

Научная статья
УДК 681.518.25
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.80.48.006

Информационно-аналитическая поддержка управления оповещением населения при ландшафтных (природных) пожарах

Сергей Владимирович Ражников

Академии ГПС МЧС России, Москва, Россия

*Автор ответственный за переписку: Сергей Владимирович Ражников,
sergei.raghnikov@mail.ru*

Аннотация. В статье представлены информационно-аналитическая модель и алгоритмы поддержки управления оповещением населения при лесных и ландшафтных (природных) пожарах (далее пожарах). Предлагается решение проблемы своевременного оповещения населения, оценки достаточности сил и средств, а также повышения эффективности функционирования единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее РСЧС) с использованием математического аппарата, имитационного моделирования и прогноза развития лесных и ландшафтных (природных) пожаров. Разработанный инструмент предназначен для поддержки принятия управленческих решений - председателей комиссии по предупреждению чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, на этапе прогнозирования пожаров.

Ключевые слова: информационно-аналитическая модель, имитационная модель, поддержка управления, оповещение, алгоритмы, прогнозирование, лесной, ландшафтный (природный) пожар

Для цитирования: Ражников С.В. Информационно-аналитическая поддержка управления оповещением населения при ландшафтных (природных) пожарах // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 2 (29). С. 95-106.
<https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.80.48.006>

Original article

INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR THE MANAGEMENT OF PUBLIC NOTIFICATION IN CASE OF LANDSCAPE [NATURAL] FIRES

Sergey V. Razhnikov

SFA of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Sergey V. Razhnikov, sergei.raghnikov@mail.ru

Abstract. The article presents an information-analytical model and algorithms for supporting the management of public notification during forest and landscape (natural) fires (hereinafter referred to as fires). A solution to the problem of timely notification of the population, assessment of the sufficiency of forces and means, as well as improving the efficiency of the functioning of the unified state system

for the prevention and elimination of emergency situations (hereinafter RSCChS) using a mathematical apparatus, simulation modeling and forecasting the development of forest and landscape (natural) fires is proposed. The developed tool is designed to support managerial decision-making - the chairmen of the commission for the prevention of emergency situations and ensuring fire safety, at the stage of fire forecasting.

Keywords: information-analytical model, simulation model, control support, notification, algorithms, forecasting, forest, landscape (natural) fire

For citation: Razhnikov S.V. Information and analytical support for the management of public notification in case of landscape (natural) fires // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2023;2(29): 95-106. (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.80.48.006>.

Актуальность исследования обусловлена тем, что за последние два десятилетия количество ландшафтных пожаров значительно увеличилось в связи с изменением климата на земле.

Трагические последствия пожаров, влекущие за собой гибель людей и причинение значительного ущерба, указывают на недостаточную эффективность управления оповещением населения.

Существующее управление системой оповещения населения не соответствует требуемым параметрам, так как оценка готовности сил и средств оповещения населения не объективна, в виду того, что не учитываются такие параметры как:

своевременность оповещения населения;

адресность оповещения населения;

достаточность ресурсов для своевременного, полного 100% оповещения населения и эвакуации в безопасную зону до воздействия опасных факторов пожара.

Таким образом, целью проведенного исследования является повышение эффективности управления оповещением населения с использованием модели и алгоритмов поддержки управления оповещением населения при ландшафтных (природных) пожарах.

Под ландшафтными (природными) пожарами в статье понимается: лесные пожары и пожары сухой растительности, создающие угрозу распространения пожаров на населенные пункты.

В ходе системного анализа управления оповещением населения выявлен ряд существенных недостатков:

- координационный орган управления на муниципальном уровне не имеет инструмента выработки аргументированных решений по оповещению и эвакуации населения;

- оценка функционирования системы оповещения населения осуществляется только на проверку работоспособности, в то время как основным фактором, влияющим на эффективность оповещения населения, является управление;

- в программах обучения руководителей муниципальных образований отсутствует необходимый набор компетенций, по результатам, освоения которых ЛПР получит уровень знания необходимые для эффективного оповещения населения;

- высокая загруженность информационных каналов дублирующей информацией о пожаре и действиях при обмене;

- не используется прогноз развития ландшафтного (природного) пожара;

- методика оценки эффективности управления системами оповещения населения существует только для комплексных систем экстренного оповещения населения;

- не оцениваются ресурсные возможности муниципальных образований по оповещению и эвакуации населения в безопасную зону;

Недостатки указывают на низкую эффективность принимаемых управленческих решений в оповещении населения, при угрозе распространения ландшафтных пожаров на населенные пункты в ограниченный промежуток времени, что приводит к трагическим последствиям.

Разработанная автором модель [1], позволила формализовать и описать процессы с целью повышения эффективности управления оповещением населения при пожарах и чрезвычайных ситуациях. В целях реализации элементов модели, разработаны алгоритмы в виде блок-схем, представленные в статье.

В ходе системного анализа управления оповещением населения [2] разработан алгоритм (в виде блок-схемы) функционирования существующей системы оповещения населения при возникновении пожара представленный на рис.1. Разработанный алгоритм показывает последовательность действий органов управления РСЧС муниципального уровня и служб реагирования задействованных в процессе запуска системы оповещения населения с момента возникновения природного (ландшафтного) пожара до момента полной эвакуации населения в безопасную зону.

