

系统症结辨识的模糊分析与应用^①

林 森 赵树宽 王树岭

(吉林工业大学管理学院 长春 130025)

摘 要 本文基于模糊因果网络分析,提出了系统症结辨识的一种新思路,实例研究了吉林省轻工业发展现状的主要症结所在。

关键词 模糊因果网络分析 系统症结 系统辨识

1 引言

我们知道,系统是由为数众多的元素(单元、事件、子系统)组成,各元素间存在着千丝万缕的相互联结,这种联结即被称之为所谓的结构。随着研究的不断深入,系统内深层次的元素个数将不断增加,元素间的关系也往往随之变得混沌起来,传统的“或有或无”二值逻辑已不能刻画这种亦此亦彼、亦强亦弱的模糊关系。事实上,更深层次的复杂巨系统结构常常对应一个模糊有向图或模糊关系矩阵,它们一般具有自反性,但未必具有对称性和传递性。这种十分杂的系统结构当然不能作为系统症结辨识及决策的基础。研究表明,面向模糊有向图(模糊关系矩阵)的因果网络分析方法,通过整体与部分间的几度反馈,利用肢解与综合技术,将为我们分析、归纳、概括、抽象、总结与诊断复杂的客观世界提供条件和可能,以去伪存真、去粗取精,由表及里,从个体到综合地找出制约系统发展的症结所在。

2 辨识原理

2.1 模糊因果关系矩阵

设论域 U 为因素集,根据集值统计或心理统计可以确定 $U \times U$ 上的一个二元模糊关系 R 。当 U 为离散论域时,可以用一矩阵(仍记作 R)来表示,即:

$$R = (r_{ij})_{n \times n}$$

其中 $r_{ij} = \mu_R(u_i, u_j)$ $u_i, u_j \in U$

若 r_{ij} 表示因素 u_i 对 u_j 的制约或决定程度,且 $r_{ij}=0$ 时,表示 u_i 对 u_j 无影响、无制约; $r_{ij}=1$, 表示 u_i 是 u_j 的决定条件或根本原因;当 $i=j$ 时, r_{ij} 即为 u_i 对自身的决定程度,恒取为 1,则矩阵 R 通常被定义为模糊因果关系矩阵,它表示一种主次、制约、因果关系。利用模糊矩阵乘法可对其进行 n 级合成,记作: $R^n = \underbrace{R \circ R \circ \cdots \circ R}_{n \text{ 个}}$

2.2 模糊因果关系矩阵的数学性质

引理 1 对任意的 $n \times n$ 阶模糊因果关系矩阵 R ,其传递闭包 R^* 总有

$$R^* = R \cup R^2 \cup R^3 \cup \cdots \cup R^n = \bigcup_{k=1}^n R^k$$

① 本文 1997 年 3 月 24 日收到。

引理 2 若模糊因果关系矩阵 R 为一模糊相容矩阵, 则

$$R^* = R^n = R^{n+1} = \dots = R^{n+m}$$

其中 m 为任意自然数。

由引理 1、2, 我们立即可以得到:

定理 如果论域 U 包含 n 个元素, 模糊因果关系矩阵 R 是 $U \times U$ 上的模糊相容关系, 则 $R^n = R^{n+1} = \dots = R^{n+m}$ (m 为任意自然数) 一定是 U 上的模糊等价关系。

上述定理给出了通过传递闭包理论求解模糊等价因果关系的一个可行算法。由于 R^* 是 R 合成运算后的新模糊关系, 因此它不仅仅反映两元素间的直接因果关系, 更为重要的是, 它自身还蕴含着各元素间通过其他元素所表现出的间接因果关系。

如令 λ 在区间 $[0, 1]$ 变动, 将得到不同水平下 R^* 的 λ -截矩阵 R_λ^* 。在 R_λ^* 中可能出现相同的行, 同时其相应序号的列也相同。这说明在阈值 λ 下, 这些序号所代表的元素具有相同的水平, 应归为一类; 从因果、制约关系上讲, 这些元素对于矩阵中的其他元素起着同样的制约作用, 同时又作为其他元素的具有同等程度的结果出现。因此, 在分析过程中可以将其归为一类, 并从矩阵中将多余的行或列划去, 只留一行、一列作为此类的代表。对这样一个由此简化的矩阵, 可以清楚地辨别出其因果层次关系。随着 λ 的不断变化, 将得到不同的 λ -截矩阵 R_λ^* , 从而得到不同层次下的因果网络关系。 λ 值的大小意味着对应元素间的因果关系程度的大小, 其精髓正在于小于 λ 值的因果纽带被切断、大于 λ 值的因果关系被保留, 以分清主次、达到纲举目张的目的。

