Проблемы и технологии формирования виртуального пространства региона для задач управления региональной безопасностью♣

А.В. Маслобоев

Кольский научный центр РАН,
Кольский филиал Петрозаводского государственного университета
masloboev@iimm.kolasc.net.ru

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы создания и использования виртуального пространства региона для управления рискоустойчивым региональным развитием. Технологической основой формирования виртуального пространства региона являются мультиагентные технологии, обеспечивающие возможность виртуализации процессов управления региональной безопасностью. Для информационной поддержки принятия решений и повышения уровня координации субъектов региональной безопасности разработан прототип сетецентрической мультиагентной информационно-аналитической среды поддержки управления региональной безопасностью «Безопасный Виртуальный Регион» с унифицированной точкой доступа на основе веб-технологий.

1. Введение

В настоящее время Арктическая зона РФ является объектом сферы национальных интересов ведущих мировых держав, что ослабляет позиции присутствия РФ в Арктике, владеющей значительными ее территориями, и формирует вектор угроз национальным интересам РФ в этом районе: геополитическим, социально-экономическим, оборонным, демографическим и экологическим. Повышение интереса к Российской Арктике обусловливает высокую актуальность темы защиты интересов РФ в Арктической зоне и выводит задачу обеспечения глобальной безопасности развития арктических регионов России на передний план, позиционируя ее как самостоятельную проблему, требующую научной проработки. Решение данной задачи затрудняется необходимостью интеграции, обработки и анализа большого объема разноплановой информации для различных ведомств, а также согласованности информационного взаимодействия соответствующих структур безопасности. В связи с этим, одним из приоритетных направлений государственной политики РФ в Арктике, согласно «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [1], является развитие сферы информационных технологий и связи. Реализация Арктической Стратегии по данному направлению предполагает создание комплексной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры для поддержки управления рискоустойчивым развитием территорий Арктической зоны РФ и входящих в ее состав регионов.

Анализ мер, осуществляемых РФ по развитию сферы информационных технологий для задач обеспечения различных видов безопасности (социально-экономической, промышленно-экологической кадровой и др.) в Российской Арктике, свидетельствует о том, что их эффективность существенно снижается отсутствием целостной информационно-аналитической среды для комплексного решения задач управления глобальной безопасностью арктических регионов, позволяющей повысить оперативность, достоверность и качество выдаваемой информации об обстановке в Арктической зоне РФ.

Таким образом, актуальной задачей является разработка новых и развитие существующих методов и средств информационно-аналитической поддержки управления глобальной безопасностью развития региональных социально-экономических систем (РСЭС) Арктической зоны РФ, подверженных влиянию множества разнородных внутренних и внешних факторов, а также технологий формирования и конфигурирования расширяемой многофункциональной информационной инфраструктуры безопасности арктических регионов, наделенной потенциалом к саморазвитию и самоорганизации. Информационно-аналитическая среда поддержки управления глобальной безопасностью арктических регионов, согласно [2], представляет собой комплекс проблемно-ориентированных, взаимоувязанных и взаимодействующих информационных и аналитических ресурсов и систем, а также технологическую и организационную инфраструктуру их создания и использования.

Интернет и современное общество: сборник научных статей XVI Всероссийской объединенной конференции IMS-2013, Санкт-Петербург, 9 - 11 октября 2013 г.

В статье рассматриваются проблемы и технологии виртуализации проблемно-ориентированной деятельности субъектов регионального управления на основе мультиагентного подхода [3] для задач обеспечения региональной безопасности.

2. Методологическая база иследования

Современный этап развития компьютерных наук обозначил новое перспективное направление в области создания технологий построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений - когнитивные информационные технологии [4]. Когнитивные технологии обеспечивают возможность формализации знаний об исследуемых объектах и процессах информатизации, анализ их структурной динамики и функциональной организации на основе имитации поведения, а также возможность виртуализации контуров управления данными объектами и процессами. Это обуславливает целесообразность применения когнитивного подхода и реализующих его технологий, в частности, технологии мультиагентных систем [5], в качестве основы для автоматизации процессов управления региональной безопасностью.

