

当代经济学教科书译丛

• JAMES D. HAMILTON

TIME SERIES ANALYSIS

时间序列分析

(美)詹姆斯 D. 汉密尔顿 著

刘明志 译 李学校 靳云汇 主审

当代经济学教科书译丛

• JAMES D. HAMILTON
TIME SERIES
ANALYSIS
时间序列分析

(美)詹姆斯 D. 汉密尔顿 著
刘明志 译 李学校 靳云汇 主审

中国社会科学出版社

图字:01-98-0024

图书在版编目(CIP)数据

时间序列分析/(美)汉密尔顿著;靳云汇等译.一北京:

中国社会科学出版社,1999.12

(当代经济学教科书译丛)

书名原文:Time Series Analysis

ISBN 7-5004-2273-3

I.时… II.①汉… ②靳… III.时间序列分析 IV.0211.61

中国版本图书馆CIP数据核字(1998)第11101号

Copyright© 1994 by James D. Hamilton

©1997 中文简体字版专有权属中国社会科学出版社

Published by arrangement with

Princeton University Press

责任编辑 张红 陈旭明

责任校对 林福国

封面设计 毛国宣

版式设计 郑以京

出版发行 **中国社会科学出版社**
(北京鼓楼西大街甲158号)

邮 编 100720

经 销 新华书店

印 刷 北京新魏印刷厂

版 次 1999年12月第1版、1999年12月第1次印刷

开 本 787×1092毫米 1/16 印张 63.125 插页 2

字 数 1 088千字

印 数 1—2 000册

定 价 92.00元

ISBN 7-5004-2273-3/F·4 15

“汉密尔顿的著作是非常出色的。本书不仅提供了关于时间序列专题的晓畅的处理，而且非常关心现代宏观经济和金融理论。正如其他同题材的著作一样，本书包括了向量自回归、广义矩方法、自回归条件异方差以及单位根的内容。本书不仅对于研究生用作时间序列的教材，而且对于掌握了计量经济学基本知识的人作为参考书都是非常适用的。”

威斯康星大学 肯尼思 D. 韦斯特

“本书可作为学习时间序列计量经济学的教材。……它非常详细，经过精心组织，并且非常晓畅。本书成功地超越了同行的水平。相信全美的著名大学都将使用它。……它是一个赢家。”

西北大学 马克·沃森

“本书是一个非常重要的贡献。它是惟一一部涵盖了实证宏观经济学领域诸时间序列分析工具的著作。这是一本极其重要的著作。其目的是为经济学专业的博士生提供一本权威的实用的教科书。”

芝加哥大学 约翰 H. 考克

当代经济学教科书译丛

编 委 会

顾问

陈岱孙(北京大学教授,1926年获哈佛大学哲学博士)
肯尼斯·阿罗(美国斯坦福大学教授,1972年诺贝尔经济学奖获得者)

主编

晏智杰(北京大学经济学院院长、教授,博士生导师)
钱颖一(美国斯坦福大学教授,1990年获哈佛大学经济学博士)

执行编委

罗 涛 苏 剑 叶南奇 张 红

序 言

最近 20 年来,中国经历了剧烈的社会和经济变迁,而且可以预期,还会沿着邓小平理论指引的方向继续前进。这种变迁呼唤着适当的经济理论来提供某种指导——中国的发展和改革需要经济学理论的创新。在创新过程中,无疑需要借鉴西方经济学。同样,西方经济学的发展也越来越需要更为广阔的经济视野,需要从更为多样化的经济实践中吸取营养。于是,西方经济学界越来越多的有识之士把目光转向了原来实行计划经济的国家,这些国家的苦恼、阵痛、期望和奋斗历程都可能成为经济学进一步发展的契机,都可能为经济学的发展提供新的素材、新的视角、新的思路、新的方法。而在原计划经济国家中,中国是惟一保持转轨与发展并行不悖的国家。这使东西方的许多经济学家感到振奋。

为了深化我们对中国经济及其改革过程的理解,从而为我国的经济建设提供切实可行的指导,为经济学的发展提供新的素材和新的视角,加强中国与西方经济学的交流和沟通就成为必不可少的了。为此,北京大学和斯坦福大学两个经济学院的有关教学和研究人员准备全面系统地向中国介绍西方经济学的最新研究成果和研究方法,主要是把西方一流经济学院系正在使用的最新、最好的经济学教材译介到中国来。

这套丛书有如下特点。第一,层次高。本丛书所选书目均为中高级教材。第二,内容新。所选书目均为美国最近几年出版的教材,体现了西方经济学的最新研究成果与水准。第三,题材广泛且具有系统性。大凡当代经济学的各个领域,从基础理论到各专门学科,从理论、历史到方法,本译丛均有涉及。第四,选材权威。本译丛所选书目均经北京大学和斯坦福大学有关经济学家严格挑选,都是美国经济学教材中的优秀之作,均出自美国著名经济学家之手,并在美国名牌大学经济学系广为使用。

