



doi:10.11835/j.issn.1008-5831.2015.06.013

欢迎按以下格式引用:张吉军,姜一. 基于尖锥网络分析法的企业突发事故灾难应急能力综合评价研究[J]. 重庆大学学报:社会科学版,2015(6):112-122.

Citation Format: ZHANG Jijun, JIANG Yi. Research on the corporate emergency response capability evaluation based on cone-ANP [J]. Journal of Chongqing University: Social Science Edition, 2015(6):112-122.

基于尖锥网络分析法的企业突发事故灾难应急能力综合评价研究

张吉军,姜一

(西南石油大学 经济管理学院,四川 成都 610500)

摘要:对企业突发事故灾难应急能力进行综合评价是加强应急能力建设的基础。文章针对现有研究中评价指标体系不完整、权重分配不合理、评价模型不能充分考虑评价中的不确定性与均衡性问题,首先分析了企业突发事故灾难全过程与全系统应急能力的综合构成;其次通过确定各单项应急能力间的相互支配关系,构建了区别于传统层次结构的尖锥网络结构评价指标体系并求取权重;最后基于几何加权算法,提出了基于二元联系数的组合几何加权评价模型,实现了对企业突发事故灾难全过程与全系统完整应急能力的定性与定量相结合的综合评价,为企业建立应急能力综合评价机制、提高应急能力水平提供方法指导与参考依据。

关键词:应急能力;尖锥网络分析法;评价指标体系;组合几何加权;评价模型

中图分类号:X913 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2015)06-0112-11

近年来油气输配管道爆炸、矿井透水坍塌、剧毒化学药品泄漏等突发事故灾难事件在工矿商贸企业中频发,造成了巨大的损失与负面影响。一些企业连年遭受重创却仍不能对其有效地预防与应对,表现出应急能力的严重不足。对此,管理者迫切希望通过应急能力评价,来准确认识企业现有应急能力的真实水平,并以此为据分析应急管理工作的优势与缺陷,探索提高应急能力的有效途径。由于中国工矿商贸企业进行突发事故灾难应急能力评价的工作起步较晚,目前在评价方法上仍存在着较多不足。应急能力评价方法的不足,导致了管理者对自身应急能力认识不足;管理者对自身应急能力认识不足,导致了应急能力建设工作不足;而应急能力建设工作不足最终导致了突发事故灾难应急能力不足。由此可见,造成这一系列恶性连锁反应的根源是应急能力评价方法不足,因此,探寻一套科学有效的突发事故灾难应急能力评价方法对企业加强应急能力建设、迅速提高突发事故灾难应急能力具有重要的现实意义。

国外学者针对应急能力评价的研究主要以 CAR 评价体系^[1]为基础进行实证研究,并根据应急管理理论从单一灾种应急管理向全面应急管理发展,不断对 CAR 评价体系中的评价指标进行扩充与优化。其中, Mann 认为美国各州欠缺生化袭击的应对计划,应当增加针对生化袭击应对能力的评价内容^[2]; Adini 提出了应急能力的金字塔理论,认为完整的应急能力应该包括计划和政策、设备和基础设施、人员的知识和能力以及培训和演练等 4 个方面^[3]; Daniel 等根据应急管理的全过程理论认为地方政府应急管理的质量取决于地

修回日期:2015-09-26

基金项目:“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室开放基金资助项目(PLN1012);四川省哲学社会科学规划项目(SC10E027)

作者简介:张吉军(1963-),男,四川南充人,西南石油大学经济管理学院教授,博士研究生导师,主要从事风险管理、决策分析研究。

方政府应急准备、缓解影响、应急响应和恢复,并根据此设置了应急能力评价指标^[4-6]。

国内学者针对应急能力评价的研究主要根据应急能力所属对象的特征与差异,构建不同的应急能力评价指标体系与评价模型。其中,张永领以应急管理阶段为依据建立了突发事件应急能力的评估指标体系,包括突发事件应急准备、突发事件应对以及灾后重建3个一级指标系统和11个二级指标系统^[7];刘仁辉建立了包括监测预警能力、应急控制能力、应急救援能力、应急保障能力以及恢复能力6个方面构成的项目安全事故应急管理评价指标体系^[8];卢文刚等应用层次分析法,依据应急管理4个阶段建构了中国城市电力系统的电力应急能力评价指标体系^[9-10];尹俊淞通过分析轨道交通应急能力的影响因素,建立多层次的评价指标体系,引入灰色聚类分析对轨道交通应急能力进行综合评价^[11];荣莉莉从知识供需匹配应急预案的角度提出评价及诊断应急能力的方法^[12]。

通过文献分析,目前学者们主要以应急管理过程为依据设计应急能力评价指标、以层次分析法(AHP)求取评价指标权重、以模糊综合评价法为主导进行评价。研究存在如下缺陷。

其一,应急能力评价指标体系构建不合理。一方面,企业应急管理活动与突发事故灾难事件发展演化全过程以及应急管理全系统的运转相互对应,因此完整的应急能力也应该从全过程与全系统上共同构成,而仅以应急管理过程为依据设计应急能力评价指标具有一定的片面性;另一方面,应急能力的构成与相互影响关系极其复杂^[13],现有研究中所构建的层次结构评价指标体系,同层次指标间往往不能相互独立,因此采用层次分析法(AHP)求取指标权重不够准确^[14]。

其二,评价方法不能充分考虑评价中的不确定性。评价者对应急能力评价指标的认识与度量会因主观因素的影响而产生一定的不确定性。模糊综合评价法采用 $[0,1]$ 区间中的某个确定数值描述这种“不确定性”丢弃了评价对象变化范围的重要信息;此外,模糊综合评价法的本质仍然是将指标度量值与指标权重进行算术加权,并进行“取大取小”运算。这种算法既会导致信息的丢失,使评价结果难以分辨,又不能体现指标间的均衡性,使评价结果缺乏客观真实性^[15]。

为解决上述问题,本文首先分析了企业突发事故灾难应急能力全过程与全系统的具体构成;其次通过分析各单项应急能力之间的相互支配关系,基于尖锥网络分析法建立了完整的评价指标体系;最后采用组合几何加权的方式,构建了基于二元联系数的综合评价模型。

