

电力系统投资决策动态模型的研究

罗高荣

(杭州亚太地区小水电研究培训中心)

关键词: 决策, 动态模型.

一、前言

作者认为, 电力建设与国民经济发展, 负荷增长情况构成一个互相制约、互相促进的“灰色系统”, 可应用系统已有数据序列建立动态模型, 确定各因素之间的定量关系。当忽略了一些次要因素之后, 系统模型可表示为图 1。图 1 中, a_{ii} ($i = 1, 2, 3$) 反映各变量自身增长因素, a_{21}, a_{31}, a_{32} 表示各变量互相之间的影响因素, x_1, x_2, x_3 分别表示系统年工农业总产值、年平均负荷和年电力系统投资。系统各变量之间的定量关系可通过已有样本序列建立动态模型而确定。

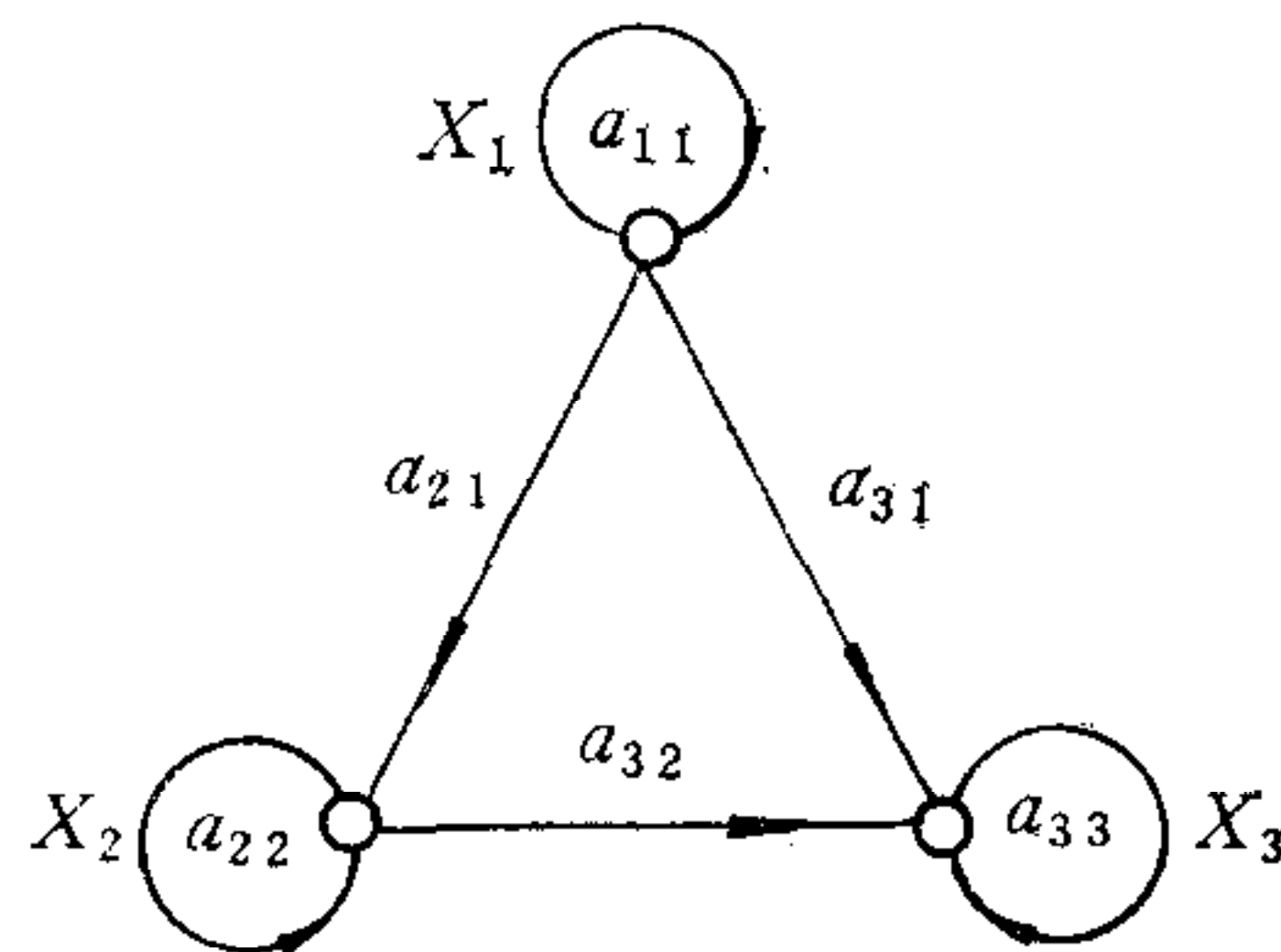


图 1

表 1

年 份	1981	1982	1983	1984	1985
工农业年总产值 $x_1^{(0)}(t)$ (百万元)	403.1	416.2	454.6	460.7	501.3
年平均负荷 $x_2^{(0)}(t)$ (兆瓦)	32	35	41	48	57
年电力系统投资 $x_3^{(0)}(t)$ (百万元)	3.8	4.3	5.5	6.1	6.0

某地区电力系统各变量的时间序列如表 1 所示。现对该区域电力系统投资作灰色系统动态分析^[3]。

二、系统模型

首先建立工农业总产值的 $DM(1,1)$ 模型,模型结构为

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} + a_{11}x_1^{(1)} = u,$$

式中 $x_1^{(1)}(t) = \sum_{i=1}^t x_1^{(0)}(i)$, 即为克服原始数据的随机波动, 将其作一次累加生成处理。

应用最小二乘法确定出模型的系数向量为

$$[a_{11}, u]^T = [-0.0532, 385.54]^T,$$

响应方程为

$$\begin{aligned} \hat{x}_1^{(1)}(t+1) &= \left[x_1^{(1)}(1) - \frac{u}{a_{11}} \right] e^{-a_{11}t} - \frac{u}{a_{11}} \\ &= (403.1 + 7247)e^{0.0532t} - 7247 = 7650e^{0.0532t} - 7247. \end{aligned}$$

