

基于灰色多层次评价方法的 应急预案实施效果评价模型研究

张英菊

(中共大连市委党校 大连行政学院 应急管理教研部, 辽宁 大连 116013)

摘要: 突发事件发生后如何有效地评价应急预案的实施效果是近年来应急管理领域的一个热点和难点问题。为了有效解决应急预案实施效果评价中由于信息不完备、不确切以及评价者主观感知等产生的灰色性问题,以危化品泄漏事故为例,综合运用灰色系统理论和多层次分析法建立了基于灰色多层次评价的危化品泄漏事故应急预案实施效果评价模型,并通过算例说明了该方法的实用性。为应急预案的实施效果评价提供了一种可行的定量化计算方法,评价结果可为预案的修正提供参考建议。

关键词: 灰色多层次评价方法; 应急预案; 实施效果评价

中图分类号: TP39; TP301.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2012)09-3312-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.09.030

Research on implementation effect evaluation model of emergency plans based on multi-level and grey evaluation method

ZHANG Ying-ju

(Emergency Management Department, Dalian Administrative College, Dalian Liaoning 116013, China)

Abstract: How to evaluate implementation effect of emergency plans after emergency is a research hotspot and difficult problem in emergency management fields in recent years. In order to solve the fuzzy and grey problem resulting from the incomplete and inaccurate information and subjective perception during the emergency plans evaluation, this paper took hazardous chemicals spill incident as an example and applied multi-level and grey evaluation method to the evaluation of contingency plans and built the evaluation model of incident of hazardous chemicals spill plans implementation. Then gave a detailed calculation example and proved the method to be practical. Therefore, this paper provided a viable quantitative calculation method to evaluate implementation effect of emergency plans, and further provided some revision suggestions based on the quantitative evaluation result.

Key words: multi-level and grey evaluation method; emergency plans; implementation effect evaluation

近年来,我国各种突发公共事件无论从发生频率、规模及复杂性程度上都呈上升趋势,不仅严重威胁着人民的生命、财产安全,而且危害着经济发展和社会稳定。应急预案是应对突发事件的基础,是我国“一案三制”的起点。目前全国各级各类应急预案总数已达240多万件,涵盖了常见的各类突发事件。目前我国的大多数预案距离实际应用还有较大差距,操作性和实用性不强,其原因之一是应急预案实施后缺乏有效的评估方法评价应急预案的实施效果。因此,应急预案的实施效果评价已经成为修订预案亟待解决的现实问题。

1 应急预案评价相关研究综述

现有对应急预案进行评价研究的文献主要集中于以下几类:

a) 针对预案文本的评价研究。例如黄典剑等人^[1]提出了基于AHP法的石油化工企业应急预案综合评价方法,选取15个评价指标,利用线性加权模型,结合专家的评分及合成权重,给出石油化工企业应急预案完善程度的简单评价模型;张勇等人^[2]引入模糊综合评价方法对预案进行评估,将预案的完整

性、可操作性、有效性、处置的快速性、在保证处置效果前提下的费用合理性以及预案的灵活性这六个因素作为评判因素,通过设定打分标准并组织专家打分给出预案一个综合的评价;于瑛英等人^[3]提出了一个以应急预案应对事件场景选择的合理性、应急预案内容的合理性、应急预案保障的充分性为评价预案可操作性的指标体系。

b) 关于预案评价标准(指标)的研究。例如Perry等人^[4]为应急预案编制(emergency planning)提出了一些指导性的方针,并认为可以此为基础评价预案的价值大小;Nakanishi等人^[5]针对运输机构的应急预案评价进行了研究,给出了评价运输机构应急准备和响应的结果考核指标。

c) 针对预案演练、培训效果的评价研究。文献[6]评价了美国哈特福德医院的空中医疗救援项目的应急演练结果;Wang等人^[7]评价了某些公共卫生突发事件预案培训的效果。

d) 预案实施过程评价。于瑛英^[8]借鉴项目管理中的后评估理论,使用网络计划方法来描述应急预案的实施过程,分析操作过程的合理性以及实施过程中可能出现的问题及原因,并在网络计划的基础上分析关键路线。

