

А. В. Маслобоев

МОДЕЛЬ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ¹

A. V. Masloboev

DECISION-MAKING SUPPORT MODEL AND TECHNOLOGY FOR REGIONAL SECURITY NETWORK-CENTRIC CONTROL

Аннотация. *Актуальность и цели.* Целью исследования является повышение эффективности системы управления безопасностью региональных социально-экономических систем в условиях неопределенности и децентрализованного принятия решений. *Материалы и методы.* В качестве объекта исследований рассматривается многоуровневая система распределенных ситуационных центров региона, ориентированная на обеспечение региональной безопасности, и используемые ей средства информационно-аналитической поддержки управления. Для расширения возможностей систем поддержки принятия решений ситуационных центров региона разработаны формальный аппарат и средства автоматизации сетецентрического управления региональной безопасностью. Установлены объективные противоречия между возрастающими потребностями в повышении эффективности управления региональной безопасностью и применяемыми на практике средствами информационно-аналитической поддержки принятия решений в этой сфере. Предложена математическая постановка общей задачи сетецентрического управления региональной безопасностью, уточняющая содержание этой предметной области исследования с помощью конкретных формализмов и основанная на комбинированном применении технологии концептуального моделирования и формального аппарата теории управления организационными системами. Предложена технология поддержки принятия решений в условиях сетецентрического управления безопасностью, отличающаяся структурой и методом реализации формальных процедур прогнозирования и согласования показателей региональной безопасности в блоке принятия решений системы управления устойчивым развитием региона. *Результаты и выводы.* Представлена формальная концептуальная модель функционирования многоуровневой системы сетецентрического управления региональной безопасностью.

Abstract. *Background.* The objective of our research work is security control system efficiency enhancement of regional socio-economic systems under uncertainty conditions and decentralized decision-making. *Materials and methods.* As a subject of inquiry we analyze distributed situational center multi-level system of the region, which is oriented to regional security support, and software tools for management information and analytical support used by that system. For functionality and features expansion of decision support systems applied in the situational centers of the region a mathematical apparatus and automation tools for regional security network-centric control have been developed. The objective contradictions between increasing needs in efficiency enhancement of regional security control and applying in practice software tools for decision-making information and analytical support in this field of management have been established. The regional security network-centric control general problem statement mathematical formalization, defining concretely content of this research field by concrete formalisms and which is based on combination use of conceptual modeling technology and organizational system control theory formal apparatus, has been proposed. A decision-making support technology for regional security network-centric control, differing by the structure and implementation technique of prediction and coordination formal procedures of regional security indicators within the decision-making unit of the regional sustainable development control system, has been designed. *Results and conclusions.* A formal conceptual model of the regional security network-centric control multi-level system functioning has been represented.

¹ Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема НИР № 0226-2019-0035) и Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 18-07-00167-а, 18-29-03022-мк).

Ключевые слова: формализация, сетевое управление, региональная безопасность, информационная технология, поддержка принятия решений, модель.

Keywords: formalization, network-centric control, regional security, information technology, decision-making support, model.

Введение

В современных геополитических условиях эскалации международных интересов и борьбы мировых держав за контроль над ресурсами (территориальными, природными, кадровыми, информационными и т.д.) проблема формирования новой системы обеспечения комплексной безопасности региональных социально-экономических систем становится все более актуальной. Основная задача этой системы – повышение эффективности управления региональной безопасностью в условиях динамичной внешней среды и децентрализованной ситуационной осведомленности об обстановке на контролируемой территории (в регионе). Эта стратегическая задача является сегодня ключевым, критически важным направлением государственной политики России на международной арене [1].

Анализ отечественного и зарубежного опыта в области управления безопасностью региональных социально-экономических систем (РСЭС) позволил установить противоречие между возрастающими потребностями в повышении эффективности управления устойчивым развитием РСЭС с целью обеспечения региональной безопасности и недостаточными возможностями современных методов и средств поддержки принятия решений в этой сфере, на практике не обеспечивающих достаточную информационно-аналитическую поддержку управления безопасностью РСЭС как в организационном, так и в технологическом аспекте. Вместе с тем в теории наряду с имеющимися теоретическими разработками недостаточно разработаны методологические подходы к формализации и решению задач информационной поддержки и координации децентрализованного управления региональной безопасностью. Указанные противоречия обуславливают необходимость совершенствования существующих и создания новых формальных моделей и методов управления региональной безопасностью, а также подходов к интегральной оценке ситуационной осведомленности в условиях риска и неопределенности.

Учитывая скрытый характер воздействия, множественность форм проявления, высокую неопределенность и внезапность кризисных ситуаций в социально-экономической сфере, в решении задач управления безопасностью РСЭС, повышается роль методологии и инструментов компьютерного моделирования, базирующихся на разработке и исследовании полимодельных комплексов, обеспечивающих вариабельность проведения имитационных экспериментов на моделях РСЭС с целью сценарного анализа и прогнозирования динамики показателей региональной безопасности и их согласования на различных уровнях принятия управленческих решений. Оптимизация и планирование процессов управления региональной безопасностью на основе имитационных моделей позволяют минимизировать риски, временные и ресурсные затраты при подготовке и реализации оперативных и стратегических решений антикризисного управления, а также в опережающем порядке оценить последствия реализации этих решений при различных условиях и вариантах развития ситуации.

Для исследования способов повышения эффективности управления региональной безопасностью за счет развития средств информационно-аналитической поддержки принятия решений в работе предлагается использовать технологию концептуального моделирования сложных систем [2], которая позволяет формализовать, а в последующем и имитировать структуру и поведение многоуровневой распределенной системы управления региональной безопасностью. Формальный аппарат, реализованный в виде концептуальных моделей, является основой построения гибких систем автоматизации и имитационного моделирования процессов управления региональной безопасностью.

Основы методологии компьютерного моделирования для управления безопасностью и устойчивым развитием сложных социально-экономических объектов и систем, опирающиеся на теоретико-множественные, графовые и системно-динамические модели специального типа, а также технологии организационного управления и прогнозирования поведения этих объектов и систем, сформулированы и отражены в работах [3–7]. Представленные в статье результаты являются развитием данной методологии в направлении разработки формальных моделей и методов анализа и синтеза комплексных автоматизированных систем управления социально-экономической безопасностью в условиях региональных кризисных ситуаций, а также технологий информационной поддержки и координации процессов принятия решений с целью повышения эффективности управления безопасностью РСЭС.

Основные понятия и определения

В современной научной литературе региональная безопасность как социальное явление является сложным объектом комплексного изучения и трактуется с различных подходов в зависимости от рассматриваемых экономических, социальных, экологических и прочих аспектов региональной безопасности в каждом конкретном исследовании. При этом сам термин *«региональная безопасность»* определяется недостаточно четко. Разными исследователями в него вкладывается различный смысл. Такое многообразие обусловлено различными контекстами рассмотрения данного термина в рамках сложившихся теорий безопасности [3–5, 8–12], с одной стороны, и динамичностью самих этих теорий – с другой.

В настоящей работе термин *«региональная безопасность»* определяется как такое макросостояние защищенности региональной системы, при котором действие внешних и внутренних факторов не приводит к ухудшению или к невозможности ее функционирования и развития [7]. Другими словами, это такое свойство самосохранения системы, при котором она не теряет способности стабильно функционировать и развиваться в долгосрочной перспективе за счет активации механизмов компенсации и противодействия негативному влиянию внутренних (локальных) и внешних (глобальных) угроз устойчивого развития в условиях возникновения разнотипных кризисных ситуаций.

К внутренним угрозам устойчивого развития относятся, например, демографические проблемы (миграция), истощение ресурсной базы, проблемы кадрового обеспечения и т.д., а к внешним – глобальное изменение климата, международное санкционное преследование, бюджетно-финансовые проблемы, «падение рынка» (ухудшение инвестиционного климата), колебания курсов валют и цен на мировом рынке и др.

