

В.А. Минаев, Н.Г. Топольский, Чу Куок Минь (Россия, Вьетнам)
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: m1va@yandex.ru)

ОПТИМАЛЬНОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАДРОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ВЬЕТНАМА

Приведены постановка и некоторые решения задач оптимального территориального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама с использованием теории активных систем.

Ключевые слова: пожары, противопожарная служба, оптимальное территориальное распределение, кадровые ресурсы, теория активных систем, целевая функция.

V.A. Minaev, N.G. Topolsky, Chu Quoc Minh (Russia, Vietnam)

OPTIMAL TERRITORIAL DISTRIBUTION OF VIETNAM FIRE SERVICE STAFF RESOURCES

By using the theory of active systems, the authors have stated problems and some solutions of optimal territorial distribution of human resources for fire service in Vietnam

Key words: fires, fire service, optimal territorial distribution, staff resources, theory of active systems, objective function.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 апреля 2015 г.

Введение

Среди задач, связанных с управлением противопожарной службой, одно из центральных мест занимает оптимальное обеспечение кадровыми ресурсами. Для эффективного решения указанной задачи требуется развитый аппарат математического моделирования пожарной обстановки. В последние годы стали интенсивно создаваться модели для оценки вероятностей возникновения пожаров [4, 6], модели самих пожаров [10], модели для управления ресурсами противопожарных служб с использованием методов теории активных систем [7-9]. Перспективными являются модели для управления массовым сознанием [5], полезные для изучения взаимодействия в коллективах чрезвычайных служб.

При постановке задач ограничимся двухуровневой системой – "Вьетнам и округа Вьетнама", которую можно рассматривать как основной "строительный блок" более сложных кадровых систем противопожарной службы страны. Имея ввиду, что такой двухуровневой системе присущи основные черты, характерные для организационных систем в сфере противопожарной службы – иерархическая структура построения, приоритетность управленческих решений Центра, существование, говоря в терминах теории активных систем [1], не всегда совпадающих целей Центра и элементов (проявление свойства активности).

Взаимосвязь блоков механизма функционирования системы кадрового обеспечения противопожарной службы Вьетнама приведена на рис. 1.



Рис. 1. Взаимосвязь блоков механизма функционирования системы кадрового обеспечения противопожарной службы Вьетнама

Основным свойством кадровой системы противопожарной службы является её способность "перерабатывать" некоторый входной вектор задач в определённый выходной вектор результатов в соответствии с заданной "оперативно-служебной технологией", привлекая для этих целей то или иное количество ресурсов. Примеры:

- вход – количество пожаров, выход – экономический ущерб от пожаров, количество травмированных и погибших на пожарах;
- вход – количество нарушений требований пожарной безопасности, выход – количество предписаний и штрафов, наложенных на собственников объектов.

На рис. 2 приведена блок-схема оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем противопожарной службы. В каждом конкретном случае на схеме (рис. 2) должна находить своё отражение "оперативно-служебная технология" деятельности противопожарной службы. Ресурсы иного вида (материально-технические, организационно-управленческие, финансовые и т.п.) могут быть учтены в параметрах моделей кадровых ресурсов [3].



Рис. 2. Блок-схема оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем противопожарной службы

О задачах управления кадровыми ресурсами

Общая форма зависимости вектора выходных переменных от вектора входных переменных и вектора кадровых ресурсов имеет вид:

$$\vec{V} = \vec{V}(\vec{R}, \vec{X}), \quad (1)$$

при этом выполняется условие:

$$\sum_{i=1}^K R_i = R_0, \quad (2)$$

где K – общее число подразделений противопожарной службы, подчинённых единому Центру;

R_i – кадровый ресурс i -го подразделения, $i = 1, 2, \dots, K$;

R_0 – общий ресурс всех K подразделений.

По аналогии с производственными процессами применительно к однопродуктовому процессу, будем функциональную связь между каждым допустимым уровнем ресурсных затрат и входным вектором, с одной стороны, и соответствующим им оптимальным значением выходной переменной, с другой стороны, называть производственной функцией:

$$\begin{aligned} \vec{V}_{opt} &= \vec{V}_{opt}(\vec{R}, \vec{X}), \\ \sum_{i=1}^K R_i &= R_0. \end{aligned} \quad (3)$$

Выходной переменной в производственной функции для подразделений противопожарной службы может быть: общий экономический ущерб от пожаров, число погибших либо число раненых на пожарах.

Поскольку оперативно-служебная деятельность пожарных подразделений является многофункциональной, то необходимо решать задачу многовекторной оптимизации. В связи с тем, что для общего случая эта проблема не решена, в практических приложениях можно идти по пути разработки различного рода критериев оптимальности: критериев оптимальности по Парето, критериев максимального валового результата оперативно-служебной деятельности в натуральном выражении и т.п.

