

文章编号: 1003-207(2014)08-0108-07

基于知识元的突发事件风险分析

卢小丽¹, 于海峰²

(1. 大连理工大学管理与经济学部, 辽宁 大连 116024; 2. 大唐国际核电有限公司, 辽宁 大连 116010)

摘要:科学地分析突发事件的风险,有利于应急管理部门正确制定应对方案,降低事件损失。突发事件风险分析中受到多因素高维数据和小样本数据信息不完备的约束,无法全面识别突发事件的风险。本文从突发事件系统观点出发,以知识元模型、投影寻踪方法和信息扩散理论为基础,提出了基于知识元的突发事件风险分析方法。该方法采用知识元模型描述了突发事件已认知的共性本体特征,通过探寻事件风险等级标准数据的最佳投影方向降低了输入元素观测数据的维数,将输入元素观测样本所包含的风险信息扩散到输出属性的风险指标论域的控制点上,从而确定了突发事件发生的风险概率。实例分析中,根据国家《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》划分水污染风险等级,利用某湖泊 8 个监测点实时检测数据,分析该湖泊突发水污染事件的风险性。研究表明基于知识元的突发事件风险分析方法能够根据研究区域突发事件风险等级标准和观测点的样本数据,动态定量的分析和评估突发事件潜在风险,为突发事件的应急管理提供科学依据。本文提出的突发事件风险方法对于已经建立实时监测系统的危险区域分析突发事件的风险性具有一定的借鉴意义。

关键词:知识元;突发事件;风险分析

中图分类号:C931.2 **文献标识码:**A

1 引言

近年来,各种突发事件频繁发生给人类生产生活带来极大的影响。由突发事件引发的连锁反应激发诸多社会问题,严重地威胁着人类社会和谐发展。风险分析是突发事件应急管理中的一项复杂而重要的工作,科学的分析突发事件的风险,有利于应急管理部门科学制定应对方案,采取有效措施预防突发事件发生、控制突发事件发展、降低突发事件损失。由于人类认知的局限性和客观世界的复杂性,应急管理的决策不可避免地受到各类不确定因素的影响。在突发事件发生前,利用已认知的相关因素对突发事件风险进行分析和预测,对增强社会抗灾防灾能力,提高社会抵御突发事件风险能力具有十分重要的现实意义。突发事件演化过程的影响因素

多,实时观测样本数据少且维数高,风险信息不完备等导致很难获得可靠的突发事件风险分析结果,多因素的综合风险评估理论与方法已成为应急管理中的关键科学问题之一^[1]。

突发事件风险具有极高的随机不确定性,尽管已有学者从不同视角来分析突发事件的风险^[2-7],但突发事件影响因素多、观测样本的不足导致其风险分析结果的可靠性和科学性无法保证。由于突发事件往往是多因素相互作用引发的,单因素又无法全面反映事件发生机理和发展过程。为解决风险分析中多因素的数据处理问题,一些学者将投影寻踪方法应用于突发事件风险分析^[8-9]。投影寻踪方法将高维数据向低维空间投影,并通过分析低维空间的投影特性来研究高维数据的特征。该方法解决了多因素高维数据的降维问题,但当观测样本数据少时,投影到一维空间的数据信息量不够,无法全面识别突发事件的风险。针对小样本提供信息不充分、数据不全面的问题,一些学者引入信息扩散理论研究突发事件风险^[10-12]。信息扩散理论通过选取适当的扩散函数,将单因素样本信息扩散到指标论域中所有控制点,弥补了突发事件样本不足的缺陷,但仍无法解决风险分析样本维数高的难题。

可见,无论是采用投影寻踪方法还是信息扩散

收稿日期:2012-02-28; 修订日期:2013-02-26

基金项目:国家自然科学基金重大研究计划重点项目(91024029); 国家自然科学基金资助项目(41201174, 71373034); 教育部人文社科项目(12YJC790131); 辽宁省经济社会发展课题(2013lslktjxx-09)