Агентные технологии являются достаточно эффективным инструментом для решения широкого круга трудноформализуемых задач в различных предметных областях, связанных с управлением организационными и техническими системами, характеризующимися динамичностью, разнообразием и сложностью входящих в их состав компонентов, а также огромными объемами потоков циркулирующей разноплановой информации и высокими требованиями к времени ее обработки.

Методология когнитивного моделирования [6] ориентирована на анализ и поддержку принятия решений в сложных ситуациях для систем, характеризующихся многоаспектностью происходящих в них процессов (экономических, социальных и т.д.) и их взаимосвязанностью, динамичностью и высокой степенью неопределенности, отсутствием достаточной количественной информации о динамике протекающих в них процессов, что вынуждает переходить к качественному анализу таких систем. В силу указанных особенностей социально-экономические системы относятся к классу слабоструктурированных систем. В данном случае когнитивный подход к анализу слабоструктурированных систем основан на моделировании субъективных представлений (знаний) экспертов о системе и/или ситуации в виде концептуальных моделей [7], являющихся базой для создания полимодельных комплексов, входящих в состав средств поддержки принятия решений по управлению сложными динамическими системами и процессами.

В ходе исследований предложен новый когнитивный подход к решению задач управления безопасностью РСЭС, основанный на интеграции методов концептуального, системно-динамического и мультиагентного моделирования. Предлагаемый подход (рис. 1) и реализующие его методы обеспечивают основу для получения качественно новых решений в области создания средств информационно-аналитической поддержки управления развитием сложных динамических систем и процессов различной природы, а также возможность разработки когнитивных информационных технологий построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сфере управления безопасностью РСЭС в слабоструктурированных ситуациях.

Рис. 1. Отличительные особенности когнитивного подхода к решению задач информационной поддержки управления региональной безопасностью

Применение мультиагентного подхода для задач управления рискоустойчивым региональным развитием позволяет создать адекватную информационно-аналитической среду поддержки управления безопасностью функционирования РСЭС, учитывая распределенность, динамичность и структурную сложность образующих их подсистем. При таком подходе представляется возможность реализовать виртуализацию функций управления отдельными составляющими региональной безопасности за счет делегирования их интеллектуальным про-активным агентам, а на основе проблемно-ориентированных коалиционных взаимодействий агентов обеспечить самоорганизацию и эффективное функционирование мультиагентной виртуальной среды безопасности региона и ее компонентов. Формирование коа-

лиций агентов - это один из эффективных подходов синтеза и динамического конфигурирования виртуальных организационных структур под возникающие задачи управления безопасностью региона в кризисных ситуациях с учетом динамически меняющихся условий.

3. Мультиагентная виртуальная среда региональной безопасности

На сегодняшний день в условиях современных глобализационных процессов и тенденций развития информационно-коммуникационных технологий адекватным подходом к управлению безопасностью РСЭС является неявное управление через создание эффективной сетецентрической информационной инфраструктуры региональной безопасности, обеспечивающей информационное сопровождение процессов управления рискоустойчивым региональным развитием и способствующей формированию механизмов упреждающего реагирования на возможные кризисные ситуации и потенциальные угрозы, возникающие на треке развития региона. Одним из вариантов реализации такой инфраструктуры является виртуальная информационно-аналитическая среда региональной безопасности [2]. Одной из главных задач виртуальной среды региональной безопасности является удовлетворение информационных потребностей и обеспечение согласованного информационного взаимодействия субъектов и организационных структур безопасности посредством оперативного и своевременного предоставления соответствующих информационных ресурсов (данных) и сервисов для решения задач управления региональной безопасностью в кризисных ситуациях. Для этого в рамках виртуальной среды региональной безопасности должны формироваться потенциально эффективные проблемно-ориентированные виртуальные организационные структуры, способные участвовать в решении определенных классов задач управления региональной безопасностью с учетом специфики возникающих кризисных ситуаций, согласованности целей взаимодействия входящих в их состав компонентов, временных и ресурсных ограничений.

