

УДК 631.3

МЕТОД ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

А.Н. Серебровский

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: tsereb@voliacable.com

Введение

Одной из основных целей Кризисных центров является предотвращение аварий и ЧП на потенциально-опасных объектах (ПОО). Модельно-алгоритмическим базисом решения этой проблемы является Вероятностный анализ безопасности (ВАБ) [1,2,3]. Исходной информацией для ВАБ являются данные о вероятностях элементарных нежелательных событиях. Такие события получили название базисных (БС). Для оценки вероятностей БС могут быть использованы экспертные системы (ЭС) [4]. Каждая такая ЭС специализированна для определенного типа аварии и класса ПОО и функционирует как подсистема в технологическом процессе ВАБ. Одним из подходов создания подобных ЭС является Метод экспертных оценочных шкал (МЭОШ) [5, 6]. Данная работа является продолжением исследований по развитию МЭОШ.

Сущность МЭОШ заключается в том, что вероятность БС оценивается на основании причинных факторов, влияющих на риск. База знаний (БЗ) экспертной системы, создаваемая с помощью МЭОШ, включает в себя описания: факторов опасности; ситуаций, возможных на ПОО; влияний факторов на вероятности БС. Каждый фактор описан множеством его возможных значений, которые упорядочены по степени их влияния на возникновение БС. Влияние факторов описывается функциями влияния (ФВ). ФВ фактора X на вероятность возникновения БС есть соответствие между возможными значениями фактора X и вероятностями БС " a ". ФВ фактора X формируются при условии, что все остальные факторы, принимают значения своих норм. Таким образом, для каждой пары: [фактор X_j , БС " a^r "] в БЗ формируются n_j кортежей следующего вида:

$$(r, j, x_t, f_j^r(x_t)) \quad (1)$$

где $r \in \{R\}$ - множество индексов БС; $j \in \{J\}$ - множество индексов факторов, влияющих на БС; n_j - количество возможных значений фактора X_j ; x_t - одно из возможных значений X_j ; $f_j^r(x_t)$ - значение функции влияния фактора X_j на БС " a^r ", когда $X_j = x_t$.

Такая БЗ дает возможность выполнять оценки вероятностей БС, возникающих в результате одновременного влияния совокупности факторов. Простое правило вывода может быть представлено следующим выражением:

$$P(a) = 1 - \prod_{j=1}^k [1 - f_j^a(x_j^t)] \quad (2)$$

где $P(a)$ - вероятность БС " a " в ситуации, когда $X_j = x_j^t (j = \overline{1, k})$; $f_j^a(x_j^t)$ - значение функции влияния фактора X_j на БС " a ", когда $X_j = x_j^t$.

Простота описанного правила вывода является следствием того, что при формировании БЗ в нее включаются независимые между собой факторы. Главная трудность построения БЗ заключается в формировании функций влияния.

Формирование функций влияния (ФВ). Сформировать ФВ фактора X_j на БС " a " означает установить для каждого возможного значения $x(t)$ фактора X_j

определенную оценку вероятности возникновения БС "а", в ситуации, когда $X_j = x_i$, а все остальные факторы принимают значения своих норм. Источниками формирования ФВ являются: данные статистики; результаты испытаний, обработанные с помощью моделей отказов [7, 8]; экспертные оценки. Формирование ФВ имеет свои проблемы.

- В ряде случаев статистических данных о вероятностях БС недостаточно для формирования ФВ по всему спектру значений факторов.

- Модели отказов используются только в случаях, когда БС являются отказами технических элементов и узлов. Кроме того, не всегда реально можно проводить испытания при всех интересующих значениях факторов.

- Эксперты, даже квалифицированные в предметной области и хорошо знающие проблему часто затрудняются в установлении конкретных оценок вероятностей БС, хотя достаточно уверенно делают сравнительные оценки возможностей возникновения БС при различных отдельных значениях фактора.

В данной работе предлагается подход приобретения знаний о ФВ, основанный на комбинированном использовании Метода парных сравнений и указанных выше источников.

Применение метода парных сравнений в процессе приобретения знаний о функциях влияния причинных факторов техногенного риска Рассмотрим фактор X , возможные значения которого: $\{x_i\} (i = \overline{1, n})$. Допустим, что, априори, известно значение ФВ фактора X при $X = x_1$. Обозначим его $f(x_1)$. Стоит задача: определить все остальные значения ФВ фактора X , на основании мнения эксперта о сравнительной эффективности влияния фактора X при его различных значениях. Для этого применяются парные сравнения, выполняемые по Методу анализа иерархий [9].

Эксперт выполняет парные сравнения значений фактора X по критерию степени его влияния на вероятность БС "а". При этом он заполняет табл.1. Сравнение выполняется с помощью шкалы относительной важности (см. таб.2). Сравнивается относительная важность левых элементов табл.1 с элементами верхней строки. Если элемент слева важнее, чем верхний элемент, то в клетку (на пересечении строки и столбца) заносится число от 1 до 9, в зависимости от суждения эксперта о степени важности левого элемента относительно верхнего элемента.

