

doi: 10.3969/j.issn.1000-7695.2013.05.051

基于 DEMATEL - ISM 的企业应急能力结构研究

史丽萍, 杜泽文

(哈尔滨工程大学经济管理学院, 黑龙江哈尔滨 150001)

摘要: 为持续动态地提升企业应急能力, 集成解释结构模型和决策实验室分析法, 建立企业应急能力多层递阶解释结构模型。在此基础上, 分析企业应急能力结构要素之间的相互作用机制, 揭示应急能力结构要素之间的纵向和横向关系, 为企业增强和优化应急能力提供客观依据和数理模型基础。

关键词: 企业应急能力; 结构模型; 解释结构模型; 决策实验室分析法

中图分类号: F272.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-7695 (2013) 05-0227-04

Research on the Structure of Enterprises Emergency Capability Based on DEMATEL - ISM

SHI Liping, DU Zewen

(School of Economics and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: In order to promote enterprises emergency capability continually and dynamically, a multilayer hierarchical interpretative structural model of enterprises emergency capability based on ISM and DEMATEL is established. The paper analyzes the interaction mechanisms and reveals vertical and horizontal relationships among structural elements of enterprises emergency capability. These discussions provide the objective basis and mathematical model for enterprises to enhance and optimize emergency capability.

Key words: enterprises emergency capability; structural model; ISM; DEMATEL

1 引言

目前, 我国经济的快速发展与薄弱的安全生产基础之间矛盾日益突出, 生产领域正处于新中国成立以来的第 5 轮事故频发高峰期, 各类事故死亡人数在 13 万以上的高位徘徊^[1-2]。面对居高不下的生产事故, 如何实现有效应急, 成为社会关注的焦点。生产事故应急的效果与企业应急能力的水平高度相关。提升和优化应急能力成为企业亟待解决的问题之一, 引起学术界和实业界的高度重视。

研究从应急能力结构的内在视角, 探索应急能力提升的新路径。基于文献萃取方法, 归纳出现有能力结构研究方法主要包括: 结构分析方法, 如层次分析法 (Saaty TL & Shang JS, 2011) 及解释结构模型 (Zhang Ke & Li Hui, 2010) 等; 管理工具, 如平衡计分卡 (Amado Carla A. F., et al., 2012)、德尔菲法 (Duru Okan, et al., 2012)、3E 理论 (孟激等, 2007) 及事故树分析法 (卢文刚, 2010) 等; 数学工具, 如灰色理论 (刘渝妍等, 2008)、属性约简方法 (Polat Kemal & Kirmaci Volkan, 2011)、聚

类和因子分析 (顾雪松等, 2010) 等数理统计方法; 系统科学方法, 如软系统方法论 (孟激, 2007) 等^[3-11]。与其他方法相比, 解释结构模型 (Interpretation Structural Model, ISM), 不仅有利于对指标的认识, 还可分析指标之间的关联关系和影响程度, 找出指标相互影响及依存的逻辑结构, 把复杂的指标进行结构化和层次化。ISM 方法弥补了上述方法难以有效分析结构要素之间的内在影响机制的不足, 并且满足企业应急能力结构要素的相关性、层次性及复杂性等要求, 具有科学性、完整性与操作性等优势。因此, 本文试集成解释结构模型和决策实验室分析法, 构建企业应急能力多层递阶结构模型, 探讨应急能力构成要素和要素之间相互影响的内在运行机制和逻辑架构, 较为深入地剖析应急能力结构要素和要素之间的纵向和横向的关系, 为提升企业应急能力提供客观依据和实践基础。

2 ISM 模型及其改进

由于单独使用 ISM 方法需要进行大量复杂的矩阵运算, 为减少可达矩阵的计算量, 将决策实验室

收稿日期: 2012-05-21, 修回日期: 2012-08-06

基金项目: 国家软科学研究计划项目“我国安全生产应急管理标准化研究”(2008GX06D152); 黑龙江省自然科学基金项目“煤化企业安全生产应急能力管理有效性研究”(G201121)