年平均负荷 x_2 与工农业总产值 x_1 之间的动态关系为

$$\frac{dx_2^{(1)}}{dt} + a_{22}x_2^{(1)} = a_{21}x_1^{(1)}.$$

应用最小二乘法原理对样本进行分析,得系数向量为

$$[a_{22}, a_{21}]^T = [0.639, 0.07756]^T,$$

所以响应函数为

$$\begin{aligned} \hat{x}_2^{(1)}(t+1) &= \left[x_2^{(1)}(1) - \frac{a_{21}}{a_{22}} x_1^{(1)}(t) \right] e^{-a_{22}t} + \frac{a_{21}}{a_{22}} x_1^{(1)}(t) \\ &= [32 - 0.1213x_1^{(1)}(t)]e^{-0.639t} + 0.1213x_1^{(1)}(t). \end{aligned}$$

电力建设投资 x_3 与年平均负荷 x_2 、工农业总产值 x_1 之间的动态关系模型为

$$\frac{dx_3^{(1)}}{dt} + a_{33}x_3^{(1)} = a_{32}x_2^{(1)} + a_{31}x_1^{(1)}.$$

同样得参数向量为 $[a_{33}, a_{32}, a_{31}]^T = [0.947, -0.1237, 0.01714]^T$, 响应方程为

$$\begin{aligned} \hat{x}_3^{(1)}(t+1) &= \left[x_3^{(1)}(1) - \frac{a_{31}}{a_{33}} x_1^{(1)}(t) - \frac{a_{32}}{a_{33}} x_2^{(1)}(t) \right] e^{-a_{33}t} \\ &\quad + \frac{a_{31}}{a_{33}} x_1^{(1)}(t) + \frac{a_{32}}{a_{33}} x_2^{(1)}(t) \\ &= [380 - 0.1382x_1^{(1)}(t) + 0.0181x_2^{(1)}(t)]e^{-0.947t} \\ &\quad + 0.1382x_1^{(1)}(t) - 0.0181x_2^{(1)}(t). \end{aligned}$$

