

УДК 338.24 : 004.89 : 004.942

Концептуальная модель интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития региона

А.В. Маслобоев, В.А. Путилов

*Институт информатики и математического моделирования
технологических процессов КНЦ РАН*

Аннотация. В работе рассматриваются подходы к решению задач информационной поддержки управления комплексной безопасностью регионального развития на основе имитационного моделирования и когнитивных информационных технологий. Предложена концептуальная модель агентно-ориентированной интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития арктических регионов РФ (на примере Мурманской области), обеспечивающая технологическую основу для решения задач информационной поддержки деятельности организационных структур в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем.

Abstract. The paper considers approaches to management information support problems solving regional development global security based on simulation and cognitive information technologies. An agent-based integrated information environment conceptual model for security management support of Arctic regions development (on the example of the Murmansk region) has been proposed. The model provides technological framework for security organizational structures activity information support problems solving engaged in the field of regional sub-systems functioning security control maintenance.

Ключевые слова: концептуальное моделирование, интегрированная информационная среда, информационно-аналитическая поддержка, управление, глобальная безопасность, региональное развитие, когнитивные информационные технологии, агентно-ориентированный подход

Key words: conceptual modeling, integrated information environment, information and analytical support, management, global security, regional development, cognitive information technologies, agent-based approach

1. Введение

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) играет особую роль в национальной экономике и устойчивом развитии (УР) арктических и других северных регионов страны. Потенциалом экономического роста и УР являются значительные запасы углеводородов и едва ли не весь спектр минерального, в том числе стратегического сырья, обнаруженные в недрах Арктики, а также живые ресурсы арктических морей и северных рек. Арктику отличают выгодные транспортно-географические условия, так как здесь пролегают кратчайшие пути между Россией, США и другими развитыми странами.

Современное геополитическое, социально-экономическое положение Российской Федерации обуславливают ряд проблем внешнего и внутреннего характера, касающихся обеспечения безопасности в различных сферах и уровнях организации социума. Особую значимость эти проблемы приобретают для арктических регионов, превращающихся в одну из основных баз будущего развития страны. Под безопасностью, в общем случае, понимаются состояние и тенденции развития защищенности жизненно важных интересов общества и его структур от внешних и внутренних угроз. На настоящем и последующих этапах развития общественных отношений глобальная безопасность (ГБ) выступает важнейшим фактором УР.

С точки зрения мировой эколого-экономической системы, термин "УР" означает выбор стратегии, которая обеспечивает баланс между сохранением окружающей среды и экономическим развитием таким образом, чтобы, обеспечивая потребности настоящего поколения, не подрывать возможности будущим поколениям обеспечивать их собственные потребности (Путилов, Горохов, 2002). Однако данное определение не может быть использовано в качестве глобальной цели при исследовании и моделировании всех социально-экономических систем, в силу того, что оно относится исключительно к мировой эколого-экономической системе, которая является существенно "замкнутой". Кроме того, такая трактовка понятия "УР", соответствующая данному классическому определению, основанному на принципе "не навреди", в современных условиях не может быть реализована, поскольку риски и угрозы безопасности развития (сохранения устойчивости) все равно остаются. Риски и угрозы устойчивости

развития должны быть минимизированы и оправданы с точки зрения обеспечения ГБ развития. Необходимо, чтобы ГБ сохранялась на перспективу.

По мнению авторов настоящей работы, ГБ – это логическое продолжение теории УР, расширенное до более высокого уровня. ГБ – это новый шаг по критериям управления УР и основана на принципах УР. Понятие "глобальная безопасность развития" можно определить как комплексную систему мониторинга и противодействия основным внутренним (локальным) и внешним (глобальным) угрозам УР. К внутренним угрозам УР относятся, например, демографические проблемы (миграция), истощение запасов минеральных ресурсов, проблемы кадрового обеспечения и т.д., а к внешним – глобальное изменение климата, падение рынка (изменение инвестиционного климата) и др. Необходимым условием перехода региональной социально-экономической системы на модель устойчивого развития, позволяющую удовлетворять возрастающие потребности современного и будущих поколений на основе гармонизации экономической, социальной и экологической подсистем выступает ее ГБ, понимаемая как способность системы стабильно функционировать и развиваться в долгосрочной перспективе и быть способной противодействовать внутренним и внешним угрозам и рискам устойчивости ее развития.

АЗ РФ, включая морскую экономическую зону и континентальный шельф, превышает 30 % территории страны и характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями. В эту зону полностью или частично входят территории Республики Саха (Якутия), Мурманской и Архангельской областей, Ненецкого, Ямало-Ненецкого, Таймырского (Долгано-Ненецкого) и Чукотского автономных округов. Специфическими особенностями АЗ РФ являются очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий, низкая плотность населения, удалённость от основных промышленных центров, высокая ресурсоёмкость и зависимость от других регионов России и зарубежных партнёров, низкая устойчивость экологических систем.

Арктическая циркумполярная зона – регион стратегического партнерства России с арктическими государствами, в том числе в рамках сотрудничества в межправительственном Арктическом совете, других международных организациях, деятельность которых направлена на защиту арктической природной среды, содействие и обмен позитивным опытом в решении задач, связанных с ГБ и УР (DeTombe, 2010).

Россия ранее других государств приступила к широкомасштабному освоению и хозяйственному использованию Арктики, однако в современных условиях не в полной мере использует этот опыт и свои преимущества при формировании приоритетов международного сотрудничества и выработке своей национальной политики на принципах УР. В то же время, другие приарктические государства уже сформировали свои стратегические цели и приоритеты в Арктике и активно продвигают их на международном уровне (рис. 1).



