



21 世纪高级经济学系列教材

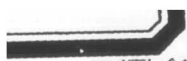
总主编 邹恒甫

计量经济学

张定胜 编著



全国优秀出版社
武汉大学出版社



国家“十五”重点图书

21世纪高级经济学系列教材

国家杰出青年科学基金研究成果

计量经济学

张定胜 编著



全国优秀出版社
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计量经济学/张定胜编著. —武汉:武汉大学出版社, 2005. 4
(21 世纪高级经济学系列教材)
ISBN 7-307-04533-8

I. 计… II. 张… III. 经济学 IV. F0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 033812 号

责任编辑:刘成奎

责任校对:王 建

版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:湖北省黄冈日报社印刷厂

开本:880×1230 1/32 印张:11 字数:298千字 插表:1

版次:2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷

ISBN 7-307-04533-8/F·914 定价:21.00元

版权所有,不得翻印;所购教材,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

序 言

中国经济的改革和开放已有二十多个春秋。在这些使中国人物质生活和精神意识产生剧烈变更的年月里,中国经济学的理论研究界已逐步接受当代经济学的主流。依我的偏见,中国经济改革的理论研究只不过是考察主流经济学框架里的一些特殊的制度约束和扭曲罢了。摆脱这些制度约束和扭曲而同时又不可避免地引入或多或少的新约束和扭曲则是许多杰出中国经济学家摸着石头过河的艰辛尝试。这过河的石头就是当代主流经济学。在这种渐进的演变中,市场化、公司化、股份化等政策措施不断在中国经济改革中激起轩然大波。但依当代经济学的基本常识,这些学术上波澜壮阔的景象仿佛是过眼烟云。回首二十多年,我们大有“也无风雨也无晴”之感:咳!当代经济学理论不早就说得清清楚楚了吗?!本来我们就应该如此实践。逍遥于中国经济实践之外的理论家尽可玩世不恭、潇洒超然。

如果实践中只能慢步到位,理论上大概

可以快步到位吧。说得好轻松！事态的发展似乎故意要与人开玩笑：二十年来当代主流经济学之引入中国本科生和研究生课堂的过程可谓蜗牛爬行。二十年前介绍西方经济学的概述仍是今日中国第一流大学的教材。虽然翻译、介绍、引进风起云涌，但国际上标准的教材却极少为教授们采用。岂不怪哉！更有甚者，教授们偏偏认为那些流行的主流经济学的研究生教材是空洞的理论、无用的数学模型和游戏、缺少实用价值。真是振振有词，掷地有声，大言不惭。

面对这种残酷的现实，如何使中国经济学教育与当代主流经济学接轨便成了许多人的梦想。既然有梦，就少不了幽灵。偶尔这些幽灵居然在中国大地上找到了栖息之所。而其中之一武汉大学经济科学高级研究中心（现已改为武汉大学高级研究中心）在1994年9月无声无息地诞生了。五年多来，最值得庆幸的是一批又一批的本科生和研究生在中心学习世界上第一流的经济学教材，阅读世界上第一流的经济学论文，并或多或少地吸收掌握世界上第一流的经济学学术成果。

本套《21世纪高级经济学系列教材》主要由武汉大学高级研究中心的青年教师编写。在多年的学习、教学和研究中，他们广泛参考国际上当代经济学的研究生教科书、专著和论文，编就了宏观经济学、微观经济学、计量经济学、国际经济学、金融经济学、信息经济学、产业经济学等众多领域的讲义。这些讲义在高级研究中心试用过多次，为本科生和研究生所接受。我们感到，中国的所有大专院校的经济学和管理学的本科生和研究生都应该学到这套教材里的基本知识。在此同时，同学们更应认真地攻读世界上第一流的论文、专著和教材。而执教的青年教师都应该熟知这套丛书里介绍的基本理论，并在各自的领域里弄懂弄通国际上流行的研究生学习材料。否则，难免在学业上误人子弟，在学术上愧为人师。

对许多同学来讲，学习这套丛书绝不会像看经济新闻或听经济学家辩论那样轻松自如。这也许是当代主流经济学被视为科学并有经济科学诺贝尔纪念奖的原因之一吧。为了顺利地弄懂这套丛书，还望同学们同时学习一些基本的微积分、线性代数、概率统计、线性

和非线性规划、动态优化、动态规划等应用数学课程。至于测度论、泛函分析、拓扑学、动力系统、随机过程等课程,同学们掌握得愈多愈好。现代经济学前沿的创新不外乎两个方面:一是思想,二是技巧。发现新的经济思想对我们芸芸众生来说也许是可望而不可及,而掌握并运用现有的数学技巧于经济学则是可望又可及的。

