

На правах рукописи



Маслобоев Андрей Владимирович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
(НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Специальность 05.13.10 –

«Управление в социальных и экономических системах» (технические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Апатиты – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Институте информатики и математического моделирования технологических
процессов Кольского научного центра Российской Академии Наук (г. Апатиты) в
лаборатории «Информационных технологий управления региональным развитием».

Научный консультант: доктор технических наук, профессор
ПУТИЛОВ Владимир Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ИГНАТЬЕВ Михаил Борисович, профессор кафедры
вычислительных систем и сетей ФГАОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения»

доктор технических наук, профессор
КУЗНЕЦОВ Владимир Николаевич, заведующий
кафедрой бухгалтерского учета и финансов ФГБОУ ВО
«Тверской государственный технический университет»

доктор технических наук, профессор
ЮРКОВ Николай Кондратьевич, заведующий кафедрой
конструирования и производства радиоаппаратуры
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова Российской академии наук

Защита состоится «__» __ 2017 г. в 11:00 на заседании диссертационного
совета Д 002.073.04 при Федеральном государственном учреждении «Федеральный
исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»
(ФИЦ ИУ РАН) по адресу: 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9
(конференц-зал, 1-й этаж).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФИЦ ИУ РАН, Москва, ул.
Вавилова, д. 40.

Электронные версии диссертации и автореферата размещены на официальном сайте
ФИЦ ИУ РАН <http://www.frcscsc.ru>.

Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте ВАК
Министерства образования и науки РФ по адресу: <http://vak.ed.gov.ru>.

Отзывы и замечания по автореферату в двух экземплярах, заверенные печатью,
просьба высылать по адресу 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9, ФИЦ ИУ
РАН, диссертационный совет Д 002.073.04.

Автореферат разослан ___. ____.

Телефон для справок: +7(499) 135-51-64

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.073.04
д.т.н., профессор

Крутко В.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Современное геополитическое и социально-экономическое положение Российской Федерации обуславливает ряд проблем внешнего и внутреннего характера, касающихся обеспечения безопасности в различных сферах и уровнях организации общества. Особую значимость эти проблемы приобретают для арктических регионов. Под *безопасностью*, в общем случае, понимаются состояние и тенденции развития защищенности жизненно важных интересов общества и его структур от внешних и внутренних угроз.

В условиях активного геостратегического переустройства мира и борьбы мировых центров силы за контроль над ресурсами (территориальными, природными, кадровыми, информационными и т.д.) проблема формирования новой системы обеспечения региональной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ) становится все более актуальной. Основная задача этой системы – повышение эффективности децентрализованного управления безопасностью региона в динамически изменяющихся условиях.

Решение данной задачи во многом затрудняется необходимостью интеграции, обработки и анализа больших объемов семантически и организационно разнородной информации для информационного обеспечения деятельности различных ведомств (субъектов безопасности), координации взаимодействия между ними, а также поддержки принятия решений на разных уровнях управления.

В связи с этим, одним из приоритетных направлений государственной политики РФ в Арктике, согласно «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», является развитие сферы информационных технологий и связи. Реализация арктической стратегии по данному направлению предполагает создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры для поддержки управления региональной безопасностью в АЗ РФ.

Анализ мер, осуществляемых по развитию сферы компьютерных технологий для задач информационного обеспечения управления безопасностью арктических регионов, свидетельствует о том, что эффективность этих мер существенно снижается отсутствием целостной информационной среды (инфраструктуры) региональной безопасности. Использование такой среды позволяет повысить оперативность, достоверность и качество выдаваемой информации об обстановке в АЗ РФ для принятия оперативных и стратегических управлеченческих решений.

Информационная среда региональной безопасности представляет собой комплекс взаимоувязанных и взаимодействующих проблемно-ориентированных информационных систем, исполнительных ресурсов, средств информационно-аналитической поддержки, а также технологическую и организационную инфраструктуру их создания и использования.

Ввиду разнородности и динамичности структуры и состава этой среды информационная поддержка и координация деятельности субъектов управления безопасностью с учетом различных ограничений (технологических, функциональных, организационных, правовых и т.д.) представляется сложной проблемой, требующей научной проработки и комплексного решения. Вместе с тем, специфики добавляет децентрализованный характер управления региональной безопасностью. Это требует построения сетевоцентрической информационной среды. Сетевоцентричность предполагает сетевую структуру организационного управления с выделенными

управляющими центрами, взаимодействие между которыми осуществляется на базе их интеграции в единое информационное пространство.

Актуальность и высокая значимость настоящего исследования для экономики и обороноспособности страны подтверждается принятием следующих постановлений Правительства РФ:

- «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (утверждено Указом Президента РФ 18.09.2008 г. Пр-1969);
- «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» (утверждено Указом Президента РФ 12.05.2009 г. №537);
- «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» (утверждено Указом Президента РФ 20.02.2013 г., Пр-232);
- Государственная программа РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» (утверждено Председателем Правительства РФ 21.04.2014 г., ПП-№ 366).

Степень разработанности исследуемой проблемы. Научная картина исследуемой проблемы и разработки, представленные в диссертации, сформировались в основном на базе научных работ К. Аберера, Р. Блинка, В.Н. Буркова, А.А. Быкова, В.Ф. Венды, В.А. Виттиха, М. Вулдриджа, Д. Гарланда, В.И. Городецкого, А.Г. Гранберга, С.А. Делоча, Н. Дженнингса, Н. Джонса, С.В. Емельянова, М. Журовского, В.П. Заболотского, М.Б. Игнатьева, В.Н. Кузнецова, В.В. Кульбы, О.И. Ларичева, Г.Г. Малинецкого, С. Марша, Н.А. Махутова, Д. Медоуза, М. Месаровича, Н.Н. Моисеева, Д.А. Новикова, Г.С. Осипова, Ю.Н. Павловского, Ю.С. Попкова, Р. Поппера, Б.Н. Порфириева, Д.А. Поспелова, И.Г. Поспелова, В.А. Путилова, Г.В. Рыбиной, И.А. Рябинина, Н.А. Северцева, А.В. Смирнова, А.И. Смирнова, В.В. Фильчакова, Дж. Форрестера, В.Ф. Хорошевского, А.Д. Цвиркуна, В.Н. Цыгичко, В.Л. Шульца, М. Эндслея, Н.К. Юркова, Р.М. Юсупова и других.

Анализ современных отечественных и зарубежных научных работ в области создания методического обеспечения для управления безопасностью региональных социально-экономических систем (РСЭС) показывает, что, наряду с существующими достижениями в этой сфере, недостаточно разработаны методологические подходы к формализации и решению задач информационной поддержки и координации сетевоцентрического управления региональной безопасностью.

Известные теоретические и прикладные разработки в области информационной поддержки управления региональной безопасностью ориентированы, в основном, на решение частных задач обеспечения безопасности элементов и подсистем РСЭС - например, в сферах, связанных с метеорологией, промышленной экологией, морской деятельностью, энергетикой, транспортной логистикой или кадровым потенциалом. Эти разработки, как правило, не предусматривают вариантов совместного использования. В связи с этим, при применении изолированно друг от друга они не обеспечивают достижение ощутимого социально-экономического или научно-технического эффекта от решения задач информационной поддержки управления региональной безопасностью. Вместе с тем, практическое отсутствие научно-методического и технологического базиса для интеграции существующих решений в области информационного обеспечения региональной безопасности является существенным барьером на пути создания и совместного использования средств информационно-аналитической поддержки управления безопасностью РСЭС.

Указанные обстоятельства препятствуют формированию целостной информационной среды региональной безопасности.

Таким образом, основная идея диссертационной работы заключается в решении важной и актуальной **научно-технической проблемы** информационной поддержки и координации сетевентрического управления региональной безопасностью. Для своего решения сформулированная проблема требует совершенствования существующих и разработки новых методов и средств информационно-аналитической поддержки управления функционированием и развитием сложных динамических систем. Информационная поддержка управления региональной безопасностью остается открытой научной проблемой. В связи с этим, возникает необходимость в разработке научно-методических основ информационного обеспечения управления региональной безопасностью.

Под *информационной поддержкой* в работе понимается механизм управления, основанный на информационно-аналитическом сопровождении процесса выработки и реализации управленческих решений в ситуациях, когда управляющее воздействие носит неформализованный характер, и субъекту управления предоставляется информация о ситуации, ориентируясь на которую он получает возможность корректировать линию поведения объекта управления. В качестве такого объекта в работе рассматривается региональная безопасность и ее составляющие.

Исследования проводятся на примере проблем безопасности, специфичных для Мурманской области – региона, входящего в состав Арктической зоны России. Решение сформулированной научной проблемы необходимо для повышения эффективности деятельности субъектов управления безопасностью в этом районе. Эффект достигается за счет реализации адекватной информационно-аналитической поддержки и координации процессов принятия решений на всех уровнях управления региональной безопасностью.

Решаемая в работе научно-техническая проблема лежит в области исследований научной специальности **05.13.10 - "Управление в социальных и экономических системах"** и отвечает требованиям формулы этой специальности, так как решение этой проблемы направлено на разработку новых и совершенствование существующих моделей и методов информационной поддержки управления региональными социально-экономическими системами с целью повышения эффективности и безопасности их функционирования на основе интеграции методов и средств компьютерного моделирования с современными информационными технологиями.

Границы исследования определяются рассмотрением вопросов обеспечения безопасности региональных социально-экономических систем в условиях медленно развивающиеся кризисных ситуаций, когда имеется достаточно большой резерв времени для принятия управленческих решений и реализации превентивного управления развитием кризисных ситуаций. Работа направлена на создание средств поддержки принятия решений для управления регионом в условиях кризисных ситуаций в социально-экономической сфере. Для этого исследуются системные связи, закономерности и тенденции, определяющие безопасность развития региональных социально-экономических систем, а также вопросы анализа, моделирования и автоматизации процессов управления безопасностью развития региона с учетом региональных особенностей, неполноты информации для принятия управленческих решений и высокой динамики социально-экономической среды.

Предметом исследования диссертационной работы является методическое и информационное обеспечение поддержки управления безопасностью развития

региональных социально-экономических систем для повышения эффективности деятельности субъектов безопасности в кризисных ситуациях на трех уровнях принятия управленческих решений: стратегическом, оперативном, тактическом.

Объектами исследования диссертационной работы являются безопасность развития региональных социально-экономических систем (далее - региональная безопасность), подверженных влиянию множества внешних и внутренних факторов, а также многоуровневая система управления региональной безопасностью, построенная на основе сети распределенных ситуационно-кризисных центров.

Целью диссертационного исследования является разработка комплексной методологии информационной поддержки управления развитием региональных социально-экономических систем для повышения эффективности и безопасности их функционирования.

Для достижения цели необходимо разработать комплекс моделей, комбинированных методов и технологий получения, анализа и обработки информации, ориентированных на создание целостной информационной среды региональной безопасности. Построение такой среды обеспечит повышение качества принимаемых решений на всех уровнях управления в этой сфере за счет комплексной информационно-аналитической поддержки и координации деятельности субъектов безопасности.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели в диссертации решается ряд взаимосвязанных задач:

1. Системный анализ проблемы сетевоцентрического управления безопасностью РСЭС с целью постановки и формализации задач информационной поддержки управления региональной безопасностью.
2. Разработка методологии информационной поддержки управления региональной безопасностью на трех уровнях принятия решений (стратегическом, оперативном, тактическом) на основе интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования.
3. Разработка интегрированной концептуальной модели информационной среды региональной безопасности, обеспечивающей координацию сетевоцентрического управления и единое формализованное представление объектов, процессов и задач управления безопасностью, а также информационных ресурсов и сервисов, необходимых для решения этих задач.
4. Разработка метода автоматизированного синтеза и оценки эффективности конфигурации мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью, обеспечивающих решение задач управления безопасностью в разнотипных кризисных ситуациях, в условиях разнородных слабоструктурированных исходных данных.
5. Разработка комплекса имитационных моделей для интегральной оценки показателей безопасности региона и методов непрерывного информационного мониторинга состояния РСЭС в условиях возникновения критических ситуаций.
6. Разработка методов и технологий формирования и функционирования мультиагентной распределенной среды для информационной поддержки сетевоцентрического управления региональной безопасностью, обеспечивающих виртуализацию деятельности субъектов управления на базе программных агентов.
7. Разработка архитектуры агентной платформы и комплекса программных средств, реализующих предложенные модели, методы и технологии. Апробация

разработок в рамках решения задач информационной поддержки управления региональной безопасностью на примере Мурманской области.

Информационная база исследования включает: материалы государственной статистики, оперативные отчеты региональных ситуационно-кризисных центров, материалы исполнительных органов государственной власти и предприятий региона, а также экспертные оценки.

Методы исследования. Для решения поставленных в работе задач предложена единая *методологическая база исследования*, которая включает: методы системного анализа, концептуального и имитационного моделирования, теории многоуровневых иерархических систем, системной динамики, теории многоагентных систем, методы онтологического моделирования и инженерии знаний, методы проектирования распределенных информационных систем.

Решение комплекса задач диссертационного исследования в рамках сформулированной проблемы позволило получить и обосновать ряд научных результатов, определяющих следующие **положения, выносимые на защиту**:

1. Методология информационной поддержки управления региональной безопасностью, обеспечивающая решение комплекса задач безопасного развития социально-экономических систем на всех этапах жизненного цикла.
2. Интегрированная концептуальная модель мультиагентной информационно-аналитической среды региональной безопасности, являющаяся формальной базой для имитационного моделирования и автоматизации процессов управления региональной безопасностью.
3. Метод автоматизированного синтеза спецификаций мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью в разнотипных кризисных ситуациях на основе совместного анализа семантического описания решаемых задач, информационных ресурсов и сервисов агентов. Метод обеспечивает динамическое формирование коалиций между агентами и ассоциированных с ними виртуальных ресурсов.
4. Метод комплексной оценки безопасности развития региональных социально-экономических систем, основанный на формировании и анализе интегрального показателя региональной безопасности и обеспечивающий основу для решения задач синтеза сценариев управления безопасным региональным развитием.
5. Метод виртуализации процессов принятия управленческих решений на основе расширения инструментария мультиагентного и онтологического подходов средствами реализации имитационного аппарата агентов и семантической интеграции разнородных информационных ресурсов и сервисов, обеспечивающий адаптивное моделирование целенаправленного поведения субъектов управления на всех этапах обеспечения региональной безопасности.
6. Мультиагентная технология динамического формирования и реконфигурирования информационной среды региональной безопасности, основанная на использовании модифицированной модели самоорганизации в одноранговых распределенных системах на основе градиентных вычислительных полей.
7. Архитектура сервис-ориентированной распределенной агентной платформы для моделирования задач управления региональной безопасностью. В рамках платформы реализованы разработанные модели, методы и технологии, что обеспечило технологический базис для формирования мультиагентной информационной среды региональной безопасности.

8. Исследовательские прототипы программных средств, реализующих мультиагентную информационную среду региональной безопасности.

Научная новизна исследования заключается в том, что полученные в работе результаты направлены на теоретическое развитие методологии и информационных технологий поддержки и координации сетевентрического управления безопасностью региональных социально-экономических систем для повышения эффективности информационного обеспечения региональной безопасности. В работе исследована новая предметная область: региональная безопасность, к которой впервые применены сетевентрический подход к организации систем информационного обеспечения региональной безопасности, методы координации децентрализованного управления в многоуровневых распределенных системах, мультиагентный подход к виртуализации процессов принятия управленческих решений, средства концептуального синтеза динамических моделей сложных систем, технологии реализации виртуальных систем, основанных на знаниях. Интеграция полученных результатов позволила реализовать новый методологический подход к созданию интеллектуализированных средств информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью.