Проблемно-ориентированные организационные структуры представляют собой согласованно взаимодействующую совокупность субъектов безопасности, каждый из которых обладает целенаправленным поведением, имеет необходимый набор компетенций и ресурсов для реализации некоторого процесса или функции в направлении решения конкретных задач, что в совокупности ведет к достижению общей цели формирования структуры – локализации возникшей кризисной ситуации в процессе совместного решения определенных в рамках нее задач. Таким образом, процесс управления региональной безопасностью в кризисных ситуациях может быть частично автоматизирован путем реализации метода виртуализации проблемно-ориентированной деятельности субъектов безопасности, основанного на формировании допустимых виртуальных организационных структур безопасности и предварительного оценивания их потенциальной эффективности в смысле разрешимости той или иной ситуации.

Субъекты безопасности являются автономными про-активными сущностями и обладают целенаправленным поведением, что обеспечивает предпосылки для виртуализации их проблемно-ориентированной деятельности посредством программных мобильных агентов. Агенты обеспечивают имитацию деятельности субъектов безопасности в распределенной виртуальной среде поддержки управления региональной безопасностью, предоставляют информационные сервисы другим агентам, реализуют поиск потенциальных субъектов совместной деятельности и участвуют в формировании коалиций для решения задач управления безопасностью в кризисных ситуациях.

В ходе исследований разработан прототип мультиагентной виртуальной информационно-аналитической среды поддержки управления региональной безопасностью «Безопасный Виртуальный Регион» (МИАС БВР) [2] с унифицированной точкой доступа на основе веб-технологий. Ядро и компоненты распределенной информационной среды образуют иерархическое виртуальное пространство региона, как интеграционную площадку для проблемно-ориентированных ситуационно-коалиционных мультиагентных систем поддержки управления рискоустойчивым региональным развитием.

3.1. Архитектура и особенности технологической реализации МИАС БВР

Специфическими особенностями синтезируемой МИАС БВР являются: мультиагентная реализация, сетецентрическая организация, децентрализация функций управления, наличие средств интеграции разнородных информационных и исполнительных ресурсов, синергетические и когнитивные свойства (самоорганизация компонентов на основе коалиционных взаимодействий когнитивных агентов и адаптация к динамике внешней среды). Информационно-технологическая модель и функциональные компоненты МИАС БВР представлены на рис. 2.

Сетецентрический подход [8] обеспечивает создание общего информационного поля (целостной виртуальной среды) для интеграции функционального и вычислительного потенциала разнородных проблемно-ориентированных информационных систем при решении задач управления сложными динамическими системами. Основу сетецентрического подхода к проектированию распределенных информационных систем составляет сервис-ориентированная архитектура (SOA - Service-Oriented Architecture) [9].

