

一种新的含可达影响因子的系统结构分析算法

李明辉¹, 夏靖波¹, 陈才强², 尹波¹, 王恺¹

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西, 西安 710077; 2. 空军通信网络技术管理中心, 北京 100843)

摘要: 针对要素数目繁多、关系结构复杂的系统中层次分析困难、处理效果差等问题, 提出一种新的含可达影响因子的系统结构分析算法。该算法根据定性判断和综合试验分析确定综合影响矩阵, 进而根据中心度、原因度等信息对不重要要素进行判别和处理, 在此基础上通过修正影响矩阵实现对系统的等级划分, 得到含有可达影响因子的系统结构分析模型。算例对比分析表明, 该算法可以在合理忽略不重要要素影响关系的基础上实现区域分解和等级划分, 既简化了利用改进型布尔代数法则计算可达影响矩阵的复杂性, 又定量地给出主要要素之间的影响程度, 具有很强的实用性。

关键词: 系统结构分析; 可达影响因子; 解释结构模型; 决策试验和评价实验法

中图分类号: TP 301.6; N 945.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-0645(2012)02-0135-06

A New System Structure Analysis Arithmetic with Reachable Effect Factor

LI Ming-hui¹, XIA Jing-bo¹, CHEN Cai-qiang², YIN Bo¹, WANG Kai¹

(1. Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China;

2. Air Force Communication Networks Management Center, Beijing 100843, China)

Abstract: Aiming at the difficulty and complexity of system structure analysis, a new system structure analysis arithmetic with reachable effect factor is presented. The effect matrix is obtained based on qualitative estimation and experimentation analysis firstly, then the administrative levels of system structure is actualized based on emendatory effect matrix in which unimportant elements judged by center degree and cause degree are omitted. Finally system structure analysis model with reachable effect factor is established. Experimental results show that, the proposed arithmetic could realize the system structure analysis effectively based on the fact that unimportant elements and their effect relations are omitted, and its improvement and practicality lie in the fact that it not only reduces the complexity of computing reachable effect matrix by using improved Boolean algebra rules, but also presents the effect degree of important elements quantificationally.

Key words: system structure analysis; reachable effect factor; interpretative structural modeling; decision making trial and evaluation laboratory

当前, 应用比较广泛的系统结构分析方法主要有解释结构模型 (ISM) 及决策试验和评价实验法 (DEMATEL)。ISM 法是指把复杂的系统分解为若

干要素, 利用人们的实践经验和相关技术手段, 将系统构造成一个多级递阶的结构模型, 其应用范围涉及多个领域^[1]。彭云飞等^[2]构建了能识别关键成功

收稿日期: 2011-04-15

基金项目: 国家部委研究生资助课题 (2010JY0815-488); 空军工程大学电讯工程学院博士生创新基金 (002)

作者简介: 李明辉 (1983—), 男, 博士生, E-mail: airminghui@163.com.

通信作者: 夏靖波 (1963—), 男, 教授, 博士生导师, E-mail: jbxia@sina.com.

因素的网络型产业的 ISM,进而利用“手段-目的分析”网络方法,识别出网络型产业运营的关键成功因素;刘炜等^[3]基于 ISM 建立了组织知识系统安全性层次结构模型;李小全^[4]运用 ISM 对装备功能与组成结构间的关联影响进行了分析;韩荣记^[5]采用 ISM 法得到建筑安全领域各因素不同层次. DEMATEL 法综合运用图论和矩阵理论分析系统中各要素间的逻辑关系和直接影响关系,以此判断要素间关系的有无及其强弱,在系统工程、综合管理等领域得到广泛应用^[6-8]. 章玲等^[9-10]运用 DEMATEL 模型分析了影响国防科技工业企业创新能力间的相互作用,并分析了高等教育教学质量影响因素间的综合关联.

