

Концепция создания информационно-управляющей системы контроля лесопожарной обстановки

В. В. Ничепорчук, С. В. Соколов

Рассмотрена проблема информационного обеспечения управления силами и средствами МЧС России в лесопожарный период. Представлена системная модель информационной поддержки, позволяющая разрабатывать многозадачные информационно-управляющие системы мониторинга обстановки и поддержки мероприятий реагирования на чрезвычайные ситуации. Описаны особенности решения задачи идентификации опасностей на основе данных оперативного мониторинга и формализованных информационных ресурсов.

Ключевые слова: модель управления, прогноз опасностей, динамическое картографирование.

1. Введение

Масштабные угрозы жизнедеятельности, возникающие в Сибири в сезон природных пожаров, можно отнести к базовым рискам территорий. Особенностью лесных пожаров в большом разнообразии природно-климатических и лесорастительных условий, влияющих на горимость, является существенное различие социально-экономических условий организации работ по их тушению в различных субъектах Российской Федерации [1, 2]. Напряженность лесопожарного сезона 2019 года в Сибири практически не отличалась от предыдущих лет. Однако большой общественный резонанс вызвало сильное задымление крупных городов (Красноярск, Новосибирск) в последнюю декаду июля. Шлейф дымов пожаров в Эвенкии и Нижнем Приангарье, вызванный редким по повторяемости северо-восточным ветром и хорошо детектируемый по спутниковым снимкам, достигал Казахстана [3].

В связи с этим органами управления МЧС России помимо противопожарной защиты населённых пунктов решались задачи оперативного мониторинга и прогнозирования ситуации в зонах контроля. Помимо работы оперативного штаба для формирования решений по реагированию потребовалось несколько заседаний Комиссии по ЧС и ПБ Красноярского края. Анализ функционирования оперативных дежурных смен ЦУКС и ЕДДС показал низкую эффективность их работы, обусловленную перепроизводством неформализованной информации, фрагментарным использованием средств моделирования обстановки и информационных ресурсов. Несмотря на широкое использование систем мониторинга ИДСМ «Рослесхоз» и «КАСКАД», не удастся создать интегрированные информационные ресурсы, позволяющие комплексно оценивать последствия природных пожаров. Программные реализации ситуационного моделирования, такие как ГРОСС-2 (разработчик ЦИЭКС), не увязаны с системами мониторинга, требуют большого количества дополнительной информации и могут использоваться только в качестве фоновых оценок опасности [4].

Вместе с тем регламентация действий по обработке информации, детерминированность задач раннего обнаружения опасностей и экстренного реагирования создает потенциал автоматизации процессов подготовки управленческих решений в сфере защиты территорий от негативных воздействий природных пожаров.

Работа посвящена концептуальному описанию информационной системы поддержки управления мероприятиями по снижению лесопожарных рисков.

2. Элементы модели информационной поддержки управления

Используя подход, описанный в [5], рассмотрим приложения системной модели построения информационно-аналитических систем поддержки управления для природных пожаров:

$$M = \langle T, R, IT, Y \rangle,$$

где T – задачи управления; R – информационные ресурсы; IT – информационные технологии; Y – представления решений для поддержки управления.

Перечисленные элементы модели детализируются в виде множеств.

Множество задач управления $T = \{t_1, t_2, t_3\}$ включает t_1 – мониторинг лесопожарной обстановки, в том числе обработка прогностической информации, t_2 – формирование возможных сценариев ЧС, t_3 – проведение мероприятий по локализации и тушению пожаров и защите территорий, t_4 – оценка пожарных рисков.

Информационные ресурсы R в модели описываются двумя подмножествами S, D , где S – виды информационных ресурсов, использующихся для информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения (сведения); D – виды информационных ресурсов, использующихся при построении информационно-аналитических систем поддержки управления (данные).

Множество $S = O_1 \cup O_2 \cup O_3 \cup E$, где O_1 – характеристики потенциальных источников опасностей, используемые в качестве входных параметров расчётных методик; O_2 – защищаемые объекты; O_3 – объекты управления (характеристики формирований, техники и ресурсов); E – характеристики опасных событий, используемые при формировании сценариев ситуаций. Данное разделение условно и может изменяться при моделировании конкретной ситуации. Множество $D = \{d_1, d_2, \dots, d_7\}$, где d_1 – системообразующие элементы (справочники, классификаторы); d_2 – данные мониторинга обстановки; d_3 – характеристики объектов, изменяющих состояние в опасной ситуации; d_4 – пространственные данные; d_5 – базы знаний, на основании которых формируются сценарии ситуаций. Разработана структура всех элементов перечисленных множеств. Реализовано наполнение информационных ресурсов мониторинговыми и статистическими данными для территорий Красноярского края.