Критерии управления ресурсами противопожарной службы

Рассмотрим на примере деятельности противопожарной службы по тушению пожаров вариант конструирования критериев оптимальности.

Для объективизации нагрузки на практических работников противопожарной службы (пожарных) определим для "производственной функции" такой специфический показатель, как экономический ущерб, приходящийся на одного пожарного в конкретном k -м территориальном подразделении в течение m -го года:

$$\Phi_{1k,m} = \frac{\sum_{j=1}^J e_{j,k,m}}{R_{k,m}}, \quad (4)$$

где $e_{j,k,m}$ – экономический ущерб от j -го пожара ($j = 1, 2, \dots, J$) на территории ответственности k -ого подразделения ($k = 1, 2, \dots, K$) противопожарной службы в m -м году ($m = 1, 2, \dots, T$).

Постановка задачи

Задача *оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы Вьетнама в территориальном аспекте* при фиксированном времени t_{fix} имеет следующий вид:

$$\Psi_1(t_{fix}) = \min_R \left\{ \sum_{k=1}^{k=K} \Phi_{1k,t_{fix}} \right\}. \quad (5)$$

Ограничение на кадровый ресурс, имеющийся в распоряжении Центра, задаётся для территориальной постановки задач управления им как:

$$R(t_{fix}) = \sum_{k=1}^{k=K} R(t_{fix})_k. \quad (6)$$

Важно отметить, что правильный выбор производственной функции процесса оперативно-служебной деятельности подразделений противопожарной службы во многом определяет эффективность процесса их кадрового обеспечения, а также эффективность его использования.

Принципы управления кадровыми ресурсами

Анализ функционирования реальных организационных систем, проведённый в работе [2], позволяет сформулировать ряд принципов распределения кадровых ресурсов. Рассмотрим возможности их использования при решении задач кадрового обеспечения противопожарной службы Вьетнама.

Наиболее очевидный принцип – это *принцип обеспечения кадрами, исходя от достигнутого уровня*. Основа данного принципа – это стремление Центра так распределить кадровые ресурсы, чтобы сохранить их территориальную структуру, сложившуюся в результате всей предыстории развития кадровой системы противопожарной службы.

Данный подход весьма прост и даёт удовлетворительные результаты при условии, что развитие пожарной обстановки происходит достаточно медленно, эволюционным путём. В округах же Вьетнама в последние годы происходит кардинальное изменение пожарной обстановки, связанное с интенсивным развитием Республики, строительством крупных народнохозяйственных объектов, поэтому управление без обратной связи, которое имеет место в данном случае, может привести к весьма негативным последствиям.

Использование *принципа пропорционального распределения* даёт возможность управления с учётом обратной связи. Максимальное удовлетворение заявок в рамках имеющихся возможностей – основа данного принципа. При пропорциональном распределении Центр исходит из предположения, что заявки отражают реальные потребности подразделений противопожарной службы в кадровых ресурсах.

Отметим, что заявка, в её обобщённом понимании, далеко не всегда отражает реальный кадровый дефицит подразделения противопожарной службы, и для оценки реальной потребности Центру, как правило, необходимо располагать некоторой дополнительной информацией о фактическом состоянии системы пожарной безопасности. Более того, как показано в работе [2], 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. 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, отражающей эффективность использования кадрового ресурса – $\varphi = \varphi(\bar{X}, \bar{R}, \bar{\gamma})$. Как частный случай, целевая функция может быть выражена через производственную функцию. Отметим, что целевая функция отражает не только экономические аспекты. В противопожарной службе этот термин имеет более выраженный социальный аспект, например, это может быть число спасённых на пожаре людей в расчёте на одного пожарного.

Остановимся для простоты расчётов на представлении целевой функции для противопожарной службы k -го округа Вьетнама 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;

$\bar{\gamma}_k$ – вектор параметров, отражающий эффективность использования кадровых ресурсов противопожарной службы.

Примем, в соответствии с [1, 2], что функция (7) монотонно растёт в области $0 < R_k < \infty$, то есть, чем больше обеспеченность противопожарной службы округа кадровыми ресурсами, тем больше целевая функция φ_k , причём

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

то есть функция ограничена сверху.

