

# Развитие методологии сетецентрического управления региональной безопасностью. Часть 2. Когнитивный подход и средства реализации\*

А. В. МАСЛОБОВ, В. А. ПУТИЛОВ

**Аннотация.** В работе предложены подходы к исследованию и решению проблемы сетецентрического управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Работа состоит из двух частей. Во второй части представлены результаты анализа применимости современных методов и технологий для решения проблемы повышения эффективности обеспечения региональной безопасности в условиях децентрализованного управления. Предложена единая инструментальная база для комплексного решения задач информационной поддержки управления региональной безопасностью. Обеспечивается автоматизация деятельности и согласованность взаимодействия субъектов безопасности на всех уровнях принятия решений за счет комплексной информационной поддержки и координации процессов управления региональной безопасностью с применением автономных программных агентов и имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** методология, информационная поддержка, сетецентрическое управление, региональная безопасность, Арктическая зона.

## Введение

В настоящее время перспективным подходом к повышению эффективности современной системы организационного управления региональной безопасностью является адекватная информационно-аналитическая поддержка и координация процессов принятия управленческих решений. Это достигается через создание целостной информационной инфраструктуры региональной безопасности. Одним из вариантов реализации такой инфраструктуры является сетецентрическая виртуальная среда региональной безопасности. Основными задачами этой среды являются удовлетворение информационных потребностей и обеспечение согласованного взаимодействия субъектов управления безопасностью посредством оперативного и своевременного предоставления соответствующих информационных ресурсов (данных) и сервисов для информационно-аналитической поддержки принятия решений на разных уровнях управления региональной безопасностью.

Анализ хода реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [30] на территории Мурманской области по направлению развития информационных технологий и связи для задач обеспечения безопасности свидетельствует о том, что эффективность

принимаемых мер в этой сфере существенно снижается отсутствием информационной инфраструктуры региональной безопасности.

Для обеспечения оперативности и повышения качества управления региональной безопасностью в условиях децентрализованного принятия решений требуется разработка методов и технологий формирования информационной среды региональной безопасности, обладающей необходимым функционалом и потенциалом к саморазвитию и самоорганизации. Для этого в работе предлагаются методология комплексной информационной поддержки и координации сетецентрического управления региональной безопасностью. Работа состоит из двух частей. Вторая часть посвящена разработке методологии решения проблемы исследования и средствам реализации методологии.

## 1. Современные средства и технологии информационной поддержки управления региональной безопасностью

В настоящее время создано большое количество ресурсов и технологий, обеспечивающих информационно-аналитическую поддержку решения ряда задач в области управления региональной безопасностью. Большинство из таких средств реализовано в виде мониторинговых информационно-аналитических систем, систем поддержки принятия решений в кризисных ситуациях, а также веб-ре-

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (№ 15-29-06973-офи-м, № 15-07-04290-а)

сурсов, обеспечивающих субъектам управления доступ к информационно-справочным ресурсам и нормативным документам.

Для решения задач информационного обеспечения региональной безопасности сегодня широко используются следующие средства:

- 1) мониторинговые информационно-аналитические системы в составе ситуационно-кризисных центров (ИАС «Дипломат», ИАС «Истра-2006», ИАС «Ангара», ИАС «Прогноз МК», ЭС ППРКС и др.);
- 2) региональные информационно-прогностические центры;
- 3) системы мониторинга социально-экономического развития;
- 4) информационно-аналитические системы кризисного реагирования (реализуются на базе Центров управления безопасностью в кризисных ситуациях МЧС России);
- 5) геоинформационные системы в составе региональных ситуационно-кризисных центров (ГИС «ArcGIS», ГИС INTERGRAPH «GeoMedia Professional», ГИС «Карта 2005», ГИС «Панорама», программный комплекс визуального анализа «ПФС-ГЕОАНАЛИЗ», специальная ГИС для морских пространств «CARIS LOTS Article 76» и др.);
- 6) глобальные и региональные спутниковые системы навигации и пространственного позиционирования (американская система GPS-NAVSTAR, российская система ГЛОНАСС, спутниковая система навигации GALILEO, индийская спутниковая региональная система навигации IRNSS, китайская навигационная спутниковая система Beidou/Compass, японская навигационная система Quasi-Zenith (QZSS) и др.);
- 7) информационно-справочные арктические веб-ресурсы - Интернет-порталы (Arctic Info, Pro-Arctic, The Arctic, Arctic Portal, Arctic Council, BarentsWatch и др.);
- 8) комплексные автоматизированные информационные системы мониторинга общественной безопасности региона (Система-112, КАС «Безопасный город», ЭРА-ГЛОНАСС и др.).

Современные отечественные и зарубежные системы информационной поддержки управления региональной безопасностью разрабатываются, как правило, под конкретные задачи - например, связанные с управлением метеорологической, энергетической, экологической или транспортной безопасностью, и, как правило, используются изолированно друг от друга. Некоторые из них являются открытыми и находятся в свободном доступе в части исследовательских прототипов и веб-ре-

сурсов, другие – предоставляют доступ к информационным сервисам на коммерческой основе. К закрытым системам, как правило, относятся информационные системы профильных ведомств в сфере обеспечения различных видов безопасности на разных уровнях регионального управления.

Перечисленные типы систем являются территориально распределенными, разнородными по своей технологической платформе, функциональному назначению и компонентному составу. Большинство из них имеют централизованную архитектуру и различную ведомственную принадлежность. Указанные особенности обуславливают их слабую интегрируемость и невозможность совместного использования для комплексного решения задач управления региональной безопасностью в рамках единой информационной среды, ориентированной, главным образом, на обеспечение согласованного взаимодействия организационно разнородных субъектов управления безопасностью на разных уровнях принятия управленческих решений.

Достаточно эффективными инструментами информационного мониторинга безопасности развития региональных социально-экономических систем и кризисного реагирования являются ситуационные центры [1, 4, 26]. Информационная поддержка реализации «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» осуществляется при координирующей роли Совета Безопасности РФ за счет привлечения информационных ресурсов заинтересованных органов государственной власти и государственных научных учреждений с использованием системы распределенных ситуационно-кризисных центров (СКЦ) [29]. На рис. 1 представлена обобщенная структура и состав сети ситуационно-кризисных центров Российской Федерации.

