

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS

УДК 004.94, 004.89, 338.24

DOI 10.21685/2307-4205-2018-4-17

В. В. Быстров, А. В. Маслобоев

ТЕХНОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА УПРАВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯМИ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ УГРОЗАМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ¹

V. V. Bystrov, A. V. Masloboev

**PROJECT MANAGEMENT LIFE-CYCLE INFORMATION SUPPORT
TECHNOLOGY OF THREAT RESISTANCE IN THE FIELD
OF SOCIO-ECONOMIC SECURITY**

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой методов и средств информационной поддержки управления региональной безопасностью. Для обеспечения устойчивого развития региона разработана технология информационной поддержки жизненного цикла управления мероприятиями по противодействию угрозам социально-экономической безопасности. Особенностью технологии является интеграция в ней принципов теории управления сложными системами и проектного менеджмента. В рамках работы для структурирования данных и знаний о предметной области осуществляется формирование многоуровневой концептуальной модели. Она позволяет определить основные объекты и отношения между ними для задач обеспечения социально-экономической безопасности региона. На основе концептуальной модели строится соответствующая прикладная онтология, позволяющая организовать автоматизированный переход от формальных описаний к элементам имитационных моделей. Одной из частей разрабатываемой технологии является полимодельный комплекс социально-экономической безопасности, для создания которого применялись агентные

Abstract. The article discusses issues related to the development of methods and means of information support of regional security management. To ensure the sustainable development of the region, a technology for information support of the life cycle of management activities to counter threats to socio-economic security has been developed. Features of the technology are the integration of the principles of the theory of management of complex systems and project management. As part of the work for structuring data and knowledge about the subject area, a multi-level conceptual model is being formed. It allows to determine the main objects and relations between them for the tasks of ensuring the socio-economic security of the region. On the basis of the conceptual model, the corresponding applied ontology is built, which allows to organize an automated transition from formal descriptions to elements of simulation models. One of the parts of the developed technology is a multi-model complex of socio-economic security, for the creation of which agent technologies, system dynamics and discrete-event modeling were used. The technology allows to generate simulation models to study the possible negative effect of the implementation of projects on the state of socio-economic

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – грант 18-07-00167-а.

технологии, метод системной динамики и дискретно-событийное моделирование. Технология позволяет генерировать имитационные модели для исследования возможного негативного эффекта от реализации проектов на состояние социально-экономической безопасности и на основе результатов имитации формировать аналитическую информацию для разработки комплекса мер по противодействию выявленным угрозам.

Ключевые слова: информационная технология, концептуальное моделирование, имитационное моделирование, прикладная онтология, жизненный цикл проекта, управление проектами, социально-экономическая безопасность.

security and on the basis of simulation results to form analytical information for the development of a set of measures to counter the identified threats.

Key words: information technology, conceptual modeling, simulation, applied ontology, project life cycle, project management, socio-economic security.

Введение

Принятие обоснованных решений в области обеспечения региональной безопасности в целом является сложной и трудоемкой задачей. В настоящее время решение подобного рода задач сопровождается использованием методов обработки разнородной многомерной информации, построения прогнозов для различных сценариев развития региона, а также привлечением экспертов из разных областей знаний. В связи с этим разрабатываются разнообразные информационные технологии и системы поддержки принятия решений в сфере региональной безопасности, ориентированные на снижение сложности и ресурсопотребления задач управления, а также на повышение качества принимаемых решений. В последние десятилетия данное направление исследований продолжает активно развиваться и по-прежнему остается актуальным и востребованным.

Одним из вариантов создания информационных технологий и средств поддержки принятия решений в сфере управления региональной безопасностью является использование имитационного моделирования. Комплексы разнообразных имитационных моделей применяются для прогнозирования возможных вариантов развития ситуации в регионе в зависимости от установленных сценарных условий. Полученные прогнозы являются аналитической информацией, предназначенной для последующего анализа и выработки рекомендаций для принятия обоснованных решений.

Успешное внедрение современных информационных систем и технологий, высокая степень автоматизации процессов принятия управленческих решений предоставляют новые возможности для повышения эффективности процессов управления безопасностью сложных социально-экономических объектов, к которым относятся региональные системы.

Современные средства информационной поддержки управления безопасностью социально-экономических систем зачастую оказываются функционально ограниченными и не всегда обеспечивают субъектов управления полной и аналитически обоснованной информацией о состоянии развития этих систем для принятия эффективных управленческих решений, особенно в условиях кризисных ситуаций в социально-экономической сфере. Очевидно, что устранение этих противоречий на практике представляет собой достаточно важную задачу и, в свою очередь, требует разработки единой и конструктивной теории, позволяющей с общих методологических позиций оценивать существующее положение дел в области управления безопасностью региональных социально-экономических систем (далее – региональной безопасностью). Трудностей добавляет отсутствие общей формализованной постановки проблемы управления региональной безопасностью и формального аппарата для системного решения этой проблемы. Эти ключевые факторы в совокупности обуславливают необходимость проработки широкого круга вопросов, связанных с моделированием данной предметной области и с автоматизацией синтеза гибких систем управления региональной безопасностью.

Работа посвящена развитию теоретических основ системного анализа, моделирования и автоматизации процессов управления региональной безопасностью. Исследованы системные связи, закономерности и тенденции, определяющие безопасность развития региональных социально-экономических систем.

Концепция информационной технологии

Термин «региональная безопасность» определяется авторами как состояние защищенности региональной системы, при котором действие внешних (глобальных) и внутренних (локальных) факторов не приводит к ухудшению или к невозможности ее функционирования и развития.

В работе основное внимание уделяется не всей региональной безопасности, а лишь одним из ее составляющих. Авторы решили сосредоточиться на разработке технологий и средств информационной поддержки для социально-экономической безопасности. Это решение обусловлено следующими факторами:

1) региональные социально-экономические системы все еще остаются сложными слабоформализованными структурными образованиями, несмотря на то, что их изучением занимаются целые отдельные научные направления, представленные множеством исследователей и ведущих научных школ. Наличие такого большого разнообразия взглядов и подходов на управление подобного рода системами лишь доказывает, что на данный момент не существует единой унифицированной точки зрения на то, как именно нужно рационально управлять ими;

2) современное развитие информационных технологий позволяет применять их для решения сложных слабоструктурированных задач, для которых характерны необходимость обработки больших объемов данных, работа с коллективными экспертными знаниями, учет разных видов неопределенности и др. Одним из перспективных направлений в развитии информационных средств, сосредоточенных на решение подобных проблем, является разработка систем поддержки принятия решений. Такого рода системы уже активно применяются для информационной поддержки задач управления разнообразными социальными и экономическими системами;

3) применение имитационного моделирования для исследования сложных динамических систем является одним из бурно развивающихся научных и прикладных направлений. В последнее время имитационное моделирование приобретает все большую практическую ценность в сфере управления экономическими и техническими системами. Этот тренд обусловлен появлением мощных средств компьютерного моделирования, позволяющих в относительно сжатые сроки провести вычислительные эксперименты и спрогнозировать возможные варианты развития ситуации с объектом исследования.

