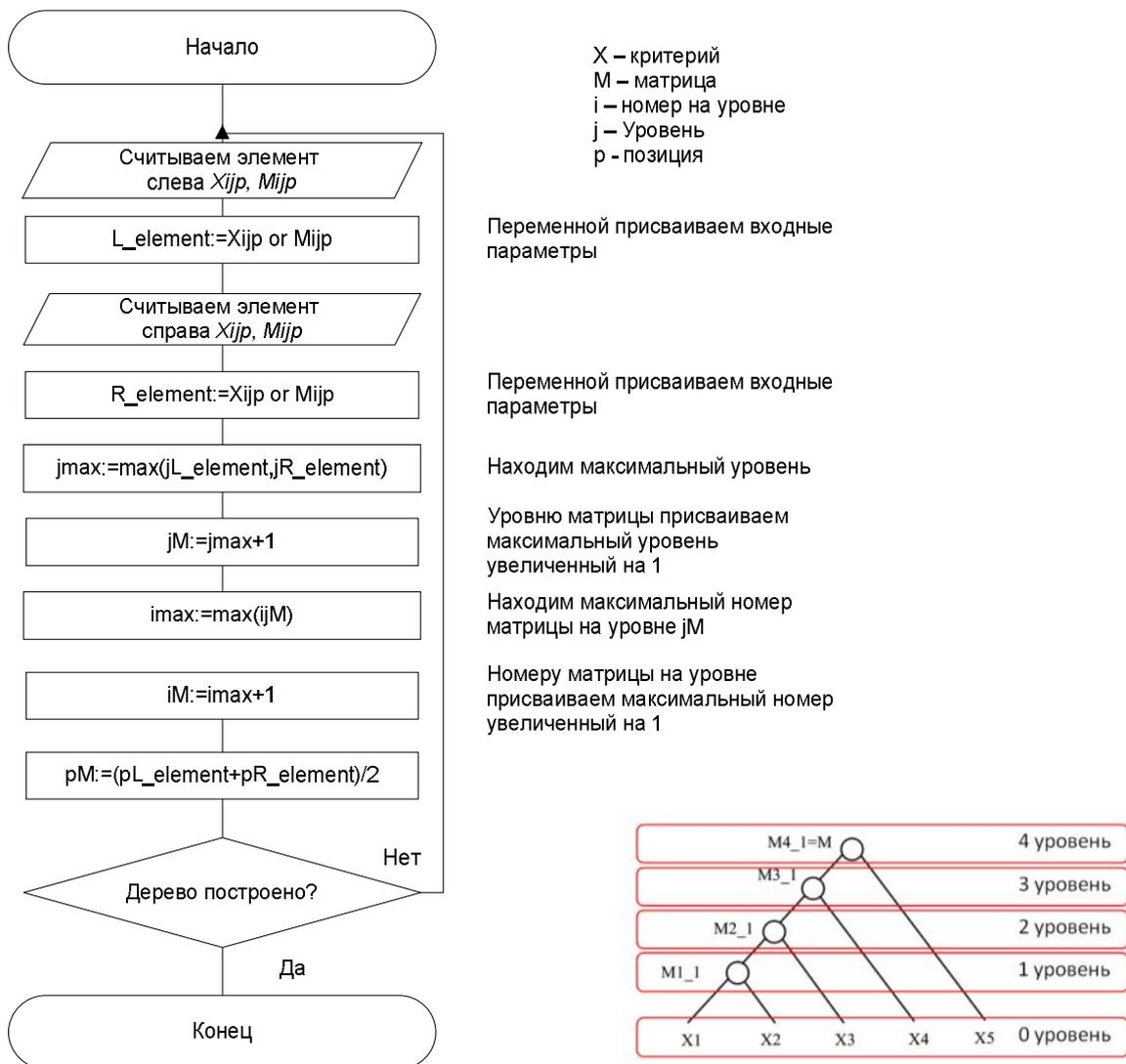


Рис. 3.2. Схема алгоритма формирования свертки в программе «Декон-Табл» программной поддержкой бинарных матриц по принадлежности к уровню иерархии

Порядок действий программы «Декон-Табл» в соответствии со схемой алгоритма (рисунок 3.2) может быть представлен следующим образом:

1. Считываются элементы формирования матрицы (левый и правый), которые хранят номер, уровень и позицию.
2. Определяется максимальный уровень.
3. Создаваемой вершине присваивается максимальный уровень увеличенный на единицу.
4. Определяется максимальный номер на уровне где создаётся матрица.
5. Номеру вершины присваивается максимальный номер увеличенный на единицу.
6. Определяется позиция создаваемой матрицы путем сложения позиций элементов по оси "x" и делением на 2
7. Проверяется условие построения матрицы.

Формирование дерева можно считать завершенным, когда все предложенные критерии связаны с вершинами.

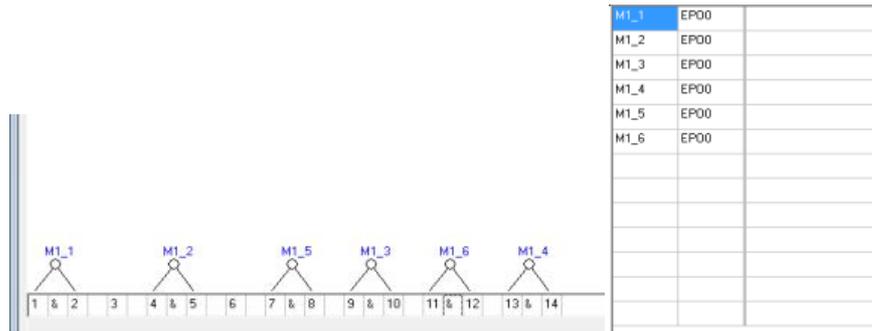
Иллюстрация работы алгоритма представлена на рисунке 3.3

$$X(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}) \quad (3.1)$$

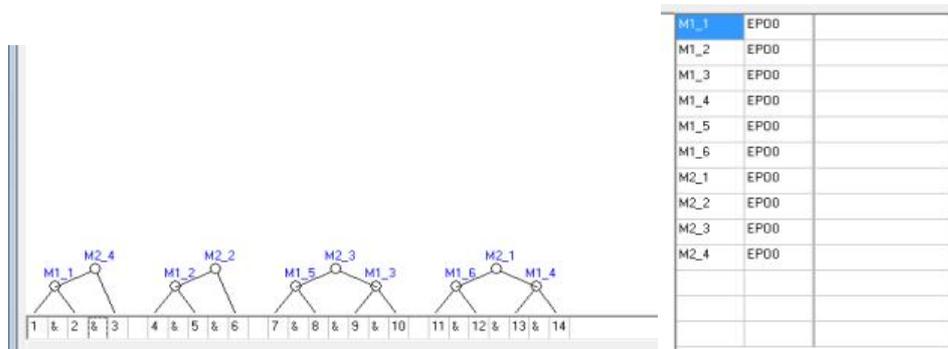
$$\begin{aligned} &X((X_1 \circ X_2), X_3, (X_4 \circ X_5), X_6, (X_7 \circ X_8), (X_9 \circ X_{10}), (X_{11} \circ X_{12}), (X_{13} \circ X_{14})) = \\ &= X((M_{1_1}), X_3, (M_{1_2}), X_6, (M_{1_5}), (M_{1_3}), (M_{1_6}), (M_{1_4})) \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} &X(M_{1_1}, X_3, M_{1_2}, X_6, M_{1_5}, M_{1_3}, M_{1_6}, M_{1_4}) = \\ &= X((M_{1_1} \circ X_3), (M_{1_2} \circ X_6), (M_{1_5} \circ M_{1_3}), (M_{1_6} \circ M_{1_4})) = \\ &= X(M_{2_4}, M_{2_2}, M_{2_3}, M_{2_1}) \end{aligned} \quad (3.3)$$

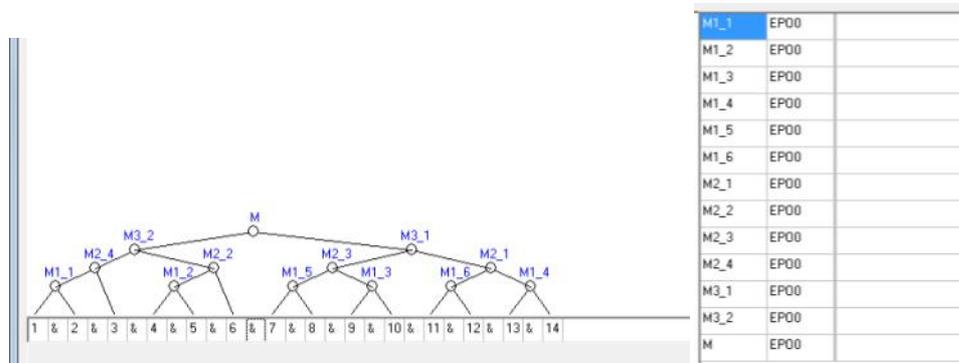
$$\begin{aligned} &X(M_{2_4}, M_{2_2}, M_{2_3}, M_{2_1}) = X((M_{2_4} \circ M_{2_2}), (M_{2_3} \circ M_{2_1})) = X(M_{3_2}, M_{3_1}) = \\ &= X(M_{3_2} \circ M_{3_1}) = X(M) \end{aligned} \quad (3.4)$$



а)



б)

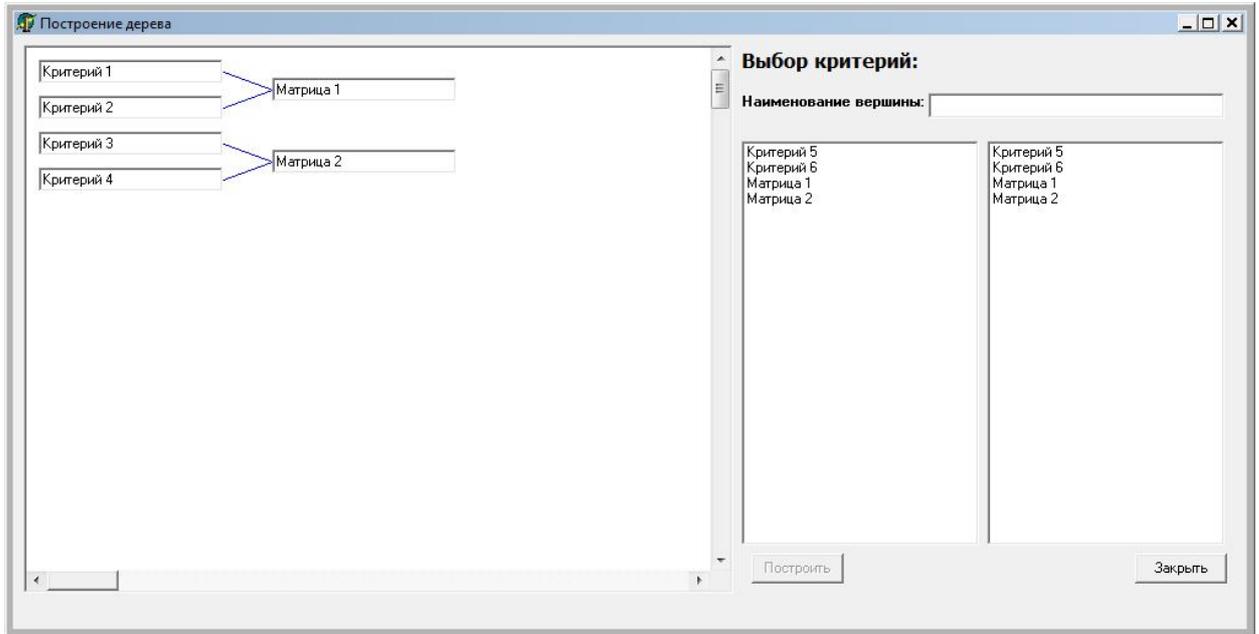


в)

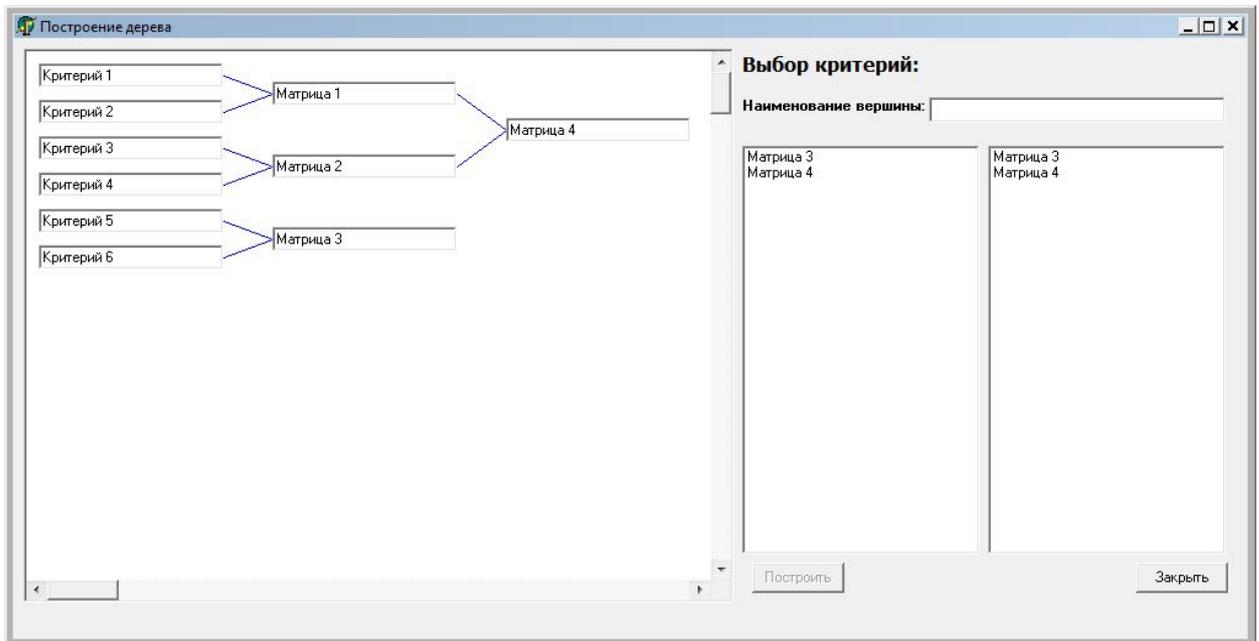
Рис. 3.3. Построение дерева критериев без ограничения его размеров [24]

Для упрощения механизма формирования дерева критерия предложен табличный способ конструирования. Данный механизм подразумевает формирование дерева посредством выбора критериев из предложенного перечня для проведения функции агрегирования с дальнейшей

интерпретацией полученной вершины путем ввода наименования её в соответствующем поле (рисунок 3.3).



а)



б)

Рис. 3.4. Представление дерева критериев табличным процессом агрегирования [24]

$$X = (Kp_1, Kp_2, Kp_3, Kp_4, Kp_5, Kp_6) := ((Kp_1 \circ Kp_2), (Kp_3 \circ Kp_4), (Kp_5 \circ Kp_6)), \quad (3.5)$$

$$((Kp_1 \circ Kp_2), (Kp_3 \circ Kp_4), (Kp_5 \circ Kp_6)) := (((Kp_1 \circ Kp_2) \circ (Kp_3 \circ Kp_4)), (Kp_5 \circ Kp_6)), \quad (3.6)$$

$$(((Kp_1 \circ Kp_2) \circ (Kp_3 \circ Kp_4)), (Kp_5 \circ Kp_6)) := (((Kp_1 \circ Kp_2) \circ (Kp_3 \circ Kp_4)) \circ (Kp_5 \circ Kp_6)). \quad (3.7)$$

В процессе формирования дерева перечень критериев уменьшается и на завершающем уровне состоит из двух критериев, доступных для функции агрегирования (выражения 3.5-3.7). Процесс формирования дерева критериев завершается когда в предложенном перечне заканчиваются критерии, которые могут участвовать в агрегировании.

Альтернативным перечисленным способам построения дерева критериев является «свободный» структурный синтез, отличающийся от фиксированных (жесткого и мягкого) тем, что в начале моделирования нет необходимости знать точное количество критериев, их можно добавлять по мере поступления (рисунок 3.5) или удалять при отсутствии необходимости.

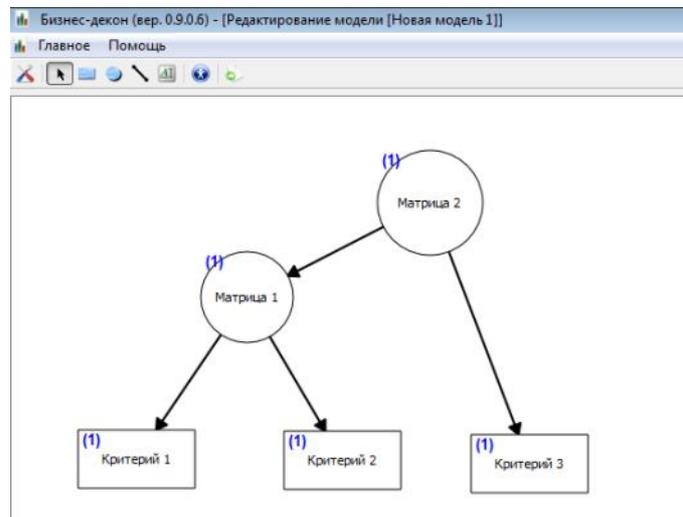


Рис. 3.5. Свободное построение дерева

Свободное построение предполагает формирование дерева любой сложности с применением обоих механизмов формирования дерева, предоставляя автору свободное расположение элементов дерева в рабочем поле.

После проведения структурного синтеза модели целесообразно перейти к приведению частных критериев к стандартной шкале комплексного оценивания.

Приведение частных критериев к стандартной шкале комплексного оценивания

Процесс приведения необходим для дальнейшей свертки критериев. Данный процесс выполняется с помощью функций приведения.

Как правило функции приведения нелинейные, но в некоторых случаях могут быть линеаризованы. Различают возрастающую, убывающую и смешанную.

Для возрастающей функции (рисунок 3.6, а)) характерно увеличение качественной оценки при росте значений в количественной (физической) форме, т.е. чем больше количественное значение тем выше качественная оценка. Примером является функция предложения. Могут встречаться случаи когда функция находится в статичном состоянии при росте физических значений критериев. Обратная рассмотренной функции является убывающая (рисунок 3.6, б)) для которой характерно увеличение качественной оценки при уменьшении значений в физической шкале. Примером является функция спроса. Смешанная функция приведения характеризуется наличием функции возрастающего и убывающего характера с максимальной точкой на заданном промежутке физической шкалы (рисунок. 3.6, в)).

При обратной задаче перевода качественного значения в количественное в первых двух случаях система выдает однозначное значение, в смешанной функции значению качественной шкалы могут соответствовать два значения в количественной шкале, что не должно оставаться без внимания.

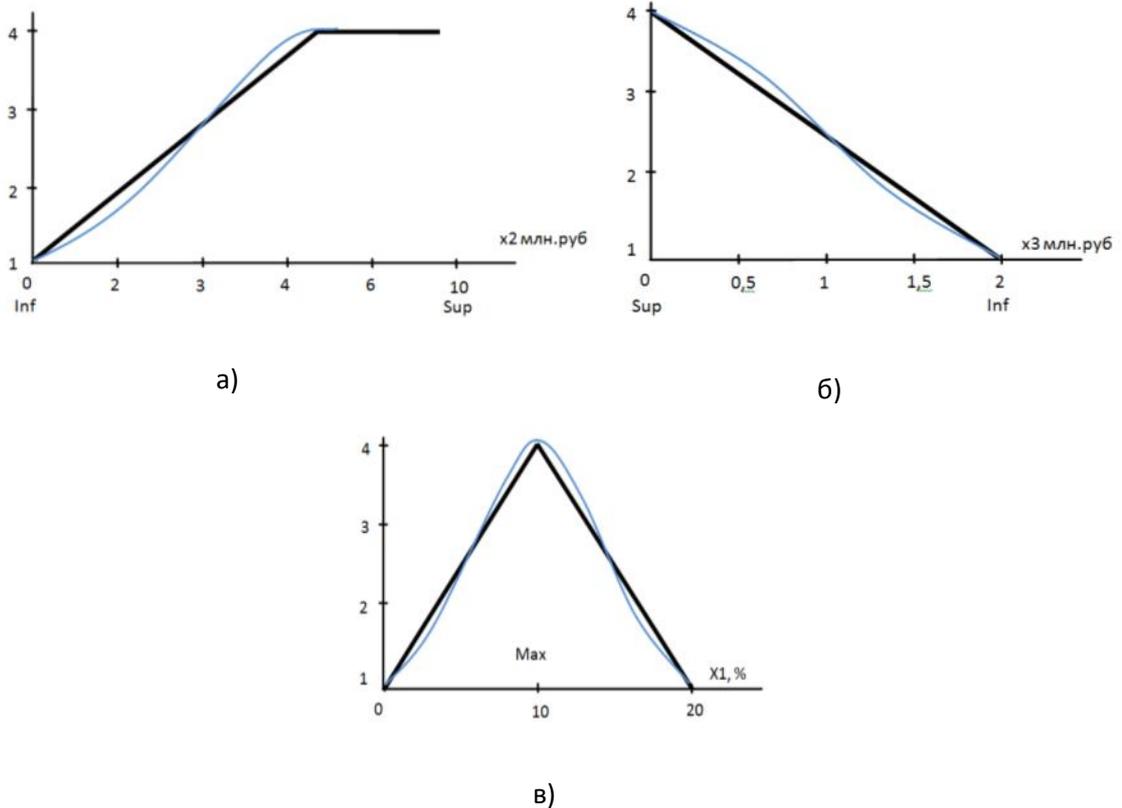


Рис. 3.6 - Нелинейные и линеаризованные функции приведения [24]

Реализация линеаризованных функций приведения представлена в различных программных решениях (рисунок 3.7-3.9.)

Для построения линеаризованной функций приведения необходимо указать начальное и конечное значение критерия в физической шкале, затем выбирать максимальное значение качественной оценки с помощью компонента программы. На рисунке 3.7 заданы убывающие функции у критериев 5 и 6, возрастающая функция у критерии 2, функции с экстремумом у критериев 1, 3 и 4.

Графическое представление линеаризованной функций представлено на рисунке 3.8, нелинейной на рисунке 3,9.

	Оптимальное значение	Фактическое значение
Критерий 1	10	55
Критерий 2	1	50
Критерий 3	1	50,5
Критерий 4	1	4
Критерий 5	100	0
Критерий 6	1	0

Рис. 3.7. Пример задания функции приведения [24]

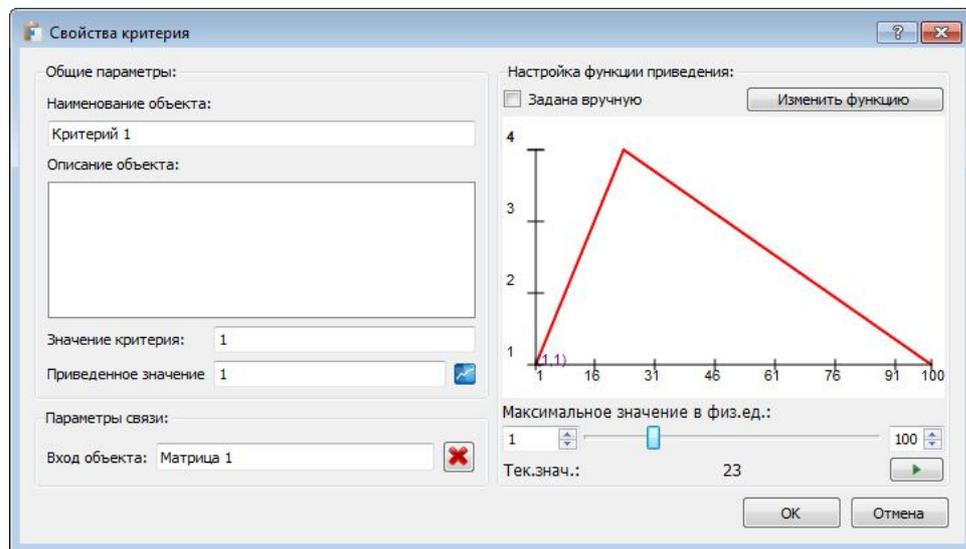


Рис. 3.8. Пример задания функций приведения с графической интерпретацией [24]

Функции приведения актуальны и для нечетких значений, которые переводят дефазифицированную форму нечеткого числа в качественную шкалу (рисунок 3.10).

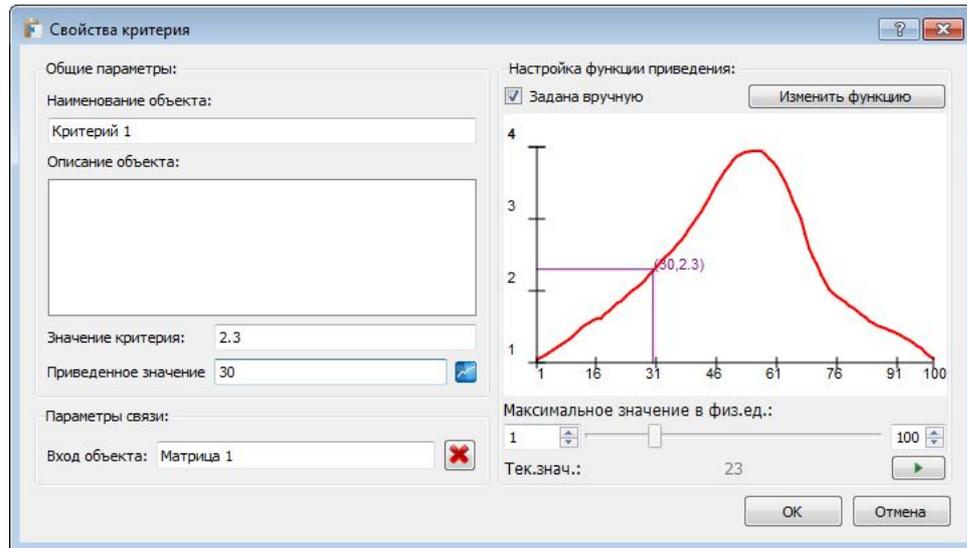


Рис. 3.9. Пример нелинейного задания функций приведения с графической интерпретацией

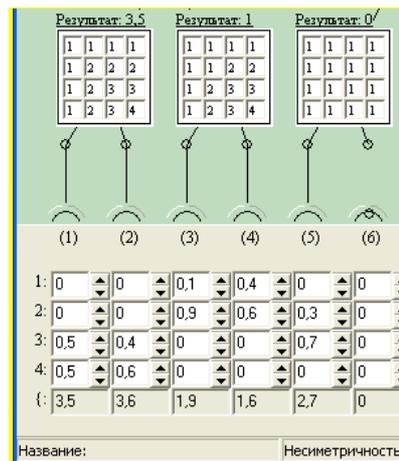


Рис. 3.10. Пример приведения нечетких значений критериев к стандартной форме нечеткого числа [24]

Следующим шагом после построения дерева критериев и приведения критерием является конструирование матриц свертки, т.е. заполнение вершин дерева матрицами специального вида.

Конструирование матриц свертки

Дерево критериев состоит из критериев и вершин. В вершинах находятся матрица свертки размерности 4x4.

Заполнение матриц предполагает несколько способов.

Первый, простой с точки зрения программной реализации, но сложный для источника предпочтений т.к. сложно интерпретировать результат свертки без специальной подготовки. Данный способ предполагает прямое заполнение матрицы значениями в промежутке от 1 до 4. Данный промежуток определяет уровень оценивания в шкале 1-4 (1-плохо, 2-удовлетворительно, 3-хорошо, 4-отлично). Матрица заполняется снизу вверх, справа налево (рисунок 3.11), соблюдая правило неубывания значений в заданных направлениях.

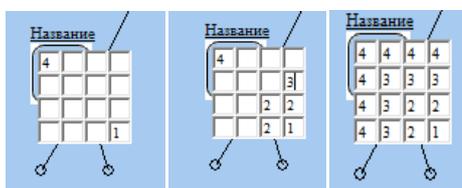


Рис. 3.11– Прямое заполнение матриц свертки [24]

Следующим способом заполнения матрицы является конструирование с использованием стандартных функций свертки, каждая из которых имеет свою интерпретацию.

При заполнении матрица "делится" на три области малых, средних и больших значений. Эксперту предоставляется возможность заполнить матрицу 3x3, выбрав из представляемого набора стандартных функций подходящую для определенного уровня развития, каждая из которых имеет свою топологию. Функция "0" обозначает абсолютное безразличие к развитию рассматриваемых критериев. Функция "1" подразумевает одновременное развитие обоих критериев в заданной области, можно провести аналогию с логической функцией "и". Функция "2" и "3" подразумевает развитие одного из критериев. Функция "4" предполагает увеличение комплексной оценки при развитии любого из критериев. Можно провести аналогию с логической функцией "или". Функция "5" предполагает синергитический эффект.

По мере заполнения матрицы формируется топология всей матрицы (рисунок 3.12). Топология представляет собой набор линий одинаковой цены - изопрайс.

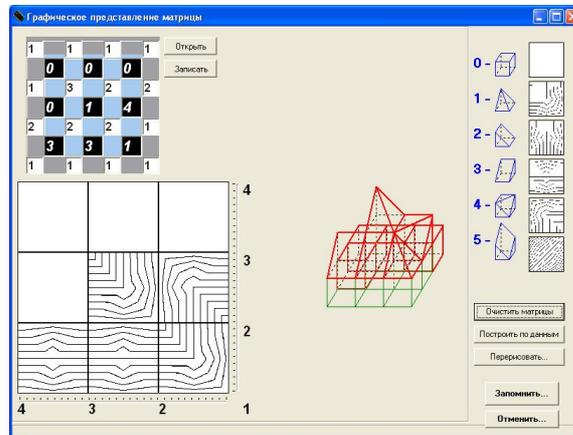


Рис. 3.12. Конструирование матрицы в виде композиции стандартных функций [24]

Более простой способ заполнения матрицы является конструирование в форме диалога. Эксперту предлагается сопоставить два объекта.

