

Научная статья
УДК 614.84, 004.8
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.76.003

Управление пожарной обстановкой на основе риск-ориентированного подхода

*Алексей Николаевич Батуро*¹
*Валерий Васильевич Ничепорчук*²
*Станислав Юрьевич Бутузов*³
*Сергей Александрович Гилек*¹

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

²Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН, Красноярск, Россия

³Академия государственной противопожарной службы МЧС России

Автор, ответственный за переписку: Валерий Васильевич Ничепорчук, valera@icm.krasn.ru

Аннотация. Показаны проблемы управления пожарными рисками на уровне территорий. Предложена модель формирования решений по проведению превентивных мероприятий обеспечения приемлемого уровня пожарной безопасности. Описаны показатели оценки пожарной безопасности, методы сбора их и обработки для обоснования управленческих решений.

Ключевые слова: пожарная безопасность, факторы рисков, управление безопасностью территорий

Для цитирования: Батуро А.Н., Ничепорчук В.В., Бутузов С.Ю., Гилек С.А. Управление пожарной обстановкой на основе риск-ориентированного подхода // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 1 (28). С. 67-80. [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.76.003](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.76.003).

Благодарности: работа выполнена в рамках проекта государственного задания ФИЦ КНЦ СО РАН программы фундаментальных исследований РФ (рег. № 0287-2021-003).

Fire situation management based on a risk-based approach

*Alexey V. Baturo*¹
*Valeriy V. Nicheporchuk*²
*Stanislav Y. Bytuzov*³
*Sergey A. Gilek*¹

¹Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

²Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

³SFA of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Valeriy V. Nicheporchuk, valera@icm.krasn.ru

Abstract. The paper is description problems of fire risk management at the territorial level. With purpose of forming solutions for preventive measures ensure an acceptable level of fire safety created the analytical model linking hazard factors and measures to counter them. Made describes the fire safety assessment indicators, methods of collecting and processing them to justify management decisions.

Keywords: fire safety, risk factors, territorial safety management

For citation: Baturо A.N., Nicheporchuk V.V., Bytyzov S.Y., Gilek S.A. Fire situation management based on a risk-based approach // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2023. № 1 (28). p. 67-80. (In Russ.) [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.76.003](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2023.29.76.003).

Acknowledgments: the work carried out within the framework by the project of state task of the FRC KSC SB RAS program of fundamental research RF (reg. No 0287-2021-003).

Введение

Ключевым документом, определяющим долгосрочную стратегию деятельности органов управления по обеспечению природно-техногенной безопасности территорий, является Указ Президента Российской Федерации¹. Вместе с планомерным снижением числа чрезвычайных ситуаций (ЧС) и потерь от них к 2030 году количество техногенных и бытовых пожаров должно быть снижено на 10%, а число погибших в них на четверть по сравнению с 2019 годом. Решение такой сложной и многоаспектной задачи предполагает не только достойное ресурсное обеспечение противопожарных сил и средств, усиление пропаганды и надзорной деятельности, но и проведение научных исследований по повышению эффективности управления, в том числе с использованием современных информационных технологий.

Планирование и реализация стратегических мероприятий по улучшению пожарной обстановки проводится в непростых социально-экономических условиях. Острейший дефицит местных бюджетов, политика субсидирования мероприятий регионами усилила роль человеческого фактора в распределении ресурсов. Отток населения из малых населенных пунктов, прекращение деятельности производственных объектов в них привел к необходимости пересмотра системы противопожарного прикрытия территорий. Росту числа пожаров способствует замещение сельского населения миграция из Средней Азии, не имеющих навыков безопасного использования отопительных и тепло нагревательных приборов.

Перечисленные факторы и множество других показателей, характеризующих пожарную безопасность территорий, требуют формирования новых подходов к их мониторингу, оцениванию, обоснованию контрмер. Востребованы технологии распределённого сбора данных, разнопланового аналитического оценивания гетерогенных показателей, совершенствования организации взаимодействия различных ведомств, регулирующих социальные, финансовые и технические вопросы обеспечения пожарной безопасности. К сожалению, специалисты, регионального уровня решают, в основном, вопросы ежедневного контроля обстановки. Простое сравнение суммарного количества пожаров по территориям и периодам характеризует низкий уровень компетенций аналитиков, а использование фрагментарных статистических данных приводит к искажённой картине. Интеграция сведений о пожарах и их последствиях с характеристиками поднадзорных объектов, базой выданных предписаний не решена даже в рамках одного ведомства. В докладах конференции «Антитеррор» (Красноярск, май 2022), ряде других мероприятий подчёркивалась необходимость слаженной работы по обеспечению пожарной безопасности детских оздоровительных лагерей, садоводческих товариществ, других объектов и инфраструктуры. Комплексное управление пожарной безопасностью возможно в рамках единой распределённой информационной системы, реализующей весь функционал – от мониторинга до формирования (и объяснения) решений для любого уровня ТП РСЧС.

В работе предлагается модель оценки и управления территориальными пожарными рисками, увязывающая данные комплексного мониторинга с конкретными стратегическими решениями по обеспечению приемлемого уровня безопасности и учитывающая географические и социально-экономические особенности территорий. Проведена апробация модели оценки состояния безопасности и мер по её повышению для муниципальных образований Красноярского края.

¹ Указ Президента РФ от 16 октября 2019 г. № 501 «О Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года».