Сложность задач информационной поддержки управления T приводит к необходимости использования различных информационных технологий: $IT = \{it_1, it_2, it_3, it_4, it_5\}$, где it_1 – технология хранилищ данных; it_2 – технология ведения справочников и классификаторов; it_3 – геоинформационная технология; it_4 – технологии аналитической обработки данных, it_5 – интеллектуальные технологии, it_6 – веб-технологии, используемые для публикации результатов ситуационного моделирования.

Интеграция технологий в информационно-управляющих системах позволяет синтезировать решения, согласующие действия специалистов, работу технических средств, относящихся к различным ведомствам, строить логистические схемы обеспечения материальными ресурсами. Актуализированные информационные ресурсы позволяют принимать решения в условиях дефицита времени, наличия неполной и нечёткой исходной информации, большой стоимости ошибок. Проектирование сценариев развития ситуаций, планирование предпочтительных действий с привлечением экспертов разных сфер способствует выявлению слабых мест и неясностей в организации работ по ликвидации опасных ситуаций и проведению мероприятий защиты населения. Проработка сценариев ситуаций с учётом влияния всех факторов позволит упорядочить работу территориальных органов управления безопасностью.

Представления решений, формируемых в процессе поддержки управления: $Y = \{C, A, D, K\}$, где C – тексты рекомендаций; A – таблицы; U – представления данных в виде графиков или диаграмм; K – динамические карты.

Мониторинг лесопожарной обстановки

Помимо детектирования термических точек важной составляющей информационной поддержки управления являются данные прогнозы развития обстановки. Вероятность возникновения и динамика природных пожаров напрямую зависят от класса пожарной опасности (КПО), вычисляемого по формуле Нестерова [6]. Шкала пожарной опасности состоит из пяти классов. В зависимости от класса проводятся превентивные мероприятия снижения рисков возгорания, устанавливается степень готовности формирований.

Наличие развёрнутых метеорологических данных на текущий момент и их прогноз на 10 суток даёт возможность вычислить КПО на всей контролируемой территории. Текущие и прогнозные данные по погоде в формате GRIB предоставляют Росгидромет, NASA, Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды. Доступны также архивы с 2007 года. Массив данных представляет собой сетку с шагом 0.25 градусов по широте и долготе и содержит следующие показатели:

- температура воздуха в полдень и полночь, °С;
- содержание влаги в воздухе, кг/м².
- температура точки росы в полдень и полночь, °С;
- облачность, %;
- количество атмосферных осадков, мм;
- атмосферное давление, Па;
- влажность почвы, кг/м³;
- температура почвы, °С;
- скорость ветра, м/с;
- мощность солнечного излучения, Вт.

На основе перечисленных показателей вычисляется КПО, затем ранжированные точечные объекты преобразуются в площади и строится карта распределения классов для региона в целом. Преобразования можно реализовать как с использованием инструментария профессиональных ГИС (например, Spatial Analyst в ArcGIS), так и с помощью программных библиотек (Python Hotmap совместно с Leaflet). В результате для каждого муниципального образования формируется сценарий развития лесопожарной обстановки на 1.5 недели, учитывающий масштаб действующих пожаров и динамику их развития. Программная реализация данного метода позволит автоматически идентифицировать наиболее опасные термоточки, обосновывать решения по привлечению сил и средств к тушению в зонах контроля, на особо охраняемых природных территориях, вблизи защищаемых объектов.

Прогноз позволяет обосновать необходимость реагирования на пожары в зонах контроля. Ввиду отсутствия сети автомобильных дорог круглогодичного использования, что характерно для северных территорий Сибири, стоимость переброски людей и техники для тушения удалённых пожаров дороже ущерба, получаемого в результате прохождения низовых пожаров. Кроме того, решения по ликвидации пожара должны учитывать возможность экстренной эвакуации людей. Знание КПО на 10 последующих дней и использование даже грубых моделей распространения позволяет оценить складывающуюся обстановку, целесообразность привлечения авиации, оперативного создания защитных полос путём встречного отжига, стоимость и приоритет других превентивных мероприятий.

Для лиц, принимающих решения, целесообразно использование трёхинтервальной шкалы, аналогичной «методу семафора». Шкала имеет значения «норма», «угроза» и «опасность», в зависимости от которых можно установить режимы функционирования сил и средств, органов управления.

Процесс решения задачи t_1 показан на рис. 1.