收稿日期: 2012-02-20; 修回日期: 2012-03-26

作者简介: 张英菊(1982-),女,内蒙古海拉尔人,讲师,工学博士,主要研究方向为应急管理(zhangyingju25@163.com)。

2 应急预案效果评价研究的意义

综合以上应急预案的评价研究现状,现有对应急预案的评价主要集中于突发事件发生之前对应急预案文本进行的事前评价或者对应急预案的实施过程进行评价,且大多是定性的,对应急预案的实施效果进行事后评价的研究还很少。事前对应急预案从制定以及要素内容等角度进行评价,可以保证应急预案在实施前格式规范、内容要素完备。但是,事前评价结果好的预案不能保证实施效果一定好。预案实施后究竟实际应用效果如何,要回答这样的问题就需要对应急预案的实施效果进行评价。通过评价预案的实施效果,可以极大地避免实施效果并不好的预案在应急救援中重复使用,造成重复性的损失;也可以在评价效果的基础上发现应急预案在实施中存在的问题,并对预案进行改进以提高应急预案的可用性。因此,应急预案的实施效果评价研究对于不断完善预案、提高预案的实用性和可操作性具有重要意义。显然,目前还非常缺乏突发事件发生后对应急预案的实施效果进行评价的相关理论及方法。

3 应急预案实施效果评价的特点分析

a)突发事件类型的多样化和预案体系的复杂性使得无法确定一个放之四大类突发事件而皆准的应急预案实施效果评价的指标体系。

b)应急预案的实施效果评价的主体多样化。对应急预案的效果进行评价的主体可以是预案的编制者、执行者、政府相关应急管理人员等,以及参与突发事件应急响应过程的相关专业人员。影响应急预案实施结果的因素大多是灰色、模糊、难以量化的,其评价建立在预案评价者的知识水平、认识能力和一定程度的主观感知之上,难以排除许多因人为因素而带来的偏差,致使评价中提供的评价信息不甚确切,即带有一定的灰色性。

c)在对突发公共事件应急预案进行实施效果评价时,要采用定性定量相结合的方法来进行。对一些无法定量描述的实施结果评价因素,采用依靠专家的定性预测方法。为了避免定性方法评价过于依赖专家的主观判断的弊端,对于预案实施效果评价研究还要结合一定的计量方法进行定量计算。

4 基于灰色多层次评价的应急预案实施效果评价模型

解决上述应急预案实施效果评价中出现的由于信息不完备、不确切等问题而产生的灰色问题的有效途径是把灰色系统理论同层次分析法相结合。对于信息不确切、不完全确知的系统,灰色系统理论具有明显的分析优势,并且对样本量没有严格的规定和要求^[9]。灰色系统理论与数理统计所要求的是大样本量,并且数据必须服从某种典型分布不同,着重解决“小样本”、“贫信息不确定性”问题,其特点是较少数据建模,对于观测数据及其分布没有特殊的要求和限制^[10]。只要原始数据列有四个以上数据,就可以通过变换实现对评价对象的正确描述^[11]。在现有运用灰色多层次评价方法的文献中,一般采用五个数据列对评价对象进行分析,即可得到客观可信的评价结果^[12,13]。

基于目前尚没有对应急预案的实施效果进行定量化评价的现状,以及危化品泄漏事故在应急管理中的重要地位,本文

以危化品泄漏事故为例,首次将多层次灰色评价方法引入应急预案的实施效果评价中,建立基于灰色多层次评价的危化品泄漏事故应急预案实施效果评价模型。运用灰色多层次方法,将不同的应急预案评价专家对同一个预案的评价信息处理成一个描述不同灰类程度的权向量,在此基础上再进行单值化处理,得到应急预案实施效果的评价综合值。为危化品泄漏事故发生后对应急预案的实施效果评价提供了一种定量化评价方法。

4.1 评价指标选定

应急预案实施效果评价的难点在于评价指标的选取。目前对应急预案实施效果进行评价的指标体系研究非常少。本文借鉴文献[14]对美国埃克森石油泄漏事故评价研究中所总结出的应急预案实施效果影响因素,并与10位危化品管理方面的专家进行访谈(市安监局危化处专家五位,危化品企业管理人员五名),通过整理,得到危化品泄漏事故应急预案实施效果评价的最后指标体系,如表1所示。

