

基于形式概念分析和层次分析法的 应急管理模糊综合评价法

邱奇志, 周 洁, 张金保*

(武汉理工大学 计算机科学与技术学院, 武汉 430063)

(* 通信作者电子邮箱 jinbao_2214@sina.com)

摘 要: 现代应急管理评价相关研究多围绕评价方法、模型等展开, 且存在着忽略事件类型对评价指标的影响、缺乏动态性、学者和公众参与度低等问题。为了解决这些问题, 提出了一种动态的、主客观相结合的新型应急管理评估方法。利用形式概念分析(FCA)动态地为一级评价指标赋权值, 采用层次分析法(AHP)融合主观因素, 最终使用模糊综合评价(FCE)方法得出评价结果。该方法将传统方法中的“常权”修正为“变权”, 确保了评价指标和结果的动态性, 实验表明此方法是可行有效的。

关键词: 形式概念分析; 应急管理; 动态权值; 层次分析法; 模糊综合评价

中图分类号: TP399; TP301.6 **文献标志码:** A

Fuzzy comprehensive evaluation method for emergency management capability based on formal concept analysis and analytic hierarchy process

QIU Qizhi, ZHOU Jie, ZHANG Jinbao*

(School of Computer Science and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430063, China)

Abstract: The researches on the emergency management capability evaluation mostly focus on the evaluation methods, models and etc., pay less attention on the influences varying from the emergency type, lack of dynamic and low participation of scholars and the public. A new method of emergency management capability evaluation was put forward by combining Formal Concept Analysis (FCA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) to figure out those problems. FCA was used to assign the first level index weights because of its outstanding ability on processing the data and extracting the rules, while AHP was used to take into the various factors. Then, Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE) was used to draw the evaluation results. As a result, the index weights had been varied which are constant in the traditional one. And the dynamic characteristic of the evaluation was also achieved. Finally, experiments show its feasibility and effectiveness.

Key words: Formal Concept Analysis (FCA); emergency management; dynamic weight; Analytic Hierarchy Process (AHP); Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE)

0 引言

近年来,国内各类突发事件严重威胁着社会的稳定和发展,应急管理已成为风险社会里政府工作的常态,探究合理科学的应急管理评价方法已成为学术界普遍关注的课题。

目前,一些学者在各自调研工作的基础上提出了应急管理评估框架。如邓云峰等^[1]构造了城市应急能力评估的框架体系,为当前进行城市应急能力评估提供了参考;张启义等^[2]则构建了公共危机事件发生时军队的应急管理评估指标体系。另一些学者则从系统理论的角度出发,运用统计学等其他领域的研究成果,确定指标权重,建立评价模型。如郭太生等^[3]提出在建立重点单位突发事件应急能力评价指标体系的基础上,可以根据情况选取专家计分法、层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)或模糊综合评价(Fuzzy Comprehensive Evaluation, FCE)进行评价;刘昆等^[4]则使用 AHP 与 FCE 实现了对钻井事故应急管理能力的评

价;张永领^[5]则通过使用 Delphi 法确定三级指标的评判及相应的权重,其缺陷是让应急管理中最差的关键因子来决定整个应急能力,有失公允性。

纵观以上研究现状,不难发现,无论是从实践还是理论的角度来看,应急管理评估还存在着不足:第一,缺乏成熟、稳定、统一的评价体系,一方面理论与实践脱节,另一方面评价指标庞杂,层次间逻辑关系不明确;第二,评价方法多采用经典的多准则决策方法,如主观赋权法,在采用这些方法进行评估时,无法适应突发事件的动态性、指标体系的扩展性等;第三,评价主体和评价指标设计单一,多由政府自主设计和自我评价,学者和公众参与度较低。除此以外,现有的评价体系在反映政府的组织结构、突发事件的事前评估等方面也存在着明显的不足。

基于以上原因,本文提出了一种动态的、主客观相结合的应急管理评估方法。

收稿日期: 2013-12-06; **修回日期:** 2014-02-17。 **基金项目:** 武汉理工大学研究生自主创新基金资助项目(135210010)。

作者简介: 邱奇志(1969-),女,湖北武汉人,副教授,主要研究方向:语义 Web、Web 数据挖掘、电子商务; 周洁(1990-),女,湖北武汉人,硕士研究生,主要研究方向:Web 数据挖掘; 张金保(1988-),女,湖北黄石人,硕士研究生,主要研究方向:Web 数据挖掘。

