

Научная статья
УДК 004:005.584.1:502/504
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.56.72.004

Информационная поддержка управления пожарными рисками сельских территорий

Валерий Васильевич Ничепорчук¹

Светлана Владимировна Кобыжакова²

¹Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий (ФИЦ ИВТ), Красноярск, Россия

²Институт вычислительного моделирования СО РАН (ИВМ СО РАН), Красноярск, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-5365-1307>

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

Аннотация: Разработана структура информационных ресурсов для решения задачи повышения защищённости сельских и пригородных территорий от пожаров, включая планирование, обоснование и контроль мероприятий по выполнению требований пожарной безопасности в Российской Федерации. Для использования формализованных данных в процессах информационной поддержки формирования решений приведено краткое описание организационной модели управления. Совместное использование структурированных данных и сервисов интеллектуальной обработки позволит повысить эффективность функционирования органов управления в сфере обеспечения безопасности.

Ключевые слова: пожары, сельские территории, превентивные мероприятия, задачи управления, информационные ресурсы, организационная модель управления

Для цитирования: Ничепорчук В.В., Кобыжакова С.В. Информационная поддержка управления пожарными рисками сельских территорий // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 66-74. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.56.72.004>.

Original article

Information support for fire risk management in the rural areas

Valery V. Nicheporchuk¹

Svetlana V. Kobyzhakova²

¹Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Krasnoyarsk, Russia

²Institute of Computation Modeling SB RAS (IVM SB RAS), Krasnoyarsk, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-5365-1307>

Corresponding author: Valery V. Nicheporchuk, valera@krasn.ru

Abstract: In this paper we suggest a new solution to the problem of increasing the protection for rural and suburban areas from fires is based on structuring information resources. This allows for effective planning, justification and control of activities to comply with fire safety requirements. The organizational management model shows the use of formalized data for information support of decision making. The joint use of structured data and intelligent processing services will improve the efficiency of governing for the territorial safety.

Keywords: fires, rural areas, preventive measures, management tasks, information resources, organizational management model

For citation: Nicheporchuk V.V., Kobyzhakova S.V. Information support for fire risk management in the rural areas // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024. № 3 (34). С. 66-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.56.72.004>.

Введение

Информационная поддержка задач обеспечения безопасности территорий относится к сложным задачам управления [1,2]. В отличие от технических систем, большинство решений принимается в условиях частичной неопределённости условий и ожидаемых результатов. Это обусловлено естественными причинами, параметры которых невозможно учесть или измерить с приемлемой точностью (например, человеческий фактор), а также несовершенством методов обработки информации и принятия решений. Концептуально процесс управления включает мониторинг управляемой системы и внешних факторов, воздействующих на систему; трансформацию данных в решения; реализацию решений с обратными связями, включающей контроль качества выполнения и эффект управления. Для автоматизации перечисленных процессов используется широкий спектр технологий проектирования и построения информационных систем.

Автоматизированные системы управления производствами применяются с середины прошлого века. Развиваются методы принятия решений по комплексному развитию территорий [3]. Машинное формирование решений по оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации (ЧС) реализовано лишь частично для некоторых видов стихийных бедствий и техногенных катастроф [4]. В условиях дефицита времени на осмысление ситуации и сбор дополнительной информации, большой цены ошибочных решений, востребованы информационно-справочные и консультативные системы, позволяющие в основных чертах описать динамику опасных факторов и последствий их реализации, характеристики уязвимости защищаемых объектов, готовность сил и средств экстренного реагирования [5].

Процессы формирования решений по предупреждению ЧС практически не автоматизированы. В виду уникальности объектов управления и принимаемых решений, процессы их формирования трудно поддаются алгоритмизации. Решение проблемы дефицита размеченных данных с гарантированной достоверностью отроет перспективы применения технологий интеллектуальных систем. Практика применения таких систем в других сферах (медицина, энергетика) показывает эффективность машинного принятия в условиях частичной неопределённости [6-8].

