

Управление рисками и безопасностью

Модели региональных кризисных ситуаций и их применение в системах поддержки принятия решений ситуационных центров*

А.В. МАСЛОБОВ¹

¹ Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, Россия

Аннотация. В работе обсуждаются задачи концептуального моделирования региональных кризисных ситуаций. Проведен анализ формализованных моделей региональных кризисных ситуаций и предложено их обобщение на задачи управления региональной безопасностью. Концептуальные модели региональных кризисных ситуаций являются формальной основой для онтологического и имитационного моделирования этих ситуаций в системах поддержки принятия решений по управлению региональной безопасностью. На практике такие модели обеспечивают гибкость автоматизации синтеза спецификаций организационных структур управления ситуационных центров региона и анализа систем обеспечения безопасности в критических условиях обстановки. Рассмотрены проблемы и направления использования концептуальных моделей кризисных ситуаций в системах поддержки принятия решений региональных ситуационных центров. Выделены специфические особенности и определены основные типы региональных кризисных ситуаций в социально-экономической сфере.

Ключевые слова: формализация, концептуальная модель, управление, кризисная ситуация, региональная безопасность, система поддержки принятия решений, ситуационный центр.

DOI: 10.14357/20790279210307

Введение

Математическое и компьютерное моделирование развития региональных кризисных ситуаций (РКС) в социально-экономической сфере и прогнозирование их динамики с учетом влияния различных внешних и внутренних факторов – уже сложившееся сегодня, но весьма перспективное направление исследований как для отечественных, так и зарубежных научных школ. Традиционно эти исследования связаны с решением современных проблем управления безопасностью и устойчивостью социально-эко-

номических систем и процессов, в частности – с анализом тенденций и закономерностей, определяющих защищенность этих систем в условиях воздействия множественных угроз различной природы, а также с построением автоматизированных систем обеспечения комплексной безопасности потенциально опасных объектов и региональных критических инфраструктур. Интерес к задачам в этой динамичной области не только сохраняется, но и постепенно возрастает под влиянием новых актуальных вызовов, которые формируют почву для совершенствования известных научных разработок. Это способствует расширению круга нерешенных проблем, требующих научной проработки.

* Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИИММ КНЦ РАН (НИР № 0226-2019-0035) и частично поддержана РФФИ (проекты 18-29-03022-мк, 19-07-01193-а).

Под РКС [13] понимается обстановка на территории региона, складывающаяся в результате воздействия на социально-экономическую систему неблагоприятных факторов, в совокупности являющихся источником угроз для нормального функционирования и развития региональных элементов и подсистем. Такая ситуация приводит к дестабилизации региональной системы и изменению показателей ее безопасности. При этом в зависимости от характера ситуации (геополитический, природный, техногенный, общественный, военный и т.д.) ее последствия и наносимый ущерб могут быть достаточно серьезными настолько, что это способно дестабилизировать системы более высокого уровня – национального и мирового.

РКС сопровождаются не только ресурсными потерями, но и одновременно способны порождать сопутствующие опасные явления и непредвиденные обстоятельства, являющиеся катализатором для возникновения новых критических ситуаций, что не всегда удается заранее спрогнозировать и предусмотреть при построении профилей защиты объектов региональной экономики. Это связано с тем, что начальные этапы развития РКС трудно поддаются идентификации, плохо формализуются и характеризуются неопределенностью информации, необходимой для принятия адекватных управленческих решений и реализации своевременных превентивных мер по контролю и предупреждению этих ситуаций.

Классическим подходом к повышению качества информационной структуры и оперативности принятия управленческих решений в условиях РКС является создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) по обеспечению безопасности на базе ситуационных центров региона. Особенность этих систем заключается в способности моделирования и комплексной автоматизации процессов управления различными видами РКС, динамикой их развития и жизненным циклом порождаемых угроз с учетом временных и ресурсных ограничений на принятие решений.

Задача моделирования РКС состоит в формализации и анализе характеристик ситуации, как объекта управления, и путей ее развития при выборе управляющих воздействий с целью снижения энтропии и повышения полноты ситуационной осведомленности в системе управления региональной безопасностью. Формальное описание ситуации и системных взаимосвязей позволяет исследовать изменения свойств системы при взаимодействии с внешней средой, оптимизировать структуру и

состав системы управления, автоматизировать синтез алгоритмов управления для обеспечения безопасности системы и ее элементов. Особенно актуальна задача разработки формализованных моделей РКС для класса СППР ситуационных центров региона, что обусловлено необходимостью и сложностью учета региональной специфики и человеческого фактора в процессе распределенного принятия управленческих решений. При этом, моделирование процессов управления безопасностью региона предполагает не только создание и исследование моделей РКС, но и синтез на их базе адекватной системы обеспечения региональной безопасности, а также анализ эффективности упреждающих и реализуемых этой системой антикризисных мер.

Исторически, на протяжении нескольких десятилетий, в нашей стране активно проводятся комплексные исследования по моделированию кризисных явлений в социально-экономических системах и разработке автоматизированных средств управления критическими ситуациями в ситуационных центрах. Этому направлению посвящено множество фундаментальных работ, как по проблемам регионального развития [11, 16, 18, 19], так и относящихся к созданию и оценке ситуационных центров [3, 4, 6, 9]. Эти работы можно считать «пионерскими», как с идеологической, так и методологической точки зрения. На результатах этих работ базируется большинство современных исследований и разработок в области ситуационного управления, поддержки принятия решений, обеспечения безопасности, риск-менеджмента и т.д.

В настоящей работе на основе накопленного опыта делается попытка систематизации известных подходов к формализованному описанию критических ситуаций и их адаптации к задачам ситуационного управления безопасностью социально-экономических систем. На основе анализа и обобщения подходов предлагаются концептуальные модели РКС. Рассматриваются проблемы и области применения этих моделей в СППР ситуационных центров региона.

1. Специфические особенности РКС

Анализ отечественной и зарубежной научной литературы показывает, что проблемам анализа и моделирования РКС в социально-экономической сфере уделяется особое внимание в последнее время. Отличительная особенность современных исследований [7, 27, 30, 35, 37-39] состоит в том, что они затрагивают вопросы

оценки уже существующих РКС по выбранным критериям для каждой отдельной области региональной безопасности и формирование всей цепочки управленческих решений на основе этой оценки. При этом в большинстве случаев оценка РКС проводится путем ее сравнения с некоторым набором эталонных ситуаций, для каждой из которых уже выработано множество решений и определен план мер противодействия. В работе [25] предложен экспертный метод ситуационного анализа в условиях неопределенности исходной информации, основанный на построении сценарных моделей возможного развития РКС при различных значениях, внешних и внутренних факторов, определяющих динамику РКС. На основе исследования этих моделей путем проигрывания различных сценариев влияния параметров РКС на состояние региональной социально-экономической системы формируется множество управляющих воздействий, направленных на разрешение РКС с учетом изменяющихся условий. Сценарный метод прогнозирования РКС [24,30] доказал свою эффективность на практике.

Другая важная особенность РКС отмечается в работе [26] и заключается в их уникальности, поскольку они всегда происходят в условиях, не имеющих аналогов в прошлом, то есть совпадение РКС в социально-экономической сфере является маловероятным событием. Это обстоятельство исключает возможность применения регулярных методов прогнозирования РКС, поскольку готовой статистической и фактологической информации, относящейся к возникающим РКС, заранее не существует. Кроме того, различная природа, скрытый характер, неоднородность, отложенность результатов воздействия и медленное нарастание потенциальных угроз и опасностей в социально-экономической сфере обуславливают то, что для РКС не может быть все заранее учтено и спланировано [15].