我深感我们这一代中国经济学研究者的缺陷,并期盼着在大学里学习的青年中产生出一批为理论而献身的学术大师。说到底,生命是有限的,理论之树常青。亚当·斯密、李嘉图、马歇尔、瓦尔拉斯、凯恩斯的生命都已逝去,惟独他们的理论还在今生(甚至来世)徘徊。

邵恒甫

2000年1月4日谨识于
武汉大学高级研究中心

前言

本书是一本中级水平的计量经济学教材,适合于本科高年级学生和一年级研究生使用。它比较系统地介绍了经典的计量经济学的主要内容,包括单方程线性回归模型、线性回归方程组、单方程非线性回归模型、同步方程模型以及常见的时间序列模型,详细地分析了这些模型,给出了常用的参数估计方法和统计推断方法。本书注重理论分析,只要把这些理论知识弄懂了,那么利用现成的计算机软件处理实际数据则是一件很简单的事情。

全书包括十五章,第一章到第三章是预备知识,主要介绍了在对经济计量模型进行分析的过程中要用到的数学知识,包括矩阵代数、概率和分布理论以及统计推断方法。掌握好这些知识对于学习计量经济学是至关重要的。第四章到第九章主要是介绍单方程线性回归模型。其中第四章到第六章给出了单方程线性回归模型中未知参数的最小二乘估计量和最大似然估计量以及这

些估计量的有限样本性质和大样本性质,同时还介绍了参数的区间估计和假设检验方法。第七章是正态线性统计模型的贝叶斯分析,按照贝叶斯推断理论,参数被看成是随机变量,它的概率分布有两种:第一种是在试验之前就已经知道的被称为先验分布(Prior Distribution),它可以通过对以往的关于参数的知识进行总结作一个主观判断得到;第二种是在试验之后得到的被称为后验分布(Posterior Distribution)。贝叶斯分析的关键是要找到参数的后验分布,利用这个后验分布,我们就可以给出参数的点估计量和区间估计量,进行假设检验。除了这一章以外,本书的其余各章的经济计量模型分析都属于样本理论范围,样本理论和贝叶斯理论的主要区别在于贝叶斯理论利用了先验信息。第八章介绍了一般化的线性统计模型,在这个模型里,随机扰动不再满足古典的假设,它们之间可能存在异方差性或自相关性,此时参数的最小二乘估计量不是一个有效的估计量,我们给出了一般化的最小二乘估计量。第九章介绍了虚变量和可变参数模型,这些模型是为了处理参数随着不同的样本观察值而改变的情形。第十章介绍了非线性回归模型,在这个模型里,参数的估计值一般需要利用数值解法得到。同时,我们还给出了如何利用经验数据来判断模型的线性性和非线性性。第十一章介绍了一般矩方法,在最近的经验分析中特别是在宏观经济学和金融学里多大量地使用一般矩方法(GMM)来估计未知参数。GMM估计量是一个非常一般的估计量,它包括几乎所有的我们讨论过的其他估计量。GMM估计技术是矩方法的一个直接推广。第十二章给出了几个处理既有时间序列数据又有截面数据的数据集的模型,它们是回归方程组,包括似不相关的回归模型、固定影响模型(使用虚变量合并时间序列数据和截面数据)和随机影响模型(用随机化截距参数来合并时间序列数据和截面数据)。第十三章介绍了同步方程模型,这个模型包含不止一个内生变量,结构方程也不止一个,如果仅仅利用单个方程用最小二乘法来估计其中的未知参数,所得到的估计量既是有偏的又是不有效的。一般的方法是把结构方程变换成简化式方程,对简化式方程运用最小二乘法得到简化参数的最小二乘估计量,然

后再利用结构参数和简化参数之间的关系得到结构参数的估计,这种估计思想被称为间接最小二乘法。但是这个第二步有时是不可行的,为此,我们需要对结构参数的估计进行识别。对同步方程模型中的参数进行估计的方法可分为有限信息法和完全信息法,有限信息法只利用了模型的有限信息,它包括间接最小二乘法、一般化的最小二乘法(两阶段最小二乘法是它的特例)和有限信息的最大似然估计法。完全信息法包括三阶段最小二乘法和完全信息的最大似然估计法。第十四章和第十五章主要介绍了一些时间序列模型。

现代计量经济学的理论和应用都发展得飞快,要想在一本书里包容所有的内容是不可能的。有很多经济计量专题没有被收入到本书中,在弄懂本书的基础上,读者可参看其他的计量经济学教材了解这些专题内容,同时还可阅读计量经济学的有关杂志,关注计量经济学的理论和应用的最新动态。