表1 指标体系及因子说明

因子	说明
内部因子 A_1	影响组织应急预案实施效果并且可以被组织控制的因素
移动性因子 A_{11}	包括资源移动因子、通知及时性因子、人员移动性因子
资源移动性因子 A_{111}	根据应急预案中对资源的描述,在应对突发事件时组织的资源移动性情况
通知及时性因子 A_{112}	根据应急预案中预警等方面的描述,在应对突发事件时组织发布预警通知的及时性情况
人员移动性因子 A_{113}	根据应急预案中对组织机构、人员安排及描述情况,在应对突发事件时组织的人员移动性情况
组织 A_{12}	包括指挥能力因子、沟通能力因子、信息能力因子
指挥能力因子 A_{121}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案中对组织指挥能力的描述情况
沟通能力因子 A_{122}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案中对组织应该在沟通方面所采取的措施的描述情况
信息能力因子 A_{123}	应急预案对组织在应对突发事件中所应采取的信息管理措施的描述
资源 A_{13}	包括设备充分性因子、人员充分性因子、资金充分性因子
设备充分性因子 A_{131}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案中对设备的准备情况
人员充分性因子 A_{132}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案对人员的准备情况
资金充分性因子 A_{133}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案对资金准备方面的描述
计划 A_{14}	包括物流情况因子、战略描述因子、战术描述因子
物流情况因子 A_{141}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案中规定的调度应急响应资源的物流情况
战略描述因子 A_{142}	根据最终的突发事件处理情况,分析应急预案对危化品泄漏处置战略方面的描述情况
战术描述因子 A_{143}	根据最终的突发事件处理情况分析应急预案对危化品泄漏处置战术方面的描述情况
外部因子 A_2	影响组织应急预案实施效果,但无法被组织控制的因素
媒体方面因子 A_{21}	媒体对事故的反应会影响事故救援的效果,事故信息必须准确而及时地与媒体沟通
利益相关者因子 A_{22}	利益相关者包括土地拥有者、股东、被漏油事故影响的群体
政府方面因子 A_{23}	媒体、公众以及利益相关者对漏油事故的关心会引起政局对事故的关心,因而会影响事故的应急救援结果
具体因子 A_3	与具体事故相关的并且影响应急预案实施情况的因素
环境方面因子 A_{31}	危化品泄漏时的具体环境情况,包括风向、风速、海洋潮流等因素
泄漏位置因子 A_{32}	泄漏的位置
泄漏物质的属性和范围因子 A_{33}	泄漏物质的属性,如扩散性、蒸发性、乳化性、分解性、氧化性等不同特性

4.2 制定评价标准

评价指标都是定性指标,按其优劣程度分为优、良、中、差、很差,得分分别为5分、4分、3分、2分、1分。

4.3 基于 AHP 层次分析法确定指标权重

层次分析(analytic hierarchy process, AHP),是美国著名运筹学家 T. L. S. Atty 于 1977 年提出的,它是一种定性与定量结合的决策方法,AHP 把复杂的问题分解为各个组成因素,通过两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性,构建判断矩阵,然后用解矩阵特征值的方法求出权重。

4.4 确定评价样本矩阵

组织预案实施情况评审专家(参与事故应急预案实施过程的相关人员) $k(k=1,2,3,\dots,n)$,即有 n 位评价专家),对在某危化品泄漏事故中启动的第 x 个应急预案的实施情况指标 A_{ij} 打分,并记为 $d_{ij}^{(x)}$,同时填写评价专家评分表,据此得到第 x 个项目的评价样本矩阵 $D^{(x)}$:

$$D^{(x)} = \begin{bmatrix} d_{11}^{(x)} & d_{12}^{(x)} & d_{13}^{(x)} & \cdots & d_{1n}^{(x)} \\ d_{21}^{(x)} & d_{22}^{(x)} & d_{23}^{(x)} & \cdots & d_{2n}^{(x)} \\ d_{31}^{(x)} & d_{32}^{(x)} & d_{33}^{(x)} & \cdots & d_{3n}^{(x)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{jn}^{(x)} & d_{j2}^{(x)} & d_{j3}^{(x)} & \cdots & d_{jn}^{(x)} \end{bmatrix}$$

4.5 确定评价灰类

由于专家水平的限制及认识上的差异,只能给出一个灰数的白化值。为了真正反映属于某类的程度,需要确定评价灰类,即确定评价灰类的等级、灰类的灰数及灰数的白化权函数。设评价灰类序号 $e(e=1,2,3,\dots,m)$,即有 m 个评价灰类)。根据具体的研究内容将评价灰类取为不同的级别,比如取为五级(优、良、中、差、很差),即 $m=5$ 。为了描述上述灰类,需要确定评价灰类的白化权函数。