Эффективность разработки и эксплуатации систем поддержки принятия решений и формирования информационных ресурсов во многом зависит от гибкости бизнес-процессов управления. Сложность цифровизации территориального управления заключается в необходимости гармонизации нормативно-правовой базы (НПБ), определяющей стандарты управления и требования к решениям, а также необходимости принятия согласованных и коллективных решений. Это характерно как при ликвидации масштабных ЧС, так и при формировании стратегических решений по защите территорий, реализуемых в длительной перспективе. Формализация описаний процессов и объектов позволяет достичь синергетического эффекта решения технических и организационных проблем, максимального использования преимуществ цифровизации управления.

В работе предложена структура гетерогенных данных для информационной поддержки управления пожарными рисками сельских и пригородных территорий. Для алгоритмизации процессов обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и территорий, обоснования методов формирования решений с использования формализованных данных рассмотрена организационная модель управления.

Информационная обеспеченность превентивного управления пожарной обстановкой

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает минимально необходимые требования пожарной безопасности к объектам защиты. В их число включены здания, сооружения, производственные объекты и др. Требования пожарной безопасности, определяющие порядок поведения людей, порядок организации производства, содержание территорий, зданий, сооружений, помещений, готовой продукции в целях обеспечения пожарной безопасности установлены Правилами противопожарного режима в Российской Федерации, утверждёнными Постановлением Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479. В этих актах приведён подробный перечень мероприятий по предупреждению пожаров и снижению масштаба последствий от них для объектов и территорий.

В приложении к Правилам установлена форма *противопожарных паспортов* территорий, включая поселения, садоводства, детские оздоровительные лагеря и другие защищаемые объекты. Содержание и представление данных не позволяет решать задачи управления пожарными рисками. Для планирования деятельности на муниципальном и региональном уровнях требуется анализ отдельных характеристик защищаемых объектов, сделать который на основе десятков файлов формата .pdf затруднительно. В настоящее время параметры защищённости паспортов содержат минимум числовых показателей, что затрудняет определение и использование нормативов и критериев оценки. Для уменьшения субъективных факторов, повышения обоснованности и транспарентности решений необходима конкретизация показателей и алгоритмов, на основе которых решаются задачи управления.

Целью превентивного управления является обеспечение требований законодательства в области пожарной безопасности, включая приведение в соответствие нормативам характеристик поселений, защищаемых объектов и формирований. При ограничении на ресурсы необходимо обоснование приоритетности выполнения по видам мероприятий и территориям их реализации.

В настоящее время хорошо разработаны многокритериальные методы принятия решений в разных условиях: когда определены все факторы; а также при частичной и полной неопределённости [9]. Для корректного обоснования наилучшего решения из имеющегося набора вариантов помимо математического аппарата требуются полные, достоверные и актуальные данные, характеризующие ситуацию, а также технологии многофункционального анализа. Поскольку принимаемые в сфере обеспечения безопасности решения относятся к критически важным, необходимо применение методов трассировки алгоритмов формирования решений динамической визуализации результатов для понимания логики машинного решения задач управления решениями.

Тренд на накопление обучающих данных, заданных нейронными сетями, реализуется в интеллектуальных системах, реализуемых по другим технологиям. Для реализации справочных, консультационных, экспертных и других систем информационной поддержки необходимо использование всех элементов управления: *полных* наборов исходных данных, алгоритмов их обработки, принятых решений. Структура перечисленных элементов должна иметь машиночитаемый вид и при этом понятна всем пользователям интеллектуальных систем.

Структурирование данных для управления пожарными рисками

Структура информационных ресурсов для оценки состояния защищаемых объектов, планирования предупредительных мероприятий и мониторинга их выполнения показана на Рис.1. Это альтернатива используемым противопожарным паспортам территорий. Формализованные данные, аналитическое и картографическое моделирование предназначены для автоматизации контроля подготовки к весенне-летнему пожароопасному периоду, надзора за выполнением требований Правил, реализации информационной поддержки стратегических мероприятий в долгосрочной перспективе. Использование процедур агрегации применяется для

масштабирования данных при решении задач управления на уровнях субъекта РФ и выше по иерархии РСЧС.