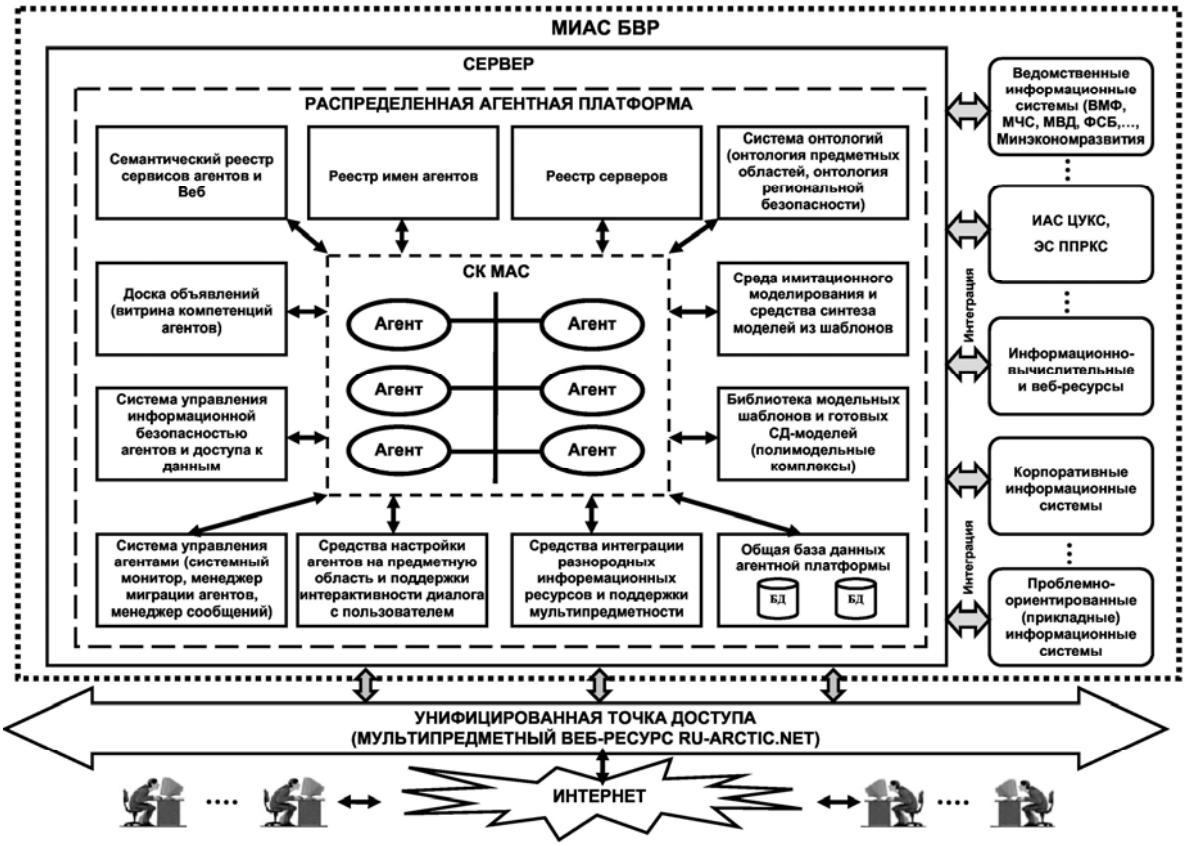

Рис. 2. Архитектура и функциональные компоненты МИАС БВР

Реализация *синергетического подхода* [10] к управлению в мультиагентных виртуальных системах заключается в формировании коалиций агентов в результате самоорганизации и коллективной адаптации агентов к изменяющимся условиям среды. Эволюция мультиагентной виртуальной среды за счет внутренних механизмов самоорганизации ее активных элементов (агентов) — проявление синергетического эффекта. 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.

Основное назначение МИАС БВР – удовлетворение информационных потребностей и обеспечение согласованного информационного взаимодействия субъектов и организационных структур безопасности посредством оперативного и своевременного предоставления соответствующих информационных ресурсов (данных) и сервисов для решения задач управления региональной безопасностью. Средством коммуникации субъектов безопасности с МИАС БВР и друг с другом являются их онлайновые автоматизированные рабочие места и их виртуальные представители в МИАС БВР — когнитивные программные агенты соответственно, функциональная структура и компонентный состав которых непосредственно и взаимно влияют на архитектуру и функционирование МИАС БВР. Доступ к ресурсам МИАС БВР и виртуальное сотрудничество субъектов безопасности в единой информационной среде осуществляется через унифицированную точку доступа, реализованную в виде интегрированного Арктического Интернет-портала RU-Arctic (www.ru-arctic.net), представляющего собой мультипредметный веб-ресурс, в рамках которого представляется возможным связать действующие системы ситуационно-кризисных и когнитивных центров управления безопасностью в Арктике, а также интегрировать в единое целое разнообразные информационные и аналитические ресурсы арктической направленности. Функциональная структура и компоненты системы RU-Arctic представлены на рис. 3.

