

На правах рукописи



**Раевская Елена Александровна**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ПРИ ОЦЕНКЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

Специальность

2.3.4. Управление в организационных системах

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Новокузнецк  
2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Пимонов Александр Григорьевич**

Официальные оппоненты: **Ступина Алена Александровна**,  
доктор технических наук, профессор, заведующая  
кафедрой цифровых технологий управления  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Сибирский федеральный  
университет»

**Медведев Алексей Викторович**,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры фундаментальной математики  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники»

Защита состоится 13 октября 2021 года в 15 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета 24.2.401.02, созданного на базе федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., ул. Кирова, 42, аудитория ЗП. Факс (3843) 46-57-92, e-mail: ptrvt@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», <http://www.sibsiu.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
д.э.н., проф.



Петрова Татьяна Викторовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В современной экономике инновационная политика предприятий предполагает формирование портфеля инновационных проектов и выбор наиболее перспективного из них для обеспечения своей конкурентоспособности на рынке. Однако сложность выбора для внедрения того или иного инновационного решения заключается в многокритериальности отбора возможных альтернатив. Это обуславливает необходимость проведения комплексной экспертизы будущей эффективности внедряемого новшества: определения не только экономической результативности научно-технических разработок, но и социальных, технических и других показателей эффективности проектов. Таким образом, важной задачей становится формирование научно обоснованной методики оценки инновационных проектов, позволяющей учесть максимально возможное количество факторов, связанных с их реализацией.

Для оценки результатов научно-инновационной деятельности существуют различные системы конкурсного отбора. Однако, как правило, на предынвестиционном этапе экспертизы невозможно провести комплексный анализ с учетом полного спектра необходимых и достаточных критериев оценки для их обоснованного выбора, а также учесть все риски, возникающие при реализации инновационных проектов, оценить их коммерческую и бюджетную эффективность с учетом характеристик конкретных исполнителей.

Оценка потенциальной эффективности инновационных проектов является наиболее ответственным этапом принятия инвестиционного решения, от результатов которого в значительной мере зависит степень достижения цели инвестирования. В свою очередь, объективность и достоверность полученных результатов во многом обусловлены используемыми методами анализа. Проблема формирования методики численной оценки инновационных проектов на предынвестиционном этапе сопровождается рядом трудностей, среди которых выделяют следующие: отсутствие общепринятых рекомендаций по оценке; неопределенность в структуре эффективности инновационной деятельности; закрытость информации, на которой может строиться какая-либо внешняя оценка для стороннего аналитика.

Анализ существующих методов управления инновациями показывает, что в настоящее время отсутствует единый подход к формированию состава базового комплекса критериев оценки инновационных проектов и к методике проведения их экспертизы. В связи с этим актуальной научно-практической задачей является разработка научно обоснованной методики, базирующейся на комплексном использовании метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики и соответствующего ей программного обеспечения, которые позволяют снизить степень неопределенности при принятии решения о реализации, внедрении или отборе инновационного проекта.

**Целью диссертации** является обеспечение обоснованности и оперативности поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов на основе комплексного использования метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики.

Для достижения указанной цели в диссертации поставлены и решены следующие задачи.

1) Рассмотреть и проанализировать организационные и методические основы процесса оценки инновационных проектов на предынвестиционной стадии жизненного цикла проекта.

2) Сформировать базовый комплекс критериев оценки инновационных проектов, учитывающий их специфику.

3) Разработать формализованную в виде алгоритма комплексную методику поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов, основанную на методе анализа иерархий Т. Саати и элементах нечеткой логики.

4) Выполнить проектирование и создать информационные базы данных для хранения сведений о критериях оценки, проектах, экспертах и результатах экспертизы.

5) На основе предложенного алгоритма и сформированных баз данных разработать информационную систему поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов.

**Объектом исследования** является процесс оценки инновационных проектов.

**Предметом исследования** являются методы, алгоритмы и программные средства, обеспечивающие поддержку принятия решений при оценке инновационных проектов.

**Методы исследования и технологии разработки:** статистический и системный анализ данных, методы экспертных оценок, обобщение результатов исследования. В качестве основы для разработки методики оценки инновационных проектов использован метод анализа иерархий Т. Саати и элементы нечеткой логики. Реализация информационной системы выполнена в интегрированной среде разработки Visual Studio, исходный код написан на объектно-ориентированном языке программирования C#, интерфейс разработан с применением технологии Windows Presentation Foundation.

**Соответствие паспорту специальности.** Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.4. Управление в организационных системах: п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах»; п. 5 «Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в социальных и экономических системах»; п. 6 «Разработка и совершенствование методов получения и обработки информации для задач управления социальными и экономическими системами».

#### **Научная новизна работы.**

1) Базовый комплекс критериев оценки инновационных проектов, отличающийся тем, что основан не только на финансовых показателях доходности проекта, но и включает прочие группы критериев потенциальной эффективности будущей инновации, что позволяет проводить оценку научно-технических, производственных, социальных и авторских характеристик сравниваемых проектов.

2) Формализованная в виде алгоритма методика поддержки принятия решений при проведении сравнительной оценки инновационных проектов на предынвестиционной стадии жизненного цикла, отличающаяся комплексным использованием метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики, что позволяет проводить оценку на основе критериев, не поддающихся численному выражению.

3) Оригинальный комплекс реляционных баз данных, отличающийся возможностью учета сведений о критериях, проектах-участниках, экспертах, принимающих участие в процедуре оценивания, результатах проведенных экспертиз, и позволяющий производить пополнение справочников в интерактивном режиме в зависимости от специфики проводимой оценки.

4) Оригинальное программное обеспечение – информационная система поддержки принятия решений, отличающаяся тем, что в ее составе реализована предложенная методика оценки инновационных проектов, что позволяет проводить их автоматизированную оценку очно или в дистанционном режиме вне зависимости от сферы применения будущей инновации, количества критериев оценки, природы показателей и количества задействованных экспертов.

**Теоретическая значимость диссертации** заключается в развитии методики поддержки принятия решений в задачах оценки инновационных проектов.

