

О.В. Бутырин, С.А. Шнейгельбергер, И.В. Звонков
(Иркутский государственный университет путей сообщения;
e-mail: 79086611406@yandex.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Разработана методика оценки эффективности функционирования подразделений системы жизнеобеспечения. Методика позволяет проанализировать эффективность работы, профессионализм личного состава и предложить рекомендации по их улучшению.

Ключевые слова: система жизнеобеспечения, оценка эффективности.

O.V. Butirin, A.V. Abaev, S.A. Shneyigelberger, I.V. Zvonkov MATHEMATICAL PROVISION FOR ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF LIFE SUPPORT SYSTEMS

A method for assessment of effectiveness functioning of departments of life support systems was developed. The method allows to analyze the efficiency, professionalism of the personnel and to offer recommendations for their improvement.

Key words: life support system, assessment of efficiency.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 7 октября 2015 г.

В работах по оценке результатов функционирования в социально-экономических системах отмечается, что методика оценки должна включать: определение необходимого и достаточного набора показателей, характеризующих результаты деятельности объектов рассматриваемой системы; разработку алгоритмов расчёта этих показателей; обоснование нормативных значений показателей и методики их установления; агрегирование информации и представление её в форме, удобной для принятия решений.

Система жизнеобеспечения (СЖ) должна осуществлять функцию регулирования на основе учёта отклонений фактических параметров функционирования от планируемых. Устанавливать наличие отклонений в ходе реализации уже принятых управленческих решений и осуществлять их корректировку можно при помощи эффективного инструментария. Проводят эксперимент, в котором используется не сама система, а её модель. При этом использование данных модели без применения соответствующих математических методов их обработки может привести к получению некорректных результатов, и, как следствие, – неверному выбору принимаемых решений.

В работе [1] рассматривается процедура оценки деятельности противопожарной службы. Результаты деятельности, к которым, относятся временные характеристики занятости противопожарной службы обслуживанием вызова, безусловно, будут являться объективными критериями оценочной системы для любой службы СЖ. Следуя порядку разработки методики, рассмотрим информационное, методическое и алгоритмическое обеспечение процедуры оценки СЖ.

Пусть имеется информационная матрица, содержащая предысторию результатов деятельности СЖ:

$$X = \|x_{il}\|, \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, k}, \quad (1)$$

где x_{il} – количество выездов, попадающих в заданный интервал времени следования *оперативного автомобиля (ОА)* СЖ на место происшествия.

По аналогии с подходом, приведённом в [1], условимся считать числа x_{il} элементами соответствующей матрицы оценки вариантов решений, рассматриваемой с позиции теории игр (рис. 1).

$$\begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{array} \begin{pmatrix} p_1 & p_2 \dots p_k \\ B_1 & B_2 \dots B_k \\ x_{11} & x_{12} \dots x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} \dots x_{2k} \\ \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} \dots x_{nk} \end{pmatrix}$$

Рис. 1. Матрица оценки вариантов решений

Здесь, A_1, A_2, \dots, A_n – стратегии стороны A , отражающие количество выездов ОА СЖ; B_1, B_2, \dots, B_k – стратегии стороны B , являющиеся интервалом времени следования ОА до места происшествия; p_1, p_2, \dots, p_k – вероятности попадания соответствующего количества выездов ОА в заданный интервал времени.

В соответствии с теоретическим законом распределения времени следования ОА до места происшествия, ссылка на обоснование которого приводится в [1], определяются значения $p_l, \quad l = \overline{1, k}$. На основе представленной матрицы оценки вариантов решений (рис. 1) пересчитываются значения матрицы X посредством введения переменных $\overline{x_{il}}$ по правилу:

$$\overline{x_{il}} = p_l x_{il}, \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, k}. \quad (2)$$

Пусть имеется матрица Y , содержащая статистические данные за анализируемый период времени деятельности СЖ. Представим рассматриваемую матрицу как игровую модель по аналогии с рис. 1 (рис. 2).

$$\begin{array}{c}
 p_1 \quad p_2 \cdots p_k \\
 B_1 \quad B_2 \cdots B_k \\
 A_1 \left(\begin{array}{cc} y_{11} & y_{12} \cdots y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} \cdots y_{2k} \\ \cdots & \cdots \\ y_{n1} & y_{n2} \cdots y_{nk} \end{array} \right) \\
 A_2 \\
 \cdots \\
 A_n
 \end{array}$$

Рис. 2. Матрица оценки вариантов решений

Пересчитаем значения матрицы Y посредством введения переменных $\overline{y_{il}}$ с учётом определённых ранее p_l , $l = \overline{1, k}$:

$$\overline{y_{il}} = p_l y_{il}, \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, k}. \quad (3)$$

Далее матрицы \overline{X} и \overline{Y} преобразуются в матрицу Z

$$Z = \|z_{il}\|, \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, k}, \quad (4)$$

по правилу:

$$z_{il} = \overline{x_{il}} - \overline{y_{il}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, k}. \quad (5)$$

Предварительно значения элементов матрицы \overline{X} необходимо согласовать в соответствии с длиной анализируемого периода времени. На основе матрицы Z формируется система ограничений задачи ЛП. На этом же этапе проводится предварительный анализ результатов функционирования. Так, положительные и отрицательные отклонения разности между данными результатов деятельности СЖ можно представить в форме следующих списков:

$$K_1 = (-1, -2, 3, 4, 5, -6, 7);$$

$$K_2 = (-1, 2, -3, 4, -5, 6, -7);$$

...

