



Statistics


21世纪统计学系列教材

Applied Time Series Analysis

应用时间序列分析

(第三版)

王 燕 编著

 中国人民大学出版社



Statistics 21世纪统计学系列教材

▲ Applied Time Series Analysis

应用时间序列分析

(第三版)

王 燕 编著

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

应用时间序列分析/王燕编著. —3 版. —北京: 中国人民大学出版社, 2012. 12
21 世纪统计学系列教材
ISBN 978-7-300-16722-0

I. ①应… II. ①王… III. ①时间序列分析-高等学校-教材 IV. ①O211.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 293228 号

21 世纪统计学系列教材

应用时间序列分析 (第三版)

王 燕 编著

Yingyong Shijianxulie Fenxi

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com> (人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 北京昌联印刷有限公司

版 次 2005 年 7 月第 1 版

规 格 185 mm×260 mm 16 开本

2012 年 12 月第 3 版

印 张 17.25 插页 1

印 次 2013 年 4 月第 2 次印刷

字 数 390 000

定 价 34.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

总 序

改革开放以来，高等统计教育有了很大的发展。随着课程设置的不断调整，有不少教材出版，同时也翻译引进了一些国外优秀教材。作为培养我国统计专门人才的摇篮，中国人民大学统计学系自 1952 年创建以来，走过了风风雨雨，一直坚持着理论与应用相结合的办学方向，培养能够理论联系实际、解决实际问题的高层次人才。随着新知识经济和网络时代的到来，我们在教学科研的实践中，深切地感受到，无论是自然科学领域、社会科学领域的研究，还是国家宏观管理和企业生产经营管理，甚至人们的日常生活，信息需求量日益增多，信息处理技术更加复杂，作为信息技术支柱的统计方法，越来越广泛地应用于各个领域。

面对新的形势，我们一直在思索，课程设置、教材选择、教学方式等怎样才能使学生适应社会经济发展的客观需要。在反复酝酿、不断尝试的基础上，我们决定与统计学界的同仁，共同编写、出版一套面向 21 世纪的统计学系列教材。

这套系列教材聘请了中国科学院院士、中国科技大学陈希孺教授，上海财经大学数量经济研究院张尧庭教授，中国科学院数学与系统科学研究所冯士雍研究员等作为编委。他们长期任中国人民大学的兼职教授，一直关心、支持着统计学系的学科建设和应用统计的发展。中国人民大学应用统计科学研究中心 2000 年已成为国家级研究基地，这些专家是首批专职或兼职研究人员。这一开放性研究基地的运作，将有利于提升我国应用统计科学研究的水平，也必将进一步促进高等统计教育的发展。

这套教材是我们奉献给新世纪的，希望它能促进应用统计教育水平的提高。这套教材力求体现以下特点：

第一，在教材选择上，主要面向经济类统计学专业。选材既包括统计教材也包括风险管理与精算方面的教材。尽管名为统计学系列教材，但并不求大、求全，而是力求精选。对于目前已有的内容较为成熟、适合教学需要、公认的较好的教材，并未列入本次出版计划。

第二，每部教材的内容和写作，注意广泛吸收国内外优秀教材的成果。教材力求简明易懂、内容系统和实用，注重对统计方法思想的阐述，并结合大量实际数据和实例说明统计方法的特点及应用条件。



第三, 强调与计算机的结合。为着力提高学生运用统计方法分析解决问题的能力, 教材所涉及的统计计算, 要求运用目前已有的统计软件。根据教材内容, 选择使用 SAS, SPSS, TSP, STATISTICA, EViews, MINITAB, Excel 等。

感谢中国人民大学出版社的同志们, 他们怀着发展我国应用统计科学的热情和提高统计教育水平的愿望, 经过反复论证, 使这套教材得以出版。感谢参与教材编写的同行专家、统计学系的教师。愿大家的辛勤劳动能够结出丰硕的果实。我们期待着与统计学界的同仁, 共同创造应用统计辉煌的明天。

易丹辉

前 言

所谓时间序列就是按照时间的顺序记录的一系列有序数据。对时间序列进行观察、研究,找寻它变化发展的规律,预测它将来的走势就是时间序列分析。在日常生产、生活中,时间序列比比皆是,时间序列分析的应用领域非常广泛。