尽管系统结构分析方法的应用领域不断扩大,但综合运用 ISM 和 DEMATEL 方法的应用成果相对较少,大部分只是对两种方法进行单独应用或简单集成. 张相斌等^[11]提出基于 ISM 的因素层次分析法,给出制造业 ERP 关键要素的递阶结构模型. 可是,对于要素数目较多的复杂系统,该方法的计算量将剧增,层次分析效果也将不尽明显. 周德群等^[12]提出集成 DEMATEL/ISM 构建系统层次结构,给出了二者集成的理论依据和算法,为实际复杂系统的分析与决策提供了新的思路. 但是,该方法并没有定量地给出影响程度的大小. 基于此,作者在综合运用 DEMATEL & ISM 的基础上提出一种新的含可达影响因子的系统结构分析算法.

1 算法设计

基于 DEMATEL & ISM 含可达影响因子的系统结构分析算法的基本思想是:首先基于 DEMATEL 方法确定综合影响矩阵并对系统进行综合试验与分析,得到影响度、被影响度、中心度和原因度等信息,据此对不重要要素进行判断并处理;在此基础上,运用 ISM 法对系统作等级划分和区域分解,得到含有可达影响因子的要素间的层次关系,实现系统结构分析.

该算法特别适合于要素繁多、关系复杂的庞大系统,其实施步骤如下.

步骤 1 分析系统要素,令某系统含有 n 个要素,记为 $E_k (k=1, 2, \dots, n)$.

步骤 2 在所有要素中任选一个要素 E_k 作为参考点,去掉对其没有影响的要素,针对剩余的要素,请 m 位专家分别进行两两比较,判断每一个要素对参考点 E_k 的影响程度,并采用 1~9 分级比例标度来描

述. 对于 m 位专家的判断结果,按照“算术平均值”的原则得到判断矩阵 $E^{(k)} = ((e_k)_{ij})_{n' \times n'}$, 其中 $(e_k)_{ij} > 0$, $(e_k)_{ji} = 1/(e_k)_{ij}$, $n' \leq n$.

步骤 3 求判断矩阵 $E^{(k)}$ 的最大特征值 $\lambda_{k, \max}$ 及其对应的特征向量 $\eta_k = [\eta_{k1} \quad \eta_{k2} \quad \dots \quad \eta_{kn'}]^T$, 并根据随机一致性比率 $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} < 0.10$ 对判断矩阵 $E^{(k)}$ 进行检验,以确保其满足一致性要求.

步骤 4 重新定义特征向量,将对该要素没有影响的要素包含进来,即

$\eta_k^* = [(\eta_k)^T \quad \mathbf{0}]^T = [\eta_{k1} \quad \eta_{k2} \quad \dots \quad \eta_{kn'} \quad \dots \quad \eta_{kn}]^T$, 这样 η_k^* 就可以全面地反映出所有要素对要素 E_k 的影响程度.

重复上述步骤,计算以所有要素为参考得到的向量 $\eta_1^*, \eta_2^*, \dots, \eta_n^*$. 同时,这 n 组向量也反映出这 n 个要素之间的相互影响程度. 于是,得到要素的影响矩阵 $R_0 = [\eta_1^* \quad \eta_2^* \quad \dots \quad \eta_n^*]^T = (r_{ij})_{n \times n}$.

步骤 5 将影响矩阵 $R_0 = (r_{ij})_{n \times n}$ 进行规范化处理,得到规范化直接影响矩阵

$$R_0^* = (r_{ij}^*)_{n \times n} = \left(r_{ij} / \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n r_{ij} \right)_{n \times n} = R_0 / \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n r_{ij}.$$

步骤 6 确定综合影响矩阵为 $T = R_0^* + R_0^{*2} + \dots + R_0^{*n}$, 当 n 足够大时,可以近似得到 $T = R_0^* (I - R_0^*)^{-1}$.

步骤 7 根据以下定义对系统进行综合试验与分析,得到影响度、被影响度、中心度和原因度.