Основными недостатками алгоритма являются: то, что он определяет порядок действий должностных лиц, задействованных в оповещении населения непосредственно при возникновении пожара. Оценка устойчивости каналов передачи информации не проводится. Прогнозы развития пожара не учитываются. Не проводится анализ воздействующих факторов. Эффективность оповещения населения оценивается по последствиям пожара. Отсутствует информационно-аналитическая поддержка управления для ЛПР (Председателя КЧС и ОПБ МО) осуществляющего управление оповещением.

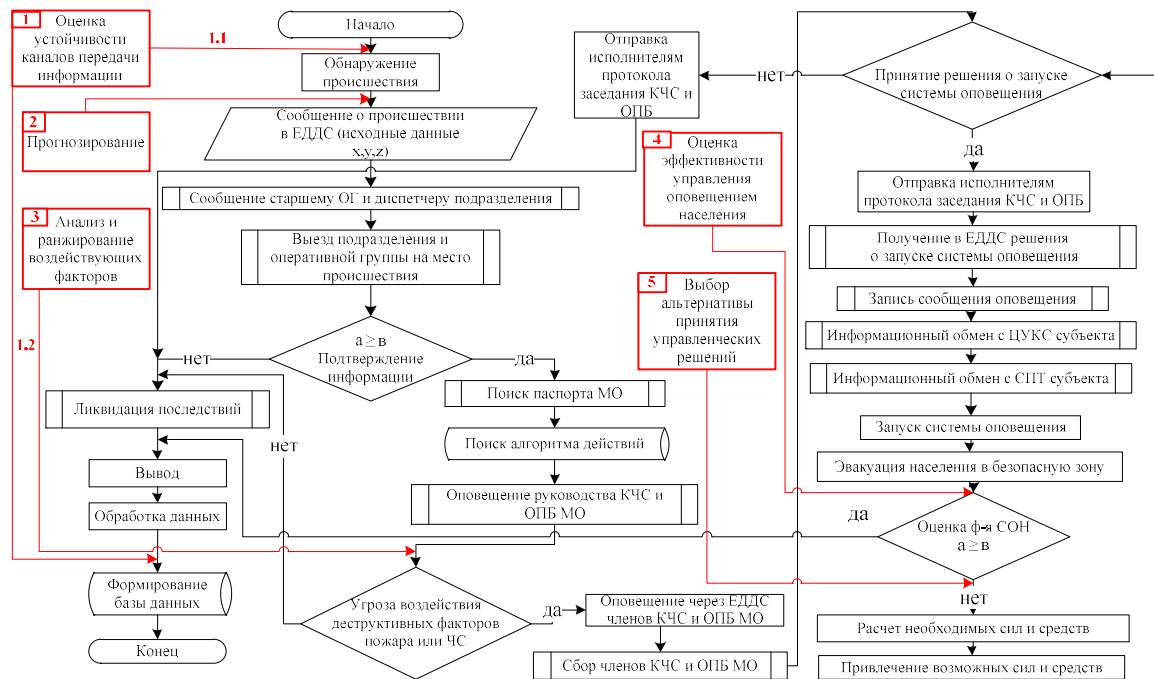


Рис.1. Блок-схема функционирования существующей системы оповещения населения при возникновении ландшафтного (природного) пожара

Для усовершенствования существующей модели и алгоритма управления оповещением населения, предлагается внедрение разработанных пяти блоков.

1. Первым элементом усовершенствования модели управления оповещением населения является оценка устойчивости функционирования каналов передачи информации системы оповещения населения при пожарах. Порядок проведения оценки основан на определении величины информационной энтропии и представлен в [1;4]. Приведенную оценку предлагается проводить до начала осуществления прогнозирования развития пожара (1.1) и после выполнения всех действий, предусмотренных алгоритмом (Рис.1) и обработки данных (1.2).

2. Для формирования прогноза развития лесного пожара в управлении оповещением населения предлагается использовать существующую простейшую модель мониторинга

и прогнозирования развития природных и ландшафтных пожаров [5;6] в управлении оповещением населения. Модель основана на распределении равномерной сетки на рассматриваемой территории развития пожара, параметры которой могут задаваться для приближения к моделируемой реальности.

Моделирование процесса основано на клеточном автомате, который учитывает различные факторы в количественном виде и построен на исследованиях различных природных и ландшафтных пожаров [7;8].

Модель, реализована в виде информационно-аналитической (программы) поддержки управления, совместимой с геоинформационными системами [8;9].

Порядок использования программы для составления прогноза развития пожара и использования в модели поддержки управления оповещением населением следующий (Рис.2):



Рис.2. Интерфейс программы моделирования распространения лесного (ландшафтного пожара)

В программе задаются параметры (условия) распространения пожара.

Геоинформационное пространство (карта на местности) предлагается использовать из паспорта территории муниципального образования. Выбираем населенный пункт, граничащий с лесным массивом или на который есть угроза распространения ландшафтного пожара. На расстоянии пять километров от границы населенного пункта проводим «красную линию». Линия определяет критерий определяющий переход состояния в чрезвычайную ситуацию природного характера [10].

Как только фронт пожара коснется красной линии (пяти километровой зоны), то необходимо запускать систему оповещения населения, а также задействовать силы и средства РСЧС для эвакуации населения в безопасную зону.

С момента пересечения «красной линии» до касания линии фронта пожара строения населенного пункта – есть время, отведенное на своевременное оповещение населения и полную эвакуацию в безопасную зону.

Программа автоматически формирует график зависимости площади пожара от времени (Рис.3). Зная, эти параметры мы определяем скорость распространения пожара и определяем время, за которое пожар преодолет пяти километровую зону.