分析法 (decision making trial and evaluation laboratory, DEMATEL) 引入 ISM 分析过程中。DEMATEL 是一种系统因素分析方法, 采用图论和矩阵原理, 通过各指标的相互关系建立直接影响矩阵, 求解出各指标对其他指标的影响和被影响程度。DEMATEL 与 ISM 方法的共性体现在: DEMATEL 的整体影响矩阵和 ISM 的可达矩阵中非零元素代表了指标间的相互影响关系, 而零元素代表了指标间不存在影响关系。由于整体影响矩阵包含的信息量多于可达矩阵, 可通过 DEMATEL 方法计算整体影响矩阵得出可达矩阵^[12]。本文集成 DEMATEL - ISM 方法构建应急能力结构模型, 简化 ISM 可达矩阵的计算过程。首先, 求解规范化直接影响矩阵 W , 计算公式为:

$$W = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} W^d \quad (1)$$

其中: W^d ($W^d = [a_{ij}]_{n \times n}$) 为直接影响矩阵。在规范化直接影响矩阵 W 的基础上计算得到综合影响矩阵 K 。由于 $\lim_{m \rightarrow \infty} W^m = O$ 因此, 综合影响矩阵 K 的计算公式为:

$$K = \lim_{m \rightarrow \infty} (W + W^2 + \dots + W^m) = W(I - W)^{-1} = b_{ij} \quad (2)$$

其中: O 为零矩阵; I 为单位矩阵, 表示指标对自身的影响。由于综合影响矩阵只是反映了不同指标之间的相互影响关系, 没有考虑指标对自身的影响。因此, 需要计算反映指标体系的整体影响矩阵 L , 其计算公式为:

$$L = K + I = p_{ij} \quad (3)$$

其中: K 为综合影响矩阵, I 为单位矩阵。通过整

体影响矩阵 L , 可以确定可达矩阵 H , 设 $H = [h_{ij}]_{n \times n}$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$) 且存在以下关系:

$$h_{ij} = \begin{cases} 1 & p_{ij} \geq \lambda \\ 0 & p_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (4)$$

其中: λ 为阈值。根据可达矩阵构造系统的各级可达集 $R(S_i)$ 与前因集 $A(S_i)$, $R(S_i)$ 由可达矩阵中第 S_i 行中所有指标为 1 的列所对应的指标集合组成, $A(S_i)$ 由可达矩阵中第 S_i 列中的所有指标为 1 的行所对应的指标集合组成。若存在:

$$R(S_i) \cap A(S_i) = R(S_i) \quad (5)$$

则 $R(S_i)$ 为最高级要素集。找出各级的最高要素集后, 划分可达矩阵, 建立结构模型。

3 基于 DEMATEL - ISM 的多级递阶结构模型构建

3.1 直接影响矩阵的构造

以 ISM 方法为中心模型, DEMATEL 方法为辅助模型, 构建企业应急能力结构模型。通过查阅大量相关文献^[13-15], 设计问卷, 并向全国各地 117 家企业发放调查问卷, 获得企业应急能力的关键要素指标 14 项, 记作 S_i ($i = 1, 2, \dots, 14$), 包括预测预警机制 (S_1)、应急预案管理 (S_2)、应急培训演练 (S_3)、应急宣传教育 (S_4)、应急管理机构 (S_5)、应急资金物资 (S_6)、应急设施装备 (S_7)、善后处理机制 (S_8)、事后恢复重建 (S_9)、应急信息沟通 (S_{10})、应急协调机制 (S_{11})、应急资源配置 (S_{12})、应急指挥决策 (S_{13}) 以及应急救援队伍 (S_{14})。采用 Delphi 法确定各要素指标之间的关系, 建立直接影响矩阵, 如表 1 所示。