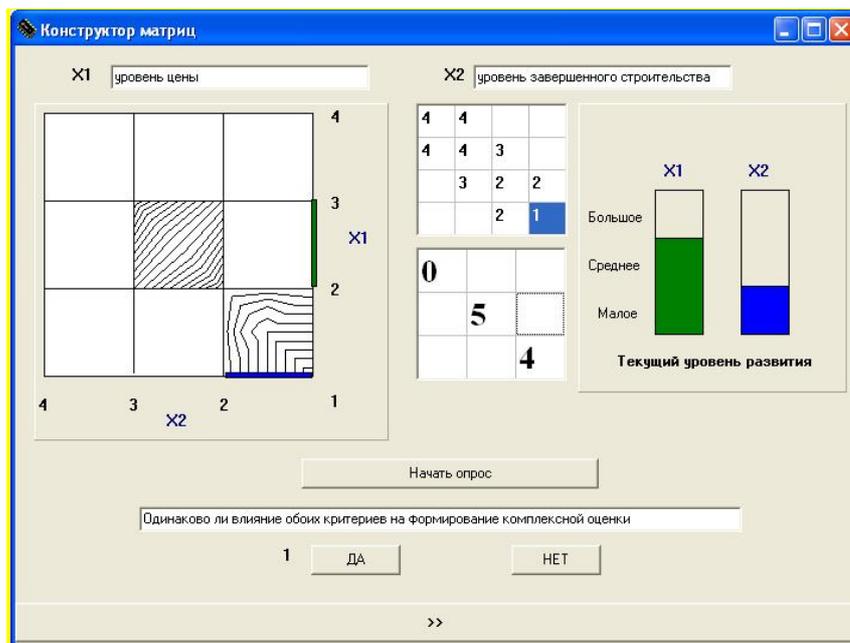
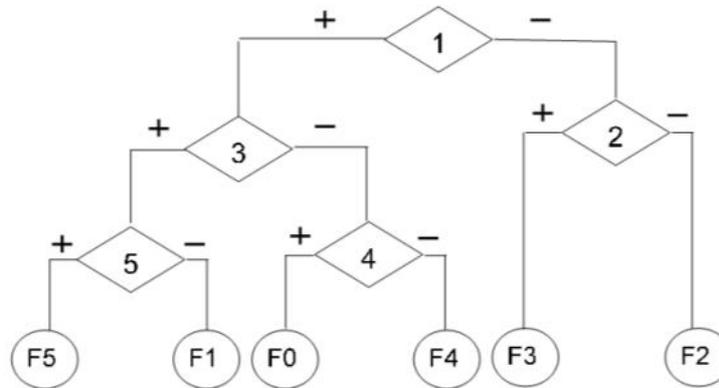


Рис. 3.13. Конструирование матрицы в процессе диалога с экспертом

Для каждого уровня развития задаются вопросы, по мере ответов на которые формируется матрица (рисунок 3.14). Вопросы формируются в соответствии с алгоритмом, представленном на рисунке 3.15.

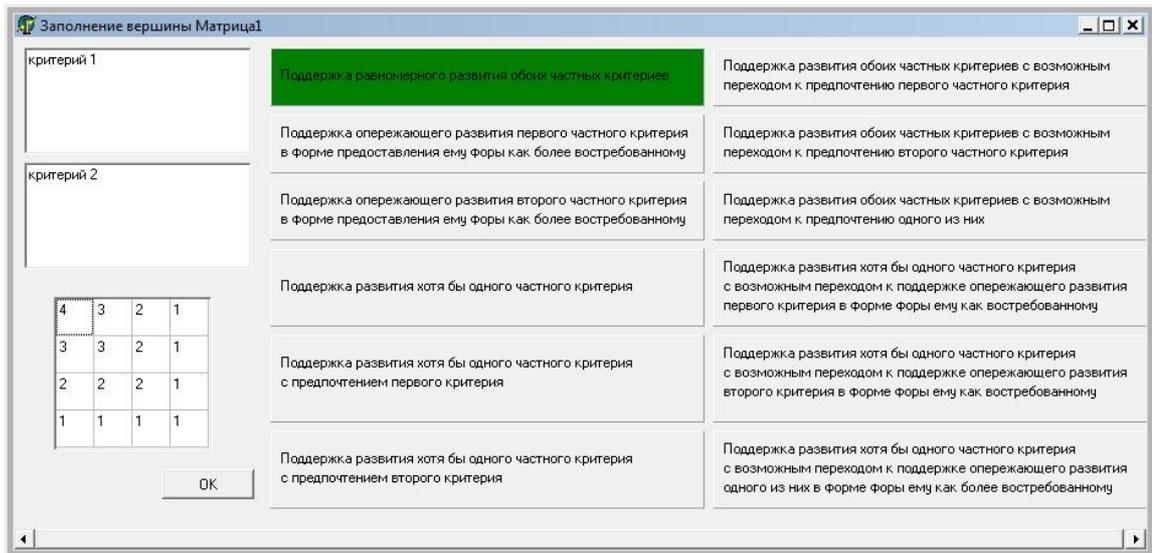


+	-	+	F0
+	+	-	F1
-	-		F2
-	+		F3
+	-	-	F4
+	+	+	F5

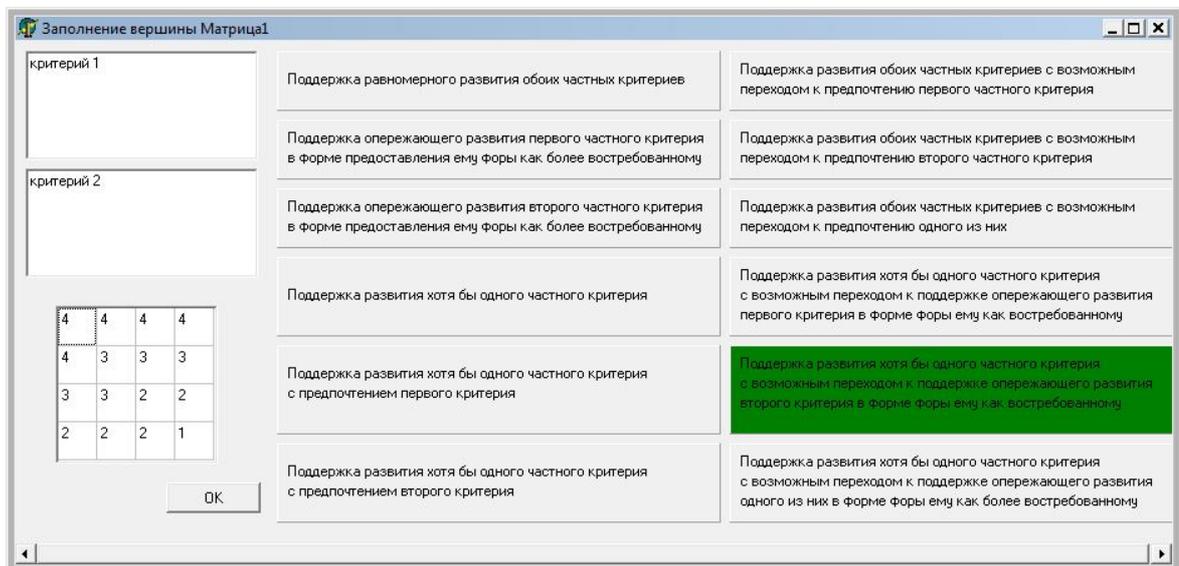
№	Вопрос
1	Одинаково ли влияние обоих критериев на формирование комплексной оценки
2	Первый критерий имеет абсолютный приоритет над вторым критерием
3	Имеет ли место синергитический эффект
4	Развитие критериев никак не влияет на комплексную оценку
5	Синергитический эффект максимален

Рис. 3.14. Блок-схема формирования вопросов

Самая простая процедура конструирования матрицы является выбор варианта из предложенного банка матриц с определенной интерпретацией. Этот способ подходит для экспертов без специальной подготовки.



а)



б)

Рис. 3.15, а), б). Динамика выбора матрицы из банка данных [24]

Для решения некоторых задач требуется более тонкая "настройка" которая предполагает заполнение матрицы нечеткими значениями (рисунок 3.16). Топологический вид матрицы, при таком способе, отличается от канонических матриц.

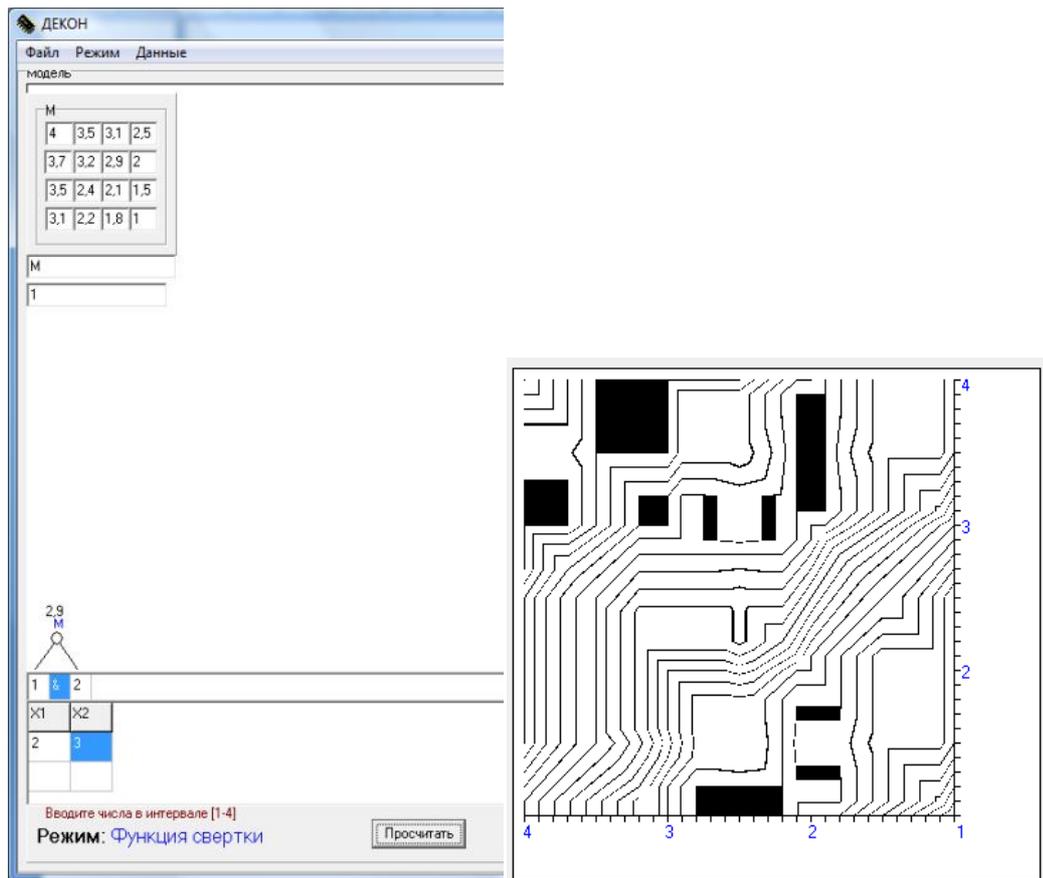


Рис. 3.16. Бинарная свертка с нечетким наполнением матрицы [24]

Произвольные значения нечетких аргументов в дефазифицированной форме обозначим как $X_1 = A_1, B_1$, $X_2 = A_2, B_2$, где $A_1, A_2 \in [1, 4]$ - целые части значений, а $B_1, B_2 \in (0, 1)$ - дробные части. Тогда нечеткие аргументы свертки в фазифицированной форме с учетом принятой модели нечеткого числа примут вид

$$\tilde{X}_2 = A_2 / (1 - B_2) + (A_2 + 1) / B_2. \quad (3.8)$$

Аналогичным образом представим нечеткие значения свертки в узлах матрицы в дефазифицированной и фазифицированной формах, соответственно:

$$\tilde{X}_{11} = A_{11} / (1 - B_{11}) + (A_{11} + 1) / B_{11}, \quad (3.9)$$

$$X_{12} = X_{12}(A_1, (A_2 + 1)) = A_{12}, B_{12}, \quad (3.10)$$

$$\tilde{X}_{12} = A_{12} / (1 - B_{12}) + (A_{12} + 1) / B_{12}, \quad (3.11)$$

$$X_{21} = X_{21}((A_1 + 1), A_2) = A_{21}, B_{21}, \quad (3.12)$$

$$\tilde{X}_{21} = A_{21} / (1 - B_{21}) + (A_{21} + 1) / B_{21}, \quad (3.13)$$

$$X_{22} = X_{22}((A_1 + 1), (A_2 + 1)) = A_{22}, B_{22}, \quad (3.14)$$

$$\tilde{X}_{22} = A_{22} / (1 - B_{22}) + (A_{22} + 1) / B_{22}. \quad (3.15)$$

В соответствии с выражением (3.16) поэтапно строим процедуру свертки, опуская лишь заключительную функцию \sup , аргументы которой выясняются при контекстных обстоятельствах:

$$\begin{aligned} \tilde{X} &= X_{11} / \min((1 - B_1), (1 - B_2)) + X_{12} / \min((1 - B_1), B_2) + \\ &+ X_{21} / \min(B_1, (1 - B_2)) + X_{22} / \min(B_1, B_2) = \\ &= A_{11} / \min((1 - B_{11}), (1 - B_1), (1 - B_2)) + \\ &+ (A_{11} + 1) / \min(B_{11}, (1 - B_1), (1 - B_2)) + \\ &+ A_{12} / \min((1 - B_{12}), (1 - B_1), B_2) + \\ &+ (A_{12} + 1) / \min(B_{12}, (1 - B_1), B_2) + \\ &+ A_{21} / \min((1 - B_{21}), B_1, (1 - B_2)) + \\ &+ (A_{21} + 1) / \min(B_{21}, B_1, (1 - B_2)) + \\ &+ A_{22} / \min((1 - B_{22}), B_1, B_2) + \\ &+ (A_{22} + 1) / \min(B_{22}, B_1, B_2). \end{aligned} \quad (3.16)$$

Полученное выражение дефазифицируется обычным образом. Его справедливость подтверждена совпадением топологий матрицы, полученной в ходе вычисления транзитивного замыкания (рисунок 3.17), и выявленной при этом матрицы, но уже в соответствии с новой процедурой, обслуживающей свертки с нечетким наполнением (рисунок 3.18).

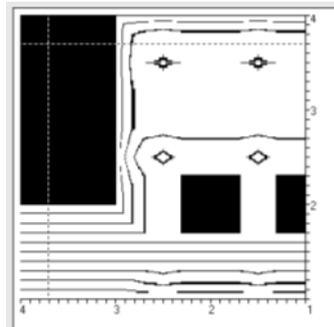


Рис. 3.17. Топология матрицы транзитивного замыкания с нечетким наполнением

Некоторые расхождения обусловлены погрешностью вычислений транзитивного замыкания, зависящей от шага дискретности используемого в нем табличного метода [6].

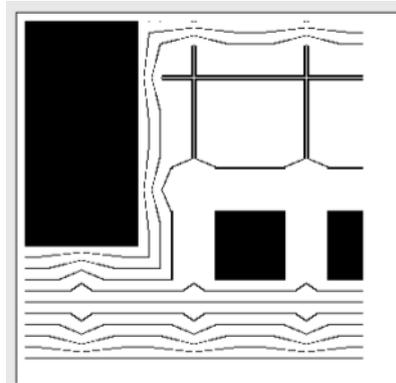


Рис. 3.18. Топология матрицы, вычисленная алгоритмически

Вычислительный эксперимент выполнялся на программном комплексе «Декон-табл». Основное назначение приведенного выше отношения заключается в коррекции рефлексивных матриц свертки по результатам наблюдений.

Полученные на основе инструментальных средств модели индивидуальных предпочтений должны быть дополнены процедурами вычислений комплексной оценки, необходимыми для решения прикладных исследовательских задач.

Бинарная свертка - матрица размерностью 4x4

\tilde{X}^* - нечеткое значение свертки

\tilde{X}_1^* - нечеткое значение аргумента

\hat{X}^* - дефазифицированное представление нечеткой свертки

\hat{X}_1^* - дефазифицированное представление нечеткого аргумента

$$M = \|x_{ij} \| X_{3_1}), i, j \in \overline{1,4} \quad (3.17)$$

$$\tilde{X}^* = (\tilde{X}_1^*, \tilde{X}_2^*) \quad (3.18)$$

$$\hat{X}^* = (\hat{X}_1^*, \hat{X}_2^*) \quad (3.19)$$

Разработка процедур вычисления комплексной оценки

Комплексная оценка рассчитывается на основе построенной модели, алгоритм построения которой описан выше.

Свертка производится на основе бинарной матрицы и двух критериев, которые являются входной информацией для расчета.

Вычисление комплексной оценки модели выполняется поэтапно, от свертки частных критериев, результат которой является входной информацией для матрицы выше уровнем в дереве критериев, до матрицы верхнего уровня, которая определяет комплексную оценку всей модели.

Комплексная оценка вычисляется по формулам 3.9-3.15 описанных выше, результат которых представлен на рисунках 3.19-3.20.

Вычисление комплексной оценки может вычисляться двумя способами. В первом случае результат свертки при переходе на верхний уровень выполняется без стандартизации переходов (рисунок 3.19).

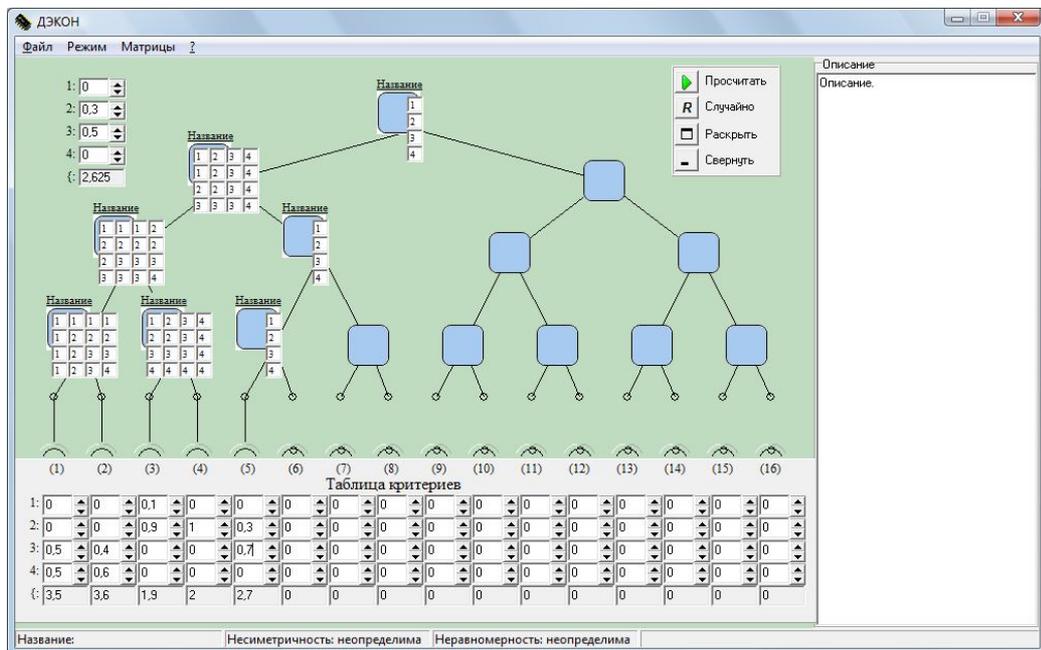


Рис. 3.19. Вычисление комплексной оценки без стандартизации переходов между матрицами [24]

Второй способ предполагает стандартизацию переходов между матрицами, при этом стандартная форма нечеткого числа сохраняется на всех уровнях механизмов комплексного оценивания, с допустимой методической ошибкой не превышающих 2-3 %.

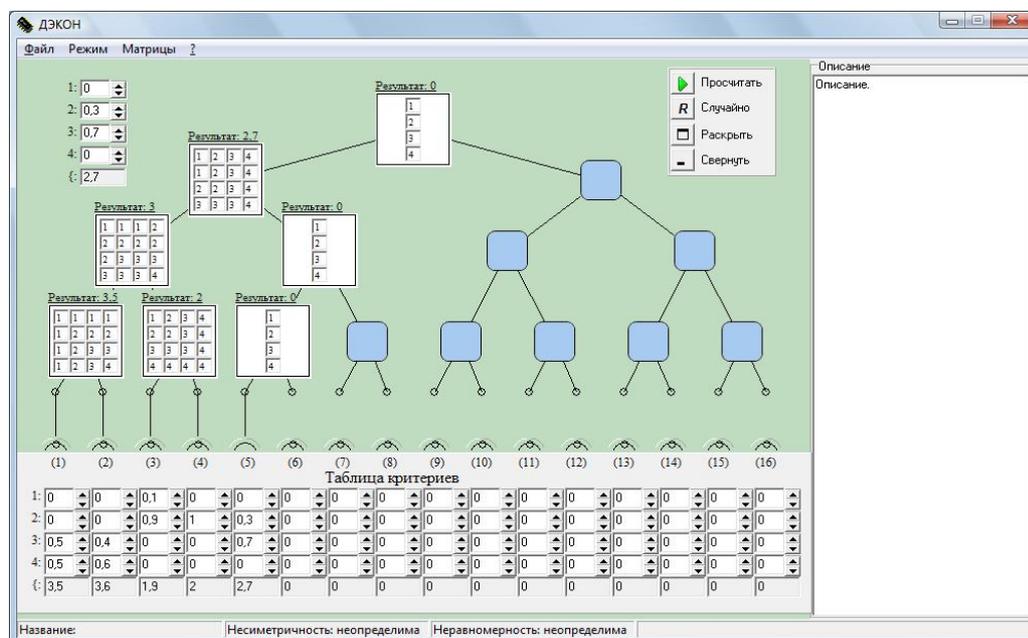


Рис. 3.20. Вычисление комплексной оценки со стандартизацией переходов между матрицами [24]

Рассмотренная модель может быть представлена более компактно с применением инструментальных средств построения в программе «Декон-Табл» (рисунок 3.21).

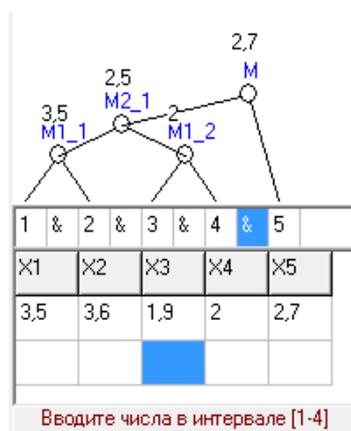


Рис. 3.21. Организация вычисления комплексной оценки в компактной форме [24]

Традиционно используемые аддитивные модели и модели с весовыми коэффициентами уступают механизмам комплексного оценивания основанных на исследованиях свойств объектов со смешанными характеристиками.

Перспектива использования данного инструмента напрямую зависит от развития математического аппарата для таких задач как обоснование свойств ранжируемости, анализ влияния частных критериев на комплексную оценку, отслеживание траекторий развития объекта. Основной задачей считается обеспечение адекватности построенных моделей их прототипам.

Реализуемость процессов разработки моделей предпочтений подтверждается полученными результатами на основе программных продуктов семейства «Декон» функции которого представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Функциональное наполнение базовых инструментальных средств на этапе построения моделей предпочтений в семействе «Декон»

Базовые инструментальные средства (БИС) Реализованные функции		Декон	Декон-изопрайс	Декон-табл	Опер-декон	Активная экспертиза	Бизнес-декон	БИС
Построение дерева	Жесткая фиксация	++	++					0
	Мягкая фиксация			++	++			1
	Свободное построение						++	2
Функции приведения	Внешняя	++	++	++				0
	Линейная (в системе)				++			1
	Нелинейная прямая и обратная						++	2
Вид исходных данных	Фазифицированных	++						0
	Дефазифицированный		++		++			0

Окончание таблицы 3.1

	Вектор			++		++	++	1
	Массив			++		++	++	2
Наполнение матриц	Дискретные таблицы	++						1
	Топология матриц (конструирования)		++	++	++		++	1
	С нечетким наполнением						++	0

Из вышесказанного следует, что вопросы совершенствования инструментальных средств систем поддержки принятия решений в задачах управления сложными социально-экономическими объектами требуют исследования как в концептуальном так и прикладном отношении.

Вопросы обоснования и принятия решений потребовали разработки методов исследования построенных моделей, основанных на системном подходе при рассмотрении объекта к качестве сложной системы.

3.2 Инструментальные средства исследования моделей предпочтений

Особо значимыми при решении проблем формализации исходных данных и интерпретации результатов счета на основе нелинейных матричных алгоритмов комплексного оценивания, являются способы построения матриц свертки, основанные на их топологическом представлении в виде «пучков», линий безразличия, или одинаковой цены (изопрайс).

Алгоритмы построения топологии бинарных матриц свертки.

Алгоритмы топологизации матриц свертки осуществляется на основе композиции топологий стандартных функций свертки (рисунок 3.22).

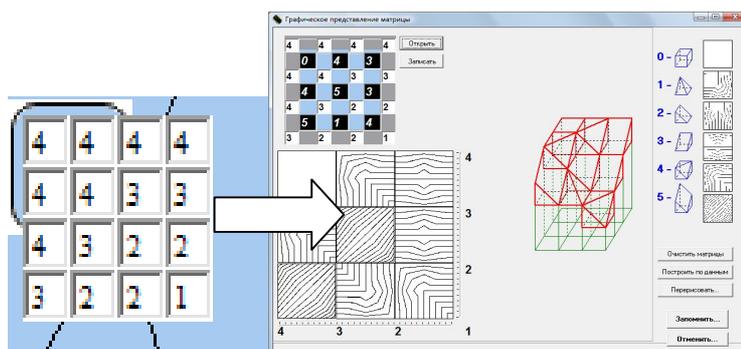


Рис. 3.22. Анализ топологии матриц свертки

Построение топологии матриц свертки (рисунок 3.23), базирующиеся на вычислении формулы (3.16) нечеткой свертки нечетких аргументов с заданным шагом в области определения.

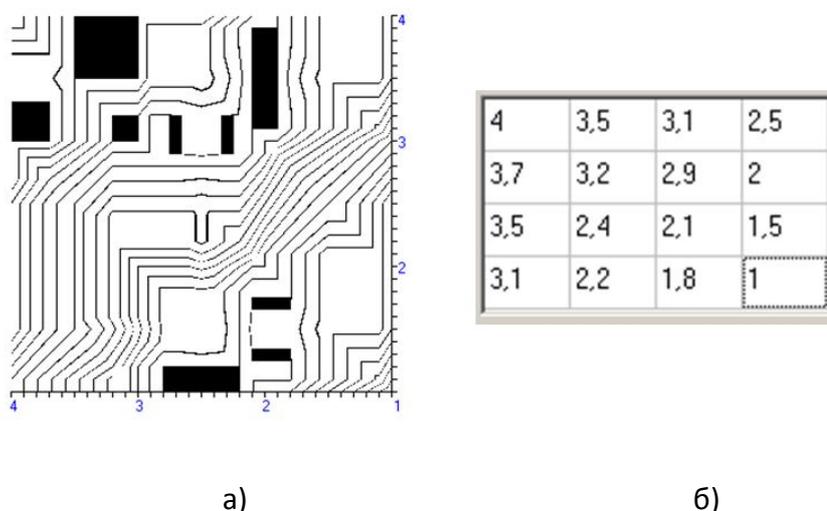


Рис. 3.23. Топология (а) матрицы (б) с нечетким наполнением

Алгоритмы и программы топологизации матриц свертки построены на следующих положениях [44] :

1. Шкала переменных в механизмах комплексного оценивания укладывается в общепринятом интервале [1, 4].

2. Процедура нечеткой свертки строится в соответствии с принципом обобщения по схеме, предложенной Д.А. Новиковым [93]:

$$\mu_{\tilde{X}}(x) = \sup_{\{(x_1, x_2) | f(x_1, x_2) = x\}} \min \{ \mu_{\tilde{X}_1}(x_1), \mu_{\tilde{X}_2}(x_2) \}, \quad (3.20)$$

где $\mu(x)$ – функция принадлежности.

3. Дефазификация (построение четких аналогов нечетких чисел) переменных осуществляется по наиболее распространенному методу Центра тяжести:

$$\hat{X} = ЦТ(\tilde{X}) = \varphi(\mu_1, \mu_2) = \frac{\sum x\mu}{\sum \mu}, \quad (3.21)$$

4. Согласно принятой модели нечеткого числа \tilde{X} как двух-элементного нечеткого множества

$$\tilde{X} = 1 / \mu(1) + 2 / \mu(2), \quad \mu(1) + \mu(2) = 1, \quad (3.22)$$

аргументы процедуры нечеткой свертки в базовой подобласти $[1,2] \times [1,2]$ определения записываются в виде выражений

$$\tilde{X}_1 = 1 / (1 - \mu_1) + 2 / \mu_1, \quad \tilde{X}_2 = 1 / (1 - \mu_2) + 2 / \mu_2. \quad (3.23)$$

Значения параметров μ_1, μ_2 определяются из отношений

$\hat{X}_1 = 1 + \mu_1, \quad \hat{X}_2 = 1 + \mu_2$ что обеспечивает взаимнооднозначность процедур:

$\tilde{X} \leftrightarrow \hat{X}$, а также простоту формы представления экспертной информации об исходных данных \hat{X}_1, \hat{X}_2 например,

$$\hat{X}_1 = 1,73, \mu_1 = 0,73, \tilde{X}_1 = 1 / 0,27 + 2 / 0,73$$

5. Множество матриц свертки, рекомендованных к использованию, сокращается до канонического, когда приращение значений свертки на каждом дискретном шаге изменения аргументов не превышает по

горизонтали/вертикали и по диагонали 1 и 2 соответственно. Для канонических матриц обнаруживается ровно шесть типов $i \in \overline{0, 5}$ стандартных функций свертки, отличающихся в области определения нечеткой свертки [1, 4] смещением $C \in \overline{0, 2} \times \overline{0, 2}$ [44].