作者简介:卢小丽(1976-),女(满族),辽宁丹东人,大连理工大学管理与经济学部,副教授,博士,研究方向:生态安全、应急管理。

理论来研究突发事件的风险都存在着不足,如何结合两种分析方法的优点,克服突发事件风险分析中的多因素高维数据和小样本数据信息不完备的约束,对突发事件风险进行科学的评估成为突发事件风险分析的关键。目前,鲜有文献将投影寻踪方法和信息扩散理论相结合研究突发事件的风险。鉴于此,本文在投影寻踪方法和信息扩散理论的基础上,提出基于知识元的突发事件风险分析方法。该方法利用对各类突发事件已认知的知识要素描述事件的共性本体特征,建立突发事件知识元模型,明确输入属性状态集和输出属性状态集,获取知识元要素观测数据;采用投影寻踪方法对突发事件的多因素进行降维,将事件高维输入属性值投影到一维子空间,获得一维投影特征值,以此单因素反映多因素的数据特征;利用信息扩散理论解决单因素风险扩散问题,将输入属性的投影特征值扩散到输出属性的风险指标论域的控制点上,从而确定突发事件发生的可能性。

2 突发事件知识元描述

突发事件是受时空条件约束的诸多耦合因素相互作用的复杂系统,具有一定的结构并表现出特定的行为^[13]。突发事件结构体现了系统要素及其相互作用关系,其行为包括系统的状态和变化过程。突发事件知识元正是在突发事件系统观点的框架下,从事件状态及引发这一状态突变的要素出发,包含突发事件所应有的基本结构要素和行为要素的最小基本单元。

王延章^[14]教授系统地提出了一个模型管理的共性知识体系,建立了相应的知识元模型。本文对该模型进行了扩展并应用于突发事件研究领域,利用知识元模型描述突发事件,如式 1 所示:

$$K_m = (N_m, A_m, R_m) \tag{1}$$

式中, N_m 为事件知识元概念或属性名, A_m 表示对应的属性状态集, R_m 表示 $A_m \times A_m$ 上的映射关系集,描述了属性状态变化及相互作用关系。

设 $a \in A_m$, 属性状态对应的知识元:

$$K_a = (p_a, d_a, f_a) \tag{2}$$

式中, p_a 为可测性特征描述, d_a 为测度量纲, f_a 为关系规则。

设 $r (r \in R_m)$ 为 $A_m \times A_m$ 上的一个映射关系, 属性映射关系对应的知识元:

$$K_r = (p_r, A_r^I, A_r^O, f_r) \tag{3}$$

式中, p_r 为 r 映射属性描述,除了可以描述 f_r 的

属性特征外,还可扩展描述其如何辨识的方法特征。同时有 $r: A_r^I \rightarrow A_r^O, A_r^I$ 为输入属性状态集, A_r^O 为输出属性状态集,对应存在具体映射函数 $A_r^O = f_r(A_r^I)$ 。

该模型管理共性知识体系只给出了知识元的形式化表示,而对于利用知识元中的输入属性状态集 A_r^I 、输出属性状态集 A_r^O 以及二者之间的映射关系 f_r 研究突发事件风险,没有给出具体的模型与方法。本文将重点研究如何通过分析映射关系 f_r 响应过程来研究突发事件风险分布情况。

3 突发事件风险分析模型

对于已认知而未掌握内在变化规律的突发事件,虽然可以采用知识元模型对其进行描述,确定输入属性状态集 A_r^I 和输出属性状态集 A_r^O ,但无法从突发事件发生演化机理入手,建立各属性状态之间的映射关系 f_r ,更无法根据 f_r 分析突发事件风险情况。本文针对此类情况,在突发事件知识元基础上,利用研究区域观测数据,采用投影寻踪方法和信息扩散理论,建立突发事件风险分析模型,将输入属性状态集 A_r^I 中所隐含的风险信息向输出属性状态集 A_r^O 扩散,研究二者之间的非线性映射关系 f_r (如图 1 所示),获得突发事件风险概率估计值。