РКС относятся к классу медленно развивающихся критических ситуаций, когда имеется достаточно большой резерв времени для принятия управленческих решений и реализации превентивного управления их развитием. Научно-обоснованные механизмы обеспечения безопасности критически важных объектов, основанные на вероятностных моделях и методах анализа риска и успешно применяющиеся на практике для чрезвычайных ситуаций, когда практически отсутствует резерв времени для принятия оперативных решений ситуационного управления, малопригодны для управления безопасностью региональных социально-экономических систем. Таким образом, из-

вестные модели и методы управления РКС в целях обеспечения региональной безопасности требуют совершенствования и адаптации.

В исследовании [28] установлено, что управление РКС характеризуется отсутствием возможности четкого определения путей их развития и неполной наблюдаемостью связанных с РКС процессов. Это обуславливает высокую степень неопределенности процесса управления РКС, которая, по сути, заложена в саму ее природу, то есть вектор и характер развития возникающих РКС никогда не известны. При этом возможен лишь прогноз общего направления развития РКС по различным траекториям. В [28] также отмечается, что неполная (дискретная) наблюдаемость процессов развития РКС связана не только с многоаспектностью их самих, но и с тем, что большинство РКС не могут быть наблюдаемы напрямую и о них можно судить только лишь по косвенным признакам. Существуют РКС, не имеющие количественной меры и определяемые лишь на качественном уровне, что затрудняет превентивную оценку происходящих кризисных явлений. Для успешного решения задач управления в подобных ситуациях на практике в системах поддержки принятия решений ситуационных центров широко применяются методы вербального анализа решений [10], ориентированные на работу с качественной (неколичественной) информацией. Вместе с тем, наличие запаздывающей информации о процессах возникновения и развития РКС приводит к снижению ситуационной осведомленности и недостаточности знаний для выработки и реализации эффективных управленческих решений.

На начальной стадии зарождения РКС задача их моделирования выглядит наиболее расплывчато в силу неочевидного (скрытого) характера проявления угроз и опасностей. На этой стадии, зачастую, даже не существует конкретного объекта моделирования, поскольку облик РКС еще не сформировался. В связи с этим, первостепенная задача концептуального моделирования РКС заключается в формировании адекватной информационной структуры их управления. Для решения этой задачи, согласно результатам исследования [15], успешно применяются методы и средства информационного и проблемного мониторинга социально-экономической обстановки в регионе с привлечением экспертного сообщества, на основе социологических опросов, сценарного анализа, анализа архивных статистических данных, а также с использованием современных средств инфокоммуникаций – социальных сетей.

2. Источники и типы РКС

Согласно работе [28], РКС сопровождается изменением допустимой области заданных нормативных значений количественных и качественных показателей, характеризующих состояние функционирования элементов региональных социально-экономических систем, а также снижением уровня выполнения возложенных на них функций в системе регионального управления. Это происходит в результате воздействия на элементы системы множественных угроз различной природы, порождающих разнотипные РКС. Типы и качественное описание основных критериев РКС подробно рассматриваются в работе [29].

Основные виды РКС, возникающие в регионах, приведены в работе [2]:

- изменения в демографической ситуации, приводящие к депопуляции населения, ухудшению регионального генофонда;
- превышение рациональных норм техногенной нагрузки на территорию при размещении объектов, приводящее к ухудшению экосистемы региона;
- падение производства в отраслях специализации региона более чем на 50-60%;
- рост безработицы, превышающий 15% от численности экономически активного населения;
- изменение профиля региона, приводящее к необходимости массовой переквалификации кадров;
- появление в трудоизбыточных регионах беженцев, переселенцев и иностранных рабочих, приводящее к межнациональной и социальной напряженности;
- высокая и постоянно растущая степень зависимости промышленного комплекса (более чем на 50%) от межрегиональных и внешнеэкономических связей;
- низкая обеспеченность финансовыми ресурсами, дестабилизирующая ситуацию в регионе и усложняющая отношения с федеральным центром (например, дотации превышают 30% финансовых средств региона);
- низкая обеспеченность объектами инфраструктуры, ограничивающая возможность дальнейшего развития региона и другие.

Все виды РКС объединяет важная деталь – процесс зарождения каждой из них является скрытым (неочевидным) и, как правило, начинается в нормальных условиях в результате накопления противоречий, источников уязвимостей и угроз, дефектов и постепенной деградации социально-экономической системы.

Можно также выделить внешние и внутренние источники угроз региональной безопасности, приводящие к возникновению РКС.

К внешним причинам появления РКС относятся [26]:

- изменение условий жизнедеятельности, например, возникновение неблагоприятной политической ситуации в регионе и мире, военный конфликт, резкое падение деловой активности на товарно-финансовых рынках и т.п.;
- изменение законодательства и нормативно-правовой базы;
- демографические проблемы и социальная напряженность;
- кризисы в окружающей среде (мировые, региональные, отраслевые и др.);
- кризисные явления, связанные с циклическим характером эволюции составляющей жизнедеятельности региональных социально-экономических систем;
- неразрешимые противоречия с элементами внешней среды;
- природные катаклизмы.

К внутренним причинам появления РКС относятся [26]:

- нарушение норм и правил функционирования элементов региональной системы;
- ошибочное целеполагание и принятие неадекватных стратегических решений в системе регионального управления, что влечет за собой конфликты внутри региона или с внешней средой;
- некомпетентное управление региональной социально-экономической системой;
- невозможность разрешить внутренние противоречия между элементами системы;
- неадекватная реакция на изменение условий существования;
- недостаток ресурсов для адаптации к новым условиям существования;
- окончание жизненного цикла региональной социально-экономической системы.

Стоит отметить, что РКС зачастую возникают в случае конфликта интересов между элементами или подсистемами региональной социально-экономической системы и внешней средой, а также в случае несогласованности децентрализованных решений, принимаемых на различных уровнях иерархии системы государственного и регионального управления.

3. Концептуальные модели РКС

Для обеспечения ситуационной осведомленности в системе управления региональной безопасностью и автоматизированной обработки и анализа информации, необходимой для подготовки и согласования управленческих реше-

ний в условиях РКС в СППР, используемых в ситуационных центрах региона, применяются различные типы концептуальных моделей этих ситуаций. Далее более подробно рассмотрим основные из них.

Опираясь на результаты исследования [12], в котором предложено формировать модель некоторой критической ситуации в контексте интегрированных систем управления, учитывая современные требования к обеспечению безопасности сложных объектов, общая концептуальная модель РКС может быть формализована следующим образом:

$$KM_{PKC} = \langle U, P, A, Z, E, \Omega, C, \Psi, \Theta, I \rangle, \quad (1)$$

где U – множество управляющих воздействий (стратегий деятельности субъекта управления); P – множество значений определенных и неопределенных параметров; A – множество исходов реализации угроз при выбранной стратегии; Z – вектор характеристик исхода $z \in Z$ (результаты воздействия угроз); E – показатель эффективности; Ω – оператор соответствия «результат – показатель»; C – критерий эффективности деятельности субъекта управления; Ψ – модель соответствия множеств: $\Psi: U \times P \rightarrow Z(A)$; Θ – модель предпочтений субъекта управления на элементах множества $S = \{U, P, A, Z, E, C\}$; I – общая информация о РКС.

