



Проектирование интеллектуальной системы управления безопасностью территорий

© 2024, В.В. Ничепорчук^{1,2}, У.С. Постникова³, О.В. Тасейко^{2,3}✉

¹ Институт вычислительного моделирования СО РАН (ИВМ СО РАН), Красноярск, Россия

² Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, (СибГУ) Красноярск, Россия

³ Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий (ФИЦ ИВТ), Красноярск, Россия

Аннотация

Представлен концептуальный этап проектирования интеллектуальной системы управления безопасностью территорий. Показаны проблемы информационной поддержки управления, связанные с необходимостью обработки большого объёма неформализованных данных, их низкой достоверностью, описания объектов и процессов не имеют конструктивного характера. Слабо алгоритмированы процессы согласования и принятия решений, отсутствуют механизмы обратной связи, отражающие качество решений. В качестве альтернативы в статье предлагается использование интеллектуальных технологий, изменяющих процессы сбора, обработки и использования данных. Представлено онтологическое описание модели многоуровневого управления, формализующей основные задачи обеспечения природно-техногенной безопасности территорий. Выделены уровни и объекты управления, показано их информационное обеспечение. В основу модели положены оценки территориальных рисков, представляющие свёртку показателей комплексного мониторинга. Новизна подхода заключается в возможности обоснования видов и объёмов мероприятий с величиной рисков, а также увязки результатов управления с необходимыми ресурсами. Модель является основой проекта интеллектуальной системы. С использованием методов объектно-ориентированного программирования показан переход от онтологического описания к структурно-функциональному проектированию. Представление элементов онтологии в виде множеств позволяет строить многомерные аналитические модели, раскрывающие способы решения задач управления в конкретных условиях. Это позволяет обосновать состав информации и требования к её качеству для каждого уровня иерархии территориального управления. Приведены примеры решения задач обеспечения территориальной безопасности в соответствии с предложенной классификацией. Модель может использоваться в качестве научной основы программ цифровизации управления, реализуемых в субъектах Российской Федерации.

Ключевые слова: система управления, оценка рисков, безопасность, онтология, структурно-функциональное проектирование.

Цитирование: Ничепорчук В.В., Постникова У.С., Тасейко О.В. Проектирование интеллектуальной системы управления безопасностью территорий // Онтология проектирования. 2024. Т.14, №1(51). С.42-54. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-1-42-54.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В стратегии национальной безопасности и законодательстве в области долгосрочного планирования сформулированы базовые цели, в т.ч. обеспечение природно-техногенной безопасности, снижение рисков жизнедеятельности [1, 2]. Для достижения этих целей необходимо принятие обоснованных решений на всех уровнях иерархии территориального управления. Актуальна задача совершенствования механизмов управления, включающих анализ значительного объёма данных. Формирование решений на основе результатов машинной об-

работки необходимо выполнять в рамках ресурсных ограничений, резких изменений внешних условий, учёта социальных процессов, происходящих в обществе.

В сфере информационной поддержки управления территориями сложилась противоречивая картина. С одной стороны, собираются большие объёмы данных, повышается оперативность передачи их доведения до лиц, принимающих решения (ЛПР). С другой, компьютеризация не привела к снижению неопределённости при решении многофакторных задач управления. Значительный объём информации слабо формализован, что затрудняет применение аналитических методов и вычислительных технологий в процессах формирования решений. ЛПР используют комплексные показатели, обобщающие разнородные данные с использованием экспертных оценок. Результаты исследований, посвящённых систематизации данных, повышению их достоверности и качества не закреплены в нормативных документах [3].

Процессы подготовки управленческих решений по обеспечению безопасности регламентированы нормативными и методическими документами. Их формализация в виде бизнес-процессов необходима не только при построении информационных систем (ИС) поддержки управления, но и для выявления «слабых мест», связанных с неопределённостями принятия решений, дефицитом информации и другими факторами. Задача *оперативного управления* при возникновении опасностей относительно небольшого масштаба (например, дорожно-транспортные происшествия) имеет типовые решения, основанные на минимуме данных. Декомпозиция процессов *подготовки к циклическим чрезвычайным ситуациям (ЧС)* (например, природные пожары, весенние паводки) хорошо описана в литературе и руководящих документах [4]. *Стратегические решения* по снижению рисков, требующие анализа большого объёма информации, представляют собой конечный перечень мероприятий, для которых требуется определить ресурсоёмкость, порядок выполнения и ожидаемый эффект. При дефиците профильных экспертов в области безопасности формирование перечисленных видов решений с использованием интеллектуальных технологий анализа и представления данных позволит повысить эффективность управления территориальной безопасностью [5].

Сложность применения подходов к формированию решений с использованием языковых моделей заключается в трудоёмкости формализации принятых решений, которые необходимы для обучающей выборки. Для фильтрации ошибочных решений требуется разработка критериев качества и эффективности. Использование продукционных экспертных систем (ЭС) позволяет запрограммировать логику формирования решений. Однако в этом случае появляется проблема размерности, поскольку приемлемая детализация решений при расширении области применения ЭС требует большого количества правил, для создания которых необходимо привлекать высококвалифицированных специалистов.

