

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Выпуск 16



Харьков - 2004

<i>І.Г. Маладика</i> Вплив азотовмісних сполук на інгібуючу здатність вогнегасних порошків	146
<i>А.А. Мельниченко, Ю.В. Уваров</i> К вопросу экспериментального определения времени эвакуации людей из лечебных заведений	150
<i>С.Д. Муравьев, А.М. Борисов</i> Некоторые результаты исследования газовой воздушных потоков в помещении методом ЭГА ..	153
<i>С.Д. Муравьев</i> Расчет порогов срабатывания системы газового контроля для условно герметичных хранилищ растительного сырья	158
<i>В.П. Ольшанский</i> Об отражении частиц огнетушащего порошка встречным потоком газа	164
<i>В.П. Ольшанский, В.В. Тригуб</i> Система ликвидации очагов самонагревания	169
<i>О.А. Петухова</i> Аналіз можливості використання пристрою для визначення водовіддачі водопровідних мереж при їх випробуваннях	174
<i>В.О. Пономарьов, О.В. Кулаков</i> Перевірка методики визначення імовірності загоряння ізоляції кабельно-провідникової продукції	177
<i>С.В. Росоха</i> Визначення об'ємних витрат роторно – планетарних трохідних машин	180
<i>А.П. Созник, В.Н. Андриенко, А.Е. Басманов</i> Влияние ветра на форму факела и распределение тепловых потоков	188

<i>В.М. Стрелец</i> Метод имитационной эргономической оценки процессов ликвидации чрезвычайных ситуаций	198
<i>В.М. Стрелец, П.Ю. Бородич, Р.А. Нередков</i> Экспертная оценка временных характеристик отдельных этапов пожарно-оперативного обслуживания	207
<i>А.Ф. Сухобоков</i> Рівняння поверхні відбивача освітлювального приладу цільового типу	214
<i>О.М. Тищенко, А.О. Биченко, О.І. Дядченко</i> Розподіл дисперсності крапель по довжині факелу розпилу ...	223
<i>Д.Г. Трегубов, Е.В. Тарахно</i> Термогравиметрическая оценка тепловых эффектов при самонагревании твердых материалов	228
<i>В.М. Халыпа, С.А. Вамболь</i> Расчет на прочность и жесткость неконтактирующих фланцевых соединений	233
<i>С.В. Цвиркун, П.Г. Круковский</i> Определение теплофизических характеристик огнезащитных покрытий по данным огневых испытаний	240
<i>И.А. Чуб, Е.В. Морщ, А.О. Труш, С.В. Ковальский</i> Размещение объектов техногенной опасности с минимизацией уровня воздействия возможной чрезвычайной ситуации	248

«человек-машина» с помощью функционально-целевых причинно-следственных моделей эргономической оценки.// Вестник ХГАДТУ. Сб. научных трудов. Вып.15-16. - Х., ХГАДТУ, 2001. - С.105-107.

7 Стрелец В.М. Имитационное моделирование работы звена газодымозащитной службы пожарной охраны.// Системы обработки информации. Збірник наукових праць. Вип. 1(5).- Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1999. - С.158-161

8 Аветисян В.Г., Стрелец В.М. Імітаційна ергономічна оцінка застосування пневмо-підйомного озброєння для проведення аварійно-рятувальних робіт.// Пожежна безпека-2001: Зб. Наукових праць. - Львів, СПОЛОМ, 2001. - С. 172-174.

9 Абрамов Ю.А., Чучковский В.Н., Стрелец В.М., Ковалев П.А. Методика эргономической оценки деятельности боевых расчетов пожарных автомобилей.// Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. Вып.4- Харьков: ХИПБ, 1998. - С.3-5.

10 Стрелец В.М. Имитационный анализ систем «человек-машина» с помощью причинно-следственных моделей эргономической оценки.// Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБ Украины. - Вып.9. - Харьков: Фолио, 2001. - С.197 - 199.

11 Чучковский В.Н., Стрелец В.М., Ковалев П.А. Имитационная оценка численности боевого расчета автомобиля газодымозащитной службы.// Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. Вып.3 - Харьков: ХИПБ, 1998. - С.163 - 170.

Статья поступила в редакцию 20.09.2004 г.

УДК 614.8

*В.М. Стрелец, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент АГЗУ;
П.Ю. Бородич, адъюнкт, АГЗУ; Р.А. Нередков, нач. уч. центра
ГУМЧС Украины в Луганской области*

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ ПОЖАРНО-ОПЕРАТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Предложен порядок экспертной оценки, при котором модифицированный метод непосредственной оценки используется только один раз. Кроме этого, исключаются громоздкие вычисления и многократные обращения к справочникам в процессе оценки согласованности экспертов.

