

集成 DEMATEL/ISM 的复杂系统层次划分研究^①

周德群, 章玲

(南京航空航天大学经济与管理学院, 南京 210016)

摘要: 划分层次结构是进行复杂系统分析和决策的基础. 为了使复杂系统的层次结构划分更加合理、直观, 提出集成 DEMATEL/ISM 构建系统层次结构; 给出二者集成的理论依据和算法; 介绍增添虚节点完善复杂系统层次结构的方法; 最后文章通过实例验证上述方法的合理性和有效性, 表明 DEMATEL 和 ISM 方法的有效集成可降低可达矩阵的计算量和计算复杂度, 为实际复杂系统的分析和决策提供了新思路.

关键词: 复杂系统层次结构; DEMATEL; ISM; 虚节点

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1007-9807(2008)02-0020-07

0 引言

层次结构是指系统的组成可以划分为不同的层次, 不同层次之间相互关联, 而同层的节点之间并没有直接关系^[1]. 层次结构划分的合理与否是能否正确进行系统分析的关键^[2]. 常用于划分系统层次结构的方法大体分为两类: 经验法与定性和定量相结合的方法. 经验法是划分系统层次结构最常用的方法, 它根据决策者的经验和已有知识绘出系统的层次结构. 例如 Kuo 参考决策者经验和专家知识划分影响便利店位置选择系统的层次结构^[3], Rossetti 根据经验划分医院物流配送系统的层次结构^[4], Zio 利用经验法划分专家评判系统的层次结构^[5,6], 张送保等利用经验法划分复杂体系效能测度的层次结构^[7]. 和经验法相对应的是应用定性和定量相结合的方法分析系统层次结构, 它通过专家或者决策者的知识和经验以及系统的相关信息, 利用数学推理得到系统层次结构. 解释结构模型 (interpretive structural modeling, ISM) 是常用于复杂系统结构分析的定性与

定量相结合的方法之一^[8,9]. 决策实验室分析法 (decision making trial and evaluation laboratory, DEMATEL) 也是进行复杂系统分析和决策的重要方法. 这两种方法自提出以来已经得到了广泛的应用, 如宋学锋等利用 ISM 模型分析江苏省城市化与生态环境耦合系统的结构^[10]; 鲍利平等运用 ISM 方法构建了军用车辆事故 4 级预防体系的解释结构模型^[11]; 古屋温美等利用 DEMATEL 方法识别日本渔业系统的影响因素, 利用 ISM 方法考察因素间的相互关系^[12]; 胡雪琴运用 DEMATEL 方法分析问题之间的相互关系, 并排定问题的重要程度^[13]; 隆二郎运用 DEMATEL 方法研究县城的通讯^[14]; 周永广用 DEMATEL 方法调查和处理黄山旅游业的相关信息和数据^[15]; Shinichiro 等人利用 DEMATEL 方法计算出系统各影响因素的中心度和原因度, 对各因素的重要程度进行界定^[16]; 中山等运用 DEMATEL 方法分析系统结构和影响因素^[17,18]. 上述这些应用只是对 DEMATEL 和 ISM 方法进行简单集成或者是两种方法的单独应用. 单独应用 ISM 方法必须进行大

① 收稿日期: 2005-09-19; 修订日期: 2007-04-04.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90510010); 教育部博士点基金资助项目(20050287026); 国防科技工业软科学基金项目(C06004); 国家软科学研究计划资助项目(2006GXQ3B184).

作者简介: 周德群(1963—), 男, 江苏建湖人, 博士, 教授, 博士生导师, Email: dqzhou88@163.com

量复杂的矩阵运算. 由于 DEMATEL 和 ISM 方法存在一定的共性, 故本文提出集成 DEMATEL/ISM 方法划分系统层次结构, 并分析二者集成的理论依据、思路和具体算法. 另外还提出增添虚节点的方式调整系统层次结构, 最终得到标准层次结构. 通过集成 DEMATEL 和 ISM 方法, 降低 ISM 方法中计算可达矩阵的复杂度、减少可达矩阵的计算量, 使得可达矩阵的计算过程简单, 易于理解. 通过虚节点的引入使得划分的层次结构更加直观, 便于复杂系统的分析和决策.

