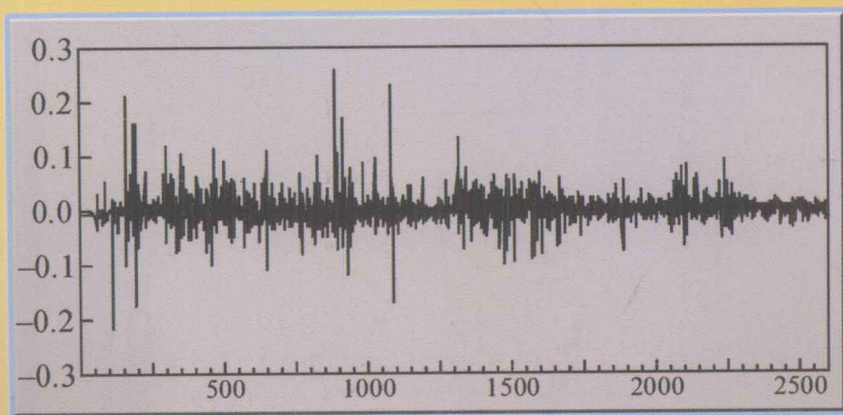




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

应用时间序列分析

史代敏 谢小燕 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

应用时间序列分析

Yingyong Shijian Xulie Fenxi

史代敏 谢小燕 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书在借鉴国内外相关教材优点的基础上,总结作者多年从事经济管理类专业应用时间序列分析课程的教学经验和体会,本着“教师好用、学生好读”的指导思想,从经济管理类各专业的实际需要出发,系统地介绍了平稳时间序列建模分析、非平稳时间序列建模分析和波动聚集建模分析三大部分内容。全书既涵盖了时间序列分析的经典内容,又反映了 20 世纪 80 年代以后时间序列分析的一些新进展;既注重对时间序列分析的基本思想、基本原理、基本方法的介绍,又兼顾对运用这些理论方法分析研究乃至最终解决实际经济、金融、管理类问题能力的培养。每章都有案例分析,希望通过案例分析引导读者发现问题、分析问题和解决问题。

本书可作为经济统计学、金融学等经济管理类本科专业的教材,或作为经济管理类相关专业研究生的选修课教材,也适合自学应用时间序列分析的读者参考和使用。在使用本书作为教材时,可根据教学需要对本书相关内容进行取舍。

图书在版编目(CIP)数据

应用时间序列分析 / 史代敏, 谢小燕主编. —北京: 高等教育出版社, 2011.6

ISBN 978-7-04-031632-2

I. ①应… II. ①史… ②谢… 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 (2011) 第 125049 号

策划编辑 权利霞
插图绘制 尹 莉

责任编辑 施春花
责任校对 胡美萍

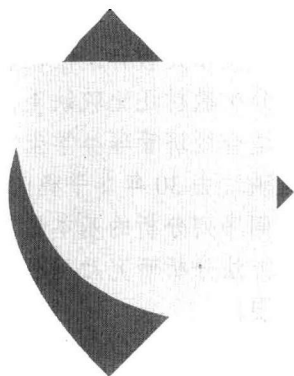
封面设计 杨立新
责任印制 尤 静

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京市南方印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 19.25
字 数 350 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2011年6月第1版
印 次 2011年6月第1次印刷
定 价 30.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 31632-00



前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是为了适应经济管理类各专业学生学习应用时间序列分析课程而编写的教材。

社会经济系统是一个复杂的系统，寻找经济变量的变化规律是经济学研究的重要任务之一。传统的计量经济分析主要以经济理论为基础，首先建立理论模型，并利用样本数据估计模型，然后据此进行结构分析和预测。但是社会经济现象的影响因素错综复杂，一旦理论模型过时或不妥，运用结构式的因果模型进行分析和预测就变得很困难。在这种情况下，“让数据自己说话”的建模思想越来越引起人们的重视，时间序列分析就属于这种学派的一个分支。

