

ЛОГИКО-АРИФМЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫБОРА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЕ

А. В. Меньших, С. Н. Тростянский

В статье разрабатываются методы выбора управленческих решений в условиях не Достоверности и неполноты информации на основе использования методов интервальной математики.

Ключевые слова: логико-арифметические методы, выбор управленческих решений, интервальные оценки, лингвистические оценки.

Введение. Эффективность работы Государственной противопожарной службы во многом определяется правильностью и своевременностью принятия управленческих решений, минимизирующих риски пожарной опасности. Выработка управленческих решений производится в процессе осуществления аналитической работы сотрудниками Государственной противопожарной службы.

Одним из видов управленческих решений являются решения на осуществление мер пожарной безопасности, позволяющих снизить риски. Применение каждой меры требует определённых материальных затрат, отказ от применения меры или её несвоевременное применение может привести к значительным материальным потерям. Поэтому актуальной является задача выбора решений на применение конкретных мер [1-4].

Основой для принятия управленческих решений являются значения показателей работы Государственной противопожарной службы и мониторинга пожароопасной ситуации. Аналитическая работа сводится: во-первых, к процедурам проверки принадлежности одного или нескольких показателей некоторому допустимому (или, наоборот, недопустимому в зависимости от содержания задачи) множеству их значений; во-вторых, к логическому анализу результатов проверки значений показателей, который при наличии достоверной информации может быть осуществлён с использованием аппарата логики высказываний [5, 6].

Меньших Анастасия Валерьевна, преп. кафедры прикладной математики и инженерной графики, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473)2363-305, e-mail: asy90@yandex.ru

Тростянский Сергей Николаевич, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры физики, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473)2363-305, e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

Особенностью аналитической работы в Государственной противопожарной службе является то, что принятие решений часто осуществляется в условиях неопределённости, когда часть информации является не Достоверной или отсутствует.

Не Достоверность используемой для принятия решений информации является следствием учёта результатов прогноза показателей, полученных на основе статистической обработки данных пожарной статистики [7-9]. Результаты прогноза могут быть определены только с некоторой (иногда значительной) статистической погрешностью. Отсутствующая часть информации обычно заменяется экспертными оценками, точность которых может быть недостаточно высокой.

Вопрос принятия решений в указанных условиях изучен недостаточно. Работа посвящена разработке математических методов, позволяющих осуществлять принятие решений на осуществление мер пожарной безопасности в случае не Достоверности и неполноты информации.

1. Формализация задачи. Обозначим $P = \{p^1, p^2, \dots, p^k\}$ - множество управленческих решений, представляющих собой решения на осуществление мер пожарной безопасности. Математически такие решения p^i можно описывать логическими переменными, принимающими значения 1 (меру следует осуществлять) или 0 (меру не следует осуществлять).

Каждое решение p^i принимается на основе анализа значений параметров $z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_s}$ с помощью правила L^i , которое описывает алгоритм принятия решения, содержащийся в регламентирующих документах:

$$p^i = L^i(z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_s}) \quad (1)$$

Пусть $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ - множество всех параметров, учитываемых в ходе выполнения аналитической работы. Значение каждого параметра $z_j, j=1, \dots, m$ определяется на основе анализа при-

надлежности значений комбинаций некоторых показателей $y_{j_1}, y_{j_2}, \dots, y_{j_n}$ множеству допустимых комбинаций Q_j . Это может быть описано с помощью n -арного отношения R_j на множестве $Y_{j_1} \times Y_{j_2} \times \dots \times Y_{j_n}$ (Y_{j_k} – множество возможных значений показателя y_{j_k}), определяемого по правилу:

$$z_j = R_j(y_{j_1}, y_{j_2}, \dots, y_{j_n}) = \begin{cases} 1, & \text{если } (y_{j_1}, y_{j_2}, \dots, y_{j_n}) \in Q_j, \\ 0, & \text{если иначе.} \end{cases} \quad (2)$$

Следовательно, параметры z_j также представляют собой логические переменные, а функции L^i – логические функции. Учитывая, что формула (1) является формализацией содержащихся в руководящих документах алгоритмов выбора мер пожарной безопасности, следует принять, что функция L^i может быть представлена формулой логики высказываний, в которой могут использоваться операции конъюнкции, дизъюнкции, инверсии, импликации и эквиваленции [5]. В этом случае значение решения p^i находится методами математической логики [6].