Однако технологии организации функционирования и информационного взаимодействия действующих СКЦ имеют ряд слабых сторон [15]:

- поддержка принятия решений на основе ретроспективной информации и архивных отчетных материалов;
- технологическая и организационная разнородность функциональных и информационных компонентов СКЦ;
- отсутствие единого регламента информационного взаимодействия и обмена данными в силу организационной разнородности источников оперативной информации;
- необходимость автоматизированного выбора и реализации методов и средств анализа и обработки данных в условиях известных источников

первичной информации для информационной поддержки принятия решений в кризисных ситуациях;

- централизованная архитектура используемых информационно-аналитических систем;
- реализация проблемного мониторинга состояния исследуемой системы в режиме, частично приближенном к реальному времени, что снижает оперативность поддержки принятия решений, например, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;
- необходимость ориентации СКЦ на различные категории пользователей.

Вместе с тем, существуют и другие проблемы использования СКЦ, касающиеся отсутствия четкого определения СКЦ в системе государственного управления, организационно-функциональной структуры СКЦ, методического и информационного обеспечения, а также отсутствия средств координации процессов принятия решений в условиях децентрализованного управления безопасностью.

Развитием современных технологий построения и организации работы СКЦ является методология

создания и использования когнитивных центров, как информационных систем для стратегического прогнозирования регионального развития [4]. Прототип системы проектирования будущего на основе использования когнитивных центров реализован в Центре компьютерного моделирования и экспертного анализа Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Когнитивный центр обеспечивает поддержку управления развитием сложных децентрализованных систем, таких как регион, территория, отрасль, предприятие. Методическая основа когнитивного центра - вычислительный эксперимент [24].

В настоящее время в Баренцевом/Евро-Арктическом регионе наблюдается интенсификация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию многофункциональных веб-ориентированных информационных систем мониторинга обстановки в Арктике. Наибольшее внимание среди существующих разработок в этой области заслуживают следующие:

- *Открытый информационный портал BarentsWatch* - <http://www.barentswatch.com> (разработчик Kongsberg Spacetec. AS, Норвегия);

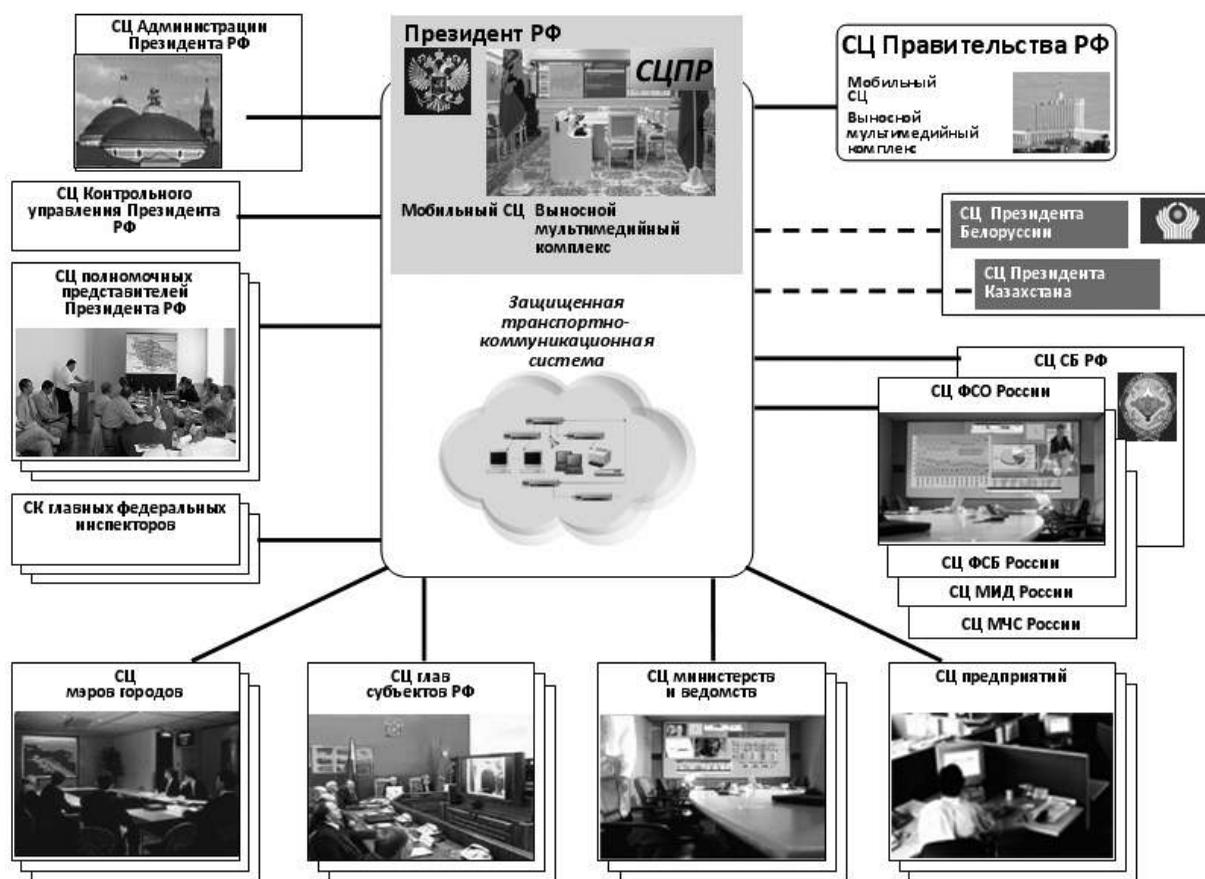


Рис. 1. Структура и состав сети ситуационно-кризисных центров РФ

Таблица 1

Анализ современных средств информационной поддержки управления региональной безопасностью