Таблица 1. Субъективные суждения об относительной важности влияния на БС «а» различных значений фактора X .

	x_1	x_2	x_3	...	x_n
x_1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$		$\frac{1}{8}$
x_2	3	1	$\frac{1}{2}$		
x_3	5	2	1		
⋮					
x_4	8				1

В противном случае, (если верхний элемент важнее левого), в клетку заносится обратное число (дробь). Относительная важность элемента, сравниваемая с самим собою равна 1. Поэтому диагональ таблицы содержит только единицы. Обратными величинами заполняются симметричные клетки.

Результатом всех парных сравнений является заполненная табл.1, которая называется матрицей парных сравнений (МПС). В МПС могут содержаться противоречивые экспертные оценки, т.е. внутренняя несогласованность. Поэтому, после составления МПС выполняется ее проверка на согласованность. Проверка выполняется

стандартними программными средствами за конечное число шагов [9]. Если элементы матрицы не согласованы, эксперту предлагается выполнить корректировку своих оценок. Если проверка на согласованность дала положительный результат, то на этом участие эксперта заканчивается.

Таблица 2. Шкала относительной важности

Оценка относительной важности в баллах	Вербальная оценка эксперта
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство одного над другим
5	Существенное или сильное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2,4,6,8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями.
Обратные величины приведенных выше оценок	Если при сравнении двух значений x_i и x_{i+1} получено одно из указанных выше чисел (например 5), то при сравнении x_{i+1} и x_i получим обратную величину (т.е. 1/5)

Полученная МПС обладает тем свойством, что ее собственный вектор характеризует приоритетность, (по критерию влияния на БС «а»), возможных значений фактора X . Вычисление собственного вектора МПС выполняется по стандартным алгоритмам линейной алгебры.

Обозначим компоненты вычисленного вектора : η_i ($i = \overline{1, n}$). Каждая компонента характеризует приоритетность соответствующего значения фактора X по критерию влияния на возникновение БС «а». Без доказательства принимаем допущение: вероятность возникновения БС «а» под влиянием фактора X , пропорциональна приоритету влияния фактического значения фактора X . Покажем это на примере. Допустим, что вычислены приоритеты возможных значений фактора X : $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$. Выберем два различных значения фактора X : x_α и x_β ($1 \leq \alpha, \beta \leq n$). Тогда вероятность БС «а» при $X = x_\beta$ будет больше вероятности БС «а» при $X = x_\alpha$ во столько раз, во сколько приоритет η_β больше η_α , т.е.

$$P_{X=x_\beta}(a) = P_{X=x_\alpha}(a) * \frac{\eta_\beta}{\eta_\alpha} \quad (3)$$

В частности, при $\alpha = 1, \beta = i$

$$P_{X=x_i}(a) = P_{X=x_1}(a) * \frac{\eta_i}{\eta_1} \quad (4)$$

В терминах функций влияния данное выражение имеет вид

$$f(x_i) = f(x_1) * \frac{\eta_i}{\eta_1} \quad (5)$$

Последнее выражение позволяет сформировать ФВ для всех значений фактора X , опираясь при этом на одно априорно известное значение $f(x_1)$, которое назовем “опорным” значением (ОЗ). Процедура установления ОЗ включают в себя те же средства, которые используются для определения оценок вероятностей БС, а именно: использование данных статистики, модели отказов и экспертные оценки. Для каждой пары: [БС-Фактор] достаточно установить только одно ОЗ с тем, чтобы затем по описанной технологии определить все остальные значения ФВ. Таким образом поставленная задача решена.

Выводы. Предложен подход создания базы знаний (БЗ) специализированной экспертной системы (ЭС), для оценивания вероятностей возникновения элементарных нежелательных событий (базисных событий).

Подобная ЭС, внедренная в автоматизированный контур традиционного анализа безопасности заменяет экспертов при оперативном мониторинге ситуаций на потенциально-опасных объектах.

БЗ содержит знания о причинных факторах риска и об их влиянии на вероятности возникновения базисных событий.

Технология приобретения знаний носит гибридный характер и состоит из различного типа процедур: экспертных оценок относительной важности отдельных значений причинных факторов; вычислительных процедур; использования моделей отказов и статистических данных.

Технология значительно уменьшает объем БЗ, упрощает правило вывода и снижает трудоемкость формирования БЗ.

Литература

1. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко И.Н. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ). – НТУ «КПИ», 2000. – 568 с.
2. Швыряев Ю.В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций // Методика выполнения. – М.: ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1992.- 264 с.
3. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М. Машиностроение. 1984. – 528 с.
4. Серебровский А.Н. Экспертные системы оперативной оценки техногенной опасности // Математические машины и системы. – 2007. - №3,4. – С.139-144.
5. Серебровский А.Н. Об одном методе вероятностного анализа безопасности потенциально-опасных объектов // Математические машины и системы. - 2002.- №1. - С.41-48.
6. Serebrovsky A.N. Models and Algorithms of Probabilistic safety assessment of potentially hazardous objects// Вестник национального технического университета «ХПИ».6.2007. Материалы «6-th International Conference on Information System Technology and Application». Kharkiv, May 23-25, 2007.-P.127-134.
7. ГОСТ 27.005-97. Надежность в технике. Основные положения. Модели отказов. 45 с.
8. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – Логос, 2002. – 486 с.
9. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. – 305 с.