

文章编号: 1001-8166(2009)01-0042-07

# 从风险认知到风险数量化分类\*

李 宁<sup>1</sup>, 张 鹏<sup>1\*</sup>, 胡爱军<sup>1,2</sup>, 刘雪琴<sup>1</sup>, 崔维佳<sup>1</sup>, 孟志强<sup>1</sup>, 史培军<sup>1</sup>

(1. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 地表过程与资源生态国家重点实验室; 环境演变与自然灾害教育部重点实验室; 北京师范大学, 北京 100875; 2. 湖南省气象局, 湖南 长沙 410007)

**摘要:** 伴随着社会经济和科技的发展, 对风险问题的研究成为风险管理的重要一环, 风险分类是进行风险保险、风险管理以及建立风险信息数据库的基础。拟从风险认知的角度, 通过人们目前比较关注的 41 种风险构建了风险 0-1 判断矩阵, 用 Hayashi 数量化理论 III, 通过 Matlab 软件, 对构建的 0-1 风险矩阵进行判断计算, 得到风险分类图。通过验证, 用 Hayashi 数量化理论 对风险的聚类可以取得很好的类别区分效果, 类内的风险种类组合与现有的几种政策管理分类框架中的风险类别组合吻合; 该方法为风险的数值分类提供了新的思路。

**关键词:** Hayashi 数量化理论; 风险分类; 风险认知; 风险管理

**中图分类号:** X43      **文献标志码:** A

## 1 引 论

随着经济文化的快速发展, 社会中不确定性风险逐渐增加, 潜在的损失也逐渐增大。面对社会日益增加的各种风险, 我国必须建立能应对多种风险的综合风险管理体系, 增强综合管理能力。而将风险进行分类, 便于风险的识别和对不同类型的风

险采取不同的管理措施。风险分类不仅是国家进行风险管理、构建标准体系的基础, 也是查清社会生活中现存的各种风险的类型及其影响, 进一步识别新风险的基础。同时, 好的风险分类是成功进行风险保险, 建立风险信息共享平台的必要保证。

依据不同的原则和标准, 从不同的角度分析, 风险有着不同的分类框架。如国际风险管理委员会 (IRGC) 风险管理框架从风险信息角度, 即风险的复杂性, 提出了一个基于不同国家对每种风险的认知, 根据对信息掌握的程度把风险区分为简单风险、复杂风险、不确定风险、模糊风险<sup>[1]</sup>。中国国务院发

布的《国家突发公共事件总体应急预案》根据我国范围内的风险事件的发生过程、性质和机理, 突发公共事件主要分为自然灾害、事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件<sup>[2]</sup>。这一分类框架的主导因素仍然是根据风险事件的诱因。郭强等<sup>[3]</sup>把灾害分为 3 类: 自然灾害、人为灾害和人地关系不协调而引发的生态环境灾害。国家安全生产委员会颁布了行业安全生产标准, 把风险分为以下 6 类: 物理性危险和有害因素; 化学性危险和有害因素; 生物性危险和有害因素; 心理、生理性危险和有害因素; 行为性危险和有害因素; 其他危险和有害因素<sup>[2]</sup>。

大多数学者主要都是从定性的角度对风险的诱因、对象、归属的方法对风险进行了分类, 而真正从风险的量化角度去探讨分类的研究并不多见。而风险分类量化的过程需要数据支持才能构建风险量化的矩阵。考虑到分类框架的各要素都需要是一个明确的值, 也既是“是”或“非”的明确的判断, 因此该矩阵应是一个 0-1 矩阵。

\* 收稿日期: 2008-06-23; 修回日期: 2008-12-15。

\*基金项目: 国家自然科学基金项目“沙尘暴源地下垫面沙尘致灾因子脆弱性评估及风险贡献”(编号: 40771008); “十一五”国家科技支撑计划项目“综合风险防范关键技术研究与示范——综合风险分类与评价技术”(编号: 2006BAD20B01)资助。

