

А. В. МАТЮШИН, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника ВНИИПО МЧС России по научной работе (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: vniipo.nauka@mail.ru)

В. А. МИНАЕВ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, ведущий научный сотрудник Учебно-научного центра "Безопасность", МГТУ им. Н. Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1; e-mail: m1va@yandex.ru)

А. И. ОВСЯНИК, д-р техн. наук, профессор, начальник Научно-технического управления МЧС России (Россия, 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7; e-mail: info@mchs.gov.ru)

В. В. СИМАКОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, стр. 1; e-mail: vvs1941@gmail.com)

Н. Г. ТОПОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, стр. 1; e-mail: ntopolskii@mail.ru)

ЧУ КУОК МИНЬ, канд. техн. наук, старший сотрудник учебного отдела, Институт пожарной безопасности Министерства общественной безопасности Социалистической Республики Вьетнам (Вьетнам, 100000, г. Ханой, район Тхань Суан, ул. Хуат Зуй Тиен, 243; e-mail: chuminh114@yahoo.com)

УДК 614.841

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАДРОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ НА ОСНОВЕ ПОДХОДОВ ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается проблема создания новых методов и моделей анализа, прогнозирования пожарных рисков и управления ими. Сделан вывод, что для этого перспективно использовать модели и методы, развиваемые в теории активных систем. Поставлена задача повышения уровня пожарной безопасности объектов страны при ограничении на ресурсное обеспечение подразделений противопожарной службы. Рассмотрены принципы распределения ресурсов — от достигнутого уровня, пропорциональный, оптимальный. Показано, что оптимальное распределение на основе целевой функции характеризует наиболее эффективное использование ресурса противопожарной службы. Предложена целевая функция, основанная на аналитической зависимости, отражающей связь удельной нагрузки на пожарных по экономическому ущербу от пожаров с удельной нагрузкой на них по пожарам. В вычислительных экспериментах показано, что использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов позволяет снизить экономический ущерб от пожаров примерно на 15 % по сравнению с реальной ситуацией во Вьетнаме. Сделан вывод, что дальнейшие разработки моделей связаны с построением комплексного критерия управления кадровыми ресурсами противопожарной службы.

Ключевые слова: пожарная безопасность; моделирование; теория активных систем; оптимальное управление; кадровые ресурсы; противопожарная служба.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.46-54

Введение

В условиях стремительного роста экономики ряда стран, в частности Юго-Восточной Азии, стали развиваться и негативные факторы, влияющие на их пожарную безопасность и обостряющие проявление пожарных рисков. Это привело к необходимости создания новых методов и моделей анализа, прогнозирования пожарных рисков и управления ими [1–12]. Кроме того, для разработки современного инструментария и обоснования современных подходов в

этой сфере потребовался углубленный анализ территориально-временных характеристик [13–16].

В связи с этим перспективным направлением представляется создание новых методов и моделей анализа, прогнозирования пожарных рисков и управления ими на основе научного базиса и принципов теории активных систем [17–21], которые учитывают сложные взаимодействия между иерархическими уровнями управленческой структуры противопожарной службы.

Эти методы и подходы позволяют создать комплекс математических моделей, дающих возможность:

- проводить более целенаправленный структурно-динамический анализ временных и территориальных особенностей пожарных рисков;
- прогнозировать целый ряд характеристик системы пожарной безопасности с учетом влияния на нее деятельности подразделений противопожарной службы;
- реализовывать критериальное управление кадровыми ресурсами противопожарной службы.

Целью настоящей статьи является обоснование, разработка и исследование математических моделей оптимального территориального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы на примере Вьетнама. При этом ставится задача повышения уровня пожарной безопасности объектов страны при ограничениях на ресурсное обеспечение служб и подразделений противопожарной службы.

Принципы распределения кадровых ресурсов

Результаты, представленные в работах [15, 22–24], позволяют сформулировать ряд принципов распределения кадровых ресурсов. Рассмотрим возможности их использования при решении задач кадрового обеспечения противопожарной службы.

Наиболее очевидный принцип — *обеспечение кадрами, исходя от достигнутого уровня*. Основой данного принципа является стремление центра распределить кадровые ресурсы таким образом, чтобы сохранить их территориальную структуру, сложившуюся в результате всей предыстории развития кадровой системы противопожарной службы.