第1灰类 很差($e=1$),设定灰数 $\otimes_1 \in [0,1,2]$,白化权函数为 f_1 :

$$f_1(d_{ijk}^{(x)}) = \begin{cases} 1 & d_{ijk}^{(x)} \in [0,1] \\ (2-d_{ijk}^{(x)})/1 & d_{ijk}^{(x)} \in [1,2] \\ 0 & d_{ijk}^{(x)} \notin [0,2] \end{cases} \quad (1)$$

第2灰类 差($e=2$),设定灰数 $\otimes_2 \in [0,2,4]$,白化权函数为 f_2 :

$$f_2(d_{ijk}^{(x)}) = \begin{cases} d_{ijk}^{(x)}/2 & d_{ijk}^{(x)} \in [0,2] \\ (4-d_{ijk}^{(x)})/2 & d_{ijk}^{(x)} \in [2,4] \\ 0 & d_{ijk}^{(x)} \notin [0,4] \end{cases} \quad (2)$$

第3灰类 中($e=3$),设定灰数 $\otimes_3 \in [0,3,6]$,白化权函数为 f_3 :

$$f_3(d_{ijk}^{(x)}) = \begin{cases} d_{ijk}^{(x)}/3 & d_{ijk}^{(x)} \in [0,3] \\ (6-d_{ijk}^{(x)})/3 & d_{ijk}^{(x)} \in [3,6] \\ 0 & d_{ijk}^{(x)} \notin [0,6] \end{cases} \quad (3)$$

第4灰类 良($e=4$),设定灰数 $\otimes_4 \in [0,4,8]$,白化权函数为 f_4 :

$$f_4(d_{ijk}^{(x)}) = \begin{cases} d_{ijk}^{(x)}/4 & d_{ijk}^{(x)} \in [0,4] \\ (8-d_{ijk}^{(x)})/4 & d_{ijk}^{(x)} \in [4,8] \\ 0 & d_{ijk}^{(x)} \notin [0,8] \end{cases} \quad (4)$$

第5灰类 优($e=5$),设定灰数 $\otimes_5 \in [0,5,10]$,白化权函

数为 f_5 :

$$f_5(d_{ijk}^{(x)}) = \begin{cases} d_{ijk}^{(x)}/5 & d_{ijk}^{(x)} \in [0,5] \\ (10-d_{ijk}^{(x)})/5 & d_{ijk}^{(x)} \in [5,10] \\ 0 & d_{ijk}^{(x)} \notin [0,10] \end{cases} \quad (5)$$

4.6 计算灰色评价系数

对于评价指标 A_{ij} ,第 x 个应急预案属于第 e 个评价灰类的灰色评价系数,记为 $M_{ije}^{(x)}$,则有

$$M_{ije}^{(x)} = \sum_{k=1}^n f_e(d_{ijk}^{(x)}) \quad (6)$$

对于评价指标 A_{ij} ,第 x 个应急预案属于各个评价灰类的灰色系数,记为 $M_{ij}^{(x)}$,则有

$$M_{ij}^{(x)} = \sum_{e=1}^n M_{ije}^{(x)} \quad (7)$$

4.7 计算灰色评价权向量

所有评价专家就评价指标 A_{ij} ,对第 x 个应急预案第 e 个灰类的灰色评价权记为 $r_{ije}^{(x)}$,则有

$$r_{ije}^{(x)} = M_{ije}^{(x)} / M_{ij}^{(x)} \quad (8)$$

考虑到灰类有5个,即 $e=1,2,3,4,5$,便有第 x 个受评预案的评价指标 A_{ij} 对于各灰类的灰色评价权向量 $r_{ij}^{(x)}$:

$$r_{ij}^{(x)} = (r_{ij1}^{(x)}, r_{ij2}^{(x)}, \dots, r_{ije}^{(x)}) \quad (9)$$

从而得到第 x 个受评预案的指标 A_i 所属指标 A_{ij} 对于各评价灰类的灰色评价权矩阵 $R_i^{(x)}$,则有

$$R_i^{(x)} = \begin{bmatrix} r_{i1}^{(x)} \\ r_{i2}^{(x)} \\ \vdots \\ r_{ij}^{(x)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{i11}^{(x)} & r_{i12}^{(x)} & r_{i13}^{(x)} & r_{i14}^{(x)} & r_{i15}^{(x)} \\ r_{i21}^{(x)} & r_{i22}^{(x)} & r_{i23}^{(x)} & r_{i24}^{(x)} & r_{i25}^{(x)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{ijn}^{(x)} & r_{ij2}^{(x)} & r_{ij3}^{(x)} & r_{ij4}^{(x)} & r_{ij5}^{(x)} \end{bmatrix}$$