Теоретические основы организации управления, изложенные в работе, необходимы для создания ИС с длительным жизненным циклом, формализации информационной поддержки при решении задач предупреждения и ликвидации ЧС. Показано функционирование иерархии Российской единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) [6], позволяющее обосновать требования к содержанию данных и процессам их обработки, выявить «узкие места» автоматизации управления. Через взаимодействие элементов онтологии описаны особенности информационного обмена для коллективного принятия решений [7]. В модели управления обобщён опыт эксплуатации ИС, она является начальным этапом цифровизации функционирования экстренных служб и ситуационных центров [8]. Показана аналогия задач обеспечения безопасности в других сферах территориального управления: повышения качества жизни, устойчивого развития экономики и др. Сложность решения таких задач заключается в необходимости распределения ресурсов с учётом синергетического воздействия множества разнородных факторов, часть из которых не поддаётся точному измерению [9].

1 Задачи управления безопасностью

В большинстве случаев оценивание территориальных рисков осуществляется на основе данных мониторинга, представляющих статистику событий разного масштаба и генезиса, параметров окружающей среды и функционирования объектов техносферы. Реже используются характеристики объектов и инфраструктуры, сведения о системах защиты с произвольным составом показателей [10]. Такие подходы к использованию данных не снимают неопределённости управления (таблица 1). Например, различия в оценках величин ущербов сильно искажают проводимые оценки рисков. Исследователями предлагаются различные поправочные коэффициенты. Они используются для оценки опасностей территорий, на которых произошли катастрофы федерального масштаба, а также при повреждении или уничтожении застрахованного имущества [11, 12]. Однако единый подход к решению этой проблемы отсутствует.

Таблица 1 – Информационное обеспечение управления

Исходная информация	Результат работы систем	Возможные действия ЛПР
Статистика событий. Показатели, используемые для приведения характеристик O к единой шкале ¹	Оценка рисков	Постановка задачи экспертам
Та же, дополненная детализированными характеристиками территорий	Аналитические модели	Определение мероприятий для выбранных факторов
Та же, дополненная описанием принятых решений	Решения, требующие минимального дополнения	Принятие скорректированных решений после экспертизы

Большинство задач управления решается на муниципальном и региональном уровнях управления [6]. Для оперативного реагирования требуется взаимодействие муниципальных и объектовых звеньев РСЧС. Планирование и реализация предупредительных мероприятий осуществляется совместно на региональном и муниципальном уровнях управления.

Концептуальный уровень описания предметной области представлен в виде онтологии (рисунок 1). Основные элементы онтологии – система управления L и объекты управления O логически связаны через мероприятия A , реализующие принимаемые решения. Система мониторинга M консолидирует характеристики O и их изменения. В результате формируется информационная база для оценивания рисков и формирования знаний. Сплошные стрелки указывают на потоки данных. Связь сущностей таблиц, содержащих характеристики объектов

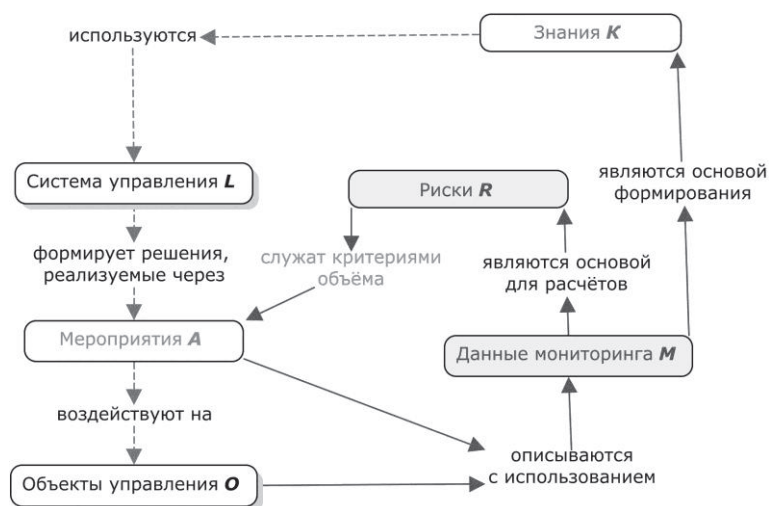


Рисунок 1 – Онтология информационной поддержки задач управления безопасностью территорий

O и мероприятий A , данные мониторинга M и результаты оценки рисков R , реализуется через системообразующие элементы (справочники, реестры). Например, вид ситуации и её локализация позволяют сформировать сценарий реагирования, задействованные ресурсы и ожидае-

¹ Для территориальных рисков используются агрегированные характеристики, включая численность населения, количество опасных объектов, площадь лесных угодий, протяжённость транспортных коммуникаций и т.п.

мые результаты. Пунктирные стрелки показывают использование для связывания данных логических правил «Если..., То...».

Онтология предусматривает использование ситуационного и аналитического моделирования [13]. В $R \rightarrow A$ предусмотрена обратная связь для поиска оптимума функции объём ресурсов / величина рисков. Трансформация данных в знания является самым сложным процессом. Перспективно использование методов семантического моделирования, развиваемых научной школой Л.В. Массель [14]. Применение онтологии к существующей системе управления позволяет выявить противоречия, препятствующие интеллектуализации ИС, функционирующих в органах территориального управления. Основные усилия исследователей и разработчиков направлены на увеличение объёма данных мониторинга $O \rightarrow M$. Цифровыми представлениями $A \rightarrow M$, как правило, пренебрегают. В результате мероприятия A проводятся независимо от результатов оценки рисков R . Отсутствует механизм регулярного пополнения знаний K .