时间序列分析是分析动态数据、揭示数据规律性的统计学的一门分支学科。它主要依据变量自身的历史资料，建立能反映时间序列动态规律性的模型，进而研究变量的变化机制。在过去的半个多世纪，时间序列分析得到了迅速发展，特别是 20 世纪 80 年代以来，非平稳和非线性时间序列的研究取得了一系列丰富的成果，在经济、金融等领域有着广泛的应用。此外，将时间序列分析方法与计量经济学分析方法结合起来研究经济、金融问题，已成为计量经济分析的主流方向。

10 多年前，开设时间序列分析类课程在我国高等学校经济管理类各专业中并不多见，但随着我国经济管理类各学科专业的发展，时间序列分析方法在经济、金融、管理中被广泛运用。近年来经济管理类各专业本科生、研究生对时间序列分析类课程都非常重视，不仅在统计学专业中普遍开设时间序列分析课程，而且在金融、经济、工商管理、财务会计等其他专业中也都逐渐开设了此课程。经过 10 多年的建设，国内时间序列分析课程的教学已经有了长足的进步，

教材建设不断改善,不仅引进或翻译了国外的同类著作,而且也陆续编写出版了一些相关教材。但在教学中我们深感适合经济管理类学生使用的应用时间序列分析教材还比较缺乏。如何从经济管理类各专业的特点和需要出发,编写一本适合经济管理类学生使用的教材,使它既涵盖时间序列分析的经典内容,又反映过去 30 年非平稳时间序列分析、金融时间序列分析这些新进展;既注重对时间序列分析的基本思想、基本原理、基本方法的介绍,又兼顾对运用这些理论方法分析研究乃至解决实际经济、金融、管理类问题能力的培养,显得尤为重要。

本书在借鉴国内外相关教材优点的基础上,总结作者从事经济管理类各专 业时间序列分析课程的教学经验和体会,对相关内容进行整合、提炼和更新,重点介绍平稳时间序列建模分析、非平稳时间序列建模分析、波动聚集建模分析三大部分的内容。编写本书力图达到这样一种目的:学生学习了该门课程以后,能够掌握常用的时间序列模型,熟悉经济金融领域中常用的时间序列分析手段,能对经济金融变量的时间序列数据进行处理、建立模型并进行分析,进一步地还能以此为基础预测未来、解释经济金融理论或检验经济假说。

在编写本书的过程中,我们本着“教师好用、学生好读”的指导思想,突出如下特点。

1. 从经济管理类各专业的实际需要出发,合理选择教学内容。根据作者多年从事本科生、研究生同类课程的教学经验,统筹安排全书结构,并精选教学内容,使之符合大多数经济管理类专业教学的实际要求。本书将目标定位在掌握最基本的方法和应用,兼顾 20 世纪 80 年代以前的经典内容和 20 世纪 80 年代以后“非经典时间序列分析”的一些新发展。

2. 注重基本思想、基本方法和实际应用。国内现有的时间序列分析教材大部分是面向数学、数理统计以及工程类的学生,教学内容和教材的写法比较数学化,注重定义、证明和性质,对于经济管理类学生来讲,会感觉比较难、看不懂、甚至会误认为就是数学类课程。因此我们在编写中突出应用时间序列分析的“应用性”,强调对基本思想、基本方法和基本原理的理解,回避一些深奥和繁琐的数学推导和证明,使之难易适度,更加适应经济管理类统计学专业和其他经济管理类专业学生的要求。

3. 注重引导学生将理论与实践相结合。在系统介绍时间序列分析理论方法的前提下,各章都有案例分析,通过案例分析说明本章讨论的主要理论方法如何运用于实际问题的分析,这种方式将理论和实际结合起来,不仅可以使学生加深对时间序列分析理论方法的理解,而且可以引导学生发现问题、分析问题和解决问题。