Наиболее важные результаты, определяющие научную новизну работы:

1. В диссертации проведено обобщение и развитие теоретических и методологических основ информационной поддержки управления безопасностью сложных социально-экономических систем. Предложен когнитивный подход и методология решения проблемы информационной поддержки и координации процессов управления безопасностью региональных социально-экономических систем для повышения эффективности децентрализованного управления безопасностью данного класса систем. В отличие от известных теоретических результатов предлагаемый подход основан на интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования сложных динамических систем и процессов. Подход обеспечивает расширение адаптационных возможностей и интеллектуализацию систем информационно-аналитической поддержки управления сложными объектами различной природы за счет комбинированного использования указанных методов и средств их реализации на всех уровнях принятия управленческих решений. (пп. 4 и 10 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)
2. Разработана интегрированная концептуальная модель мультиагентной информационно-аналитической среды безопасности региона, обеспечивающая комплексное формализованное представление структуры и задач управления региональной безопасностью и связанных с этими задачами информационных процессов. Модель обладает когнитивными свойствами и является формальной основой для реализации процедур автоматизированного синтеза и анализа мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью. (п. 2 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)
3. Разработан метод автоматизированного синтеза и оценки качества конфигурации мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью, обеспечивающий динамическое формирование коалиций агентов и ассоциированных с ними наборов информационных ресурсов, адекватных решаемым задачам управления безопасностью в условиях кризисных ситуаций. Метод основан на совместном анализе концептуального описания решаемых задач, информационных ресурсов и сервисов агентов и поддерживает использование

слабоструктурированных неполных исходных данных. (пп. 6 и 8 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)

4. Разработан комплекс имитационных моделей и метод оценки безопасности развития региональных социально-экономических систем. Метод основан на формировании и анализе матрицы показателей региональной безопасности и обеспечивает индикаторную оценку региональной безопасности при различных сценариях развития региона на основе экспертно-имитационного моделирования. (пп. 4 и 10 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)
5. Для координации сетецентрического управления региональной безопасностью разработана многоуровневая рекуррентная иерархическая модель комплексной безопасности, обеспечивающая согласование показателей безопасности региона, оптимизируемых различными элементами многоуровневых систем регионального управления, в условиях децентрализованного принятия решений. Специфика модели заключается в использовании функционально-целевой технологии и математического аппарата теории иерархических многоуровневых систем для реализации процедур согласования локальных решений сетецентрического управления. Для согласования целей всех субъектов управления система обеспечения региональной безопасности представляется сетью с выделенными центрами управления. (п. 4 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)
6. Разработанные метод и средства мультиагентной виртуализации процессов принятия управлений решений обеспечивают моделирование поведения каждого субъекта управления как автономного про-активного агента с собственными интересами и целями. Агенты участвуют в решении задач информационной поддержки управления региональной безопасностью посредством формирования коалиций между агентами на основе самоорганизации и коллективной адаптации агентов к динамике внешней среды. Метод основан на расширении инструментария мультиагентного и онтологического моделирования средствами реализации имитационного аппарата агентов и семантической интеграции разнородных информационных ресурсов и сервисов. (пп. 10 и 12 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)
7. Созданы модели и технологии динамического синтеза и конфигурирования проблемно-ориентированных коалиционных мультиагентных систем и виртуальных сетей ресурсов для информационно-аналитической поддержки деятельности субъектов управления региональной безопасностью на всех уровнях принятия решений. Разработки базируются на использовании модифицированной модели самоорганизации агентов в одноранговых распределенных системах на основе градиентных вычислительных полей, что обеспечивает формирование расширяемой информационной среды региональной безопасности и ее интеграцию в региональное информационное пространство. (пп. 6, 10 и 12 специальности 05.13.10 паспорта специальностей ВАК)

Обоснованность и достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации обеспечивается за счёт детального анализа состояния результатов исследований в проблемной области и подтверждается:

- корректностью созданных моделей и алгоритмов, а также экспериментами с разработанными на их основе исследовательскими прототипами комплексов программ;
- корректностью использования математического аппарата для разработки методов автоматизированного синтеза мультиагентных моделей организационных структур

управления и оценки интегрального показателя комплексной безопасности развития региона;

- положительными эффектами от практического использования (внедрения) результатов исследований;
- апробацией основных теоретических положений диссертационной работы в печатных научных изданиях и докладах на научных конференциях различного уровня.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в том, что полученные результаты обеспечивают необходимые методологические основы для решения важной и актуальной проблемы автоматизации и координации децентрализованного управления безопасностью региональных социально-экономических систем, подверженных влиянию множества внутренних и внешних угроз, в динамически изменяющихся условиях.

Предложенные разработки обеспечили также основу создания компьютерных тренажерно-моделирующих комплексов для субъектов государственного управления регионального и муниципального уровней, системных аналитиков, менеджеров и экспертов в области обеспечения безопасности и устойчивого развития региональных социально-экономических систем. Такие программные комплексы предназначены для интеллектуальной поддержки принятия решений в сфере управления региональным развитием.

Мультиагентная информационная среда региональной безопасности может быть использована для информационной поддержки управления региональной безопасностью на всех уровнях принятия управленческих решений - стратегическом, тактическом и оперативном. Ее применение позволяет повысить качество принимаемых решений за счет использования предложенных методов и средств мультиагентной виртуализации, адекватных сложности решаемых задач информационной поддержки, и обеспечивает формирование программно-алгоритмического базиса инфраструктуры систем информационного обеспечения региональной безопасности в Арктической зоне РФ.

Результаты диссертационного исследования и сформулированные на их основе рекомендации нашли применение в таких предметных областях, как:

1. **Государственное управление.** Для Министерства экономического развития Мурманской области разработан комплекс моделей и программных средств, обеспечивающих прогнозирование динамики показателей социально-экономического развития региона, анализ и синтез сценариев регионального развития с учетом влияния разнородных факторов. Разработана мультиагентная технология информационного мониторинга угроз региональной безопасности. Построены формализованные модели жизненного цикла угроз региональной безопасности и программные агенты для сбора и обработки информации о влиянии изменяющихся угроз на состояние региональных систем. Разработки обеспечивают автоматизированное формирование матрицы показателей региональной безопасности и прогнозирование динамики показателей с учетом информации, поступающей в режиме реального времени. Результаты использованы при разработке «Стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2015 года», а также при проведении оценки результативности реализации рекомендаций комплексных инвестиционных планов развития монопрофильных муниципальных образований Мурманской области (многородов). Создан прототип виртуального когнитивного центра управления региональной безопасностью, представляющего собой

тренажерно-моделирующий комплекс, инструментарий которого обеспечивает решение комплекса задач интеграции, согласования, обработки, анализа и интерактивной визуализации коллективных экспертных знаний для информационной поддержки принятия управленческих решений в сфере региональной безопасности. Комплекс реализован в виде специализированного облачного сервиса на базе сервисной архитектуры IaaS (Infrastructure as a Service). Результаты используются в области обеспечения экономической безопасности региона.

2. Государственно-частное партнерство и инновационная деятельность.

Для Министерства развития промышленности и предпринимательства Мурманской области разработан комплекс моделей и программных средств автоматизации поиска участников государственно-частного партнерства и оценки их компетенций, а также информационная технология формирования эффективных инновационных структур для реализации социально значимых инвестиционных проектов в регионе. Результаты используются в области обеспечения инновационной безопасности региона.

3. Кадровая политика. Для Министерства экономического развития

Мурманской области разработан тренажерно-моделирующий комплекс, обеспечивающий определение кадровых потребностей арктического региона и моделирование логистики образовательных услуг в условиях вариативности кадрового заказа с целью синтеза стратегий развития регионального рынка труда. Результаты используются в области обеспечения кадровой безопасности региональной экономики.

4. Экология и чрезвычайные ситуации. Для Министерства природных

ресурсов и экологии Мурманской области и ГОКУ «Управление по ГО, ЧС и ПБ Мурманской области» разработаны модели и методы оценки экологических ущербов антропогенного воздействия на водные экосистемы региона горнорудных производств; методы и средства конфигурирования и координации сил и средств, задействованных в реализации планов ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов с учетом внешних (гидрометеорологических) факторов; модели оценки угроз экологической безопасности арктических коммуникаций на примере Северного морского пути при его хозяйственном освоении. Результаты используются в области обеспечения промышленно-экологической безопасности региона.

5. Морская деятельность. Обоснованные в диссертации методы и оценки

используются Морской коллегией при Правительстве Российской Федерации при подготовке нормативных документов и рекомендаций по реализации положений «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2030 года» в части обеспечения информационной поддержки государственного управления морской деятельностью на Арктическом региональном направлении.

6. Проектирование автоматизированных систем комплексной

безопасности. Для ЗАО «Комплексный Технический Сервис» разработанные модели, методы и программные средства нашли применение при разработке структуры и компонентов системы информационного мониторинга социально-экономической и промышленно-экологической обстановки в арктических регионах РФ в рамках аванпроекта по созданию комплексной «Системы освещения обстановки в Арктике». Для этого создан мультипредметный веб-ресурс - *Арктический Интернет-портал RU-Arctic*, обеспечивающий на основе веб-технологий унифицированную точку доступа к ресурсам информационной среды региональной безопасности.

7. Международная деятельность. Разработанные модели, методы и

технологии используются Вторым Европейским Департаментом МИД России,

Институтом актуальных международных проблем Дипломатической Академии МИД России, а также Национальным исследовательским институтом глобальной безопасности для исследования и анализа сценариев развития геополитической ситуации в Баренцевом/Евро-Арктическом регионе с целью прогнозирования международных конфликтов и формирования эффективных организационных структур управления региональной безопасностью в этом районе. Разработки обеспечили возможность выработки рекомендаций по совершенствованию действующей системы управления международной безопасностью на региональном уровне. Для автоматизации установления профессиональных контактов в области международного сотрудничества по вопросам инновационного и безопасного развития Баренцева/Евро-Арктического региона создан веб-сервис BarentsNet, реализующий функционал профессиональной социальной сети, объединяющей экспертов, заинтересованные бизнес-сообщества и государственные структуры.

8. Образовательная деятельность. Материалы диссертационного исследования использованы в учебном процессе на кафедре информационных систем и технологий Кольского филиала ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», а также на кафедре государственного управления и национальной безопасности ФГБОУ ВПО «Дипломатическая Академия МИД России».

Основные практические результаты

1. Программная мультиагентная система информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью обеспечивает формирование и оценку конфигурационной эффективности виртуальных организационных структур управления безопасностью в разнородных кризисных ситуациях. Система обеспечивает моделирование целенаправленного поведения и координацию деятельности субъектов безопасности на основе виртуализации процессов взаимодействия между ними с учетом спецификации ситуации, класса объекта безопасности, пространственно-временных и ресурсных ограничений. В рамках системы осуществляется интеграция и автоматизированная децентрализованная обработка распределенных информационных ресурсов, а также поиск и композиция сервисов на базе коалиционных взаимодействий когнитивных агентов.

2. Программная агентная платформа, представляющая собой комплекс программ, обеспечивающих поддержание корректного и согласованного функционирования программных мобильных агентов субъектов управления в распределенной информационной среде региональной безопасности, а также синтез имитационных моделей из шаблонов для создания полимодельных комплексов. Программные средства обеспечивают расширение функциональных возможностей стандартной спецификации существующих агентных платформ, применяемых для поддержки функционирования и взаимодействия когнитивных агентов в открытых мультиагентных системах, средствами синтеза имитационных моделей и использования полимодельных комплексов.

3. Разработанный комплекс системно-динамических моделей прогнозирования социально-экономического развития РСЭС позволяет оценить и исследовать динамику показателей региональной безопасности. Модели синтезируются из библиотеки типовых имитационных шаблонов, которые созданы для таких концептуальных классов, как: объекты обеспечения безопасности, субъекты безопасности, действующие факторы (внутренние и внешние угрозы безопасности), кризисные ситуации, сценарии снижения рисков возникновения потенциальных угроз безопасности, и реализованы в среде агентного имитационного моделирования

Anylogic. Использование моделей обеспечивает анализ разнородных рисков, связанных с безопасностью компонентов региональной системы.

На основе полученных практических результатов сформирована сетецентрическая мультиагентная информационно-аналитическая среда (ИАС «Безопасный Виртуальный Регион») с унифицированной точкой доступа на основе веб-технологий для задач информационного обеспечения управления безопасностью развития Мурманской области. Среда является частью единого информационного пространства региона и представляет собой интеграционную площадку для средств информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Отраженные в диссертации научные положения и результаты соответствуют паспорту научной специальности **05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах»** в части области исследований по п. 2 (методы формализации и постановка задач управления в социальных и экономических системах), п. 4 (методы и алгоритмы решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах), п. 6 (методы получения и обработки информации для задач управления социальными и экономическими системами), п. 8 (методы и алгоритмы анализа и синтеза организационных структур), п. 10 (методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах), п. 12 (новые информационные технологии в решении задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах).

Связь исследований с научными программами и реализация результатов работы. В основу диссертационной работы положены результаты, полученные автором в ходе исследований, проводимых по планам научно-исследовательских работ Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН: "Информационные технологии управления инновационным развитием региона (на примере Мурманской области)" (№ гос. рег.: 01200502662; 2005-2007 гг.), "Информационные технологии региональных макросистем" (№ гос. рег.: 01200502661; 2005-2007 гг.), "Информационные технологии управления развитием регионального научно-образовательного комплекса" (№ гос. рег.: 01200850591; 2008-2010 гг.), "Методы и технологии информационного обеспечения жизненного цикла инноваций" (№ гос. рег.: 01200850592; 2008-2010 гг.), "Модели и технологии комплексного информационного обеспечения социально-экономического развития арктических регионов РФ" (№ гос. рег.: 01201153383; 2011-2013 гг.), "Когнитивные информационные технологии для информационно-аналитической поддержки управления безопасностью развития арктических регионов РФ (на примере Мурманской области)" (№ гос. рег.: 01201151895; 2011-2013 гг.), "Методы и когнитивные технологии создания, исследования и использования виртуальных систем поддержки управления комплексной безопасностью развития Арктической зоны Российской Федерации" (№ гос. рег. 01201452426, 2014-2016 гг.).

Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении работ по Программе фундаментальных исследований Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН: «Фундаментальные основы информационных технологий и систем»: проект №2.6 «Разработка теоретических основ проектирования региональных информационных сетей» в 2006-2008 гг.; «Информационные технологии и методы анализа сложных систем»: проект №2.4 «Модели и методы управления развитием информационно-коммуникационной инфраструктуры

проблемно-ориентированных региональных информационных систем» в 2009-2011 гг.; «Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация»: проект №2.8 «Развитие методологии проектирования региональных информационных систем для информационно-аналитической поддержки задач развития Арктических регионов РФ» в 2012-2014 гг.

Отдельные направления исследований поддержаны грантами РФФИ: №05-07-90050 «Инструментальная система формирования распределенной вычислительной среды междисциплинарных исследований» (2005-2007 гг.), №05-07-97508 «Создание инструментальной среды для интегрированного распределенного доступа к разнородным семантически связанным источникам данных» (2005-2006 гг.), №08-07-00301 «Разработка информационной технологии и распределенной информационно-аналитической среды поддержки инновационной деятельности» (2008-2010 гг.), №09-07-98800 «Разработка информационной системы с распределенным доступом для комплексной поддержки организационного управления региональной системой профессионального образования» (2009-2011 гг.), №12-07-00138 «Разработка когнитивных моделей и методов формирования интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью Арктических регионов России» (2012-2014 гг.), №15-29-06973 «Развитие методологии, модельного инструментария и информационных технологий системной оценки рисков нового освоения Арктики» (2015-2017 гг.).