Вследствие того, что, как это было описано

$$z_j = R_j(\tilde{Y}_{j_1}, \tilde{Y}_{j_2}, \dots, \tilde{Y}_{j_n}) = \frac{\text{mes}(\tilde{Y}_{j_1} \times \tilde{Y}_{j_2} \times \dots \times \tilde{Y}_{j_n} \cap Q_j)}{\text{mes}(\tilde{Y}_{j_1} \times \tilde{Y}_{j_2} \times \dots \times \tilde{Y}_{j_n})} \quad (3)$$

где *mes* – обозначение меры множества.

Из формулы (3) очевидно следует, что $z_j \in [0, 1]$.

Для нахождения параметров z_j в рассматриваемом случае предлагается использовать ариф-

метические представления логических операций [10]. Пусть оценки параметров a и b заданы числовыми значениями на интервале $[0, 1]$.

Тогда арифметическое представление логических операций приведено в таблице 1.

Выбор решений на основе интервальных оценок показателей. Показатели могут являться результатами прогноза на основе данных пожарной статистики. Тогда с помощью методов, описанных в [7, 8], могут быть найдены интервальные оценки этих показателей в виде доверительных интервалов. Обозначим $\tilde{Y}_{j_k} \subseteq Y_{j_k}$ интервальную оценку значений показателя y_{j_k} (не исключается случай, когда $\tilde{Y}_{j_k} = \{y_{j_k}\}$, т. е. \tilde{Y}_{j_k} является обычной числовой оценкой). Тогда $\tilde{Y}_{j_1} \times \tilde{Y}_{j_2} \times \dots \times \tilde{Y}_{j_n}$ – интервальная оценка всей совокупности значений показателей $y_{j_1}, y_{j_2}, \dots, y_{j_n}$, а $\tilde{Y}_{j_1} \times \tilde{Y}_{j_2} \times \dots \times \tilde{Y}_{j_n} \cap Q_j$ – множество допустимых значений этих показателей. В этом случае параметр z_j оценивается по формуле:

Арифметическое представление логических операций

Таблица 1.

Операция	Логическое выражение	Арифметическое выражение
конъюнкция	$a \& b$	ab
дизъюнкция	$a \vee b$	$a + b - ab$
инверсия	$\neg a$	$1 - a$
импликация	$a \rightarrow b$	$1 - a + ab$
эквиваленция	$a \leftrightarrow b$	$1 - (a + b) + 2ab$

В этом случае решение p^i находится по формуле:

$$p^i = R(\hat{L}^i(z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_s})), \quad (4)$$

где \hat{L}^i – арифметический аналог логической функции L^i , а R – операция округления до ближайшего целого.

Формула (4) позволяет использовать произвольные значения параметров z_{i_k} и является непрерывным аналогом формулы (1). Действительно, если $z_{i_k} \in [0, 1]$, т. е. z_{i_k} является логической переменной, то результат выполнения формулы (4)

будет совпадать с результатом выполнения формулы (1).

Выбор решений на основе интервальных оценок параметров. Если требуется принятие решения в условиях отсутствия части показателей, то не удаётся найти значения параметров z_j по формулам (2) или (3). В этом случае для оценки параметров могут быть привлечены эксперты, которые могут представить их в виде обычных числовых или интервальных оценок, отражающих степень уверенности эксперта (группы экспертов) в значе-

ниях параметров. После этого вновь может быть использован подход, заключающийся в арифметическом представлении логических операций.