Методическое обеспечение программ обеспечения пожарной безопасности

В 2013 году введены в действие «Методические рекомендации по изучению пожаров», в которых подробно описан алгоритм работы с информацией о пожарах [1]. Состав данных дублирует карточки пожаров, однако форма представления не позволяет провести групповой анализ событий. Применение технологий семантического анализа текстов, извлечение смысла позволило бы сформировать интеллектуальный капитал, использовать ценную информацию для обучения пожарных, реализовать информационную поддержку действий караулов непосредственно в боевых действиях. Требуется реальный переход от документо-центричной модели деятельности противопожарных подразделений к управлению на основе данных [2]. Усложнение предметной области, рост числа нормативных и методических документов, регулирующих деятельность по обеспечению пожарной безопасности, не должно снижать эффективность управления. Цифровизация даёт шанс на изменение тренда снижения уровня компетенций, способностей находить оптимальные решения при дефиците ресурсов.

Согласно пункту 2.1 методических рекомендаций [3] «планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС, проводятся с учётом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения ЧС». Однако документ не содержит ссылок на правила и алгоритмы разработки целевых программ пожарной безопасности. Неопределённость формулировок, состава, источников данных характеристик территорий порождает произвольные трактовки решения задач планомерного снижения территориальных пожарных рисков.

Поиск баланса между количеством проверок юридических лиц и самостоятельным регулированием ими вопросов безопасности реализован в законодательстве о риск-ориентированном подходе². Согласно данному подходу, интенсивность проведения мероприятий по контролю при осуществлении государственного надзора определяется отнесением деятельности юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими производственных объектов к определённой категории риска либо определённому классу опасности. При масштабировании риск-ориентированного подхода на территориальный уровень кратно усложняются процессы идентификации рисков, сбора данных, количественного оценивания, формирования нормативных критериев состояния безопасности территорий [4, 5]. Выбор оптимальных превентивных мероприятий неразрывно связан с применением современных информационных технологий. Разнообразие средств представления данных, оценки достоверности исходной информации и результатов позволяют лицам, принимающим решения, детальнее осмыслить текущее и прогнозируемое состояние пожарной безопасности территорий, обосновать наиболее эффективные меры достижения целевых показателей.

Несмотря на востребованность исследований в сфере стратегического управления пожарной безопасностью на территориальном уровне, не удалось найти значимых научных публикаций, обосновывающих номенклатуру показателей и процессы выработки решений в нашей стране. Модель управления пожарной безопасностью территорий с учётом климатических факторов рассмотрена в работе [6]. Оценкой базовых рисков территорий, включающих природные, техногенные, социальные риски, занимаются разные группы исследователей. В ИМАШ РАН им. А.А. Благонравова (чл.-корр. РАН Н.А. Махутов) разработан метод количественного оценивания рисков создания и использования техники и технологий, возникновения аварий и катастрофических ситуаций, сопровождающихся гибелью людей, сокращением продолжительности жизни и ухудшением её условий, разрушением инфраструктуры и поражением природной среды [7, 8]. В качестве объектов территориального

² Федеральный закон от 26.12.2008 N 294-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля".

риск-анализа рассматриваются мегаполисы; промышленные агломерации; аграрные районы; арктическая зона с прилегающими акваториями; особо охраняемые природные территории и т.п.

Коллективом, возглавляемым профессором В.В. Москвичёвым (ФИЦ Информационно-вычислительных технологий), разработаны методики расчётов комплексных значений территориальных рисков. Обоснована необходимость развития многофункционального мониторинга территорий, включающего экологические, санитарно-эпидемиологические наблюдения, производственный контроль, сбор статистических данных о заболеваемости населения. В работе [9] приведены примеры информационной поддержки решений по проведению превентивных мероприятий, включая объёмы, приоритетность выполнения и ожидаемый эффект.

Специальные издания МЧС России, посвящённые планированию мероприятий по снижению риска ЧС, как правило, не содержат алгоритмов комплексной оценки состояния территорий. Например, в монографии [10] представлены общие рекомендации для муниципальных образований и приведено ранжирование территории Российской Федерации до уровней субъектов. Поскольку исходные данные отсутствуют в публичном доступе, воспроизвести или актуализировать результаты затруднительно.

Описание модели

Целью стратегического управления является планомерное снижение опасностей пожаров на разных объектах до приемлемого уровня. В отличие от объектов, для которых хорошо проработаны нормативные документы, расчётные методики и др.³, количественно определить приемлемый (или научно обоснованный) уровень территориальной безопасности) крайне сложно. Если использовать интервальную шкалу и обозначить границы интервалов как x_1, x_2, \dots, x_n , то вербальное определение уровней пожарной безопасности будет следующим:

x_1 – «значение» при отсутствии превентивных мероприятий имеет тенденцию к снижению в силу воздействия разных факторов, рассматриваемых далее;

x_2 – уровень безопасности, достигаемый «традиционными» способами планирования и контроля;

x_3 – уровень безопасности, который может быть достигнут с использованием риск-ориентированного подхода и информационных систем. Подход включает оценивание состояния безопасности территорий результаты которого используются для обоснования объёмов мероприятий, приоритетов их выполнения и ожидаемого эффекта;

x_4 – уровень безопасности территорий при отсутствии ограничений на ресурсы для его обеспечения.