Научная апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 32 научных мероприятиях (конференциях и семинарах) международного, всероссийского и регионального уровней, наиболее значимые из которых:

- Всероссийская школа-семинар «Прикладные проблемы управления макросистемами» (Апатиты, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016 гг.);
- Всероссийская научно-практическая конференция «Теория и практика системной динамики» (Апатиты, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015 гг.);
- EUROSIM Congress on Modeling and Simulation «SLOSIM» (Любляна, Словения, 2007 г.);
- Международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» (Калуга, 2007 г.; Звенигород, 2009 г.; Красноярск, 2013 г.);
- Международная научно-практическая конференция «Темпы и пропорции социально-экономических процессов в регионах Севера» (Апатиты, 2007 г.);
- Международная научно-практическая конференция «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения» (Апатиты, 2010, 2012, 2014 гг.);
- Международная научная конференция «Моделирование и анализ массовых событий в экономике и социуме» (Санкт-Петербург, 2010 г.);
- Международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011)» (Москва, 2011 г.);
- Annual conference «Arctic Frontiers» (Тромсе, Норвегия, 2012, 2015 гг.);
- Всероссийская морская научно-практическая конференция «Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике» (Мурманск, 2012, 2014, 2015 гг.);
- Международная научно-практическая конференция «Инновационное и безопасное сотрудничество в Баренцевом/Евроарктическом регионе» (Апатиты, 2013 г.; Петрозаводск, 2014 г.);

- Всероссийская научно-практическая конференция «Развитие Севера и Арктики: проблемы и перспективы» (Апатиты, 2012, 2013 гг.);
- XII Всероссийское совещание по проблемам управления (Москва, 2014 г.);
- Международная научная конференция «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (Москва, 2014 г.);
- Международный Форум «Арктика: настоящее и будущее» (Санкт-Петербург, 2014, 2015 гг.).

Личный вклад автора. Основные научные результаты диссертационной работы получены лично автором. Автор внес вклад в постановку теоретических и экспериментальных задач исследования, разработку путей их решения и методики исследования, интерпретацию результатов, формулировку выводов и научно-практических рекомендаций, программно-алгоритмическую реализацию предложенных научно-методических разработок, оформление текстов статей и докладов. В постановке отдельных задач и обсуждении результатов работ принимали активное участие д.т.н. В.А. Путилов и д.т.н. А.Г. Олейник. Ряд практических результатов исследования получен автором совместно с сотрудниками Института информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН д.т.н. А.В. Гороховым и д.т.н. М.Г. Шишаевым.

Публикации по теме диссертации. Все публикации, в том числе подготовленные в соавторстве, в которых отражено основное содержание диссертационной работы, были инициированы и спланированы при непосредственном участии автора. По результатам диссертационного исследования опубликовано 80 печатных научных работ, в том числе 27 статей в периодических журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 53 публикации в российских и зарубежных журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций. Получено 8 свидетельств о регистрации электронных ресурсов (алгоритмов и программ) в ОФАП и ОФЭРНиО. Список основных публикаций приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации – 314 с. машинописного текста (с приложениями). Основная часть работы изложена на 287 с. и содержит 41 рисунок и 14 таблиц. Библиография включает 214 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении представлен общий взгляд на решаемую в работе научную проблему. Обосновывается важность и актуальность темы диссертации, формулируются цели диссертационной работы и решаемые задачи, определяется научная новизна работы и указывается её практическая ценность, приводятся данные о внедрении и апробации результатов исследований. Кратко изложены основные научные результаты и содержание глав диссертации.

Первая глава «Системный анализ проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью» диссертации является постановочной и посвящена анализу проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью.

Исследование проводится на примере проблем безопасности, специфичных для Мурманской области – региона, входящего в состав Арктической зоны России.

Особенности Мурманской области, важные для вопросов безопасности, определяются географическим положением региона и спецификой промышленно-хозяйственного освоения. Специфики добавляет перегруженность территории объектами оборонно-промышленного комплекса. Эти факторы в совокупности обуславливают уязвимость региона в плане возникновения разнотипных чрезвычайных и кризисных ситуаций.

Основные причины низкой эффективности управления региональной безопасностью Арктической зоны России, включая Мурманскую область:

- отсутствие единой системы организационного управления безопасностью региона, в том числе информационной инфраструктуры региональной безопасности;
- сложность и, в некоторых случаях, невозможность координации взаимодействия организационно разнородных и территориально распределенных субъектов управления безопасностью на разных уровнях принятия решений;
- децентрализованный характер управления региональной безопасностью;
- многообразие и изолированное использование методов и средств автоматизации процессов обеспечения региональной безопасности на разных уровнях управления;
- фрагментарный характер организационных и технических регламентов межведомственного информационного взаимодействия в условиях кризисных ситуаций и отсутствие единого паспорта региональной безопасности.

В разделе 1.1 рассматривается современное состояние исследований проблемы управления безопасностью региональных социально-экономических систем (РСЭС), определяется ее специфика и место среди множества задач управления безопасностью сложных систем. Показано, что в настоящее время эта динамическая проблемная область характеризуется усложнением существующих и появлением новых задач управления социально-экономическими системами различного уровня. Эти задачи связаны, главным образом, с необходимостью обеспечения безопасности во всех сферах общественных отношений, что обуславливает ужесточение существующих и формирование принципиально новых требований к средствам и технологиям управления безопасностью социально-экономических систем. Наиболее остро проблемы безопасности проявляются на региональном уровне. Поэтому важной и актуальной задачей является совершенствование существующей системы и механизмов организационного управления безопасностью РСЭС. Решение этой задачи необходимо для повышения эффективности управления региональной безопасностью в условиях организационной разнородности и децентрализации объектов и субъектов обеспечения безопасности РСЭС. Анализ проблемной области исследования показал, что в настоящее время эта задача еще далека от эффективного решения. Особенno актуальна эта задача для арктических регионов России.

Показано, что в современных условиях решение проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью достигается за счет адекватной информационной поддержки и координации процессов принятия управленческих решений в этой сфере. Под *информационной поддержкой управления* понимается обеспечение субъектов управления необходимой специально подготовленной информацией для выработки и реализации эффективных управленческих решений. До настоящего времени задачи и средства информационной поддержки и координации сетевентрического управления региональной безопасностью не рассматривались в комплексе и не решали проблему в целом.

Вводится понятие региональной безопасности. Определяется понятийно-категориальный аппарат, детализирующий данную предметную область. В современной научной литературе региональная безопасность трактуется с различных

позиций и определяется недостаточно четко. В диссертационной работе термин «региональная безопасность» определяется как такое состояние защищенности РСЭС, при котором система сохраняет способность стablyно функционировать и развиваться в долгосрочной перспективе, обеспечивая противодействие влиянию внутренних (локальных) и внешних (глобальных) угроз устойчивого развития. Под *состоянием защищенности* понимается состояние РСЭС, при котором действие внешних и внутренних факторов на элементы и подсистемы РСЭС не приводит к ухудшению или к невозможности её функционирования или развития. Предлагается общая классификация внешних и внутренних угроз региональной безопасности.

Предложена расширенная система показателей региональной безопасности, созданная в результате обобщения существующих индикаторных систем и формирования интегральных показателей, полученных путем свертки ряда групп общепринятых индикаторов безопасности. Система используется в основе имитационных моделей прогнозирования динамики показателей для получения, как интегральной оценки безопасности региона, так и отдельных ее составляющих. Мониторинг показателей осуществляется с применением автономных программных агентов. Все множество показателей, отражающих различные стороны региональной безопасности, условно разделены на три группы: количественные (содержащиеся в статистической отчетности), качественные (полученные в результате экспертных оценок, социологических исследований и обобщения данных мониторинга) и оперативные (полученные на основе оперативных данных, поступающих в систему управления в режиме реального времени).

В **разделе 1.2** проводится спецификация и структурирование проблемы информационной поддержки управления региональной безопасностью. Показано, что управление региональной безопасностью по своей структуре многофункционально и в общем случае включает в себя такие функции управления, как целеполагание, стратегическое планирование, оперативное управление, а также функции контроля, учета, мониторинга и координации. Поэтому информационная поддержка управления региональной безопасностью является многоаспектной задачей.

Как объект управления и объект информационной поддержки, региональная безопасность имеет ряд специфических особенностей. К ним относится:

- различная природа и скрытый характер внешних и внутренних угроз региональной безопасности, снижающие оперативность решения задач мониторинга, системной оценки и координации показателей региональной безопасности;
- наличие слабо формализуемых и трудно поддающихся автоматизации начальных этапов жизненного цикла угроз региональной безопасности, включающих зарождение и развитие потенциальных угроз и опасностей, а также проведение упреждающих диагностирующих мероприятий.

Вместе с тем, управление региональной безопасностью представляет собой сложный многоэтапный процесс. На каждом этапе задействованы разнотипные субъекты управления (государственные службы, системные аналитики, менеджеры, военные, эксперты и т.д.), имеющие различную организационную подчиненность. Субъекты преследуют собственные цели с учетом их сферы интересов и обладают разными компетенциями для решения задач по обеспечению безопасности региона. Процессы обеспечения региональной безопасности разнородны по динамике и составу участников. Субъекты управления безопасностью, вовлеченные в эти процессы, как правило, территориально распределены и организационно разнородны. Следствием этого является отсутствие, в общем случае, единого, централизованного

управления региональной безопасностью, структурная разнородность субъектов управления. Эти условия создают предпосылки для того, чтобы информационная среда региональной безопасности была интероперабельной и децентрализованной.

Динамичность структуры и состава информационной среды региональной безопасности, децентрализация и разнородность образующих ее элементов, с одной стороны, и необходимость формирования единого информационного поля для согласованного взаимодействия по вопросам обеспечения безопасности – с другой, характеризуют эту среду как сетевентрическую систему. Сетевентричность предполагает сетевую структуру организационного управления с выделенными управляющими центрами. Это добавляет проблеме информационного обеспечения региональной безопасности дополнительные, нетрадиционные для существующих научно-методических и технологических решений аспекты.

В условиях децентрализованного принятия решений и многокритериальности решаемых задач на разных уровнях управления безопасностью региона необходимо обеспечивать координацию совместной деятельности субъектов безопасности в процессе оптимизации показателей региональной безопасности с учетом различий в целеполагании управляющих субъектов. Координация сетевентрических решений – важная задача информационной поддержки управления региональной безопасностью.

Структурирование проблемы исследования проводится в соответствии с задачами информационной поддержки, возникающими на трех уровнях управления региональной безопасностью: стратегическом, оперативном и тактическом. В рамках оперативного уровня управления выделены оперативно-стратегический и оперативно-тактический уровни. Перечислим эти задачи для каждого уровня управления.

На *стратегическом уровне*: 1) управление знаниями о разнородных объектах и процессах обеспечения безопасности; 2) управление компетенциями субъектов безопасности, участвующих в этих процессах; 3) формирование организационных структур управления безопасностью в кризисных ситуациях; 4) формирование сети центров организационного управления региональной безопасностью. Основной задачей на этом уровне является формирование организационных структур управления безопасностью, обеспечивающих реализацию наилучшего плана антикризисных мероприятий для конкретных региональных кризисных ситуаций с учетом стоимостных затрат, пространственно-временных и ресурсных ограничений.

Оперативно-стратегический уровень управления региональной безопасностью предполагает решение следующих задач информационной поддержки: 1) сценарный и ситуационный анализ, оценка результативности реализации антикризисных мероприятий; 2) синтез сценариев управления и их реализация «точно в срок»; 3) реконфигурация сети центров управления региональной безопасностью.

Оперативно-тактический уровень управления требует решения следующих задач: 1) информационный мониторинг потенциальных угроз и опасностей; 2) оценка качества и эффективности организационных структур управления безопасностью; 3) реконфигурация организационных структур управления безопасностью.

На *тактическом уровне* решаются задачи, связанные непосредственно с управлением кризисными ситуациями, выбором участников (акторов) и исполнительных ресурсов, необходимых для локализации угроз безопасности или кризисных ситуаций, а также формированием и согласованием планов совместных действий. Основной задачей на этом уровне является анализ профиля деятельности субъектов управления безопасностью. Это необходимо для определения соответствия

их компетенций и возможностей участия в процессах обеспечения региональной безопасности в условиях возникновения разнотипных кризисных ситуаций.

В **разделе 1.3** представлен аналитический обзор современных средств информационной поддержки управления региональной безопасностью. Анализ современного методического и программного инструментария, используемого в области информационного обеспечения региональной безопасности, позволил определить основные информационные потребности субъектов управления безопасностью, недостатки существующих средств информационно-аналитической поддержки, а также оценить текущее состояние и проблемы развития современной информационной инфраструктуры региональной безопасности.

Современные подходы к информационному обеспечению региональной безопасности в основном ограничены созданием мониторинговых информационно-аналитических систем и систем поддержки принятия решений в кризисных ситуациях для региональных ситуационных центров, а также веб-ресурсов, обеспечивающих субъектам управления доступ к информационно-справочным материалам и нормативным документам на основе современных информационных технологий. Эти ресурсы интегрируют в себе большие объемы разноплановой информации по различным аспектам безопасности региона, но, как правило, не связаны между собой, эксплуатируются разными ведомствами, разнородны по технологиям реализации и семантике содержимого.

Основными недостатками современных систем информационной поддержки управления региональной безопасностью являются:

- отсутствие возможностей автоматизированного синтеза спецификаций (моделей) организационных структур управления безопасностью и поиска (подбора) субъектов совместной деятельности для реализации антикризисных мероприятий;
- отсутствие средств координации децентрализованного принятия решений на разных уровнях управления региональной безопасностью;
- частичная информационная поддержка начальных этапов жизненного цикла развития кризисных ситуаций, связанных с зарождением угроз и опасностей;
- каждая отдельная система – это изолированный, обособленный «островок» методов и технологий информационной поддержки и, как следствие, невозможность совместного использования в силу низкого уровня интероперабельности функциональных элементов.

В **разделе 1.4** приведена постановка проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью и ее декомпозиция на задачи, решение которых обеспечивает достижение цели диссертационного исследования и решение проблемы.

В результате исследования сформулированы и систематизированы задачи информационной поддержки управления региональной безопасностью и проведен анализ современных средств их решения. Системный анализ современного состояния проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью позволил сформулировать общие и частные требования к разработке методологии и средств информационной поддержки, ориентированных на решение этой проблемы.

Вторая глава «Развитие методологии исследования и разработка информационных моделей для поддержки сетевентрического управления региональной безопасностью» посвящена разработке комплекса концептуальных и имитационных моделей, обеспечивающих формальную основу для информационно-аналитической поддержки и координации сетевентрического управления безопасностью региональных социально-экономических систем (РСЭС).

В **разделе 2.1** проведен анализ применимости современных методов и подходов для решения задач информационной поддержки процессов принятия решений на стратегическом, оперативно-стратегическом, оперативно-тактическом и тактическом уровнях управления региональной безопасностью. По результатам анализа предложен когнитивный подход к решению проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью. В отличие от известных теоретических результатов подход основан на комбинированном использовании методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования сложных динамических систем и процессов, а также методов теории многоуровневых иерархических систем для координации управления этими системами и процессами. Интеграция перечисленных методов позволила получить качественно новые результаты в области создания средств информационно-аналитической поддержки управления сложными системами различной природы и масштаба (рис. 1).



Рисунок 1 - Когнитивный подход к решению задач информационной поддержки сетевентрического управления региональной безопасностью

На базе предложенного подхода разработана единая методологическая база (методология) исследования и решения проблемы повышения эффективности сетевентрического управления безопасностью РСЭС. Методология включает модели и методы информационной поддержки и координации сетевентрического управления региональной безопасностью, средства мониторинга и прогнозирования динамики показателей региональной безопасности с применением автономных программных агентов и имитационного моделирования. Методология обеспечивает автоматизацию деятельности и согласованное взаимодействие субъектов управления безопасностью на всех уровнях принятия решений в условиях децентрализованного управления.

Общая схема методологии приведена на рис. 2. На рис. 2 также отражено соотношение классов решаемых задач информационной поддержки на разных уровнях управления и используемых и разработанных моделей и методов.

