

В. А. Минаев¹, Н. Г. Топольский², Кйеу Туан Ань² (Россия, Вьетнам)
(¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, ²Академия ГПС МЧС России; e-mail: m1va@yandex.ru)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАДРОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ВЬЕТНАМА

Решается задача оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы на основе комплексного критерия снижения погибших и травмированных на пожарах. Построена математическая модель типа "затраты-результаты", включающая целевую функцию противопожарной службы Вьетнама как сумму целевых функций этих же служб в однородных по пожарным рискам кластерах страны. Произведено сравнение территориальных распределений кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама при различных аналитических приближениях для целевой функции.

Ключевые слова: кадровые ресурсы, противопожарная служба, комплексный критерий, пожарный риск, типологизация территорий, целевая функция.

Введение

В последнее десятилетие появились глубокие исследования в области управления ресурсами противопожарной службы и управления пожарными рисками [1-10]. Интеграция результатов указанных работ даёт возможность постановки и решения сложных задач оптимального управления подразделениями указанной службы на основе самых современных моделей и методов, активно внедряющихся в их информационно-аналитическую деятельность.

В работе [11] территория Вьетнама (провинции и города республиканского подчинения) как результат кластерной типологизации распределена по пяти однородным, компактно расположенным в географическом смысле, группам по состоянию пожарных рисков. В настоящей статье воспользуемся результатами указанной типологизации.

Кроме того, используем результаты исследования [12], где сформирован и исследован комплексный удельный показатель s , учитывающий как погибших, так и травмированных на пожарах. Осуществив перерасчёты с применением более современных данных, также в аддитивном виде представим показатели *удельной нагрузки по числу погибших на пожарах (УНПП)*, приходящихся на одного пожарного – d_i и *удельной нагрузки по числу травмированных на пожарах (УНТП)*, приходящихся на одного пожарного – w_i , взвешенные нормировочными коэффициентами:

$$s_i = \alpha \cdot d_i + \beta \cdot w_i, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, I$ – годы наблюдения; на сумму весовых коэффициентов налагось ограничение:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (2)$$

После нахождения весовых коэффициентов α , β и параметров модели, её наилучший вариант для Вьетнама с коэффициентом объясняемости 96 % представлен на рис. 1 в виде соотношения [13]:

$$s_k = (0,555 \cdot d_k + 0,445 \cdot w_k) = 0,0025 \cdot \exp(7 \cdot h_k); \quad k = 1, \dots, K, \quad (3)$$

где h_k – количество пожаров, приходящихся на одного пожарного в k -м кластере;

K – число кластеров.

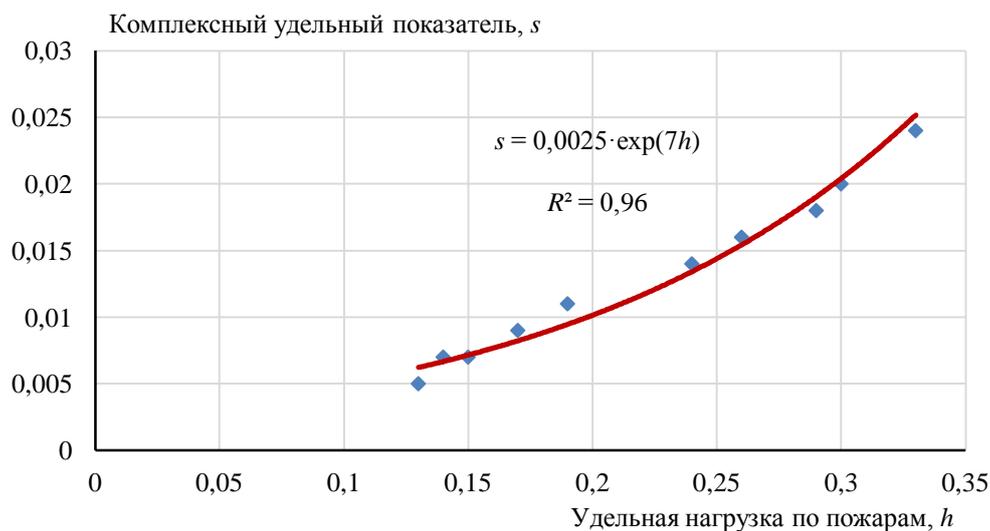


Рис. 1. Зависимость комплексного удельного показателя от удельной нагрузки по пожарам