一、企业突发事故灾难应急能力构成

根据笔者先前的研究,企业突发事故灾难应急能力由全过程应急能力与全系统应急能力综合构成。从全面应急管理的视角看,企业全时间序列上的应急管理活动与突发事故灾难在时间序列上的发展过程相互对应,即针对事件整个发展过程中,事前、准备、事中、事后各个阶段的特点采取相应的方法手段预防、控制、应对突发事故灾难。由全时间序列应急管理活动体现出的全过程应急能力,即为事前监测预警能力、事前准备能力、事中救援处理能力和事后恢复处置能力的综合^[16]。

企业全方位应急管理活动是通过协调运转应急管理系统中各个子系统,完成处理突发事故灾难时应急信息处理、分析辅助决策、指挥协调应急行动等不同的应急工作任务。由全方位应急管理活动体现出的全系统应急能力,即为应急信息管理系统能力、应急辅助决策系统能力、应急指挥调度系统能力、应急处置实施系统能力的综合。

由此看来,完整的企业突发事故灾难应急能力是由全过程与全系统中各单项应急能力共同构成的一种综合能力。在综合文献^[17-19]的基础上,通过进一步分析两类不同应急管理活动的具体内容,应急能力又可以进一步细分为21个单项应急能力,具体由表1所示。

二、企业突发事故灾难应急能力评价指标体系

根据上述企业突发事故灾难应急能力构成的分析,本文选取上述21个单项应急能力为企业突发事故灾难应急能力评价指标。对于全过程应急能力,各阶段应急能力存在链式累加的影响关系,如准备阶段的应急能力越强,就越有利于为事中阶段的救援处置工作提供帮助支持,而在这种支持下完善的事中应急工作也会相应体现出较强的应急能力;对于全系统应急能力,各子系统之间呈现出网状集合影响关系,如信息管理系统应急能力、辅助决策系统应急能力越强,系统功能发挥越完善,越有利于保障指挥调度系统、处置实施系统的全面运行,从而相应体现出较强的应急能力^[20]。

表1 企业突发事故灾难应急能力构成表

	单项应急能力	具体描述	符号表示
监测预警能力	危险源监控能力	全面识别危险源,持续对其状态进行实时监控	a_1
	灾难预测能力	对至灾因素引起事故灾难的可能性、类型、规模、损失后果、发展趋势进行预测	a_2
	预警能力	出现隐患后及时向涉事单位、部门、个人发布预警信息,警示其迅速进入预警状态	a_3
事前准备能力	日常建设能力	应急管理日常工作机制建设与组织体系建设	a_4
	应急预案制定能力	企业及其下属各级单位对所涉及的各类事故灾难制定一系列具体的应对计划	a_5
	应急培训宣传能力	制定培训计划,组织相关人员进行应急专业培训、应急预案演习,在企业内部进行应急管理宣传	a_6
救援处理能力	救援队伍救援能力	对事故灾难发生现场的伤员进行搜救与医疗	a_7
	事故现场处理能力	在事故灾难发生现场采取措施控制,防止事件进一步扩大,恶化发展	a_8
恢复处置能力	灾后恢复重建能力	灾后现场清理,制定恢复重建计划,速恢复生产经营	a_9
	评价调查能力	对事件起因进行调查,评估损失,评价本次应急工作,总结优势与不足	a_{10}
	后续问题处理能力	补偿相关方损失,治理事故灾难造成的环境污染,恢复企业形象	a_{11}
应急信息管理系统能力	信息收集传输能力	从各项具体的应急工作中收集相关信息,处理后传输至其他子系统	b_1
	信息处理能力	对收集的应急信息进行统计、分类与储存,建立相应的应急资料数据库	b_2
	信息联动能力	与地方救援、医疗、消防、环保等部门机构建立信息联动平台,实现应急信息共享	b_3
应急辅助决策系统能力	应急问题研究能力	对事故灾难发生机理、应急管理机理、应急行动方案等问题进行研究,提供科学理论依据、方法指导。	b_4
	决策生成能力	分析应急信息,作出有效决策,生成决策意见,指导下一步的具体应急工作	b_5
应急指挥调度系统能力	应急启动能力	根据事件级别启动完整的应急响应程序,部署实施相应的应急预案	b_6
	组织协调能力	组织各方应急人员进驻事故现场开展应急工作,协调各类应急资源优化配置,各项应急工作有序进行	b_7
应急处置实施系统能力	任务计划执行能力	实施监控网络部署、隐患控制措施,实行培训与演习方案,部署应急资源等具体应急任务计划	b_8
	响应行动能力	实施医疗救助、工程抢险、警戒与交管、应急联防等一系列具体的响应行动工作	b_9
	资源保障能力	应急资源准备、供给、配送	b_{10}

由此可见,全过程应急能力评价指标中每个阶段的应急能力、全系统应急能力评价指标中每个子系统的应急能力之间均存在着一定的相互支配关系,即正相关影响作用。当评价指标存在这种特性时,采用传统的层次分析法(AHP)分析评价指标体系结构求取权重显然不合理;传统网络分析法(ANP)构建的网络分析结构虽然可以表述相互支配关系,但是由于缺乏区分元素的源发性、过渡性与接受性,导致在关于元素集内部自依赖关系和元素集之间相对重要性的比较上,采取的是“相对于甲元素比较甲元素和乙元素,相对于甲元素集比较甲元素集与乙元素集”的特殊比较逻辑,这种比较逻辑也必将导致决策者给出明显武断的判断,最终在元素重要性排序上产生逆序^[21]。对此,本文采用文献[21]提出的尖锥网络分析法(Cone Analytic Network Process, C-ANP)来分析企业突发事故灾难应急能力评价指标体系的系统结构,并求取评价指标权重。

(一) 应急能力评价指标的尖锥网络分析结构

1. 尖锥元素集划分

尖锥元素集中的元素与传统 ANP 元素集中的元素在自身属性上完全相同,均是由一类具有共性的元素所组成。但是尖锥元素较传统 ANP 元素更注意区分元素之间的相互支配关系,并根据不同的支配关系来定义锥顶元素与锥底元素。