6. Процедура нечеткой свертки в базовой подобласти определения для наиболее востребованной на практике максиминной стратегии описывается отношением:

$$\begin{aligned} \tilde{X} = f(\tilde{X}_1, \tilde{X}_2) = & f(1, 1) / \min((1 - \mu_1), (1 - \mu_2)) + \\ & + f(1, 2) / \min((1 - \mu_1), \mu_2) + f(2, 1) / \min(\mu_1, (1 - \mu_2)) + \\ & + f(2, 2) / \min(\mu_1, \mu_2). \end{aligned} \quad (3.24)$$

7. Значения функций нечеткой свертки вычисляются в форме (1), а описываются уравнениями кусочно-гладких (в силу нелинейности выражения (3) проекций изопрайс – линий одинаковой цены \hat{X}_C) на базовую подобласть [44]:

$$\hat{X}_C = \varphi(\mu_1, \mu_2) = f_i(\hat{X}_1, \hat{X}_2), \quad i \in \overline{0, 5} \quad (3.25)$$

8. Сопряжение входа \tilde{X}_{j_2} последующей матрицы свертки с предыдущим \tilde{X}_{j_1} достигается соглашением [44]:

$$\tilde{X}_{j_1} \xrightarrow{(1)} \hat{X}_{j_1} \xrightarrow{(2)} \tilde{X}_{j_1}, \quad \tilde{X}_{j_2} = \tilde{X}_{j_1}. \quad (3.26)$$

Поддерживаемая программно (рисунок 3.23) топологизация матриц свертки существенно расширяет возможности конструирования и использования механизмов комплексного оценивания. Следует заметить, что обнаруживаемая в ходе вычислительного эксперимента локальная

немонотонность проекций изопрайс имеет антропогенное происхождение и связана с выбранным типом стратегии [44].

Для наполнения матриц свертки размерности 4x4 (черные цифры на белом фоне) достаточно построить топологию матриц стандартных функций свертки размерности 3x3 (белые цифры на черном фоне), их взаимнооднозначность очевидна [44].

С этой целью представление экспертов о характере рассматриваемой свертки на топологическом поле «заготовки» отображается тремя линиями изопрайс – по одной из трех «пучков», характеризуемых малым [1, 2], средним [2, 3] и большим [3, 4] уровнями значений свертки. Полученный результат программным сервисом легко переводится в искомую форму представления матрицы свертки (рисунок 3.22). Существенную поддержку в вопросах конструирования матриц свертки может оказать содержательная интерпретация стандартных функций свертки в закрепленной за ними подобласти определения: f_0 – изменение частных критериев не приводит к изменению комплексной оценки, f_1 – рост комплексной оценки поддерживается только равномерным ростом частных критериев, либо выравниванием уровней их развития в случае возникшего расхождения, f_2 – стимулирование исключительно развития критерия x_1 , f_3 – стимулирование исключительно развития критерия x_2 , f_4 – рост комплексной оценки связывается с ростом обоих критериев, либо одного любого критерия, что может восприниматься как достижение успеха в определенном направлении развития объекта комплексного развития, f_5 – достижение синергетического эффекта в развитии комплексной оценки при равномерном развитии обоих критериев, либо роста комплексной оценки вследствие развития одного из критериев без достижения указанного эффекта [44].

Алгоритм переноса топологии матриц свертки в метрическое пространство.

При создании инструментальных средств разработки моделей предпочтений в рамках сформированного базового набора предлагается использовать мнемонические схемы (мнемосхемы) специального вида и их исходный базис, представленных известным множеством формализмов [34].

Мнемосхема переноса топологии матриц свертки в метрическое пространство представлена на рисунке 3.24 [34].

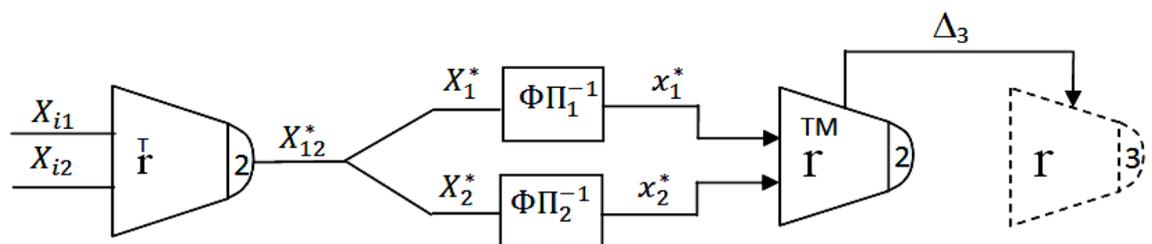


Рис. 3.24. Мнемосхема переноса топологии матрицы свертки в метрическое пространство [34]

Для матриц свертки первого уровня дерева критериев алгоритмы переноса реализованы с использованием обратных функций приведения для сворачиваемой пары критериев. Для более сложных случаев использовано транзитивное замыкание, представляющее собой специально вычисляемую матричную свертку заданной пары критериев в комплексную оценку дерева критериев произвольной сложности. Эта процедура достаточно просто реализуется на основе предложенного автором табличного метода, описанного ниже выражениями 3.23-3.26. Различные варианты переноса матрицы в метрическое пространство, связанные с видом прямых и обратных функций приведения (рисунок 3.25, 3.26).

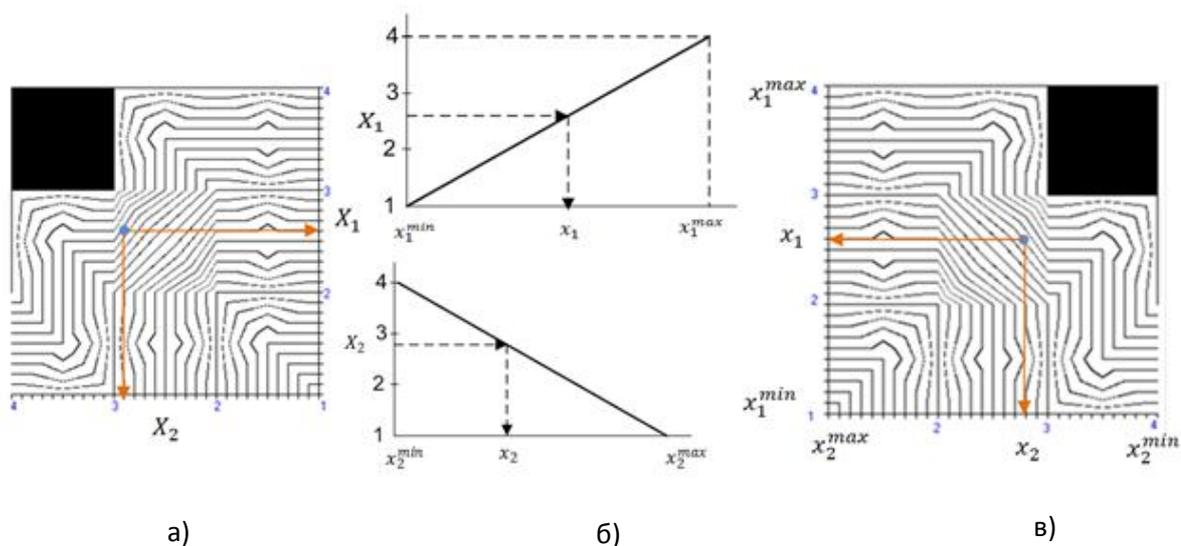


Рис. 3.25. Перенос топологии матрицы первого уровня в метрическое пространство с использованием монотонных функций приведения:
 а) топология матрицы в качественной форме, б) функции приведения с экстремумом, в) топология матрицы в метрическом пространстве [34]

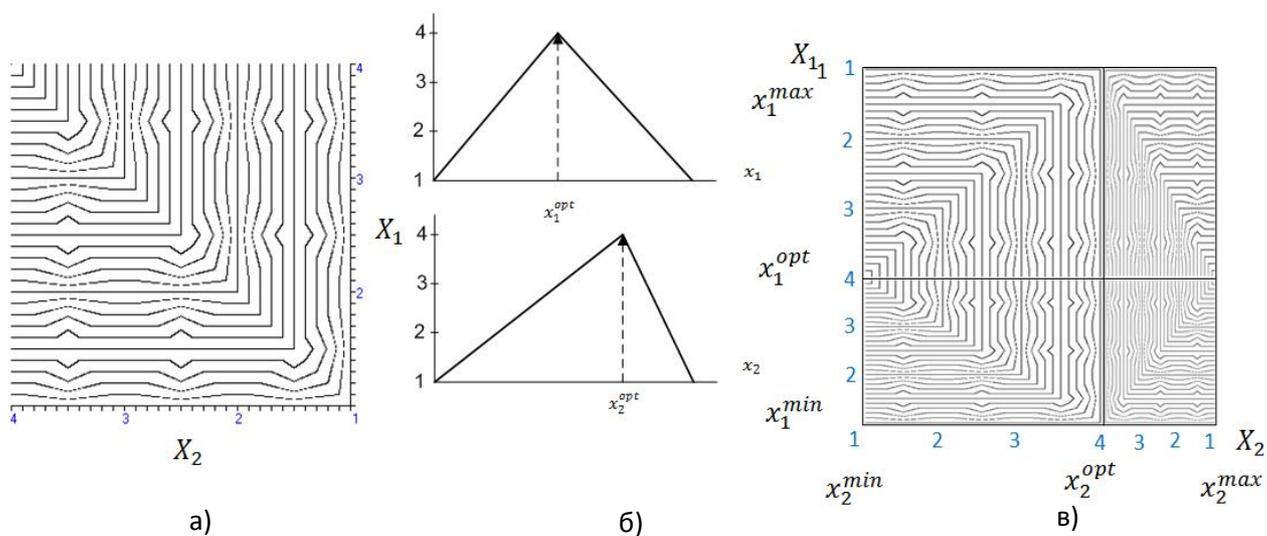


Рис. 3.26. Перенос топологии матрицы в метрическое пространство с использованием функций приведения с экстремумом:
 а) топология матрицы в качественной форме, б) функции приведения с экстремумом, в) топология матрицы в метрическом пространстве [34]

Функции построения семейства рабочих точек.

Алгоритм построения рабочих точек можно представить в виде мнемонической схемы представленной на рисунке 3.27.

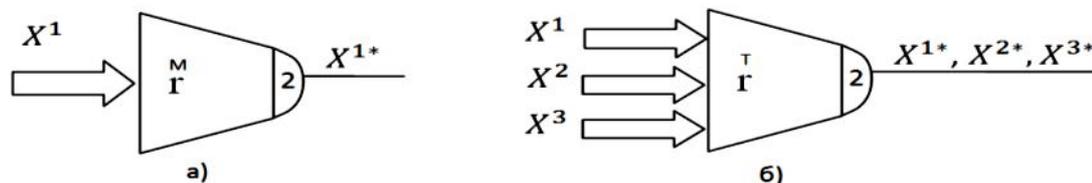


Рис. 3.27. Мнемоническая схема построения одной (а) и семейства (б) рабочих точек [24]

При вычислении комплексной оценки модели каждая матрица имеет точку пересечения сворачиваемых критериев (рабочую точку) пример которых представлен на рисунках рисунок 3.28- 3.29

Семейство рабочих точек строится на основе массива входящих критериев в модель комплексного оценивания.

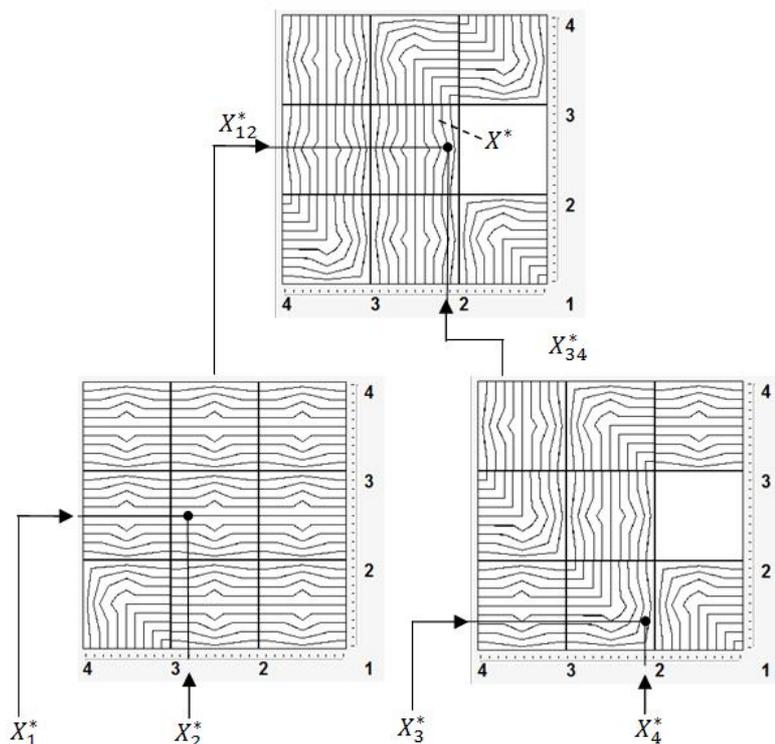


Рис. 3.28. Параметры структурной сложности модели предпочтений в рамках одной рабочей точки, характеризующей состояние (оценку) объекта комплексного оценивания [24]

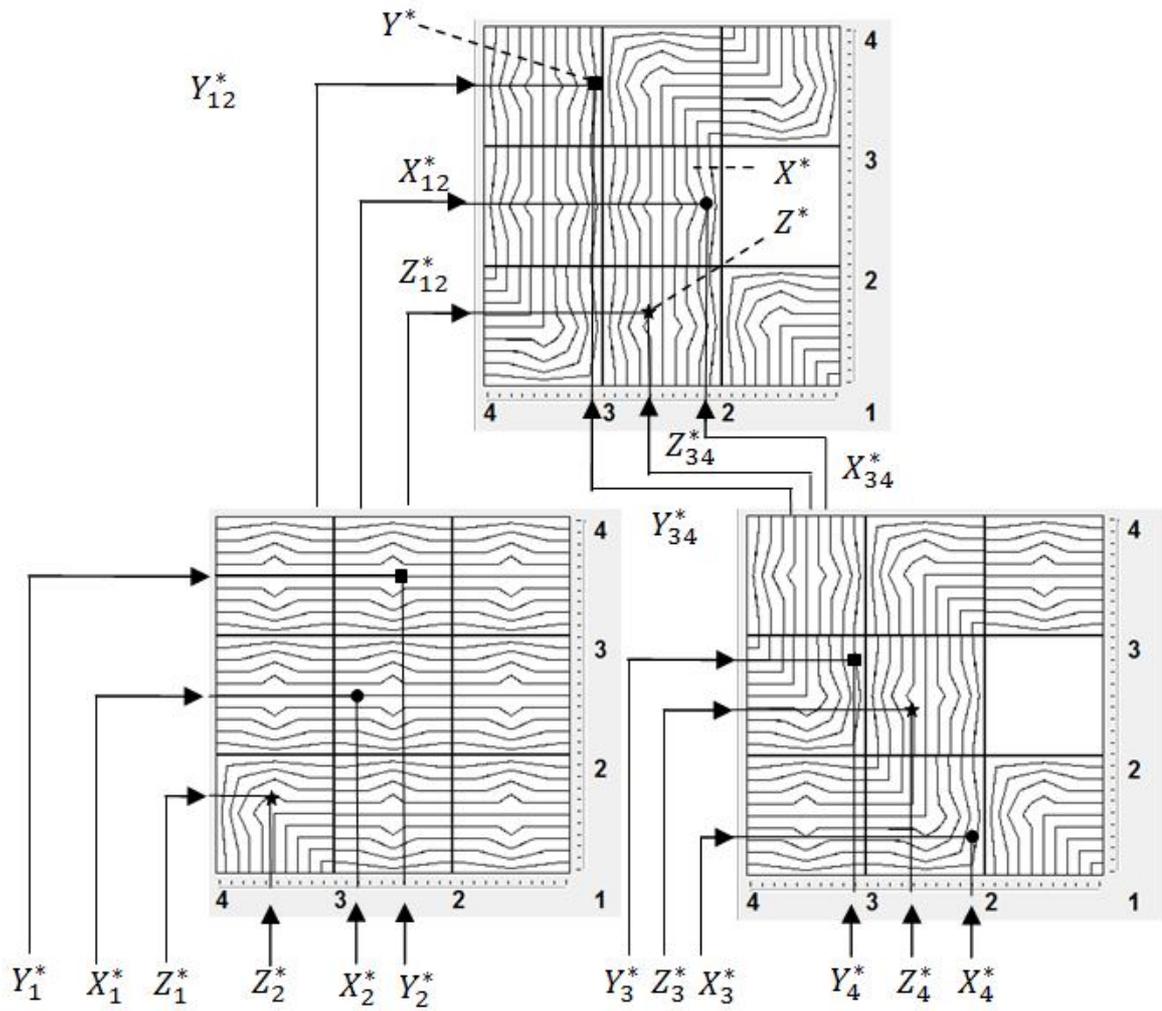


Рис. 3.29–Семейство рабочих точек, характеризующих состояние (оценку) объектов комплексного оценивания [24]

Метод сертификации модели предпочтений.

Сертификация показывает степень влияния критериев на комплексную оценку. В результате построения сертификации можно наглядно проследить влияние того или иного критерия представленного на рисунке 3.30.

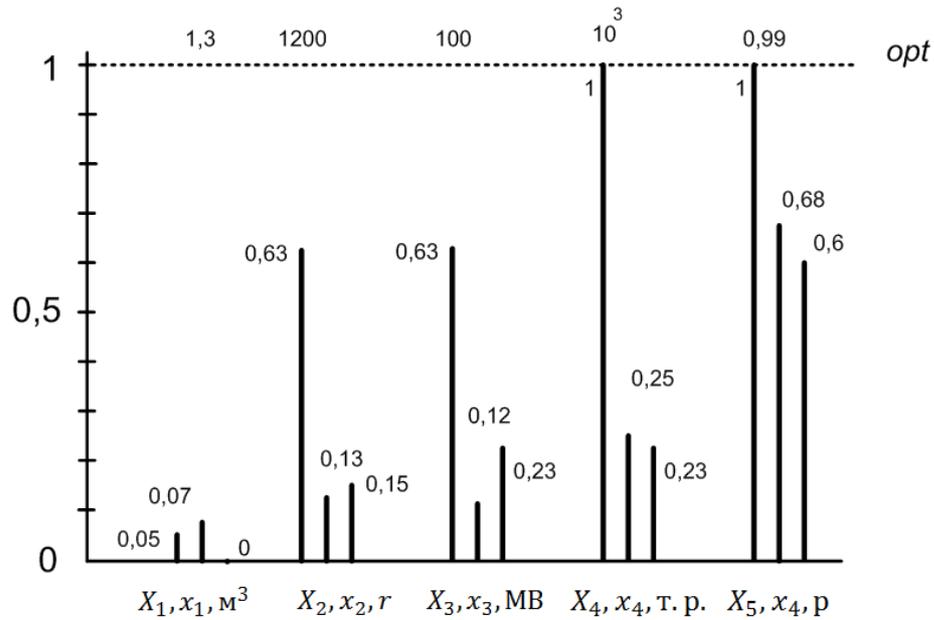


Рис. 3.30. Форма представления результатов сертификации модели предпочтения прототипу с добавлением информации о шкалах частных критериев [24]

Функции ранжирования состояний объекта.

Функция ранжирования состояний объекта необходима для выбора наилучшего из разработанного перечня состояний, на основе исходных ресурсов. Каждое из рассматриваемых состояний находится на изопрайсе показывающей конечный результат рисунок 3.29. Мнемоническая схема функции представлена на рисунке 3.31.

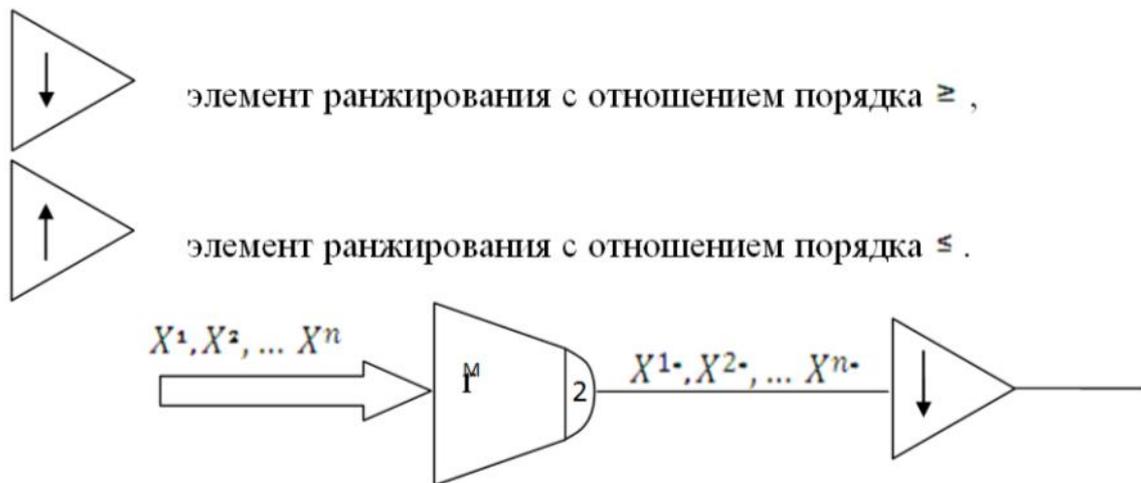


Рис. 3.31. Мнемоническая схема ранжирования состояний объекта (Γ - не возрастание, ∇ - не убывание) [24]

Функции построения динамики изменения состояний объекта.

Динамика изменения состояний объекта может быть представлена в виде траектории развития (рисунок 3.33), отображающая состояние объекта в определенный момент времени.

Мнемоническая схема построения динамики состояния объекта представлена на рисунке 3.32.

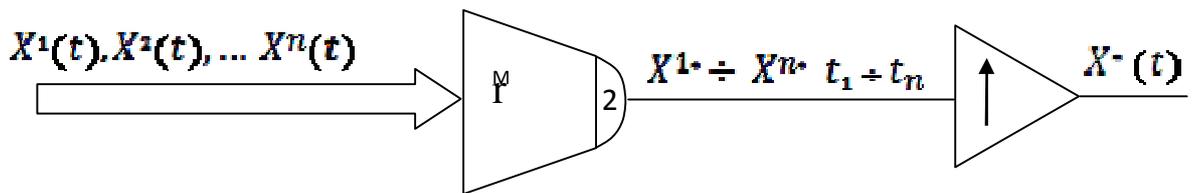


Рис. 3.32. Мнемоническая схема процедуры построения динамики изменения состояний объекта [24]

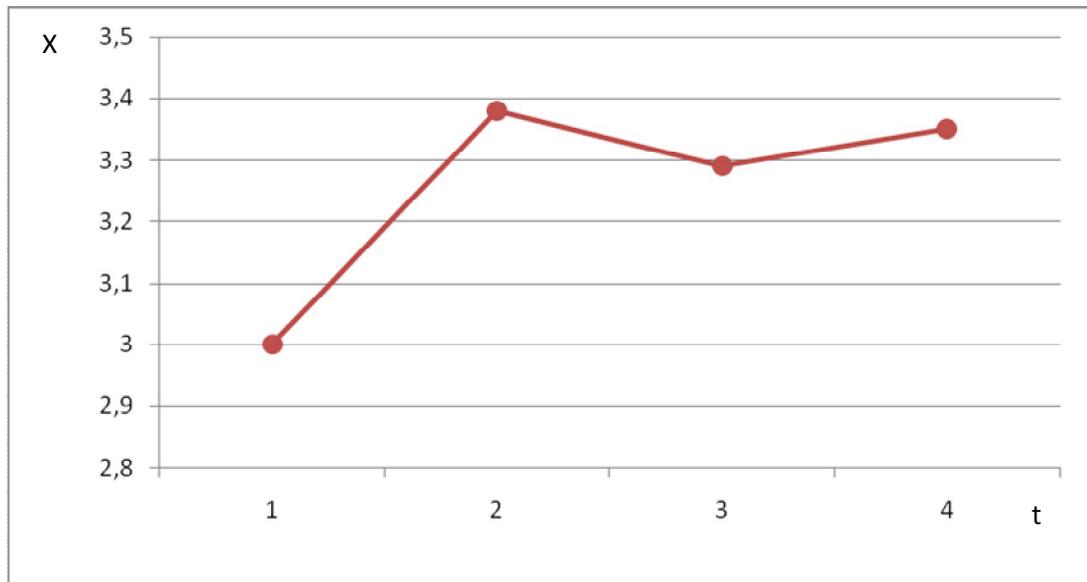


Рис. 3.33. Траектория развития объекта [24]

Функции ранжирования объектов сопоставления.

Ранжирование объектов сопоставления выполняется на основе исходного набора альтернатив. Каждой из альтернатив ставится в соответствие значение комплексной оценки при условии однородности объектов. Задав условия ранжирования строится ряд альтернатив из

которого выбирается наиболее подходящая, набравшая максимальную оценку или минимальную в зависимости от условий.

Ранжирование однородных объектов в виде мнемонической схемы представлено на рисунке 3.34.

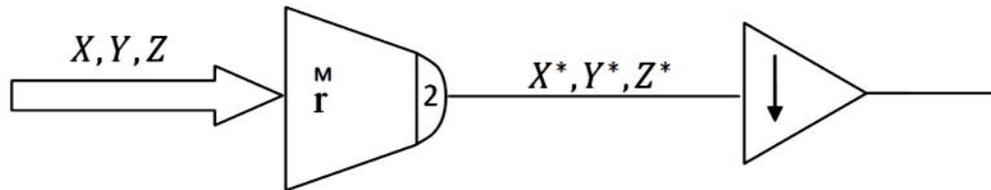


Рис. 3.34. Процедура ранжирования однородных объектов [24]

Поведение моделей ранжируемых объектов можно проследить на различных уровнях дерева комплексного оценивания, представленного на рисунке 3.35.

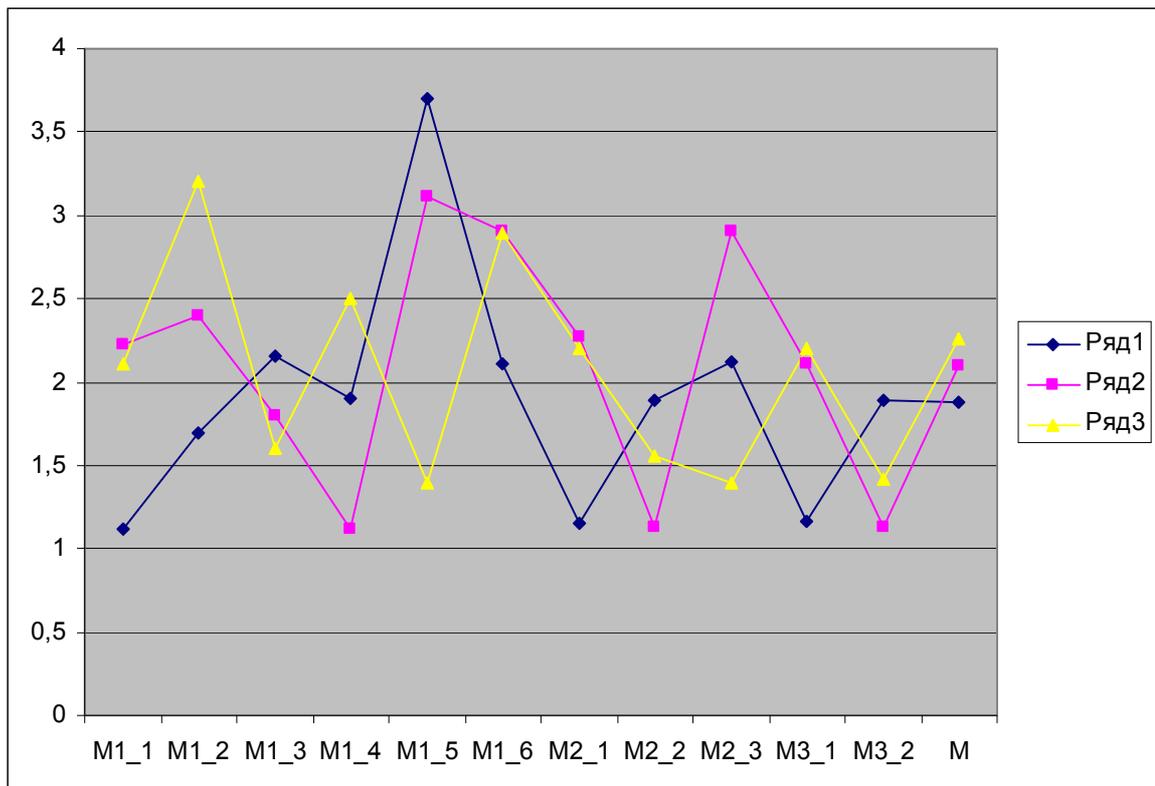


Рис. 3.35. Сопоставление оценок ранжируемых объектов на разных уровнях иерархии дерева критериев [24]

Алгоритмы построения функций чувствительности одной переменной в рабочей точке.

После вычисления комплексной оценки модели дальнейшее определение развития, то есть увеличения комплексной оценки целесообразно осуществлять на основе критериев которые влияют на эту оценку. Выявить такие критерии позволяют функции чувствительности. Эти функции показывают влияние критериев на комплексную оценку в определенной рабочей точке. При изменении значений критериев набор функций чувствительности строится заново.

