

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 681.3

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© Д. Е. Орлова, И. В. Фурсов

Воронежский институт ФСИН России (Воронеж, Россия)
Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)

На основе вероятностно-статистического подхода решается задача идентификации чрезвычайных ситуаций при управлении процессами обеспечения техногенной и пожарной безопасности, возникающих при производстве строительных работ. Выписываются формулы, позволяющие провести анализ параметров чрезвычайной ситуации и отнести ее к одному из классов: нормальная, рискованная, кризисная или катастрофическая. Описывается структура алгоритма проведения расчетов, указываются особенности его программной реализации.

Ключевые слова: техногенная и пожарная безопасность, чрезвычайная ситуация, вероятность, плотность распределения, идентификация, алгоритм.

Введение. Согласно положениям Градостроительного кодекса РФ при строительстве объектов недвижимости требуются доказательства его осуществления на основе соблюдения требований техногенной и пожарной безопасности. Для этого на этапе разработки плана строительства должны быть проведены исследования, направленные на идентификацию чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе предполагаемого строительства [1-4].

В практической деятельности строительных организаций прогнозирование и идентификация чрезвычайных ситуаций (ЧС), как правило, ограничивается сравнением ожидаемых параметров ситуаций с допустимыми нормами. Несмотря на свою простоту и наглядность, такой подход обладает тем существенным недостатком, что при его реализации не достаточно полно используется накопленная информация относительно источников техногенной и пожарной опасности. Вместо глубокой статистики

используются средние значения, а сами расчеты ориентированы на операции детерминированного типа. Такое положение не способствует повышению качества планов организации строительства в части обеспечения техногенной и пожарной безопасности, затягивает сроки их разработки и утверждения.

Целью статьи является разработка и программная реализация вероятностно-статистического алгоритма идентификации чрезвычайных ситуаций при управлении процессами обеспечения техногенной и пожарной безопасности по детерминированным признакам.

Основные теоретические положения. ЧС, возникающие при производстве строительных работ, характеризуется вектором

$$\langle p_1(x_1), p_2(x_2), \dots, p_i(x_i), \dots, p_N(x_N) \rangle, \quad (1)$$

где $p_i(x_i)$ – плотности распределения вероятности значений параметров ситуации x_i ($i = \overline{1, N}$), нормированных в диапазоне значений от 0 до 1 и приведенных к параметрам, ориентированным на минимум, то

Орлова Дарья Евгеньевна – Воронежский институт ФСИН России, адъюнкт, dasha_scorobogat@mail.ru.
Фурсов Илья Вадимович – Воронежский государственный технический университет, аспирант. cva.57@yandex.ru.

есть, чем меньше значение параметра, тем лучше чрезвычайная обстановка.

На практике, как правило, используется нормальный закон распределения вероятностей $p_i(x_i)$, согласно которому

$$p_i(x_i) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - m_i)^2}{2(\sigma_i)^2}}, \text{ где } m_i - \text{математическое ожидание величины } x_i, \sigma_i - \text{ее среднее квадратичное отклонение.}$$

Таким образом, вместо вектора (1) для описания ЧС получаем два вектора:

$$\langle m_1, \dots, m_i, \dots, m_N \rangle; \langle \sigma_1, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N \rangle. \quad (2)$$

Все типы ЧС разделим на классы: «норма», «риск», «кризис», «катастрофа», а по каждому параметру $x_i (i = \overline{1, N})$ зададим пределы его изменения в соответствии с классами ситуаций:

$$x_i = \begin{cases} \text{"норма", если } (0 < x_i \leq x_i^1); \\ \text{"риск", если } (x_i^1 < x_i \leq x_i^2); \\ \text{"кризис", если } (x_i^2 < x_i \leq x_i^3); \\ \text{"катастрофа", если } (x_i^3 < x_i \leq x_i^4), \end{cases} \quad (3)$$

где x_i^1 – максимально допустимое нормальное значение параметра x_i ; x_i^2 – максимально допустимое рискованное значение параметра x_i ; x_i^3 – максимально допустимое кризисное значение параметра x_i ; x_i^4 – максимально допустимое катастрофическое значение параметра x_i .

Тогда идентификацию ЧС по каждому отдельно взятому параметру $x_i (i = \overline{1, N})$ можно осуществлять, используя следующие формулы:

$$P_i^1 = \int_0^{x_i^1} p_i(x_i) dx_i; P_i^2 = \int_{x_i^1}^{x_i^2} p_i(x_i) dx_i; \\ P_i^3 = \int_{x_i^2}^{x_i^3} p_i(x_i) dx_i; P_i^4 = \int_{x_i^3}^{x_i^4} p_i(x_i) dx_i, \quad (4)$$

где $P_i^k (k = \overline{1, 4})$ – вероятности того, что при заданном распределении плотностей $p_i (i = \overline{1, N})$ чрезвычайная ситуация по параметру x_i будет отнесена к нормальной ($k = 1$), рискованной ($k = 2$), критической ($k = 3$) или к катастрофической ($k = 4$).

В итоге получается матрица:

$$\|P_i^k\|_{(i=\overline{1, N}; k=\overline{1, 4})} = \begin{pmatrix} P_1^1 & \dots & P_i^1 & \dots & P_N^1 \\ P_1^2 & \dots & P_i^2 & \dots & P_N^2 \\ P_1^3 & \dots & P_i^3 & \dots & P_N^3 \\ P_1^4 & \dots & P_i^4 & \dots & P_N^4 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

компоненты которой характеризуют ЧС по каждому отдельно взятому параметру x_i .