Тогда качество информационной поддержки задачи повышения уровня пожарной безопасности территорий можно оценить, как рост величины x_3x_2 и снижение $x_4 - x_3$.

Предлагаемая модель оценки и управления пожарной безопасностью территорий является результатом синтеза двух известных методов: графического представления факторов рисков в виде диаграмм качества К. Исикавы [11] и метода оценки рисков «галстук-бабочка».

Диаграмма Исикавы – графический способ исследования и определения наиболее существенных причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации или проблеме. Она позволяет выявить ключевые взаимосвязи между различными факторами, ранжировать их по разным категориям, например, вкладу в комплексный показатель, неопределённости исходных данных и др. Метод применяется в инженерии знаний, для определения факторов, влияющих на развитие проблем, устранению их воздействия [12]. Математическое отношение факторов можно выразить в виде ориентированного графа с разными весами вершин.

³ Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

На основе диаграмм проведены исследования состояния пожарной безопасности территорий Красноярского края. Построены также отношения факторов для базовых рисков, проведён комплексный анализ факторов, оценка влияния их на вероятность возникновения масштаб и негативных событий. Сформированы рекомендации по оптимизации системы комплексного оперативного мониторинга, организации межведомственного информационного обмена, созданию озера данных, координации ведомств для реализации государственных программ.

Метод анализа «галстук-бабочка» (Bow Tie Analysis) используется с целью разработки мер управления профессиональными рисками⁴. Он предполагает предварительное выявление опасностей и возможных опасных ситуаций и их источников. Данный вид анализа описывает пути развития опасных событий от причин до последствий при помощи схемы с указанием барьеров (мер управления и/или контроля) между причинами и опасными событиями, а также опасными событиями и их последствиями. При этом опасные события отображаются в виде центрального узла «галстука-бабочки». Данный метод рекомендуется применять для оценки рисков на уровне проекта/отдела, для конкретного оборудования или процесса. На основе результатов анализа обычно принимаются решения на тактическом или операционном уровнях для рисков, действующих в среднесрочном и краткосрочном временном диапазоне.

Кроме нормативно установленной локальной сферы применения метода он масштабируется и на уровень территорий. Левая часть представляет факторы, способствующие возникновению и эскалации пожаров, правая – управляющие воздействия, нивелирующие влияние факторов. Такое представление позволяет планировать предупредительные мероприятия, в числе которых пропаганда, надзор, повышение готовности реагирования на основе количественных расчётов территориального пожарного риска. Кроме этого, управление безопасностью в общем виде хорошо иллюстрирует и организация продукционной базы знаний. В левой части «ЕСЛИ» сгруппированы утверждения, характеризующие ситуацию, а в правой «ТО» – действия по её приведению в норму.

Поскольку количество факторов, влияющих на величину пожарного риска довольно велико, целесообразно введение классификации, упорядочивающей процессы анализа и формирования решений. В работе [13] с этой целью информационные ресурсы R , используемые информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, описаны двумя подмножествами S, D , где $S, D \subset R$; S – виды информационных ресурсов, используемых для информационной поддержки управления безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения (сведения); D – виды информационных ресурсов, используемых в информационно-аналитических системах поддержки управления (данные).

Множество $S = O_1 \cup O_2 \cup O_3$, где O_1 – потенциально опасные процессы; O_2 – защищаемые объекты; O_3 – объекты управления (подразделения противопожарной охраны, элементы территориальной подсистемы РСЧС). Через опасные процессы O_1 можно представить опасные события $E = O_1(\Delta t)$ – описание пожара за период времени Δt и обстановку $ST = \langle O_1(t), O_2(t), O_3(t) \rangle$ – кортеж состояний характеристик территорий в конкретный момент времени. При оценивании безопасности объектов и территорий используется аналогичное разделение критериев состояния на «опасность», «уязвимость», «защищённость» [8].

Множество $D = \{d_1, d_2, \dots, d_5\}$, где d_1 – системообразующие элементы (справочники, классификаторы, реестры); d_2 – описание объектов; d_3 – описание процессов; d_4 – пространственные данные; d_5 – данные, используемые для управления процессами. При этом допускается пересечение элементов множества D .

⁴ ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска». Утверждён и введён в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2019 г. № 1405-ст.; Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков»

Графические представления метода управления пожарными рисками

Информационная поддержка управления включать процессы сбора, хранения и обработки данных с целью формирования решений о составе, приоритетности проведения превентивных мероприятий с расчётом необходимых ресурсов и ожидаемого эффекта. Модель позволяет проводить оперативные расчёты содержания и последствий разных вариантов решений, а также возможности сохранения в формализованном виде результатов реализации принятых решений. Такая «двухзвенная» архитектура необходима при формировании обучающих датасетов для интеллектуальных технологий и перевода уникальных решений, выработанных группами экспертов, в категорию типовых.

Количественное обоснование выбора места и объёмов проведения мероприятий по предупреждению ЧС и уменьшению их масштабов, является отображением оценок территориальных рисков. Использование в процессе оценивания больших объёмов данных комплексного мониторинга и методов аналитической обработки позволяет снизить вклад субъективного мнения экспертов. Применение консолидированных информационных ресурсов минимизирует неэффективные стратегические решения по снижению территориальных и объектовых рисков ЧС, полученных с помощью ограниченного объёма исходных данных.