Таким образом, вышеперечисленные факторы позволяют утверждать, что разработка технологии информационной поддержки жизненного цикла управления мероприятиями по противодействию угрозам социально-экономической безопасности является актуальной задачей и может быть решена с помощью применения имитационного моделирования и методов, положенных в основу организации систем поддержки принятия решений.

На рис. 1 приведена совокупность стадий разрабатываемой технологии информационной поддержки жизненного цикла управления мероприятиями по противодействию угрозам социально-экономической безопасности.



Рис. 1. Концепция разрабатываемой информационной технологии: OWL – Ontology Web Language

Как показано на рис. 1, информационная технология включает пять основных стадий:

- сбор и обработка информации;
- формирование многоуровневой концептуальной модели;
- создание прикладной онтологии;
- разработка комплекса имитационных моделей;
- выработка рекомендаций лицу, принимающему решения (ЛПР).

Более подробное описание каждой из выделенных стадий приведено ниже в последующих разделах статьи. Стоит отметить, что на данном этапе исследования переход между разными стадиями разрабатываемой технологии осуществляется в «ручном» режиме с использованием некоторых методов и технологий ранее предложенных сотрудниками Института информатики и математического моделирования КНЦ РАН. В будущем планируется автоматизировать процедуры перехода между стадиями технологии за счет реализации ее в виде компонентов системы поддержки принятия решения в области управления мероприятиями по противодействию угрозам социально-экономической безопасности региона.

Особенностью предлагаемой информационной технологии является рассмотрение всех процессов, протекающих в социально-экономических системах региона, с точки зрения проектного подхода. Предлагается к каждому мероприятию, планируемому и реализуемому в рамках решения тех или иных задач управления, относится как к совокупности проектов. При этом разрабатывать управляющие воздействия для управления ходом реализации мероприятия на основе методов управления жизненным циклом проекта. Такой подход возможен, так как любое мероприятие, ориентированное на ликвидацию или минимизацию негативных последствий от потенциальных угроз региональной безопасности, обладает характерными признаками проекта – нацеленностью на определенный результат, конечностью продолжительности выполнения и необходимостью создания специальной организационной структуры управления.

Сбор и анализ информации

Основной задачей стадии «Сбора и анализа информации» предлагаемой информационной технологии является формирование полного набора данных об объектах и субъектах управления, о процессах, протекающих в социально-экономических системах региона, их параметрах функционирования, о потенциальных угрозах, об их вызывающих факторах и многое другое. Данная информация необходима для последующего формирования формальной концептуальной модели предметной области (КМПО), а также прикладной онтологии региональной безопасности. Кроме этого, информация о текущих и планируемых показателях социально-экономического развития региона используется для настройки имитационных моделей и анализа результатов симуляции, а также для последующих процедур выработки рекомендаций для ЛПР.

На рис. 2 схематично представлены основные источники, типы и последовательность движения информации, которые предлагается использовать в разрабатываемой информационной технологии. В качестве региона, на котором проводилась апробация предлагаемых решений и подходов в исследовании, была взята Мурманская область. В связи с этим в исследовании были проанализированы официальные документы, содержащие стратегии и программы социально-экономического развития отдельных муниципалитетов и области [1, 2], а также индикаторные системы оценки эффективности их реализации. Для формирования системы показателей, которые отражают состояние социально-экономической безопасности региона, также были рассмотрены индикаторная система, применяемая для сбора официальной статистики в РФ [3], и системы показателей регионального развития, предложенные другими исследователями [4, 5].

Для получения практической ценности стадию «Сбор и анализ информации» предлагаемой технологии необходимо реализовать в виде полноценной системы мониторинга, которая может представлять собой отдельный программный комплекс или программный компонент системы поддержки принятия решений в сфере обеспечения региональной безопасности. Вопрос рассмотрения конкретных деталей разработки подобных программных средств находится за рамками данной статьи. Отметим лишь то, что в основу информационных средств мониторинга состояния социально-экономической безопасности может быть положена мультиагентная архитектура, предложенная ранее и представленная в работе [6].



Рис. 2. Сбор и анализ информации

Концептуальное моделирование

В работе социально-экономическая безопасность рассматривается как совокупность двух составляющих региональной безопасности. В свою очередь, для полноты формального описания имеет смысл определить региональную безопасность как множество составляющих ее компонент, каждый из которых описывает определенный аспект безопасности: $RS = \{C_i^{RS}\}$, где $i = \overline{1, N}$, N – количество составляющих региональной безопасности.

В текущем исследовании региональная безопасность рассматривается как система, включающая в себя две основных компоненты

$$RS = \langle Econ, Soc \rangle, \quad (1)$$

где $Econ$ – экономическая безопасность; Soc – социальная безопасность.

С точки зрения будущего применения концептуальной модели для оценивания состояния социально-экономической безопасности каждый компонент региональной безопасности может быть представлен в виде набора определенных параметров:

$$\begin{aligned} C_i^{RS} &= \overline{P_i}, \\ \overline{P_i} &= \{p_{i,j}\}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, K_i} \end{aligned} \quad (2)$$

где N – количество компонентов региональной безопасности; K_i – количество параметров i -го компонента региональной безопасности.

В работе используется матричный подход к формированию оценки состояния социально-экономической безопасности. Мера оценки социально-экономической безопасности представляет собой матрицу региональной безопасности, которая формируется на основе разработанной в Институте информатики и математического моделирования КНЦ РАН оригинальной системы индикаторов безопасности. Индикаторная система включает в себя как частные, так и агрегированные показатели для каждой составляющей безопасности [7]. Введение подобной матрицы позволяет разработать формальные процедуры сравнения различных сценариев развития социально-экономических систем региона:

$$M_{RS} = \{m_{ij}\}, \text{ где } m_{ij} = p_{ij}, \quad (4)$$

$$i = \overline{1, N}, j = \overline{1, K}, K = \max_i(K_i), \quad (5)$$

где M_{RS} – матрица безопасности, p_{ij} – j -й показатель i -го компонента региональной безопасности; N – количество компонентов региональной безопасности, участвующих в рассмотрении; K_i и K – количество показателей i -го компонента и наибольшее количество показателей в строке матрицы региональной безопасности соответственно.

