

# Модель цифрового управления безопасностью арктических территорий

*Ничепорчук В.В., д. т. н., Институт вычислительного моделирования СО РАН, с. н. с. отд. прикладной информатики, г. Красноярск, Россия*

SPIN-код: 7018-8279

## **Аннотация**

Представлено общее описание модели принятия решений с применением цифровых технологий. Показаны проблемы автоматизации территориального управления безопасностью, создания ситуационных центров. Модель позволяет решить проблемы межведомственной разобщенности, задает направление исследований по созданию интеллектуальных платформ и организации взаимодействия в кризисных ситуациях. Реализация инвестиционных проектов в Арктической зоне предъявляет новые требования к обеспечению безопасности жизнедеятельности, открывает возможности организации управления на основе данных мониторинга.

**Ключевые слова:** цифровизация управления; модель принятия решений; организация взаимодействия.

## **Введение**

С момента создания МЧС России в 1993 году молодое руководство министерства взяло курс на автоматизацию управления, активное внедрение научных разработок в практическую деятельность по предупреждению ЧС, повышению эффективности экстренного реагирования. Поставлены задачи автоматизации управления, в числе которых: раннее предупреждение о ЧС, формирование прогнозов обстановки; оперативное моделирование ситуаций для информационной поддержки управления. Создание центров управления в кризисных ситуациях, ЕДДС муниципальных образований, аппаратно-программных комплексов «Безопасных город», системы-112 было направлено на

консолидацию больших данных, получение синергетического эффекта управления различными видами ситуаций за счет учета множества факторов обстановки [1].

Однако следует констатировать скромные успехи в создании автоматизированных информационно-управляющих систем. Несмотря на рост числа специалистов, занятых сбором, обработкой и передачей информации, не удается создать интеллектуальный капитал РСЧС — общедоступную базу принятых решений с инструментарием поиска аналогов. Основная часть информации по-прежнему слабо формализована, затруднено применение технологий обработки и представления данных. Отстают от графика работы по созданию региональных озер данных, организации межведомственного обмена.

В 2013 году автор принимал активное участие в создании Арктического центра мониторинга и прогнозирования ЧС в г. Дудинкае. Результаты исследования структуры и функционирования работы системы обеспечения природно-техногенной безопасности Таймыра и Норильского промышленного района позволили спроектировать и реализовать программно-технический комплекс Арктического центра мониторинга и прогнозирования (АЦМП ЧС), включающий подсистемы распределенного сбора и управления хранением данных, аналитического и ситуационного моделирования и визуализации данных [2, 3]. Эксплуатация АЦМП ЧС на сегодняшний день приостановлена. Проблему информационного обеспечения действий сил и средств, планирования мероприятий по снижению рисков на Крайнем Севере необходимо решать в новых условиях.

Успешная реализация цифровых технологий в банковской сфере показывает, что межсистемное взаимодействие позволяет минимизировать участие специалистов в процессах предобработки данных, трансформации их в машиночитаемый вид. Перевод фокуса внимания на аналитическое моделирование с использованием элементов искусственного интеллекта повышает качество принимаемых решений за счет снятия неопределенностей, возможности формирования и оценки альтернативных сценариев и результатов управления.

Работа посвящена развитию системной модели информационной модели. Уточнены структурные и функциональные схемы решения основных задач управления природно-техногенной безопасностью. Это позволяет реализовать иные способы организации взаимодействия

оперативных служб и ведомств, сформировать информационное пространство для поддержки принятия решений оперативного и стратегического характера. Детальное проектирование процессов трансформации данных мониторинга в управленческие решения позволяет снизить затраты на разработку и техническую поддержку программных систем управления природно-техногенной безопасностью [4].

## Моделирование процессов принятия решений

Основная проблема проектов надведомственных информационных систем — несоответствие задач управления, информационных ресурсов и предлагаемых технологий их обработки. Например, в концепции построения АПК «Безопасный город» перечислены виды угроз природного, техногенного, экологического и иного характера. При этом в качестве исходных данных для формирования решений предлагается использовать данные приборов мониторинга, ресурсы информационных систем экстренных служб, дежурный крупномасштабный план города и др. [1]. Очевидно, что эта информация имеет огромный объем и пригодна для использования при проведении анализа, составлении отчетов, но не для принятия решений по снижению перечисленных угроз.