Целевая функция общей системы противопожарной службы Вьетнама определяется целевыми функциями её территориальных подразделений и записывается в виде их суммы:

$$\Phi_y = \sum_{k=1}^{k=K} \varphi_k; k = 1, 2, \dots, K. \quad (9)$$

В связи с тем, что Центр располагает ограниченными ресурсами, он имеет возможность достижения определённого значения своей целевой функции (системной цели), влияя на целевые функции активных элементов путём выбора того или иного варианта распределения кадровых ресурсов, стимулируя подчинённые подразделения противопожарной службы к совершенствованию форм и методов оперативно-служебной деятельности при тушении пожаров, интенсификации использования имеющихся ресурсов.

Управление функционированием кадровой системы противопожарной службы путём выбора или изменения целевых функций, отражающих распределение её 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:

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

с ограничением на количество кадровых ресурсов:

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

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

Пример решения задачи управления кадровыми ресурсами

Решение задачи (10) зависит от конкретного вида целевой функции. Рассмотрим решение применительно к выявленной авторами аналитической зависимости, отражающей связь удельного показателя экономического ущерба от пожаров с удельной нагрузкой по пожарам во Вьетнаме.

А именно, прослеживается следующая тенденция – чем выше удельная нагрузка по пожарам (число пожаров на одного пожарного, h), тем ниже удельный показатель экономического ущерба (экономический ущерб от пожаров в расчёте на одного пожарного, e). Эта зависимость хорошо описывается экспоненциальной кривой:

$$e = 9,03 \cdot \exp(-3,14 \cdot h). \quad (12)$$

Введём, исходя из найденной зависимости, целевую функцию:

$$\varphi_k = 9,03[1 - \exp(-3,14 \cdot h_k)], \quad (13)$$

которая имеет следующий графический вид (рис. 3).

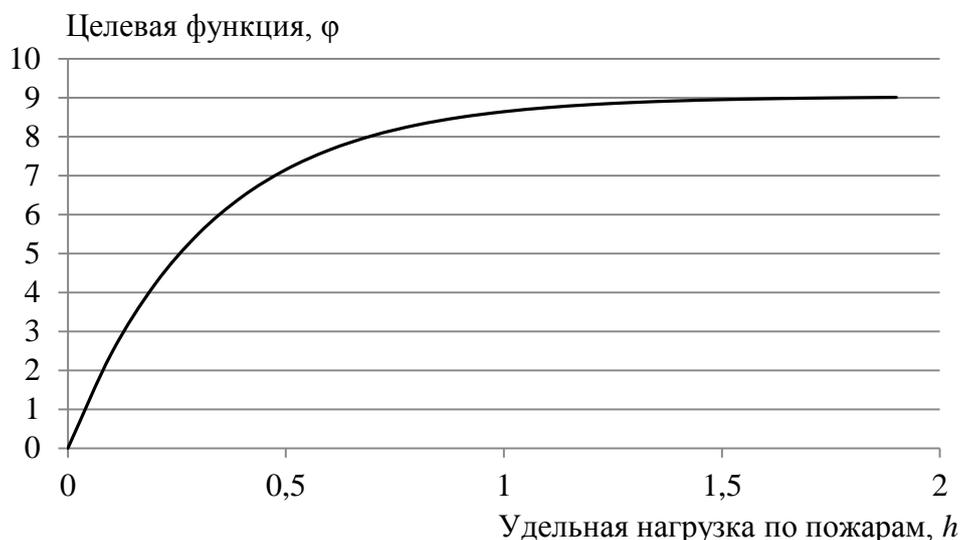


Рис. 3. Целевая функция φ_k

Отметим, что целевая функция в таком виде является "зеркальным отражением" функции связи удельного показателя по экономическому ущербу от пожаров, приходящегося на одного пожарного в k -м округе Вьетнама, с удельной нагрузкой – число пожаров на одного пожарного в k -м округе.

Нетрудно видеть, что функция (13) является монотонно возрастающей и при $h_k \rightarrow \infty, \varphi_k \rightarrow 9,03$.

С целью получения аналитических зависимостей для оптимального распределения кадровых ресурсов упростим выражение (13), предположив, что значение $3,14 \cdot h_k$ достаточно мало (оно в исследуемом диапазоне меняется в пределах от 0 до 0,9). Тогда:

$$\varphi_k \approx 9 \cdot [1 - 1 + 3 \cdot h_k - 9 \cdot h_k^2/(2!) + \dots] \quad (14)$$

или

$$\varphi_k \approx 27 \cdot h_k \cdot (1 - \frac{3}{2} \cdot h_k); \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (15)$$

Целевая функция системы в этом случае представляется в виде:

$$\Phi_{ц} = \sum_{k=1}^{k=K} 27 \cdot h_k \cdot (1 - \frac{3}{2} \cdot h_k). \quad (16)$$

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

$$\Phi_{\bar{R}} \rightarrow \max, \quad (17)$$

$$\sum_{k=1}^{k=K} R_k = R \quad (18)$$

Решим задачу (17) методом множителей Лагранжа.