В работе делается следующее допущение, что состояние региональной безопасности считается безопасным по каждому показателю, если значение этого показателя находится в пределах интервала допустимых значений:

$$\min_{ij} \leq m_{ij} \leq \max_{ij} . \quad (6)$$

Предельно допустимые нижние $\min_{ij}$ и верхние $\max_{ij}$ значения каждого параметра региональной безопасности определяется из регламентирующей документации, а при ее отсутствии – с помощью экспертных оценок. Таким образом, в матричном виде условие нахождения региона в безопасном состоянии представлено следующим образом:

$$M_{\min} \leq M_{RS} \leq M_{\max} . \quad (7)$$

Таким образом, матричное условие (7) может быть использовано для определения состояний региональной безопасности, при которых появляются проблемы (угрозы), требующие принятия определенных мер, направленных на их устранение или снижение негативных последствий.

Особенностью разрабатываемой концептуальной модели является включение в ее состав мероприятий по ликвидации или снижению негативных последствий от угроз для социально-экономического развития региона. Предлагается рассматривать каждое подобное мероприятие как отдельный проект, т.е. использовать в исследовании некоторые принципы из теории управления проектами.

Проект в сфере обеспечения региональной безопасности – комплекс антикризисных мероприятий, проводимых субъектами регионального управления и заинтересованными лицами с целью получения определенных результатов требуемого качества, непосредственно или опосредованно влияющих на состояние социально-экономического развития региона с учетом ограничений на использование различного типа ресурсов (временных, финансовых, кадровых, материальных и др.). Цели определяются на основе анализа принятой стратегии социально-экономического развития региона и текущих проблем регионального развития.

Примерами проектов в сфере экономической безопасности исследуемого региона (Мурманской области) являются формирование эффективных инновационных структур, ориентированных на создание социально значимых объектов на территории Мурманской области, а также сети малых инновационных предприятий и научно-образовательных структур для поддержки устойчивого развития моногородов Севера России. Для обеспечения экологической и транспортной безопасности Северного морского пути такими проектами являются программы мероприятий по снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, связанных с его активной эксплуатацией.

В общем случае мероприятие по противодействию угрозам социально-экономической безопасности региона может являться программой, представляющей собой совокупность отдельных проектов [8, 9]:

$$\text{Prog} = \{Pr_i\}, i = \overline{1, N_{Pr}} ,$$

где N_{Pr} – количество проектов в программе.

В общепринятом представлении проект можно рассматривать как последовательность фаз, которые проходит проект в ходе своего жизненного цикла, и формально может быть представлен в виде следующего кортежа:

$$Pr = \langle LF, G^{Pr}, Type, Rs, Rk, T_{LF} \rangle ,$$

где LF – жизненный цикл проекта; G^{Pr} – целевые установки проекта; $Type$ – тип проекта (инвестиционный, некоммерческий, оперативный, стратегический и др.); Rs – ресурсы, необходимые для реализации проекта; Rk – риски проекта (для социально-экономической безопасности – угрозы); T_{LF} – продолжительность жизненного цикла проекта.

Принимая во внимание информацию о жизненном цикле проекта, представленную в работах [8–11], математически его можно представить в следующем виде:

$$LF = \langle Ph, Lk \rangle, \quad (8)$$

где Ph – множество фаз жизненного цикла, Lk – множество связей между фазами жизненного цикла.

Такая формальная конструкция жизненного цикла проекта соответствует математическим моделям, зарекомендовавшим себя в теории управления проектами [12–14], и позволяет представить его в виде ориентированного взвешенного графа. При такой постановке задачи Ph определяет множество вершин орграфа, а Lk задает множество дуг и их характеристики (направление и веса).

Согласно международному стандарту ISO 21500:2014 по управлению проектами выделяется пять основных фаз проекта: инициализация, планирование, исполнение, управление, завершение. На рис. 3 приводится один из возможных вариантов жизненного цикла проекта. В данном случае в качестве весов дуг используется вероятность перехода из одной фазы проекта в другую. При этом вероятность перехода должна зависеть от результатов выполнения фазы проекта. В свою очередь, на результат реализации определенной фазы проекта влияет текущее и/или прогнозируемое состояние социально-экономической безопасности.

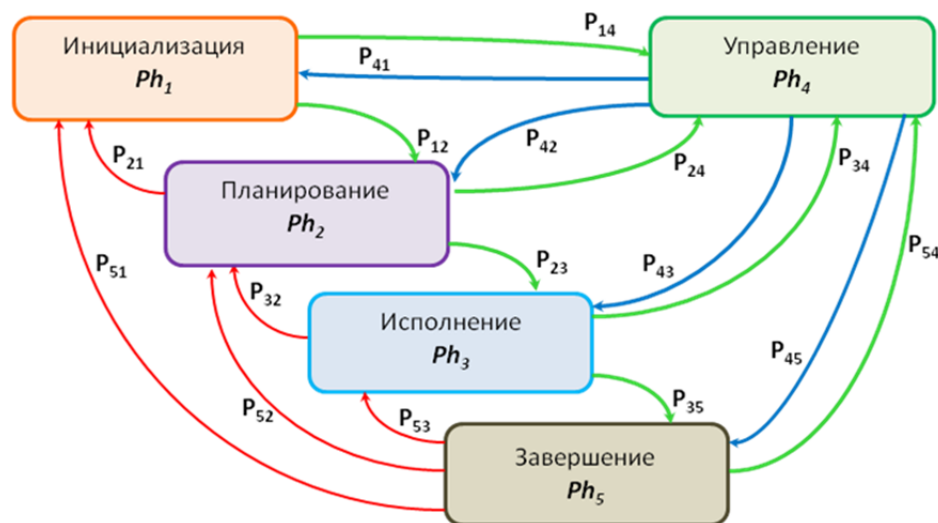


Рис. 3. Пример организации жизненного цикла проекта

Следует отметить, что данная конструкция может усложняться за счет введения дополнительных весов для дуг орграфа. Так, например, можно к весам добавить параметры, характеризующие «стоимость» перехода или временные задержки между фазами. Для решения разнообразных задач на графах, дуги которых имеют несколько весов, можно использовать методы потокового программирования.