2.3 模糊因果网络分析的流程

综上所述, 我们于本节的末尾对模糊因果网络分析方法作一程序性的概略回顾与总结, 见图 1。

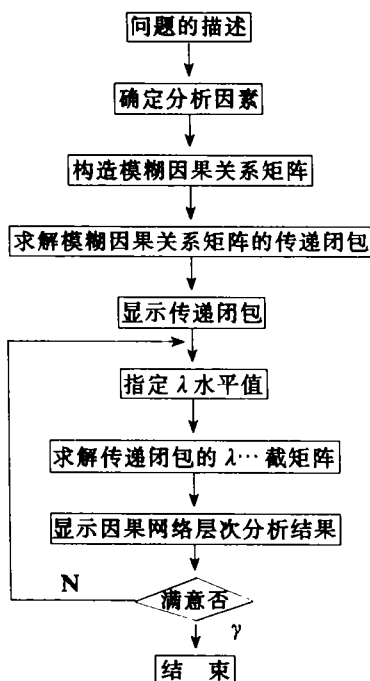


图 1 模糊因果网络分析流程

3 实例应用

本节我们采用前述的模糊因果网络分析方法,对吉林省轻工业发展现状的主要症结进行了实例研究。

3.1 因素的确定

在对吉林省轻工业发展历程和现状进行广泛调研与统计分析的基础上,“心中有数”地与中国轻工总会、吉林省轻工业厅、吉林省计委、吉林省轻贸委等政府主管部门和该省轻工系统大部分企事业单位部门负责人及业务骨干进行了全方位、多渠道、广角度的咨询、切磋、研究、比较和论证,“群策性”地归纳总结出制约吉林省轻工业发展的九大主要因素:

- 资金投入强度小,发展速度慢,整个轻工系统呈全面萎缩状态(X_1)
- 经营管理水平低,经济效益差(X_2)
- 技术装备落后,传统行业技术改造步伐慢,支柱行业比较优势渐失(X_3)
- 企业规模结构不合理,“小而全”封闭式企业林立,大型骨干龙头企业少(X_4)
- 产品结构的调整滞后于国内外市场需求的变化,名、优、特等畅销、拳头产品省(X_5)
- 科研开发力量弱,产品更新换代速度慢(X_6)
- 从业人员文化层次低,传统计划经济意识影响深,社会主义市场经济观念淡薄(X_7)
- 轻工内部行业结构不合理,不符合资源配置原则,未能形成地区优势(X_8)
- 缺乏可操作性与科学性兼顾的系统长远规划(X_9)

3.2 矩阵的求解

为了构造模糊因果关系矩阵,我们特设计了吉林省轻工业发展现状系统诊断调查表,在居于第一线的政府部门领导、具有很大权威性的经济管理专家、常年接触实际工作的一般经营人员中共发放 60 张调查表,回收 54 张,回收率为 90%。

数据处理时将实际回收的调查表中的“√”以数字 1 表示,而“×”以数字 0 表示,于是每一张表实际上就是一个 9×9 的布尔矩阵,将所得到的 54 个 9×9 布尔矩阵累加起来,得矩阵 R'

$$R' = \begin{bmatrix} 54 & 6 & 44 & 26 & 36 & 26 & 10 & 20 & 10 \\ 20 & 54 & 32 & 18 & 44 & 42 & 26 & 14 & 20 \\ 30 & 16 & 54 & 34 & 44 & 26 & 10 & 24 & 16 \\ 16 & 18 & 22 & 54 & 24 & 14 & 28 & 44 & 22 \\ 28 & 20 & 28 & 28 & 54 & 26 & 12 & 20 & 12 \\ 28 & 16 & 32 & 16 & 44 & 54 & 20 & 18 & 14 \\ 28 & 46 & 16 & 24 & 30 & 28 & 54 & 16 & 32 \\ 6 & 14 & 28 & 38 & 26 & 10 & 8 & 54 & 18 \\ 34 & 36 & 36 & 38 & 34 & 24 & 10 & 30 & 54 \end{bmatrix}_{9 \times 9}$$

将 R' 中每一元素除以表格总数 54, 其平均值矩阵就是所求解的模糊因果关系矩阵 R

$$R = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.11 & 0.81 & 0.48 & 0.67 & 0.48 & 0.19 & 0.37 & 0.19 \\ 0.37 & 1.00 & 0.59 & 0.33 & 0.81 & 0.78 & 0.48 & 0.26 & 0.37 \\ 0.56 & 0.30 & 1.00 & 0.63 & 0.81 & 0.48 & 0.19 & 0.44 & 0.30 \\ 0.30 & 0.33 & 0.41 & 1.00 & 0.44 & 0.26 & 0.52 & 0.81 & 0.41 \\ 0.52 & 0.37 & 0.52 & 0.52 & 1.00 & 0.48 & 0.22 & 0.37 & 0.22 \\ 0.52 & 0.30 & 0.59 & 0.30 & 0.81 & 1.00 & 0.37 & 0.33 & 0.26 \\ 0.52 & 0.85 & 0.30 & 0.44 & 0.56 & 0.52 & 1.00 & 0.30 & 0.59 \\ 0.11 & 0.26 & 0.52 & 0.70 & 0.48 & 0.19 & 0.15 & 1.00 & 0.33 \\ 0.63 & 0.67 & 0.67 & 0.70 & 0.63 & 0.44 & 0.19 & 0.56 & 1.00 \end{bmatrix}_{9 \times 9}$$