4. 注重学生实践和自主学习。时间序列分析是一门应用性比较强的课程,

学会用软件处理分析数据和进行模型分析是该课程的重要内容,本书与目前国内非常流行的计量经济学软件包 Eviews 软件紧密结合,在例子和案例分析中突出 Eviews 的操作和实现,避免方法讲解和软件操作介绍相分离的“两张皮”现象。考虑到最近几年 R 软件在统计分析中越来越流行,特别是因其具有使用免费、功能强大、更新及时等特点而被学术界广泛使用,所以我们在部分例子或案例中也同时给出了用 R 软件实现的程序,供学生在学习时选择。另外,时间序列分析中的概念和公式较多,为了有利于教师对学习内容进行总结和学生复习,每一章的最后除了练习题外,还提供了本章小结和主要公式。

本书是作者长期从事经济管理类应用时间序列分析教学和课程建设的产物,是在西南财经大学史代敏教授、谢小燕教授共同撰写的应用时间序列分析讲义的基础上编写的。为了搞好课程建设和教材建设,我们成立了应用时间序列分析课程组,以原有讲义为基础进行较大幅度的改编,整合、充实和增加了相关内容。参加本书编写的人员有:史代敏(第一章、第九章),马丹(第二章、第三章),喻开志(第四章),谢小燕(第五章、第六章),刘田(第七章),龚金国(第八章)。全书最后由史代敏教授、谢小燕教授定稿。

本书的内容较多,包含平稳时间序列建模分析、非平稳时间序列建模分析、波动聚集建模分析三部分,可作为高等院校经济类统计学专业、金融工程专业等经济管理类本科专业应用时间序列分析课程的教材,也可作为经济管理类相关专业研究生的选修课教材。在使用本书作为教材时,可根据教学需要对本书相关内容进行取舍。

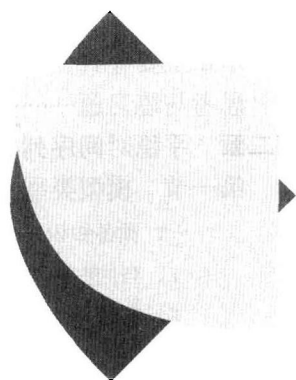
感谢瑞典皇家科学院院士、诺贝尔经济学奖评审委员会委员 Timo Teräsvirta 教授和瑞典达拉大学的 ChangLi He 教授,2009 年他们应邀来西南财经大学交流访问,为西南财经大学师生讲授了 Nonlinear Econometrics and Modelling Volatility 以及 Modeling Time Series with R 的系列讲座,并提供了相关资料。感谢现就职于美国密歇根大学的 Peter Song 教授,2006 年我访问加拿大滑铁卢大学统计与精算系期间,经常在他的办公室进行交流和讨论,他为本书的编写提出了很好的建议。感谢博士研究生殷华和史爽,他们参加了部分数据资料的收集整理和案例分析的 Eviews 实现工作。

由于编者水平有限,书中可能存在不妥或问题,请读者批评指正。

史代敏

2011 年 5 月

于成都 西南财经大学



目 录

第一章 导论	1
第一节 关于时间序列分析	1
一、什么是时间序列	1
二、时间序列分析的产生与发展	5
三、时间序列分析与经济预测	6
四、时间序列分析与计量经济学的关系	8
第二节 时间序列分析的一些基本概念	9
一、随机过程	9
二、随机过程的分布及其特征	10
三、几种重要的随机过程	12
四、随机过程的平稳性	13
第三节 时间序列的主要特征	14
一、时间序列的相关性	14
二、时间序列的平稳性与非平稳性	15
三、时间序列的波动聚集性	16
第四节 时间序列分析的基本步骤	16
一、模型识别	17
二、模型估计	18
三、模型检验	18
四、模型应用	19
第五节 时间序列分析软件	20