Обозначения на рис. 2: класс задач **S** – задачи информационной поддержки на стратегическом уровне управления; класс задач **T** – задачи информационной поддержки на тактическом уровне управления; класс задач **O** – задачи информационной поддержки на оперативно-стратегическом и оперативно-тактическом уровнях управления; ВОСБ – виртуальные организационные структуры управления безопасностью; МИАС – мультиагентная информационно-аналитическая

среда; РБ – региональная безопасность;  - разработанные модели, методы и программные средства;  - используемые известные методы.

Для формализации понятия «региональная безопасность» в работе вводится *матрица региональной безопасности*. Количество столбцов матрицы соответствует числу учитываемых в интегральной оценке состояния безопасности развития региона составляющих региональной безопасности (экономическая, экологическая, кадровая, социальная, инновационная и др.), а число строк - количеству показателей каждой составляющей с максимальным набором параметров. Каждый элемент матрицы представляет собой вектор-функцию параметров для конкретной составляющей безопасности, либо скалярную величину. Исследована возможность применения векторных и лингвистических переменных в качестве элементов матрицы. На этапе моделирования матрица региональной безопасности обеспечивает основу для исследования и построения сценариев достижения требуемого (желаемого) или допустимого уровня региональной безопасности.

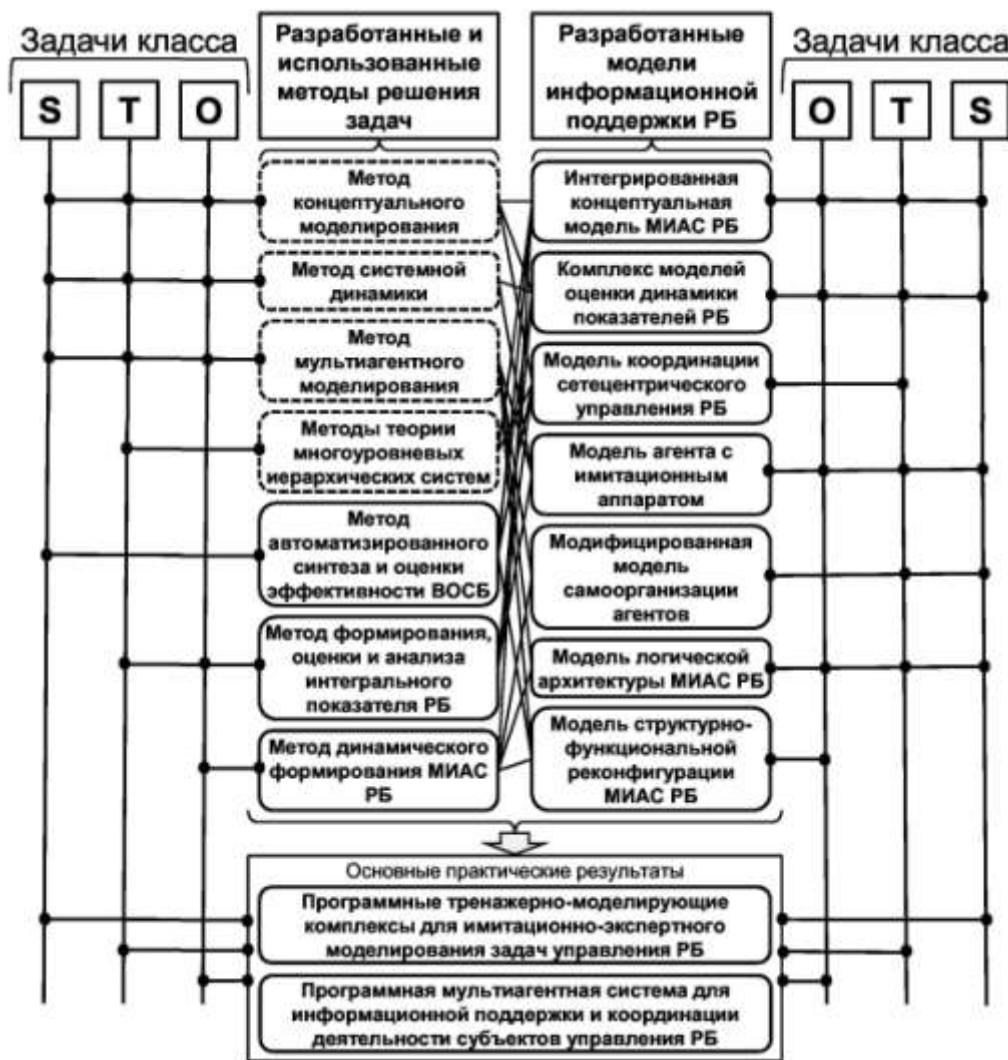


Рисунок 2 - Общая схема методологии решения проблемы сетевентрического управления региональной безопасностью

В общем случае задача управления региональной безопасностью сводится к поиску такого допустимого управления, которое имеет максимальную эффективность и определяет оптимальную траекторию движения РСЭС в пространстве устойчивых состояний. Для оценки состояний используются показатели, образующие матрицу

региональной безопасности. Общая математическая постановка задачи исследования может быть формализована в классической для теории управления форме (рис. 3), которая адаптирована для задач управления системами различной природы, в том числе региональной безопасностью.

Эффективность управления $G(u) = \max_{u \in U} f(u, s)$, $f = f(u, g(p, t))$, где $u \in U$ - вектор управлений, $s \in S$ - множество состояний объекта управления, причем $s = g(p, t)$, $p \in P$ - значения параметров, описывающих состояния объекта управления, t - время.

Модель субъекта управления $\Psi = \{U, U_0, \Theta, w(\cdot), v(\cdot), I, z\}$, где U - множество управляющих воздействий (стратегия деятельности субъекта); $U_0 \subseteq U$ - множество управляющих воздействий, выбираемых субъектом управления; Θ - множество внешних воздействий на объект управления (угрозы безопасности различной природы); $w(\cdot)$ - зависимость результатов деятельности субъекта управления от управляющих воздействий и внешнего окружения объекта управления, то есть $w(\cdot) : U \times \Theta \rightarrow U_0$; $v(\cdot)$ - функция полезности, задающая предпочтения субъекта управления на множество возможных результатов его целенаправленной деятельности; I - информация о текущей обстановке (внешнем окружении объекта управления), которой обладает субъект управления на момент принятия решений о выбранном управляющем воздействии; $z = w(u, \Theta)$, $z \in U_0$ - результат деятельности субъекта управления при выбранном управляющем воздействии (показатели качества функционирования элементов и подсистем РСЭС).



Рисунок 3 - Модель задачи управления региональной безопасностью

В разделе 2.2 представлена созданная интегрированная концептуальная модель мультиагентной информационно-аналитической среды региональной безопасности (КМ МИАС). В модели совмещаются формализованные модели предметной области «региональная безопасность» и исполнительной среды информационно-аналитической поддержки. КМ МИАС обеспечивает основу для формализованного описания задач управления региональной безопасностью в разнотипных кризисных ситуациях с целью его последующего использования в процессе автоматизированного синтеза и анализа мультиагентных моделей виртуальных организационных структур управления безопасностью (ВОСБ), ориентированных на решение этих задач.

Концептуальная модель виртуальной среды региональной безопасности, ориентированной на агентную реализацию, задана в виде теоретико-множественных отношений и представляет собой следующий набор множеств:

$$KM_{MIAC} = \{O, S, R, RC, RF, A, CS, CSC, Z, P, SS, U, I, Attr\}.$$

Основными элементами, образующими состав модели, являются: O – множество объектов обеспечения безопасности; S – множество субъектов управления безопасностью; R – множество ресурсов обеспечения безопасности; RC – множество классов ресурсов; RF – иерархический классификатор предметных областей кризисных ситуаций; SS – множество организационных структур управления безопасностью; A – множество когнитивных агентов, представляющих интересы субъектов безопасности в распределенной мультиагентной виртуальной среде региональной безопасности; CS и CSC – множества кризисных ситуаций и их классов соответственно; Z – множество задач управления безопасностью в кризисных ситуациях; P – множество процессов управления безопасностью в кризисных ситуациях; U – множество клиентских и серверных узлов, на которых развернута распределенная агентная платформа для исполнения агентов системы информационной поддержки управления региональной безопасностью; I – отношения на множествах объектов модели; $Attr$ – множество атрибутов объектов модели.

Кризисные ситуации $CS = \{O, Z, S, R, P, t\}$ представляют собой формализованную контекстуальную информацию о состоянии региональных компонентов, которое характеризуется определенным набором параметров в момент времени t .

Множества взаимосвязанных субъектов, участвующих в процессах управления региональной безопасностью в условиях кризисных ситуаций, образуют проблемно-ориентированные организационные структуры управления безопасностью SS . В терминах КМ они представляют собой связные фрагменты $SS = \{S, R, A, CS, Z, P, I, Attr\}$, включающие объекты модели, удовлетворяющие заданным условиям. Эти условия, в свою очередь, определяются параметрами модели кризисной ситуации CS .

На множествах объектов модели заданы отношения, определяющие ее структуру и обеспечивающие возможность автоматизированного логического вывода в терминах КМ МИАС, в частности, возможность формирования допустимых вариантов ВОСБ.

$$I = \{SZ, CSP, PA, PSS, UA, IN, OUT, CLASS, FIELD, H\},$$

где: $SZ \subseteq S \times Z$ - отношение «субъект безопасности участвует в решении некоторой задачи управления безопасностью в определенной кризисной ситуации»; $CSP \subseteq CS \times P$ - симметричное отношение «кризисная ситуация – процесс управления безопасностью», ассоциирующее кризисную ситуацию с соответствующим ей процессом управления безопасностью; $PA \subseteq P \times A$ - симметричное отношение «процесс управления безопасностью - агент», ассоциирующее процесс управления безопасностью в кризисной ситуации с представляющим его агентом в виртуальной среде региональной безопасности; $PSS \subseteq P \times SS$ - отношение «организационная структура управления безопасностью включает процесс управления безопасностью», отношение транзитивно, то есть: $\forall x \in P, \forall y, z \in CS (xPCSy \wedge yPCSz \Rightarrow xPCSz)$; $UA \subseteq U \times A$ - отношение «узлы виртуальной среды включают агентов»; $IN \subseteq P \times B(R)$ - отношение «процесс – множество входных ресурсов»; $OUT \subseteq P \times B(R)$ - отношение «процесс – множество выходных ресурсов»; $CLASS \subseteq R \times RC$ - отношение,

ассоциирующее ресурс с соответствующим ему классом; $FIELD \subseteq R \times RF$ - отношение, задающее предметную область ресурса.

H - иерархия объектов модели, отражающая их организационные взаимоотношения. Отношение иерархии H определено на множествах S, P, RC, RF .

Множество атрибутов объектов модели описывается следующим образом:

$$Attr = \langle T_A, T_R, T_O, F \rangle,$$

где T_A - множество типов агентов (веб-сервисов); T_R - множество типов информационных ресурсов; $T_O = \{'on-line', 'off-line'\}$ - множество типов (режимов) доступа к информационным ресурсам; F - множество функций агентов.

Программная реализация КМ МИАС выполнена в виде прикладной онтологии региональной безопасности, которая предназначена для обеспечения семантической интероперабельности информационно-управляющих систем региональных ситуационных центров в процессе интеграции компонентов этих систем в единую информационную среду региональной безопасности и их совместного использования. Онтология создана средствами языка онтологического моделирования OWL (Web Ontology Language) в инструментальной среде разработки онтологий Protégé.

В разделе 2.3 рассматривается комплексная системно-динамическая модель региональной безопасности (СДМ РБ), предназначенная для оценки показателей безопасности региона и результативности реализации антикризисных мероприятий.

Разработана библиотека системно-динамических шаблонов для имитационных моделей процессов управления региональной безопасностью. Типовые шаблоны реализованы в инструментальной среде системно-динамического моделирования Powersim Studio и двух специализированных приложений – редактора шаблонов и системы прикладного имитационного моделирования. Шаблоны созданы для таких концептуальных классов, как: объекты обеспечения безопасности, субъекты управления безопасностью, действующие внутренние и внешние факторы, кризисные ситуации, сценарии снижения рисков воздействия потенциальных угроз и опасностей и других. Синтез проблемно-ориентированных имитационных моделей из шаблонов осуществляется на основе концептуального описания решаемой задачи.

СДМ РБ синтезирована на основе КМ МИАС и созданной библиотеки типовых имитационных шаблонов с применением метода синтеза имитационных моделей сложных систем¹, обеспечивающего синтез моделей системной динамики из соответствующих концептуальных моделей, и технологии паттернов проектирования системно-динамических моделей. СДМ РБ обеспечивает прогноз показателей региональной безопасности при заданных параметрах и ограничениях, а также используется для выявления тенденций в динамике этих показателей при различных сценариях развития региона. Получаемые на основе модели прогнозные оценки используются в процедурах формирования интегрального показателя региональной безопасности, а также в задачах синтеза ВОСБ и координации процессов принятия решений на разных уровнях управления безопасностью региона.

СДМ РБ в отличие от общеизвестных динамических моделей, являющихся базовыми для моделирования устойчивого развития макросистем различного уровня, позволяет учитывать наиболее существенные компоненты РСЭС, важные с точки зрения региональной специфики и целей моделирования устойчивого развития. СДМ РБ состоит из следующих основных компонентов: население региона, производство,

¹ Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. Мурманск: НИЦ «Пазори», 2002. 306 с.

финансы, рынок труда, наука и образование, окружающая среда, технологические инновации, ресурсная база. Для каждого компонента на модели formalизованы основные риски. СДМ РБ представляет собой комплекс композитных модельных блоков, описывающих состояние промышленного и инновационного потенциала региональной экономики, кадровой безопасности и экологической системы. СДМ РБ обеспечивает оценку и анализ динамики потенциальных угроз безопасности при различных сценариях развития региона с предоставлением эксперту возможностей для вариативного расчета и оперативного корректирования показателей региональной безопасности в рамках существующей статистической отчетности. СДМ РБ учитывает систему ограничений для показателей ввиду их взаимной зависимости.

На основе модельных уравнений и доступной статистической отчетности был составлен прогноз показателей региональной безопасности Мурманской области до 2020 года. С помощью СДМ РБ исследованы различные сценарии социально-экономического развития Мурманской области, учитывающие наиболее вероятное сочетание внешних и внутренних факторов, влияющих на безопасность региона.

Система организационного управления региональной безопасностью относится к классу многоуровневых сетевентрических систем управления. Центральной задачей для данного класса систем является координация взаимодействия управляющих элементов и подсистем в условиях децентрализованного принятия решений. Под *координацией* понимается достижение согласованности в работе всех звеньев системы путем установления рациональных связей между ними, что обеспечивает получение оптимального решения общей задачи системы при оптимизации подзадач, решаемых подсистемами. Показатели безопасности РСЭС являются разнородными и, как правило, оптимизируются различными элементами многоуровневой системы управления региональной безопасностью. В условиях децентрализованного управления безопасностью РСЭС это обуславливает необходимость координации процессов принятия управленческих решений по оптимизации и согласованию этих показателей на разных уровнях управления. Для решения этой задачи в разделе 2.4 разработана и исследована агентная многоуровневая рекуррентная иерархическая модель региональной безопасности. В отличие от известных типов графовых моделей созданная модель формируется регулярным рекуррентным применением к процессу декомпозиции основной целевой задачи двухуровневой структуры, имеющей один элемент на верхнем уровне и заданное моделью предметной области число элементов нижнего уровня. Модель обеспечивает координацию сетевентрического управления региональной безопасностью за счет удовлетворения требований взаимосвязи между целевыми функциями элементов системы обеспечения региональной безопасности.

Известны различные методы координации управления в многоуровневых распределенных системах. К ним относятся: игровые и градиентные методы, методы координации путем прогнозирования и развязывания взаимодействий, методы нечеткой параметрической координации и другие. Предлагаемый подход к решению задачи координации сетевентрического управления региональной безопасностью основан на применении разработанной многоуровневой рекуррентной иерархической модели. В модели совмещаются координация путем развязывания взаимодействий и создание коалиций между агентами на разных уровнях управления. Самоорганизация агентов в коалиции и согласование локальных решений сетевентрического управления обеспечивают сокращение времени на выработку и реализацию решений системы организационного управления региональной безопасностью.