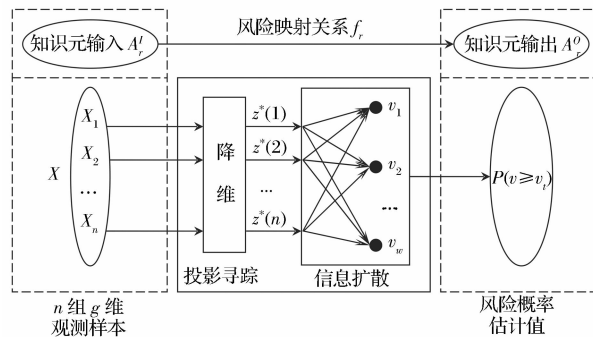


图 1 突发事件知识元风险分析模型输入输出属性状态集映射关系

突发事件风险分析模型包括以下四个步骤。

步骤 1: 突发事件知识元描述。

采用式(1)知识元模型描述人类已认知的突发事件,建立 A_r^I 和 A_r^O ,明确事件输入元素和输出元素,以及各属性状态之间的关系。输入元素通常选择变动性较大且其变动对事件风险分析产生较大影响的因素,输出元素为风险信息扩散后获得的风险概率估计值。

步骤 2: 知识元输入元素样本数据预处理。

获取输入属性状态集 A_r^I 中元素各类状态突变

的临界值 $E = (E_1, E_2, \dots, E_g)$, 将其作为突发事件风险等级的标准。获取研究区域内 A_r^l 元素的观测数据集 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T$, 将其作为区域风险分析的观测样本数据。设 E 的元素值为 $\{e(i, j) \mid i = 1, 2, \dots, \omega; j = 1, 2, \dots, g\}$, X 的元素值为 $\{x(i, j) \mid i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, g\}$, 其中, $e(i, j)$ 为第 i 个风险等级第 j 个元素的临界标准值, $x(i, j)$ 为第 i 个样本第 j 个元素的观测值, n 为观测样本个数, g 为 A_r^l 中元素个数, ω 为风险等级个数。对 $e(i, j)$ 和 $x(i, j)$ 采用极值归一化处理, 消除各元素值的量纲, 统一各元素值的范围, $e^*(i, j)$ 和 $x^*(i, j)$ 为元素归一化值。

步骤 3: 知识元输入元素样本数据降维。

(1) 寻找最佳投影方向

采用投影寻踪方法^[15-16]寻找 g 维的突发事件风险等级标准 $e^*(i, j)$ 投影到一维空间的最佳投影方向 $\alpha^* = (\alpha(1), \alpha(2), \dots, \alpha(g))$, 其各分量的大小实际上反映了输入属性状态集 A_r^l 中各元素对突发事件的影响程度, 值越大则对应的元素对事件影响程度越大。为确保局部投影点尽量密集, 整体上投影点团尽可能散开, 突发事件风险分析的投影指标函数可构造为:

$$Q(\alpha) = S_Z \cdot D_Z \tag{4}$$

式中, S_Z 为 $e^*(i, j)$ 一维投影 $z_E^*(i)$ 的标准差, D_Z 为投影值 $z_E^*(i)$ 的局部密度。

$$S_Z = \left[\sum_{i=1}^n (z_E^*(i) - E_Z)^2 / (n - 1) \right]^{0.5} \tag{5}$$

$$D_Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^g (R - d_{ij}) \cdot u(R - d_{ij}) \tag{6}$$

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \tag{7}$$

$$d_{ij} = |z_E^*(i) - z_E^*(j)| \tag{8}$$

式中, E_Z 为投影值 $\{z_E^*(i) \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ 的均值, R 为局部密度的窗口半径, 可实验确定, 取值范围为 $d_{\max} + g/2 \leq R \leq 2g$, d_{ij} 表示样本之间的距离。