本章小结	21
本章主要公式	22
思考与练习题	22
第二章 平稳时间序列模型及其特征	23
第一节 模型类型及其表示	23
一、预备知识	23
二、自回归模型	26
三、移动平均模型	29
四、自回归移动平均模型	30
第二节 格林函数和平稳性	31
一、ARMA(p, q)的格林函数	31
二、系统的平稳性	34
三、系统的平稳性与稳定性	37
第三节 逆函数和可逆性	37
一、MA(q)模型的可逆域	37
二、MA(q)模型的逆函数	39
三、ARMA(p, q)的可逆域与逆函数	40
四、格林函数与逆函数之间的关系	41
第四节 平稳时间序列的统计特征	42
一、自相关函数	42
二、偏相关函数	47
本章小结	49
本章主要公式	50
思考与练习题	51
本章附录	52
第三章 平稳时间序列模型的建立	55
第一节 模型识别与定阶	55
一、自相关函数和偏相关函数的估计	56
二、模型的初步识别	57
三、模型的定阶	60
第二节 模型参数的估计	65
一、模型参数的矩估计	65
二、模型参数的最小二乘估计	67
三、模型参数的极大似然估计	68
四、模型参数的最小平方和估计	69

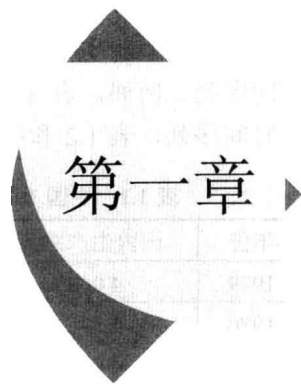
第三节 模型的适应性检验	70
一、过拟合检验	70
二、残差自相关的 χ^2 检验	71
第四节 时间序列建模的方法	72
一、Box-Jenkins 建模方法	72
二、Pandit-Wu 建模方法	73
第五节 案例分析	74
本章小结	79
本章主要公式	80
思考与练习题	81
本章附录	83
第四章 平稳时间序列模型预测	85
第一节 预测准则	86
一、从几何角度提出预测问题	86
二、求解正交投影	87
三、最小均方误差预测	87
第二节 ARMA 模型预测	89
一、AR(p)模型的预测	89
二、MA(q)模型的最小均方预测	90
三、ARMA(p, q)预测	91
第三节 案例分析	92
本章小结	98
本章主要公式	99
思考与练习题	100
第五章 传递函数模型与干预变量分析	103
第一节 传递函数模型的基本概念	104
一、模型的形式	104
二、脉冲响应函数特征	105
三、常见的传递函数的形式	106
四、传递函数的稳定性	107
第二节 传递函数模型的识别与估计	108
一、互相关函数	108
二、传递函数模型的识别	116
三、传递函数模型的估计与检验	117
第三节 干预模型	122

一、干预模型介绍	122
二、干预变量的类型和组合	123
三、美国 CREST 牌牙膏的市场占有率实例分析	124
第四节 案例分析	125
一、一元线性回归模型的拟合	126
二、传递函数模型	128
本章小结	131
本章主要公式	131
思考与练习题	132
第六章 季节模型	135
第一节 季节性时间序列的重要特征	136
一、季节性时间序列的表示	136
二、季节性时间序列的重要特征	136
第二节 季节性模型	138
一、随机季节性模型	138
二、乘积季节性模型	141
三、常见的随机季节性模型	142
第三节 季节性模型的识别	142
一、季节性 MA 模型的自相关函数	143
二、季节性 AR 模型的偏相关函数	144
第四节 季节性时间序列模型的建立和应用	147
第五节 X11 方法简介	148
一、季节调整和时间序列的构成因素	149
二、时间序列的组合模型	150
三、X11 程序	150
第六节 实例分析	160
一、数据的特征	160
二、季节调整	161
三、预测假定“非典”没有发生的旅游人数的可能值	161
本章小结	163
本章主要公式	164
思考与练习题	164
第七章 非平稳时间序列的特征及检验	167
第一节 非平稳时间序列的特征	167
一、非平稳时间序列的概念	167