Описание модели распределения

Для распределения кадровых ресурсов противопожарной службы по кластерам построим математическую модель типа "затраты-результаты" [13]. Применительно к k -му кластеру целевую функцию представим как:

$$\varphi_k = \varphi_k (F_k, R_k, \bar{\gamma}_k), \quad (4)$$

где F_k – число пожаров в k -м кластере,

R_k – количество пожарных в k -м кластере,

$\bar{\gamma}_k$ – вектор параметров целевой функции в k -м кластере.

Как и в работе [13] примем, что в области $0 < R_k < \infty$ функция (4) монотонно увеличивается в зависимости от обеспеченности противопожарной службы кадровыми ресурсами, но при этом асимптотически ограничена сверху:

$$\varphi_k (F_k, \infty, \gamma_k) = \text{const}. \quad (5)$$

Кроме того, определим, что целевая функция Центра Φ_u представляется в виде суммы целевых функций её подразделений в кластерах:

$$\Phi_u = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k; \quad k = 1, \dots, K. \quad (6)$$

Задача оптимального территориального распределения кадровых ресурсов ставится следующим образом:

$$\Phi_y = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k(F_k, R_k, \bar{Y}_k) \xrightarrow{\bar{R}} \text{optim}, \quad (7)$$

при ограничении:

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R. \quad (8)$$

Для формирования целевой функции используем обратную величину зависимости (3),

$$\varphi_k = 400 [1 - \exp(-7 \cdot h_k)], \quad (9)$$

которая всегда больше нуля и при $h_k \rightarrow \infty$ монотонно стремится к величине 400.

Распределение кадровых ресурсов по кластерам предполагается таким, чтобы обеспечивать интегральный оптимум суммы целевых функций (7).

Учитывая малость h_k , упростим выражение (9), разложив экспоненту в ряд Маклорена:

$$\varphi_k \approx 400 \cdot [1 - 1 + 7 \cdot h_k - \frac{7^2}{2!} \cdot h_k^2 + \frac{7^3}{3!} \cdot h_k^3 - \dots] \quad (10)$$

или

$$\varphi_k \approx 400 \cdot h_k \cdot (7 - 25 \cdot h_k + 57 \cdot h_k^2 - \dots); \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (11)$$

Целевая функция Центра при этом представляется в виде:

$$\Phi_y \approx 400 \sum_{k=1}^{k=K} h_k (7 - 25 \cdot h_k + 57 \cdot h_k^2). \quad (12)$$

Решение задачи распределения кадровых ресурсов

Задача оптимального распределения Центром кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама между K кластерами ставится в виде:

$$\Phi_y \xrightarrow{\bar{R}} \min, \quad (13)$$

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R. \quad (14)$$

Функция Лагранжа для нее записывается в виде:

$$L(\Phi_y) = 400 \sum_{k=1}^{k=K} h_k \cdot (7 - 25 \cdot h_k + 57 \cdot h_k^2) - \lambda \cdot (\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R), \quad (15)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Условный экстремум выражения (15) находится из соотношений:

$$\frac{\partial L(R, \lambda)}{\partial R_k} = \frac{\partial L(R, \lambda)}{\partial \lambda} = 0; \quad k=1, 2, \dots, K. \quad (16)$$

Подставим в (15) $h_k = F_k/R_k$:

$$L(\Phi_y) = 400 \sum_{k=1}^{k=K} \frac{F_k}{R_k} \cdot (7 - 25 \cdot \frac{F_k}{R_k} + 57 \cdot \frac{F_k^2}{R_k^2}) - \lambda \cdot (\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R). \quad (17)$$

Вычисляя из (17) производную $\frac{\partial L(R, \lambda)}{\partial R_k} = 0$, получим приведённое уравнение четвёртой степени относительно R_k и используем его для нахождения решения известным методом Феррари:

$$R_k^4 + p \cdot R_k^2 + q \cdot R_k + r = 0, \quad (18)$$

где $p = 28 \cdot 10^2 \cdot \frac{F_k}{\lambda};$

$$q = -2 \cdot 10^4 \cdot \frac{F_k^2}{\lambda};$$

$$r = 684 \cdot 10^2 \cdot \frac{F_k^3}{\lambda}.$$

Для применения метода Феррари уравнения четвёртой степени *на первом этапе* приводятся к уравнениям, у которых отсутствует член с третьей степенью. Именно таковым уже является уравнение (18).

На втором этапе решается кубическое уравнение резольвенты:

$$z^3 - p \cdot z^2 - 4r \cdot z + 4pr - q^2 = 0. \quad (19)$$

Подставляя в уравнение (19) значения коэффициентов из (18), получим:

$$z^3 - \frac{28 \cdot 10^2 \cdot F_k}{\lambda} \cdot z^2 - \frac{2736 \cdot 10^2 \cdot F_k^3}{\lambda} \cdot z + \frac{76608 \cdot 10^4 \cdot F_k^4}{\lambda^2} - \frac{4 \cdot 10^8 \cdot F_k^4}{\lambda^2} = 0, \quad (20)$$

или

$$z^3 - \frac{28 \cdot 10^2 \cdot F_k}{\lambda} \cdot z^2 - \frac{2736 \cdot 10^2 \cdot F_k^3}{\lambda} \cdot z + \frac{3,6608 \cdot 10^8 \cdot F_k^4}{\lambda^2} = 0. \quad (21)$$

Введём обозначения:

$$a = -\frac{28 \cdot 10^2 \cdot F_k}{\lambda}; \quad b = -\frac{2736 \cdot 10^2 \cdot F_k^3}{\lambda}; \quad c = \frac{3,6608 \cdot 10^8 \cdot F_k^4}{\lambda^2}. \quad (22)$$

Представим уравнение (20) в каноническом виде:

$$x^3 + a_1 \cdot x + b_1 = 0, \quad (23)$$

где $z = x - \frac{a}{3} = x + \frac{28 \cdot 10^2 \cdot F_k}{3\lambda};$

$$a_1 = c - \frac{b^2}{3} \approx -2,5 \cdot \frac{10^{10} \cdot F_k^6}{\lambda^2};$$

$$b_1 = \frac{2b^3}{27} - \frac{bc}{3} + c = \frac{10^8 F_k^4}{\lambda^2} \left(3,66 + \frac{3,34 \cdot 10^5 \cdot F_k^3}{\lambda} - \frac{1,52 \cdot 10^7 \cdot F_k^5}{\lambda} \right) \approx \\ \approx -\frac{1,52 \cdot 10^{15} \cdot F_k^9}{\lambda^3}.$$

Итак, $a_1 \approx -2,5 \cdot \frac{10^{10} \cdot F_k^6}{\lambda^2}; \quad b_1 \approx -1,52 \cdot \frac{10^{15} \cdot F_k^9}{\lambda^3}.$

Вычислим дискриминант кубического уравнения (23), используя известную формулу:

$$Q = \left(\frac{a_1}{3}\right)^3 + \left(\frac{b_1}{2}\right)^2 = \frac{10^{30} \cdot F_k^{18}}{\lambda^6} \cdot \left[\left(1,52/2\right)^2 - \left(2,5/3\right)^3 \right] \approx 0. \quad (24)$$

Введём обозначения, используемые в формулах Кардано:

$$A = \sqrt[3]{-b_1/2 + \sqrt{Q}}; \quad B = \sqrt[3]{-b_1/2 - \sqrt{Q}}, \quad (25)$$

или $A = B = -\sqrt[3]{b_1/2} = 0,25 \cdot \frac{10^5 \cdot F_k^3}{\lambda}$.

Поскольку дискриминант (24) равен нулю, из формул Кардано следует, что уравнение (23) имеет при любом $\lambda > 0$ следующие действительные корни:

- один положительный

$$z_0 = A + B = 2A = 0,5 \cdot \frac{10^5 \cdot F_k^3}{\lambda}; \quad (26)$$

- два кратных отрицательных:

$$z_{1,2} = -\frac{A+B}{2} \pm i \cdot \frac{A-B}{2} \cdot \sqrt{3} = -A = -0,25 \cdot \frac{10^5 \cdot F_k^3}{\lambda} \quad (27)$$

Используя (26), корни исходного уравнения четвертой степени (18) найдем, применяя известные формулы метода Феррари:

$$R_{k_{1,2}} = \frac{-\sqrt{2 \cdot z_0} \pm \sqrt{2 \cdot z_0 - 4 \cdot \left(\frac{a_1}{2} + z_0 - \frac{b_1}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot z_0}}\right)}}{2}; \quad (28)$$

$$R_{k_{3,4}} = \frac{\sqrt{2 \cdot z_0} \pm \sqrt{2 \cdot z_0 - 4 \cdot \left(\frac{a_1}{2} + z_0 + \frac{b_1}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot z_0}}\right)}}{2}. \quad (29)$$

Нетрудно показать, что единственный положительный корень равен:

$$R_{k_3} = \frac{\sqrt{2 \cdot z_0} + \sqrt{2 \cdot z_0 - 4 \cdot \left(\frac{a_1}{2} + z_0 + \frac{b_1}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot z_0}}\right)}}{2}. \quad (30)$$

или после соответствующих подстановок и преобразований:

$$R_{k_3} \approx \sqrt[4]{\frac{30}{\lambda}} \cdot \frac{10^4}{2} \cdot F_k^{7/4}. \quad (31)$$

В итоге получаем:

$$R_{k(opt3)} = R \cdot \frac{F_k^{7/4}}{\sum_{k=1}^K F_k^{7/4}}. \quad (32)$$

Результаты моделирования

Сравним эффективность территориального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама, используя работы [13, 14], в которых получены линейные и квадратичные аналитические приближения для R_k .

Так, в работе [13] при учёте только линейного члена в разложении в ряд Маклорена получено соотношение:

$$R_{k(opt1)} = R \cdot \frac{\sqrt{F_k}}{\sum_{k=1}^K \sqrt{F_k}}. \quad (33)$$

В работе [14] при разложении в ряд Маклорена учтены члены до квадратичного и получено соотношение:

$$R_{k(opt2)} = R \cdot \frac{\sqrt[3]{F_k^2}}{\sum_{k=1}^K \sqrt[3]{F_k^2}}. \quad (34)$$

В настоящей статье учтен кубический член в разложении в ряд Маклорена:

$$R_{k(opt3)} = R \cdot \frac{F_k^{7/4}}{\sum_{k=1}^K F_k^{7/4}}. \quad (35)$$

Пропорциональное распределение кадровых ресурсов, к которому обычно прибегают в практике территориального распределения ресурсов, имеет вид:

$$R_{k(проп)} = R \cdot \frac{F_k}{\sum_{k=1}^K F_k}. \quad (36)$$

Сравним различные варианты распределения кадровых ресурсов по выделенным кластерам при различных приближениях модели (рис. 2).

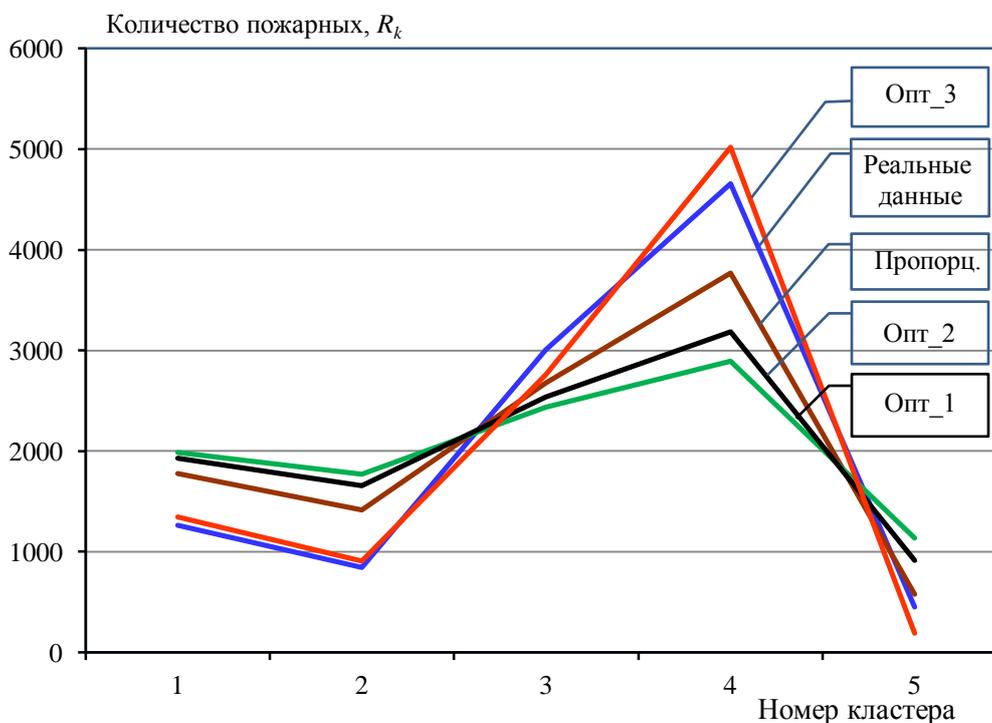


Рис. 2. Сравнение распределений кадровых ресурсов при различных приближениях модели

Из анализа рис. 2 следуют следующие практические выводы:

- линейное (33), квадратичное (34) и пропорциональное приближения (36) модели не позволяют с уверенностью говорить о том, что найденные на их основе решения по территориальному перераспределению кадровых ресурсов противопожарной службы достаточно устойчивы, в то же время они свидетельствуют о явно сформировавшихся направлениях указанных процессов;
- кубическое приближение модели (35), подтверждая выявленные направления перераспределения кадровых ресурсов, свидетельствует о необходимости и возможности плавного и планомерного управления данными процессами, а именно, для повышения эффективности использования кадровых ресурсов противопожарной службы страны необходимо дополнительно усиливать кадровый состав её подразделений в 1-м (на 6,8 %), 2-м (на 7,2 %) и 4-м (на 7,7 %) кластерах за счет их планомерного снижения в 3-м (на 8,1 %) и в 5-м (на 58,2 %) кластерах (нужно отметить, что предполагаемые изменения в пятом кластере, существенно отличающиеся от других территориальных единиц, связаны с её незначительной обеспеченностью кадровыми ресурсами противопожарной службы – всего 4,4 % от ресурсов Вьетнама).

Выводы

1. Задача оптимального распределения ресурсов противопожарной службы должна решаться на основе комплексных критериев, отражающих влияние деятельности противопожарной службы на ущерб от пожаров.
2. Построение критерия оптимального распределения кадровых ресурсов связано с исследованием зависимости комплексного аддитивного показателя, отражающего взвешенное количество погибших и травмированных на пожарах от нагрузки – количества пожаров, приходящихся на одного пожарного в кластере.
3. Целевую функцию противопожарной службы целесообразно строить, исходя из принципов создания математических моделей типа "затраты-результаты", представляющих собой сумму целевых функций этих же служб в однородных по пожарным рискам территорий – кластерах.
4. Для практических расчётов территориальных распределений кадровых ресурсов аналитическими службами противопожарной службы необходимо учитывать члены третьего порядка малости в разложении целевой функции в ряд Маклорена.
5. Во избежание резких и неприемлемых скачков для управления кадровыми ресурсами противопожарной службы при общем ограничении на них, без снижения эффективности их использования необходимо планомерно перераспределять названные ресурсы в процессе ежегодных перерасчётов.
6. Развитие рассмотренной в статье модели видится в направлении комплексного учёта ресурсов противопожарной службы, включающих не только кадровые, но и материально-технические, технологические, финансовые и иные ресурсы.

