

A TEXTBOOK SERIES IN
ECONOMICS AND MANAGEMENT



现代经济学管理学教科书系列



高等时间序列 经济计量学

*Advanced Time
Series Econometrics*



陆懋祖 著



上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

高等时间序列经济计量学/陆懋祖著. —上海:上海人民出版社,1999

(现代经济学管理学教科书系列/易刚,海闻主编)

ISBN 7-208-03200-9

I. 高… II. 陆… III. 时间序列分析-计量经济学 IV. F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 17958 号

责任编辑 张 启

封面装帧 桑吉芳

• 现代经济学管理学教科书系列 •

高等时间序列经济计量学

陆懋祖 著

上海人民出版社出版、发行

(上海绍兴路 54 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销

商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 11.5 插页 4 字数 257,000

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—5,100

ISBN 7—208—03200—9/F·636

定价 20.00 元

总 前 言

20 世纪与 21 世纪之交,世界在注视着中国。经过近 20 年的经济改革,中国社会主义市场经济新体制的雏形在世界的东方渐渐清晰。

中国改革的目标是建立社会主义市场经济体系,这一历史使命的完成需要千千万万掌握市场经济运行规则的企业家、经济学家、管理专业人才和国家干部。中国需要人才,培养人才靠教育,高水平的教育迫切需要有一套与国际接轨的一流教材,尤其是大学本科生的教科书。应市场之求,受同仁委托,我们组织编写了这一套“现代经济学管理学教科书系列”。

本套教科书的适用对象是各大专院校经济管理专业的本科生和研究生,以及具有同等文化程度的自学者。

实事求是精神是本套教科书的指导思想。中国正在摸索一条有自己民族特色的市场经济之路,许多问题还有待于进一步的探讨。本套教科书对有争议问题的取舍标准是邓小平同志提出的“三个有利于”的原则:即主要看是否有利于发展社会主义社会的生产力,是否有利于增强社会主义国家的综合国力,是否有利于提高人民的生活水平。

本套教科书有如下的特点:第一,涵盖了现代经济学和管理学的主要领域和许多前沿专题,力图准确、全面、系统地阐述每个学科的基本内容,努力做到现代经济学、管理学教学研究的主流框架与我国经济改革具体实践的有机结合。第二,最大限度地

方便读者。各教科书均在前言或第1章中告诉读者该书的层次(本科低年级、本科高年级、研究生)。教科书的语言简明通俗,结构科学严谨,适合于教学与自学。各章附有小结与习题,全书后有按汉语拼音顺序排列的索引,并附有便于查找的参考书目。第三,尽可能地教员提供方便。教科书的前言部分有一个教学大纲并附有两套教案,以适合本科或专科等各种教学和不同学时需要。有些教科书配有《教学参考书》并附有题库及部分答案。

本套教科书的作者们不仅受过现代经济学、管理学的系统训练,而且都从事教学科研工作多年,其中有不少已是国内国外的一流专家教授。他们既熟练掌握现代经济学、管理学理论,又对中国和发达国家经济的实际运行情况有深刻的了解,从而使这套教科书能结合中国国情来系统地、准确地介绍经济、管理理论与案例。每本教科书都经过两次评审(一次对写作计划,一次对书的初稿),作者们均按评审意见对书稿进行了认真的修改。

亲爱的读者们,亲爱的同事们,我们将此套教科书献给你们,请评头论足,不吝赐教。

易纲 海闻

前 言

在过去的十几年中,经济计量学在其各个领域内都取得了重要的进展。这不仅使经济计量学本身成为一门日趋重要的学科,也使得它在现代经济学和现代金融学中起到越来越重要的作用。如今很多研究经济学或经济计量学的人称自己为宏观经济计量学家、微观经济计量学家和金融经济计量学家等,可见经济计量学与现代经济学已不可分割。