作为数理统计学的一个分支,时间序列分析遵循数理统计学的基本原理,利用观察信息估计总体的性质。但是由于时间的不可重复性,使得我们在任意一个时刻只能获得唯一的序列观察值,这种特殊的数据结构导致时间序列分析有其非常特殊、自成体系的一套分析方法。

目前,国内有关时间序列分析的著作和教材有很多,每本书都有特定的读者群体。本书的定位是大学本科生的时间序列分析入门教材。根据这个定位,本书语言通俗、案例丰富,理论联系实际紧密,习题难易程度适当,非常便于学生理解和练习。

随着计算机科学的高速发展,现在有许多软件可以帮助我们进行时间序列分析。本书选择的应用软件是SAS。在SAS系统中有一个专门进行计量经济与时间序列分析的模块:SAS/ETS (Econometric & Time Series)。同时,由于SAS系统具有一流的数据仓库功能,因此在进行海量数据的时间序列分析时具有其他统计软件无可比拟的优势。

为了帮助同学们在学习理论知识的同时熟练地掌握SAS/ETS软件的操作和分析技巧,本书在每一章后面都有一小节的内容详细介绍本章的分析方法在SAS软件上的实现。为使同学们更好地学习和操作,本书所有例题的数据、习题数据、例题的操作程序及上机指导程序都放在人大经管在线(www.rdjg.com.cn)上,读者可免费下载。为了便于教师上课,本书特别制作了课件(PPT)及简要的习题参考答案,教师可上人大经管在线下载使用。

这是本书的第二次修订。本次修订首先更正了前两版中存在的各种错误;其次更换了部分例题和习题。内容方面大的改动是重写了3.2节中MA模型的拖尾性证明和5.6节条件异方差模型,并应教师的要求提供了本书习题的参考答案。

最后,感谢多年来使用过本书的各位师生,感谢所有来函讨论问题或提供勘误信息的读者。尽管本着认真的态度做了本次修订,但因作者水平有限,书中谬误之处在所难免,欢迎大家继续批评指正。

目 录

第 1 章 时间序列分析简介	1
1.1 引 言	1
1.2 时间序列的定义	1
1.3 时间序列分析方法	2
1.3.1 描述性时序分析	2
1.3.2 统计时序分析	4
1.4 时间序列分析软件	6
1.5 习 题	7
1.6 上机指导	7
1.6.1 SAS 操作界面	7
1.6.2 创建时间序列 SAS 数据集	8
1.6.3 时间序列数据集的处理	13
第 2 章 时间序列的预处理	17
2.1 平稳性检验	17
2.1.1 特征统计量	17
2.1.2 平稳时间序列的定义	19
2.1.3 平稳时间序列的统计性质	20
2.1.4 平稳时间序列的意义	21
2.1.5 平稳性的检验	23
2.2 纯随机性检验	27
2.2.1 纯随机序列的定义	27
2.2.2 白噪声序列的性质	28
2.2.3 纯随机性检验	29
2.3 习 题	33



2.4	上机指导	35
2.4.1	绘制时序图	35
2.4.2	平稳性与纯随机性检验	37
第3章	平稳时间序列分析	40
3.1	方法性工具	40
3.1.1	差分运算	40
3.1.2	延迟算子	41
3.1.3	线性差分方程	41
3.2	ARMA 模型的性质	43
3.2.1	AR 模型	43
3.2.2	MA 模型	56
3.2.3	ARMA 模型	62
3.3	平稳序列建模	65
3.3.1	建模步骤	65
3.3.2	样本自相关系数与偏自相关系数	66
3.3.3	模型识别	66
3.3.4	参数估计	72
3.3.5	模型检验	77
3.3.6	模型优化	79
3.4	序列预测	84
3.4.1	线性预测函数	84
3.4.2	预测方差最小原则	85
3.4.3	线性最小方差预测的性质	86
3.4.4	修正预测	91
3.5	习 题	93
3.6	上机指导	96
3.6.1	模型识别	97
3.6.2	参数估计	99
3.6.3	序列预测	102
第4章	非平稳序列的确定性分析	103
4.1	时间序列的分解	103
4.1.1	Wold 分解定理	103
4.1.2	Cramer 分解定理	104
4.2	确定性因素分解	105
4.3	趋势分析	106
4.3.1	趋势拟合法	106