Множество логических связей между сущностями позволяет строить разные аналитические модели для оценки защищённости территорий, эффективности управления, стратегического планирования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и др. Связи таблиц определены ключевыми полями РК и FK. Основная таблица содержит первичный ключ РК, зависимая вторичный – FK. Они обеспечивают логическую целостность данных.

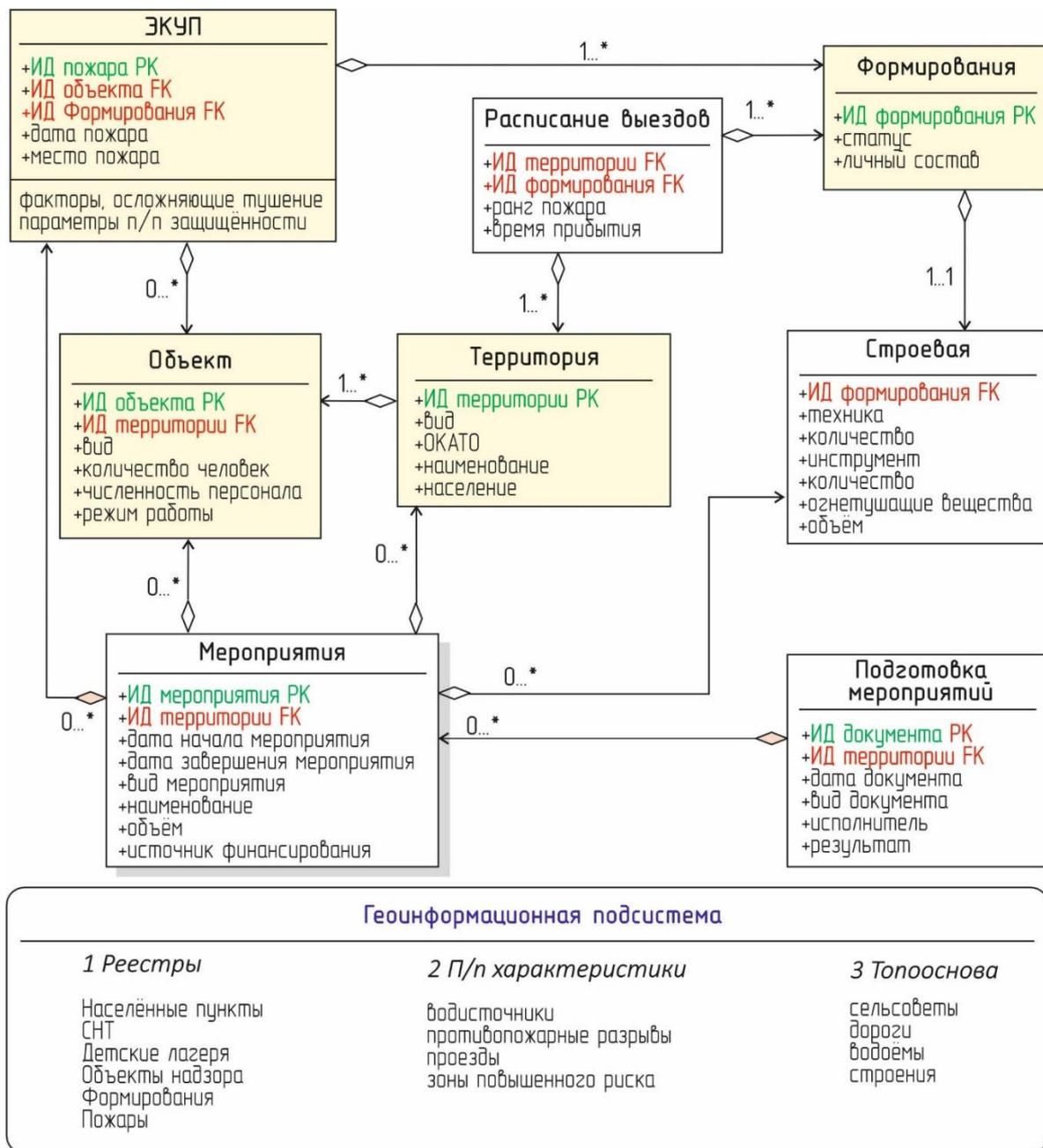


Рис.1. – Структура противопожарных паспортов сельских территорий

Результаты решения задач предупреждения отражены в Таблице «Мероприятия». Накопление и обработка достаточного объёма данных о реализованных и спланированных мероприятиях позволит сформировать базу знаний рекомендательной подсистемы, применять методы поиска по аналогиям, экстраполяции, статистической обработки и другие.

Жёлтый фон имеют реестры, ведущиеся независимо. Они имеют пространственную привязку, что позволяет оперативно визуализировать все изменения.

Реестр *территорий* содержит данные о населённых пунктах, СНТ, детских оздоровительных лагерях. Поле «население» содержит данные о максимальном количестве людей, пребывающих на территории постоянно или временно.

Реестр *объектов* содержит данные об объектах надзора ГПН. Это промышленные предприятия, места хранения горючих материалов, объекты с массовым пребыванием людей. Для исключения дублирования целесообразна синхронизация с программным обеспечением «Электронный инспектор» и порталом контрольно-надзорной деятельности РФ. Наличие ссылок на электронные карточки пожаротушения позволяет решать задачи оперативного характера.

Реестр *формирований* включает данные всех подразделений – пожарных частей, добровольных пожарных команд и дружин, муниципальных постов пожарной охраны. При решении задач предупреждения других видов риска, в реестр необходимо включить, все подразделения территориальной системы РСЧС не зависимо от их ведомственной принадлежности.

Атрибуты событий в *электронных карточках учёта пожаров* (ЭКУП) разделены на три группы:

- описание объекта пожара (дата, адрес, вид строения). Данные по возгоранию автомобильного транспорта на межселенной территории рассматриваются только в случае решения задачи предупреждения пожаров, возникающих в результате ДТП;