Региональная кризисная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате возникновения опасных явлений социально-экономического, геополитического, техногенного или природного характера, которая повлекла за собой изменение состояния региональной экономики, угрожающее развитию региона.

Под макросостоянием защищенности социально-экономического развития региона понимается многоструктурное состояние региональной системы, характеризующее общее состояние основных региональных элементов, подсистем и структур управления и отношений между ними. Это сложное состояние, определяющее уровень безопасности развития региона, представляет собой множество согласованных устойчивых состояний элементов и подсистем РСЭС.

Параметры вектора состояний компонентов РСЭС, определяющие ее состояние защищенности, оцениваются в многомерном пространстве критериев. Областью безопасности РСЭС является пространство устойчивых состояний элементов и подсистем РСЭС. Движение РСЭС в этой области определяется как поступательное (безопасное) развитие региона.

Проблематика управления региональной безопасностью определяется отсутствием полной информации о состоянии системы (ситуации), ее окружении и взаимодействии в заданный момент времени; невозможностью полного учета всех факторов (угроз) и четкого определения плана действий для всех возможных вариантов развития ситуации; наличием плохо формализуемых и трудно поддающихся автоматизации начальных этапов жизненного цикла развития кризисных ситуаций; наличием множества различных аспектов, влияющих на принятие управленческих решений в сфере обеспечения региональной безопасности (политических, экономических, социальных, организационных, нормативно-правовых и др.). Специфики добавляют децентрализация и динамичность структуры и состава участников процессов обеспечения безопасности региона, а также региональные особенности. Поэтому современные модели и методы управления региональной безопасностью требуют адаптации и совершенствования.

Кризисные ситуации в социально-экономической сфере характеризуются высокой неопределенностью, неоднородностью, внезапностью и медленным нарастанием, а также отложенностью результатов воздействия. Для таких ситуаций не может быть все заранее учтено и расписано. Для превентивного управления рисками и нейтрализации последствий таких ситуаций необходимо принимать быстрые и эффективные управленческие решения в очень ограниченное время. Это обуславливает необходимость перехода на модель сетецентрического управления безопасностью региона.

Сетецентрическое управление региональной безопасностью заключается в реализации сетевой структуры организационного управления с выделенными управляющими центрами [13], взаимодей-

ствие между которыми осуществляется на базе их интеграции в единое региональное информационное пространство. Сетевцентрический 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. Такой подход к управлению безопасностью социально-экономических систем ранее не применялся. Делались попытки управлять региональной безопасностью централизованно, но это не обеспечило нужного эффекта. Технологическая реализация системы сетевцентрического управления региональной безопасностью на практике возможна на базе мультиагентных технологий [14]. Это обусловлено тремя факторами: высокой динамичностью среды функционирования субъектов управления, необходимостью координации децентрализованного принятия решений и учета человеческого фактора в управлении, что согласуется с концепцией мультиагентных систем.

Формализация понятия «региональная безопасность»

Для формализации понятия «региональная безопасность» в работе вводится матрица региональной безопасности. Количество столбцов матрицы соответствует числу учитываемых в интегральной оценке состояния безопасности развития региона составляющих региональной безопасности (экономическая, экологическая, кадровая, социальная, инновационная и др.), а число строк – количеству показателей каждой составляющей с максимальным набором параметров. Каждый элемент матрицы представляет собой вектор-функцию параметров для конкретной составляющей безопасности, либо скалярную величину. Исследована возможность применения векторных и лингвистических переменных в качестве элементов матрицы. На этапе моделирования матрица региональной безопасности обеспечивает основу для исследования и построения сценариев достижения требуемого (желаемого) или допустимого уровня безопасности развития РСЭС.

Сложная система имеет область устойчивых состояний $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ и матрицу переходов из одного устойчивого состояния в другое $M_{n \times n}$. Каждое устойчивое состояние системы характеризуется значениями некоторого набора параметров $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, где $\forall s_i \in S$, $p_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}\}$ – значения параметров i -го устойчивого состояния. Причем значения каждого параметра должны лежать в определенном диапазоне, который может зависеть от значений остальных параметров, а также от времени (t):

$$\forall P_{ij} \in [f_{\min}(p_{ij}, P(t)), f_{\max}(p_{ij}, P(t))]. \quad (1)$$

$\forall m_{ij} \in M, \exists C_{ij} = \{p_1^{ij}, p_2^{ij}, \dots, p_r^{ij}\}$ – цена перехода из состояния s_i в состояние s_j , причем $\{p_1^{ij}, p_2^{ij}, \dots, p_r^{ij}\} \subseteq P$. Тогда любой переход будет сопровождаться затратами или высвобождением (накоплением) ресурсов из набора C_{ij} . Запас ресурсов системы RS зависит от ее состояния и от времени $RS = f(S, t)$. Следовательно, элементы матрицы M (кроме элементов главной диагонали) будут также зависеть от запаса ресурсов и от времени.

Когда система переходит из одного устойчивого состояния в другое, происходит изменение значений данных параметров. Чтобы оценить качество каждого перехода системы, необходимо ввести критерий как функцию от параметров каждого устойчивого состояния системы:

$$K = f(P) \Rightarrow Ks_i = f(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}). \quad (2)$$

Матрица региональной безопасности представляет собой матрицу устойчивых состояний РСЭС, которая позволяет определить возможные стратегии перехода системы из начального устойчивого состояния некоторого цикла ее развития в его конечное устойчивое состояние за ограниченное время с положительным приращением критериальной функции, позволяющей оценить каждый переход системы с точки зрения целей моделирования динамики ее развития, т.е. матрица региональной безопасности обеспечивает синтез траекторий движения системы в пространстве устойчивых состояний.

Матрица $M_{n \times n}$:

$$M = \begin{vmatrix} \emptyset & m_{12}(RS, rk, t) & \dots & m_{1n}(RS, rk, t) \\ m_{21}(RS, rk, t) & \emptyset & \dots & m_{2n}(RS, rk, t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{n1}(RS, rk, t) & m_{n2}(RS, rk, t) & \dots & \emptyset \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где $RS = f(S, t)$ – требуемые для перехода ресурсы; $rk = f(P, t)$ – вероятность перехода; t – время перехода.

Цикл развития системы ограничен по времени и по величине приращения критериальной функции. Началом цикла будем считать устойчивое состояние s_1 , окончанием – s_g . Устойчивому поступательному (безопасному) развитию системы будет соответствовать кортеж согласованных во времени элементов матрицы M : $M_{RSD} = \langle m_1(t_1), m_2(t_2), \dots, m_g(t_g) \rangle$, $M_{RSD} \subset M$, для которого выполняется следующая система неравенств:

$$\delta t_{\min} \leq t_g - t_1 \leq \delta t_{\max}, \quad (4)$$

$$\delta K_{\min} \leq K(m_g) - K(m_1) \leq \delta K_{\max}, \quad (5)$$

где $\delta t_{\min}$, $\delta t_{\max}$ – границы временного интервала цикла развития; $\delta K_{\min}$, $\delta K_{\max}$ – границы значений критериальной функции.

При этом все переходы между устойчивыми состояниями внутри цикла развития должны быть согласованы во времени и удовлетворять ограничениям на наличие ресурсов. При оценке состояния защищенности, характеризующего уровень безопасности развития РСЭС, должны также учитываться такие факторы как несимметричность переходов, время переходов и их характер, влияние внешней среды, идентификация границ и взаимосвязей циклов развития. Для координации показателей состояния компонентов РСЭС, представленных в матрице региональной безопасности и оптимизируемых различными элементами системы регионального управления, используется математический аппарат теории иерархических многоуровневых систем [15] и механизмы согласования индикаторов социально-экономического развития региона [16].