二、非平稳序列的分类	172
三、非平稳时间序列的统计特征	173
第二节 时间序列非平稳性的常规检验法	175
一、数据图示法	175
二、基于相关图的平稳性检验法	176
三、逆序检验法	176
四、游程检验	178
第三节 时间序列非平稳性的单位根检验法	179
一、单位根过程	179
二、单位根过程检验基础	181
三、DF 单位根检验法	182
四、PP 单位根检验法与 ADF 单位根检验法	186
五、其他高效的单位根检验法简介	190
第四节 案例分析	191
本章小结	195
本章主要公式	196
思考与练习题	197
第八章 协整与误差校正模型	198
第一节 伪回归	198
一、“伪回归”现象	198
二、非平稳性对回归分析有什么影响	199
三、Phillips (1986) 对“伪回归”的理论解释	200
四、如何防止“伪回归”	201
第二节 协整的概念及性质	202
一、协整 (cointegration) 的概念	202
二、协整向量的最小二乘估计及性质	205
第三节 协整检验	207
一、基于回归方程残差的协整检验 (EG 检验)	207
二、协整系统的完全信息最大似然检验 (Johansen 检验)	212
第四节 误差修正 (ECM) 模型	217
一、动态回归与误差修正模型	218
二、协整与误差修正模型: Granger 表示定理	220
三、估计 ECM 模型的 EG 两步法	221
本章小结	225

思考与练习题	225
本章附录	227
第九章 GARCH 模型与波动性建模	232
第一节 ARCH 模型的概念与性质	232
一、条件异方差问题	233
二、ARCH 模型	235
三、ARCH 模型的性质	236
第二节 ARCH 模型的估计与检验	237
一、ARCH 模型的估计	237
二、ARCH 模型的检验	239
第三节 GARCH 模型	241
一、GARCH 模型的特征	241
二、GARCH 模型的估计	242
三、GARCH 模型的检验	243
第四节 ARCH 模型的其他推广形式	244
一、ARCH-M 模型	244
二、指数 GARCH 模型	245
三、非对称 GARCH 模型 (AGARCH)	246
四、门限 ARCH 模型	247
五、IGARCH 模型	247
六、对 ARCH 模型的简要评价	249
第五节 GARCH 模型在研究股市波动中的应用	249
一、样本数据及其特征	250
二、波动的 ARCH 效应	251
第六节 案例分析	257
一、如何在 Eviews 中估计 ARCH 模型	257
二、如何在 Eviews 中检验 ARCH 效应	260
三、GARCH 模型估计的案例分析	260
四、案例分析的 R 程序	265
本章小结	266
本章主要公式	267
思考与练习题	267
参考文献	269

附录 统计用表	271
附表 1 标准化正态分布下的面积	271
附表 2 t 分布的百分点	273
附表 3 F 分布的上端百分点	274
附表 4 χ^2 分布的上端百分点	280
附表 5 德宾-沃森 d 统计量	283
附表 6 协整检验临界值表	293



第一章

导 论

社会经济活动千变万化，许多现象的发展都具有随时间演变的特征，反映、描述、记录社会经济现象发展变化的资料和数据必然与时间有密切的关系。例如，经济的增长情况、人口的变动情况、人民生活质量的变化、突发性灾难带来的影响，以及社会安定状况同经济发展的关系等问题，在历史数据中均可得到反映。要认识这些社会经济现象的本质特征，就需要考察这些现象随时间变化的规律，即需要进行动态分析。怎样分析这些随时间演变的时间序列，就成为社会经济统计分析中的一个重要任务。

第一节 关于时间序列分析

一、什么是时间序列

认识社会经济现象的数量规律离不开对观察数据的分析。在对社会经济活动的分析中，最常见的数据有两类：一类是截面数据，即就某一数量指标在同一时点上对不同个体的观察数据；另一类就是时间序列数据。所谓时间序列数据，是指对反映社会、经济、自然等现象的某一数量指标进行时间上的观察所得到的数据，而时间序列就是将这些观测数据按照时间的先后顺序排列起来所形成的序列。无论是观察宏观经济运行中的国内生产总值、消费支出、投资额、货币供应量等变量的变化，或者是观察微观经济运行中的企业产品价格、销售量、销售额、利润等变量的变化，还是观察资本市场中的股价指数、股票价格、