作者简介: 李宁 (1958-), 女, 江苏镇江人, 教授, 主要从事自然灾害研究。E-mail: ningli@ires.ac.cn

\*通讯作者: 张鹏 (1981-), 男, 内蒙古包头人, 硕士研究生, 主要从事自然灾害风险研究。E-mail: zhangpeng@ires.ac.cn

考虑到既能应用 0-1 矩阵又能达到聚类目的的方法是 Hayashi 数量化理论<sup>[4]</sup>, 该方法和因子分析、主成分分析等方法类似, 都是用于分析样品或说明变量中起支配作用的主要因素或成分, 并据以实现对样品或变量的分类, 其中都不涉及基准变量。与其他数量化方法相比, Hayashi 数量化理论 的优点在于, 反应矩阵可以既包含定量变量, 同时也包含定性的变量, 通过计算可将定性变量转化为定量变量。 Hayashi 数量化理论 所要解决的问题是以反应矩阵为基础, 对各类目和各样品赋予适当的得分, 使得反应情况接近时, 样品和类目有相近的得分<sup>[5]</sup>。

因为 Hayashi 数量化理论 有客观、能把定性分类转化为定量的研究特点, 且在矩阵里能同时表现定性和定量的属性。因此在公司人力资源绩效评估<sup>[6]</sup>、土地质量综合评价<sup>[7]</sup>、环境影响评价<sup>[8]</sup>、危险品事故分类方面都取得了很好的效果<sup>[9]</sup>。在地质、气象、林业、环境保护、医学、生物学、企业管理、产品设计等方面也都得到广泛的应用<sup>[5]</sup>。

## 2 Hayashi 数量化理论 方法及其实现

### 2.1 方法

#### 2.1.1 数据源格式

Hayashi 数量化理论 是一种能够将定性指标转换为定量指标进行聚类分析的数学方法。其基本原理基于“0-1 数量矩阵的构建、向量值的计算和对结果的聚类分析。矩阵数据源格式如表 1。

表 1 Hayashi 数量化理论 的反应矩阵

Table 1 Response matrix of Hayashi quantification theory type III

类目号 样品号	1	2	3	4	5
A	1	0	0	0	1
B	1	0	1	0	1
C	0	0	1	0	1
D	0	$b_i(j)$	1	1	1
E	0	0	1	1	0
...					

其中  $b_i(j)$  表示第  $i$  个样本在第  $j$  类目上的反应

#### 2.1.2 向量值的计算

在 Hayashi 数量化理论中, 将定性变量称为“项目”, 每个定性变量的不同取值称为“类目”与上表的对应。假设共有  $n$  个样本, 自变量中有  $s$  个定量变量,  $m$  个定性变量, 记:

$$X = \begin{bmatrix} {}_1(1) & \dots & {}_1(m) & U_1 1 & \dots & U_1 s \\ {}_2(1) & \dots & {}_2(m) & U_2 1 & \dots & U_2 s \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ {}_n(1) & \dots & {}_n(m) & U_n 1 & \dots & U_n s \end{bmatrix}$$

$X$  为样本反应矩阵。其中  $b_i(j)$  是第  $j$  个定性变量在第  $i$  个样本上的模糊取值,  $U_i 1$  是第 1 个定量变量在第  $i$  个样本上的取值经过标准化之后的数据。其中  $b_i(j)$  的只值确定如下公式 (1):

$$b_i(j) = \begin{cases} 1, & \text{有反应} \\ 0, & \text{没反应} \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

模糊 Hayashi 数量化理论 的目的是对  $m + s$  个变量赋以得分:

$$b = (b_1, b_2, \dots, b_m, U_1 1, U_2 1, \dots, U_s)$$

对每个样本按照:

$$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = \frac{1}{m + s} X b \quad (2)$$

进行赋值得到各个样本的得分  $y_i$ , 从而对样本进行分类。因此, Hayashi 数量化理论 的主要问题是求解向量  $b$  和  $y_i$ 。

样本得分总的平均值为:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n(m + s)} \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m b_{j-1}(j) + \sum_{i=1}^s U_i 1 \right)$$

记  $g_j = \sum_{i=1}^n b_{j-1}(j)$ ,  $g = \left( \overbrace{g_1, g_2, \dots, g_m, 0, \dots, 0}^{\uparrow} \right)$  则样本总平均表示为:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n(m + s)} g b$$