Вербальная постановка задачи

На содержательном уровне суть решаемой в работе задачи сетецентрического управления региональной безопасностью заключается в следующем:

известно:

- реализуемая стратегия регионального развития;
- текущее состояние социально-экономического развития региона;
- перечень показателей, по которым оцениваются различные аспекты безопасности региона, то есть определена система показателей региональной безопасности и диапазон допустимых значений;
- структура и состав действующей в регионе системы обеспечения региональной безопасности (количество ситуационных центров, субъекты безопасности, цели и задачи субъектов, характеристика критически важных объектов региона, информационные и иные ресурсные потребности субъектов управления, организационные и технические регламенты взаимодействия субъектов на разных уровнях системы регионального управления т.д.);
- структура и состав социально-экономической системы региона и системы регионального управления;
- пространственно-временные, технологические, организационно-технические, нормативно-правовые и прочие ограничения, связанные с процессами обеспечения региональной безопасности (в соответствии с паспортом региональной безопасности);
- перечень внутренних и внешних угроз региональной безопасности (допустимые варианты сценариев воздействия на элементы и подсистемы регионы, влияющие факторы);

- планы антикризисных мероприятий в условиях возникновения чрезвычайных и кризисных ситуаций;
- модели организационных структур управления безопасностью региона в типовых критических ситуациях.

Требуется найти: такую последовательность согласованных управляющих воздействий на параметры, элементы и подсистемы региональной социально-экономической системы, при которой для каждой области региональной безопасности с заданными характеристиками обеспечивается рациональный (гарантированный) переход данной системы из текущего в требуемое (желаемое) безопасное макросостояние.

Для этого необходимо:

- 1) оценка уровня региональной безопасности на основе формирования и анализа интегрального показателя безопасности региона, представляющего собой матрицу показателей региональной безопасности;
- 2) формирование спецификации организационных структур управления безопасностью, ориентированных на оптимизацию соответствующих показателей для каждой области региональной безопасности, с учетом заданных ограничений и текущего состояния развития региона;
- 3) оценка эффективности (качество) синтезированных структур в плане достижения глобальной цели управления безопасностью региона – перехода системы в требуемое (желаемое) безопасное состояние.

Управление региональной безопасностью представляет собой сложный многоэтапный процесс и по своей структуре многофункциональный. На каждом этапе для реализации соответствующих функций управления необходимы свои средства информационно-аналитической поддержки принятия решений, адекватные решаемым задачам управления региональной безопасностью. Эти средства должны быть ориентированы на непрограммирующего пользователя, учитывать его активность и сферы интересов, обеспечивать автоматизированный выбор методов решения поставленных задач, сопровождать процесс выработки и реализации управленческих решений в рекомендательном режиме.

Формализация общей задачи сетцентрического управления безопасностью региона

Общая математическая постановка задачи управления региональной безопасностью может быть формализована в классической для теории управления форме [6] (рис. 1), которая адаптирована для задач управления системами различной природы. В общем случае задача сводится к поиску такого допустимого управления, которое имеет максимальную эффективность и определяет оптимальную траекторию «движения» РСЭС в пространстве устойчивых состояний. Для оценки состояний используются показатели, образующие матрицу региональной безопасности.

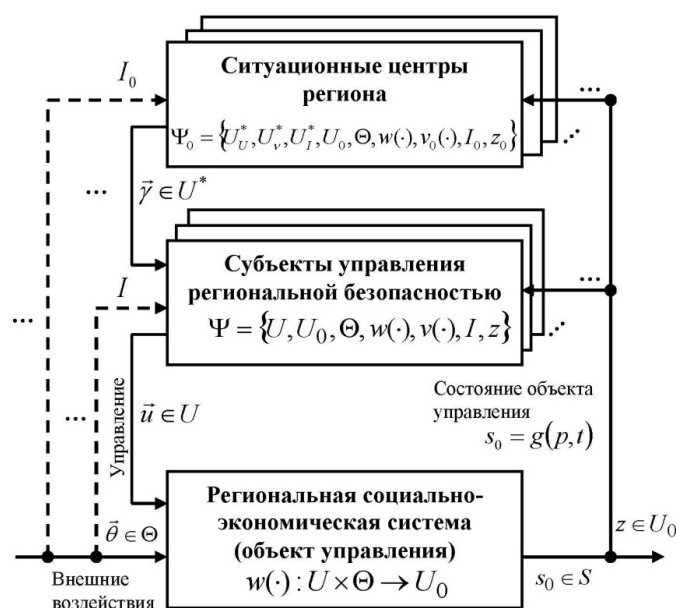


Рис. 1. Модель задачи сетцентрического управления региональной безопасностью

Эффективность управления

$$G[s(p, t), u(t), \theta(t)] \rightarrow \min_{u \in U}, \quad (6)$$

где $u \in U$ – вектор управлений, $s \in S$ – состояния объекта управления, $p \in P$ – значения параметров, описывающих состояния объекта управления (показатели безопасности региона), $\theta \in \Theta$ – внешние воздействия на объект управления (угрозы безопасности и негативные факторы), t – параметр времени.

Модель субъекта управления

$$\Psi = \{U, U_0, \Theta, w(\cdot), v(\cdot), I, z\}, \quad (7)$$

где U – множество управляющих воздействий (стратегия деятельности субъекта); $U_0 \subseteq U$ – множество управляющих воздействий, выбираемых субъектом управления; $w(\cdot)$ – зависимость результатов деятельности субъекта управления от управляющих воздействий и внешнего окружения объекта управления, то есть $w(\cdot): U \times \Theta \rightarrow U_0$; $v(\cdot)$ – функция полезности, задающая предпочтения субъекта управления на множестве возможных результатов его целенаправленной деятельности; I – информация о текущей обстановке (внешнем окружении объекта управления), которой обладает субъект управления на момент принятия решений о выбираемом управляющем воздействии; $z = w(u, \Theta)$, $z \in U_0$ – результат деятельности субъекта управления при выбранном управляющем воздействии (показатели качества функционирования элементов и подсистем РСЭС).

Модель принятия решений управляющим ситуационным центром региона в целом аналогична модели принятия решений субъектом управления и формально описывается в виде кортежа $\Psi_0 = \{U_U^*, U_V^*, U_I^*, U_0, \Theta, w(\cdot), v_0(\cdot), I_0, z_0\}$, где $\gamma = (\gamma_U, \gamma_V, \gamma_I) \in U^* = U_U^* \times U_V^* \times U_I^*$ – вектор управлений, являющихся «действиями» центра по отношению к объекту и субъектам управления.

Таким образом, регион становится объектом управления, а задача обеспечения региональной безопасности – это задача оптимального управления в условиях параметрических возмущений внешней среды (социально-экономического окружения региона). Для оптимального управления необходимо контролировать параметры внешней среды и разработать алгоритмы компенсации возмущений для организации обратной связи для стабилизации объекта управления (рис. 2).

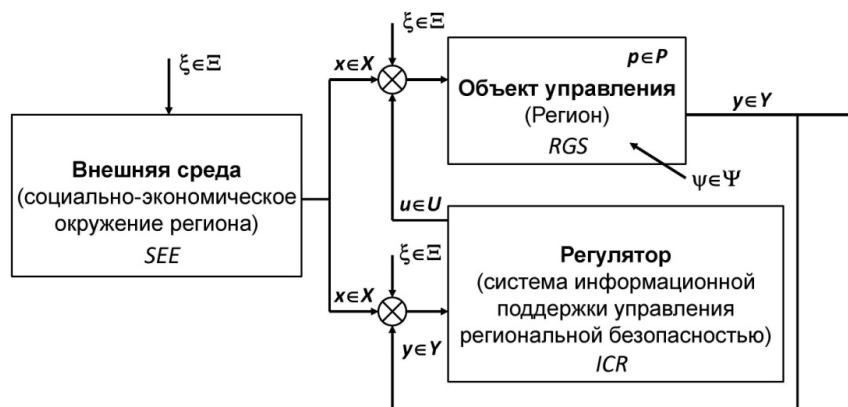


Рис. 2. Общая схема задачи сетцентрического управления региональной безопасностью

В качестве регулятора для компенсации возмущений предлагается использовать инструмент информационной поддержки, представляющий собой многофункциональную расширяемую информационную среду региональной безопасности [7], обеспечивающую формирование условий для целенаправленного поведения объекта управления.