1 DEMATEL 方法

DEMATEL 方法是由美国学者提出的运用图论与矩阵论原理进行系统因素分析的方法, 通过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度, 从而计算各因素的中心度与原因为^[16-18]. 根据因素所对应的中心度和原因为, 得出该因素所属种类(原因因素还是结果因素), 也可根据中心度和原因为的取值调整整个系统的结构图, 使得系统结构更加合理. DEMATEL 方法的具体步骤如下^[16-18]:

步骤 1 确定系统影响因素, 设为 a_1, \dots, a_n ;

步骤 2 考察不同因素间的影响关系, 并设定相应的标度, 通过专家打分方法确定不同因素间的直接影响程度.

假设系统的直接影响矩阵为 X ($X = [x_{ij}]_{n \times n}$),

$$X = \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

其中因素 x_{ij} , ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n, i \neq j$) 表示因素 a_i 对因素 a_j 的直接影响程度; 若 $i = j$, $x_{ij} = 0$.

步骤 3 规范化直接影响矩阵, 得规范化直接影响矩阵 G ($G = [g_{ij}]_{n \times n}$),

$$G = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij}} X, \quad (1)$$

易知 $0 \leq g_{ij} \leq 1$, 并且 $\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n g_{ij} = 1$.

步骤 4 计算系统影响因素间的综合影响矩阵 T ($T = [t_{ij}]_{n \times n}$), 矩阵 T 的计算公式为^[19,20]

$$T = G(I - G)^{-1} \quad (2)$$

其中 I 为单位阵.

步骤 5 计算各因素的影响度和被影响度.

对矩阵 T 中元素按行相加得到相应因素的影响度, 对矩阵 T 中元素按列相加得到相应因素的被影响度. 例如因素 a_i , ($i = 1, \dots, n$) 的影响度 f_i 和被影响度 e_i 的计算公式如下

$$f_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, (i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

$$e_i = \sum_{j=1}^n t_{ji}, (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

步骤 6 计算各因素的中心度与原因为.

系统因素的影响度和被影响度相加得到其中中心度, 系统因素的影响度和被影响度相减得到其原因为. 例如因素 a_i , ($i = 1, \dots, n$) 的中心度 m_i 和原因为 n_i 的计算公式如下

$$m_i = f_i + e_i, (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

$$n_i = f_i - e_i, (i = 1, \dots, n) \quad (6)$$

步骤 7 以因素的中心度和原因为做笛卡尔坐标系, 标出各因素在坐标系上的位置, 分析各个因素的重要性, 针对实际系统提出建议.

2 集成 DEMATEL/ISM 方法划分系统层次结构

介绍集成 DEMATEL/ISM 方法划分系统层次结构的算法之前, 首先给出二者集成的理论依据.

2.1 集成 DEMATEL/ISM 的理论依据

根据 DEMATEL 方法的步骤不难看出, 因素之间的综合影响矩阵 T 反映了不同因素间的相互影响关系和程度, 但它未考虑因素对自身的影响. 由于因素与自身是一一对应关系, 所以因素对自身的影响可用单位阵 I 表示. 矩阵 H ($H = [h_{ij}]_{n \times n}$, $H = T + I$), 反映了系统因素的整体影

响关系:该矩阵不仅能反映因素间的相互影响,也反映因素对自身的影响.若 $h_{ij} = 0, (i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n)$ 表示因素 a_i 与因素 a_j 间没有相互影响关系,否则说明因素 a_i 与因素 a_j 间具有相互影响关系.