Постановка проблемы. Для оценки пожарно-оперативного обслуживания целесообразно использовать многофакторное имитационное моделирование [1,2], реализация которого требует наличие большого количества разнообразных исходных данных. Часть последних может быть получена во время командно-штабных тренингов

вок и пожарно-тактических занятий [3]. Тем не менее, время остается проблема непродолжительного по времени определения показателей, характеризующих отдельные этапы, исследование качества которых путем физического моделирования не проводилось.

Анализ последних достижений и публикаций. Учитывая разный уровень подготовленности личного состава в [4] показано, что интересующие показатели могут быть получены с помощью модифицированного метода непосредственной экспертной оценки, который позволяет получить основные параметры α и β скошенного одновершинного распределения временных или вероятностных характеристик выполнения конкретных операций по оценке каждого эксперта. Целесообразность использования χ^2 -распределения показали результаты физического моделирования [5].

В то же время в [6] показано, что имеют место случаи, когда оценки наиболее вероятного времени \tilde{t}_{ji} выполнения j -ой операции у отдельных экспертов резко отличаются от таких оценок других специалистов. В связи с этим по каждой операции, прежде чем приступить к вычислению ее обобщенных характеристик, проверяется согласованность мнений экспертов. Наиболее часто для этого используется ранговый дисперсионный анализ Фридмана и Кендалла [7,8], однако он не проводится для непосредственных экспертных оценок. Кроме того, эта процедура состоит в упорядочивании (ранжировании) значений в каждой строке (при этом ранги в каждой строке принимают значения от 1 до m), суммировании полученных рангов по каждому столбцу и вычислении статистики Хи-квадрат. Рассчитанная статистика Хи-квадрат имеет такое же распределение, что и Хи-квадрат при $(m-1)$ степенях свободы. Если соответствующее значение превзойдет критическое значение (для выбранного уровня значимости и соответствующего числа степеней свободы), то нулевая гипотеза отклоняется. В то же время, такой подход требует проведения достаточно трудоемких вычислений и постоянного обращения к справочной литературе [9] для того, чтобы достигнутый уровень значимости соответствовал выбранному.

В [10] приведена прикладная программа, которая упрощает непосредственно расчет, который, тем не менее, остается продолжительным и все равно требует обращения к справочной литературе. При этом большинство методов экспертных оценок [7,8,10] рассматривают только ранговые оценки, а метод непосредственной экспертной оценки подходит только для хорошо подготовленного и полностью оснащенного персонала.

Постановка задачи и ее решение. Исходя из этого, сформулированы следующие цели:

– упростить проверку согласованности экспертов, используя коэффициент конкордации;

– определить такой порядок получения параметров распределения времени выполнения отдельных операций пожарно-оперативного обслуживания, при котором модифицированный метод непосредственной экспертной оценки используется один раз.

Для проверки согласованности экспертов, используя подходы рангового дисперсионного анализа, предлагается вначале проанжировать результаты, которые дают эксперты. Это можно сделать, поскольку в процессе оценки каждый i -й эксперт указывает прогнозные значения наиболее вероятного \tilde{t}_{ji} , минимального $t_{\min ji}$ и максимального $t_{\max ji}$ времени выполнения j -ой операции. Кодировка полученных оценок осуществляется следующим образом

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{t}_{ij} - t_{ij\min}}{t_{ij\max} - t_{ij\min}} \quad (1)$$

Предлагается эти оценки в кодированных переменных (1) проанжировать следующим образом: если $\tilde{x}_{ij} < 0,5$, то результаты, имеющие значение меньше значения, соответствующего середине диапазона, имеют ранг $v_{1i} = 1$, результаты вблизи середины диапазона - $v_{2i} = 2$, а результаты во второй половине диапазона - $v_{3i} = 3$. В противном случае ($\tilde{x}_{ij} > 0,5$): $v_{1i} = 3$, $v_{2i} = 2$, $v_{3i} = 1$. Когда же эксперт затрудняется в определении \tilde{t}_{ji} и устанавливает ее в середине диапазона ($\tilde{x}_{ij} \approx 0,5$), принимается $v_{1i} = v_{2i} = v_{3i} = 2$.

