

# 时序分析建模和预报软件包的应用

李 洁 心

(中科院沈阳自动化研究所)

**提要** 本文介绍了中国控制系统计算机辅助设计软件包CCSCAD的时序分析建模和预报(TSAMFP)子包及其在科研工作中的应用情况。

## 1 引言

随着科学技术的发展,现代的工程、社会、经济、生物等领域中的系统,结构日趋复杂,特别是对于那些大型、高阶的多变量系统,人工设计已难以完成。因此,从70年代开始,国际上出现了控制理论和计算机科学相结合的“控制系统计算机辅助设计(CADCS)”新技术。它是在数字仿真技术的基础上发展起来的,包括计算机硬件、软件与设计者的人-机共存系统。在系统中,设计者与计算机相互作用并共同有效地工作,以完成预想的设计任务。由此可见,CADCS技术,不仅需要先进的计算机硬件,更为重要的是需要使用方便、算法稳定收敛、功能全面并且可以扩展的软件,也就是要求不断开发更加完善、有效的控制系统计算机辅助设计软件包。建立这样的软件包,除了在软件设计、程序编制上要做大量的工作以外,还必须涉及到许多控制理论以及计算方法问题。

到70年代,我国在大力开展控制理论及仿真技术的研究与应用的同时,CADCS技术也有了一定的发展。一些科研单位和大专院校在这方面都做了不少工作,编制出了一些可用于教学及实际系统设计的软件包。但是,国内建立大型通用的控制系统计算机辅助设计软件包,是在80年代初开始酝酿,1983年由中国科学院科学基金资助,联合15个单位分工协作,共同研制,至1986年6月才正式通过国家鉴定的,这就是中国控制系统计算机辅助设计软件包(CCSCAD)。

收到本文的时间是1986年7月12日。

## 2 CCSCAD及其子包TSAMFP

CCSCAD(China Control System Computer Aided Design)软件包是一个大型通用的应用软件包,可用于系统的建模与预报、系统辨识、控制系统的分析、综合和仿真等,其总体设计采用三层树状分块结构。具有两种工作模式,即键盘命令模式与宏命令文件模式,包括15个功能子包和两个基础库。TSAMFP是其中的一个功能子包,它是针对一些信息量掌握不完全的系统,用时序方法和时域分析方法,可产生仿真时间序列并进行序列频谱分析、平稳性、正态性、周期性检验;可根据需要建立线性和非线性模型,建模时可以由计算机自动定阶,也可以由人工选定某一阶的模型,进行参数估计,定阶准则可以是AIC, BIC, FPE准则,也可以是F检验。