定义 1 影响度定义为矩阵 T 中元素按行相加得到的值,即 $e_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}^*$, $i=1, 2, \dots, n$; 被影响度定义为矩阵 T 中元素按列相加得到的值,即 $e'_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}^*$, $j=1, 2, \dots, n$. 根据影响度和被影响度可以判断出要素之间的相互影响关系以及影响程度.

定义 2 中心度定义为影响度和被影响度之和,记为 $m_i = e_i + e'_i$, 表示该要素在系统中的地位及其所起作用的大小; 原因度定义为影响度和被影响度之差,记为 $n_i = e_i - e'_i$. 如果 $n_i > 0$, 表明该要素对其他要素影响大,称为原因要素; 如果 $n_i < 0$, 表明该要素受其他要素影响大,称为结果要素; 如果 $n_i = 0$, 表明该要素对其他要素没有影响且也不受其他要素影响.

步骤 8 修正要素的影响矩阵,即若 $m_i < \lambda \cdot \sum_{i=1}^n m_i / n$, 则令影响矩阵 $R_0 = (r_{ij})_{n \times n}$ 中的元素 $r_{ij} = r_{ij} \cdot \lambda / m_i$ ($j \neq i$), 其中, λ 称为修正因子,一般取 0.75

~ 1.00, 可以结合实际并参考专家的知识水平和经验给出; 同时称 $\lambda \sum_{i=1}^n m_i / n$ 为修正判别式. 于是, 得到忽略不重要要素间关系的新的要素影响矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$.

步骤 9 运用改进的布尔代数法则, 即 $a_{ij} + b_{ij} = \max(a_{ij}, b_{ij}), a_{ij} \times b_{ij} = \min(a_{ij}, b_{ij})$ 对影响矩阵 R 作自乘, 直到依次运算到 $R \neq R^2 \neq R^3 \neq \dots \neq R^l = R^{l+1}$ 为止, 并令可达影响矩阵 $M = R^l = (m_{ij})_{n \times n}$, 其中 m_{ij} 即为可达影响因子.

步骤 10 对可达影响矩阵 M 进行结构分析.

① 区域分解: 将满足 $R(E_k) \cap A(E_k) =$

$A(E_k)$ 的要素构成集合 L , 对于 L 中的要素 E_i 和 E_j , 若 $R(E_i) \cap R(E_j) = \emptyset$, 则 E_i 和 E_j 属于不同区域, 否则属于同一区域. 如此运算, 即可划分为若干区域.

② 等级划分: 对同一区域而言, 依次取满足 $R(E_k) \cap A(E_k) = R(E_k)$ 的要素, 找出并定义最高等级的集合、第二等级的集合……, 直到划分完毕.

2 算法实施流程

结合以上设计思路, 给出含可达影响因子的系统结构分析算法的实施流程如图 1 所示.