4.3.2 平滑法	108
4.4 季节效应分析	113
4.5 综合分析	115
4.6 X-11 过程	120
4.7 习 题	122
4.8 上机指导	124
4.8.1 拟合线性趋势	124
4.8.2 拟合非线性趋势	125
4.8.3 X-11 过程	128
4.8.4 Forecast 过程	130
第 5 章 非平稳序列的随机分析	135
5.1 差分运算	135
5.1.1 差分运算的实质	135
5.1.2 差分方式的选择	136
5.1.3 过差分	140
5.2 ARIMA 模型	141
5.2.1 ARIMA 模型的结构	141
5.2.2 ARIMA 模型的性质	142
5.2.3 ARIMA 模型建模	144
5.2.4 ARIMA 模型预测	147
5.2.5 疏系数模型	149
5.2.6 季节模型	152
5.3 残差自回归模型	160
5.3.1 模型结构	160
5.3.2 残差自相关检验	162
5.3.3 模型拟合	165
5.4 异方差的性质	167
5.4.1 异方差的影响	167
5.4.2 异方差的直观诊断	168
5.5 方差齐性变换	170
5.6 条件异方差模型	173
5.6.1 ARCH 模型	173
5.6.2 GARCH 模型	179
5.6.3 GARCH 的衍生模型	183
5.7 习 题	185
5.8 上机指导	189
5.8.1 拟合 ARIMA 模型	189



5.8.2	拟合 Auto-Regressive 模型	191
5.8.3	拟合 GARCH 模型	197
第 6 章	多元时间序列分析	203
6.1	平稳多元序列建模	203
6.2	虚假回归	206
6.3	单位根检验	208
6.3.1	DF 检验	208
6.3.2	ADF 检验	215
6.3.3	PP 检验	218
6.4	协整	221
6.4.1	单整与协整	221
6.4.2	协整检验	223
6.5	误差修正模型	225
6.6	习 题	226
6.7	上机指导	228
附录 1	235
附录 2	262
附录 3	264
参考文献	266

C 第 1 章

Chapter 1 时间序列分析简介

1.1 引言

最早的时间序列分析可以追溯到 7 000 年前的古埃及。当时，为了发展农业生产，古埃及人一直在密切关注尼罗河泛滥的规律。把尼罗河涨落的情况逐天记录下来，就构成了所谓的时间序列。对这个时间序列长期的观察使他们发现尼罗河的涨落非常有规律。天狼星第一次和太阳同时升起的那一天之后，再过 200 天左右，尼罗河就开始泛滥，泛滥期将持续七八十天，洪水过后，土地肥沃，随意播种就会有丰厚的收成。由于掌握了尼罗河泛滥的规律，古埃及的农业迅速发展，解放出大批的劳动力去从事非农业生产，从而创建了古埃及灿烂的史前文明。

像古埃及人一样，按照时间的顺序把随机事件变化发展的过程记录下来就构成了一个时间序列。对时间序列进行观察、研究，找寻它变化发展的规律，预测它将来的走势就是时间序列分析。

1.2 时间序列的定义

在统计研究中，常用按时间顺序排列的一组随机变量

$$X_1, X_2, \dots, X_t, \dots \quad (1.1)$$

来表示一个随机事件的时间序列，简记为 $\{X_t, t \in T\}$ 或 $\{X_t\}$ 。

用

$$x_1, x_2, \dots, x_n \quad (1.2)$$

或 $\{x_t, t=1, 2, \dots, n\}$ 表示该随机序列的 n 个有序观察值，称之为序列长度为 n



的观察值序列,有时也称式(1.2)为式(1.1)的一个实现。

在日常生产生活中,观察值序列比比皆是。比如把全国1999—2008年普通高等学校每年的招生人数按照时间顺序记录下来,就构成了一个序列长度为10的全国普通高等学校招生人数时间序列(单位:万人):