Отличие предлагаемого подхода от существующих заключается в уменьшении объёма данных мониторинга за счёт *отказа от персонифицированных данных*. Актуализация и контроль таких данных занимает значительную часть времени операторов дежурных служб [15]. Согласно приказу МЧС России [16] ключевыми характеристиками безопасности муниципального образования являются контактные данные руководящего состава, необходимые для информирования и оповещения. Системный анализ процессов реагирования на ЧС и стратегического управления безопасностью территорий показал, что решения, реально изменяющие проблемную ситуацию, формируются небольшим числом ЛПР. Для их оповещения достаточно телефонов диспетчерских служб, не требующих актуализации.

Вместе с тем, данные о наличии ресурсов, способности выполнить мероприятия определённого вида актуализируются *с меньшей интенсивностью*. Изменение регламентов и содержания отчётности позволяет сосредоточиться на повышении достоверности данных, востребованных многими ведомствами. Сценарии управления, в которых возникают временные задержки из-за незнания фамилий/телефонов руководителей, не являются катастрофичными, поскольку в экстренных службах, на предприятиях, организациях имеются диспетчерские подразделения.

2 Декомпозиция элементов модели

Следующим этапом проектирования ИС является детализация элементов онтологии. Для этого удобна терминология объектно-ориентированного программирования. Если представить онтологию в виде класса, то элементы составляющих её множеств есть экземпляры класса. Каждый экземпляр реализуется в виде отдельного модуля, с конкретным набором информационных ресурсов и технологий их обработки. Количество экземпляров определяется сочетаниями основных и дополнительных элементов онтологии (таблица 2).

В режиме повседневного управления t_1 на уровне l_3 выполняются профилактические и надзорные мероприятия, запланированные на уровнях l_0-l_2 . Происходит сбор информации m_2 для решения задач управления в режимах t_2-t_4 . Поскольку формирование управляющих воздействий в t_1 минимально, основные усилия специалистов l_0-l_1 сосредоточены на моделировании $M \rightarrow R \rightarrow A$ и трансформации данных $M \rightarrow R \rightarrow K$.

Режим оперативного управления t_2 наиболее полно представлен в различных программных системах [17]. Результаты моделирования опасных ситуаций используются в подавляющем большинстве случаев на уровне l_3 . Задачи управления для масштабных ЧС включают организацию взаимодействия O_3 (уровень l_2) и логистику распределения формирований и ресурсов O_3 (уровень l_1). При этом ликвидация опасных факторов описывается через взаи-

модействии $O_3 \rightarrow O_1$, ликвидация последствий, снижение воздействия опасных факторов и организация мероприятий по защите населения как $O_3 \rightarrow O_2$. В работе [18] предложены критерии масштаба ситуации в зависимости от сложности управления. Действующие нормы [11] оценивают его по размеру потерь, но оставляют неопределёнными зоны ответственности для уровней l_i и акторов управления. Это приводит к необходимости сбора и обработки большого объёма избыточной информации, расходу ресурсов на её обработку (в т.ч. в ИС) без использования в виде оформленных решений.

Таблица 2 – Элементы множеств онтологии

Множество	Элементы	Комментарий
Основные элементы		
Система управления L	региональный уровень управления l_1 ; муниципальный уровень управления l_2	Для базовой версии ИС. Экземпляры уровней l_0 (федеральный) и l_3 (поселение, объект) требуют дополнительного проектирования
Объекты управления O	опасности O_1 ; защищаемые объекты O_2 ; система обеспечения безопасности O_3	В O_1 включены управляемые факторы техногенных и природных опасностей; O_3 – это формирование РСЧС, располагаемые ресурсы
Мероприятия A	разовые a_1 ; периодические a_2 ; поддержка функционирования объектов с длительным жизненным циклом a_3	Полный перечень мероприятий формируется на основе нормативных, методических и отчётных документов
Данные мониторинга M	консолидируемые в автоматическом режиме m_1 ; отчётные, заполняемые вручную m_2	Возможны другие классификации: по источникам данных, форматам, регламенту актуализации и т.д.
Риски R	аварийные r_1 ; перманентные r_2	К r_2 относятся природные и социальные риски с отложенным эффектом
Знания K	приобретённые машинным обучением k_1 ; сформированные инженерами по знаниям и экспертами k_2	В ИС предполагается симбиоз k_1 и k_2
Дополнительные элементы		
Виды управления T	повседневное t_1 ; оперативное t_2 ; стратегическое t_3 ; сезонное (циклическое) t_4	Для каждого t_i рассматривается свой экземпляр онтологии
Виды ситуаций H	Группировка ведомственных перечней рисков в зависимости от t_i, l_j	Детально в проекте ИС рассмотрены базовые риски. Понятие введено в [5]
Показатели P	Данные m_i , описывающие характеристики O, A, R	Полный состав p_j определяет основную часть информационных ресурсов ИС

Основной целью проектируемой ИС является поддержка задач стратегического управления t_3 . Если для t_2 основным назначением программных систем является снятие неопределённости в управлении за минимальное время, то в t_3 необходимо согласованное принятие решений несколькими уровнями управления l_i , а также обработка большого объёма информации M . Расчёт рисков R трудоёмок, носит субъективный характер и, как правило, невозпроизводим независимыми группами экспертов. По этой причине для обоснования долгосрочных и дорогостоящих мероприятий A используются приблизительные оценки. Низкое качество отчётности $A \rightarrow M$ приводит к затруднению оценок $M \rightarrow R$ на основе обратной связи.

Например, мероприятия A целевой программы «Защита от ЧС природного и техногенного характера и обеспечение безопасности населения Красноярского края» предусматривают создание противопожарных водоёмов, минерализованных полос, содержание водоисточников, монтаж и модернизацию систем противопожарной сигнализации и т.п. Однако результаты реализации противопожарных мероприятий затруднительно оценить по статистическим данным о техногенных и бытовых пожарах. Косвенная информация, например, о динамике реагирования и тушения, позволяет сделать приблизительные выводы о несоблюдении нормативов, являющемся следствием неэффективных предупредительных мер [19].