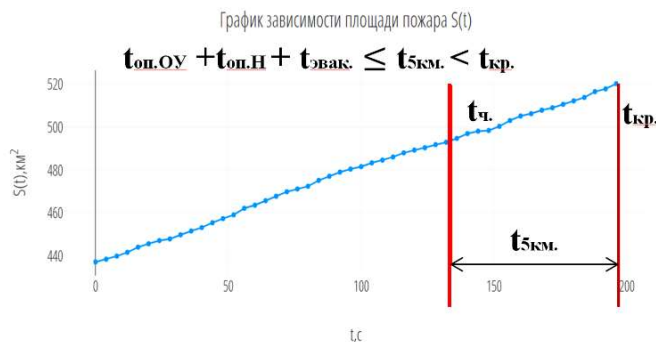


Рис.3.График зависимости площади пожара от времени

Для реализации элемента прогнозирования разработан алгоритм использования прогноза развития ландшафтного (природного) пожара в управлении оповещением населения (Рис.4).

Прогноз поставлен на основе обработки всех статистических данных по ландшафтным пожарам и представлен математическим ожиданием [9].

При скорости ветра 10 метров секунду и оптимальных условиях развития сильного верхового пожара, время прохождения пяти километровой зоны составит приблизительно 30 минут. Существует среднеквадратичное отклонение в случае изменения входных параметров. Например, если скорость ветра будет свыше 10м/с, то времени для оповещения и эвакуации населения будет меньше, соответственно необходимо добавить силы и средства для выполнения задачи.

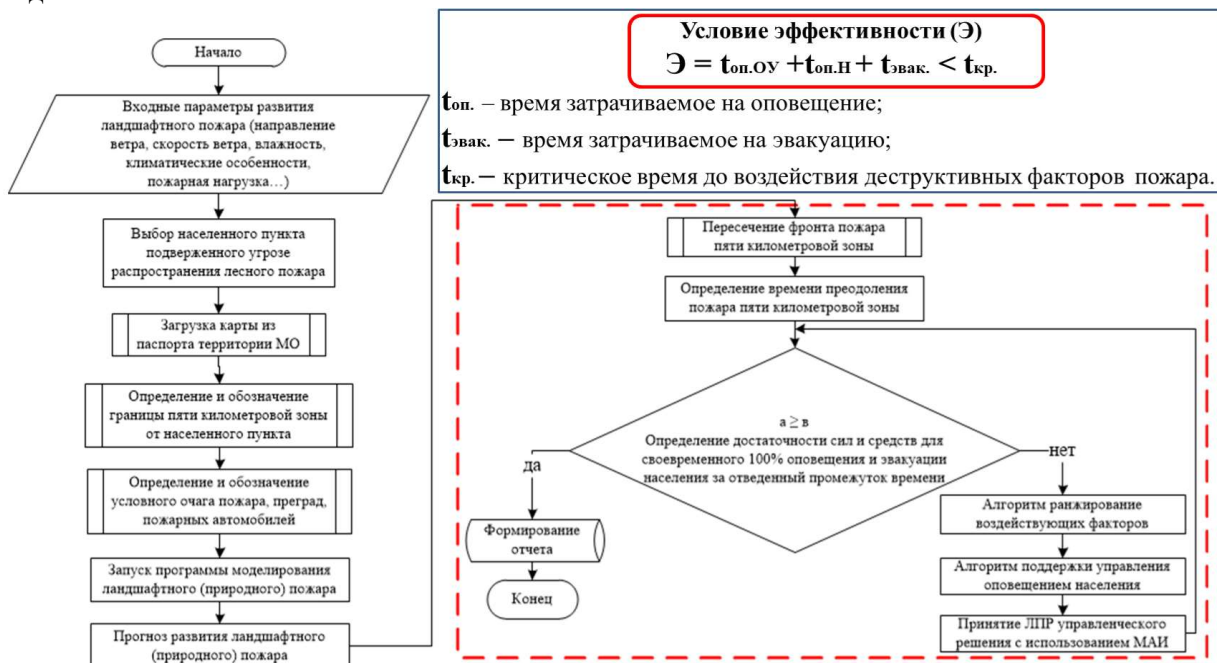


Рис.4. Алгоритм использования прогноза развития ландшафтного (природного) пожара в управлении оповещением населения

Согласно приложению 1 требований приказа от 31 июля 2020 года N 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения», время доведения сигнала до населения не должно превышать 5 минут в автоматизированном режиме функционирования, а при автоматическом режиме 12 секунд на региональном уровне и 8 секунд на муниципальном уровне.

Зная время прохождения пожаром пяти километровой зоны, определяем достаточность привлекаемых ресурсов (сил и средств РСЧС) для реагирования на пожар, включающих оповещение населения, эвакуацию в безопасную зону до воздействия опасных факторов пожара.

3. Элемент модели – «ранжирования воздействующих факторов» представлен и описан в [2]. Для реализации элемента общей модели [2], разработан алгоритм ранжирования воздействующих предикторов, оказывающих воздействие на систему оповещения населения при пожарах (Рис.5).