Ограничимся для простоты однородным кадровым ресурсом $R(t+1)$, которым располагает центр в момент времени $t+1$. Руководствоваться принципом от достигнутого в данном случае означает распределить кадровый ресурс между K территориальными подразделениями таким образом, чтобы:

$$\hat{H}_1 = \sum_{k=1}^{k=K} \left[\frac{R_k(t+1)}{R(t+1)} - \frac{R_k(t)}{R(t)} \right]^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $\hat{H}_1$ — минимизируемая функция;

R_k — кадровый ресурс в k -м подразделении противопожарной службы;

K — общее количество подразделений.

При этом

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k(t) = R(t), \quad \forall t. \quad (2)$$

Решение (1) очевидно:

$$R_k(t+1) = R_k(t) \frac{R(t+1)}{R(t)}; \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (3)$$

Оно, кстати, справедливо и при сокращении кадровой системы.

Данный подход весьма прост и дает удовлетворительные результаты при условии, если развитие обстановки с пожарами происходит достаточно медленно, эволюционным путем. Только в этом случае можно “отследить” объективные потребности в кадрах со стороны территориальных органов. Однако ситуация развития пожарной обстановки во Вьетнаме далека от эволюционной. В округах Вьетнама в последние годы происходит ее кардинальное изменение, обусловленное интенсивным развитием страны, строительством крупных народнохозяйственных объектов, поэтому управление без обратной связи, имеющее место в данном случае, может привести к весьма негативным последствиям.

В определенной мере роль обратной связи в процессе управления кадровым обеспечением играет система заявок. Под заявкой будем понимать обобщенный информационный поток, отражающий состояние кадровых систем конкретных пожарных подразделений, их потребность в кадровых ресурсах, результаты анализа перспектив их развития и т. п. Заявкой, вообще говоря, могут служить и статистические данные о пожарах, и численность обслуживаемого населения, и некоторые комплексные показатели, и т. п.

Обозначим через $S_k(t)$ потребность в кадровом ресурсе, заявленную k -м подразделением противопожарной службы к t -му моменту времени. Тогда общая заявка примет вид:

$$\sum_{k=1}^{k=K} S_k(t) = S(t). \quad (4)$$

Использование принципа пропорционального распределения дает возможность управления с учетом обратной связи. Максимальное удовлетворение заявок в рамках имеющихся возможностей — основа данного принципа. При пропорциональном распределении центр исходит из предположения, что заявки $S_k(t+1)$ отражают реальные потребности подразделений противопожарной службы в кадровых ресурсах. Постановка задачи пропорционального распределения кадровых ресурсов в заявочном варианте имеет вид:

$$\hat{H}_2 = \sum_{k=1}^{k=K} \left[\frac{R_k(t+1)}{R(t+1)} - \frac{S_k(t+1)}{S(t)} \right]^2 \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k(t+1) = R(t+1).$$

Решение (5) также просто:

$$R_k(t+1) = \frac{S_k(t+1)R(t+1)}{S(t+1)}; \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (6)$$

Отметим, что заявка в ее обобщенном понимании далеко не всегда отражает реальный кадровый дефицит подразделения противопожарной службы, поэтому для оценки реальной потребности центру, как правило, необходимо располагать некоторой дополнительной информацией о фактическом состоянии пожарной безопасности.

Более того, как показано в работе [20], в условиях неполной информированности планирующего органа о состоянии кадровой потребности субъектов управления и при существовании общего дефицита кадров в системе возникает тенденция к завышению заявок на ресурс. Причем даже при малой степени реального дефицита имеет место весьма большой искусственный дефицит, т. е. разница между заявленной потребностью и наличным ресурсом, который предстоит распределить. Учитывая, что в практической деятельности противопожарной службы, как правило, существует кадровый дефицит, принцип пропорционального распределения в данной сфере нельзя признать эффективным.

Рассмотрение иных, более эффективных принципов распределения кадровых ресурсов связано с усложнением соответствующих математических моделей. Суть этого усложнения связана с введением некоторой целевой функции $\varphi = \varphi(\bar{X}, \bar{R}, \bar{\gamma})$ (где $\bar{X}$, $\bar{R}$, $\bar{\gamma}$ — соответственно векторы “входных” переменных, например число пожаров, кадровых ресурсов и постоянных параметров), которая характеризует эффективность использования ресурса противопожарной службы. Как частный случай, целевая функция может быть выражена через производственную функцию [19].