4.8 多层次综合评价

对第 x 个应急预案的评价指标 A_{ij} 作综合评价,其综合评价结果记为 $B_i^{(x)}$,则有

$$B_i^{(x)} = A_i \cdot R_i^{(x)} = (b_{i1}^{(x)}, b_{i2}^{(x)}, b_{i3}^{(x)}, b_{i4}^{(x)}, b_{i5}^{(x)}) \quad (10)$$

由 A_{ij} 的综合评价结果 $B_i^{(x)}$ 得第 x 个受评预案的 A_i 指标对各评价灰类的灰色评价权系数矩阵 $R^{(x)}$:

$$R^{(x)} = \begin{bmatrix} B_1^{(x)} \\ B_2^{(x)} \\ B_3^{(x)} \\ \vdots \\ B_5^{(x)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11}^{(x)} & b_{12}^{(x)} & b_{13}^{(x)} & b_{14}^{(x)} & b_{15}^{(x)} \\ b_{21}^{(x)} & b_{22}^{(x)} & b_{23}^{(x)} & b_{24}^{(x)} & b_{25}^{(x)} \\ b_{31}^{(x)} & b_{32}^{(x)} & b_{33}^{(x)} & b_{34}^{(x)} & b_{35}^{(x)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{51}^{(x)} & b_{52}^{(x)} & b_{53}^{(x)} & b_{54}^{(x)} & b_{55}^{(x)} \end{bmatrix}$$

于是,对第 x 个受评预案的指标 U_i 作综合评价,其综合评价结果记为 $B^{(x)}$,则有

$$B^{(x)} = A \cdot R^{(x)} = (b_1^{(x)}, b_2^{(x)}, b_3^{(x)}, b_4^{(x)}, b_5^{(x)}) \quad (11)$$

设将各评价灰类等级按“灰水平”赋值,则各评价灰类等级值化向量 $C = (1,2,3,4,5)$ 。于是,第 x 个受评预案的综合评价价值 $Z^{(x)}$ 按下式计算:

$$Z^{(x)} = B^{(x)} \cdot C^T \quad (12)$$

5 具体算例

本研究以发生在 A 城市某企业的某次危化品泄漏事故为例,对在事故中启动的应急预案1和应急预案2的实施效果,应用本文建立的基于灰色多层次评价的应急预案实施效果评

价模型进行评价。其中预案1为《城市A危化品泄漏事故应急预案》,预案2为《A市某企业危化品泄漏事故应急预案》。为此,邀请了五位参与了A城市该次危化品事故应急救援的应急管理专家,对预案1和预案2进行打分,评价矩阵如下所示:

$$R^{(1)} = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 5 & 5 & 5 \\ 3 & 3.5 & 4 & 4 & 3 \\ 5 & 4 & 3 & 3 & 4 \\ 5 & 5 & 4 & 4.5 & 4 \\ 4 & 4.5 & 3 & 4 & 4 \\ 2 & 3 & 2.5 & 4 & 3 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 2.5 & 4 & 3 \\ 4 & 4 & 4.5 & 3 & 4 \\ 2 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1.5 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2.5 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1.5 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 2 & 1.5 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad R^{(2)} = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 3 & 2 & 2.5 \\ 5 & 5 & 4 & 3 & 4 \\ 5 & 4 & 2 & 4 & 4 \\ 3 & 2 & 2 & 2.5 & 3 \\ 3 & 3 & 2.5 & 3 & 2 \\ 3 & 3.5 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 1.5 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1.5 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 3 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 3.5 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 1.5 & 2 \\ 1 & 2 & 1.5 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1.5 & 2 & 1 \\ 3 & 3.5 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 3 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