Формирование решений с использованием интеллектуальных систем можно представить в виде дополнения (1) к основному процессу (2):

$$Representation\_Info = System(Source\_Info); \quad (1)$$

$$Decision = Manager(Representation\_Info), \quad (2)$$

где:

*Source\_Info* — исходная информация;

*System* — процесс машинного преобразования информации, включая расчеты, моделирование и др.;

*Representation\_Info* — представление результатов обработки для лиц, принимающих решения (ЛПР);

*Decision* — решения;

*Manager* — процесс формирования управляющих воздействий ЛПР.

Выражение (1) задает основные требования к информационно-управляющим системам: необходимости описания структуры, объема

данных и качества содержания для *каждого* элемента. Иными словами, если *Representation\_Info* не соответствует ожиданиям ЛПР, то решение принимается на основе опыта, а его последствия не детерминированы, поскольку не учтено влияние всех факторов. Такая же картина наблюдается в случае низкого качества *Source\_Info*.

В этом контексте качество — это актуальность данных, соответствие их реальной обстановке/ситуации, ограниченный объем и комфортность представления данных, доступность для понимания ЛПР. Практика показывает, что оперативные решения, формируемые машиной, должны быть рассчитаны на пользователя средней квалификации, вынужденного принимать ответственные решения в условиях дефицита времени. Форма представления таких решений должна позволять их передачу в виде голосовых сообщений.

Стратегические решения, принимаемые, как правило, небольшой группой экспертов, основываются на редукции большого числа разнородных показателей. Задача информационной системы — предоставить широкий набор инструментов для идентификации и количественной оценки факторов опасности, выявления причинно-следственных связей между объемом превентивных мероприятий и состоянием безопасности территорий [5, 6].

В общем виде решения по управлению территориями можно представить множеством:

$$Decision = \{Situation, Reaction, Actions, Resources, Actors\}, \quad (3)$$

где:

*Reaction* — описание последствий;

*Actions* — мероприятия;

*Resources* — ресурсы;

*Actors* — исполнители работ.

При экстренном реагировании *Situation* — это описание опасных факторов ситуации (карточка события). В стратегическом управлении *Situation* — формализованное описание состояния безопасности территорий, полученное на основе интегрального анализа данных

мониторинга опасностей и характеристик защищенности и уязвимости территорий [7, 8].

Первое ограничение использования систем поддержки управления связано с масштабом и вероятностью проявления опасных ситуаций. Управление «типовыми событиями», происходящими ежедневно, основывается, как правило, на личном опыте и знаниях ЛПР. Сложности моделирования редких и уникальных событий (ЧС федерального уровня) возникают уже на начальном этапе, когда неизвестны состав исходных данных, требования по их сбору и обработке. Ситуационное моделирование незаменимо в «средней части», когда для принятия эффективных решений необходимо снять неопределенности, а быстро развивающиеся события не позволяют использовать данные разведки. В отличие от информационных ресурсов управляющих систем, такие данные, не прошедшие верификацию, могут содержать искажения реальности. Однако выбор альтернатив действий всегда остается за конкретным ЛПР.

Формирование решений в интеллектуальных системах природно-техногенной безопасности реализуется на основе ситуационного моделирования. Область его применения ограничена видом и масштабом ситуаций. Второе ограничение обусловлено тем, что методики расчета динамики опасных факторов и последствий их реализации разработаны лишь для нескольких видов ситуаций. Использование уточненных расчетов, учитывающих большое число параметров непосредственно на месте ЧС, нецелесообразно, поскольку получение прогноза ситуации требует много времени и вычислительных ресурсов. Например, полевые модели распространения опасных факторов пожара позволяют оценить риск, реконструировать события с использованием управляемой 3D-визуализации [9]. При этом для каждого элемента (узла) расчетной сетки решается система дифференциальных уравнений, их количество для объектов с массовым пребыванием людей может составлять несколько миллионов.

Для описания последствий *Reaction* в конкретной ситуации используются расчетные методики. Диапазон их применения довольно узкий (табл. 1).