成交量等变量的变化, 都会得到一列按时间排列的数据, 这些数据序列就是时间序列。例如, 表 1.1 和图 1.1 是中国改革开放后国内生产总值 (GDP) 年度时间序列, 表 1.2 和图 1.2 是上海股票市场综合指数周收盘时间序列。

表 1.1 中国 1979—2009 年国内生产总值年度时间序列表 (单位: 亿元)

年份	国内生产总值	年份	国内生产总值	年份	国内生产总值
1979	4 062.6	1990	18 667.8	2001	109 655.2
1980	4 545.6	1991	21 781.5	2002	120 332.7
1981	4 891.6	1992	26 923.5	2003	135 822.8
1982	5 323.4	1993	35 333.9	2004	159 878.3
1983	5 962.7	1994	48 197.9	2005	183 217.4
1984	7 208.1	1995	60 793.7	2006	211 923.5
1985	9 016	1996	71 176.6	2007	257 305.6
1986	10 275.2	1997	78 973	2008	314 045
1987	12 058.6	1998	84 402.3	2009	335 353
1988	15 042.8	1999	89 677.1		
1989	16 992.3	2000	99 214.6		

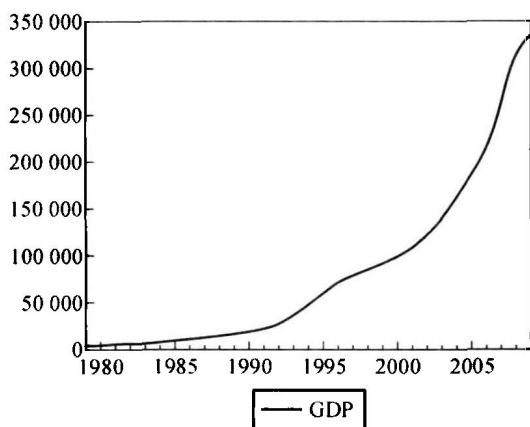


图 1.1 中国 1979—2009 年国内生产总值年度时间序列图 (单位: 亿元)

表 1.2 上海股票市场 2009.01—2010.02 综合指数周收盘时间序列表

日 期	周 收 益	日 期	周 收 益	日 期	周 收 益
2009/01/09	1 904.859	2009/02/06	2 181.239	2009/02/27	2 082.849
2009/01/16	1 954.439	2009/02/13	2 320.789	2009/03/06	2 193.009
2009/01/23	1 990.659	2009/02/20	2 261.479	2009/03/13	2 128.849

续表

日 期	周 收 益	日 期	周 收 益	日 期	周 收 益
2009/03/20	2 281.089	2009/07/17	3 189.739	2009/11/13	3 187.649
2009/03/27	2 374.439	2009/07/24	3 372.599	2009/11/20	3 308.349
2009/04/03	2 419.779	2009/07/31	3 412.059	2009/11/27	3 096.259
2009/04/10	2 444.229	2009/08/07	3 260.689	2009/12/04	3 317.039
2009/04/17	2 503.939	2009/08/14	3 046.969	2009/12/11	3 247.319
2009/04/24	2 448.589	2009/08/21	2 960.769	2009/12/18	3 113.889
2009/04/30	2 477.569	2009/08/28	2 860.689	2009/12/25	3 141.349
2009/05/08	2 625.649	2009/09/04	2 861.609	2009/12/31	3 277.139
2009/05/15	2 645.259	2009/09/11	2 989.789	2010/01/08	3 195.999
2009/05/22	2 597.599	2009/09/18	2 962.668	2010/01/15	3 224.149
2009/05/27	2 632.929	2009/09/25	2 838.838	2010/01/22	3 128.589
2009/06/05	2 753.889	2009/09/30	2 779.428	2010/01/29	2 989.289
2009/06/12	2 743.759	2009/10/09	2 911.719	2010/02/05	2 939.399
2009/06/19	2 880.489	2009/10/16	2 976.629	2010/02/12	3 018.129
2009/06/26	2 928.209	2009/10/23	3 107.849	2010/02/26	3 051.939
2009/07/03	3 088.369	2009/10/30	2 995.849		
2009/07/10	3 113.929	2009/11/06	3 164.039		