表 1 直接影响矩阵

NO.	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}
S_1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	3	3	1	3	1
S_2	3	0	3	3	3	3	3	0	0	2	2	1	2	2
S_3	1	1	0	1	1	1	1	0	0	3	3	3	3	3
S_4	1	1	1	0	1	1	1	0	0	3	1	1	3	3
S_5	1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	3	2	3	3
S_6	0	1	1	1	1	0	2	0	0	3	1	3	2	3
S_7	1	1	1	1	1	1	0	0	0	3	3	3	1	3
S_8	0	1	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0
S_9	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
S_{10}	0	1	1	1	1	1	1	3	3	0	1	1	1	1
S_{11}	0	1	1	0	1	1	1	3	3	1	0	1	1	1
S_{12}	0	1	0	0	1	1	1	3	3	1	1	0	1	1
S_{13}	0	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	0	1
S_{14}	0	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	0

注: 3 为强相关; 2 为中等相关; 1 为弱相关; 0 为没有直接影响关系。

3.2 可达矩阵的构造

根据企业安全生产应急管理的实际情况, 取阈

值 $\lambda = 0.15$ 。通过公式 (4), 对整体影响矩阵进行计算, 可以得到可达矩阵, 见表 2。

表2 可达矩阵

NO.	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
S ₁	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
S ₂	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
S ₃	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
S ₄	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
S ₅	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1
S ₆	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1
S ₇	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
S ₈	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
S ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
S ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
S ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
S ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

3.3 结构模型的建立

利用公式 (5) 计算各级的指标集合，见表3。

表3 第一级的可达集与前因集

S _i	R (S _j)	A (S _j)	R∩A
S ₁	1, 10, 11, 13	1, 2	1
S ₂	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14	2	2
S ₃	3, 10, 11, 12, 13, 14	2, 3	3
S ₄	4, 10, 13, 14	2, 4	4
S ₅	5, 10, 11, 13, 14	2, 5	5
S ₆	6, 10, 12, 14	2, 6	6
S ₇	7, 10, 11, 12, 14	2, 7	7
S ₈	8	8, 10, 11, 12, 13, 14	8
S ₉	9	9, 10, 11, 12, 13, 14	9
S ₁₀	8, 9, 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10	10
S ₁₁	8, 9, 11	1, 2, 3, 5, 7, 11	11
S ₁₂	8, 9, 12	2, 3, 6, 7, 12	12
S ₁₃	8, 9, 13	1, 2, 3, 4, 5, 13	13
S ₁₄	8, 9, 14	2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	14

该级存在 $R(S_8) \cap A(S_8) = R(S_8)$ 和 $R(S_9) \cap A(S_9) = R(S_9)$ ，因此该级最高级要素为 8 和 9，则第一层指标为 $\{S_8, S_9\}$ ，划去可达矩阵中 S_8 和 S_9 所对应的行和列，得到第二级可达集和前因集。

原理同上，得到第二层指标集合为 $\{S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}\}$ ，第三层指标集合为 $\{S_1, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7\}$ ，第四层，即最底层指标集合为 $\{S_2\}$ 。基于上述结果，得出级间划分的可达矩阵，见表4。

表4 级间划分的可达矩阵

NO.	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₂
S ₈	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₉	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₀	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₁	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₂	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₃	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₄	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

续上表

NO.	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₂
S ₃	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
S ₄	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
S ₅	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
S ₆	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
S ₇	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
S ₂	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