Системное исследование факторов рисков детализирует факторы, их вклад в общее значение территориального риска, определяет требования к информационным ресурсам. Аналитическое оценивание позволяет количественно обосновать превентивные мероприятия по снижению рисков и приоритетности их выполнения.

Стратегическое управление базовыми рисками территорий основывается на построении и анализе модифицированных диаграмм. Здесь элементы множества S представлены форме: внизу $O1$ – факторы опасности; $O2$ – факторы уязвимости защищаемых объектов и территорий, требующие снижения; вверху $O3$ – силы и средства единой системы предупреждения и ликвидации ЧС (объекты управления), обеспечивающие повышение защищённости. Также вверху показана группа, дополняющая множество S – «Человеческий фактор». Расположение над осью показывает цель превентивных мероприятий – повышение культуры безопасности [14].

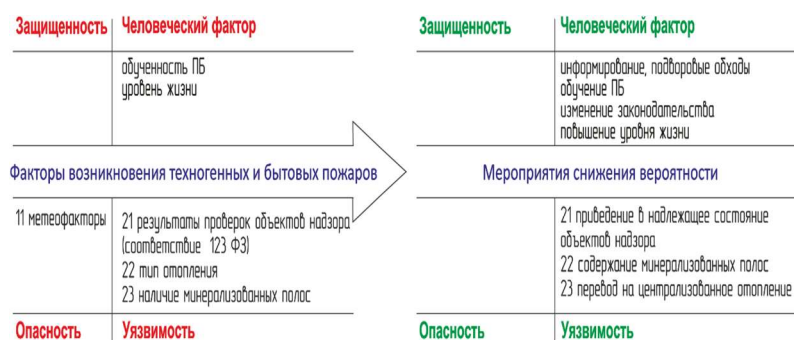


Рис. 1. Схема управления риском возникновения пожаров

Первая цифра в двузначной нумерации факторов показывает отношение к элементам множества S , вторая – порядок или приоритетность фактора в группе.

Поскольку факторы рисков возгорания и потерь не совпадают, целесообразно исследовать их в отдельности (Рис. 2). Например, характеристики элементов O_3 не влияют на вероятность возникновения пожаров. Следовательно, группа «Защищённость» остаётся не заполненной.



Рис. 2. Схема управления риском эскалации пожаров

На данной схеме группа «Уязвимость» имеет тройную нумерацию. Перечислены характеристики объектов и территорий в целом. Первые наиболее важны для городов, в которых имеется большое количество объектов с массовым пребыванием людей, промышленных площадок.

Приведённые схемы позволяют определить структуру данных мониторинга пожарной обстановки, включающую формы донесений и отчётности, а также систематизировать управленческие действия. Качественное описание исходного и конечного звена информационных процессов поддержки принятия решений необходимо для обоснования методов и технологий сбора, обработки и интерпретации информации, верификации и дополнения машинных решений экспертными оценками.

Использование универсальных схем для всех видов пожаров редуцирует исследования факторов и управляющих воздействий. Поэтому целесообразно их разделение по видам (бытовые/техногенные); по месту возникновения (городские агломерации/сельские территории), по сезону (окончание весны/остальные месяцы). Такое разделение способствует более детальному изучению конкретной проблемы, сосредоточению на сборе, верификации данных о конкретных факторах, расчётам и обоснованию объёмов контрмер и потребности в ресурсах.

При проработке предлагаемой методики до детерминированных алгоритмов возможна реализация способов управления отдельными видами событий, например, пожарами в местах массового пребывания людей, массовыми пожарами деревянной застройки и др. Применение средств Data Mining для работы со статистической базой большого объёма является основой построения и апробации качественно новых моделей управления пожарной обстановкой [15-17]. Например, часть показателей, используемых в расчётах пожарных рисков объектов, можно использовать и для территорий. Однако это правило не относится к действиям по управлению. Если состояние объекта не соответствует законодательно установленным нормам, то его функционирование приостанавливается до устранения нарушений. Результаты мероприятий для территорий не столь очевидны, поскольку имеют вероятностный характер и отложенный эффект. Поскольку одновременно исправить ситуацию с высоким риском пожаров сложно, имеет смысл определение нескольких критериев нормы в зависимости от характеристик территорий.

Информационная база поддержки принятия решений

Определим состав информационных ресурсов, необходимых для реализации модели.

Системообразующие ресурсы включают «стандартный набор» справочников, классификаторов и реестров типовой системы поддержки принятия решений. Это классификатор кодов административно-территориального деления (ОКАТО), справочники единиц измерения, огнетушащих веществ, пожарной техники, специальностей личного состава, видов формирований и др. Кроме этого, модель включает справочки для расшифровки полей карточек пожаров, анализа статистических и оперативных данных пожаров, и возгораний. Примерный перечень используемых реестров: противопожарные формирования, объекты

надзора по категориям, экстренные службы и т.п. ресурсы, обновляемые с заданной периодичностью (сутки, неделя). В реестры включены элементы паспортов безопасности территорий: данные о количестве и численном составе проживающих в населённых пунктах (НП), находящихся на объектах круглосуточного пребывания, сведения о характере застройки НП и коммуникациях.

Факторы пожаров, показанные на рис. 1 и рис. 2, сведены в табл. 1.