159.7, 220.6, 268.3, 320.5, 382.2, 447.3, 504.5, 546.1, 565.9, 607.7

我们进行时序研究的目的是想揭示随机时序 $\{X_t\}$ 的性质,而要实现这个目标就是通过分析它的观察值序列 $\{x_t\}$ 的性质,由观察值序列的性质来推断随机时序 $\{X_t\}$ 的性质。

1.3 时间序列分析方法

1.3.1 描述性时序分析

早期的时序分析通常都是通过直观的数据比较或绘图观测,寻找序列中蕴含的发展规律,这种分析方法就称为描述性时序分析。古埃及人发现尼罗河泛滥的规律就是依靠这种分析方法。而在天文、物理、海洋学等自然科学领域,这种简单的描述性时序分析方法也常常能使人们发现意想不到的规律。

比如根据《史记·货殖列传》记载,早在春秋战国时期,范蠡和计然就提出我国农业生产具有“六岁穰,六岁旱,十二岁一大饥”的自然规律。《越绝书·计倪内经》则描述得更加详细:“太阴三岁处金则穰,三岁处水则毁,三岁处木则康,三岁处火则旱……天下六岁一穰,六岁一康,凡十二岁一饥。”

用现代汉语来表述就是:“木星绕天空运行,运行三年,如果处于金位,则该年为大丰收年;如果处于水位,则该年为大灾年;再运行三年,如果处于木位,则该年为小丰收年;如果处于火位,则该年为小灾年,所以天下平均六年一大丰收,六年一小丰收,十二年一大饥荒。”这是2500多年前,我国对农业生产具有3年一小波动、12年左右一个大周期的记录,是一个典型的描述性时间序列分析。

描述性时序分析方法是人们在认识自然、改造自然的过程中发现的实用方法。对于很多自然现象,只要人们观察时间足够长,就能运用描述性时序分析发现蕴涵在时间里的自然规律。根据自然规律,做恰当的政策安排,就能有利于社会的发展和进步。

比如范蠡根据“六岁穰,六岁旱,十二岁一大饥”的自然规律提出:“夫粟,二十病农,九十病末。末病则财不出,农病则草不辟矣。上不过八十,下不减三十,则农末俱利,平粟齐物,关市不乏,治国之道也。”这段话的意思是:如果丰收年粮食贱卖,会挫伤农民种粮的积极性;如果大灾年粮价高涨,会危及老百姓的生存。所以要实行“平粟”法。政府应该在粮食丰收时高于最低价购买粮食进行储备,以保护农民的利益;在粮食短缺时,将储备的粮食投放市场,以稳定粮价,确保百姓的生存。这是对农民和百姓都有利的政策,是一个国家的治国之道。

在范蠡故去 2 000 年之后，欧洲经济学家在研究欧洲各地粮食产量时发现了类似规律。比如 19 世纪末至 20 世纪初英格兰和威尔士的小麦平均亩产序列就具有这种规律（数据见表 A1—1），如图 1—1 所示。

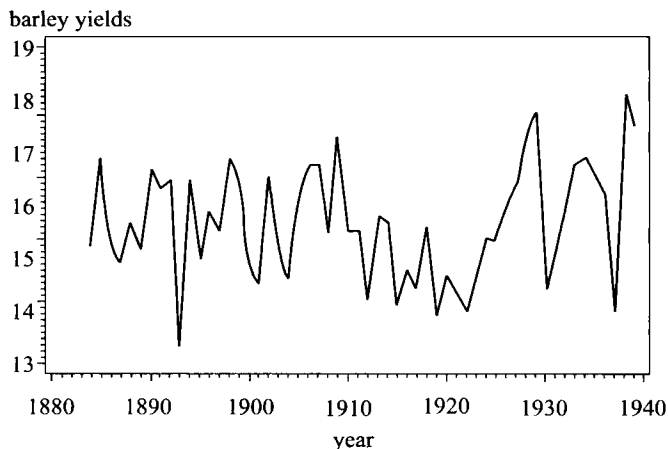


图 1—1 1884—1939 年英格兰与威尔士每亩小麦产量时序图

小麦的产量直接影响到小麦的价格，丰收时价格便宜，价格指数就偏低；歉收时，价格上涨，价格指数就偏高。在时间序列领域里，有一个非常著名的序列叫贝弗里奇（Beveridge）小麦价格指数序列，它由 1500—1869 年的小麦价格构成（数据见表 A1—2）。1971 年 Granger 和 Hughes 分析该序列，发现该序列有一个 13 年左右的周期。部分 Beveridge 小麦价格指数序列走势如图 1—2 所示。