То есть, предлагается следующее условие ранжировки

$$\{v_{1i}, v_{2i}, v_{3i}\} = \begin{cases} \{1, 2, 3\}, & \text{если } \bar{x}_{ij} < 0,5; \\ \{3, 2, 1\}, & \text{если } \bar{x}_{ij} > 0,5; \\ \{2, 2, 2\}, & \text{если } \bar{x}_{ij} \approx 0,5. \end{cases} \quad (2)$$

При этом, принимаются следующие обозначения: q – количество противоречивых оценок, т.е. тех, в которых отличается место наиболее вероятного времени выполнения операции по сравнению с местом, которое указывает основная группа экспертов; p – количество оценок, в которых эксперты, затрудняясь указать место наиболее вероятного времени выполнения операции, в качестве такой величины выбирают середину диапазона. В случае, когда все эксперты наиболее вероятным результатом считают середину диапазона, принимается $q = p = 0$.

Такие преобразования позволяют перейти к оценке согласо-

ванности мнений экспертов с помощью общего коэффициента ранговой корреляции группы, состоящей из m экспертов [9], так называемого коэффициента конкордации W , опираясь на приведенные в [6] выражения. Считая, что уровень значимости α не должен превышать 0,05, а также то, что привлекаемая группа экспертов не превышает 8 человек, принимается

$$W > W_{\text{доп}}, \text{ если } \begin{cases} p=0, q=0 \text{ при } m=4; \\ p=1, q=0 \text{ при } m=5; \\ p=2, q=0 \text{ при } m=6 \div 7; \\ p=3, q=0 \text{ при } m=8; \\ p=1, q=1 \text{ при } m=8. \end{cases} \quad (3)$$

где m – количество экспертов.

В том случае, когда полученные оценки экспертов не удовлетворяют требованию (3), одна из оценок отбрасывается, и проверка согласованности осуществляется заново. В соответствии с (3) в первую очередь отбрасывается, если таковая есть, одна из противоречивых оценок, а затем уже оценка, в которой эксперт в качестве наиболее вероятного времени и выполнения операции выбирает середину диапазона.

Обработку результатов экспертного опроса целесообразно производить с использованием дельфийского метода вначале по отношению к оценкам \tilde{t}_{ji} наиболее вероятного времени выполнения, и только после этого – к оценкам максимального $t_{\max ji}$ и минимального $t_{\min ji}$ времени. Учитывая [11], предлагается следующая последовательность:

- Исключение из общего числа тех оценок, которые резко отличаются. В качестве аномальных принимаются значения оценок, удовлетворяющие неравенству

$$|\bar{t}_{ji} - \bar{t}_j| \geq \alpha G_i, \quad (4)$$

где $\alpha = 3,0$; $\bar{t}_j = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \bar{t}_{ji}$ – среднее арифметическое значение оценки наиболее вероятного времени выполнения j -ой операции;

$G_i = \sqrt{\frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^l (\bar{t}_{ji} - \bar{t}_j)^2}$ – среднеквадратическое отклонение оценки.

- После отброса аномальных значений вычисления повторяются.

- Выполнение аналогичных процедур по отношению к оценкам максимального и минимального времени рассматриваемой операции.

- Оценка величины G_{ij} среднеквадратического отклонения j -ой операции, которую дал i -ый эксперт ($j=1,2,\dots,k$, где k - количество рассматриваемых основных операций пожарно-оперативного обслуживания; $i=1,2,\dots,l$, где l -количество экспертов). Учитывая то, что для одновершинных распределений среднеквадратическое отклонение примерно равно $1/6$ интервала, на котором рассматривается распределение, данная оценка рассчитывается как

$$G_j \approx \frac{t_{j\max} - t_{j\min}}{6}, \quad (5)$$

- Оценка весового коэффициента i -ого эксперта при оценке j -ой основной операции

$$P_{ji} = \frac{G_{0j}^2}{G_{ji}^2} \quad (6)$$

где G_{0j}^2 – постоянная, которая выбирается из условия

$$\sum_{i=1}^l P_{ji} = 1, \quad (7)$$

то есть

$$G_{0j}^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^l \frac{1}{G_{ji}^2}}. \quad (8)$$

Определение усредненного мнения экспертов для установления наиболее вероятного времени выполнения j -ой операции. Оценка усредненного значения этой характеристики осуществляется путем нахождения средневзвешенного значения по наблюдениям всех экспертов

$$\bar{t}_j = \sum_{i=1}^l P_{ji} \bar{t}_{ji}. \quad (9)$$

Аналогичным образом рассчитываются средневзвешенные по наблюдениям экспертов значения максимального $t_{\max j}$ и минимального $t_{\min j}$ времени выполнения рассматриваемой операции пожарно-оперативного обслуживания.