**Практическая значимость.** Созданная информационная система поддержки принятия решений позволяет автоматизировать трудоемкий процесс проведения экспертизы альтернативных инновационных проектов при принятии решений о поддержке, внедрении инновации в независимости от конкретной сферы применения, «природы» показателей, сложности оцениваемого проекта и числа экспертов. Система позволяет учитывать неограниченное число как количественных, так и качественных критериев, проводить процедуру оценки инновационных проектов как в очном, так и дистанционном режиме, повышая ее оперативность.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследования используются в учебном процессе КузГТУ в рамках курса «Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений» для магистрантов направления подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика».

Разработанный программный продукт был использован в управлении образования Администрации г. Кемерово и отделом по работе с одаренными детьми МБОУ ДПО «Научно-методический центр» для оценки исследовательских работ учащихся в рамках проведения XXI городской научно-практической конференции школьников «ИНТЕЛЛЕКТУАЛ».

На разработанные программные продукты и базы данных получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных: № 2016621203 от 01.09.2016 «База данных для поддержки принятия решений на основе методов системного анализа», № 2016619383 от 18.08.2016 «Информационная система поддержки принятия решений на основе методов системного анализа», № 2017621349 от 22.11.2017 «База данных для принятия решений на основе нечеткого логического вывода», № 2017662964 от 22.11.2017 «Информационная система поддержки принятия решений на основе нечеткого логического вывода».

Диссертация выполнена в рамках реализации поддержанного Российским гуманитарным научным фондом и Российским фондом фундаментальных исследований научного проекта № 16-32-00062 «Управление инновациями: комплексный подход на основе методов системного анализа и нечеткой логики».

### **На защиту выносятся:**

1) Базовый комплекс критериев оценки инновационных проектов, включающий 6 групп показателей: научно-технический уровень разработки, экономическая эффективность проекта, производственные критерии, социальная значимость, авторский коллектив, демонстрация проекта.

2) Формализованная в виде алгоритма методика поддержки принятия решений при проведении сравнительной оценки инновационных проектов на предынвестиционной стадии жизненного цикла, основанная на комплексном использовании метода анализа иерархий Т. Саати и элементов нечеткой логики.

3) Созданные базы данных, предназначенные для хранения сведений, используемых при проведении экспертизы инновационных проектов с помощью разработанной информационной системы поддержки принятия решений.

4) Информационная система поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов, позволяющая проводить экспертизу инновационных проектов вне зависимости от сферы применения будущей инновации, количества критериев оценки и числа экспертов, принимающих участие в процедуре оценки.

**Личный вклад автора** заключается в: формировании базового комплекса критериев оценки инновационных проектов, полученного на основе анализа информационно-эмпирических данных о проводимых конкурсных отборах инновационных проектов; разработке методики проведения сравнительной оценки инновационных проектов на предынвестиционной стадии жизненного цикла проекта и ее формализации в виде алгоритма; создании баз данных, предназначенных для хранения сведений о критериях оценки инновационных проектов, экспертах, принимающих участие в процедуре оценки, оцениваемых проектах, результатах оценки и экспертизах; разработке информационной системы поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов на основе сформированного комплекса критериев и предложенного алгоритма оценки.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих *конференциях*: Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 2013, 2014), Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2013, 2014), VI Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2013), Международной научно-технической конференции «Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях» (Тольятти, 2013), Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» (Кемерово, 2013-2018), Инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (Кемерово, 2014, 2016), Всероссийской молодежной научно-практической школе «Информационные системы и технологии в образовании, науке и бизнесе» (Кемерово, 2014), Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий» (Кемерово, 2014), XVII Всероссийской научно-практической конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями» (Москва, 2014), Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии» (Кемерово, 2017, 2018), II Международной научной конференции «Наука будущего» (Сочи, 2019); *на конкурсах научных работ*: Всероссийском конкурсе научных и инновационных

проектов студентов, аспирантов и молодых ученых по направлению «Информационно-телекоммуникационные системы» (Москва, 2013); Молодежной научно-инженерной выставке «ПОЛИТЕХНИКА» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, 2013); XII Санкт-Петербургском открытом конкурсе имени профессора В.Н. Вениаминова на лучшую студенческую научную работу по экономике, управлению и информатике в экономической сфере (Санкт-Петербург, 2014), Всероссийском открытом конкурсе на лучшую научную работу студентов вузов по экономическим наукам (Санкт-Петербург, 2014, 2016); Международном конкурсе научных работ студентов «SmartIT» (Орел, 2014), III Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ «Шаг в науку» (Томск, 2017), IV Всероссийском конкурсе «Наука будущего – наука молодых» (Сочи, 2019).

Отдельные результаты исследования отмечены 20 дипломами конкурсов научных работ и научно-практических конференций и 1 медалью.

**Публикации.** Материалы по теме диссертации опубликованы в 36 работах, среди которых 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 статьи, индексированные в международных наукометрических базах данных Scopus и Web of Science, 1 статья в рецензируемом научном журнале, 25 работ в материалах конференций и конкурсов научных работ, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 174 наименований и 8 приложений, включает 73 рисунка и 47 таблиц. Полный объем диссертации составляет 168 страниц основного текста и 10 страниц – приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, дана характеристика научной новизны и практической значимости, отражены результаты внедрения работы и ее апробация, приведены структура и объем диссертации.

**В первой главе «Теоретические основы процесса управления инновационной деятельностью»** выполнен обзор и анализ организационных и методических основ управления инновационными проектами на предынвестиционной стадии жизненного цикла. Рассмотрены элементы российской и региональной инновационных систем. Приведена классификация инноваций, обозначены их свойства и функции.

Основные проблемы в области оценки эффективности инновационной деятельности рассматриваются в работах известных ученых России, в числе которых можно выделить наработки Балдина К.В., Лапыгина Ю.Н., Джурабаевой Г.К. и других. Наиболее значимые результаты для наполнения методологической базы исследований получены по следующим направлениям: методы экспертных оценок (Литвак Б.Г., Тюрин Ю.Н., Орлов А.И., Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г., Ларичев О.И., Саати Т.), методы обработки и анализа экспертной информации (Панкова Л.А., Айвазян С.А.), методы оценки научной деятельности и методики экспертной оценки научных проектов (Монфор А.О., Гольдштейн Г.Я., Добров Г.М., Задорожный Э.М., Новиков Д.А., Суханов А.Л.), квалиметрические методы построения комплексных оценок качества (Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В., Субетто А.И., Гличев А.В.), статистические методы анализа данных нечисловой природы (Литвак Б.Г., Орлов А.И., Тюрин Ю.Н.), теория шкалирования и анализа нечет-

кой и нечисловой информации (Задэ Л.А., Кумбс Ч., Саати Т., Чернов В.Г., Дж. Баклей, Р. Беллман, Циммерман Г.Дж.).