样本总方差为:

$$S^2 = \frac{1}{n(m + s)} \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^m (b_{j-1}(j) - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^s (U_i 1 - \bar{Y})^2 \right]$$

$$\text{记 } G = \text{diag} \left( \sum_{i=1}^n b_{1-1}(1)^2, \dots, \sum_{i=1}^n b_{m-1}(m)^2, n, \dots, n \right)$$

样本总方差可表示为:

$$S^2 = \frac{1}{n(m + s)} b \left[ G - \frac{1}{n(m + s)} gg \right] b$$

令  $L = G - \frac{1}{n(m + s)} gg$ , 则总体方差为:

$$S^2 = b L b \cdot \frac{1}{n(m + s)}$$

组间方差为:

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \bar{Y}^2$$

$$= \frac{1}{n} \mathbf{Y} \mathbf{Y} - \frac{1}{n^2 (m+s)^2} \mathbf{b} \mathbf{g} \mathbf{g} \mathbf{b}$$

$$= \frac{1}{n(m+s)^2} \left( \mathbf{b} \mathbf{X} \mathbf{X} \mathbf{b} - \frac{1}{n} \mathbf{b} \mathbf{g} \mathbf{g} \mathbf{b} \right)$$

$$\text{令 } \mathbf{H} = \mathbf{X} \mathbf{X} - \frac{1}{n} \mathbf{g} \mathbf{g}$$

$$\text{则组间方差为: } s^2 = \mathbf{b} \mathbf{H} \mathbf{b} \cdot \frac{1}{n(m+s)^2}$$

系数  $b$ 可以根据组间方差与总体方差之比最大原则求出:

$$s^2 = \frac{1}{2} = \frac{1}{(m+s)} \cdot \frac{\mathbf{b} \mathbf{H} \mathbf{b}}{\mathbf{b} \mathbf{L} \mathbf{b}}$$

利用 lagrange 乘数法, 并增加两个约束:

$$\mathbf{b} \mathbf{L} \mathbf{b} = 1, \mathbf{b} \mathbf{g} = 0,$$

$$\text{得特征方程为: } \mathbf{H} \mathbf{b} = (m+s) \mathbf{L} \mathbf{b} \quad (3)$$

因此, 该问题转化为求解 (3) 式的最大特征根所对应的特征向量的问题。从几何意义上讲, 特征向量相当于一个因子轴, 样本得分可以看作是样本向量在这个轴上的投影, 对应的特征根最大表示这个轴为使投影具有最大的分散程度的方向。如果觉得一维的表示不够理想, 可以进一步考虑多维表示的问题<sup>[5]</sup>。

在应用过程中, 通常求出前  $k$  个最大特征根

$\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_k$  所对应的特征向量:  $b_1, b_2, \dots, b_k$ , 求得  $b_i$ , 对变量进行分类, 然后根据公式 (2) 对样本进行分类。

**模糊量化** 模型使用的数据形式除了以上介绍的定性与定量变量兼有的情况, 还可以仅包含定性或定量数据。当仅包含定性数据时, 将反应矩阵  $\mathbf{X}$  中的定量部分去掉, 并令  $s$  为 0 即可; 对于仅包含定量数据的情形, 可以根据  $R \mathbf{b} = K \mathbf{s} \mathbf{b}$  求解, 其中  $R$  表示  $s$  个定量变量的相关矩阵。

## 2.2 风险分类案例

### 2.2.1 风险矩阵的概念与描述

风险属性的描述是否合适是由风险认知决定的<sup>[10]</sup>, 不同的风险认知模式决定着不同的风险包含的属性, 也进一步决定着风险矩阵的构造。我国学者苏桂武认为从发生学角度, 在理论上对灾害风险的完整描述应是以下 6 类要素为变量的某种六维多变量函数。灾害风险的成因性要素, 包括风险源及其危险性、风险载体及其脆弱性和人类社会的防减灾措施及其防减灾有效度等 3 类要素, 这些要素首先决定了灾害风险是否存在; 然后是灾害风险的影响性要素, 包括影响灾害风险的类型、特点和大小; 风险载体的“价值”属性、讨论问题的时间尺度和空

