

# DEMATEL 方法和 ISM 方法 在教育系统分析中的互补性

梁晓燕

(内蒙古师范大学 传媒学院, 内蒙古 呼和浩特 010022)

**摘 要:** DEMATEL 方法和 ISM 方法的引入, 为教育系统, 如课程系统、教材系统、教学质量分析系统提供了有效的分析方法. 结合教学质量分析案例, 依据 DEMATEL 方法和 ISM 方法的数学模型, 分析了两种方法在教育系统分析中的互补性. 这种互补性既能实现系统要素间影响关系的层级化分析, 也能进行系统要素间影响程度的分析.

**关键词:** DEMATEL 方法; ISM 方法; 教育系统分析; 互补性

**中图分类号:** G 442 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8735(2011)06-0592-04

DEMATEL(Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory, 决策与试验评价实验室)方法是由美国学者 A. Gabus 和 E. Fontela 在 20 世纪 70 年代提出的一种运用图论和矩阵论原理进行系统因素分析的方法. 它借助系统中各因素之间的逻辑关系构建直接影响矩阵, 计算各因素对其他因素的影响程度以及被影响程度, 从而计算各因素的中心度与原因度. 根据因素所对应的中心度和原因度, 得出该因素所属种类(原因因素还是结果因素), 也可以根据中心度和原因度的取值调整系统的结构图, 使系统的结构更加合理<sup>[1]</sup>.

ISM(Interpretative Structural Modeling Method, 解释结构模型法)方法, 是现代系统工程中广泛应用的一种分析和揭示系统结构的方法. ISM 法作为一种分析系统结构的方法, 将系统要素之间复杂、凌乱的关系分解成清晰的、多层级的结构形式. 以 ISM 法得到的系统的结构是一种宏观的定性结构, 它着重揭示系统的几何学的定性结构, 而不是对其结构做出精确的代数描述, 或给出数量上、统计上的性质. 也就是说, ISM 法在分析系统结构时是以系统的各要素为研究对象, 以各要素间是否存在某种关系(从属关系、并列关系、因果关系等)为构造模型的唯一依据, 即如果两要素间存在着某种关系, 在模型中它们之间就会有连线相接, 否则两个要素就是独立的. ISM 方法要解决的具体问题是, 如何利用要素间各种凌乱的、已知的关系, 揭示系统的内部结构, 即建立描述系统结构的数学模型<sup>[2-3]</sup>.

## 1 DEMATEL 方法和 ISM 方法的数学模型

DEMATEL 方法和 ISM 方法以图论、矩阵理论为数学模型, 使系统分析建立在数学理论的基础上, 从而使系统分析更具科学性和客观性, 体现了系统分析中的数学化思想.

### 1.1 系统要素间直接影响关系的数学模型——直接影响矩阵和邻接矩阵

首先确定系统影响因素即要素, 设为  $a_1, a_2, \dots, a_N$ , 考察不同因素间的影响及影响程度.

DEMATEL 方法设定相应的标度  $1, 2, \dots, t$ , 通过专家打分确定不同因素间的直接影响程度, 建立系统的直接影响矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & 0 & \cdots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (i, j = 1, 2, \dots, N), \quad (1)$$

收稿日期: 2011-07-05

基金项目: 内蒙古教育厅科学研究项目(2006NJ06110)

作者简介: 梁晓燕(1963—), 女, 浙江省杭州市人, 内蒙古师范大学副教授, 主要从事教育信息处理研究.

其中  $a_{ij}=0, 1, \dots, t$ , 表示因素  $a_i$  对因素  $a_j$  的直接影响程度,  $a_{ij}$  的值越大表示要素  $a_i$  对  $a_j$  的影响越大,  $a_{ij}=0$  表示要素  $a_i$  对  $a_j$  没有影响.

规范化直接影响矩阵  $D = sA$  ( $s > 0$ ), 即  $d_{ij} = sa_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, N$ ), 其中  $s$  称为尺度因子, 通常取

$$s = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^N |a_{ij}|}. \quad (2)$$

ISM 方法决定要素间的形成关系, 由邻接矩阵来表述要素间的直接关系:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1N} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{N1} & b_{N2} & \cdots & b_{NN} \end{bmatrix} \quad (i, j = 1, 2, \dots, N), \quad (3)$$

其中  $b_{ij}=0$  表示要素  $a_i$  对  $a_j$  没有直接影响,  $b_{ij}=1$  表示要素  $a_i$  对  $a_j$  有直接影响.

邻接矩阵和直接影响矩阵的建立, 反映了系统要素间的直接影响关系及影响程度, 为了解系统内部要素间影响关系提供了最基础的信息. 而该信息的获得, 是以多种原始信息为依据并采用多种方法而获得, 如反映课程体系各门课程直接影响关系, 就是利用了学生学习成绩进行的相关分析、聚类分析及专家打分等信息. 所以, 邻接矩阵和直接影响矩阵的信息有较强的客观性.