由于矩阵计算量比较大,本文借助于MATLAB 2010进行辅助计算,可以方便得到计算结果。首先计算 $R^{(1)}$ 的灰色评价权矩阵为

$$F_1^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.2050 & 0.3910 & 0.4042 \\ 0 & 0.0940 & 0.3135 & 0.3291 & 0.2633 \\ 0 & 0.0787 & 0.2885 & 0.3343 & 0.2990 \end{bmatrix}$$

$$F_2^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.2198 & 0.3796 & 0.3956 \\ 0 & 0.0399 & 0.2794 & 0.3693 & 0.3114 \\ 0 & 0.2046 & 0.3100 & 0.2697 & 0.2157 \end{bmatrix}$$

$$F_3^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0.3896 & 0.2597 & 0.1948 & 0.1558 \\ 0 & 0.1844 & 0.3196 & 0.2748 & 0.2213 \\ 0 & 0.0399 & 0.2794 & 0.3693 & 0.3114 \end{bmatrix}$$

$$F_4^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0.2985 & 0.2985 & 0.2239 & 0.1791 \\ 0.0823 & 0.3704 & 0.2469 & 0.1851 & 0.1152 \\ 0.2062 & 0.3093 & 0.2062 & 0.1546 & 0.1237 \end{bmatrix}$$

$$F_5^{(1)} = \begin{bmatrix} 0.1612 & 0.3022 & 0.2283 & 0.1713 & 0.1370 \\ 0.2956 & 0.2744 & 0.1830 & 0.1372 & 0.1098 \\ 0.1630 & 0.3261 & 0.2174 & 0.1630 & 0.1304 \end{bmatrix}$$

$$F_6^{(1)} = \begin{bmatrix} 0.4379 & 0.2190 & 0.1460 & 0.1095 & 0.0876 \\ 0.1249 & 0.3539 & 0.2539 & 0.1770 & 0.1083 \\ 0.2504 & 0.2921 & 0.1947 & 0.1460 & 0.1168 \end{bmatrix}$$

根据AHP方法计算得出的权重向量为(限于篇幅,AHP计算权重过程略)

$$A_1 = [0.637 \ 0.2583 \ 0.1047] \quad A_2 = [0.6694 \ 0.2426 \ 0.0879] \quad A_3 = [0.4806 \ 0.4054 \ 0.1140] \quad A_4 = [0.7306 \ 0.1884 \ 0.081] \quad A_5 = [0.637 \ 0.2583 \ 0.1047] \quad A_6 = [0.6491 \ 0.2790 \ 0.0719]$$

$$F^{(1)} = \begin{bmatrix} A_1 \cdot F_1 \\ A_2 \cdot F_2 \\ A_3 \cdot F_3 \\ A_4 \cdot F_4 \\ A_5 \cdot F_5 \\ A_6 \cdot F_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.0325 & 0.2418 & 0.3691 & 0.3568 \\ 0 & 0.0277 & 0.2422 & 0.3674 & 0.3593 \\ 0 & 0.2682 & 0.2682 & 0.2471 & 0.2001 \\ 0.0322 & 0.3129 & 0.2813 & 0.2110 & 0.1626 \\ 0.1961 & 0.2975 & 0.2155 & 0.1616 & 0.1293 \\ 0.3371 & 0.2619 & 0.1746 & 0.1310 & 0.0955 \end{bmatrix}$$

$$B^{(1)} = A \cdot F = [0.4119 \ 0.1924 \ 0.0861 \ 0.0402 \ 0.081 \ 0.1894] \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.0325 & 0.2418 & 0.3691 & 0.3568 \\ 0 & 0.0277 & 0.2422 & 0.3674 & 0.3593 \\ 0 & 0.2682 & 0.2682 & 0.2471 & 0.2001 \\ 0.0322 & 0.3129 & 0.2813 & 0.2110 & 0.1626 \\ 0.1961 & 0.2975 & 0.2155 & 0.1616 & 0.1293 \\ 0.3371 & 0.2619 & 0.1746 & 0.1310 & 0.0955 \end{bmatrix} =$$

$$[0.0807 \ 0.1278 \ 0.2325 \ 0.2902 \ 0.263]$$

各评价灰类等值化向量 $C = (1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5)$,应急预案1综合评价值 $Z^{(1)}$ 为

$$B^{(1)} \cdot C^T = [0.0807 \ 0.1278 \ 0.2325 \ 0.2902 \ 0.263] \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} = 3.5365$$

同理,计算得出应急预案2综合评价值 $Z^{(2)}$ 为3.3671(限于篇幅,不再列出详细计算过程)。

对在同一次事故后同时启动的应急预案的实施效果进行横向对比,也可以进行应急预案的自身纵向评价,根据专家的评价矩阵的平均值,可以分析出影响该应急预案实施效果的单个指标,使得应急预案的进一步修正有的放矢,不断提高应急预案的实施效果。