间尺度等 3 类要素<sup>[11]</sup>。而风险矩阵的构造是基于风险认知的模式, 根据确定风险的属性种类, 研究如何对风险属性进行赋值是关键。表 2 依据 Hayashi 数量化理论<sup>[12]</sup>, 对风险的属性进行人为的反应“是”或“非”, 如对某风险的某属性有反应认为是“1”, 否则是“0”。即风险属性更接近哪种独立判断标准, 则就给该标准定为“0”或“1”; 反之, 一切与该标准不符的就定义为相反的判断, “1”或“0”。

表 2 风险属性判断

Table 2 Risk attributes judgment

风险属性	属性说明	判断
诱因	自然现象	0
	人类活动	1
频率	概率小	0
	概率大	1
影响范围	小尺度	0
	大尺度	1
影响后果	不严重, 可以恢复, 可逆	0
	严重, 难以恢复, 不可逆	1
持续时间	短期	0
	长期	1
风险感知	简单风险	0
	复杂风险	1

表 2 中的简单风险, 表示风险的产生原因以及造成的后果非常清晰、简单; 复杂风险表示风险产生原因和造成的后果很复杂、目前很难认识清楚。

如森林火灾这一风险, 对其诱因这一属性要判断它的产生是以自然现象为主还是以人类的社会活动为主, 若诱因是自然现象为主则在矩阵中设为 0, 若以人为原因为主就设为“1”。这里的森林火灾是自然现象的比例高, 我们就认为森林火灾的诱因这一属性的矩阵值为“0”, 这里的“1”或“0”没有大小和比较的关系, 只是代表人对某一事件的看法的判断。

### 2.2.2 风险矩阵的构建

风险矩阵的构建是对风险进行分类的关键, 它关系到最终结果与现实的贴近程度, 判断的矩阵越客观, 最终图像越能正确反应客观实际。因此, 成功构建风险判断矩阵是得到客观结果的基础。文中风险的判断矩阵的构建, 参考了 20 世纪 80 年代发表在 *Science* 上的文章描述的 30 种风险<sup>[12]</sup>, 同时也借鉴了 21 世纪中国最关注的 30 件风险事件<sup>[13]</sup>, 以及针对香港、澳门、台湾的大学生的风险调查<sup>[14]</sup>和 2003 年 6 月在布鲁塞尔召开的第一届世界风险大会上提出的风险研究报告<sup>[15]</sup>, 我们筛选出了关注的

41种不同的风险种类来对目前社会中存在的不同风险事件构建风险矩阵(表3),对其进行综合分类。

表3 风险判断矩阵

Table 3 Risk judgment matrix

NO.	风险种类	诱因	发生频率	影响范围	后果	持续时间	感知
1	核战争	1	0	1	1	1	1
2	电磁辐射	1	1	1	0	0	1
3	生化武器	1	0	1	1	1	1
4	经济危机	1	0	1	1	0	0
5	火灾	1	1	0	1	0	0
6	噪声	1	1	0	0	0	0
7	工业三废	1	1	0	1	0	0
8	机器故障	1	0	0	0	0	0
9	房屋倒塌	1	0	0	0	0	0
10	电击	1	1	0	0	0	0
11	非典	0	0	1	1	0	1
12	肺结核病	0	1	1	1	1	0
13	禽流感	0	1	1	1	1	1
14	农林病虫害	0	1	0	1	1	0
15	转基因食品	1	0	1	0	1	1
16	纳米技术	1	0	1	0	1	1
17	地震	0	0	1	1	0	0
18	地质灾害	0	1	0	1	0	0
19	暴雨洪水	0	1	1	1	0	0
20	干旱	0	1	1	1	1	0
21	台风	0	1	1	1	0	0
22	雷电	0	1	1	1	0	0
23	森林火灾	0	1	1	1	0	0
24	沙尘暴	0	1	1	1	0	0
25	雪灾	0	1	0	1	0	0
26	政治经济改革	1	1	1	1	0	1
27	资源匮乏	1	1	1	1	1	0
28	粮食危机	1	0	1	1	1	0
29	能源短缺	1	1	1	1	1	0
30	决策失误	1	0	0	1	0	1
31	物价上涨	1	0	1	1	0	0
32	社会骚乱	1	0	1	1	0	1
33	战争	1	0	1	1	0	1
34	股市剧烈波动	1	1	1	1	0	1
35	市场波动	1	0	1	1	0	1
36	生态破坏	1	1	1	1	1	1
37	操作失误	1	0	0	0	0	0
38	暴力犯罪	1	0	0	1	0	1
39	伪劣产品	1	1	1	1	0	0
40	核辐射	1	0	1	1	1	1
41	全球变暖	1	1	1	1	1	1