Анализ трудов исследователей и нормативных документов показал, что вопрос проведения оценки инновационных проектов является актуальным, так как на всех уровнях инновационной системы возникает необходимость комплексного анализа эффективности реализуемых на рынке новшеств.

В связи с этим разработка информационной системы, реализующей методику, формализованную в виде алгоритма, базирующегося на комплексном использовании метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики для поддержки принятия решений в задачах оценки инновационных проектов, является актуальной научной и практической задачей.

**Во второй главе «Базовый комплекс критериев, методика и алгоритм оценки инновационных проектов»** рассмотрены существующие критерии и методики оценки инновационных проектов. Определены специфические особенности инновационных проектов, отличающие их от инвестиционных, среди которых главными являются высокая доля неопределенности и необходимость учета не только финансово-экономических показателей, но и технико-экономических, производственных и социальных. Данный факт не позволяет полностью проецировать методы оценки инвестиционных проектов на инновационные проекты.

Подробно рассмотрены два метода поддержки принятия решений при наличии большого числа критериев: метод анализа иерархий Т. Саати и нечеткий логический вывод. Именно эти подходы позволяют оперировать не только количественными критериями оценки, но и качественными, что позволяет численно выраженным показателям потенциальной эффективности подвергаться субъективной оценке экспертом, причем результат такой оценки можно выразить на естественном языке, что особенно актуально при проведении экспертизы инновационных проектов.

Глава посвящена описанию сформированного базового комплекса критериев для оценки инновационных проектов, полученного путем сбора и анализа информационно-эмпирических данных о проводимых конкурсных отборах инновационных проектов. При формировании комплекса учтено принципиальное отличие инновационных проектов от инвестиционных, оценка которых базируется на критериях доходности.

С целью составления перечня наиболее часто используемых критериев при проведении конкурсных отборов инновационных проектов был проведен сбор статистических данных на основе следующих научных мероприятий: городская научно-практическая конференция школьников «Интеллектуал» (Кемерово, 2014, 2015, 2019); конкурс Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере – «УМНИК» (Кемерово, 2015); РФФИ – Региональный конкурс СИБИРЬ (РФФИ – Кузбасс) (Кемерово, 2015); Всероссийский конкурс «Новая идея» на лучшую научно-техническую разработку среди молодежи предприятий и организаций топливно-энергетического комплекса (Раменское, 2016). Результаты исследования показали, что в большинстве случаев для проведения предварительного отбора проектов экспертными комиссиями используются следующие шесть групп показателей в различном их сочетании.

1) *Научно-технический уровень разработки*: актуальность идеи, научная новизна, патентная защищенность, масштабность проекта, осведомленность авторов проекта о текущем состоянии проблемы в данной сфере деятельности, степень проработки проектной документации, техническая значимость проекта, соответ-

ствие проекта приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, наличие плана реализации проекта.

2) *Экономическая эффективность проекта*: возможность коммерциализации результатов деятельности, наличие и качество бизнес-плана реализации проекта, соответствие объема заявленных инвестиций задачам проекта, время достижения точки безубыточности, прогнозируемый среднегодовой размер прибыли, величина чистой текущей стоимости, внутренняя норма доходности, срок окупаемости, наличие рисков реализации, наличие потенциального заказчика, повышение производительности труда, объем и характер рынка сбыта продукта, длительность производственного цикла, численность сотрудников.

3) *Производственные критерии*: потребность в оборудовании и сырье, потребность в персонале, соответствие проекта имеющимся основным средствам, наличие экспериментального образца, возможность апробации результатов работы, соответствие экологическим стандартам и нормам безопасности.

4) *Социальная значимость*: возможность создания новых рабочих мест, использование труда социальных категорий граждан, повышение качества труда, развитие социальной инфраструктуры, повышение уровня безопасности труда.

5) *Авторский коллектив*: инициативность автора, оценка возможностей руководителя проекта и его команды, научный задел каждого из членов команды по проблеме, публикационная активность членов авторского коллектива, квалификация членов авторского коллектива.

6) *Демонстрация проекта*: оценка качества подготовленной презентации результатов проекта, степень осведомленности автора по вопросам, касающимся проекта, во время его защиты.

Перечисленные показатели реализованы в составе справочников разработанной информационной системы поддержки принятия решений.

Методика поддержки принятия решений, реализованная в виде алгоритма оценки инновационных проектов на предынвестиционной стадии жизненного цикла, базирующегося на комплексном применении метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики и использующая сформированный комплекс критериев оценки, представлена на рисунке 1.

В рамках методики критерии оценки рассматриваются как нечеткие множества, которые заданы на универсальных множествах вариантов с помощью функции принадлежности. Для описания нечетких множеств в работе используется понятие нечеткой лингвистической переменной. Каждая группа показателей оценки представлена набором правил, где показатель выступает в качестве лингвистической переменной, а диапазон значений, которые она может принимать, задан в виде терм-множеств. Состав показателей и значения термов лингвистических переменных задаются предварительно на основе положения о проведении конкурсного отбора.

В составе справочника критериев информационной системы показатели оценки проектов представлены лингвистическими переменными вида  $L = (T, X, G, M)$ , где  $T$  – множество значений лингвистической переменной (терм-множество);  $X$  – универсальное множество (область определения лингвистической переменной);  $G$  – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами терм-множества  $T$ ;  $M$  – семантическая процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой  $G$ , в нечеткую переменную.