处理计量经济模型的计算机软件有很多,一般来说,每个软件都包含有处理各种不同模型的程序,用起来很方便。有些软件还可直接在互联网上免费下载。

作者感谢武汉大学经济科学高级研究中心(现已改名为武汉大学高级研究中心)的邹恒甫教授和黄训腾老师的无私帮助,是他们两人把我带到现代经济学的殿堂,并多年来一直不断的鼓励和帮助我。

作者感谢澳大利亚社会科学学院院士、澳大利亚莫纳什大学经济系教授、哈佛大学国际发展中心访问教授杨小凯的鼓励和帮助,杨老师广博的知识和踏实做学问的精神深深地影响和感染着我,使得我不断地向上奋进。

作者还要感谢我的妻子方昉和女儿张兰,是她们为我创造了良好的工作和学习环境,使得我能够顺利完成本书的写作。

最后,作者对给予我关怀和帮助的武汉大学高级研究中心的全体老师和同学一并表示感谢!

张定胜

2000年3月

目 录

前 言	1
第一章 矩阵代数	1
1.1 矩阵的运算	1
1.2 矩阵的秩	4
1.3 矩阵的逆	5
1.4 克罗勒克乘积	6
1.5 特征根和特征向量	7
1.6 矩阵的迹	8
1.7 矩阵的二次型	9
1.8 微分	10
练习	11
第二章 概率和分布理论	12
2.1 随机试验、样本空间和 事件	12
2.2 概率	13
2.3 贝叶斯规则	15
2.4 随机变量和概率分布	16
2.5 数学期望	26
2.6 一些常用的分布	31

2.6.1 贝努利分布	31
2.6.2 二项式分布	32
2.6.3 多项式分布	32
2.6.4 格玛分布	33
2.6.5 正态分布	34
2.6.6 二元正态分布	34
2.6.7 多元正态分布	35
2.6.8 χ^2 分布, t 分布和 F 分布	37
2.6.9 多元正态分布的二次型的分布	37
练习	38
第三章 统计推断:估计和假设检验	41
3.1 点估计方法	41
3.1.1 矩方法	43
3.1.2 最大似然估计法	43
3.1.3 最小二乘估计法	46
3.2 点估计量的性质	47
3.2.1 估计量的小样本性质:单参数情形	48
3.2.2 估计量的小样本性质:多个参数情形	52
3.2.3 估计量的性质:大样本结果	57
3.3 区间估计	61
3.4 假设检验	63
3.4.1 统计检验的基本思想	64
3.4.2 似然比检验	66
3.4.3 渐近检验	69
练习	72
第四章 线性回归模型	74
4.1 线性模型	74
4.2 最小二乘回归	79

4.3	最小二乘估计量的有限样本性质	87
4.4	估计标量参数 σ^2 和 b 的协方差矩阵	91
4.5	约束的最小二乘估计	92
4.6	预测和解释度	93
	练习	97
第五章	正态线性统计模型	99
5.1	最大似然估计	99
5.2	区间估计	104
5.2.1	参数 β 的某个线性组合的区间估计	104
5.2.2	参数 β 的两个或更多个线性组合的联合区域估计	106
5.2.3	σ^2 的区间估计	108
5.2.4	预测区间	108
5.3	假设检验	110
	练习	115
第六章	古典线性回归模型的大样本结果	116
6.1	最小二乘估计量的有限样本性质	117
6.2	最小二乘估计量的相合性	118
6.3	最小二乘估计量的渐近正态性	121
6.4	b 的函数的渐近分布——Delta 方法	125
6.5	标准检验统计量的渐近行为	126
6.6	随机回归下的渐近结果	129
6.7	工具变量估计	131
6.8	正态线性统计模型的渐近结果	135
第七章	正态线性统计模型的贝叶斯分析	138
7.1	一个简单的模型	140
7.1.1	有先验信息的贝叶斯推断	141
7.1.2	没有先验信息的贝叶斯推断	144