- факторы, *осложняющие* тушение пожара. Помимо специального справочника к ним относят удалённость водоисточников, загромождение проездов, наличие взрывоопасных и легко воспламеняющихся материалов/веществ. Такие факторы идентифицируются при анализе динамики пожара. Агрегированный перечень факторов используется для обоснования планов мероприятий;

- *барьеры защиты*, способствующие эффективной ликвидации пожара. Примеры: наличие сигнализации, системы пожаротушения; тушение с постановкой на водоисточник. Связь с таблицей «Мероприятия» иллюстрирует изменение процесса реагирования на пожар в результате заблаговременных мер. Например, результат участия добровольцев отражается в значении поля «Руководитель тушения пожара» и косвенно – в снижении времени реагирования.

В *суточную строевую записку* необходимо включить помимо пожарных частей информацию о всех противопожарных формированиях. Данные о виде техники, инструмента и огнетушащих веществах, хранятся в отдельных справочниках, не показанных на схеме. Время прибытия формирований «привязано» не к территории, а к расписанию выездов. Совместный анализ данной таблицы и ЭКУП позволяет выявить «нестыковки» в планировании оперативных мероприятий.

Данные о *подготовке мероприятий* используются при оценивании эффективности деятельности органов местного самоуправления. Для построения аналитических моделей целесообразна организация информационного обмена с системами документооборота МЧС России и администрации субъектов РФ.

Для *картографического отображения* и анализа противопожарных паспортов в ГИС добавляются тематические слои водоисточников, зон повышенного риска, противопожарных преград и др. Состояние проездов хранится в атрибутивной информации слоёв «дороги» и «улицы». К зонам повышенного риска относятся разрывы минерализованных полос; участки застройки, удалённые от водоисточников на расстояние, превышающее нормативное; а также строения, непосредственно примыкающие к лесу и бесхозяйные земельные участки. Расстояние между формированиями и защищаемыми территориями вычисляется автоматически. В СНТ

полномасштабная оцифровка строений не проводилась и для ориентировки целесообразно отображать данные о проездах и границах участков.