Критерий Программный продукт	Область автоматизации														
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Мониторинговые информационно-аналитические системы для ситуационно-кризисных центров [ИАС «Ангара», ПТК «Истра-2006» и др.]	+	+	+	+		+	+				+	+			
Программные системы для прогнозирования международных конфликтов с учетом национальных интересов [ИАС «Прогноз МК», ПТК «Дипломат», ИАС «Баланс интересов», ПТК «Смоленка», ИАС «Стратегическая матрица государства» и др.]	+	+		+		+	+								
Системы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в чрезвычайных и кризисных ситуациях [ЭС ПРКС МИД РФ, ARGOS DSS, TASE, SOCRATES, Transas CMS и др.]	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+	
Геоинформационные системы для задач управления различными видами безопасности [Caris Lots Article 76, InterGraph, Панорама, Карта-2005, ArcGIS и др.]	+	+	+	+	+	+	+								
Веб-ориентированные информационные системы [BarentsWatch, GlobalSecurity, Союзет InfoGlob, Pro-Arctic, Информационный портал МЧС России и др.]	+	+			+		+			+					
Интегрированные системы диспетчерского управления и освещения обстановки [ПТК «СОО в Арктике», ПТК «ЕНДС Арктика», ЕСИМО, JRIES и др.]	+	+	+	+	+		+	+		+	+				+
Тренажерно-моделирующие комплексы [«Система проектирования будущего», «ЭкоМод» и др.]	+	+		+		+				+	+				
<b>Предлагаемый прототип мультиагентной системы информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью [МИАС «Безопасный Виртуальный Регион»]</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

- *Транснациональный ИКТ-кластер Баренц-региона (электронная В2В-площадка BarentsICT)* - <http://barentsict.org>;
- *Система освещения обстановки (СОО) в Арктике* (разработчик ОАО «Концерн РТИ Системы», Россия);
- *Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)* - <http://www.esimo.ru> (разработчик ВНИИГ-МИ-НЦД Росгидромета, Россия);
- *Единая национальная диспетчерская служба Арктики (ЕНДС Арктики)* - [www.endsnw.ru](http://www.endsnw.ru) (разработчики МЧС России, САФУ им. М.В. Ломоносова, Россия);
- *Мультипредметный Арктический портал RU-Arctic* - <http://www.ru-arctic.net> (разработчик ИИММ КНЦ РАН, Россия);
- *Профессиональная социальная сеть BarentsNet* (разработчик ИИММ КНЦ РАН, Россия).

Функциональные возможности и особенности реализации этих разработок подробно рассмотрены в работах [16, 17].

Для сравнения перечисленных программных решений предлагается ряд критериев, отражающих важные функциональные возможности соответствующих разработок (области автоматизации в табл. 1):

- (1) управление данными и знаниями о разнородных объектах и процессах обеспечения безопасности;
- (2) непрерывный информационный мониторинг и индикаторное оценивание потенциальных угроз и опасностей;
- (3) гибкий проблемно-ориентированный поиск информации в территориально распределенных разнородных источниках и унифицированный доступ к ней;
- (4) оперативная аналитическая обработка информации;
- (5) интеграция разнородных информационных ресурсов и сервисов;
- (6) анализ и прогнозирование развития региональных кризисных ситуаций;
- (7) визуализация информации с территориальной привязкой;
- (8) возможность реализации ситуационного управления «точно в срок»;
- (9) возможность дистанционного формирования и использования проблемно-ориентированных экспертно-имитационных моделей;
- (10) предоставление специализированных интерфейсов для различных категорий пользователей и решаемых задач;
- (11) автоматизированный поиск субъектов совместной деятельности и исполнительных ресурсов;

- (12) возможность координации процессов принятия управленческих решений в условиях децентрализованного управления;
- (13) автоматизированное формирование спецификаций организационных структур управления безопасностью «под задачу» и планов совместных действий;
- (14) динамическое конфигурирование организационных структур управления безопасностью и оценка качества их конфигурации;
- (15) возможность формирования единого информационного пространства межведомственной деятельности.

Результаты проведенного аналитического обзора технологий и систем информационной поддержки управления региональной безопасностью показывают, что ни одно из рассмотренных средств не удовлетворяет в должной мере постановке цели исследования, так как не обладает требуемой совокупностью функциональных характеристик.

Основными недостатками рассмотренных потенциальных аналогов и прототипов в плане решаемой в работе проблемы являются:

- отсутствие методов и средств интеграции технологически и семантически разнородных информационных ресурсов и сервисов;
- отсутствие возможностей автоматизированного синтеза спецификаций организационных структур управления безопасностью и поиска (подбора) субъектов совместной деятельности для реализации антикризисных мероприятий;
- отсутствие единых регламентов информационного взаимодействия субъектов управления безопасностью;
- отсутствие методов и средств координации локальных решений децентрализованного управления на разных уровнях организации системы обеспечения региональной безопасности;
- частичная информационная поддержка начальных этапов жизненного цикла развития кризисных ситуаций;
- каждая отдельная система – это изолированный, обособленный «островок» методов и технологий информационной поддержки и, как следствие, не возможность совместного использования в силу низкого уровня интероперабельности функциональных элементов;
- плохая адаптивность к динамически изменяющимся условиям.

Результаты сравнительного анализа существующих прототипов применительно к задачам информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью представлены в табл. 1. В табл. 1 также приведен разработанный в ходе

исследования прототип мультиагентной системы информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью - МИАС «Безопасный Виртуальный Регион» [14]. Эта разработка ориентирована на решение комплекса задач информационной поддержки управления региональной безопасностью, а также формирование информационной среды региональной безопасности.

Таким образом, основными требованиями к методам и средствам информационной поддержки и координации сетецентрического управления региональной безопасностью являются:

- учет активности субъектов управления безопасностью, то есть наличия у них собственных целей, сферы интересов, компетенций и т.д.;
- обеспечение кооперативности участников процессов управления безопасностью в кризисных ситуациях, то есть возможности формирования организационных структур (коалиций) управления безопасностью для совместной деятельности с целью предотвращения и ликвидации последствий кризисных ситуаций, обеспечения безопасности в целом;
- обеспечение адаптивности системы управления региональной безопасностью, то есть способности самостоятельно воспринимать окружающую среду и приспосабливаться к ее изменениям;
- обеспечение координируемости и децентрализации управления, то есть согласования локальных решений сетецентрического управления посредством переговорного процесса;
- обеспечение интероперабельности, расширяемости, интерактивности, мобильности, персонализации, а также возможностей к саморазвитию и самоорганизации информационной среды региональной безопасности.

Учет этих требований позволит, с одной стороны, включать новые субъекты в процессы управления региональной безопасностью, а с другой - динамически формировать структуру и состав многоуровневой системы сетецентрического управления региональной безопасностью из множества доступных компонентов (субъектов, ресурсов, сервисов и т.д.) в зависимости от параметров конкретных кризисных ситуаций.