В общем случае связь между фазами проекта определяется следующим образом:

$$l_{ij} = \langle Ph_i, Ph_j, \bar{w}_{ij} \rangle, \quad (9)$$

$$\bar{w}_{ij} = \text{func}(Ph_i, M_{RS}),$$

где Ph_i – фаза проекта, из которой осуществляется переход; Ph_j – фаза проекта, в которую осуществляется переход; $\bar{w}_{ij}$ – вектор весовых коэффициентов связи.

При этом вектор весовых коэффициентов связи $\bar{w}_{ij}$ определяется как функциональная зависимость от результатов предыдущей фазы проекта и состояния региональной безопасности, оцененного с помощью матрицы региональной безопасности.

Сетевая модель представления жизненного цикла проекта позволяет формулировать и решать разнообразные задачи управления. Основной задачей управления является первоначальное определение параметров каждой из фаз проекта и последующая коррекция хода выполнения проекта в зависимости от результатов реализации конкретной стадии.

Формальное описание фазы проекта представляется в виде следующего кортежа:

$$Ph_l = \langle Op^l, Gr^l, St^l, G^l, RS^l, T_0^l, T_g^l, T_{LF}^l, Res^l \rangle, \quad (10)$$

где $Op^l = \{o_j^l\}, j=1, \overline{N_{Op}^l}$ – множество операций, которые можно/нужно выполнить на l -й фазе проекта; N_{Op}^l – количество операций на l -й фазе проекта; Gr^l – календарный график выполнения l -й фазы проекта; St^l – множество стейкхолдеров (заинтересованных лиц) на l -ой фазе проекта; G^l – цели и задачи l -й фазы проекта; RS^l – множество ресурсов, требуемых для выполнения l -фазы; T_0^l и T_g^l – начальное и конечное время выполнения l -й фазы проекта; T_{LF}^l – продолжительность l -й фазы проекта; Res^l – результаты выполнения l -й фазы проекта.

Каждая операция описывается на основе процессного подхода за счет выделения основного процесса, исходных материалов и информации, исполнителей, регламентов и процедур выполнения процесса, а так же его предполагаемых результатов. Календарный график реализации фазы проекта предназначен для описания последовательности выполнения определенных операций и может быть также представлен в виде сетевой структуры.

Традиционно в качестве стейкхолдеров рассматривают следующие субъекты: инвестор, заказчик, генконтрактор, руководитель проекта, исполнитель проекта, поставщик, официальный регулятор. При этом предлагается в исследовании использовать математические модели [10, 12–14], которые описывают поведение каждой из заинтересованных сторон в зависимости от их целевых установок и критериев оценки результатов.

Цели и задачи конкретной фазы выполнения проекта определяются в результате декомпозиции цели и задач самого проекта. Для этого можно использовать методы и алгоритмы функционально-целевого подхода исследования сложных систем. В качестве ресурсов могут рассматриваться как материальные, так и нематериальные объекты, которые необходимы для успешной реализации фазы проекта. Можно задать внутреннюю структуру множества ресурсов, выделив в нем отдельные подмножества потребностей и лимитов (ресурсных ограничений).

Согласно основным положениям проектного менеджмента на временные характеристики проекта и его фаз накладываются ограничения:

$$T_0^l \leq t + T_{LF}^l \leq T_g^l \text{ – на время реализации фазы проекта;}$$

$$T_{LF} \geq \sum_{l=1}^L T_{LF}^l \text{ – на соотношение продолжительности проекта и продолжительности его фаз.}$$

В рамках проводимого исследования результаты выполнения фазы проекта должны влиять на состояние социально-экономической безопасности. Для этого предлагается при оценке результатов реализации фазы сразу формировать ее в виде изменения показателей региональной безопасности, то есть каждой фазе проекта будет ставиться в соответствие ΔM_{RS} .

Прикладная онтология региональной безопасности

Для структуризации, формализации и обеспечения возможностей гибкого многократного использования экспертных знаний в распределенных информационных системах в настоящее время широко применяются онтологии, как динамично развивающаяся и перспективная форма представления знаний [15]. Поэтому программная реализация КМПО выполнена в виде прикладной онтологии региональной безопасности, которая предназначена для обеспечения семантической интероперабельности информационно-управляющих систем региональных ситуационных центров в процессе интеграции компонентов этих систем в единую информационную среду региональной безопасности и их совместного использования. Онтология создана средствами языка онтологического моделирования *OWL (Web Ontology Language)* в инструментальной среде разработки онтологий *Protégé*.

Онтология региональной безопасности, построенная на основе разработанной КМПО, используется в качестве базы знаний агентов системы. Онтология задает интеллектуальность программного агента – чем точнее составлена онтология, чем более корректно обозначены связи, тем полнее агент представляет предметную область, для которой он существует. Созданная прикладная онтология региональной безопасности содержит 7 уровней таксономии и включает в себя более 500 классов, более 150 атрибутов, более 30 иерархических отношений, более 40 ассоциативных отношений,

более 30 функциональных ограничений. Онтология имеет достаточную степень детализации, что обеспечивает целостное формальное описание разнородных кризисных ситуаций и связанных с ними задач управления безопасностью на всех этапах жизненного цикла угроз региональной безопасности и на всех уровнях принятия решений (стратегическом, тактическом и оперативном).

Комплекс имитационных моделей региональной безопасности

На основе формальной концептуальной модели социально-экономической безопасности и прикладной онтологии региональной безопасности был разработан полимодельный комплекс. Разработанный комплекс представляет собой совокупность взаимосвязанных компьютерных моделей, каждая из которых описывает одну из составляющих социально-экономической безопасности. Характерной особенностью комплекса является совместное использование агентного моделирования, позволяющего оперировать частными показателями, и метода системной динамики, работающего в основном с агрегированными и макроэкономическими показателями, для получения интегрированных индикаторов, отражающих состояние как региональной безопасности в целом, так и отдельных ее составляющих. Кроме этого для определения поведения некоторых агентов применялись элементы дискретно-событийного моделирования.