Рис. 1. Национальные интересы России в Арктике

Работа посвящена проблемам исследования и обеспечения безопасности развития арктических регионов РФ. Отдельное внимание в статье уделяется задачам создания методов и средств информационной поддержки управления безопасностью регионального развития и возможным подходам к их решению. Под информационной поддержкой в данном случае понимается разработка информационного и методического обеспечения, необходимого для решения задач поддержки принятия решений и оперативной обработки информации в сфере управления региональной безопасностью и его внедрение в практическую деятельность организационных структур безопасности. В работе приводится постановка фундаментальных и прикладных задач в области управления безопасностью функционирования региона, а также обсуждаются проблемы, возникающие на пути их решения. Представлена концепция Центра исследований и обеспечения безопасности в Арктике (ЦИОБА), являющегося ядром комплексной системы управления безопасностью регионов АЗ РФ, его структура и состав, а также варианты реализации на территории Мурманской области. Вместе с тем, предлагается единая методологическая база для исследования и решения проблем управления безопасностью развития региона, основу которой составляют когнитивные информационные технологии и инструменты моделирования. В заключительном разделе статьи приводится описание разработанной концептуальной модели агентно-ориентированной интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития региона, которая обеспечивает комплексное формальное представление знаний о структуре предметной области исследования, а также унифицированное представление решаемых задач и исполнительных сред информационно-аналитической поддержки.

2. Постановка задачи

"Мы должны надежно и на долгосрочную перспективу обеспечить национальные интересы России в Арктике...Наша...задача – превратить Арктику в ресурсную базу России XXI века. ...Если мы сейчас не предпримем активные действия, упустим время, в последующем будет просто поздно – нас отсюда вытеснят"
Президент РФ Д.А. Медведев

Специфика безопасности развития региональной социально-экономической системы (в частности, арктической зоны) состоит в том, что, с одной стороны, уровень безопасности региона существенно зависит от глобальных угроз, с другой стороны, возможные кризисы и чрезвычайные ситуации, обусловленные особенностями региона, способны привести к дестабилизации систем более высокого уровня – федерального, международного, мирового. Залогом эффективного функционирования системы региональной безопасности являются: во-первых, УР всех сфер жизни региона – социально-экономической, научно-технической, производственной и экологической; во-вторых, стабильность системы регионального управления и контроля в указанных сферах; в-третьих, постоянный мониторинг и анализ существующих и возможных угроз безопасности региона; в-четвёртых, обоснование и проведение предупредительных мероприятий в области обеспечения региональной безопасности.

Мурманская область – уникальный арктический регион с точки зрения ее геополитического и геоэкономического положения, роли в обеспечении обороноспособности страны, запасов природных ресурсов. Мурманская область характеризуется наличием высокообразованного населения с уровнем профессионального образования выше среднего по стране, развитой системой подготовки кадров, значительным научно-исследовательским комплексом, ядром которого является Кольский научный центр Российской академии наук, тесно кооперирующийся в своих исследованиях с центральными академическими и ведомственными научно-исследовательскими организациями. Мурманская область – "форпост" России в арктической зоне.

К основным видам безопасности Мурманской области относятся экономическая, техногенная, экологическая, социальная. По каждому направлению выделяются разнородные потенциально опасные объекты, процессы и параметры. Отметим особенности региона, важные для вопросов безопасности. Практически вся территория находится за полярным кругом в суровых природно-климатических условиях. Область расположена на пересечении международных морских торговых путей. Пограничное положение имеет военно-стратегическое и экономическое значение. Региональная система перегружена объектами оборонно-промышленного комплекса. Заметную роль играют внешние связи как с субъектами федерации, так и с иностранными партнерами. Регион сильнее, чем многие другие регионы РФ, зависит от внешних факторов. К ним относятся глобальные процессы (определяющие уровень цен на апатит, никель, алюминий, медь), снабжение продуктами питания (большая доля импорта), доставка топлива, финансовое обеспечение, пропускная способность транспортных магистралей. Область характеризуется исторически сложившимся небольшим числом развитых (регионообразующих) отраслей (минерально-сырьевая база – горнопромышленный комплекс, рыбопромысловая база, оборонно-промышленный комплекс, энергетика), наличием градообразующих предприятий.

Регионы, являясь компонентами единой политической и социально-экономической системы РФ, обладают собственной спецификой и относятся к классу больших и сложных динамических систем (Путилов, Горохов, 2002). Поэтому проблематика управления безопасностью развития таких сложных объектов управления, как региональные социально-экономические системы, также во многом определяется их специфическими особенностями. Региональные особенности (в частности, арктической зоны) в значительной степени влияют на возможность и эффективность применения существующих научно-методических и практических разработок в области исследования и решения проблем управления безопасностью регионального развития.

Развиваемая авторами работы теория управления ГБ регионального развития (Быстров, Горохов, 2011; Маслобоев, Путилов, 2010), также как и концепция УР (Додин, 2005), базируется на системном подходе, т.е. рассматривает объект управления (страну, регион, город, конкретную отрасль и т.п.) как систему. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность использования современных достижений в сфере компьютерных технологий и методов моделирования для исследования функционирования региональных социально-экономических систем с целью разработки методов и средств поддержки управления безопасностью их развития. Применяемые в настоящий время решения в исследуемой проблемной области, основанные на использовании передовых информационных технологий, ориентированы на решение частных задач управления безопасностью развития отдельных региональных подсистем, носят бессистемный и локальный характер и не обеспечивают достижение комплексного эффекта при решении рассматриваемого класса задач.

Таким образом, существенно значимой с точки зрения обеспечения безопасности и проектирования будущего развития нашей страны становится научная проблема, связанная с исследованием и разработкой научно-методических основ управления безопасностью социально-экономического развития регионов: постановка и решение фундаментальных и прикладных задач, направленных на обеспечение стабильного функционирования и развития региона как сложной социально-экономической системы в условиях быстро меняющейся внутренней и внешней среды.