Пусть оценки параметров a и b заданы числовыми промежутками на интервалах $[a_{min}, a_{max}] \subseteq [0, 1]$ и $[b_{min}, b_{max}] \subseteq [0, 1]$ соответственно. Тогда в соответствии с правилами интервальной математики [11] на основе преобразований, приведённых в табл. 1, могут быть найдены интервальные оценки результатов выполнения арифметических операций. Результат представлен в табл. 2.

Таблица 2.

Интервальные оценки выполнения арифметических действий, соответствующих логическим операциям

Логическое выражение	Наименьшее значение интервальной оценки	Наибольшее значение интервальной оценки
$a \& b$	$a_{min} b_{min}$	$a_{max} b_{max}$
$a \vee b$	$a_{min} + b_{min} - a_{max} b_{max}$	$a_{max} + b_{max} - a_{min} b_{min}$
$\neg a$	$1 - a_{max}$	$1 - a_{min}$
$a \rightarrow b$	$1 - a_{max} + a_{min} b_{min}$	$1 - a_{min} + a_{max} b_{max}$
$a \leftrightarrow b$	$1 - a_{max} - b_{max} + 2a_{min} b_{min}$	$1 - a_{min} - b_{min} + 2a_{max} b_{max}$

В этом случае решение p^i находится по формуле:

$$p^i = R(\text{med } \tilde{L}(\bar{z}_{i_1}, \bar{z}_{i_2}, \dots, \bar{z}_{i_s})), \quad (5)$$

где \bar{z}_{i_k} - интервальная оценка параметра z_{i_k} , a med - операция нахождения середины интервального числа.

Формула (5) является интервальным аналогом формулы (4), т. е. в случае, если $z_{i_k} \in [0, 1]$ - обычная числовая оценка, то результат выполнения формулы (5) совпадёт с результатом выполнения формулы (1).

Результаты. Таким образом, получено описание методов выбора управленческих решений при осуществлении аналитической работы в Государственной противопожарной службе, адаптированных к достоверности и полноте исходных параметров:

- если решения принимаются на основе полной и достоверной информации, то возможно получение логических значений параметров и следует использовать формулу (1);

- если решения принимаются на основе статистически обработанных данных, когда значения некоторых показателей представлены в виде интервальных оценок, то следует использовать формулу (4).

Указанные методы, обеспечивая решение задачи, в то же время имеют большую вычислительную сложность. Это приведёт к увеличению времени принятия управленческих решений. Поэтому для обеспечения своевременности осуществления аналитической работы, необходимо разработать эффективные алгоритмы и численные методы, позволяющие автоматизировать использование разработанных методов для принятия решений в Государственной противопожарной службе.

Библиографический список

1. **Брушлинский, Н. Н.** Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы / Н. Н. Брушлинский. – М.: МИПБ МВД РФ, «Юникс», 1998. – 255 с.
2. **Брушлинский, Н. Н.** Об одной математической модели анализа и управления сложными процессами / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация – 2013. – № 3. – С. 45–47.
3. **Коновко, А. В.** Математическое моделирование функционирования гарнизона пожарной охраны

References

1. **Brushlinskiy, N. N.** Sistemnyiy analiz deyatel'nosti Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhbyi / N. N. Brushlinskiy. – M.: MIPB MVD RF, «Yuniks», 1998. – 255 s.
2. **Brushlinskiy, N. N.** Ob odnoy matematicheskoy modeli analiza i upravleniya slozhnyimi protsessami / N. N. Brushlinskiy, S. V. Sokolov // Pozhary i chrezvychaynyie situatsii: predotvraschenie, likvidatsiya – 2013. – № 3. – S. 45–47.
3. **Konovko, A. V.** Matematicheskoe modelirovanie funktsionirovaniya garnizona pozhar'noy ohrany pri

при условии возникновения масштабных ЧС природного и военного характера / А.В. Коновко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2013 – № 4. – С. 37–43.

4. **Акимов, В. А.** Введение в статистику экстремальных значений и ее приложения / В. А. Акимов, А. А. Быков, Е. Ю. Щетинин. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. – 524 с.

