

Д.В. Тараканов, В.А. Смирнов, А.О. Семенов
(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
e-mail: den-pgs@yandex.ru)

МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО РАНЖИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ТУШЕНИЕМ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ

Разработан метод ранжирования вариантов управления тушением пожаров в зданиях. Предложена структура программного модуля в системах поддержки управления. Ключевые слова: многокритериальный анализ, ранжирование, пожар.

D.V. Tarakanov, V.A. Smirnov, A.O. Semenov
**METHOD OF MULTICRITERIA RANKING MANAGEMENT OPTIONS
OF EXTINGUISHING FIRES IN BUILDINGS**

The method of ranking management options of extinguishing fires in buildings was developed. The structure of the software module in systems support management is offered. Key words: multicriteria analysis, ranking, fire.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 20 ноября 2016 г.

При совершенствовании процессов управления ликвидацией пожаров решаются многокритериальные задачи принятия решений [1, 8-10]. Из всей совокупности подходов к постановке и решению многокритериальных задач одним из наиболее часто применяемым является **метод многокритериального ранжирования**. Данный метод используется в том случае, когда множество исходных вариантов достаточно велико и из данного множества необходимо произвести оперативный выбор.

В данной статье предлагается метод многокритериального ранжирования вариантов управления, основанный на **теории относительной важности критериев**, сформулированной в [3] и нашедшей применение при решении практических задач распределения ресурсов оперативных пожарных подразделений по участкам выполнения работ на крупных пожарах в зданиях.

Метод многокритериального ранжирования включает [4]:

- множество вариантов $x_i \in X, i = 1, 2, \dots, n, n \geq 2$;
- множество компонент векторного критерия $f_i \in F, s = 1, 2, \dots, m, m \geq 2$;
- множество векторных оценок вариантов

$$F(X) = f_1(X) \times f_2(X) \times \dots \times f_m(X), \quad (1)$$

где $f_i(X)$ – множество значений i -й компоненты векторного критерия, $f(x) \rightarrow \max$;

$F(x_i) = (f_1(x_i), f_2(x_i), \dots, f_m(x_i))$ – векторная оценка варианта x_i .

Функция ранжирования может быть представлена как в аддитивном, так и в мультипликативном виде:

- аддитивная функция –

$$\Phi(x) = \sum_{k=1}^m \gamma_k f_k(x); \quad (2)$$

- мультипликативная функция –

$$\Phi(x) = \prod_{k=1}^m f_k^{\gamma_k}(x), \quad (2^*)$$

где f_k – компоненты векторного критерия;

γ_k – положительные коэффициенты важности критериев.

Предполагается, что векторные оценки вариантов управления сформированы и хранятся в базе данных, необходимо получить значения коэффициентов важности критериев γ_k . Решать данную задачу предлагается поэтапно.

На первом этапе производится разделение компонент векторного критерия по группам важности.

Пусть $I = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество номеров компонент векторного критерия. Тогда A – это группа наиболее важных компонент векторного критерия. В группу A входят критерии с номерами i , принадлежащими подмножеству номеров векторного критерия I_A , тогда a – количество критериев, входящих в группу A .

Группу менее важных компонент векторного критерия обозначим B . В данную группу входят критерии с номерами j , принадлежащими подмножеству номеров векторного критерия I_B (b – количество критериев, входящих в группу B).

Компоненты векторного критерия с номерами $s \in I / (I_A \cup I_B)$, то есть не вошедшие в группы A и B , принадлежат группе C .

На втором этапе выявляется набор значений шкалы относительной важности критериев θ_{ij} для всех возможных комбинаций $i \in I_A, j \in I_B$ [5]. Результатом реализации данного этапа является **матрица предпочтений** A , где количество строк равно a , количество столбцов – b . На пересечении строки с номером i и столбца с номером j находится значение шкалы относительной важности критериев θ_{ij} , показывающее степень превосходства компоненты векторного критерия с номером i над компонентой векторного критерия с номером j .

Сумма всех элементов матрицы A равна $\Theta = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \theta_{ij}$.