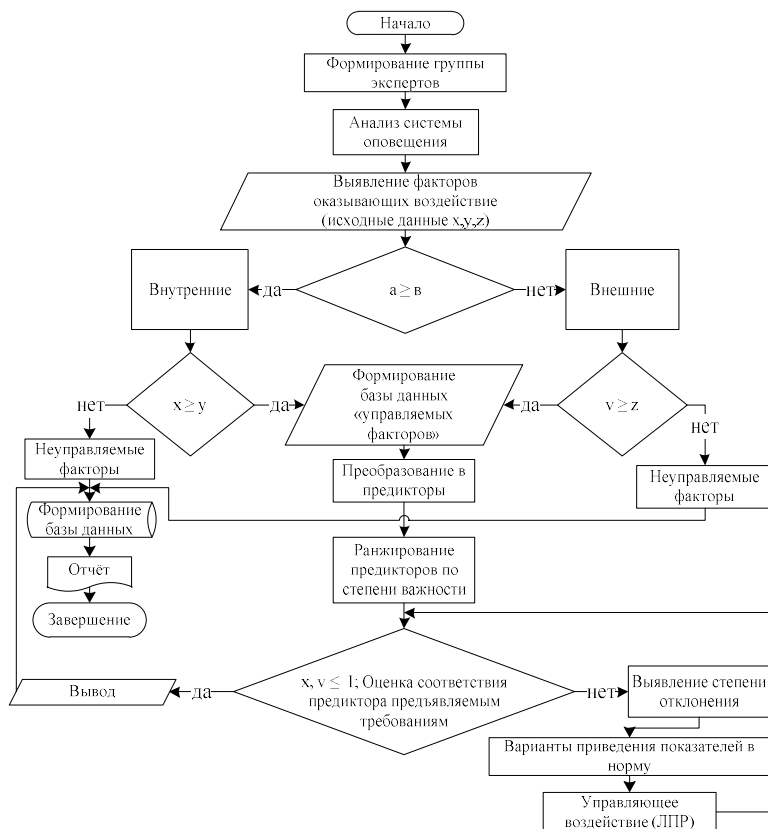


Рис.5. Алгоритм ранжирования предикторов, оказывающих воздействие на систему оповещения населения при пожарах

Разработанный алгоритм описывает порядок ранжирования воздействующих предикторов, оказывающих воздействие на управление оповещением населения при пожарах, на этапе прогнозирования развития ландшафтного пожара.

Алгоритм (Рис.5) позволяет производить отборку воздействующих предикторов как во внешней, так и во внутренней среде, выявить управляемые и не управляемые предикторы. Присвоить предикторам числовые значения с целью ранжирования по степени важности и оценки соответствия предъявляемым требованиям, согласно нормативно-правовых документов. Также алгоритм позволяет формировать базу данных (значимых показателей), характерных для каждого муниципального образования и для каждого природного (ландшафтного) пожара угрожающего населенному(ым) пункту(ам).

В результате ранжирования, определены предикторы, оказывающие наиболее значимое влияние на управление оповещением населения при пожарах по степени важности, такие как: адресность, степень охвата населения, своевременность, достоверность, степень обучения.

4. Оценка эффективности управления оповещением населения описана математическим выражением и представлена в [11;12;13]. Для реализации математической модели предлагается использовать разработанный алгоритм информационно-аналитической поддержки управления оповещением населения при пожарах (Рис.2), позволяющий оценивать эффективность принятия управленческих решений при обучении должностных лиц МЧС и ОПБ на этапе проведения проверок готовности сил и средств муниципальных образований к пожароопасному периоду, а также при обучении должностных лиц ЦУКС субъектов РФ.

Разработанный алгоритм содержит блоки, описывающие последовательность реализации информационно-аналитической модели поддержки управления оповещением населения при ландшафтных пожарах (Рис.6).

Формализация задачи управления оповещением населения при пожарах представлена в виде упорядоченного картежа и функции [11;12;13]. Повышение эффективности достигается

за счет уменьшения показателя «время выполнения задач» при увеличении качества решения поставленных задач [11;12;13].

5. Предлагается использовать метод анализа иерархий для поддержки принятия управленческих решений при выборе альтернатив по наиболее значимым критериям с целью своевременного оповещения населения и эвакуации в безопасную зону (Рис.7) [14;15].

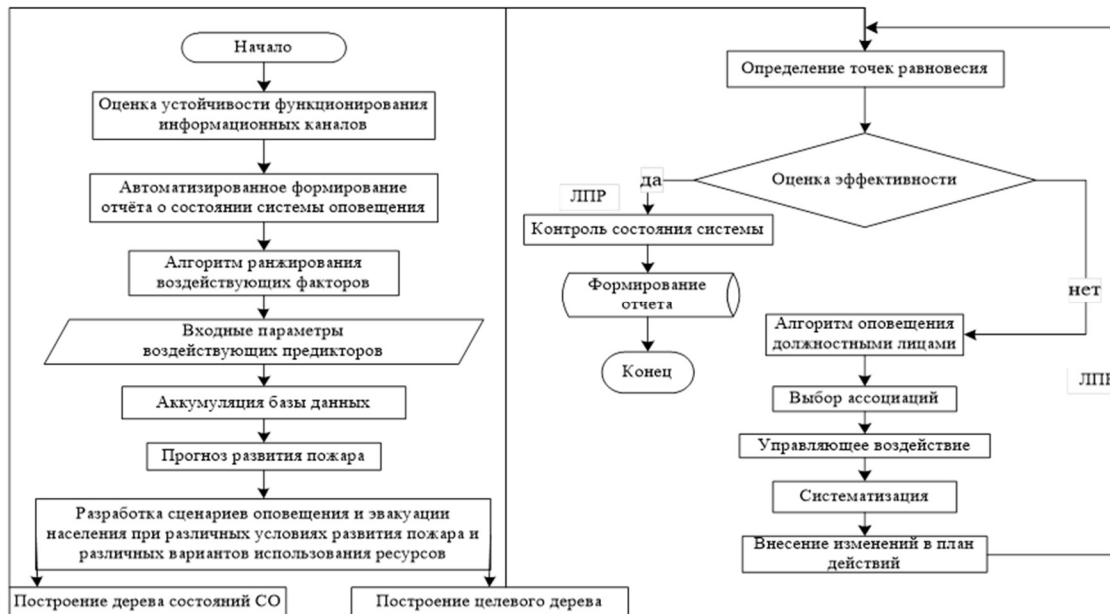


Рис.6. Алгоритм информационно-аналитической поддержки управления оповещением населения при пожарах