系统分析的关键在于求得各变量自身的增长因素,这是系统发展的主导因素。当将各变量相互影响因素作为灰数时,其状态方程为

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1^{(1)} \\ \dot{x}_2^{(1)} \\ \dot{x}_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0532 & 0 & 0 \\ \otimes_{21} & 0.639 & 0 \\ \otimes_{31} & \otimes_{32} & 0.947 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^{(1)} \\ x_2^{(1)} \\ x_3^{(1)} \end{bmatrix},$$

$$[sI - A] = \begin{bmatrix} s + 0.0532 & 0 & 0 \\ -\otimes_{21} & s - 0.639 & 0 \\ -\otimes_{31} & \otimes_{32} & (s - 0.947) \end{bmatrix}.$$

因为 $\det[sI - A] = (s + 0.0532)(s - 0.639)(s - 0.947) \neq 0$, 所以系统有唯一解. 系统响应方程为

$$\mathcal{L}^{-1}(sI - A)^{-1} = \begin{bmatrix} e^{0.0532t} & 0 & 0 \\ \frac{-\otimes_{21}(e^{0.0532t} - e^{-0.639t})}{-0.0532 - 0.639} & e^{-0.639t} & 0 \\ \frac{-\otimes_{31}(e^{0.0532t} - e^{-0.947t})}{-0.0532 - 0.947} & \frac{-\otimes_{33}(e^{-0.639t} - e^{-0.947t})}{0.639 - 0.947} & e^{-0.947t} \end{bmatrix}.$$

最后得系统模型为

$$\begin{aligned} \hat{x}_1^{(1)}(t+1) &= x_1^{(1)}(1)e^{0.0532t}, \\ \hat{x}_2^{(1)}(t+1) &= x_2^{(1)}(1)e^{-0.639t} + 0.6961\otimes_{21}x_1^{(1)}(1)[e^{0.0532t} - e^{-0.639t}], \\ \hat{x}_3^{(1)}(t+1) &= x_3^{(1)}(1)e^{-0.947t} + 1.0002\otimes_{31}x_1^{(1)}(1)[e^{0.0532t} - e^{-0.947t}] \\ &\quad - 0.308\otimes_{32}x_2^{(1)}(1)[e^{-0.639t} - e^{-0.947t}]. \end{aligned}$$

三、模型的分析

(1) 从上述模型可知, 系统动态主要取决于状态矩阵的主对角线元素 $a_{ii}(i=1, 2, 3)$, 而且 a_{ii} 均为实数, 系统动态按指数规律变化. 又 $a_{11} > 0$, 所以系统响应过程是持续增长无稳定的过程.

(2) 当忽略 x_2, x_3 对 x_1 的影响时, 工农业总产值 x_1 这一子系统按指数规律增长而没有限额. 年平均负荷 x_2 既与本身的初值 $x_2^{(1)}(1)$ 有关, 又与工农业总产值的初值 $x_1^{(1)}(1)$ 有关, 其增长的白色成分为 $x_2^{(1)}(1)e^{-0.639t}$, 灰色成分为 $0.696\otimes_{21}x_1^{(1)}(1)(e^{0.0532t} - e^{-0.639t})$. 因为白色成分衰减较快, 最终 x_2 将主要与 x_1 的增长变化速度 $e^{0.0532t}$ 有关, x_3 的变化取决于 $x_1^{(1)}(1)$ 与 $x_2^{(1)}(1)$ 以及一些动态成分. 动态成分有三部分, 白色分量为 $x_3^{(1)}(1)e^{-0.947t}$, 这一部分衰减较快. 灰色分量为 $1.0002\otimes_{31}x_1^{(1)}(1)(e^{0.0532t} - e^{-0.639t})$ 与 $0.308\otimes_{32}x_2^{(1)}(1)(e^{-0.639t} - e^{-0.947t})$. 在初始阶段电力投资增加较快, 随着时间的推移, 最终将与工农业总产值发展保持一致.

(3) 从以上分析知, 灰参数 $\otimes_{21}, \otimes_{31}, \otimes_{32}$ 为负值. 这是因为 x_2 被 x_1 影响, 而不是相反; $\otimes_{31}, \otimes_{32}$ 亦可作同样的理解, 即符号仅相对于变量相互影响而言. 经过一段时间之后, x_3 与 x_1 之间的稳定关系将成为 $1.0002\otimes_{31}x_1^{(1)}(1)e^{0.0532t}$.