Отметим, что понятие “целевая функция” отличается от аналогичного термина, используемого в чисто экономических системах. В противопожарной службе этот термин имеет более выраженный социальный аспект, например он может означать число спасенных на пожаре людей в расчете на одного пожарного.

Критериальное управление кадровыми ресурсами

Представим целевую функцию для противопожарной службы k -го округа Вьетнама φ_k в виде

$$\varphi_k = \varphi_k(F_k, R_k, \bar{\gamma}_k), \quad (7)$$

где F_k — число пожаров в k -м округе страны;
 R_k — численность пожарных;
 $\bar{\gamma}_k$ — вектор параметров, характеризующих эффективность использования кадровых ресурсов в k -м округе страны.

Примем, что целевая функция (7) монотонно растет в области $0 < R_k < \infty$, т. е. чем больше обеспечен-

ность противопожарной службы округа кадровыми ресурсами, тем больше целевая функция. Причем

$$(F_k, \infty, \bar{\gamma}_k) = A_k = \text{const}, \quad (8)$$

т. е. функция ограничена сверху.

Целевая функция общей системы противопожарной службы определяется целевыми функциями ее территориальных подразделений и в частном случае может быть записана в виде их суммы:

$$\Phi_{\text{ц}} = \sum_{k=1}^{K} \varphi_k. \quad (9)$$

В связи с тем что центр располагает ограниченными ресурсами, он имеет возможность достигнуть определенного значения своей целевой функции (системной цели), влияя на целевые функции активных элементов путем выбора того или иного варианта распределения кадровых ресурсов, стимулируя подчиненные подразделения противопожарной службы к совершенствованию форм и методов оперативно-служебной деятельности при тушении пожаров, интенсификации использования наличных ресурсов. Исследуя разные виды целевых функций, можно оценить их полезность и конструктивность в процессе управления оперативно-служебной деятельностью с учетом многообразия ее направлений и многокритериальности интересов противопожарной службы.

Управление функционированием кадровой системы противопожарной службы путем выбора или изменения целевых функций, отражающих распределение ее кадровых ресурсов, будем называть *критериальным управлением*.

Задача распределения кадровых ресурсов в условиях, когда известна зависимость $\varphi_k(F_k, R_k, \bar{\gamma}_k)$ и определены параметры $\bar{\gamma}_k$, имеет вид следующей задачи оптимизации:

$$\Phi_{\text{ц}} = \sum_{k=1}^{K} \varphi_k(F_k, R_k, \bar{\gamma}_k) \rightarrow \max(\bar{R}) \quad (10)$$

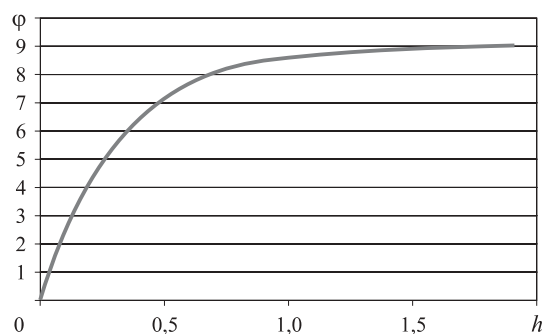
с ограничением на количество кадровых ресурсов:

$$\sum_{k=1}^{K} R_k = R. \quad (11)$$

Принцип, реализованный в данной постановке задачи распределения кадровых ресурсов противопожарной службы, является *принципом оптимального распределения*.

Выбор целевой функции и решение задачи распределения

Решение задачи (10) зависит от конкретного вида целевой функции. Выберем в качестве целевой функции “зеркальное отражение” аналитической зависимости, предложенной в работе [25] для описания



Целевая функция φ по удельному экономическому ущербу от пожаров в зависимости от удельной нагрузки по пожарам h

связи удельной нагрузки на пожарных по экономическому ущербу от пожаров с удельной нагрузкой на них по пожарам:

$$\varphi_k = 9,03 [1 - \exp(-3,14h_k)], \quad (12)$$

где h_k — удельная нагрузка по пожарам в k -м подразделении.

Зависимость (12) имеет следующий графический вид (см. рисунок). На графике нетрудно увидеть, что функция (12) является монотонно возрастающей и при $h_k \rightarrow \infty$ ее значение $\varphi_k \rightarrow 9,03$.