При построении функции чувствительности модели фиксируются все критерии кроме рассматриваемого, значения из области определения [1,4] которого подаются с шагом 0,01 в модель для вычислений. На основе расчетов строится график, который наглядно отображает реакцию комплексной оценки модели на изменение рассматриваемого критерия.

Функция чувствительности одной бинарной матрицы представлено выражениями:

$$\hat{X}(\hat{X}_1) = \{\hat{X}(\hat{X}_1, \hat{X}_2^*; \hat{X}_1 \in \overline{[1,4]})\} \quad (3.27)$$

$$\hat{X}(\hat{X}_2) = \{\hat{X}(\hat{X}_1^*, \hat{X}_2; \hat{X}_2 \in \overline{[1,4]})\} \quad (3.28)$$

\hat{X}_1^* – фиксация аргумента

Программная реализация функции чувствительности представлена на рисунке 3.36 выполненная в программе «Декон-табл». Построение

Вычисленная матрица значений сверток с установленным шагом 0,01,

$$M = \|\hat{X}_{mn}\|; mn \in \overline{1,300}, |M| = 90000 \quad (3.29)$$

$$\hat{X}_{mn} = (\hat{X}_{1m}, \hat{X}_{2n}) = M(m, n), \hat{X}_{1m}, \hat{X}_{2n} \in [1,4], \Delta = 0,01 \quad (3.30)$$

$$\hat{X}(\hat{X}_1)_{\hat{X}_2^*} = M(\hat{X}_{1m})_{\hat{X}_2^*}, m \in \overline{1,300} \quad (3.31)$$

$$\hat{X}(\hat{X}_2)_{\hat{X}_1^*} = M(\hat{X}_{2n})_{\hat{X}_1^*}, n \in \overline{1,300} \quad (3.32)$$

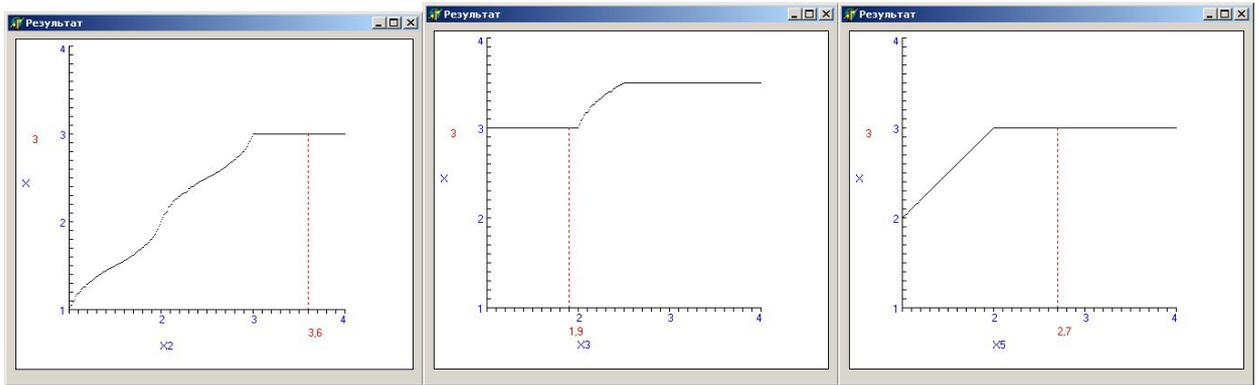


Рис. 3.36. Функции чувствительности одной переменной [24]

Мнемоническая схема построения функции чувствительности одной переменной модели предпочтения представлена на рисунке 3.37 [34].

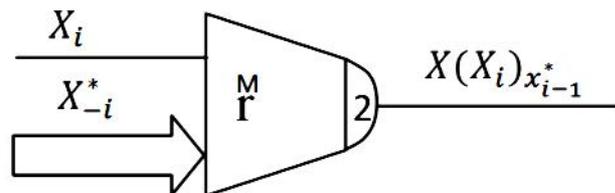


Рис. 3.37. Мнемоническая схема построения функции чувствительности одной переменной модели предпочтения

Алгоритмы построения функций чувствительности двух переменных в рабочей точке.

Функция чувствительности двух переменных отличается от вышеописанной тем, что в процессе определения чувствительности комплексной модели участвует два критерия.

При построении функции чувствительности модели фиксируются все критерии кроме двух рассматриваемых (3.27-3.28). Вычисления проводятся при вариациях выбранных критериев со значениями из области определения [1,4] и шагом 0,01. Результатом такого вычисления является матрица транзитивного замыкания (рисунок 3.17).

$$X = X(X_{i_1}, X_{i_2})_{X_{-(i_1, i_2)}^*}, \quad i_1, i_2 \in \overline{1, n}, \quad i_1 \neq i_2 \quad (3.33)$$

$$X = X(X_i)_{X_{-(i, i_2)}^*}, \quad i_1, i_2 \in \overline{1, n}, \quad i_1 \neq i_2, \quad (3.34)$$

где $X_{-(i_1, i_2)}^*$ - множество значений всех прочих частных критериев, привязанных к рабочей точке [34].

Мнемоническая схема построения функций чувствительности двух переменных представлена на рисунке 3.38 [34].

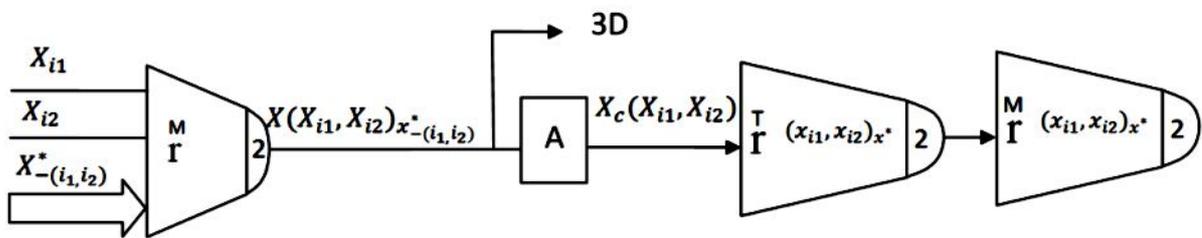


Рис. 3.38. Мнемоническая схема построения функций чувствительности двух переменных в форме 3D и 2D с топологической интерпретацией

Функция чувствительности в формате 3D представлена на рисунке 3.39.

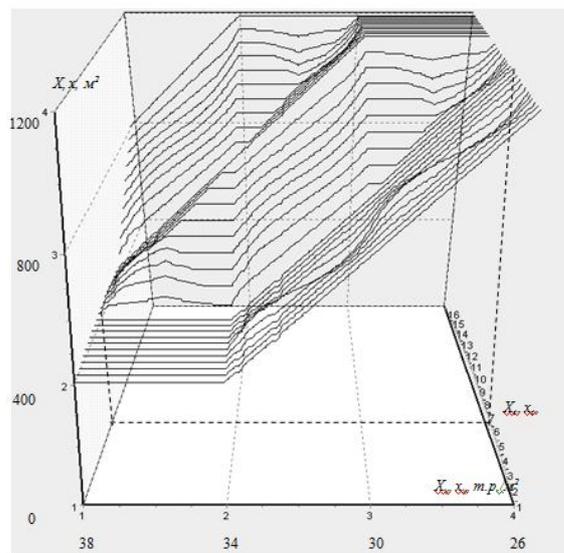


Рис. 3.39. Функция чувствительности комплексной оценки в формате 3D

Функции построения множества альтернатив в задачах развития объектов сопоставления.

Для реализации функций построения множества альтернатив необходимо провести анализ текущего состояния модели и определить направления развития. На основе анализа генерируются альтернативы путем изменения значений критериев в соответствии с имеющимися ресурсами. На следующем шаге для каждой альтернативы вычисляется комплексная оценка, участвующая в их ранжировании.

Алгоритм генерации множества альтернатив представлен в виде мнемонической схемы на рисунке 3.40 [24].

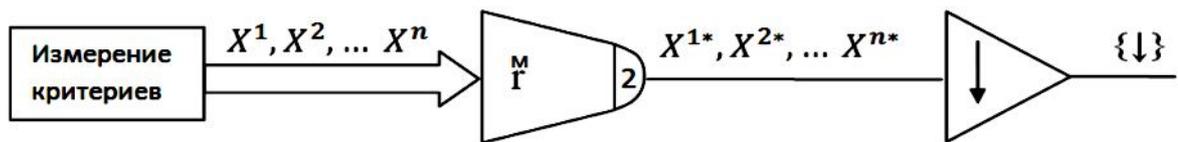


Рис. 3.40. Мнемосхема построения множества альтернатив в задачах развития объектов сопоставления [24]

Функция моделирования коллективных предпочтений.

Данная функция отличается следующим. На основе информации (предпочтения) эксперта строится модель предпочтения которая отражает его мнение. Для реализации коллективных предпочтений строятся модели предпочтений всех экспертов. На основе полученных моделей выполняются расчеты в результате формируется коллективное предпочтение которое в дальнейшем утверждается. Данная функция применяется для принятия коллегиальных решений, мнемоническая схема которой представлена на рисунке 3.41 .

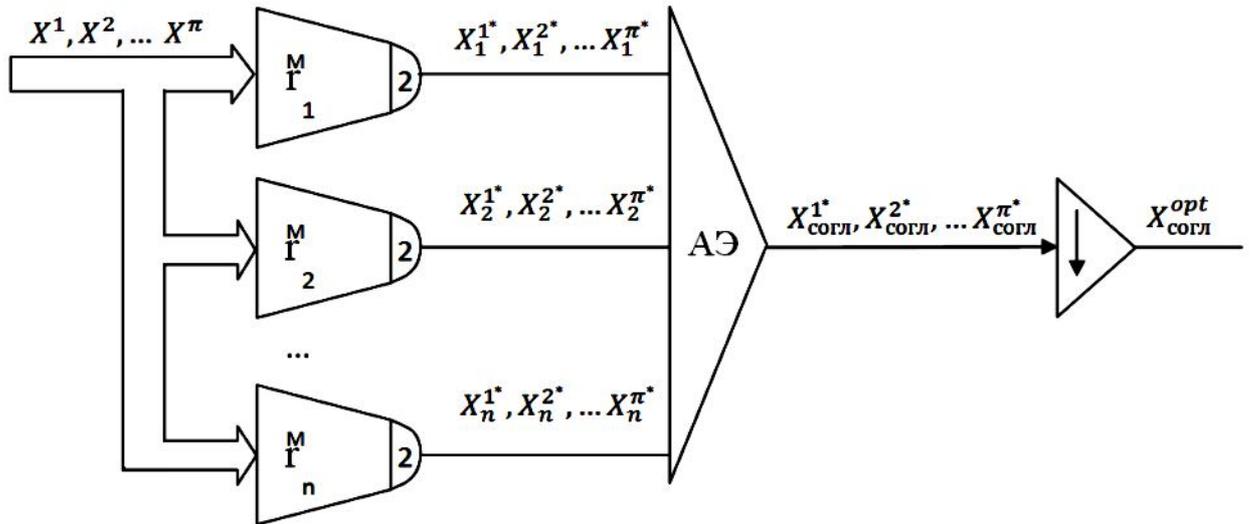


Рис. 3.41. Мнемосхема принятия согласованных коллективных решений [24]

При отсутствии или недостаточной подготовке некоторых экспертов возможны искажения конечных результатов. Для устранения этого недостатка часто применяется среднееарифметическое значение. В данном способе возможно манипулирование результатами отдельными экспертами.

Предлагается применять механизм активной экспертизы при которой эксперту выгодно показывать истинное мнение [51, 94].

Механизм строиться на основе логической обработки

$$X_{\mathcal{E}} = \max_{i=1,n} \min_{i=1,n} (X_i, X_{i-1}) \quad (3.35)$$

где i – номер эксперта в ранжированном ряду высказанных мнений, расположенных между нижней $X_{\text{ниж}}$ и верхней $X_{\text{верх}}$ границами области высказываний, W_{i-1} – специальная дискретная функция, множество значений которой соответствует состояниям равновесия по Нэшу. Значение данной функции для i -го эксперта, как правило, вычисляется по формуле [51, 94].

$$W_{i-1} = X_{\text{ниж}} + \frac{X_{\text{верх}} - X_{\text{ниж}}}{n} \cdot (n - i + 1) \quad (3.36)$$

Иллюстрация механизма активной экспертизы представлена на рисунке 3.42

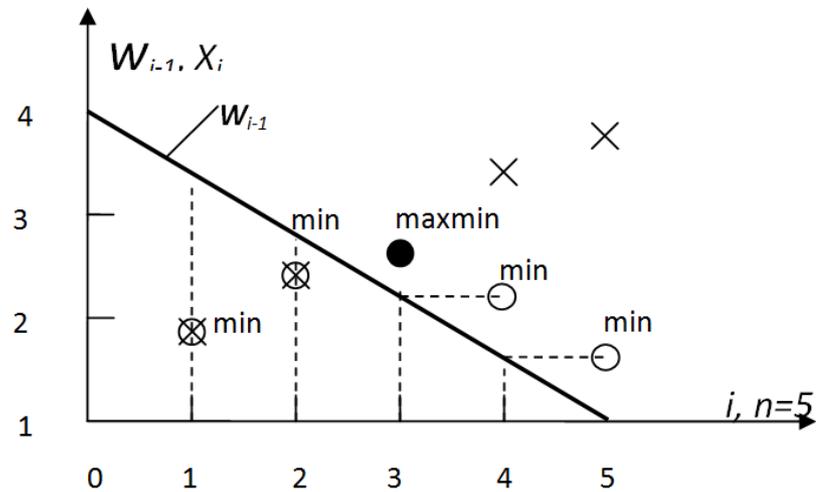


Рис. 3.42. Иллюстрация работы механизма активной экспертизы: \times – мнение эксперта, \circ – $\min(X_i, W_{i-1})$, \bullet – результат активной экспертизы X_3 [21]

Программная реализация механизма представлена на рисунке 3.43.

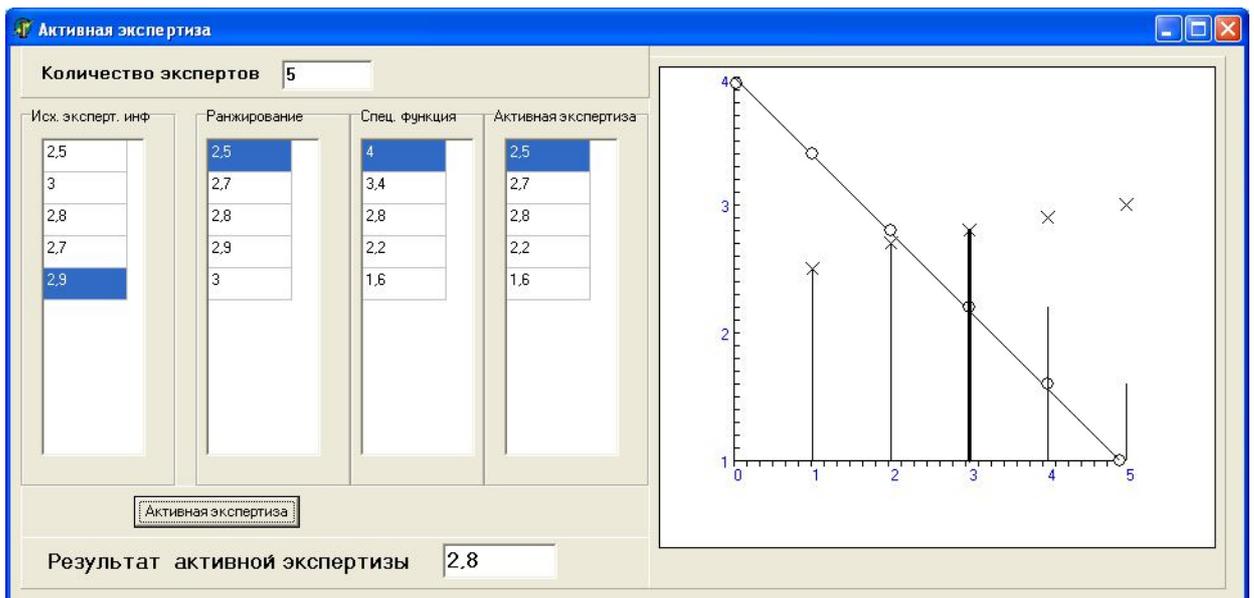


Рис. 3.43. Иллюстрация работы программы «Активная экспертиза» [21]

Эксперимент вычисления активной экспертизы показал, что в отдельных случаях присутствует манипулирование результатами на изначально заданной области определения (рисунки 3.44, 3.45).

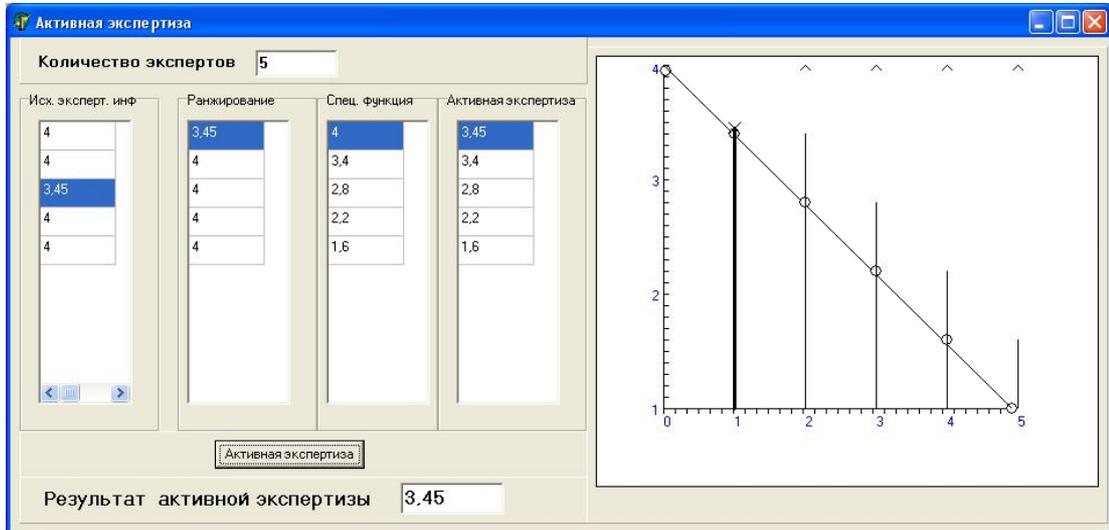


Рис. 3.44. Иллюстрация процедуры манипулирования, в вопросе соответствия качества объекта верхней оценке [21]

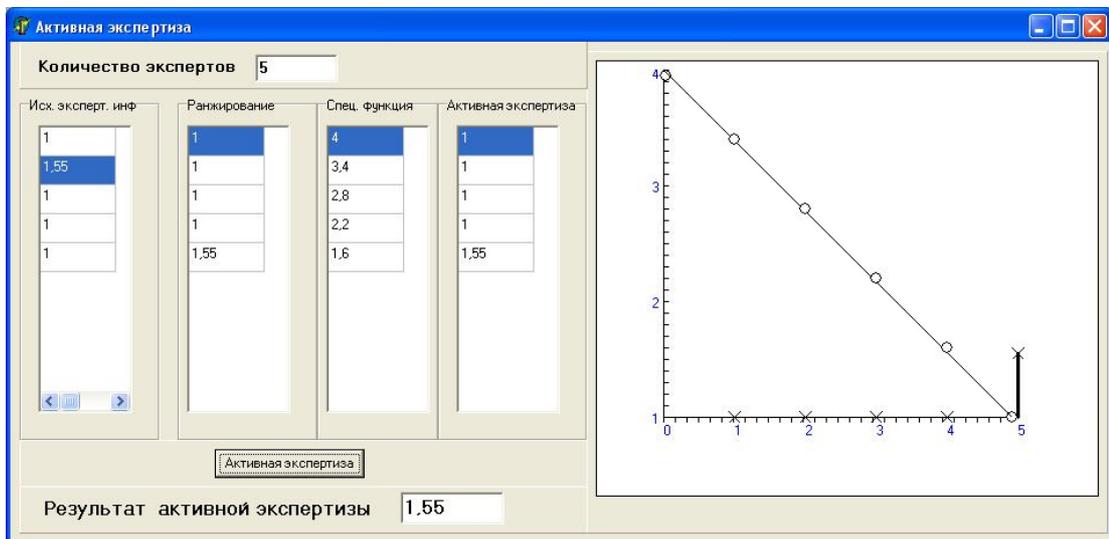


Рис. 3.45. Иллюстрация процедуры манипулирования, в вопросе соответствия качества объекта нижней оценке [21]

Сократить влияние на результат можно сократив диапазон варьирования применяя выражение

$$W_{i-1} = X_{\max} + \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n} \cdot (n - i + 1), \quad (3.37)$$

где X_{\min}, X_{\max} – крайние мнения экспертов, характеризующие их разброс и формирующие при известных условиях состояния равновесия по Нэшу[21].

Реализация рассмотренных выше функций нашла свое отражение в программных продуктах семейства «Декон» (таблица 3.5).

Таблица 3.5. Функциональное наполнение базовых инструментальных средств на этапе исследования моделей предпочтений в семействе «Декон»

Базовые инструментальные средства (БИС)		Декон	Декон-изопрайс	Декон-табл	Опер-декон	Активная экспертиза	Бизнес -декон	БИС
								УИК
Реализованные функции								
Комплексная оценка	Без привязки к шкале	+						
	С привязкой к шкале		+	+	+			
	Нечеткая свертка						+	
Функция чувствительности	Графоаналитическая	+	+					0
	Автоматизированная одной переменной			+	+		+	1
	Автоматизированная двух переменных			+				1
	Транзитивное замыкание			+				0
Обработка результатов коллективных предпочтений	Ручная	+	+	+	+			0
	Согласованная с активной экспертизой	+	+	+	+			0
	Коллективные предпочтения					+		1

	Модификация активной экспертизы					+	+	2
Линеаризация	Ручная	+	+	+	+			0
	Автоматизированная						+	1

Предложенные рекомендации имеют большое значение для задач управления сложными объектами с признаками «сложности развития», например, такими как городской лесопарк.

Выводы по главе 3

1. Разработанные инструментальные средства моделирования предпочтений участников принятия решений отличаются инновационными алгоритмами разработки и исследования моделей предпочтений, топологической интерпретации бинарных матриц свертки, построения и/или анализа функций чувствительности комплексной оценки к вариациям одной или нескольких переменных, моделирования коллективных предпочтений, поддержкой задач построения композиций предпочтений аппаратом мнемонических схем и использованием авторских программ интеллектуальной поддержки принятия решений.

2. Разработанные инструментальные средства обеспечивают разработку и исследование моделей предпочтений в соответствии с требуемой функциональной полнотой и уровнем специальной подготовки участников принятия решений.

3. Разработанные инструментальные средства поддерживаются программным комплексом «Декон», все компоненты которого прошли государственную регистрацию как программы для ЭВМ, что подтверждено шестью авторскими свидетельствами.

4. По результатам исследований, изложенных в третьей главе работы, сформулировано Положение 2, выносимое на защиту: «Инструментальные средства моделирования предпочтений обеспечивающие разработку и исследование моделей предпочтений в соответствии с требуемой функциональной полнотой и уровнем специальной подготовки участников принятия решений».

Глава 4. Разработка специального алгоритмического и программного обеспечения комплексной модели управления устойчивым развитием лесопарков

4.1 Разработка базы данных мониторинга лесопарка.

Как это уже отмечалось ранее, мониторинг лесопарка предполагает получение огромного числа результатов прямых измерений и экспертных оценок, осуществляемых на его территории и вблизи неё. Этот массив данных целесообразно реализовать в системе в виде реляционной базы данных. Под базой данных понимается совокупность данных, хранимых в соответствии со схемой данных, манипулирование которыми выполняют в соответствии с правилами средств моделирования данных.

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. С этой целью была спланирована последовательность приведенных ниже продуктивных действий.

1. Структуризация представления в базе данных мониторинга.
2. Построение даталогической модели базы данных мониторинга.
3. Построение даталогической модели для результатов обработки данных.
4. Построение карты лесопарка в структурных единицах (выделах).
5. Установление функционального соответствия между структурными единицами и базой данных.
6. Разработка интерфейса отображения данных о запрашиваемых выделах на карте лесопарка.
7. Формулировка и программная поддержка типовых запросов к базе данных для предполагаемых кластеризации.

Для разработки базы данных необходимо понимать какие данные будут в ней храниться. На первом этапе разработки базы данных необходимо

определить ее назначение и как она будет использоваться. По мере определения предназначения базы данных начнет формироваться перечень необходимых данных. Зная это, можно определить, какие фактические данные (поля) следует сохранять в базе данных и по каким таблицам распределяются эти данные.

Лесопарк декомпозируется по типам растительности – выделам. Каждому выделу соответствует набор характеристик. На основании данных мониторинга структура базы данных может быть представлена следующим образом:

— Таблица «Характеристики выдела». В данной таблице целесообразно хранить информацию о: номере выдела, номере квартала, занимаемой площади, координатами выдела и т.п.

— Таблица «Таксационное описание». В данной таблице храниться информация с таксационными показателями насаждений;

— Таблица «Гидрология». В данной таблице храниться информация о результатах полевых инженерно-гидрологических работ;

— Таблица «Насаждения». В данной таблице храниться информация о происхождении насаждений, видовое богатство, стадии дигродации и др.

— Таблица «Почва и напочвенный покров». В данной таблице храниться информация о почвенном обследовании территории;

— Таблица «Зонирование». Описание выделенных зон по различным характеристикам.

Описание пробной площади (В данной таблице храниться информация о результатах проведенного исследования пробной площади)

Учитывая выше приведенную структуру данных можно построить даталогическую модель базы данных рисунок 4.1.

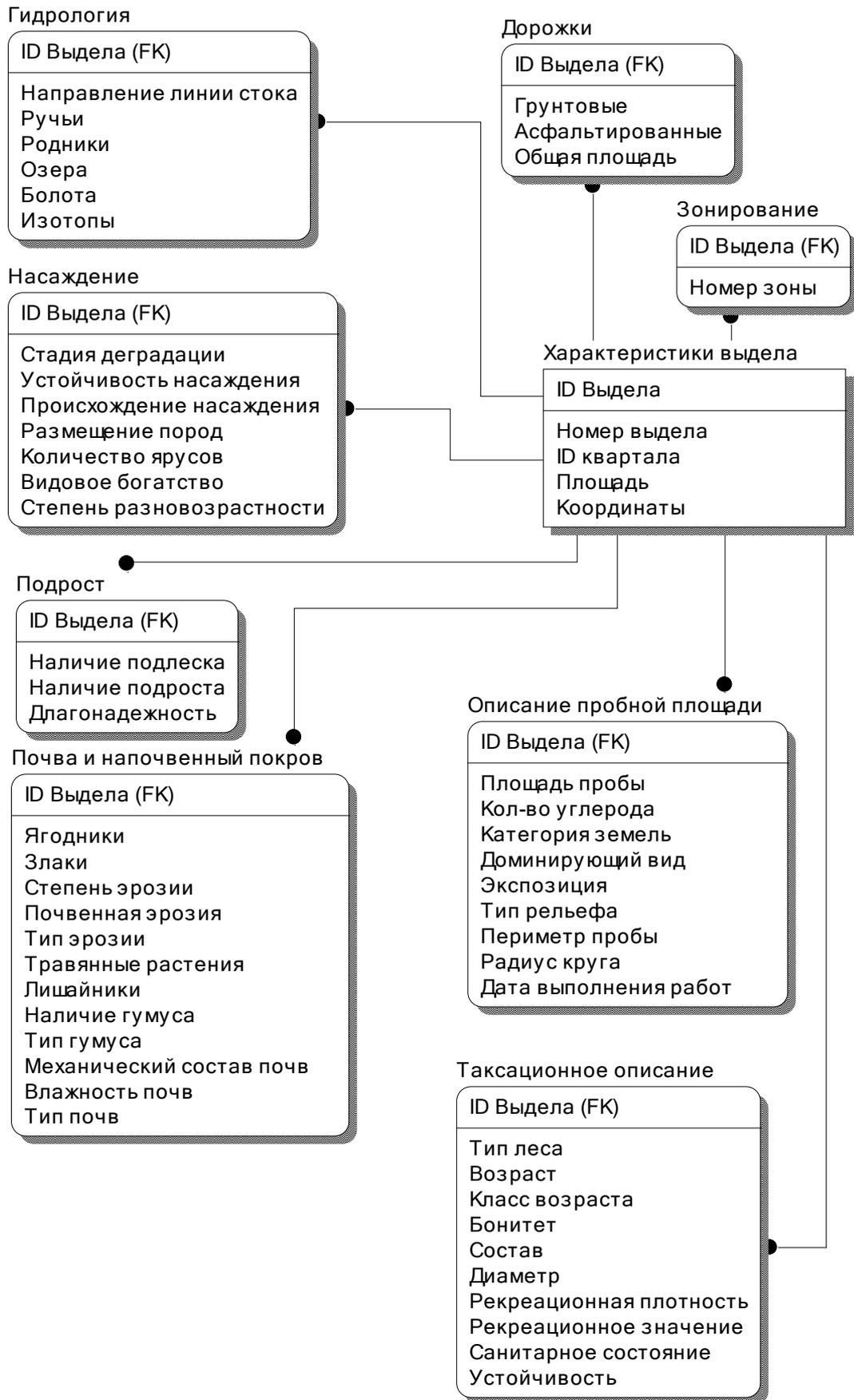


Рис. 4.1. Даталогическая модель базы данных лесопарка

Результаты обработки данных мониторинга можно представить следующим образом:

- Таблица «Уровень биотического состояния». Данная таблица хранит данные об уровне состояния растительности, животного мира, санитарного эпидемиологического состояния.
- Таблица «Уровень абиотического состояния», в которой храниться информация о состоянии: атмосферы, почвенного покрова, поверхностных вод, недр и подземных вод.
- Таблица «Уровень рекреационного состояния в которой храниться информация об устойчивости, стадии дигрессии, эстетичности, проходимости и просматриваемости.