Вариант организации управления на основе разработанной модели и способ координации зависят от степени распределенности общей задачи системы между уровнями. Наиболее простое решение состоит в том, что элемент верхнего уровня (координатор) имеет точное описание поведения элементов нижнего уровня. Такая постановка приводит к обычным задачам дискретной оптимизации. Второй подход состоит в том, что задача координации решается с учетом взаимодействия семейства взаимосвязанных подсистем (элементов) нижнего уровня. Нижележащие элементы в иерархии управления рассматриваются как локально-организованные, автономные самостоятельные сущности. При этом полагается, что каждая из подсистем решает свою задачу и преследует свои цели, а формализация задачи координатора основывается на информации о том, каким образом элементы нижнего уровня при выборе своих решений учитывают эти взаимодействия. Этот вариант позволяет для решения задачи, стоящей перед всей системой в целом, использовать совокупность решающих элементов, расположенных на различных уровнях организации системы, даже если каждый элемент в отдельности (включая и координатора) не в состоянии решить общую задачу. Для решения общая задача разбивается на подзадачи, решение которых производится групповыми усилиями решающих элементов.

В работе реализован способ координации путем развязывания взаимодействий. В этом случае координация реализуется путем изменения целей (функций качества) элементов нижестоящего уровня. При таком способе координации должны выполняться принципы согласования взаимодействий и функций качества, а также постулат совместимости целей (задач), решаемых элементами нижестоящих уровней, по отношению к глобальной цели (задаче) системы.

Основными результатами второй главы являются разработанные методология сетецентрического управления региональной безопасностью и комплекс моделей для информационно-аналитической поддержки и координации управления безопасностью региона. Созданные модели обеспечивают формальную основу для разработки метода автоматизированного синтеза виртуальных организационных структур управления безопасностью, а также метода формирования и анализа матрицы региональной безопасности, как интегрального показателя комплексной безопасности региона.

В третьей главе «Разработка методов и технологий формирования мультиагентной распределенной среды для информационной поддержки управления региональной безопасностью» рассматриваются вопросы разработки и развития методов и технологий построения мультиагентных систем информационной поддержки принятия решений в сфере управления региональной безопасностью.

Для повышения оперативности решения задач сетецентрического управления региональной безопасностью в рамках распределенной виртуальной среды должны формироваться проблемно-ориентированные организационные структуры управления для каждой области региональной безопасности. Для этих целей в разделе 3.1 разработан метод автоматизированного синтеза спецификаций (мультиагентных моделей) виртуальных организационных структур управления безопасностью (ВОСБ) региона. Метод основан на совместном анализе отношений и атрибутов объектов КМ МИАС, а также семантических описаний решаемых задач, информационных ресурсов и сервисов агентов. ВОСБ представляют собой согласованно взаимодействующую совокупность субъектов управления безопасностью, агентов и связанных с ними наборов информационных ресурсов и сервисов, сформированные на основе анализа formalizованных описаний кризисных ситуаций, решаемых задач и профиля деятельности потенциальных участников процессов управления безопасностью.

Анализ профиля субъектов управления безопасностью проводится с целью определения соответствия их компетенций (предоставляемых субъектами ресурсов и услуг) текущей или прогнозируемой кризисной ситуации. Для поиска подходящих участников процессов управления региональной безопасностью используется семантический реестр сервисов, в котором все субъекты управления безопасностью регистрируют свои компетенции, описывающие функциональные и атрибутивные характеристики предоставляемых ими услуг (сервисов). В этом случае задача поиска потенциальных участников сводится к задаче поиска в реестре спецификаций сервисов, семантически сходных с исходной спецификацией кризисной ситуации. Атрибутивные характеристики позволяют семантически описать дополнительную информацию о профильной ориентации субъектов управления: географическое положение, контактная информация, данные о руководителе, показатели качества, рейтинг и т.п. Эти характеристики используются в дополнительных критериях подбора субъектов совместной деятельности для решения общих задач управления. Семантика компетенций субъектов управления безопасностью определяется на прикладной онтологии региональной безопасности, созданной на основе КМ МИАС.

Задача синтеза ВОСБ заключается в подборе такого множества агентов, что их суммарная компетенция обеспечивает решение всех задач управления в условиях кризисной ситуации при неполных исходных данных, а также минимизацию вовлеченных в процесс управления безопасностью субъектов и ассоциированных с ними ресурсов. То есть задача синтеза ВОСБ связана с формированием коалиций агентов. *Коалиция агентов* определяется как группа агентов, объединенных общими целями и обладающих достаточной суммарной компетенцией для решения некоторой задачи. Возможны два способа формирования коалиций агентов: статическое и динамическое. В первом случае параметры, описывающие кризисную ситуацию и компетенции агентов, фиксированы, во втором - меняются с течением времени. В работе исследован процесс динамического формирования коалиций агентов.

Для решения задачи синтеза ВОСБ необходимо:

1) установить соответствие между компетенциями, необходимыми для решения задач в рамках кризисной ситуации, и компетенциями агентов субъектов управления безопасностью на основе определения семантической близости параметров описания ситуации и компетенций агентов;

2) определить требуемый набор ресурсов для поддержки принятия решений в кризисной ситуации в соответствии с выбранными критериями и с учетом того, что агент может участвовать в решении нескольких задач при условии, если имеет доступные (свободные) ресурсы, определяемые его компетенциями.

Компетенции агентов реализуются в виртуальной среде как информационные сервисы, которые агенты предоставляют по запросу пользователям, либо другим агентам. Если рассматривать сервисы агентов как функции для решения задач в рамках процесса управления безопасностью в некоторой кризисной ситуации, то синтез ВОСБ представляет собой итеративный процесс подбора/композиции сервисов таких, что выходные ресурсы одного сервиса могут быть использованы в качестве входных ресурсов другого сервиса, обеспечивая при этом решение всех взаимосвязанных задач в условиях кризисной ситуации, то есть должны выполняться следующие условия:

$$\bigcup_{as_k \in AS_i} OUT(as_k) \cong \bigcup_{as_l \in AS_{i-1}} IN(as_l), \text{ либо} \quad \bigcup_{as_k \in AS_i} IN(as_k) \cong \bigcup_{as_l \in AS_{i-1}} OUT(as_l),$$

где $AS = \{as_j\}, j \in J$ - множество сервисов агентов; $IN(as_i)$ и $OUT(as_i)$ - множества входных и выходных ресурсов сервиса as_i соответственно. Виртуальная организационная структура формируется как направленный ациклический граф, вершинами которого являются сервисы агентов, а дугами – их входные и выходные ресурсы. Условием останова итеративного алгоритма может быть достижение целевой установки в виде заданного результирующего ресурса, получение на очередной итерации множества входных ресурсов, удовлетворяющих заданным требованиям (например, ресурсов, имеющихся в наличии у субъекта безопасности), или же истечение времени жизни агента, инициировавшего процедуру синтеза.

Для определения сходства множества входных и выходных ресурсов сервисов необходимо установить сходство экземпляров, которые описывают эти ресурсы. Так как ресурсы описываются в терминах онтологии предметной области, то степень семантического сходства экземпляров ресурсов определяется на основе вычисления расстояния между концептами онтологии, в которой параметры описания ресурсов являются концептами. Для оценки степени соответствия ресурсов (сходства по входам и/или выходам сервисов), получаемых на выходе одного сервиса, входным ресурсам другого в условиях неполных слабоструктурированных разнородных исходных данных предложено использовать составную семантическую метрику, основанную на отношении d -эквивалентности, заданном на множестве ресурсов. Это отношение используется в качестве критерия отбора включаемых в виртуальную структуру сервисов (агентов).

Структура метода синтеза ВОСБ включает шесть основных этапов:

1. Формализация описаний разнотипных кризисных ситуаций в терминах КМ МИАС и определение параметров моделей решаемых задач. Исходными данными для реализации данного этапа являются онтологические описания кризисных ситуаций, решаемых задач, информационных ресурсов, компетенций и сервисов агентов системы в терминах КМ МИАС.
2. Формирование коалиций агентов, обладающих достаточными суммарными компетенциями для решения определенного на первом этапе перечня задач, и последующий синтез допустимых вариантов ВОСБ в рамках мультиагентной информационно-аналитической среды с учетом заданных ограничений. Состав коалиций и компетенции агентов могут динамически меняться в зависимости от внешних условий. В простейшем случае коалиция может состоять из одного агента. Для расширения функциональных возможностей агентов предложено комбинировать сервисы, предоставляемые агентами, с зарегистрированными в системе веб-сервисами, доступными агентам.
3. Анализ потенциальной эффективности сформированных альтернативных вариантов ВОСБ для управления в условиях разнотипных кризисных ситуаций с учетом заданных ограничений. Качество конфигурации ВОСБ оценивается по таким критериям, как совместимость, связность и координируемость образующих ВОСБ элементов, а также показателям безопасности, оптимизируемых ВОСБ.
4. Доопределение параметров ВОСБ в автоматизированном режиме, либо в режиме диалога с пользователем в случае остаточной неопределенности состава ВОСБ.
5. Оценка показателей безопасности, оптимизируемых ВОСБ, для разных сценариев развития кризисных ситуаций на основе имитационно-экспертного моделирования.
6. Доопределение необходимых параметров локального контекста агентов и реконфигурация ВОСБ в случае получения новой информации из внешней среды, либо по результатам прогноза изменения параметров кризисных ситуаций.

При формировании ВОСБ необходимо оценивать качество их конфигурации с учетом совместимости и согласованности взаимодействия входящих в их состав элементов, пространственно-временных и ресурсных ограничений, специфичных для процессов управления безопасностью в различных кризисных ситуациях. Оценивание направлено на сокращение количества возможных альтернативных вариантов структур, подлежащих окончательному «ручному» рассмотрению. Для этого используются созданные имитационные модели оценки показателей безопасности региона при различных сценариях развития кризисных ситуаций и модели координации, обеспечивающие самоорганизацию агентов в коалиции и согласование локальных решений сетевоцентрического управления региональной безопасностью. Результаты моделирования используются в процедурах синтеза ВОСБ.

В разделе 3.2 разработан метод комплексной оценки интегрального показателя региональной безопасности, основанный на формировании и анализе матрицы региональной безопасности с использованием созданных имитационных моделей.

Метод реализуется в несколько этапов:

1. Информационный и проблемный мониторинг социально-экономического развития региона. На данном этапе проводится экспертный анализ реализации действующей стратегии социально-экономического развития региона с целью выявления целей, задач и проблем региональной безопасности. Информационный мониторинг реализуется с применением интеллектуальных агентов, обеспечивающих сбор, обработку и формирование аналитической информации о влиянии изменяющихся угроз на состояние социально-экономической системы региона.

2. Формирование системы показателей региональной безопасности и определение допустимой области их значений. На данном этапе осуществляется выделение существенных с точки зрения процесса управления показателей и факторов на них влияющих для каждой составляющей региональной безопасности, адекватных реализуемой стратегии социально-экономического развития региона.

3. Прогнозирование показателей региональной безопасности. Данный этап предусматривает получение оценок основных показателей безопасности региона на основе имитационно-экспертного моделирования.

4. Формирование интегрального показателя безопасности региона в виде матрицы региональной безопасности на основе полученных прогнозных оценок.

5. Синтез сценариев антикризисного управления региональной безопасностью. На данном этапе проводится анализ полученного интегрального показателя безопасности региона, представленного в виде матрицы региональной безопасности. Реализуется процедура сопоставления фактического и прогнозного состояний показателей региональной безопасности с допустимой областью значений. Если компоненты, образующие интегральный показатель, находятся в области допустимых значений, то развитие региона характеризуется допустимым (приемлемым с точки зрения социально-экономических и экологических факторов) уровнем безопасности. В противном случае, определяется набор показателей, приводящих к отклонению компонентов интегрального показателя региональной безопасности от допустимого диапазона значений, формируется план реализации корректирующих управляющих воздействий на идентифицированные критические элементы РСЭС.

6. Повторный анализ стратегии социально-экономического развития региона на основе применения синтезированных сценариев антикризисного управления.

Метод реализован в рамках мультиагентной технологии информационного мониторинга угроз региональной безопасности.

Известные модели устойчивого развития РСЭС строятся на основе оценки показателя качества жизни населения, который в них формализуется. Наряду с этим показателем, важнейшим фактором устойчивого развития является безопасность жизни населения. Анализ литературы показал, что оценке данного показателя в существующих и разрабатываемых моделях уделяется недостаточное внимание.

В общем виде математическая интерпретация интегрального показателя региональной безопасности может быть представлена в следующей форме:

$$IND_{RSD} = IND_{RS} \times IND_{SD}, \quad (*)$$

где IND_{RSD} – интегральный показатель региональной безопасности; IND_{RS} – интегральный показатель безопасности жизни населения, $IND_{RS} \in [0;1]$; IND_{SD} – интегральный показатель уровня качества жизни населения (устойчивого развития региона), $IND_{SD} \in [0;1]$.

Интегральная оценка показателя IND_{RSD} получается в результате мультиплекативной свертки критериев, что обусловлено необходимостью выполнения принципа «справедливого компромисса» между ключевыми показателями IND_{RS} и IND_{SD} с учетом их значимости.

Интегральный показатель устойчивого развития оценивается на основе показателей, характеризующих уровень экономического I_{ec} , социального I_s и экологического I_e развития. Математическая модель задачи оценки интегрального показателя устойчивого развития РСЭС, выраженного через показатель качества жизни населения, представляется в виде:

$$IND_{QL} = \begin{cases} IND_{SD} = f(I_{ec}, I_s, I_e, t) \\ I_{ec} = f(I_{gc}, I_{ef}, t) \\ I_s = f(I_q, I_{hd}, I_{ks}, t) \\ I_e = f(I_{epi}, I_{esi}, t) \end{cases} \rightarrow_a^{opt},$$

где t – параметр времени;

$I_{ec} = f(I_{gc}, I_{ef}, t)$ - обобщенный показатель экономического развития РСЭС вычисляется на основе показателя региональной конкурентоспособности $I_{gc} = I_{gc}(p_{gc}, t)$ и показателя региональной экономической свободы $I_{ef} = I_{ef}(p_{ef}, t)$;

$I_s = f(I_q, I_{hd}, I_{ks}, t)$ - обобщенный показатель развития социальной сферы региона вычисляется на основе показателя качества жизни $I_q = I_q(p_q, t)$, показателя развития человеческого потенциала $I_{hd} = I_{hd}(p_{hd}, t)$ и показателя обществ знаний $I_{ks} = I_{ks}(p_{ks}, t)$;

$I_e = f(I_{epi}, I_{esi}, t)$ - обобщенный показатель экологического потенциала РСЭС вычисляется на основе показателя экологической эффективности предприятий региона и государственной политики в сфере защиты окружающей среды $I_{epi} = I_{epi}(p_{epi}, t)$ и показателя экологической устойчивости региона $I_{esi} = I_{esi}(p_{esi}, t)$;

$P_{gs}, P_{ef}, P_q, P_{hd}, P_{ks}, P_{esi}, P_{epi}$ – множество макроэкономических показателей, по которым вычисляются базовые показатели I_{ec}, I_s, I_e соответственно;

α – степень гармонизации показателей (I_{ec}, I_s, I_e) вычисляется по формуле:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{I_{ec} + I_e + I_s}{\sqrt{3}\sqrt{I_{ec}^2 + I_e^2 + I_s^2}}\right), 0 \leq \alpha \leq \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right).$$

Задача определения интегрального показателя устойчивого развития РСЭС заключается в оценке макроэкономических показателей I_{ec}, I_s, I_e и степени их гармонизации с последующим варьированием значений параметров этих показателей для достижения допустимого уровня их гармонизации. Традиционно данная задача решается методами имитационно-экспертного моделирования.