Функция Лагранжа записывается в виде:

$$L(\Phi_{\bar{R}}, \lambda) = \sum_{k=1}^{k=K} [27 \cdot h_k \cdot (1 - \frac{3 \cdot h_k}{2})] - \lambda \cdot (\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R), \quad (19)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Подставим в (19) выражение для $h_k = F_k/R_k$ (F_k – число пожаров, а R_k – число пожарных в k -м округе, $k = 1, 2, \dots, K$).

$$L(\Phi_{\bar{R}}, \lambda) = \sum_{k=1}^{k=K} [27 \cdot F_k/R_k \cdot (1 - \frac{3F_k/R_k}{2})] - \lambda \cdot (\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R). \quad (20)$$

Рассмотрим только линейные члены относительно R_k в выражении (20):

$$L(\Phi_{\bar{R}}, \lambda) \cong \sum_{k=1}^{k=K} 27 \cdot F_k/R_k - \lambda \cdot (\sum_{k=1}^{k=K} R_k - R). \quad (21)$$

Условный экстремум выражения (21) находится из соотношений:

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

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

$$\frac{\partial L}{\partial R_k} = -27 \cdot \frac{F_k}{R_k^2} - \lambda = 0, \quad (23)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{k=1}^{k=K} R_k - R = 0, \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (24)$$

Отсюда оптимальное распределение кадровых ресурсов по подразделениям противопожарной службы Вьетнама, с точки зрения Центра, описывается формулой

$$R_{k(\text{опт})} = R \cdot \frac{\sqrt{F_k}}{\sum_{k=1}^{k=K} \sqrt{F_k}}. \quad (25)$$

В работе [3] показано, что принцип оптимального распределения кадровых ресурсов – самый выигрышный, по сравнению с другими принятыми на практике вариантами.

Заключение

Вычислительные эксперименты показали, что использование методики оптимального распределения кадровых ресурсов по округам Вьетнама в соответствии с (25) позволило бы сократить экономический ущерб от пожаров примерно на 15 %, по сравнению с существующей системой их распределения.

Отметим, что функции, подобные (13), легко можно построить и для удельных показателей (в расчёте на одного пожарного) по погибшим и травмированным при пожарах.

Кроме того, имея экспертную информацию, можно построить комплексный критерий оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы. При этом возможно учесть в округах страны разницу векторов \bar{Y}_k , а также различия в материально-техническом оснащении территориальных подразделений противопожарной службы.

При дополнительном исследовании, как показали предварительные расчёты, предложенные методики распределения кадровых ресурсов на основе теории активных систем можно применить и к провинциям Вьетнама, а также, с учётом прогнозирования пожарных рисков, для решения задач динамического распределения ресурсов по территории страны.

Литература

1. **Бурков В.Н.** Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1984. 255 с.
2. **Бурков В.Н., Кондратьев В.В.** Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, 1981. 384 с.
3. **Минаев В.А.** Кадровые ресурсы органов внутренних дел: современные подходы к управлению. М.: Академия МВД СССР, 1991. 163 с.
4. **Минаев В.А., Скрьль С.В., Тростянский С.Н. и др.** Оценка вероятности возникновения пожаров на основе математической модели, учитывающей факторы, определяющие доля нарушителей требований пожарной безопасности среди собственников объектов // Пожарная безопасность. 2013. № 2. С. 86-91.
5. **Минаев В.А., Овчинский А.С., Скрьль С.В., Тростянский С.Н.** Как управлять массовым сознанием: современные модели: монография. М.: изд-во РосНОУ, 2013. 200 с.
6. **Минаев В.А., Тростянский С.Н., Чу К.М.** Оценка вероятности возникновения пожаров при нарушениях требований пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности. Вып. № 5 (51). 2013. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
7. **Минаев В.А., Топольский Н.Г.** Методы и модели управления пожарными рисками на основе теории активных систем // Матер. междунар. науч.-практ. конф. "Теория активных систем – ТАС 2014". М.: изд-во ИПУ РАН, 2014. С. 175-176.
8. **Минаев В.А., Топольский Н.Г., Чу К.М.** Снижение пожарных рисков с использованием теории активных систем // Технологии техносферной безопасности. Вып. № 4 (56), 2014. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
9. **Минаев В.А., Топольский Н.Г., Чу К.М.** Управление пожарными рисками с использованием теории активных систем // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2014. № 4. С. 59-65.
10. **Моделирование** пожаров и взрывов / Под ред. Брушлинского Н.Н., Корольченко А.Я. М.: Пожарная наука, 2000. 383 с.