Табл. 1. Источники данных для количественной оценки опасных факторов

Фактор		Источник данных
Факторы возникновения пожаров		
11	Погодные условия	Данные Global Forecast System (GRS) о текущих метеофакторах и их прогноз до 10 суток [18]
21	Результаты проверок объектов надзора	База данных Госпожнадзора (программа «Электронный инспектор»)
21	Результаты проверок жилого сектора	Отчёты о работе инспекторов
22	Тип отопления	Кадастровые данные о застройке. Ранжирование пожарных рисков на основе экспертного оценивания
23	Состояние минерализованных полос	Противопожарные паспорта НП, отчёты о подготовке к лесопожарному сезону
	Обученность пожарной безопасности	Данные учебно-методических центров и институтов развития. Ранжирование объёма знаний на основе экспертного оценивания
	Уровень жизни	Интегральный показатель. Вычисляется по сводным данным социально-экономического развития [19]
Факторы эскалации пожаров		
211	Водоисточники	Сведения паспортов безопасности территорий, данные мониторинга ресурсных организаций
212	Автомобильные дороги	Сведения подразделениями министерства транспорта
213	Связь	Данные министерства цифрового развития
221	Результаты расчётов рисков	Документы проверок пожарной безопасности объектов
22х	Состояние систем пожаротушения	То же
3х	Характеристики формирований	Интегрированные данные суточной строевой записки. Сведения паспортов безопасности территорий
	Обученность поведению в пожаре	Данные учебно-методических центров и институтов развития. Ранжирование на основе экспертного оценивания

В табл. 1 проиллюстрированы комплексные показатели, для оценки которых разработаны специальные технологии сбора и обработки атомарных данных. Например, качество автомобильных дорог выражается через отношение протяжённости магистралей с усовершенствованным и твёрдым покрытием к общей длине. Подразделения министерства транспорта в Красноярском крае ведут оперативный мониторинг состояния покрытия, дорожных сооружений с высокой степенью точности. Это позволяет строить прогнозные модели, оценивать время реагирования экстренных служб с учётом сезона, времени суток, погодных условий и других факторов.

Для сбора всего массива показателей за длительный период в однородном виде и с детализацией до уровня муниципальных образований и населённых пунктов необходимо решить проблему информационного взаимодействия ведомств. Несмотря на высокую востребованность информации о социально-экономических характеристиках населённых пунктов и муниципалитетов, план статистических наблюдений Росстата предусматривает работу только с агрегированными данными по регионам в целом. Ресурсные организации, особенно в крупных городах, неохотно предоставляют данные о наличии и работоспособности водоисточников.

Управляющие воздействия и их характеристики показаны в табл. 2.

Табл. 2. Мероприятия обеспечения пожарной безопасности территорий

Фактор		Целевое значение норматива
Факторы возникновения пожаров		
21	Организация информирования	Количество тематических сельских сходов, подворовых обходов. Тираж памяток
	Обучение	Человек на 10 тыс. населения, процент руководящего состава
	Контроль устранения нарушений пожарной безопасности	Средний и максимальный срок
	Организация проверок состояния пожарной безопасности O_2	Количество плановых и внеплановых проверок
	Деятельность дознавателей Лицензирование деятельности организаций	Количество возбуждённых дел по фактам правонарушений Динамика выдачи, отзыва, продления лицензий
Факторы эскалации пожаров		
41	Создание формирований	Отношение числа формирований к численности населения
43	Техническое оснащение, расходные материалы	Готовность тушения пожаров повышенного ранга
211	Обустройство и содержание водоисточников	Количество, распределение по территории НП, процент неисправных
212	Улучшение состояния дорожной сети	Время реагирования на пожар в наиболее удалённых O_2
213	Цифровизация отдалённых населённых пунктов	Процент поселений с устойчивой связью
22х	Обустройство противопожарных систем	Динамика работ, оснащённость объектов

Управляющие воздействия представляет собой сравнительно небольшой перечень. При появлении «прорывных» методов и технологий их можно использовать в качестве превентивных мероприятий. В настоящее время реально добиться повышения пожарной безопасности за счёт системной и планомерной реализации общеизвестных мероприятий с максимизацией эффективности расходования ресурсов. Задача рационального расходования ресурсов решается в рамках данной модели. Использование технологий аналитической обработки позволяет учесть неопределённость некоторых факторов и их влияние на содержание управленческих решений.

Применение методов интегрального оценивания состояния безопасности территорий

Технологии консолидации данных комплексного мониторинга, включающие процедуры импорта, очистки, контроля и преобразования, описаны в работе [20]. Применение средств интеллектуального анализа данных позволяет формировать решения не только на основе Атласа рисков пожаров [21] и результатов ранжирования территорий по конкретному показателю (наблюдаемому или вычисляемому), а использовать мощный инструментарий аналитического исследования. Информационные ресурсы, формируемые в процессе комплексного мониторинга, позволяют создавать формализованное описание состояния пожарной безопасности территорий, а также создавать «цифровой портрет» деятельности противопожарных формирований и территориальной подсистемы РСЧС в целом за длительный период функционирования. Объём и полнота информационной базы позволяют учитывать предыдущий опыт предупреждения пожаров, соотношение предотвращённого ущерба и затрат ресурсов.