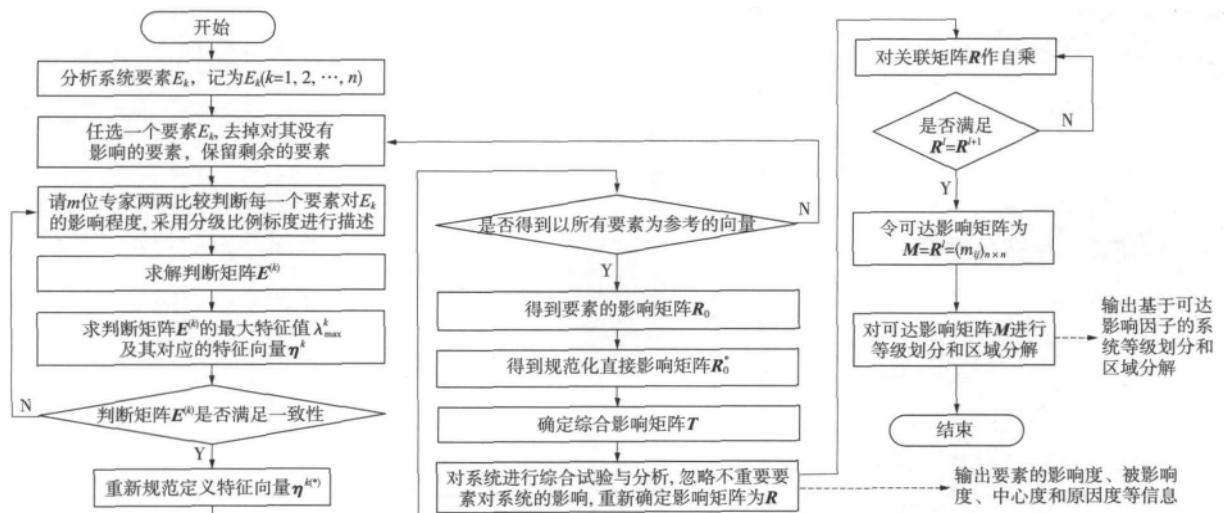


图 1 含可达影响因子的系统结构分析算法实施流程图

Fig. 1 Implementation flow chart of system structure analysis arithmetic with reachable effect factor

3 算例验证

为了验证基于上述算法的有效性, 假设某系统要素的影响矩阵 R_0 为

1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.66	0.78	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.63	0.62	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.20	0	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.34	0	0	0	0.50	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0
0.20	0.34	0	0	0.78	0	1.00	0	0	0	0.66	0	0.40	0
0	0	0.54	0.66	0	0	0	1.00	0.20	0.34	0	0	0	0
0	0.66	0.34	0.50	0.40	0	0	0	1.00	0	0	0	0	0
0.34	0.50	0	0.20	0.78	0	0	0	0	1.00	0.40	0	0	0
0.34	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0	0.50	0
0.63	0	0	0	0	0.20	0.20	0	0	0	0.66	1.00	0	0
0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0
0.20	0	0	0	0	0.34	0	0	0.40	0.78	0.34	0	0	1.00

按照上述算法步骤处理后得到要素的综合影响矩阵 T ; 据此, 对系统进行综合实验与分析得到影响度、被影响度、中心度和原因度, 具体见表 1.

表 1 综合实验与分析结果
Tab. 1 Integrated trial and results analysis

要素	影响度	被影响度	中心度	原因度
E_1	0.416 6	3.154 7	3.571 3	-2.738 1
E_2	0.416 6	3.891 4	4.308 0	-3.474 8
E_3	0.833 2	0.986 1	1.819 3	-0.152 9
E_4	1.154 5	1.348 1	2.502 6	-0.193 6
E_5	0.534 6	2.312 4	2.847 0	-1.777 8
E_6	1.689 1	0.735 3	2.424 4	0.953 8
E_7	2.103 5	0.534 6	2.638 1	1.568 9
E_8	2.174 5	0.416 6	2.591 1	1.757 9
E_9	4.278 0	0.770 6	5.048 6	3.507 4
E_{10}	1.962 6	1.077 7	3.040 3	0.884 9
E_{11}	1.232 5	1.830 1	3.062 6	-0.597 6
E_{12}	3.195 1	0.416 6	3.611 7	2.778 5
E_{13}	0.534 6	1.295 9	1.830 5	-0.761 3
E_{14}	2.798 9	0.416 6	3.215 5	2.382 3

由表 1 可以看出, 要素 $E_9, E_2, E_{12}, E_1, E_{11}, E_{10}$ 在系统中所起的作用较大, 而 E_3, E_4, E_6, E_{13} 等要素所起的作用则较小; 要素 $E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{12}, E_{14}$ 为原因要素, 其余的为结果要素.

根据步骤 8 的定义, 得到不同修正因子 λ 条件下的修正判别式和据此忽略的要素, 如表 2 所示.