当 A_r^l 中元素样本集给定时, 投影指标函数 $Q(\alpha)$ 只随投影方向 α 的变化而变化。不同的投影方向映射不同的数据结构特征, 最佳投影方向就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向。因此, 可以通过求解投影指标函数最大化问题来估计最佳投影方向, 即

$$\begin{aligned} \max \quad & Q(\alpha) = S_Z \cdot D_Z \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{j=1}^g \alpha^2(j) = 1 \text{ 且 } \alpha(j) \geq 0 \end{aligned} \tag{9}$$

这是一个以 $\{\alpha(j) \mid j = 1, 2, \dots, g\}$ 为优化变量的复杂非线性优化问题, 本文采用基于实数编码的加速遗传算法 (Real Coding based on Accelerating Genetic Algorithm, 简称 RAGA) 解决全局优化问题。

(2) 风险等级标准降维

根据突发事件风险等级标准 E 确定风险等级值 $y_E^*(i) (i = 1, 2, \dots, \omega)$ 。由最佳投影方向, 将 g 维的风险等级标准 $e^*(i, j)$ 投影到一维空间, 获取突发事件风险等级标准值的一维投影 $z_E^*(i)$:

$$z_E^*(i) = \sum_{j=1}^g \alpha^*(j) e^*(i, j) \tag{10}$$

标准值的投影 $z_E^*(i)$ 与风险等级值 $y_E^*(i)$ 进行数据拟合, 建立突发事件知识元 A_r^l 中各元素标准值一维投影与事件风险等级值之间映射关系 $y^*(i) = f(z^*(i))$ 。

从突发事件风险等级标准出发得到的最佳投影方向 α^* 、风险等级标准值的一维投影 $z_E^*(i)$ 和风险等级 $y^*(i)$ 之间映射关系 $y^*(i) = f(z_E^*(i))$ 更为准确、科学。

(3) 观测样本数据降维

根据突发事件风险等级标准的最佳投影方向 $\alpha^* = (\alpha(1), \alpha(2), \dots, \alpha(g))$, 将 g 维观测样本数据 $x^*(i, j)$ 向一维空间投影, 获取观测数据的一维投影值 $z_D^*(i)$:

$$z_D^*(i) = \sum_{j=1}^g \alpha^*(j) x^*(i, j) \tag{11}$$

利用映射关系 $y_E^*(i) = f(z_E^*(i))$, 计算突发事件知识元输入元素观测样本的风险等级值 $y_D^*(i)$ 。

步骤 4: 知识元输入元素风险信息向输出扩散。

(1) 风险信息扩散

设 $y_D^*(i)$ 的指标论域为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_w\}$, 采用信息扩散理论^[17]将观测样本的风险等级值 $y_D^*(i)$ 所携带的风险信息扩散到 V 中的所有点。信息扩散函数为:

$$f_i(v_k) = \frac{1}{h \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y_D^*(i) - v_k)^2}{2h^2}\right] \tag{12}$$

$$k = 1, 2, \dots, w, i = 1, 2, \dots, n$$

式中, h 为扩散系数, 由样本集中样本最大值 b 、最小值 a 和样本个数 n 确定。

$$h = \begin{cases} 0.8146 \times (b - a) & n = 5 \\ 0.5690 \times (b - a) & n = 6 \\ 0.4560 \times (b - a) & n = 7 \\ 0.3860 \times (b - a) & n = 8 \\ 0.3362 \times (b - a) & n = 9 \\ 0.2986 \times (b - a) & n = 10 \\ 2.6851 \times (b - a) / (n - 1) & n \geq 11 \end{cases} \tag{13}$$

$$\text{令 } C_i = \sum_{k=1}^w f_i(v_k) \quad (14)$$

则观测样本的风险等级值 $y_D^*(i)$ 归一化信息分布为:

$$\mu_{y_D^*(i)}(v_k) = \frac{f_i(v_k)}{C_i} \quad (15)$$

(2) 风险概率估算

$$\text{令 } h(v_k) = \sum_{i=1}^n \mu_{y_D^*(i)}(v_k), H = \sum_{k=1}^w h(v_k) \quad (16)$$