锥顶元素:该元素只对本元素集内其他元素有支配关系,不受其他元素支配。在结构图形中表现为:仅有出自它的箭线,没有指向它的箭线。锥底元素:既对其他元素有支配关系,又受到其他元素的支配。在结构图形中表现为:既有出自它的箭线,又有指向它的箭线。

企业突发事故灾难全过程应急能力评价指标是应急管理全过程应急能力的具体构成,具有时间序列上的共性,企业突发事故灾难全系统应急能力评价指标是全系统应急能力的构成,具有方位上的共性。因此,将全过程应急能力评价指标划分为尖锥元素集 $C_1 = \{a_i | i = 1, 2 \dots 11\}$, 全系统应急能力评价指标划分为尖锥元素集 $C_2 = \{b_i | i = 1, 2 \dots 10\}$ 。

2. 单项应急能力支配关系分析

尖锥元素类型的划分主要通过分析各分项应急能力间是否存在直接支配关系,即正相关的影响作用,本文采用 ISM 方法,通过邀请专家对各单应急能力进行直接支配关系的判断构建关系矩阵,来确定企业突发事故灾难各单项应急能力间的直接支配关系。

$$K_1 = \begin{matrix} & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & a_6 & a_7 & a_8 & a_9 & a_{10} & a_{11} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \\ a_9 \\ a_{10} \\ a_{11} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

对全过程应急能力尖锥元素集 C_1 的内部元素进行支配关系判断。构造判断矩阵 K_1 , 矩阵中 0 即表示 a_i 对 a_j 不存在直接支配关系, 1 即代表 a_i 对 a_j 存在直接支配关系。

在矩阵 K_1 中, 第 4 列为 0, 行不为 0, 即元素 a_4 不受其他元素支配, 只对其他元素有支配关系。因此, a_4 为锥顶元素。 C_1 中其他元素为锥底元素。

对全系统应急能力尖锥元素集 C_2 的内部元素进行支配关系判断。构造判断矩阵 K_2 , 矩阵中 0 即表示 b_i 对 b_j 不存在直接支配关系, 1 即代表 b_i 对 b_j 存在直接支配关系。在矩阵 K_2 中, 第 1 列为 0, 行不为 0, 即元素 b_1 不受其他元素支配, 只对其他元素有支配关系。因此, b_1 为锥顶元素。 C_2 中其他元素为锥底元素。

$$K_2 = \begin{matrix} & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 & b_7 & b_8 & b_9 & b_{10} \\ \begin{matrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \\ b_8 \\ b_9 \\ b_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

$$K_3 = \begin{matrix} & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 & b_7 & b_8 & b_9 & b_{10} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \\ a_9 \\ a_{10} \\ a_{11} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

同理,对全过程应急能力尖锥元素集 C_1 中锥底元素与全系统应急能力尖锥元素集 C_2 中锥底元素进行支配关系判断。判断矩阵 K_3 , 矩阵中0即代表 a_i 对 b_j 不存在直接支配关系,1即代表 a_i 对 b_j 存在直接支配关系。判断矩阵 K_4 , 矩阵中0即代表 b_i 对 a_j 不存在直接支配关系,1即代表 b_i 对 a_j 存在直接支配关系。

3. 应急能力尖锥网分析络结构的建立

根据上述分析,为方便计算将各单项应急能力表示成尖锥元素的标准形式,如表2所示。

$$K_4 = \begin{matrix} & a_1 & a_2 & a_3 & a_5 & a_6 & a_7 & a_8 & a_9 & a_{10} & a_{11} \\ \begin{matrix} b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \\ b_8 \\ b_9 \\ b_{10} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

表2 企业突发事故灾难应急能力尖锥元素分类表

企业突发事故灾难全过程应急能力 C_1			企业突发事故灾难全系统应急能力 C_2		
单项应急能力	元素表示	尖锥元素类型	单项应急能力	元素表示	尖锥元素类型
日常建设能力	e_{10}	锥顶元素	信息收集传输能力	e_{20}	锥顶元素
危险源监控能力	e_{11}	锥底元素	信息处理能力	e_{21}	锥底元素
灾难预测能力	e_{12}	锥底元素	信息联动能力	e_{22}	锥底元素
预警能力	e_{13}	锥底元素	应急问题研究能力	e_{23}	锥底元素
应急预案制定能力	e_{14}	锥底元素	决策生成能力	e_{24}	锥底元素
应急培训宣传能力	e_{15}	锥底元素	应急启动能力	e_{25}	锥底元素
救援队伍救援能力	e_{16}	锥底元素	组织协调能力	e_{26}	锥底元素
事故现场处理能力	e_{17}	锥底元素	任务计划执行能力	e_{27}	锥底元素
灾后恢复重建能力	e_{18}	锥底元素	响应行动能力	e_{28}	锥底元素
评价调查能力	e_{19}	锥底元素	资源保障能力	e_{29}	锥底元素
后续问题处理能力	$e_{1(10)}$	锥底元素			

结合矩阵 $K_1 \sim K_4$ 所表述的各单项应急能力的相互影响关系,企业突发事故灾难全过程与全系统应急能力评价指标尖锥网络分析结构如图1所示。

(二) 应急能力评价指标权重计算

步骤1:对企业突发事故灾难全过程应急能力评价指标尖锥元素集 C_1 , 邀请专家依据关系矩阵 K_1 所表

述的支配关系,对各锥底元素相对锥顶元素 e_{10} 进行两两重要性判断(采用 AHP 法中的 1 ~ 9 度标度法)构造判断矩阵,并在此基础上采用 AHP 权重计算方法求得尖锥元素集 C_1 中各锥底元素相对锥顶元素 e_{10} 的相对权重为: $(\delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{1(10)})^T = (0.17, 0.16, 0.19, 0.18, 0.17, 0, 0, 0, 0, 0.13, 0)^T$ 。