5. **Акимов, О. Е.** Дискретная математика: логика, группы, графы / О.Е. Акимов – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. – 376 с.

6. **Горбатов, В. А.** Фундаментальные основы дискретной математики. Информационная математика / В.А. Горбатов. – М.: Наука, 2000. – 544 с.

7. **Меньших, А. В.** Моделирование структуры временных рядов пожарной статистики / А. В. Меньших, С. Н. Тростянский // Вестник Воронежского института МВД России. – 2012. – № 4. – С. 97-103.

8. **Меньших, А. В.** Исследование взаимосвязи показателей пожарной статистики / А. В. Меньших, С. Н. Тростянский // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – № 1. – С. 48-53.

9. **Меньших, А. В.** Оценка параметров систем одновременных уравнений в моделях пожарной статистики / А. В. Меньших, С. Н. Тростянский // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2013. – № 3(8). – С. 37-40.

10. **Малюгин, В. Д.** Параллельные логические вычисления посредством арифметических полиномов / В.Д. Малюгин. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 192 с.

11. **Алефельд, Г.** Введение в интервальные вычисления / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. – М.: Мир, 1987. – 360 с.

uslovii vozniknoveniya masshtabnykh ChS prirodnogo i voennogo haraktera / A.V. Konovko // Pozhary i chrezvyichaynyie situatsii: predotvraschenie, likvidatsiya. – 2013 – № 4. – S. 37–43.

4. **Akimov, V. A.** Vvedenie v statistiku ekstremalnykh znacheniy i ee prilozheniya / V. A. Akimov, A. A. Byikov, E. Yu. Schetinin. – M.: FGU VNIIGOChS (FTs), 2009. – 524 s.

5. **Akimov, O. E.** Diskretnaya matematika: logika, gruppyi, grafyi / O.E. Akimov – M.: Laboratoriya Bazovykh Znaniy, 2003. – 376 s.

6. **Gorbatov, V. A.** Fundamentalnyie osno-vyi diskretnoy matematiki. Informatsionnaya matematika / V.A. Gorbatov. – M.: Nauka, 2000. – 544 s.

7. **Menshih, A. V.** Modelirovanie struk-turyi vremennykh ryadov pozhar-noy statistiki / A. V. Menshih, S. N. Trostyanskiy // Vestnik Vo-ronezhskogo instituta MVD Rossii. – 2012. – № 4. – S. 97-103.

8. **Menshih, A. V.** Issledovanie vzaimo-svyazi pokazateley pozhar-noy statistiki / A. V. Menshih, S. N. Trostyanskiy // Vestnik Vo-ronezhskogo instituta MVD Rossii. – 2013. – № 1. – S. 48-53.

9. **Menshih, A. V.** Otsenka parametrov sis-tem odnovremennykh uravneniy v modelyakh pozhar-noy statistiki / A. V. Menshih, S. N. Trostyanskiy // Vestnik Voronezhskogo in-stituta GPS MChS Rossii. – 2013. – № 3(8). – S. 37-40.

10. **Malyugin, V. D.** Parallelnyye logiche-skie vyichisleniya posredstvom arifmeticheskikh polinomov / V.D. Malyugin. – M.: Nauka. Fizmat-lit, 1997. – 192 s.

11. **Alefeld, G.** Vvedenie v intervalnyie vyichisleniya / G. Alefeld, Yu. Hertsberger. – M.: Mir, 1987. – 360 s.

ARITHMETIC AND LOGIC METHODS OF CHOICE ADMINISTRATIVE DECISIONS IN THE STATE FIRE SERVICE

Men'shix A. V.,

Lecturer,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: (473)2363-305,

e-mail: asy90@yandex.ru

Trostyanskiy S. N.,

D. Sc. in Engineering, Assoc. Prof.,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: (473)2363-305,

e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

In this paper, methods for selecting management decisions in an unreliability and incompleteness of the information through the use of methods of interval mathematics.

Key words: logical and arithmetic methods, the choice of management solutions, interval estimates, linguistic evaluation.