Формирование отдельных имитационных моделей осуществлялось двумя способами:

1) в автоматизированном режиме, когда генерация моделей проводилась с помощью ранее предложенных сотрудниками ИИММ КНЦ РАН информационных технологий синтеза имитационных моделей. Например, применялись процедуры автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе концептуальных шаблонов (работы Быстрова В. В.), технологии генерации моделей на основе онтологических описаний (работы Шелех О. В.) и когнитивных карт (работы Халиуллин Д. Н.), а так же программные средства распределенного формирования моделей (работы Олейника А. Г., Лексикова А. Н.);

2) в ручном режиме. Он в основном применялся в тех случаях, когда по разным причинам было затруднено применение выше озвученных технологий и средств.

Разработанный полимодельный комплекс имеет общую структуру, схожую с предложенной формальной концептуальной моделью, т.е. включает в себя два больших блока взаимосвязанных имитационных моделей:

- 1) блок «экономика региона»;
- 2) блок «социальные процессы региона».

В состав каждого из блока моделей входит свой набор имитационных моделей, при этом он представляет собой иерархическую структуру. Рассмотрим данный факт на примере. Так в блоке «экономика региона» задана следующая иерархия моделей: региональная экономика – отрасль экономики – хозяйствующий субъект – мероприятие. Каждая из приведенных сущностей программно реализуется в виде отдельного класса-агента, который обладает своим набором параметров и поведением. Поведение агента задается как с помощью системно-динамических конструкций, так и с помощью диаграмм состояния. Таким образом, получается своеобразная иерархическая структура, в которой один агент является составной частью другого вышестоящего агента. Например, Региональная экономическая система состоит из различных отраслей экономики. Каждая отрасль экономики представлена в виде системы предприятий и организаций, каждый из которых представляется в виде агента типа «хозяйствующий субъект». В тоже время все изменения на предприятии рассматриваются как реализация отдельных мероприятий, которые также являются экземплярами определенного типа агентов.

Такая иерархическая конструкция агентных моделей позволяет достаточно просто масштабировать полимодельный комплекс социально-экономической безопасности региона посредством изменения количества экземпляров соответствующих типов агентов. Приводимая здесь в качестве примера иерархия агентов является не единственной в работе, поскольку данный подход взят как один из основных принципов разработки системы имитационных моделей. Более детальное описание структуры полимодельного комплекса и особенности реализации его отдельных компонентов изложены в работе [7].

В рамках исследования особое внимание уделяется интеграции в разработанный полимодельный комплекс социально-экономической безопасности элементов, позволяющих оперировать терминами теории управления проектами, и проработке практических аспектов.

В соответствии с предложенной формальной концептуальной моделью предметной области каждое мероприятие, направленное на противодействие потенциальным угрозам и опасностям социально-экономической безопасности региона, рассматривается в виде проекта. Проект обладает определенным набором параметров и поведением. Этот факт показывает, что наиболее подходящим подходом к компьютерному моделированию таких сущностей лучше всего подойдет агентное моделирование. Так как проект можно представить как набор взаимосвязанных фаз, управляющих параметров и динамических переменных, что, по сути, и является определением агента (рис. 4).

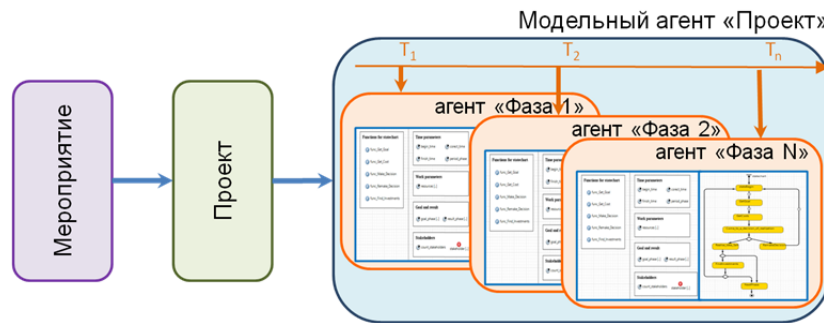


Рис. 4. Представление сущности «Проект» в виде агента

Таким образом, в работе предложен модельный агент типа «Проект». Структура данного агента и набор его основных параметров представлены на рис. 5. В соответствии с проектным менеджментом агент типа «Проект» обладает своим собственным жизненным циклом, который включает в себя пять фаз: инициализация проекта, планирование, реализация проекта, управление, завершение. Параметрами данного агента являются:

- *project_type* – тип проекта, переменная имеющая целочисленное значение. Каждому числовому значению переменной соответствует свой тип проекта (например, 1 – инвестиционный, 2 – некоммерческий, 3- оперативный, 4- стратегический и т.д.);
- *resources_project* – ресурсы проекта, является многомерным массивом, в котором содержатся индексы ресурсов и их количественные характеристики;
- *goal_project* – целевые установки проекта, представляет собой многомерный массив, содержащий в себе индексы целевых показателей проекта и нижнее и верхнее допустимые значения каждого показателя;
- *risks_project* – риски проекта, является также многомерным массивом, содержащим в себе информацию о индексах рисков, степени влияния каждого риска и их другие количественные характеристики;
- *period_project* – продолжительность реализации проекта, является вещественной переменной.

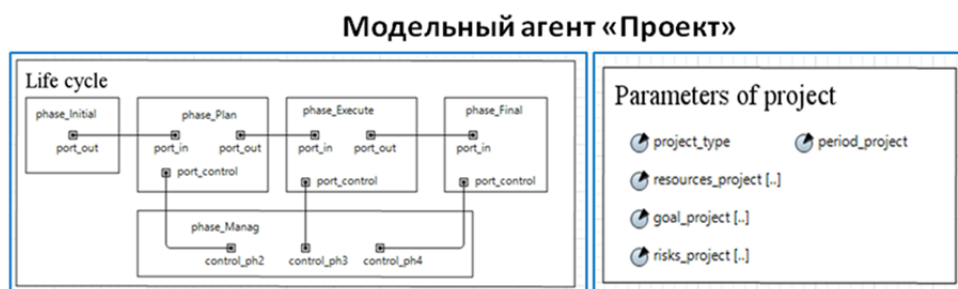


Рис. 5. Реализация агента «Проект» в среде Anylogic

Как уже отмечалось выше, жизненный цикл проекта состоит из отдельных фаз. Каждая фаза обладает характерными чертами для ее представления в виде отдельного модельного агента. Таким образом, особенности программной реализации агента «Проект» можно сформулировать следующим образом:

- жизненный цикл проекта формируется из агентов, имитирующих выполнение отдельных фаз проекта;

– взаимодействие между фазами проекта реализовано с помощью внутреннего объекта среды моделирования Anylogic типа «Port», отвечающего за передачу параметров агентов;
 – необходимость переключения между фазами проекта определяется внутри каждой фазы посредством достижения соответствующего состояния в объекте StateChart.