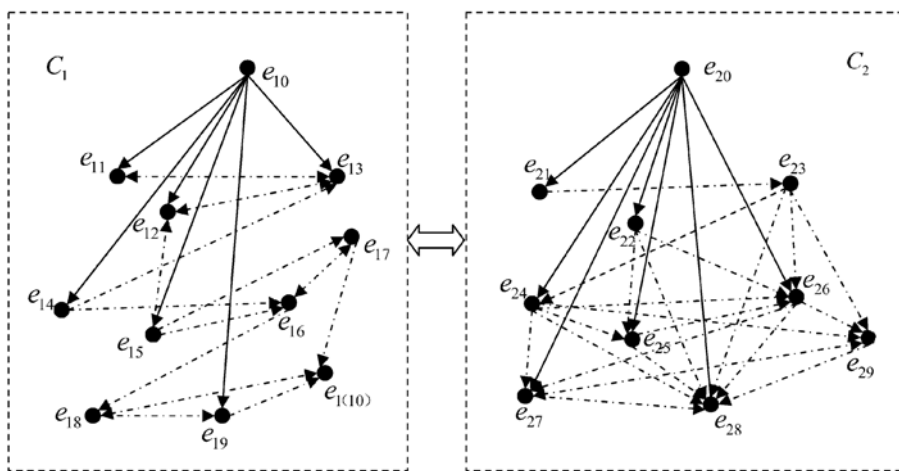


图1 企业突发事故灾难全过程与全系统应急能力评价指标尖锥网络分析结构图

同理求得企业突发事故灾难全系统应急能力评价指标尖锥元素集 C_2 中各锥底元素相对锥顶元素 e_{20} 的相对权重为: $(\delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{29})^T = (0.12, 0.13, 0, 0.16, 0.15, 0.16, 0.14, 0)^T$ 。

步骤2:依据关系矩阵 $K_1 \sim K_4$ 所表述的支配关系,企业突发事故灾难全过程应急能力评价指标尖锥元素集 C_1 与企业突发事故灾难全系统应急能力评价指标尖锥元素集 C_2 中的锥底元素,在形式上均与所在尖锥元素集内部其他锥底元素以及其他尖锥元素集中的锥底元素存在内部或外部支配关系。

邀请专家按照 AHP 相对权重的两两比较判断模式,将这些支配关系用相对权重 $\alpha(e_{m^*h_m^*}, e_{mh_m})$ 予以表达,即相对于元素 e_{mh_m} 而言,元素 $e_{m^*h_m^*}$ 为所分配到的两两比较偏好权重,其中, $m, m^* = 1, 2$, 当 $m = 1$ 时, $h_m, h_m^* = 1, 2 \dots 10$; 当 $m = 2$ 时, $h_m, h_m^* = 1, 2 \dots 9$, 且 $h_m \neq h_m^*$ 。相对于元素 e_{mh_m} , 对除 e_{mh_m} 之外的所有锥底元素进行两两比较相对重要性,构造判断矩阵后由 AHP 法得到的 $\alpha(e_{m^*h_m^*}, e_{mh_m})$, 若两锥底元素间不存在支配关系,则 $\alpha(e_{m^*h_m^*}, e_{mh_m}) = 0$ 。根据层次分析法权重分配原则, $\sum_{m^*=1}^2 \sum_{h_m^* \neq h_m} \alpha(e_{m^*h_m^*}, e_{mh_m}) = 1, m = 1, 2$,

由所有 $\alpha(e_{m^*h_m^*}, e_{mh_m})$ 可以构造矩阵 A 为:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.31 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.09 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.27 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.05 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 1 & 0 & 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.15 & 0.10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.08 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.16 & 0 & 0 & 0.55 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.11 & 0 & 0 & 0 & 0.09 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.55 & 0 & 0.10 & 0.08 & 0.19 & 0.23 & 0.13 & 0.13 & 0.4 & 0.22 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.12 & 0.41 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.13 & 0.06 & 0.14 & 0.28 & 0.14 & 0.16 & 0 & 0.11 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.21 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.16 & 0.08 & 0 & 0 & 0.16 & 0.10 & 0 & 0.19 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.55 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.07 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.16 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.24 & 0.45 & 0.6 & 0 & 0 & 0 & 0.09 & 0 & 0 & 0.16 & 0.16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.42 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.12 & 0.42 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.45 & 0 & 0.17 & 0 & 0.09 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.14 & 0.22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.15 & 0 & 0.13 & 0.31 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0 & 0.18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.02 & 0.18 & 0 & 0.10 & 0 & 0 & 0.13 \\ 0 & 0 & 0 & 0.17 & 0 & 0.38 & 0.21 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.14 & 0.05 & 0.11 & 0.18 & 0.16 & 0.15 & 0 & 0.19 \\ 0 & 0 & 0 & 0.06 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.02 & 0.16 & 0 & 0.15 & 0.10 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

步骤3:设尖锥网络结构中 $t, t = 0, 1, 2, \dots$ 时刻, C_1 中各底面元素的权重分别为 $(w_{11}^{(t)}, w_{12}^{(t)} \cdots w_{1(10)}^{(t)})^T$; C_2 中各底面元素的权重分别为 $(w_{21}^{(t)}, w_{22}^{(t)} \cdots w_{29}^{(t)})^T$; 由AHP法原理可知:

$$w_{10}^{(t)} = w_{11}^{(t)} + w_{12}^{(t)} \cdots + w_{1(10)}^{(t)} \quad (6)$$

$$w_{1h_m}^{(t)} = \delta_{1h_m} w_{10}^{(t)}, h_m = 1, 2, \dots, 10 \quad (7)$$

$$w_{1h_m}^{(t)} = \delta_{1h_m} w_{11}^{(t)} + \delta_{1h_m} w_{12}^{(t)} + \cdots + \delta_{1h_m} w_{1(10)}^{(t)}, h_m = 1, 2, \dots, 10 \quad (8)$$

同理有:

$$w_{2h_m}^{(t)} = \delta_{2h_m} w_{21}^{(t)} + \delta_{2h_m} w_{22}^{(t)} + \cdots + \delta_{2h_m} w_{29}^{(t)}, h_m = 1, 2, \dots, 9 \quad (9)$$