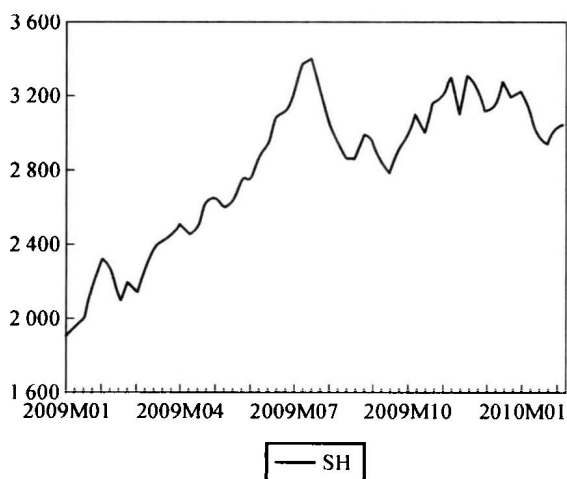


图 1.2 上海股票市场 2009.01—2010.02 综合指数周收盘时间序列图

从上述例子可以看出，时间序列具有如下几个特点。

(1) 时间序列中数据的位置与时间有关，即数据的取值随着时间的变化而

不同。时间通常用 t 表示,它可以是年、季度、月、日或其他时间。究竟取何种时间要根据观测频率或观测时间间隔确定,例如在资本市场的高频时间序列分析中,就会用到时间间隔为小时、分钟甚至秒的时间序列。

(2) 时间序列是对相关指标变量在不同时间进行观察所得到的结果。由于经济变量受众多因素的影响而呈现出随机性,所以指标变量在每一时间上的取值具有一定的随机性,我们所观察到的时间序列在某一时间的数值,实际上是经济变量在这一时间的一个实现。

(3) 时间序列中的数据可以是一个时期内的数据也可能是一个时点上的数据。在经济统计中经常将经济指标划分为两种类型不同的数量,即存量和流量。经济存量是指截至某一时点对经济资源的持有量(或称拥有量),经济流量是指在一段时间内各种经济活动的发生量。因此,描述经济现象的时间序列数据就可分为流量数据和存量数据。例如国内生产总值、产品销售量等就属于一个时期内的流量指标,对这些指标的观察数据就是流量数据;而人口总数、财产额、股价指数等则属于一个时点上的存量指标,相应的观察数据就是存量数据。

(4) 时间序列通常存在前后时间上的相依性(不一定是相邻时刻),从整体上看,时间序列往往呈现某种趋势性或出现周期性变化的现象,这种相依性就是系统的动态规律性,也是进行时间序列分析的基础。

在现实社会经济活动中,存在不同类别的时间序列。根据所研究的问题不同,可以对时间序列做如下不同的分类。

(1) 按所研究对象的多少,可将时间序列分为一元时间序列和多元时间序列。有些现象用一个指标就可以表述,这时对应的时间序列即为一元时间序列,如表 1.1 和表 1.2 所涉及的两个例子。但是,有时要全面认识一个事物,可能会同时面对多个指标,这时就需要对多个指标的时间序列进行分析。多个指标的时间序列通常称为多元时间序列,多元时间序列不仅描述了各个变量的变化情况,而且还蕴含了各变量间的相互依存关系。例如,考察某国或某地区的经济运行情况,就需要同时观察国内生产总值、消费支出、投资额、货币供应量等一系列指标,既要分析每个指标的动态变化情况还要分析各个指标之间的动态影响关系。

(2) 按观察时间的连续与否,可将时间序列分为离散时间序列和连续时间序列。如果某一时间序列中的每个序列值所对应的时间参数为间断点,则该序列就是一个离散时间序列;如果某一序列中的每个序列值所对应的时间参数为连续函数,则该序列就是一个连续时间序列。经济分析中主要研究离散时间序列,对于连续时间序列,可通过等间隔抽取样本使之转化为离散时间序列加以研究。

(3) 按时间序列的统计特性,可将时间序列分为平稳时间序列和非平稳时