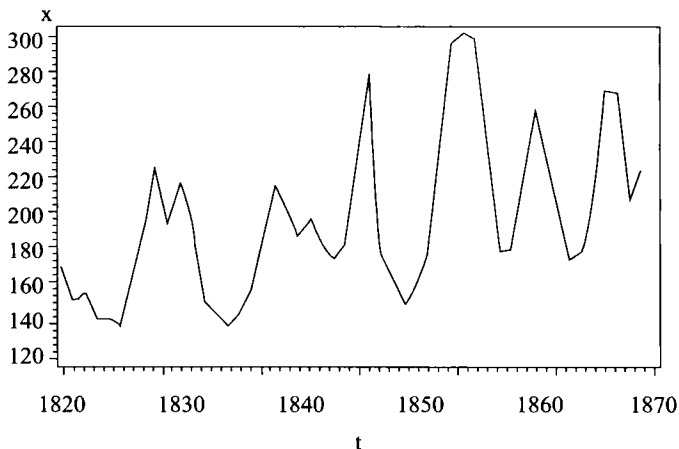


图 1—2 部分 Beveridge 小麦价格指数时序图

西方学者致力于研究为什么粮食产量会有这样的周期波动。19 世纪中后期，德国药剂师、业余天文学家 S. H. Schwabe 经过几十年不间断的观察、记录，发现了太阳黑子的活动具有 11~12 年的周期（数据见表 A1—3），如图 1—3 所示。太阳黑子的运动周期和农业生产的周期长度非常接近，这引起了英国天文学家、天王星的发现者 F. W. Herschel 的关注。最后他发现，当太阳黑子变少时，地球上的雨量也会减

少。所以在没有良好人工灌溉技术的时代,农业生产会有和太阳黑子近似的变化周期。

人们没有采用任何复杂的模型或分析方法,仅仅是按照时间顺序收集数据,描述和呈现序列的波动,就了解到小麦产量的周期波动特征,产生该周期波动的气候原因以及该周期波动对价格的影响。操作简单、直观有效是描述性时间序列分析方法的突出特点。它通常也是人们进行统计时序分析的第一步,通过图示的方法直观地反映出序列的波动特征。

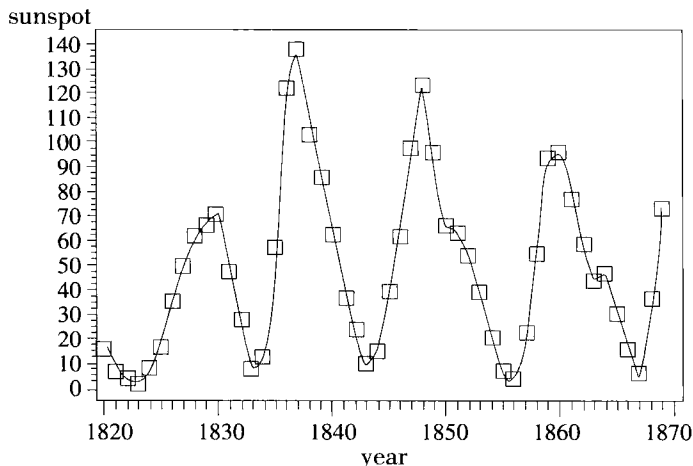


图 1—3 1820—1869 年太阳黑子年度数据时序图

1.3.2 统计时序分析

随着研究领域的不断拓广,人们发现单纯的描述性时序分析有很大的局限性。在金融、保险、法律、人口、心理学等社会科学研究领域,随机变量的发展通常会呈现出非常强的随机性,想通过对序列简单的观察和描述,总结出随机变量发展变化的规律,并准确预测出它们将来的走势通常是非常困难的。

为了更准确地估计随机序列发展变化的规律,从 20 世纪 20 年代开始,学术界利用数理统计学原理分析时间序列。研究的重心从总结表面现象转移到分析序列值内在的相关关系上,由此开辟了一门应用统计学科——时间序列分析。