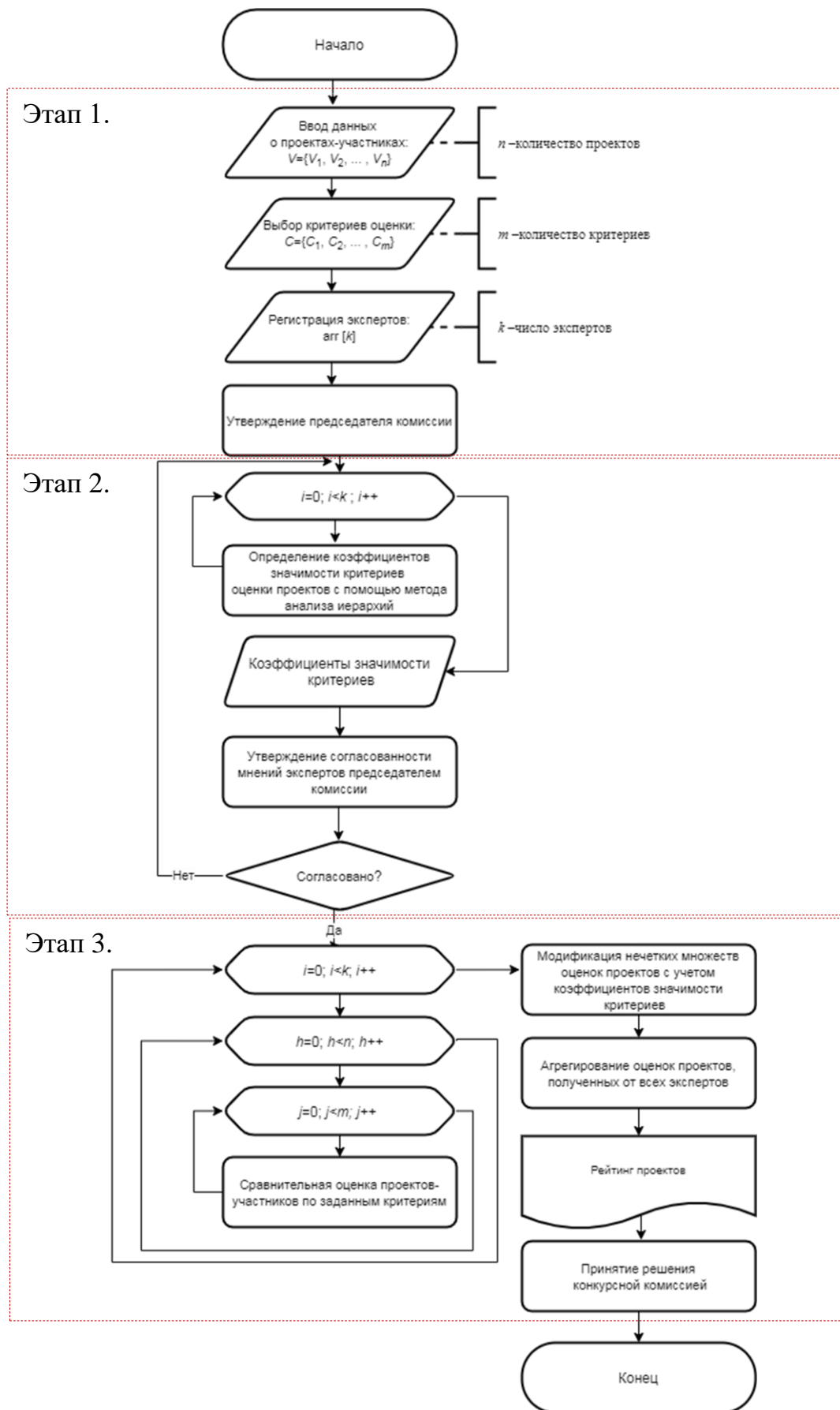


Рисунок 1 – Укрупненный алгоритм проведения сравнительной оценки инновационных проектов

Предложенный алгоритм (рис.1) позволяет учитывать многокритериальную специфику оценки инновационных проектов, проводить оценку по количественным и качественным критериям, оперируя лингвистическими переменными, приведенными к числовому виду, при этом благодаря элементам нечеткой логики результат такой оценки представляется на естественном для эксперта языке.

Рассмотрим задачу сравнительной оценки инновационных проектов.

Дано:

$V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$  – множество инновационных проектов, которые подлежат многокритериальному анализу;

$C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  – множество количественных и качественных критериев, с помощью которых оцениваются проекты.

Требуется упорядочить элементы множества  $V$  по критериям из множества  $C$  с учетом коэффициентов их значимости, вычисляемых на этапе 2.

Перед началом оценки проводится предварительная экспертиза проектов с целью исключения участников по формальным показателям несоответствия тематике и условиям конкурсного отбора.

### **Этап 1. Определение условий проведения экспертизы и ввод данных.**

Производится ввод данных, связанных с оцениваемыми проектами, экспертами, принимающими участие в экспертизе, определяется перечень используемых для проведения оценки критериев, утверждается председатель экспертной комиссии. Данные заносятся в приложение администратором информационной системы или организатором конкурсного отбора путем выбора из справочников, либо вручную.

Последующие этапы выполнения экспертизы проводятся каждым участником экспертной комиссии индивидуально с помощью личного кабинета эксперта.

### **Этап 2. Определение коэффициентов значимости критериев оценки проектов с помощью метода анализа иерархий.**

Иерархическая модель оценки включает три уровня: цель проведения экспертизы, критерии оценки, альтернативные инновационные проекты. Ввиду того, что критерии имеют различную степень значимости относительно достижения цели проекта, каждый эксперт определяет коэффициенты значимости каждого критерия с помощью шкалы относительных сравнений Т. Саати (табл. 1).