按照上面所介绍的方法,对模糊因果关系矩阵 R 反复作合成运算 (V, \wedge) , 直至最终得到其传递闭包 R^* , 经计算得

$$R^* = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.52 & 0.81 & 0.63 & 0.81 & 0.52 & 0.52 & 0.63 & 0.52 \\ 0.56 & 1.00 & 0.59 & 0.59 & 0.81 & 0.78 & 0.52 & 0.59 & 0.52 \\ 0.56 & 0.52 & 1.00 & 0.63 & 0.81 & 0.52 & 0.52 & 0.63 & 0.52 \\ 0.52 & 0.52 & 0.52 & 1.00 & 0.52 & 0.52 & 0.52 & 0.81 & 0.52 \\ 0.52 & 0.52 & 0.52 & 0.52 & 1.00 & 0.52 & 0.52 & 0.52 & 0.52 \\ 0.56 & 0.52 & 0.59 & 0.59 & 0.81 & 1.00 & 0.52 & 0.59 & 0.52 \\ 0.59 & 0.85 & 0.59 & 0.59 & 0.81 & 0.78 & 1.00 & 0.59 & 0.59 \\ 0.52 & 0.52 & 0.52 & 0.70 & 0.52 & 0.52 & 0.52 & 1.00 & 0.52 \\ 0.63 & 0.67 & 0.67 & 0.70 & 0.67 & 0.67 & 0.52 & 0.70 & 1.00 \end{bmatrix}_{9 \times 9}$$

3.3 因果网络层次分析

在矩阵 R^* 元素中, 由于有 0.52、0.56、0.59、0.63、0.67、0.70、0.78、0.81、0.85 等数字出现, 自然想到应在它们附近选择 λ 水平, 得到不同的 λ -截矩阵, 从而揭示元素之间的因果层次关系。

1, 当 $\lambda=0.53$ 时, $R_{0.53}^*$ 中第 1 行和第 3 行、第 4 行和第 8 行分别相同, 其对应的列也相同, 应合为一类, 从而将九大因素分类成 $\{X_1, X_3\}$ 、 $\{X_2\}$ 、 $\{X_4, X_8\}$ 、 $\{X_5\}$ 、 $\{X_6\}$ 、 $\{X_7\}$ 、 $\{X_9\}$ 等七组, $R_{0.53}^*$ 可化简为 $R_{0.53}^{\sim}$:

$$R_{0.53}^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}_{9 \times 9}$$

$$R_{0.53}^{\sim} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{7 \times 7}$$

若用“ \rightarrow ”表示一般“二值逻辑关系”中的因果制约关系,则当 $\lambda=0.53$ 时,其模糊因果网络层次分析结果可表示为如图 2 所示。

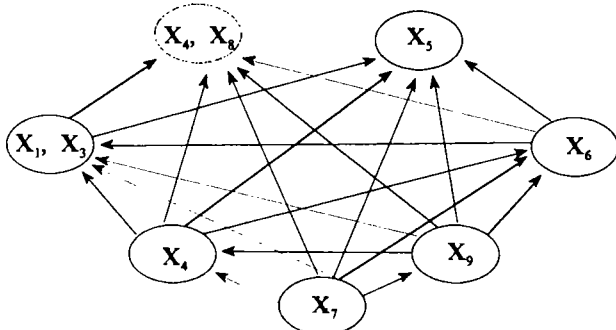


图 2 $\lambda=0.53$ 时模糊因果网络分析结果

2. 令 $\lambda=0.68$, $R_{0.68}^*$ 中第 4 行和第 8 行相等、其相应的列也相等,将其归为一类,从而得分类 $\{X_1\}$ 、 $\{X_2\}$ 、 $\{X_3\}$ 、 $\{X_4, X_8\}$ 、 $\{X_5\}$ 、 $\{X_6\}$ 、 $\{X_7\}$ 、 $\{X_9\}$ 等八组, $R_{0.68}^*$ 可简化为 $R_{0.68}'$:

$$R_{0.68}^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}_{9 \times 9}$$

$$R_{0.68}' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{8 \times 8}$$

其模糊因果网络层次分析结果如图 3 所示。

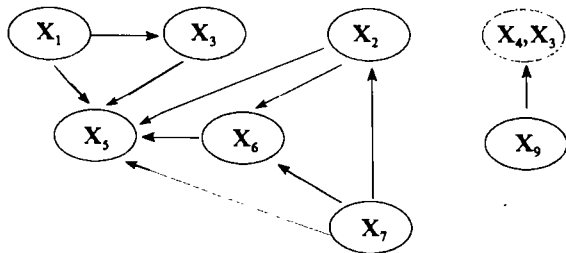


图 3 $\lambda=0.68$ 时模糊因果网络分析结果

3. 令 $\lambda=0.82$, 得出的 $R_{0.82}^*$ 除全部对角线元素及第 7 行第 2 列元素为 1 外, 其它元素均为 0。从而得分类: $\{X_1\}$ 、 $\{X_2\}$ 、 $\{X_3\}$ 、 $\{X_4\}$ 、 $\{X_5\}$ 、 $\{X_6\}$ 、 $\{X_7\}$ 、 $\{X_8\}$ 、 $\{X_9\}$ 共九组, 则当 $\lambda=0.82$ 时, 模糊因果网络层次分析结果如图 4 所示。

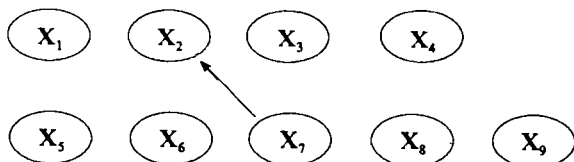


图 4 $\lambda=0.82$ 时模糊因果网络分析结果

3.4 辨识结果

综合比较分析图 2、3、4, 对之进行定量与定性意义上的双重再思考, 我们可得如下结论:

——从图 2 可以看出因素 X_7 (从业人员文化层次低, 传统计划经济意识影响深, 社会主义市场经济观念淡薄) 和因素 X_9 (缺乏可操作性与科学性兼顾的系统长远规划) 是吉林省轻工业发展现状的主要症结所在, 它们决定着其他制约因素; 而因素 X_7 和 X_9 中最重要的又是 X_7 , 可以讲, 吉林省轻工业发展的致命弱点是人的因素。

——从图 3 可以看出, 因素 X_9 (缺乏可操作性与科学性兼顾的系统长远规划) 导致的最直接后果是 X_8 (轻工内部行业结构不合理, 不符合资源优化配置原则, 未能形成地区优势) 和 X_4 (企业规模结构不合理, “小而全”封闭式企业林立, 大型骨干龙头企业少)。

——从图 4 可以看出, 因素 X_7 (从业人员文化层次低, 传统计划经济意识影响深, 社会主义市场经济观念淡薄) 导致的直接后果是 X_2 (经营管理水平低, 经济效益差)。

综上所述, 吉林省轻工业发展的主要症结如图 5 所示:

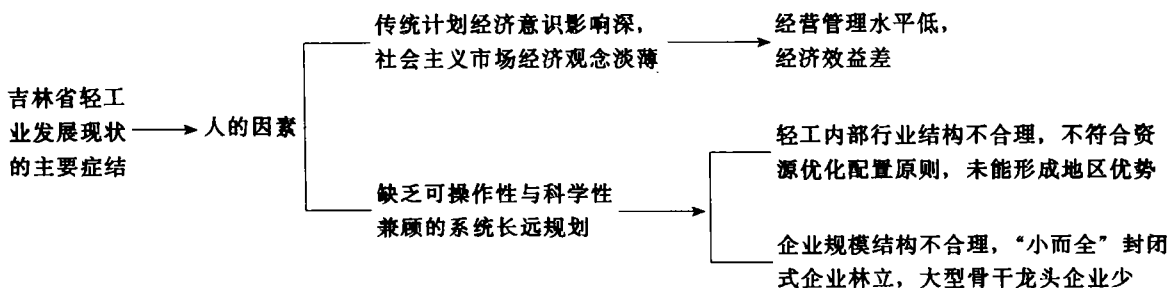


图 5 吉林省轻工业发展现状的主要症结辨识结果

参考文献

- (1) 李永富等. 地区综合发展规划方法及应用. 北京: 电子工业出版社, 1992.
- (2) 贺仲雄. 模糊数学及其应用. 天津: 天津科学技术出版社, 1983.
- (3) 张平安, 李人厚. 基于模糊聚类和卡尔曼滤波方法的模糊辨识. 控制理论与应用, 1996, 13(5): 639 ~ 643

Fuzzy Analysis of the Recognition of Systematic Symptoms and Its Application

Lin Miao, Zhao Shukuan, Wang Shuling

(Jilin Industry University)

Abstract: This paper, based on fuzzy causality network analysis, presents a new method for the recognition of systematic symptoms and studies what causes the main symptoms in light industry development in Jilin Province.

Keyword: Network analysis of fuzzy causality, Systematic symptoms, Systematic recognition.