

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004.89, 004.94, 338.24

А.В. Маслобоев, В.А. Путилов

МНОГОАГЕНТНАЯ СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ¹

Маслобоев Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Окончил факультет информатики и прикладной математики Петрозаводского государственного университета. Имеет 160 печатных работ. Область научных интересов: многоагентные системы, системная динамика, системы поддержки принятия решений, управление социально-экономическими системами, региональная безопасность. [e-mail: masloboev@iimm.ru].

Путилов Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН. Окончил Ленинградский институт авиационного приборостроения. Имеет 215 печатных работ, в т. ч. 10 монографий. Область научных интересов: функционально-целевой синтез и анализ моделей системной динамики и автоматизированное проектирование информационных технологий для управления сложными трудноформализуемыми системами. [e-mail: putilov@iimm.ru].

Аннотация

Для решения прикладных задач информационной поддержки управления региональной безопасностью на основе комбинированного имитационно-экспертного моделирования разработан специализированный программный комплекс «Синтезатор сетевых организационных структур управления», обеспечивающий автоматизированный синтез и анализ мультиагентных моделей сетевых виртуальных структур управления безопасностью региона в условиях кризисных ситуаций в социально-экономической сфере. Модельный и программный инструментарию комплекса позволяют сформировать, исследовать и расширить спектр альтернативных сценариев моделирования региональных кризисных ситуаций, что повышает информационную обеспеченность и обоснованность принятия управленческих решений в сфере региональной безопасности. Применение комплекса обеспечивает возможность оперативной настройки среды моделирования на особенности той или иной задачи управления и высокую вариативность реализации вычислительных экспериментов.

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

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (шифр проектов 18-07-00167-а, 15-29-06973-офи).

MULTI-AGENT MODELING ENVIRONMENT OF REGIONAL SECURITY CONTROL PROCESSES: DESIGN PRINCIPLES AND AUTOMATION COMPONENTS

Andrei Vladimirovich Masloboev, Doctor of Engineering, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute for Informatics and Mathematical Modeling at the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences; graduated from the Department of Informatics and Applied Mathematics of Petrozavodsk State University; an author of 160 publications in the field of multi-agent systems, system dynamics, decision support systems, socio-economic system management, regional security. e-mail: masloboev@iimm.ru.

Vladimir Aleksandrovich Putilov, Doctor of Engineering, Professor, Honoured Science Worker of the Russian Federation, Research Supervisor of the Institute for Informatics and Mathematical Modeling at the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences; graduated from the Leningrad Institute of Aerospace Instrumentation; an author of 215 publications, including, 10 monographs in the field of system dynamics model' functional-goal synthesis and analysis, computer-aided design of information technologies for complex ill-formalizable system control. e-mail: putilov@iimm.ru.

Abstract

For practical applications and problem-solving of regional security management information support on the basis of combined simulation-expert modeling, a special-purpose software system «Network-centric managerial structures synthesizer» has been developed. Software system provides agent-based model automated synthesis and analysis of the networked virtual managerial structures for security support under crisis situations in socio-economic sphere of regional development. System simulation and software toolkit allows alternative modeling scenario spectrum formation, analysis and extension of regional crisis situations. That provides managerial decision-making information probability and validity in the field of regional security support. Software system application provides the possibility for modeling environment operative configuration by the specific features of management problem and computing experiments implementation high variability.

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема повышения эффективности управления безопасностью социально-экономических систем не теряет своей значимости и актуальности. Несмотря на достаточно глубокую теоретическую проработку этой проблемы [1, 2], на практике она еще далека от эффективного решения. Решение проблемы имеет важное значение как для экономики, так и для национальной безопасности страны. Это обусловлено тем, что в современных условиях проблемы безопасности наиболее остро проявляются на региональном уровне, что может привести к дестабилизации систем более высокого уровня – национального и мирового.

Угрозы и опасности в социально-экономической сфере имеют различную природу, скрытый характер, неоднородность и разное по времени нарастание. Все это обуславливает то, что для ситуаций, происходящих в этой сфере, не может быть все заранее учтено и расписано. Поэтому необходимо обеспечить оперативное и согласованное информационное взаимодействие разнородных и децентрализованных субъектов безопасности региона. В связи с этим исследования в области разработки средств информационной поддержки и координации управления региональной безопасностью являются своевременными и перспективными. Работа

направлена на создание средств поддержки принятия решений для управления регионом в условиях кризисных ситуаций в социально-экономической сфере.