С целью получения аналитической зависимости для оптимального распределения кадровых ресурсов упростим выражение (12), предположив, что отношение $3,14h_k$ достаточно мало (оно, на самом деле, в исследуемом диапазоне существенно меньше единицы).

Тогда разложение в ряд экспоненциальной функции и округление числовых значений до целых величин в (12) приводит к следующим выражениям:

$$\varphi_k \approx 9[1 - 1 + 3h_k - 9h_k^2/(2) + \dots], \quad (13)$$

или

$$\varphi_k \approx 27h_k(1 - 3h_k/2), \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (14)$$

Целевая функция системы в этом случае представляется в виде:

$$\Phi_{\Pi} = \sum_{k=1}^{k=K} 27h_k(1 - 3h_k/2). \quad (15)$$

Таким образом, задача оптимального распределения кадровых ресурсов между K подразделениями противопожарной службы ставится следующим образом:

$$\Phi_{\Pi \bar{R}} \rightarrow \max; \quad (16)$$

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R, \quad (17)$$

где $\Phi_{\Pi \bar{R}}$ — целевая функция центра, максимизируемая путем вариации кадрового ресурса по подразделениям.

Решим задачу (16) методом множителей Лагранжа. Функция Лагранжа записывается в виде:

$$L(\Phi_{\Pi}, \lambda) = \sum_{k=1}^{k=K} [27h_k(1 - 3h_k/2)] - \lambda \left(\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R \right), \quad (18)$$

где λ — множитель Лагранжа.

Подставим в (15) выражение для $h_k = F_k/R_k$ и получим:

$$L(\Phi_{\Pi}, \lambda) = \sum_{k=1}^{k=K} \left[27 \frac{F_k}{R_k} \left(1 - \frac{3F_k/R_k}{2} \right) \right] - \lambda \left(\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R \right). \quad (19)$$

Рассмотрим линейные члены в выражении (19):

$$L(\Phi_{\Pi}, \lambda) = \sum_{k=1}^{k=K} 27 \frac{F_k}{R_k} - \lambda \left(\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R \right). \quad (20)$$

Условный экстремум выражений (19) и (20) находится из соотношений:

$$\frac{\partial L(\bar{R}, \bar{\lambda})}{\partial R_k} = \frac{\partial L(\bar{R}, \bar{\lambda})}{\partial \lambda} = 0, \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (21)$$

Дифференцируя (21), легко показать, что нахождение условного экстремума сводится к решению следующей системы уравнений:

$$\frac{\partial L}{\partial R_k} = -27 \frac{F_k}{R_k^2} - \lambda = 0; \quad (22)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{k=1}^{k=K} R_k - R = 0. \quad (23)$$

Отсюда при учете только линейных членов в разложении (19) в ряд Маклорена оптимальное распределение кадровых ресурсов $R_{k(\text{опт1})}$ по подразделениям противопожарной службы СРБ с точки зрения центра описывается формулой

$$R_{k(\text{опт1})} = R \frac{\sqrt{F_k}}{\sum_{k=1}^{k=K} \sqrt{F_k}}. \quad (24)$$

В работе [14] показано, что принцип оптимального распределения кадровых ресурсов — самый выигрышный по сравнению с другими вариантами. Покажем это и для случая оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы.

Значение целевой функции системы в целом при оптимальном распределении кадровых ресурсов с учетом только линейных членов составит:

$$\Phi_{\Pi}^{\text{опт1}} = \frac{\alpha \gamma}{R} \left(\sum_{k=1}^{k=K} \sqrt{F_k} \right)^2. \quad (25)$$

Учитывая, что при пропорциональном распределении

$$R_k^{\text{проп}} = RF_k / \sum_{k=1}^{k=K} F_k, \quad (26)$$

опишем значение целевой функции соотношением

$$\Phi_{\text{ц}}^{\text{проп}} = \frac{\alpha\gamma}{R} K \sum_{k=1}^{k=K} F_k. \quad (27)$$

Легко показать, что разница Q между (25) и (27) всегда больше или равна нулю:

$$Q = \frac{\alpha\gamma}{R} \left[\left(\sum_{k=1}^{k=K} \sqrt{F_k} \right)^2 - K \sum_{k=1}^{k=K} F_k \right] \geq 0. \quad (28)$$

Причем равенство нулю возникает только в том случае, если на территориях обслуживания всех подразделений противопожарной службы условия пожарной обстановки одинаковы.