结合式(8)、(9), 令 $W = (w_{11}^{(t)}, w_{12}^{(t)} \cdots w_{1(10)}^{(t)}; w_{21}^{(t)}, w_{22}^{(t)} \cdots w_{29}^{(t)})^T$, $W^{(0)}$ 各个权重分量非负且和为1, 可得:

$$W^{(t-1)} = BW^{(t-1)} \quad (10)$$

$$B = \begin{bmatrix} B_1 & \\ & B_2 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{11} & \cdots & \delta_{11} \\ \delta_{12} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{12} \\ \vdots & & & \vdots \\ \delta_{1(10)} & \delta_{1(10)} & \cdots & \delta_{1(10)} \end{bmatrix}_{10 \times 10}, B_2 = \begin{bmatrix} \delta_{21} & \delta_{21} & \cdots & \delta_{21} \\ \delta_{22} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{22} \\ \vdots & & & \vdots \\ \delta_{29} & \delta_{29} & \cdots & \delta_{29} \end{bmatrix}_{9 \times 9} \quad (12)$$

根据式(10), 在 $t-1$ 时刻各锥底元素权重已知的条件下, 讨论各锥底元素在整个尖锥网络内受到所有锥底元素内外部支配关系影响后 t 时刻的权重有:

$$w_{1h_m}^{(t)} = \sum_{k_1=1}^{10} w_{1k_1}^{(t-1)} \alpha(e_{1h_m}, e_{1k_1}) + \sum_{k_2=1}^9 w_{2k_2}^{(t-1)} \alpha(e_{1h_m}, e_{2k_2}), h_m = 1, 2, \dots, 10, t = 1, 2, \dots \quad (13)$$

$$w_{2h_m}^{(t)} = \sum_{k_1=1}^{10} w_{1k_1}^{(t-1)} \alpha(e_{2h_m}, e_{1k_1}) + \sum_{k_2=1}^9 w_{2k_2}^{(t-1)} \alpha(e_{2h_m}, e_{2k_2}), h_m = 1, 2, \dots, 9, t = 1, 2, \dots \quad (14)$$

因此有:

$$W^{(t)} = AW^{(t-1)}, t = 1, 2, \dots \quad (15)$$

结合式(10)可得:

$$W^{(t)} = A \cdot BW^{(t-1)} \quad (16)$$

由上述分析可知, 矩阵 A 与 B 均为列随机矩阵, 二者的乘积也为一个列随机矩阵, 并且 $W^{(0)}$ 各个权重分量非负且和为1, 因此可得:

$$W^{(t)} = A \cdot BW^{(t-1)} = (A \cdot B)^2 W^{(t-2)} = (A \cdot B)^3 W^{(t-3)} \cdots = (A \cdot B)^t W^{(0)} \quad (17)$$

对于式(17), 若 $(A \cdot B)^{(+\infty)}$ 存在, 则 $W^{(+\infty)}$ 存在, 且与 $W^{(0)}$ 无关, 若 $(A \cdot B)^{(+\infty)}$ 不存在, 则 $W^{(+\infty)}$ 必震荡收敛。对此, 可求得各锥底元素的极限排序权重向量为:

$$W^{(+\infty)} = (A \cdot B)^{(+\infty)} \quad (18)$$

根据上述步骤, 采用带位移的幂法^[22]求解式(18), 得到各锥底元素极限排序权重, 再结合式(6)、(7)得到锥顶元素权重, 最终得到企业突发事故灾难应急能力评价指标权重向量为:

$$W = (0.043, 0.034, 0.04, 0.168, 0.122, 0.012, 0.098, 0.046, 0.022, 0.013, 0.013, 0.026, 0.023, 0.029, 0.023, 0.011, 0.051, 0.109, 0.04, 0.059, 0.037)^T$$

三、企业突发事故灾难应急能力评价模型

评价者对应急能力评价指标的认识与度量具有一定的不确定性。产生这种不确定性的主要原因是评价者在对评价指标进行度量时会受到自身文化水平、知识结构等主观因素的影响而产生模糊的判断与认识。为更好地处理这种不确定性, 一方面, 应急管理工作是一项涉及企业全员的工作, 不同岗位应急管理工作对企业应急能力认识的范围与程度均不相同, 综合多个不同评价者的度量结果可以有效中和个体判断上的差异性; 另一方面, 评价者不能用一个确定的数值对评价指标进行赋值, 然而却可以给出一个大致的范围来描述其大小变化情况, 对于这个大小变化的范围可以利用区间数进行表示。

将企业突发事故灾难应急能力各单项应急能力评价指标表示为集合 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, 集合中的元素 s_j , $j = 1, 2, \dots, n$ 表示每一项具体的评价指标。在对 s_j 进行度量时, 可以使用实数域中 $0 \sim 100$ 区间段上的数字来对评价指标进行赋值, 表示为:

$$\tilde{x}_{ij} = [x_{ij}^-, x_{ij}^+], j = 1, 2, \dots, n, 0 \leq x_{ij}^- < x_{ij}^+ \leq 100 \quad (19)$$

区间数 $\tilde{x}_{ij} = [x_{ij}^-, x_{ij}^+]$ 表示第 r 个评价者对第 j 个评价指标的赋值范围, x_{ij}^- 表示第 r 个评价者认为评价对象在第 j 个评价指标下的最小值, x_{ij}^+ 表示第 r 个评价者认为评价对象在第 j 个评价指标下的最大值。

采用区间数对应急能力评价指标进行赋值,反映了指标值在一个确定范围内的不确定变化情况,较采用确定数值更符合评价者度量评价指标时的思维判断模式。为了将区间数所表示的确定范围与不确定取值系统地联系在一起,在数量上得到客观反映,进一步采用集对分析中的二元联系数来表示区间数。

令 $a_{ij} = x_{ij}^-$, $b_{ij} = x_{ij}^+ - x_{ij}^-$, 则区间数 \tilde{x}_{ij} 可以写作二元联系数的形式:

$$u_{ij} = a_{ij} + b_{ij}i = x_{ij}^- + (x_{ij}^+ - x_{ij}^-)i, i \in [0, 1] \quad (20)$$