本书旨在介绍过去十几年中经济计量学在时间序列领域里的发展,重点讨论非稳定的单位根过程(unit root process)、同积过程和同积系统(cointegrated system)的一些主要理论。这些理论在80年代初兴起后,在很大程度上改变了传统的时间序列经济计量学的理论和方法。稳定过程不再是经济计量学研究的唯一对象,非稳定的时间序列也不再是不可涉足的领域,特别是其中的 $I(1)$ 过程和 $I(2)$ 过程与同积过程成为了研究的主要对象,它们已在经济学和金融学中得到了广泛的应用。经济计量学在这一方面的发展也引起了数学方法上的突破,维纳过程(Wiener process)和基于其上的泛函中心极限定理(functional central limit theorem)成为了研究的主要数学工具。这使得我们能在更为广泛的条件下研究时间序列统计量的极限和极限分布问题。

当然,要在一本书中全面介绍这些内容是有很困难。尽管这些理论和方法只有十几年的发展历史,它们已包含了如此

丰富的内容,以至于在一本书中对这些理论作详细介绍似乎不大可能。不仅如此,这浩瀚的文献中并存着不同的体系和观点,它们对整个学科的发展起着相辅相成的作用,但却很难在一本书中全面反映这些观点。

本书以介绍单位根过程、同积过程和 ARCH 过程的基础的数学结构作为主要目的,旨在帮助经济系或统计系的本科高年级学生、研究生及研究人员掌握现代化的经济计量学工具,使他们在理论上受到一定的训练,以便今后在此领域中作出自己的贡献。这也是本书称为“高等”的原因,以强调理论推导的严格性。书中对介绍的主要定理都作了较为详细的数学证明,理解这些证明对进一步掌握理论是很有帮助的。当然,初读者可将定理证明留到以后必要时再读。

本书的第 1 章至第 3 章介绍了单位根过程的结构和主要特征,以及对单位根过程的参数估计和假设检验。第 4 章至第 6 章介绍了同积过程和同积系统的结构、主要特征和表示形式,以及参数估计和假设检验的方法。第 7 章介绍 ARCH 模型和它的几种重要的衍生模型,以及它们在现代经济学、金融学中的应用。

本书的很大一部分是基于作者在南安普顿大学经济系讲授研究生的经济计量学专题课时的讲义。在这些讲义和本书的写作过程中,作者参考了 Banajee et al. (1994)、Engle (1995)、Hendry (1995)、Hamilton (1994)、Johansen (1995) 和 Rozanov (1967) 等的著作。读者如对本书中介绍的内容有进一步的兴趣,可在这些著作中找到有价值的参考资料。

本书可供经济系、统计系或其他相应专业的高年级学生和研究生作同名课程的教材或参考书。作为教材,本书适合作一学期用。

在本书的写作过程中,作者得到了易纲博士和秦朵博士的

不断鼓励和支持,在此谨表示感谢。

陆懋祖

1998 年于英国南安普顿大学经济系

E-mail:ml@soton.ac.uk

主编：易 纲 海 闻

编委（按姓氏笔画）：

王一江 王 燕 邓胜梁 田国强

卢 锋 李庆云 宋国青 余明德

张维迎 张 帆 林毅夫 欧阳明

易 纲 周其仁 周惠中 俞 乔

胡大源 秦 朵 海 闻 梁 能

组织：北京大学中国经济研究中心

目 录

总前言	1
前言	1
第 1 章 单位根过程	1
1.1 简介	1
1.2 单位根过程的定义	7
1.3 维纳过程	10
1.4 泛函中心极限定理	13
1.5 连续映照定理	16
1.6 有关随机游动的极限分布	19
1.6.1 几个重要的极限	19
1.6.2 随机积分	25
1.6.3 最小二乘估计 $\hat{\rho}_T$ 的极限分布	28
1.6.4 t_T 统计量的极限分布	30
1.7 带常数项的随机游动	31
1.8 有关单位根过程的极限分布	37
1.9 时间序列的去势	47
1.10 近单位根过程	52
1.11 本章小结	55
习题	55