Фрагмент базы данных представлен в таблице 4.1 основанный на экспертной информации [96].

Таблица 4.1. Фрагмент таблиц из базы данных лесопарка

Имя таблицы	Значение	Содержание
Эстетичность	3	Обозримость и проходимость хорошие, захламленности и сухостоя нет, разнообразный живой напочвенный покров
	2	Обозримость и проходимость пониженные, захламленность и сухостой до 5 кубм/га, травяной покров однообразный, сорные виды, кочки
	1	Открытые пространства заболоченные или требуют осушения, недоступные для посещения места
Устойчивость	4	Насаждения совершенно здоровые, подрост, подлесок и напочвенный покров характерен для нормальных древостоев
	3	Насаждения с замедленным ростом, рыхлым строением кроны, хвоя и листва с бледно-зеленой окраской, категория санитарного состояния 2 – 3, подрост лесобразующих пород отсутствует, напочвенный покров из характерных для типа леса лесных видов изрежен, преобладают сорно-

		рудеральные виды
	2	Насаждения с резко ослабленным ростом. Подрост отсутствует, подлесок и напочвенный покров вытоптаны, почва сильно уплотнена, деревья имеют механические повреждения, поражены вредителями и болезнями, категория санитарного состояния 3-4,
	1	Насаждения с прекратившимся ростом. Подрост, подлесок и живой напочвенный покров отсутствуют, почва сильно уплотнена, категория санитарного состояния более 4.

Все данные мониторинга хранятся в базе данных, разработанной и спроектированной на СУБД PostgreSQL 9.0.1. PostgreSQL - это объектно-реляционная система управления базами данных, работающая как клиент-серверная система. Основываясь на базовых понятиях реляционных БД, PostgreSQL поддерживает и ряд «объектных» операций, например, наследование. PostgreSQL соответствует базовой спецификации SQL'99 и поддерживает большое число возможностей, описанных стандартом SQL'92, так же как и стандартом SQL'2003 (ISO/IEC 9075). Выбор данной СУБД обусловлен ее высокоскоростной работой, поддержкой различных форматов хранения данных и наличием мощнейшего серверного языка программирования (pgPL/SQL). Следует отметить, что PostgreSQL является программным продуктом с открытым исходным кодом и является свободной альтернативой коммерческим СУБД (таким как ORACLE, Microsoft SQL Server, IBM DB2, Informix и СУБД производства Sybase). Существует в реализациях для следующих платформ: Linux, Solaris/OpenSolaris, Win32, Mac OS X, FreeBSD, QNX 4.25, QNX 6, то есть может быть портирован практически на любую из современных операционных систем. Сильными сторонами PostgreSQL считаются: поддержка БД практически неограниченного размера; мощные и надёжные механизмы транзакций и

репликации; механизмы наследования структур данных; легкая расширяемость.

Спроектированная и реализованная база данных позволяет оперировать большим массивом данных в соответствии с возникающими задачами управления устойчивым развитием лесопарка. Обширность территории лесопарка и относительная локальность мероприятий по благоустройству и использованию его рекреационного, социально-экономического потенциала делают востребованным выделение в этой особо охраняемой зоне отдельных участков, объединяющих в классы выделы с отношением эквивалентности, тесно связанным целью и содержанием планируемых мероприятий. К задачам подобного рода обычно используется кластерный подход, для чего разрабатываются алгоритмы и программные продукты, автоматизирующие сложные процедуры, решающие задачи выбора на широком множестве данных.

4.2 Разработка алгоритма кластеризации территории лесопарка.

Данные мониторинга по всем классификаторам образуют гигантский массив информации распределенный по выделам реализованный в системе в виде реляционной базы данных. Таким образом каждому выделу (см. рисунок 4.2) в базе данных соответствует многомерный вектор значений параметров всех видов.

Для взаимодействия пользователя с базой данных необходимо разработать интерфейс (программное приложение).

В качестве компромиссного варианта была выбрана платформа Qt. Qt это объектно-ориентированный, кросс-платформенный инструментарий разработки ПО на языке программирования C++. Qt является полностью объектно-ориентированным, легко расширяемым и поддерживающим технику компонентного программирования языком.

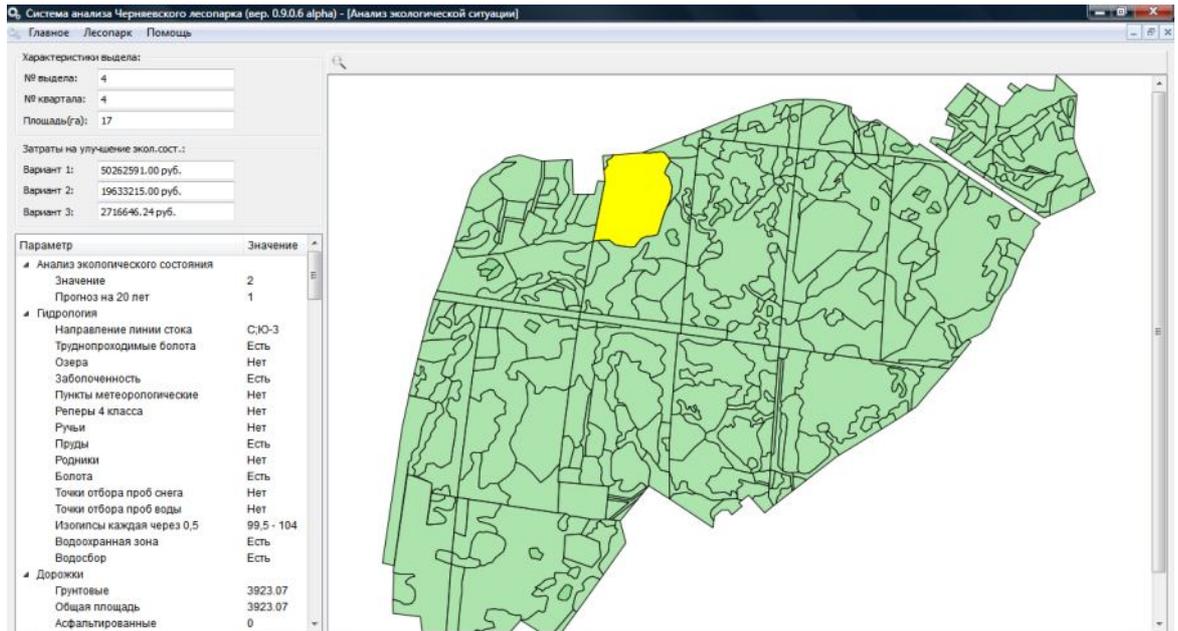


Рис. 4.2. Представление лесопарка в виде реляционной базы по выделам.

Иллюстрация запроса.

Следует отметить, что данная платформа позволяет использовать в качестве источника данных практически любую из существующих систем управления базами данных, в том числе и PostgreSQL.

Реляционная база данных позволяет осуществить второй шаг агрегирования с использованием кластерного подхода. Применительно к описанной системе лесопарка как большой системе позволяет идентифицировать в лесопарке однородные территории (кластеры) относительно сформулированного предиката, истинность которого служит признаком однородности.

Предикат это функция, отображающая значения аргументов в высказывания об этих значениях

Различные цели и задачи управления устойчивым развитием лесопарка могут востребовать самые разнообразные предикаты, как по структуре, так и по составу классификаторов, в соответствии с матрицей «соседства» выделов (таблица 4.2), например, используя высказывания,

$$\{V_i\} = (\forall V_i \in V_0) P(\overline{("Болота" \& "Ручьи" \& "Напр. стока - сев.")} \vee ("Дор. сеть \geq 1 \text{ км}"))$$

Результат вычислительного эксперимента представлен на рисунке 4.3.

В соответствии с предикатом формируется запрос к базе данных, получив ответ, программный модуль «подсвечивает» необходимые данные на карте лесопарка. Фрагмент программного кода

Загрузка значений из базы данных:

```
void FrmMapOverview::execHighlight ()
{
    QTreeWidgetItem * item = 0 ;
    item = ui->twMap->selectedItems().at(0);
    if (HighlightOptions.sFieldName == item-
>data(4,Qt::DisplayRole).toString())
    {
        HighlightOptions = HighlightData();
        //item->setIcon(0,QIcon());
        item->setData(1,Qt::UserRole + 6,false);
        SetItemIcon(item);
        ReDrawMapHighLight();
        return;
    }
    HighlightOptions.iFieldType = item->data(3,Qt::DisplayRole).toInt();
    HighlightOptions.sTableName = item->data(5,Qt::DisplayRole).toString();
    HighlightOptions.sFieldName = item->data(4,Qt::DisplayRole).toString();

    if (prevHighlight != NULL)
    {
        prevHighlight->setData(1,Qt::UserRole + 6,false);
        SetItemIcon(prevHighlight);
    }

    DataAdapter * da = new DataAdapter("SELECT * FROM
metadata.view_fielddtables_plain");
    if(da->processQuery())
    {for (int i = 0; i < da->getRowCount(); i++)
        {if (HighlightOptions.sTableName == da->resultSet(i,"id").toString())
            {if (HighlightOptions.iFieldType == CONST_TYPE_BOOLEAN)
                {HighlightOptions.sMinValue = "false";
                HighlightOptions.sMaxValue = "true";
            }
            else
                {DataAdapter * daTemp = new DataAdapter("SELECT min(" +
HighlightOptions.sFieldName + ")::text as min FROM " + da-
>resultSet(i,"fieldtable_name").toString() + "_real");
                if (daTemp->processQuery())
                    {HighlightOptions.sMinValue = daTemp-
>resultSet(0,"min").toString();}
                delete daTemp;
                daTemp = new DataAdapter("SELECT max(" +
HighlightOptions.sFieldName + ")::text as max FROM " + da-
>resultSet(i,"fieldtable_name").toString() + "_real");
                if (daTemp->processQuery())
                    {HighlightOptions.sMaxValue = daTemp-
>resultSet(0,"max").toString();}
                delete daTemp;
            } HighlightOptions.sTableName = da-
>resultSet(i,"fieldtable_name").toString();
        }
    }
}
delete da;
item->setData(1,Qt::UserRole + 6,true);
SetItemIcon(item);
```

```

prevHighlight = item;
ReDrawMapHighLight ();
}

```

Фрагмент кода выделения запрашиваемых данных на карте:

```

void FrmMapOverview::ReDrawMapHighLight ()
{ QColor normColor = unusedColor;
  if (HighlightOptions.sFieldName == "")
  { for (int i =0; i < lstShapes->count();i++)
    { lstShapes->at(i)->brush->setColor(normrealColor);
      lstShapes->at(i)->DrawMe(mainScene);
    }if (lstFilterOptions->count() !=0)
    {ReDrawMap ();}
    return;
  }
  DataAdapter * da = new DataAdapter("SELECT highlight_id," +
HighlightOptions.sFieldName + ">::text FROM " + HighlightOptions.sTableName);
  if (da->processQuery())
  {for (int j = 0; j < da->getRowCount(); j++)
    {for (int i =0; i < lstShapes->count();i++)
      {if (da->resultSet(j,"highlight_id").toString() == lstShapes-
>at(i)->sourceShape->PolygonId)
        {if (HighlightOptions.iFieldType == CONST_TYPE_BOOLEAN)
          {bool bValue = da-
>resultSet(j,HighlightOptions.sFieldName).toBool();
            if (bValue)
              {QColor newcolor(150,250 - ((int)50+(1) * (250-
50)),250 - ((int)50+(1) * (250-50)),200);
                lstShapes->at(i)->brush->setColor(newcolor);}
            else
              {lstShapes->at(i)->brush->setColor(normColor);
                }
          }
        else
          {QString sValue = da-
>resultSet(j,HighlightOptions.sFieldName).toString();
            if (sValue == "0")
              {lstShapes->at(i)->brush->setColor(normColor);
                }
            else
              {if ((HighlightOptions.sFieldName == "zone_number")
|| (HighlightOptions.sFieldName == "complex_value"))
                {QColor newcolor;
                  if (sValue == "1")
                    newcolor = QColor(255,0,0);
                  if (sValue == "2")
                    newcolor = QColor(255,255,0);
                  if (sValue == "3")
                    newcolor = QColor(0,255,0);
                  if (sValue == "4")
                    newcolor = QColor(0,0,255);
                  lstShapes->at(i)->brush->setColor(newcolor);
                }else{QColor newcolor(150,250 -
((int)50+(sValue.toFloat()/HighlightOptions.sMaxValue.toFloat()) * (250-
50)),250 - ((int)50+(sValue.toFloat()/HighlightOptions.sMaxValue.toFloat())
* (250-50)),200);
                  lstShapes->at(i)->brush->setColor(newcolor);
                }
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
  lstShapes->at(i)->DrawMe(mainScene);
}
}
}
}
}

```


Пример отображения уровня загрязнения по выделам представлен на рисунке 4.4.

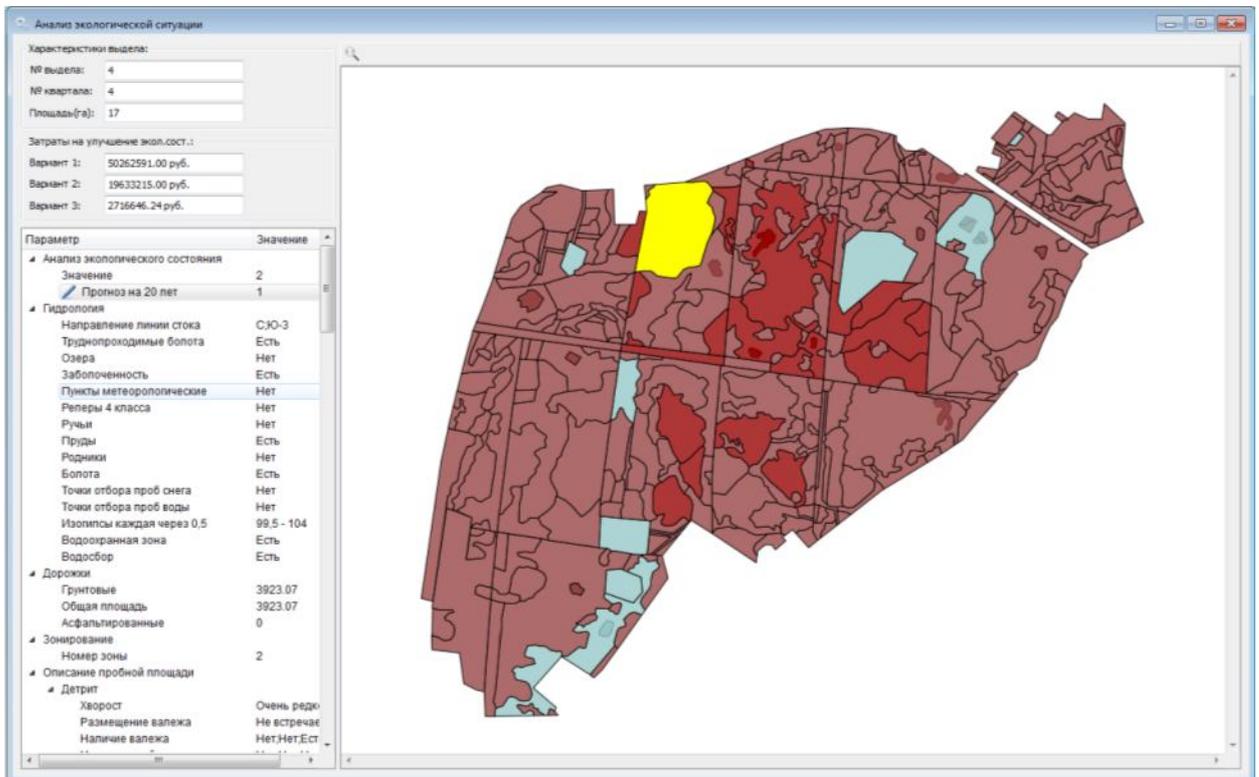


Рис. 4.4. Карта уровней загрязнения по выделам

Кластеризация территории лесопарка позволяет устанавливать массивы, в отношении которых целесообразны единые управленческие решения, получать обобщенные взвешенные оценки совокупности кластеров согласно решающих правил, принимающих вид предикатов и обосновывать необходимые для управления состав, объемы работ и ресурсы [34].

Таким образом, в данной главе разработано специальное алгоритмическое и программное обеспечение [Приложение 1], отличающееся сформированной картой обособленных участков с одним типом растительного сообщества (выделов), описываемых многомерным вектором значений параметров всех видов, и процедурой кластеризации территории лесопарка на этой основе. Разработанное специальное алгоритмическое и программное обеспечение позволяет эффективно идентифицировать однородные территории лесопарка при обосновании рекреационных и других

мероприятий по благоустройству при управлении устойчивым развитием лесопарка.

Выводы по главе 4

1. Спроектированная и реализованная база данных с привязкой к карте лесопарка в структурных единицах (выделах), позволяет наглядно отображать складывающуюся на территории геоэкологическую обстановку и оперировать большим массивом периодически обновляемых и дополняемых данных в соответствии с возникающими задачами управления устойчивым развитием лесопарка. Обширность территории лесопарка и относительная локальность мероприятий по благоустройству и использованию его рекреационного, социально-экономического потенциала делают востребованным выделение в этой особо охраняемой зоне отдельных участков, объединяющих в классы выделы с отношением эквивалентности, тесно связанным целью и содержанием планируемых мероприятий. К задачам подобного рода обычно используется кластерный подход, для чего разрабатываются алгоритмы и программные продукты, автоматизирующие сложные процедуры решающие задачи выбора на широком множестве данных.

2. Алгоритмы формирования кластеров с использованием базы данных целесообразно строить на основе функций, отображающих значения аргументов в высказывания об этих значениях, то есть на основе предикатов. С этой целью систематизированы типы задач кластеризации предикатных переменных, предметных переменных и логических функций, кванторов и вспомогательных символов. Универсальная сопряженность алгоритмов формирования кластеров с картой лесопарка в структурных единицах (выделах) демонстрирует высокую технологичность зонирования территории для решения прикладных задач управления устойчивым развитием лесопарка.

3. По результатам исследований, изложенных в четвертой главе работы, сформулировано Положение 3, выносимое на защиту: «Специальное алгоритмическое и программное обеспечение с эффективным использованием базы данных мониторинга и процедур кластеризации территории при управлении устойчивым развитием лесопарков».

Глава 5. Исследование эффективности принимаемых решений при управлении устойчивым развитием лесопарков на основе разработанных алгоритмов и программ интеллектуальной поддержки

5.1 Анализ достоверности комплексного оценивания экологической ситуации городского лесопарка «Черняевский лес» на основе инновационных алгоритмов и программ.

В данной главе ставится, и решается задача экспериментального исследования уровней достоверности, обоснованности, прозрачности и неманипулируемости принимаемых решений на основе инновационных механизмов управления устойчивым развитием лесопарка.

Для эксперимента была использована упрощенная модель оценивания экологической ситуации городского лесопарка в сравнении с комплексной моделью (рисунок 5.1) [34].

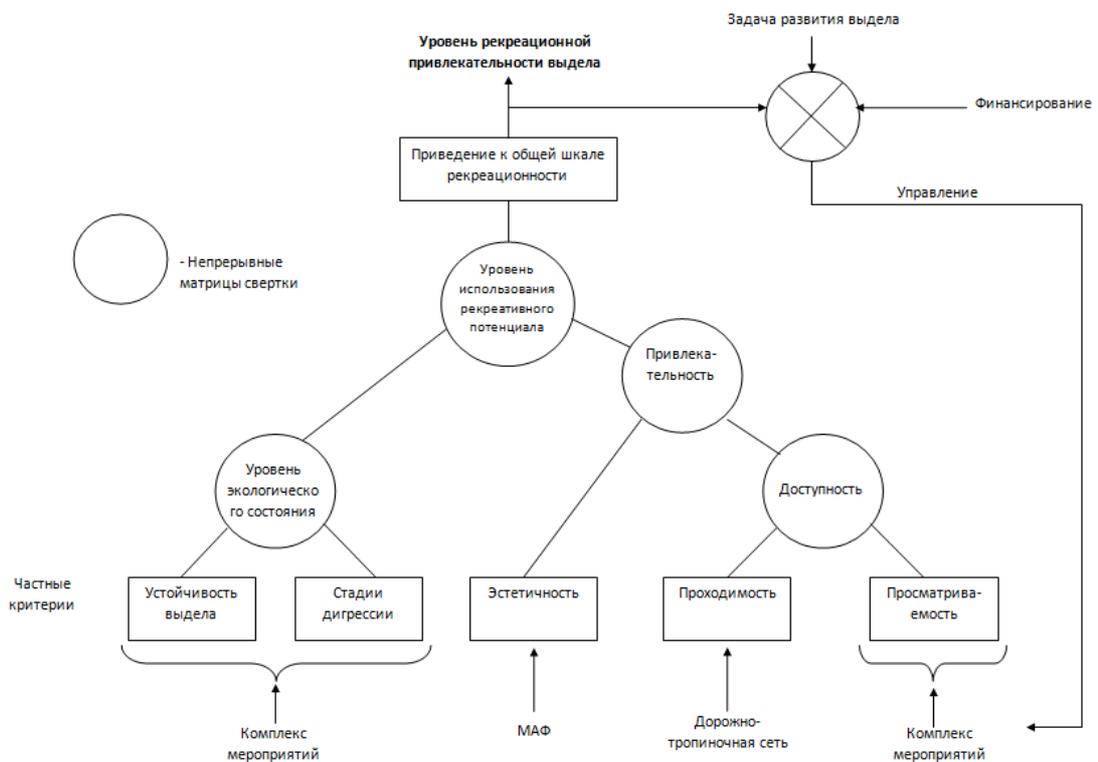


Рис. 5.1. Экспериментальная модель оценивания экологической ситуации городского лесопарка

Фрагмент исходных данных представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Исходные данные

Номер выдела	Квартал	Номер выдела в квартале	Площадь, га	Общая площадь дорожно-тропиночной сети, м ²	Грунтовые дорожки, м ³	Устойчивость насаждения	Стадия деградации
5	9	8	5,5	751,22	751,22	2 класс (замедленный рост, рыхлые кроны)	2 стадия (незначительные изменения)
15	9	7	5,8	1286,1	1286,1	2 класс (замедленный рост, рыхлые кроны)	1 стадия (деградации нет)
28	3	28	4,8	1203,41	826,29	3 класс (резко ослабленный рост, нет подроста)	4 стадия (изменение среды сильной степени)
31	4	14	2,3	101,61	101,61	2 класс (замедленный рост, рыхлые кроны)	4 стадия (изменение среды сильной степени)
58	12	3	19,8	3244,4	3244,4	1 класс (здоровое насаждение, хороший рост)	1 стадия (деградации нет)
70	12	16	2,4	762,1	762,1	2 класс (замедленный рост, рыхлые кроны)	3 стадия (средние изменения)
87	2	33	2,6	635,18	635,18	4 класс (роста нет, нет подроста, подростка)	4 стадия (изменение среды сильной степени)

Методика обеспечения устойчивого развития лесопарков представляет собой последовательность следующих этапов [42].

Этап 1. В ходе полевых и камеральных работ определяются количественные оценки каждого из техногенных и антропогенных воздействий.

Этап 2. Перевод полученных количественных оценок в качественные.

Перевод осуществляется с применением функций приведения к качественной шкале: 1 – плохо, 2 – удовлетворительно, 3 – хорошо, 4 – отлично.

Интерпретировать полученный результат можно следующим образом:

4 – отсутствие признаков воздействия;

3 – воздействие в точности соответствует предельно допустимой концентрации (ПДК) и обозначает способность внутренних ресурсов выдела к устранению последствий при такой интенсивности воздействия;

2 – условно допустимый уровень воздействия, предполагающий существование средств и методов, достаточных для ликвидации (устранения) последствий при соответствующих материальных затратах;

1 – уровень воздействия, начиная с которого в зоне выдела возникают необратимые для биотического состояния процессы [42].

Полученная качественная шкала описана в единицах предельно допустимых концентраций. Отдельные уровни полученной шкалы определялись в виде согласованного решения группы экспертов с применением метода активной экспертизы. Например, для последовательного обоснования качественных уровней 3, 2 и 1 в единицах предельно допустимой концентрации некоторого типа воздействия процедура принятия решения по установлению оценки принимает вид (рисунки 5.2-5.4). В согласованном решении принимало участие пять экспертов [42].

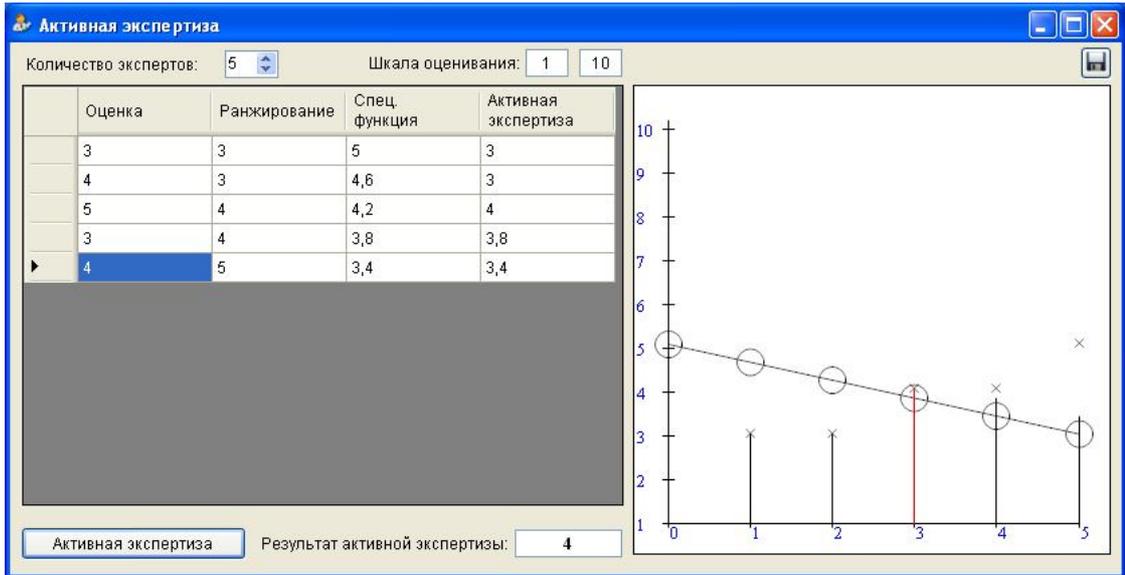


Рис. 5.2. Активная экспертиза по обоснованию уровня 3 качественной шкалы воздействия в единицах ПДК

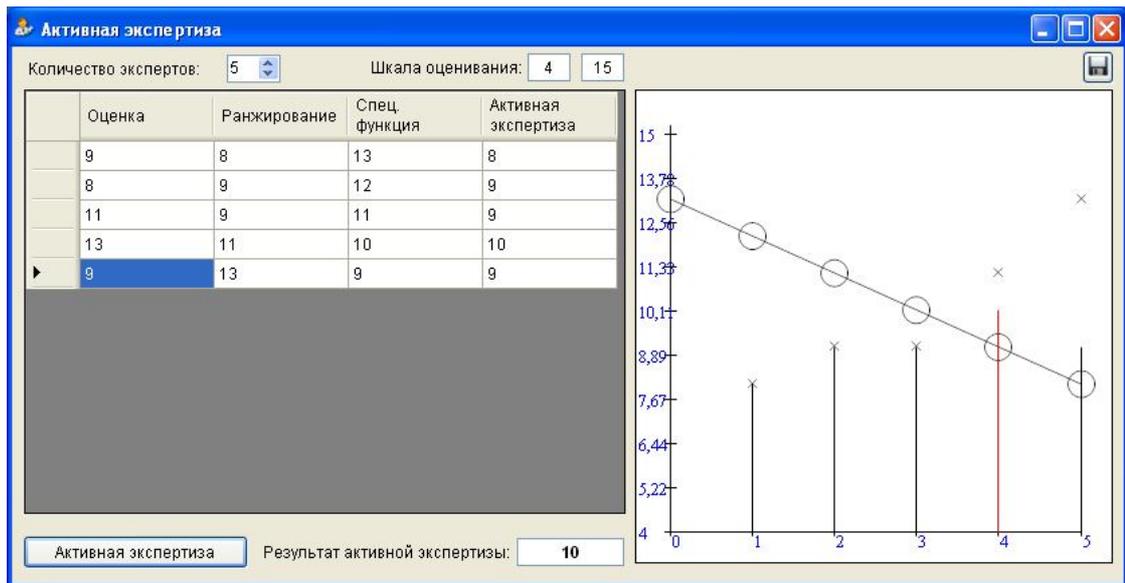


Рис. 5.3. Активная экспертиза по обоснованию уровня 2 качественной шкалы воздействия в единицах ПДК

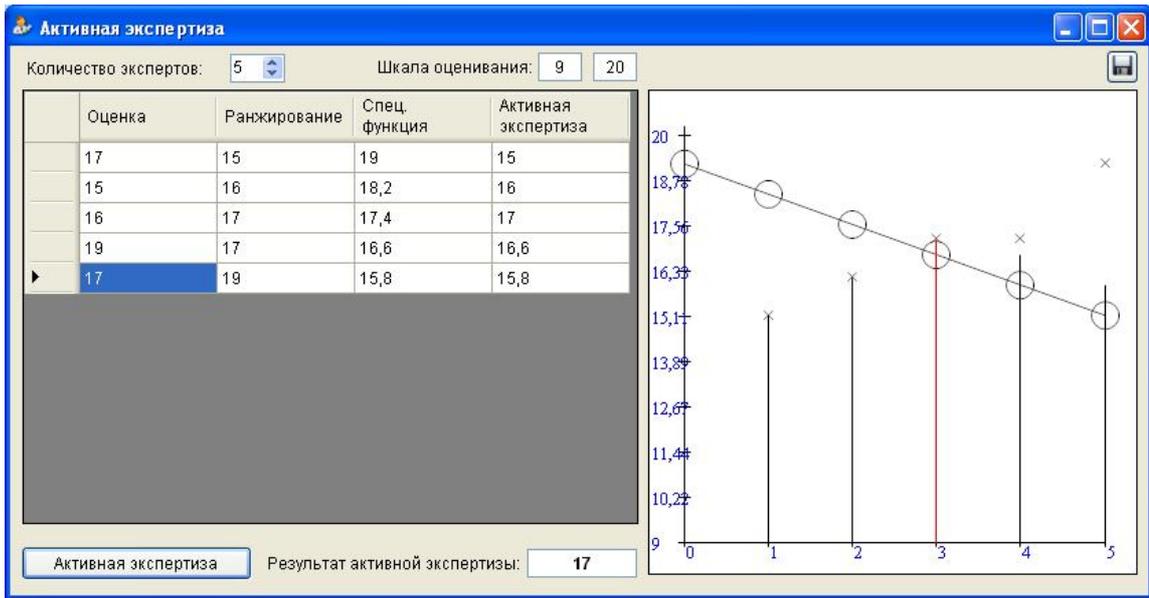


Рис. 5.4. Активная экспертиза по обоснованию уровня 1 качественной шкалы воздействия в единицах ПДК

Функция приведения количественной оценки к качественной оценке чаще всего имеет не линейную форму (рисунок 5.5) [42].