Под информационной поддержкой понимается механизм управления, при котором управляющее воздействие носит неформализованный характер, и субъекту управления предоставляется информация о ситуации, ориентируясь на которую он получает возможность корректировать как свое поведение, так и объекта управления.

Тогда математическая постановка задачи представляется в следующем виде:

Дано:

1. Объект управления – регион: множество региональных элементов и подсистем $RGS = \{RGS_i\}$.

2. Множество параметрических возмущений внешней и внутренней среды региона RGS : $\xi = \{\varepsilon(\alpha(t)), \varepsilon(\beta(t)), \varepsilon(\delta(t)), \varepsilon(\rho(t)), \varepsilon(\phi(t)), \varepsilon(\gamma(t)), \varepsilon(\eta(t)), \varepsilon(v(t))\}$, где t – параметр времени.

Параметрические возмущения (ξ):

$\varepsilon(\alpha(t))$ – нарушение социальной стабильности RGS ;

$\varepsilon(\beta(t))$ – нарушение экологической устойчивости RGS ;

$\varepsilon(\delta(t))$ – нарушение макроэкономического равновесия RGS ;

$\varepsilon(\rho(t))$ – ухудшение инвестиционного климата в регионе RGS ;

$\varepsilon(\phi(t))$ – дефицит кадров (снижение кадрового потенциала) RGS ;

$\varepsilon(\gamma(t))$ – демографические проблемы (миграционный отток населения) RGS ;

$\varepsilon(\eta(t))$ – снижение инновационной активности (темпов технологического роста) RGS ;

$\varepsilon(v(t))$ – нарушение энергетической безопасности RGS (обеспечения бесперебойного доступа к энергоресурсам по приемлемой цене для потребителя и износ энергосистем).

3. Внешняя среда SEE (социально-экономическое окружение региона, включающее хозяйствующие субъекты, управляющие элементы федерального уровня, глобализационные процессы, нормативно-правовое поле, мировые тенденции, международные политические аспекты и т.д.), подверженная влиянию разнородных факторов ξ и осуществляющая прямое или косвенное воздействие x на объект управления (регион).

4. Множество общих требований к социально-экономическому окружению региона (параметрам внешней и внутренней среды): $Tr = \{\alpha_{Tr}, \beta_{Tr}, \delta_{Tr}, \rho_{Tr}, \phi_{Tr}, \gamma_{Tr}, \eta_{Tr}, v_{Tr}\}$.

Пусть M означает модель гипотетической макросистемы в операторном виде. Тогда формально ее можно описать следующим образом:

$$M : X \times \Xi \times U \times P \times \Psi \times [0, T] \rightarrow Y, \quad (8)$$

где $[0, T]$ – период функционирования (цикл развития) системы; « $\times$ » – знак декартова произведения.

Внешние $\xi \in \Xi$ и внутренние $\psi \in \Psi$ факторы (угрозы и опасности) оказывают влияние на поведение системы через переменные $x \in X$ и параметры $p \in P$ с помощью некоторых известных механизмов: $x = x(\xi)$ и $p = p(\psi)$. Если M допускает описание в форме дифференциальных уравнений, тогда модель системы имеет вид

$$x' = f(x(\xi), u, p(\psi), y, t), \quad (9)$$

где f – известная вектор-функция, $x(\xi), u, p(\psi), y$ – векторы множеств X, U, P и Y соответственно с начальными условиями $y(t_0) = y_0$.

Найти:

1) множество моделей оценки параметров внешней и внутренней среды SEE и P , характеризующих безопасность региона RGS :

$$\mu(t) = \{\alpha(t), \beta(t), \delta(t), \rho(t), \phi(t), \gamma(t), \eta(t), v(t)\}, \quad (10)$$

$y \in Y$ – состояние защищенности RGS (региональная безопасность); $\mu(t)$ – функция оценки защищенности (безопасности) RGS ;

2) множество алгоритмов $A(t) = \{A_i(t)\}$, обеспечивающих стабилизацию объекта управления и образующих его структурных подсистем $RGS = \{RGS_i\}$, т.е. позволяющих при реализации обеспечивать такое управление $u \in U$, при котором воздействия ξ , ψ и x компенсируются и результирующая защищенность (безопасность) $y \in Y$ находится в допустимых пределах;

3) модель социально-экономической системы $RGS = \{RGS_i\}$, описывающую регион с точки зрения состава параметров состояния (показателей) и информации, необходимой для принятия эффективных управленческих решений по обеспечению безопасности региона;

4) регулятор $ICR (RGS)$, представляющий собой информационно-управляющую систему обеспечения региональной безопасности и реализующий функцию контроля параметрических возмущений ξ и ψ , действующих на объект управления через $SEE (x)$, а также функцию стабилизации u объекта управления с помощью реализации соответствующих алгоритмов и программ управления $A(t)$;

5) множество подсистем $ICR (RGS)$: $ICRS = \{ICRS_i\}$ и элементов: $ICRE = \{ICRE_i\}$;

6) множество функций подсистем $ICR (RGS)$: $ICRSF = \{ICRSF_i\}$;

7) множество ограничений по критичности подсистем ICR (по времени выполнения $T_{RGS} = \{T_{RGS_i}\}$ и по критичности выполнения функционала $F_{RGS} = \{F_{RGS_i}\}$;

8) метод оценки эффективности функционирования внешней среды региона SEE и регулятора ICR , модели и методику оценки безопасности развития внутренней среды и региональных компонентов $RGS = \{RGS_i\}$.

Таким образом, задача обеспечения региональной безопасности представляет собой задачу стабилизации объекта управления (региона) по многим параметрам. Эта задача может быть сведена к задаче оптимального выбора по многим критериям.

Пусть безопасность региональных элементов и подсистем $\{RGS_i\}$ характеризуется функцией $\mu(t)$, значение которой представляет собой вероятность нахождения региона в состоянии безопасности в некоторый произвольный момент времени T . Тогда можно утверждать, что задача обеспечения региональной безопасности формулируется как задача достижения максимума функции $\mu(t)$ по t на произвольном временном интервале t (при $t \rightarrow \infty$), т.е. $M = \max_{t \in [t_0, \infty)} \mu(t)$.

Функция $\mu(t)$ определяется через частные функции: $\alpha(t)$ – оценка социальной напряженности в регионе в момент времени T ; $\beta(t)$ – оценка состояния окружающей среды региона в момент времени T ; $\delta(t)$ – оценка уровня развития региональной экономики в момент времени T ; $\rho(t)$ – оценка инвестиционной привлекательности региона в момент времени T ; $\phi(t)$ – оценка кадрового потенциала региона в момент времени T ; $\gamma(t)$ – оценка демографической ситуации в регионе в момент времени T ; $\eta(t)$ – оценка инновационного потенциала региона в момент времени T ; $v(t)$ – оценка уровня энергоемкости (запасов энергоресурсов) и износа энергосистем региона в момент времени T ; t_0 – начальный момент времени исследования системы.