Таблица 1 – Шкала относительных сравнений Т. Саати

Степень значимости	Определение
1	Одинаковая значимость
3	Некоторое преобладание значимости одного действия над другим
5	Существенная или сильная значимость
7	Очевидная или очень сильная значимость
9	Абсолютная значимость
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между двумя соседними суждениями
Обратные величины при приведённых выше ненулевых величин	Если действию $i$ при сравнении с действием $j$ приписывается одно из определённых выше ненулевых чисел, то действию $j$ при сравнении с действием $i$ приписывается обратное значение

Последовательное попарное сравнение критериев экспертом представляет собой часть алгоритма, основанную на методе анализа иерархий. Математический аппарат расчетов на данном этапе представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет вектора локальных приоритетов критериев

	Матрица	Вычисление оценок компонент собственного вектора по строкам	Суммирование элементов столбцов и нормирование	Нормирование результатов для получения оценок вектора приоритетов
	$C_1, C_2 \dots C_m$			
$C_1$	$\frac{w_1}{w_1} \frac{w_1}{w_2} \dots \frac{w_1}{w_m}$	$\sqrt[m]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \dots \times \frac{w_1}{w_m}} = a_1$		$\frac{a_1}{\sum_{j=1}^m a_m} = x_1$
$C_2$	$\frac{w_2}{w_1} \frac{w_2}{w_2} \dots \frac{w_2}{w_m}$	$\sqrt[m]{\frac{w_2}{w_1} \times \frac{w_2}{w_2} \times \dots \times \frac{w_2}{w_m}} = a_2$		$\frac{a_2}{\sum_{j=1}^m a_m} = x_2$
...	...	...		...
$C_m$	$\frac{w_m}{w_1} \frac{w_m}{w_2} \dots \frac{w_m}{w_m}$	$\sqrt[m]{\frac{w_m}{w_1} \times \frac{w_m}{w_2} \times \dots \times \frac{w_m}{w_m}} = a_m$		$\frac{a_m}{\sum_{j=1}^m a_m} = x_m$

Для вычисления итогового вектора приоритетов критериев выполняется агрегирование мнений экспертов путем вычисления среднегеометрического.

$$W_i = \sqrt[k]{x_{i1} \times x_{i2} \times \dots \times x_{ik}}, \quad (1)$$

где  $W_i$  – агрегированная оценка степени значимости  $i$ -го критерия,  $k$  – количество экспертов.

Результатом выполнения этапа являются полученные коэффициенты значимости критериев, используемые для дальнейшего проведения экспертизы.

### Этап 3. Сравнительная оценка проектов-участников по заданным критериям.

1. Процедура оценки проектов каждым экспертом по выбранным критериям предполагает программное выполнение элементов нечеткого логического вывода. Устанавливается соответствие между конкретным значением каждой входной переменной системы нечеткого вывода, в качестве которых выступают оценки, данные экспертами, и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной. В качестве функции принадлежности в работе используется треугольная функция, определяемая набором чисел  $(a, b, c)$ :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & c \leq x \leq b \\ 0, & x \geq c \end{cases}, \quad (2)$$

где  $a, b, c$  – некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения.

2. Выполняется модификация нечетких множеств оценок проектов с учетом степени значимости критериев оценки  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  по мнению

каждого эксперта путем возведения в степень, соответствующую коэффициенту значимости критерия  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$ , полученному на этапе 2.

3. Агрегирование оценок проектов, полученных от всех экспертов. Свертка полученных матриц с учетом принципа Беллмана – Заде, в котором наилучшей системой считается та, которая одновременно лучше по всем критериям множества  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ . В связи с этим нечеткое множество, которое необходимо для рейтингового анализа, определяется в виде пересечения множеств:

$$D = Q_1 \cap Q_2 \cap \dots \cap Q_m, \quad (3)$$

где  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_m\}$  – множество оценок проектов, приведенных к нечеткому виду и модифицированных с учетом элементов множества  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$  – коэффициентов значимости критериев  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ , полученных на этапе 2 алгоритма (рис. 1). Применение данного подхода исключает возможность проявления «эффекта компенсации», когда неприемлемые оценки по одним критериям могут быть компенсированы высокими оценками по другим критериям. Таким образом, вычисляется агрегированный рейтинг каждого проекта, принимающего участие в экспертизе.

Для определения «проекта-победителя» используется «максиминный подход» – критерий Вальда. Это гарантирует, что степени удовлетворения частным критериям в точке оптимума будут не ниже степени удовлетворения наименее значимому критерию.

В третьей главе «Информационная система поддержки принятия решений на основе метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики» приведен обзор программных средств, которые используются для принятия решений при оценке инноваций, описана разработанная информационная система поддержки принятия решений, которая позволяет производить экспертизу инновационных проектов по единому перечню критериев, охватывающему все ключевые аспекты значимости и потенциальной эффективности проектов с точки зрения лица, принимающего решение, а также продемонстрированы возможности использования системы для проведения конкурсного отбора проектов.

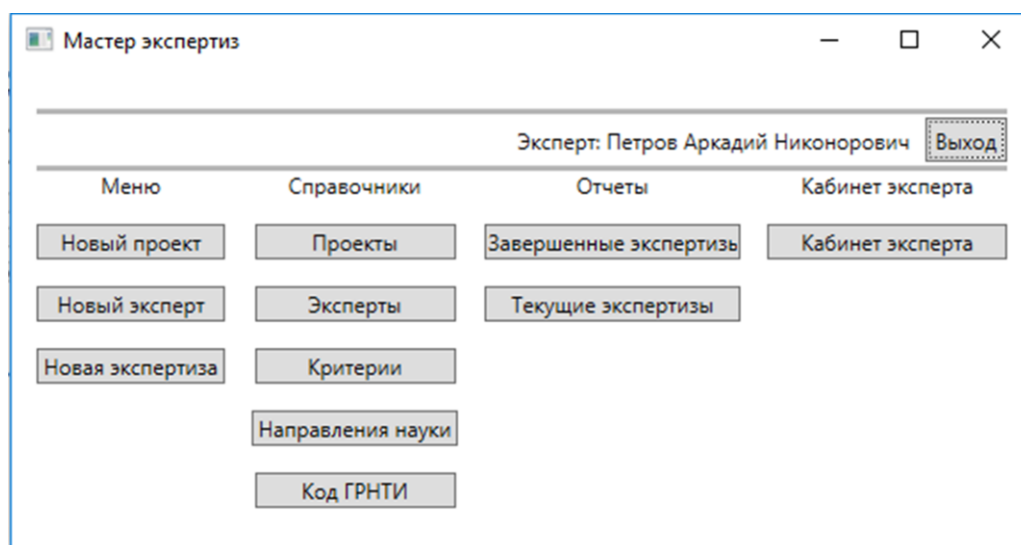


Рисунок 2 – Фрагмент визуального отображения информационной системы

В качестве среды разработки выбрана Microsoft Visual Studio – современная платформа для создания приложений в MS Windows. Языком программной разработки является C# – типизированный, объектно-ориентированный язык

программирования, который позволяет создавать многофункциональные приложения. В качестве СУБД выбрана Microsoft SQL Server – реляционная СУБД корпорации Microsoft. Для разработки был использован объектно-ориентированный подход, позволяющий создавать максимально удобную и расширяемую архитектуру информационных систем.