为得到企业突发事故灾难应急能力的综合评价,就需要将每个评价者对所有评价指标的度量值进行集结。目前研究中,常用的集结算法主要有:加权算术平均(WAA)、模糊加权评价(FWA)、有序加权算术平均(OWA),以及近年来新发展的有序几何加权(OWG)^[23-24]。针对本文来说,在企业突发事故灾难应急能力评价具体指标中,个别指标间权重值差异较大,当权重值较大的指标度量值也偏大时,采用算术加权的方式就会导致最终的评价结果偏大,这样显然有失客观性、真实性^[25];而采用几何加权方式集结企业突发事故灾难应急能力各项评价指标的度量值,则可以较好地保证指标间的均衡性,即只有当企业的各项应急能力指标均有较高水平时,才能最终得到较高的评价结果。这样与算术加权方式相比,不仅评价结果更加科学合理,也更贴合各项应急能力“全面发展,齐头并进”的管理要求。因此,本文采用几何加权的集结方式,构建基于二元联系数的组合几何加权评价模型。

将评价者 d_r , $r = 1, 2, \dots, m$ 对企业突发事故灾难应急能力各评价指标的赋值进行几何加权集结,得到评价者 d_r 给出评价值 $U_r^{(1)}$:

$$U_r^{(1)} = \prod_{j=1}^n (u_{ij})^{w_j}, r = 1, 2, \dots, m \quad (21)$$

对式(21)根据二元联系数的乘法运算法则,可以进一步展开。

定义1^[26]:设 $u_1 = a_1 + b_1i$, $u_2 = a_2 + b_2i$, $i \in [0, 1]$ 为任意两个联系数,则:

$$u_1 \times u_2 = a_1a_2 + (a_1b_2 + a_2b_1 + b_1b_2)i \quad (22)$$

若 $u = a + bi$, $i \in [0, 1]$, 根据式(22)有:

$$u^2 = (a + bi)^2 = a^2 + (2ab + b^2)i = a^2 + [(a + b)^2 - a^2]i \quad (23)$$

$$u^3 = (a + bi)^3 = [a^2 + (2ab + b^2)i] \times (a + bi) = a^3 + [(a + b)^3 - a^3]i \quad (24)$$

以此类推,可以得到:

$$u^n = (a + bi)^n = a^n + [(a + b)^n - a^n]i \quad (25)$$

定义2^[27]:设有二元联系数 $u_r = a_r + b_r i$, $w_r \in [0, 1]$, $\sum_{r=1}^n w_r = 1$, $i \in [0, 1]$ 则有:

$$\prod_{r=1}^n u_r^{w_r} = \prod_{r=1}^n a_r^{w_r} + [\prod_{r=1}^n (a_r + b_r)w_r - \prod_{r=1}^n a_r^{w_r}]i \quad (26)$$

结合上述定义,根据式(25)、(26)可以将式(21)进一步表示为:

$$U_r^{(1)} = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{w_j} + [\prod_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij})^{w_j} - \prod_{j=1}^n a_{ij}^{w_j}]i, i \in [0, 1] \quad (27)$$

将每位评价者给出企业突发事故灾难应急能力评价值 $U_r^{(1)}$, $r = 1, 2, \dots, m$ 与这位评价者的权重 e_r , $r = 1, 2, \dots, m$ 进行几何加权,得到 $U_r^{(2)}$, $r = 1, 2, \dots, m$ 。

$$U_r^{(2)} = (U_r^{(1)})^{me_r} \quad (28)$$

式(28)中指数形式的 m 为平衡因子,数值上和参与评价的人数相等。根据式(25),式(28)可以进一步表示为:

$$U_r^{(2)} = (\prod_{j=1}^n a_{ij}^{w_j})^{me_r} + \{[\prod_{j=1}^n (a_{ij} + b_{ij})^{w_j} - \prod_{j=1}^n a_{ij}^{w_j}]^{me_r} - (\prod_{j=1}^n a_{ij}^{w_j})^{me_r}\}i, i \in [0, 1] \quad (29)$$

式(29)中各指标的权重 w_j 与评价者权重 e_r , 仅考虑了自身的重要程度,具有一定的片面性。在评价过程中,往往会出现个别评价者受主观因素的影响对某些评价指标赋值过高或过低的情况。为消除这些因素

就需要考虑客观序位的重要性,将每个评价者给出的评价值与其所在位置的权重进行几何加权,增强最终综合评价值的合理性^[24]。令二元联系数组 $U_1^{(3)}, U_2^{(3)}, U_3^{(3)}, \dots, U_m^{(3)}$, 为 $U_1^{(2)}, U_2^{(2)}, U_3^{(2)}, \dots, U_m^{(2)}$, 按从大到小顺序的降序排列,即 $U_k^{(3)} > U_{k+1}^{(3)}$ 。

基于二元联系数的组合几何加权评价模型为:

$$U = \prod_{r=1}^m (U_r^{(3)})^{v_r} \quad (30)$$

其中, $v_r \in [0, 1]$, $\sum_{r=1}^m v_r = 1$, 且 (v_1, v_2, \dots, v_m) 是仅与集成过程中位置有关,与 $U_1^{(3)}, U_2^{(3)}, U_3^{(3)}, \dots, U_m^{(3)}$ 自身重要程度无关的权重向量,也称为位置向量^[28]。若令 $U_r^{(3)} = p_r + q_r i, r = 1, 2, \dots, m, i \in [0, 1]$, 根据式(24)、(25),式(30)可最终表示为:

$$U = \prod_{r=1}^m (p_r)^{v_r} + [\prod_{r=1}^m (p_r + q_r)^{v_r} - \prod_{r=1}^m p_r^{v_r}] i, i \in [0, 1] \quad (31)$$

从式(31)可以看出,所得到的企业突发事故灾难应急能力评价结果的形式仍然为一个二元联系数。为了能让这个评价结果在数值上得到更准确的表示,直观地反映应急能力的强弱水平,便于多个评价结果的横向对比,这里引入二元联系数的期望。