将原可达矩阵转换为按级间划分的可达矩阵后, 进而构建应急能力结构要素的多级递阶结构模型, 如图 1 所示。

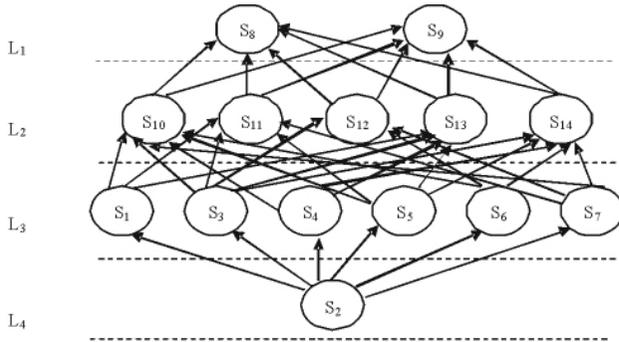


图 1 应急能力多级递阶结构模型

4 结论

企业应急能力结构要素具有多级递阶结构的特点, 应采用系统论方法分析应急能力结构要素。由图 1 可得出以下结论: 应急能力结构要素可分为四个层次指标。其中, 最高层的指标包括善后处理机制 (S₈) 和事后恢复重建 (S₉); 第二层指标包括应急信息沟通 (S₁₀)、应急协调机制 (S₁₁)、应急资源配置 (S₁₂)、应急指挥决策 (S₁₃) 及应急救援队伍 (S₁₄), 这五个指标对第一层指标有直接的影响; 第三层指标包括预测预警机制 (S₁)、应急培训演练 (S₃)、应急宣传教育 (S₄)、应急管理机构 (S₅)、应急资金物资 (S₆) 及应急设施装备 (S₇), 这六个指标对第二层指标有直接影响; 最底层的指标是应急预案管理 (S₂), 它通过不同方式对其他指标产生直接或间接的影响。

企业应急能力提升的内在机制是应急能力结构要素的协同运动, 以及要素之间的相互作用。企业应急能力的提升不是能力结构要素的简单叠加, 而是能力结构要素的有效协同。应急能力结构模型的构建为优化企业应急能力结构提供了理论支持。未来研究重点是基于协同理论构建企业应急能力结构要素的协同模式, 促进企业应急能力结构和外部环境的协同, 全面提升企业应急能力。

参考文献:

- [1] 廖亚立, 谭忠. 企业事故应急救援能力分析和建议 [J]. 工业安全与环保, 2007, 33 (10): 38-39
- [2] 中新网. 中国进入安全生产事故“易发期”措施尚未到位 [EB/OL]. (2005-12-14) [2012-01-10]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2005-12/14/content_3919528.htm
- [3] SAATY T L, SHANG J S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: prioritizing divergent intangible humane acts [J]. European Journal of Operational Research, 2011 (214): 703-715
- [4] ZHANG K, LI H. Individual factors analysis of network learning based on ISM method [C]. International Conference of China Communication (ICCC2010), 2010: 131-136
- [5] AMADO A F, SANTOS S P, MARQUES P M. Integrating the data envelopment analysis and the balanced scorecard approaches for enhanced performance assessment [J]. Omega, 2012 (40): 390-403
- [6] DURU O, BULUT E, YOSHIDA S. A fuzzy extended DELPHI method for adjustment of statistical time series prediction: an empirical study on dry bulk freight market case [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39 (1): 840-848
- [7] 孟激, 李强, 刘文斌. 基于 3E 理论构建科研机构评价指标体系 [J]. 科学学研究, 2007, 25 (5): 908-914
- [8] 卢文刚. 基于政府主导的城市电力应急能力综合评价指标体系构建 [J]. 中国行政管理, 2010 (6): 43-47
- [9] 刘渝妍, 刘渝琳. 基于 UML 与灰色理论的指标体系构建 [J]. 统计与决策, 2008 (15): 16-19
- [10] POLAT K, KIRMACI V. Determining of gas type in counter flow vortex tube using pairwise fisher score attribute reduction method [J]. International Journal of Refrigeration, 2011, 34 (6): 1372-1386
- [11] 顾雪松, 迟国泰, 程鹤. 基于聚类-因子分析的科技评价指标体系构建 [J]. 科学学研究, 2010, 28 (4): 508-514
- [12] 周德群, 章玲. 集成 DEMATEL/ISM 的复杂系统层次划分研究 [J]. 管理科学学报, 2008, 11 (2): 20-26
- [13] 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 (12): 1643-1647
- [14] 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): 784-788
- [15] 陈升, 孟庆国, 胡鞍钢. 政府应急能力及应急管理绩效实证研究——以汶川特大地震地方县市政府为例 [J]. 中国软科学, 2010 (2): 169-179

作者简介: 史丽萍 (1960—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为工业工程与管理工程、应急管理; 杜泽文 (1984—), 男, 广东肇庆人, 博士研究生, 主要研究方向为应急管理。