根据表 2 可以结合实际需求处理不重要的要素的影响, 进一步简化系统要素之间的关系. 在此取 $\lambda=0.85$, 即令满足

$$m_i < \lambda \sum_{i=1}^n m_i / n = 2.5810$$

$$R = [\eta_1^{k(*)} \quad \eta_2^{k(*)} \quad \cdots \quad \eta_n^{k(*)}]^T = (r_{ij})_{n \times n} =$$

1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.20	0	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.20	0.34	0	0	0.78	0	1.00	0	0	0	0.66	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.20	0.34	0	0	0	0	0
0	0.66	0	0	0.40	0	0	0	1.00	0	0	0	0	0	0
0.34	0.50	0	0	0.78	0	0	0	0	1.00	0.40	0	0	0	0
0.34	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0	0	0	0
0.63	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0.66	1.00	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0	0
0.20	0	0	0	0	0	0	0	0.40	0.78	0.34	0	0	0	1.00

表 2 不同修正因子条件下的修正判别式及可忽略要素
Tab. 2 Modified discriminant and neglected factors at different modified coefficients

修正因子	修正判别式	可忽略要素
0.75	2.277 4	$E_3 E_{13}$
0.76	2.307 7	$E_3 E_{13}$
0.77	2.338 1	$E_3 E_{13}$
0.78	2.368 5	$E_3 E_{13}$
0.79	2.398 8	$E_3 E_{13}$
0.80	2.429 2	$E_3 E_{13} E_6$
0.81	2.459 6	$E_3 E_{13} E_6$
0.82	2.489 9	$E_3 E_{13} E_6$
0.83	2.520 3	$E_3 E_{13} E_6 E_4$
0.84	2.550 7	$E_3 E_{13} E_6 E_4$
0.85	2.581 0	$E_3 E_{13} E_6 E_4$
0.86	2.611 4	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8$
0.87	2.641 8	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.88	2.672 1	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.89	2.702 5	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.90	2.732 9	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.91	2.763 2	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.92	2.793 6	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.93	2.823 9	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7$
0.94	2.854 3	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$
0.95	2.884 7	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$
0.96	2.915 0	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$
0.97	2.945 4	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$
0.98	2.975 8	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$
0.99	3.006 1	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$
1.00	3.036 5	$E_3 E_{13} E_6 E_4 E_8 E_7 E_5$

的要素 E_3, E_4, E_6 和 E_{13} 的影响矩阵 $R_0 = (r_{ij})_{n \times n}$ 中的元素 $r_{ij} = r_{ji} = 0 (j \neq i)$, 其中 i 分别取 3, 4, 6, 13. 于是, 得到新的要素影响矩阵

进一步计算可达影响矩阵 M , 并对其进行等级划分和区域分解, 得到含可达影响因子的系统等级

区域结构分析图,如图 2 所示.

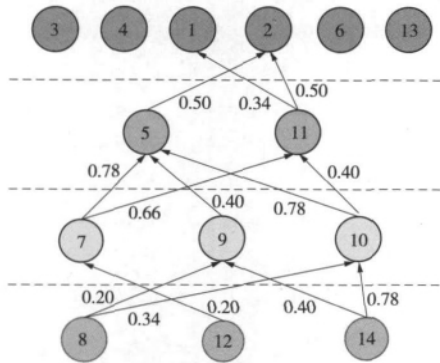


图 2 含可达影响因子的系统等级区域结构图

Fig. 2 Chart of system administrative level structure with reachable effect factor

构对比见图 3.

通过与 ISM 法(R_0 做 0-1 处理)、影响因素的层次分析法^[11]、集成 DEMATEL/ISM 系统层次结构方法^[12]对比可看出,本文方法可以在合理忽略不重要要素影响关系的基础上实现区域分解和等级划分,既简化了利用改进型布尔代数法则计算可达影响矩阵的复杂性,又定量地给出主要要素之间的影响程度.进一步分析可发现:尽管影响因素的层次分析法具有影响因子,且包含着本文所提算法忽略的要素关系,但这些要素在系统中所处的影响关系的确很单一,影响程度也很弱小,根本不会对系统产生较大作用;而 ISM 法及文献^[12]中的方法则仅提供不含有影响因子的影响关系,使得人们难以看出要素之间影响程度的大小.