ISM 方法用可达矩阵 $K (K = [k_{ij}]_{n \times n})$ 反映因素的相互影响, K 中元素取值范围为 $\{0, 1\}$. 若 $k_{ij} = 0, (i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n)$ 表示因素 a_i 与因素 a_j 间没有相互影响关系,否则说明因素 a_i 与因素 a_j 间具有相互影响关系. 可见,DEMATEL 方法分析得到的整体影响矩阵 H 和 ISM 方法得到的可达矩阵 K 存在着共性:二者的非零元素反映因素间存在相互影响关系,而零元素反映所对应的因素间没有影响关系. 不同的是,矩阵 H 所蕴涵的信息量要大于矩阵 K . 矩阵 H 不仅能反映因素间影响关系的存在性还能反映因素间的影响程度,而矩阵 K 仅能反映因素间影响关系的存在性. 所以矩阵 H 和矩阵 K 间存在着单映射:依据 DEMATEL 方法计算得到的矩阵 H 可以得到矩阵 K . 对于包含因素较多的系统,为了能抓住问题的本质,简化系统层次结构,可以根据问题的实际情况,设定阈值 λ 并依据下式和矩阵 H 确定可达矩阵 K 中元素取值

$$k_{ij} = \{1 \mid h_{ij} \geq \lambda\}, \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n) \quad (7)$$

$$k_{ij} = \{0 \mid h_{ij} < \lambda\}, \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n) \quad (8)$$

设定科学、合理的阈值 λ 是式(7)和(8)应用的关键. 阈值 λ 的设定可由专家或者决策者根据实际问题而定. 阈值设置的目的是舍去影响程度较小的影响关系,简化系统结构,便于系统层次结构的划分. 对于 n 值较小的系统,通常无需对系统结构进行简化,可设置 $\lambda = 0$.

2.2 集成 DEMATEL/ISM 划分系统层次结构的思路

集成 DEMATEL/ISM 划分系统层次结构的思路如下:通过 DEMATEL 方法推导因素间综合影响矩阵并计算整体影响矩阵;根据整体影响矩阵和可达矩阵的关系,将整体影响矩阵转换为 ISM 方法中的可达矩阵. 根据可达矩阵和 ISM 方法划分出系统因素的层次结构. 图 1 给出了集成

DEMATEL/ISM 划分系统层次结构的步骤.

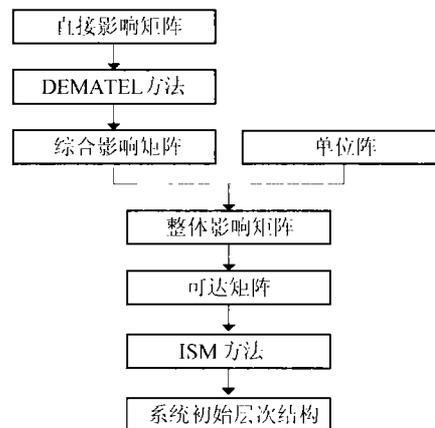


图 1 集成 DEMATEL/ISM 划分系统初始层次结构

Fig. 1 Establishing the initial hierarchy structure for system with DEMATEL/ISM

2.3 集成 DEMATEL/ISM 划分系统层次结构的算法

下面给出集成 DEMATEL/ISM 划分系统层次结构的算法.

步骤 1 计算系统整体影响矩阵 $H (H = [h_{ij}]_{n \times n})$

$$H = T + I,$$

其中,矩阵 I 为单位阵;

步骤 2 依据系统整体影响矩阵 H 确定可达矩阵 $K (K = [k_{ij}]_{n \times n})$:通过矩阵 H 和式(7)和(8)确定可达矩阵 K ;

步骤 3 确定各因素的可达集合以及前项集合,例如因素 a_i 的可达集合 R_i 以及前项集合 S_i 的计算公式为

$$R_i = \{a_j \mid a_j \in A, k_{ij} \neq 0\}, (i = 1, \dots, n) \quad (9)$$

$$S_i = \{a_j \mid a_j \in A, k_{ji} \neq 0\}, (i = 1, \dots, n) \quad (10)$$

步骤 4 验证下式是否成立. 若成立则说明其对应的因素 a_i 为底层因素. 并在矩阵 K 中划除 i 行和 i 列.

$$R_i = R_i \cap S_i, (i = 1, \dots, n) \quad (11)$$

步骤 5 重复步骤 3 和 4,直到所有的因素均被划去.