На третьем этапе ранжирования вариантов управления осуществляется расчёт коэффициентов важности для функции ранжирования:

- для всех компонент векторного критерия с номерами $i \in I_A$

$$\gamma_i = 1 + \theta_i; \quad (3)$$

- для всех компонент векторного критерия с номерами $j \in I_B$

$$\gamma_j = a - \theta_j; \quad (4)$$

- для всех компонент векторного критерия с номерами $s \in I / (I_A \cup I_B)$

$$\gamma_s = 1, \quad (5)$$

где $\theta_i = \sum_{j=1}^b \theta_{ij}, \forall j \in I_B$ и $\theta_j = \sum_{i=1}^a \theta_{ij}, \forall i \in I_A;$

a – количество компонент векторного критерия с номерами $i \in I_A$.

В общем случае при решении задач ранжирования используется понятие **нормированного коэффициента важности** ω_k –

$$\sum_{k=1}^m \omega_k = 1.$$

Для нормирования коэффициентов важности γ_k необходимо определить отношение конкретного значения к сумме значений всех коэффициентов многокритериального метода, то есть

$$\omega_k = \frac{\gamma_k}{Y}. \quad (6)$$

Знаменатель дроби (6) представляет собой сумму коэффициентов важности γ_k , то есть $Y = \sum_{k=1}^m \gamma_k$, которая, с учётом формул (3-5), определяется по формуле:

$$Y = a(1 + \theta_i) + b(a - \theta_j) + s. \quad (7)$$

С учётом того, что $\Theta = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \theta_{ij}, \forall i \in I_A, \forall j \in I_B$, выражение (7) будет записываться следующим образом:

$$Y = a \cdot (1 + b) + s. \quad (8)$$

Тогда формулы (3-5) с учётом (6) примут вид:

- для всех компонент векторного критерия с номерами $i \in I_A$

$$\omega_i = \frac{1 + \theta_i}{a(1 + b) + s}; \quad (9)$$

- для всех компонент векторного критерия с номерами $j \in I_B$

$$\omega_j = \frac{a - \theta_j}{a(1 + b) + s}; \quad (10)$$

- для всех компонент векторного критерия с номерами $s \in I / (I_A \cup I_B)$

$$\omega_s = \frac{1}{a(1 + b) + s}. \quad (11)$$

Стоит отметить, что результаты ранжирования вариантов управления не зависят от используемого вида коэффициентов относительной важности компонент векторного критерия.

Заключение

Разработан метод ранжирования вариантов управления пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации пожаров в зданиях. Данный метод предназначен для совершенствования процессов управления в случаях, когда всю совокупность выполняемых работ на пожаре необходимо разделить на участки таким образом, чтобы выбранный вариант управления предусматривал наиболее предпочтительные прогнозируемые результаты действий. Для внедрения метода в систему поддержки управления разработан программный модуль, позволяющий формировать многокритериальную задачу и анализировать результаты ранжирования [2, 5, 6].

Литература

1. **Кузнецов О.П.** Интеллектуализация поддержки управляющих решений и создание интеллектуальных систем // Проблемы управления. 2009. № 3.1. С. 64-72.
2. **Малый И.А., Потемкина О.В., Ермилов А.В.** Методы развития профессионально значимых качеств у курсантов вуза МЧС России с применением программного обеспечения // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. 2016. № 1. С. 144-149.
3. **Ногин В.Д.** Проблема сужения множества Парето: подходы к решению // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 98-112.
4. **Подиновский В.В., Ногин В.Д.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с.
5. **Семенов А.О., Лабутин А.Н., Тараканов Д.В.** Методика определения показателей предпочтительности вариантов действий по ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах // Вестник Ивановского энергетического университета. 2012. № 3. С. 51-54.
6. **Семенов А.О., Тараканов Д.В., Лабутин А.Н.** Методика многокритериальной оценки эффективности тушения пожаров на объектах химической промышленности // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. № 3. 2012. С. 101-104.
7. **Тараканов Д.В.** Метод модификации векторного критерия в системе поддержки принятия решения при тушении крупного пожара // Технологии техносферной безопасности. 2010. Вып. 2 (30). 12 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. **Теребнев В.В., Грачев В.А., Тараканов Д.В.** Методика принятия управленческих решений при тушении пожара в условиях многокритериальности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. № 4. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. С. 35-43.
9. **Теребнев В.В., Семенов А.О., Смирнов В.А., Тараканов Д.В.** Анализ и поддержка решений при тушении крупных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 9. С. 51-58.
10. **Теребнев В.В., Семенов А.О., Тараканов Д.В.** Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 10. С. 14-17.