### 2.2.3 Matlab的选择

Matlab与其他可编程序软件相比,优势在于matlab本身自带了大量函数库,可对对象进行比较复杂科学计算,通过计算结果绘制用户所需要的二维或三维图形。这里选择Matlab是因为需要计算大型非对称矩阵的特征值,并利用矩阵前两大特征值所表示的坐标进行描点,生成可代表风险分布的点图。通过zp080314程序,得到以下结果。

## 3 聚类分析

### 3.1 风险得分

根据公式2,通过Matlab软件支持的zp080314程序计算,前两个最大的特征根对应的特征向量分别为表4。

### 3.2 风险得分图

根据向量 $b1, b2$ ,由公式(1)计算41类风险的评估得分,在二维坐标轴上将各个风险的得分绘成散点图(图1),图1中横轴表示风险对第一特征值得分 $y1$ ,纵轴表示风险对第二特征值得分 $y2$ ,根据Hayashi数量化理论,图中各点表示样本在两个轴上的投影,表示针对第一、第二特征值,每个风险对风险的6种属性的相互的位置关系。

为便于更清楚看出风险的分布规律,对风险在 $y1, y2$ 特征向量上的得分相同的点,在图1中用一个点表示。

从图1的集中性程度看,类间集中度小,类内集中度大。如暴雨洪水、台风、闪电、森林火灾、沙尘暴,地质灾害、雪灾,农林病虫害,火灾、工业三废,噪声、电击,地震等相互之间的位置较近,总体表现为自然类风险;有关社会、经济、管理类的风险都集中分布在风险信息图的中部,包括政治经济改革、股市剧烈波动、非典、粮食危机、电磁辐射、经济危机、物价上涨、社会骚乱、战争、市场波动、决策失误、暴力犯罪等风险;转基因食品、纳米技术、核战争、生化武器、核辐射,生态破坏和全球变暖等风险比较集中,表现为高技术类灾害风险;禽流感、资源匮乏、能源短缺,肺结核病、干旱表现为人地关系不协调所导致的风险。

表4 第一、第二特征根向量

Table 4 The first and second characteristic roots vector

b1	-0.2028	0.0539	-0.4952	-0.1989	-0.5853	-0.5731
b2	0.4823	-0.6628	-0.1281	-0.2554	-0.2254	0.4424