1 应急管理评估指标体系

“突发事件应急管理能力”这个概念,体现了某区域的自然状况与承灾条件下的人民与体制的能力,是一个庞大的社会系统工程,涵盖自然要素与社会要素、硬件条件与软件条件、人力资源与体制资源、工程能力与组织能力等多方面要素。

本文根据文献[6]对突发事件应急管理能力评价内容的分析,依据层次性、实用性、综合性、灵活性的原则,采用了如图1所示的应急管理评估指标体系,共有4个一级指标($L_1 \sim L_4$),24个二级指标。



图1 应急管理评估指标体系

2 相关理论

综合评价是指根据影响评价对象的指标的个性数据,选择适当的评价方法,提取指标的信息,从而反映评价对象的总体特征。权重的确定是综合评价中的关键步骤,根据各指标之间的联系可以确定其权重分布。与本文相关的研究理论有:形式概念分析(Formal Concept Analysis, FCA)、AHP和FCE。

2.1 FCA

近年来,随着大量的知识发现方法不断涌现,FCA作为一种针对知识发现的有力的数据分析工具,广泛应用于模式识别、机器学习、信息检索、专家系统和决策分析等领域。

基于“概念是由外延和内涵组成的思想单元”这一哲学上的理解,德国学者 While 于1982年开创了FCA研究领域。

在FCA中,外延是由概念所覆盖的对象构成的集合,内涵是由概念所覆盖对象共有的属性构成的集合。显然,这种形式化描述完全符合人类从感性认知到总结、归纳和抽象的认知规律、全部概念与它们之间的“特化/泛化”的关系,这些组合在一起就构成了一个概念格结构^[7]。FCA强调以人的认知为中心,提供了一种与传统的、统计的数据分析和知识表示完全不同的方法。由于它便于概念结构的开发和讨论,在某种意义上,概念格变成了一种外部认知的手段^[8]。

本文将FCA应用于应急管理评估中,以达到动态调整评价体系中一级指标权重的目的。通过FCA构建评价指标概念格,可以直观地展示各评价指标在不同类型灾害的应急管理评估中重要性及层次性,并通过概念的层次结构,揭示了不同层级评价指标间相互关联的紧密程度。通过FCA进行关联规则挖掘,生成的规则能够辅助专家科学正确地决策,动态调整各个指标的权值,使得评价指标权重配置方案更合理,从而提高应急管理评估结果的准确性。

2.2 AHP

AHP是一种解决多目标的复杂问题的决策分析方法。该方法将定量分析与定性分析结合起来,以决策者的经验判断各指标之间的相对重要程度,并合理地给出每个决策方案的每个标准的权重,进而求出各方案的优劣次序,广泛应用于难以用定量方法解决的决策问题^[9]。以下是AHP的关键步骤^[10]。

1) 构造判断矩阵。

判断矩阵表示本级指标针对其所隶属的上级指标的重要性。判断矩阵各元素的取值反映了人们对其相对重要性的认识,判断矩阵的元素 u_{ij} 一般用1~9标度法给出,由此得到判断矩阵 $S = (u_{ij})_{p \times p}$ 。

2) 计算判断矩阵及一致性检验。

在AHP中,用判断矩阵的最大特征根所对应的特征向量来表示各评价指标的重要性排序。通过计算一致性比率 $CR = CI/RI$ (其中 CI 代表一致性指标, RI 代表随机一致性指标),来判断排序结果是否具有满意的一致性。当 $CR < 0.1$ 时,认为权重的分配是合理的;否则要调整判断矩阵的元素取值,重新构造判断矩阵。

2.3 FCE

FCE是一种基于模糊数学的综合评判方法。FCE根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对多种因素制约的事物或对象作出一个总体的评价。它具有结果清晰,系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题^[11]。FCE的一般步骤如下^[12]。

1) 确定评价对象的因素集;

2) 确定评语集;

3) 作出单因素评价;

4) 综合评价。

FCE多用于模糊环境下对受多因素影响的事物做综合决策的领域。比如对企业融资效率、创新能力、经济效益、绩效考核的评价,选址问题等模糊性问题。FCE常与AHP、DEA、BP神经网络等方法一起使用。

3 应急管理评估模型

本文提出的应急管理评估模型如图2所示,主要包

括两个主要步骤:

1) 权重确定。由图1所示的评估指标体系可知,一级指标权重在不同类型的灾害处置中应赋予不同的值,而二级指标一方面与所隶属的一级指标间具有十分清晰的层级关系,另一方面同级指标间完全独立。因此本文采用FCA来确定一级指标的权重,二级指标的权重则采用AHP来确定,由此得到整个评价体系的指标权重。

2) 综合评价

确定系统的评价集后,由评审专家根据评价集对待评事物进行评价,由评价结果构造模糊评价矩阵,再依据权重确定阶段所得到的各级指标权重,进而构造出模糊综合评价矩阵。对其进行归一化处理后采用加权平均求隶属等级的方法对待评事物进行评价,从而确定其应急能力等级。

“常权”变“变权”是通过此模型的迭代性实现。权重的初始值由领域专家给出,随着数据库中数据的不断增加,FCA随之动态调整一级指标权重。

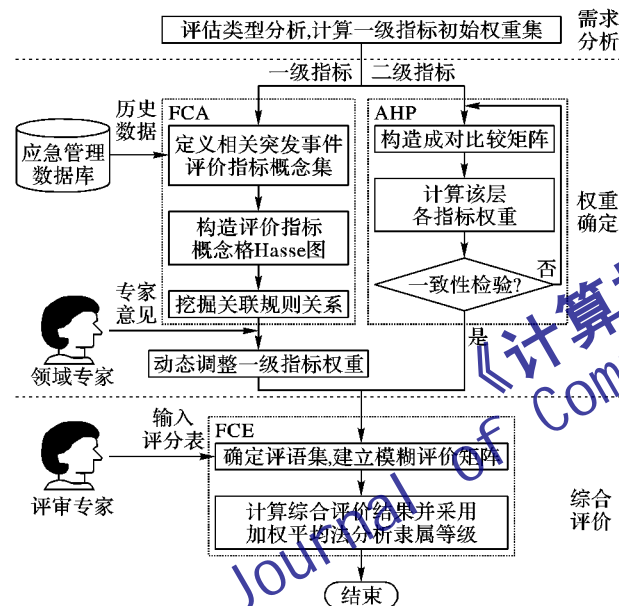


图2 应急管理评估模型

4 应急管理评估模型求解

4.1 一级权重指标计算

4.1.1 数据准备

本文认为,不同类型的突发事件应急能力的评价不应采用统一、固定的评价指标,即:各评价指标的权重随事件的类型不同而变化。下文以不同类型的灾害应急管理数据作为研究对象,研究不同类型第一层级的指标与应急能力的关联关系,选取了自然灾害和公共卫生安全为例来展开研究。首先,基于专家意见得出两类灾害类型的初始一级指标权重,如表1所示,其中 L_n 为第 n 个一级评价指标。

表1 初始一级指标权重集合

类型	L_1	L_2	L_3	L_4
自然灾害类	0.092	0.273	0.374	0.261
公共卫生安全类	0.271	0.246	0.196	0.287

4.1.2 基于评估结果的FCA

由于评估结果为多值二维表格,需要将其转化为FCA所

要求的单值形式背景。一个形式背景 $F := (P, L, R)$,是由两个集合 P 和 L 以及 P 和 L 间的关系 R 组成, P 的元素成为对象, L 的元素称为属性。 $(p, l) \in R$ 表示对象 p 具有属性 l 。由形式背景生成的概念格可以通过Hasse图来揭示概念之间的关系。

首先通过实例,将多个事件的评估结果离散化,根据专家评估结果将结果分成不同等级,设 $[85, 100] = A$ (优), $[70, 84] = B$ (良), $[60, 69] = C$ (中), $[0, 59] = D$ (差),评价等级 $E \in (A, B, C, D)$ 。其中: P_i 代表第 i 个突发事件, $L_n E$ 表示第 n 个一级指标的评价结果为 E , LE 表示总体评价结果的等级为 E 。然后,分别根据自然灾害类型和公共卫生安全类型及图1的评价指标体系,得到针对评价结果及其第一级评价指标的形式背景,如图3~4所示。