3.2. Базовые программные компоненты МИАС БВР

МИАС БВР, основанная на разработанных в ходе исследований проблемно-ориентированных когнитивных моделях и информационных технологиях, представлена следующими практическими разработками:

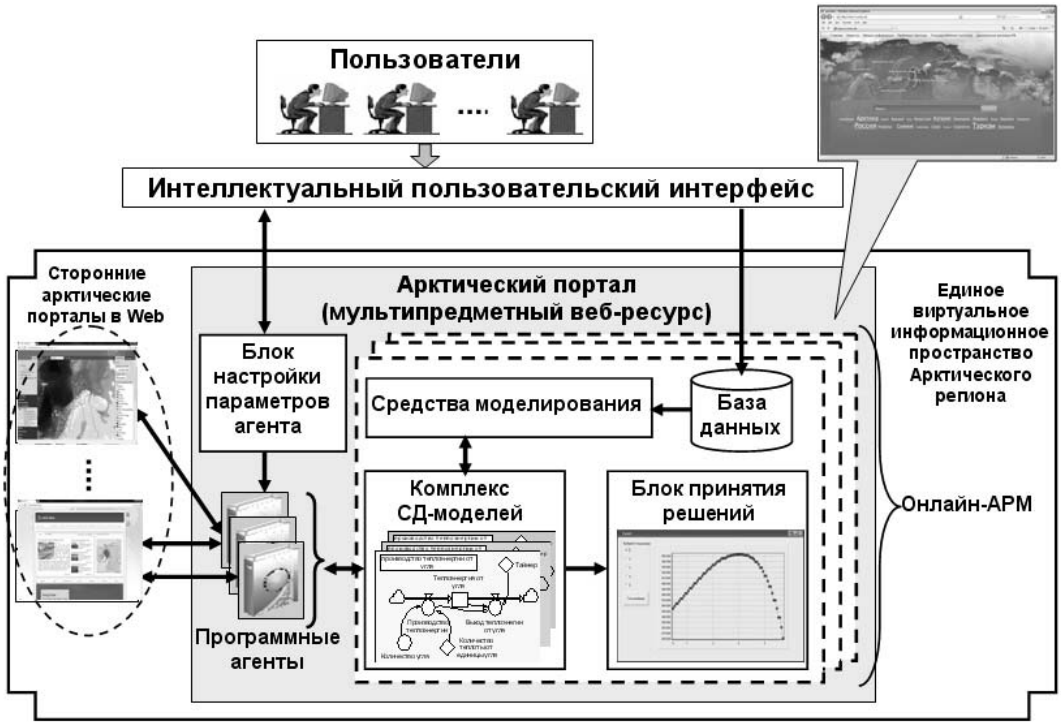

Рис. 3. Функциональная структура и компоненты системы RU-Arctic.net

1) *Распределенная агентная платформа* [11], представляющая собой совокупность функциональных модулей, обеспечивающих создание и использование полимодельных комплексов поддержки управления безопасностью, а также компонентов среды исполнения и поддержки функционирования когнитивных программных агентов в распределенной информационной среде. В рамках агентной платформы реализуется информационная технология дистанционного формирования моделей и управления процессом имитационного моделирования, обеспечивающая синтез имитационных моделей сложных систем на базе системно-динамических моделей их типовых составляющих - модельных шаблонов. Это позволяет расширять состав полимодельных комплексов для их последующего использования в процессе реализации аналитических, прогностических и когнитивных (познавательных) функций агентов системы.

Специализированными компонентами распределенной агентной платформы являются:

- средства формирования отдельных подмоделей с помощью разных методов моделирования и их интеграции в общий полимодельный комплекс;
- средства, обеспечивающие согласование и выбор общесистемного шага моделирования для различных подмоделей;
- процедуры формирования и исполнения подмоделей внутри имитационного аппарата когнитивных агентов;
- средства автоматизированной обработки результатов моделирования;
- средства интеграции (консолидации) результатов моделирования в разрезе конкретной решаемой задачи.

Архитектура агентной платформы также включает функциональные модули, реализующие внутреннюю логику функционирования агентов, протоколы межагентных коммуникаций, а также процедуры формирования коалиций агентов и модели управления их совместной деятельностью, средства обеспечения информационной безопасности агентов и данных, которыми они оперируют, алгоритмы миграции агентов, средства интеграции разнородных информационных ресурсов.