Мониторинг лесопожарной обстановки включает следующие процессы.

1. Совместная аналитическая обработка данных по действующим пожарам и характеристикам территории позволяет определить степень угроз для населенных пунктов и защищаемых объектов (ЛЭП, места добычи и хранения углеводородов, трубопроводы и т.д.). При этом в качестве критерия угроз целесообразно использование не расстояния до горящей кромки, а времени подхода пожара к O_2 . Время зависит от КПО, рельефа, состава растительности, наличия преград и других факторов.

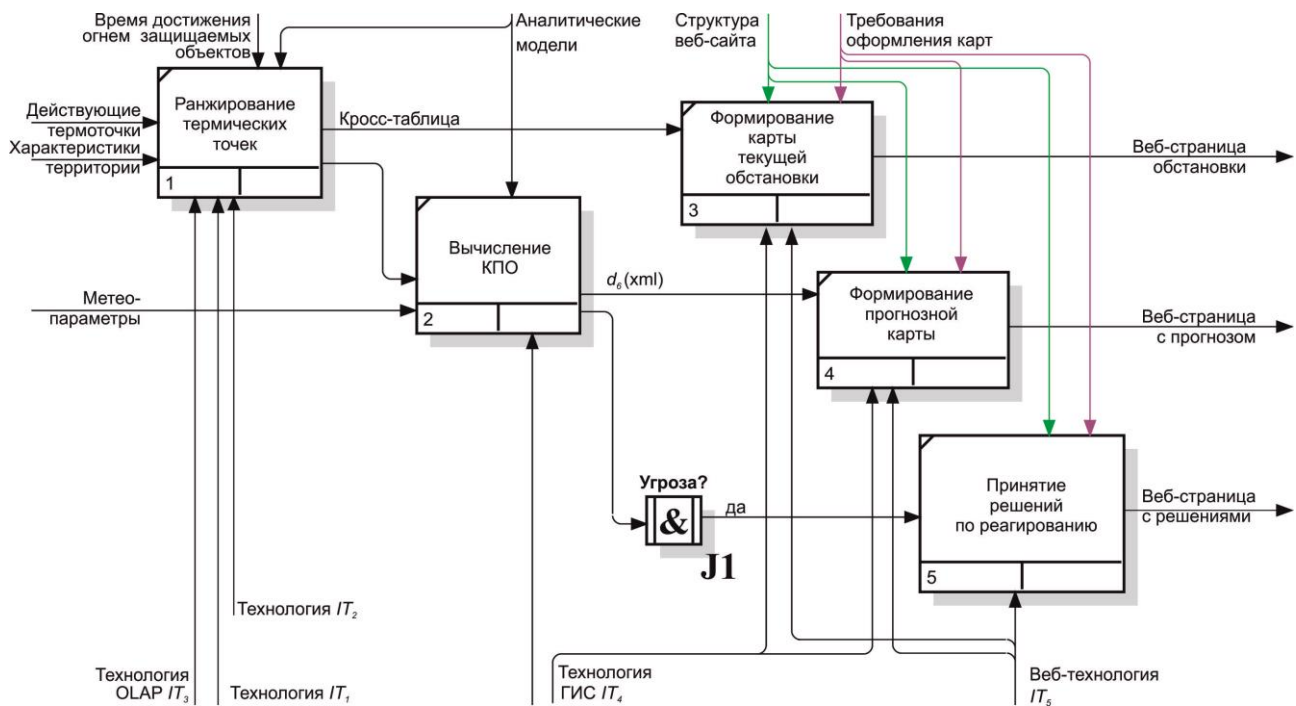


Рис. 1. Функциональная схема мониторинга лесопожарной обстановки

Для получения уточнённых прогнозов на основе OLAP-моделирования необходимо использовать большое количество информации. Характеристики O_2 могут быть извлечены из лесных паспортов населённых пунктов и паспортов безопасности территорий. Переход низовых пожаров в верховые возможен в местах вспышек вредителей леса (например, обширных шелкопрядников) или лесозаготовок. Согласно действующему Лесному кодексу лесопользователи оставляют после валки леса порубочные остатки (ветки, вершины деревьев, тонкомеры), объёмы которых могут достигать 100 куб. метров на гектар. Включение такой информации в базы данных информационной системы мониторинга позволит прогнозировать вероятность пожаров и скорость их распространения на основе оценок запасов горючих материалов.

2. Вычисление класса пожарной опасности в каждой точке метеопрогнозов с определением динамики развития пожаров и возможностей их ликвидации. При этом можно использовать как показатель Нестерова, так и другие методы расчётов [7, 8].