纵观时间序列分析方法的发展历史可以将时间序列分析方法分为两大类。

一、频域分析方法

频域 (frequency domain) 分析方法也被称为“频谱分析”或“谱分析” (spectral analysis) 方法。

早期的频域分析方法假设任何一种无趋势的时间序列都可以分解成若干不同频率的周期波动,借助富里埃分析从频率的角度揭示时间序列的规律,后来又借助了傅里叶变换,用正弦、余弦项之和来逼近某个函数。20 世纪 60 年代, Burg 在分析地震信



号时提出最大熵谱估计理论, 该理论克服了传统谱分析所固有的分辨率不高和频率漏泄等缺点, 使谱分析进入一个新阶段, 称之为现代谱分析阶段。

目前谱分析方法主要运用于电力工程、信息工程、物理学、天文学、海洋学和气象科学等领域, 它是一种非常有用的纵向数据分析方法。但是由于谱分析过程一般都比较复杂, 研究人员通常要具有很强的数学基础才能熟练使用它, 同时它的分析结果也比较抽象, 不易于进行直观解释, 所以谱分析方法的使用具有很大的局限性。

二、时域分析方法

时域 (time domain) 分析方法主要是从序列自相关的角度揭示时间序列的发展规律。相对于谱分析方法, 它具有理论基础扎实、操作步骤规范、分析结果易于解释等优点。目前它已广泛应用于自然科学和社会科学的各个领域, 成为时间序列分析的主流方法。本书主要就是介绍时域分析方法。

时域分析方法的基本思想是事件的发展通常都具有一定的惯性, 这种惯性用统计的语言来描述就是序列值之间存在着一定的相关关系, 而且这种相关关系具有某种统计规律。我们分析的重点就是寻找这种规律, 并拟合出适当的数学模型来描述这种规律, 进而利用这个拟合模型来预测序列未来的走势。

时域分析方法具有相对固定的分析套路, 通常都遵循如下分析步骤:

第一步: 考察观察值序列的特征。

第二步: 根据序列的特征选择适当的拟合模型。

第三步: 根据序列的观察数据确定模型的口径。

第四步: 检验模型, 优化模型。

第五步: 利用拟合好的模型来推断序列其他的统计性质或预测序列将来的发展。

时域分析方法的产生最早可以追溯到 1927 年, 英国统计学家 G. U. Yule (1871—1951) 提出自回归 (autoregressive, AR) 模型。不久之后, 英国数学家、天文学家 G. T. Walker 爵士在分析印度大气规律时使用了移动平均 (moving average, MA) 模型和自回归移动平均 (autoregressive moving average, ARMA) 模型 (1931 年)。这些模型奠定了时间序列时域分析方法的基础。

1970 年, 美国统计学家 G. E. P. Box 和英国统计学家 G. M. Jenkins 联合出版了 *Time Series Analysis Forecasting and Control* 一书。在书中, Box 和 Jenkins 在总结前人研究的基础上, 系统地阐述了对求和自回归移动平均 (autoregressive integrated moving average, ARIMA) 模型的识别、估计、检验及预测的原理和方法。这些知识现在被称为经典时间序列分析方法, 是时域分析方法的核心内容。为了纪念 Box 和 Jenkins 对时间序列发展的特殊贡献, 现在人们也常把 ARIMA 模型称为 Box-Jenkins 模型。

Box-Jenkins 模型实际上是主要运用于单变量、同方差场合的线性模型。随着人们对各领域时间序列的深入研究, 发现该经典模型在理论和应用上都还存在着许多局限性。所以近 20 年来, 统计学家纷纷转向多变量场合、异方差场合和非线性场合的