二元联系数 $u = a + bi, i \in [0, 1]$, 系统地反映了数值在 $[a, a + b]$ 范围上的不确定变化,而对于评价问题来说可以认为是评价值在 $[a, a + b]$ 的均匀分布^[24], 因此有二元联系数的期望值 $E(u)$ 为:

$$E(u) = [a + (a + b)] / 2 = a + 0.5b \quad (32)$$

上述企业突发事故灾难应急能力综合评价指标体系和评价模型,适用于油气生产企业、煤矿企业、交通运输等工商商贸企业在突发事故灾难发生前进行日常的、周期性的综合性评价;基于二元联系数的综合评价模型可以综合不同岗位、不同级别应急管理工作者对企业应急能力的不同认识,适用于企业内部自我评价和外部对比评价相结合、本级自我评价和上级检查评价相结合、企业自我全面评价和各部门重点评价相结合等多种评价方式;评价结果可作为企业改进、完善应急管理工作的依据,也可作为同级企业间进行对比考核的依据。

四、实例分析

对西部地区某油气长输管道公司进行突发事故灾难应急能力评价;选用本文提出的企业突发事故灾难应急能力评价指标体系;选取有代表性的基层负责安全管理的员工(d_1)、安全管理对口部门负责人(d_2)、企业直接负责安全管理的高层领导(d_3)三位评价者共同参与评价工作,评价者权重向量为 $(0.14, 0.56, 0.30)^T$;邀请每位评价者,以0~100为赋值区间,对各评价指标进行度量与赋值;根据文献[25]中基于正态分布的赋权方法,确定式(30)中的位置加权向量为 $v = (0.24, 0.52, 0.24)^T$, 各指标权重、度量值数据与计算结果具体如表3所示。

对表3中的评价结果进行分析:该企业突发事故灾难应急能力总体处于中等偏上水平,全过程应急能力与全系统应急能力分别处于中等偏上水平。其中,现场紧急处理能力为所有21个单项应急能力中最弱的一项。从许多事故灾难发展演变的过程看,现场控制措施的欠缺往往会导致单个事故灾难自身恶化发展或衍生为多个事故灾难,因此管理者应重点对该项能力进行加强。信息联动能力为所有21个单项应急能力中最强的一项,应继续保持。此外,应急能力建设容易忽视的事故灾难预测能力、灾后恢复重建能力、信息处理能力也处于较弱水平,需要进一步提高。

总的说,管理者不能盲目乐观,应急管理工作是一项系统全面的工作,任何一个环节的纰漏都可能引发事故灾难,任何一项应急能力的薄弱都可能导致企业无法有效应对事故灾难。因此,对于水平偏低的各项具体应急能力,管理者必须及时根据评价结果,查找应急管理工作中存在的不足,有的放矢重点加强。

五、结论

本文进行企业突发事故灾难应急能力评价的综合性体现在两方面:其一,评价指标体系的综合性。从全过程应急管理在全系统应急管理机理出发获得了企业突发事故灾难应急能力的综合构成,根据指标间具有相互支配关系的特点,构建了区别于传统层次结构的企业突发事故灾难应急能力评价指标体系尖锥网络分析结构,相较先前的研究,评价指标体系更加综合完整,权重计算结果更加客观合理;其二,评价模型的综合性。将集对分析理论与组合几何加权算子相融合,提出了基于二元联系数的组合几何加权评价模型,比

模糊综合评价模型更好地处理了评价过程中产生的不确定性,反映了指标的均衡性。通过对企业突发事故灾难全过程与全系统完整应急能力定性与定量相结合的综合评价,可以为建立基于应急能力综合评价与考核的新机制提供方法指导,准确、客观、综合的评价结果也可以为管理者改进应急管理工作、提高应急能力提供重要参考依据。

表3 某管道公司突发事故灾难应急能力评价表

		单项应急能力 评价指标	权重	d_1	d_2	d_3	小计
全 过 程 应 急 能 力	监测预警能力	危险源监控能力	0.043	[80,85]	[77,84]	[75,80]	79.86
		事故灾难预测能力	0.034	[55,60]	[55,60]	[50,55]	55.95
		预警能力	0.040	[75,80]	[77,85]	[80,88]	81.38
		监测预警能力合计					63.99
	事前准备能力	日常建设能力	0.168	[60,67]	[75,77]	[77,85]	75.53
		应急预案制定能力	0.122	[60,65]	[77,85]	[77,80]	77.37
		应急培训宣传能力	0.012	[85,90]	[88,90]	[75,77]	84.68
		事前准备能力合计					68.54
	救援处理能力	现场救援能力	0.098	[55,60]	[76,85]	[55,65]	70.31
		现场紧急处理能力	0.046	[45,50]	[55,60]	[45,55]	53.67
		救援处理能力合计					55.53
	恢复重建能力	灾后恢复重建能力	0.022	[55,60]	[50,56]	[65,69]	59.01
评价调查能力		0.013	[55,60]	[70,75]	[80,87]	73.22	
后续问题处理能力		0.013	[67,74]	[75,77]	[80,85]	77.07	
恢复重建能力合计						61.49	
全过程应急能力合计							66.93
全 系 统 应 急 能 力	应急信息管理 系统能力	信息收集传输能力	0.026	[65,67]	[66,75]	[76,82]	72.27
		信息处理能力	0.023	[44,50]	[50,57]	[58,63]	54.51
		信息联动能力	0.029	[85,88]	[88,93]	[90,95]	90.52
		应急信息管理系统能力合计					65.25
	应急辅助决策 系统能力	应急问题研究能力	0.023	[65,69]	[56,63]	[66,74]	63.52
		决策生成能力	0.011	[65,68]	[77,79]	[85,90]	78.95
		应急辅助决策系统能力合计					62.07
	应急指挥调度 系统能力	应急启动能力	0.051	[75,85]	[88,95]	[88,90]	89.80
		组织协调能力	0.109	[75,78]	[80,89]	[76,85]	82.12
		应急指挥调度系统能力合计					74.31
	应急处置实施 系统能力	任务计划执行能力	0.040	[85,88]	[64,66]	[75,77]	70.90
		响应行动能力	0.059	[78,85]	[65,68]	[85,89]	74.16
资源保障能力		0.037	[56,65]	[62,67]	[66,74]	65.51	
应急处置实施系统能力合计						64.52	
全系统应急能力合计							68.12
企业突发事故灾难应急能力总计				72.79	80.95	81.22	70.93