Для определения интегрального показателя безопасности жизни населения IND_{RS} предложено оперировать специальными методами теории нечетких множеств. Решение задачи получено на основе адаптации общепринятой методологии оценки состояний надежности функционирования сложных технических (промышленных) систем², предполагающей вычисление центра и индекса безопасности. Для этого разработаны нечеткие вычислительные модели оценки состояния показателей функционирования РСЭС, что позволило определить для различных составляющих региональной безопасности такие характеристики, как область безопасности, центр безопасности и индекс безопасности РСЭС. Область безопасности представляет собой множество устойчивых состояний РСЭС. Центр безопасности – подмножество наиболее безопасных состояний РСЭС в пространстве устойчивых состояний. Центр безопасности позволяет численно определить смещение текущего состояния системы от наиболее безопасного состояния. Индекс безопасности количественно характеризует удаленность текущего состояния системы от центра безопасности, то есть показывает степень безопасности для данного состояния системы.

Из опытных соображений принято, что значение интегрального показателя региональной безопасности IND_{RSD} , рассчитываемое по формуле (*), должно находится в диапазоне $[0,6;1]$, что характеризует состояние РСЭС как безопасное.

В разделе 3.3 рассматривается мультиагентная технология информационной поддержки управления региональной безопасностью, обеспечивающая формирование спецификаций мультиагентной среды комбинированного эксперто-имитационного моделирования задач управления безопасностью региона.

Проведен анализ современного состояния исследований в области разработки прикладных мультиагентных систем (МАС). Установлено, что вопросы приложения агентных технологий для задач информационной поддержки управления региональной безопасностью ранее не рассматривались. Использование агентных технологий в сфере информационного обеспечения региональной безопасности обусловлено тремя решающими факторами: высокой динамичностью среды деятельности субъектов управления безопасностью, необходимостью координации децентрализованного принятия решений и учета человеческого фактора. Последнее выражается в активном влиянии управляемой системы на процесс управления.

Применение мультиагентного подхода в сочетании с технологией оперативного динамического формирования исполнительной среды «под задачу» на основе КМ МИАС обеспечивает возможность виртуализации (имитации) деятельности субъектов

² Палюх Б.В., Богатиков В.Н., Алексеев В.В., Пророков А.Е. Приложения метода разделения состояний к управлению технологической безопасностью на основе индекса безопасности. Тверь: Изд-во ТвГТУ, 2009. 398 с.

управления безопасностью в условиях разнородных кризисных ситуаций за счет делегирования отдельных функций управления автономным программным агентам.

Под *виртуализацией* понимается процесс отображения объектов физического мира в виртуальное пространство посредством формирования модели среды двух искусственно имитируемых реальностей: мультиагентная исполнительная среда и семантическое пространство знаний. Исполнительная среда представляет собой систему агентов и веб-сервисов. Семантическое пространство знаний формируется на основе онтологических моделей предметных областей, для которых предназначены агенты, и сетей информационных ресурсов.

Для виртуализации процессов управления региональной безопасностью предложено использовать когнитивные агенты, обеспечивающие, по сравнению с другими типами агентов, реализацию полного цикла «восприятие - познание - исполнение» в мультиагентной исполнительной среде. Основные функции агентов:

- 1) предоставление специализированных интерфейсов для различных категорий пользователей и решаемых задач;
- 2) сбор, обработка и формирование аналитической информации по различным аспектам региональной безопасности, мониторинг показателей безопасности;
- 3) формирование ВОСБ «под задачу» с учетом спецификации кризисной ситуации и ее оперативного контекста;
- 4) моделирование региональных кризисных ситуаций и оценка показателей безопасности региона в многомерном пространстве признаков.

Предложено развитие метода мультиагентной виртуализации процессов принятия решений в приложении к задачам управления региональной безопасностью. По сравнению с классической агентной технологией метод обеспечивает более высокую автономность и адаптивность агентов в процессе распределенного решения пользовательских задач за счет использования агентами полимодельных комплексов, что повышает оперативность работы агентов в мультиагентной виртуальной среде.

Расширение сферы приложения мультиагентной виртуализации обеспечило предпосылки для развития нового класса МАС - ситуационно-коалиционные мультиагентные системы (СК МАС), ориентированных на информационную поддержку принятия решений в области управления безопасностью социально-экономических систем. СК МАС представляет собой множество взаимодействующих коалиций агентов и виртуальных сетей ресурсов, динамически формируемых в условиях разнотипных кризисных ситуаций. Основными компонентами задачи формирования СК МАС являются множество ситуаций, множество коалиций агентов, множество ресурсов и их конфигурация в виртуальном пространстве, определяющая возможные направления использования СК МАС.

Метод мультиагентной виртуализации состоит из последовательности шагов:

- 1) *Создание и конфигурация агентов.* Выполняется генерация и инициализация когнитивных агентов для разнотипных субъектов управления безопасностью в виртуальной среде региональной безопасности и их настройка на предметную область безопасности, для которой они предназначены.
- 2) *Агентный мониторинг и управление.* На основе межагентных коммуникаций созданные агенты реализуют процедуры получения и интерпретации данных и знаний о среде функционирования, поиск агентов совместной деятельности, предварительную обработку и анализ собранной в единой виртуальной среде информации с учетом пользовательских настроек: профиля, запросов, загруженных или подключенных источников первичной информации и т.д.

- 3) *Синтез мультиагентных моделей ВОСБ.* Осуществляется формирование коалиций агентов для задач управления, решаемых в разнородных кризисных ситуациях, и связанных с этими задачами наборов информационных ресурсов.
- 4) *Формирование СК МАС.* Формирование на основе синтезированных моделей ВОСБ проблемно-ориентированных мультиагентных виртуальных пространств для различных классов кризисных ситуаций в каждой области региональной безопасности. Каждое виртуальное пространство представляет собой СК МАС. Примерами таких СК МАС являются СК МАС поддержки принятия решений в условиях кризисных ситуаций в сфере управления экономической, экологической, социальной, кадровой и другими составляющими региональной безопасности.
- 5) *Реконфигурация СК МАС.* В случае изменения структуры, либо параметров функционирования информационной среды региональной безопасности осуществляется реконфигурация СК МАС. К таким изменениям относятся, например: регистрация в системе новых пользователей, подключение новых узлов или сервисов; появление новых источников информации о кризисных ситуациях и угрозах безопасности; пополнение используемых баз данных новыми сведениями; интеграция компонентов сторонних информационных систем или веб-ресурсов и т.д. При этом происходит перегруппирование агентов в коалиции, а также реконфигурирование ассоциированных с ними сетей информационных ресурсов и сервисов. При необходимости в интерактивном режиме работы с пользователем выполняется доопределение необходимых параметров локального контекста агентов. Под контекстом понимается модель, описывающая знания, релевантные задаче пользователя и используемые агентами в ходе решения данной задачи.
- 6) *Агентная оптимизация.* Осуществляется автоматизация процессов принятия решений и выполнение критических операций, предполагающих выбор акторов и исполнительных ресурсов, прогнозирование развития ситуаций, синтез сценариев ситуационного управления, формирование и согласование планов антикризисных мероприятий и оценка результативности их реализации.

Для динамического формирования проблемно-ориентированных СК МАС необходимы специальные модели самоорганизации агентов. В качестве такой модели в рамках метода предложена реализация модели самоорганизации МАС на основе использования градиентных (вычислительных) полей для формирования коалиций агентов и ассоциированных с ними информационных ресурсов. В одноранговых распределенных МАС с данной моделью самоорганизации аналогом поля и его градиента является некоторая распределенная структура данных с уникальным идентификатором, представляющая собой вычислительное поле градиента. В среде функционирования агентов эта структура данных представляется в унифицированной форме, которая обеспечивает доступ к ней других агентов в каждой точке виртуальной среды. Функция распространения поля возлагается на агентов системы. Агенты могут инициировать не одно, а несколько различных вычислительных полей (в том числе и их комбинации) в зависимости от своей роли в системе и ресурсных возможностей. Поле несет контекстную (локальную или глобальную) информацию о среде и/или об инициаторе градиентного поля, необходимую для самоорганизации.

При таком подходе самоорганизация агентов заключается в автоматическом формировании в рамках распределенной информационной среды проблемно-ориентированных мультиагентных виртуальных пространств, объединяющих агентов с близкими целями и требуемым набором компетенций в коалиции.

Сформулировано правило, в соответствии с которым в рамках предложенного метода осуществляется формирование проблемно-ориентированных СК МАС: необходимым и достаточным условием формирования СК МАС в виртуальной среде является коллинеарность и сонаправленность градиентов вычислительных полей некоторого множества агентов и некоторого источника-инициатора, то есть:

$$\nabla ACF|_{a_k} \uparrow\uparrow \nabla ACF|_{a_i},$$

где $\nabla ACF|_{a_k}$ - градиент вычислительного поля агента $a_k \in A$, инициировавшего поле; $\nabla ACF|_{a_i}$ - градиент вычислительного поля других агентов виртуальной среды $a_i \in A, i = \overline{1..N}$. При этом агент-инициатор $a_k \in A$ как бы «притягивает» к себе агентов $a_i \in A, i = \overline{1..N}$ и является управляющим агентом-модератором в рамках формируемого вокруг него проблемно-ориентированного виртуального пространства.

Когнитивные агенты должны уметь самостоятельно пополнять знания о внешней среде и корректировать стратегию своего поведения с учетом динамически меняющихся условий и влияния других агентов. Для этого агенты должны быть снабжены имитационным аппаратом. Проведенный анализ используемых в современной практике проектирования мультиагентных систем архитектурных решений интеллектуальных агентов показал, что ни одна из существующих гибридных архитектур агентов не обладает данной функциональностью.

В работе предложена модель функциональной организации интеллектуальных агентов с имитационным аппаратом, имеющих гибридную архитектуру, и средства ее реализации на основе интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования. Наличие имитационного аппарата в составе архитектуры агентов обеспечивает им способность формирования модели внешнего мира, моделей собственного поведения и других агентов, и на основе результатов моделирования строить стратегию поведения, активизируя те или иные алгоритмы управления в зависимости от текущей ситуации в ходе межагентных коммуникаций. Имитационный аппарат представляет собой полную или упрощенную модель среды функционирования агента, рекуррентно вызываемую в процессе моделирования, и обеспечивает локальный прогноз результатов его потенциальной активности. В качестве средства реализации имитационного аппарата в диссертации предложено использовать системно-динамические модели.

Рассмотрены различные способы реализации имитационного аппарата когнитивных агентов. В частности, предложены два основных подхода к реализации имитационного аппарата агентов на основе системно-динамических моделей в мультиагентной виртуальной среде. Первый подход предполагает, что для прогнозирования развития сцены осуществляется копирование модели сцены в имитационный аппарат агента. Второй подход основан на порождении «параллельных» виртуальных миров агентами и предполагает создание упрощенных моделей других агентов. При этом другие агенты являются исполнителями заданий агента – владельца виртуального мира. Это обеспечивается путем «прогонки» анализируемого варианта действий агента на структурно идентичной вспомогательной имитационной модели. В данном случае агент берет на себя функции моделирования всей внешней среды. Такое решение существенно повышает автономность агента, расширяет его адаптационные и функциональные возможности.

Отличие предложенного в работе способа построения модели функциональной организации когнитивных агентов от известных заключается в механизме оценки

альтернатив дальнейшего поведения. В существующих моделях выбор определяется параметрами анализируемой альтернативы и текущими и/или предшествующими значениями параметров среды функционирования агента. Агенты с имитационным аппаратом при выборе варианта собственных действий на некотором шаге учитывают не только текущее и предшествующие состояния среды, но и предполагаемые будущие значения ее параметров, а также влияние на эти значения деятельности других агентов.

В **разделе 3.4** приведено описание архитектуры, управляющего ядра и функциональных компонентов сервис-ориентированной агентной платформы для мультиагентного моделирования задач управления региональной безопасностью.

Для информационной среды региональной безопасности характерны большие объемы и высокая скорость обрабатываемых данных, что делает критичной задачу обеспечения эффективного межагентного информационного взаимодействия в этой среде. Для решения этой задачи разработаны средства поддержки функционирования распределенной информационной среды региональной безопасности:

- метод минимизации межузловых взаимодействий в одноранговых распределенных мультиагентных системах. Метод основан на кластеризации программных агентов в семантическом пространстве, представленном в виде древовидной концептуальной модели предметной области, и преобразовании межузловых взаимодействий агентов во внутриузловые. Реализованные в рамках метода авторские алгоритмы локализации межагентных коммуникаций и распределения нагрузки обеспечивают сокращение общей нагрузки на коммуникационную инфраструктуру и повышение коэффициента доступности сервисов агентов;
- метод генерализации формализованных описаний кризисных ситуаций и решаемых задач на базе древовидных концептуальных моделей предметной области. Технически генерализация семантического описания нескольких задач управления безопасностью или кризисных ситуаций заключается в создании новой задачи или ситуации, «покрывающей» исходные, и генерации для решения этой задачи или ситуации программного агента, обладающего необходимым набором компетенций и представляющего генерализованные компетенции коалиции агентов. В процессе генерализации осуществляется ослабление критерии поиска сервисов агентов и информационных ресурсов, используемых в ходе синтеза ВОСБ, в семантическом пространстве, представляемом онтологией региональной безопасности. При этом используется древовидный классификатор кризисных ситуаций для различных сфер безопасности. Метод обеспечивает автоматизированное обобщение семантики группы решаемых задач в рамках генерализованной кризисной ситуации и, посредством этого, потенциальное увеличение количества генерируемых в рамках виртуальной среды альтернативных вариантов ВОСБ.

Эффект от реализации методов заключается в уменьшении количества коммуникаций между агентами системы и снижении объемов обрабатываемых и передаваемых агентами данных в распределенной информационной среде.

Полученные в третьей главе результаты обеспечили организационную и технологическую основу для формирования мультиагентной распределенной среды информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью.

Четвертая глава «Разработка архитектуры и компонентов сетецентрической информационной инфраструктуры региональной безопасности» посвящена разработке информационно-технологической архитектуры

и системообразующих элементов сетевентрической мультиагентной виртуальной среды региональной безопасности.

В разделе 4.1 рассматривается функциональная структура и особенности технологической реализации информационно-аналитической среды региональной безопасности (ИАС РБ). ИАС РБ имеет сетевентрическую организацию и построена на базе сервис-ориентированной архитектуры. Это обеспечило реализацию принципа агентной ориентации ИАС РБ. Подход заключается в использовании в качестве компонентов региональных информационных систем, образующих инфраструктуру ИАС РБ, программных агентов и веб-сервисов, автономно функционирующих в ИАС РБ и обладающих целенаправленным поведением. ИАС РБ представляет собой распределенную систему автономных программных агентов, информационных ресурсов и веб-сервисов, а также специального программного обеспечения, поддерживающего совместное использование элементов этой системы в единой информационной среде. В качестве средств семантической интеграции разнородных информационных ресурсов и сервисов используются методы и технологии интеграции на базе программного обеспечения промежуточного слоя и онтологий.

Логическая архитектура ИАС РБ включает четыре основных уровня:

1. *Пользовательский уровень* или *уровень прикладных задач* ассоциируется с объектами реального мира и представлен субъектами и структурами управления, профиль деятельности которых связан с обеспечением региональной безопасности.
2. *Прикладной уровень* инкапсулирует в себе функционал уровня приложений модели взаимодействия открытых систем OSI и уровня клиентских приложений. Прикладной уровень содержит интегрируемые в рамках ИАС РБ компоненты региональных информационных систем, веб-ресурсы и ассоциируемые с ними средства оперативной аналитической обработки данных. Этот уровень является интерфейсом между объектами реального мира (участниками информационного взаимодействия, источниками данных и знаний) и их отображением в виртуальную среду региональной безопасности. Точка входа в ИАС РБ выполняет не только функцию интеграционной площадки компонентов ИАС РБ, но и обеспечивает унифицированный доступ к информационным ресурсам и сервисам ИАС РБ.
3. *Сервисный уровень* включает множество информационных и веб-сервисов, а также общесистемных служб, предоставляемых в ИАС РБ с помощью специальных программ, в том числе программных агентов.
4. *Ресурсный уровень* или *уровень данных* объединяет в себе множество разнородных информационных ресурсов (пространственная и атрибутивная информация, семантические данные и т.д.), необходимых для решения комплекса задач информационной поддержки принятия решений на всех уровнях управления региональной безопасностью.