Первоначально планировалось для программной реализации всех фаз жизненного цикла проекта использовать один класс-агент, в котором определить набор характеристик, однотипных для разных фаз. Но при непосредственной реализации в среде моделирования такой подход оказался трудноосуществимым, так как, несмотря на наличие общих параметров у разных фаз проекта, все же есть значительные отличия в части состава и последовательности операций, выполняемых на каждой стадии. В итоге было принято решение о реализации каждой из пяти фаз в виде отдельных агентов.

В качестве примера на рис. 6 приводится иллюстрация описания агента типа «Фаза инициализации» в среде моделирования Anylogic.

Агент типа «Фаза инициализации проекта» интересен еще тем, что он является ярким примером сочетания в себе трех подходов имитационного моделирования: агентного, системно-динамического и дискретно-событийного. Так, набор параметров и методов инкапсулирован в виде одного класса, являющимся отдельным агентом. Поведение данного агента задается с помощью диаграммы состояния StateChart из дискретно-событийного моделирования. Небольшая системно-динамическая конструкция позволяет отслеживать во времени прогресс выполнения данной стадии.

К параметрам агента типа «Фаза инициализации» относятся:

- *begin_time* – время начала фазы;
- *finish_time* – время завершения фазы;
- *correct_time* – период для изменений в фазе (задержки);
- *period_time* – продолжительность выполнения фазы;
- *resources* – многомерный массив, содержащий информацию о индексах ресурсов и их количественных лимитах;
- *goal_phase* – многомерный массив, содержащий информацию об индексах целевых показателей фазы и их диапазонах допустимых значений;
- *result_phase* – многомерный массив, содержащий информацию о индексах планируемых результатов фазы и их значения;
- *count_stakeholders* – количество заинтересованных лиц, влияющих на фазу;
- *stakeholders* – ансамбль агентов типа «заинтересованное лицо».

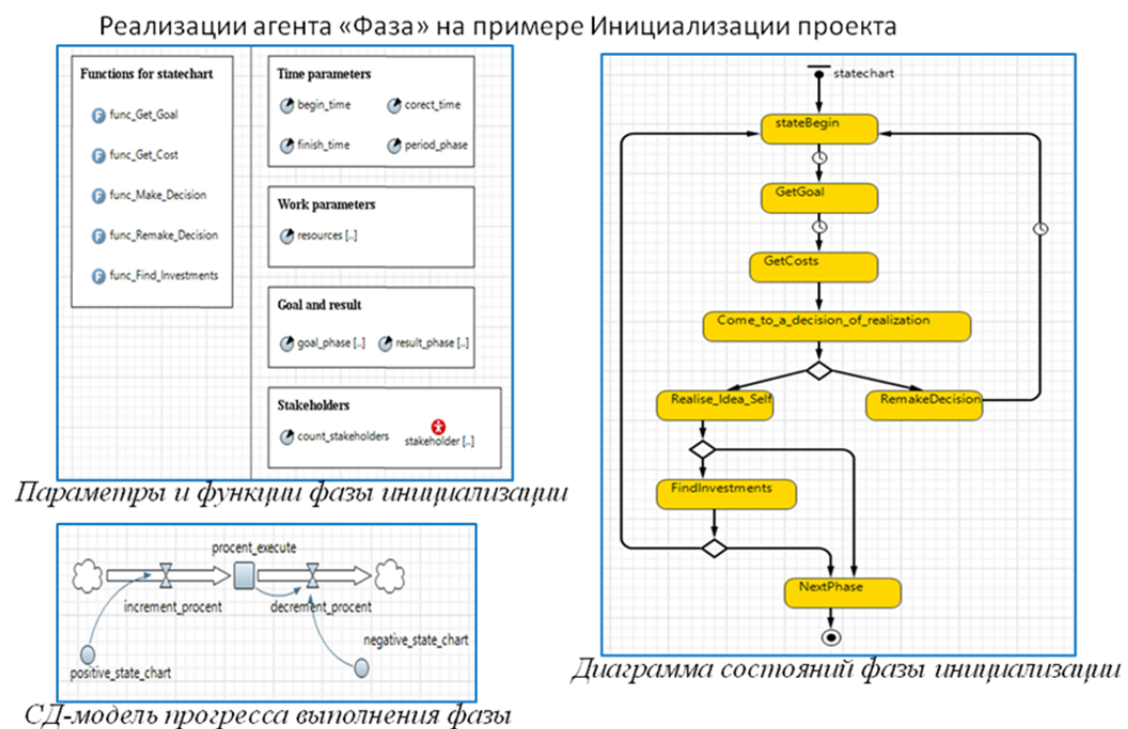


Рис. 6. Реализация агента «Фаза проекта» в среде Anylogic

К основным операциям, которые выполняются в ходе фазы инициализации и представленные на диаграмме состояний, были отнесены:

- *stateBegin* – начало фазы;
- *GetGoal* – получение целевых установок для данной фазы проекта;
- *GetCosts* – расчет затрат на реализацию проекта;
- *Come_to_a_decision_of_realization* – принятие решения о реализации проекта;
- *Realise_Idea_Self* – реализация проекта собственными силами;
- *Remake_Decision* – повторное рассмотрение идеи проекта (возврат на начальный этап);
- *Find_Investments* – поиски инвестиций;
- *Next_Phase* – переход на следующую фазу.

Стоит отметить, что каждое состояние на разработанной диаграмме состояний фазы программно связано с соответствующей функцией, написанной на языке Java и реализующей определенный алгоритм выполнения операции на данной стадии. Так, например, состояние «GetCosts» программно связана с функцией *func_Get_Cost()*, которая вычисляет стоимостные характеристики проекта. При этом данная функция через динамические переменные *positive_state_chart* и *negative_state_chart* влияет на системно-динамический компонент агента.

На практике при моделировании крупной региональной социально-экономической системы с ростом числа агентов в полимодельном комплексе возникают проблемы, связанные с вычислительной мощностью аппаратных средств. Для решения такого рода трудностей можно использовать средства распределенного моделирования, построенных на основе grid-архитектуры или в виде многоагентных систем.