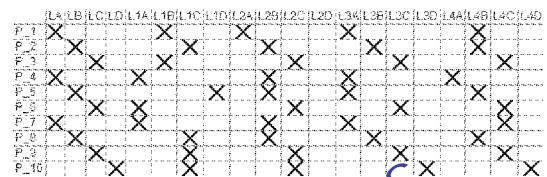


图3 自然灾害类一级评价指标形式背景

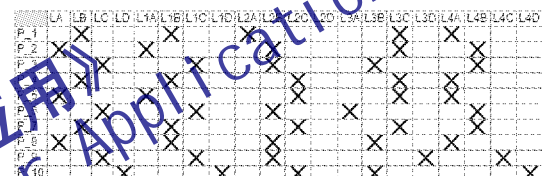


图4 公共卫生安全一级评价指标形式背景

上述数据产生的形式背景上的一个形式概念是二元组 (P_i, L_n) ,其中 $P_i \in P, L_n \in L$,且满足 $f(P_i) = L_n, g(L_n) = P_i$ 。若 $(P_1, L_1), (P_2, L_2)$ 是某个背景上的两个概念,而且 P_1 包含于 P_2 ,则称 (P_1, L_1) 是 (P_2, L_2) 的子概念,并记作 $(P_1, L_1) \leq (P_2, L_2)$,关系“ \leq ”称为是概念的“层次序”(简称序)。 (P, L, R) 的所有概念用这种序组成的集合称为形式背景 (P, L, R) 上的概念格^[13]。由图3~4形式背景生成的概念格Hasse图,分别如图5~6所示。

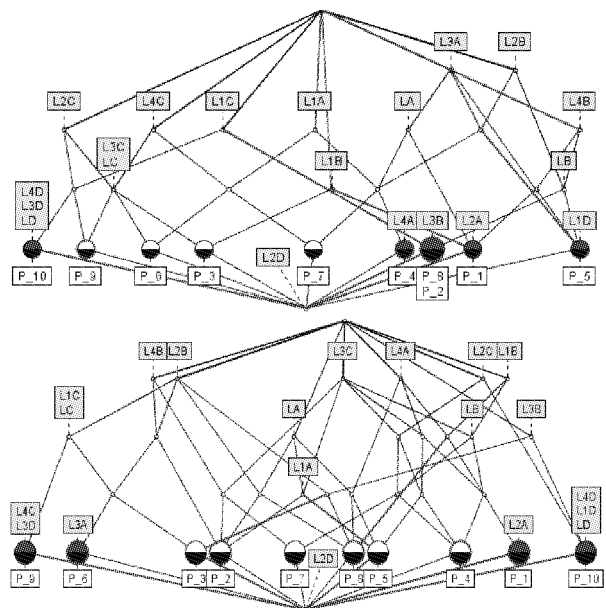


图6 公共卫生安全一级评价指标概念格Hasse图

由上述评价指标集构建的概念格 Hasse 图,通过节点的内涵和外延能够清晰展现不同概念节点间的层次关系,如图 5 中 LC/L_3C 同属一个概念节点,说明 LC (应急管理能力和评审结果为 C 的情景)与 L_3C (工程防御能力和评审结果为 C 的情景)指标有着极其密切的联系,而 LC 是 L_3C 的上级指标,说明 LC 的二级指标中, L_3C 对 LC 的影响较大。同理图 6 中, LA 和 L_1A 两个属性间的连线表明 LA 和 L_1A 两个属性有一定的关联关系。当然,Hasse 图所呈现和揭示的概念与概念之间的关系并不仅限于此,此处不一一赘述。

4.1.3 基于 FCA 的权重分析

利用 FCA,探讨下级指标对评估结果的影响,对一级指标 $L_1 \sim L_4$ 及其评价结果 L 进行关联规则挖掘。设置最小支持度为 10%,可信度为 30%,得到的关联规则如表 2 ~ 3 所示。通过表 2 中关联分析结果表明:

1) 指标 L_3 (工程防御能力)应该按照其与自然灾害的关联程度分配更高的权重。由表 2 知:指标 L_3 的 4 个等级中,“B”“C”“D”都与评价结果 L 相对应,并且具有很高的可信度(100%)和较高的支持度(均大于 20%),只有“A”的可信度稍微低一点(75%),这说明 L_2 与 L 符合正关联,且具有很强的关联性。即:4 个一级指标中 L_3 与评价结果的关联性最大,与图 5 中的概念格 Hasse 图所呈现的概念节点之间的关系相吻合。