步骤 6 按照因素被划去的顺序,建立因素的层次结构.

针对步骤 3 和 4,可以采用更简洁的表操作来完成,即将各因素所对应的可达集合和前项集合绘制成表格. 针对表中各行验证式(11)是否成立. 若式(11)成立,从整张表中划去相应行以及

相应因素,然后继续验证表中剩余行是否满足等式(11),直到表中所有行均被划出. 例如,某系统的因素及其可达集合和前项集合见表1. 其中因素 m 满足 $R_m = R_m \cap S_m$ 等式. 将表1中 m 行删除, i 行和 n 行的因素 m 也删除,得到下一步的操作表(表2). 这样省去了矩阵运算,节省时间且不易出错.

表1 因素的可达集合和前项集合

Table 1 The reachability and antecedent set for each factor

要素	R	S	$R \cap S$	$R_i = R \cap S$
i	i, m, n	i, n	i, n	
m	m	i, m, n	m	m
n	m, n	i, n	n	

表2 剩余因素的可达集合和前项集合

Table 2 The reachability and antecedent set for residual factors

要素	R	S	$R \cap S$	$R_i = R \cap S$
i	i, n	i, n	i, n	i, n
n	n	i, n	n	n

3 增设虚节点调整系统的层次结构

集成 DEMATEL/ISM 构建的系统层次结构可能不满足层次结构的严格定义,例如同层因素间存在直接影响关系(图2中节点B与其同层节点C间存在直接影响关系);或者跨层因素间存在直接影响关系(图2中节点E与其父节点的父节点A存在直接影响关系). 这不满足层次结构的严格定义,必须进行适当调整.

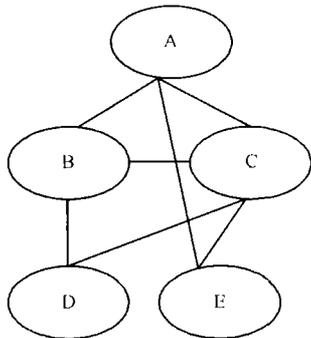


图2 系统初始层次结构

Fig. 2 The initial hierarchy structure of system

本文提出通过增添虚节点的方式对初始层次

结构进行完善,以得到理想层次结构. 所谓的虚节点是指系统中并没有这样的因素,可以将其看作相关节点的像. 例如,针对图2,图3增加虚节点 E' 隔断节点E和A的直接联系, E' 可以理解为E在第2层的像;采取增加虚节点 C' 隔断同层节点B和C的直接联系, C' 为节点C在第3层的像. 这样得到较为理想的层次结构图(图3). 依据调整后的系统层次结构不难得出因素D、E和C均为系统的底层因素在系统分析时需优先考虑. 增添虚节点前,图2中很难得出哪些因素需要优先考虑,这不利于复杂系统分析和决策.

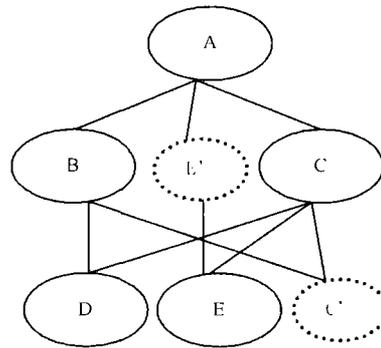


图3 调整后的系统层次结构

Fig. 3 The adjusted hierarchy structure of system

4 算例

下面举例说明集成 DEMATEL/ISM 方法划分系统层次结构的有效性和可行性.