## **2. Структура методологии информационной поддержки управления региональной безопасностью**

Предлагаемая в работе единая методологическая база для решения проблемы децентрализованного управления региональной безопасностью

основана на реализации комплексного подхода к интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования, а также методического аппарата теории многоуровневых иерархических систем, методов сетецентрического управления, технологий одноранговых распределенных информационных систем и Семантического Веба. Такой подход обеспечивает основу для разработки новых информационных технологий построения адаптивной интеллектуализированной среды информационно-аналитической поддержки принятия решений на всех уровнях управления региональной безопасностью.

Современный этап развития компьютерных наук обозначил новое перспективное направление в области создания адаптивных интеллектуальных систем и технологий поддержки принятия решений, основанных на знаниях - когнитивные информационные технологии [9]. *Когнитивные информационные технологии* – способы и алгоритмы достижения целей субъектов управления, опирающиеся на модели и методы формализации, интеграции, согласования, обработки, анализа и синтеза экспертных знаний об исследуемых объектах и процессах, и обеспечивающие информационную поддержку принятия решений по управлению данными объектами и процессами. Это обуславливает целесообразность применения когнитивных информационных технологий в качестве основы для создания средств информационно-аналитической поддержки и автоматизации процессов управления безопасностью организационных и технических систем. Одним из наиболее известных представителей данного класса технологий, широко используемых для решения задач в различных предметных областях, но ранее не применявшихся для задач информационной поддержки управления безопасностью региональных социально-экономических систем, является технология мультиагентных систем [2].

Использование технологии одноранговых мультиагентных информационных систем, построенных на базе сервис-ориентированной архитектуры SOA (Service-Oriented Architecture) [7], с поддержкой облачных и веб-сервисов позволяет создать адекватную среду информационно-аналитической поддержки задач управления и принятия решений в сфере региональной безопасности, учитывая распределенность, динамичность и структурную сложность компонентов региональных систем. Основу сервис-ориентированного подхода составляет принцип агентной ориентации, который заключается в использовании в качестве компонентов распределенных информационных систем интеллектуальных агентов и веб-сервисов,

автономно функционирующих и обладающих целенаправленным поведением.

При таком подходе обеспечивается возможность виртуализации процессов управления отдельными составляющими региональной безопасности за счет делегирования интеллектуальным про-активным агентам функций информационного мониторинга за состоянием различных показателей региональной безопасности и управления рисками. На основе коалиционных взаимодействий агентов возможно обеспечить адаптивное моделирование и координацию целенаправленной деятельности субъектов управления безопасностью, а также динамическое конфигурирование информационной инфраструктуры региональной безопасности. Формирование коалиций агентов, согласно [27] - это один из подходов конфигурирования виртуальных организационных структур безопасности под конкретную задачу управления безопасностью региона посредством применения согласованных стратегий, временная логика которых зависит от динамически меняющихся условий.

Для решения задач информационной поддержки и координации децентрализованного управления региональной безопасностью в динамически изменяющихся условиях на основе формирования мультиагентной среды информационно-аналитической поддержки предложено использовать принципы сетцентрического управления и синергетического подхода.

Сетцентрический подход [5] предполагает использование сетевой структуры организационного управления с выделенными управляющими центрами и обеспечивает создание общего информационного поля (целостной виртуальной среды) на основе интеграции функционального и вычислительного потенциала разнородных проблемно-ориентированных информационных систем для решения задач управления сложными динамическими системами.

Реализация синергетического подхода [31] к управлению сложными открытыми нелинейными системами (характеризующимися свойствами энтропии, неустойчивости, неравновесности, бифуркации, катастрофы и самоорганизации) на базе мультиагентных технологий заключается в формировании коалиций агентов в результате самоорганизации и коллективной адаптации агентов к изменяющимся условиям среды. Это обеспечивает возможность перехода от закрытых иерархических структур с жесткими связями и централизованным управлением к открытым сетевым виртуальным организационным структурам с гибкими связями и децентрализованным управлением.

Для формализации задач управления региональной безопасностью в ходе исследования предложено использовать технологию концептуального моделирования [6, 25]. Технология обеспечивает комплексное формальное представление структуры предметной области, решаемых задач и исполнительных среды информационно-аналитической поддержки. Концептуальные модели формируются на основе формализации субъективных представлений (знаний) экспертов о системе и/или ситуации. Модели являются базой для создания полимодельных комплексов, входящих в состав средств поддержки принятия решений по управлению сложными динамическими системами.

Для практической реализации концептуальных моделей предлагаются инструментальные средства построения онтологий [28]. Онтологии обеспечивают структуризацию, формализацию и унификацию представления знаний с целью их многократного и гибкого использования в информационных системах.

Эффективным подходом к моделированию региональных систем является метод системной динамики [32]. Метод применяется для исследования динамически сложных систем с множественными и, как правило, неоднородными обратными связями, что затрудняет применение аналитических методов для их моделирования. Важным достоинством инструментальных средств системно-динамического моделирования является возможность оперативной модификации не только параметров модели, но и ее структуры непосредственно в ходе реализации вычислительного эксперимента. Отмеченные аспекты и имеющийся мировой опыт позволяют констатировать большой потенциал приложения метода системной динамики к задачам управления безопасностью развития региональных систем, характеризующихся сложностью, большой длительностью развития, слабой формализованностью и новизной ситуаций.

Результаты анализа применимости существующих методов и подходов для решения комплекса задач информационной поддержки управления региональной безопасностью, сформулированных в первой части статьи [20], представлены в табл. 2.