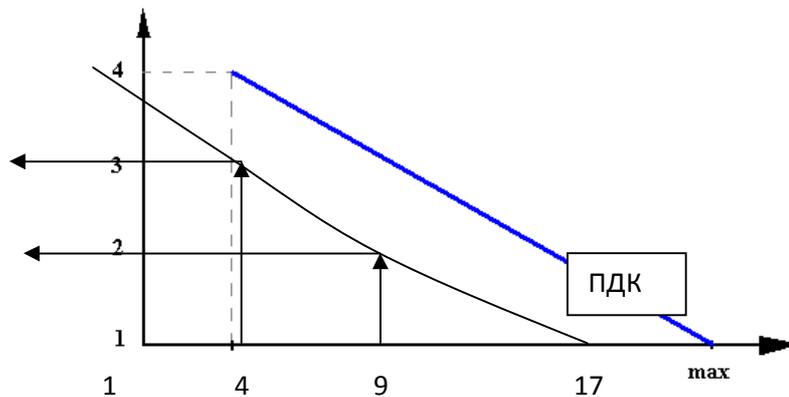


Рис. 5.5. Функция приведения количественной оценки к качественной

Количественная оценка типа техногенного воздействия переводится в качественную для каждого выдела лесопарка.

Этап 3. Отображение распределения степени воздействия рассматриваемого типа воздействия в качественной форме по выделам лесопарка (рисунок 5.6) [42].



Рис. 5.6. Карта уровней загрязнения по выделам в качественной шкале с оцифровкой 4 выдела [42]

Этап 4. Определение средней оценки уровня воздействия данного типа на объект в целом.

В качестве искомой средней оценки принимается среднее арифметическое от качественных оценок выделов, составляющих объект оценивания. Отмечается, что получаемый результат совпадает со значением функций приведения в точку, соответствующей среднему арифметическому от количественной оценки выделов, только если функции приведения имеют линейную форму. Нелинейная форма функции приведения более сложная с точки зрения учета наблюдений, но более привлекательна с точки зрения требований точности.

Полученный результат создает возможность целенаправленного управления на уровень путем реализации мероприятий по снижению воздействия в соответствии с выделенными ресурсами.

Характер источников техногенного воздействия в качественном представлении сопоставляется с каждым выделом отличающихся друг от друга, испытывая при этом комплексное воздействие. Условия среды в каждом выделе оценивается мнением (предпочтением) эксперта на основе механизмов комплексного оценивания и приводит к комплексным картам комплексного техногенного воздействия на территорию лесопарка. Комплексная оценка на момент времени t_0 по выделам отображается на карте (рисунок 5.7) [34].

В результате реализации механизма комплексного оценивания уровня рекреационной привлекательности выдела в виде вычислительной процедуры субъект управления получает комплексные оценки по каждому выделу в отношении рекреационной привлекательности с учетом уровней устойчивости выдела и стадий дигрессии (рисунок 5.7). Для получения общей картины привлекательности лесопарка для рекреационных целей можно использовать кластерный подход с целью объединения выделов, близких по результатам комплексного оценивания [34].

На основе полученных текущих значений комплексной оценки выделов разрабатывается техническое задание на проект, дальнейшая реализация которого позволит достичь планируемого (желаемого) уровня развития лесопарка (рисунок 5.1) [34].

Выбор предпочтительных проектов выполняется на основе механизмов комплексной оценки с применением ранжирования полученных результатов.

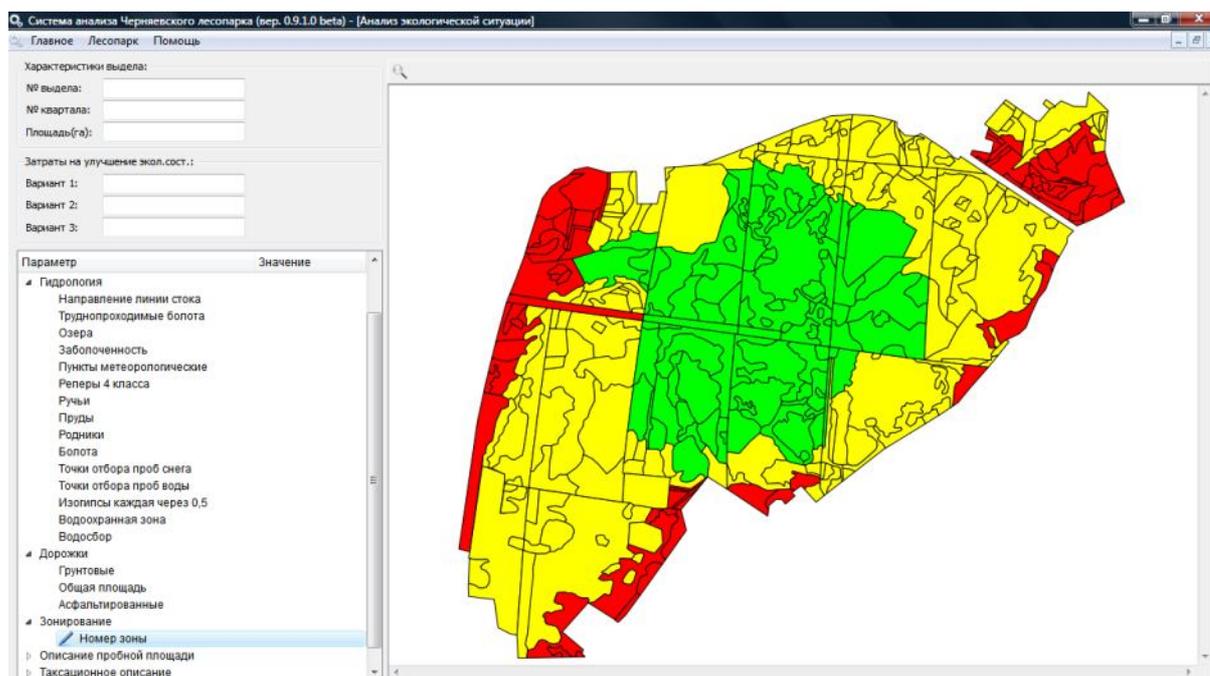


Рис. 5.7. Группирование выделов в кластеры по результатам комплексного оценивания

Для подтверждения данной гипотезы проведен эксперимент, результаты которого представлены в таблицах 5.2.

Таблица 5.2. 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

x₁– Устойчивость выдела, x₂– Стадии дигрессии, x₃– Эстетичность, x₄– Проходимость, x₅– Просматриваемость.

Достоверность комплексного оценивания экологической ситуации городского лесопарка с помощью инновационных и экспертных механизмов проверялась методом тьюрингова тестирования. В настоящем исследовании тьюрингово тестирование интерпретировано как сопоставление характеристик пары произвольных объектов с целью установления между ними отношения нестрогого порядка: «хуже» (<), «лучше» (>) или «неразличимы» (=). Достоверность комплексного оценивания с помощью инновационных технологий подтверждена совпадением результатов тестирования с данными, полученными на основе экспертных оценок с исходами «хуже-лучше» (таблица 5.3).

Таблица 5.3. Сопоставления результатов тьюрингова тестирования

№ теста	Пара выделов	Экспертные комплексные оценки			Комплексные оценки, рассчитанные по инновационным технологиям с округлением			Комплексные оценки, рассчитанные по инновационным технологиям без округления			Максимальная погрешность округления
		Оценка выдела	Тест Тьюринга	Оценка выдела	Оценка выдела	Тест Тьюринга	Оценка выдела	Оценка выдела	Тест Тьюринга	Оценка выдела	
1	5,87	2	=	2	2	=	2	2,4	>	2,2	0,4
2	15,28	3	=	3	3	=	3	2,8	<	3,2	0,2
3	28,70	3	=	3	3	=	3	3,2	>	3,1	0,2
4	31,58	4	=	4	4	=	4	3,8	<	3,9	0,2
5	28,87	3	>	2	3	>	2	3,2	>	2,2	0,2
6	5,70	2	<	3	2	<	3	2,4	<	3,1	0,4
7	31,87	4	>	2	4	>	2	3,8	>	2,2	0,2

В этом случаях, когда эксперт уверенно ориентируется в ситуации, эталоном становится его мнение, не совпадение свидетельствовало бы о недостоверности алгоритмов комплексного оценивания. При сопоставлении исходов «неразличимы» эталоном становятся инновационные технологии, использующие непрерывную шкалу, что свидетельствует в целом об их превосходстве. Можно сделать вывод о том, что инструментальные средства способны повысить естественную «остроту» внутреннего зрения эксперта.

5.2 Анализ уровня обоснованности, прозрачности и неманипулируемости интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении устойчивым развитием лесопарка «Черняевский лес».

В настоящее время принятие решений по благоустройству лесопарков производится по специальной схеме, которая претендует на обоснованность, прозрачность и неманипулируемость.

Предлагается 3 варианта затрат на мероприятия [Приложение 3] по улучшению уровня рекреационной привлекательности выдела:

- 3 вариант – минимальные затраты (мероприятия по поддержанию состояния выдела) которые составят – 327125,56руб. (ожидаемая комплексная оценка уровня рекреационной привлекательности выдела – удовлетворительно) ,
- 2 вариант – средние затраты (мероприятия по улучшению рекреационной привлекательности выдела) которые составят – 5543496.22 руб. (ожидаемая комплексная оценка уровня рекреационной привлекательности выдела – хорошо),
- 1 вариант - максимальные затраты (мероприятия по значительному улучшению рекреационной привлекательности выдела) которые составят –14191790.96 руб.(ожидаемая комплексная оценка уровня рекреационной привлекательности выдела – отлично).

Расчет суммы затрат на мероприятия по улучшению уровня рекреационной привлекательности выдела производится по формуле (5.1):

$$\sum = S_i * P_k , \quad (5.1)$$

где S_i - площадь i -ого выдела

Z_k - стоимость работ по k -ому варианту.

Статьи затрат по вариантам представлены в приложении 2.

Планируемый анализ проводится на основе экспериментальной модели оценивания экологической ситуации городского лесопарка (рисунок 5.1)

Неманипулируемость данными достигается разработкой участниками принятия решений механизма комплексного оценивания и конкурсного механизма на множестве представления (на полном множестве альтернатив), тогда как решение принимается на представляемом множестве альтернатив с помощью разработанных механизмов комплексного оценивания без непосредственного участия лиц, принимающих решение.

Рассмотрим пример по улучшению рекреационной привлекательности выдела №28.

Характеристика выдела №28 (рисунок 5.8):

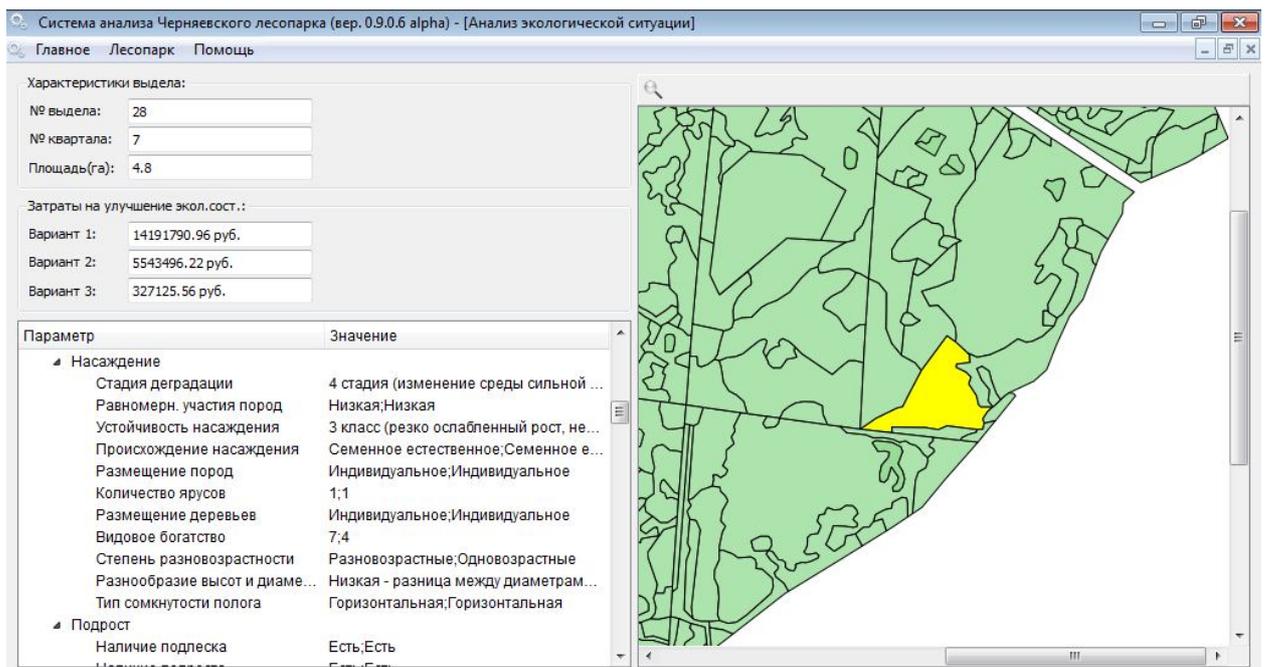


Рис. 5.8. Характеристики выдела №28

Площадь – 4,8 Га

2 стадия дигрессии – среды сильной степени. Мхи отсутствуют. Травяной покров составляет 40%, из них половина луговые травы. В древостое от 50 до 70% больных и усыхающих деревьев. Подрост и подлесок редкий, сильно поврежденный или отсутствует. Требуется строгий режим

рекреационного использования. В механизмах комплексного оценивания 4 стадия дигрессии соответствует оценке 2 (удовлетворительно) [96].

3 класс устойчивости насаждения - Насаждения с резко ослабленным ростом. Подрост отсутствует, подлесок и напочвенный покров вытоптаны, почва сильно уплотнена, деревья имеют механические повреждения, поражены вредителями и болезнями, категория санитарного состояния 3-4, В механизмах комплексного оценивания 3 класс устойчивости насаждения соответствует оценке 2 (удовлетворительно) [96].

Просматриваемость – 2 (удовлетворительно)

Проезжимость – 2 (общая площадь дорожной сети – 1203,41 м³ из них: грунтовые 826,29 м³; асфальтированные 377,12 м³)

Эстетичность (Наличие малых архитектурных форм) – 1 (плохо)

На основании выше перечисленных характеристик можно рассчитать комплексную оценку по выделу в отношении рекреационной привлекательности. Механизм в виде вычислительной процедуры в СППР представлен на рисунке 5.9 [34].

Комплексная оценка выдела №28 – 2 (удовлетворительно) – прослеживается тенденция к ухудшению экологического состояния выдела.

Проведем исследование модели комплексного оценивания выдела №28.

Для определения критериев (характеристик) приводящих к улучшению комплексной оценки выдела необходимо построить функции чувствительности (т.е. определить «узкие» места см. рисунки 5.10-5.14)

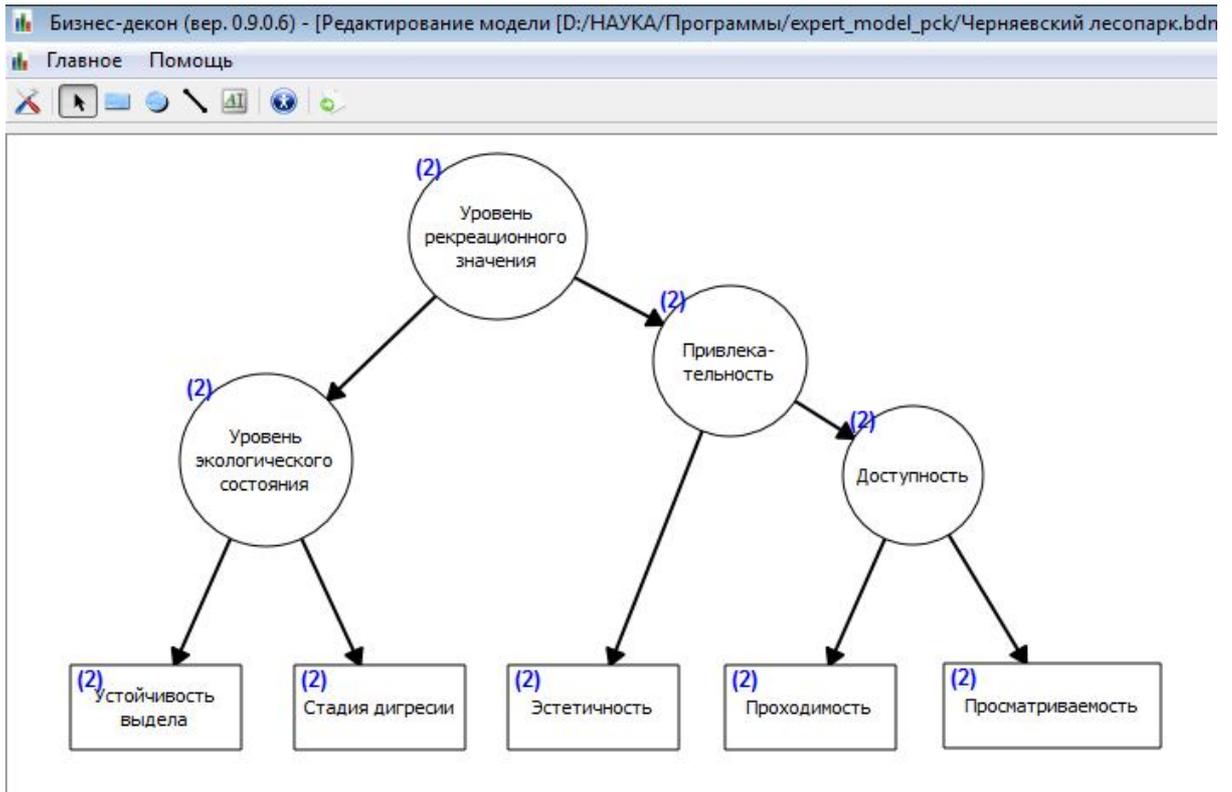


Рис. 5.9. Модель комплексного оценивания выдела №28

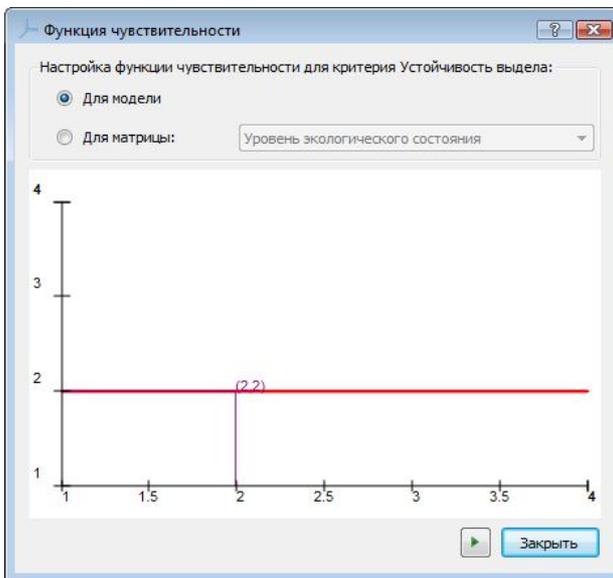


Рис. 5.10. Функция чувствительности по критерию «Устойчивости выдела»

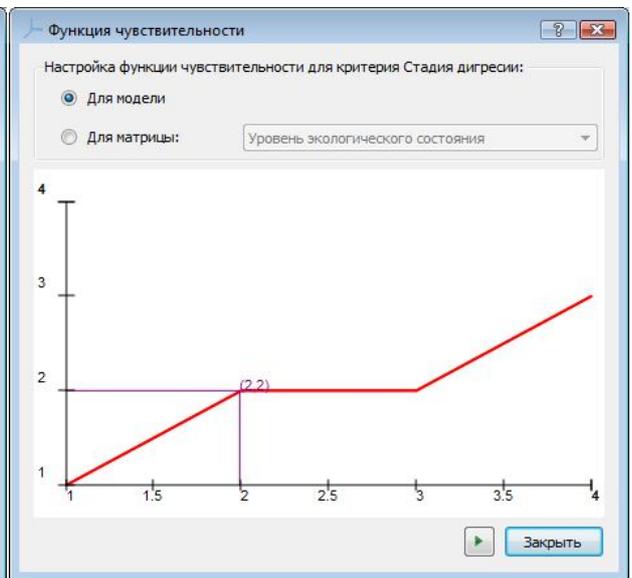


Рис. 5.11. Функция чувствительности по критерию «Стадия дигрессии»

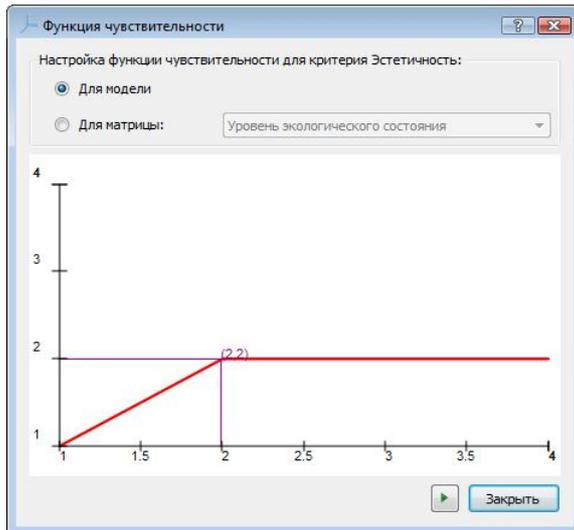


Рис. 5.12. Функция чувствительности по критерию «Эстетичность»

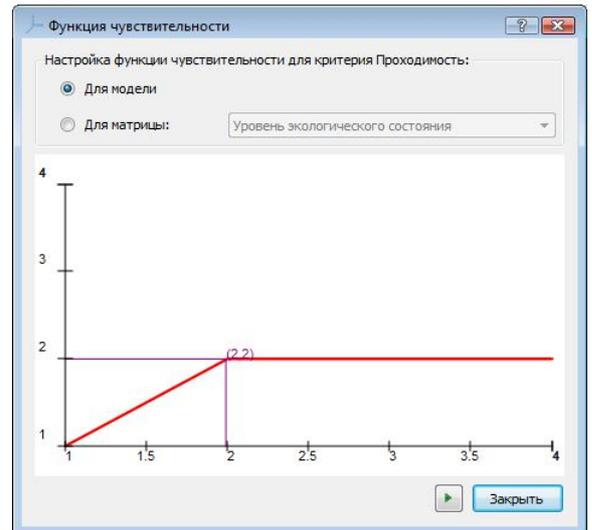


Рис. 5.13. Функция чувствительности по критерию «Проходимость»

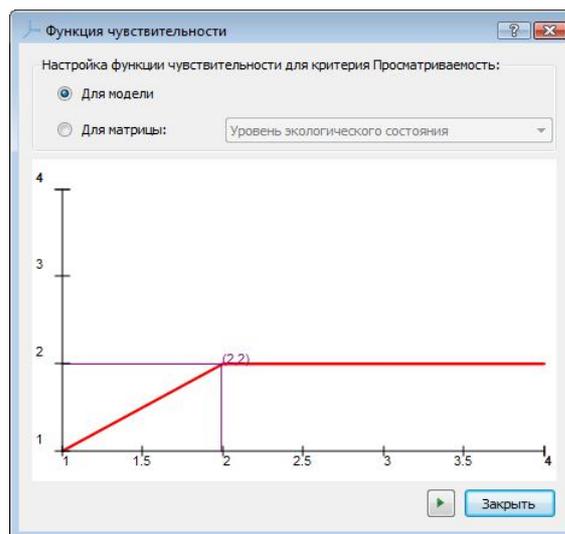


Рис. 5.14. Функция чувствительности по критерию «Просматриваемость»

Функций чувствительности (рисунки 5.10 – 5.14) показывают, что при текущем состоянии выдела необходимо уделить внимание характеристике «Стадия дигрессии» в связи с этим для улучшения комплексной оценки выдела необходимо, в первую очередь, провести мероприятия по улучшению биотических параметров (для увеличения стадии дигрессии) и увеличению дорожно-тропиночной сети, что позволит регулировать рекреационное

использование. При такой постановке задачи формируется техническое задание на соответствующие мероприятия.

Обоснованность управленческих решений обеспечивается процедурой линеаризации указывающей на проблемные участки. Для этого разработка технического задания на проектирование мероприятий по благоустройству 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 (8) в её текущем значении.

$$\Delta Z = k_1 \Delta \hat{Z}_{уст} + k_2 \Delta \hat{Z}_{дигр} \quad (5.8)$$

где, коэффициенты линеаризации определяются графоаналитически (5.9)

Тогда техническое задание на мероприятия по благоустройству лесопарка получает достаточное обоснование в виде выражения (5.9), указывая на проблемные места (рисунок 5.15), подлежащие восстановлению.

$$k_1 = \frac{\partial \hat{Z}}{\partial Z_1} \approx \operatorname{tg} \alpha_1 \quad k_2 = \frac{\partial \hat{Z}}{\partial Z_2} \approx \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (5.9)$$

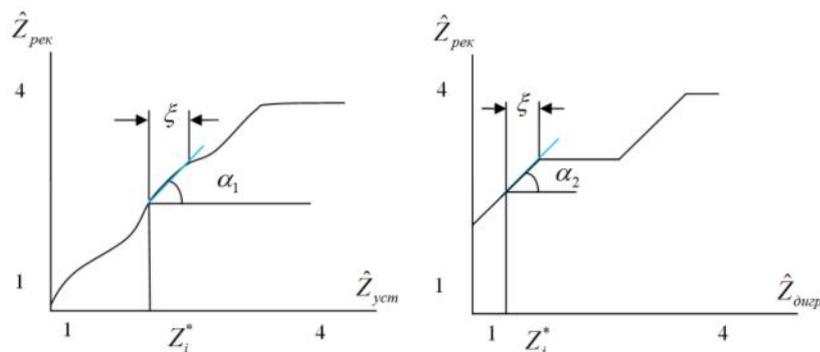


Рис.5.15. Графоаналитическое процедура определение коэффициентов линеаризации

На основании данного технического задания создаются проекты по благоустройству.

К исполнению принимается лучший проект из числа представленных специалистами в соответствующей области по итогам конкурса, который может проводиться на основе инновационных механизмов.

Прозрачность принятия конкурсных решений следует из открытости используемого конкурсного механизма.

Проекты по благоустройству территории характеризуются набором параметров (критериев).

К социально значимым критериям относятся: интенсивность функционального использования территории (Фи); полнота предоставления рекреационных услуг (Ру); ценовая доступность услуг для населения (Цу); дополнительные рабочие места (Др).

К критериям экономической эффективности можно отнести: 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) [96].

Варианты проектов по благоустройству территории проходят через комплексный механизм при котором определяются наиболее приоритетные проекты (рисунок 5.16).

Результаты исследования, приведенные в данной главе, проводились при выполнении научно-исследовательской работы «Оценка экологической ситуации в особо охраняемой природной территории местного значения «Черняевский лесопарк» по заказу Управления по экологии и природопользованию администрации города Перми.