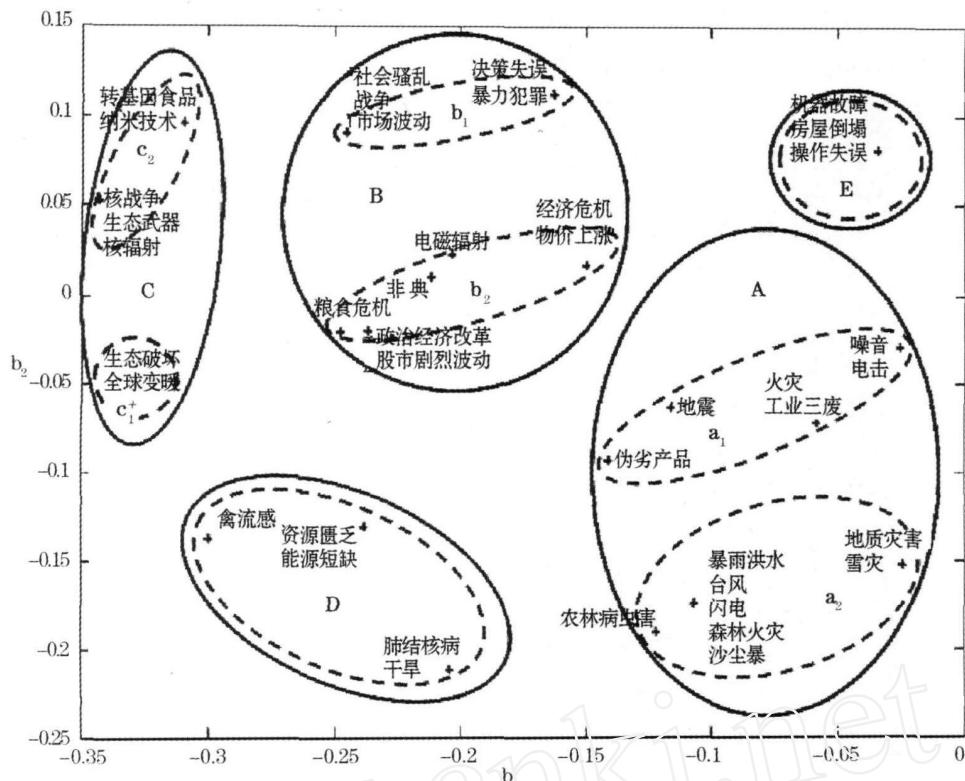


图 1 风险散点图

Fig 1 Risk scatter diagram

### 3.3 风险聚类图

为了确定分类阈值和分类种类的数量,本文通过欧式距离分析得到聚类分布图 2。图 2 中 0~25 为聚类的阈值取值范围,11 和 14 所对应的黑实线和黑虚线是为方便讨论结果而增加的辅助分类线。

图 2 中 Num 1~41 与表 3 选取的 41 种风险的评判矩阵中表示的意义相同。当阈值取 11 时,以上的 41 种风险可分为 8 类(图 1 中的虚线圈)。根据他们的主要特征,它们分别命名为  $c_1$  生态过程类;  $c_2$  技术类;  $b_2$  经济管理;  $b_1$  社会类;  $E$  事故类;  $D$  自然人为耦合类;  $a_2$  自然类;  $a_1$  物理化学类。

当阈值取 14 时,以上风险可分为 5 类,分别命名为:  $C$  新风险类;  $B$  经济管理社会类;  $E$  事故类;  $D$  自然人为耦合类;  $A$  物理化学自然类(图 1 中的实线圈)。

## 4 结论与讨论

(1) Hayashi 数量化理论 III 用于风险分类的可行性。该方法通过风险理解矩阵,实现了风险的数值分类,结果如表 5 所示。该分类以建立体现风险过程理念的矩阵为基础,不仅能够分出合理的类别,

同时,可根据分类需求选择阈值调节分类的类型数量。另一方面,使用数量化的理论描述风险问题,比只用定性描述的方式对风险进行分类更有说服力,因为有了判断的标准更易于风险管理的客观化,这为多属性的风险分析进行了有益的探索。

不同等级的管理部门所需要的风险分类是不同的,国家级风险分类只需 3~5 类即可,阈值可取大些,如 15~20 的阈值范围(表 5);部门级风险分类需要风险类型多些,便于分类的管理,如 5~8 类,阈值可取 11~14;公司企业所直接面临的具体风险种类很多,阈值选取 5 左右,可对几乎所有的风险进行分类。风险类型可以根据需要进行调节,方便了不同管理水平的用户的使用。因此通过调整分类阈值,分类的应用部门还可增减类别数量。

(2) 分类结果与现有政策分类框架相符合。分类结果是与目前人们认识水平上的分类相一致的,并且与前文所提到的现有分类框架基本是适应的。当阈值取 14 时,风险分类结果除了  $C$  类外,  $A$  类与  $D$  类之和组成自然类,  $E$  类为事故类,  $B$  为社会安全类,与 2004 年国务院发布的《国家突发公共事件总体应急预案》近似一致,增加一类新风险。区别在