Используемые обозначения в табл. 2:

СУУ – стратегический уровень управления;  
 ОСУУ – оперативно-стратегический уровень управления;  
 ОТУУ – оперативно-тактический уровень управления;  
 ТУУ – тактический уровень управления;  
 ОСУБ – организационные структуры управления безопасностью;

Таблица 2

Методы и подходы исследования и решения задач информационного обеспечения региональной безопасности на разных уровнях управления

	Задачи информационной поддержки управления региональной безопасностью									
	СУУ		ОСУУ			ОТУУ		ТУУ		
Методологическая база для исследования и решения	Управление знаниями и компетенциями	Формирование ОСУБ	Ситуационный анализ и прогнозирование	Синтез траекторий управления	Оценка результативности реализации антикризисных мероприятий	Мониторинг показателей безопасности	Оценка эффективности ОСУБ	Реконфигурация ОСУБ	Выбор акторов и исполнительных ресурсов	Согласование планов совместных действий
Концептуальное моделирование [В.А. Путилов, В.В. Фильчаков и др.]	+	+		+				+	+	+
Метод системно-динамического моделирования [Дж. Форрестер, Д. Медоуз, В.А. Геловани, А.В. Горохов и др.]			+	+	+	+	+			+
Технология мультиагентных систем [М. Wooldrige, N.Jennings, Г.С. Осинцов, В.И. Городецкий и др.]		+	+		+	+		+	+	+
Теория иерархических многоуровневых систем [М. Месарович, Д.Мако, И.Такахара, W. Findeisen и др.]				+			+			+
Методы на основе дескрипционных логик [А. Tarski, Л.А. Калинин и др.]	+	+							+	
Методы вербального анализа решений [О.И. Ларичев, А.Б. Петровский и др.]			+	+	+					
Методы управления онтологиями и контекстом [А.В. Смирнов, В.Ф. Хорошевский, К. Clark, В. Parsia и др.]	+	+						+	+	+
Когнитивное моделирование и методы Data Mining [R. Axelrod, Е.П. Велихов, В.В. Кульба, Г.Г. Малшницкий и др.]			+	+	+	+	+			
Методы оценки уязвимости критически важных объектов на основе совместного осознания ситуации: SAGAT, PSAQ, SART, MHVM [M. Endsley, D. Garland, N. Jones, С.В. Клименко и др.]	+		+		+	+	+			
Методы Форсайта и интегрального макропрогнозирования [В. Martin, R. Popper, Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец, А.И. Агеев и др.]			+	+	+		+			
Метод SWOT-анализа [K. Andrews, L. Christensen, W. Guth и др.]			+		+		+			
Метод стратегического планирования на основе "дорожных карт" [M. Garcia, O. Bray и др.]				+						+
<b>Предлагаемый когнитивный подход, основанный на интеграции методов КМ, СДМ, МАС и ТИМС</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

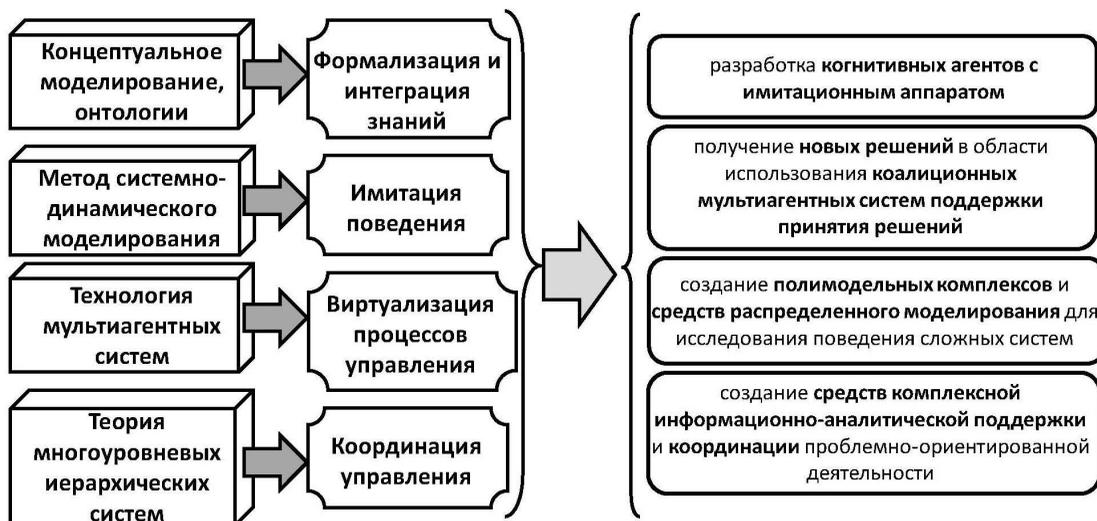


Рис. 2. Отличительные особенности когнитивного подхода к решению задач информационной поддержки управления региональной безопасностью

КМ – концептуальное моделирование;  
СДМ – системно-динамическое моделирование;  
МАС – мультиагентные системы;  
ТИМС – теория иерархических многоуровневых систем.

По результатам анализа возможностей применимости современных методов и технологий для решения комплекса задач информационной поддержки и координации процессов принятия решений на стратегическом, оперативном-стратегическом, оперативном-тактическом и тактическом уровнях управления региональной безопасностью в работе предлагается когнитивный подход к решению проблемы сетцентрического 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. 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. Отличительные особен-

ности когнитивного подхода к решению задач информационной поддержки управления региональной безопасностью отражены на рис. 2.