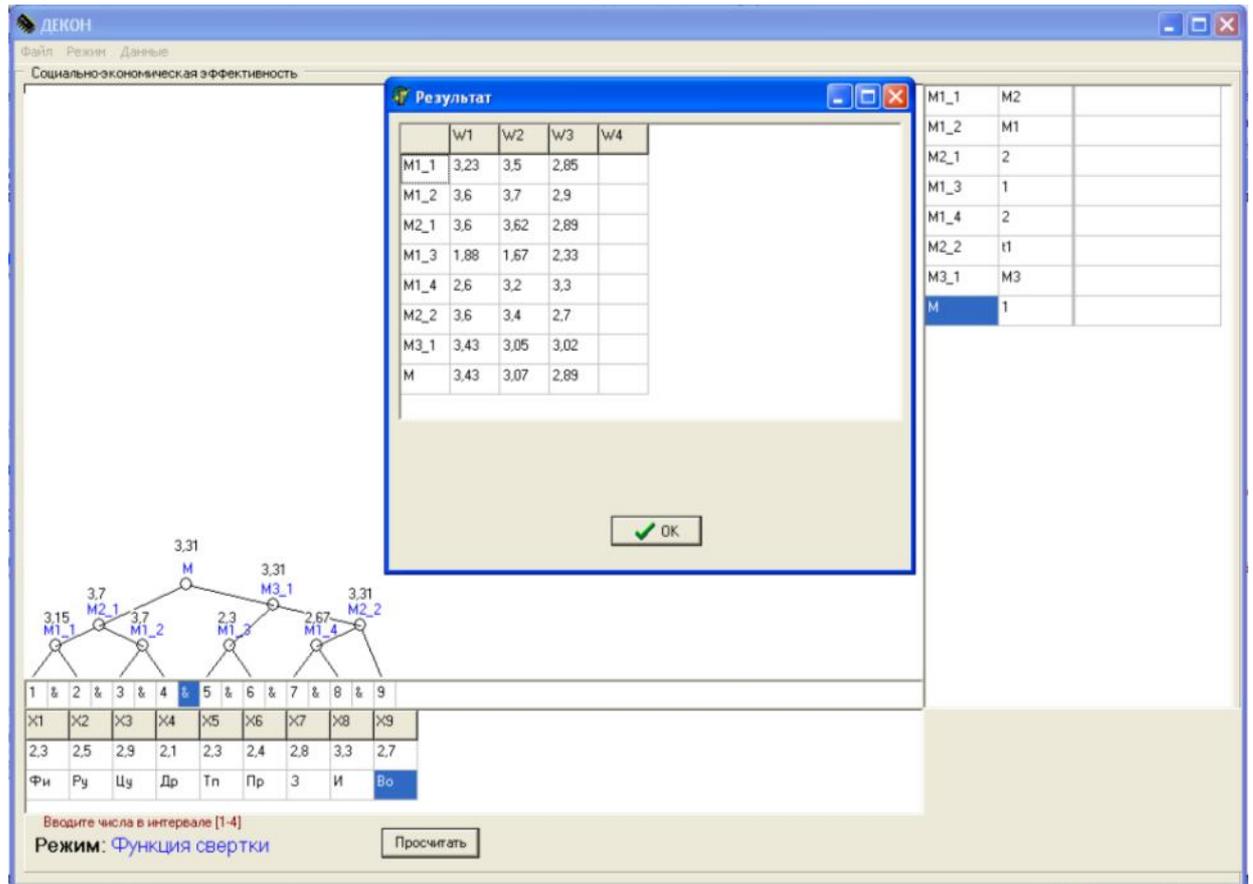


Рис. 5.16. Конкурсный механизм отбора предложений по благоустройству лесопарка

Таким образом, решение задачи экспериментального исследования эффективности инновационных механизмов управления устойчивым развитием лесопарка касается разработки технического задания на проектирование мероприятий по благоустройству лесопарка и осуществляется на основе процедуры декомпозиции рассогласования между желаемым и фактическим уровнями состояния объекта, обратной алгоритмам комплексного оценивания, с использованием всех промежуточных результатов предшествующей свертки. При этом локализация узких мест начинается с процедуры линиаризации матричной свертки в её текущем значении и заканчивается уравнение дифференциала указывающего допустимые изменения частных характеристик состояния объекта. К исполнению принимается лучший проект из числа представленных

специалистами в соответствующей области по итогам конкурса, который может проводиться на основе инновационных механизмов. При этом обеспечивается обоснованность, прозрачность и неманипулируемость принимаемых решений.

Выводы по главе 5

1. Достоверность комплексного оценивания экологической ситуации городского лесопарка с помощью инновационных и экспертных механизмов проверялась методом тьюрингова тестирования. В настоящем исследовании тьюрингово тестирование интерпретировано как сопоставление характеристик пары произвольных объектов с целью установления между ними отношения нестрогого порядка: «хуже», «лучше» или «неразличимы». Достоверность комплексного оценивания с помощью инновационных технологий подтверждена совпадением результатов тестирования с данными, полученными на основе экспертных оценок с исходами «хуже-лучше». В этом случае, когда эксперт уверенно ориентируется в ситуации, эталоном становится его мнение, не совпадение свидетельствовало бы о недостоверности алгоритмов комплексного оценивания. При сопоставлении исходов «неразличимы» эталоном становятся инновационные технологии, использующие непрерывную шкалу, что свидетельствует в целом об их превосходстве. Можно сделать вывод о том, что инструментальные средства способны повысить естественную «остроту» внутреннего зрения эксперта.

2. Решение второй части задачи экспериментального исследования эффективности инновационных механизмов управления устойчивым развитием лесопарка касается разработки технического задания на проектирование мероприятий по благоустройству лесопарка и осуществляется на основе процедуры декомпозиции рассогласования между желаемым и фактическим уровнями состояния объекта, обратной алгоритмам комплексного оценивания, с использованием всех промежуточных

результатов предшествующей свертки. При этом локализация узких мест начинается с процедуры линиаризации матричной свертки в её текущем значении и заканчивается уравнение дифференциала указывающего допустимые изменения частных характеристик состояния объекта. К исполнению принимается лучший проект из числа представленных специалистами в соответствующей области по итогам конкурса, который может проводиться на основе инновационных механизмов. При этом обеспечивается обоснованность, прозрачность и неманипулируемость принимаемых решений.

3. По результатам исследований, изложенных в пятой главе работы, сформулировано Положение 4, выносимое на защиту: «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».

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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азгольдов Г. Г. Квалиметрия. – М.: Экономика, 2007.
2. Акимова Т.В., Хаскин В.В. Экономика природы и человека. – М.: Экономика, 2006. – 334 с.
3. Алексеев А.О. Интеллектуальные технологии моделирования многофакторных рисков в задачах обоснования ставок дисконтирования и капитализации// Пермский государственный университет, 2010г. (автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук)
4. 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.); под. общ. ред. В.Н. Буркова, Д.А. Новикова. – М.: ИПУ РАН, 2009. – Т. I. – С. 178–182.
5. Алексеев А.О., Стоматин В.И., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф., Глотина И.М. Моделирование согласованных предпочтений с использованием механизмов активной экспертизы // Инновационный потенциал аграрной науки - основа развития АПК. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию сельскохозяйственного образования на Урале. ПГСХА, Пермь 2008. – С. 237-241.
6. 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». – М.: ИПУ РАН, 2007. – С. 205–208.
7. Ананенков А.Г., Ставкин Г.П., Андреев О.П., Хабибуллин И.Л., Лобастова С.А. Эколого-экономическое управление охраной окружающей среды. – М.: УРСС, 2003. – 228 с.

8. Багриновский К.А., Лемешев М.Я. О планировании экономического развития с учетом требований экологии // Экономика и математические методы. 1976. № 4. С. 681 – 691.
9. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационно-управляющих систем.- М.: Радио и связь, 1987.- 256 с.
10. Балдин К.В., Воробьев С.Н. Управленческие решения: теория и технологии принятия. Учебник для вузов. – М.: Проект, 2004. – 304 с.
11. Батищев Д.И. Задачи и методы векторной оптимизации. Учебное пособие/ Горьковский ГУ им. Н.И. Лобачевского. - Горький, 1979. - 92с.
12. Белых А.А. и др. Управление инновационным развитием социально-экономических систем / Под редакцией Ю.К. Перского: Монография. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2010. – 512 с.
13. Белых А.А. Принятие парето-решений в области диверсификации производства на основе маркетинговых моделей предпочтений. Теория Активных Систем. Труды международной научно-практической конференции «Управление большими системами - 2007». - ИПУ РАН, Москва, 2007.
14. Белых А.А. Системы автоматизированного проектирования. Учебное пособие/ ПВВКИКУ. - Пермь, 1998. - 98с.
15. Белых А.А., Алексеев А.О., Шайдулин Р.Ф. Сертификация матричных моделей предпочтений. Теория активных систем. Труды международной научно-практической конференции. Том II. В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 334 с.
16. Белых А.А., Букалова А.Ю., Меновщиков К.В. Процедуры исследования чувствительности результатов комплексного оценивания объектов недвижимости// Вестник «УГТУ – УПИ»: Строительство и образование. – Сб. науч. трудов. Екатеринбург: ГО ВПО УГТУ-УПИ, 2006. № 12. – с. 26-29.
17. Белых А.А., Винокур И.Р., Липин Н.И., Иванов М.Г., Шайдулин Р.Ф. Инструментальные средства комплексного оценивания сложных

объектов с использованием топологии матриц свертки//Теоретические и прикладные аспекты информационных технологий: сб. науч. Тр. / НИИУМС. – Пермь, 2006. – Вып. 55. – с. 131-136.

18. Белых А.А., Винокур И.Р., Харитонов В.А. Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свертки // Управление большими системами. Сб. тр. Вып. 18. – М.: ИПУ РАН, 2007. – С. 129-140.

19. Белых А.А., Горлов Ю.Г., Калинин Н.П., Харитонов В.А. Отношение объективного и субъективного в моделях поддержки принятия решений / Под научной редакцией В.А. Харитонова: Монография. – Пермь: ПГСХА, 2008. - 230 с.

20. Белых А.А., Камалетдинов М.Р., Лыков М.В., Мишкина Е.В. Системы конструирования матриц свёртки в экспертных задачах комплексного оценивания // Вестник «УГТУ – УПИ»: Строительство и образование. – Сб. науч. трудов. Екатеринбург: ГО ВПО УГТУ-УПИ, 2006. № 12 (83). – С. 24-26.

21. Белых А.А., Лыков М.В., Стаматин В.И., Шайдулин Р.Ф. Экспресс-анализ промышленных предприятий с учетом согласованных предпочтений участников принятия инвестиционных решений // Вестник Сам. ГЭУ №10. – Самара, 2008. – С. 123 – 135.

22. Белых А.А., Харитонов В.А. Винокур И.Р. Современные технологии комплексного оценивания научно-технических проектов//Серия «Космический вызов 21 века», т. 3. – Москва: ИХФ РАН, 2007. – с. 429 – 433.

23. Белых А.А., Харитонов В.А. Инжиниринговые технологии менеджмента. Инновационно-образовательный проект. Теория Активных Систем. Труды международной научно-практической конференции «Управление большими системами - 2007». - ИПУ РАН, Москва, 2007.

24. Белых А.А., И.В. Ёлохова, В.И. Стаматин, Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. и др. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений / Под научной редакцией В.А. Харитонова:

Монография. – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2010. – 342 с.

25. Белых А.А., Харитонов В.А. Интерпретация эффективности сложных систем с позиций рыночных отношений // Научный журнал КубГАУ, № 59(05), 2010 год, <http://ej.kubagro.ru/2010/05/pdf/16.pdf>

26. Белых А.А., Харитонов В.А. Обоснование направления развития механизма комплексного оценивания. Инновационный потенциал аграрной науки - основа развития АПК. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию сельскохозяйственного образования на Урале. - ПГСХА, Пермь, 2008.

27. Белых А.А., Харитонов В.А. Технологии современного менеджмента. Инновационно-образовательный проект / Под научной редакцией В.А. Харитонова: Монография. – Пермь: Изд-во Перм.гос.техн.ун-та, 2007. – 190 с.

28. Белых А.А., Харитонов В.А., Винокур И.Р. Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпретацией матриц свертки//Управление большими системами. Выпуск 18 - М.: ИПУ РАН, 2007.

29. Белых А.А., Харитонов В.А., Глотина И.М. Интеллектуальные технологии моделирования индивидуальных предпочтений. Материалы VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», ПГТУ. – Пермь, 2010.

30. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Авт. свид. «Автоматизированная система комплексного оценивания объектов» №2007614834, 2007г.

31. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Авторское свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ: «Автоматизированная система исследования моделей комплексного оценивания объектов» №2008612724, 2008г

32. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Авторское свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ: «Автоматизированная система оперативного исследования моделей объектов комплексного оценивания» №2009610220, 2009г

33. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Инжинирингово-управленческие компетенции в технологиях современного менеджмента//Строительство, архитектура. Теория и практика, ПГТУ. – Пермь, 2008.

34. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Интеллектуальные технологии повышения эффективности информационных систем // Научный журнал КубГАУ, № 60(06), 2010 год, <http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/35.pdf>

35. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Интерпретация модели предпочтения переносом топологии свертки в метрическое пространство. Материалы VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», ПГТУ. – Пермь, 2010.

36. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф. Интерпретация модели предпочтения переносом топологии свертки в метрическое пространство. Материалы VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», ПГТУ. – Пермь, 2010.

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

38. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф., Алексеев А.О., Пуйсанс С.Г. Модель комплексного оценивания защиты выпускных квалификационных работ. Информационные технологии в образовательном процессе вузов МВД России. Материалы научно практической конференции. - Нижегородская академия МВД России, Пермский филиал, 2007.

39. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф., Мелехин М.И. Авт. свид. «Адаптивная неманипулируемая процедура обработки результатов активного экспертного оценивания» №2009616217, 2009г.

40. Белых А.А., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф., Мелехин М.И. Авторское свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ: «Автоматизированная система комплексного оценивания и исследования объектов в физическом пространстве представления частных критериев» №2011619529, 2011г.

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

42. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Система поддержки принятия решений в задачах управления устойчивым развитием лесопарков. VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: Сборник трудов. – Т1.- Ижевск: ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. – 400 с.

43. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Создание дружественного интерфейса инструментальных средств моделирования предпочтений//Строительство, архитектура. Теория и практика, ПГТУ. - Пермь 2008.

44. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф., Гуреев К.А., Харитонов В.А., Алексеев А.О. Принцип многомодельности в задаче моделирования индивидуальных предпочтений // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». – М.: ИПУ РАН, 2010. – С. 128–143.

45. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф., Гуреев К.А., Харитонов В.А., Алексеев А.О. Принцип многомодельности в задачах моделирования индивидуальных предпочтений / Управление большими системами, М.: ИПУ РАН, № 29, 2010.

46. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф., Харитонов В.А. Интеллектуальные технологии повышения эффективности информационных систем // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)

[Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №06(60). С. 539 – 570.
– Шифр Информрегистра: 0421000012\0122. – Режим доступа:
<http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/35.pdf>, 2 у.п.л.

47. 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. строительного факультета ПГТУ, 29 – Пермь: Изд-во. Гос. Техн. ун-та, 2007. – С. 179-185.

48. Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Система поддержки принятия решений в задачах управления устойчивым развитием лесопарков // VI Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: Сборник трудов. – Т1.- Ижевск: ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. – С. 68-73.

49. Бузмаков С.А. Видовое разнообразие фитоценозов Черняевского лесопарка /С.А. Бузмаков, Е.Л. Сулова// Пермский государственный университет

50. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. – М.: СИНТЕГ-ГЕО, 1997. – 188 с.

51. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: СИНТЕГ, 1999. – 128 с.

52. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкина А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами / Под ред. академика С.Н. Васильева. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.

53. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1977.

54. Бусленко В.Н. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968.

55. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. – М.: Советское радио, 1973.

56. Бутаков Е.А. Методы создания качественного программного обеспечения ЭВМ. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 232 с.

57. Варжапетян, А.Г. Квалиметрия // Учебное пособие Текст. / А.Г. Варжапетян . СПб.: СПбГУАП, 2005 . - 176 с.
58. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1980.
59. Википедия – свободная энциклопедия. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
60. Винокур И.Р., Липин Н.И., Иванов М.Г., Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Инструментальные средства комплексного оценивания сложных объектов с использованием топологии матриц свертки // Концептуальные подходы в развитии НИИУМСа на 2006-2007 годы, НИИУМС, Пермь 2006
61. Воронин А.А., Губко М.В., Мишин С.П., Новиков Д.А. Математические модели организаций. – М.: Ленанд, 2008. – 360 с.
62. Гиросов Э.В, Бобылев С.Н, Новоселов А.Л, Чепурных Н.В. Экология и экономика природопользования. 2-е изд. – М.: Единство, 2002. – 519 с.
63. Горбатов В.А. Основы дискретной математики. – М.: Высш. Шк., 1986, 311 с.
64. Гоян Л. Культура прет // электронная газета "Российские лесные вести" 20.06.2011, <http://www.lesvesti.ru/print.php?id=766>
65. Гуреев К.А. Интеллектуальные технологии моделирования рынка аренды коммерческой недвижимости// Пермский государственный университет, 2010г. (автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук)
66. Гуреев К.А., Лыков М.В., Шайдулин Р.Ф. Процедура поддержки принятия коллегиальных решений с использованием активной экспертизы // Теория активных систем – 2009: сб. трудов 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. – М.: ИПУ РАН, 2009. – Т. 1. – С. 230-233.
67. Данилов-Данильян В.И., Лосев А.В. Экологический вызов и устойчивое развитие. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 415 с

68. Денисов А.А., Колесников Д.К. Теория больших систем управления. – Л.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982, 321 с.
69. Елохова И.В. Концепция индуктивного представления производственных функций в задачах моделирования инвестиционных процессов// Пермский государственный университет, 2005г. (автореферат на соискание ученой степени доктора экономических наук)
70. Ермаков С.М., Женьявский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента. – М.: Наука, 1987, 296 с.
71. Зыков А.А. Основы теории графов. – М.: Наука, 1987, 384 с.
72. Зеленъ против смога // Еженедельник "Аргументы и Факты", АиФ – Прикамье. 2009. 24 июня. No26.
73. Камалетдинов М.Р. Система поддержки принятия решений для повышения эффективности управления региональными интеграционными процессами на основе механизмов комплексного оценивания. // Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2007г. (автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук)
74. 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». – М.: ИПУ РАН, 2007.
75. Кейслер Дж. Основы теории моделей. – В кн.: Справочная книга по математической логике. Ч.I. Теория моделей. – М.: Наука, 1982.
76. Колбовский Е.Ю., Морозова В.В. Ландшафтное планирование и формирование сетей охраняемых природных территорий. // Москва; Ярославль: Институт географии РАН; Изд-во ЯГПУ, 2001. 152 с.
77. Коптюг В.А., Матросов В.М., Левашов В.К., Демянко Ю.Г. Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России: проблемы формирования национальной стратегии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996.

78. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. – М.: Энергоатомиздат, 1987, 496 с.

79. Крысин Л.П. Толковый словарь иноязычных слов. – М.: Рус.яз., 1998. – 848 с.

80. Курс экономической теории: Общие основы экономической теории. Микроэкономика. Макроэкономика. Основы национальной экономики: Учебное пособие / Под ред. д.э.н., проф. А.В. Сидоровича; МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2001. – 832 с. – (Серия «Учебники МГУ им. М.В. Ломоносова»).

81. Лагоша Б.А. Курс лекций по программе кандидатского минимума по специальности 08.00.13 «Экономико – математические методы» Пособие для аспирантов и соискателей / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.,1999. – 160 с.

82. Лемешев М. Эколого-экономическая модель природопользования // Всесторонний анализ окружающей природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. С. 266 – 276.

83. Лукьянчиков Н.Н, Потравной И.М. Экономика и организация природопользования. – М.: Тройка, 2000. – 456 с.

84. Лыков М.В. Инструментальные средства управления деятельностью групп экономических субъектов на основе конкурсных механизмов// Пермский государственный университет, 2011г. (автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук)

85. Малеев К.И. Экологическое краеведение. Пермская область : учеб. пособие для студентов агроном. специальностей / К. И. Малеев, С. А. Двинских ; М-во сельского хоз-ва Рос. Федерации, Пермская гос. с.-х. акад., Управление по охране окружающей среды администрации Перм. обл. - Пермь : Книжный мир, 2003. - 224 с.

86. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / Под ред. В.И. Гурмана, Е.В. Рюминой. – М.: Наука, 2003. – 175 с.

87. Моисеев Н.Н. Расставание с простотой. – М.: Аграф, 1998. - 480с.

88. Моисеев Н.Н. Судьба цивилизации. Путь Разума. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. – 228 с.
89. Моисеев Н.Н. Экология и образование. – М.: ЮНИСАМ, 1996. – 192 с.
90. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. – М.: Наука, 1985. – 272 с.
91. Никитин А.Т., Степанов С.А. Государственное и муниципальное управление в сфере охраны окружающей среды. – М.: МНЭПУ, 2001. – 232 с.
92. Новая парадигма развития России в XXI веке. Комплексные исследования проблем устойчивого развития: идеи и результаты /Под редакцией В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. – М.: Academia, 2000. – 397 с.
93. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем.– М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.
94. Орлов А.И. Менеджмент. Учебник. М.: Издательство "Изумруд", 2003. - 298с.
95. Орловский С.А. Проблемы принятия решений в условиях нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981.
96. Отчет о выполненной научно-исследовательской работе по теме «Оценка экологической ситуации в особо охраняемой природной территории местного значения «Черняевский лесопарк»// ФГОУ ВПО «Пермский государственный университет» Естественнонаучный институт, от 31.августа 2009 года, 320 с.
97. Потапов А.Д. Экология. – М.: Высшая школа, 2004. – 528 с.
98. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Часть 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем. - МО СССР, 1990г., 522с.
99. Резников В.А. Принятие решений в условиях неопределенности и адаптация. – Л.: Министерство обороны СССР, 1997.

100. Рюмина Е.В. Анализ эколого-экономических взаимодействий. – М.: Наука, 2000. – 158 с.
101. Самуельсон П. О чем думают экономисты: Беседы с нобелевскими лауреатами / Под ред. П. Самуельсона и У. Барнетта; Пер. с англ., 2-е изд. – М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2010. – 490 с. – (Серия «Сколково»).
102. Самуельсон П., Нордхаус В. Экономика, 18-е издание. Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1300с.
103. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1985.
104. Стаматин В.И. Предынвестиционный экспресс-анализ промышленных предприятий аналитическим методом на основе аппроксимированных производственных функций// Пермский государственный университет, 2005г. (автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук)
105. Степановских А.С. Прикладная экология. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 751 с. 239
106. Тимофеева С.С. Экологический менеджмент. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 352 с.
107. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Количественный подход: – М.: Мир, 1971. – 464 с.
108. Угольницкий Г.А. Управление эколого-экономическими системами. – М.: Вузовская книга, 2004. – 132 с.
109. Указ Президента РФ от 01.04.1996 № 440 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».
110. Указ Президента РФ от 04.02.1994 № 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития».
111. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука, 2000. – 431 с. 240

112. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями от 22 августа, 29 декабря 2004 г., 9 мая, 31 декабря 2005 г., 18 декабря 2006 г., 5 февраля, 26 июня 2007 г.).

113. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями от 22 августа, 29 декабря 2004 г., 9 мая, 31 декабря 2005 г., 18 декабря 2006 г., 5 февраля, 26 июня 2007 г.).

114. Харитонов В.А., Алексеев А.О., Белых А.А., Шайдулин Р.Ф. Интеллектуальные управленческие технологии в жилищной сфере // Инновационному развитию АПК – научное обеспечение. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Пермской государственной сельскохозяйственной академии имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, 18 ноября 2010 года) – С. 179-183.

115. 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. строительного факультета – Пермь: Изд-во. Гос. Техн. ун-та, 2008. – С. 222-225.

116. 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. строительного факультета – Пермь: Изд-во. Гос. Техн. ун-та, 2008. – С. 220-222.

117. Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф., Белых А.А., Алексеев А.О., Пуйсанс С.Г. Модель комплексного оценивания защиты выпускных квалификационных работ // Информационные технологии в образовательном процессе вузов МВД России (материалы научно практической конференции) Нижегородская академия МВД России, Пермский филиал 2007 – С. 110-114.

118. Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. – 496 с.

119. 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. строительного факультета – Пермь: Изд-во. Гос. техн. ун-та, 2008. – С. 214-216.

120. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978.

121. Шоломов Л.А. Основы теории дискретных логических и вычислительных систем.- М.: Наука, 1980.- С.25-46.

122. Экономико-математический словарь / Под ред. Лопатникова Л.И. – М.: Дело, 2005. – 520 с.

123. Яблонский А.И. Методологические вопросы анализа сложных систем. – В кн.: Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник, 1984. – М.: Наука, 1984.

124. Яглом И.М. Математические структуры и математическое моделирование. – М.: Советское радио, 1980.

125. Siebert H. Economics of the environment: theory and policy. – Berlin: Springer, 1992. – 295 p.

Руководство пользователя «Системы анализа Черняевского лесопарка»

Окно входа в систему	162
Меню выбора группы характеристик изучаемого объекта	163
Главное меню системы	164
Средство визуализации и анализа экологической ситуации в Черняевском лесопарке	164
Общее описание.....	164
Принципы работы.....	166

Окно входа в систему

После запуска системы будет выведена форма авторизации (рисунок П.1). Необходимо ввести имя пользователя и соответствующий пароль. При необходимости имеется возможность настроить параметры подключения к серверу данных (кнопка около полей ввода).

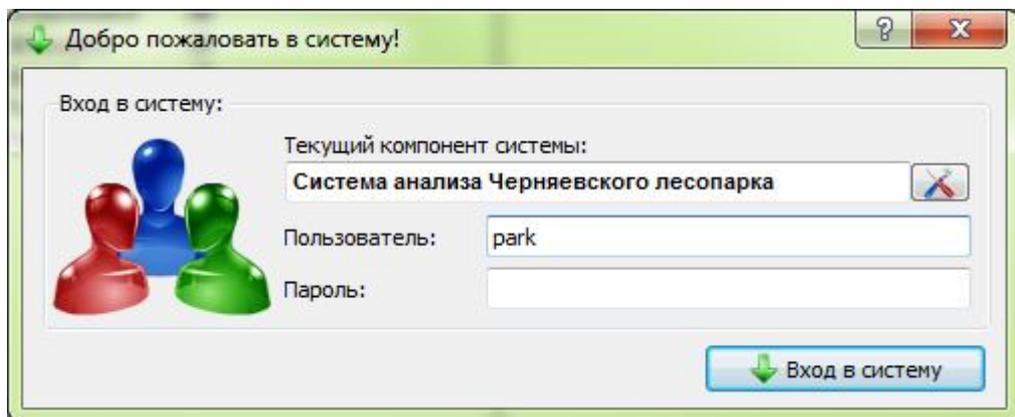


Рис. П.1. Форма авторизации

После прохождения процедуры авторизации будет получен доступ к системе в соответствие с правами пользователя.

Меню выбора группы характеристик изучаемого объекта

При запуске основной формы системы автоматически открывается начальное меню выбора группы характеристик изучаемого объекта (рисунок П.2), которое служит для обеспечения быстрого доступа к данным.

В меню представлены 4 группы характеристик:

1. Гидрология.
2. Таксационное описание.
3. Дорожки.
4. Описание пробной площади.

Для каждой группы даны гиперссылки на соответствующие разделы Отчета о выполнении НИР «Оценка экологической ситуации в особо охраняемой природной территории местного значения «Черняевский лесопарк», а также на элементы анализа экологической ситуации (карты).

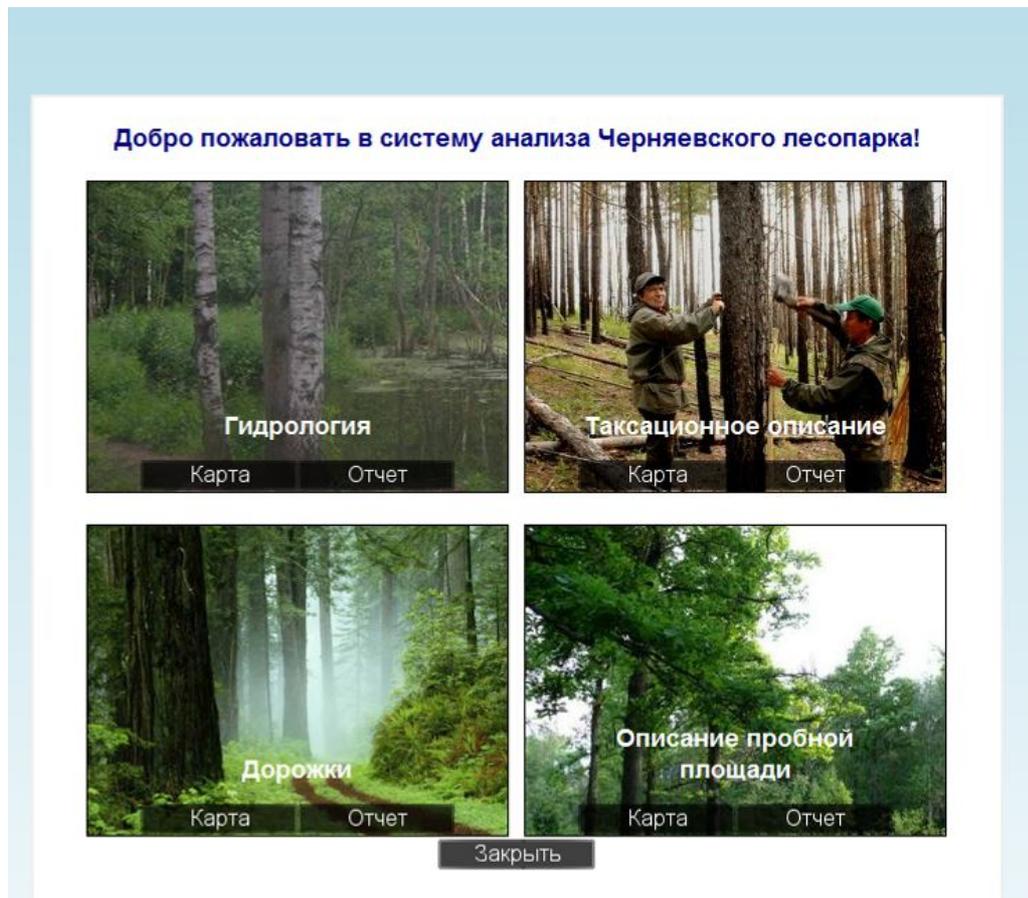


Рис. П.2. Меню выбора группы характеристик изучаемого объекта

Главное меню системы

Главное меню (рисунок П.3) является основным средством доступа к функциям системы, оно состоит:

- Главное:
 - Стартовая страница – позволяет открыть меню выбора группы характеристик изучаемого объекта;
 - Выход – завершение работы системы;
- Лесопарк:
 - Анализ экологической ситуации – позволяет открыть средство визуализации и анализа экологической ситуации в Черняевском лесопарке;
 - Отчет об оценке экологической ситуации Черняевского лесопарка - позволяет открыть Отчет о выполнении НИР «Оценка экологической ситуации в особо охраняемой природной территории местного значения «Черняевский лесопарк» в гипертекстовом формате;
- Помощь:
 - Справка – открывает руководство пользователя;
 - О программе – информация о версии системы и ее авторах.