3–4. Формирование карт текущей и прогнозируемой лесопожарной обстановки с ранжированием по муниципальным образованиям и лесхозам с последующим оповещением. Поскольку методики, регламентирующей наполнение и способы отображения обстановки на динамических картах, не разработано, необходимо следовать существующим рекомендациям МЧС России по нанесению обстановки [9]. Наличие информации о характере лесной растительности позволило существенно увеличить точность оценок. Однако таксационные характеристики являются коммерческой информацией, не доступной территориальным органам управления, в ведение которых входят вопросы обеспечения безопасности. Необходимо решение проблемы организации межведомственного информационного обмена как на регио-

нальном, так и на федеральном уровне. Алгоритмы организации единого информационного пространства предложены в работах [10, 11].

5. Формирование решений на основе заранее разработанных сценариев. Целесообразно в ходе принятия решений по экстренному реагированию ориентироваться на самый опасный сценарий, учитывающий вероятность эскалации действия поражающих факторов на длительное время. Такой сценарий должен содержать несколько вариантов использования формирований, техники и ресурсов – первый, второй эшелоны и резерв [12]. Полный перечень мероприятий должен быть описан в Планах предупреждения ЧС муниципальных образований. Регламентация порядка разработки Планов предупреждения ЧС на основе сценарного подхода, анализа прецедентов позволит сформировать базы знаний информационно-управляющих систем.

3. Заключение

Рассмотрена проблема управления силами и средствами МЧС России в лесопожарный период. Представлена системная модель информационной поддержки, на основе которой планируется разработка информационно-управляющих систем мониторинга и реагирования. В статье описан процесс идентификации опасностей на основе данных мониторинга и формализованных информационных ресурсов (задача t_{11}). Решения других задач управления планируется рассмотреть в последующих публикациях.

Литература

1. Котельников Р. В., Коршунов Н. А., Гиряев Н. М. Задачи принятия решений в области охраны лесов от пожаров. основные приоритеты развития информационного обеспечения // Сибирский лесной журнал. 2017. № 5. С. 18–24.
2. Коровин Г. Н., Андреев Н. А. Авиационная охрана лесов. М.: Агропромиздат, 1988. 223 с.
3. Якубайлик О. Э., Кадочников А. А., Токарев А. В. Система обработки спутниковых данных в региональном центре ДЗЗ ФИЦ КНЦ СО РАН // Сборник трудов всероссийской конференции «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (26–30 августа 2019 г., Бердск). Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2019. С. 50–54.
4. Ничепорчук В. В., Ноженков А. И. Технология ситуационного моделирования опасных ситуаций для информационной поддержки управления безопасностью территорий // Информатизация и связь. 2019. № 4. С. 76–82.
5. Ничепорчук В. В., Ноженков А. И. Архитектура территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. 2018. № 2. С. 35–41.
6. ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования».
7. Губенко И. М., Рубинштейн К. Г. Сравнительный анализ методов расчёта индексов пожарной опасности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr347/gubenko.pdf>. (дата обращения: 07.11.2019).
8. Белоусов Р. Л., Араштаев А. И., Вологдин В. А., Трофлянин В. В. Анализ факторов природной пожарной опасности лесной территории Республики Татарстан // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 1 (36). С. 69–81.
9. Кудрин А. Ю., Гутарев С. В., Куренева Н. И., Коровин А. И. Рекомендации по картографическому обеспечению МЧС России: утв. заместителем Министра МЧС России А. П. Чуприяном 16.01.2008 г.

10. *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.
11. *Полотнюк И. С.* Межведомственная интеграция: пути оптимизации // Информационные ресурсы России. 2006. № 5. С. 10–12.
12. *Гражданская защита: энциклопедический словарь* М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 664 с.

Статья поступила в редакцию 28.11.2019.

Ничепорчук Валерий Васильевич

к.т.н., с.н.с. Института вычислительного моделирования СО РАН (660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 44), тел. (391) 290-74-53, e-mail: valera@icm.krasn.ru.

Соколов Станислав Владимирович

полковник внутренней службы, магистрант Академии государственной противопожарной службы МЧС России, e-mail: s-2406@mail.ru.

The concept of creating an information-management system for monitoring the wild fires

V. V. Nicheporchuk, S. V. Sokolov

In this paper, the problem of information support for the safety management of territories in the season of wild fires is considered. A system model of management information support enabling to develop multitasking information systems for monitoring the situation and supporting emergency response measures is presented. Features of solving the problem of hazards identification based on operational monitoring data and formalized information resources are described.

Keywords: management model, hazard prediction, dynamic mapping.