### 1.2 反映系统要素内在关系的数学模型 —— 全影响矩阵和可达矩阵

DEMATEL 方法中, 系统的全影响矩阵为

$$T = \sum_{i=1}^{\infty} D^i = D(I - D)^{-1}. \quad (4)$$

ISM 方法中, 可达矩阵为

$$M = \bigvee_{i=1}^{k+1} (B + I)^i = \bigvee_{i=1}^k (B + I)^i, \quad (5)$$

其中  $I$  为单位矩阵,  $B^i = B^{i-1} \wedge B^i$ .

全影响矩阵和可达矩阵是系统诸要素间的内在影响关系及其影响程度的反映, 而信息的获得是以图论为数学模型的数学方法. 因此, 图论是系统结构分析的重要数学模型.

### 1.3 全影响矩阵的应用

DEMATEL 方法中, 利用全影响矩阵可以计算各因素的影响度和被影响度. 将矩阵  $T$  中的元素按行相加可得相应元素的影响度, 按列相加可得相应因素的被影响度. 因素  $a_i$  的影响度  $f_i$  和被影响度  $e_i$  的计算公式为

$$f_i = \sum_{j=1}^N t_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, N), \quad e_i = \sum_{i=1}^N t_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, N). \quad (6)$$

因素  $a_i$  的中心度定义为

$$m_i = f_i + e_i, \quad i=1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

中心度表示因素  $a_i$  在整个系统中所起作用的大小及其重要性. 因素  $a_i$  的原因度定义为

$$r_i = f_i - e_i, \quad i=1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

如果原因度  $r_i > 0$ , 表明该因素对其他因素的影响大, 称为原因因素; 如果原因度  $r_i < 0$ , 表明该因素受其他因素的影响大, 称为结果因素.

以因素的中心度  $m_i$  为横坐标, 原因度  $r_i$  为纵坐标, 标出各因素在平面坐标系中的位置, 然后进行数据分析, 即可针对实际系统提出对策或建议.

### 1.4 ISM 方法中的集合思想

求出各要素的可达集合  $R(a_i)$ 、先行集合  $A(a_i)$  及其交集  $R(a_i) \cap A(a_i)$ , 若满足

$$R(a_i) \cap A(a_i) = R(a_i), \quad (9)$$

则可确定  $a_i$  为位于系统最高层级的要素, 并以此确定各要素的层级. 根据层级关系可以作出层级图, 如果需要的话还可以根据层级图作出要素的序列化.

## 2 DEMATEL 方法和 ISM 方法的互补性

从数学模型可以看出, DEMATEL 方法和 ISM 方法并不是两个彼此独立的方法, 两个基本矩阵的转化是这两种方法相结合进行系统分析的基础.

(1) DEMATEL 方法中的直接影响矩阵可以转化为 ISM 方法中的邻接矩阵. 以基于 DEMATEL 方法的“教学质量因素分析”<sup>[4]</sup> 为例, 其中确定影响教学质量的因素有教学目标 ( $a_1$ )、教学思想 ( $a_2$ )、教学体系 ( $a_3$ )、教学内容 ( $a_4$ )、教学模式 ( $a_5$ )、教学方式 ( $a_6$ )、教学方法 ( $a_7$ )、教师的教学技巧 ( $a_8$ )、教师业务水平 ( $a_9$ ). 设定要素间影响程度的标度为 1, 2, ..., 9, 通过专家打分等方法确定不同因素间的直接影响程度, 建立系统的直接影响矩阵为

$$A = (a_{ij})_{9 \times 9} = \begin{bmatrix} 0 & 6 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 7 & 3 & 2 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7 & 7 & 3 & 3 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix} .$$

$A$  中的元素  $a_{34}$ 、 $a_{93}$ 、 $a_{94}$  表示因素  $a_3$  对因素  $a_4$ 、因素  $a_9$  对因素  $a_3$  和  $a_4$  的直接影响程度最高. 如果有些系统既需要了解要素间的影响程度也需要了解要素间的影响关系, 则可以利用 ISM 方法建立邻接矩阵, 也可以将直接影响矩阵  $A$  中的元素设定一阈值  $r_{ij}$ , 当  $a_{ij}$  的值大于等于  $r_{ij}$  时取“1”,  $a_{ij}$  的值小于  $r_{ij}$  时取“0”. 这时直接影响矩阵  $A$  就可以转化为邻接矩阵  $B$ .

(2) DEMATEL 方法中的全影响矩阵可以转化为 ISM 方法中的可达矩阵. 全影响矩阵反映了系统要素间的直接和间接影响关系及其影响程度. 以“教学质量的因素分析”<sup>[4]</sup> 为例, 其影响度  $f_i$ 、被影响度  $e_i$ 、中心度  $m_i$  和原因度  $r_i$  见表 1, 由表 1 得出的原因图不能直观地反映该系统各要素间的内在影响关系, 需要运用 ISM 方法由可达矩阵算出系统的层级结构, 再经修正后得出系统的层级图, 如图 1 所示.

