

УДК 631.3

О ПРИОБРЕТЕНИИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

А.Н. Серебровский, В.Г. Пилипенко

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: tsereb@voliacable.com

Введение

Повышение безопасности хранилищ взрывоопасных предметов (ХВП) остается острой проблемой на Украине. Необходимыми предпосылками успешного и своевременного предотвращения пожаров и взрывов являются: отслеживание текущих ситуаций на ХВП; оценка степени их безопасности; прогнозирование возможности возникновения опасных событий, приводящих к пожару и взрыву; анализ причин возникновения ситуаций. Эффективным традиционным средством решения этих задач являются автоматизированные системы анализа и прогноза риска, теоретической основой которых является Вероятностный анализ безопасности. (ВАБ) [1,2,3]. Однако остаются открытыми многие проблемы, вызванные объективными трудностями формализации процессов зарождения опасности возникновения чрезвычайных происшествий на ХВП. Одним из путей, которые могли бы уменьшить подобные трудности является создание гибридных экспертных систем (ГЭС), сочетающих применение математических моделей (аналитических или статических) с неформализованными знаниями, полученными от экспертов. В данной работе предлагается подход приобретения знаний гибридных экспертных систем предназначенных для поддержки принятия решений по предотвращении опасных событий на объектах типа ХВП. База знаний (БЗ) формируется экспертом и инженером по знаниям с использованием системной компоненты приобретения знаний и содержит: знания о событиях возможных на ХВП, логических связях между ними; знания о причинных факторах опасности, их относительной роли и их влиянии на возникновение нежелательных событий.

Знания об опасных событиях и их связях

Эксперт, формируя БЗ, исходит из требования о необходимости описания всех событий, которые в той или иной степени могут влиять на возникновении пожаров и взрывов на ХВП. В этом отношении накоплен значительный фактический материал, сконцентрированный в виде справочных источников и ГОСТов [4,5,6,7,9]. На этом этапе эксперт, по сути, заимствует готовые знания для применения к объектам типа ХВП.

Связи между событиями описываются с помощью моделей Дерева событий (ДС) и Дерева отказов (ДО). В модели ДС пожар (взрыв) рассматривается как заключительное (конечное) событие в цепочке предшествующих событий, одно из которых считается иницирующим (исходное событие), а другие – поддерживающими или превентивными развитие опасности (промежуточные события). ДС описывает взаимосвязь между исходными и промежуточными событиями с одной стороны и конечными событиями – Пожар (Взрыв) с другой. ДС может быть представлено совокупностью возможных цепочек событий от исходного к одному из конечных, некоторые из которых, являются пожарами (взрывами).

Модель ДО устанавливает связь между нежелательными элементарными (базисными) событиями с одной стороны и опасным («Верхним») событием с другой. Верхними событиями ДО могут быть исходные или промежуточные события ДС, а также Пожар и Взрыв. Базисные события (БС) соединены в ДО логическими операциями, формирующими промежуточные элементы ДО. Самый верхний по уровню иерархии промежуточный логический элемент ДО представляет собой Верхнее событие ДО.

Задачами эксперта и инженера по знаниям является определение связей между верхними и базисными событиями ДО, между исходными и конечными событиями ДС. Результат формируется в виде графических представлений ДО и ДС на бумаге. Роль компоненты приобретения знаний - реализовать интерфейс, с помощью которого графические образы ДО и ДС получают внутреннее представление в БЗ. В процессе ввода в БЗ модели ДО и ДС могут отображаться на дисплее и редактироваться [1]. Наконец, после завершения ввода ДО и ДС в БЗ автоматически создается дизъюнктивно нормальная форма этих моделей [9], которая также сохраняется в БЗ.

Знания о причинных факторах влияющих на вероятность возникновения нежелательных событий, приводящих к пожарам и взрывам.

Выделяются следующие классы факторов, влияющих на пожаровзрывоопасность на ХВП [10]: техническое состояние инженерных и технологических сооружений, технических средств, используемых при погрузочных работах, транспортировке, пожаротушении, охране ХВП; состояние пожаровзрывоопасных предметов и материалов, а также тары, используемой при их хранении; факторы, характеризующие технологию хранения; факторы, причиной которых является персонал ("Человеческий фактор") [12]; внешние факторы. Общее количество факторов, не считая Человеческого фактора, превышает 50 [11]. Задачей эксперта является окончательно установить перечень факторов, влияющих на пожаровзрывоопасность и сделать описание их возможных значений [13].

Роль компонента приобретения знаний сводится к автоматизации загрузки следующих сведений: возможных значений качественных факторов (термы значений и соответствующие им оценки в баллах); границ диапазонов, на которые разбиты возможные значения количественных факторов и соответствующие им оценки в баллах; описание термов (или диапазонов) соответствующих нормальному и критическому значениям фактора. В результате, каждая ситуация может быть описана набором значений причинных факторов.

Знания об относительной роли ("значимости") факторов в возникновении пожара (взрыва).

Возможны следующие случаи: в распоряжении эксперта имеется статистика, в которой отображено участие причинного фактора в возникновении пожара (взрыва); отсутствуют статистические сведения об участии фактора в возникновении пожара (взрыва).