Поскольку значения частных функций представляют собой вероятности, значение общей функции состояния безопасности также представляет собой вероятность, можно представить функцию $\mu(t)$ как взвешенную аддитивную свертку этих функций:

$$\mu(t) = \omega_1 \alpha(t) + \omega_2 \beta(t) + \omega_3 \delta(t) + \omega_4 \rho(t) + \omega_5 \phi(t) + \omega_6 \gamma(t) + \omega_7 \eta(t) + \omega_8 v(t), \quad (11)$$

где ω_i – весовые коэффициенты значимости соответствующей функции, $\sum_{i=1}^8 \omega_i = 1$.

Учитывая специфику объекта управления и размерность задачи, решить поставленную задачу аналитически или численно достаточно сложно. На практике существует несколько подходов к решению данной задачи, отличающихся механизмами реализации управления. Первый способ – это «жесткое» институциональное управление, предполагающее контроль ограничений и норм деятель-

ности, т.е. координацию управления на метауровне. Второй способ – это более «мягкое» мотивационное управление, предполагающее изменение функций полезности и предпочтений субъекта путем введения системы штрафов и поощрений за выбор тех или иных действий, то есть стимулирование деятельности субъектов управления. И наименее исследованный способ управления безопасностью и устойчивым развитием РСЭС – «мягкое» информационное управление, предполагающее изменение информации, которую использует субъект управления при принятии решений, т.е. адекватную ситуации информационно-аналитическую поддержку принятия решений. Для обеспечения эффективного функционирования многоуровневой распределенной системы сетецентрического управления региональной безопасностью перечисленные механизмы управления должны использоваться одновременно, поскольку комбинированное управление предназначено для сложных динамических систем различной природы и масштаба, в которых можно выделить детерминированную часть, поддающуюся детальному анализу, расчету и жесткому планированию, и недетерминированную, для которой такой анализ практически невозможен. К таким системам относится и РСЭС. Для решения формализованной выше задачи разработаны модели и методы, представленные в работе [7] и обеспечивающие формальную основу имитационного моделирования, автоматизации и координации процессов принятия управленческих решений в сфере региональной безопасности. Эти разработки использованы для реализации информационной технологии сетецентрического управления региональной безопасностью [17] и системы поддержки принятия решений в условиях региональных кризисных ситуаций [18].

Технология поддержки принятия решений по управлению безопасностью региона

Принятие решений является одним из китов, на которых держится управление. Упрощенно управление рассматривается как последовательность выработки, принятия и реализации решений. От решения во многом зависит будущее объекта управления. Своевременные и «правильные» решения – залог безопасности и устойчивого развития социально-экономических систем, обеспечение чего в особенности важно для экономики и обороноспособности страны. Принятие решений не является одномоментным актом, а представляет собой сложный многоэтапный процесс. Согласно работе [19] технология принятия решений включает три основных этапа: сбор информации, поиск и нахождение альтернатив, выбор лучшей альтернативы.

На первом этапе с применением современных средств мониторинга собирается вся доступная на момент принятия решения информация о некоторой ситуации: фактические оперативные данные, статистическая и экспертная информация. Второй этап связан с определением того, что можно, а чего нельзя делать в имеющейся ситуации, т.е. с определением вариантов решений (альтернатив). Третий этап включает в себя сравнение альтернатив и выбор наилучшего варианта (или вариантов) решения. При использовании автоматизированных средств поддержки принятия решений технологию принятия решений (рис. 3) целесообразно дополнить еще двумя этапами: этапом формализации задач и этапом визуализации «подготовленного» экспертами варианта для предъявления лицу, принимающему решение (ЛПР). Формализация подразумевает «перевод» сформулированной ЛПР задачи на язык, «понятный» компьютеру, представление ее в виде, допускающем только однозначную интерпретацию. Визуализация призвана обеспечить обратную процедуру – перевод спецификации решения, полученной на формальном компьютерном языке, в представление, понятное и легко интерпретируемое ЛПР.

При исследовании крупномасштабных динамических систем, к которым относятся региональные социально-экономические системы, возможности сбора информации путем наблюдений, натурных измерений и экспериментов существенно ограничены, и преобладающую роль на этом этапе играет компьютерное моделирование и специальные средства мониторинга и автоматизации управления. Компьютерное моделирование является основным инструментом, помогающим на основе прогнозирования не только получить обоснования для стратегических решений и сформировать программы их реализации, но и обеспечить анализ хода реализации программ, оценку степени критичности возникающих отклонений от намеченных траекторий развития и при необходимости оперативный поиск корректирующих воздействий. Обобщенные результаты исследований в области разработки и применения информационных технологий и компьютерного моделирования для задач поддержки принятия управленческих решений в сфере управления региональным развитием представлены в работах [2, 7].

Структурно и функционально схожая информационная технология поддержки принятия решений, но основанная на комбинированном использовании методов системно-динамического и мультиагентного имитационного моделирования [20], реализована для задач сетецентрического управления региональной безопасностью. В частности, технология обеспечивает оценку состояния

критически важных объектов (КВО) региональной экономики и предназначена для использования в составе систем поддержки принятия решений в ситуационных центрах региона.



Рис. 3. Структура технологии принятия решений при использовании средств информационно-аналитической поддержки

Общая схема принятия решений по оценке состояния КВО региона на основе предлагаемой технологии в региональном ситуационном центре показана на рис. 4.

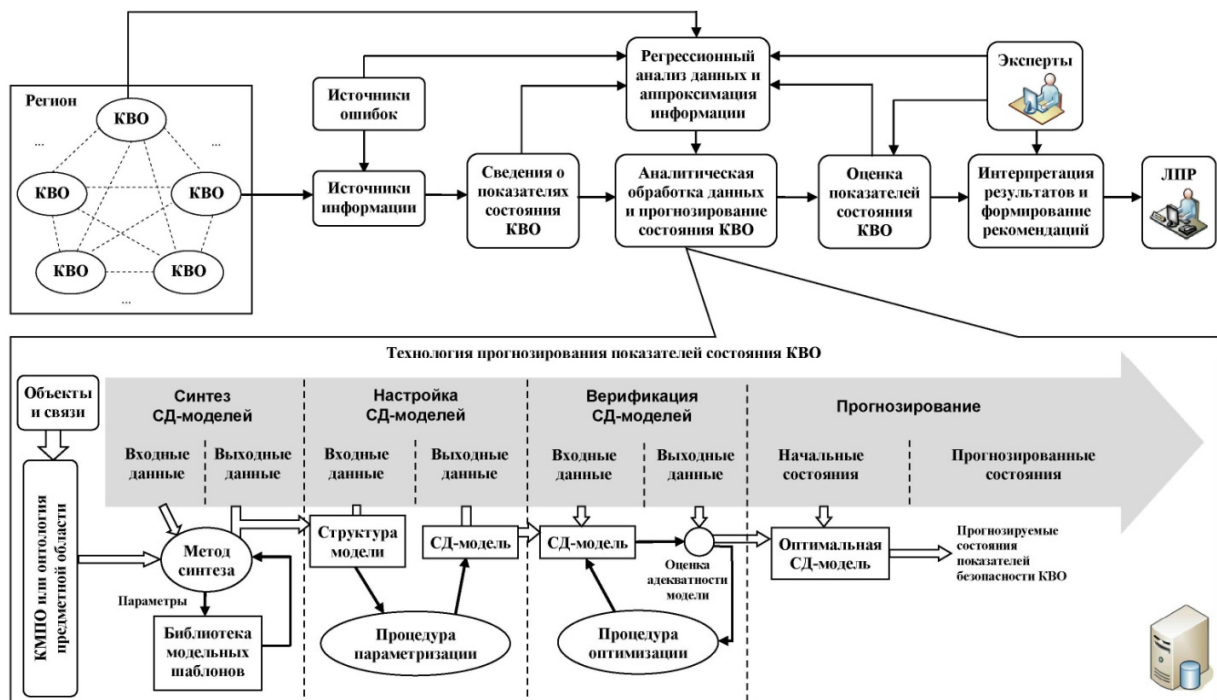


Рис. 4. Общая схема принятия решений по оценке состояния КВО в региональном СЦ:
ЛПР – лицо, принимающее решение; КМПО – концептуальная модель предметной области;
СД-модель – системно-динамическая модель

Технология реализуется в пять этапов:

- 1) сбор первичной информации о состоянии КВО региона в условиях возникновения кризисных ситуаций;
- 2) аналитическая обработка и аппроксимация информации о критических ситуациях на КВО региона с применением средств интеллектуального анализа данных;

3) сценарное моделирование динамики состояния КВО и анализ вариантов развития кризисных ситуаций с комбинированным применением методов системной динамики [21] и энтропийно-робастного рандомизированного прогнозирования [22];

4) оценка интегральных показателей состояния КВО и последствий (ущерба) воздействия неблагоприятных факторов;

5) интерпретация результатов и формирование рекомендаций (программ управления) ЛПР.