第 2 章 单位根过程的假设检验	57
2.1 简介	57
2.2 迪基—福勒(DF)检验法	59
2.2.1 情况一和情况二的 DF 检验法	60
2.2.2 情况三和情况四的 DF 检验法	69
2.2.3 迪基—福勒(DF)检验法小结	76
2.3 菲利普斯—配荣(PP)检验法	80
2.3.1 情况二的 PP 检验法	80
2.3.2 情况一和情况四的 PP 检验法	92
2.4 增广的迪基—福勒(ADF)检验法	94
2.4.1 P 阶自回归过程	94
2.4.2 情况二的 ADF 检验法	97
2.4.3 情况一和情况四的 ADF 检验法	110
2.5 本章小结	112
习题	113
第 3 章 多变量单位根过程	115
3.1 简介	115
3.2 多变量单位根过程的极限定理	115
3.3 含单位根的向量自回归过程	128
3.3.1 $VAR(P)$ 的表示形式	129
3.3.2 不带常数项的 $VAR(P)$	130
3.3.3 带常数项的 $VAR(P)$	137
3.4 伪回归	143
3.5 伪回归的纠正方法	155
3.6 本章小结	156
习题	157
第 4 章 同积过程的性质和表示形式	159

4.1 简介	159
4.2 同积过程的主要特征	161
4.3 同积过程的表示形式	165
4.3.1 误差修正形式	165
4.3.2 三角表示形式	167
4.3.3 同趋势表示形式	169
4.4 本章小结	171
习题	171

第5章 同积过程的参数估计和假设检验

——最小二乘法

5.1 同积向量的最小二乘估计	173
5.2 同积关系的规范化	179
5.3 多个同积向量	180
5.4 检验随机向量的同积性	185
5.5 同积向量的假设检验	209
5.6 对 u_{1t} 和 u_{2t} 的相关系数的纠正	218
5.7 充分改进的最小二乘估计	223
5.8 本章小结	230
习题	231

第6章 同积系统的最大似然方法

6.1 简介	233
6.2 同积过程与误差修正过程	234
6.3 典型相关	240
6.4 ECM 和集中的对数似然函数	247
6.5 最大似然估计和典型相关分析	251
6.6 参数矩阵 π 的最大似然估计	254

6.7	同积关系的假设检验	260
6.8	对同积向量的假设检验	266
6.9	对矩阵 α 的假设检验	270
6.10	本章小结	275
	习题	276
第7章	ARCH 模型	278
7.1	简介	278
7.2	自回归条件异方差过程(ARCH)的定义	280
7.3	ARCH 过程参数的最大似然估计	287
7.4	非正态的 ARCH(q)过程的最大似然估计	297
7.5	ARCH 模型的假设检验	299
7.6	广义的 ARCH 模型——GARCH 模型	302
7.6.1	GARCH(1,1)过程	306
7.6.2	GARCH 回归模型的参数估计	308
7.6.3	GARCH 模型的假设检验	311
7.7	ARCH 模型的其他推广形式	312
7.7.1	指数的 GARCH 模型(EGARCH)	312
7.7.2	向量的 GARCH 模型	315
7.7.3	ARCH-M 模型	316
7.8	ARCH 模型和随机微分方程	318
7.9	ARCH 过程的综合	321
7.10	本章小结	331
	习题	331
	参考文献	333
	附表	336
	索引	343

Contents

Preface	1
Chapter 1 Unit Root Processes	1
1.1 Introduction	1
1.2 Definitions of unit root processes	7
1.3 Wiener process	10
1.4 Functional central limit theorem	13
1.5 Continuous mapping theorem	16
1.6 Limiting distributions for random walk processes	19
1.6.1 Some important limits	19
1.6.2 Stochastic integration	25
1.6.3 Limiting distribution of OLS estimator $\hat{\rho}_T$	28
1.6.4 Limiting distribution of t_T statistic	30
1.7 Random walk with constant	31
1.8 Limiting distributions for unit root processes	37
1.9 De-trending of time series	47
1.10 Near unit root processes	52
1.11 Summary	55
Exercises	55