表 2 自然灾害评价结果 L 与其下级指标 $L_1 \sim L_4$ 的关联规则

指标	关联规则	支持度 /%	可信度 /%
L_1	$L_1A \Rightarrow LA$	20	66.7
	$L_1A \Rightarrow LC$	10	33.3
	$L_1B \Rightarrow LA$	10	50.0
	$L_1B \Rightarrow LC$	10	50.0
	$L_1C \Rightarrow LB$	20	50.0
L_2	$L_2A \Rightarrow LA$	10	100.0
	$L_2B \Rightarrow LA$	20	40.0
	$L_2B \Rightarrow LB$	30	60.0
	$L_2C \Rightarrow LC$	30	75.0
	$L_2D \Rightarrow LC$	30	75.0
L_3	$L_3A \Rightarrow LA$	30	75.0
	$L_3B \Rightarrow LB$	20	100.0
	$L_3C \Rightarrow LC$	30	100.0
	$L_3D \Rightarrow LD$	10	100.0
	$L_3D \Rightarrow LC$	10	100.0
L_4	$L_4A \Rightarrow LA$	10	100.0
	$L_4B \Rightarrow LB$	30	75.0
	$L_4C \Rightarrow LC$	30	75.0
	$L_4D \Rightarrow LD$	30	75.0
	$L_4D \Rightarrow LC$	30	75.0

2) 指标 L_4 (灾害救援能力)应该适当增加其权重。指标 L_4 在较高的支持度(均为 30%)的前提下,“B”“C”“D”都与评价结果 L 相对应,也具有较高的可信度(75%)。

3) 指标 L_1 (社会控制能力)的权重应降低。表 1 显示 L_1 与评价结果 L 的关系中其支持度和可信度较低。

因此,基于表 2 的关联规则可得出 L_3 、 L_4 、 L_2 、 L_1 与 L 的关联性依次递减,应适当调整各指标的权重。修正后的指标权重见表 4。

利用同样的原理和方法,可得出表 3 中公共卫生安全中 4 个指标($L_1 \sim L_4$)与评价结果 L 的关联关系。可以得出, L_1 (社会控制能力)与评价结果 L 的关联性最大, L_4 (灾害救援能力)次之,而 L_2 (公共行为反应)和 L_3 (工程防御能力)依次递

减。表 4 中显示了修正后的公共卫生安全类指标权重。

表 3 公共卫生安全评价结果 L 与其下级指标 $L_1 \sim L_4$ 的关联规则

指标	关联规则	支持度 /%	可信度 /%
L_1	$L_1A \Rightarrow LA$	10	100.0
	$L_1B \Rightarrow LB$	30	75.0
	$L_1C \Rightarrow LC$	20	100.0
	$L_1D \Rightarrow LD$	20	100.0
	$L_1D \Rightarrow LC$	20	100.0
L_2	$L_2A \Rightarrow LB$	10	100.0
	$L_2B \Rightarrow LA$	20	40.0
	$L_2B \Rightarrow LC$	30	60.0
	$L_2C \Rightarrow LB$	20	100.0
	$L_2D \Rightarrow LD$	10	100.0
L_3	$L_3A \Rightarrow LC$	10	100.0
	$L_3B \Rightarrow LA$	10	33.3
	$L_3B \Rightarrow LC$	10	33.3
	$L_3B \Rightarrow LD$	10	33.3
	$L_3C \Rightarrow LA$	20	40.0
	$L_3C \Rightarrow LB$	30	60.0
	$L_3D \Rightarrow LC$	10	100.0
L_4	$L_4A \Rightarrow LA$	20	50.0
	$L_4A \Rightarrow LB$	20	50.0
	$L_4B \Rightarrow LC$	20	50.0
	$L_4C \Rightarrow LC$	10	100.0
	$L_4D \Rightarrow LD$	10	100.0

表 4 修正后一级指标权重集合

类型	L_1	L_2	L_3	L_4
自然灾害类	0.085	0.207	0.396	0.312
公共卫生安全类	0.347	0.256	0.091	0.306

通过表 2 ~ 4 可得出:不同的灾害类型,各指标对评价结果的影响程度不同;并且随着实例数的增加,各指标的权重也会动态发生变化。因此,通过上述方法产生各指标间的关联规则,为专家在给这四个指标分配权重时提供了参考依据,可以按照指标的关联性大小给予适当的权重,同时不同指标与评价结果之间的关联性在一定程度上体现了灾害的类型,从而使得评估系统中的指标权重方案随具体情况动态调整,有助于提高应急管理能力和评审结果的准确性和科学性。