В разделе 4.2 представлено описание разработанной технологии динамического синтеза и конфигурирования функциональных и информационных компонентов ИАС РБ. Технология предназначена для поддержки функционирования ИАС РБ в условиях децентрализованного управления и высокой динамики информационного окружения.

Технология реализуется в девять этапов, включающих следующие операции:

- 1) синтез моделей виртуальных организационных структур управления (ВОСБ) для разнотипных кризисных ситуаций, определение их структуры и состава;

- 2) выбор потенциальных участников ВОСБ на уровнях стратегического и тактического планирования на основе анализа компетенций и профилей зарегистрированных в ИАС РБ субъектов управления безопасностью;
- 3) формирование коалиций агентов, таких, что их суммарные компетенции удовлетворяют требованиям решаемых задач управления региональной безопасностью в кризисных ситуациях определенного класса безопасности;
- 4) формирование виртуальных сетей информационных ресурсов, ассоциированных с решаемыми задачами управления безопасностью в кризисных ситуациях и синтезированными коалициями агентов, образующими ВОСБ;
- 5) поиск и композиция сервисов (аналитических ресурсов) обработки и анализа сформированных на четвертом шаге наборов данных для каждой области региональной безопасности и множества решаемых задач;
- 6) анализ качества конфигурации сформированных ВОСБ и оценка эффективности их реализации;
- 7) по результатам шестого этапа при необходимости выполняется доопределение параметров локального контекста агентов или информационных объектов ИАС РБ, после чего осуществляется реконфигурация сформированных ВОСБ;
- 8) формирование на основе синтезированных ВОСБ проблемно-ориентированных мультиагентных виртуальных пространств для каждой области региональной безопасности, представляющих собой коалиционные мультиагентные системы, образованные совокупностью взаимодействующих коалиций автономных агентов, виртуальных сетей ресурсов и сервисов;
- 9) реорганизация и реконфигурация ИАС РБ в случае получения новой информации из внешней среды, подключения новых компонентов к ИАС РБ (агентов, узлов, веб-сервисов, источников данных), регистрации новых субъектов управления безопасностью в системе, удаления (деактивации) профилей пользователей, интеграции элементов сторонних информационных систем и т.д.

Задача динамического конфигурирования ИАС РБ непосредственно связана с формированием коалиций агентов и ассоциированных с ними виртуальных сетей ресурсов и сервисов для информационной поддержки принятия решений на разных уровнях управления в каждой области региональной безопасности при возникновении разнотипных кризисных ситуаций в динамически меняющихся условиях обстановки.

Для решения этой задачи в работе предложен механизм самоорганизации агентов, повышающий эффект от реализации модели самоорганизации на основе градиентных (вычислительных) полей, рассмотренной в третьей главе диссертации. Механизм самоорганизации основан на процедурах генерализации формализованных описаний кризисных ситуаций и решаемых задач с помощью древовидных концептуальных моделей предметной области. При таком подходе предварительное формирование проблемно-ориентированных мультиагентных виртуальных пространств осуществляется посредством отображения целей и компетенций агентов на древовидные концептуальные модели предметной области, последующей локализации основной части поисковых и иных запросов агентов внутри группы и дальнейшего анализа активности их коммуникаций друг с другом. Сходство интересов (в том числе решаемых задач, требуемого набора компетенций или сервисов и т.д.) приводит к тому, что наиболее активные и информационно-насыщенные коммуникации агентов сосредоточены внутри отдельно взятого виртуального пространства, тогда как за его пределами информационный обмен

менее активен. Подход основан на авторской мультиагентной технологии формирования виртуальных интеграционных площадок.

Для решения задачи динамического конфигурирования проблемно-ориентированных виртуальных пространств и ИАС РБ в целом необходимы специальные методы обучения агентов. Для этого в диссертации предложен подход к обучению агентов, основанный на комбинированном использовании имитационного аппарата агентов и полимодельных комплексов, входящих в состав распределенной агентной платформы ИАС РБ, а также общепринятой в теории коллективного интеллекта модели на основе коллективного обучения с подкреплением, являющейся частным случаем метода обучения с учителем. При этом в роли учителя выступает как сама среда, так и ее модель, заложенная в имитационный аппарат агента и развивающаяся им. В качестве одной из разновидностей моделей коллективного обучения с подкреплением предложено использовать модифицированный метод Q-обучения (Q-learning), базирующегося на реализации алгоритмов Q-маршрутизации и оптимизации по принципу муравьиной колонии (Swarm Intelligence). Такой подход обеспечивает целенаправленный выбор стратегии поведения агентов с учетом опыта предыдущих взаимодействий со средой и с другими агентами.

В разделе 4.3 рассматриваются программные средства, формирующие ИАС РБ. ИАС РБ представлена следующими практическими разработками:

1) *Одноранговая агентная платформа*, представляющая собой совокупность функциональных модулей и программных средств, обеспечивающих, наряду с поддержанием среды исполнения и корректного функционирования агентов, синтез имитационных моделей из шаблонов для создания полимодельных комплексов и их последующее использование в процессе реализации аналитических, прогностических и когнитивных (познавательных) функций агентов при решении пользовательских задач. Реализация технологии дистанционного формирования имитационных моделей на базе типовых модельных шаблонов и управления процессом имитационного моделирования обеспечено, как на уровне платформы, так и на уровне типового агента системы. Платформа построена на базе сервис-ориентированной архитектуры.

2) *Сетецентрическая мультиагентная система информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью*, представляющая собой множество взаимосвязанных программных компонентов, реализующих функции разнотипных агентов субъектов управления безопасностью в виртуальной среде, общесистемных сервисов (сервис онтологий, сервис центров сертификации агентов и др.), а также специализированных системных служб, обеспечивающих интеграцию в систему разнородных информационных ресурсов и сервисов. Система обеспечивает формирование виртуальных организационных структур (коалиций агентов) управления региональной безопасностью. Программные агенты системы разработаны с помощью языка Java на базе платформы JADE (Java Agent Development Environment), поддерживающей стандартную спецификацию FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) для реализации агентов, в соответствии с методологией проектирования многоагентных систем GAIA. В качестве вспомогательного программного обеспечения для разработки агентов и их настройки на предметную область использованы инструментальные средства AgentBuilder и Cougaar (Cognitive Agent Architecture).

3) *Комплекс проблемно-ориентированных имитационных моделей*, созданный для прогнозирования и сценарного анализа социально-экономического развития региона и позволяющий оценить и исследовать динамику показателей региональной

безопасности. Комплекс синтезирован на основе библиотеки типовых модельных шаблонов и используется агентами системы в составе имитационного аппарата для реализации прогностических функций и пополнения знаний о среде функционирования, обеспечивает выбор стратегии поведения, либо конкретных действий. Для разработки базовых моделей и типовых имитационных шаблонов использовались инструментальные среды моделирования Powersim Studio SDK и Anylogic.

4) *Мультипредметная веб-ориентированная информационная система Ru-Arctic*, реализующая унифицированную точку доступа к ресурсам и сервисам ИАС РБ и обеспечивающая виртуальное сотрудничество субъектов управления безопасностью в единой информационной среде. Для обеспечения мультипредметности ИАС РБ в качестве моделей представления знаний в рамках системы используются онтологии.

5) *Онтология региональной безопасности*, построенная на основе разработанной интегрированной концептуальной модели ИАС РБ и используемая в качестве базы знаний агентов системы. Созданная онтология реализована в терминах языка онтологического моделирования OWL (Web Ontology Language). Для обеспечения возможности агентов работы с прикладными онтологиями использована специальная библиотека AgentOWL платформы JADE. Она обеспечивает создание и использование RDF/OWL онтологий в качестве моделей знаний агентов. Созданная прикладная онтология региональной безопасности содержит 7 уровней таксономии и включает в себя более 500 классов, более 150 атрибутов, более 30 иерархических отношений, более 40 ассоциативных отношений, более 30 функциональных ограничений. Онтология имеет достаточную степень детализации, что обеспечивает целостное формальное описание разнородных кризисных ситуаций и связанных с ними задач управления безопасностью на всех этапах жизненного цикла угроз региональной безопасности и на всех уровнях принятия решений (стратегическом, тактическом и оперативном).

6) *Тренажерно-моделирующий комплекс «Виртуальный когнитивный центр*, реализованный в виде специализированного гибридного облака на базе сервисной архитектуры IaaS (Infrastructure as a service – инфраструктура как сервис). Комплекс обеспечивает распределенное экспертно-имитационное моделирование развития региональных кризисных ситуаций, синтез спецификаций взаимодействия и моделей координации субъектов управления для решения управлеченческих задач в различных сферах региональной экономики в целях обеспечения региональной безопасности.

7) *Профессиональная социальная сеть BarentsNet*, представляющая собой виртуальную интеграционную площадку для взаимодействия субъектов управления безопасностью региона и обеспечивающая автоматизированный поиск субъектов совместной деятельности для реализации сценариев управления безопасностью. Веб-сервис BarentsNet является важной составной частью виртуального когнитивного центра управления региональной безопасностью в кризисных ситуациях.

Перечисленные практические разработки обеспечили построение расширяемой многофункциональной ИАС РБ и ее интеграцию в региональное информационное пространство.

В разделе 4.4 предложено развитие современных подходов к информационно-аналитическому обеспечению региональных ситуационно-кризисных центров. Новый подход заключается в формировании сети виртуальных когнитивных центров для информационной поддержки управления региональной безопасностью. Предлагается структура и состав виртуальных когнитивных центров управления безопасностью.

Пятая глава «Практическая реализация и использование мультиагентной информационно-аналитической среды региональной безопасности» относится к экспериментальной части диссертационной работы. В ней приводятся примеры практического использования созданных моделей, методов и программных средств применительно к проблемам безопасности Мурманской области, а также технико-экономическое обоснование эффективности практических результатов работы.

Приложения разработок представлены в едином контексте формирования, конфигурирования и координации взаимодействия виртуальных организационных структур управления региональной безопасностью на задачах и сценариях из области экономической, экологической, инновационной и кадровой безопасности, актуальных и важных для Мурманской области. К этому кругу задач относятся:

- в области обеспечения экономической безопасности региона - задачи координации и синтеза сценариев управления безопасностью развития моногородов Мурманской области, оценки экономических рисков развития этих территориальных образований (раздел 5.1);
- в области обеспечения инновационной безопасности региона - задачи определения участников государственно-частного партнерства и формирования эффективных инновационных структур для реализации социально значимых инвестиционных проектов в данном арктическом регионе (раздел 5.2);
- в области обеспечения кадровой безопасности региональной экономики - задачи определения кадровых потребностей региона и моделирования логистики образовательных услуг в условиях вариативности кадрового заказа с целью синтеза стратегий развития регионального рынка труда (раздел 5.3);
- в области обеспечения экологической безопасности региона - задачи мониторинга показателей экологической и транспортной безопасности арктических коммуникаций, а также координации деятельности сил и средств, участвующих в ликвидации чрезвычайных ситуаций на акваториях Северного морского пути (раздел 5.4).

Разработки нашли применение в практической деятельности организаций, профиль деятельности которых связан с обеспечением региональной безопасности, как на территории Мурманской области, так и за ее пределами. Ядро и программные компоненты ИАС РБ Мурманской области реализованы на базе информационно-коммуникационной инфраструктуры ГОКУ «Управление по ГОЧС и ПБ Мурманской области» и Министерства экономического развития региона при содействии Комитета по развитию информационных технологий и связи Мурманской области.

В разделе 5.5 приводится технико-экономическое обоснование эффективности практических разработок. В качестве объекта оценки качества архитектурных (системотехнических) и технологических решений ИАС РБ в работе принят комплекс средств информационно-аналитической поддержки типового регионального центра управления в кризисных ситуациях (РЦУКС). Основными критериями оценки качества информационного обеспечения функционирования РЦУКС являются: своевременность предоставления требуемой информации для поддержки принятия решений, полнота оперативного отражения в ИАС РЦУКС объектов учета и актуальность обновляемой информации на всех этапах жизненного цикла развития региональных кризисных ситуаций. Для определения экономической эффективности создания и внедрения ИАС РБ в работе используется методика сбалансированной системы показателей BSC (Balanced Score Card), обеспечивающая возможность оценки удовлетворения информационных потребностей субъектов управления за счет

сервисов ИАС РБ с учетом их собственных целей и моделей взаимодействия на основе экспертно-имитационного моделирования. Это позволяет определить наиболее подходящую конфигурацию ресурсов и сервисов ИАС РБ для формирования эффективных организационных структур управления безопасностью в разнородных кризисных ситуациях.

Анализ функционирования РЦУКС на территории Мурманской области и проведенные имитационные эксперименты с авторскими разработками показали, что за счет использования разработанных моделей, методов и программных средств в составе информационной инфраструктуры системы организационного управления региональной безопасностью Мурманской области обеспечивается возможность сокращения времени на выработку и реализацию оперативных и стратегических управлений решений в условиях кризисных ситуаций социально-экономического и природно-техногенного характера на 20-30% по сравнению с инструментальными средствами современных систем информационного обеспечения муниципальных и региональных ситуационно-кризисных центров. Повышение оперативности и согласованности совместных действий по управлению региональной безопасностью в условиях разнотипных кризисных ситуаций позволяет сократить затраты профильных ведомств на 5-10% на этапе планирования и реализации антикризисных мероприятий.

Эффективность применения созданных средств информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью подтверждена в ходе проведения экспериментов с разработанными моделями, методами и программным обеспечением.

В **заключении** изложены основные научные результаты работы, сделан вывод о достижении цели диссертационного исследования.

В **приложениях** приведен перечень показателей региональной безопасности, представлены свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и акты о внедрении результатов диссертационной работы, справочно-иллюстративный материал.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе сформулирована и решена научно-техническая проблема сетевентрического управления безопасностью развития региональных социально-экономических систем Арктической зоны России, имеющая важное значение для национальной безопасности страны и экономики Российской Арктики. Решение проблемы базируется на разработанных информационных моделях, методах и технологиях получения, обработки, анализа и интеграции информации для задач управления безопасностью развития региона. Обеспечено создание целостной информационной инфраструктуры региональной безопасности и повышение эффективности деятельности субъектов управления безопасностью за счет комплексной информационно-аналитической поддержки и координации процессов принятия решений на всех уровнях управления региональной безопасностью.

На основе интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования формализован когнитивный подход и разработана методология информационной поддержки управления региональной безопасностью на трех уровнях принятия управленческих решений: стратегическом, тактическом и оперативном. Для реализации предложенного подхода разработаны модели и методы формирования и функционирования сетевентрической информационной среды, обеспечивающей интеграцию и автоматизированную децентрализованную обработку

распределенных информационно-вычислительных ресурсов для решения комплекса задач информационной поддержки управления региональной безопасностью.

В рамках решения сформулированной в работе проблемы получены следующие основные результаты:

1. Исследована проблематика сетевентрического управления региональной безопасностью. Проведена оценка применимости существующих методов и средств для повышения эффективности управления региональной безопасностью. На основе проведенного системного анализа объекта и методов исследования предложена комплексная методология информационной поддержки управления региональной безопасностью, обеспечивающая решение проблемы сетевентрического управления безопасностью региональных социально-экономических систем.