3. Информационно-аналитическая поддержка управления безопасностью регионального развития

Целью проводимых исследований является разработка и исследование когнитивных моделей, методов и технологий информационно-аналитической поддержки управления безопасностью регионального развития для повышения устойчивости региональной экономической системы и создания благоприятной среды (условий) для развития интеллектуального, инновационного, промышленного и социально-экономического потенциала региона. Под когнитивными технологиями в данном случае понимается широкий спектр технологий рационализации и формализации интеллектуальных систем создания и функционирования знаний, экспертизы, коммуникации и принятия решения. В настоящее время когнитивные технологии широко применяются в сфере прогнозирования и стратегического планирования развития сложных динамических систем.

Основными задачами в области управления безопасностью развития региональной социально-экономической системы являются:

1) создание единого информационного пространства, сформированного с учетом специфических особенностей арктической зоны РФ и способного обеспечить системообразующую основу при подготовке, планировании и реализации мероприятий государственной политики в Арктике;

2) создание благоприятных условий для реализации концепции приемлемого риска, достижимого и оправданного (допустимого) с точки зрения социально-экономических и экологических факторов обеспечения безопасности развития;

3) информационно-аналитическая поддержка деятельности организационных структур в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем;

4) поэтапное формирование системы комплексной безопасности для защиты территорий, населения и критически важных для национальной безопасности объектов арктической зоны РФ от угроз чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

5) информационное сопровождение функционирования специализированных когнитивных центров исследования и обеспечения безопасности в Арктике и др.

Для решения перечисленных задач необходимо как методическое, так и информационное обеспечение (рис. 2).

Методическое обеспечение представляет собой совокупность как уже существующих, так и разрабатываемых в настоящее время методов и средств поддержки принятия решений, методов имитационного моделирования динамики развития и поведения социально-экономических систем, моделей и методов мониторинга и прогнозирования внутренних и внешних угроз безопасности развития, а также вариантов поведения региональной системы в кризисных состояниях, методов и средств

автоматизации процессов поиска и обработки информации, методов и средств интеграции разнородных информационных ресурсов, моделей и методов анализа и оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в условиях ограничений по времени и неполноты информации, методов стратегического планирования и т.д.



Рис. 2. Методическое и информационное обеспечение для решения задач поддержки управления региональной безопасностью

Информационное обеспечение управления безопасностью регионального развития не ограничивается простым накоплением все больших и больших объемов информации о потенциально возможных чрезвычайных ситуациях и угрозах безопасности, а представляет собой комплекс инструментальных средств для создания имитационных моделей сложных процессов, протекающих в региональных социально-экономических системах различной степени сложности и масштаба, совокупность информационных ресурсов и программных средств, используемых для мониторинга, анализа и прогнозирования регионального социально-экономического развития, а также программно-технических систем и комплексов программ информационно-аналитической поддержки деятельности организационных структур и их компонентов в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем.

Единая методологическая база для исследования и решения проблем управления безопасностью регионального развития может быть получена на основе комбинирования различных научных концепций, информационных технологий и инструментов моделирования, таких как концептуальное моделирование, теория самоорганизации, мультиагентные технологии, системная динамика, математическая теория безопасности и риска, методы анализа устойчивости нелинейных динамических систем, теория управления сложными динамическими системами в условиях неопределенности, методы системного моделирования сложных неоднородных систем и т.д.

4. Концептуальная модель интегрированной информационной среды поддержки управления региональной безопасностью

Одной из главных целей государственной политики Российской Федерации в Арктике с точки зрения обеспечения национальной безопасности страны, является развитие сферы информационных технологий и связи (*Основы государственной...*, 2008). Единое информационное пространство (ЕИП), сформированное с учетом специфических особенностей АЗ РФ, способно обеспечить системообразующую основу при подготовке, планировании и реализации мероприятий государственной политики в Арктике. Для этого необходима организация и проведение отдельных комплексных исследований в сфере создания и развития когнитивных компьютерных технологий информационно-аналитической поддержки управления безопасностью развития арктических регионов и разработки методов и средств формирования единого информационного пространства АЗ РФ.

Согласно работе (*Датьев, Федоров, 2011*), принципы построения ЕИП АЗ РФ должны предусматривать естественную интеграцию в развивающееся единое информационное пространство России, Европы и всего мира. Авторы работы (*Датьев, Федоров, 2011*) предлагают строить и развивать

ЕИП на основе компонентов имеющейся региональной информационно-коммуникационной системы (ИКС). Под ИКС здесь понимается система взаимодействия пользователей, поставщиков информационно-коммуникационных услуг и информационных ресурсов (Датьев, Маслобоев, 2010).

В работах (Калинина, 2005; Филиппов и др., 2009), ЕИП представляет собой "совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие организаций и граждан, а также удовлетворение их информационных потребностей". Таким образом, можно сделать вывод, что единое информационное пространство состоит из следующих компонентов:

1) информационные ресурсы, включающие данные, сведения и знания, зафиксированные на соответствующих носителях информации;

2) организационные структуры, обеспечивающие функционирование и развитие единого информационного пространства;

3) средства информационного взаимодействия граждан и организаций, обеспечивающие им доступ к информационным ресурсам на основе соответствующих информационных технологий, включающие программно-технические средства и организационно-нормативные документы.

Последние два пункта образуют "информационную инфраструктуру".

ЕИП иногда отождествляют с интегрированной информационной средой (Филиппов и др., 2009; Юсупов, Заболотский, 2009), которая рассматривается как комплекс проблемно-ориентированных, взаимоувязанных и взаимодействующих информационных подсистем.