Контроль данных необходим для оценки качества информационных ресурсов (период наблюдений, наличие пробелов, аномалий и т.п.), влияющих на достоверность используемых статистических методов оценивания. Динамическое представление результатов оценивания рисков с применением различных технологий анализа (агрегирование, детализация, фильтрация, кластеризация) и визуализации (кросс-таблицы, картограммы, карты данных, инфографика) позволяет повысить информативность оценок, улучшить их восприятие, а также адаптировать к конкретным задачам управления и уровню компетентности лиц, принимающих решения.

На основе многолетних данных комплексного мониторинга обстановки и каталогов событий построены картограммы распределения рисков территорий Красноярского края с детализацией до муниципальных районов, населённых пунктов. Результаты оценок использованы при формировании целевой программы обеспечения пожарной безопасности. Основные мероприятия программные и роль информационного обеспечения показаны на рис. 3. Связь объектов онтологии с таблицами факторов/мероприятия выражена через массив показателей, детализированных до уровня муниципалитетов, а при необходимости – более мелких территориальных единиц.

Оценки состояния пожарной безопасности территорий на основе приведённого информационного обеспечения используются при обосновании размещения вновь создаваемых противопожарных формирований O_3 , контроля работоспособности и обустройства источников водоснабжения, оборудования защищаемых объектов O_2 противопожарной сигнализацией, проведения обучения населения и др. [22]. Тот же состав целесообразно использовать для оценки эффективности уже действующей системы обеспечения пожарной безопасности.

Обсуждение

Полноценная реализация модели возможна при выполнении условий структурной, информационной и вычислительной полноты.

Структурная полнота должна обеспечиваться содержанием диаграмм. Все факторы опасности выявляются и классифицируются по элементам множества S . Сюда же относится процесс детализации факторов до атомарных показателей. Перечень управляющих воздействий определяется на основе нормативных, методических документов и описаний конкретных ситуаций.

Информационная полнота – характеристика объёма и качества используемых данных. Описание опасных ситуаций и процессов d_3 , мероприятий d_5 должно иметь статистически достоверную темпоральную глубину (10 и более лет). При этом следует учитывать «тяжёлые хвосты» F/N–распределения для крупных пожаров. Сбор, формализация данных о факторах и мероприятиях, приведение их к числовому виду является сложной исследовательской и технологической задачами. Начинать практическое использование модели следует наполнив информационную базу экспертными оценками для сложно определяемых факторов. Повышение достоверности исходных данных при этом достигается как путём расширения круга экспертов, так и постепенной заменой субъективных оценок показателями мониторинга. Например, качество обучения можно оценить по количеству часов на теорию и практическую отработку навыков, виду выпускного контроля и т.п.

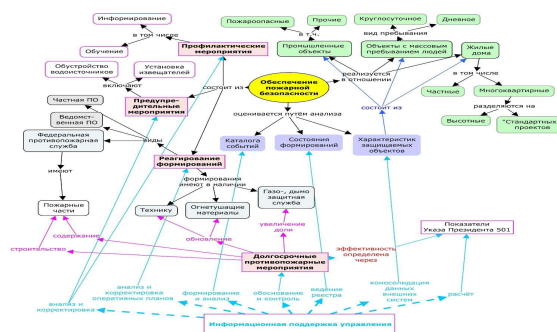


Рис. 3. Онтология информационной поддержки управления пожарной обстановкой

Вычислительная полнота заключается в возможности получения количественных оценок рисков и эффективности мероприятий по их снижению. В модели она обеспечивается применением методов интегрального аналитического оценивания состояния территорий, например [23, 24].

Поскольку задача разработки/корректировки целевых программ и решается примерно раз в год, в остальное время должен реализован процесс сбора данных с учётом требований

по их актуализации, построения аналитических моделей, исследования методов уменьшения неопределённостей и неоднозначного понимания показателей, зависимостей, выводов. В дополнение к исходным данным целесообразно использовать результаты деятельности по обеспечению пожарной безопасности, данные регионов-аналогов.

Заключение

Предложена новая методология анализа и управления территориальными пожарными рисками, связывающая мониторинг опасных факторов с конкретными мероприятиями превентивного характера. Систематизация факторов позволяет обосновать структуру данных мониторинга, использовать технологии анализа данных и визуализации результатов в зависимости от задач управления. Применение методов интегрального оценивания даёт возможность расчёта вкладов разнородных показателей, характеризующих опасности, уязвимость и защищённость объектов и инфраструктуры в комплексный показатель состояния безопасности территорий.

Модель позволяет итерационно увеличивать число объективных показателей, используемых в принятии стратегических решений, уменьшая при этом вклад экспертных рассуждений. Формируемые информационные ресурсы в сочетании с универсальными методами доступа могут использоваться и для других задач управления: при оперативном реагировании, подборе территорий и ситуаций-аналогов при разработке планов ликвидации пожаров различной сложности. Для обеспечения информационной полноты необходима аккумуляция знаний d_5 , перевод их в машиночитаемый вид. Нормативно-правовая база, обеспечивающая данный процесс, подготовлена на федеральном уровне с принятием стратегии и программ цифровизации экономики и государственного управления. Практическое внедрение модели должна обеспечить цифровая трансформация бизнес-процессов территориальных органов управления и ведомств, в функции которых входит обеспечение пожарной безопасности территорий.