参 考 文 献

- [1] 邓聚龙, 灰色控制系统, 华中工学院出版社, 1985年.
- [2] Deng Julong, Control Problems of Grey System, *Systems & Control Letters*, 1 (1982), No. 5.
- [3] 罗高荣, 小水电发展动态经济模型的研究, 水利学报, 1987, No. 6.

A DYNAMIC MODEL OF INVESTMENT DECISION FOR ELECTRIC POWER SYSTEM

LUO GAORONG

(Asia-Pacific Regional Centre for Small Hydro Power)

Key words: Decision; dynamic model.

国际自控联 (IFAC) 第十一届世界大会

第 11 届 IFAC 世界大会于 1990 年 8 月 13—17 日在苏联塔林举行, 有 41 个国家和地区的 1300 多名代表出席(我国代表 53 人)。大会共收到 1500 篇论文, 经 IPC 评选录用 594 篇, 其中美国数量最多(94 篇), 我国与日本并列第二(60 篇)。

大会主题是“自动控制为人类服务”, 强调自动控制实际应用。会议组织了“空间控制”、“机器设备故障诊断不同方法及其实验结果”、“人工智能方法在控制中的应用”及“系统分析和环境模拟”四个专题的实例分析报告; 组织了“智能液压元件与系统”、“控制系统教学与研究中软件辅助设计”、“CAD/CAM 结构”、“自动化文化影响”、“人机系统理论问题及其实验验证”等八个专题圆桌讨论; 组织了“技术转让”、“高度自动化工业的复杂性及安全”、“工业家与自动化”等工业问题的专题讨论, 这些学术活动充分体现了大会的主题。

在 14 个专题 37 个分组会上所宣读的 525 篇论文其内容大体可分以下四个方面:

1. 自动控制理论及数学工具。包括非线性理论、最优控制、线性系统理论、离散事件动态系统、 H^∞ 理论、分布参数系统、状态估计与随机控制自适应控制、辨识与仿真等方面有近 230 篇论文。
2. 自动控制技术工具及计算机科学技术的应用。包括智能元件及装置、分布式控制系统、软件工程、控制系统计算机辅助设计、人机系统、神经网络、AI 应用、智能控制器等 90 多篇论文。参加该分组会的人数最多。
3. 自动化在各个领域的应用。有工业系统、工程: 能源系统发电设备控制、矿业冶金过程控制、化工过程控制、交通控制、汽车船舶发动机控制、制造自动化、空间控制、生物控制等约 240 篇。
4. 社会经济系统决策、模拟与控制。有自动化教学、自动化社会影响等 30 多篇。

大会有四篇特邀报告: “适度自动化”(T. Martin 等)、“离散事件动态系统——人工世界的复杂性及效能分析”(何毓琦)、“判据与极值的生成”(M. A. Aizerman)、“未来控制工程师的教育”(W. Schaufelberger)。与会者对此有很大兴趣。

大会设立三项奖: 青年作者奖, 授于捷克 R. Kulhavy (“非线性识别中的微分几何方法”); 应用优秀论文奖, 授于英国 M. Rodd “工业控制中基于知识库的计算机视觉系统”; 美国 S. M. Meerkov “渐进曲线状可靠的生产线: 分析、综合和实例分析”; 优秀教科书奖, 授于美国 G. F. Franktin “动态系统反馈控制”。

大会期间召开了 IFAC 会员国组织 (NMO) 代表大会, 选举产生了新的领导机构。澳大利亚 B. Anderson 任主席, 美国 S. Kahne 为候选主席, 中国的吕勇哉与瑞士的 L. Ljung 任副主席。并成立了第 12 届理事会, 确定了今后三年学术活动计划。1993 年第 12 届世界大会将在澳大利亚悉尼召开, 1996 年第 13 届世界大会在美国, 1999 年第 14 届世界大会在我国举行。

(机电部六所 龚炳铮)