Аналогично можно показать, что оптимальное распределение будет наилучшим и по сравнению с принципом распределения “от достигнутого”.

Таким образом, из вышесказанного следует, что критериальное управление территориальным распределением ресурсов на основе моделей их оптимизации позволяет наиболее эффективно использовать кадровый потенциал противопожарной службы и тем самым снизить негативные последствия пожаров.

Выводы

1. Среди задач, связанных с управлением противопожарной службой, одно из центральных мест занимает задача их оптимального обеспечения кадровыми ресурсами. При этом ресурсы иного вида (материально-технические, организационно-управленческие, финансовые и т. п.) могут быть учтены в мате-

матических моделях, описывающих влияние кадровых ресурсов на пожарные риски, в виде различных значений соответствующих параметров.

2. Применительно к описанию модели управления ресурсами противопожарной службы необходимо решать задачу многовекторной оптимизации. В связи с тем что для общего случая эта проблема не решена, в практических приложениях нужно идти по пути разработки различного рода критериев оптимальности, связанных с построением специальных целевых функций.

3. Целевая функция, построенная на устойчивой зависимости удельного экономического ущерба от пожаров и удельной нагрузки по пожарам во Вьетнаме, дает возможность построить системную целевую функцию противопожарной службы страны путем аддитивной свертки целевых функций ее территориальных подразделений.

4. Вычислительные эксперименты показали, что существующие распределения территориальных кадровых ресурсов по округам Вьетнама (пропорциональное и по принципу “от достигнутого”) проигрывают по сравнению с подходом оптимального распределения кадровых ресурсов. Использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов позволит сократить экономический ущерб от пожаров примерно на 15 % по сравнению с реальной ситуацией их распределения по округам Вьетнама.

5. Имея соответствующую экспертную информацию, можно построить комплексный критерий оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы. При этом возможно учесть различие в материально-техническом оснащении ее территориальных подразделений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев А. В., Бутырин О. В. Алгоритмическое обеспечение процедуры оптимального распределения ресурсов противопожарной службы // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем : сборник научных трудов. — Вып. 6. — Иркутск : ИРГУПС, 2008. — С. 116–120.
2. Белозеров В. В., Богуславский Е. И., Топольский Н. Г. Модель оптимизации социально-экономических потерь от пожаров // Проблемы информационной экономики. Вып. VI. Моделирование инновационных процессов и экономической динамики : сборник научных трудов / Под ред. Р. М. Нижегородцева. — М. : ЛЕНАНД, 2006. — С. 226–247.
3. Брушлинский Н. Н., Корольченко А. Я. Моделирование пожаров и взрывов. — М. : Пожнаука, 2000. — 492 с.
4. Матюшин А. В., Порошин А. А., Харин В. В., Шишков М. В., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю. Методика оценки эффективности кадровых органов МЧС России // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2014. — Вып. 6(58). — 8 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/05-06-14.ttb.pdf> (дата обращения: 20.09.2016).
5. Andrea Duane, Miriam Pique, Marc Castellnou, Lluís Brotons. Predictive modeling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes // International Journal of Wildland Fire. — January 2015. — Vol. 24, No. 3. — P. 407–418. DOI: 10.1071/WF14040. URL: https://www.researchgate.net/publication/275869989_Predictive_modelling_of_fire_occurrences_from_different_fire_spread_patterns_in_Mediterranean_landscapes (дата обращения: 20.09.2016).