$$K_n = (1, 2, 3, -4, 5, -6, -7).$$

Здесь 1, 2, ..., 7 условно соответствуют значениям элементов матрицы Z , распределённых по интервалам времени следования. Знак указывает на положительное или отрицательное значение соответствующего элемента матрицы Z . Таким образом, можно видеть, что матрица Z содержит отклонения результатов функционирования СЖ анализируемого периода времени по отношению к предыстории наблюдений. Также становится очевидной сложность процедуры оценивания. Так даже для приведённых в примере трёх подразделений сложно сделать вывод о том, какое из них лучше по сумме двух-трёх соседних временных интервалах, а определение эффективности функционирования с учётом всех временных интервалов эмпирически невозможно.

В соответствии с условиями постановки, задача имеет следующую систему ограничений:

$$\sum_{l=1}^k \alpha_l z_{il} = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Строгость ограничения обуславливается тем, что отклонения результатов функционирования СЖ анализируемого периода времени от результатов предыстории наблюдений не должны существенно различаться, то есть $z_{il} \rightarrow 0, i = \overline{1, n}, l = \overline{1, k}$. На практике, такие отклонения, могут существенно различаться, то есть $z_{il} \neq 0$. Тогда система ограничений (6) будет несовместна при любом экстремуме целевой функции задачи ЛП. В этом случае предлагается решить следующую задачу ЛП:

$$\sum_{l=1}^k \alpha_l z_{il} + v_i - c_i = 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n (v_i + c_i) \rightarrow \min. \quad (8)$$

Здесь неизвестные целые переменные v_i и c_i в математическом смысле являются искажениями [2], искусственно привнесённые в задачу (7)-(8) для оценки отклонений результатов функционирования СЖ анализируемого периода от предыстории. Такой выбор функционала в задаче (7)-(8) позволяет минимизировать суммарное нарушение ограничений, задаваемых матрицей Z .

Для задания возможности нормирования значений получаемых результатов по отношению к некоторому показателю масштаба A задачу ЛП (7)-(8) можно модифицировать по следующей схеме:

$$\sum_{l=1}^k \alpha_l z_{il} + v_i - c_i = 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (9)$$

$$\sum_{l=1}^k \alpha_l \overline{x_l^{\max}} = A, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n (v_i + c_i) \rightarrow \min, \quad (11)$$

где A – величина априорно заданного масштаба измерений, например $A = 100$;

$$\overline{x_l^{\max}} = \max(\overline{x_1}, \overline{x_2}, \dots, \overline{x_k}).$$

Далее решим задачу оценки эффективности функционирования подразделений СЖ, пользуясь только знанием матрицы Z и коэффициентов свёртки, полученной в результате решения задачи ЛП (9)-(11).

На основе полученных результатов решения задачи ЛП (9)-(11) определим комплексный показатель $K_i(\overline{x_{il}})$ результатов деятельности СЖ до анализируемого периода и комплексный показатель $K_i(\overline{y_{il}})$ на основе данных за анализируемый период времени по правилу:

$$K_i = \sum_{l=1}^k \alpha_l r_{il}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (12)$$

где r_{il} – соответствующие элементы матрицы \overline{X} или \overline{Y} , распределённых по l интервалам времени следования;

α_l – параметры, которые определяются на основе решения задачи ЛП (9)-(11).

Для дальнейшей интерпретации полученных результатов рассмотрим числа γ_i , введённые по следующему правилу:

$$\gamma_i = K_i(\overline{x_{il}}) - K_i(\overline{y_{il}}), \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, k}. \quad (13)$$

Для удобства представления полученных результатов функционирования СЖ проведём масштабирование числа γ_i :

$$\varphi_i = \gamma_i / K_i(\overline{x_{il}}). \quad (14)$$

Здесь: $\varphi_i \in [-1, 1]$; при $\varphi_i \approx 0$ подразделение СЖ функционирует без отклонений; при приближении φ_i к "-1" эффективность функционирования снижается; при приближении φ_i к "1" эффективность функционирования возрастает.

Величина φ_i , $i = \overline{1, n}$ является искомой оценкой эффективности функционирования i -го подразделения СЖ.

При обновлении исходных данных результатов функционирования, данные матрицы Y добавляются в хранилище данных, а её элементами становятся статистические данные за анализируемый период времени.

Таким образом, для оценки эффективности функционирования СЖ предлагается использовать предложенную методику, позволяющую:

- добиться максимального соответствия получаемых результатов и текущих итогов деятельности подразделений службы СЖ;
- оценивать эффективность функционирования структурных элементов СЖ за любой период времени;
- производить сравнительную оценку эффективности функционирования подразделений СЖ между собой;

- оценивать эффективность функционирования различных служб СЖ промышленных предприятий и населённых пунктов;
- повысить объективность предлагаемой процедуры за счет использования концепции хранилища данных при оценке эффективности функционирования СЖ;
- обрабатывать информацию о результатах функционирования СЖ специалистами, не знакомыми с методами теории принятия решений, используемыми в алгоритмических схемах предложенных методик.

Литература

1. *Бутырин О.В., Абаев А.В., Шнейгельбергер С.А.* Оценка эффективности функционирования оперативных подразделений ГПС // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (48). 2013. С. 212-221. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
2. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. Изд. 2-е.