某企业需要对是否投入一种新产品进行决策,经众多专家评议得出,影响决策的因素分别为产品研发的经费投入(F1)、与产品相关的员工培养和引进(F2)、厂房的建设(F3)、产品生产的融资渠道(F4)、新产品的营销(F5)、与产品相关的标准化和国际化(F6)、产品的优势(F7)、产品的市场前景分析(F8). 这里采用0~5计分制(其中5分表示因素间的直接影响程度最大,而0表示对应的因素间没有直接影响关系),由决策者和专家确定因素间的直接影响矩阵 X . 矩阵 X 中第7行的元素之和($5 + 3 + 2 = 10$)最大. 利用公式(1)计算得规范化直接影响矩阵为 G . 根据公式(2),经 MATLAB 编程计算得综合影响矩阵 T . 在此基础上可得整体影响矩阵 H . 依据本系统的实际情况,通过对专家和决策者的咨询取阈值 $\lambda = 0$,依

据公式(7)和(8),得可达矩阵 K . 根据可达矩阵 K 和 ISM 方法,最终得到系统因素的初始层次结构(见图4).

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 3 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 0.40 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.00 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.50 & 0.60 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.18 & 0.51 & 0.15 & 0.35 & 0 & 0 & 0 & 0.50 \\ 0.15 & 0.51 & 0.17 & 0.31 & 0.30 & 0 & 0 & 0.55 \\ 0.70 & 0.57 & 0.01 & 0.40 & 0 & 0 & 0 & 0.20 \\ 0.25 & 0.90 & 0.30 & 0.50 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

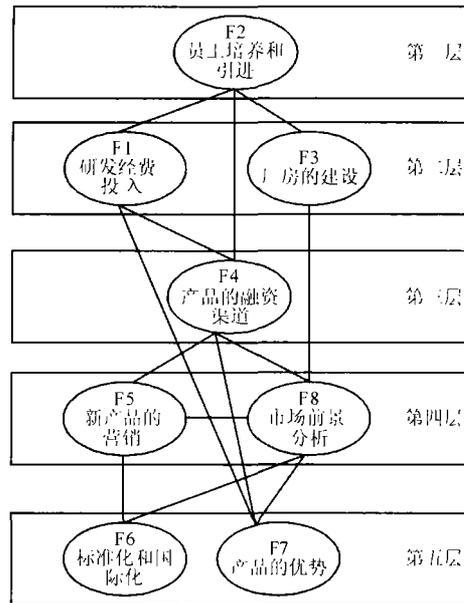


图4 系统初始层次结构

Fig. 4 The initial hierarchy structure of system

由图4不难看出因素 F4 与 F2 间存在跨层影响关系,同样因素 F1 和 F7 间、因素 F3 和 F8 间、因素 F4 和 F7 间也存在跨层影响关系;F5 和 F8 间存在同层影响关系. 故需要增添虚节点调整系统层次结构:增加虚节点 1(F4 的像)调整 F4 和 F2 的跨层影响关系;增加虚节点 2 和 4(F7 的像)调整 F1 和 F7、F4 和 F7 的跨层影响关系;增加虚节点 3(F8 的像)调整 F3 和 F8 的跨层影响关系;增加虚节点 5(F8 的像)调整 F5 和 F8 的同层影响关系. 调整后的系统层次结构见图 5.

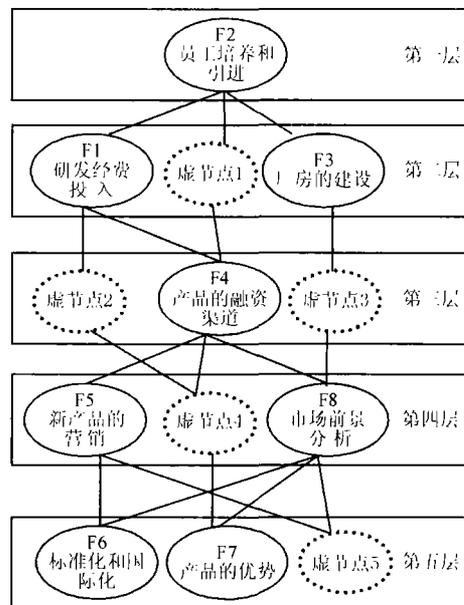


图5 调整后的系统层次结构

Fig. 5 The adjusted hierarchy structure of system

依据图 5, 得出产品的标准化和国际化(F6)、产品的优势(F7)和市场前景(F8)为最下层因素, 应优先考虑; 新产品营销(F5)为第 4 层因素; 生产融资渠道(F4)为第 3 层因素; 产品研发的经费投入(F1)和厂房建设费用(F3)为系统第 2 层因素; 而员工培训和引进(F2)为系统的顶层因素。