Разработанная информационная система поддержки принятия решений состоит из 4 модулей (Меню, Справочники, Отчеты, Кабинет эксперта), содержит 5 справочников (Проекты, Эксперты, Критерии, Направления науки, Код ГРНТИ) и два отчета (рис. 2). Система функционирует на основе реляционной базы данных, состоящей из 20 таблиц.

В качестве демонстрации возможностей разработанной системы рассмотрим пример проведения экспертизы на основе данных о проведенном конкурсном отборе научно-инновационных проектов в г. Кемерово «УМНИК-2015». Для оценки после предварительного отбора экспертами было выбрано 5 проектов.

Применительно к рассматриваемым проектам были определены лингвистические переменные  $L_{ij}$ , где  $i$  – номер альтернативы;  $j$  – номер критерия. Диапазон для всех лингвистических переменных задан как  $X_i = [0; 1]$ . В роли критериев оценки используются:  $C_1$  – актуальность идеи;  $C_2$  – научная новизна;  $C_3$  – техническая значимость;  $C_4$  – возможность коммерциализации;  $C_5$  – наличие бизнес-плана реализации проекта.

Множества значений лингвистических переменных  $\{T(L_{ij})\}$  по каждому из критериев сформулированы следующим образом (в скобках приведены ранговые оценки нечетких переменных):

$T(L_{i1})$  = неактуально (1) + низкая актуальность (2) + средняя актуальность (3) + актуальность выше среднего (4) + высокая актуальность (5);

$T(L_{i2})$  = новизна отсутствует (1) + новизна присутствует (2) + абсолютно новая идея (3);

$T(L_{i3})$  = идея не оказывает никакого влияния на современную технику и технологии, имеются аналогичные разработки, обладающие значительным преимуществом или по представленному выступлению техническую значимость невозможно оценить (1) + существенная часть разработки оказывает влияние на современную технику и технологии (2) + разработка оказывает очевидное влияние на современную технику и технологии (3);

$T(L_{i4})$  = отсутствует (1) + низкая (2) + средняя (3) + высокая (4) + очень высокая (5);

$T(L_{i5})$  = отсутствует (1) + приблизительный план (2) + пошаговый детальный план (3).

Нечеткие переменные каждого терм-множества использованы как качественные оценки альтернатив по одному из критериев.

После выполнения этапа 1 (рис. 1) создается карточка экспертизы проекта (рис. 3).

Рисунок 3 – Карточка экспертизы

На этапе 2 (рис. 1) каждый эксперт определяет коэффициенты значимости критериев с помощью шкалы относительных сравнений метода анализа иерархий Т. Саати (рис. 4). Процесс определения приоритетов критериев представля-

Рисунок 4 – Сравнительная оценка критериев

ет собой составление матриц парных сравнений критериев. После произведенных сравнений каждым экспертом получаем матрицу следующего вида (табл. 3).

Далее в соответствии со схемой (табл. 2) программно рассчитываются собственные векторы матриц парных сравнений критериев по результатам оценивания каждым экспертом,

Таблица 3 – Матрица парных сравнений критериев оценки проектов

Критерий	Актуальность идеи	Научная новизна	Техническая значимость	Возможность коммерциализации	Наличие бизнес-плана реализации проекта
Актуальность идеи	1	1	0,2	0,2	5
Научная новизна	1	1	3	1	7
Техническая значимость	5	0,333	1	0,2	7
Возможность коммерциализации	5	1	5	1	9
Наличие бизнес-плана реализации проекта	0,2	0,143	0,143	0,111	1

Таблица 4 – Собственные векторы матриц парных сравнений критериев

Критерий	Эксперт 1		Эксперт 2		Эксперт 3	
	Компонент собственно- го вектора	Собствен- ный вектор	Компонент собственно- го вектора	Собствен- ный вектор	Компонент собственно- го вектора	Собствен- ный вектор
Актуальность идеи	0,725	<b>0,105</b>	1,184	<b>0,184</b>	0,543	<b>0,083</b>
Научная новизна	1,838	<b>0,266</b>	1,838	<b>0,285</b>	0,999	<b>0,152</b>
Техническая значимость	1,184	<b>0,171</b>	1,31	<b>0,203</b>	1,184	<b>0,18</b>
Возможность коммерциализации	2,954	<b>0,427</b>	1,933	<b>0,3</b>	3,38	<b>0,515</b>
Наличие бизнес-плана реализации проекта	0,214	<b>0,031</b>	0,181	<b>0,028</b>	0,459	<b>0,07</b>
	<b>6,916</b>		<b>6,447</b>		<b>6,566</b>	

В результате выполнения этапа 2 получаем коэффициенты значимости критериев, вычисленные (1) на основе элементов собственных векторов матриц парных сравнений критериев:  $W_1 = 0,117$ ,  $W_2 = 0,226$ ,  $W_3 = 0,184$ ,  $W_4 = 0,404$ ,  $W_5 = 0,039$ .

На 3 этапе (рис. 1) каждый эксперт производит оценивание каждого проекта поочередно по каждому из критериев (рис. 5). По результатам выставления экспертных оценок программно находятся значения функции принадлежности нечетких множеств (2).

Мастер оценки проектов

Оцените проекты

Критерий: Актуальность идеи

Разработка модульной системы "Умный Дом" с возможностью дистанционного web и мобильного управления	Актуальная идея	Числовое значение: 5
Разработка сервиса врачебных онлайн-консультаций	Средняя актуальность	Числовое значение: 3
Разработка программного комплекса с пользовательским интерфейсом для автоматизированной подготовки маркетинговых отчетов по базовым	Актуальность чуть выше среднего	Числовое значение: 4
Разработка программно-аппаратного комплекса виртуальной реальности для подготовки высококвалифицированных кадров, обеспечивающих	Низкая актуальность	Числовое значение: 2
Разработка системы имитационного моделирования очистных горных работ (СИМОГР)	Актуальная идея	Числовое значение: 5

Рисунок 5 – Оценивание проектов по каждому из критериев

Далее производится поиск числовых значений нечетких переменных, и на основе усредненных оценок альтернатив по каждому из критериев формируется матрица средних оценок (табл. 5).