时间序列分析方法的研究,并取得了突破性的进展。

在异方差场合,美国统计学家、计量经济学家 Robert F. Engle 在 1982 年提出了自回归条件异方差 (ARCH) 模型,用以研究英国通货膨胀率的建模问题。为了进一步放宽 ARCH 模型的约束条件, Bollerslov 在 1985 年提出了广义自回归条件异方差 (GARCH) 模型。随后 Nelson 等人又提出了指数广义自回归条件异方差 (EGARCH) 模型、方差无穷广义自回归条件异方差 (IGARCH) 模型和依均值广义自回归条件异方差 (GARCH-M) 模型等限制条件更为宽松的异方差模型。这些异方差模型是对经典的 ARIMA 模型很好的补充。它们比传统的方差齐性模型更准确地刻画了金融市场风险的变化过程,因此 ARCH 模型及其衍生出的一系列拓展模型在计量经济学领域有着广泛的应用。Engle 也因此获得 2003 年诺贝尔经济学奖。

在多变量场合, Box 和 Jenkins 在 *Time Series Analysis Forecasting and Control* 一书中研究过平稳多变量序列的建模, Box 和 Tiao 在 1970 年前后讨论过带干扰变量的时间序列分析。这些研究实际上是把对随机事件的横向研究和纵向研究有机地融合在一起,提高了对随机事件分析和预测的精度。1987 年,英国统计学家、计量经济学家 C. Granger 提出了协整 (co-integration) 理论,进一步为多变量时间序列建模松绑。有了协整的概念之后,在多变量时间序列建模过程中“变量是平稳的”不再是必需条件了,而只要求它们的某种线性组合平稳。协整概念的提出极大地促进了多变量时间序列分析方法的发展, Granger 因此与 Engle 一起获得了 2003 年诺贝尔经济学奖。

在非线性的场合,各种新的模型层出不穷。Granger 和 Andersen 在 1978 年提出了双线性模型, Howell Tong 于 1978 年提出了门限自回归模型, Priestley 于 1980 年提出了状态相依模型, Hamilton 于 1989 年提出了马尔科夫转移模型, Lewis 和 Stevens 于 1991 年提出了多元适应回归样条方法, Carlin 等人于 1992 年提出了非线性状态空间建模的方法, Chen 和 Tsay 于 1993 年提出了非线性可加自回归模型。非线性是一个异常广阔的研究空间,在非线性的模型构造、参数估计、参数检验等各方面都有大量的研究工作需要完成。

1.4 时间序列分析软件

随着计算机科学的高速发展,现在有许多软件可以帮助我们进行时间序列分析。常用的软件有: S-plus, Matlab, Gauss, TSP, Eviews 和 SAS。

我们在本书中介绍和使用的软件是 SAS。SAS 的全称是 Statistical Analysis System,直译过来就是统计分析系统。它最早是由美国北卡罗来纳州立大学 (North Carolina State University) 的两位教授 A. J. Barr 和 J. H. Goodnight 联合开发的,专门进行数学建模和统计分析的软件。发展到今天,它不仅成为统计分析领域的国际标准软件,而且成为具有完备的数据访问、数据管理、数据分析和数据呈现功能的大型集成化软件系统。由于领先的技术和全面的功能,它已经成为全球数据分析方面的首选软件。

在 SAS 系统中有一个专门的模块：SAS/ETS (Econometric & Time Series)，这是一个专门进行计量经济与时间序列分析的软件。SAS/ETS 编程语言简洁，输出功能强大，分析结果精确，是进行时间序列分析与预测的理想软件。由于 SAS 系统具有全球一流的数据仓库功能，因此在进行海量数据的时间序列分析时它具有其他统计软件无可比拟的优势。

为了让读者在了解时间序列分析基本原理的同时也能掌握一定的实际操作技巧，本书在每一章后面都会有一小节的内容介绍本章分析方法在 SAS/ETS 软件上的实现。本书所有的例题也都是以 SAS/ETS 作为操作软件。

1.5 习 题

1. 什么是时间序列？请收集几个生活中的观察值序列。
2. 时域方法的特点是什么？
3. 时域方法的发展轨迹是怎样的？
4. 在附录 1 中选择几个感兴趣的序列，创建数据集。

1.6 上机指导

1.6.1 SAS 操作界面

在 Windows 操作系统下双击“*The SAS System*”的图标，立刻就启动了 SAS 系统，进入 SAS 操作界面。

SAS 的操作界面主要由三个部分组成：菜单栏、工具栏和窗口。见图 1—4。



图 1—4 SAS 8.0 版本操作界面

一、菜单栏

菜单栏包括八个选项，它们分别是：