6. Hostikka S., Keski-Rahkonen O. Probabilistic simulation of fire scenarios // Nuclear Engineering and Design. — 2003. — Vol. 224, No. 3. — P. 301–311. DOI: 10.1016/S0029-5493(03)00106-7.
7. Kazemi M., Kunt M. M., Aghayan I., Larijani R. J. Optimization model for fire station location based on GIS and Python: a case study in North Cyprus // Applied Mechanics and Materials. — 2013. — Vol. 330. — P. 1059–1064. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.330.1059.
8. Janssen M. L. An introduction to mathematical fire modeling. — 2nd ed. — Lancaster, PA : Technomic Publ., 2000. — 275 p.
9. Pan X., Han C. S., Dauber K., Law K. H. Human and social behavior in computational modeling and analysis of egress // Automation in Construction. — 2006. — Vol. 15, No. 4. — P. 448–461. DOI: 10.1016/j.autcon.2005.06.006.
10. Wuschke K., Clare J., Garis L. Temporal and geographic clustering of residential structure fires: a theoretical platform for targeted fire prevention // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 62, Part A. — P. 3–12. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.07.003.
11. Xin J., Huang C. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 62, Part A. — P. 72–78. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.022.
12. Yunjun Han, Xiaohong Guan, Leyuan Shi. Optimization based method for supply location selection and routing in large-scale emergency material delivery // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. — 2011. — Vol. 8, No. 4. — P. 683–693. DOI: 10.1109/TASE.2011.2159838.
13. Минаев В. А., Тростянский С. Н., Чу Куок Минь. Оценка вероятности возникновения пожаров при нарушениях требований пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2013. — Вып. 5(51). — 7 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-5/18-05-13.ttb.pdf> (дата обращения: 20.09.2016).
14. Минаев В. А. Кадровые ресурсы органов внутренних дел: современные подходы к управлению. — М. : Академия МВД СССР, 1991. — 163 с.
15. Рубинштейн М. И., Черкашин А. М. О дискретных задачах оптимального распределения ресурсов // Механизмы функционирования организационных систем. Теория и приложения : сборник трудов ИПУ. — М. : ИПУ АН СССР, 1982. — Вып. 29. — С. 20–29.
16. Матюшин А. В., Минаев В. А., Овсяник А. И., Симаков В. В., Топольский Н. Г., Чу Куок Минь. Моделирование взаимосвязей ресурсы противопожарной службы — характеристики пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 11. — С. 62–70. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.62-70.
17. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. — М. : Наука, 1984. — 255 с.
18. Бурков В. Н., Буркова И. В. Задачи управления в социальных и экономических системах. — М. : Синтег, 2005. — 256 с.
19. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования организационных систем. — М. : Наука, 1981. — 384 с.
20. Бурков В. Н., Коргин Н. А., Новиков Д. А. Введение в теорию управления организационными системами. — М. : Книжный дом “ЛИБРИКОМ”, 2009. — 264 с.
21. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять организациями. — М. : Синтег, 2004. — 400 с.
22. Polovinkina A. I. Economic mechanisms of increasing the level of fire safety // Proceedings of the 15th International Conference on Systems Science. — Wrocław, Poland, 2004. — Vol. III. — P. 426–429.
23. Системный анализ и структуры управления. Кн. 8 / Под ред. Д. И. Валентя. — М. : Статистика, 1976. — 367 с.
24. Минаев В. А., Топольский Н. Г., Чу Куок Минь. Управление пожарными рисками с использованием теории активных систем // Пожары и чрезвычайные ситуации : предотвращение, ликвидация. — 2014. — № 4. — С. 59–65.
25. Минаев В. А., Тростянский С. Н., Скрыль С. В., Зенин Ю. Н., Бакаева Г. А., Чу Куок Минь. Показатели пожарной безопасности и вероятность возникновения пожаров : моделирование взаимосвязи // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2013. — Вып. 6(52). — 9 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-6/09-06-13.ttb.pdf> (дата обращения: 20.09.2016).

Материал поступил в редакцию 30 сентября 2016 г.

Для цитирования: Матюшин А. В., Минаев В. А., Овсяник А. И., Симаков В. В., Топольский Н. Г., Чу Куок Минь. Территориальное распределение кадровых ресурсов противопожарной службы на основе подходов теории активных систем // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 12. — С. 46–54. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.46-54.

TERRITORIAL ALLOCATION OF FIRE SERVICE STAFF RESOURCES ON BASIS OF THE ACTIVE SYSTEMS THEORY APPROACHES

MATYUSHIN A. V., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Deputy Head of All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Moscow Region, Balashikha, 143903, Russian Federation; e-mail address: vniipo.nauka@mail.ru)

MINAEV V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of Russian Federation, Leading Researcher, Educational and Scientific Center "Security" of Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya St., 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: m1va@yandex.ru)

OVSYANIK A. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Science-Technical Department of Emercom of Russia (Davydovskaya St., 7, Moscow, 121352, Russian Federation; e-mail address: info@mchs.gov.ru)

SIMAKOV V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: vvs1941@gmail.com)

TOPOLSKIY N. G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: ntopolskii@mail.ru)