Следуя положениям теории принятия решений [5-7], для обобщенной идентификации ЧС будем использовать три подхода: усредненный, оптимистический и пессимистический. Такая трех аспектная идентификация дается для того, чтобы, с одной стороны, обеспечить лицо, принимающее решение, как можно большим объемом исходной информации, а, с другой стороны, предоставить ему аргументы для мотивированного заключения о безопасности в районе производства строительных работ.

В соответствие с усредненным подходом расчет вероятностей идентификации ЧС, как нормальной (P_{norm}), рискованной, (P_{risk}), кризисной (P_{kriz}) и катастрофической (P_{kat}) осуществляется по формулам:

$$P_{norm} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i P_i^1; P_{risk} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i P_i^2; \\ P_{kriz} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i P_i^3; P_{kat} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i P_i^4, \quad (6)$$

где $v_i \left[\sum_{i=1}^N v_i = 1 \right]$ – экспертные коэффициенты важности параметров $x_i (i = \overline{1, N})$.

При оптимистическом подходе расчет вероятностей идентификации ЧС осуществляется по формулам:

$$P_{norm} = \max_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^1); P_{risk} = \max_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^2); \\ P_{kriz} = \max_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^3); P_{kat} = \max_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^4). \quad (7)$$

При пессимистическом подходе расчет вероятностей идентификации ЧС осуществляется по формулам:

$$P_{norm} = \min_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^1); P_{risk} = \min_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^2); \\ P_{kriz} = \min_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^3); P_{kat} = \min_{i(i=\overline{1, N})} (v_i P_i^4). \quad (8)$$

Описание алгоритма. Разработанный на основе приведенных выше теоретических положений, вероятностно-статистический алгоритм идентификации ЧС, возникающих при производстве строительных работ, представлен на рисунке 1.

В соответствии с этим алгоритмом расчеты проводятся пошагово.

Шаг 1. Подготовка исходных данных. Формирование векторов (2), их предельных значений x_i^k ($k = \overline{1,4}$), коэффициентов v_i .

Шаг 2. Идентификация ЧС по каждому параметру x_i ($i = \overline{1,N}$) с использованием формул (4).

Шаг 3. Обобщенная идентификация ЧС по всем параметрам x_i ($i = \overline{1,N}$) с использованием формул (6)-(8).



Рисунок 1. Вероятностно-статистический алгоритм идентификации чрезвычайных ситуаций, возникающих при производстве строительных работ.

Шаг 4. Вывод расчетных данных и представление их пользователю.

Пример выходного интерфейса представлен на рисунке 2.

КЛАСС СИТУАЦИИ	РЕЗУЛЬТАТЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ		
	усредненная	оптимистическая	пессимистическая
НОРМАЛЬНАЯ	0,1	0,5	0,1
РИСКОВАННАЯ	0,6	0,3	0,3
КРИЗИСНАЯ	0,15	0,2	0,4
КАТАСТРОФИЧЕСКАЯ	0,25	0,1	0,2

Рисунок 2. Выходной интерфейс вероятностно-статистического алгоритма идентификации чрезвычайных ситуаций, возникающих при производстве строительных работ.

Реализация алгоритма. Программно алгоритм исполнен в интегрированной среде TURBO PASCAL с применением процедур и функций VISUAL BAISIC и C++, ориентированных на создание приложений под управлением Windows 10: тип – интерактивный, информационно-расчетный; требования к компьютеру – процессор 2,8ГГц, 512 MB RAM, CD ROM, ОС Windows 10 32-bit SP1, Office 2010, Access 2010; количество программных блоков – 136 с объемом – 545 MB; форма отображения данных – текстовая, табличная; тип базы данных – реляционная на основе Access 2010; сервисы – защита от несанкционированного доступа, обучение пользователя, подключение к локальной сети.

Заключение. В статье представлен алгоритм идентификации чрезвычайных ситуаций при управлении процессами обеспечения техногенной и пожарной безопасности в. Его основное преимущество перед аналогичными логико-детерминированными алгоритмами заключается в том, что учитывается вероятностный характер исходных данных. Алгоритм позволяет провести анализ параметров чрезвычайной ситуации и отнести ее к одному из классов: нормальная, рискованная, кризисная или катастрофическая.

Алгоритм реализован в виде программного модуля и может найти применение в строительных объединениях и фирмах, осуществляющих планирование и организацию строительства сложных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов

проектной документации и требованиях к их содержанию».

2. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004.

3. Пособие по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ для жилищно-гражданского строительства (к СНиП 3.01.01-85).

4. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю. А. Афанасьев [и др.]. – М.: МНЭПУ, 2001. - 357 с.

5. Ларичев О. И. Теория принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах / О. И. Ларичев.. – М.: Лагос, 2000. – 296 с.

6. Балдин, К.В., Воробьев, С.Н., Уткин, В.Б. Управленческие решения: учебник, – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005. – 230 с.

7. Вертакова, Ю.В., Козьева, И.А., Кузьбожев, Э.Н. Управленческие решения: разработка и выбор: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2005. – 246 с.

PROBABILISTIC AND STATISTICAL ALGORITHM FOR IDENTIFYING EMERGENCY SITUATIONS IN THE MANAGEMENT OF TECHNOGENIC AND FIRE SAFETY PROCESSES

© 2021 D. E. Orlova, I. V. Fursov

*Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (Voronezh, Russia)
Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)*

On the basis of the probabilistic and statistical approach, the problem of identifying emergency situations in the management of the processes of ensuring technogenic and fire safety that occur during construction works is solved. Formulas are written out that allow you to analyze the parameters of an emergency situation and assign it to one of the classes: normal, risky, crisis or catastrophic. The structure of the calculation algorithm is described, and the features of its software implementation are indicated.

Keywords: technogenic and fire safety emergency, probability, distribution density, identification, algorithm.