В рамках проводимых исследований поэтапное формирование единого информационного пространства региона предполагает в итоге создание открытой расширяемой многофункциональной информационно-аналитической среды (инфраструктуры безопасности), ориентированной на управление комплексной безопасностью развития региональной социально-экономической системы, наделенной потенциалом к саморазвитию и способностью адаптации к динамичному стохастическому характеру функционирования внешнего и внутреннего окружения региона.

В рамках проекта по созданию на территории Мурманской области специализированного Центра исследований и обеспечения безопасности в Арктике (ЦИОБА) актуальной представляется задача формирования сетевой информационной инфраструктуры безопасности региона для обеспечения согласованного взаимодействия организационных структур, на которые возложены функции управления безопасностью функционирования конкретных региональных подсистем и их компонентов. В качестве технологической платформы для практической реализации и развертывания такой инфраструктуры могут быть использованы современные технологии одноранговых распределенных информационных систем, интеллектуальные информационные технологии, в частности, технология мультиагентных систем (Wooldridge, 2002), а также Интернет-технологии и средства телекоммуникаций.

Общая структура ЦИОБА, представленная на рис. 3, включает три основных блока:

1) научно-образовательный комплекс (включает научно-исследовательские организации и образовательные учреждения, расположенные на территории Мурманской области);

2) комплекс обеспечения безопасности (включает организационные структуры, управляемые Советом безопасности РФ и ответственные за обеспечение различных видов безопасности функционирования региональных и федеральных подсистем);

3) инновационный комплекс (инновационные структуры в области модернизации отраслей экономики Арктики, когнитивные центры прогнозирования социально-экономического развития Арктики, центры охраны окружающей среды и УР).

Концепция ЦИОБА может быть реализована на основе технологии проектирования будущего (Десятов и др., 2011), базирующейся на создании сети когнитивных центров. Основными задачами когнитивного центра являются моделирование и стратегическое прогнозирование, планирование, построение моделей согласованного взаимодействия субъектов управления для решения конкретных управленческих задач в различных областях, в том числе и в сфере информационной поддержки управления безопасностью развития регионов как сложных социально-экономических систем.

В ходе исследований по рассматриваемой проблеме предложена агентно-ориентированная модель интегрированной информационной среды поддержки управления региональной безопасностью, обеспечивающая технологическую основу для решения задач информационной поддержки деятельности организационных структур в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем.

Использование технологии мультиагентных систем на основе сервис-ориентированной архитектуры (SOA – service-oriented architecture) позволит создать адекватную среду информационно-аналитической поддержки управления безопасностью развития региона, учитывая распределенность,

динамичность и структурную сложность образующих его подсистем. Основу сервис-ориентированного подхода составляет принцип агентной ориентации, который заключается в использовании в качестве компонентов распределенных информационных систем интеллектуальных агентов, автономно функционирующих и обладающих целенаправленным поведением. При таком подходе агенты реализуются в виде Web-сервисов. На интеллектуальных про-активных агентов могут быть возложены функции управления отдельными аспектами безопасности регионального развития, а на основе проблемно-ориентированных коалиционных взаимодействий агентов возможно будет обеспечить эффективное функционирование самоорганизующейся инфраструктуры безопасности региона и ее отдельных компонентов (рис. 4), а также поддержание приемлемого уровня безопасности развития на перспективу. Технологии разработки распределенных мультиагентных систем на основе SOA и преимущества использования Web-сервисов для реализации агентов представлены в работе (Филиппов и др., 2007).