Лицо, принимающее решение, вносит в «План действий» коррективы, обеспечивающие повышение эффективности, исходя из правил продукционного типа описанных в [2].

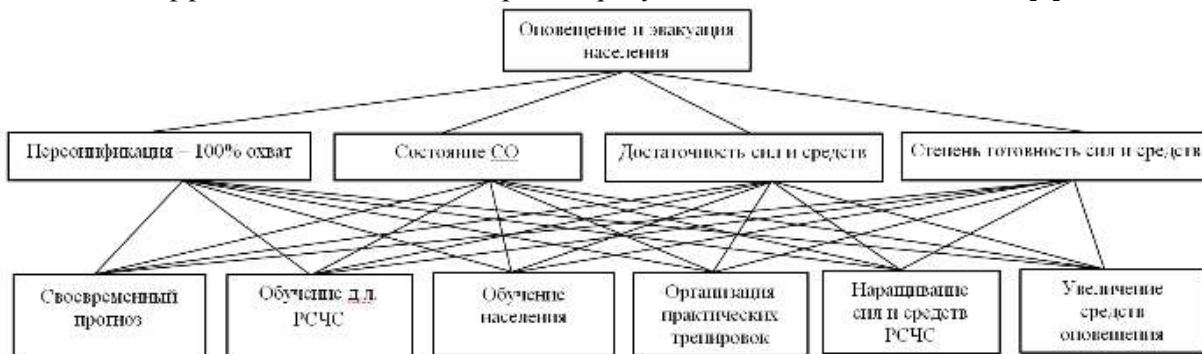


Рис.7. Метод анализа иерархий в поддержке принятия решений при оповещении населения

Порядок построения целевого дерева и дерева состояний, характеризующихся ограниченными ресурсами, а также определение точек равновесия между элементами структур двух деревьев описаны в [2].

Разработанная модель хорошо применима при проведении учений и занятий на территориях муниципальных образований с целью обучения членов КЧС и ОПБ МО первоочередным действиям, а также для сотрудников ЦУКС субъекта в качестве прогнозирования ландшафтных пожаров. Информационно-аналитическая модель и разработанные алгоритмы, позволяют оценить готовность и достаточность сил и средств, к реагированию на природные (лесные) и ландшафтные пожары и заблаговременно вносить изменения в «План действий», превентивные мероприятия [16;17].

Информационно-аналитическая модель обеспечивает поддержку принятия управленческих решений для ЛПР. В частности, для Председателя комиссии по чрезвычайным

ситуациям и обеспечению пожарной безопасности муниципального образования, в виде эффективных инструкций, характерных для различных прогнозов развития ландшафтных пожаров на территории МО [16-19]. Это позволит рационально использовать элементы структуры и повысит ее эффективность, тем самым минимизирует риски за счет уменьшения времени и задействовании необходимых ресурсов для своевременного оповещения, и эвакуации при ландшафтных пожарах (Рис.8) [16].

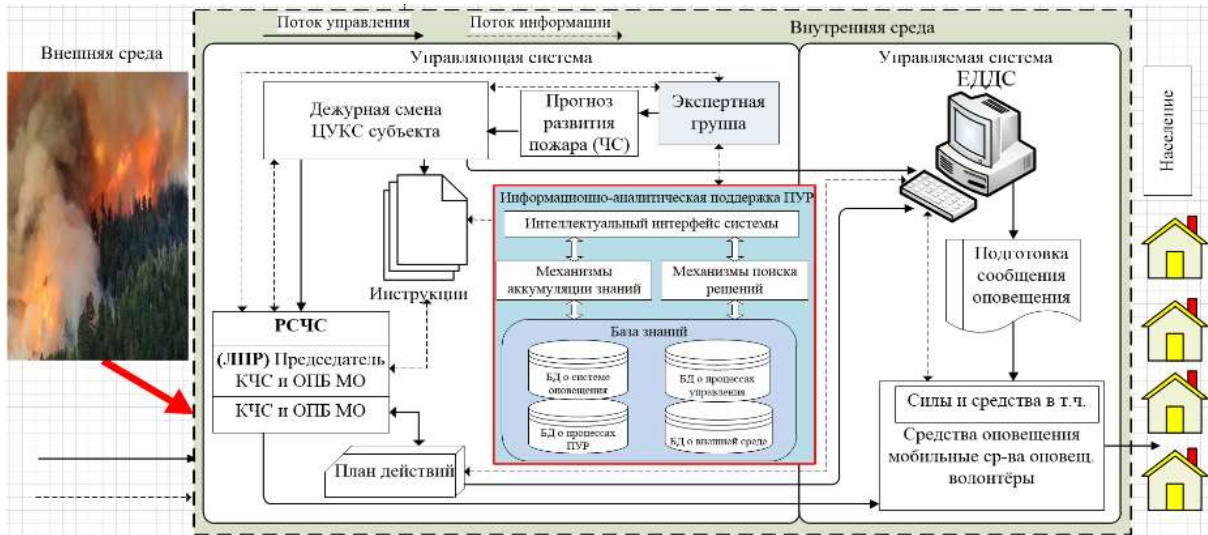


Рис.8. Схема информационно-аналитической поддержки управления оповещением населения

На основании разработанных модели и алгоритмов разработана функциональная синтезированная модель управления оповещением населения при пожарах, представленная на рис.9.