7.2 已知随机扰动方差的线性统计模型的贝叶斯分析	146
7.2.1 有先验信息的后验分布	146
7.2.2 没有先验信息的后验分布	148
7.3 一个例子	149
7.4 点估计	153
7.4.1 后验均值作为一个点估计	153
7.4.2 经验的贝叶斯估计	154
7.5 假设检验	158
7.6 未知随机扰动方差的线性统计模型的贝叶斯分析	163
7.6.1 β 和 σ 的联合先验信息	163
7.6.2 β 和 σ 的联合后验密度函数	164
7.6.3 没有先验信息条件下的后验分布	167
练习	167
第八章 一般化的线性回归模型	169
8.1 最小二乘估计量的有关结果	170
8.2 有效的估计	172
8.2.1 一般化的最小二乘(GLS)	172
8.2.2 最大似然估计	174
8.3 Ω 未知时的估计	175
8.3.1 可行的一般化的最小二乘(FGLS)	175
8.3.2 最大似然估计	176
8.4 异方差	179
8.4.1 检验异方差性	180
8.4.2 估计参数	181
8.5 自相关扰动	185
8.5.1 自相关性的检验	187
8.5.2 估计	190

练习	191
第九章 虚变量和可变参数模型	195
9.1 使用虚变量进行估计	195
9.1.1 截距参数不同	196
9.1.2 截距参数和某些斜率参数不同	200
9.1.3 截距和所有的斜率参数都不同	201
9.1.4 两个或更多个虚变量	202
9.2 检验回归模型的结构稳定性	203
9.3 Hidreth-Houck 随机系数模型	205
练习	206
第十章 非线性回归模型	208
10.1 非线性回归模型	208
10.1.1 线性化回归	209
10.1.2 非线性最小二乘估计量的渐近性质	210
10.1.3 非线性最小二乘估计量的计算	211
10.1.4 非线性工具变量估计	214
10.2 函数形式——Box-Cox 变换	215
10.3 假设检验和参数约束	221
10.3.1 一个渐近 F 检验	222
10.3.2 沃尔德检验	222
10.3.3 似然比检验	222
10.3.4 拉格朗日乘子检验	223
练习	224
第十一章 一般矩估计方法(GMM)	226
11.1 矩方法估计量	226
11.2 一般矩方法(GMM)	229
11.3 经济计量模型的 GMM 估计	233

第十二章 回归方程组	236
12.1 似不相关回归方程组	237
12.1.1 一般化模型的设定	239
12.1.2 GLS 估计	240
12.1.3 FGLS 估计(可行的一般化的最小二乘估计)	242
12.1.4 约束 SUR 估计量	243
12.1.5 假设检验	243
12.1.6 一个例子	245
12.2 使用虚变量合并时间序列数据和截面数据	248
12.2.1 参数估计	249
12.2.2 检验虚变量系数	251
12.2.3 一个例子	252
12.3 随机化截距参数来合并时间序列数据 和截面数据	254
12.3.1 GLS 估计	256
12.3.2 FGLS 估计	257
12.3.3 假设检验	259
练习	259
第十三章 同步方程模型	261
13.1 抽样模型的设定	262
13.2 识别问题	267
13.2.1 最小二乘偏倚	267
13.2.2 简化型参数的估计	268
13.2.3 间接最小二乘法	270
13.2.4 一个例子	271
13.2.5 一个结构方程的识别	274
13.3 单方程估计——有限信息方法	277
13.3.1 间接最小二乘估计	277
13.3.2 一般化的最小二乘估计	279

13.3.3 两阶段最小二乘(2SLS)估计	282
13.3.4 有限信息的最大似然估计	283
13.4 参数估计——完全信息方法	284
13.4.1 三阶段最小二乘(3SLS)估计	284
13.4.2 完全信息的最大似然估计	289
练习	290
 第十四章 时间序列分析	293
14.1 基本概念	293
14.2 移动平均过程	295
14.3 自回归过程	299
14.4 ARIMA 模型	303
14.5 GARCH 模型	305
练习	308
 第十五章 有滞后变量的回归	309
15.1 无约束的分布滞后模型	310
15.2 多项式滞后模型	311
15.3 几何滞后模型	312
15.4 动态回归模型	316
15.5 向量自回归过程	317
练习	320
 参考文献	322
附录	325

第一章

矩阵代数

在本章里我们介绍学习计量经济学所必须具备的一些有关矩阵代数的知识,包括矩阵的运算、矩阵的秩、矩阵的逆、矩阵的迹和特征根。我们将介绍一些常用技巧和结果,这对于学习计量经济学是必需的。

1.1 矩阵的运算

一个矩阵是数的矩形状的排列,一般用大写字母表示,可以记为

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1K} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2K} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nK} \end{bmatrix}$$

这是一个 n 行 K 列的矩阵,它的每一行是一个行向量,每一列是一个列向量。如果 $n = K$,那么 A 是一个方阵。对于一个方阵而言,如果它的元素满足 $a_{ij} = a_{ji}$,我们说它是一个对称矩阵。如果除对角线上的元素外其