Проведённые мероприятия изменяют атрибутивную информацию тематических слоёв. Поскольку для работы с информационными ресурсами используется хранилище данных, все корректировки фиксируются в служебных полях «дата изменения записи», «основание для изменения записи». Таким образом, осуществляется двойной контроль, а мероприятия отображаются на карте.

Наличие конкретных данных о плановых и фактических показателях позволяет ранжировать защищаемые объекты уровню рисков, защищённости по степени готовности. Качество управления возможно повысить за счёт анализа обратных связей – сопоставления процессов подготовки к ЧС с каталогом событий, позволяющих выявить слабые места и тиражировать успешный опыт по защите территорий.

Информационная поддержка управления рисками пожаров

Процесс принятия решений на основе предлагаемой структуры информационных ресурсов предполагает минимизацию наиболее трудоёмкого процесса – предобработки данных на уровне субъекта РФ. Предполагается использование сервисов распределённого сбора данных и непосредственное наполнение хранилища на объектовом и муниципальном уровнях [10]. Значительно повысит эффективность работы организация межсистемного информационного обмена. Это позволит экспертам и лицам, принимающим решения, акцентироваться аналитическом моделировании, сравнении альтернативных решений, оптимизации мер с учётом ограничений ресурсов.

Сложность цифровизации задач управления предупредительными мероприятиями не позволяет разработать универсальную систему, которая будет использоваться в течение длительного жизненного цикла. Процесс проектирования осложнён отсутствием данных с единой структурой за длительный период. Постоянное изменение содержания исходной информации и отчётных документов затрудняет межведомственное согласование мер защиты территорий от пожаров.

Решением проблемы может стать *организационная модель управления*, описывающая полномочия акторов, процессы обработки данных и формирования решений, характеристики входной информации, а также уже принятые решения и нормативные документы. Для декомпозиции бизнес-процессов планирования и реализации управления пожарными рисками рассмотрим соответствующий фрагмент иерархии РСЧС – экземпляр организационной модели.

На Рис.2 элементы РСЧС и взаимодействующие органы власти, задействованные в решении задачи планирования и реализации превентивных мероприятий по снижению рисков пожаров. Решения формируются в подразделениях главных управлений МЧС России по субъектам РФ, противопожарных гарнизонах, региональных органах исполнительной власти, местного самоуправления, а также организаций, в полномочия которых входит решение вопросов защиты населения и территорий от пожаров. Для этого используется информация, описанная выше.