Внедрение в органы государственной власти и местного самоуправления программ и инструментов сбора и анализа информации об объектах и процессах в сфере территориальной безопасности увеличило доступность представления проблемных ситуаций, требующих управленческих действий. При этом основной акцент сделан на создание и рассылку новых отчётов, аналитических докладов и т.п. Однако для повышения качества подготовки и обоснования решений нужен пересмотр состава информации. Вместо оценки последствий ЧС приоритетным является исследование факторов, определяющих вероятность и масштаб событий, а также возможности по управлению факторами [20].

Проект ИС поддерживает формальный процесс выработки согласованных решений на нескольких уровнях управления. В практике территориального управления практически все решения по предупреждению опасных явлений и процессов t_3 , а также по реагированию на масштабные ситуации t_2 , принимаются совместно несколькими уровнями управления L с учётом принятых ранее. Например, рекомендации по выбору способов реагирования и объёмов расходуемых ресурсов определяются федеральными и региональными нормативными актами (уровни l_0, l_1), которые в данной модели также считаются решениями по управлению. Новые решения нижних уровней l_2, l_3 принимаются с учётом этих ограничений. В свою очередь, решения верхних уровней l_0, l_1 основаны на анализе данных статистики событий и описания крупных катастроф. Эти данные отражают результаты работы l_2, l_3 .

Информационное обеспечение задач сезонного управления t_4 несколько проще, чем в случае управления стратегического t_3 . Во-первых, из-за относительно небольшого количество видов H сокращается размерность исследуемого пространства решений. Во-вторых, используются результаты ранжирования территории по степени опасности на основе данных мониторинга M . В-третьих, для долгосрочных прогнозов используются экстраполяции на основе оценок реализованных рисков [21, 22].

Например, при подготовке к прохождению весеннего половодья в регионах Сибири подготавливается несколько сценариев разного масштаба и вероятности реализации. Оценивается потребность территорий в ресурсах при максимально неблагоприятном сценарии, выстраивается логистика, проводятся учения. По мере приближения опасного периода уточняется гидрологический прогноз, детализируются мероприятия. Решение задачи t_4 приобретает типовой характер, а машинные модели описывают реальность с приемлемой точностью.

Множество аналитических измерений A, O, M, K можно представить в виде гиперкуба. Исследование разных аналитических срезов куба позволяет детализировать процессы решения конкретной задачи управления: определить акторов, структуру информации, используемые ситуационные модели, представление результатов и др. Примеры комплексных аналитических моделей:

- оценка изменения защищённости O_2 при проведении мероприятия a_i ;
- обоснование состава показателей m_x при управлении t_y ;
- выбор способов трансформации m_x для минимизации неопределённостей в принятии решений (l_j, t_y) ;
- изменение алгоритмов управления при возникновении новых рисков (таких, как COVID-19 и др.).

3 Процесс формирования решений

Работа модели управления показана на рисунке 2.

На этапе 1 полный список видов опасностей для населения и территорий классифицируется по степени значимости. По критерию потерь выделяются базовые риски территорий, уменьшение которых является целью управления. Часть базовых рисков R_b характерна для

всех территорий России (например, техногенные и бытовые пожары). Вероятность и масштаб проявления других R_b зависят от географических, климатических и экономических характеристик территорий. Если решается задача t_4 , то базовые риски заменяются на циклические, набор которых также уникален для каждой территории. Для t_1 также характерен набор рисков, в отношении которых реализуются мероприятия A .