4.2 二级权重指标计算

4.2.1 构建判断矩阵

以自然灾害类型的突发事件为例,根据本文的评价体系,采用 AHP 构建 4 个判断矩阵 $S_k(k = 1, 2, 3, 4)$,其中 S_k 表示第 k 个一级指标所包含的二级指标间的相互重要性。

$$S_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1/4 \\ 1 & 1 & 1 & 1/2 & 2 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2/3 \\ 2 & 2 & 1/2 & 1 & 2 & 1 & 1/2 \\ 3 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 & 1/4 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 4 & 1 & 1/2 \\ 4 & 3 & 3/2 & 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1/4 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 3 & 2 & 4 & 3 \\ 1 & 1 & 2 & 5 & 4 & 6 & 5 \\ 1 & 1/2 & 1 & 2 & 2 & 4 & 3 \\ 1/3 & 1/5 & 1/2 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 1/2 & 1/4 & 2 & 1 & 1 & 3 & 3/2 \\ 1/4 & 1/6 & 1/4 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/6 & 1/4 & 2 \\ 2 & 1 & 1/5 & 1 & 2 \\ 6 & 5 & 1 & 5 & 6 \\ 4 & 1 & 1/5 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/6 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

4.2.2 计算判断矩阵并进行一致性检验

计算判断矩阵的最大特征根以及其对应的特征向量,以 S_4 矩阵为例。

$$S_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/6 & 1/4 & 2 \\ 2 & 1 & 1/5 & 1 & 2 \\ 6 & 5 & 1 & 5 & 6 \\ 4 & 1 & 1/5 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/6 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{列向量归一化}} \begin{bmatrix} 0.074 & 0.063 & 0.996 & 0.032 & 0.154 \\ 0.148 & 0.125 & 0.115 & 0.129 & 0.154 \\ 0.444 & 0.625 & 0.577 & 0.645 & 0.462 \\ 0.296 & 0.125 & 0.115 & 0.129 & 0.154 \\ 0.037 & 0.063 & 0.096 & 0.064 & 0.075 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{求行和并归一化}} \begin{bmatrix} 0.084 \\ 0.134 \\ 0.551 \\ 0.164 \\ 0.067 \end{bmatrix}$$

$$w_4 = \begin{bmatrix} 0.084 \\ 0.134 \\ 0.551 \\ 0.164 \\ 0.067 \end{bmatrix}$$

由此得出了 L_4 的各二级指标的权重。

$$\text{由于 } S_4 \cdot w_4 = \begin{bmatrix} 0.418 \\ 0.671 \\ 2.753 \\ 0.819 \\ 0.337 \end{bmatrix} \xrightarrow{S_4 \cdot w_4 = \lambda \cdot w_4}$$

$$\lambda = \frac{1}{5} \left(\frac{0.418}{0.084} + \frac{0.671}{0.134} + \frac{2.753}{0.551} + \frac{0.819}{0.164} + \frac{0.337}{0.067} \right) = 5.239$$

则成对比较矩阵 S_4 的一致性比率:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{1.12} = \frac{5.239 - 5}{4 \cdot 1.12} = 0.053 < 0.1$$

即成对比较矩阵 S_4 通过一致性检验。同理可得:

L_1 的二级指标权重 w_1 为:

$$[0.069 \quad 0.101 \quad 0.173 \quad 0.139 \quad 0.087 \quad 0.172 \quad 0.257]$$

L_2 的二级指标权重 w_2 为:

$$[0.12 \quad 0.321 \quad 0.214 \quad 0.105 \quad 0.211]$$

L_3 的二级指标权重 w_3 为:

$$[0.209 \quad 0.312 \quad 0.178 \quad 0.092 \quad 0.095 \quad 0.045 \quad 0.068]$$

4.3 待评价对象的隶属度计算

根据评审专家对各项二级指标的评分结果计算评价矩

阵,以 L_4 指标为例。其对应的评价矩阵 R_4 为:

$$\begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.1 & 0.3 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.1 & 0.2 & 0.6 \\ 0.1 & 0.1 & 0.8 & 0 \end{bmatrix}$$

则 L_4 的单因素评价矩阵为:

$$B_4 = w_4 \cdot R_4 = [0.084 \quad 0.134 \quad 0.551 \quad 0.164 \quad 0.067] \cdot \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.1 & 0.3 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.1 & 0.2 & 0.6 \\ 0.1 & 0.1 & 0.8 & 0 \end{bmatrix} = [0.175 \quad 0.444 \quad 0.232 \quad 0.151]$$