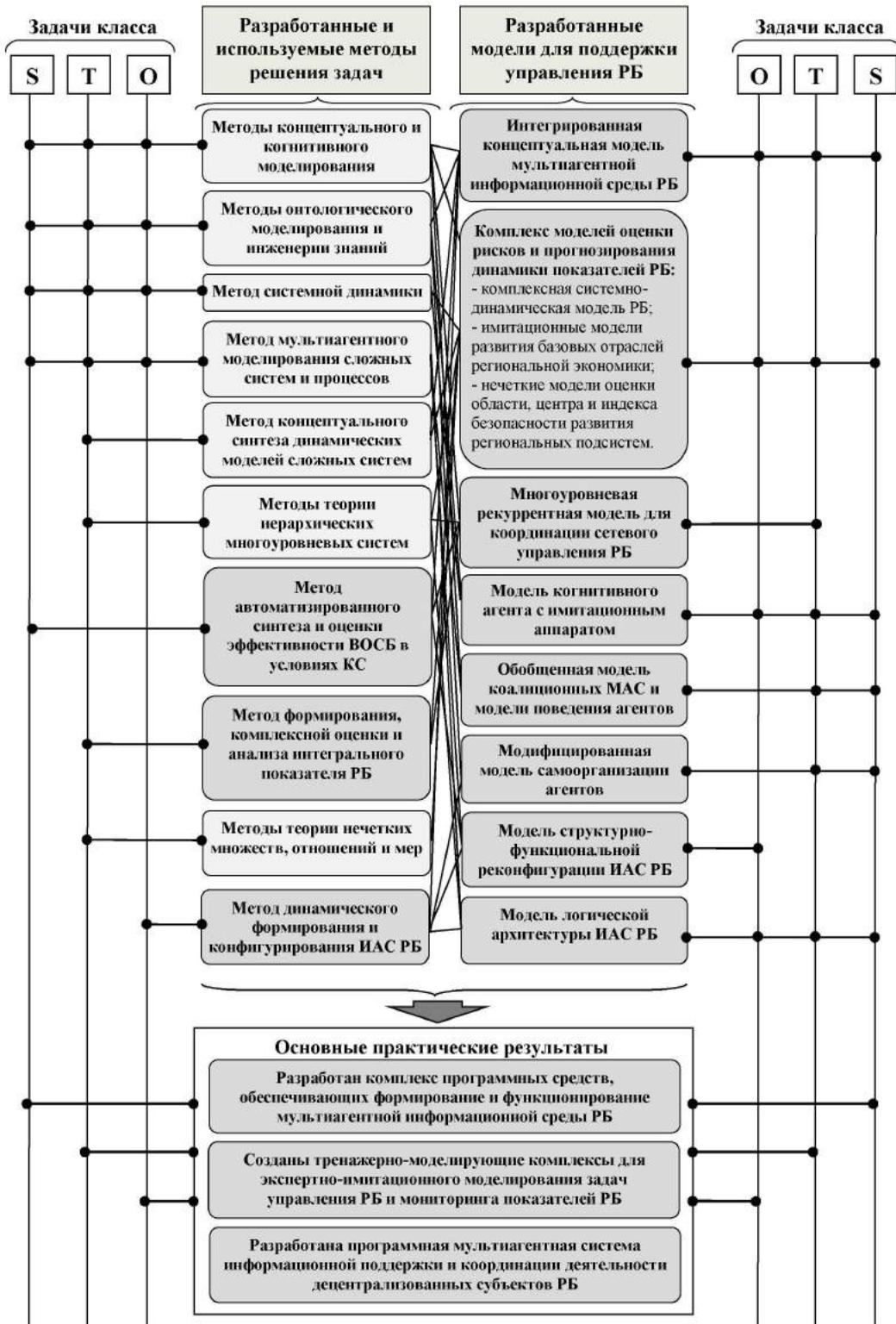
На базе предложенного подхода разработана методология решения проблемы сетцентрического управления безопасностью развития региональных социально-экономических систем, обеспечивающая повышение эффективности деятельности субъектов безопасности за счет комплексного информационного обеспечения, координации и автоматизации процессов управления региональной безопасностью.

Общая схема методологии решения проблемы сетцентрического управления региональной безопасностью приведена на рис. 3. На рис. 3 также отражено соотношение классов решаемых задач информационной поддержки на разных уровнях управления и используемых и разработанных моделей и методов. Используемые на рис. 3 обозначения: 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 оперативном-стратегическом и оперативном-тактическом уровнях управления.

РБ – региональная безопасность;  
ИАС – информационно-аналитическая среда.

### 3. Средства реализации методологии информационной поддержки управления региональной безопасностью

Инструментальная база методологии, обеспечивающей комплексное решение задач инфор-



**Обозначения:** – разработанные модели, методы и программные средства;  
 – используемые известные методы.

**Рис. 3.** Общая схема методологии решения проблемы сетцентрического управления региональной безопасностью

мационной поддержки управления региональной безопасностью на всех уровнях принятия решений, включает следующие модели, методы и программные разработки:

#### 1. Модельный инструментарий:

- *Интегрированная концептуальная модель мультиагентной информационной среды региональной безопасности* [19], являющаяся формальной базой для автоматизации и имитационного моделирования процессов управления региональной безопасностью. В модели совмещаются формализованные модели предметной области «региональная безопасность» и исполнительской среды информационно-аналитической поддержки процессов управления региональной безопасностью. Модель обладает когнитивными свойствами и обеспечивает, с одной стороны, семантическую интероперабельность информационных систем региональных ситуационно-кризисных центров, образующих целостную информационную инфраструктуру безопасности региона, а с другой – основу для реализации процедур автоматизированного синтеза и анализа мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью в разнотипных кризисных ситуациях. Практическая реализация концептуальной модели выполнялась средствами языка онтологического моделирования OWL (Web Ontology Language) в инструментальной среде разработки онтологий Protégé. Созданная прикладная онтология 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 высокую степень детализации, что обеспечивает целостное формализованное представление состава объектов и субъектов, участвующих в процессах обеспечения региональной безопасности на всех уровнях управления (стратегическом, оперативном, тактическом), и отношений между ними.
- *Агентная многоуровневая рекуррентная иерархическая модель региональной безопасности* [22], предназначенная для координации сетевидного управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Специфика модели заключается в использовании функционально-целевой технологии [8] и математического аппарата теории иерархических многоуровневых систем [23] для реализации процедур согласования локальных

решений сетевидного управления. Сетевидность предполагает сетевую структуру организационного управления с выделенными управляющими центрами. Для согласования целей всех субъектов управления система обеспечения региональной безопасности представляется сетью с выделенными организационными центрами управления. Модель обеспечивает координацию показателей региональной безопасности, оптимизируемых различными элементами многоуровневых систем управления, в условиях децентрализованного принятия решений. В модели совмещаются координация путем развязывания взаимодействий и создание коалиций между агентами на разных уровнях управления [21]. Самоорганизация агентов в коалиции и согласование локальных решений сетевидного управления обеспечивают сокращение времени на выработку и реализацию решений системы организационного управления региональной безопасностью.