于所研究的风险不同,公共卫生类风险没有得到体现。当阈值取20时,风险分类结果与郭强对灾害的分类框架近似一致。

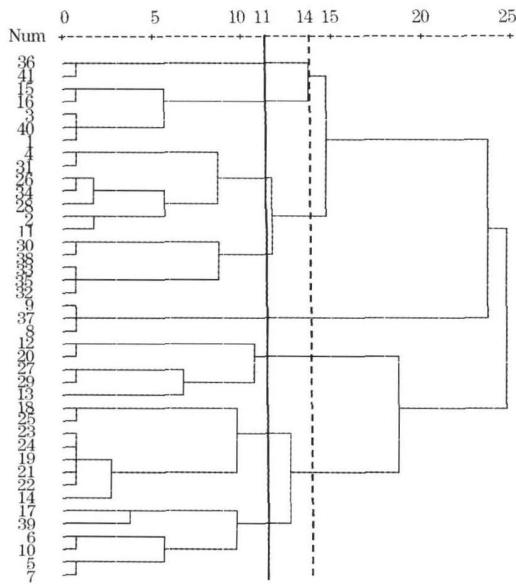


图2 41种风险欧式距离聚类

Fig 2 Cluster of the euclidean distance from 41 risks

(3) 风险分类具有客观易操作性。分类的依据根据风险聚类中阈值所取值而定,减少了人为判断的随意性,起到了客观分类的目的。与传统的基于人为主观判断的风险分类方法相比,基于数量化理论的数值分类有一定的客观性。在对风险分类时仅需对所研究的风险的属性做“1”或“0”的反映判断即可得到最终的分类结果,具有可操作性和说服力。

(4) 风险分类具有通用性。本文所研究的分类方法是基于社会所关注的所有风险的通用的分类。与具体行业和部门各自所研究的风险有所不同,但基于数量化理论的风险分类方法为不同类型学科专业进行风险分类提供了思路。

(5) 本文所研究风险分类的展望。本文分类结果还有不完备之处,个别风险的类别归属与人类的认知存在出入。对这类风险可通过属性判断矩阵的判断值加以调整,重新计算得分值后,调整分类结果。由于本文中除了一般灾害风险外,还包括了一些无法忽视的新增风险,而这些风险的分类至今仍在探讨中。

表5 不同阈值的分类结果

Table 5 Classification results from the different threshold

类别	=11	=14	=20
1	生态过程 $c_1$ :生态破坏、全球变暖	新风险类 C ( $C = c1 + c2$ )	
2	技术 $c_2$ :转基因食品、纳米技术;核战争、生化武器、核辐射		
3	经济管理 $b_2$ :粮食危机;非典;电磁辐射;经济危机、价格上涨;政治经济改革、股市剧烈波动	社会安全类 B ( $B = b1 + b2$ )	人为 B+C
4	社会类 $b_1$ :社会骚乱、战争、市场波动;决策失误暴力犯罪		
5	事故类 E:机器故障、房屋倒塌、操作失误	事故类 E	事故 E
6	自然人为耦合类 D:禽流感;资源匮乏、能源短缺;肺结核病、干旱	自然人为耦合类 D	
7	自然类 $a_2$ :农林病虫害;暴雨洪水、台风、闪电、森林火灾、沙尘暴;地质灾害、雪灾	物理化学自然类 A ( $A = a1 + a2$ )	自然 A+D
8	物理化学类 $a_1$ :伪劣产品;地震;火灾、工业三废;噪音、电击		

## 参考文献 (References):

- [1] Ortwin Renn. Risk Governance: Towards an Integrative Approach [R]. IRG white paper No 1, 2005.
- [2] Li Liguo, Chen Weilan. Emergency Disposal and Comprehensive Calamity Reduction of Disaster [M]. Beijing: Beijing University Press, 2007. [李立国,陈伟兰.灾害应急处置与综合减灾 [M].北京:北京大学出版社,2007.]
- [3] Guo Qiang, Chen Xingjin, Zhang Lihan, et al. Disaster Encyclopedia [M]. Taiyuan: Shanxi People's Publishing House, 1996. [郭强,陈兴民,张立汉,等.灾害百科全书 [M].太原:山西人民出版社,1996.]