Источниками информации о состоянии КВО региона являются: ведомственные и корпоративные информационные системы, базы и картотеки данных ФСТЭК, ФСБ, МВД, Федеральной службы государственной статистики, файловые системы и электронные архивы Минэкономразвития, Минприроды и других органов государственной власти и организаций региона, а также открытые веб-ресурсы, картографическая информация, контент социальных сетей, каналы аудио- и видеoinформации, экспертные данные и научно-техническая документация. Эта информация поступает на вход системы поддержки принятия решений, которая функционирует на основе предлагаемой технологии. Информация может быть представлена как в структурированном, так и в неструктурированном виде, а также может быть неполной, поскольку зачастую на практике не все показатели безопасности поддаются точному количественному измерению.

Информация, требуемая для принятия управленческих решения, характеризуется, как правило, объемом и неопределенностью. Эти показатели взаимосвязаны. Неопределенность информации выражается через энтропию и заключается в том, что не все значения параметров управляемой системы неизвестны на момент принятия решения. Таким образом, процедура принятия решений представляет собой итеративный процесс последовательного разрешения неопределенности информации путем ее обработки и анализа.

Информацию, используемую в процессе принятия решений, можно условно разделить на три группы [3]:

1) потенциально готовая к использованию информация, заранее накопленная в системе управления. Неопределенность этой информации характеризуется ее неполнотой, неполной достоверностью и неполным соответствием содержанию решения. Эта информация используется, когда отсутствует резерв времени на полный сбор и обработку сведений о параметрах объекта управления, либо в случае, когда такие данные трудно доступны;

2) оперативная информация, получаемая непосредственно в процессе принятия решений. Эта новая информация генерируется путем аналитической обработки всей известной информации об объекте управления или ситуации с использованием методов интеллектуального анализа данных и прогнозирования, а также формальных моделей предметной области;

3) информация, которая не может быть получена какими-либо объективными методами. Неопределенность этой информации называется остаточной неопределенностью решения и разрешается путем субъективного выбора (волевым решением).

Информационный мониторинг проводится в режиме, максимально приближенном к реальному времени, и сопровождается контролем целостности входных данных и проверкой их достоверности. Сбор первичной информации осуществляется с применением автономных программных агентов [14]. После получения, регистрации и обработки первичной информации о потенциальных источниках угроз на КВО региона и возможных кризисных ситуациях выполняется передача результатов предобработки в операционное ядро системы поддержки принятия решений для дальнейшего учета и анализа.

Центральным этапом технологии поддержки принятия решений является процедура моделирования и прогнозирования. Технически этот функциональный блок реализован в виде полимодельного комплекса, представляющего собой взаимосвязанную совокупность компьютерных моделей [23], обеспечивающих вариативность проведения имитационных экспериментов с целью исследования различных сценариев развития кризисных ситуаций, оценки рисков, выявления тенденций и формирования антикризисных программ управления. Основные задачи на этом этапе технологии – прогноз динамики показателей безопасности социально-экономической системы региона и синтез моделей взаимодействия и координации субъектов управления в условиях известных и вновь возникающих кризисных ситуаций. Принятие решения осуществляется по полученным прогнозным оценкам состояния КВО региона, которые формируются на основе множества признаков, представленных в виде концептуального пространства (признакового описания ситуаций) [24].

Блок-схема метода совмещенного формирования и оценки интегрального показателя безопасности региона, реализуемого в рамках предлагаемой технологии, приведена на рис. 5.

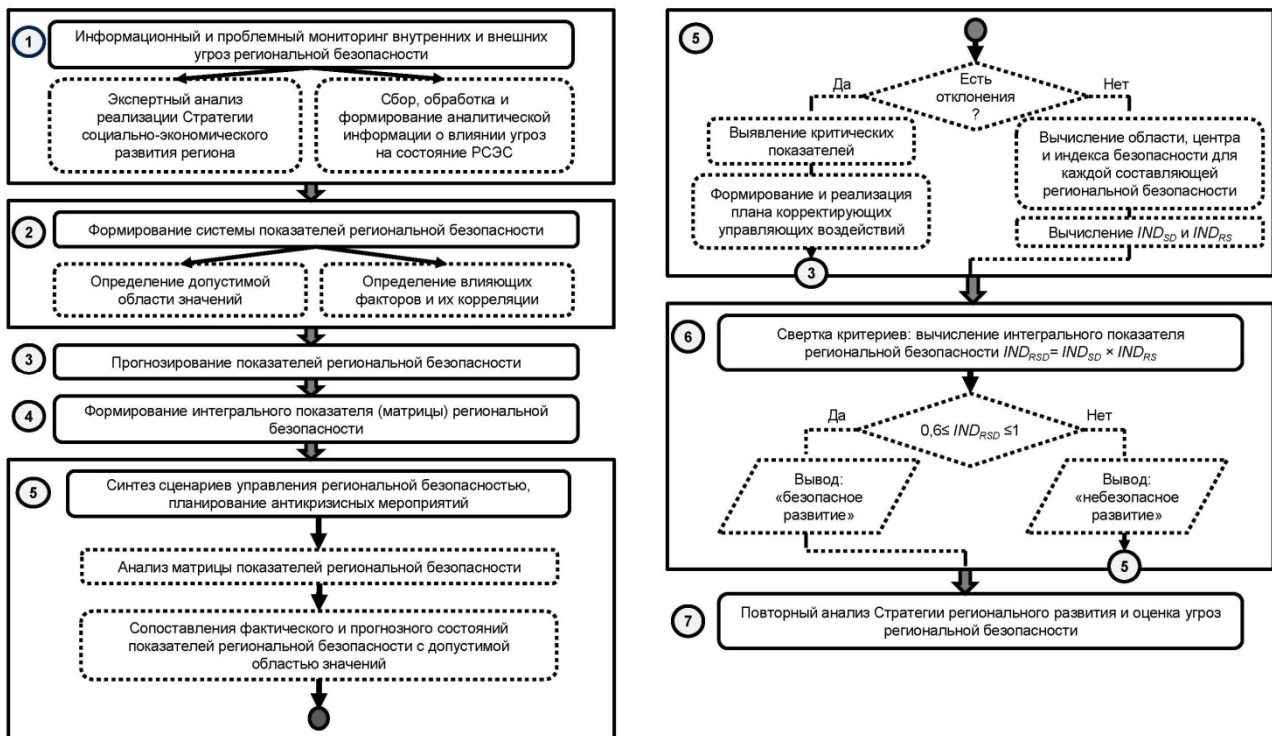


Рис. 5. Структура метода интегральной оценки региональной безопасности

Процесс функционирования РСЭС представляется последовательностью смены состояний КВО региона, которые определяются вероятностным сценарием возникновения и развития неблагоприятных событий. Поэтому в общем случае задача определения состояния КВО региона (а по нему и текущей ситуации) по регистрируемым признакам относится к задачам классификации. При этом зависимость состояния КВО от вектора наблюдений носит вероятностный характер и определяет возможный класс ситуаций, к которому относится неблагоприятное событие. Для классификации состояния КВО региона в предлагаемой технологии поддержки принятия решений по наблюдаемым значениям концептуального пространства совместно используются специальные методы когнитивной категоризации и ситуационного моделирования, предложенные в работах [24, 25] и позволяющие учитывать динамику изменения состояний КВО. Классификация и обобщение ситуаций осуществляется путем определения их сходства с прототипом. Экземпляры выше некоторого порога сходства с прототипом принимаются как члены категории, все остальные экземпляры не являются членами. Прототипом не всегда служит один из реальных экземпляров, входящих в категорию, это может быть и некоторый идеальный набор значений атрибутов. Вероятности возникновения неблагоприятных событий определяются на основе: теоретических выводов, экспертных оценок, статистических данных.