H 表示 v_k 各点上的样本数的总和,将样本落在 v_k 处的频率值作为概率的估计值 $p(v_k)$:

$$p(v_k) = h(v_k)/H \quad (17)$$

超越 v_k 的概率估计记为 $P(v \geq v_k)$, 即所要求的风险概率估计值:

$$P(v \geq v_k) = \sum_{k=i}^n p(v_k) \quad (18)$$

将风险概率估计值 $P(v \geq v_k)$ 作为突发事件知识元模型的输出属性状态集 A^O 的元素,为突发事件风险分类、评级工作提供决策依据。

4 实例分析

虽然突发事件的触发机理、事件性质和演化过程各不相同,导致不同突发事件表现出来的个性特征存在着很大差异。但大量具体领域突发事件研究表明,不同突发事件又存在一定的共性规律。若将突发事件看作一个系统,则突发事件发生发展的共性规律可

描述为:在系统外部环境的作用(环境输入)下,突发事件的内部状态(状态属性)发生突变,系统状态属性之间的相互作用对外部环境造成影响(输出要素)。同时,应急主体根据事件状态采取应对措施(控制输入)控制事件状态的发展,各要素之间的作用与影响共同构成了突发事件发生演化的整体行为。知识元模型不仅能够反映突发事件的共性特征,即不同类型的突发事件均具有输入属性、状态属性和输出属性;又能够扩展出不同突发事件的个性特征,即突发事件各属性的元素不同,元素的突变条件不同。因此,应用本文中的共性并可向专业个性扩展的突发事件知识元模型,可对各类突发事件进行描述。

本文以某湖泊突发水污染事件为例,说明如何建立水污染事件知识元以及水污染事件风险分析的具体过程,检验本文提出的风险分析方法的可行性和有效性。

4.1 突发水污染事件知识元属性

某湖泊突发水污染事件知识元描述如表 1 所示。输入元素 8 个,分别为氨氮(N-NH₃)、五日生化需氧量(BOD₅)、总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量(COD_{Cr})、溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、阴离子表面活性剂(LAS);输出元素 1 个,突发事件风险值。根据国家《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》,建立水污染风险等级标准,如表 2 所示。湖泊水污染风险等级标准为 5 级,每级标准对应 8 个输入元素,属于 5 组 8 维数据。湖泊 8 个监测点实时检测数据^[18]如表 3 所示。

表 1 突发湖泊水污染事件知识元描述

事件知识元	N_m	A_m			R_m			
		p_a	d_a	f_a	p_r	A_r^I	A_r^O	f_r
水污染	N-NH ₃	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	BOD ₅	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	TP	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	TN	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	COD _{Cr}	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	DO	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	COD _{Mn}	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
	LAS	可测	mg/L	时变	非线性	√	×	风险映射
风险值	可求解	—	时变	概率估算	×	√	风险映射	

表 2 水污染风险等级标准

等级标准	污染因子(mg/L)							
	N-NH ₃	BOD ₅	TP	TN	COD _{Cr}	DO	COD _{Mn}	LAS
I	0.15	3	0.01	0.2	15	7.5	2	0.2
II	0.5	3	0.025	0.5	15	6	4	0.2
III	1.0	4	0.05	1.0	20	5	6	0.2
IV	1.5	6	0.1	1.5	30	3	10	0.3
V	2.0	10	0.2	2.0	40	2	15	0.3

表 3 某湖泊监测点观测数据

取样点	污染因子(mg/L)							
	N-NH ₃	BOD ₅	TP	TN	COD _{Cr}	DO	COD _{Mn}	LAS
1	0.334	4.6	0.099	0.89	25	11.2	8.6	0.16
2	0.301	3.1	0.031	1.89	18	10.7	6.0	0.05
3	0.153	3.0	0.044	2.35	16	10.5	4.9	0.08
4	0.454	3.9	0.033	1.5	22	12.2	9.5	0.12
5	0.625	4.3	0.112	1.03	25	7.9	9.6	0.09
6	0.380	4.7	0.072	0.96	25	10.7	12.1	0.15
7	0.318	1.8	0.139	1.85	29	15.8	9.5	0.05
8	0.910	13	0.242	1.68	39	3.6	13.3	0.25