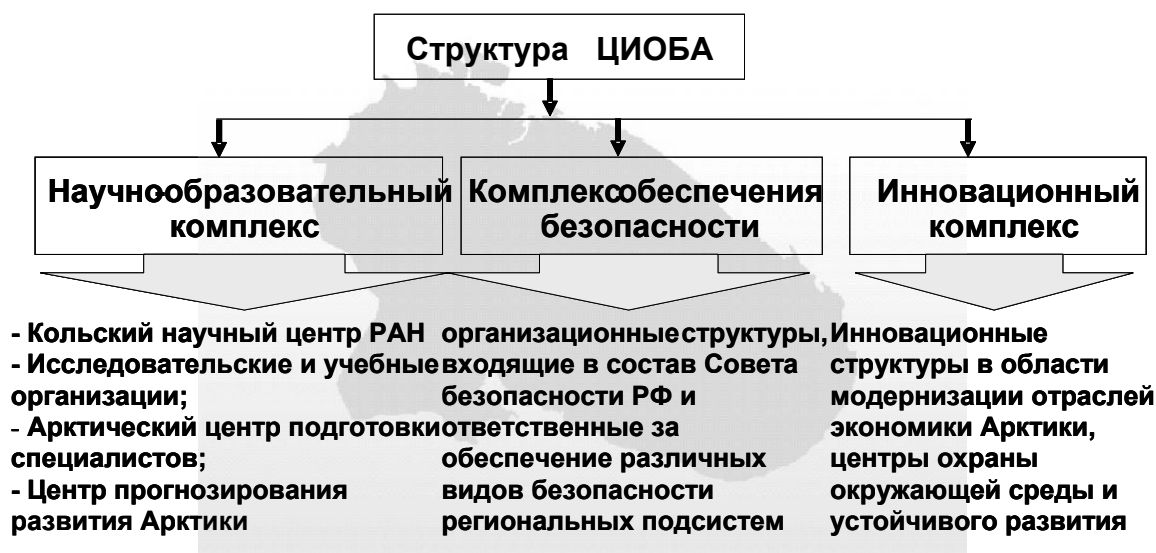


Рис. 3. Структура ЦИОБА

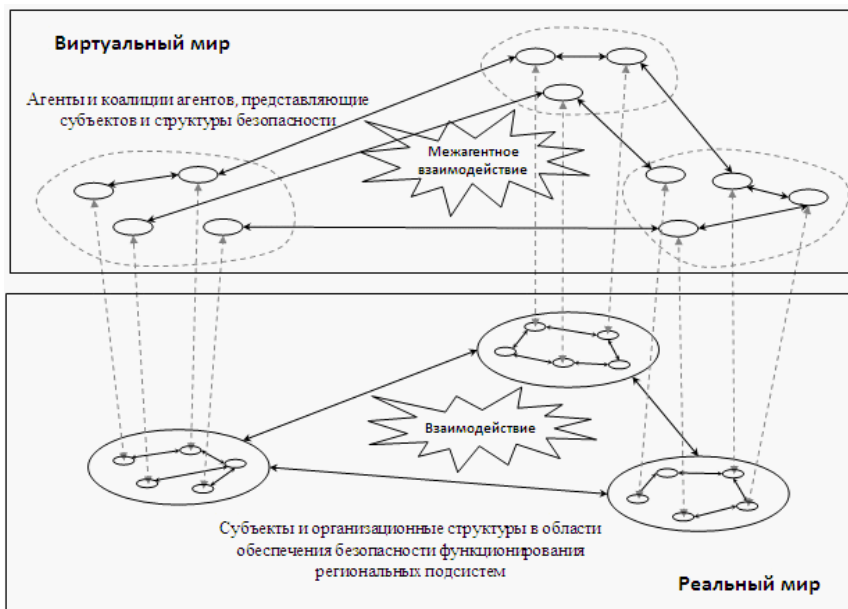


Рис. 4. Представление субъектов в области обеспечения региональной безопасности про-активными интеллектуальными агентами

Развитие подхода к интеграции концептуального моделирования, мультиагентных технологий и системно-динамического моделирования позволяет получить качественно новые решения в области создания систем информационно-аналитической поддержки функционирования и развития сложных

динамических систем. Это обеспечило базис для нового решения в области использования мультиагентных систем поддержки принятия решений – создание интеллектуальных агентов с имитационным аппаратом (Маслобоев, 2009). Возможность агентов прогнозировать на основе системно-динамического моделирования последствия своего поведения в виртуальной среде (едином информационном пространстве региона) с учетом возможных изменений среды и действий других агентов позволяет субъектам – "владельцам" агентов – оперативно сформировать и сопоставить варианты своего поведения в реальном мире. Использование интеллектуальных агентов с имитационным аппаратом обеспечивает возможность целенаправленного управления безопасностью региональной социально-экономической системы как в стабильных условиях, так и в критических ситуациях.

Одной из важных проблем, неизбежно возникающих при практической реализации агентно-ориентированной информационно-аналитической среды поддержки управления безопасностью регионального развития, является согласование индивидуальных и групповых целей программных агентов, представляющих в виртуальной среде организационные структуры безопасности, при совместном решении задач в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем. Для решения данной задачи предложены механизмы согласования индивидуальных и групповых целей программных агентов в одноранговых мультиагентных информационных системах. Реализация разработанных механизмов позволила обеспечить автоматизированный проблемно-ориентированный поиск агентов "совместной деятельности", стремление к достижению собственной цели которых влечет приближение к групповой цели формируемой коалиции агентов при решении конкретной задачи в области обеспечения региональной безопасности. Для формального описания процессов взаимодействия между агентами и процедур согласования индивидуальных и групповых целей использован математический аппарат теории нечетких множеств (Маслобоев, 2011).

Одним из возможных подходов реализации информационной инфраструктуры безопасности региона (ИИБР) является создание единой виртуальной среды, обеспечивающей возможности интеграции в рамках одной системы разнородных компонентов: баз данных и знаний, систем информационно-аналитической поддержки хозяйственной, экологической, научно-образовательной и инновационной деятельности, систем математического и ситуационного моделирования для комплексного исследования и прогнозирования угроз безопасности функционирования региональных подсистем, а также обеспечивающей платформу для функционирования мобильных программных агентов, представляющих интересы реальных субъектов и организационных структур обеспечения безопасности. Архитектура ИИБР на основе технологий одноранговых распределенных информационных систем представлена на рис. 5.