2) *Сетецентрическая мультиагентная система информационно-аналитической поддержки управления региональной безопасностью*, представляющая собой множество взаимосвязанных активных программных компонентов, реализующих функции разнотипных агентов субъектов безопасности 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. Для уменьшения нагрузки на информационно-коммуникАционную инфраструктуру в ходе межагентных коммуникаций и обмена данными, в системе используются два типа агентов – мобильные агенты, способные перемещаться между узлами виртуальной среды для реализации локального поиска и обработки данных в пределах того или иного узла, и статичные агенты, технически реализуемые в виде локальных программ (.exe) или веб-сервисов. В качестве технологии реализации распределенной мультиагентной среды использована технология CORBA. Базо-

вые шаблоны программных агентов системы разработаны с помощью языка Java на базе платформа JADE (Java Agent Development Environment), поддерживающей стандарты FIPA-OS (Foundation for Intelligent Physical Agents) для реализации интеллектуальных агентов, в соответствии с методологией проектирования многоагентных систем GAIA. В качестве дополнительных средств для разработки спецификаций когнитивных агентов и их настройки на предметную область использованы инструментальной средства AgentBuilder и Cougaar (Cognitive Agent Architecture).

3) *Интегрированный Арктический Интернет-портала RU-Arctic* (www.ru-arctic.net), представляющий собой мультипредметный веб-ресурс и обеспечивающий унифицированную точку доступа к ресурсам МИАС БВР на основе веб-технологий.

При создании данного веб-ресурса использовались язык PHP, СУБД MySQL и технология Ajax. В качестве программного обеспечения, позволяющего управлять содержимым и структурой сайта использована CMS-система WordPress. Для работы с картографическими источниками данных (интерактивными электронными картами) и визуализации пространственной информации с территориальной привязкой в рамках портала использован веб-ориентированный картографический сервер с открытым исходным кодом – GeoServer, предоставляющий доступ к открытым геоинформационным веб-сервисам. Принципы построения и функциональной организации веб-ориентированных геоинформационных систем изложены в работе [12].

Мультипредметная сущность портала [13] обеспечивает возможность его использования различными категориями пользователей в не зависимости от профиля их деятельности и основывается на технологиях Semantic Web. Мультипредметность позволяет адаптировать систему под разнородных пользователей. Для этого в качестве моделей представления знаний в рамках системы используются онтологии различных предметных областей и ассоциированных с ними разнородных информационных ресурсов, а также средства их интеграции [14].

4) *Комплекс проблемно-ориентированных имитационных моделей*, образующих полимодельные комплексы, используемые агентами системы в качестве аналитических ресурсов в составе своего имитационного аппарата [15] для реализации прогностических функций и пополнения знаний о среде функционирования (когнитивная функция агентов). Для разработки системно-динамических и агентных моделей использовались инструментальные среды моделирования PowerSim [16] и Anylogic [17] соответственно.

5) *Онтология региональной безопасности*, построенная на основе разработанной формальной концептуальной модели интегрированной информационной среды поддержки управления глобальной безопасностью региона [7] и используемая в качестве базы знаний агентов системы. Онтология задает интеллектуальность когнитивного агента - чем точнее составлена онтология, чем более корректно обозначены связи, тем полнее агент представляет предметную область, для которой он существует. Созданная онтология реализована в терминах языка онтологического моделирования OWL. Так как разработка агентов системы выполнялась на базе платформы JADE, то для обеспечения возможности агентов работы с прикладными онтологиями использовалась специальная библиотека AgentOWL. Она обеспечивает создание и использование RDF/OWL онтологий в качестве моделей знаний агентов.

Функциональные возможности МИАС БВР дополняют интегрированные в ее состав прикладные пакеты программ и инструментальные средства, созданные в Институте информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, а именно: программная система информационного обеспечения кадровой безопасности региона на основе управления качеством высшего образования**,** программный комплекс автоматизации синтеза имитационных моделей сложных динамических систем, информационная система оценки экономических рисков сценариев развития моногорода и программная мультиагентная система информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности.