TSAMFP的结构是模块式层次结构,共有五个独立的主功能块,如图1所示。

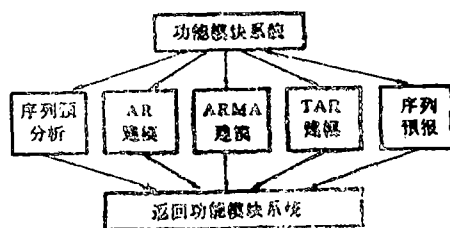


图1 功能模块分解结构图

对于每个功能模块,又按不同方法分解为不同的子功能模块,如图2—6所示。

每个子功能块,按照一定的调用关系,调用子程序来完成系统分析、建模和预报工作。

## 3 应用

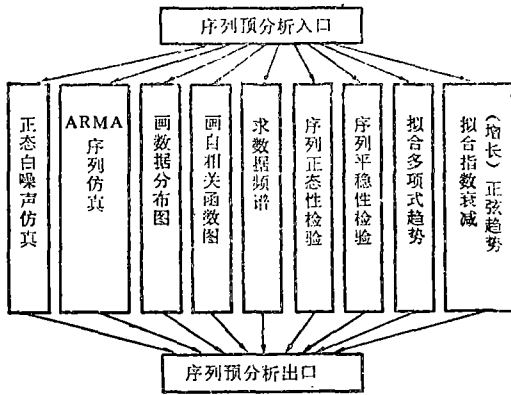


图2 序列分析功能块分解结构图

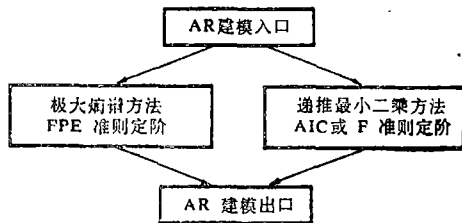


图3 AR建模功能块分解结构图

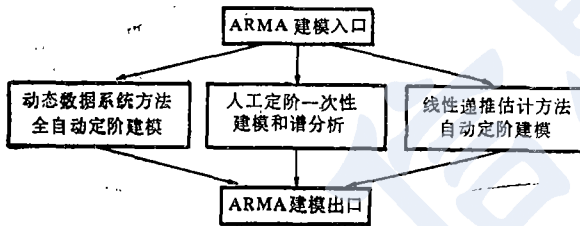


图4 ARMA建模功能块分解结构图

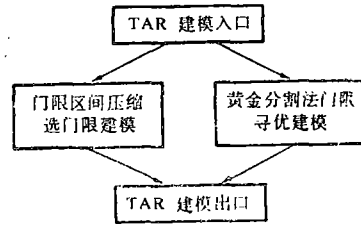


图5 TAR建模功能块分解结构图

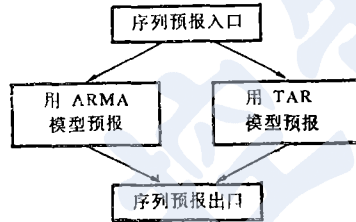


图6 序列预报功能块分解结构图

研究系统首要的一步是建立系统的数学模型。目前，由于系统复杂，所能占有的信息量不完全，建模还没有系统而有效的方法。TSAMFP子包是处理这样一类问题的有力工具，曾用于建立人口模型和粮食模型，在此基础上进行预报，并用于某地区电力系统日负荷的建模以及对脑电波进行分析和建模等。实践证明，通过时间序列方法建模，模型比较精确，误差也小。现将人口模型的建立与预报简述于下。1949年至1984年辽宁省全省人口的统计数据如表1（单位为万人）。

表1 1949年至1984年辽宁省全省人口统计数据

年	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
人数	1830.5	1875.5	1888.8	1932.3	2038.6	2152.7	2216.5	2306.5	2395.5
年	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
人数	2445	2501.8	2559.5	2519.3	2549	2653.1	2734.2	2808.3	2869.7
年	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
人数	2918	2981.7	3045	3083.7	3133.5	3170.6	3221.4	3251.7	3282
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
人数	3310.7	3344.5	3394	3442.6	3486.9	3534.8	3592.1	3629.1	3654.8

用TSAMFP子包, 根据表中统计数据建立全省人口的数学模型, 在此基础上, 以1949年至1982年的人口数为依据, 预报后三年的人口。

CCSCAD启动以后, 采用键盘模式, 输入先导命令(即子命令名), CCSCAD根据先导

命令调用子包TSAMFP, 进入子包以后, 为了便于分析数据, 首先调用了画数据序列分布图的子命令(DDG); 获得如图7所示的数据序列分布曲线并求得数据的最大值为3654.8(万人)。

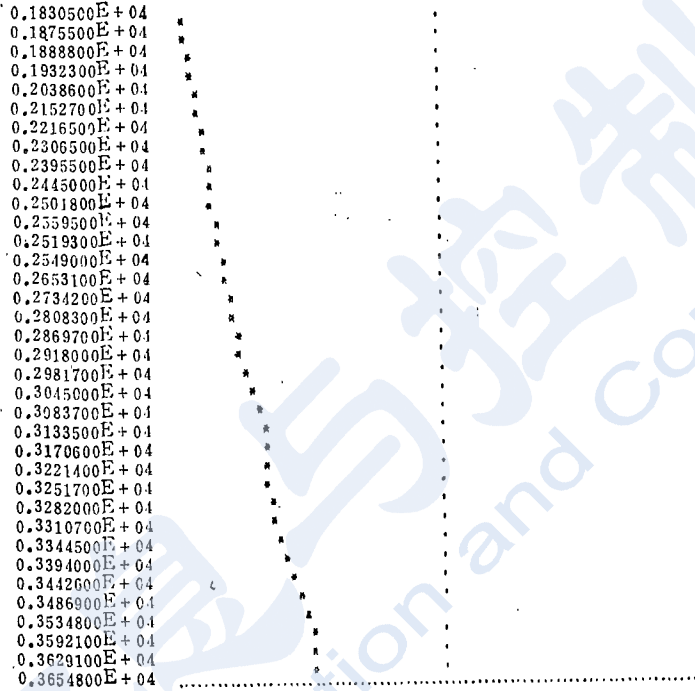


图7 数据序列分布曲线

由图7可见, 数据序列分布基本上是线性的, 全省人口有缓慢增长趋势。因此, 调用拟合多项式趋势的子命令(FTD), 提取数据中含有的确定性趋势项为

$$1849.691 + 52.80035t$$

从而得到提出趋势项后的新的数据序列

THE NEW DATA IS

- 0.7199109E+02
- 0.1192919E+03
- 0.7509265E+02
- 0.2793213E+01
- 0.7060620E+02
- 0.7130518E+02
- 0.1679541E+02
- 0.1140381E+02
- 0.6100317E+02
- 0.6510254E+02
- 0.8650195E+02
- 0.6940112E+02
- 0.7979150E+02
- 0.1285922E+03
- 0.1379297E+02
- 0.3440649E+02
- 0.6730566E+02
- 0.7620508E+02
- 0.3989575E+02
- 0.3970361E+02
- 0.6960303E+02
- 0.7600220E+02
- 0.7240161E+02
- 0.5370068E+02