Наличие средневзвешенных оценок $t_{\min j}$, \tilde{t}_j и $t_{\max j}$ позволяет найти параметры α и β распределения времени выполнения j -ой операции, используя основные свойства β -распределения, которые устанавливают связь между статистическими характеристиками исходных данных, размещенных в диапазоне от 0 до 1 (для этого используется их кодировка (1)), с параметрами α и β . В частности, известно [12], что мода β -распределения равна

$$\frac{\tilde{t}_j - t_{ij\min}}{t_{ij\max} - t_{ij\min}} = \tilde{x}_j = \frac{\alpha_j - 1}{\alpha_j + \beta_j - 2}, \quad (10)$$

а дисперсия

$$D(x_j) = \frac{\alpha_j \cdot \beta_j}{(\alpha_j + \beta_j)^2 \cdot (\alpha_j + \beta_j + 1)}. \quad (11)$$

Последнее выражение, учитывая свойство среднеквадратического отклонения одновершинного распределения, можно рассматривать как

$$\frac{\sqrt{\alpha_j \cdot \beta_j}}{(\alpha_j + \beta_j) \sqrt{\alpha_j + \beta_j + 1}} \approx \frac{1}{6}. \quad (12)$$

В процессе приближенного вычисления параметров α и β учитывается наряду с зависимостями (10) и (12) также то, что основой определения β -распределения является β -функция Эйлера $B(\alpha, \beta)$, определенная для всех действительных значений $\alpha > 0$ и $\beta > 0$.

Знание параметров β -распределения, а также наличие средневзвешенных оценок минимального и максимального времени выполнения отдельной операции позволяет перейти к моделированию времени ее выполнения [13]

$$t_j = t_{j\min} + F^{-1}(\beta) \cdot (t_{j\max} - t_{j\min}), \quad (13)$$

где $F^{-1}(\beta)$ - обратная функция β -распределения, которое имеет параметры α_j и β_j .

Выводы: 1. Показано, что процесс экспертной оценки временных характеристик отдельных операций целесообразно начать с проверки согласованности экспертов, используя предложенное условие ранжировки данных ими оценок $t_{\min ji}$, \tilde{t}_{ji} и $t_{\max ji}$. 2. Расчет средневзвешенных оценок после проверки согласованности

экспертов обеспечивает сокращение количества проводимых промежуточных вычислений. 3. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка методов экспертной оценки вероятностных характеристик для условий выполнения операций и процессов пожарно-оперативного обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 В.М.Стрелец, П.Ю.Бородич Имитационное моделирование начального этапа пожаротушения на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. Вып.13. - Харьков: АПБУ, 2003. - С.60 -80.
- 2 В.М.Стрелец, П.Ю.Бородич Многофакторная оценка пожарно-спасательных работ на станциях метрополитена // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. Вып.15. - Харьков: АПБУ, 2004. - С.208 -214.
- 3 П.А.Ковальов, П.Ю. Бородич, В.В.Стрелець, С.С.Чубар Розробка пропозицій щодо вдосконалення аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях в метрополітені // Право і безпека: Науковий журнал - 2002. - Вип..1. -С.156-161.
- 4 Стрелец В.М. Экспертная оценка операции боевого развертывания пожарного автомобиля.//Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч.тр. - Юб. Вып. - Харьков: ХИПБ, 1998.-С.40-43.
- 5 Стрелець В.М., Ковальов П.А. Людський фактор у питаннях безпеки при гасінні пожеж у метрополітені.// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, №5, 1996. - С. 27.
- 6 Стрелец В.М. Применение экспертного метода для непосредственной оценки результатов деятельности.//Сборник научных трудов. Информационные системы. Вып.2 (10). - Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1988. - С.165-168.
- 7 Ранговый дисперсионный анализ Фридмана и конкордация. [www. statsoft.ru](http://www.statsoft.ru).
- 8 Анализ и обработка экспертных оценок. www. Jesmas.com.
- 9 Кендалл М.Дж. Ранговые корреляции. Пер. с англ. - М.: Статистика, 1975. - 214 с.
- 10 Бабич П.Н., Чубенко А.В., Лапач С.Н. Оценка согласованности мнений экспертов с применением коэффициента конкордации. www.biostat.ru.
- 11 Бешелов С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок - М.: Статистика, 1974. - 264 с.
- 12 В.П. Беляцкий Пожарная опасность метрополитенов. - М.: Транспорт.1994. - 102 с.
- 13 Крамер Г. Математические методы статистики. - М.: Наука, 1948. - 566 с.

Статья поступила в редакцию 20.09.2004 г.