CHU QUOC MINH, Candidate of Technical Sciences, Senior Employee, Institute of Fire Fighting and Prevention, Public Security Ministry of Socialist Republic Vietnam (Vietnam, 100000, Ha Noi, Thanh Xuan, Khuat Duy Tien St., 243; e-mail address: chuminh114@yahoo.com)

ABSTRACT

In this article a problem of new methods and creation of models for fire risks analysis, forecasting and management are considered. For creation of models and justification of modern approaches in the sphere of fire safety more deep analysis of fire situation territorial and dynamic characteristics is required. The conclusion is that application of models and methods developed in the active systems theory is perspective. Article purposes are justification, development and research of territorial allocation mathematical models of fire service staff resources. Creation of models is carried out based on an example of Vietnam. Other resources (material, organizational, administrative, financial, etc.) can be considered in mathematical models describing influence of personnel resources on fire risks in the form of various values of corresponding parameters. The task of increasing in level of the country fire safety is set, considering resource restrictions in fire service divisions. The principles of resources allocation (from the reached level, proportional, optimal) are considered. It is shown that optimal management on the basis of specially developed criterion function gives the possibility most effectively to use of a fire service resource. It is specified that in relation to fire service resource management it is necessary to solve a task of multivector optimization. Because for general case this problem is not solved, in practical applications it is necessary to go on the way of different optimality criteria development demanding creation of special target functions. The function which is based on the analytical dependence offered by authors is described. Dependence of reflects interrelation of the fire-fighters specific load considering economic damage from the fires with specific load of it on the fires. Computing experiments showed that application of optimal staff resources allocation technique allows reducing economic damage from the fires approximately in 15 % compare to a real situation in Vietnam. It is concluded that the further development of models linked to the construction of an integrated criteria of the fire service staff resources management. It is possible to take into account the difference in material and technical support of its territorial units.

Keywords: fire safety; modeling; active systems theory; optimal management; staff resources; fire service.

REFERENCES

1. Abaev A. V., Butyrin O. V. Algorithmic support optimal allocation of fire service resources procedures. In: *Information Technology and Problems of Complex Systems Mathematical Modeling. Collection of Scientific Papers*. Irkutsk, IrGUPS Publ., 2008, issue 6, pp. 116–120 (in Russian).
2. Belozеров V. V., Boguslavskiy E. I., Topolskiy N. G. Optimization model of socio-economic losses from fires. In: *Problems of Information Economy. Issue VI. Modeling of Innovative Processes and Economic Dynamics. Collection of scientific papers*. R. M. Nizhegorodtseva (ed.). Moscow, LENAND Publ., 2006, pp. 226–247 (in Russian).
3. Brushlinskiy N. N., Korolchenko A. Ya. *Modeling of fires and explosions*. Moscow, Pozhnauka Publ., 2000. 492 p. (in Russian).
4. Matyushin A. V., Poroshin A. A., Kharin V. V., Shishkov M. V., Bobrinev E. V., Udavtsova E. Yu. Technique of effectiveness assessment of staffing authorities of Emercom of Russia. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2014, issue 6(58). 8 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/05-06-14.ttb.pdf> (Accessed 20 September 2016).
5. Andrea Duane, Miriam Pique, Marc Castellnou, Lluís Brotons. Predictive modeling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes. *International Journal of Wildland Fire*, January 2015, vol. 24, no. 3, pp. 407–418. DOI: 10.1071/WF14040. Available at: https://www.researchgate.net/publication/275869989_Predictive_modelling_of_fire_occurrences_from_different_fire_spread_patterns_in_Mediterranean_landscapes (Accessed 20 September 2016).
6. Hostikka S., Keski-Rahkonen O. Probabilistic simulation of fire scenarios. *Nuclear Engineering and Design*, 2003, vol. 224, no. 3, pp. 301–311. DOI: 10.1016/S0029-5493(03)00106-7.
7. Kazemi M., Kunt M. M., Aghayan I., Larijani R. J. Optimization model for fire station location based on GIS and Python: a case study in North Cyprus. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 330, pp. 1059–1064. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.330.1059.
8. Janssen M. L. *An introduction to mathematical fire modeling*. 2nd ed. Lancaster, PA, Technomic Publ., 2000. 275 p.
9. Pan X., Han C. S., Dauber K., Law K. H. Human and social behavior in computational modeling and analysis of egress. *Automation in Construction*, 2006, vol. 15, no. 4, pp. 448–461. DOI: 10.1016/j.autcon.2005.06.006.
10. Wuschke K., Clare J., Garis L. Temporal and geographic clustering of residential structure fires: a theoretical platform for targeted fire prevention. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 62, part A, pp. 3–12. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.07.003.
11. Xin J., Huang C. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 62, part A, pp. 72–78. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.022.
12. Yunjun Han, Xiaohong Guan, Leyuan Shi. Optimization based method for supply location selection and routing in large-scale emergency material delivery. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2011, vol. 8, no. 4, pp. 683–693. DOI: 10.1109/TASE.2011.2159838.
13. Minaev V. A., Trostyanskiy S. N., Chu Quoc Minh. Estimation of the fires occurrence probability in violations of the requirements for fire safety. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2013, issue 5(51). 7 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-5/18-05-13.ttb.pdf> (Accessed 20 September 2016).
14. Minaev V. A. *Human resources of Internal Affairs Agencies: modern approaches to management*. Moscow, Academy of the Internal Affairs Ministry of USSR Publ., 1991. 163 p. (in Russian).
15. Rubinshteyn M. I., Cherkashin A. M. On discrete problems of resources optimal allocation. Mechanisms of organizational systems functioning. In: *Theory and Applications. Collection of scientific works*. Moscow, Institute of Control Sciences of the USSR Academy of Sciences Publ., 1982, issue 29, pp. 20–29 (in Russian).
16. Matyushin A. V., Minaev V. A., Ovsyanik A. I., Simakov V. V., Topolskiy N. G., Chu Quoc Minh. Modeling of interrelations fire service resources — fire safety characteristics. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 11, pp. 62–70 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.62-70.
17. Burkov V. N. *Fundamentals of active systems mathematical theory*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 255 p. (in Russian).