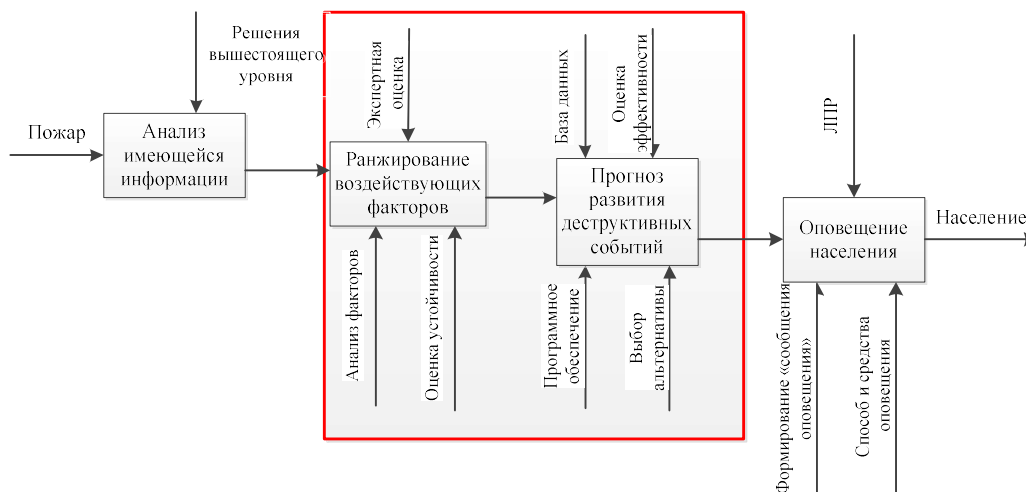


Рис.9. Функциональная синтезированная модель управления оповещением населения при пожарах

Ключевым отличием функциональных особенностей разработанной модели управления оповещением населения, является наличие блоков «Ранжирования воздействующих предикторов», и «Прогнозирования деструктивных событий». Блок «ранжирования воздействующих факторов» включает: оценку устойчивости информационных каналов, ранжирование предикторов и экспертную оценку. Блок «Прогнозирования деструктивных событий», состоит из: программного обеспечения, базы данных, оценки эффективности и выбор альтернатив при принятии управленческих решений [17-19].

Для определения и ранжированию предикторов, оценки эффективности управления оповещением, использования прогноза развития ландшафтного пожара в оповещении

и эвакуации населения, а также оценки уровня готовности сил и средств при угрозе возникновения пожаров возникает необходимость создания на первоначальном этапе постоянно действующей экспертной группы. Порядок отбора и формирования группы экспертов представлен в [20].

Выводы. Разработанная информационно-аналитическая модель поддержки управления оповещением населения при угрозе распространения ландшафтных (природных) пожаров на муниципальном уровне, позволяет:

- оценивать устойчивость функционирования каналов передачи информации;
- на основании прогноза развития пожара, оценивать возможность и достаточность имеющихся ресурсов для своевременного оповещения и эвакуации населения, до воздействия опасных факторов пожара.
- оценивать и проводить ранжирование по степени важности факторов, оказывающих влияние на управление оповещением населения;
- производить оценку эффективности управления персональным оповещением населения;
- выбирать точки равновесия при принятии управленческих решений.

Разработанные алгоритмы, позволяют реализовать элементы информационно-аналитической модели.

Список источников

1. Ражников, С. В. Модели и алгоритмы управления оповещением и информированием населения при чрезвычайных ситуациях и пожарах на муниципальном уровне / С. В. Ражников, С. Ю. Бутузов, А. Л. Попов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2019. – № 3. – С. 5-14. – DOI 10.25257/FE.2019.3.5-14. – EDN RYVCMW;
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Математические методы и модели управления в противопожарной службе». Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020 г;
3. Ражников, С.В. Системный анализ информирования и оповещения населения при чрезвычайных ситуациях [Текст] // Материалы VI-й Всероссийской научно-практической конференции курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых «Молодые учёные в решении актуальных проблем безопасности». Железнодорожск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017. – С. 63–65;
4. Вилсон А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем: Учебное пособие Перевод с Английского Ю.А. Дубова / А.Дж. Вилсон. – Москва: «НАУКА» Главная редакция физико-математической литературы, 1978. – 247 с.
5. Математическая модель для выбора вариантов решений по расстановке пожарных подразделений при ликвидации лесных пожаров / А. О. Семенов, В. А. Смирнов, Д. В. Тараканов, Д. А. Черепанов // Технологии техносферной безопасности. – 2011. – № 3(37). – С. 6. – EDN RCFTBP;
6. Методика анализа управленческих решений по распределению пожарно-спасательных подразделений при ликвидации лесных пожаров / Д. В. Тараканов, В. А. Смирнов, М. О. Баканов, В. Б. Коробко // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 3(73). – С. 91-96. – EDN YOCMXN;
7. Управление региональной безопасностью на основе сценарного подхода / В. Л. Шульц, В. В. Кульба, А. Б. Шелков, И. В. Чернов; Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова Российской акад. наук. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – 162 с. – ISBN 978-5-91450-159-1. – EDN TVKIPB;
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018666496 Российская Федерация. Модель развития пожаров на открытом пространстве с использованием клеточного автомата: № 2018664021: заявл. 03.12.2018: опубл. 18.12.2018 / А. О. Семенов, Н. Г. Топольский, Д. В. Тараканов, К. А. Михайлов. – EDN VQWZUK;