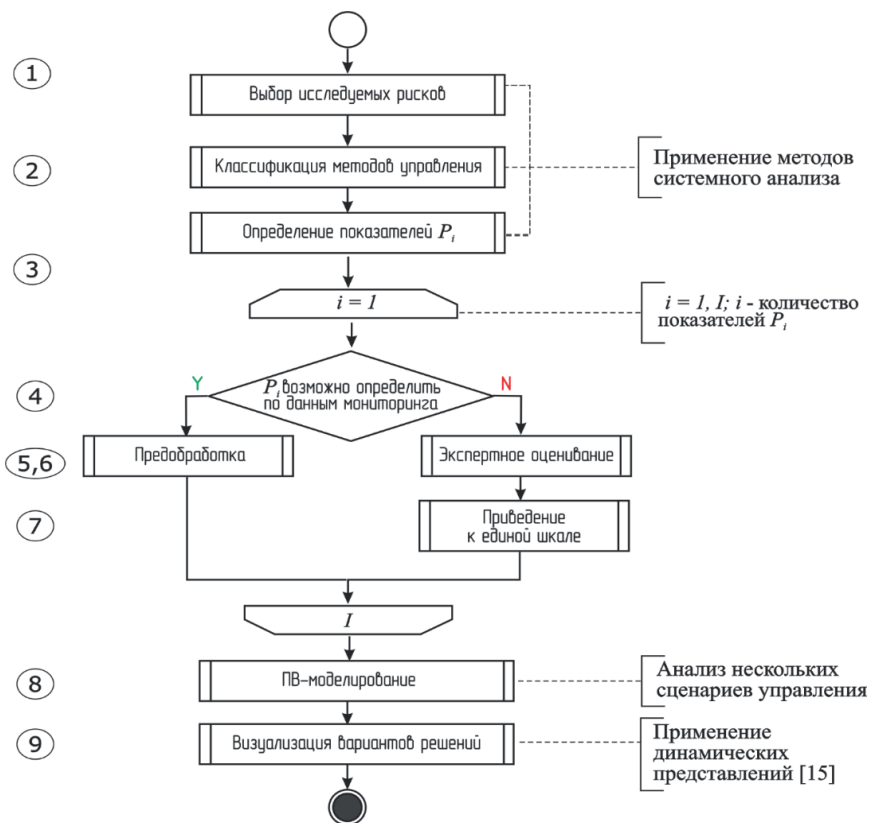


Рисунок 2 – Схема процесса управления безопасностью территорий

Далее следует процесс классификации методов управления (этап 2). Результаты решения задачи t_3 заключаются либо в гарантированном снижении рисков, либо в приведении в соответствие характеристик объектов нормативам безопасности, установленным законодательно. Примеры показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Примеры управления базовыми рисками территорий Сибири

Виды ситуаций	Содержание оценок R	Цели реализации мероприятий A
Пожары техногенные	Распределение событий по показателям P для каждой территории	Выполнение нормативов [23]
Затопления	Ранжирование территорий по рискам. Долгосрочный прогноз на основе экстраполяции	Гарантированное повышение защищённости территорий
Пожары природные	Ранжирование территорий по степени опасности и вероятности возникновения масштабных событий	Выполнение нормативов [24]
Аварии систем ЖКХ	Ранжирование инфраструктуры по степени износа, нагрузкам, возможным последствиям и другим факторам	Выполнение нормативов [25]
Транспортные аварии	Ранжирование участков по аварийности	Выполнение нормативов [26]
Загрязнение окружающей среды	Оценка последствий для здоровья с учётом временного лага. Долгосрочный прогноз на основе экстраполяции	Снижение заболеваемости до приемлемых значений [27]

Небольшой перечень целей превентивного управления рисками, приведённый в правом столбце таблицы 3, показывает актуальность работ по двум направлениям: поиск новых методов и технологий, кардинально снижающих потери и вероятность возникновения опасных событий; системный подход к выполнению установленных нормативов, тиражирование лучших практик, уменьшение расходуемых ресурсов для достижения желаемого эффекта.

В задачах повседневного управления t_1 , как правило, перечень рисков и мероприятий постоянный. Поэтому второй этап пропускается, а остальные используются для обоснования объёмов проводимых мероприятий.

Важнейшим этапом информационной поддержки управления является определение показателей P (этапы 3-7) [28]. Примерно половина из них – объективные, т.е. полученные в результате мониторинга, обследований, геоинформационного моделирования. Социальные и комплексные показатели рисков, например, уровень урбанизации территорий, качество жизни устанавливаются экспертными методами. Результаты затратных социологических опросов, используемые для оценки уровня безопасности населения, не всегда достоверны [29].

После формирования статистически значимой информационной базы и унификации логических связей между сущностями проводится аналитическое моделирование наиболее эффективных управленческих воздействий по критериям потребность/возможность. При этом потребность определяется уровнем риска R , а возможность – наличием финансовых, материальных, интеллектуальных ресурсов, логически связанных с мероприятиями A .

Количественное выражение величины территориальных рисков R как функции от объёма ресурсов, затраченных на мероприятия, позволяет:

- оценить возможный эффект мероприятий, планируемых при заданном ресурсе, выраженный через R (потенциальный);
- обосновать ресурсы для достижения заданного уровня R ;
- оценить полученный эффект от мероприятий по соотношению R (реализованный) к затраченным ресурсам.

Заключительный этап машинного формирования решений – выбор способа визуализации результатов: интерактивные таблицы, динамические карты, инфографика. При решении задач t_3 применяются также альтернативные методы визуализации многомерных данных, такие как метод главных компонент, метод упругих карт [30].

Наличие обратной связи, когда выполненные решения записываются в информационную базу, позволяет моделировать не только разные сценарии, но и принятые решения. Предполагается проведение декомпозиции принятых управленческих решений до уровня показателей мониторинга. Решение этой задачи позволит сформировать количественные критерии эффективности управления и верификации решений.

Заключение

Изложенный подход к информационной поддержке управления сложными системами имеет универсальный характер. Для решения задач управления территориями требуется анализ большого числа разнородных показателей. Ранжирование территорий по степени пожарной опасности на основе только статистических данных недостаточно информативно.

Современные информационные технологии в сочетании с междисциплинарными системными исследованиями позволяют учесть значительное количество социальных и экономических факторов, влияние внешней среды, настраивать долгосрочные стратегии обеспечения безопасности и развития территорий.

Авторами использован риск-ориентированный подход для рационального управления безопасностью территорий с учётом изменения их характеристик. Концептуальные подходы

к построению модели управления, изложенные в работе, планируется использовать для модернизации эксплуатирующихся в Красноярском крае программных систем и создания мультизадачной интеллектуальной платформы.