В совокупности, данные практические разработки обеспечивают построение расширяемой многофункциональной виртуальной сетецентрической среды, образующей целостную информационно-аналитическую инфраструктуру безопасности региона на базе существующих и вновь создаваемых проблемно-ориентированных информационных ресурсов и систем, а также средств автоматизированной обработки содержащихся в них данных.

Каждый субъект региональной безопасности имеет возможность создать в системе одного или нескольких программных агентов, которые представляют его компетенции в МИАС БВР. Для использования МИАС БВР субъектам региональной безопасности требуется:

- завести себе узел в виртуальном пространстве региона;
- подключиться через унифицированную точку доступа к МИАС БВР, либо через ведомственную информационную систему управления безопасностью, интегрированную в МИАС БВР;
- зарегистрировать себя и определить свои компетенции для создания онлайнового АРМ, а также настроить необходимые опции своего агента;
- активировать агента.

После этого следует ожидать результатов деятельности агента, который автоматически выполняет всю работу по сбору, проблемно-ориентированному поиску и анализу оперативной информации об обстановке на контролируемом объекте, оценке рисков возникновения потенциальных угроз безопасности объектов управления, под-

бору субъектов для совместного решения задач управления безопасностью, формированию виртуальных организационных структур безопасности (коалиций агентов) и т.д.

В процессе работы МИАС БВР агент взаимодействует с субъектом безопасности - конечным пользователем, предоставляя на рассмотрение результаты своей деятельности или запрашивая уточняющую информацию о сформулированных пользователем задачах в случае поступления экстренной информации в систему, требующей оперативного реагирования, а также в случае изменения структуры или атрибутов МИАС БВР, или недостаточности информации о необходимых действиях, которые нужно предпринять. При этом пользователь может выбрать, как это будет происходить: интерактивно в стиле «вопрос-ответ» или в автоматическом режиме. В результате такого взаимодействия формируется система знаний о стратегиях управления безопасностью конкретных процессов и объектов как в стабильных, так и в критических ситуациях.

4. Заключение

Виртуальные пространства регионов — следующий этап на пути создания компьютерных тренажеров для чиновников, менеджеров, системных аналитиков, военных, предназначенных для интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению рискоустойчивым региональным развитием.

В ходе исследований проведен комплекс работ по созданию прототипа сетецентрической мультиагентной информационно-аналитической среды поддержки управления региональной безопасностью «Безопасный Виртуальный Регион» с унифицированной точкой доступа на основе веб-технологий. Разработаны архитектура, управляющее ядро и базовые программные компоненты распределенной информационной среды безопасности региона, обеспечивающие в своей совокупности комплексную информационно-аналитическую поддержку проблемно-ориентированной деятельности субъектов региональной безопасности на всех этапах решения задач управления безопасностью в кризисных ситуациях, а также повышения уровня координации и эффективности их взаимодействия в единой виртуальной среде. Ядро и компоненты распределенной информационной среды образуют иерархическое виртуальное пространство региона, как интеграционную площадку для проблемно-ориентированных ситуационно-коалиционных мультиагентных систем поддержки управления рискоустойчивым региональным развитием.

Полученные в ходе исследований результаты представляют собой новый когнитивный подход к построению региональных распределенных информационных систем на основе сетецентрических мультиагентных виртуальных пространств, интегрированных в глобальную информационную инфраструктуру, а также смогут найти широкое применение при реализации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» на территории Мурманской области в рамках решения задач управления региональным развитием и для создания единого информационного пространства арктических регионов.

Вместе с тем, хотелось бы отметить некоторые проблемные поля, оказывающие «тормозящий» эффект и являющиеся, по сути, барьерами на пути масштабного внедрения предлагаемых разработок в практическую деятельность субъектов и организационных структур региональной безопасности и во многом затрудняющие их использование:

- несовершенность нормативно-правовой базы;
- сложность позиционирования виртуальных центров управления безопасностью в кризисных ситуациях в структуре государственного управления, как на региональном, так и федеральном уровнях;
- координация взаимодействия и согласование целей/сферы интересов разнородных субъектов безопасности, имеющих различную ведомственную подчиненность;
- организационная и административная разнородность субъектов безопасности;
- интеграция разнородных информационных ресурсов (технологическая, семантическая, организационная разнородность данных).