几种方法的对比情况如表 3 所示,等级区域结

表 3 几种方法的对比

Tab. 3 Comparison of previous methods to the proposed method

方法	等级划分	影响因子	计算量	划分效果
ISM 法	$\{E_1, E_2\}, \{E_3, E_4, E_5, E_{13}\}, \{E_6, E_9, E_{11}\}, \{E_7, E_{10}\}, \{E_8, E_{12}, E_{14}\}$	无	较小	差
文献 ^[11] 方法	$\{E_1, E_2\}, \{E_3, E_4, E_5, E_{11}, E_{13}\}, \{E_6, E_7, E_9, E_{10}\}, \{E_8, E_{12}, E_{14}\}$	有	较大	一般
文献 ^[12] 方法	$\{E_1, E_2\}, \{E_3, E_4, E_5, E_{13}\}, \{E_{11}\}, \{E_6, E_9, E_7, E_{10}\}, \{E_8, E_{12}, E_{14}\}$	无	一般	较好
本文方法	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_6, E_{13}\}, \{E_5, E_{11}\}, \{E_7, E_9, E_{10}\}, \{E_8, E_{12}, E_{14}\}$	有	一般	好

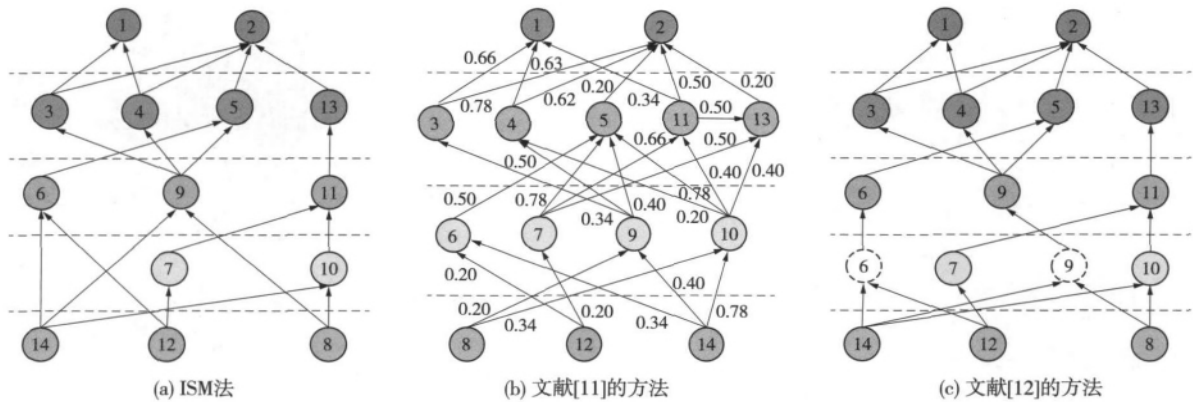


图 3 等级区域结构对比图

Fig. 3 The contrast of different administrative level structures

从图 3 等级划分情况来看,不同的方法划分的结果不尽相同,这与算法的设计思想和分析过程不相同有关,但所得要素间的影响趋势基本上是一致的,例如要素 E_8, E_{12}, E_{14} 处于最底层, E_1 和 E_2 处于最高层. 具体对比可得: ISM 法中不同要素存在跨层影响现象,使得等级划分凌乱;文献^[11]的方法中要素间影响关系相对比较全面,但许多影响小的要素的参与给等级划分带来较大的计算量;文献^[12]的方法已具备较为清晰的等级划分关系,但缺少要素间定量影响关系的描述;而本文所提的方法

基本解决了上述方法的不足,较好地兼顾了等级划分效果、影响关系大小定量描述和计算量. 综上所述可以得到,基于 DEMATEL & ISM 含可达影响因子的系统结构分析算法对于等级结构划分是合理的.