Выработка рекомендаций

В текущем состоянии исследования стадия выработки рекомендаций разрабатываемой информационной технологии носит больше концептуальный характер. К большому сожалению, пока еще не удалось автоматизировать в достаточной степени процедуры формирования рекомендаций на основе анализа результатов имитационного моделирования и сравнения их со статистическими данными и мнениями экспертов различных предметных областей.

На данный момент предложено схема общего представления о ходе выработки рекомендаций для ЛПР (рис. 7). Предлагается использовать зарекомендовавший себя на практике сценарный подход к исследованию сложных систем. Путем задания значений управляющих параметров комплекса имитационных моделей определяется сценарная ситуация. Проводится вычислительный эксперимент посредством симуляции компьютерных моделей с получением на выходе результатов моделирования. Результаты моделирования обрабатываются, и на их основе происходит расчет показателей социально-экономической безопасности региона, сведенных в единую матрицу региональной безопасности. На основе значений, содержащихся в матрице региональной безопасности, делаются выводы о состоянии социально-экономической безопасности в заданных сценарных условиях. Кроме этого, на основе результатов моделирования можно делать выводы о появлении разнообразных угроз социально-экономического характера для безопасности региона.

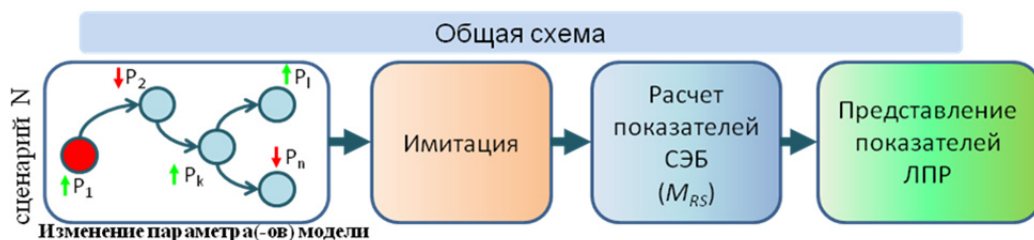


Рис. 7. Схематичное представление процесса формирования рекомендаций:
СЭБ – социально-экономическая безопасность; ЛПР – лицо, принимающее решение

Для демонстрации работоспособности разрабатываемой технологии информационной поддержки управления социально-экономической безопасностью решалась частная задача, непосредственно связанная с социально-экономической безопасностью. Но в качестве объекта исследования

был взят менее крупный объект, чем целый регион – монопрофильное муниципальное образование г. Кировск Мурманской области. Исследуемая задача – способы диверсификации экономики моногорода. Существуют различные подходы к развитию экономического разнообразия в городе, но в рамках данного исследования были рассмотрены три сценария проведения такой политики муниципальной власти:

- 1) развитие и поддержка малого бизнеса;
- 2) развитие туристического кластера;
- 3) развитие горно-химического кластера.

Для каждого из выделенных сценариев были определен набор проектов и их параметров, а также значения управляющих параметров, задающих определенные сценарные условия. В качестве оценки успешности проведения политики диверсификации был выбран один из общепринятых показателей, а именно интегральный коэффициент диверсификации экономики. Коэффициент диверсификации экономики моногорода вычислялся по следующей формуле:

$$K_{дэ} = 1 - \frac{100}{\sum_{i=1}^n \text{ДОЛ}_{ВЭД_i} \cdot (2N_i - 1)}, \quad (11)$$

где $\text{ДОЛ}_{ВЭД_i}$ – доля вклада i -го вида экономической деятельности (ВЭД) в прибыль экономики города; N_i – место i -го вида экономической деятельности в ранжированном списке по возрастанию вклада i -го ВЭД в общую прибыль города; n – количество видов экономической деятельности.

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что большую эффективность (исходя из анализа коэффициента диверсификации экономики моногорода) в рамках существующих планов и программ социально-экономического развития г. Кировска даст реализация проектов, связанных с созданием и совершенствованием туристического кластера.

Заключение

Разработанная информационная технология поддержки управления социально-экономической безопасностью включает в себя формализованные модели предметной области, комплекс имитационных моделей и программные средства. Формальное описание исследуемой задачи представлено в виде концептуальной модели, обладающей многоуровневой структурой и отражающей специфику задач управления мероприятиями, оказывающими воздействие на состояние региональной безопасности. За счет структуризации терминологического базиса и выделения отношений между понятиями предложенная концептуальная модель обеспечивает возможность автоматизированного перехода от формальных конструкций к онтологическим описаниям и последующей генерации имитационных моделей.

Генерация комплекса имитационных моделей осуществляется за счет процедур формирования модели из совокупности разработанных типовых модельных шаблонов, обладающих фиксированной структурой и набором параметров, и описывающих процессы, характерные для задач управления мероприятиями в сфере региональной безопасности. Каждый модельный шаблон реализован в инструментальной среде Anylogic 7.0 в результате применения метода системной динамики и/или агентного моделирования. Для формирования единого полимодельного комплекса разработаны программные средства, реализующие оригинальные процедуры автоматизированного синтеза имитационных моделей из набора типовых шаблонов на основе концептуальной модели обеспечения региональной безопасности.

Практическая ценность разработанной технологии заключается в предоставлении инструментов для оценки влияния мероприятий, направленных на противодействие угрозам социально-экономической безопасности, на обстановку в регионе. Так же технология позволяет формировать аналитическую информацию для выработки комплексных решений по управлению параметрами и фазами отдельного мероприятия.

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 создания средств информационно-аналитической поддержки для задач управления и принятия решений в сфере обеспечения региональной безопасности. Эти средства

позволяют ЛПР получать в автоматизированном режиме агрегированную аналитическую информацию о возможных последствиях реализации того или иного регионального проекта еще на стадии планирования, а также оценивать и принимать решения в фазе оперативного управления проектом.