Для выработки оперативных управленческих решений в условиях РКС требуется определить состав общей информации об этой ситуации (I) при заданных временных и ресурсных ограничениях. На основе учета требований к системе обеспечения региональной безопасности формируется актуальная информация о кризисной ситуации I^* . Обладая этой информацией (I^*), субъекты управления безопасностью региона последовательно определяют компоненты модели KM_{PKC} (1) по следующему алгоритму:

- 1) формируются подмножества U^* ($U^* \in U$) и P^* ($P^* \in P$);
- 2) выбираются характеристики Z^* для всех исходов A^* и определяется Ψ^* как $\Psi^*: U^* \times P^* \rightarrow Z^*(A^*)$;
- 3) устанавливается Ω^* с учетом Z^* как $\Omega^*: \{U^* \times P^* \rightarrow Z^*(A^*)\} \rightarrow E^*$.

Накопление экспертных знаний и получение на их основе аналитической информации о результатах противодействия угрозам и адаптации средств защиты критически важных объектов при реализации выбранной стратегии управления в условиях РКС, а также представление этой информации в терминах формальной концептуальной модели (1) позволяет лицам, принимающим решения,

оперативно корректировать стратегию управления безопасностью, прогнозировать сценарии развития ситуации и обоснованно планировать целевые показатели эффективности системы обеспечения безопасности региона и собственной деятельности.

Близким аналогом модели (1) может служить концептуальная модель РКС, предложенная в работе [14] и представляющая собой формализованную контекстуальную информацию о состоянии социально-экономической системы региона, которое характеризуется определенным набором параметров в некоторый момент времени t . Модель формально определена в форме теоретико-множественных отношений:

$$KM_{PKC} = \{O, Z, S, R, RC, RF, P, t, RL, ATR\}, \quad (2)$$

где O – множество объектов обеспечения безопасности; $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$, $q = \overline{1, N}$ – совокупность взаимосвязанных задач, которые необходимо решить в условиях РКС; S – множество субъектов безопасности, участвующих в управлении РКС; R – множество ресурсов, необходимых для решения задач $z_q \in Z$, $q = \overline{1, N}$, причем $R = R(t) = \{r_i(t)\}$, $i = \overline{1, M}$, M – мощность множества R ; RC – множество классов ресурсов; RF – иерархический классификатор предметных областей РКС; P – процесс управления безопасностью в РКС, представляющий собой последовательное решение всех задач $z_q \in Z$, $q = \overline{1, N}$; t – параметр времени; RL – отношения на множествах объектов модели; ATR – множество атрибутов объектов модели.

На множествах объектов модели (2) заданы отношения, определяющие ее структуру:

$$RL = \{SZ, CSP, PS, IN, OUT, CLASS, FIELD, H\},$$

где $SZ \subseteq S \times Z$ – отношение «субъект безопасности участвует в решении некоторой задачи управления безопасностью в определенной кризисной ситуации»; $CSP \subseteq CS \times P$ – симметричное отношение «кризисная ситуация – процесс управления безопасностью», ассоциирующее кризисную ситуацию с соответствующим ей процессом управления безопасностью; $PS \subseteq P \times S$ – симметричное отношение «процесс обеспечения безопасности – субъект управления», ассоциирующее процесс управления безопасностью в кризисной ситуации с реализующим его субъектом в системе обеспечения региональной безопасности; $IN \subseteq P \times B(R)$ – отношение «процесс – множество входных ресурсов»; $OUT \subseteq P \times B(R)$ – отношение «процесс – множество выходных ресурсов»; $CLASS \subseteq R \times RC$ – отношение, ассоциирующее ресурс с соответствующим ему

классом; $FIELD \subseteq R \times RF$ – отношение, задающее предметную область ресурса; H – иерархия объектов модели, отражающая их организационные взаимоотношения (отношение иерархии H определено на множествах S, P, RC, RF).

Множество атрибутов объектов модели (2):

$$ATR = \langle T_S, T_R, T_F \rangle,$$

где T_S – множество типов участников процессов обеспечения безопасности в условиях РКС; T_R – множество типов ресурсов; T_F – множество типов функций субъектов управления безопасностью.

Для решения множества задач $z_q \in Z$, $q = \overline{1, N}$ в условиях РКС субъекты управления безопасностью S должны обладать соответствующими компетенциями. В качестве меры для оценки компетенций субъектов управления безопасностью в работе [15] предложено использовать их информационную и функциональную мощности:

$I_{z_q} = (i_{z_q}^1, i_{z_q}^2, \dots, i_{z_q}^{r_I})$, $i_{z_q}^k$, $k = \overline{1, r_I}$ – информационная мощность субъекта безопасности задает описания имеющихся у него в наличии ресурсов (информационных, кадровых, материальных, финансовых и т.д.) для управления и принятия решений в условиях РКС;

$F_{z_q} = (f_{z_q}^1, f_{z_q}^2, \dots, f_{z_q}^{r_F})$, $f_{z_q}^j$, $j = \overline{1, r_F}$ – функциональная мощность субъекта безопасности определяет набор реализуемых им функций управления или услуг, которые могут быть им реализованы/предоставлены для обеспечения безопасности в условиях РКС.

Тогда каждая задача процесса ситуационного управления безопасностью, формально представляется в виде: $z_q = \langle \{F_{z_q}\}, \{I_{z_q}\}, C_{z_q} \rangle$, где C_{z_q} – вектор пространственно-временных и ресурсных ограничений, накладываемых на процесс обеспечения безопасности в условиях РКС (время кризисного реагирования, определяемое классом объекта безопасности; место (критическая область) возникновения РКС; количество требуемых ресурсов для ее локализации; примерные затраты на проведение антикризисных мероприятий и т.д.).

Развитием моделей (1) и (2) является концептуальная модель критической ситуации [32], предложенная для системной формализации класса чрезвычайных ситуаций и основанная на взаимодействии инвариантных составляющих (свойств) этих ситуаций. Согласно исследованию [32], на концептуальном уровне компонентами данной модели выступают взаимодействующие подсистемы инвариантной части, присутствующей во всем многообразии типов и видов чрезвычайных ситуаций. Эти подсистемы имеют собственные

локальные цели и функции, реализуемые соответствующими элементами информационно-управляющей системы обеспечения безопасности. Состав модели включает: опасный объект (источник угроз и опасностей), защищаемый объект (критический элемент/инфраструктура), подсистему принятия решения, информационную подсистему, исполнительную подсистему, внешнюю среду. Опираясь на подход [32] и формальный аппарат теории управления, в общем виде концептуальную модель РКС можно формально описать как процесс движения двух объектов (опасного и охранного) с учетом влияния внешних факторов. При этом второй объект описывается через множество потерь, которое и определяет его текущее состояние.