4 结束语

在综述了当前系统结构分析方法的基础上,提出基于 DEMATEL & ISM 含可达影响因子的系统结构分析算法,给出具体实施步骤和流程,并通过算例对其进行验证. 对比发现,该算法充分考虑系

的复杂程度,综合 ISM 法和 DEMATEL 法的优势,在合理处理不重要要素影响的基础上实现对系统进行基于可达影响因子的等级划分和区域分解,具有合理性和可行性,是一个崭新的研究方向。

参考文献:

- [1] Zhang Shoujian. Analysis on factors influencing standard informationization based on ISM[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2010, 42(8):1306-1310.
- [2] 彭云飞,马超群. 网络型产业关键成功因素识别[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(10):68-75.
Peng Yunfei, Ma Chaoqun. Discern for key success factors of network industries [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2009, 29(10):68-75. (in Chinese)
- [3] 刘炜,刘鲁. 基于 ISM 的知识系统安全性风险分析研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(14):134-136.
Liu Wei, Liu Lu. Risk analysis of knowledge system based on ISM[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(14):134-136. (in Chinese)
- [4] 李小全. 基于 ISM 的战时军用机械维修设备模块化研究[J]. 兵工自动化, 2007, 26(12):26-27, 32.
Li Xiaoquan. Research on wartime military machinery maintenance devices modularization based on ISM[J]. Armament Automation, 2007, 26(12): 26-27, 32. (in Chinese)
- [5] 韩荣记. 建筑安全影响因素的 ISM 分析及对策研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2006, 24(12):92-94.
Han Rongji. ISM analysis on the influencing elements of architectural safety and research on the countermeasures [J]. Journal of Hebei Institute of Architectural Engineering, 2006, 24(12):92-94. (in Chinese)
- [6] 方爱丽,高齐圣,张嗣瀛. 网络化 DEMATEL 方法在产业经济系统分析中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(5):78-83.
Fang Aili, Gao Qisheng, Zhang Siying. Application of networked DEMATEL method in industry economic system analysis [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2009, 39(5):78-83. (in Chinese)
- [7] Jerry Ho W R, Tsai C L, Tzeng G H, et al. Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploring portfolio selection based on CAPM[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(1):16-25.
- [8] Lin C L, Tzeng G H. A value-created system of science (technology) park by using DEMATEL [J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(6):9683-9697.
- [9] 章玲,周德群. 基于 DEMATEL 方法的国防科技工业企业创新能力影响因素分析[J]. 科技进步与对策, 2008, 25(1):60-62.
Zhang Ling, Zhou Dequn. Analysis of influence factors for innovation ability of national defense science & technology industry corporation based on DEMATEL [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2008, 25(1):60-62. (in Chinese)
- [10] 章玲,周德群,汤建影. 基于 DEMATEL 方法的高等教育教学质量影响因素分析[J]. 南京航空航天大学学报:社会科学版, 2009, 11(1):49-53.
Zhang Ling, Zhou Dequn, Tang Jianying. Analysis of influence factors for teaching quality of higher education based on DEMATEL [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics: Social Sciences ed, 2009, 11(1):49-53. (in Chinese)
- [11] 张相斌,姜妍丽,徐畅. 制造业 ERP 实施的影响因素关联分析[J]. 情报科学, 2006, 24(12):1866-1869.
Zhang Xiangbin, Jiang Yanli, Xu Chang. Analysis of factors influencing implementing enterprise management information system (ERP) in the manufacturing industries [J]. Intelligence Science, 2006, 24(12):1866-1869. (in Chinese)
- [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.
Zhou Dequn, Zhang Ling. Establishing hierarchy structure in complex systems based on the integration of DEMATEL and ISM [J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(2):20-26. (in Chinese)

(责任编辑:刘芳)