5 结束语

为了使复杂系统的层次结构划分的更加合理, 本文首先分析了集成 DEMATEL/ISM 的可行

性和可能性, 讨论了二者集成的理论依据和思路, 给出了集成 DEMATEL/ISM 划分系统层次结构的具体算法; 由于所得到的系统结构可能不完全符合层次结构的严格定义, 本文提出增设虚节点以调整系统层次结构并给出虚节点的定义。文章最后通过实例验证了上述方法的合理性和有效性。通过 DEMATEL/ISM 的集成, 降低了 ISM 方法中计算可达矩阵的复杂度、减少了可达矩阵的计算量。使得可达矩阵的计算过程简单, 易于理解。通过虚节点的引入使得划分的层次结构更加直观, 便于复杂系统的分析和决策。

参考文献:

- [1] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York; McGraw-Hill, 1980.
- [2] 于长锐, 罗 艳, 徐福缘. 复杂决策问题的多元化模型体系研究[J]. 管理科学学报, 2004, 7(2): 88—94.
Yu Changrui, Lu Yan, Xu Fu-yuan. Research on multifaceted model system of complicated decision-making problem[J]. Journal of Management Sciences in China, 2004, 7(2): 88—94. (in Chinese)
- [3] Kuo R J, Chi S C, Kao S S. A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network[J]. Computers in Industry, 2002, 47: 199—214.
- [4] Rossetti M D, Selandari F. Multi-objective analysis of hospital delivery systems[J]. Computers & Industrial Engineering, 2001, 11(3): 309—333.
- [5] Zio E. On the use of the analysis hierarchy process in the aggregation of expert judgments[J]. Reliability Engineering and System Safety, 1996, 53: 127—138.
- [6] Zio E, Cantarella M, Cammi A. The analysis hierarchy process as a systematic approach to the identification of important parameters for the reliability assessment of passive systems[J]. Nuclear Engineering and Design, 2003, 226: 311—336.
- [7] 张送保, 张维明, 刘 忠, 等. 复杂体系效能测度建模研究[J]. 系统工程学报, 2006, 21(5): 515—519.
Zhang Song-bao, Zhang Weiming, Liu Zhong, et al. Research on measure of effectiveness modeling for complex system of systems[J]. Journal of Systems Engineering, 2006, 21(5): 515—519. (in Chinese)
- [8] 谢 刚, 李国平. 广义梯度理论中梯度的解释结构模型研究[J]. 系统工程, 2004, 22(5): 1—6.
Xie Gang, Li Guoping. An interpretive structure model on the grad in generalized-grads theory[J]. Systems Engineering, 2004, 22(5): 1—6. (in Chinese)
- [9] 吴鹤雄. 一种简便的系统层次结构分析方法[J]. 系统工程与电子技术, 1999, 21(2): 24—26.
Wu Hexiong. A simple method in structural analysis of system[J]. Systems Engineering and Electronics, 1999, 21(2): 24—26. (in Chinese)
- [10] 宋学锋, 刘耀彬. 基于 SD 的江苏省城市化与生态环境耦合发展情景分析[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 28(3): 124—130.
Song Xuefeng, Liu Yaobin. Scenarios simulation of urbanization and ecological environment coupling in Jiangsu province by system dynamic model[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 2006, 28(3): 124—130. (in Chinese)
- [11] 鲍利平, 王仪山, 毛 喧. 军车交通事故四级预防体系的构建与结构分析[J]. 中国管理科学, 2000, 8: 675—683.
Bao Liping, Wang Yishan, Mao Xuan. Building and analyzing of construction on four levels of military vehicle traffic accident[J]. Chinese Journal of Management Science, 2000, 8: 675—683. (in Chinese)
- [12] 古屋温美・関いずみ・松本卓也・長野章. 問題の構造と対策の分析手法について(漁業後継者問題を中心にして)[C]. 海洋開発論文集, 2002, 18: 797—802.