同理可计算出:

L_1 的单因素评价矩阵:

$$B_1 = [0.276 \quad 0.287 \quad 0.195 \quad 0.24]$$

L_2 的单因素评价矩阵:

$$B_2 = [0.446 \quad 0.197 \quad 0.19 \quad 0.165]$$

L_3 的单因素评价矩阵:

$$B_3 = [0.275 \quad 0.333 \quad 0.286 \quad 0.105]$$

则待评事物的综合评价矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} 0.276 & 0.287 & 0.195 & 0.24 \\ 0.446 & 0.197 & 0.19 & 0.165 \\ 0.275 & 0.333 & 0.286 & 0.105 \\ 0.175 & 0.444 & 0.232 & 0.151 \end{bmatrix}$$

由 4.1 节知自然灾害类型的一级指标权重集合为:

$$W = [0.085 \quad 0.207 \quad 0.396 \quad 0.312]$$

则待评事物模糊综合评价的结果:

$$C = W \cdot B = [0.085 \quad 0.207 \quad 0.396 \quad 0.312] \cdot \begin{bmatrix} 0.276 & 0.287 & 0.195 & 0.24 \\ 0.446 & 0.197 & 0.19 & 0.165 \\ 0.275 & 0.333 & 0.286 & 0.105 \\ 0.175 & 0.444 & 0.232 & 0.151 \end{bmatrix} = [0.23 \quad 0.336 \quad 0.242 \quad 0.143]$$

若采用最大隶属度原则,该待评事物最大隶属度为 0.336, 即其评价结果为 B 等级。由于这种方法容易使结果失真,因而本文采用的是加权平均法。约定 A 等级对应的是 90 分, B 等级对应的是 80 分, C 等级对应的是 70 分, D 等级对应的是 45 分, 则该待评事物的总得分为: $0.23 \times 90 + 0.336 \times 80 + 0.242 \times 70 + 0.143 \times 45 = 70.96$, 即所隶属的等级应为 C。

5 结语

本文采用 FCA 以及 AHP 分别来确定一级指标与二级指标权重,此方法具有较强的逻辑性、实用性和系统性,并能动态地得出各评价指标的权重。采用 FCA 构建评价指标概念格,能够呈现和揭示相关评价指标和上级指标之间内在关联和隐含关系。在此基础上进行关联规则的挖掘,辅助专家对

各级指标的权重配置方案进行动态修正,实现评价指标的逆向变权。基于FCA的应急管理动态评价模型,克服了传统的主观评价所存在的缺陷,这种动态变权评价模型将客观数据与专家的经验相结合,使得评价结果更加科学和客观。在对模糊综合评价结果进行分析时,本文使用加权平均求隶属等级的方法,得出的结果更符合实际情况,在一定程度上解决了常用的最大隶属度原则方法中存在的有效性问题的。本文提出的评估模型具有较好的可扩展性,即适用于层次结构多于两级的评价体系。此外,现有的软件工具,如Conexp、Matlab等能为本文方法提供有力的技术支持,增加此方法的易用性。

未来的工作主要包括:1)“去噪”问题,如何从大量的灾害信息中筛选出有用的数据进行评价分析;2)使用FCA辅助AHP生成二级指标权重,从而克服AHP构建判断矩阵时存在的片面主观性等问题。

参考文献:

- [1] DENG Y, ZHENG S, LIU G, et al. Study on city emergency capability assessment system[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2005, 1(6): 33-36. (邓云峰, 郑双忠, 刘功智, 等. 城市应急能力评估体系研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2005, 1(6): 33-36.)
- [2] ZHANG Q, YUAN Z. A research on assessment mechanism of military's public emergency management capability[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics: Social Sciences, 2012, 25(5): 20-24. (张启义, 袁中. 公共危机事件应急能力评估机制研究[J]. 北京航空航天大学学报: 社会科学版, 2012, 25(5): 20-24.)
- [3] GUO T S, KOU L. Study on the target system for evaluating the contingency ability of emergency in key or special unit[J]. Journal of Chinese People's Public Security University: Social Sciences, 2010(3): 80-88. (郭太生, 寇雨平. 重点单位突发事件应急能力评价指标体系研究[J]. 中国人民公安大学学报: 社会科学版, 2010(3): 80-88.)
- [4] LIU K, TANG C. Research on evaluation system of emergency management capability of drilling[J]. Shanxi Electronic Technology, 2013(5): 84-86. (刘昆, 汤成兵. 钻井事故应急能力评价系统的研究[J]. 山西电子技术, 2013(5): 84-86.)
- [5] ZHANG Y. A stepwise assessment model for emergency capability based on delphi method and minimum distinction[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(2): 165-170. (张永领. 基于Delphi法和最小判别的应急能力逐级评价模式研究[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(2): 165-170.)
- [6] SONG Y. The introduction of emergency management [M]. Beijing: Chinese Economic Publishing House, 2009: 212-213. (宋英华. 突发事件应急管理导论[M]. 北京: 中国经济出版社, 2009: 212-213.)
- [7] LI J H, LYU Y. Novel algorithm for attribute reduction of concept lattice[J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(20): 148-151. (李金海, 吕跃进. 一种新颖的概念格属性约简算法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(20): 148-151.)
- [8] ZHI H, ZHI D. Research on object concepts and attribute concepts in formal concept analysis [J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(18): 112-115. (智慧来, 智东杰. 形式概念分析中的对象概念与属性概念[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(18): 112-115.)
- [9] HUANG Y, LI Y. The application of analytic hierarchy process in project risk management[J]. Communications Science and Technology Heilongjiang, 2013(4): 178-181. (黄跃林, 李银. 层次分析法在工程项目风险管理中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2013(4): 178-181.)
- [10] QIN T, SHANG Y, LIU Z. Study on the index system of safety evaluation in coal mine based on AHP[J]. Modern Mining, 2010(5): 70-72. (秦涛, 商宇航, 刘振文. 基于层次分析法的煤矿安全评价指标体系研究[J]. 现代矿业, 2010(5): 70-72.)
- [11] ZENG R, LI J, WANG B. Fuzzy comprehensive evaluation method based on entropy in road flood risk assessment[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2010, 21(3): 83-87. (曾蓉, 李俊业, 王宝亮. 基于熵权的模糊综合评价法在公路洪灾风险评价中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 2010, 21(3): 83-87.)
- [12] SHAO C. The implication of fuzzy comprehensive evaluation method in evaluating internal financial control of enterprise[J]. International Business Research, 2009, 2(1): 210-214.
- [13] RAFFERTY P, HEDDERLEY R. Flickr and democratic indexing: dialogic approaches to indexing[J]. Aslib Proceedings: New Information Perspectives, 2007, 59(4/5): 397-410.
- [14] YUANG Y, BIAN F. Application of RSS in map service[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(8): 728-730. (袁莹, 边馥蓉. RSS技术在地图服务中的应用研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2006, 31(8): 728-730.)
- [15] LI L, WANG J. Research and system design of two dimensional Web information syndication [J]. High-tech Communications, 2007, 17(11): 1125-1130. (李蕾, 王劲林. 二维网络信息聚合的研究与系统设计[J]. 高技术通讯, 2007, 17(11): 1125-1130.)
- [16] LONG Y, WANG K, TANG Z. Primary exploration of the approach of geographic data encoding GeoRSS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2010, 35(6): 225-227, 249. (龙岳红, 王科, 唐争气. 地理数据编码方法 GeoRSS 初探[J]. 测绘科学, 2010, 35(6): 225-227, 249.)
- [17] SORATHIA V, MAITRA A. Spatial data access patterns in semantic grid environment[C]// OTM 2006: Proceedings of the 2006 International Conference on the Move to Meaningful Internet Systems. Berlin: Springer-Verlag, 2006: 1586-1595.
- [18] CAMMACK R G. Open content Web mapping service: a Really Simple Syndication (RSS) approach [C]// Location Based Services and TeleCartography, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography 2007. Berlin: Springer-Verlag, 2007: 417-431.
- [19] GIL P. RSS — What is "RSS"? [EB/OL]. [2013-10-20]. <http://netforbeginners.about.com/od/rssandlivewebfeeds/f/rss.htm>.
- [20] SINGH R, LAKE R, et al. An introduction to GeoRSS: a standards based approach for geo-enabling RSS feeds [EB/OL]. [2013-10-20]. <http://www.opengeospatial.org/pressroom/papers>.

(上接第1818页)