Тогда уравнения движения, описывающие неуправляемую РКС при отсутствии управляющих воздействий на опасный объект, имеют следующий вид:

$$KM_{PKC} = \left\langle \begin{matrix} \dot{S} = \alpha_0(S, W, F_0) \\ \dot{L} = \beta_0(S, W, F_0) \\ \dot{Z} = \xi_0(S, W, F_0) \end{matrix} \right\rangle. \quad (3)$$

При наличии множества U управляющих воздействий (антикризисных мероприятий) со стороны системы обеспечения региональной безопасности уравнения движения (3) имеют следующий вид:

$$KM_{PKC} = \left\langle \begin{matrix} \dot{S} = \alpha_0(S, W, U, F_0) \\ \dot{L} = \beta_0(S, W, U, F_0) \\ \dot{Z} = \xi_0(S, W, U, F_0) \end{matrix} \right\rangle, \quad (4)$$

где (3)-(4): $F_0 = \{f_0\}$ – множество начальных дестабилизирующих факторов, которые вызвали движение опасных объектов (активацию источников угроз), то есть привели к возникновению и развитию РКС; $S = \{s_i\}$ – множество параметров, характеризующих состояние опасных объектов (источников угроз); $Z = \{z_j\}$ – множество параметров, характеризующих состояние защищаемых объектов; $L = \{l_k\}$ – множество потерь, характеризующих наносимый ущерб элементам системы в результате возникновения РКС и связанных с изменением параметров состояния защищаемых объектов; $U = \{u_l\}$ – множество управляющих воздействий (реализуемых антикризисных мер), направленных на предупреждение или разрешение РКС; $W = \{w_r\}$ – множество возмущений (воздействий) внешней среды, как на опасные, так и на защищаемые объекты.

Формальная конструкция, описывающая движение информационной подсистемы, харак-

теризует степень ситуационной осведомленности в условиях РКС, текущее состояние защищаемых объектов и системы в целом:

$$\dot{I} = \gamma_0(I_0, I, L, Z), \quad (5)$$

где I_0 - множество исходных информационно-вычислительных ресурсов для ситуационного анализа РКС; $I = \{i_q\}$ - множество средств информационно-аналитической поддержки управления РКС и мониторинга за состоянием опасных и защищаемых объектов, внешней среды и исполнительной подсистемы.

Уравнение движения подсистемы принятия оперативных и стратегических решений в общем виде можно записать следующим образом:

$$\dot{R} = \mu(F_0, S, Z, L_0, L, W, R), \quad (6)$$

где $R = \{r_d\}$ - множество переменных, характеризующих управленческие решения по использованию имеющихся в наличии ресурсов, сил и средств для противодействия угрозам безопасности и целенаправленного воздействия на опасные и защищаемые объекты; L_0 - множество допустимых потерь.

Функция $\mu(\cdot)$ выражает алгоритм управления безопасностью в условиях РКС, когда имеется достоверная и полная информация о состоянии опасных и защищаемых объектов, о влиянии факторов внешней среды и о наносимом и допустимом ущербе.

Уравнение движения исполнительной подсистемы имеет вид:

$$\dot{U} = \lambda(U, R, W), \quad (7)$$

где W - множество внешних и внутренних факторов, препятствующих или способствующих исполнению множества R принятых управленческих решений.

Множество управлений U отражает объем работ, направленных на реализацию принятых решений R в условиях РКС. После реализации множества антикризисных мер R защищаемые объекты переходят в желаемые состояния Z_0 , соответствующие допустимой области безопасности этих объектов. Функция $\lambda(\cdot)$ выражает алгоритм исполнения принятых управленческих решений и характеризует эффективность реализации программы управления.

Обобщение формальных конструкций (4)-(7) представляет собой концептуальную модель управляемой РКС. Как отмечается в работе [32], сложность содержательного анализа таких концептуальных моделей состоит в необходимости определения физического смысла параметров состояния для различных видов РКС и установ-

ления связей между ними для широкого диапазона изменения состояния объектов безопасности и внешней среды. Эта сложность связана с индивидуальными особенностями РКС, рассмотренными выше. Кроме того, в модели не учитываются инерционность и запаздывание информации о РКС и ущербе, требуемых для принятия обоснованных управленческих решений. Однако концептуальная модель РКС (4)-(7) допускает преобразование в другие классы моделей, что обеспечивает возможность имитационного моделирования РКС.

Другой разновидностью концептуальных моделей, предназначенных для формального анализа сложных объектов управления и связанных с ними информационных процессов, являются лингво-комбинаторные модели [34], представляющие собой эффективный эвристический способ перехода к компьютерному моделированию. Это новый класс моделей плохо формализуемых систем. Эти модели состоят из трех групп переменных: характеристик основных понятий предметной области, изменения этих характеристик и структурированной неопределенности в эквивалентных уравнениях, которая может быть использована для адаптации и управления системой. Применение данного класса моделей для анализа поведения социально-экономических систем на практике позволило выявить новое эмерджентное свойство этих систем - феномен адаптационного максимума [8]. Наличие феномена адаптационного максимума в жизненном цикле социально-экономических систем позволяет объяснить природу РКС, которые периодически происходят в этих системах. Отсюда вытекает принцип управления безопасностью социально-экономических систем в РКС - система должна управляться так, чтобы удерживать ее в зоне адаптационного максимума в динамически меняющихся условиях. Глубина РКС определяется отклонением от зоны адаптационного максимума.

Лингво-комбинаторные модели РКС, построенные на основе принципа адаптационного максимума, исследованного в [8, 34], идеологически очень близки к «пионерским» работам Д.А. Поспелова по моделям ситуационного управления [17, 18]. Методологически эти научные парадигмы взаимно дополняют друг друга, как в теоретическом плане, так и в плане практического применения для организации управления сложными системами и процессами. Логика функционирования современных средств информационно-аналитического обеспечения ситуационных центров основана на моделях управления данного класса.

Задача концептуального анализа РКС с применением лингво-комбинаторных моделей сво-

дится к исследованию эквивалентных уравнений с произвольными коэффициентами. Наличие произвольных коэффициентов и возможность расширения модели позволяют гибко настраивать модель для моделирования сложных социально-экономических объектов.

При построении лингво-комбинаторных моделей РКС будем исходить из базовых положений, которые уже сложились в области региональной безопасности [15, 30]. На концептуальном уровне жизненный цикл угроз региональной безопасности представляет собой процесс развития РКС и включает совокупность взаимосвязанных этапов: зарождение угрозы, развитие угрозы, проникновение угрозы в региональную критическую инфраструктуру, проникновение угрозы в критически важные объекты, инициализация угрозы, последствия угрозы (результаты воздействия), регенерация угрозы с возможным порождением новой РКС. Тогда, если в качестве ключевых слов взять наименования перечисленных этапов жизненного цикла угроз безопасности региона, то в соответствии с методом лингво-комбинаторного моделирования [34] уравнение РКС будет представлено следующим образом:

$$\sum_{i=1}^7 A_i E_i = 0, \quad (8)$$

а эквивалентные уравнения будут иметь вид

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 A_2 + U_2 A_3 + U_3 A_4 + U_4 A_5 + U_5 A_6 + U_6 A_7 \\ E_2 &= U_1 A_1 + U_7 A_3 + U_8 A_4 + U_9 A_5 + U_{10} A_6 + U_{11} A_7 \\ E_3 &= -U_2 A_1 - U_7 A_2 + U_{12} A_4 + U_{13} A_5 + U_{14} A_6 + U_{15} A_7 \\ E_4 &= -U_3 A_1 - U_8 A_2 - U_{12} A_3 + U_{16} A_5 + U_{17} A_6 + U_{18} A_7, \quad (9) \\ E_5 &= -U_4 A_1 - U_9 A_2 - U_{13} A_3 - U_{16} A_4 + U_{19} A_6 + U_{20} A_7 \\ E_6 &= -U_5 A_1 - U_{10} A_2 - U_{14} A_3 - U_{17} A_4 - U_{19} A_5 + U_{21} A_7 \\ E_7 &= -U_6 A_1 - U_1 A_2 - U_{15} A_3 - U_{18} A_4 - U_{20} A_5 - U_{21} A_6 \end{aligned}$$