Chapter 2 Hypothesis Testing for Unit Root

Processes	57
2.1 Introduction	57
2.2 Dickey-Fuller (DF) tests	59
2.2.1 DF tests for case I and case II	60
2.2.2 DF tests for case III and case IV	69
2.2.3 A summary of Dickey-Fuller tests	76
2.3 Phillips-Perron (PP) tests	80
2.3.1 PP test for case II	80
2.3.2 PP tests for case I and case IV	92
2.4 Augmented Dickey-Fuller (ADF) tests	94
2.4.1 Autoregressive process of order P	94
2.4.2 ADF test for case II	97
2.4.3 ADF tests for case I and case IV	110
2.5 Summary	112
Exercises	113

Chapter 3 Multivariate Unit Root Processes

3.1 Introduction	115
3.2 Limiting theorems for multivariate unit root processes	115
3.3 Vector autoregressive processes with unit roots	128
3.3.1 Representation of VAR (P) processes	129
3.3.2 VAR (P) processes with no constant	130
3.3.3 VAR (P) processes with constant	137
3.4 Spurious regression	143
3.5 Correction of spurious regression	155
3.6 Summary	156

Exercises	157
-----------------	-----

Chapter 4 Characteristics and Representation of

Cointegrated Processes	159
4.1 Introduction	159
4.2 The main characteristics of cointegrated processes	161
4.3 Representation of cointegrated processes	165
4.3.1 Error correction representation	165
4.3.2 Triangular representation	167
4.3.3 Common trend representation	169
4.4 Summary	171
Exercises	171

Chapter 5 Parameter Estimation and Hypothesis Testing

for Cointegrated Processes; OLS Method	173
5.1 OLS estimation of cointegrating vector	173
5.2 Normalization of cointegration relationship ...	179
5.3 More than one cointegrating vectors	180
5.4 Testing for cointegration	185
5.5 Hypothesis testing for cointegrating vectors	209
5.6 Correcting the correlation between u_{1t} and u_{2t}	218
5.7 Fully modified OLS estimation	223
5.8 Summary	230
Exercises	231

Chapter 6 Maximum Likelihood Estimation for	
Cointegrated System	233
6.1 Introduction	233
6.2 Cointegrated processes and error correction models	234
6.3 Canonical correlation analysis	240
6.4 ECM and concentrated log-likelihood function	247
6.5 Maximum likelihood estimation and canonical analysis	251
6.6 Maximum likelihood estimation of parameter matrix π	254
6.7 Testing for cointegration	260
6.8 Hypothesis testing for cointegrating vectors	266
6.9 Hypothesis testing for matrix α	270
6.10 Summary	275
Exercises	276
 Chapter 7 ARCH Models	278
7.1 Introduction	278
7.2 Definitions of autoregressive conditional heteroskedasticity (ARCH) processes	280
7.3 Maximum likelihood estimation of ARCH processes	287
7.4 Maximum likelihood estimation of non-Gaussian ARCH (q) processes	297
7.5 Hypothesis testing for ARCH models	299

7.6	Generalized ARCH models: GARCH	
	models	302
7.6.1	GARCH (1,1) process	306
7.6.2	Parameter estimation of GARCH regression	
	models	308
7.6.3	Hypothesis testing for GARCH models	311
7.7	Other generalized ARCH models	312
7.7.1	Exponential GARCH (EGARCH) model	312
7.7.2	Vector GARCH model	315
7.7.3	ARCH-M model	316
7.8	ARCH model and stochastic differential	
	equation	318
7.9	Aggregation of ARCH processes	321
7.10	Summary	331
	Exercises	331
	References	333
	Statistical tables	336
	Index of subjects	343