- [4] Hayashi Chikio. Quantification Theory (in Japanese) [M]. Tokyo: Japan Newspaper Office of Economy, 1972. [林知夫.数量化の方法 [M].东京:东洋经济新报社,1972.]
- [5] Dong Wenquan, Zhou Guangya, Xia Lixian. Quantification and Its Utilization [M]. Changchun: Jilin People's Publishing House, 1979. [董文泉,周光亚,夏立显.数量化理论及其应用 [M].长春:吉林人民出版社,1979.]
- [6] Li Qiang, Song Hui, Bai Yongsheng. Evaluating general equipment support training based on fuzzy quantitative theory III [J]. *Armament Automation*, 2006, 25(11): 6-14. [李强,宋辉,白永生.基于模糊数量化理论的通用装备保障训练考评 [J].武器装备自动化,2006, 25(11): 6-14.]
- [7] Zhao Linjing, Quan Huaizhou. The application of fuzzy quantita-

- tive theory III in performance appraisal of human resource [J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Social Science Edition)*, 2004, 4(1): 76-85. [赵黎明, 全怀周. 模糊数量化理论 III 在人力资源绩效评估中的应用 [J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2004, 4(1): 76-85. ]
- [8] Wang Jiuli, Li Yaguang Application of quantification theory III to comprehensive evaluation of land quality [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1992, 14(2): 31-37. [王久丽, 李亚光. 数量化理论 III 在土地质量综合评价中的应用 [J]. 北京林业大学学报, 1992, 14(2): 31-37. ]
- [9] Xiao Huashan Application of the quantification theory in the environment supervision & judgment [J]. *Journal of Anhui Chemical*, 2003, 5(1): 33-35. [肖华山. 数理化理论在环境影响评价中的应用 [J]. 安徽化工, 2003, 5(1): 33-35. ]
- [10] WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen). *World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks* [R]. Annual Report 1998. Berlin, Germany: Springer, 2000.
- [11] Su Guiwu, Gao Qingshua The elements for analyzing natural disaster risk [J]. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10(suppl): 272-279. [苏桂武, 高庆华. 自然灾害风险的分析要素 [J]. 地学前缘, 2003, 10(特刊): 272-279. ]
- [12] Slovic P. Perception of risk [J]. *Science*, 1987, 236(4799): 280-285.
- [13] Xie Xiaofei, Wang Mei, Xu Liancang What risks are Chinese people concerned about? [J]. *Risk Analysis*, 2003, 23(4): 685-695.
- [14] Neto F, Mullet E. Societal risk as seen by Chinese students living in Macao [J]. *Journal of Risk Research*, 2001, 4: 63-73.
- [15] Shi Peijun, Zou Ming, Li Baojun, et al. Regional safety construction and risk management system—The actuality and trend of the study of disaster and risk based on the world congress on risk [J]. *Advances in Earth Science*, 2005, 20(2): 173-179. [史培军, 邹铭, 李保俊, 等. 从区域安全建设到风险管理体系的形成——从第一届世界风险大会看灾害与风险研究的现状与发展趋向 [J]. 地球科学进展, 2005, 20(2): 173-179. ]

## Risk Perception Quantification with the Application to Analysis of Risk Classification

LINing<sup>1</sup>, ZHANG Peng<sup>1</sup>, HUAIjun<sup>1,2</sup>, LI Xueqin<sup>1</sup>,  
CUIWEIFIA<sup>1</sup>, MENG Zhiqiang<sup>1</sup>, SHI Peijun<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education; Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China; Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Meteorological Bureau of Hunan Province, Changsha 410007, China)

**Abstract:** With the development of societal economy and technology, a lot of uncertainty risks become one of the important factors which disturb the human life. Thus, the study of risk problem has become an important part of the risk management. Risk classification is the basis of risk insurance, risk management, and the establishment of risk information database. The objective of this paper is to classify the risk affecting human life from the respective of risk perception. It builds the 0-1 judgment matrix by means of analysis of the current 41 kinds and 6 categories of risks that people are concerned about. Using the Hayashi qualification theory, through the Matlab software, to judge the structure of 0-1 risk matrix is judged and calculated to gain the scatter diagram of different risks. By the transform study of the risk scatter diagram we find that clustering the risk through Hayashi qualification theory can achieve good results. The risk cluster is objective; the classification result is not affected by transform of the risk matrix in different risk kind and category.

**Key words:** Hayashi qualification theory III; Risk classification; Risk perception; Risk management