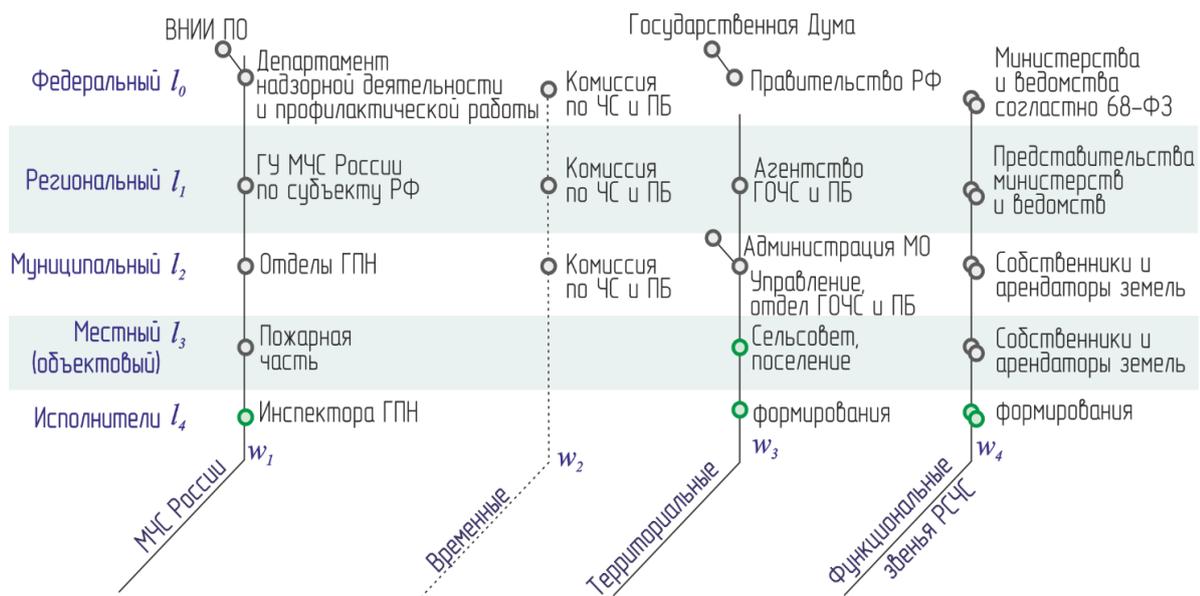


Рис.2. – Экземпляр иерархии органов власти и исполнителей для задачи предупреждения пожаров

Иерархия представлена уровнями управления l : федеральный l_0 , региональный l_1 , муниципальный l_2 ; объектовый l_3 . Для удобства формирования, выполняющие превентивные мероприятия, обозначены как l_4 . Реализовано как прямое подчинение элементов вертикали w , так и согласование действий по горизонтали l . Справа (w_4) показаны акторы, принимающие решения по снижению рисков перехода ландшафтных пожаров на населённые пункты и другие защищаемые объекты.

Основной технологией решения задач планирования предупредительных мероприятий является аналитическое моделирование. Процесс принятия решений декомпозируется на разведочный анализ и экспертное оценивание [11]. На первом этапе реализуется консолидация данных, проверка качества, актуальности и достоверности собираемых показателей. После этого эксперты определяют уровень риска территорий и приоритетность мероприятий. Многократное использование результатов аналитического моделирования, использование ретроспективных данных о характеристиках территорий и принятых решениях позволяет обосновать критерии оценивания и типизировать процессы решения разных задач управления.

Организационная модель управления позволяет обосновать распределённость информационных ресурсов, сервисов обработки данных в соответствии с полномочиями акторов иерархии РСЧС и реализуемыми бизнес-процессами. Это позволяет оперативно согласовывать управленческие решения органов управления и характер их взаимодействия. Использование атрибутов модели позволяет оптимизировать процессы создания единого информационного поля, проектирования и эксплуатации аналитических и интеллектуальных систем, гармонизации нормативно-правовой базы, регулирующей вопросы обеспечения безопасности территорий.

Заключение

Приведённый набор показателей и структура информационных ресурсов не являются окончательными. По мере накопления данных, решения конкретных задач управления будет возникать необходимость внесения правок. Наличие большого количества связей между сущностями даёт возможность разработки разнообразных аналитических моделей для планирования, обоснования мероприятий с учётом социально-экономического развития территорий, контроля результативности мероприятий на основе данных многолетнего мониторинга. Сбор данных пилотных территорий, а затем и Красноярского края в целом позволит реализовать переход от справочных и консультационных функций информационной системы к распределённым интеллектуальным сервисам. Целостный мониторинг решения

задач управления и практики реализации превентивных мер позволят обосновать предложения по корректировке нормативно-правовой базы, регулирующей управление пожарными рисками сельских территорий.