Список источников

- [1] Указ Президента РФ от 02.07.2021 N 400 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации". https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/?ysclid=lox3usbq75200320074.
- [2] Федеральный закон "О стратегическом планировании в Российской Федерации" от 28.06.2014 N 172-ФЗ https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=lox3wuj28u314694680.
- [3] **Онов В.А., Панкратова М.В., Остудин Н.В.** Информационные аспекты в системе антикризисного управления МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021. № 2. С.116-124.
- [4] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 08.07.2014 г. № 313 «Об утверждении правил тушения лесных пожаров». Зарегистрировано в Минюсте России 8 августа 2014 г. № 33484.
- [5] **Махутов Н.А.** Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
- [6] Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 (ред. от 16.02.2023) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».
- [7] **Жирков П.А., Иванов А.В., Раевская М.Г.** О правовом регулировании функционирования и развития информационно-технологической основы межведомственного информационного взаимодействия // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2017. № 6. С.14-25.
- [8] **Фридман А.Я., Кулик Б.А.** Ситуационная концептуальная модель для системы ситуационных центров / Гибридные и синергетические интеллектуальные системы. Материалы VI Всероссийской Пospelовской конференции с международным участием. Калининград, 2022. С.213-220.
- [9] **Antonelli A., Smith R. J., Simmonds M.S.J.** (2019). Unlocking the properties of plants and fungi for sustainable development. *Nature Plants* 5:1100-1102. DOI: 10.1038/s41477-019-0554-1.
- [10] **Фалеев М.И., Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Болгов М.В.** Методология и технология дистанционной оценки риска // Российскому научному обществу анализа риска 15 лет: основные итоги и перспективы деятельности. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. 2018. С.123-136.
- [11] Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
- [12] **Авдоткин В.П., Дзыбов М.М., Самсонов К.П.** Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. М: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. 468 с.
- [13] **Боргест Н.М., Симонова Е.В.** Основы построения мультиагентных систем, использующих онтологию. Самара, Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. 80 с.
- [14] **Массель Л.В., Массель А.Г.** Семантические технологии на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования // III междунар. научно-технич. конф. Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Минск Белоруссия. 21-23 февраля 2013. С.247-250.
- [15] Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 22.7.01-2021. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Единая дежурно-диспетчерская служба. Основные положения» (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 января 2021 г. № 25-ст.
- [16] Приказ МЧС России от 28 сентября 2021 г. №639 «Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов РФ и муниципальных образований».
- [17] **Измалков В.А.** Современные тенденции развития программного и других видов обеспечения АИУС РСЧС // Технологии гражданской безопасности. 2018. Т.15. №4(58). С.48-51.
- [18] **Трофимова Н.В., Антамошкин О.А., Антамошкина О.А., Ничепорчук В.В.** Система поддержки принятия решений по реагированию на ЧС и происшествия на опасных производственных объектах // Технологии гражданской безопасности. 2011. Т.8. №4(30). С.64-70.
- [19] **Бабёнышев С.В., Бойко Г.М., Малиутин О.С., Матеров Е.Н.** Применение геоинформационных инструментов для работы с большими данными при анализе пространственного распределения пожаров // Сибирский пожарно-спасательный вестник». 2021. №2. С.70-77. DOI:10.34987/vestnik.sibpsa.2021.47.69.013.
- [20] **Махутов Н.А.** Безопасность и защищённость сложных технических систем от аварий и катастроф в рамках риск-ориентированного подхода / Материалы VIII Всероссийской конференции с международным участи-

- ем «Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем». Новосибирск: ФИЦ ИВТ. 2023. С.11-15.
- [21] **Бураков Д.А., Иванова О.И.** Анализ формирования и прогноз стока весеннего половодья в лесных и лесостепных бассейнах рек Сибири // Метеорология и гидрология. 2010. № 6. С.87-100.
- [22] **Волокитина А.В., Софронова Т.М., Корец М.А.** Управление пожарами растительности на особо охраняемых природных территориях. Новосибирск: СО РАН, 2020. 201 с.
- [23] Федеральный закон от 01.04.2010 № 123-ФЗ «Технический регламент пожарной безопасности».
- [24] Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 №200-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023). Статья 53.1.
- [25] Постановление Госстроя РФ от 27 сентября 2003 г. №170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда». Часть V. Техническое обслуживание и ремонт инженерного оборудования.
- [26] Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 №15).
- [27] Паспорт национального проекта «Здравоохранение» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 декабря 2018 г. №16).
- [28] **Олтян И.Ю., Арефьева Е.В., Гутарев С.В., Котосонов А.С., Верескун А.В.** Методический подход к вычислению интегрального индекса, характеризующего состояния системы мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории субъекта Российской Федерации от опасностей, возникающих при ЧС природного и техногенного характера // Технологии гражданской безопасности. 2020. Т.17. №3(65). С.7-14.
- [29] **Мельник А.А., Антонов А.В., Мартинович Н.В.** Результаты исследования информированности и подготовленности населения субъектов Российской Федерации в области безопасности жизнедеятельности в 2018 году и рекомендации по совершенствованию профилактической работы // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. №1(12). С.74-247.
- [30] **Gorban A.N., Pitenko A.A., Zinovyev A.Y., Wunsch D.C.** Visualization of any data using elastic map method. *International Journal of Smart Engineering System Design*. 2001. V.11: 363.

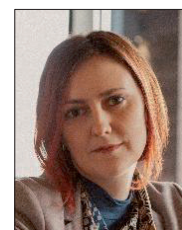
Сведения об авторах

Ничепорчук Валерий Васильевич, 1969 г. рождения. Окончил Красноярский государственный университет (КрасГУ) в 1992 г., д.т.н. (2022). Профессор кафедры информационно-управляющих систем СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, с.н.с. ИВМ СО РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ). В списке научных трудов более 200 работ в области оценки рисков ЧС и принятия решений. Author ID (РИНЦ): 155773; Author ID (Scopus): 36651388300; Researcher ID (WoS): K-8028-2015. valera@icm.krasn.ru.



Постникова Ульяна Сергеевна, 1992 г. рождения. Окончила Сибирский федеральный университет в 2014 г., к.т.н. (2023). Научный сотрудник ФИЦ ИВТ. В списке научных трудов более 60 работ в области оценки территориальных природно-техногенных рисков. ORCID: 0000-0002-1535-3576; Author ID (РИНЦ): 956613; Author ID (Scopus): 58033620200. ulyana-ivanova@inbox.ru.

Тасейко Ольга Викторовна, 1978 г. рождения. Окончила КрасГУ в 2001 г., к.ф.-м.н. (2007). Заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, с.н.с. ФИЦ ИВТ. В списке научных трудов около 150 работ в области оценки территориальных рисков, математического моделирования процессов в окружающей среде. Author ID (РИНЦ): 127820; Author ID (Scopus): 23971808700; Researcher ID (WoS): P-8716-2016. taseiko@gmail.com. ✉



Поступила в редакцию 05.12.2023, после рецензирования 10.01.2024. Принята к публикации 23.01.2024.



Designing an intelligent territorial safety management system

© 2024, V.V. Nicheporchuk^{1,2}, U.S. Postnikova³, O.V. Taseiko^{2,3}✉

¹ Institute of Computational Modelling SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

³ Federal Research Center of Information and Computational Technologies, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

The conceptual stage of designing an intelligent territorial safety management system is presented. The article shows the problems of information support for management associated with the need to process a large volume of unformalized data and their low reliability. Existing descriptions of objects and processes are not constructive. The approval and decision-making processes are poorly algorithmized and there are no feedback mechanisms reflecting the quality of decisions. As an alternative, the article proposes the use of intelligent technologies that change the mechanisms for collecting, processing and using data. An ontological description of a multi-level management model is presented that formalizes the main tasks of ensuring the natural and technogenic security of territories. Management levels and objects are highlighted, and their information support is shown. The model is based on assessments of territorial risks, representing a combination of comprehensive monitoring indicators. The novelty of the approach lies in the possibility of justifying the types and volumes of activities with the magnitude of risks, as well as linking management results with the necessary resources. The model is the basis of the intelligent system project. Using object-oriented programming methods, the transition from ontological description to structural and functional designing is shown. Representation of ontology elements in the form of sets allows the construction of multidimensional analytical models that reveal ways to solve management problems in specific conditions. This makes it possible to justify the composition of information and the requirements for its quality for each level of the territorial management hierarchy. Problem solving examples of ensuring territorial safety in accordance with the proposed classification are given. The model can be used as a scientific basis for management digitalization programs implemented in the constituent entities of the Russian Federation.

Keywords: management system, risk assessment, safety, ontology, structural and functional design.

For citation: Nicheporchuk VV, Postnikova US, Taseiko OV. Designing an intelligent territorial safety management system [In Russian]. *Ontology of designing*. 2024; 14(1): 42-54. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-1-42-54.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

List of figures and tables

Figure 1 - Ontology of information support for territorial safety management tasks

Figure 2 - Scheme of the territorial safety management process

Table 1 - Information management support

Table 2 - Elements of ontology sets

Table 3 - Examples of basic risk management in Siberia

References

- [1] Decree of the President of the Russian Federation dated 07/02/2021 No. 400 "On the National Security Strategy of the Russian Federation" [In Russian]. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/?ysclid=lox3usqb75200320074.
- [2] Federal Law "On Strategic Planning in the Russian Federation" dated 06/28/2014 No. 172-FZ [In Russian]. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=lox3wuj28u314694680.
- [3] *Onov VA, Pankratova MV, Ostudin NV*. Information aspects in the anti-crisis management system of EMERCOM OF Russia [In Russian]. *Bulletin of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*, 2021; 2: 116-124.