где A_1 – характеристика фазы зарождения РКС, описывающая особые параметры этого процесса; E_1 – изменение этой характеристики; A_2 – характеристика фазы развития РКС, включающая оценки темпов и динамики этого процесса; E_2 – изменение этой характеристики; A_3 – характеристика воздействия РКС на региональную критическую инфраструктуру, содержащая описание параметров реализации угроз в критических областях социально-экономической системы региона; E_3 – изменение этой характеристики; A_4 – характеристика воздействия РКС на критически важные объекты региона, описывающая состояние этих объектов и характер влияния угроз; E_4 – изменение этой характеристики; A_5 – характеристика способа инициализации РКС, включающая параметры ак-

тивации источников угроз и опасностей; E_5 – изменение этой характеристики; A_6 – характеристика последствий РКС, описывающая результаты воздействия множественных угроз на элементы региональной системы и величину нанесенного ущерба; E_6 – изменение этой характеристики; A_7 – характеристика фазы восстановления и адаптации системы после воздействия внешних и внутренних угроз, содержащая описание параметров процесса регенерации РКС и порождения новых угроз безопасности региона; E_7 – изменение этой характеристики; U_1, U_2, \dots, U_{21} – произвольные коэффициенты, которые могут быть использованы для управления и решения различных задач на многообразии (8).

Аналогичную (8)-(9) формальную конструкцию можно построить, если в качестве ключевых фраз использовать стадии жизненного цикла управления РКС, который состоит из следующих этапов: идентификация РКС, планирование и подготовка антикризисных мероприятий, распределение сил и средств, кризисное реагирование и координация совместных действий, ликвидация последствий РКС, оценка ущерба и рисков повторного возникновения РКС, адаптация системы обеспечения безопасности к РКС данного типа.

Число блоков в лингво-комбинаторных моделях РКС может быть различным. С точки зрения точности моделирования: чем больше блоков задействуется, тем лучше, но при этом ухудшается наглядность модели, ее восприятие субъектами управления и лицами, принимающими решения.

Расширением приведенных в работе типов концептуальных моделей РКС являются: когнитивные модели кризисных явлений [30], построенные с применением аппарата функциональных знаковых орграфов; контекстно-зависимые модели чрезвычайных ситуаций [22], базирующиеся на технологии управления контекстом и методе объектно-ориентированных сетей ограничений; нечеткие модели критических ситуаций [1], основанные на теории нечетко-множественных отношений и мер; семантические модели кризисных ситуаций [36], разрабатываемые с помощью методов онтологического инжиниринга и теории дескриптивной логики; иерархические модели ситуаций [23], реализуемые на базе ситуационного подхода к моделированию природно-промышленных систем и теории устойчивости; гибридные фазово-факторные и нейросетевые модели региональных и международных конфликтных ситуаций [5], основанные на методах теории принятия решений и технологиях машинного обучения; агентные модели ситуационного управления [20],

построенные в парадигме многоагентных систем; интегрированные вероятностные и теоретико-игровые модели экстремальных ситуаций [31, 33], базирующиеся на математическом аппарате теории катастроф, социальной кибернетики, статистике экстремальных событий, теории игр и исследовании операций.

Совместное использование современных реализаций формальных моделей РКС и их интеграция в СППР позволяют повысить эффективность управления региональной безопасностью и обеспечить интероперабельность функциональных компонентов системы распределенных ситуационных центров региона.

4. Проблемы использования концептуальных моделей РКС в СППР

На практике формальные концептуальные модели РКС обеспечивают существенную автоматизацию работы СППР по управлению региональной безопасностью – от формализации коллективных экспертных знаний и реализации процедур анализа полноты и непротиворечивости ситуационной осведомленности участников процессов обеспечения безопасности (лиц принимающих решения и координаторов) до формирования и конфигурирования исполнительной среды программ управления безопасностью региона, основанных на этих моделях. Декларативный характер концептуальных моделей не накладывает жестких ограничений на последующий выбор типов моделей (статистических, аналитических, логических и т.д.) для исследования как отдельных этапов развития РКС, так и взаимосвязанных с ними различных аспектов безопасности региональных социально-экономических систем.

Вместе с тем, можно выделить некоторые проблемы использования концептуальных моделей РКС в системах управления безопасностью региона:

- различные компоненты прикладных концептуальных моделей создаются разными специалистами, использующими различный понятийный аппарат;
- эксперты и лица, принимающие решения, взаимодействуют с концептуальными моделями на различных уровнях СППР;
- определение структуры и состава концептуальных моделей в некоторых случаях зависит от выбранного способа декомпозиции глобальной целевой задачи ситуационного управления на подзадачи;
- преимущественно декларативный характер и сложность интеграции существующих и вновь

- создаваемых концептуальных моделей РКС в распределенной среде моделирования СППР;
- поддержание целостности и разрешимости концептуальных моделей в процессе их модификации, развития и интеграции неоднородных компонентов распределенных систем управления;
- неточность, размытость, неструктурированность, неполнота исходной информации о конкретном классе РКС, что затрудняет семантическую трансляцию описаний этих ситуаций в термины концептуальной модели средствами СППР;
- трудность однозначной интерпретации информации (высокая альтернативность) на начальных этапах развития РКС для ее единообразного формального представления в концептуальной модели;
- сопоставление отдельных фрагментов концептуальных моделей в процессе анализа альтернативных вариантов реализации моделирования РКС.

Стоит отметить, что современные реализации концептуальных моделей РКС в общем случае опираются на наличие заранее структурированных и формализованных знаний о РКС в прикладных онтологиях региональной безопасности. Это обстоятельство является еще одним ограничением для широкого использования и развития данного класса моделей в СППР, поскольку требует привлечение не только целого ряда специалистов по онтологическому инжинирингу, но и большого количества экспертов предметной области к информационно-аналитическому сопровождению ситуационных центров региона.

Другой важной проблемой является позиционирование, оценка и выбор конкретных типов концептуальных моделей РКС для применения в ситуационных центрах с точки зрения используемой структуры и классификации СППР. Решение этой задачи позволит более эффективно встраивать реализацию моделей управления РКС при разработке СППР ситуационных центров. Анализ структуры и способов классификации СППР – самостоятельная задача, которая является предметом отдельного исследования и рассмотрения. Анализ применимости моделей РКС в структуре СППР целесообразно проводить, опираясь на известные способы представления знаний: продукции, фреймы, семантические сети и логический вывод. В качестве явного способа классификации СППР могут рассматриваться как сами разновидности концептуальных моделей РКС, представленные в данной работе, так и другие варианты, например, по типам пользователей СППР, решаемых задач

управления, обеспечивающих средств или по областям применения.