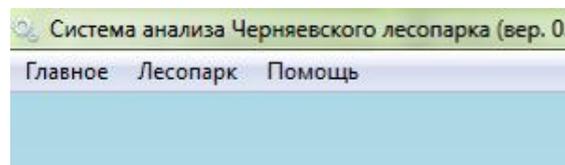


Рис. П.3. Главное меню системы

Средство визуализации и анализа экологической ситуации в Черняевском лесопарке

Общее описание

Основной элемент системы - средство визуализации и анализа экологической ситуации в Черняевском лесопарке (рисунок П.4). Оно позволяет визуально представить собранные данные об экологической ситуации в различных

разрезах, позволяет провести выделение различных областей рассматриваемой территории в зависимости от величины одного из показателей. Кроме того, средство позволяет применить визуальную фильтрацию выделов по одному из показателей (с использованием стандартных операций сравнения: «меньше», «больше», «равно»).

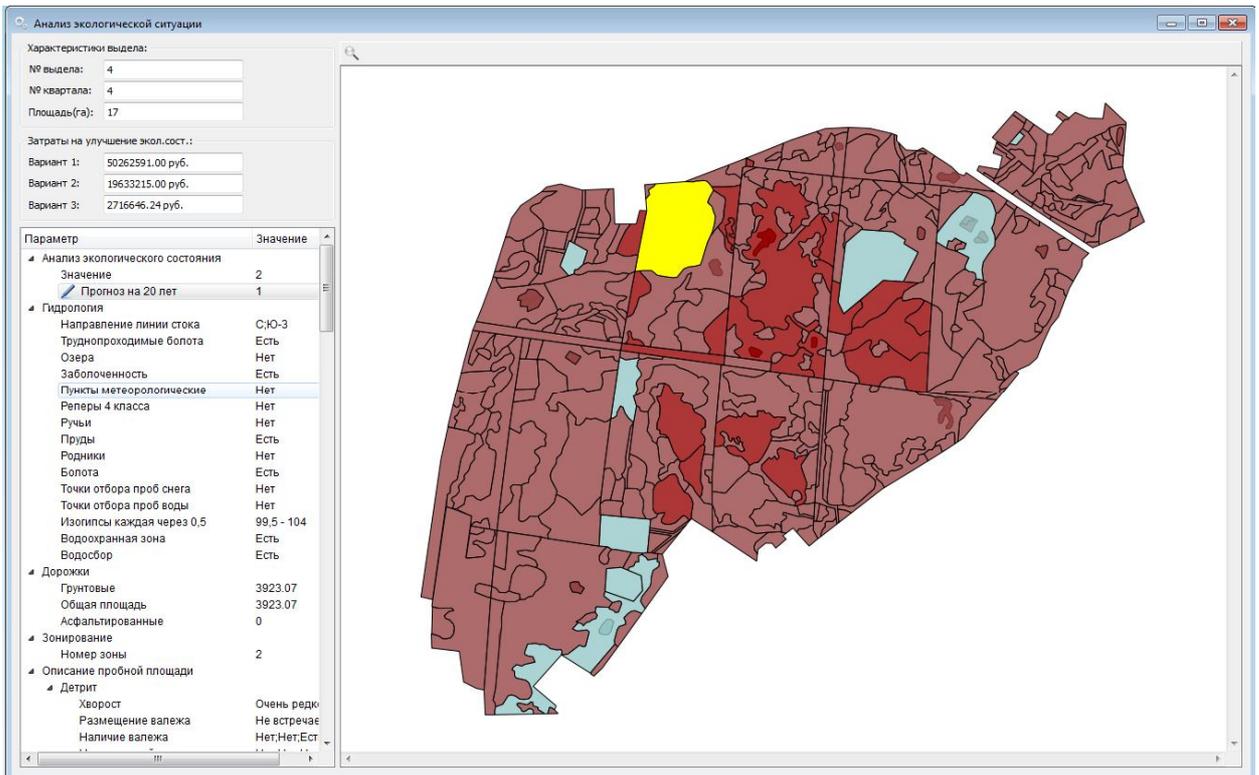


Рис. П.4. Средство визуализации и анализа экологической ситуации в Черняевском лесопарке

В левой части формы расположена информационная панель, которая содержит:

- основные характеристики выдела, такие как его номер, номер квартала и занимаемая площадь;
- 3 варианта затрат на мероприятия по улучшению экологической ситуации в конкретном выделе, рассчитанные на основе локальных сметных расчетов;
- Иерархический список характеристик с указанием значений по конкретному выделу.

В правой части формы расположено собственно окно визуализации данных.

Принципы работы

Выделение

Для того чтобы получить информацию по конкретному выделу, необходимо его отметить – нажатием левой кнопки мыши по интересующему выделу. Отмеченный выдел изменит цвет на желтый, кроме того, обновятся и данные в информационной панели формы.

Масштабирование

Имеется возможность масштабирования карты, для этого необходимо открыть панель масштабирования нажатием кнопки с пиктограммой «лупа» на панели инструментов (рисунок П.5).

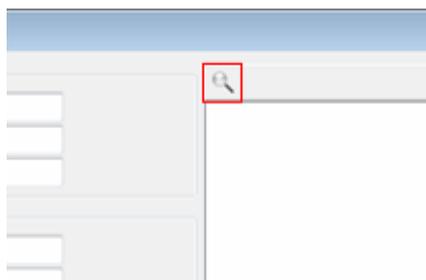


Рис. П.5. Кнопка вызова панели масштабирования

После нажатия на кнопку вызова панели масштабирования, панель отобразится в правой части формы с ползунком (рисунок П.6), при движении которого вверх или вниз будет изменяться масштаб визуализации. Скрыть панель масштабирования можно, вновь нажав на кнопку вызова панели масштабирования.

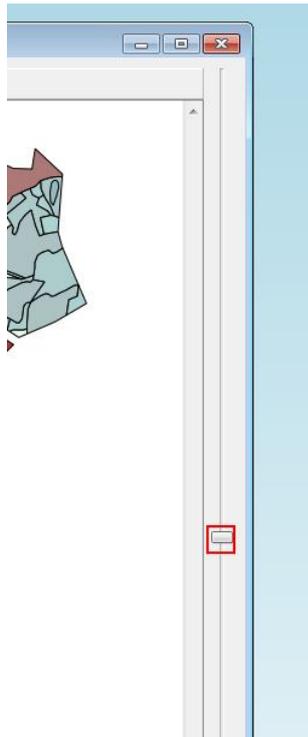


Рис. П.6. Панель масштабирования

Отображение данных по цвету

Одной из основных функций является графическое отображение данных по цвету в зависимости от выбранной характеристики. Для того чтобы включить режим графического отображения данных, необходимо выбрать интересующий показатель, вызвать контекстное меню нажатием правой кнопки мыши и выбрать пункт «Выделить данные» (рисунок П.7).

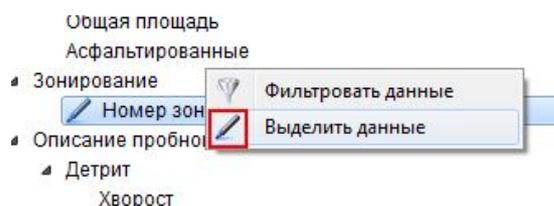


Рис. П.7. Контекстное меню элемента

После выбора графического отображения характеристики в правой части формы будет выполнено преобразование карты данных в зависимости от значения характеристики. В левой части на информационной панели около характеристики, по которой выполнено графическое отображение, появится соответствующая иконка.

Чтобы отключить режим графического отображения данных, необходимо вновь вызвать контекстное меню у характеристики и выбрать пункт «Выделить данные».

Фильтрация данных по условию

Также важной функцией является графическая фильтрация данных в зависимости от выбранной характеристики. Для того чтобы включить режим графической фильтрации данных, необходимо выбрать интересующий показатель, вызвать контекстное меню нажатием правой кнопки мыши и выбрать пункт «Фильтровать данные» (рисунок П.8).

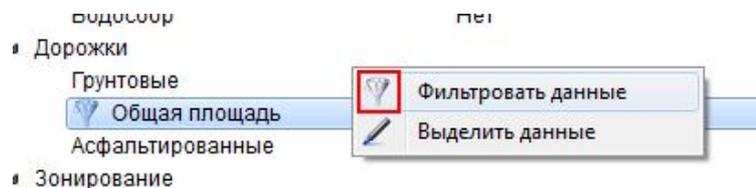


Рис. П.8. Контекстное меню элемента

Будет открыта форма фильтрации данных (рисунок П.9), в которой необходимо выбрать операцию фильтрации: «больше», «меньше» или «равно» и указать значение показателя для фильтрации.

Рис. П.9. Форма фильтрации данных

После нажатия кнопки «ОК», в правой части формы будет выполнено преобразование карты данных в зависимости от значения характеристики, выделены с отфильтрованными значениями характеристики будут выделены

красным цветом (рисунок П.10). В левой части на информационной панели около характеристики, по которой выполнена графическая фильтрация, появится соответствующая иконка.

Чтобы отключить режим графической фильтрации данных, необходимо вновь вызвать контекстное меню у характеристики и выбрать пункт «Фильтровать данные», в форме фильтрации данных снять галочку около надписи «Фильтрация данных».

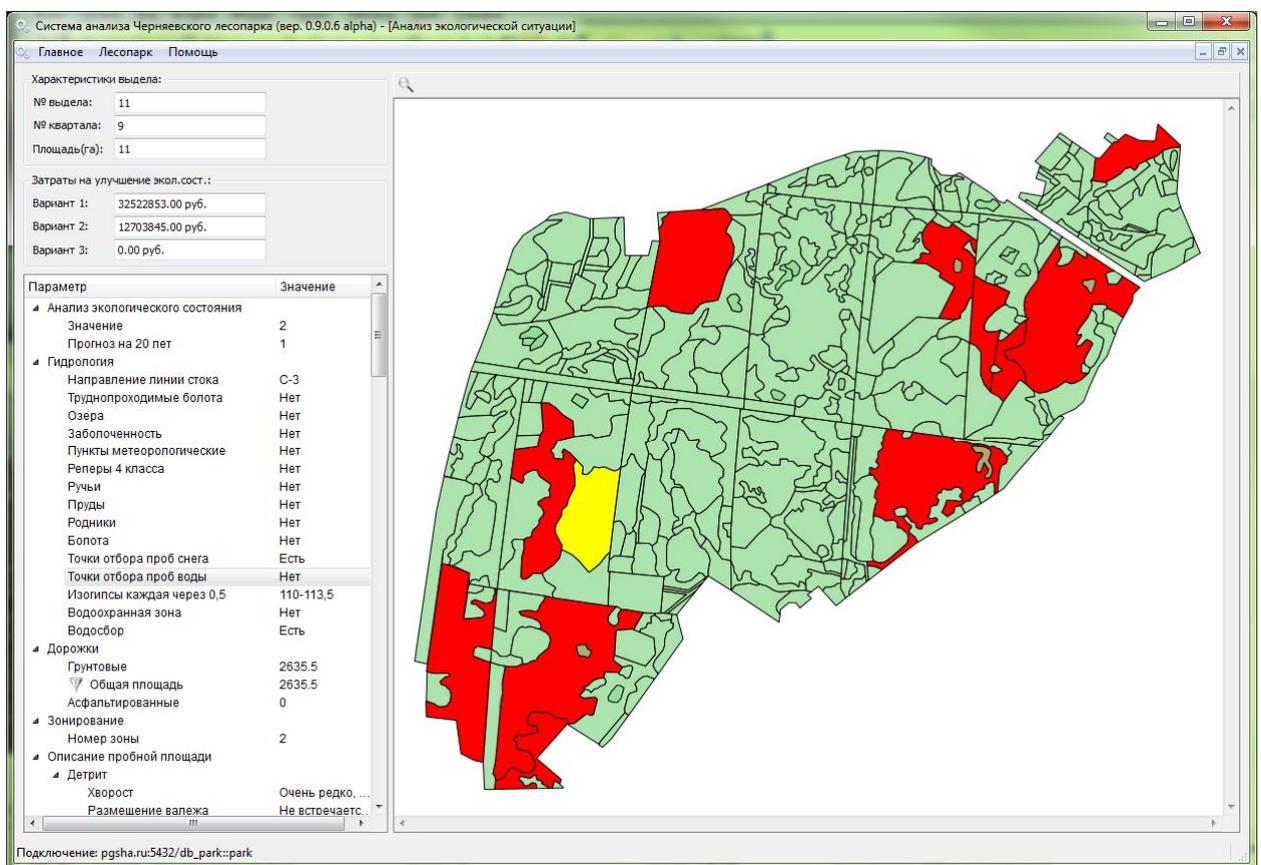


Рис. П.10. Результат графической фильтрации данных

Приложение 2

Назначение хозяйственных мероприятий по типам леса в условиях Пермского края (экспертная оценка) по С.А. Дыренкову и др., 1977.

Комплекс мероприятий в отношении участков конкретного типа леса рекомендуется назначать с учетом экономических условий и возможностей лесохозяйственного предприятия по одной из хозяйственных линий, лежащей между самой интенсивной, получившей самые высокие баллы и экстенсивной, с низкими балльными оценками

Хозяйственные мероприятия	Типы леса и их хозяйственные группировки														
	Сухие сосновые боры		Сосняки зеленомошники		Ельники кисличники		Ельники логовые		Сосняки переувлажненных почв			Ельники переувлажненных почв		Лесные болота	
	С. лишайниковый	С. бруснично-лишайниковый	С. бруснично-зеленомошный.	С. чернично-зеленомошный.	Е. липняковый.	Е. кислично-зеленомошный.	Е. приручейно-разногравный.	Е. болотно.-разногравный.	С.-чернично.-долгомошный.	С. чернично-сфагновый	С. кусустарничково-сфагновый	Е. чернично.-долгомошный	Е. хвощево-сфагновый	С. осоково-сфагновый	С. пушицево-сфагновый
Целевое (главное функциональное) назначение леса															
Получение древесного сырья	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	-	-
Выполнение водорегулирующих и водоохраных функций	1	1	1	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3
Почвозащитные функции	3	3	2	1	1	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Охота и получение недревесного растительного сырья (ягоды, грибы, лекарственные растения и т.п.)	2	2	3	1	1	1	3	3	1	1	3	1	1	3	3
Рекреационное значение	2	2	3	3	3	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Способы лесовосстановления															
Естественное зарастание вырубок	1										2			3	3
Семенные куртины и древостои	3	3	3	3	1	1			2	2	1	1			
Скарификация почв	1	2	3	3											
Лесные культуры (л/к) без обработки почв	2	2	2	1				2							
Л/к с интенсивной обработкой почвы				2	3	3	3	3	3	3		3	3		
То же с осушением							3	3	3	3		3	3		

Л/к плантационного типа			2	3	3							2			
Способы мелиорации															
Поверхностное осушение вырубок							3		3	2					
Внесение азотных удобрений		2	3	3					3						
Внесение полных удобрений		1	3	3					2	2	2	2			
Внесение фосфорных и калийных удобрений										1	1	2			
Сохранение (введение) почвоулучшающего подлеска		1	1	2	3	3	3	3	2	1					
Древесные породы, предпочтительные в качестве главных, в том числе при создании л/к															
Ель			1	2	3	3	3	2	1			3	3		
Сосна	3	3	3	3	2	2			3	3	3	2	1	3	3
Пихта					1	1	1								
Сосна сибирская				2	3	3	3	1							
Береза				1	2	2	1	3						3	
Осина					3	3									
Лиственница сибирская				2	2										
Породы, желательные в качестве примеси															
Ель		1	1	1	3	3	3	3	3	3		3	3		
Сосна				3	1	2	1		3	3		2	2		
Пихта				1	3	3	1								
Сосна сибирская				1	3	3	3	3	3	3	3	3			
Береза	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	1	2		3	
Липа					3	3	3	3							
Предпочитаемые формы хозяйства и способы главной рубки															
Сплошнолесосечные с концентрированными рубками и последующими культурами	-	-	1	1	1	1	-	-	2	2	1	1	1	-	-
То же с мерами содействия естественному возобновлению (сохранение источников семян, подроста и молодого тонкомера)	1	1	2	2	2	2	-	-	-	-	2	2	2	-	-

хвойных пород)															
То же с узкими лесосеками	2	2	3	3	2	2	-	-	3	3	3	3	3	-	-
Семенно-лесосечное с постепенными рубками	3	3	3	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
То же с группово-выборочными рубками	-	-	-	-	3	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Выборочное хозяйство: добровольно-выборочные рубки	-	-	-	-	3	3	3	3	-	-	-	1	1	-	-
Территория без хозяйства – для дикой природы	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
Особенности ухода за составом молодняков (в сплошнолесосечном хозяйстве)															
Интенсивное осветление главной породы в молодом возрасте, необходимость повторных уходов	-	-	-	3	3	3	3	3	1	1	-	1	-	-	-
Возможность однократного интенсивного ухода	-	-	-	2	-	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-
Возможность применения авиахимухода	-	-	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Режим промежуточного пользования															
Интенсивные и редкие изреживания	-	-	3	2	1	1	-	-	2	2	2	2	-	-	-
Осторожные и частые разреживания	-	-	-	3	3	3	-	-	3	3	3	3	3	-	-
Только санитарные рубки (или без ухода)	3	3	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	3	3
Мероприятия по лесозащите и защите фауны															
Усиленная противопожарная профилактика	3	3	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ограничения выпаса скота и рекреационной нагрузки	3	3	3	1	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Сохранение стадий ценных животных	3	3	3	1	1	1	3	3	1	1	2	1	3	3	3
Режим побочных пользований															
Охотничьи угодья	2	3	3	2	2	2	3	3	1	1	1	1	3	3	3
Продуктивные ягодники и грибные места	2	3	3	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1	3	3
Медоносные угодья	-	-	1	1	2	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Подсочка, осмолподсочка	-	2	3	3	3	3	2	-	-	1	1	-	-	-	-

составляет 40%, из них половина луговые травы. В древостое от 50 до 70% больных и усыхающих деревьев. Подрост и подлесок редкий, сильно поврежденный или отсутствует. Требуется строгий режим рекреационного использования															
Лесная среда деградирована. Моховой покров отсутствует. Травяной покров составляет не более 10%, причем состоит почти полностью из злаков. Подрост и подлесок отсутствуют. Древостой изрежен, больные и усыхающие деревья составляют 70% и более. Рекреационное использование запрещается, требуется восстановление лесной среды	1														
Степень увлажнения местообитаний															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Мелиоративная оценка															
Мероприятия по осушению, прокладка дорожно-тропиночной сети или ее ремонт, строительство мостов, переходов, спусков, плотин не требуется	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Необходим текущий ремонт гидромелиоративной, дорожно-тропиночной сети, улучшение проходимости участка, устройство переходов, ремонт мостов, спусков	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Необходима гидромелиорация участка, требуется капитальный ремонт или строительство дорог, мостов, спусков, плотин	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Мероприятия по борьбе с нежелательной растительностью по стадиям рекреационной регрессии															

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	2	2	3	2	3	3	2	1	2	2	2	2	2	2
5	1	1	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
	С.лишайниковый	С.бруснично-лишайник	С.бруснично-зеленомош	С.чернично-зеленомош	Е.липняковый	Е.кисличный-зеленомош	Е.приручийно-разнотрав	Е.болотно-разнотрав	С.-чернично-долгомош	С.чернично-сфагновый	С.кустарничково-сфагновый	Е.чернично-долгомош	Е.хвощевосфагновый	С.осоково-сфагновый	С.лушницевосфагновый	
Возможность трансформации в другие типы сообществ																
	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	1	2	1	1	1	1
Необходимость сохранения видового разнообразия																
	3	3	3	2	1	2	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
Возможное количество рекреантов, ч/га																
Дорожно-тропиночная сеть, твердое покрытие, км/га																
Дорожно-тропиночная сеть, грунт, км/га																
Дорожно-тропиночная сеть, мелкие (шириной менее 1м) тропы, км/га																
Наличие малых архитектурных форм, скамейки, шт/га																
Водоемы, га/га																
Выполнение функций защиты от физических полей (шум, радиация, электромагнитное излучение и пр.)																
Открытое пространство (поляны, вырубки и пр.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Редины с полнотой до 0,3	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Низкополнотные, до 0,5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Среднеполнотные, до 0,7	2	2	2	2	3	2	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
Высокополнотные	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1
Открытое пространство (поляны, вырубки																

Приложение 3

Ориентировочная стоимость удаления сухостойных деревьев,
валежа, пней с территории Черняевского леса

№ п/п	Наименование вида работ	Обоснование	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.	Стоимость единицы измерения, руб.
1	Валка и удаление сухостойных деревьев	1. таблица "Средний запас сухостоя на гектар по стратам и типам сухостоя". 2. Локальный сметный расчет № 1	1м3/1 га	128,0	150402,91	1175,0227
2	Удаление валежа	1. Таблица "Общий запас валежа по стратам и степени его разложения". 2. Локальный сметный расчет № 2	1м3 /1страта	3,8	787,70	207,28952
3	Корчевка и удаление пней	1. Таблица "Среднее количество пней на гектар по стратам и группам древесных пород". 2. Локальный сметный расчет № 3	1 пень /1га	211,0	234386,85	1110,8381

СОГЛАСОВАНО:

"___" _____ 200__ г.

УТВЕРЖДАЮ:

"___" _____ 200__ г.

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 1

(локальная смета)

на Валку и удаление сухостойных деревьев с территории Черняевского леса

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: Таблица "Средний запас сухостоя на 1 га по стратам и типам сухостоя"

Сметная стоимость, руб. 150402,91

Средства на оплату труда, руб. 41069,52

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на 4 кв. 2009 г.

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы			Общая стоимость			Т/з осн. раб. на ед.	Т/з осн. раб. Всего	Т/з мех. на ед.	Т/з мех. Всего		
					Всего	В том числе		Всего	В том числе							
						Осн.З/п	Эк.Маш		З/пМех	Эк.Маш					З/пМех	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1,00	ТЕР68-03-01	Валка деревьев в городских условиях (липа, сосна, кедр, тополь) диаметром до 300 мм. Объем (1+18+35+37+6+9+10+12)м3х1,43=183,0 м3 склад. Для вывозки=128,0 м3.	1 складочный м3 кражей	183,04	43,89	30,69	13,20		8033,63	5617,50	2416,13					
2,00	СЦП3-3-26	Погрузочные работы при автомобильных перевозках Мусор строительный: 128,0м3х0,8т/м3=102,4т	за т груза	102,40	1,78		1,78		182,27		182,27					
3,00	СЦП3-4-26	Разгрузочные работы при автомобильных перевозках Мусор строительный	за т груза	102,40	2,52		2,52		258,05		258,05					
4,00	СЦП3-3-26-1	Перевозка навалочных грузов автомобилями-самосвалами (работавшими вне карьеров), расстояние перевозки 26 км класс груза I	1 т	102,40	22,70		22,70		2324,48		2324,48					
Итого прямые затраты по смете									10798,43	5617,50	5180,93					
ОЗП=7,311,ЭМ=4,169,ЗПМ=7,311,МАТ=4,293									51870,39	35452,03	16418,36					
ИТОГО									62668,81	41069,52	21599,29					
Итого материалы																
Итого маш. и мех-мы																
Итого ФОТ									21599,29		21599,29					
Накладные расходы 104,00%*0,94 ФОТ (от 41069,52)									41069,52							
Сметная прибыль 60,00% ФОТ (от 41069,52)									40149,57							
ИТОГО ПО СМЕТЕ									24641,71							
НДС 18%									127460,10							
ВСЕГО ПО СМЕТЕ									22942,82							
									150402,91							

Составил

Проверил

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

СОГЛАСОВАНО:

УТВЕРЖДАЮ:

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 2

"___" _____ 200__ г.

(локальная смета)

"___" _____ 200__ г.

на удаление валежа с территории Черняевского леса

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Обоснование: Таблица "Общий запас валежа по стратам и степени его разложения"

Сметная стоимость, руб. 787,70

Средства на оплату труда, руб. 119,46

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на _____ 4кв. 2009г.

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы			Общая стоимость			Т/з осн. раб. на ед.	Т/з осн. раб. Всего	Т/з мех. на ед.	Т/з мех. Всего
					Всего	В том числе		Всего	В том числе					
						Осн.З/п	Эк.Маш		З/пМех	Осн.З/п				
1,00	СЦПЗ-3-26	Погрузочные работы при автомобильных перевозках Мусор строительный Объем: 3,8х 1,0т/м3=3,8т	за т груза	3,80	1,78	1,78	6,76	6,76	6,76	14	15	16	17	
2,00	СЦПЗ-4-26	Разгрузочные работы при автомобильных перевозках Мусор строительный	за т груза	3,80	2,52	2,52	9,58	9,58	9,58	14	15	16	17	
3,00	СЦПЗ-3-26-1	Перевозка навалочных грузов автомобилями-самосвалами (работающими вне карьеров), расстояние перевозки 26 км класс груза 1	1 т	3,80	22,70	22,70	86,26	86,26	86,26	14	15	16	17	
Итого прямые затраты по смете														
ОЗП=7,311,ЭМ=4,169,ЗПМ=7,311,МАТ=4,293														
ИТОГО														
Итого материалы														
Итого маш. и мех-мы														
Итого ФОТ														
Накладные расходы 104,00%*0,94 ФОТ (от 238,92)														
Сметная прибыль 60,00% ФОТ (от 238,92)														
ИТОГО ПО СМЕТЕ														
НДС 18%														
ВСЕГО ПО СМЕТЕ														
102,60 16,34 86,26														
376,48 103,12 273,36														
479,08 119,46 359,62 0,00														
359,62 359,62														
119,46 119,46														
116,79														
71,68														
667,54														
120,16														
787,70														

Составил
Проверил

СОГЛАСОВАНО:

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 3

(локальная смета)

УТВЕРЖДАЮ:

" " " 200_ г.

на корчевку и удаление пней с территории Черняевского леса

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: таблица "Среднее количество пней на гектар по стратам и группам древесных пород"
 Сметная стоимость, руб. 234386,85
 Средства на оплату труда, руб. 62722,97
 Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на 4 кв. 2009г.

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы				Общая стоимость				
					Всего	В том числе			Всего	В том числе			
						Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМех		Матер.	Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16293,42
1	ТЕР68-01-01	Корчевка пней вручную давностью рубки до трех лет диаметром до 500 мм мягких пород	1 пень	211,0	120,2	40,66	2,32	77,22	25362,20	8579,26	489,52		
2	СЦП-3-26	Погрузочные работы при автомобильных перевозках Мусор строительный 0,25мх0,25мх3,14х0,5мх211 шт.х1,0 т/м3=20,7т	за т груза	20,7	1,78		1,78		36,85		36,85		
3	СЦП-4-26	Разгрузочные работы при автомобильных перевозках Мусор строительный	за т груза	20,7	2,52		2,52		52,18		52,18		
4	СЦП-3-26-1	Перевозка навальных грузов автомобилями-самосвалами (работающими вне карьеров), расстояние перевозки 26 км класс груза I	1 т	20,7	22,7		22,7		469,99		469,99		
Итого прямые затраты по смете													16293,42
ОЗП=7,311,ЭМ=4,169,ЗПМ=7,311,МАТ=4,293													1048,54
Итого													16293,42
Итого материалы													1048,54
Итого маш. и мех-мы													3322,82
Итого ФОТ													4371,36
Накладные расходы 104,00%*0,94 ФОТ (от 62722,97)													61317,98
Сметная прибыль 60,00% ФОТ (от 62722,97)													37633,78
ИТОГО ПО СМЕТЕ													198632,92
НДС 18%													35753,93
ВСЕГО ПО СМЕТЕ													234386,85

Составил

Проверил

Состав и структура затрат вариант 1, площадь 2,7га

Статьи затрат	Устройство дорожно-тропиночной сети	Озеленение	Установка МАФ	Всего		На га
				руб	%	
Строительные материалы	1079000,00	140412,65	2607200,00	3826612,65	47,94	2956623
Содержание основных средств эксплуатация машин (ТО и ТР, ГСМ и износ)	133555,78	2178,71	7684,59	143419,08	1,80	
Оплата труда (ФОТ)	848479,52	334655,64	59019,10	1242154,27	15,56	
Прочие затраты	1938606,00	743907,40	88183,94	2770697,34	34,71	
Итого	3999641,30	1221154,40	2762087,64	7982883,34	100,00	

Состав и структура затрат, вариант 2, площадь 2,6га

Статьи затрат	Устройство дорожно-тропиночной сети	Озеленение	Установка МАФ	Расчистка просеки	Всего		На га
					руб.	%	
Строительные материалы	314524,01	62381,45	1188820,00		1565725,46	52,14	1,154895
Затраты на ГСМ	64479,12	1586,56	2601,57	1050,22	69717,47	2,32	
Фонд оплаты труда	188185,42	140223,46	196199,11	1694,10	526302,09	17,53	
Прочие затраты	115442,04	277082,80	448275,72	183,38	840983,94	28,01	
Итого	682630,59	481274,27	1835896,40	2927,70	3002728,96	100,00	