Литература

[1] Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утверждено Указом Президентом РФ 20.02.2013 г., Пр-232) [Электронный ресурс] // Правительство Российской Федерации [сайт]. URL: http://government.ru/news/432 (дата обращения: 15.08.2013).

[2] 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.

[3] Deloach S.A., Garcia-Ojeda J.C. O-MaSE: a customisable approach to designing and building complex, adaptive multi-agent systems // International Journal of Agent-Oriented Software Engineering. 2010. Vol. 4. Iss. 3. P. 244—280.

[4] Редько В.Г. Направления исследований когнитивных автономных агентов [Электронный ресурс] // XV Всеросс. научно-технич. конф. «Нейроинформатика-2013» (г. Москва, 21-25 янв. 2013 г., НИЯУ МИФИ) [сайт]. URL: http://neuroinfo.mephi.ru/sites/neuroinfo.mephi.ru/files/workshop_2013_redko.pdf (дата обращения: 15.08.2013).

[5] Путилов В.А., Шишаев М.Г., Олейник А.Г. Технологии распределенных систем информационной поддержки инновационного развития региона // Труды Института системного анализа РАН: Прикладные проблемы управления макросистемами. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. Т. 39. С. 40—63.

[6] Кочкаров А.А., Салпагаров М.Б. Когнитивное моделирование региональных социально-экономических систем // УБС. 2007. № 16. С. 137—145.

[7] 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.

[8] Иващенко А.В. и др. Мультиагентные технологии для разработки сетецентрических систем управления // Известия Южного федерального университета. Серия: Технические науки. 2011. Т. 116. № 3. С. 11—23.

[9] Жебрун Н.Н. Использование сервис-ориентированных архитектур при построении информационных систем / Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2005. № 10. С. 249—254.

[10] 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.

[11] Маслобоев А.В., Горохов А.В. Проблемно-ориентированная агентная платформа для создания полимодельных комплексов поддержки управления безопасностью региона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2(78). С. 60—65.

[12] Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Рыбалов Н.Б. Принципы построения веб-ориентированной ГИС промышленного предприятия // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 7. С. 146—152.

[13] Диковицкий В.В., Ломов П.А., Сепеда-Эррера Р.Р., Шишаев М.Г. Современные методы создания мультипредметных веб-ресурсов на базе визуализации и обработки формализованной семантики // Вестник Кольского научного центра РАН. 2011. № 3. С. 72—62.

[14] Ломов П.А., Шишаев М.Г. Интеграция онтологий с использованием тезауруса для осуществления семантического поиска // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 3. С. 49—59.

[15] Маслобоев А.В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. 2009. Т. 12. № 1. С. 113—125.

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

[17] Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.

Formation problems and technologies of the region virtual environment for regional security management problem-solving

A.V. Masloboev

The paper considers implementation and application problems of the region virtual environment for risk-sustainable regional development management support. Agent-based technologies as a technological framework for region virtual environment formation are proposed. Such framework provides management process virtualization features of regional security. Agent-based virtualization provides comprehensive informational and analytical support, coordination and efficiency enhancement of the regional security subject purposeful activity, which are represented as cognitive software agents in the unified virtual space. For decision-making information support and coordination degree enhancement of the regional security subjects a prototype of network-centric multi-agent information and analytical environment "Secure Virtual Region" with unified access point based on web-technologies for management support of regional security has been developed. Distributed information environment software core and components form hierarchical multilayer virtual space of the region which is represented as an integration framework of problem-oriented situational coalition-based multi-agent systems used for risk-sustainable regional development management support.

♣ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 12-07-00138-а «Разработка когнитивных моделей и методов формирования интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью Арктических регионов России», а также Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, проект №2.8 «Развитие методологии проектирования региональных информационных систем для информационно-аналитической поддержки задач развития арктических регионов РФ».