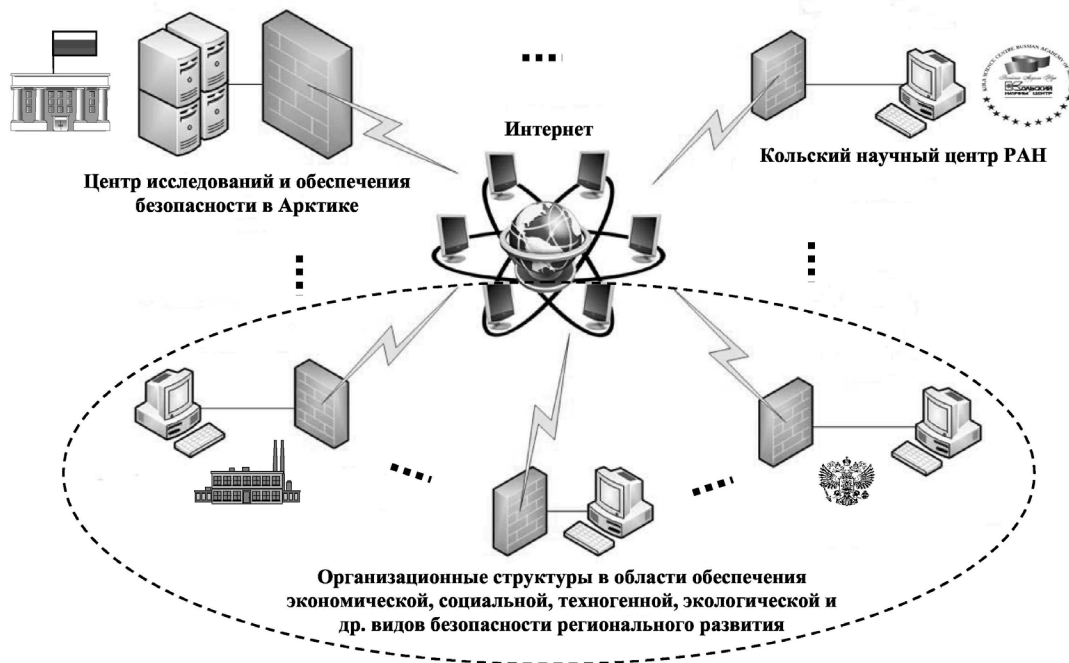


Рис. 5. Архитектура ИИБР

В условиях распределенности и открытости информационной среды безопасности особую важность приобретает задача обеспечения единого структурного представления такой среды. Эту задачу

позволяет решить технология концептуального моделирования (Емельянов и др., 2004). Технология обеспечит комплексное формальное представление знаний о структуре предметной области исследования, а также представление решаемых задач и исполнительской среды информационно-аналитической поддержки.

Для структуризации, формализации и обеспечения возможностей гибкого многократного использования экспертных знаний в распределенных информационных системах также широко применяются онтологии (Горохов и др., 2006). Разработанная концептуальная модель интегрированной информационной среды поддержки управления региональной безопасностью реализует основные функции онтологии региональной безопасности. Кроме этого, концептуальная модель обладает более развитыми когнитивными свойствами и обеспечивает возможность корректного представления альтернативных вариантов декомпозиции сложных систем и комплексных задач, в то время как в онтологиях представление альтернатив проблематично (Олейник, 2005).

Формально агентно-ориентированная модель интегрированной информационной среды поддержки управления региональной безопасностью может быть задана в виде теоретико-множественных отношений и определяет состав и взаимосвязи основных компонентов региональной инфраструктуры безопасности. Модель представляется в виде композиции множеств:

$$E_{ИИБР} = \{S, R, SS, CS, A, Z, P, U, I, Attr\}.$$

Основными элементами, образующими ее состав, являются: S – множество субъектов обеспечения безопасности; R – множество информационных ресурсов; SS – множество организационных структур (территориально-распределенных групп субъектов безопасности, объединенных общей целью), ответственных за обеспечение безопасности функционирования региональных подсистем и их компонентов; A – множество когнитивных агентов субъектов обеспечения безопасности, представляющих интересы своих хозяев в распределенной мультиагентной виртуальной среде поддержки управления безопасностью; Z – множество задач в области обеспечения определенных видов безопасности регионального развития; CS – множество виртуальных когнитивных центров управления безопасностью функционирования конкретных региональных подсистем, объединяющих агентов с общими целями и областями интересов, ориентированных на групповое решение задач управления безопасностью; P – множество процессов взаимодействия субъектов обеспечения безопасности при решении различных классов задач управления региональной безопасностью; U – множество серверных и клиентских узлов системы, на которых функционируют когнитивные программные агенты; I – отношения на множествах объектов модели; $Attr$ – множество атрибутов объектов модели.

В модели явно представлены когнитивные программные агенты субъектов региональной безопасности как специальный тип объектов. Агенты обеспечивают имитацию деятельности субъектов безопасности в интегрированной информационной среде поддержки управления безопасностью, реализуют поиск потенциальных субъектов совместной деятельности и участвуют в формировании виртуальных организационных структур безопасности для решения комплекса задач управления безопасностью конкретных региональных подсистем. Отношения, представленные в модели, обеспечивают формализацию взаимосвязей и взаимодействия компонентов реальной социально-экономической среды и инфраструктуры безопасности региона. Отношения принадлежности связывают когнитивных программных агентов с субъектами региональной безопасности.

Множества взаимосвязанных субъектов, задействованных в решении конкретной задачи в области обеспечения региональной безопасности, образуют проблемно-ориентированные организационные структуры безопасности. В терминах концептуальной модели они представляют собой связанные фрагменты, включающие объекты модели, удовлетворяющие определенным условиям. Объекты концептуальной модели, представляющие субъектов безопасности, образуют иерархию, что позволяет учитывать организационную подчиненность субъектов, ответственных за обеспечение определенных видов безопасности (социальной, экономической, техногенной и др.), при формировании организационных структур безопасности.

На множествах объектов модели заданы отношения, определяющие ее структуру и обеспечивающие возможность автоматизированного логического вывода в терминах концептуальной модели, в частности – возможность формирования допустимых организационных структур безопасности.

$$I = \{SZ, SA, ZP, PA, SSS, UCS, ACS, IN, OUT, H\},$$

где $SZ \subseteq S \times Z$ – отношение принадлежности конкретной задачи в области обеспечения определенного вида безопасности развитию региона ответственному субъекту безопасности;

$SA \subseteq S \times A$ – симметричное отношение "наличия" у каждого субъекта бизнеса своего виртуального представителя – когнитивного агента;

$ZP \subseteq Z \times P$ – симметричное отношение "задача – процесс взаимодействия", ассоциирующее задачу с соответствующим ей процессом взаимодействия субъектов безопасности для ее решения;

$PA \subseteq P \times A$ – симметричное отношение "процесс взаимодействия – когнитивный агент", ассоциирующее процесс взаимодействия субъектов безопасности с представляющими их в единой виртуальной среде поддержки управления безопасностью когнитивными программными агентами;

$SSP \subseteq SS \times P$ – отношение, задающее соответствующей организационной структуре безопасности процесс взаимодействия образующих ее субъектов для решения конкретной задачи обеспечения безопасности;