5. Направления применения концептуальных моделей РКС в СППР

Рассмотренные типы концептуальных моделей РКС ориентированы на использование в блоке анализа и моделирования СППР по управлению региональной безопасностью в составе ситуационных центров региона [13]. Практическое применение концептуальных моделей РКС при различных режимах работы ситуационных центров (нормального функционирования, стратегического планирования и кризисной ситуации) осуществляется по следующим основным направлениям:

- 1) формализация коллективных знаний экспертов по безопасности в области развития РКС и унификация их представления в СППР, что позволяет осуществить автоматизированный анализ качества этих знаний с точки зрения полноты и непротиворечивости при интеграции в моделях знаний различных экспертов;
- 2) содержательный анализ и системное описание всех этапов жизненного цикла РКС и связанных с ними информационных процессов;
- 3) классификация взаимосвязанных фаз развития РКС и прогнозирование динамики этих ситуаций на качественном и количественном уровне;
- 4) оценка степени и полноты ситуационной осведомленности в системе обеспечения безопасности;
- 5) автоматизированное преобразование концептуальных моделей РКС в модели других типов (системно-динамических, мультиагентных, логико-вероятностных, функциональных, информационных, когнитивных и др.), пригодные для компьютерного моделирования процессов обеспечения безопасности региона в условиях этих ситуаций, и их оперативная настройка на задачи управления и принятия решений;
- 6) обеспечение необходимого и достаточного соответствия всех функций системы ситуационного управления целям (задачам) обеспечения региональной безопасности (синтез адекватных алгоритмов управления, оптимальных в смысле определенных критериев);
- 7) синтез спецификаций исполнительной среды информационно-аналитической поддержки управления безопасностью, представляющей собой комплекс онтологических и имитационных моделей РКС;
- 8) формирование и расширение общесистемного тезауруса (прикладной онтологии) региональ-

- ной безопасности с целью обеспечения семантической интероперабельности компонентов распределенных СППР ситуационных центров;
- 9) автоматизированное построение моделей организационных структур управления безопасностью в условиях РКС и оценка качества их конфигураций по критериям связности, совместности и координируемости образующих эти структуры функциональных элементов;
- 10) согласование интересов (целевых функций) участников процессов ситуационного управления безопасностью на всех уровнях принятия решений и планов действий на основе совместного анализа концептуальных описаний РКС;
- 11) концептуальные модели РКС успешно используются при исследовании ряда важных для безопасности и устойчивого развития региона областей, таких как социальная сфера, региональная экономика, энергетика, региональные экосистемы, природно-промышленные комплексы, кадровая политика, демография, логистика и других.

С применением метода синтеза имитационных моделей сложных процессов и систем [21] в блоке моделирования СППР по управлению безопасностью региона [13] на основе концептуальных и онтологических описаний РКС в автоматизированном режиме из типовых модельных шаблонов строятся соответствующие компьютерные модели развития этих ситуаций для проведения необходимых имитационных экспериментов. Это позволяет исследовать динамические характеристики РКС, а также обеспечивает вариабельность и оперативную настройку имитационных моделей РКС под задачи ситуационного управления. Структура метода схематично показана на рисунке.

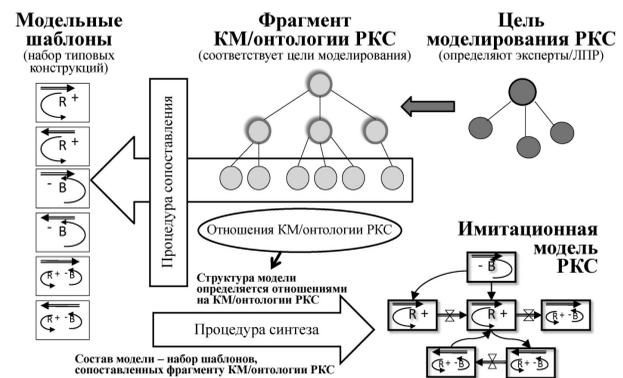


Схема реализации метода синтеза имитационных моделей РКС на основе концептуальных описаний РКС

Метод реализуется в несколько этапов. На первом экспертами формулируется цель моделирования (создания имитационной модели РКС). На втором этапе из концептуальной модели (прикладной онтологии) РКС вырезается древовидная структура концептов, соответствующих цели имитационного моделирования. На третьем этапе элементам нижнего уровня дерева концептов сопоставляются (задается соответствие) типовые конструкции имитационной модели (шаблоны). Для этого используются специальные методы распознавания [21]. В ходе четвертого этапа из выбранных (сопоставленных) модельных шаблонов синтезируется композитная имитационная модель РКС. Структура модели определяется отношениями на «вырезанном» фрагменте концептуальной модели или прикладной онтологии РКС/региональной безопасности.

Дальнейшие исследования в области создания и развития концептуальных моделей РКС и расширения круга задач их практического применения в СППР логично продолжить в направлении модернизации сетцентрической многофункциональной информационной среды управления региональной безопасностью, построенной на базе распределенной системы ситуационных центров региона и обеспечивающей повышение эффективности функционирования этой системы за счет интеграции всех доступных в регионе средств и ресурсов для обеспечения безопасности в единую цифровую платформу.

Заключение

Задачи моделирования РКС и автоматизации синтеза адекватных систем ситуационного управления безопасностью региона являются достаточно трудоемкими и не всегда имеют однозначное универсальное решение. Это объясняется тем, что характер развития РКС в социально-экономической сфере является сугубо индивидуальным и в некоторых случаях совершенно неясным. Высокая динамика и неопределенность РКС во многом затрудняют выбор рациональных превентивных мер противодействия порождаемым угрозам и оценку темпов регенерации этих угроз в новые формы критических ситуаций. Уровень сложности задач определяется также неполнотой информации на начальных фазах развития ситуаций, неопределенностью резерва времени на выработку и реализацию управленческих решений, функциональной и ресурсной ограниченностью сил и средств ситуационного управления.

Для нивелирования указанных трудностей логика функционирования современных систем

управления региональной безопасностью должна строиться на основе концептуальных моделей РКС, позволяющих учитывать их особенности в процессе ситуационного управления и обеспечивающих поддержку принятия оперативных и стратегических решений в условиях неопределенности. Предложенные в работе формальные модели РКС, обобщенные на задачи управления региональной безопасностью, обеспечивают гибкость автоматизации синтеза структуры СППР по управлению безопасностью социально-экономических систем, а также служат основой для последующего онтологического и имитационного моделирования этих ситуаций в системах обеспечения безопасности. На практике такие модели применяются для формирования спецификаций организационных структур управления ситуационных центров региона и анализа поведения объектов безопасности в критических условиях обстановки.

Полученные результаты были использованы при решении задач совершенствования системы обеспечения региональной безопасности Мурманской области в части расширения функциональных возможностей информационно-аналитических СППР ситуационных центров региона. Исследования в этом направлении проводятся в рамках реализации Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности до 2035 года (утверждена Указом Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645) на территории Мурманской области.

Литература

1. *Аверкин А.Н., Аграфонова Т.В., Титова Н.В.* Системы поддержки принятия решений на основе нечетких моделей // Известия РАН. Теория и системы управления. 2009. №1. С. 89-100.
2. *Вечканов Г.С.* Экономическая теория. СПб.: Питер, 2011. 512 с.
3. *Гвишиани Д.М.* Системный подход к исследованию глобальных проблем // Наука и человечество / Под ред. А. А. Логунова, А. П. Александрова, Н. Г. Басова и др. М.: Знание. 1984. С. 237–249.
4. *Геловани В.А., Бритков В.Б., Дубовский С.В.* СССР и Россия в глобальной системе (1985-2030): Результаты глобального моделирования. М.: Книжный дом «Либроком». 2014. 320 с.
5. *Глобальная безопасность: инновационные методы анализа конфликтов* / Под общ. ред. А.И. Смирнова. М.: Общество «Знание» России, 2011. 272 с.

6. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. Технология информационной поддержки деятельности организационных систем на основе ситуационных центров. М.: Торус Пресс. 2015. 232 с.
7. Иванюк В.А., Абдикеев Н.М., Гринева Н.В. Методы и модели обнаружения кризисных ситуаций в экономике. М.: Прометей. 2019. 302 с.
8. Игнатъев М.Б. Просто кибернетика. СПб.: Страта. 2016. 248 с.
9. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Ситуационные центры: опыт, состояние, тенденции развития. М.: МедиаПресс. 2011. 335 с.
10. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. М.: Наука. 2006. 181 с.
11. Лексин В.Н., Швецов А.Н. Государство и регионы: Теория и практика государственного регулирования территориального развития. М.: УРСС. 2016. 368 с.
12. Лившиц И.И., Фаткиева Р.Р. Модель интегрированной системы менеджмента для обеспечения безопасности сложных объектов // Вопросы кибербезопасности. 2018. №1(25). С. 64-71.
13. Маслобоев А.В. Концептуальные основы разработки интеллектуальной информационно-управляющей системы обеспечения региональной безопасности Мурманской области // Арктика: экология и экономика. 2017. № 4(28). С. 87-101.
14. Маслобоев А.В. Метод автоматизированного синтеза виртуальных организационных структур для задач управления региональной безопасностью // Программные продукты и системы. 2013. №4(104). С. 141-149.
15. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Информационное измерение региональной безопасности в Арктике. Апатиты: КНЦ РАН. 2016. 222 с.
16. Попков Ю.С. Математическая демоэкономика. Макросистемный подход. М.: УРСС. 2013. 560 с.
17. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоатомиздат. 1981. 231 с.
18. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. 2-е изд. М.: УРСС. 2021. 288 с.
19. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. М.: Наука. 1979. 296 с.
20. Пролетарский А.В., Березкин Д.В., Попов А.Ю. Система поддержки принятия решений по предотвращению кризисных ситуаций в общественно-политической сфере // Математические методы в технике и технологиях. 2019. Т. 10. С. 93-97.
21. Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. Мурманск: НИЦ «Пазори», 2002. 306 с.
22. Смирнов А.В., Левашова Т.В., Пашкин М.П. Модели контекстно-управляемых систем поддержки принятия решений в динамических структурированных областях // Труды СПИИ-РАН. 2009. Вып. 9. 116-147.
23. Фридман А.Я. Ситуационное управление структурой промышленно-природных систем. Методы и модели. Saarbrücken, Germany: LAMBERT Academic Publishing. 2015. 530 с.
24. Цыгичко В.Н. Прогнозирование социально-экономических процессов / Предисл. Д. М. Гвишиани. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБЕРКОМ». 2009. 240 с.
25. Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С. Управление кризисными ситуациями // Globus: Технические науки. 2020. № 2 (33). С. 4-6.
26. Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С. Управление рисками кризисных ситуаций в социально-экономических системах // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2020. Т. 70. № 2. С. 64-70.
27. Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С., Смолян Г.Л. Управление рисками в организационных системах. М.: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. 2018. 112 с.
28. Черешкин Д.С. Повышение качества управления в кризисной ситуации в социально-экономической системе // Евразийский Союз Ученых. 2020. №5(74). С. 53-57.
29. Шпаговский Ю.Г. Чрезвычайные ситуации как объект правового регулирования // Проблемы безопасности в ЧС. 2004. № 1. С. 85-93.
30. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. Управление региональной безопасностью на основе сценарного подхода. М.: ИПУ РАН. 2014. 163 с.
31. Шумов В.В. Государственная и общественная безопасность: Моделирование и прогнозирование. М.: ЛЕНАНД. 2016. 144 с.
32. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007. 288 с.
33. Boukhanovsky A.V., Krzhizhanovskaya V.V., Bubak M. Urgent computing for decision support in critical situations // Future Generation Computer Systems. 2018. Vol. 79. pp. 111-113.
34. Ignatyev M. Linguo-combinatorial simulation of complex systems // Journal of Mathematics and System Science. 2012. Vol. 2. No. 1. P. 58-66.
35. Krouglov A. Mathematical models of economic growth and crises (mathematics research developments). Nova Science Publishers Inc., 2017. 226 p.

36. *Mescherin S., Kirillov I., Klimenko S.* Ontology of emergency shared situation awareness and crisis interoperability // *Proceedings of Cyberworlds 2013 Intl. conference.* 2013. Vol. 1. P. 159-162,
37. *Lin Zh.* Organizational performance under critical situations – exploring the role of computer modeling in crisis case analyses // *Computational and Mathematical Organization Theory.* 2000. No. 6(3). P. 277-310.
38. *Sauvagnargues S.* Decision-making in crisis situations: research and innovation for optimal training. Wiley-ISTE. 2018. 218 p.
39. *van de Walle B., Turoff M.* Decision support for emergency situations // *International handbook on decision support systems 2.* Springer, Berlin, Heidelberg. 2008. P 39-63.

Маслобоев Андрей Владимирович. Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, Россия. Ведущий научный сотрудник. Доктор технических наук, доцент. Количество печатных работ: более 200 (в т.ч. 1 монография). Область научных интересов: системный анализ, моделирование социально-экономических систем, ситуационное управление, теория безопасности систем, мультиагентные системы. E-mail: masloboev@iimm.ru

Models of regional crisis situations and its application in decision support systems of situational centers

A.V. Masloboev¹

¹Federal Research Center “Kola Science Center of Russian Academy of Sciences”,
Apatity, Russia

Abstract. The problems of conceptual modeling of regional crisis situations are discussed in our study. The analysis of formalized models of regional crisis situations is carried out and its extension to the regional security management problems is proposed. Conceptual models of regional crisis situations are the formal basis for situation ontological modeling and simulation within the framework of decision support systems used to regional security management. In practice such models provide automation flexibility of specification synthesis of the management organizational structures of situational centers in the region and analysis of security support systems under critical conditions. The application problems and ways of regional crisis situation conceptual models in decision support systems of regional situational centers are considered. Specificity and basic types of regional crisis situations in socio-economic sphere are given.

Keywords: *formalization, conceptual model, management, crisis situation, regional security, decision support system, situational center.*

DOI: 10.14357/20790279210307

References

1. *Averkin A.N., Agrafonova T.V., Titova N.V.* Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy na osnove nechetkikh modeley // *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya.* 2009. №1. P. 89-100.
2. *Vechkanov G.S.* Ekonomicheskaya teoriya. SPb.: Piter. 2011. 512 s.
3. *Gvishiani D.M.* Sistemnyy podkhod k issledovaniyu global'nykh problem // *Nauka i chelovechestvo / Pod red. A. A. Logunova, A. P. Aleksandrova, N. G. Basova i dr. M.: Znanie.* 1984. P. 237–249.
4. *Gelovani V.A., Britkov V.B., Dubovskiy S.V.* SSSR i Rossiya v global'noy sisteme (1985-2030): Rezul'taty global'nogo modelirovaniya. M.: Knizhnyy dom «Librokom». 2014. 320 p.
5. *Zatsarinnyy A.A., Shabanov A.P.* Tekhnologiya informatsionnoy podderzhki deyatelnosti organizatsionnykh sistem na osnove situatsionnykh tsentrov. M.: Torus Press. 2015. 232 p.
6. *Global'naya bezopasnost': innovatsionnye metody analiza konfliktov / pod obshch. red. A.I. Smirnova.* M.: Obshchestvo «Znanie» Rossii. 2011. 272 p.
7. *Ivanyuk V.A., Abdikeev N.M., Grineva N.V.* Metody i modeli obnaruzheniya krizisnykh situatsiy v ekonomike. – M.: Prometej. 2019. 302 p.
8. *Ignat'ev M.B.* Prosto kibernetika. SPb.: Strata. 2016. 248 p.
9. *Il'in N.I., Demidov N.N., Novikova E.V.* Situatsionnye tsentry: opyt, sostoyanie, tendentsii razvitiya. M.: MediaPress. 2011. 335 p.