DEMATEL 方法以要素间的影响程度为依据, 以分析各要素的影响度、被影响度、中心度和原因度为核心, 它不仅反映了系统各要素间的相互影响关系及相应的影响程度, 而且反映了各要素在系统中的重要程度. ISM 方法是以分析系统要素间的联系(形成关系)为基础, 以分析系统层级化结构为核心, 并可以进一步进行系统的序列化、聚类分析等, 因此它不需要具体因素间的数量化关系. 这两种方法各有侧重, 但是研究的每一方面都是系统分析的重要组成部分. 因此, 利用 DEMATEL 方法与 ISM 方法的互补性, 可以使我们充分了解各要素间的相互影响及影响程度, 了解系统序列化的结构, 使系统分析更加全面、客观.

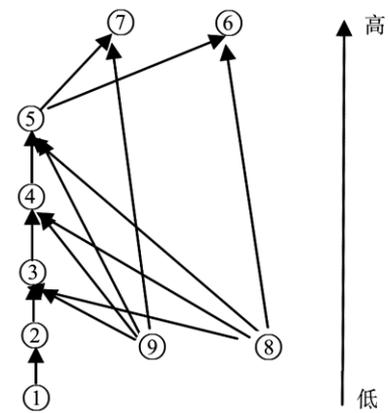


图 1 教学质量分析系统的层级图  
Fig. 1 The hierarchy of teaching quality analysis system

表 1 影响度  $f_i$ 、被影响度  $e_i$ 、中心度  $m_i$  和原因度  $r_i$   
Tab. 1 Affecting degree  $f_i$ , affected degree  $e_i$ , centrality degree  $m_i$ , reason degree  $r_i$

$f_i$	0.56	0.32	0.56	0.48	0.24	0.20	0.00	0.60	1.00
$e_i$	0.00	0.24	0.52	0.72	0.68	0.76	1.04	0.00	0.00
$m_i$	0.56	0.56	1.08	1.20	0.92	0.96	1.04	0.60	1.00
$r_i$	0.56	0.08	0.04	-0.24	-0.44	-0.56	-1.04	0.60	1.00

综上所述, DEMATEL 方法和 ISM 方法的引入, 为研究定性系统开辟了良好的途径, 也为教育系统如课程系统、教材系统、教学质量分析系统等提供了更有效的分析方法. 但是, 这些方法的应用需要一定的数理基础, 而且计算量较大. 因此, 需要充分发挥计算机的优势, 才能使这些方法更广泛地用于教育系统分析中.

### 参考文献:

- [1] 王伟, 高齐圣. DEMATEL 方法在高校教学设计中的应用 [J]. 现代教育技术, 2009(3): 31-33.  
 [2] 傅德荣, 章慧敏. 教育信息处理 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.  
 [3] 薛理银. 教育信息处理原理 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1996.  
 [4] 章玲, 周德群, 汤建影. 基于 DEMATEL 方法的高校教育质量影响因素分析 [J]. 南京航空航天大学学报: 社会科学版, 2009(1): 49-52.

## Complementary of DEMATEL Method and ISM Method in the Education Analysis System

LIANG Xiao-yan

(College of Media, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

**Abstract:** The application of DEMATEL and ISM provides an effective method for the analysis of qualitative education system, such as curriculum system, textbook system, teaching quality analysis system, and so on. This paper analyzed a case of teaching quality by using these two methods separately based on their mathematical models. The conclusion is that there is a complimentary between these two methods. These two methods can be conducted in both analyses of the hierarchical influence and the degree among the system elements due to their complimentary.

**Key words:** DEMATEL method; ISM method; analysis of the education system; complementary

【责任编辑 陈汉忠】

(上接第 591 页)

## Measurement of Specific Heat Capacity of $Mn_xFe_{2-x}P_{0.4}Si_{0.6}$ Compounds by DSC Method

SHI Hai-rong, O. Tegus, ZHANG Tian-chen, HAI Shan, GENG Yao-xiang, WANG Quan-jing

(Inner Mongolia Key Laboratory for Physics and Chemistry of Functional Materials,  
Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

**Abstract:** The specific heat of  $Mn_xFe_{2-x}P_{0.4}Si_{0.6}$  compounds was investigated by using differential scanning calorimetry method. The results show that there are abnormal peaks in the specific-heat curves, the abnormal peaks corresponding to the first-order phase transitions. The phase transition temperature is 317.7, 306.2, 290.5, 279.4K, the latent heat of the transition is 6226.1, 5461.1, 4253.8, 3116.0 J/kg, respectively for  $x=1.25, 1.30, 1.35, 1.40$ . The latent heat decreases with the decrease of phase transition temperature.

**Key words:** differential scanning calorimetry; transition metal compounds; specific heat capacity

【责任编辑 陈汉忠】