Список источников

1. Методические рекомендации по изучению пожаров. Письмо МЧС России от 27.02.2013 № 2-4-87-2-18. [Электронный ресурс] URL: <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-izucheniuiu-pozharov-utv-mchs-rossii-27022013/> (Дата обращения 07.02.23)
2. Порошин А.А., Власов К.С., Данилов М.М. Цифровизация – это не столько технология, сколько смена мышления. Некоторые вопросы совершенствования обучения сотрудников МЧС России. / Международ. Научно-практ. конф. «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. СПб, 2019. – С. 77-81.
3. Методические рекомендации для органов исполнительной власти субъектов РФ по вопросу обеспечения осуществления мер, направленных на повышение готовности субъектов РФ к реагированию на крупномасштабные чрезвычайные ситуации и пожары. (утв. МЧС России) [Электронный ресурс] URL: <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-dlja-organov-ispolnitelnoi-vlasti-subektov/> (Дата обращения 21.01.23)
4. 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.
5. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Комплексный анализ факторов территориальных рисков // Проблемы анализа риска, 2019. Т.16. № 4. – С. 52-62. DOI: 10.32686/1812-5220-2019-16-4-0-0
6. Батуро А.Н., Техтереков С.А., Мартинович Н.В., Иванов Д.В. Регламент выполнения противопожарных мероприятий в зависимости от прогнозируемой пожарной опасности // Интернет-журнал «Науковедение», 2014. № 3 (22). – С. 94.
7. Кузык Б.Н., Махутов Н.А., Абросимов Н.В., Ремыга Н.В. Системные стратегические риски и приоритеты прогнозного социально-экономического и научно-технологического развития России до 2030 года. – М.: ИНЭС РАН, ИМАШ РАН, 2012. – 78 с.

8. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. – Новосибирск: Наука, 2017. – 724 с.
9. Москвичёв В.В., Ничепорчук В.В., Потапов В.П., Тасейко О.В. Цифровой паспорт безопасности территории. Вычислительные технологии. 2021; 26(6): 110-132. DOI:10.25743/ICT.2021.26.6.008
10. Арефьева Е.В., Крапухин В.В., Олтян И.Ю., Котосонова М.Н., Артюхин В.В. Устойчивость муниципальных образований Российской Федерации в условиях изменения климата: Монография / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС, (ФЦ), 2022. – 140 с.
11. Исикава К. Японские методы управления качеством - М: «Экономика», 1988 г., 214 с.
12. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. – СПб.: Лань, 2022. – 324 с.
13. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Архитектура территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. 2018, № 2. С. 35-41.
14. Безопасность России. Человеческий фактор в проблемах безопасности. – М.: МГОФ «Знание», 2008. – 688 с.
15. Приказ МЧС России от 24.12.2018 № 625 «О формировании электронных баз данных учёта пожаров и их последствий». [Электронный ресурс] URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-24.12.2018-N-625/> (Дата обращения 22.01.2023)
16. Чубукова И.А. Data Mining. – М.: Нац. открытый ун-т "ИНТУИТ", 2016. – 320 с.
17. Е.Н. Матеров и В.В. Ничепорчук, Использование инструментов интеллектуального анализа в управлении безопасностью // CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org) T.3047. ISSN 1613-0073 The 2nd Siberian Scientific Workshop on Data Analysis Technologies with Applications (SibDATA 2021). Красноярск, Россия, 25.06.2021. Pp. 86-92. DOI:10.47813/sibdata-2-2021-12.Global Forecast System (GFS). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs> (дата обращения 25.01.23)
18. Пенькова Т.Г., Метус А.М., Ничепорчук В.В., Морозов Р.В. Проектирование интернет-платформы для формирования рейтинговых оценок качества жизни муниципальных образований региона // Информатизация и связь, 2022. № 1.- С. 82-87 DOI:10.34219/2078-8320-2022-13-1-82-87
19. Korobko A.A., Korobko A.V. Software platform for building model-driven primary data consolidation systems. Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. p. 32056.
20. Атлас рисков пожаров на территории в Российской Федерации / Под общей редакцией С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2011. – 450 с.
21. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Евсюков А.А., Морозов Р.В., Марков А.А. и др. Применение экспертной ГИС для анализа пожарной обстановки в Красноярском крае. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2009. № 2. – С. 75-85.
22. Пенькова Т.Г., Метус А.М., Ничепорчук В.В. Метод интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территорий (на примере Красноярского края) // Проблемы анализа риска, 2018. Т.15. № 5. – С. 16-25. DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-5-16-25
23. Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Мета-модель детализации интегральных оценок для определения причин состояния природно-техногенной безопасности территорий // Информатизация и связь, 2022. № 5.– С. 14-20. DOI:10.34219/2078-8320-2022-13-5-14-20

List of sources

1. Methodological recommendations for the study of fires. Letter of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 27.02.2013, No. 2-4-87-2-18. [Electronic resource] <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-izucheniiu-pozharov-utv-mchs-rossii-27022013/> (Accessed 07.02.23).