- *Комплекс имитационных моделей прогнозирования региональной безопасности* [18], основанный на оригинальной системе показателей. Предложенная система показателей создана в результате обобщения существующих индикаторных систем и формирования интегральных показателей, полученных путем свертки ряда групп общепринятых индикаторов безопасности. Имитационное моделирование динамики показателей обеспечивает получение как интегральной оценки безопасности региона, так и отдельных ее составляющих. Мониторинг показателей осуществляется с применением автономных программных агентов в режиме реального времени. Модели разработаны с использованием инструментальных сред моделирования Powersim и Anylogic.
- *Модель функциональной организации интеллектуальных агентов с имитационным аппаратом*, имеющих гибридную архитектуру [10]. Имитационный аппарат представляет собой полную или упрощенную модель среды, в которой функционирует агент, рекуррентно вызываемую в процессе моделирования, и обеспечивает локальный прогноз результатов его потенциальной активности. В качестве средства реализации имитационного аппарата используются системно-динамические модели. Реализация имитационного аппарата в составе архитектуры интеллектуальных агентов расширяет их адаптационные и функциональные возможности, повышает их автономность. От-

личие предлагаемой модели функциональной организации интеллектуальных 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. Используя имитационный аппарат, агенты становятся способными самостоятельно пополнять знания о внешней среде и корректировать стратегию своего поведения, активизируя те или иные алгоритмы управления в зависимости от текущей ситуации.

## 2. Методический инструментарий:

- *Метод автоматизированного синтеза спецификаций мультиагентных моделей организационных структур управления региональной безопасностью* в разнотипных кризисных ситуациях [12]. Метод основан на совместном анализе семантического описания решаемых задач, информационных ресурсов и сервисов агентов и поддерживает использование слабоструктурированных неполных исходных данных. Метод обеспечивает динамическое формирование коалиций агентов и ассоциированных с ними виртуальных ресурсов, адекватных решаемым задачам управления безопасностью, что повышает эффективность информационного обеспечения деятельности субъектов управления безопасностью и оперативность принятия решений на этапе планирования совместных антикризисных мероприятий.
- *Метод комплексной оценки интегрального показателя безопасности региональных социально-экономических систем* [13], основанный на формировании и анализе матрицы показателей региональной безопасности и обеспечивающий индикаторную оценку региональной безопасности при различных сценариях развития региона на основе экспертно-имитационного моделирования. Метод использует имитационные модели прогнозирования и информационные технологии мониторинга показателей региональной безопасности с применением интеллектуальных агентов.
- *Метод и средства мультиагентной виртуализации процессов управления региональной безопас-*

*ностью*, обеспечивающие адаптивное моделирование целенаправленного поведения каждого субъекта управления безопасностью как автономного про-активного агента с собственными интересами и целями на всех уровнях принятия решений. 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. В методе реализуется комбинированный алгоритм обучения агентов, основанный на интеграции модели коллективного обучения с подкреплением (Q-learning) по принципу муравьиной колонии (Swarm Intelligence) и системно-динамической модели внешней среды, реализуемых в имитационном аппарате агентов. Это обеспечивает повышение оперативности решения пользовательских задач агентами в условиях неполных слабоструктурированных исходных данных, а также результативности поисковых функций и аналитической обработки информации, реализуемых агентами.

- *Мультиагентная технология информационного мониторинга угроз региональной безопасности*, предназначенная для анализа и синтеза сценариев антикризисного управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Технология использует формализованные модели жизненного цикла угроз региональной безопасности и модели интеллектуальных агентов для сбора и обработки информации о влиянии изменяющихся угроз на состояние региональных систем. Технология обеспечивает автоматизированное формирование матрицы показателей региональной безопасности и прогнозирование динамики показателей в режиме реального времени.
- *Технология формирования спецификаций мультиагентной среды комбинированного экспертно-имитационного моделирования в задачах управления региональной безопасностью* [3]. Используются алгебраические модели мультиагентных коалиционных систем, что обеспечивает единство концептуального, математического и имитационного моделирования многоуровневых распределенных систем сетцентрического управления региональной без-

опасностью. Технология реализует процедуры автоматизированного синтеза мультиагентных моделей сложных динамических системы. Это позволяет расширить спектр сценариев моделирования региональных кризисных ситуаций, что повышает информационную обеспеченность и обоснованность принятия управленческих решений.

- *Мультиагентная технология динамического формирования и конфигурирования виртуальной среды региональной безопасности* [11], основанная на использовании модифицированной модели самоорганизации в одноранговых распределенных системах на основе градиентных вычислительных полей для реализации процедур формирования коалиций агентов и ассоциированных с ними информационных ресурсов. Технология позволяет проводить автоматизированный синтез и реконфигурирование информационной среды региональной безопасности в динамически изменяющихся условиях. Этим обеспечивается повышение автономности и эффективности взаимодействия интегрируемых разнородных программных компонентов региональных информационных систем обеспечения безопасности.

### 3. Программный инструментарий:

- *Одноранговая агентная платформа* для распределенного моделирования управления региональной безопасностью и поддержки функционирования программных агентов разнотипных субъектов безопасности. Платформа построена на базе сервис-ориентированной архитектуры.
- *Программная мультиагентная система информационной поддержки управления региональной безопасностью*, обеспечивающая формирование виртуальных организационных структур для информационной поддержки управления экономической, экологической, кадровой и инновационной безопасностью региона. Агенты системы разработаны на языке Java с использованием платформы JADE и специального программного обеспечения для разработки прикладных многоагентных систем - AgentBuilder и Cougaar.
- *Программный тренажерно-моделирующий комплекс для прогнозирования и сценарного анализа социально-экономического развития региона*, позволяющий оценить и исследовать динамику показателей региональной безопасности.
- *Мультипредметная веб-ориентированная информационная система Ru-Arctic*, реали-

зующая унифицированную точку доступа к ресурсам и сервисам информационной среды региональной безопасности.

- *Профессиональная социальная сеть BarentsNet*, обеспечивающая автоматизированный поиск субъектов управления региональной безопасностью и их виртуальное сотрудничество в распределенной информационной среде.
- *Тренажерно-моделирующий комплекс «Виртуальный когнитивный центр»* для распределенного экспертно-имитационного моделирования развития региональных кризисных ситуаций и координации сетевидного управления региональной безопасностью, реализованный в виде гибридного облачного сервиса.

Предложенная методология и практические разработки обеспечивают решение проблемы повышения эффективности сетевидного управления безопасностью региональных социально-экономических систем за счет формирования адаптивной расширяемой многофункциональной информационной инфраструктуры региональной безопасности и применения средств информационной поддержки и координации деятельности субъектов безопасности на всех уровнях управления.

## Заключение

В работе исследована проблематика обеспечения региональной безопасности в условиях децентрализованного управления на примере Арктической зоны России. Проведена оценка применимости современных методов и средств для повышения эффективности сетевидного управления безопасностью этого региона.