Таблица 5 – Матрица средних оценок проектов

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$V_1$	1	0,5	0,5	1	0,25
$V_2$	0,42	0,33	0,33	0,67	0,08
$V_3$	0,67	0,5	0,5	0,5	0,5
$V_4$	0,33	0,17	0	0,17	0,42
$V_5$	0,92	0,33	0,42	0,33	0,25

Таблица 6 – Модифицированные оценки проектов с учетом коэффициента значимости критериев

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$V_1$	1	0,855	0,88	1	0,947
$V_2$	0,904	0,778	0,815	0,851	0,905
$V_3$	0,954	0,855	0,88	0,756	0,973
$V_4$	0,879	0,67	0	0,489	0,966
$V_5$	0,99	0,778	0,852	0,639	0,947

На следующем шаге производится модификация нечеткого множества оценок проектов, данных экспертами, посредством возведения в степень, соответствующую коэффициенту значимости  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$  каждого критерия  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  (табл. 6). Затем определяется минимальное значение модифицированной оценки  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_m\}$  по каждому проекту  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$  (табл. 7), которое и представляет собой рейтинг каждого проекта в проводимой экспертизе.

Таблица 7 – Минимальные модифицированные оценки

Проект	min
$V_1$	0,855
$V_2$	0,778
$V_3$	0,756
$V_4$	0
$V_5$	0,639

На основе максиминного критерия Вальда определяется «проект-победитель». Максимальное значение оценки имеет альтернатива  $V_1$  (табл. 7), поэтому именно ей следует отдать предпочтение при выборе проекта для последующей реализации или поддержки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методического и программного обеспечения, базирующегося на комплексном использовании метода анализа иерархий и элементов нечеткой логики и имеющего существенное значение для поддержки принятия решений при оценке инновационных проектов.

В рамках исследования получены следующие результаты:

1. Рассмотрены и проанализированы организационные и методические основы процесса оценки инновационных проектов в Российской Федерации, выполнен обзор и анализ критериев и методов проведения экспертизы инновационных проектов, в результате чего выявлены принципиальные отличия инновационных проектов от инвестиционных проектов.

2. На основе анализа информационно-эмпирической базы собранных данных о проводимых конкурсных отборах инновационных проектов сформирован базовый комплекс критериев их оценки, сгруппированных в 6 тематических блоков в зависимости от характера оцениваемой информации. При формировании комплекса учтена специфика инновационных проектов, отличающая их от инвестиционных, что позволяет производить оценку проектов не только на основе финансовых критериев доходности, но и учитывать прочие виды потенциальной эффективности инноваций.

3. Предложена формализованная в виде алгоритма методика оценки инновационных проектов, базирующаяся на комплексном использовании метода анализа иерархий Т. Саати и элементов нечеткой логики, что позволяет производить оценку как по количественным критериям, так и по качественным. С использованием методики процедура проведения оценки проектов принимает четкий формализованный вид, базируясь на строгом математическом аппарате, а с другой стороны позволяет экспертам производить оценку на естественном для них языке, выражая результат такой оценки в виде лингвистических параметров.

4. Спроектированы и созданы базы данных для хранения сведений, используемых при проведении экспертиз инновационных проектов с применением разработанной информационной системы поддержки принятия решений.

5. Разработанный алгоритм реализован в составе оригинальной информационной системы поддержки принятия решений, что позволяет производить автоматизированный расчет рейтинга инновационных проектов, снижая временные и интеллектуальные затраты экспертов. Система позволяет производить оценивание вне зависимости от сферы применения инновации, количества экспертов и критериев, что делает процедуру принятия решений обоснованной и оперативной.

6. Работоспособность разработанной методики и информационной системы поддержки принятия решений подтверждена результатами их использования при проведении исследований в рамках гранта, поддержанного Российским гуманитарным научным фондом и Российским фондом фундаментальных исследований № 16-32-00062 «Управление инновациями: комплексный подход на основе методов системного анализа и нечеткой логики», использованием в методических материалах к курсу «Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений» в КузГТУ, а также применением управлением образования Администрации г. Кемерово для оценки исследовательских работ в рамках проведения XXI городской научно-практической конференции школьников «ИНТЕЛЛЕКТУАЛ».

7. На разработанные программные продукты и базы данных получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных: № 2016621203 от 01.09.2016 «База данных для поддержки принятия решений на основе методов системного анализа», № 2016619383 от 18.08.2016 «Информационная система поддержки принятия решений на основе методов системного анализа», № 2017621349 от 22.11.2017 «База данных для принятия решений на основе нечеткого логического вывода», № 2017662964 от 22.11.2017 «Информационная система поддержки принятия решений на основе нечеткого логического вывода».

## **СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

**Статьи в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ  
для опубликования основных результатов диссертации на соискание  
ученой степени кандидата технических наук**

1. Раевская, Е.А. Программный инструментарий поддержки принятия решений на основе методов системного анализа / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – №5. – С. 154-159.

2. Барбара, А.Д. Методы и алгоритмы численной оценки трудового потенциала инженерно-технических работников для системы поддержки принятия решений в задачах управления персоналом / А.Д. Барбара, Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – №1. – С. 6-12.

3. Раевская, Е.А. Методика и программное обеспечение экспертизы инноваций на основе нечеткого логического вывода и методов системного анализа / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов, Т.В. Сарапулова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – №4.3(26). – С. 392-400.

**Публикации, индексируемые в международных наукометрических базах данных Scopus и Web of Science**

4. Pimonov, A. Expert evaluation of innovation projects of mining enterprises on the basis of methods of system analysis and fuzzy logics // A. Pimonov, E. Raevskaya, T. Sarapulova // E3S Web Conf. Volume 15, 2017. The 1st Scientific Practical Conference “International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2017/03/e3sconf\\_iims2017\\_01021/e3sconf\\_iims2017\\_01021.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2017/03/e3sconf_iims2017_01021/e3sconf_iims2017_01021.html).