参考文献:

- [1] Federal Emergency Management Agency (FEMA), National Emergency Management Association (NEMA). State capability assessment for readiness (CAR) [R]. Washington. D. C; FEMA, 2005: 1 - 99.
- [2] MANN N C, MAEKENZIE E, ANDERSON C. Public health preparedness for mass casualty events: A 2002 state-by-state assessment [J]. Prehosp Disaster Med, 2004, 19(3): 245 - 255.
- [3] ADINI B, GOLDBERG A, DETAL L. Assessing levels of hospital emergency preparedness [J]. Prehospital and Disaster Medicine, 2006, 21(6): 451 - 457.
- [4] DANIEL H. Evaluating local government emergency management programs: What framework should public managers adopt [J]. Public Administration Review, 2010(4): 236 - 246.
- [5] LANDESMAN L Y. Public health management of disasters: The practice guide [J]. American Public Health Association, 2001(2):

19-23.

- [6] HENDERSON L J. Emergency and disaster: Pervasive risk and public bureaucracy in developing nations[J]. *Public Organization Review*, 2004(4): 103-119.
- [7] 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.
- [8] 刘仁辉, 翟凤勇. 建设项目安全事故应急能力评价[J]. *中国管理科学*, 2009, 17: 498-502.
- [9] 卢文刚. 城市电力突发公共事件应急能力评价指标体系构建[J]. *科技管理研究*, 2010(8): 50-54.
- [10] 佟淑娇, 张培红, 钟茂华, 等. 基于 AHP 的企业应急管理评价研究[J]. *东北大学学报: 自然科学版*, 2012, 33(6): 899-902.
- [11] 尹俊焘. 基于灰色聚类分析的轨道交通应急能力综合评价[J]. *工业安全与环保*, 2012, 38(5): 88-91.
- [12] 荣莉莉, 杨永俊. 一种基于知识供需匹配的预案应急能力评价方法[J]. *管理学报*, 2009, 6(12): 1643-1647.
- [13] 彭金梅. 基于复杂系统理论的突发事件应急管理研究评述[J]. *价值工程*, 2013, 32: 140-142.
- [14] PETERS M, ZELEWSKI S. Pitfalls in the application of analytic hierarchy process to performance measurement[J]. *Management Decision*, 2008, 46(7): 1039-1051.
- [15] 刘玉斌. 模糊综合评判的取大取小算法是一个错误算法[J]. *系统工程理论与实践*, 1998, 18(12): 80-88.
- [16] 张吉军, 姜一, 申婧. 企业突发事件应急能力形成机理探析[J]. *中国安全生产科学技术*, 2014, 10(10): 160-165.
- [17] 李胡生. 应急管理阶段理论新模型研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 2010, 6(5): 18-22.
- [18] 姜宁. 交通安全应急管理系统的运行机制构建与完善研究[J]. *武汉理工大学学报: 社会科学版*, 2011, 24(3): 305-308.
- [19] 张海波, 童星. 应急能力评估的理论框架[J]. *中国行政管理*, 2009(4): 33-37.
- [20] 赵红, 康大臣, 汪亮. 突发事件应急管理机理、机制与体系探讨[J]. *中国管理科学*, 2006, 14(S): 784-788.
- [21] 李春好, 陈维峰, 苏航, 等. 尖锥网络分析法[J]. *管理科学学报*, 2013, 16(10): 11-24.
- [22] 王莲芬. 网络分析法(ANP)的理论与算法[J]. *系统工程理论与实践*, 2001(3): 44-50.
- [23] 徐泽水. 一种不确定型 OWA 算子及其在群决策中的应用[J]. *东南大学学报: 自然科学版*, 2002, 32(1): 147-150.
- [24] 徐泽水, 达庆利. 一种组合加权几何评价算子及其应用[J]. *东南大学学报: 自然科学版*, 2002, 32(3): 507-509.
- [25] 李楠, 樊太和. 有序几何加权均值(OWG)算子的序结构[J]. *浙江理工大学学报*, 2011, 28(1): 131-134.
- [26] 赵克勤. 二元联系数 $A + Bi$ 的理论基础与基本算法及在人工智能中的应用[J]. *智能系统学报*, 2008, 3(6): 476-486.
- [27] 汪新凡, 王坚强, 杨小娟. 基于二元联系数的信息不完全的群决策方法[J]. *管理工程学报*, 2014, 28(1): 202-213.
- [28] 刘秀梅, 赵克勤. 基于二次联系数的区间数多属性决策方法及应用[J]. *模糊系统与数学*, 2011, 25(5): 115-120.
- [29] 徐泽水, 达庆利. 有序加权集结算子的赋权方法[J]. *东南大学学报: 自然科学版*, 2003, 33(1): 95-96.

Research on the corporate emergency response capability evaluation based on cone-ANP

ZHANG Jijun, JIANG Yi

(School of Economics and Management, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, P. R. China)

Abstract: Getting a scientific evaluation of corporate emergency response capability is the premise of exploring ways to strengthen it. In the existing research, evaluation index system is not complete, weight distribution is not reasonable; the evaluation model can not give full consideration to the evaluation of uncertainty and balance. To solve those problems, first of all, this paper analyzes the whole process and the whole system of corporate emergency response capability; Secondly, by identifying individual dominance relationship between emergency ability, based on C-ANP, the authors build a cone network structure of evaluation index system which is different from the structure of traditional hierarchy and network; Finally, they propose a evaluation model based geometric weighting algorithm and dual connection number, and through an example, get a static and dynamic evaluation results, which can provide the basis for enterprises to improve emergency response capabilities.

Key words: emergency response capability; cone-ANP; index system; combination of geometric weighting; evaluation model

(责任编辑 傅旭东)