На основе интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования многоуровневых распределенных систем разработана методология комплексной информационной поддержки и координации сетевидного управления региональной безопасностью на трех уровнях принятия управленческих решений: стратегическом, тактическом, оперативном. Методология обеспечила создание комплекса программных средств, реализующих мультиагентную информационную среду региональной безопасности. Комплекс использован для решения ряда практических задач в области информационного обеспечения экономической, экологической, кадровой и инновационной безопасности Мурманской области.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№15-29-06973-офи-м, №15-07-04290-а).

### Литература

1. *Афанасьев А.П. и др.* Информационно-аналитическая система для принятия решений на основе сети распределенных ситуационных центров // Информационные технологии и вычислительные системы. 2010. №2. С. 3-14.
2. *Городецкий В.И.* Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта. 1996. №1. С. 44-59.
3. *Горохов А.В., Маслобоев А.В., Олейник А.Г.* Технология формирования спецификаций среды имитационного моделирования задач управления // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2013. №3(19). С. 55-70.
4. *Десятов И.В. и др.* Когнитивные центры как информационные системы для стратегического прогнозирования // Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. №1. С. 65-81.
5. *Душкин Д.Н., Фархадов М.П.* Сетевые технологии: эволюция, текущее положение и области дальнейших исследований // Автоматизация и современные технологии. 2012. №1. С. 21-29.
6. *Емельянов С.В., Попков Ю.С., Олейник А.Г., Путилов В.А.* Информационные технологии регионального управления. М.: Едиториал УРСС, 2004. 400 с.
7. *Жебрун Н.Н.* Использование сервис-ориентированных архитектур при построении информационных систем // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2005. №10. С.249-254.
8. *Кузьмин И.А., Путилов В.А., Фильчаков В.В.* Распределенная обработка информации в научных исследованиях. Л.: Наука, 1991. 304 с.
9. *Малинецкий Г.Г., Маненков С.К., Митин Н.А., Шишов В.В.* Когнитивный вызов и информационные технологии // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2010. №46. 28 с.
10. *Маслобоев А.В.* Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. 2009. Т. 12. №1. С. 113-125.
11. *Маслобоев А.В.* Когнитивная технология динамического формирования и конфигурирования проблемно-ориентированных мультиагентных виртуальных пространств // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. 2013. Т.16. №4. С. 748-760.
12. *Маслобоев А.В.* Метод автоматизированного синтеза виртуальных организационных структур для задач управления региональной безопасностью // Программные продукты и системы. 2013. №4(104). С. 141-149.
13. *Маслобоев А.В.* Метод комплексной оценки и анализа глобальной безопасности региональных социально-экономических систем на основе когнитивного моделирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. №5(87). С. 154-164.
14. *Маслобоев А.В.* Мультиагентная информационно-аналитическая среда поддержки управления региональной безопасностью «Безопасный Виртуальный Регион» // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. №4(86). С. 128-138.
15. *Маслобоев А.В.* Проблемы информационной поддержки управления глобальной безопасностью Арктической зоны России // Геополитика и безопасность. 2013. №3(23). С. 60-71.
16. *Маслобоев А.В.* Разработка социальной сети VarentsNet для задач информационного обеспечения безопасности и инновационного развития арктических регионов // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. 2014. Т.17. №3. С. 523-530.
17. *Маслобоев А.В.* Реализация трансграничных ИТ-проектов в сфере информационного обеспечения комплексной безопасности развития арктических регионов: состояние и перспективы // Информационные ресурсы России. 2014. №3(139). С. 13-20.
18. *Маслобоев А.В.* Состав и структура системно-динамической модели глобальной безопасности арктического региона // Вести высших учебных заведений Черного моря. 2013. №4(34). С. 43-53.
19. *Маслобоев А.В., Путилов В.А.* Концептуальная модель интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития региона // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. 2011. Т.14. №4. С. 842-853.
20. *Маслобоев А.В., Путилов В.А.* Развитие методологии сетевых технологий управления региональной безопасностью. Часть 1. Системный анализ проблемы // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2016.

21. *Маслобоев А.В., Путилов В.А., Сютин А.В.* Координация в многоуровневых сетцентрических системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т.15. №1. С. 130-138.
22. *Маслобоев А.В., Путилов В.А., Сютин А.В.* Многоуровневая рекуррентная модель иерархического управления комплексной безопасностью региона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. №6(94). С. 163-170.
23. *Месарович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 343 с.
24. *Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.
25. *Олейник А.* Концептуальное моделирование региональных систем. Издательский Дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 204 с.
26. *Райков А.Н.* Сеть ситуационных центров – новая волна // Научно-техническая информация. Сер. 2. 2009. №11. С. 10-17.
27. *Смирнов А.В., Шереметов Л.Б.* Модели формирования коалиций кооперативных агентов: состояние и перспективы исследований // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. №1. С.36-48.
28. *Смирнов А.В.* Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации (часть 1) // Новости искусственного интеллекта. 2002. №1(49). С. 3-13.
29. *Смирнов А.И. и др.* Глобальная безопасность: инновационные методы анализа конфликтов. М.: Общество «Знание» России, 2011. 272 с.
30. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. <http://government.ru/news/432>
31. *Тарасов В.Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.
32. *Форрестер Дж.* Мирровая динамика. М.: Наука, 1978. 165 с.

**Маслобоев Андрей Владимирович.** С.н.с. ИИММ КНЦ РАН. К.т.н., доцент. Окончил в 2006 г. Петрозаводский ГУ. Количество печатных работ: 121. Область научных интересов: методы проектирования распределенных информационных систем, многоагентные системы, P2P и GRID технологии, интеллектуальные системы поддержки принятия решений в задачах управления развитием региональных социально-экономических систем, региональная безопасность. E-mail: [masloboev@iimm.ru](mailto:masloboev@iimm.ru)

**Путилов Владимир Александрович.** Директор ИИММ КНЦ РАН. Д.т.н., профессор. Окончил в 1971 г. Ленинградский институт авиационного приборостроения. Количество печатных работ: 211, в т.ч. 9 монографий. Область научных интересов: функционально-целевой синтез и анализ моделей системной динамики и автоматизированное проектирование информационных технологий для управления сложными трудноформализуемыми системами. E-mail: [putilov@iimm.ru](mailto:putilov@iimm.ru).