2. На основе предложенной методологии созданы средства информационно-аналитической поддержки деятельности субъектов безопасности, обеспечивающие повышение оперативности решения задач обеспечения региональной безопасности в условиях сетевентрического управления. Разработаны тренажерно-моделирующие комплексы, предназначенные для интеллектуальной поддержки принятия решений и координации сетевентрического управления в сфере региональной безопасности.

3. Разработан метод единого формализованного представления состава объектов и субъектов, участвующих в процессах управления региональной безопасностью, и отношений между ними. Формализованное представление реализовано в виде интегрированной концептуальной модели мультиагентной информационно-аналитической среды. Модель обеспечивает формальную основу для автоматизации и имитационного моделирования процессов управления региональной безопасностью с целью генерации и анализа сценариев развития кризисных ситуаций.

4. Для координации сетевентрического управления безопасностью региона разработана и исследована многоуровневая рекуррентная иерархическая модель безопасности региональных социально-экономических систем. Специфика модели заключается в использовании функционально-целевой технологии и математического аппарата теории иерархических многоуровневых систем для реализации процедур согласования локальных решений сетевентрического управления безопасностью. Модель обеспечивает координацию показателей безопасности, оптимизируемых различными элементами многоуровневой системы организационного управления региональной безопасностью, в условиях децентрализованного принятия решений.

5. На основе формального анализа созданной концептуальной модели мультиагентной виртуальной среды региональной безопасности разработан метод автоматизированного синтеза спецификаций виртуальных организационных структур управления безопасностью в разнородных кризисных ситуациях. Метод обеспечивает семантический поиск и композицию информационных ресурсов и сервисов агентов, а также динамическое формирование коалиций между агентами для информационной поддержки принятия решений на всех уровнях управления безопасностью региона.

6. Предложен метод информационного мониторинга и индикаторной оценки региональной безопасности, использующий интеллектуальные агенты для сбора и анализа информации о состоянии элементов региональных социально-экономических систем по широкому кругу индикаторов безопасности. Метод основан на применении технологий интеграции, обработки и согласования экспертных знаний, а также средств имитационного моделирования для прогнозирования динамики показателей безопасности региона. Метод обеспечивает формирование интегральных показателей для каждой области региональной безопасности, которые в совокупности образуют

матрицу региональной безопасности. Анализ матрицы позволяет синтезировать и исследовать различные сценарии антикризисного управления безопасностью региона.

7. Создана когнитивная технология информационной поддержки «сквозного» управления региональной безопасностью на всех этапах жизненного цикла развития региональных кризисных ситуаций и угроз безопасности. Технология основана на мультиагентной виртуализации процессов управления региональной безопасностью, что обеспечивает адаптивное моделирование поведения субъектов управления безопасностью в условиях разнородных кризисных ситуаций и согласованность информационного взаимодействия между ними на этапе планирования совместных антикризисных мероприятий.

8. Разработана мультиагентная технология динамического формирования и конфигурирования сетевентрической информационной среды безопасности региона, основанная на моделях самоорганизации агентов в открытых мультиагентных системах. Технология обеспечивает синтез проблемно-ориентированных виртуальных про-активных систем для информационной поддержки принятия решений в каждой области региональной безопасности на всех уровнях управления.

9. Разработана архитектура сервис-ориентированной распределенной агентной платформы для моделирования задач сетевентрического управления региональной безопасностью. В рамках платформы реализованы разработанные модели, методы и технологии, что обеспечило формирование и функционирование мультиагентной информационной среды региональной безопасности.

10. Создан комплекс программных средств, реализующих мультиагентную распределенную информационную среду региональной безопасности с унифицированной точкой доступа, как результат синтеза разработанных моделей, методов и технологий. Комплекс использован для решения ряда практических задач в области информационного обеспечения экономической, экологической, кадровой и инновационной безопасности Мурманской области.

Таким образом, диссертационное исследование выполнено в соответствии с положениями пп. 2, 4, 6, 8, 10 и 12 областей исследований паспорта специальности 05.13.10.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные положения и результаты работы изложены в следующих публикациях:

Публикации в научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Маслобоев, А.В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом / А.В. Маслобоев // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета.- 2009.- Т. 12. - №1. - С. 113-125.
2. Маслобоев, А.В. Обеспечение глобальной безопасности регионального развития (постановка задачи) / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Труды Института системного анализа РАН: Прикладные проблемы управления макросистемами / Под ред. Ю.С. Попкова и В.А. Путилова. - М.: КРАСАНД, 2010.- Т.59.- С. 29-44.
3. Маслобоев, А.В. Информационно-аналитическая поддержка управления безопасностью развития Арктических регионов России: задачи, методы, технологии / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. - 2011. - №3(73). - С. 143-145.

4. Маслобоев, А.В. Концептуальная модель интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития региона / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета.- 2011.- Т.14.- №4.- С. 842-853.
5. Маслобоев, А.В. Архитектура и технологии формирования интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития региона / А.В. Маслобоев, М.Г. Шишаев // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.- 2011. - №6(76). - С. 98-104.
6. Маслобоев, А.В. Проблемно-ориентированная агентная платформа для создания полимодельных комплексов поддержки управления безопасностью региона / А.В. Маслобоев, А.В. Горохов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2012. - №2(78). - С. 60-65.
7. Маслобоев, А.В. Модели и программные средства информационной поддержки управления инновационным развитием Арктических регионов / А.В. Маслобоев // Качество. Инновации. Образование.- 2012. – №8(87).- С. 21-32.
8. Маслобоев, А.В. Интегрированная информационно-аналитическая среда поддержки управления региональной безопасностью: этапы и технологии реализации / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Труды Института системного анализа РАН.- 2012.- Т.62.- №3.- С. 61-73.
9. Маслобоев, А.В. Проблемы информационной поддержки управления глобальной безопасностью Арктической зоны России / А.В. Маслобоев // Геополитика и безопасность.- 2013.- №3(23).- С. 60-71.
10. Маслобоев, А.В. Метод комплексной оценки и анализа глобальной безопасности региональных социально-экономических систем на основе когнитивного моделирования / А.В. Маслобоев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.- 2013.- №5(87).- С. 154-164.
11. Маслобоев, А.В. Метод автоматизированного синтеза виртуальных организационных структур для задач управления региональной безопасностью / А.В. Маслобоев // Программные продукты и системы.-2013.-№4(104).- С. 141-149.
12. Маслобоев, А.В. Когнитивная технология динамического формирования и конфигурирования проблемно-ориентированных мультиагентных виртуальных пространств / А.В. Маслобоев // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета.- 2013.- Т.16.- №4.- С. 748-760.
13. Маслобоев, А.В. Мультиагентная информационно-аналитическая среда поддержки управления региональной безопасностью «Безопасный Виртуальный Регион» / А.В. Маслобоев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.- 2013.- №4(86).- С. 128-138.
14. Маслобоев, А.В. Мультиагентные модели и средства информационной поддержки управления кадровой безопасностью региональной экономики / А.В. Маслобоев // Качество. Инновации. Образование.- 2013.- №10(101).- С. 66-75.
15. Маслобоев, А.В. Технология формирования спецификаций среды имитационного моделирования задач управления / А.В. Горохов, А.В. Маслобоев, А.Г. Олейник // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. -2013. - №3(19). - С. 55-70.
16. Маслобоев, А.В. Состав и структура системно-динамической модели глобальной безопасности арктического региона / А.В. Маслобоев // Вести высших учебных заведений Черноземья.- 2013.- №4(34).- С. 43-53.

17. Маслобоев, А.В. Виртуальные когнитивные центры как интеллектуальные системы для информационной поддержки управления региональной безопасностью / А.В. Маслобоев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.- 2014.- №2(90).- С. 167-170.
18. Маслобоев, А.В. Разработка имитационных моделей кадровых потребностей базовых отраслей региональной экономики (на примере Мурманской области) / В.В. Быстров, А.В. Маслобоев, С.Н. Малыгина, Д.Н. Халиуллина // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета.- 2014.- Т.17.- №1.- С. 30-39.
19. Маслобоев, А.В. Реализация трансграничных ИТ-проектов в сфере информационного обеспечения комплексной безопасности развития арктических регионов: состояние и перспективы / А.В. Маслобоев // Информационные ресурсы России.- 2014.- №3(139).- С. 13-20.
20. Маслобоев, А.В. Разработка социальной сети BarentsNet для задач информационного обеспечения безопасности и инновационного развития арктических регионов / А.В. Маслобоев // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета.- 2014.- Т.17.- №3.- С. 523-530.
21. Маслобоев, А.В. Многоуровневая рекуррентная модель иерархического управления комплексной безопасностью региона / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов, А.В. Сютин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.- 2014.- №6(94).- С. 163-170.
22. Маслобоев, А.В. Координация в многоуровневых сетевентрических системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов, А.В. Сютин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.- 2015.- Т.15.- №1.- С. 130-138.
23. Маслобоев, А.В. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики / А.В. Маслобоев, А.Г. Олейник, М.Г. Шишаев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.- 2015.- Т.15. - №4.- С. 748-755.
24. Маслобоев, А.В. Специфика и структура задачи информационной поддержки управления безопасностью региональных социально-экономических систем / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. - 2015.- Т. 18.- №3.- С. 476-485.
25. Маслобоев, А.В. Развитие методологии сетевентрического управления региональной безопасностью. Часть 1. Системный анализ проблемы / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Труды Института системного анализа РАН. - 2016.- Т. 66. - №1. – С. 26-39.
26. Маслобоев, А.В. Развитие методологии сетевентрического управления региональной безопасностью. Часть 2. Когнитивный подход и средства реализации / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Труды Института системного анализа РАН. - 2016.- Т. 66.- №3. – С. 71-85.
27. Маслобоев, А.В. Система информационно-аналитической поддержки сетевентрического управления региональной безопасностью / А.В. Маслобоев // Информационные ресурсы России. – 2016. - №3(151). – С. 25-31.

Статьи в журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций

1. Маслобоев, А.В. Методологическая база для исследования и решения проблем управления глобальной безопасностью регионального развития / А.В. Маслобоев // «Моделирование и анализ массовых событий в экономике и социуме»: Сб. тр.

- Межд. конф. (г.Санкт-Петербург, 24-25 ноября 2010 г.) / под общ. ред. проф. Д.Н. Верзилина, проф. Т.Г. Максимовой.- Спб.: Изд-во "ЛЕМА", 2010.- С. 35-38.
2. Маслобоев, А.В. Управление развитием Арктических регионов РФ: проблемы обеспечения промышленно-экологической безопасности / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов, С.Ю. Яковлев // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011): Мат. V Междунар. конф. (г.Москва, 3-5 окт. 2011 г.)..- М.: ИПУ РАН, 2011.- Т.2.- С. 124-126.
 3. Маслобоев, А.В. Единое информационное пространство как системообразующий элемент стратегии обеспечения глобальной безопасности в Арктике / А.В. Маслобоев // Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике: Избр. докл. IV Всеросс. морской научно-практич. конф. (г.Мурманск, 7-8 июня 2012 г.).- Мурманск: МГТУ, 2012.- С. 114-125.
 4. Маслобоев, А.В. Виртуализация процессов управления региональной безопасностью на основе агентных технологий / В.А. Путилов, А.В. Маслобоев // Системный анализ и информационные технологии «САИТ-2013» (г.Красноярск, 19-25 сентября 2013 г.): Труды V Межд. конф. в 2-х т.- Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013.- Т.2.- С. 199-208.
 5. Маслобоев, А.В. Средства информационного мониторинга и моделирования глобальной безопасности в Баренцевом/Евро-Арктическом регионе / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2013.- Вып. 5/2013(18).- С. 10-28.
 6. Маслобоев, А.В. Задачи информационного обеспечения глобальной безопасности в Арктике / А.В. Маслобоев // История науки и техники.- 2014.- №1.- С. 87-106.
 7. Маслобоев, А.В. Технологии создания виртуальных про-активных систем для информационной поддержки управления комплексной безопасностью региона / А.В. Маслобоев // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления «ВСПУ-2014» (г. Москва, 16-19 июня 2014 г.).- М.: ИПУ РАН, 2014.- С. 8190-8195.
 8. Маслобоев, А.В. Координация сетецентрического управления экологической безопасностью арктических коммуникаций на трассах Северного морского пути / А.В. Маслобоев // Северный морской путь: развитие арктических коммуникаций в глобальной экономике: Мат. VI Всеросс. морской научно-практич. конф. (г.Мурманск, 13-14 мая 2015 г.).- Мурманск: Изд-во МГТУ, 2015.- С. 47-50.
 9. Masloboev, A. Computer models and technologies for information monitoring and control of socio-economic and ecological security of the industrially-explored Arctic regions / A. Masloboev, V. Putilov // Proceedings of the 8th Annual Conference «Arctic Frontiers, Climate and Energy, 2015», 18-23 January 2015 Tromso. – Tromso: UiT, 2015. - P. 182-183.

Свидетельства о регистрации алгоритмов и программ для ЭВМ

1. Маслобоев, А.В. Система информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности / А.В. Маслобоев, М.Г. Шишаев // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – Рег. № 16197 от 23.09.2010 г. (ОФЭРНиО); гос. рег. № 50201001550 от 23.09.2010 г. (ОФАП)
2. Маслобоев, А.В. Программный комплекс автоматизации синтеза имитационных моделей сложных динамических систем / В.В. Быстров, А.В. Маслобоев, А.В. Горохов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. –

Рег. № 17079 от 12.05.2011 г. (ОФЭРНиО); гос. рег. № 50201150635 от 12.05.2011 г. (ОФАП)

3. Маслобоев, А.В. Программная система поддержки создания концептуальных моделей сложных систем / А.В. Горохов, С.Н. Малыгина, А.В. Маслобоев // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – Рег. № 17144 от 31.05.2011 г. (ОФЭРНиО); гос. рег. № 50201150709 от 31.05.2011 г. (ОФАП)
4. Маслобоев, А.В. Программная система оценки экономических рисков сценариев развития моногорода / А.В. Маслобоев, К.И. Иванов, Д.Н. Халиуллина // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – Рег. № 17250 от 04.07.2011 г. (ОФЭРНиО); гос. рег. № 50201150977 от 07.07.2011 г. (ОФАП)
5. Маслобоев, А.В. Программная система информационного обеспечения кадровой безопасности региона на основе управления качеством высшего образования / А.В. Маслобоев, В.В. Быстров, Ю.О. Самойлов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – Рег. № 17800 от 24.01.2012 г. (ОФЭРНиО); гос. рег. № 50201250140 от 24.01.2012 г. (ОФАП)
6. Маслобоев, А.В. Программная мультиагентная система информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью / А.В. Маслобоев // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ ФГАНУ «ЦИТИС». - гос. рег. № АААА-Г16-616021510008-8 от 15.02.2016 г. (ОФАП)
7. Маслобоев, А.В. Программная мультиагентная система информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода / А.В. Маслобоев, С.Н. Малыгина, Е.А. Семакова // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ ФГАНУ «ЦИТИС». - гос. рег. № АААА-А16-616022510066-5 от 25.02.2016 г. (ОФАП)
8. Маслобоев, А.В. Программная мультиагентная система информационной поддержки управления экологической безопасностью / А.В. Маслобоев, А.В. Бокарева // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ ФГАНУ «ЦИТИС». - гос. рег. № АААА-А16-616022510065-8 от 25.02.2016 г. (ОФАП)

Диссертант:

А. В. Маслобоев

Автореферат

МАСЛОБОЕВ Андрей Владимирович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ
ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
(НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Технический редактор: Каржавина С.И.

Подписано к печати _____.2016 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага типографская. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2.0, Уч. изд. л. 1.75

Заказ № _____. Тираж 100 экз. Бесплатно.

Издательство Мурманского арктического государственного университета
183038, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15

Отпечатано подразделением оперативной полиграфии Филиала МАГУ в г. Апатиты
184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Лесная, д. 29