- Atsumi F, Izumi S, Takuya M, Akira N. Lack of Fishery Successors: Analytical Methods for Identifying the Problem Structure and for Evaluating Countermeasures[C]. *Memoir of Fishery Successors*, 2002, 18: 797—802. (in Japanese)
- [13] 胡雪琴. 企業問題複雜度之探討及量化研究[D]. 台湾, 中坜: 私立中原大學, 2003.
Hu Xue-qin. The thesis for the degree of complexity in enterprise problems and for quantification in enterprise problems-by using DEMATEL as a analyzing tool[D]. *Chung Yuan Christain University*, 2003. (in Chinese)
- [14] 近藤隆二郎. リバーミュージアムにおけるホスト-ゲスト間の交流システムに関する研究[OL]. <http://www.ses.usp.ac.jp/users/rcon/kumahaku/RM0001.pdf>, 2005.
Ryujiro K. Communication system between hosts and guests in river museum[OL]. <http://www.ses.usp.ac.jp/users/rcon/kumahaku/RM0001.pdf>, 2005 (in Japanese).
- [15] 周永广, 王微波, 陈怡平. 黄山市旅游发展阻力的问题构造[J]. *浙江大学学报(理学版)*, 2004, 31(3): 354—360.
Zhou Yong-guang, Wang Wei-bo, Chen Yi-ping. Construction on resistance of tourist development in Huangshan city[J]. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2004, 31(3): 354—360 (in Chinese).
- [16] Shinichiro H, Yujiro S. Designing methods of human interface for supervisory control systems[J]. *Control Engineering Practice*, 1999, 7: 1413—1419.
- [17] 中山 賢二. 客観的情報にガイドされたユーザの主観的評価に基づく購入商品決定支援システムの構築[D]. 石川縣能美市: 北陸先端科学技術大学院大学, 2001.
Naka Y E. Establishing of the decision support system for shopping based on subjective evaluation of user induced by objective information[D]. *Japan Advanced Institute of Science and Technology*, 2001. (in Japanese)
- [18] 豊田武俊・井秀之. 構造モデル化手法の社会問題への適用～原子力発電所トラブル隠しを題材に～[C]. *社会技術研究論文集*, 2003. 16—24.
Toyota T, Hide Y. The Method of Structure Model and its Application in Social Problem ~Take the Secrete Event of the Atomic Electricity as an Example ~[C]. *Memoir of Social Technology Research*, 2003. 16—24. (in Japanese)
- [19] Lin CJ, Wu WW. A Fuzzy Extension of the DEMATEL Method for Group Decision-Making[C], 第一屆台灣作業研究學會學術研討會暨 2004 年科技與管理學術研討會, 2004. 843—852.
Lin CJ, Wu WW. A Fuzzy Extension of the DEMATEL Method for Group Decision-Making[C], *The First Conference on Taiwan Task Research Society/Technology and Management*, 2004. 843—852.
- [20] Goodman R. *Introduction to Stochastic Models*[M]. California: Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, 1998.

Establishing hierarchy structure in complex systems based on the integration of DEMATEL and ISM

ZHOU De-qun, ZHANG Ling

College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

Abstract: Establishing hierarchy structure is generally the foundation of the analysis of complex systems. To make the hierarchy structures of the complex systems illustrative and reasonable, a new method is first proposed to establish the hierarchy structures for complex systems based on the integration of DEMATEL and ISM after the theoretical foundation and corresponding steps of the integration are analyzed; and then the concept of dummy node is advanced to improve on the hierarchy structures of the complex systems; finally an example is used to illustrate the methods mentioned above. Through the integration algorithm mentioned in the paper, the reachability matrix of ISM can be obtained easily.

Key words: hierarchy structure of complex system; DEMATEL; ISM; dummy node