4.2 突发水污染事件风险概率

对表 2、表 3 数据进行归一化处理,采用本文提出的突发事件风险分析模型,计算该湖泊水污染事件风险概率估计值。

(1)最佳投影方向

对表 2 中湖泊水污染等级标准的样本进行投影寻踪,寻找最佳投影方向。本文采用 RAGA 优化方法,选定父代初始种群规模为 $n = 400$,交叉概率 $p_c = 0.80$,变异概率 $p_m = 0.05$,优秀个体数目选定为 50 个,加速次数为 7,得出最佳投影方向 $\alpha^* = (0.3094, 0.4004, 0.2765, 0.4046, 0.3809, 0.3284, 0.2908, 0.4078)$ 。

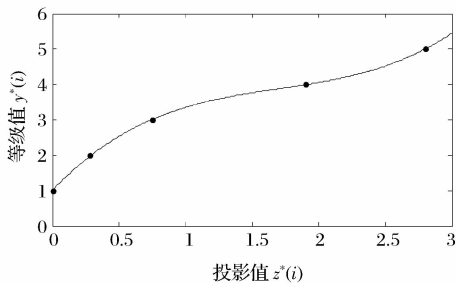


图 2 水污染风险等级值与投影值关系图

(2)风险等级标准降维

将 α^* 代入式(10),得各个水污染风险等级标准值的一维投影 $z_E^*(i) = (0, 0.2821, 0.7523, 1.9046, 2.7988)$ 。 $z_E^*(i)$ 与风险等级值 $y_E^*(i)$ 的关系如图 2 所示,由图 2 可以看出二者之间存在多项式关系,运用回归分析,得到映射关系为:

$$y^* = 0.3885(z^*)^3 - 1.985(z^*)^2 + 3.9378(z^*) + 1.0124 \tag{19}$$

对该模型进行检验,模型 $R^2 = 0.9998$,误差分析如表 4 所示,平均绝对误差为 0.0121,平均相对误差为 0.65%,该结果表明模型拟合程度好,检验结果显著。

表 4 水污染风险等级标准投影寻踪误差分析表

经验值	1	2	3	4	5
计算值	1.0124	1.9741	3.0168	3.9956	5.0011
绝对误差	0.0124	0.0259	0.0168	0.0044	0.0011
相对误差	1.24%	1.30%	0.56%	0.11%	0.02%

(3)观测样本数据降维

根据表 3 的 8 个监测点实时观测数据和最佳投影方向 α^* ,获取观测数据的一维投影值 $z_D^*(i)$,利用式(19)计算观测数据的风险等级值 $y_D^*(i)$,如表 5 所示。

表 5 某湖泊水污染观测数据一维投影值和风险等级值

取样点	投影值 z_D^*	风险等级值 $y_D^*(i)$	投影评价等级
1	0.8885	3.2165	III
2	0.5926	2.7297	III
3	0.6684	2.8736	III
4	0.8680	3.1889	III
5	1.0332	3.3904	III
6	1.0091	3.3639	III
7	0.8496	3.1633	III
8	2.6132	4.6796	V

(4)知识元输入元素风险信息向输出扩散

选取水污染风险等级值 $y_E^*(i)$ 的指标论域 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{I, II, III, IV, V\}$,利用表 5 中 $y_D^*(i)$ 进行信息扩散,得到该湖泊水污染事件输出元素风险概率估计值,如表 6 所示。

表 6 某湖泊水污染风险概率估计值

污染等级	风险估计值
I	1.0000
II	0.9885
III	0.8311
IV	0.3878
V	0.0946

4.3 突发水污染事件风险分析

(1)各样本点水污染等级分析

由表5可知,样本点8的水污染等级为V级,其余样本点的水污染等级均为Ⅲ级。可见,样本点8的水污染最严重。环境管理部门需要对水污染严重水域采取及时的治理措施,降低污染等级,以提高湖泊整体水质。