**Причины, сдерживающие применение расчетных методик последствий ЧС**

№	Вид ситуации	Комментарий
1	Химические, радиационные аварии	Методики, хорошо описывающие динамику факторов опасности. Используются редко
2	Техногенные пожары	Моделирование используется для реконструкции событий. Онлайн расчеты превосходят по длительности реальные события либо дают грубые оценки
3	Природные пожары, аварии систем ЖКХ, землетрясения	Дефицит исходных данных, сложность принятия решений на основе результатов расчетов
4	Затопление территорий, лавины	Точность рельефа пригодна только для фоновых оценок. Предпочтительно использование данных гидрогеологических изысканий, кадастровой съемки реальных событий
5	Опасные метеоявления, транспортные аварии, биолого-социальные ЧС	Отсутствуют утвержденные методики оценки последствий событий в режиме реального времени

Как видно из табл. 1, существующие методы оценки последствий не позволяют снять все неопределенности в принятии решений. В Автоматизированной информационно-управляющей системе ведутся реестры формирований РСЧС *Actors* и *Resources*. Для сохранения и повторного использования *Decision* необходимо их приведение в машиночитаемый вид.

Третье ограничение является следствием первого. Масштабные ситуации характеризуются несколькими «центрами принятия решений», начиная от членов территориальных комиссий по ЧС и заканчивая руководителями формирований, распределяющими зоны ответственности, объемом работ конкретных специалистов, участвующих в ликвидации опасных факторов ЧС, проведении мероприятий защиты, восстановительных и других работ. У каждого ЛПР свой уровень информированности, опыт, квалификация, доля ответственности. Управляющая система должна предоставлять информацию всем *Actors*, обеспечивая балансировку перечисленных параметров.

На рисунке показана организация взаимодействия при реагировании на ЧС, связанные с затоплением территорий.



Зеленым цветом обозначены ЛПР, желтым — защищаемые объекты, белым — элементы мониторинга. Синие стрелки демонстрируют потоки информации, красные — команды управления, черные — конкретные действия.  $l_1$  — уровень субъекта РФ;  $l_2$  — муниципальный уровень управления;  $l_3$  — объектовый (и уровень населенного пункта);  $O_2$  — защищаемые объекты;  $O_3$  — объекты управления (элементы РСЧС) [10].