5. Raevskaya, E. Expert Evaluation of Ecological and Economic Risks of Implementing Engineering Innovations by Coal-Mining Enterprises Based on Fuzzy Logic / E. Raevskaya, A. Pimonov, V. Mihailov // MATEC Web Conf. Volume 297, 2019. X International Scientific and Practical Conference “Innovations in Mechanical Engineering” (ISPCIME-2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2019/46/mateconf\\_ispcime18\\_07005.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2019/46/mateconf_ispcime18_07005.pdf).

6. Raevskaya, E. Expert Evaluation of the Risks in Coal-Mining Enterprises Based on Fuzzy Logic / E. Raevskaya, A. Pimonov, V. Mihailov // E3S Web Conf. Volume 134, 2019. The First Interregional Conference “Sustainable Development of Eurasian Mining Regions (SDEMR-2019)” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/60/e3sconf\\_sdemr18\\_03006.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/60/e3sconf_sdemr18_03006.pdf).

**Статьи, опубликованные в сборниках материалов и трудов конференций**

7. Раевская, Е.А. Программное обеспечение поддержки принятия решений на основе методов системного анализа / Наука. Технологии. Инновации. Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых в 10 ч. Часть 3. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – С. 240-243.

8. Раевская, Е.А. Система поддержки принятия решений на основе методов системного анализа / Сборник материалов V Всероссийской, 58 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая», 16-19 апреля 2013 г. в 2 т. Т. 2. – Кемерово, 2013. – С. 148-150.

9. Раевская, Е.А. Использование аппарата теории нечетких множеств для оценки коммерческого потенциала инновационных проектов / Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – Кемерово; Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2014. – С. 330-332.

10. Раевская, Е.А. Особенности разработки экспертной системы для оценки инновационного потенциала предприятия на основе теории нечетких множеств / Информационные системы и технологии в образовании, науке и бизнесе (ИСиТ-2014). Материалы Всероссийской молодежной научно-практической школы, г. Кемерово, 19-21 июня 2014 г. – Кемерово, 2014. – С. 131-132.

11. Раевская, Е.А. Поддержка принятия решений в задачах управления инновациями на основе методов организации сложных экспертиз и нечеткой

логики // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 53-55.

12. Раевская, Е.А. Оценка коммерческого потенциала инновационных проектов на основе теории нечетких множеств // Сборник материалов VII Всероссийской, научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», 21-24 апр. 2015 г. – Кемерово, 2015. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2015/RM15/pages/Articles/ИТМА/5/51.pdf>.

13. Раевская, Е.А. Поддержка принятия решений при управлении инновациями на угольных предприятиях / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы в горном деле». – Междуреченск, 2016. – С. 265-270.

14. Раевская, Е.А. Процедура комплексной оценки инновационных проектов, основанная на алгоритмах нечеткой логики / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов, Т.В. Сарапулова // Сборник лучших статей VIII Всероссийской, 61 научно-практической конференции молодых ученых, 19-22 апреля 2016 г., Кемерово: КузГТУ. – 2016. – С. 386-390.

15. Раевская, Е.А. Информационная база критериев оценки инновационных проектов для системы поддержки принятия решений по управлению инновациями / Е.А. Раевская, Т.В. Сарапулова // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – С. 406-408.

16. Раевская, Е.А. Нечеткий логический вывод в решении многокритериальной задачи экспертизы инновационных проектов / Е.А. Раевская, Т.В. Сарапулова // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии». – Кемерово, 2017. – С. 395-397.

17. Пимонов, А.Г. Управление инновациями на основе нечеткой логики и метода анализа иерархий / А.Г. Пимонов, Е.А. Раевская, Т.В. Сарапулова // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2017): сборник научных трудов XX юбилейной Всероссийской научной конференции: в 2 т. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – С. 167-174.

18. Раевская, Е.А. Алгоритм оценки инновационных проектов на основе методов системного анализа и нечеткой логики / Е.А. Раевская, Т.В. Сарапулова // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», г. Кемерово, 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0403008>.

19. Раевская, Е.А. Программный инструментарий для проведения экспертизы инновационных проектов с использованием нечеткого логического вывода / Е.А. Раевская, Т.В. Сарапулова, А.Г. Пимонов // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции (29-30 ноября 2017 года). – Кемерово: КузГТУ, 2017. – С. 167-169.

20. Раевская, Е.А. Управление инновациями в сфере информационных технологий: комплексный подход на основе методов системного анализа и нечеткой логики / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии». – Кемерово, 2018. – С. 9-11.

21. Раевская, Е.А. Информационное и программное обеспечение поддержки принятия решений при управлении инновациями / Е.А. Раевская, М.В. Фидченко, А.А. Заболотин // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные технологии принятия решений в цифровой экономике». – Томск, 2018. – С. 225-227.

22. Раевская, Е.А. Экспертное оценивание эколого-экономических рисков внедрения инноваций горного машиностроения угледобывающими предприятиями на основе нечеткого логического вывода / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов, В.Г. Михайлов // Инновации в машиностроении. Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. – Кемерово, 2019. – С. 747-753.

#### **Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и баз данных**

23. Раевская, Е.А. База данных для поддержки принятия решений на основе методов системного анализа / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов, Т.В. Сарапулова // Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2016621203; заяв. 04.07.2016; зарегистрировано в Реестре баз данных 01.09.2016.

24. Раевская, Е.А. Информационная система для поддержки принятия решений на основе методов системного анализа / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2016619383; заяв. 04.07.2016; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 18.08.2016.

25. Раевская, Е.А. База данных для поддержки принятия решений на основе нечеткого логического вывода / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов, Т.В. Сарапулова, И.А. Гордеев // Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 201762349; заяв. 02.10.2017; зарегистрировано в Реестре баз данных 22.11.2017.

26. Раевская, Е.А. Информационная система для поддержки принятия решений на основе нечеткого логического вывода / Е.А. Раевская, А.Г. Пимонов, М.В. Фидченко, А.А. Заболотин // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017662964; заяв. 02.10.2017; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.11.2017.

---

Подписано в печать 08.07.2021. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Уч.-изд. л. 1,1  
Тираж 100 экз. Заказ № 294  
Издательский центр Кузбасского государственного технического  
университета имени Т. Ф. Горбачева  
650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а