УДК 004.89, 004.94, 338.24
DOI: 10.15827/0236-235X.122.343-352

Дата подачи статьи: 10.10.17
2018. Т. 31. № 2. С. 343–352

ТЕХНОЛОГИЯ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

*А.В. Маслобоев*¹, д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник, *masloboev@iimm.ru*

*В.А. Путилов*¹, д.т.н., профессор, научный руководитель, *putilov@iimm.ru*

¹ *Институт информатики и математического моделирования технологических процессов
Кольского научного центра РАН,
ул. Ферсмана, 24а, г. Апатиты, Мурманская обл., 184209, Россия*

Основное направление исследований связано с разработкой информационных технологий и средств компьютерного моделирования для информационно-аналитической поддержки управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Исследования проводятся в рамках реализации стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года на территории Мурманской области.

Работа посвящена созданию инструментария для решения задач информационной поддержки принятия решений в сфере управления региональной безопасностью. С этой целью разработан программный тренажерно-моделирующий комплекс информационной поддержки сетецентрического управления региональной безопасностью.

В работе рассматриваются архитектура и особенности реализации программного комплекса. Комплекс представляет собой многоагентную среду моделирования, обеспечивающую автоматизированный синтез и анализ мультиагентных моделей сетевых виртуальных структур управления безопасностью региона в условиях кризисных ситуаций в социально-экономической сфере. Модельный и программный инструментарий комплекса позволяет сформировать, исследовать и расширить спектр альтернативных сценариев моделирования региональных кризисных ситуаций, что повышает качество информационного обеспечения для выработки и реализации эффективных управленческих решений. Комплекс состоит из автономных программных агентов с имитационным аппаратом и вспомогательного ПО. Ядро и компоненты системы образуют сетецентрическое многоуровневое виртуальное пространство как интеграционную площадку для проблемно-ориентированных коалиционных мультиагентных систем информационной поддержки управления в каждой сфере региональной безопасности.

Применение комплекса обеспечивает возможность оперативной настройки среды моделирования на особенности той или иной задачи управления и высокую вариабельность реализации вычислительных экспериментов.

Ключевые слова: *многоагентная система, моделирование, программный комплекс, информационная поддержка, сетецентрическое управление, региональная безопасность.*

Для решения проблем обеспечения национальной безопасности и развития экономики нашей страны все более необходимыми и стратегически важными становятся информационные ресурсы, превосходя энергетические, сырьевые, финансовые и другие традиционные виды ресурсов.

На различных уровнях управления безопасностью не в полной мере учитывается стремительно растущий потенциал интеллектуальных информационных технологий и компьютерного моделирования, хотя именно сейчас назрела объективная необходимость в разработке и широком внедрении в области государственного управления средств поддержки принятия решений нового поколения, включая обучаемые нейронные сети, мультиагентные и киберфизические (виртуальные) системы. В таких средствах нуждается и область управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Это обусловлено тем, что проблемы безопасности наиболее остро проявляются на региональном уровне, что может привести к дестабилизации систем национального и мирового уровней. В управлении региональной безопасностью можно ожидать быстрого и эффективного внедрения ин-

формационных ресурсов, так как другие ресурсы не успели глубоко внедриться в эту область.

Проблема повышения эффективности управления региональной безопасностью [1, 2] достаточно глубоко теоретически проработана, однако на практике она еще далека от эффективного решения. Угрозы и опасности в социально-экономической сфере имеют различную природу, скрытый характер, неоднородность и разную временную динамику, поэтому для процессов, происходящих в этой сфере, невозможно все заранее учесть и расписать. Для решения проблемы нужно обеспечить оперативное и согласованное информационное взаимодействие субъектов безопасности региона, которые, как правило, разнородны и децентрализованы. Необходимость обработки и анализа больших объемов разноплановой информации для принятия эффективных управленческих решений на разных уровнях обеспечения безопасности региона совместно с невозможностью организовать строгие регламенты по обмену данными требуют создания и применения специальных методов и средств информационной поддержки и координации деятельности субъектов региональной безопасности в условиях децентрализованного управления. Работа

направлена на создание средств поддержки принятия решений по управлению безопасностью региона в условиях кризисных ситуаций в социально-экономической сфере.

Теоретические основы исследования.