9. Топольский Н.Г., Семенов А.О., Тараканов Д.В., Михайлов К.А. Компьютерная система моделирования пожаров на основе клеточных автоматов Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронеж, 2020 с. 678-683

10. Ражников, С. В. Анализ законодательных актов, регламентирующих управление оповещением населения при пожарах и чрезвычайных ситуациях / С. В. Ражников // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: Материалы шестого научного семинара, Москва, 28 февраля 2022 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2022. – С. 289-293. – EDN JNSEOP;

11. Седнев, В. А. Системный подход к оценке эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований / В. А. Седнев, А. В. Седнев, В. А. Онов // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2020. – № 1. – С. 111-121. – EDN LXCDLC;

12. Ражников, С. В. Эффективность управления системой оповещения населения в чрезвычайных ситуациях / С. В. Ражников, С. Ю. Бутузов // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 1(71). – С. 180-189. – EDN ZDRKCR;

13. Таранцев, А. А. Регрессионный анализ и планирование испытаний в задачах принятия решений / А. А. Таранцев; Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2017. – 174 с. – ISBN 978-5-9908209-7-5. – EDN YSJSSR.

14. Цибизова Т. Ю., Карпунин А. А. Применение МАИ в оценке качества процессов управления // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2(1). С. 200–208.

15. Saaty T. L. (2008–06). Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy // Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2): 251–318. Проверено 2008-12-22.

16. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2018621459 Российская Федерация. База данных автоматизированного рабочего места "Комплексной системы экстренного оповещения населения" "Комплексной информационной системы мониторинга и управления силами и средствами МЧС г. Москвы": № 2018621203: заявл. 27.08.2018: опубл. 06.09.2018 / С. В. Ражников, А. Л. Попов, С. Ю. Бутузов. – EDN WWDCXJ.

17. Антюхов, В. И. Моделирование процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при принятии управленческих решений / В. И. Антюхов, Н. В. Остудин // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2017. – № 2. – С. 78-93. – EDN ZRPWPF;

18. Топольский, Н. Г. Методы, модели и алгоритмы в системах безопасности : машинное обучение, робототехника, страхование, риски, контроль / Н. Г. Топольский, В. Я. Вилисов : ООО "Издательский Центр РИОР", 2021. – 475 с. – ISBN 978-5-369-02072-2. – DOI 10.29039/02072-2. – EDN XJPGSH.

19. Прус, Ю.В. Статистическое моделирование и технологии искусственного интеллекта в оценке и управлении параметрами единого креативного поля команд: опыт количественного анализа [Электронный ресурс] / Ю.В. Прус, М.А. Федотова, Инь Бинь // Научный результат. Социология управления и социальные технологии Т.4 № 3, 2018 С. 85-96/ Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/statisticheskoe-modelirovanie-i-tehnologii-iskusstvennogo-intellektav-otsenke-i-upravlenii-parametrami-edinogo-kreativnogo-polya/viewer>, (дата обращения 22.06.2022).

20. Ражников, С.В., Расчетная модель количества экспертной группы при оценке эффективности мероприятий по оповещению и информированию населения при чрезвычайных ситуациях. [Электронный ресурс] С.В. Ражников, / Сборник материалов Дней науки «Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности» состоит из 2-х частей, включает статьи и тезисы участников 14-ти научно-практических мероприятий, проведенных 4-8 декабря 2017 // ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» 2018. С.41-44. Режим доступа:

<https://uigps.ru/userfiles/ufiles/nauka/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%94%D0%BD%D0%B5%D0%B9%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8%2012-2017%20%D1%87.2.pdf>, (дата обращения 04.07.2022).

References

1. Razhnikov, S. V. Models and algorithms for managing notification and informing the population in emergency situations and fires at the municipal level / S. V. Razhnikov, S. Yu. Butuzov, A. L. Popov // Fires and emergency situations: prevention, liquidation. - 2019. - No. 3. - P. 5-14. – DOI 10.25257/FE.2019.3.5-14. – EDN RYBCMW; (in Russ.).

2. Brushlinsky N.N., Sokolov S.V., Mathematical methods and control models in the fire service. Textbook. - М.: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2020; (in Russ.).

3. Razhnikov, S.V. System analysis of informing and warning the population in emergency situations [Text] // Proceedings of the VI-th All-Russian scientific-practical conference of cadets, listeners, students and young scientists "Young scientists in solving urgent security problems." Zheleznogorsk: Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017. - P. 63–65; (in Russ.).

4. Wilson A.J. Entropy Methods for Modeling Complex Systems: Textbook Translation from English by Yu.A. Dubova / A.J. Wilson. - Moscow: "NAUKA" Main edition of physical and mathematical literature, 1978. - 247 p.; (in Russ.).

5. Semenov A. O., Smirnov V. A., Tarakanov D. V., Cherepanov D. A. Mathematical model for choosing solutions for the placement of fire departments during the elimination of forest fires. - 2011. - No. 3 (37). - P. 6. - EDN RCFTBP; (in Russ.).