18. Burkov V. N., Burkova I. V. *Control problems in social and economic systems*. Moscow, Sinteg Publ., 2005. 256 p. (in Russian).
19. Burkov V. N., Kondratyev V. V. *Mechanisms of organizational systems functioning*. Moscow, Nauka Publ., 1981. 384 p. (in Russian).
20. Burkov V. N., Korgin N. A., Novikov D. A. *Introduction to the theory of control of organizational systems*. Moscow, Book House "LIBRIKOM", 2009. 264 p. (in Russian).
21. Burkov V. N., Novikov D. A. *How to manage organizations*. Moscow, Sinteg Publ., 2004. 400 p. (in Russian).
22. Polovinkina A. I. Economic mechanisms of increasing the level of fire safety. In: *Proceedings of 15th International Conference on Systems Science*. Wrocław, Poland, 2004, vol. III, pp. 426–429.
23. Valentey D. I. (ed.). *The system analysis and management structures*. Book 8. Moscow, Statistika Publ., 1976. 367 p. (in Russian).
24. Minaev V. A., Topolskiy N. G., Chu Quoc Minh. Fire risks management with the use of active system theory. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya (Fire and Emergencies: Prevention, Elimination)*, 2014, no. 4, pp. 59–65 (in Russian).
25. Minaev V. A., Trostyanskiy S. N., Skryl S. V., Zenin Yu. N., Bakaeva G. A., Chu Quoc Minh. Fire safety characteristics and the probability of fires occurrence: modeling the relationship. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2013, issue 6(52). 9 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-6/09-06-13.ttb.pdf> (Accessed 20 September 2016).

For citations: Matyushin A. V., Minaev V. A., Ovsyanik A. I., Simakov V. V., Topolskiy N. G., Chu Quoc Minh. Territorial allocation of fire service staff resources on basis of the active systems theory approaches. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 12, pp. 46–54. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.46-54.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу



Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко ДЕЛЕНИЕ ЗДАНИЙ НА ПОЖАРНЫЕ ОТСЕКИ : учебное пособие.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 40 с. : ил.

В учебном пособии изложены базовые основы, действующие требования и современные представления о целях, задачах и способах ограничения распространения пожара по зданиям и сооружениям путем их разделения на пожарные отсеки.

Пособие предназначено для студентов Московского государственного строительного университета. Оно может быть использовано также другими образовательными учреждениями и практическими работниками, занимающимися вопросами обеспечения пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru