

*В.А. Минаев<sup>1</sup>, Н.Г. Топольский<sup>2</sup>, Б.Н. Коробец<sup>1</sup>, Дао Ань Туан<sup>2</sup>*  
(Россия, Вьетнам)

(<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, <sup>2</sup>Академия ГПС МЧС России; e-mail: m1va@yandex.ru)

## ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАДРОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ВЬЕТНАМА ПО ТИПОЛОГИЧЕСКИМ КЛАСТЕРАМ

Задача управления кадровыми ресурсами противопожарной службы ставится с учётом типологии территорий по пожарной обстановке. Типологизация осуществлялась на основе методов кластерного анализа применительно к провинциям Вьетнама. Выбор меры расстояния между кластерами и метода кластеризации провинций осуществлялись путём применения статистического пакета Statistica 12. Решена задача оптимального территориального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы по кластерам, позволившая на 10-12 % уменьшить комплексный удельный показатель числа погибших и травмированных на пожарах, приходящихся на одного пожарного.

Ключевые слова: оптимальное управление, кадровые ресурсы, типология территорий, пожарная обстановка, кластерный анализ.

### Введение

В условиях стремительного роста экономики многих стран в последнее десятилетие обострились пожарные риски и негативные факторы, по-разному сказывающиеся на пожарной безопасности их территорий. Это привело к необходимости создания новых методов и моделей анализа, прогнозирования пожарных рисков и управления ими на основе современных процедур кластерного территориального анализа.

### Задача типологизации территорий по пожарной опасности

В данной статье задача типологизации территорий по пожарной опасности решалась применительно к провинциям Вьетнама, отличающегося весьма сложной и неоднородной пожарной обстановкой.

Постановка задачи типологизации территорий состоит в следующем. Пусть  $X$  – множество различающихся территорий,  $Y$  – множество кластеров. Задана функция расстояний между территориями  $\rho(x_i, x_j)$ , где  $i, j$  – индексы территорий;  $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n; n$  – общее количество территорий  $X = \{x_i\}$ .

Требуется разбить множество территорий  $X$  на непересекающиеся подмножества  $Y^1 \cup Y^2 \cup \dots \cup Y^M = X$ , называемые *кластерами*  $Y^m$  ( $m = 1, \dots, M$ ), так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике  $\rho$ , а объекты разных кластеров существенно отличались по той же метрике. При этом каждому объекту  $x_i \in X$  приписывается ещё и номер кластера  $x_{im}; m = 1, \dots, M$ .

При кластеризации территорий предполагалось, что показатели пожарной обстановки характеризовались равнозначными коэффициентами важности, а их стандартизация осуществлялась по формуле:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}} \quad (1)$$

Исходя из результатов анализа факторов, определяющих состояние пожарных рисков на территориях Вьетнама, для решения задачи их типологизации по состоянию пожарной опасности принята схема, отражающая факторный комплекс детерминации пожаров в стране [2].

В обоснование факторного комплекса легли результаты экспертных процедур по отбору практиками и научными работниками показателей, наиболее полно характеризующих пожарные риски в провинциях Вьетнама, а также результаты работ [6-9].

Применительно к жилому сектору при решении задачи типологизации методом кластеризации рассматривалась матрица размером 63 провинции, 27 характеристик; при решении той же задачи применительно к сектору хозяйствующих субъектов – матрица 63 провинции, 18 характеристик.

Выбор меры расстояния между кластерами и метода кластеризации провинций осуществлялся путём анализа всех вариантов, предусмотренных в статистическом программном пакете Statistica 12.

Экспертами выбрано приведённое на рис. 1 распределение провинций Вьетнама по кластерам по результатам решения задачи их совместной кластеризации по совокупности характеристик пожарной опасности сектора хозяйствующих субъектов и жилого сектора.

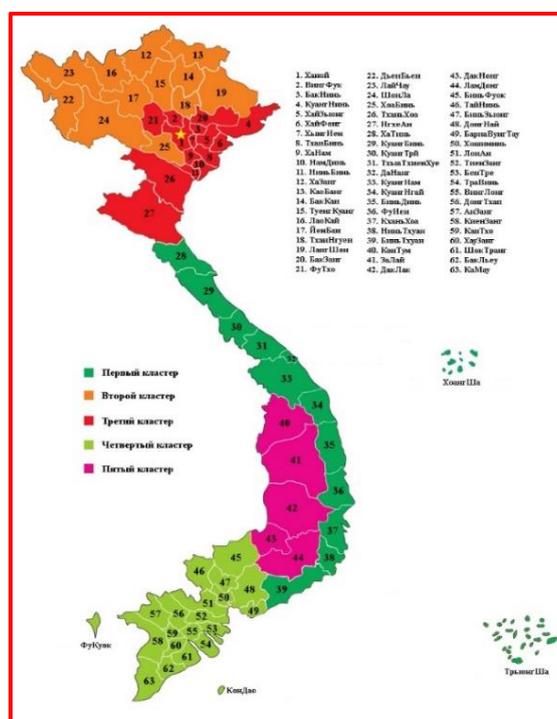


Рис. 1. Комплексная типология провинций Вьетнама по состоянию пожарной опасности

Результаты типологизации как задачи синтеза территорий в однородные группы по пожарной обстановке дали возможность более эффективно решать целый спектр частных задач, связанных с совершенствованием управления ресурсами противопожарной службы, организацией взаимодействия региональных оперативных служб, включая соседние округа, улучшением нормативно-правового обеспечения указанных служб и решением других важных задач.

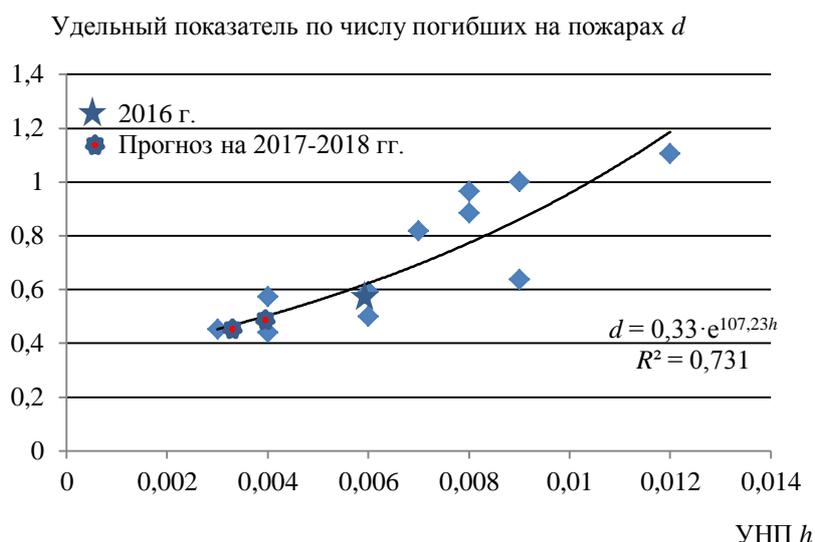
### Моделирование взаимосвязей показателей деятельности противопожарной службы в кластерах

Как показано в работе [7], эффективное решение задач управления ресурсами противопожарной службы связано с количественным исследованием зависимостей удельных показателей деятельности пожарной безопасности во времени и в территориальном аспекте.

В первую очередь, рассмотрим связь *удельной нагрузки по числу погибших на пожарах (УНПП)* с *удельной нагрузкой по пожарам (УНП)*. На рис. 2 показаны эмпирические данные и теоретическое описание взаимосвязи УНПП от УНП во Вьетнаме в период с 2006 г. по 2016 г.

Как видно из рис. 3, прослеживается следующая тенденция – чем выше УНП, тем выше УНПП. Эта зависимость хорошо описывается следующей экспоненциальной кривой (объясняемость – 73 %):

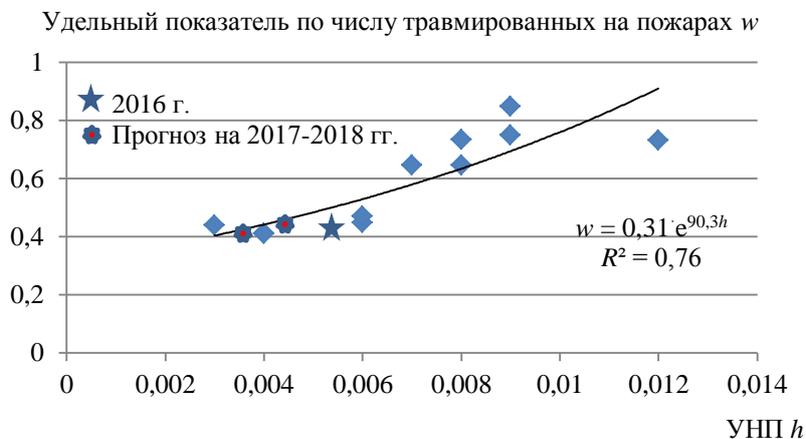
$$e = 0,33 \cdot \exp(107,23h). \quad (2)$$



**Рис. 2.** Эмпирические данные и теоретическое описание связи УНПП от УНП во Вьетнаме с 2006 г. по 2016 г.

Примерно такую же объясняемость (76 %) характеризует удельная зависимость по числу травмированных на пожарах от удельной нагрузки по пожарам, которую описывает экспоненциальная кривая (рис. 3):

$$e = 0,31 \cdot \exp(90,3h). \quad (3)$$



**Рис. 3.** Эмпирические данные и теоретическое описание связи УНТП от УНП во Вьетнаме с 2006 г. по 2016 г.

Авторами сформирован комплексный удельный показатель, учитывающий как погибших, так и травмированных на пожарах:

$$s_i = \alpha \cdot d_i + \beta \cdot w_i, \quad (4)$$

где  $i = 1, 2, \dots, I$  – номера точек наблюдения (годы),

$I$  – общее число лет наблюдения;

$\alpha$  – вес удельного показателя  $d_i$ ;

$\beta$  – вес удельного показателя  $w_i$ .

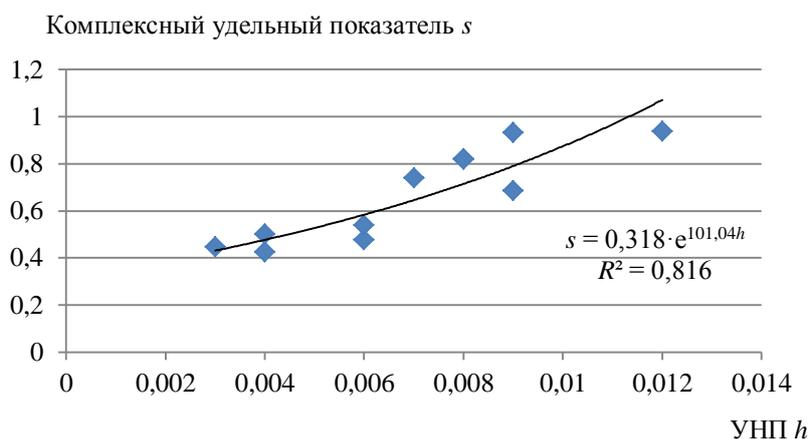
На сумму весовых коэффициентов налагается ограничение:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (5)$$

Расчёты с использованием реальных данных показали, что наилучшая модель для Вьетнама формируется в виде:

$$s = (0,555d + 0,445w) = 0,318 \cdot \exp(101,04h). \quad (6)$$

На рис. 4 приведены эмпирические данные и теоретическое описание связи комплексного удельного показателя  $s$  от УНП во Вьетнаме в период с 2006 г. по 2016 г. (значение коэффициента объясняемости равно 81,6%).



**Рис. 4.** Эмпирические данные и теоретическое описание связи комплексного удельного показателя  $s$  от УНП во Вьетнаме с 2006 г. по 2016 г.

### **Задача оптимального обеспечения противопожарной службы кадровыми ресурсами с учётом типологизации территорий Вьетнама**

Задачи управления ресурсами противопожарной службы занимают важное место в общем спектре её управленческих задач. При этом центральное место отводится задаче их оптимального обеспечения кадровыми ресурсами. В работе [7] предложена и обоснована достаточно плодотворная научная концепция, описывающая деятельность кадровой системы противопожарной службы как процесс "переработки" входного вектора переменных величин в заданный выходной вектор результатов в соответствии с конкретной оперативно-служебной "технологией", использующей необходимое количество и качество ресурса.

Пусть общая зависимость вектора выходных переменных от вектора входных переменных и вектора кадровых ресурсов имеет вид:

$$\vec{V} = \vec{V}(\vec{R}, \vec{X}), \quad (7)$$

при этом выполняется условие:

$$\sum_{i=1}^I R_i = R_0, \quad (8)$$

где  $I$  – общее число территориальных кластеров с разной пожарной обстановкой, подчинённых Единому государственному центру (далее – Центр);

$R_i$  – кадровый ресурс в  $i$ -м кластере,  $i=1, 2, \dots, I$ ;

$R_0$  – общий кадровый ресурс во всех  $I$  кластерах.

Рассмотрим на конкретном примере вариант конструирования критерия оптимальности распределения кадровых ресурсов противопожарной службы в территориальном аспекте.

Опираясь на результаты работ [7, 8], усложним математическую модель типа "затраты – результаты" для более эффективного распределения кадровых ресурсов. Для этого введём целевую функцию  $\varphi = \varphi(\vec{X}, \vec{R}, \vec{\gamma})$ , которая отражает эффективность использования кадрового ресурса противопожарной службы. Применительно к  $k$ -му кластеру Вьетнама запишем её в виде:

$$\varphi_k = \varphi_k(F_k, R_k, \overline{\gamma_k}), \quad (8)$$

где  $F_k$  – число пожаров в  $k$ -м территориальном кластере;  
 $R_k$  – количество пожарных в  $k$ -м кластере;  
 $\overline{\gamma_k}$  – вектор параметров целевой функции в  $k$ -м кластере.

Примем, что целевая функция (8) монотонно возрастает в области  $0 < R_k < \infty$ . При  $R_k \rightarrow \infty$

$$\varphi_k(F_k, \infty, \overline{\gamma_k}) = A_k = \text{const}, \quad (9)$$

то есть функция ограничена сверху константой.

Целевая функция общей системы противопожарной службы Вьетнама  $\Phi_u$  определяется целевыми функциями её подразделений в кластерах и представляется в виде их суммы:

$$\Phi_u = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k. \quad (10)$$

Центр, располагая ограниченными ресурсами, стремится достичь некоторого оптимального значения своей системной цели (общей целевой функции), определяя целевые функции активных элементов [9, 10] (противопожарных служб в кластерах) путём выбора такого распределения кадровых ресурсов, который стимулирует их к совершенствованию форм и методов оперативно-служебной деятельности при тушении пожаров, интенсификации использования наличных ресурсов. Задача распределения кадровых ресурсов при известной зависимости  $\varphi_k(F_k, R_k, \overline{\gamma_k})$  и известных параметрах  $\overline{\gamma_k}$ , ставится как задача оптимизации

$$\Phi_u = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k(F_k, R_k, \overline{\gamma_k}) \rightarrow \max(\overline{R}), \quad (11)$$

при ограничении на количество кадровых ресурсов, которыми располагает Центр:

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R. \quad (12)$$

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

Рассмотрим для формирования целевой функции аналитическую зависимость (7), отражающую связь удельной нагрузки по пожарам с комплексным удельным показателем по взвешенному числу погибших и травмированных на пожарах

$$s_k = 0,318 \cdot \exp(101,04 \cdot h_k), \quad (13)$$

где  $h_k$  – количество пожаров на одного пожарного в  $k$ -м кластере.

Очевидно, что задача оптимального распределения кадровых ресурсов по кластерам должна ставиться так, чтобы минимизировать сумму величин (13) по всем  $k = 1, \dots, K$  либо максимизировать сумму обратных величин

$$1/s_k = 3,145 \exp(-101,04 \cdot h_k). \quad (14)$$

Далее определим целевую функцию

$$\varphi_k = 3,145 \cdot [1 - \exp(-101,04 \cdot h_k)] \approx 3,2 \cdot [1 - \exp(-100 \cdot h_k)], \quad (15)$$

которая имеет следующий графический вид (рис. 5).

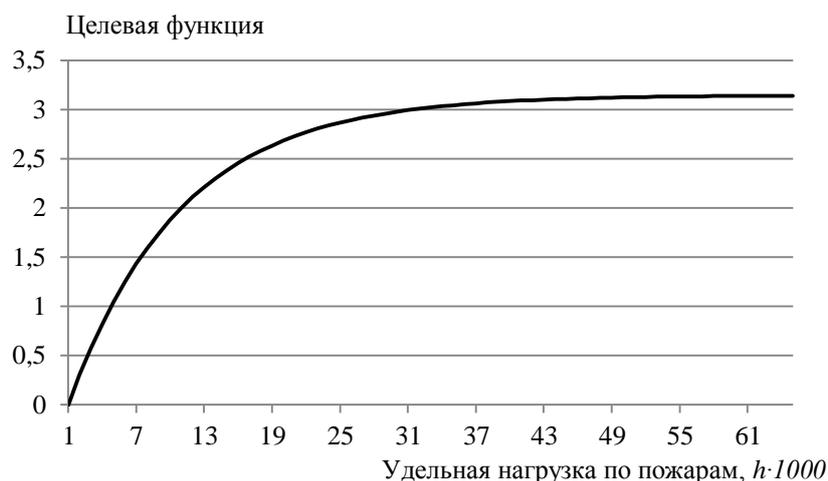


Рис. 5. Целевая функция по комплексному удельному показателю

Нетрудно видеть, что функция (15) является монотонно возрастающей и при  $h_k \rightarrow \infty \quad \varphi_k \rightarrow 3,2$ .

С целью получения аналитических зависимостей для оптимального распределения кадровых ресурсов, упростим выражение (15), разложив экспоненту в ряд Макларена. Тогда:

$$\varphi_k \approx 160 \cdot (2h_k - 10^2 \cdot h_k^2 + \dots); \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (16)$$

Целевая функция Центра в этом случае представляется в виде:

$$\Phi_u \approx \sum_{k=1}^{k=K} 320 \cdot h_k (1 - 50 \cdot h_k) \quad (17)$$

Таким образом, задача оптимального распределения кадровых ресурсов между  $K$  кластерами ставится в виде:

$$\Phi_{u\vec{R}} \rightarrow \min, \quad (18)$$

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R. \quad (19)$$

Решим (18), (19) методом Лагранжа.

Функция Лагранжа записывается в виде:

$$L(\Phi_u) = \sum_{k=1}^{k=K} [320h_k(1 - 50h_k)] - \lambda(\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R), \quad (20)$$

где  $\lambda$  – множитель Лагранжа.

Подставим в (20) выражение для  $h_k = F_k/R_k$ :

$$L(\Phi_u) = \sum_{k=1}^{k=K} [320(F_k/R_k)(1 - 50F_k/R_k) - \lambda(\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R)]. \quad (21)$$

Условный экстремум выражения (21) находится из соотношений:

$$\frac{\partial L(R, \lambda)}{\partial R_k} = \frac{\partial L(R, \lambda)}{\partial \lambda} = 0; \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (22)$$

или

$$\frac{\partial L}{\partial R_k} = -320 \cdot \frac{F_k}{R_k^2} + 3 \cdot 320 \cdot 50 \cdot \frac{F_k^2}{R_k^3} - \lambda = 0, \quad (23)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{k=1}^{k=K} R_k - R = 0. \quad (24)$$

Представим уравнение (23) как кубическое нормированное уравнение относительно:

$$R_k^3 + 320 \cdot F_k/\lambda \cdot R_k - 150 \cdot 320/\lambda \cdot F_k^2 = 0. \quad (25)$$

Введём обозначения для коэффициентов кубического уравнения (25):

$$a = 1; b = 0; c = 320 \cdot F_k / \lambda; d = -150 \cdot 320 \cdot F_k^2 / \lambda \quad (26)$$

и вычислим его дискриминант:

$$\Delta = -4b^3d + b^2c^2 - 4ac^3 + 18abcd - 27a^2d^2. \quad (27)$$

Подставляя в (27) значения коэффициентов (26), получим:

$$\Delta = -\frac{640 \cdot F_k^2}{\lambda} \cdot \left[ \frac{2F_k}{\lambda^2} + 2025 \right]. \quad (28)$$

Для практических случаев всегда  $\lambda > 0$ , поэтому  $\Delta < 0$ . А это означает, что уравнение имеет один вещественный и пару комплексно сопряженных корней. Найдём интересующий нас единственный вещественный корень, используя формулу Кардано.

$$R_k = \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 160}{\lambda} \cdot F_k^2 + \frac{320}{\lambda} \cdot F_k \cdot \sqrt{\frac{320F_k}{27\lambda} + \left(\frac{150F_k}{2}\right)^2}} + \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 160}{\lambda} \cdot F_k^2 - \frac{320}{\lambda} \cdot F_k \cdot \sqrt{\frac{320F_k}{27\lambda} + \left(\frac{150F_k}{2}\right)^2}}. \quad (29)$$

Исходя из оценки значений  $F_k$  и  $\lambda$ , нетрудно показать, что первый член в корнях квадратных выражения (29) пренебрежимо мал по сравнению со вторым членом, поэтому решение представляется в виде:

$$R_k = 20 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot F_k^2}{\lambda}}. \quad (30)$$

Находим оптимальное решение:

$$R_{k(\text{опт2})} = R \cdot \frac{\sqrt[3]{F_k^2}}{\sum_{k=1}^{k=K} \sqrt[3]{F_k^2}}; \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (31)$$

Вычислительные эксперименты показали, что использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов в соответствии с (31) позволило бы сократить комплексный удельный показатель примерно на 10-12 % по сравнению с реальной ситуацией их распределения по кластерам.

В заключение авторы подчеркивают, что предложенная методика распределения кадровых ресурсов, учитывающая комплексную удельную нагрузку по погибшим и травмированным на пожарах, достаточно понятна практикам в области противопожарной безопасности, учитывая различия в пожарной обстановке на различных территориях, обусловленные сложным комплексом социальных, социально-экономических, демографических, оперативно-служебных и материально-технических факторов.

## Выводы

1. Территорию Вьетнама (провинции и города республиканского подчинения), состоящую из шести округов, в результате решения задачи кластерного анализа можно распределить на пять однородных кластеров. Распределение по кластерам логично, достаточно хорошо интерпретируемо и компактно.

2. Полученная типология провинций Вьетнама должна быть положена в основу определения стратегии территориального управления ресурсами противопожарной службы, решения основных региональных задач служебно-боевой деятельности пожарных подразделений, прогнозирования перспектив регионального развития противопожарной службы.

3. Одно из центральных мест среди задач, связанных с управлением противопожарной службой Вьетнама, занимает задача их оптимального обеспечения кадровыми ресурсами. Весьма конструктивным для решения названной задачи является представление процесса оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем противопожарной службы в кластерах в терминах "вход – ресурсы – выход" и формальное описание "оперативно-служебной технологии" в деятельности противопожарной службы.

4. Вычислительные эксперименты показали, что использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов позволило бы сократить удельный комплексный показатель числа погибших и травмированных на пожарах примерно на 10-12 % по сравнению с реальной ситуацией их распределения по кластерам Вьетнама.

## Литература

1. Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан. Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (65). 2016. С. 24-30. <http://academygps.ru/ttb>.

2. Брушлинский Н.Н., Есин В.М., Служев 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., Кленко Е.А. Пожарные риски. Вып. 4. Управление пожарными рисками. М.: ВНИИПО МЧС России, 2006. 148 с.

3. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование: монография / Под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2007. 370 с.

4. Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан. Информационное обеспечение задачи типологизации территорий Вьетнама по пожарной обстановке // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (71). 2017. С. 17-26. <http://academygps.ru/ttb>.

5. Venichou N., Kashef A.H. How to Use Fire Risk Assessment Tools to Evaluate Performance-Based Designs. CIB 2004. World Building Congress. Pp. 1-11.

6. Якуш С.Е., Эсманский Р.К. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы // Проблемы анализа риска. 2009. Т. 6. № 3. С. 8-27.

7. 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". Вып. 4 (74). 2017. С. 16-26. <http://academygps.ru/ttb>.

8. Минаев В.А., Топольский Н.Г., Чу Куок Минь. Оптимальное территориальное распределение кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама // Технологии техносферной безопасности. Вып. 3 (61). 2015. С. 19-27. <http://academygps.ru/ttb>.

9. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, 1981. 384 с.

10. Кондратьева Т.В., Константинова Н.В. Учёт активности человека в организационных системах // В кн.: Механизмы функционирования организационных систем. Теория и приложения. Сборник трудов ИПУ. Вып. 29. М.: ИПУ АН СССР, 1982. С. 98-108.

Статья поступила в редакцию интернет-журнала 11 ноября 2017 г.

V.A. Minaev, N.G. Topolsky, B.N. Korobets, Dao Ahn Tuan  
(Russia, Vietnam)

## OPTIMAL DISTRIBUTION OF HUMAN RESOURCES OF VIETNAM FIRE SERVICE BY TYPOLOGICAL CLUSTERS

In the conditions of the rapid economic growth of many countries in the last decade, fire risks and negative factors, which have a different effect on the fire safety of their territories, have escalated. This led to the need to create new methods and models for analysis, forecasting and management of resources' fire service. The task of management of human resource plays the most important role in the task of management of fire resources. This task is given taking into account the typology of territories on the fire risk situation. The typology was based on cluster analysis methods for provinces of Vietnam. It is also determined by multidimensional set of factors including climatic, economic, demographic characteristics as well as indicators associated with urbanization, electrification, development of trade, transport accessibility. In addition, indicators of personnel potential and material and technical equipping of the fire service, prevention of fires, effects of fires are considered. The choice of the distance measure between clusters and the clustering method was made by using the statistical package Statistica 12. Results of the multidimensional Vietnam's territories clustering on fire danger are discussed. The problem of optimal territorial distribution of human resources of fire service in clusters was solved, which allowed reducing the complex specific rate of the number of deaths and injuries in fires per firefighter by 10-12 %.

Key words: optimal management, human resources, typology of territories, fire situation, cluster analysis

### References

1. Minaev V.A., Topolsky N.G., Dao Anh Tuan. Problems and main factors of fire risk assessment in Vietnam. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, vol. 1 (65), 2016, pp. 24-30. <http://academygps.ru/ttb> (in Russ.).
2. Brushlinskiy N.N., Esin V.M., Sluyev V.I., Sokolov S.V., Shebeko Yu.N., Bolodian I.A., Gordiyenko D.M., Deshevyykh Yu.I., Giletich A.N., Prisyazhnyuk N.L., Kirillov D.S., Klepko E.A. *Pozharnyye riski* [Fire risk]. vol. 4. *Upravleniye pozharnymi riskami* [The management of fire risk]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2006, 148 p.
3. *Pozharnyye riski. Dinamika. upravleniye. prognozirovaniye* [Fire risk. Dynamics, management, forecasting. Ed. by N.N. Brushlinskiy, Yu.N. Shebeko]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2007, 370 p.
4. Minaev V.A., Topolsky N.G., Dao Anh Tuan. Information support of problem of Vietnam's territories fire situation typology. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, vol. 1 (71), 2017, pp. 17-26. <http://academygps.ru/ttb> (in Russ.).
5. Benichou N., Kashef A.H. How to Use Fire Risk Assessment Tools to Evaluate Performance-Based Designs. CIB 2004, World Building Congress, pp. 1-11.
6. Yakush S.E., Esmanskiy R.K. Analysis of Fire Risks. Part I: Approaches and Methods. *Problemy analiza riska*, 2009, vol. 6, no. 3, pp. 8-27 (in Russ.).
7. 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. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, vol. 4 (74), 2017, pp. 16-26. <http://academygps.ru/ttb> (in Russ.).
8. Minaev V.A., Topolsky N.G., Chu Quoc Minh. Optimal territorial distribution of Vietnam fire service staff resources. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, vol. 3 (61), 2015, pp. 19-27. <http://academygps.ru/ttb> (in Russ.).
9. Burkov V.N., Kondratyev V.V. *Mekhanizmy funktsionirovaniya organizatsionnykh sistem* [Mechanisms of functioning of organizational systems]. Moscow, Science Publ., 1981, 384 p.
10. Kondratyeva T.V., Konstantinova N.V. *Uchet aktivnosti cheloveka v organizatsionnykh sistemakh* [Accounting for human activity in organizational systems]. *Mekhanizmy funktsionirovaniya organizatsionnykh sistem. Teoriya i prilozheniya* [Mechanisms of functioning of organizational systems. Theory and applications], vol. 29, Moscow, Institute of Control Sciences of Academy of Sciences of the USSR Publ., 1982, pp. 98-108.