2. Poroshin A.A., Vlasov K.S., Danilov M.M. Digitalization is not so much a technology as a change of mindset. Some issues of improving the training of employees of the Ministry of Emergency Situations of Russia./ International Scientific and Practical Conference "Training of personnel in the system of prevention and elimination of consequences of emergency situations" St.Petersburg, 2019.- p.77-81.
3. Methodological recommendations for the executive authorities of the subjects of the Russian Federation on the issue of ensuring the implementation of measures aimed at increasing the readiness of the subjects of the Russian Federation to respond to large-scale emergencies and fires. (approved by Emercom of Russia) [Electronic resource] URL: <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-dlja-organov-ispolnitelnoi-vlasti-subektov/> (Accessed 21.01.23).
4. Nicheporchuk V.V., Pen'kova T.G. System of analytical indicators for strategic control of natural and man-made safety of territories // Problems of risk analysis, 2018/Vol.15 № 1. p.34-41.
5. Nicheporchuk V.V., Pen'kova T.G. Complex analysis of territorial risk factors // Problems of risk analysis 2019m Vol.16. No. 4. – p. 52-62. DOI: 10.32686/1812-5220-2019-16-4-0-0.
6. Батуро А.Н., Техтереков С.А., Мартинович Н.В., Иванов Д.В. Regulations for the implementation of fire-fighting measures depending on the predicted fire danger // Online magazine "Naukovedenie", 2014. № 3 (22). – p. 94.
7. Kuzyk B.N., Makhutov N.A., Abrosimov N.V., Remyga N.V. Systemic strategic risks and priorities of the forecast socio-economic, scientific and technological development of Russia until 2030. - M.: IMASH RAN, INEOS RAS, 2012. – p.78
8. Makhutov N.A. Security and risks: system research and development. – Novosibirsk: State Unitary Enterprise Akademizdatssentr Nauka RAN OP "Siberian book-publishing firm "Nauka" 2017. – 724 p.
9. Moskvichev V.V., Nicheporchuk V.V., Potapov V.P., Taseyko O.V. Digital security passport of the territory. Computing technologies. 2021; 26(6): 110-132. DOI:10.25743/ICT.2021.26.6.008
10. Arefyeva E.V., Krapukhin V.V., Oltyan I.Yu., Katasonova M.N., Artyukhin V.V. Устойчивость муниципальных образований Российской Федерации в условиях изменения климата: Monograph EMERCOM of Russia. M.: FC VNII GOChS Emercom of Russia, 2022. – 140p/
11. Ishikawa K. Japanese methods of quality management. – M: Economy, 1988. – 214 p.
12. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I. Engineering of knowledge. St.petersburg, Lan Publishing House, 2022. – 324 p.
13. Nicheporchuk V.V., Nozhenkov A.I. Architecture of the territorial emergency monitoring system // Informatization and communication. 2018, No. 2. p. 35-41.
14. Security of Russia. The human factor in security problems.-M.IHPF, 2008.-688p.
15. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 625 dated 24.12.2018 "On the formation of electronic databases for accounting for fires and their consequences". [Electronic resource] URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-24.12.2018-N-625/> (Accessed 22.01.2023)
16. Chubukova I.A. Data Mining. Publishing house. National Open University "INTUIT",2016. – 320 p.
17. Evgeniy Materov and Valeriy Nicheporchuk Using Tools of Intellectual Analysis in Area Safety Management // CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org) Vol. 3047. ISSN 1613-0073 The 2nd Siberian Scientific Workshop on Data Analysis Technologies with Applications (SibDATA 2021). Krasnoyarsk, Russia, June 25, 2021. Pp. 86-92. DOI:10.47813/sibdata-2-2021-12.
18. Penkova T.G., Metus A.M., Nicheporchuk V.V., Morozov R.V. Designing an Internet platform for the formation of rating assessments of the quality of life of municipalities in the region) // Informatization and Communication,2022.No.1.-p. 82-87 DOI:10.34219/2078-8320-2022-13-1-82-87.
19. Korobko A.A., Korobko A.V. A software platform for constructing model-driven systems for primary data consolidation. Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. Pp. 32056.

20. Atlas of fire risks on the territory of the Russian Federation / Under the general editorship of S.K. Shoigu. – М.: CPI "Design. Information. Cartography", 2011. – 450 p.

21. Nozhenkova L.F., Nicheporchuk V.V., Evsyukov A.A., Morozov R.V., Markov A.A., etc. The use of expert GIS for the analysis of the fire situation in the Krasnoyarsk Territory. // Problems of safety and emergency situations, 2009. No. 2. – p. 75-85.

22. Penkova T.G., Mettus A.M., V. Nicheporchuk.V. Method of integral analytical assessment of natural and technogenic safety of territories (on the example of the Krasnoyarsk Territory) // Problems of risk analysis, 2018. Vol.15. No. 5. – p. 16-25. DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-5-16-25

23. Penkova T.G., Nicheporchuk V.V. Metamodel of detailing integral assessments for determining the causes of the state of natural and technogenic security of territories // Informatization and Communications, 2022. No. 5.– p. 14-20. DOI:10.34219/2078-8320-2022-13-5-14-20

Информация об авторах

А.Н. Батуро - кандидат технических наук, доцент

В.В. Ничепорчук - доктор технических наук

С.Ю. Бутузов - доктор технических наук, профессор

Information about the authors

A.N. Baturo - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

V.V. Nicheporchuk - Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science)
in Engineering Sciences

S.Y. Bytyzov - Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science)
in Engineering Sciences, Full Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 01.02.2023; принята к публикации 21.02.2023.

The article was submitted 25.01.2023; approved after reviewing 01.02.2023; accepted for publication 21.02.2023.