- [4] Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 07/08/2014 No. 313 "On approval of the rules for extinguishing forest fires" [In Russian]. Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on August 8, 2014 No. 33484.
- [5] **Makhutov NA**. Safety and risks: system research and development. Novosibirsk: Nauka. 2017. 724 p.
- [6] Decree of the Government of the Russian Federation dated 12/30/2003 No. 794 (ed. dated 02/16/2023) "On the Unified State System for the prevention and liquidation of emergency situations".
- [7] **Zhirkov PA, Ivanov AV, Raevskaya MG**. About the legal regulation of functioning and development of the information-technological basis of interagency information interaction [In Russian]. Safety and emergency situations. 2017; 6: 14-25.
- [8] **Friedman AYA, Kulik BA**. Situational conceptual model for a system of situational centers / Hybrid and synergetic intelligent systems [In Russian]. Materials of the VI All-Russian Pospelov Conference with international participation. Kaliningrad, 2022: 213-220.
- [9] **Antonelli A, Smith RJ, Simmonds MSJ**. Unlocking the properties of plants and fungi for sustainable development. Nature Plants 2019; 5: 1100-1102. DOI: 10.1038/s41477-019-0554-1.
- [10] **Faleev MI, Oltyan IYu, Aref'ieva EV, Bolgov MV**. A Methodology and Technology for Risk Assessment Based on Open Data [In Russian]. The Russian Scientific Society for Risk Analysis is 15 years old: the main results and prospects of its activities. Moscow: All-Russian Research Institute on Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018: 123-136.
- [11] Decree of the Government of the Russian Federation dated May 21, 2007 No. 304 "On the classification of natural and man-made emergency situations " [In Russian].
- [12] **Avdotyin VP, Dzybov MM, Samsonov KP**. Assessment of damage from natural and man-made emergencies [In Russian]. Moscow: Federal State Budgetary Research Institute of GOChS (FC), 2012. 468 p.
- [13] **Borgest NM, Simonova EV**. Fundamentals of building multi-agent systems using ontology [In Russian]. Samara, Samara State Aerospace Publishing House. 2009. 80 p.
- [14] **Massel LV, Massel AG**. Semantic technologies based on the integration of ontological, cognitive and event modeling [In Russian]. III international scientific and technical conf. Open semantic technologies for designing intelligent systems. Minsk Belarus. February 21-23, 2013: 247-250.
- [15] The national standard of the Russian Federation GOST R 22.7.01-2021. "Safety in emergency situations. Unified duty and dispatch service. Basic provisions" (approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 27, 2021 No. 25-art. [In Russian].
- [16] Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated September 28, 2021 No. 639 "On approval of the standard safety data sheet for territories of subjects of the Russian Federation and municipalities" [In Russian].
- [17] **Izmalkov VA**. Modern trends in the development of software and other types of AIUS RSCHS software [In Russian]. Technologies of civil security. 2018; 15(4): 48-51.
- [18] **Trofimova NV, Antamoshkin OA, Antamoshkina OA, Nicheporchuk VV**. Decision support system for emergency response and incidents at hazardous production facilities [In Russian]. Civil security technologies. 2011; 8(4): 64-70.
- [19] **Babensyhev SV, Boyko GM, Malyutin OS, Materov EN**. Application of geoinformation tools for working with big data in the analysis of spatial distribution of fires [In Russian]. Siberian Fire and Rescue Bulletin". 2021; 2: 70-77. DOI:10.34987/vestnik.sibpsa.2021.47.69. 013.
- [20] **Makhutov NA**. Safety and security of complex technical systems from accidents and catastrophes within the framework of a risk-based approach [In Russian]. Proceedings of the VIII All-Russian Conference with international participation "Safety and monitoring of natural and man-made systems". Novosibirsk: FRS ICT, 2023: 11-15.
- [21] **Burakov DA, Ivanova OI**. Analysis of formation and forecast of spring flood runoff in forest and forest-steppe basins of Siberian rivers [In Russian]. Meteorology and hydrology. 2010; 6: 87-100.
- [22] **Volokitina AV, Sofronova TM, Korets MA**. Vegetation fire management in specially protected natural areas [In Russian]. Novosibirsk, 2020. 201 p.
- [23] Federal Law No. 123-FZ dated 1.04.2010 "Technical Regulations for Fire Safety" [In Russian].
- [24] The Forest Code of the Russian Federation dated 04.12.2006 N 200-FZ [In Russian]. (as amended on 08/04/2023) (with amendments and additions, intro. effective from 09/01/2023). Article 53.1.
- [25] Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation dated September 27, 2003 No. 170 "On approval of the Rules and norms of technical operation of the housing stock". Part V. Maintenance and repair of engineering equipment [In Russian].
- [26] A summary of the national project "Safe and high-quality highways" [In Russian]. (approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects, Protocol No. 15 dated 12/24/2018).

- [27] A summary of the national project "Healthcare" [In Russian]. (approved by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects, Protocol No. 16 dated December 24, 2018).
- [28] **Oltyan IYu, Aref'eva EV, Gutarev SV, Kotosonov AS, Vereskun AV.** Methodological approach to the integral index calculating characterizing the state of system measures to prepare for the protection and to protect the population, material and cultural values from hazards arising from natural and man-made emergencies on the territory of the Russian Federation subject [In Russian]. *Civil Security Technology*, 2020; 17.3(65): 7-14.
- [29] **Mel'nik AA, Antonov AV, Martinovich NV.** The results of the study of awareness and preparedness of the population of the subjects of the Russian Federation in the field of life safety in 2018 and recommendations for improving preventive work [In Russian]. *Siberian Fire and Rescue Bulletin*. 2019; 1: 74-247 p.
- [30] **Gorban AN, Pitenko AA, Zinovyev AY, Wunsch DC.** Visualization of any data using elastic map method. *International Journal of Smart Engineering System Design*. 2001; 11: 363.
-

About the authors

Valery Vasilyevich Nicheporchuk (b. 1969) graduated from the Krasnoyarsk State University in 1992, Doctor of Technical Sciences (2022). Professor of the Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, a senior researcher at the Institute of Computational Modelling SB RAS. He is a member of the Russian Association of Artificial Intelligence (RAII). The list of scientific papers includes more than 200 works in the field of emergency risk assessment and DSS construction. Author ID (RSCI): 155773; Author ID (Scopus): 36651388300; Researcher ID (WoS): K-8028-2015. valera@icm.krasn.ru.

Ulyana Sergeevna Postnikova (b. 1992) graduated from the Siberian Federal University in 2014, Ph.D. (2022). Researcher at the Federal Research Center for Information and Computing Technologies. The list of scientific papers includes more than 60 works in the field of territorial risk assessments. ORCID: 0000-0002-1535-3576; Author ID (RSCI): 956613; Author ID (Scopus): 58033620200. ulyana-ivanova@inbox.ru.

Olga Viktorovna Taseiko (b. 1978) graduated from the Krasnoyarsk State University in 2001, Ph.D. (2007). Head of the Department of Life Safety of the Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, a senior researcher at the Federal Research Center of Information and Computing Technologies. The list of scientific papers includes about 150 works in the field of territorial risk assessments, mathematical modelling in the environment. Author ID (РИИЦ): 127820; Author ID (Scopus): 23971808700; Researcher ID (WoS): P-8716-2016. taseiko@gmail.com. ✉.

Received December 5, 2023. Revised January 10, 2024. Accepted January 23, 2024.