(2) 水污染因子影响程度分析

最佳投影方向各分量的大小实质上反映了各水污染指标对水污染等级的影响程度,值越大则对应的水污染指标对水污染等级的影响程度越大。该湖泊水污染的最佳投影方向 $\alpha^* = (0.3094, 0.4004, 0.2765, 0.4046, 0.3809, 0.3284, 0.2908, 0.4078)$, 该结果表明,水污染事件输入元素对水污染等级的影响程度依次为: $LAS > TN > BOD_5 > COD_{Cr} > DO > N - NH_3 > COD_{Mn} > TP$, 管理者可依据该结果,进一步检验湖泊原水污染评价标准的合理性。

(3) 不同程度污染的风险分布

从表6可知,该湖泊水污染风险等级为I、II、III、IV的概率分别为1.0000、0.9885、0.8311、0.3878。此结果表明,根据本次监测数据判断该湖泊水污染处于低风险的概率较高,即该湖泊突发水污染事件的危险比较低。同时,由于风险等级为V的发生概率为0.0946,此结果表明,尽管该湖泊在本次监测中处于安全状态,但如果对该湖泊的主要污染物缺少必要的控制和监控机制,也会存在一定的概率导致该湖泊突发水污染事件。

5 结语

为解决突发事件影响因素多、样本数据少且维数高导致风险信息不完备、风险分析结果不稳定的问题,本文将投影寻踪方法与信息扩散理论巧妙地结合,提出了一种以突发事件知识元为基础的风险分析方法。该方法采用知识元模型描述了突发事件已认知的共性本体特征,利用投影寻踪方法获得了输入元素风险等级标准数据的最佳投影方向,降低了输入元素观测样本的维数,应用信息扩散理论将输入元素观测样本一维投影特征值所包含的风险在输出属性的风险指标论域的控制点上信息进行分配,从而确定了突发事件发生的风险概率。并以某湖泊水污染事件为例,对提出的风险分析方法进行实例检验。实例分析结果表明本文提出的突发事件风险分析方法能够根据湖泊水污染风险等级标准和观测点的样本数据,对研究区域突发事件风险概率进行动态定量的分析和评估。因而可利用本文提出的风险分析方法,在突发事件发生前利用事件相关

因素分析发生的可能性,预测事件发生的风险,辅助决策者及时采取必要措施控制事件发展,降低事件带来的损失。

在建立风险分析模型过程中,本文与采用先“信息扩散理论”后“投影寻踪方法”的计算步骤^[19]进行了对比研究。如果采用后者,需要对输入属性状态集中每个元素进行信息扩散,再利用投影寻踪方法对多维数据进行降维,风险评估的计算量会随着输入属性状态集中元素的数量增加而变得越来越大。本文采用先“投影寻踪方法”后“信息扩散理论”的计算步骤,投影寻踪和信息扩散各需计算一次,不仅提高了计算效率同时也提升了计算精度。此外,突发事件受到多因素共同作用,在对事件进行风险分析过程中,首先需要解决多因素问题,因此选择投影寻踪方法将多因素转化为单因素;再运用信息扩散理论将单因素的风险信息扩散到风险指标论域。即本文先采用投影寻踪方法后采用信息扩散理论的分析步骤是非常符合问题分析的逻辑性。因此,针对突发事件风险分析的研究,无论从计算效率还是从问题分析逻辑上,采用“先投影寻踪方法后信息扩散理论”都明显优于“先信息扩散理论后投影寻踪方法”。

参考文献:

- [1] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中科学问题的思考和建议[J]. 中国科学基金, 2007, (2): 71-76.
- [2] Guzzetti F, Reichenbach P, Ardizzone F, et al. Estimating the quality of landslide susceptibility models [J]. Geomorphology, 2006, 81(1/2): 166-184.
- [3] Guikema S D. Natural disaster risk analysis for critical infrastructure systems: An approach based on statistical learning theory [J]. Reliability Engineering and System Safety, 2009, 94(4): 885-860.
- [4] Iliadis L S, Spartalis S I. Fundamental fuzzy relation concepts of a D. S. S. for the estimation of natural disasters' risk [J]. Mathematical and Computer Modelling, 2005, 42(7): 747-758.
- [5] Liu Hexiang, Zhang Dalin. Analysis and prediction of hazard risks caused by tropical cyclones in Southern China with fuzzy mathematical and grey models [J]. Applied Mathematical Modeling, 2012, 36(2): 626-637.
- [6] 王文圣, 金菊良, 李跃清. 基于集对分析的自然灾害风险度综合评价研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2009, 41(6): 6-12.
- [7] 吴益平, 唐辉明, 葛修润. BP模型在区域滑坡灾害风险预测中的应用[J]. 岩土力学, 2005, 26(9): 1409-1413.
- [8] 金菊良, 张欣莉, 丁晶. 评估洪水灾情等级的投影寻踪模型[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(2): 140-144.

[9] Wang Shunjiu, Zhang Xinli, Yang Zhifeng, et al. Projection pursuit cluster model based on genetic algorithm and its application in karstic water pollution evaluation [J]. International Journal of Environment and Pollution, 2006, 28(34): 253-260.

[10] Huang Chongfu. Principle of information diffusion[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1997, 91(1): 69-90.

[11] Liu Xingpeng, Zhang Jiquan, Cai Weiyang, et al. Information diffusion-based spatio-temporal risk analysis of grassland fire disaster in northern China[J]. Knowledge-Based Systems, 2010, 23(1): 53-60.

[12] 王洪德, 郑玉钱. 基于网格划分及信息扩散的化工园区安全风险评价技术[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1286-1292.

[13] 裘江南, 师花艳, 叶鑫, 等. 基于事件的定性知识表示模型[J]. 系统工程, 2009, 27(10): 1-8.

[14] 王延章. 模型管理的知识及其表示方法[J]. 系统工程学报, 2011, 26(6): 850-856.

[15] Friedman J H, Tukey J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis[J]. IEEE Trans on Computer, 1974, C-23(9): 881-890.

[16] 付强, 赵小勇. 投影寻踪模型原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[17] 黄崇福. 自然灾害风险评价—理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[18] 李凤超, 刘存歧, 管越强, 等. 应用多元分析方法评价白洋淀水质现状[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2006, 26(4): 405-410.

[19] 余航, 王龙, 田琳, 等. 基于信息扩散理论的云南农业旱灾风险评估[J]. 中国农村水利水电, 2011, 12: 91-94.

Emergency Risk Analysis based on Knowledge Element

LU Xiao-li¹, YU Hai-feng²

(1. Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2. Datang International Nuclear Power Co., Ltd., Dalian 116010, China)

Abstract: Scientific risk analysis of emergency is helpful to make correct contingency plans for Emergency Management Agency and to reduce event loss. However, most emergency risk analyses are under restrictions of multi factors, high dimensional data, small samples and incomplete information, and cannot fully recognize the risk of an emergency. In emergency system viewpoint and under the assistance of knowledge element model, projection pursuit method and information diffusion theory, a method of emergency risk analysis is developed in this paper based on knowledge element. By making use of the knowledge element model, the common ontological characteristics are described. Reducing dimensionality of the observed data on the input elements through searching for the optimum projection direction of the standard data on emergency risk grade, risk information contained in the observed data of the input elements is diffused into the points of the risk index universe on the output elements, and the emergency risk probability is carried out. Taking a lake as an example, risk of the water pollution is graded according to the national standard of environmental quality for surface water, with the data collected from 8 real-time monitoring sites of the lake. The results show that the emergency risk analysis based on knowledge element could analyze and evaluate potential risk of an emergency according to the risk standard grade and the observed data on site. The model of emergency risk analysis based on knowledge element expands the study of risk analysis and provides a scientific basis for the emergency management. Further, the results will provide references to emergency risk analysis in the dangerous areas where real-time monitoring system has been established.

Key words: knowledge element; emergency; risk analysis