В рамках технологии отдельным блоком с привлечением компетентных экспертов и системных аналитиков соответствующего профиля реализуются процедуры:

- экспертного анализа реализуемой региональными органами управления стратегии социально-экономического развития региона с целью определения задач и проблем региональной безопасности;
- формирования системы показателей региональной безопасности, определения допустимой области их значений и единиц измерения, влияющих факторов и их корреляции для каждой составляющей региональной безопасности.
- синтеза сценариев управления безопасностью региона в условиях критических ситуаций на основе анализа матрицы показателей региональной безопасности и выбора оптимального сценария антикризисных мер, адекватного этим ситуациям.

Заключение

Информационная поддержка управленческой деятельности в сфере обеспечения региональной безопасности непосредственно связана с внедрением интеллектуальных систем поддержки принятия решений в ситуационные центры региона. Сеть большая, много управляющих центров и всем необходимо оперативно предоставить информацию, точно соответствующую ситуации, которая спонтанно сложилась или возникнет на треке развития РСЭС, для принятия согласованных решений. Аспектов региональной безопасности много и они очень разнообразные. Их необходимо увязать в единое целое для оценки ситуационной осведомленности в процессе принятия решений. Применение сетецентрического подхода к решению этой сложной многогранной проблемы представляется перспективным, поскольку при такой модели управления обеспечивается повышение оперативности поиска, получения, передачи и децентрализованной обработки требуемой информации для принятия решений по сравнению с жестким централизованным управлением, либо с ситуацией, когда средства поддержки принятия решений вообще не применяются. Эффективность достигается за счет координации локальных решений сетецентрического управления на всех уровнях принятия решений. Для реализации такого подхода разрабатываются формальный аппарат и средства автоматизации синтеза систем сетецентрического управления региональной безопасностью.

В ходе исследования получены следующие основные результаты:

1. Установлены объективные противоречия между нарастающими потребностями в повышении эффективности управления безопасностью РСЭС, динамично меняющимися требованиями к системам обеспечения региональной безопасности и современными средствами информационно-аналитической поддержки принятия решений в этой сфере.

2. Выявлены недостатки сложившихся теоретико-методологических подходов к управлению безопасностью социально-экономических систем, заключающиеся в отсутствии формальной постановки общей задачи децентрализованного управления региональной безопасностью и единой методологии ее комплексного решения, а также в недостаточной научной проработки вопросов, связанных с формированием интегральной оценки ситуационной осведомленности о влиянии разнородных факторов на состояние РСЭС и измерением интегрального показателя безопасности региона.

3. Предложены конкретизация и математическая формализация терминов в сфере управления региональной безопасностью, уточняющая содержание этой предметной области исследования с помощью конкретных формализмов, что расширяет понятийный аппарат теории безопасности сложных систем и делает его более конструктивным в приложении к задачам построения адекватных систем управления и поддержки принятия решений в этой области.

4. Разработана обобщенная математическая постановка задачи сетецентрического управления региональной безопасностью, основанная на комбинированном использовании технологии концептуального моделирования и формального аппарата теории управления организационными системами.

5. Предложена общая схема технологии поддержки принятия решений в сфере управления региональной безопасностью, отличающаяся структурой и методом реализации аналитической подсистемы прогнозирования и оценки показателей состояния КВО региона в блоке принятия решений системы управления безопасностью РСЭС, а также наличием формальных процедур согласования локальных решений сетецентрического управления по оптимизации этих показателей на всех уровнях принятия решений. Аналитическая подсистема совместно использует методы системной динамики и энтропийно-робастного рандомизированного прогнозирования для сценарного моделирования динамики состояния КВО и анализа вариантов развития кризисных ситуаций. Согласование децентрализованных управленческих решений и целевых функций субъектов управления осуществляется на основе метода координации путем развязывания взаимодействий между управляющими центрами и формирования коалиций (путем самоорганизации) между агентами (активными элементами многоуровневой системы управления).

6. Разработана формальная модель системы сетецентрического управления сложными распределенными объектами, адаптированная и расширенная на задачи обеспечения безопасности социально-экономических систем регионального уровня.

Полученные результаты использованы при реализации «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» на территории Мурманской области в части формирования информационной инфраструктуры комплексной автоматизированной системы управления региональной безопасностью.

Дальнейшие направления исследований связаны с разработкой комплексной методологии математического и компьютерного моделирования многоуровневых систем сетецентрического управления безопасностью РСЭС и совершенствованием существующих моделей организации функционирования системы распределенных ситуационных центров региона на основе сетецентрического подхода и мультиагентных технологий.

Библиографический список

1. *Смирнов, А. И.* Современные информационные технологии в международных отношениях / А. И. Смирнов. – Москва : МГИМО-Университет, 2017. – 334 с.
2. *Емельянов, С. В.* Информационные технологии регионального управления / С. В. Емельянов, А. Г. Олейник, Ю. С. Попков, В. А. Путилов. – Москва : Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
3. *Цыгичко, В. Н.* Безопасность критических инфраструктур / В. Н. Цыгичко, Д. С. Черешкин, Г. Л. Смолян. – Москва : УРСС, 2019. – 200 с.
4. *Северцев, Н. А.* Системный анализ теории безопасности / Н. А. Северцев, А. В. Бецков. – Москва : Изд-во МГУ «ТЕИС», 2009. – 457 с.
5. *Шульц, В. Л.* Сценарный анализа в управлении геополитическим информационным противоборством / В. Л. Шульц, В. В. Кульба, А. Б. Шелков, И. В. Чернов. – Москва : Наука, 2015. – 542 с.
6. *Новиков, Д. А.* Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Физматлит, 2012. – 604 с.
7. *Маслобоев, А. В.* Информационное измерение региональной безопасности в Арктике / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов. – Апатиты : КНЦ РАН, 2016. – 222 с.
8. *Бурков, В. Н.* Модели и методы управления безопасностью / В. Н. Бурков, Е. В. Грацианский, С. И. Дзюбко, А. В. Щепкин. – Москва : Синтег, 2001. – 139 с.
9. *Рябинин, И. А.* Надежность и безопасность сложных систем / И. А. Рябинин. – Санкт-Петербург : Политехника, 2000. – 248 с.
10. *Юрков, Н. К.* Безопасность сложных технических систем / Н. К. Юрков // Вестник Пензенского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 128–134.
11. *Малинецкий, Г. Г.* Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика / Г. Г. Малинецкий. – Москва : Наука, 2000. – 432 с.
12. *Попов, Н. С.* Методологические основы теории безопасности / Н. С. Попов, Н. В. Лузгачева, А. Хайри // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 10-12 (31). – С. 10–28.
13. *Игнатъев, М. Б.* Просто кибернетика / М. Б. Игнатъев. – Санкт-Петербург : Страта, 2016. – 248 с.
14. *Wooldridge, M.* An Introduction to MultiAgent Systems. Second Edition / M. Wooldridge. – John Wiley & Sons, 2009. – 484 p.
15. *Месарович, М.* Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – Москва : Мир, 1973. – 343 с.
16. *Горошко, И. В.* Согласование социальных и экономических показателей развития региона: понятие и механизмы / И. В. Горошко, Ю. В. Бондаренко // Проблемы управления. – 2015. – № 1. – С. 63–72.
17. *Маслобоев, А. В.* Мультиагентная технология информационной поддержки сетецентрического управления региональной безопасностью / А. В. Маслобоев // Информационно-технологический вестник. – 2018. – № 2 (16). – С. 92–102.
18. *Маслобоев, А. В.* Система поддержки принятия решений в условиях региональных кризисных ситуаций / А. В. Маслобоев // Информационные ресурсы России. – 2017. – № 4 (158). – С. 25–32.
19. *Simon, H. A.* The new science of management decision / H. A. Simon. – Prentice-Hall, 1977. – 175 p.
20. *Маслобоев, А. В.* Применение метода системной динамики при разработке мультиагентных систем поддержки принятия решений / А. В. Маслобоев // Информационные системы и технологии. – 2019. – № 1 (111). – С. 37–45.
21. *Форрестер, Дж.* Мировая динамика / Дж. Форрестер. – Москва : Наука, 1978. – 165 с.
22. *Попков, Ю. С.* Математическая демоэкономика: макросистемный подход / Ю. С. Попков. – Москва : Лепанд, 2013. – 560 с.
23. *Путилов, В. А.* Комплекс имитационных моделей поддержки управления региональной безопасностью / В. А. Путилов, А. В. Маслобоев, В. В. Быстров // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 3 (23). – С. 143–158.
24. *Фридман, А. Я.* Ситуационное управление структурой промышленно-природных систем. Методы и модели / А. Я. Фридман. – Saarbrücken, Germany : LAP, 2015. – 530 с.