Литература

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. 44-47.
2. *Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н.* Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
3. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. М.: ВНИИПО МЧС России, 2006. 63 с. <http://www.sra-russia.ru/upload/iblock/114/114dac4776a7dfe95baa3c5a1d4a009f.pdf>.
4. *Брушлинский Н. Н., Есин В. М., Слугев В. И., Соколов С. В., Шебеко Ю. Н., Болодьян И. А., Гордиенко Д. М., Дешевых Ю. И., Гилетич А. Н., Присяжнюк Н. Л., Кириллов Д. С., Клепко Е. А.* Пожарные риски. Вып. 4. Управление пожарными рисками. М.: ВНИИПО МЧС России, 2006. 148 с.
5. *Брушлинский Н. Н., Соколов С. В.* Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. 178 с.
6. *Кафидов В. В.* Управление человеческими ресурсами: учебное пособие. СПб.: изд-во Питер, 2013. 208 с.
7. *Качанов С. А., Нигметов Г. М.* Мониторинг территорий, зданий и сооружений для повышения достоверности результатов при независимой оценке рисков // Технологии гражданской безопасности. 2009. Т. 6. № 3-4 (21-22). С. 40-45.
8. *Beck V. R., Yung D.* The Development of a Risk-Cost Model for the Evaluation of Fire Safety in Buildings // Proceedings of the Fourth International Symposium "Fire Safety Science". International Association for Fire Safety Science. 1994. Pp. 817-828.
9. *Hall J. R.* Overview of Standards for Fire Risk Assessment // Fire Science and Technology. 2006. Vol. 25. No. 2. Pp. 55-62.
10. *Yung D.* Principles of Fire Risk Assessment in Buildings. N.Y.: J. Wiley & Sons, 2008. – 227 p. DOI: 10.1002/9780470714065.
11. *Минаев В. А., Топольский Н. Г., Дао Ань Туан.* Типологизация территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. Вып. 1. С. 72-76. DOI: 10.25257/FE.2018.1.72-76.
12. *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.
13. *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.
14. *Минаев В. А., Топольский Н. Г., Симаков В. В., Тетерин И. М., Дао Ань Туан.* Результаты типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной обстановки // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 4 (74). С. 16-26. <http://academygps.ru/ttb>.

Материал поступил в редакцию 24 декабря 2018 г.

Для цитирования: *Минаев В. А., Топольский Н. Г., Кйеу Туан Ань.* Эффективность территориального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 2 (84). – 2019. – С. 63-71. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.63-71.

V. A. Minaev, N. G. Topolsky, Kieu Tuan Anh (Russia, Vietnam)
THE EFFICIENCY OF TERRITORIAL ALLOCATION
OF VIETNAM STAFF RESOURCES OF FIRE SERVICE

The task of optimal allocation of fire service staff resources is solved based on the complex criterion of reduction of the dead and injured in fires. The dependence of the complex additive index reflecting the weighted number of dead and injured in fires on the load – the number of fires per firefighter in the cluster is investigated to construct the criterion of optimal allocation of staff resources. A mathematical model of the type "cost-results", including the target function of the fire service of Vietnam as the sum of the target functions of the same services in homogeneous fire risk clusters of the country is created. In order to obtain analytical dependences, the decomposition of the objective function into McLaurin series is carried out. It is shown that for practical calculations it is sufficient to take into account the terms up to the second order of smallness in the decomposition. A comparison of the staff resources territorial distribution of the fire service of Vietnam at different analytical approximations for the target function is made. The directions of the planned reallocation of its staff resources taking into account the total restrictions on them and without reducing the efficiency of their use are shown.

Key words: staff resources, fire service, complex criterion, fire risk, territories typology, target function.