Постановка задачи

Для нейтрализации последствий кризисных ситуаций в социально-экономической сфере необходимо принимать быстрые и эффективные управленческие решения в очень ограниченное время. Это обуславливает необходимость перехода на модель сетецентрического управления безопасностью региона. Такого в управлении безопасностью социально-экономических систем ранее реализовано не было. Делались попытки управлять региональной безопасностью централизованно, но это не обеспечило нужного эффекта, поскольку аспектов региональной безопасности много и они очень разноплановые. Их необходимо было связать в единое целое. Поэтому для решения этой сложной задачи предлагается сетецентрический подход в сочетании с мультиагентными технологиями. Он наиболее адекватно отражает реальную природу управления социально-экономическими системами и учитывает децентрализованный характер процессов обеспечения региональной безопасности как по функциональной структуре, так и по составу участников. В рамках предложенного решения предполагается, что отдельные функции управления делегируются виртуальным представителям субъектов безопасности – автономным программным агентам, согласованно взаимодействующим в единой информационной среде.

Сетецентрическое управление региональной безопасностью заключается в реализации сетевой структуры организационного управления с выделенными управляющими центрами, взаимодействие между которыми осуществляется на базе их интеграции в единое региональное информационное пространство.

Для регионов (субъектов РФ) это предполагает, во-первых, отказ от закрытых иерархических структур управления безопасностью с жесткими организационными связями и централизованным управлением и переход к открытым сетевым виртуальным организационным структурам с гибкими связями и децентрализованным управлением; во-вторых, реализацию процессного подхода к управлению безопасностью, в-третьих, создание и использование единой информационной среды для принятия согласованных управленческих решений в условиях децентрализованного управления безопасностью. В настоящий момент такая среда в большинстве регионов РФ практически отсутствует.

Для реализации сетецентрического управления безопасностью региона и повышения оперативно-

сти децентрализованного принятия решений в рамках распределенной информационной среды должны формироваться виртуальные проблемно-ориентированные организационные структуры управления в каждой сфере региональной безопасности. Для этих целей разработан метод формирования мультиагентных моделей виртуальных сетецентрических организационных структур управления региональной безопасностью [3]. Он реализован для практического применения в программном комплексе «Синтезатор сетецентрических организационных структур управления».

Программный комплекс разработан в Институте информатики и математического моделирования КНЦ РАН и представляет собой интегрированную многоагентную среду моделирования задач управления и процессов обеспечения региональной безопасности. Он является прикладным инструментом синтеза и анализа моделей виртуальных сетецентрических организационных структур управления, предназначенных для информационной поддержки и координации децентрализованного принятия управленческих решений в сфере региональной безопасности. Комплекс позволяет как в автоматическом, так и в интерактивном режиме проводить совмещенный синтез и анализ эффективности конфигурирования моделей сетецентрических организационных структур управления «под задачу», а также обеспечивает динамическое формирование состава этих моделей и адаптивную настройку их параметров в условиях изменяющейся внешней среды. Это, в свою очередь, способствует автоматизации процесса построения виртуальных структур управления, корректному выбору и композиции их элементов при заданных условиях и ограничениях на множестве решаемых задач информационной поддержки.

В качестве инструментария для технологической реализации комплекса использована технология мультиагентных систем, на базе которой предложен подход к виртуализации процессов принятия решений в сфере управления региональной безопасностью. Применение мультиагентного подхода для построения программного комплекса как системы поддержки принятия решений обусловлено тремя решающими факторами: высокой динамичностью среды функционирования субъектов управления безопасностью, необходимостью координации децентрализованного принятия решений и учета человеческого фактора в процессе управления. Технология мультиагентных систем является средством реализации сетецентрического управления.

Функциональная структура и особенности реализации программного комплекса

Программный комплекс имеет модульную структуру, что обеспечивает возможность масшта-

бирования системы, доработки отдельных модулей под конкретные задачи и гибкость в расширении функциональных возможностей используемых инструментальных средств.

Структура программного комплекса «Синтезатор сетцентрических организационных структур управления» включает следующие основные функциональные блоки:

- блок синтеза;
- блок конструктора и конфигуратора;
- блок анализа и оценки;
- блок настройки и реконфигурации;
- блок оптимизации и развития;
- многоагентную среду моделирования.

Укрупненная структура и состав программного комплекса представлены на рисунке 1.

В состав комплекса входят также визуальные инструменты проектирования концептуальных, системно-динамических и агентных имитационных моделей для анализа и прогнозирования различных альтернативных сценариев развития региональных кризисных ситуаций с целью оценки эффективности управленческих решений по обеспечению безопасности региона. Эти инструменты

позволяют организовать синтез моделей сетцентрических организационных структур управления на основе использования библиотеки типовых моделей и модельных шаблонов, а также обеспечивают анализ корректности синтезируемых моделей, объединение нескольких моделей в единый полимодельный комплекс, согласование шага моделирования для различных подмоделей (нормирование моделей по времени), интерпретацию результатов моделирования и их представление в текстовой, табличной и графической формах, экспорт сформированной аналитической информации и отчетов в мониторинговые информационные системы региональных ситуационных центров.

Блок синтеза реализует процедуры формализации (переноса на формальный язык концептуальной модели предметной области, реализованной в виде прикладной онтологии) структурированных и неструктурированных описаний кризисных ситуаций, компетенций и задач субъектов управления безопасностью, а также процедуры формирования коалиций агентов и связанных с ними сетей инфор-

мационных ресурсов и веб-сервисов на основе этих формализованных описаний с учетом постановки задачи и накладываемых ограничений.

Пользователь (эксперт, системный аналитик или лицо, принимающее решения) вводит информацию о кризисных ситуациях, возникающих в социально-экономической сфере, для управления которыми создаются территориальные координационные комиссии – виртуальные сетевые организационные структуры управления безопасностью. На основе обработки и анализа этой информации формируются модели и спецификации организационных структур, предназначенных для решения определенного класса задач управления безопасностью в условиях этих кризисных ситуаций. Ввод данных в систему производится в диалоговом режиме при взаимодействии пользователя со своим виртуальным представителем – автономным программным агентом, которому делегированы функции и полномочия по решению задач информационной поддержки управления безопасностью в виртуальной среде. Пользователь инициирует процедуру синтеза виртуальных структур управления через своего агента или агентов в зависимости от своей роли в системе. Для пользователя могут генерироваться несколько программных агентов.

В результате выполнения процедуры синтеза на основе сформированных моделей кризисных ситуаций и решаемых задач, представленных в терминах концептуальной модели предметной области, система синтезирует множество допустимых альтернативных вариантов виртуальных сетевых организационных структур управления для решения задач в условиях этих кризисных ситуаций, то есть каркасы структур, отражающие абстрактный контекст ситуации. При этом должно обеспечиваться покрытие всех взаимосвязанных задач, решаемых в условиях данных кризисных ситуаций.

Компетентность субъекта управления безопасностью решать конкретные задачи проверяется по формулам гибкой модели установления соответствия профиля деятельности субъекта и множества решаемых задач. Технически это реализуется путем совместного анализа семантических описаний компетенций субъектов безопасности и задач управления безопасностью, семантика которых определена на концептуальной модели предметной области, то есть на основе оценки степени семантического сходства параметров этих описаний, которые являются концептами в онтологии региональной безопасности.

Система генерирует и распределяет между агентами задачи управления, решение которых необходимо в условиях заданной кризисной ситуации. Для решения этих задач создается множество управляющих элементов (координирующих агентов) и формируются коалиции агентов исполнителей.

Система поддерживает три варианта синтеза виртуальных структур – обратный, прямой и двунаправленный, различающихся поставленной целью, исходными данными и условиями останова итеративного алгоритма синтеза.

По завершении процедуры синтеза система выдает пользователю промежуточный отчет, представляющий собой табличное и графическое описание спецификаций множества синтезированных альтернативных вариантов виртуальных структур управления. Табличное представление содержит детальную информацию о параметрах элементов синтезированных структур, графическое отражает обобщенную структуру взаимосвязей в виде направленного ациклического взвешенного графа и структуру соподчинения элементов в виде дерева иерархии. Эта информация заносится в БД системы и используется в других блоках комплекса для последующей аналитической обработки и оценивания.

Блок конструктора и конфигулятора моделей сетевых структур управления обеспечивает возможность уточнения и доопределения параметров решаемых задач управления и сформированного под них множества альтернативных вариантов структур в автоматизированном режиме либо в режиме диалога с пользователем. Блок предоставляет также возможность доопределения параметров локального контекста агентов, что является основой реконфигурации структур в случае изменения параметров исследуемой ситуации. Данный блок предназначен для упрощения процесса реорганизации виртуальных структур. Результаты работы функционального блока используются в процедурах анализа и оценки эффективности (качества конфигурации) синтезированных организационных структур.

Блок анализа и оценки предназначен для оценивания качества конфигурации моделей виртуальных структур управления безопасностью. Оценивание направлено на сокращение количества возможных альтернативных вариантов структур, подлежащих окончательному неавтоматизированному рассмотрению. Для оценки качества конфигурации элементов структур предложены следующие критерии [3]:

- связность (целостность) структуры;
- рейтинг (деловая репутация) субъектов безопасности, входящих в структуру;
- совместимость и согласованность взаимодействия элементов структуры;
- показатели качества функционирования элементов структуры (целевые функции, параметрами которых являются показатели безопасности региона, оптимизируемые элементами структуры);
- оперативность решения задач, стоящих перед структурой, в условиях заданной цели и имеющегося в наличии набора ресурсов (материальных, финансовых и др.).

По результатам работы данного блока формируется отчет, который предоставляется пользователю в аналитической и графической формах. Отчет включает также информацию о том, какие структуры были построены и как, а какие рекомендуются для дальнейшей проработки с учетом полученных оценок по выбранным критериям эффективности.

Блок настройки и реконфигурации используется для заключительной ручной настройки параметров элементов отобранных эффективных виртуальных структур под задачу. В блоке экспертным путем доопределяются неизвестные характеристики структур и в случае изменения ситуации проводится динамическое реконfigurирование компонентного состава структур. В результате формируется множество оптимальных спецификаций виртуальных структур, параметризованные модели которых отражают оперативный (прикладной) контекст кризисной ситуации и совместно используются компонентами информационной инфраструктуры безопасности региона для решения задач управления и принятия решений в условиях этой ситуации.

Блок оптимизации и развития позволяет проводить исследования агентных моделей структур обеспечения безопасности при различных сценариях развития региональных кризисных ситуаций, для управления которыми эти структуры создаются. Для этого в рамках системы используются средства мониторинга и активного прогноза динамики показателей безопасности региона, оптимизируемых различными элементами структур на разных уровнях управления, и процедуры их согласования. Процедура прогнозирования в блоке реализуется на основе имитационно-экспертного моделирования.

В случае изменения целей субъектов управления безопасностью, внешних условий или стратегии регионального развития зачастую меняется набор антикризисных мер и задач, эффективное решение которых должно обеспечиваться на всех уровнях принятия решений виртуальными структурами управления безопасностью региона в условиях возникновения кризисных ситуаций. Это, в свою очередь, влечет за собой необходимость полной или частичной перестройки действующих в регионе организационных структур управления безопасностью с целью их адаптации к динамически меняющимся условиям обстановки. Данный функциональный блок системы позволяет находить наиболее благоприятные и адекватные ситуации альтернативы подобных перестроек. Входной информацией для работы блока являются множество существующих или вновь сформированных организационных структур управления безопасностью в регионе, подходящих для нейтрализации возможных кризисных ситуаций, и данные об изменениях во множестве задач управления, стоящих перед

этими структурами. Результатом работы блока являются аналитическая информация о возможных альтернативах изменения ситуации в регионе и соответствующие рекомендации по модификации состава структур и их параметров, что используется для информационной поддержки принятия управленческих решений и адаптации к новым факторам и условиям, влияющим на состояние и функционирование региональных элементов и подсистем.

При проектировании программного комплекса и реализации входящей в его состав многоагентной среды моделирования процессов управления региональной безопасностью использовался системный подход, опирающийся на принципы целостности (полноты), непротиворечивости, иерархической структуры (декомпозиции), развития, обратной связи, совместимости, унификации и стандартизации, расширяемости и другие, а также позволяющий формировать оптимальную структуру комплекса (исполнительной среды информационно-аналитической поддержки) для обеспечения высокой эффективности его работы в плане комплексной автоматизации всех аспектов управления в исследуемой предметной области. Перечисленные принципы реализованы в рамках разработанной концептуальной модели региональной безопасности [3]. Модель является формальной основой инструментальных средств автоматизации и имитационного моделирования процессов управления и принятия решений в сфере обеспечения региональной безопасности, используемых в составе предлагаемого программного комплекса.

Архитектура многоагентной среды моделирования

Многоагентная среда моделирования представляет собой совокупность функциональных модулей и программных средств, обеспечивающих, наряду с поддержанием среды исполнения и корректного функционирования агентов, синтез онтологических и имитационных моделей из шаблонов для создания полимодельных комплексов и их последующее использование в процессе реализации аналитических, прогностических и когнитивных (познавательных) функций агентов при решении пользовательских задач. Реализация технологии дистанционного формирования моделей на базе типовых модельных шаблонов и управление процессом моделирования [4] обеспечиваются на уровне как платформы среды, так и типового агента системы. Для разработки базовых моделей и типовых имитационных шаблонов использовались инструментальные среды моделирования Powersim Studio SDK и Anylogic. Многоагентная среда моделирования построена на базе сервис-ориентированной архитектуры [5].

Специализированными компонентами многоагентной среды являются средства:

- формирования отдельных подмоделей с помощью разных методов моделирования и их интеграции в общий полимодельный комплекс;
- обеспечения согласования и выбора общесистемного шага моделирования для различных подмоделей;
- формирования и исполнения подмоделей внутри имитационного аппарата агентов;
- автоматизированной обработки результатов моделирования;
- интеграции (консолидации) результатов моделирования в разрезе конкретной решаемой задачи.

Архитектура многоагентной среды моделирования также включает функциональные модули, реализующие внутреннюю логику функционирования агентов, протоколы межагентных коммуникаций, а также процедуры формирования коалиций агентов и модели управления их совместной деятельностью, методы оценки доверительных отношений между агентами, средства обеспечения информационной безопасности агентов и данных, алгоритмы миграции агентов, средства интеграции веб-сервисов и сервисов агентов.

Архитектура многоагентной среды моделирования задач управления региональной безопасностью показана на рисунке 2. Среда имеет композитную децентрализованную функциональную структуру, которая динамически формируется за счет коалиционных взаимодействий автономных программных агентов и связанных с ними информационных ресурсов и веб-сервисов. Такой принцип построения среды повышает корректность ее работы и сокращает время на ее конфигурацию под задачу.

Среда включает множество автономных программных агентов *субъектов управления безопасностью* (СУБ), внешние модули и источники данных, вспомогательные приложения и агенты промежуточного слоя, а также компоненты внешних систем. Связи между агентами и внешними компонентами обозначены на рисунке 2 соответствующими стрелками. Агентная платформа среды содержит статические агенты СУБ и мобильные агенты коалиций, а также вспомогательные агенты для взаимодействия с внешними компонентами и агента-брокера, реализующего алгоритмы семантического анализа сервисных описаний агентов и

Рис. 2. Архитектура многоагентной среды моделирования задач управления и принятия решений в сфере региональной безопасности

Fig. 2. The architecture of a multi-agent modeling environment for management and decision-making tasks in the field of regional security

веб-сервисов в информационном пространстве региона.

Агенты СУБ распределяются по контейнерам агентной платформы в соответствии с классом, к которому они принадлежат. Использование контейнеров позволяет воспроизвести реальную функциональную и информационную структуру распределенного управления региональной безопасностью. Так как предлагаемая разработка является экспериментальным комплексом для реализации методов автоматизированного синтеза и конфигурирования мультиагентных моделей сетевых структур управления безопасностью региона, этот инструментальный может быть интегрирован в состав информационной инфраструктуры региональных ситуационных центров. В данном случае синтезированные спецификации структур управления, экспериментально проверенные на имитационных моделях в агентной среде моделирования, в дальнейшем могут быть использованы в практических приложениях.

Агенты реализованы в виде отдельных приложений, взаимодействующих между собой. В среде используются два типа агентов – мобильные, способные перемещаться между узлами сети для реализации локального поиска и обработки данных в пределах того или иного узла, и статические, технически реализуемые в виде локальных программ (.exe) и веб-сервисов.

Многоагентная среда включает также множества общесистемных сервисов (сервис онтологий, сервис центров сертификации агентов и др.), а также специализированных системных служб, обеспечивающих интеграцию в систему разнородных информационных ресурсов и сервисов. Для согласования разных технологий хранения и представления данных в среде используются программные адаптеры ресурсов, реализующие специфичные для каждого конкретного ресурса механизмы доступа и извлечения данных.

Для обеспечения семантической интероперабельности информационных элементов среды используется созданная онтология предметной области «региональная безопасность». Интегрированная онтология реализована в инструментальной среде разработки онтологий Protégé на языке онтологического моделирования OWL (Web Ontology Language) и используется в качестве базы знаний агентов системы. Онтология содержит 7 уровней таксономии и включает в себя более 500 классов, 150 атрибутов, 30 иерархических отношений, 40 ассоциативных отношений, 30 функциональных ограничений. Возможность работы агентов среды с разработанной онтологией обеспечена за счет использования специальной библиотеки AgentOWL и Java-машины логического вывода Pellet OWL DL Reasoner с открытым кодом.

Базовые функциональные компоненты системы разработаны с помощью языка Java на базе плат-

формы JADE (Java Agent Development Environment), поддерживающей стандартную спецификацию FIPA для реализации агентов, в соответствии с методологией проектирования многоагентных систем GAIA. В качестве вспомогательного ПО для разработки агентов и их настройки на предметную область использованы инструментальные средства AgentBuilder Toolkit и Cougaar (Cognitive Agent Architecture).

Технология формирования многоагентной среды моделирования

Формирование многоагентной среды моделирования задач управления региональной безопасностью и связанных с ними информационных процессов реализуется в четыре этапа, которые схематично показаны на рисунке 3.

На *первом этапе* на основе анализа представленных в концептуальной модели предметной области субъектов и ассоциированных с ними задач определяется базовое множество классов агентов, которые будут функционировать в синтезируемой системе. С каждым классом связывается набор общесистемных и специфических функций агента. На *втором этапе* с использованием процедур анализа интегрированной концептуальной модели и выбора проблемно-ориентированных фрагментов концептуального описания формируются множество экземпляров агентов каждого класса, а также их коалиции. База знаний агента формируется на основе соответствующих фрагментов концептуальной модели. *Третий этап* заключается в создании компонентов, обеспечивающих реализацию имитационного моделирования – комплекса системно-динамических моделей, отвечающих как за имитацию динамики среды, так и за «поведение» агентов. Структура каждой имитационной модели синтезируется на основе совместного анализа интегрированной концептуальной модели и синтезированной на предыдущем этапе структуры агентов. *Четвертый этап* заключается в интеграции синтезированных компонент в единую мультиагентную среду моделирования и окончательной настройке этой среды.

Отличительной особенностью технологии является применение программных агентов с внутренней подсистемой имитационного моделирования – имитационным аппаратом. Имитационный аппарат представляет собой полную или упрощенную модель среды функционирования агента, рекуррентно вызываемую в процессе моделирования, и обеспечивает локальный прогноз результатов его потенциальной активности. Такое решение существенно повышает автономность агента, расширяет его функциональные возможности для работы в открытых информационных средах. В качестве средства реализации имитационного аппарата использовались системно-динамические модели.

Области автоматизации

Инструментарий программного комплекса обеспечивает автоматизацию выполнения следующих функций и операций:

- синтез имитационных моделей процессов управления региональной безопасностью на основе применения технологии паттернов проектирования и библиотеки типовых модельных шаблонов;
- интеграция разнородных информационных ресурсов и сервисов на базе онтологий и за счет использования общесистемного тезауруса (метамодели предметной области);
- мониторинг и прогнозирование динамики показателей региональной безопасности в многомерном анизотропном пространстве признаков на основе применения интеллектуальных агентов с имитационным аппаратом;
- поиск субъектов совместной деятельности (исполнителей) и их интеграция в единое информационное пространство за счет коалиционных взаимодействий программных агентов и применения процедур семантического анализа сервисных описаний агентов и решаемых задач;
- формирование спецификаций организационных структур управления безопасностью под задачу и планов совместных действий за счет реализации процедур анализа и генерализации концептуальных описаний кризисных ситуаций, решаемых задач и ключевых компетенций субъектов управления безопасностью;
- динамическое конфигурирование моделей организационных структур управления безопасностью и оценка качества их конфигурации;

– координация процессов децентрализованного принятия решений по обеспечению региональной безопасности за счет реализации процедур самоорганизации и согласования взаимодействия агентов на всех уровнях управления.

Автоматизация перечисленных функций управления позволяет, с одной стороны, включать новых субъектов в процессы управления региональной безопасностью, а с другой – динамически формировать структуру и состав многоуровневой системы сетецентрического управления безопасностью региона в зависимости от параметров конкретных кризисных ситуаций из множества доступных компонентов (субъектов, ресурсов, сервисов и т.д.).

Таким образом, программный комплекс обеспечивает работу со всей необходимой информацией для формирования, оценки и реконфигурирования мультиагентных моделей виртуальных сетецентрических структур управления региональной безопасностью с учетом спецификации кризисных ситуаций и их оперативного (прикладного) контекста. Комплекс поддерживает анализ и синтез различных типов организационных структур управления, как иерархических [6, 7], так и сетецентрических [8, 9].

Область корректного применения комплекса как инструмента информационной поддержки управления региональной безопасностью определяется возможностью синтеза и анализа таких классов организационных структур управления, как простые, адхократические бюрократические, дивизионные структуры и другие, призванные работать как в стабильных, так и в динамических от-

крытых виртуальных средах с высоким уровнем неопределенности.

Программный комплекс прошел апробацию при решении ряда практических задач в сфере информационного обеспечения экономической безопасности Мурманской области в составе информационно-аналитической системы «Прогноз» [10], официально используемой Министерством экономического развития Мурманской области и ситуационным центром региона на основе нормативно-правовых регламентов, принятых на государственном уровне.

Заключение

Разработанный программный комплекс предназначен для анализа и синтеза моделей сетевых организационных структур управления в приложении к задачам обеспечения региональной безопасности и информационной поддержки принятия решений в этой сфере. Он имеет мультиагентную реализацию и позволяет в автоматизированном режиме проводить совмещенное формирование и оценку эффективности сетевых организационных структур управления безопасностью региона в условиях кризисных ситуаций за счет использования автономных программных агентов и средств имитационного моделирования. Комплекс обеспечивает возможность динамического реконfigurирования моделей организационных структур управления безопасностью под задачу.

Средства комплекса обеспечили трехкратное сокращение времени на формирование и поиск требуемой аналитической информации для принятия управленческих решений. Такая эмпирическая оценка эффективности получена на основе применения методов GOMS и BSC.

Приложения программного комплекса выполнены в едином контексте формирования, конфигурирования и координации сетевых виртуальных

организационных структур управления региональной безопасностью на задачах из областей экономической, экологической, кадровой и инновационной безопасности Мурманской области. Результаты использованы при реализации «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г.» на территории Мурманской области.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-07-00167-а.

Литература

1. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством. М.: Наука, 2015. 542 с.
2. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Информационное измерение региональной безопасности в Арктике. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2016. 222 с.
3. Маслобоев А.В. Технология формирования мультиагентных моделей организационных структур сетевых систем управления региональной безопасностью // Информационные системы и технологии. 2017. № 5. С. 39–48.
4. Маслобоев А.В., Олейник А.Г., Шишаев М.Г. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики // Науч.-технич. вестн. информ. технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15. № 4. С. 748–755.
5. Жебрун Н.Н. Использование сервис-ориентированных архитектур при построении информационных систем // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2005. № 10. С. 249–254.
6. Минцберг Г. Структура в кулаке. Создание эффективной организации. СПб: Питер, 2003. 512 с.
7. Цыгичко В.Н., Попович А.Ю. Синтез иерархических систем управления. Теория и практика. М.: Красанд, 2011. 256 с.
8. Игнатьев М.Б. Просто Кибернетика. СПб: Страта, 2016. 248 с.
9. Иванов Д., Соколов Б., Архипов А., Кэшель Й. Модель динамического структурно-функционального синтеза гибких цепей поставок на основе ключевых компетенций // Логистика и управление цепями поставок. 2008. № 2. С. 39–52.
10. Селянин А.О., Андрианов Д.Л. Информационно-аналитическая система мониторинга, анализа и прогнозирования социально-экономического развития и финансового состояния субъектов РФ // Методология регионального прогнозирования: сб. докл. конф. М.: Изд-во СОПС, 2003. С. 128–147.

AN AUTOMATION TECHNOLOGY AND MEANS FOR REGIONAL SECURITY CONTROL PROCESS SIMULATION

A.V. Masloboev¹, Dr.Sc. (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher, masloboev@iimm.ru
V.A. Putilov¹, Dr.Sc. (Engineering), Professor, Scientific Supervisor, putilov@iimm.ru

¹ Institute for Informatics and Mathematical Modeling Institute for Informatics and Mathematical Modeling Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Fersmana St. 24a, Apatity, Murmansk Reg., 184209, Russian Federation

Abstract. The general line of research is related to development of information technologies and computer simulation tools for information and analytical support of regional socio-economic systems security management. The research is carried out

within implementation of the development strategy of the Russian Federation Arctic zone and national security efforts until 2020 in the Murmansk region. It is focused on engineering high-end information infrastructure for regional development security control problem solving.

The paper is focused on development of toolkit to solve the problem of decision-making information support in the field of regional security management. For that purpose a software training simulation system for network-centric control information support of regional security has been developed.

The paper considers system architecture and development features of the software package. The package is a multi-agent modeling environment and provides agent-based model automated synthesis and analysis of multi-agent models of network virtual managerial structures for regional security support in crisis situations in socio-economic sphere. System simulation and software toolkit allows formation, analysis and extension of a spectrum of alternative modeling scenario for regional crisis situations. That provides efficient managerial decision making through information support quality and validity enhancement. The program suite consists of autonomous software agents with framework-integrated simulation toolkit and auxiliary software. The system core and components form network-centric multilayer virtual space as an integration framework for problem-oriented coalition-based multi-agent systems for management information support of each domain of regional security.

Application of the proposed software system makes it possible to configure modeling environment fast according to specific features of a control problem and provides high variability of computing experiment implementation.

Keywords: multi-agent system, simulation, bundled software, information support, network-centric control, regional security.

Acknowledgements. The work has been supported by Russian Foundation for Basic Research (grant no. № 18-07-00167-a).

References

1. Shults V.L., Kulba V.V., Shelkov A.B., Chernov I.V. *Stsenarny analiz v upravlenii geopoliticheskimi informatsionnymi protivoborstvom* [Scenario Analysis in Controlling Geopolitical Information Resistance]. Moscow, Nauka Publ., 2015, 542 p.
2. Masloboev A.V., Putilov V.A. *Informatsionnoe izmerenie regionalnoy bezopasnosti v Arktike* [Information measurement of the Arctic regional security]. Apatity, KSC RAS Publ., 2016, 222 p.
3. Masloboev A.V. Technology for agent-based models synthesis of network-centric control organizational structures of regional security. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Information Systems and Technologies]. 2017, no. 5, pp. 39–48 (in Russ.).
4. Masloboev A.V., Oleynik A.G., Shishaev M.G. Remote synthesis and control information technology of system-dynamic models. *Nauchno-tekhnichesky vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics]. 2015, vol. 15, no. 4, pp. 748–755 (in Russ.).
5. Zhebrun N.N. Application of service-oriented architecture for information system design. *Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannykh* [Data Processing Algorithms, Methods and Systems]. 2005, no. 10, pp. 249–254 (in Russ.).
6. Mintsberg G. *Struktura v kulake. Sozdanie effektivnoy organizatsii* [Structure in a Fist. Development of an Efficient Organization]. St. Petersburg, Piter Publ., 2003, 512 p.
7. Tsygichko V.N., Popovich A.Yu. *Sintez ierarhicheskikh sistem upravleniya. Teoriya i praktika* [Hierarchical Control System Synthesis. Theory and Practice]. Moscow, Krasand Publ., 2011, 256 p.
8. Ignatev M.B. *Prosto Kibernetika* [Simply Cybernetics]. St. Petersburg, Strata Publ., 2016, 248 p.
9. Ivanov D., Sokolov B., Arkhipov A., Keshel Y. A dynamic structure-functional synthesis model of a flexible supply chain based on key competences. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* [Supply Chain Logistics and Management]. 2008, no. 2 (25), pp. 39–52 (in Russ.).
10. Selyanin A.O., Andrianov D.L. An information and analytical system for monitoring, analysis and prediction of the regional socio-economic development and financial status of Russian Federation subjects. *Metodologiya regionalnoy prognozirovaniya: sb. dokl. konf.* [Proc. Regional Forecasting Methodology Conf.]. Moscow, SOPS Publ., 2003, pp. 128–147 (in Russ.).

Примеры библиографического описания статьи

1. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Технология и средства автоматизации имитационного моделирования процессов управления региональной безопасностью // Программные продукты и системы. 2018. Т. 31. № 2. С. 343–352. DOI: 10.15827/0236-235X.122.343-352.
2. Masloboev A.V., Putilov V.A. An automation technology and means for regional security control process simulation. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. 2018, vol. 31, no. 2, pp. 343–352 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.122.343-352.