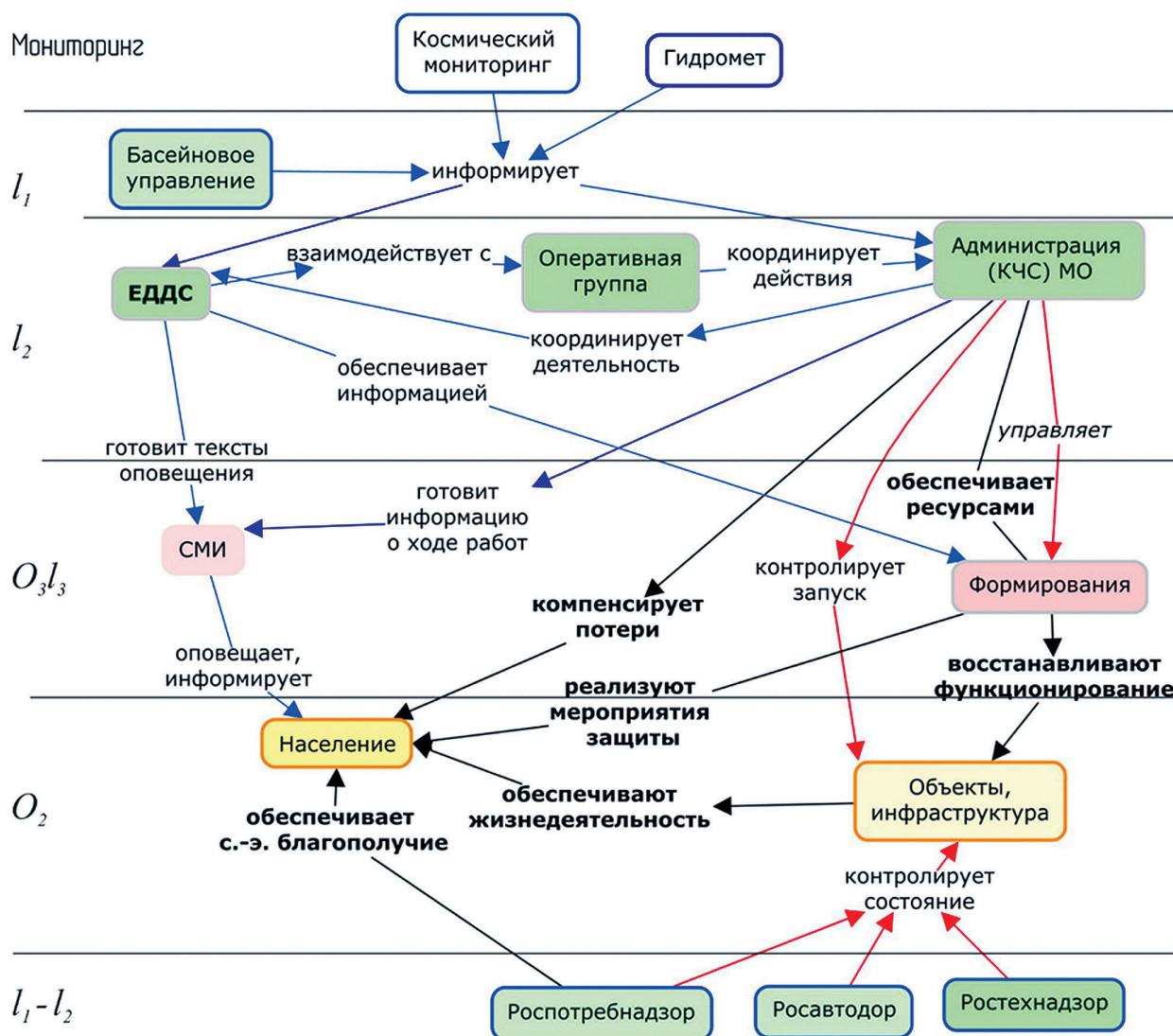


Рис. Онтологическая схема организации взаимодействия

Сетевая модель подразумевает рациональное распределение между *Actors* информации, полномочий, ресурсов и ответственности за принятие решения. Как правило, ЛПР уровня  $l_3$  обладает большими знаниями о структуре и особенности функционирования конкретного объекта, а ЛПР уровня  $l_2$  (например, специалист ЦУКС) — о развитии

и возможных последствиях закритических и аварийных процессов, их воздействии на население и инфраструктуру прилегающей территории.

Применение сетевой модели на практике позволит избежать проблем, возникших при создании Арктического центра мониторинга и прогнозирования ЧС. Корпоративная политика обращения с данными мониторинга объектов Заполярного филиала ЗАО «Норильский никель», равно как и других производственных объектов аналогичного масштаба, не предусматривает обмен первичными данными, позволяющими идентифицировать угрозу возникновения аварий и инцидентов (табл. 2).

Таблица 2

### Факторы сетевого взаимодействия центров принятия решений

Характеристики	Ситуационный центр	
	объектовый	межведомственный
Знание особенностей функционирования объекта и используемых технологий	Детальное – на уровне экспертов	Поверхностное
Необходимость обмена информацией с внешними системами	нет	да
Возможность верной интерпретации данных мониторинга	да	требует специальной подготовки
Совмещение специалистами работы в экстремальных ситуациях со штатным функционированием	да	нет
Опыт организации взаимодействия при ситуациях большого масштаба	нет	да
Время реагирования на инциденты	минимальное	с учетом оповещения
Наличие специализированного оборудования и техники	частичное	полное
Возможности привлечения дополнительных формирований и ресурсов	в рамках соглашений	неограниченные

Сетевая модель предусматривает гибкость организации информационного обмена. Там, где нет необходимости передачи данных приборного мониторинга, для принятия решений должны быть использованы результаты ситуационного моделирования, «упакованные» в сложные структуры. Например, на основе данных о динамике распространения опасных факторов, рассчитанных объектовыми системами, специалисты



ЕДДС должны: оценить последствия для защищаемых объектов; организовать оповещение населения и аварийно-спасательных формирований, координацию действий за пределами производственного объекта. Технологии многоуровневой организации межсистемного обмена хорошо проработаны [11]. Совместное использование систем поддержки принятия решений с учетом конфиденциальности данных позволяет минимизировать роль человеческого фактора. Установление количественных критериев эффективности решений кардинально изменит подходы к управлению территориальной безопасностью, позволит сосредоточиться на поиске лучших альтернатив, а не на контроле действий подчиненных.