该实例评价的结果表明,预案1和预案2的实施效果一般,预案1的实施情况稍好于预案2。两个预案在具体因子方面的得分普遍较低,说明应急预案在场景设计以及制定相应应急方案中还存在较大缺陷,对危险潜在的事故估计不足,没有事先根据风险分析制定相应的具体操作程序。因此,事故发生后,预案的可操作性比较低。比较而言,具体因子方面,预案2的情况稍好于预案1,这是因为预案2是企业内部的危化品泄漏事故应急预案,更加注重企业微观层面,而预案1是城市危化品泄漏事故,更加注重宏观层面。同样的道理,预案1在外部因子方面的得分比预案2要好。应急预案2在设备充分性指标上的得分明显低于应急预案1,通过事故报告分析发现,该企业对此次危化品泄漏事故估计严重不足,企业储存的处理泄漏事故的清污物资严重不足,最后通过协调全市的清污物资才使得事故得以控制。

根据上例的评价结果可知,为了提高应急预案的实施效果,提高应急预案的可操作性和实用性,应该加强和完善应急预案对具体事故场景的设计,进行风险分析,并根据风险分析的结果制定详细的应对程序,如应该考虑不同的风向、风速、海洋潮流等条件而设计不同的应急救援方案,划定事故影响区域,并对区域内的脆弱性设施制定详细的保护措施;根据企业可能发生的危化品的性质、泄漏数量和范围,采取储备足够的应急设备、专项资金,对应急人员进行日常培训等应对策略,完善和提高应急预案在具体因子方面的能力。

6 结束语

突发事件发生后,及时有效地对应急预案的实施效果进行评价,可以不断地提高应急预案的实用性和可操作性。本文建立了基于灰色多层次的危化品泄漏事故应急预案实施效果评价模型,通过计算可以识别出影响应急预案实用性的关键因素,得出应急预案的实施效果所属的等级,为应急预案的修正提出建议。本文为应急预案的实施效果评价(下转第3319页)

(上接第 3315 页)提供了一种切实可行的定量化方法,同时也可以为其他类型的突发事件应急预案的实施效果评价提供借鉴。

参考文献:

- [1] 黄典剑,宁绪成.石油化工企业应急预案评价方法研究[J].石油化工安全技术,2006,22(5):17-19.
- [2] 张勇,贾传亮,王建军.基于模糊综合评价方法的突发事件应急预案评估[J].中国管理科学,2004,12(21):154-156.
- [3] 于瑛英,池宏.基于网络计划的应急预案的可操作性研究[J].公共管理学报,2007,4(2):100-107.
- [4] PERRY R W, LINDELL M K. Preparedness for emergency response: guidelines for the emergency planning process[J]. Disasters, 2003, 27(4):336-350.
- [5] NAKANISHI Y, KIM K, ULUSOY Y, *et al.* Assessing emergency preparedness of transit agencies: a focus on performance indicators[J]. Transportation Research Report; Journal of the Transportation Research Board, 2003, 1822:24-32.
- [6] BURNS K J, ROBINSON K, LOWE E G. Evaluation of responses of an air medical helicopter program during a comprehensive emergency

response drill[J]. Air Medical Journal, 2007, 26(3):139-143.

- [7] WANG Chong-jian, WEI Sheng, XIANG Hao, *et al.* Evaluating the effectiveness of an emergency preparedness training programme for public health staff in China[J]. Public Health, 2008, 122(5): 471-477.
- [8] 于瑛英. 应急预案制定中的评估问题研究[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2008.
- [9] 胡笙煌. 主观指标评价的多层次灰色评价法[J]. 系统工程理论与实践, 1996, 16(1): 12-20, 62.
- [10] 邓聚龙. 灰色系统理论[M]. 北京:国防工业出版社, 1985.
- [11] 李大建,王凤山. 地空导弹总体性能多层次灰色评价[J]. 中国管理科学, 2004, 12(5):107-110.
- [12] 陈力,宣国良. 后发企业的知识整合能力提升研究[J]. 情报科学, 2005, 23(12):1892-1898.
- [13] 王立新,李勇,任荣明. 基于灰色多层次方法的企业技术创新风险评估研究[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(7):98-104.
- [14] ABORDAIF F H. The development of an oil spill contingency planning evaluation model[D]. Washington, DC: The George Washington University, 1994.