10. *Larichev O.I.* Verbal'nyy analiz resheniy. M.: Nauka. 2006. 181 p.
11. *Leksin V.N., Shvetsov A.N.* Gosudarstvo i regiony: Teoriya i praktika gosudarstvennogo regulirovaniya territorial'nogo razvitiya. M.: URSS. 2016. 368 p.
12. *Livshits I.I., Fatkueva R.R.* Model' integrirovannoy sistemy menedzhmenta dlya obespecheniya bezopasnosti slozhnykh ob'ektov // Voprosy kiberbezopasnosti. 2018. №1(25). P. 64-71.
13. *Masloboev A.V.* Kontseptual'nye osnovy razrabotki intellektual'noy informatsionno-upravlyayushchey sistemy obespecheniya regional'noy bezopasnosti Murmanskoy oblasti // Arktika: ekologiya i ekonomika. 2017. № 4(28). P. 87-101.
14. *Masloboev A.V.* Metod avtomatizirovannogo sinteza virtual'nykh organizatsionnykh struktur dlya zadach upravleniya regional'noy bezopasnost'yu // Programmnye produkty i sistemy. 2013. №4(104). P. 141-149.
15. *Masloboev A.V., Putilov V.A.* Informatsionnoe izmerenie regional'noy bezopasnosti v Arktike. Apatity: KNTs RAN., 2016. 222 p.
16. *Orlov A.I.* Ustoychivost' v sotsial'no-ekonomicheskikh modelyakh. M.: Nauka, 1979. 296 s.
17. *Popkov Yu.S.* Matematicheskaya demoeconomika. Makrosistemnyy podkhod. M.: URSS. 2013. 560 p.
18. *Pospelov D.A.* Logiko-lingvisticheskie modeli v sistemakh upravleniya. M.: Energoatomizdat. 1981. 231 p.
19. *Pospelov D.A.* Situatsionnoe upravlenie. Teoriya i praktika. 2-e izd. M.: URSS. 2021. 288 p.
20. *Proletarskiy A.V., Berezkin D.V., Popov A.Yu.* Sistema podderzhki prinyatiya resheniy po predotvrashcheniyu krizisnykh situatsiy v obshchestvenno-politicheskoy sfere // Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh. 2019. T. 10. P. 93-97.
21. *Putilov V.A., Gorokhov A.V.* Sistemnaya dinamika regional'nogo razvitiya. Murmansk: NITs «Pazori». 2002. 306 p.
22. *Smirnov A.V., Levashova T.V., Pashkin M.P.* Modeli kontekstno-upravlyaemykh sistem podderzhki prinyatiya resheniy v dinamicheskikh strukturirovannykh oblastiakh // Trudy SPIIRAN. 2009. Vol. 9. P. 116-147.
23. *Fridman A.Ya.* Situatsionnoe upravlenie strukturoy promyshlenno-prirodnykh sistem. Metody i modeli. Saarbrucken, Germany: LAMBERT Academic Publishing. 2015. 530 p.
24. *Tsygichko V.N.* Prognozirovanie sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov / Predisl. D. M. Gvishiani. Izd. 3-e. pererab. i dop. M.: Knizhnyy dom «LIBERKOM». 2009. 240 p.
25. *Tsygichko V.N., Chereshkin D.S.* Upravlenie krizisnymi situatsiyami // Globus: Tekhnicheskies nauki. 2020. № 2 (33). P. 4-6.
26. *Tsygichko V.N., Chereshkin D.S.* Upravlenie riskami krizisnykh situatsiy v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh // Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiyskoy akademii nauk. 2020. T. 70. № 2. P. 64-70.
27. *Tsygichko V.N., Chereshkin D.S., Smolyan G.L.* Upravlenie riskami v organizatsionnykh sistemakh. M.: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. 2018. 112 p.
28. *Chereshkin D.S.* Povyshenie kachestva upravleniya v krizisnoy situatsii v sotsial'no-ekonomicheskoy sisteme // Evraziyskiy Soyuz Uchenykh. 2020. №5(74). P. 53-57.
29. *Shpagovskiy Yu.G.* Chrezvychaynye situatsii kak ob'ekt pravovogo regulirovaniya // Problemy bezopasnosti v ChS. 2004. № 1. P. 85-93.
30. *Shul'ts V.L., Kul'ba V.V., Shelkov A.B., Chernov I.V.* Upravlenie regional'noy bezopasnost'yu na osnove stsennarnogo podkhoda. M.: IPU RAN, 2014. 163 p.
31. *Shumov V.V.* Gosudarstvennaya i obshchestvennaya bezopasnost': Modelirovanie i prognozirovanie. M.: LENAND. 2016. 144 p.
32. *Yamalov I.U.* Modelirovanie protsessov upravleniya i prinyatiya resheniy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. 2007. 288 p.
33. *Boukhanovsky A.V., Krzhizhanovskaya V.V., Bubak M.* Urgent computing for decision support in critical situations // Future Generation Computer Systems. 2018. Vol. 79. P. 111-113.
34. *Ignatyev M.* Linguo-combinatorial simulation of complex systems // Journal of Mathematics and System Science. 2012. Vol. 2, No. 1. P. 58-66.
35. *Krouglov A.* Mathematical models of economic growth and crises (mathematics research developments). Nova Science Publishers Inc. 2017. 226 p.
36. *Mescherin S., Kirillov I., Klimenko S.* Ontology of emergency shared situation awareness and crisis interoperability // Proceedings of Cyberworlds 2013 Intl. conference. 2013. Vol. 1. P. 159-162.
37. *Lin Zh.* Organizational performance under critical situations – exploring the role of computer modeling in crisis case analyses // Computational and Mathematical Organization Theory. 2000. No. 6(3). P. 277-310.

38. *Sauvagnargues S.* Decision-making in crisis situations: research and innovation for optimal training. Wiley-ISTE. 2018. 218 p.
39. *van de Walle B., Turoff M.* Decision support for emergency situations // International handbook on decision support systems 2. Springer, Berlin, Heidelberg. 2008. P 39-63.

Masloboev A.V. Doctor of Technical Sciences. Associate Professor. Leading Researcher of Federal Research Center “Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences” (KSC RAS) Apatity. Russia. He graduated from the Petrozavodsk State University in 2006. Number of publications: more than 200 (including 1 monograph). Research interests: system analysis, modeling of socio-economic systems, situational control, theory of system security, multi-agent systems. E-mail: masloboev@iimm.ru