В первом случае задача эксперта и инженера по знаниям состоит в сборе для каждого фактора X_i ($i = \overline{1, n}$) статистических данных по частоте пожаров при наличии данного фактора и частоте пожаров при его отсутствии. Обозначим эти частоты: $F^1(1)$, $F^1(0)$, соответственно. Далее включается компонент приобретения знаний, который выполняет:

- расчет показателя значимости фактора (Z^i) (по Бирибауму [7]),

$$Z^i = F^1(1) - F^1(0), \quad i = \overline{1, n}; \quad (1)$$

- нормирование этих показателей (получение относительных значимостей V_i)

$$V_i = Z^i : \sum_{i=1}^n Z^i; \quad (2)$$

- загрузку полученных значимостей в БЗ (по указанию эксперта).

В случае отсутствия статистики о роли фактора при пожаре, у эксперта имеется две возможности: установить "прямые" экспертные оценки значимостей факторов,

ориентируясь на свой опыт, или применить "гибридную" технологию. Остановимся на втором варианте. "Гибридная" технология, в данном случае, представляет собой следующие процедуры. Эксперт проводит парные сравнения факторов по критерию их роли в возникновении пожара (по правилам Метода анализа иерархий) [14]. Результатом является матрица парных сравнений (МПС). При этом компонента приобретения знаний обеспечивает диалог с экспертом при вводе МПС; автоматическую проверку степени согласованности МПС; поддержку диалога с экспертом при корректировке МПС до получения полной согласованности; решение задачи вычисления собственных значений МПС (результат - $C_1, C_2, \dots, C_n$); расчет относительных значимостей факторов

$$V_i = C_i : \sum_{i=1}^n C_i, (n - \text{число факторов}). \quad (3)$$

Знания о влияниях факторов на возникновение БС

Влияния факторов на вероятность БС описывается с помощью функций влияния (ФВ) [15]. ФВ фактора на БС есть соответствие между возможными значениями фактора и условными вероятностями возникновения БС при условии, что все остальные факторы принимают значения своих норм. Сформировать ФВ фактора X_j на БС "а" означает установить для каждого возможного значения $x(t)$ фактора X_j определенную оценку вероятности возникновения БС "а", в ситуации, когда $X_j = x_t$, а все остальные факторы принимают значения своих норм. Источниками формирования ФВ являются: данные статистики; результаты испытаний, обработанные с помощью моделей отказов [16,17]; экспертные оценки.

Формирование ФВ имеет свои проблемы.

- Во многих случаях данных статистики 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 работе [15] предлагается подход приобретения знаний о ФВ, основанный на комбинированном использовании указанных выше источников и Метода анализа иерархий (МАИ) [14].

Суть данного метода в том, что если получено одно из возможных значений ФВ фактора, (по данным статистики или с помощью моделей отказов), то остальные значения ФВ можно установить, используя оценки эксперта при парных сравнениях относительных влияний этого фактора на возникновение БС. После формирования знаний о ФВ для каждой пары (фактор X_j , БС "а") в БЗ создается n_j кортежей следующего вида:

$$(r, j, x_t, f_j^r(x_t)) \quad (4)$$

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 "а", когда $X_j = x_t$.

Заключення

Предлагается подход приобретения знаний для гибридных экспертных систем предназначенных для поддержки принятия решений по предотвращении опасных событий на объектах типа “Хранилище взрывоопасных предметов”.

Приобретение знаний носит гибридный характер и состоит из различного типа процедур: экспертных оценок относительной важности отдельных значений причинных факторов; вычислительных процедур расчета собственных векторов матриц парных сравнений, установление опорных значений функций влияния с использованием моделей отказов и статистических данных.

Значение предлагаемого подхода:

- гибридная технология снижает трудоемкость формирования БЗ за счет частичного переключивания функций эксперта и инженера по знаниям на программный компонент приобретения знаний;
- повышается достоверность приобретаемых знаний за счет включения в компоненту приобретения знаний программного контроля непротиворечивости оценок эксперта при парных сравнениях факторов.

Литература

1. Integrated Reliability and Risk Analysis System (IRRAS). Basic Training Course /NRC/-Washington,1995.-720pp.
2. Швыряев Ю.В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций // Методика выполнения. -М.: ИАЭ им. И.В.Курчатова,1992.-264с.
3. Хенли Э. ДЖ. Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска/ Под ред. В.С.Сыромятникова. -М.: Машиностроение. 1984 .-528с.
4. Справочник. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. М.;1987.-280 с.
5. ГОСТ 12.1.044-89.Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов.
6. ДСТУ 2272-93. Пожежна безпека.
7. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко И.Н и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ). –НТУУ “КПИ”, 2000. –568с.
8. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно сложных систем. Изд-во «Политехника» С.Петербург.2000.
9. Серебровский А.Н., Ситниченко Л. П., Пилипенко В.Г. Алгоритм формирования и минимизация логического представления дерева отказов // Математичні машини і системи. - №1, 2009 , С. 165-172.
10. Кузьменко Г.Є., Хомініч В.С. До питання управління безпекою військових об’єктів підвищеної небезпеки // Математичні машини і системи №3, 2008 , С. 131-140.
11. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность.
12. Human Reliability And Safety Analysis Data Handbook. David I. Gertman, Harold S. Blakman. N-Y., 1995.
13. Серебровский А.Н. Экспертные системы оперативной оценки техногенной опасности//Математические машины и системы.-2007. - №3.-С.139-144.
14. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. – 305 с.
15. Серебровский А.Н. Метод анализа иерархий при создании базы знаний экспертных систем техногенной опасности //Математические машины и системы.-2008.- №3.-С.62-67.
16. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. -К.: Логос, 2002. -486с.
17. ГСТ 27.005-97. Надежность в технике. Основные положения. Модели отказов. - 45с.