References

1. Abaev A. V., Butyrin O. V. *Algoritmicheskoe obespechenie procedury optimal'no-go raspredeleniya resursov protivopozharnoj sluzhby* [Algorithmic support procedures for the optimal allocation of fire service resources]. *Informacionnye tekhnologii i problemy matematicheskogo modelirovaniya slozhnyh sistem: sbornik nauchnyh trudov* [Information technologies and problems of mathematical modeling of complex systems: a collection of scientific papers], vol. 6, Irkutsk, Irkutsk State Transport University Publ., 2008, pp. 44-47.
2. Akimov V. A., Lesnyh V. V., Radaev N. N. *Osnovy analiza i upravleniya riskom v prirodnoj i tekhnogennoj sferah* [Fundamentals of risk analysis and management in natural and man-made areas]. Moscow, Delovoj ekspress Publ., 2004, 352 p.
3. *Rukovodstvo po ocenke pozharnogo riska dlya promyshlennyh predpriyatij* [Fire risk assessment guidelines for industrial plants]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2006, 63 p. Available at: <http://www.sra-russia.ru/upload/iblock/114/114dac4776a7dfe95baa3c5a1d4a009f.pdf>.
4. Brushlinskij N. N., Esin V. M., Sluev V. I., Sokolov S. V., Shebeko Yu. N., Bolod'yan I. A., Gordienko D. M., Deshevyy Yu. I., Giletich A. N., Prisyazhnyuk N. L., Kirillov D. S., Klepko E. A. *Pozharnye riski. Vypusk 4. Upravlenie pozharnymi riskami* [Fire risks. Issue 4. Fire Risk Management]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2006, 148 p.
5. Brushlinskij N. N., Sokolov S. V. *Sovremennye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti v Rossii: monografiya* [Modern problems of fire safety in Russia: monograph]. Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2014. 178 p.
6. Kafidov V. V. *Upravlenie chelovecheskimi resursami: uchebnoe posobie* [Human Resource Management: Tutorial]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2013. 208 p.
7. Kachanov S. A., Nigmatov G. M. Monitoring of areas, buildings and structures for better reliability of results in independent risk assessment. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti / Civil Security Technologies*, 2009, vol. 6, no. 3-4 (21-22), pp. 40-45 (in Russian).
8. Beck V. R., Yung D. The Development of a Risk-Cost Model for the Evaluation of Fire Safety in Buildings. *Proceedings of the Fourth International Symposium Fire Safety Science*, International Association for Fire Safety Science, 1994, pp. 817-828.
9. Hall J. R. Overview of Standards for Fire Risk Assessment. *Fire Science and Technology*, 2006. vol. 25, no. 2, pp. 55-62.
10. Yung D. Principles of Fire Risk Assessment in Buildings, J. Wiley & Sons Publ., 2008, 227 p. DOI: 10.1002/9780470714065.
11. Minaev V. A., Topolsky N. G., Dao Anh Tuan. Classification of provinces in Vietnam on fire hazard characteristics. *Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya / Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2018, no. 1, pp. 72-76. DOI: 10.25257/FE.2018.1.72-76 (in Russian).
12. Matyushin A. V., Minaev V. A., Ovsyanik A. I., Simakov V. V., Topolskiy N. G., Chu Quoc. Modeling of interrelations fire service resources – fire safety characteristics. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016. vol. 25, no. 11, pp. 62-70. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.62-70 (in Russian).
13. Minaev V. A., Topolsky N. G., Chu Quoc Min. Fire risks management with the use of active system theory. *Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya / Fire and emergencies: prevention, elimination*. 2014, no. 4, pp. 59-65 (in Russian).
14. Minaev V. A., Topolsky N. G., Simakov V. V., Teterin I. M., Dao Anh Tuan. Results of Vietnam's territories typology on fire situation characteristics. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2017, vol. 4 (74), pp. 16-26. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).

For citation: Minaev V. A., Topolsky N. G., Kieu Tuan Anh. The efficiency of territorial allocation of Vietnam staff resources of fire service. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 2 (84), 2019, pp. 63-71 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.63-71.