1 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 обстоятельство 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 предлагается сетецентрический подход в сочетании с мультиагентными технологиями к решению этой сложной задачи. Такой подход 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 пред-

ложенного 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. И, в-третьих, создание и использование единой информационной среды для принятия согласованных управленческих решений в условиях децентрализованного управления безопасностью. Такая среда в большинстве регионов РФ в настоящий момент практически отсутствует.

Для реализации сетецентрического управления безопасностью региона и повышения оперативности децентрализованного принятия решений в рамках распределенной информационной среды должны формироваться виртуальные проблемно-ориентированные организационные структуры управления для каждой области региональной безопасности. Для этих целей разработаны метод [3] и соответствующая информационная

технология [4] формирования мультиагентных моделей виртуальных сетецентрических организационных структур управления региональной безопасностью. Эти разработки реализованы для практического применения в рамках программного тренажерно-моделирующего комплекса «Синтезатор сетецентрических организационных структур управления».

Программный комплекс разработан в Институте информатики и математического моделирования Кольского научного центра РАН и представляет собой интегрированную многоагентную среду моделирования задач управления и процессов обеспечения региональной безопасности. Комплекс 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 конфигурации 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 инструментальной 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 (СУБ), необходимостью координации децентрализованного принятия решений и учета человеческого фактора в процессе управления. Технология мультиагентных систем является средством реализации сетецентрического управления.

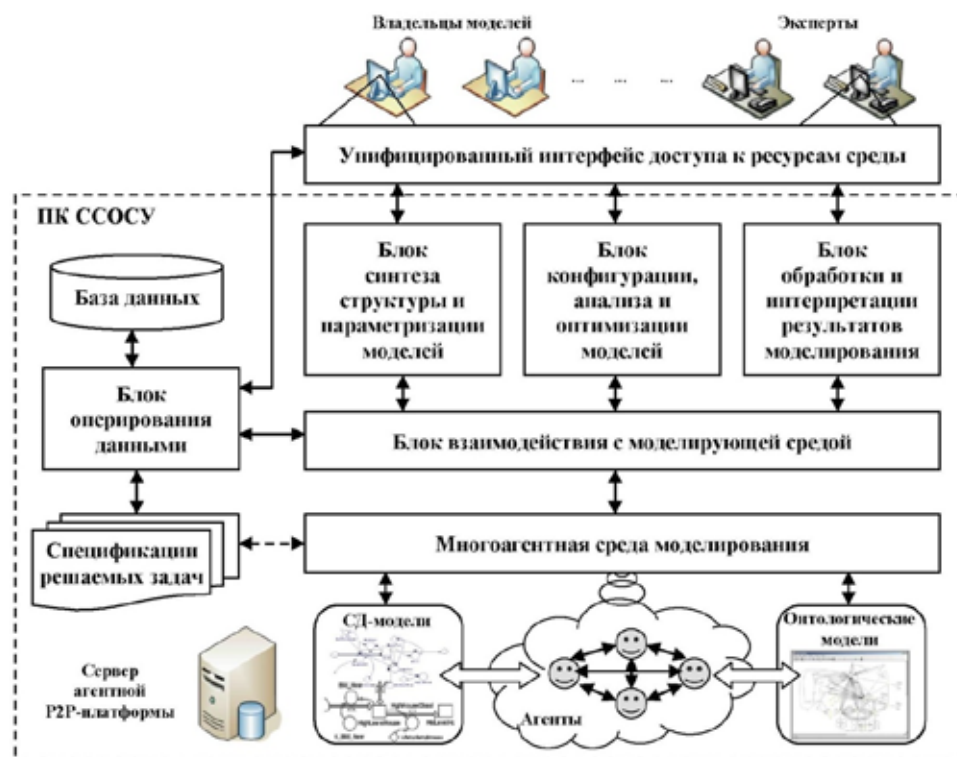


Рис. 1. Укрупненная структура программного комплекса

2 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Программный комплекс имеет модульную структуру, что обеспечивает возможность масштабирования системы, доработки отдельных модулей под конкретные задачи и гибкость в расширении функциональных возможностей используемых инструментальных средств.

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

1. блок синтеза;
2. блок конструктора и конфигуратора;
3. блок анализа и оценки;
4. блок настройки и реконфигурации;
5. блок оптимизации и развития.

Угруппенная структура и состав программного комплекса представлены на рисунке 1.

В состав комплекса входят также визуальные инструменты проектирования концептуальных, системно-динамических (СД) и агентных имитационных моделей для анализа и прогнозирования альтернативных различных 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 СУБ, а также процедуры формирования коалиций агентов и связанных с ними сетей информационных 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 сетцентрические организационные структуры управления безопасностью. На основе обработки и анализа этой информации формируются модели и спецификации организационных структур, пред-

назначенных 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 может быть сгенерировано 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 сетцентрических 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 СУБ 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 синтез – 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 представление отражает обобщенную структуру взаимосвязей в виде направленного ациклического взвешенного графа и структуру соподчинения элементов в виде дерева иерархии. Эта информация заносится

в базу данных системы и используется в других блоках комплекса для последующей аналитической обработки и оценивания.

Блок конструктора и конфигуратора моделей сетцентрических 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 ручному рассмотрению. Для оценки качества конфигурации элементов структур предложены следующие критерии [4]:

1. связность (целостность) структуры;
2. рейтинг (деловая репутация) субъектов безопасности, входящих в структуру;
3. совместимость и согласованность взаимодействия элементов структуры;
4. показатели качества функционирования элементов структуры (целевые функции, параметрами которых являются показатели безопасности региона, оптимизируемые элементами структуры);
5. 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 выбранному критерию эффективности.

Блок настройки и реконфигурации используется для заключительной «ручной» настройки параметров элементов отобранных эффективных виртуальных структур «под задачу». В блоке доопределяются неизвестные характеристики структур экспертным путем, и в случае изменения ситуации проводится динамическое реконфигурирование 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 исследование 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 СУБ, 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 является 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 является 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. Модель является формальной основой инструментальных средств авто-

матизации и имитационного моделирования процессов управления и принятия решений в сфере обеспечения региональной безопасности, используемых в составе предлагаемого программного комплекса.

3 АРХИТЕКТУРА МНОГОАГЕНТНОЙ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Многоагентная среда моделирования ПК ССОСУ 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 управления процессом моделирования [5] обеспечено как на уровне платформы среды, так и на уровне 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 [6].

Специализированными компонентами многоагентной среды 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 агентов;
- средства автоматизированной обработки результатов моделирования;
- средства 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

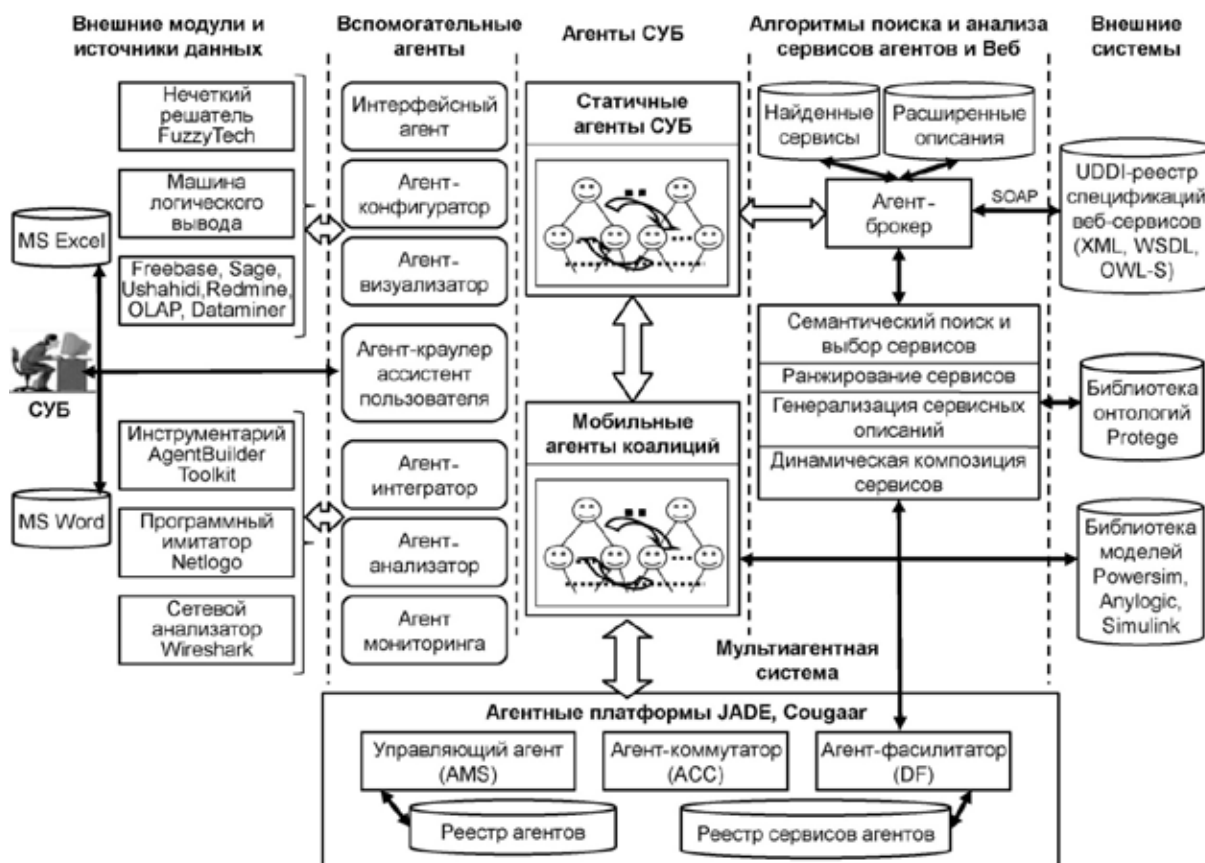


Рис. 2. Архитектура многоагентной среды моделирования задач управления и принятия решений в сфере региональной безопасности

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 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 веб-сервисов в информационном пространстве региона.

Обозначения, используемые на рисунке 2: OLAP (On-Line Analytical Processing) – средства интерактивной аналитической обработки многомерных данных; SOAP (Simple Object Access Protocol) – протокол обмена структурированными сообщениями в распределенной вычислительной среде; UDDI (Universal Description Discovery and Integration) – инструмент для регистрации описаний веб-сервисов и обеспечения возможности их поиска и интеграции информационными системами; XML (eXtensible Markup Language) – расширяемый язык разметки; WSDL (Web Services Description Language) – язык описания веб-сервисов и доступа к ним; OWL-S (Web-Service Ontology Language) – язык семантического описания веб-сервисов.

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 инструментарий 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, могут быть в дальнейшем использованы в практических приложениях.

Агенты реализованы в виде отдельных приложений, взаимодействующих между собой. В среде используются два типа агентов – мобильные агенты, способные перемещаться между узлами сети для реализации локального поиска и обработки данных в пределах того или иного узла, и статические агенты, 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, более 150 атрибутов, более 30 иерархических отношений, более 40 ассоциативных отношений, более 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.



Рис. 3. Структура и этапы технологии формирования многоагентной среды моделирования

Базовые функциональные компоненты системы разработаны с помощью языка Java на базе платформы JADE (Java Agent Development Environment), поддерживающей стандартную спецификацию FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) для реализации агентов, в соответствии с методологией проектирования многоагентных систем GAIA (Game Agent Interactive Adaptation). В качестве вспомогательного программного обеспечения для разработки агентов и их настройки на предметную область использованы инструментальные средства AgentBuilder Toolkit и Cougaar (Cognitive Agent Architecture).

4 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 проводится определение базового множества 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 (ИКМ) и выбора проблемно-ориентированных фрагментов концептуального описания формируется 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 ИКМ 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 [7]. 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 СД-модели.

5 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 (метамоделей 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 СУБ;
- 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 новые субъекты 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 [8, 9], так и сетецентрических [10, 11].

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 открытых 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» [12], официально используемой Министерством экономического развития Мурманской области и ситуационным центром региона на основе нормативно-правовых регламентов, принятых на государственном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный программный комплекс является инструментом анализа и синтеза моделей сетевых организационных структур управления в приложении к задачам обеспечения региональной безопасности и информационной поддержки принятия решений в этой сфере. Комплекс 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 реконфигурирования 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 (Model of Goals, Objects, Methods, and Selection rules) и BSC (Balanced ScoreCard).

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством / В.Л. Шульц, В.В. Кульба, А.Б. Шелков, И.В. Чернов. – М. : Наука, 2015. – 542 с.
2. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Информационное

измерение региональной безопасности в Арктике. – Апатиты : КНЦ РАН, 2016. – 222 с.

3. Маслобоев А.В. Метод автоматизированного синтеза виртуальных организационных структур для задач управления региональной безопасностью // Программные продукты и системы. – 2013. – № 4 (104). – С. 141–149.

4. Маслобоев А.В. Технология формирования мультиагентных моделей организационных структур сетецентрического управления региональной безопасностью // Информационные системы и технологии. – 2017. – № 5 (103). – С. 39–48.

5. Маслобоев А.В., Олейник А.Г., Шишаев М.Г. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями системной динамики // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 748–755.

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

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

8. Минцберг Г. Структура в кулаке. Создание эффективной организации. – СПб. : Питер, 2003. – 512 с.

9. Цыгичко В.Н., Попович А.Ю. Синтез иерархических систем управления. Теория и практика. – М. : Кранд, 2011. – 256 с.

10. Игнатъев М.Б. Просто Кибернетика. – СПб. : «Страта», 2016. – 248 с.

11. Модель динамического структурно-функционального синтеза гибких цепей поставок на основе ключевых компетенций / Д. Иванов, Б. Соколов, А. Архипов, Й. Кэшель // Логистика и управление цепями поставок. – 2008. – № 2 (25). – С. 39–52.

12. 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 ФГБНИУ СОПС, 2003. – С. 128–147.

REFERENCES

1. Shults V.L., Kulba V.V., Shelkov A.B., Chernov I.V. *Stsenarnyi analiz v upravlenii geopoliticheskim informatsionnym protivoborstvom* [Scenario Analysis in the Management of Geopolitical Information Confrontation]. Moscow, Nauka Publ., 2015. 542 p.
2. Maslboev A.V., Putilov V.A. *Informatsionnoe izmerenie regionalnoi bezopasnosti v Arktike* [Information Measurement of Regional Security in the Arctic]. Apatity, KSC RAS Publ., 2016. 222 p.
3. Maslboev A.V. Metod avtomatizirovannogo sinteza virtualnykh organizatsionnykh struktur dlia zadach upravleniia regionalnoi bezopasnostiu [A Method for

Automated Synthesis of Virtual Organizational Structures for Regional Security Management Problem-Solving]. *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems], 2013, no. 4 (104), pp. 141–149.

4. Masloboev A.V. Tekhnologiya formirovaniia multiagentnykh modeli organizatsionnykh struktur setetsentricheskogo upravleniia regionalnoi bezopasnostiu [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 (103), pp. 39–48.

5. Masloboev A.V., Oleynik A.G., Shishaev M.G. Informatsionnaia tekhnologiya distantsionnogo formirovaniia i upravleniia modeliami sistemnoi dinamiki [Remote Synthesis and Control Information Technology of System-Dynamic Models]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Journal. Information Technologies, Mechanics and Optics], 2015, vol. 15, no. 4, pp. 748–755.

6. Zhebrun N.N. Ispolzovanie servis-orientirovannykh arkhitektur pri postroenii informatsionnykh sistem [The Adoption of Service-Oriented Architectures When Information Systems Building]. *Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannykh* [Algorithms, Methods and Data Processing Systems], 2005, no. 10, pp. 249–254.

7. Masloboev A.V. Gibridnaia arkhitektura intellektualnogo agenta s imitatsionnym apparatom [Simulation-Based Agent Architecture]. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo*

universiteta [MSTU Vestnik. Proceedings of the Murmansk State Technical University], 2009, vol. 12, no. 1, pp. 113–125.

8. Mintzberg G. *Struktura v kulake. Sozdanie effektivnoi organizatsii* [Structure in Fives. Designing Effective Organizations]. St. Petersburg, Piter Publ., 2003. 512 p.

9. Tsygichko V.N., Popovich A.Iu. *Sintez ierarkhicheskikh sistem upravleniia. Teoriia i praktika* [Synthesis of Hierarchical Management Systems. Theory and Practice]. Moscow, Krasand Publ., 2011. 256 p.

10. Ignatiev M.B. *Prosto Kibernetika* [Simple Cybernetics]. St. Petersburg, Strata Publ., 2016. 248 p.

11. Ivanov D., Sokolov B., Arkhipov A., Keshel Y. Model dinamicheskogo strukturno-funktsionalnogo sinteza gibkikh tsepei postavok na osnove klyuchevykh kompetentsii [The Model of Structural-Functional Synthesis of Flexible Supply Chain on the Basis of Core Competencies]. *Logistika i upravlenie tsepiami postavok* [Logistic and Supply Chain Management], 2008, no. 2 (25), pp. 39–52.

12. Selianin A.O., Andrianov D.L. Informatsionno-analiticheskaiia sistema monitoringa, analiza i prognozirovaniia sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia i finansovogo sostoianiia subektov RF [Information-Analytic System of Monitoring, Analyzing and Forecasting the Socioeconomic Development and Financial Performance of Subjects of the Russian Federation]. *Metodologiya regionalnogo prognozirovaniia. Sb. dokl. konf.* [Conf. Proc. The Methodology of Regional Forecasting]. Moscow, Izd-vo FGBNIU SOPS Publ., 2003, pp. 128–147.