6. Tarakanov D. V., Smirnov V. A., Bakanov M. O., Korobko V. B. Methods of analysis of managerial decisions on the distribution of fire and rescue units during the elimination of forest fires. - 2017. - No. 3 (73). - S. 91-96. – EDN YOXMN; (in Russ.).

7. Shults V. L., Kulba V. V., Shelkov A. B., Chernov I. V. Regional security management based on the scenario approach; Federal State budgetary institution of science Inst. them. V. A. Trapeznikov Russian Academician. Sciences. - Moscow: Institute of Management Problems. V.A. Trapeznikova RAN, 2014. - 162 p. – ISBN 978-5-91450-159-1. – EDN TVKIPB; (in Russ.).

8. Certificate of state registration of the computer program No. 2018666496 Russian Federation. A model for the development of fires in an open space using a cellular automaton : No. 2018664021 : Appl. 12/03/2018 : publ. 12/18/2018 / A. O. Semenov, N. G. Topolsky, D. V. Tarakanov, K. A. Mikhailov. – EDN VQWZUK; (in Russ.).

9. Topolsky N.G., Semenov A.O., Tarakanov D.V., Mikhailov K.A. Computer system for modeling fires based on cellular automata Proceedings of the XX International Scientific and Methodological Conference "Computer Science: Problems, Methods, Technologies", Voronezh, 2020 p. 678-683; (in Russ.).

10. Razhnikov, S. V. Analysis of legislative acts regulating the management of public notification in case of fires and emergencies / S. V. Razhnikov // Socio-economic aspects of managerial decision-making: Proceedings of the sixth scientific seminar, Moscow, February 28, 2022. - Moscow: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2022. - P. 289-293. – EDN JNSEOP; (in Russ.).

11. Sednev, V. A. A systematic approach to assessing the effectiveness of engineering support for the actions of rescue teams / V. A. Sednev, A. V. Sednev, V. A. Onov // Scientific and analytical journal "Bulletin of the St. service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. - 2020. - No. 1. - P. 111-121. – EDN LXCDLC; (in Russ.).

12. Razhnikov, S.V., Butuzov, S.Yu., Efficiency of managing the population warning system in emergency situations, Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. - 2017. - No. 1 (71). - S. 180-189. – EDN ZDRKCR; (in Russ.).

13. Tarantsev, A. A. Regression analysis and test planning in decision making problems / A.A. Tarantsev; Institute of Transport Problems. N.S. Solomenko RAS. - St. Petersburg: St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Relief, 2017. - 174 p. – ISBN 978-5-9908209-7-5. – EDN YSJSR; (in Russ.).

14. Tsibizova T. Yu., Karpunin A. A. Application of MAI in assessing the quality of management processes // Modern problems of science and education. 2015. No. 2(1). pp. 200–208. (in Russ.).

15. Saaty T. L. (2008–06). Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy // Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102(2): 251–318. Retrieved 2008-12-22.

16. Certificate of state registration of the database No. 2018621459 Russian Federation. Database of the automated workplace "Integrated system of emergency notification of the population" "Integrated information system for monitoring and managing the forces and means of the Ministry of Emergency Situations of Moscow": No. 2018621203: Appl. 08/27/2018 : publ. 09/06/2018 / S. V. Razhnikov, A. L. Popov, S. Yu. Butuzov. – EDN WWDCXJ; (in Russ.).

17. Antyukhov, V. I. Modeling the process of intellectual support for the activities of officials of control centers in crisis situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia when making managerial decisions / V. I. Antyukhov, N. V. Ostudin // Scientific and analytical journal "Bulletin of St. Petersburg University State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. - 2017. - No. 2. - S. 78-93. – EDN ZRPWPF; (in Russ.).

18. Topolsky, N. G. Methods, models and algorithms in security systems: machine learning, robotics, insurance, risks, control / N. G. Topolsky, V. Ya. Vilisov: RIOR Publishing Center LLC, 2021. - 475 p. – ISBN 978-5-369-02072-2. – DOI 10.29039/02072-2. – EDNXJPGSH; (in Russ.).

19. Prus, Yu.V. Statistical modeling and artificial intelligence technologies in assessing and managing the parameters of a single creative field of teams: the experience of quantitative analysis [Electronic resource] / Yu.V. Prus, M.A. Fedotova, Yin Bin // Scientific result. Sociology of Management and Social Technologies V.4 No. 3, 2018 P. 85-96 -upravlenii-parametrami-edinogokreativnogo-polya/viewer, (Accessed 06/22/2022); (in Russ.).

20. Razhnikov, S.V., Calculation model of the number of an expert group in assessing the effectiveness of measures to alert and inform the population in emergency situations. [Electronic resource] S.V. Razhnikov, / Collection of materials of the Days of Science "Actual problems and innovations in ensuring security" consists of 2 parts, includes articles and abstracts of participants in 14 scientific and practical events held on December 4-8, 2017 // FSBEI HE "Ural Institute of GPS EMERCOM of Russia"2018,pp.41-44. Access mode: <https://uigps.ru/userfiles/ufiles/nauka/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%94%D0%BD%D0%B5%D0%B9%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8%2012-2017%20%D1%87.2.pdf>, (accessed 04.07.2022); (in Russ.).

Статья поступила в редакция 12.05.2023; одобрена после рецензирования 08.06.2023; принята к публикации 26.06.2023.

The article was submitted 12.05.2023, approved after reviewing 08.06.2023, accepted for publication 26.06.2023.