- 0.5170044E+02
- 0.6699951E+01
- 0.3640088E+02
- 0.4390161E+02
- 0.5730249E+02
- 0.6860303E+02
- 0.2920020E+02
- 0.1740063E+02
- 0.3970117E+02
- 0.5240186E+02
- 0.5280273E+02
- 0.9570337E+02

为了建立线性模型, 调用极大熵谱估计法子命令(MEM)。根据新的数据序列, 建立数学模型, 模型为AR(2), 即

$$x_t - \psi_1 x_{t-1} - \psi_2 x_{t-2} = at$$

其中  $\psi_1 = 1.300490499$

$$\psi_2 = -0.449819952$$

定阶准则为FPE

$$\text{最终预报误差FPE} = -0.758865118$$

$$\text{残差平方和P} = 622.178894043$$

然后调用ARMA模型的预报子命令(AMF), 以1949年至1982年的人口数为依据,

用新的数据序列,以格林函数法进行序列预报,预报值为

$$x(35) = -0.549\ 959\ 6E + 02 \quad (t = 35)$$

$$x(36) = -0.394\ 427\ 8E + 02 \quad (t = 36)$$

$$x(37) = -0.265\ 566\ 8E + 02 \quad (t = 37)$$

将提取的趋势项与用新的数据序列算出的预报值相加,就可计算出当年的人口数。

计算公式如下:

$$t = 35 \text{ 时, } 1\ 849.691 + 52.800\ 35 \times 35 - 54.995\ 96 = 3\ 642.71 \text{ (万人)}$$

即为1983年的人口预报值。已知1983年的实际人口数为3 629.1 (万人),故相对误差为

$$(3\ 642.71 - 3\ 629.1) / 3\ 629.1 = 0.003\ 749\ 494$$

同理可得 1984, 1985 年的人口预报数为 3 711万人和3 776.747万人。

现将预报人口数与同年的实际人口数列表作一比较。

表2 预报人口数与同年的实际人口数比较

年	预报人口 (万)	实际人口 (万)	相对误差 (%)
1983	3 642.71	3 629.1	0.37%
1984	3711	3 654.8	1.5%
1985	3 776.747		

由表中可以看出:

- 预报人口数与同年的实际人口数基本一致;
- 相对误差很小。

#### 4 结束语

通过上例可见,CCSCAD软件包总体调度是有效的,TSAMFP子包结构清晰,使用方便,而更重要的是对一些信息量掌握不完全的系统,没有这样的软件包,要建模和预报是不可能的,这就是介绍TSAMFP子包应用情况的原因之一。当然TSAMFP子包之所以用处广泛,还在于它的内容比较全面,为科研和工程技术人员提供了较为全面的系统分析、建模和预报的手段。

参考文献(略)

### 多变量特征结构配置鲁棒极点的控制系统设计方法

当前控制理论重要发展趋势之一是鲁棒系统的设计,而鲁棒性指标在鲁棒设计中,起着至关重要的作用。现有的指标存在着不足,即不便于控制系统的鲁棒极点配置,此文作者根据这一问题,提出了用  $K(A) = 1/|x^T x|$  作为新的鲁棒性评价指标,并证明了这一指标的合理性。文中给出了一个  $2 \times 2$  系统的设计实例,其方法是把多变量特征结构配置鲁棒极点问题转化成为一个非线性规划问题。

摘编自浙江大学(杭州)杨亚光来稿“多变量特征结构配置鲁棒极点的控制系统设计方法”。

### 中国自动化学会关于征收团体会员的通知

为了更好地贯彻“科学技术工作必须面向经济建设”的方针,不断提高我国自动化科学技术水平,更多地吸收工业界、科研、教育机构和国民经济各部门的人士参加学会的各项活动,加强信息交流,建立联系网络,依据本会会章规定,决定征收团体会员。凡团体会员可优先考虑参加本会组织的有关经验交流会、学术讨论会、国际学术活动、培训班、展览会和科技咨询等活动,本会将及时提供有关信息、动态和资料,凡团体会员单位将在本会有关杂志和简报刊登。

团体会员可以部、委、厅、局、所、系、公司、企业、中心、站等为单位参加,也可以以下属的各司、处、科、室、班、组等为单位参加。

团体会员单位每年交纳团体会费一次。

学会办公室将定期向团体会员提供学会有关信息和资料。

互通信息、团结合作、取长补短、开拓局面将是自动化学会和各团体会员单位联系的宗旨。本会将为此而努力。热诚欢迎全国有关的科研、生产、教育等单位及公司和乡镇企业踊跃参加本会。

中国自动化学会(地址:北京中关村自动化所)