25. Endsley, M. R. Final Reflections: Situation Awareness Models and Measures / M. R. Endsley // Journal of Cognitive Engineering and Decision Making. – 2015. – Vol. 9, № 1. – P. 101–111.

References

1. Smirnov A. I. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii v mezhdunarodnykh otnosheniyakh* [Modern information technologies in international relations]. Moscow: MGIMO-Universitet, 2017, 334 p. [In Russian]
2. Emel'yanov S. V., Oleynik A. G., Popkov Yu. S., Putilov V. A. *Informatsionnye tekhnologii regional'nogo upravleniya* [Information technologies of regional management]. Moscow: Editorial URSS, 2004, 400 p. [In Russian]
3. Tsygichko V. N., Chereshekin D. S., Smolyan G. L. *Bezopasnost' kriticheskikh infrastruktur* [Critical infrastructure security]. Moscow: URSS, 2019, 200 p. [In Russian]
4. Severtsev N. A., Betskov A. V. *Sistemnyy analiz teorii bezopasnosti* [A systematic analysis of the theory of security]. Moscow: MGU «TEIS», 2009, 457 p. [In Russian]
5. Shul'ts V. L., Kul'ba V. V., Shelkov A. B., Chernov I. V. *Stsenarnyy analiza v upravlenii geopoliticheskimi informatsionnyimi protivoborstvom* [Scenario analysis in the management of geopolitical information warfare]. Moscow: Nauka, 2015, 542 p. [In Russian]
6. Novikov D. A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of management of organizational systems]. 3rd ed., corr. and suppl. Moscow: Fizmatlit, 2012, 604 p. [In Russian]
7. Masloboev A. V., Putilov V. A. *Informatsionnoe izmerenie regional'noy bezopasnosti v Arktike* [Information dimension of regional security in the Arctic]. Apatity: KNTs RAN, 2016, 222 p. [In Russian]
8. Burkov V. N., Gratsianskiy E. V., Dzyubko S. I., Shchepkin A. V. *Modeli i metody upravleniya bezopasnost'yu* [Safety management models and methods]. Moscow: Sinteg, 2001, 139 p. [In Russian]
9. Ryabinin I. A. *Nadezhnost' i bezopasnost' slozhnykh sistem* [Reliability and security of complex systems]. Saint-Petersburg: Politehnika, 2000, 248 p. [In Russian]
10. Yurkov N. K. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Penza state University]. 2013, no. 1, pp. 128–134. [In Russian]
11. Malinetskiy G. G. *Upravlenie riskom. Risk, ustoychivoe razvitie, sinergetika* [Risk management. Risk, sustainable development, synergy]. Moscow: Nauka, 2000, 432 p. [In Russian]
12. Popov N. S., Luzgacheva N. V., Khayri A. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Issues of modern science and practice. University them. V. I. Vernadsky]. 2010, no. 10-12 (31), pp. 10–28. [In Russian]
13. Ignat'ev M. B. *Prosto kibernetika* [Just Cybernetics]. Saint-Petersburg: Strata, 2016, 248 p. [In Russian]
14. Wooldridge M. *An Introduction to MultiAgent Systems. Second Edition*. John Wiley & Sons, 2009, 484 p.
15. Mesarovich M., Mako D., Takahara I. *Teoriya ierarhicheskikh mnogourovnevnykh sistem* [Theory of hierarchical multilevel systems]. Moscow: Mir, 1973, 343 p. [In Russian]
16. Goroshko I. V., Bondarenko Yu. V. *Problemy upravleniya* [Management problem]. 2015, no. 1, pp. 63–72. [In Russian]
17. Masloboev A. V. *Informatsionno-tekhnologicheskii vestnik* [Information technology bulletin]. 2018, no. 2 (16), pp. 92–102. [In Russian]
18. Masloboev A. V. *Informatsionnye resursy Rossii* [Information resources of Russia]. 2017, no. 4 (158), pp. 25–32. [In Russian]
19. Simon H. A. *The new science of management decision*. Prentice-Hall, 1977, 175 p.
20. Masloboev A. V. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Information systems and technologies]. 2019, no. 1 (111), pp. 37–45. [In Russian]
21. Forrester Dzh. *Mirovaya dinamika* [World dynamics]. Moscow: Nauka, 1978, 165 p. [In Russian]
22. Popkov Yu. S. *Matematicheskaya demoekonomika: makrosistemnyy podkhod* [Mathematical demoeconomic: macrosystem approach]. Moscow: Lenand, 2013, 560 p. [In Russian]
23. Putilov V. A., Masloboev A. V., Bystrov V. V. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems]. 2018, no. 3 (23), pp. 143–158. [In Russian]
24. Fridman A. Ya. *Situatsionnoe upravlenie strukturoy promyshlenno-prirodnykh sistem. Metody i modeli* [Situational management of the structure of industrial and natural systems. Methods and models]. Saarbrücken, Germany: LAP, 2015, 530 p. [In Russian]
25. Endsley M. R. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*. 2015, vol. 9, no. 1, pp. 101–111.

Маслобоев Андрей Владимирович

доктор технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник,
Институт информатики и математического
моделирования технологических процессов
Кольского научного центра РАН
(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты,
ул. Ферсмана, 24А)
Email: masloboev@iimm.ru

Masloboev Andrey Vladimirovich

doctor of technical sciences, associate professor,
leading researcher,
Institute of Informatics and mathematical
modelling of technological processes
of the Kola Science Centre RAS
(184209, 24A Fersmana street, Apatite,
Murmansk region, Russia)

Образец цитирования:

Маслобоев, А. В. Модель и технология поддержки принятия решений в условиях сетевцентрического управления региональной безопасностью / А. В. Маслобоев // Надежность и качество сложных систем. – 2019. – № 2 (26). – С. 43–59. – DOI 10.21685/2307-4205-2019-2-6.