Библиографический список

1. Официальный сайт Министерства социального развития Мурманской области. – URL: <http://minsoc.gov-murman.ru/documents/>
2. Официальный сайт Министерства экономического развития Мурманской области. – URL: <http://minec.gov-murman.ru/activities/>
3. Официальный сайт федеральной службы государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru/>
4. Калина, А. В. Формирование Пороговых значений индикативных показателей экономической безопасности России и ее регионов / А. В. Калина, И. П. Савельева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Экономика и менеджмент. – 2014. – Т. 8, № 4. – С. 15–24.
5. Новикова, И. В. Индикаторы экономической безопасности региона / И. В. Новикова, Н. И. Красников // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 330. – С. 132–138.
6. Маслобоев, А. В. Система поддержки принятия решений в условиях региональных кризисных ситуаций / А. В. Маслобоев // Информационные ресурсы России. – 2017. – № 4 (158). – С. 25–32.
7. Bystrov, V. V. The Information Technology of Multi-model Forecasting of the Regional Comprehensive Security / V. V. Bystrov, S. N. Malygina, D. N. Khaliullina // Automation Control Theory Perspectives in Intelligent Systems : proceedings of the 5th Computer Science On-line Conference. – N.Y. : Springer, 2016. – Vol 3. – P. 475–482.
8. ГОСТ Р ИСО 21500–2014. Руководство по проектному менеджменту. – М. : Стандартинформ, 2015. – 46 с.
9. Международный Стандарт по Управлению Проектами ISO 21500:2012. – URL: <http://mconlab.com/stati/proekty/27-iso-21500-russkaya-versiya> (01.06.2018).
10. Воропаев, В. И. Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон / В. И. Воропаев, Я. Д. Гельруд // Материалы XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. – М. : ИПУ РАН, 2014. – С. 8278–8289.
11. Воропаев, В. И. Математические модели управления для руководителя и команды управления проектом (часть 1) / В. И. Воропаев, Я. Д. Гельруд // Управление проектами и программами. – М. : Изд. дом Гребенникова, 2014. – Вып. 1 (37). – С. 62–71.
12. Коновальчук, Е. В. Модели и методы оперативного управления проектами / Е. В. Коновальчук, Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2004. – 63 с.
13. Логиновский, О. В. Информационно-аналитическая система управления проектами на базе использования комплекса математических моделей функционирования стейкхолдеров / О. В. Логиновский, Я. Д. Гельруд // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 133–141.
14. Привалов, А. И. Математические модели управления проектами в решении системных проблем экономики / А. И. Привалов // Сегодня и завтра российской экономики. – 2009. – Вып. 26. – С. 43–48.
15. Медников, В. И. Параметры экономической безопасности в товарном рынке (статья) / В. И. Медников, Н. К. Юрков // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 75–79.

References

1. *Ofitsial'nyy sayt Ministerstva sotsial'nogo razvitiya Murmanskoy oblasti* [Official website of the Ministry of social development of the Murmansk region]. Available at: <http://minsoc.gov-murman.ru/documents/>
2. *Ofitsial'nyy sayt Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya Murmanskoy oblasti* [Official website of the Ministry of economic development of the Murmansk region]. Available at: <http://minec.gov-murman.ru/activities/>
3. *Ofitsial'nyy sayt federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistki* [Official website of the Federal state statistics service]. Available at: <http://www.gks.ru/>
4. Kalina A. V., Sav'el'eva I. P. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika i menedzhment* [Bulletin of South Ural state University. Ser.: Economics & management]. 2014, vol. 8, no. 4, pp. 15–24.
5. Novikova I. V., Krasnikov N. I. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Tomsk state University]. 2010, no. 330, pp. 132–138.
6. Masloboev A. V. *Informatsionnye resursy Rossii* [Information resources of Russia]. 2017, no. 4 (158), pp. 25–32.
7. Bystrov V. V., Malygina S. N., Khaliullina D. N. *Automation Control Theory Perspectives in Intelligent Systems. Proceedings of the 5th Computer Science On-line Conference*. New York: Springer, 2016, vol 3, pp. 475–482.
8. GOST R ISO 21500–2014. *Rukovodstvo po proektnomu menedzhmentu* [Project management manual]. Moscow: Standartinform, 2015, 46 p.
9. *Mezhdunarodnyy Standart po Upravleniyu Proektami ISO 21500:2012* [International Standard for Project Management]. Available at: <http://mconlab.com/stati/proekty/27-iso-21500-russkaya-versiya> (01.06.2018).

10. Voropaev V. I., Gel'rud Ya. D. *Materialy XII Vserossiyskogo soveshchaniya po problemam upravleniya VSPU-2014* [Proceedings of the XII all-Russian meeting on VSPU-2014 management]. Moscow: IPU RAN, 2014, pp. 8278–8289.
11. Voropaev V. I., Gel'rud Ya. D. *Upravlenie proektami i programmami* [Project & program management]. Moscow: Izd. dom Grebennikova, 2014, no. 1 (37), pp. 62–71.
12. Konoval'chuk E. V., Novikov D. A. *Modeli i metody operativnogo upravleniya proektami* [Models and methods of operational project management]. Moscow: IPU RAN, 2004, 63 p.
13. Loginovskiy O. V., Gel'rud Ya. D. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika* [Bulletin of South Ural state University. Computer technology, control, radio electronics]. 2015, vol. 15, no. 3, pp. 133–141.
14. Privalov A. I. *Segodnya i zavtra rossiyskoy ekonomiki* [Today and tomorrow of the Russian economy]. 2009, vol. 26, pp. 43–48.
15. Mednikov V. I., Yurkov N. K. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo* [Proceedings of The international Symposium Reliability and quality]. 2015, vol. 1, pp. 75–79.

Быстров Виталий Викторович

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт информатики
и математического моделирования
Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр
Российской академии наук»
(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты,
ул. Ферсмана, 24А)
E-mail: bystrov@iimm.ru

Маслобоев Андрей Владимирович

доктор технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник,
Институт информатики
и математического моделирования
Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр
Российской академии наук»
(184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты,
ул. Ферсмана, 24А)
E-mail: masloboev@iimm.ru.

Bystrov Vitaliy Viktorovich

candidate of technical sciences, senior researcher,
Institute for Informatics and Mathematical Modeling
of the Federal Research Centre "Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences"
(184209, 24A Fersman street, Apatity,
Murmansk region, Russia)

Masloboev Andrey Vladimirovich

doctor of technical sciences, associate professor,
leading research,
Institute for Informatics and Mathematical Modeling
of the Federal Research Centre "Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences"
(184209, 24A Fersman street, Apatity,
Murmansk region, Russia)

УДК 004.94, 004.89, 338.24

Быстров, В. В.

Технология информационной поддержки жизненного цикла управления мероприятиями по противодействию угрозам социально-экономической безопасности / В. В. Быстров, А. В. Маслобоев // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 4 (24). – С. 150–164. – DOI 10.21685/2307-4205-2018-4-17.