Список источников

1. Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. – М.:СИНТЕГ, 2004. 296 с.
2. Дранко О.И., Новиков Д.А., Райков А.Н., Чернов И.В. Управление развитием региона. Моделирование возможностей. – М.: ЛЕНАРД, 2023. – 452 с.
3. Шапарев Н.Я. Ресурсы Красноярского края в показателях устойчивого развития. – Красноярск: Изд-во КГПУ им. Астафьева В.П., 2009. – 352 с.
4. Акимов В.А., Мишурный А.В., Якимюк О.В. и др. Прогнозно-аналитические решения по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город» / Под ред. Чуприяна А.П. МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022. – 316 с.
5. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В. Технологии комплексной поддержки управления природно-техногенной безопасностью // Вычислительные технологии. 2023. Т. 28. № 4. С. 109-121. DOI:10.25743/ICT.2023.28.4.009.
6. Переволоцкий В.С., Грибова В.В. Подход к автоматическому формированию баз знаний на основе онтологий // Научный аспект, 2023. Т. 2. № 2. – С. 213-221.
7. Кобринский Б.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: реперные точки / Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2021). Избранные научные труды XXIV Международной научной конференции, 2022. С. 38-45.
8. Массель Л.В., Массель А.Г. Семантическое моделирование при построении цифровых двойников энергетических объектов и систем // Онтология проектирования, 2023. Т. 13. № 1 (47). – С. 44-54.
9. Постников В.М., Черненький В.М. Методы принятия решений в системах организационного управления. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана Н.Э., 2014. – 205 с.
10. Коробко А.А., Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Динамическое формирование интерфейса ВЕБ-системы сбора данных мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь, 2014. № 3. – С. 59-64.
11. 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.

References

1. Kulba V.V., Kononov D.A., Kosyachenko S.A., Shubin A.N. Methods for Forming Development Scenarios for Socio-Economic Systems. - M.: SINTEG, 2004. 296 p.
2. Dranko O.I., Novikov D.A., Raikov A.N., Chernov I.V. Regional Development Management. Modeling Possibilities. - M.: LENARD, 2023. - 452 p.
3. Shaparev N.Ya. Resources of Krasnoyarsk Krai in Indicators of Sustainable Development. - Krasnoyarsk: Publishing House of KSPU named after Astafiev V.P., 2009. - 352 p.
4. Akimov V.A., Mishurny A.V., Yakimyuk O.V. and others. Forecasting and analytical solutions for natural, man-made and biological-social threats of the unified system of information and analytical support for the safety of the living environment and public order "Safe City" / Ed. Chupriyan A.P. EMERCOM of Russia. Moscow: FGBU VNII GOChS (FC), 2022. - 316 p.
5. Nozhenkova L.F., Nicheporchuk V.V. Technologies for integrated support of natural and man-made safety management // Computational technologies. 2023. Vol. 28. №. 4. P. 109-121. DOI: 10.25743 / ICT. 2023.28.4.009.
6. Perevolotsky V.S., Gribova V.V. An approach to automatic formation of knowledge bases based on ontologies // Scientific aspect, 2023. Vol. 2. No. 2. – P. 213-221.
7. Kobrinsky B.A. Intelligent decision support systems: reference points / Enterprise engineering and knowledge management (IE&KM-2021). Selected scientific papers of the XXIV International Scientific Conference, 2022. P. 38-45.

8. Massel L.V., Massel A.G. Semantic modeling in the construction of digital twins of energy facilities and systems // Design ontology, 2023. Vol. 13. №. 1 (47). – P. 44-54.
9. Postnikov V.M., Chernenkiy V.M. Methods of decision-making in organizational management systems. Moscow: Publishing house of Moscow State Technical University. Bauman N.E., 2014. - 205 p.
10. Korobko A.A., Nicheporchuk V.V., Nozhenkov A.I. Dynamic formation of the interface of the WEB system for collecting emergency monitoring data // Informatization and Communications, 2014. №. 3. - P. 59-64.
11. Nicheporchuk V.V., Penkova 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.

Информация об авторах

В.В. Ничепорчук – доктор технических наук

Information about the authors

V.V. Nicheporchuk – doctor of technical sciences

Статья поступила в редакцию 28.07.2024, одобрена после рецензирования 21.08.2024, принята к публикации 31.08.2024.

The article was submitted 28.07.2024, approved after reviewing 21.08.2024, accepted for publication 31.08.2024.