$UCS \subseteq U \times CS$ – отношение "существования" на каждом серверном/клиентском узле системы виртуальных когнитивных центров управления безопасностью функционирования отдельных региональных подсистем;

$ACS \subseteq A \times CS$ – отношение "включения" в каждый виртуальный когнитивный центр агентов "совместной деятельности" с общими целями и областями интересов;

$IN \subseteq P \times B(R)$ – отношение "процесс – множество входных ресурсов";

$OUT \subseteq P \times B(R)$ – отношение "процесс – множество выходных ресурсов";

знак " \times " означает декартово произведение;

H – иерархия объектов модели, отражающая их организационные взаимоотношения. Отношение иерархии H определено на множествах S и P . На множестве S отношение H задает иерархии организационной подчиненности субъектов безопасности. На множестве P это отношение задает иерархию "процесс – подпроцесс – функция".

Множество атрибутов объектов модели описывается следующим образом:

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

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

Таким образом, концептуальная модель интегрированной информационной среды поддержки управления региональной безопасностью выполняет две основные функции: во-первых, является средством структуризации и формализованного представления знаний о предметной области и, во-вторых, за счет формального задания отношений на множествах объектов модели, обеспечивает возможность автоматического логического вывода в процедурах формирования виртуальных когнитивных центров и организационных структур, объединяющих агентов субъектов безопасности, ориентированных на решение конкретных задач в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем.

Модель является также основой для представления структуры и алгоритмов работы разрабатываемой распределенной мультиагентной системы информационно-аналитической поддержки управления безопасностью регионального развития, ее функциональных возможностей и составляющих программных модулей. Формализация представления интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью регионального развития в концептуальной модели обеспечивает возможность автоматизированного анализа структуры и свойств предметной области, а также формирования в терминах концептуальной модели процедур оценки потенциальных рисков возникновения внутренних и внешних угроз безопасности развития региона, унифицированного описания алгоритмов функционирования когнитивных программных агентов, спецификаций исполнительных сред для реализации моделирования имитации ГБ регионального развития.

Вместе с тем, для представления знаний в ИИБР предлагается использовать онтологию как динамично развивающуюся и перспективную форму представления знаний (Ломов, Шишаев, 2009). Онтология задает интеллектуальность агента – чем точнее составлена онтология, чем более корректно обозначены связи, тем полнее агент представляет предметную область, для которой он существует. Функции онтологии выполняет концептуальная модель ГБ регионального развития, являющаяся частью ментальной подсистемы гибридной InteRRap-архитектуры агента. Она определяет цели и правила взаимодействия агентов, а также отношения между ними.

Концептуальная модель ГБ региона включает в себя иерархическую древовидную структуру – дерево целей, которое отражает процесс декомпозиции главной цели "Обеспечение ГБ" на подцели, такие, например, как "обеспечение экономического потенциала региона", "обеспечение кадрового потенциала", "обеспечение научно-инновационного потенциала" и т.д. Из построенной концептуальной модели следует система показателей безопасности – набор определенных параметров для каждой области ГБ, которые используются в качестве входных параметров соответствующих имитационных моделей. Основное

назначение имитационной модели – сделать прогноз показателя безопасности при заданных параметрах и ограничениях. В предлагаемом авторами работы (Быстров, Горохов, 2011) подходе имитационные модели реализуются с помощью агентной технологии и системной динамики. Системно-динамические модели используются для приближенного прогноза и выявления тенденций в динамике показателей безопасности, а агентные модели – для более точных количественных оценок этих показателей.

Следует также отметить, что большой потенциал в применении к задаче управления безопасностью регионального развития имеют метод и технологии системной динамики с точки зрения моделирования сложных процессов в социально-экономических системах, характеризующихся сложностью, новизной ситуаций, слабой формализованностью. Таким образом, следующим этапом исследований является разработка базовой системно-динамической модели управления безопасностью развития региона на основе предложенной концептуальной модели. Переход от концептуальной модели к модели системной динамики может быть реализован на основе разработанного ранее в ИИММ КНЦ РАН метода концептуального синтеза динамических моделей сложных систем (Путилов, Горохов, 2002), обеспечивающего синтез моделей системной динамики из соответствующих концептуальных моделей.

Первым шагом на пути создания единого информационного пространства арктической зоны РФ и интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития входящих в ее состав регионов может рассматриваться разработка специализированного веб-ресурса – Арктического Интернет-портала www.ru-arctic.net, реализующего основные принципы и концепцию ЦИОБА. В технологическую основу портала могут быть заложены существующие и разрабатываемые информационные технологии распределенной обработки данных и управления, методы интеллектуального анализа информации и инструменты моделирования, образующие в комплексе средств информационно-аналитической поддержки управления комплексной безопасностью развития арктических регионов.

5. Заключение

В ходе проведенных исследований были получены следующие основные результаты:

1. Рассмотрены специфика и структура задачи комплексного информационно-аналитического обеспечения ГБ развития арктических регионов России (на примере Мурманской области).

2. Обоснована необходимость адаптации и развития существующих, а также создания новых научно-методических разработок для решения задач в области информационно-аналитической поддержки управления безопасностью развития арктических регионов с учетом специфических особенностей арктической зоны РФ.

3. Предложена единая методологическая база для исследования и решения проблем управления безопасностью развития региона.

4. Разработана агентно-ориентированная модель интегрированной информационной среды поддержки управления безопасностью развития региона, обеспечивающая технологическую основу для решения задач информационной поддержки деятельности организационных структур в области обеспечения безопасности функционирования региональных подсистем. Модель представляет собой формализованное описание качественного состава объектов и субъектов региональной безопасности и отношений между ними, а также обеспечивает возможность автоматизации и имитационного моделирования процессов управления безопасностью регионального развития на базе агентно-ориентированного подхода с целью генерации, перспективного прогнозирования и информационного сопровождения сценариев развития региональной социально-экономической системы.

К основным спорным вопросам и проблемным точкам, возникающим на пути к решению рассматриваемого класса задач в области информационной поддержки управления безопасностью развития региональных социально-экономических систем, относятся:

1) несовершенство нормативно-правовой базы;

2) сложность позиционирования ЦИОБА в структуре государственного управления как на федеральном, так и региональном уровнях;

3) организационная и административная разнородность структур, ответственных за обеспечение безопасности функционирования конкретных региональных подсистем и их компонентов;

4) "слабая" согласованность целей и задач комплексного управления региональной безопасностью, возникающая в результате смешения сфер компетенции органов власти разного уровня (вплоть до МИДа), организаций и научных учреждений разной ведомственной подчиненности, ответственных за обеспечение конкретных видов безопасности региона.

Очевидно, что многие задачи в масштабе всей Арктики нельзя решать без совместного участия Российской Академии наук, региональных и федеральных институтов власти, ведущих вузов, а также представителей среднего и крупного бизнеса.

Полученные и ожидаемые результаты исследований в области создания когнитивных информационных технологий управления региональным развитием смогут найти применение при формировании комплексной системы поддержки управления безопасностью развития арктических регионов РФ в рамках реализации "Стратегии развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года" и "Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года" на территории Мурманской области, а также могут быть учтены региональными органами государственной власти при разработке стратегических планов и антикризисных стратегий безопасного социально-экономического развития Мурманской области на долгосрочный период.

Литература

- DeTombe D.J.** Global safety. *Pesquisa Operacional*, v.30, N 2, p.387-404, 2010.
- Wooldridge M.** An introduction to multiagent systems. *John Wiley & Sons Ltd*, 366 p., 2002.
- Быстров В.В., Горохов А.В.** Качество образования в контексте глобальной безопасности региона. *Теория и практика системной динамики: Мат. докл. IV Всерос. науч.-практич. конф. (Апатиты, 29-31 марта 2011 г.). Апатиты, КНЦ РАН*, с.4-5, 2011.
- Горохов А.В., Олейник А.Г., Путилов В.А.** Когнитивные функции концептуальных моделей социально-экономических систем. *II Междунар. конф. по когнитивной науке: Тез. докл. в 2 т. (Санкт-Петербург, 9-13 июня 2006 г.). СПб., СПбГУ*, т.2, с.576-577, 2006.
- Датьев И.О., Маслобоев А.В.** Имитационное моделирование развития региональных информационно-коммуникационных систем. *Инфокоммуникационные технологии*, т.8, № 2, с.51-56, 2010.
- Датьев И.О., Федоров А.М.** Исследование динамики информационных потоков региональных информационно-коммуникационных систем при реализации различных сценариев социально-экономического развития приарктических территорий. *Теория и практика системной динамики: Мат. докл. IV Всерос. науч.-практич. конф. (Апатиты, 29-31 марта 2011 г.). Апатиты, КНЦ РАН*, с.58-60, 2011.
- Десятов И.В., Малинецкий Г.Г., Маненков С.К., Митин Н.А., Отоцкий П.Л., Ткачев В.Н., Шишов В.В.** Когнитивные центры как информационные системы для стратегического прогнозирования. *Информационные технологии и вычислительные системы*, № 1, с.65-81, 2011.
- Додин Д.А.** Устойчивое развитие Арктики (проблемы и перспективы). *М., Наука*, 288 с., 2005.
- Емельянов С.В., Попков Ю.С., Олейник А.Г., Путилов В.А.** Информационные технологии регионального управления. *М., Эдиториал УРСС*, 400 с., 2004.
- Калинина А.Э.** Развитие информационного пространства региональной хозяйственной системы. *Волгоград, ВолГУ*, 360 с., 2005.
- Ломов П.А., Шишаев М.Г.** Интеграция онтологий с использованием тезауруса для осуществления семантического поиска. *Информационные технологии и вычислительные системы*, № 3, с.49-59, 2009.
- Маслобоев А.В.** Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом. *Вестник МГТУ*, т.12, № 1, с.113-125, 2009.
- Маслобоев А.В.** Механизмы согласования индивидуальных и групповых целей программных агентов на основе теории нечетко-множественных отношений. *Наука и образование – 2011: Мат. между. науч.-практич. конф. (4-8 апр. 2011 г.). Мурманск, МГТУ*, 2011.
- Маслобоев А.В., Путилов В.А.** Обеспечение глобальной безопасности регионального развития: постановка задачи. *Труды Института системного анализа РАН: Прикладные проблемы управления макросистемами. М., УРСС*, с.8-25, 2010.
- Олейник А.Г.** Технология представления знаний для информационной поддержки управления региональными системами. Часть 1. *Известия вузов. Приборостроение*, т.48, № 10, с.3-6, 2005.
- Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Постановление Правительства РФ (утверждено Президентом РФ 18.09.2008 г., Пр.-1969). URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/98.html>, 2008.
- Путилов В.А., Горохов А.В.** Системная динамика регионального развития. *Мурманск, НИЦ "Пазори"*, 306 с., 2002.
- Филиппов В.А., Щукин Б.А., Богатырева Л.В.** Информационные взаимодействия и Web-сервисы. *М., УРСС*, 144 с., 2009.
- Филиппов В.А., Щукин Б.А., Тюрина Н.Г.** Интернет и семантический WEB. *М., Ленанд*, 104 с., 2007.
- Юсупов Р.М., Заболотский В.П.** Концептуальные и научно-методологические основы информатизации. *СПб., Наука*, 542 с., 2009.