## **Выводы**

Обеспечение безопасности в Арктике — неотъемлемая часть реализации инвестиционных проектов развития территорий. Организация новых элементов системы комплексной безопасности требует тщательного научного обоснования бизнес-процессов, распределения полномочий, ответственности, информационного обеспечения. Сценарии развития цифровых технологий показывают увеличение доли решений, принятых машиной [12]. Необходимо устранение дисбаланса доступности интеллектуальных технологий и дефицита информации, реально используемой для принятия решений экстренного и стратегического характера.

Опыт разработки больших информационно-управляющих систем показывает необходимость смещения акцентов с написания кода на процессы проектирования. Формализация задач управления в циклических ЧС, таких как прохождение весеннего половодья, лесопожарного и отопительного сезонов, позволит сформировать интеллектуальный капитал ситуационных центров — базы знаний, датасеты машинного обучения и т. д. Разработаны методы глубокой формализации данных, применения разных инструментов доступа к информационным ресурсам, многостадийного контроля их актуальности и достоверности, позволяющие повысить качество информационной поддержки принятия решений.

Необходимы новые элементы многоуровневых систем управления защитой территорий с использованием стека технологий.

Спроектирована масштабируемая архитектура интеллектуальной цифровой платформы оперативного создания сложных программных систем. Использование микросервисных технологий позволяет реализовать импортозамещение, постепенный переход на отечественные операционные системы и сервисы; решит проблемы увеличения жизненного цикла программных систем в условиях дефицита программистов-разработчиков высокого уровня [13].

Цифровизация управления потребует изменения образовательных программ подготовки и повышения квалификации специалистов разных сфер управления. Исследователи Сибирского отделения РАН готовы решать задачи подготовки образовательных программ по территориальному управлению с использованием цифровых технологий. Необходима оперативная интеграция научных разработок и программного обеспечения, разрабатываемого МЧС России и другими организациями для автоматизации работы дежурных смен, органов управления и руководителей территорий.

#### **Список использованных источников**

1. Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 2446-р.
2. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Система комплексного мониторинга Арктической зоны Красноярского края // Проблемы информатизации региона. ПИР-2013: Материалы XIII Всерос. научно-практ. конф. Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013. С. 243–249.
3. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Автоматизация мониторинга чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне (на примере Красноярского края) // Информатизация и связь. 2013. № 5. С. 37–42.
4. Ничепорчук В.В. Перспективы виртуализации управления РСЧС // Вестник СПб. университета ГПС МЧС России. 2020. № 2. С. 118–127.
5. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Система аналитических показателей для стратегического контроля природно-техногенной безопасности территорий // Проблемы анализа риска. 2018. Т. 15. № 1. С. 34–41.
6. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Метамодел ь детализации интегральных оценок для определения причин состояния природно-техногенной безопасности территорий // Информатизация и связь. 2023. № 5. С. 14–20. DOI:10.34219/2078-8320-2022-13-5-14-20.

7. Махутов Н. А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
8. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций): Монография / Под общ. ред. Фалеева М. И. М.: РНОАР, 2016. 270 с.
9. Кирик Е. С., Литвинцев К. Ю., Тумановский А. А., Шебеко А. Ю. Особенности CFD-программы для моделирования развития пожара FDS и ее применения в расчетах пожарного риска // Пожарная безопасность. 2020. № 2 (99). С. 14–27.
10. Ничепорчук В. В., Ноженков А. И. Архитектура территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь, 2018. № 2. С. 35–41.
11. Коробко А. В., Метус А. М. Аналитическая объектная модель как основа интеграции гетерогенных данных // Информатизация и связь. 2018. № 5. С. 98–105.
12. Казанцев Т. Chat GPT и революция искусственного интеллекта. М.: Litres, 2023. 64 с.
13. Ричардсон К. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга. СПб.: Питер, 2019. 544 с.