这套《当代经济学教科书译丛》包括高级和中级两个系列。高级系列覆盖了西方经济学的各个基础领域,包括宏观经济学、微观经济学、经济计量

2 时间序列分析

学、对策论、经济史和经济思想史等,入选各书均为目前西方一流经济学院系所用的最新最好的研究生教材。我们希望这套书能对读者了解当代西方经济学的现状和未来发展方向有所帮助,也希望对理解中国经济、从而为中国的经济改革有所裨益。

前 言

经济学的很多内容与动态建模有关。在过去的 10 年里,这一领域有了巨大进展,以致于“时间序列计量经济学”实际上已经成了“实证宏观经济学”的同义语。

已有许多教材很好地涵盖了动态系统经济分析的进展,但同时也有部分教材只总结了时间数列数据的统计推断的早期成果。写一本新的教材,将理论方法和经验方法兼收并蓄,同时将上一个 10 年里的许多新进展,如向量自回归、广义矩方法估计、非平稳数据的统计推断等吸收进来,看来很有必要。这也就是这本《时间序列分析》的目标。

本书的主要目的是用于研究生时间序列分析课程的教材。本书作模块式安排以求最大限度的灵活性,例如第 13 章关于卡尔曼滤波子的前三节可视需要安排在第 4 章之后。另外,跳过第 13 章也不影响阅读。除上述灵活性之外,状态空间思想作为一个模块被安排在全书开始的第 1 章,这里介绍状态空间表示不含任何专业术语和表达式的目的在于引出与差分方程有关的几个关键结果。这样,当读者在第 13 章遇到正式展开的状态空间框架和卡尔曼滤波子时,其含义和主要思想都已相当熟悉了。

谱分析(第 6 章)是读者可以选用或跳过的另一个专题。这里,该模块的结构是由开始的引论以及自协方差生成函数和滤波子的应用构成的,结果尽可能使用上述形式而避免用谱的形式表达。

尽管本书从指导思想上是为计量经济学的时间序列方法设计的,但该书同时还有其他用途。本书自成体系,它以一年级研究生应有知识为基础,而且还包括涉及面很广的数学附录。因此,本书亦适合不开计量经济学课程的一年级研究生学习宏观经济学或动态经济学之用。这样的课程可包括第 1、2 章,第 3.1—3.5 节,以及第 4.1—4.2 节。

同时,本书亦可用于传统的经济计量学课程而不专门讨论时间序列。通行的经济计量学教材一般不包括下列内容,如数值方法、序列相关的渐近

结果、非纯一分布的观察值、含滞后分布的估计、自协相关和异方差一致标准差、贝叶斯分析、广义矩方法。所有这些内容在《时间序列分析》中都进行了深入讨论。这样不专门讨论时间序列的经济计量学课程可以使用本书的第3.1—3.5节,第7—9章,第14章,也可同时采用第5、11、12章。前面已谈到,本节是自成体系的,它在第9章中完整地叙述了传统的联立方程。事实上,本书的一个重要目标就是将下面两部分内容平行展开:(1)传统的关于联立方程的经济计量方法;(2)目前流行的向量自回归方法和广义矩方法估计。

本书试图引发读者就本书论及的各种方法进行严格思考,同时又使本书适于仅有应用兴趣的研究者参阅。为此,本书将一些推导细节安排到各章的数学附录里,同时引进一些如何恰当运用理论结果解决实际问题的数学例子。

本书由我在弗吉尼亚大学的讲义写成。我要首先而且要特别感谢我的学生们,他们数年的提问和评论形成了该书草稿的主要思路。同时对提供了很多有益建议的众多同事,亦满怀感激之情,这里要特别提到以下各位:

Donald W. K. Andrews, Stephen R. Blough, John Cochrane, George Davis, Michael Dotsey, Robert Engle, T. Wake Epps, Marjorie Flavin, John Geweke, Eric Ghysels, Carlo Giannini, Clive W. J. Granger, Alastair Hall, Bruce E. Hansen, Kevin Hassett, Tomoo Inoue, Ravi Jagannathan, Kenneth F. Kroner, Rocco Mosconi, Masao Ogaki, Adrian Pagan, Peter C. B. Phillips, Peter Rappoport, Glenn Rudebusch, Raul Susmel, Mark Watson, Kenneth D. West, Halbert White, Jeffrey M. Wooldridge.

这里,我还要感谢 Pok-sang Lam 和 John Rogers 非常大度地让我分享他们的资料,还要感谢 Keith Sill 和 Christopher Stomberg 在制图方面的帮助,感谢 Rita Chen 在附录 B 中统计表部分所给予的帮助,而且还感谢 Richard Mickey 为本书的编辑付出的辛勤劳动。

詹姆斯·D. 汉密尔顿

目 录

前言	(1)
1 差分方程	(1)
1.1 一阶差分方程	(1)
1.2 p 阶差分方程	(6)
附录 1.A 第一章命题的证明	(23)
参考文献	(28)
2 滞后算子	(29)
2.1 引言	(29)
2.2 一阶差分方程	(32)
2.3 二阶差分方程	(34)
2.4 p 阶差分方程	(38)
2.5 初始条件和无界序列	(42)
参考文献	(48)
3 平稳 ARMA 过程	(49)
3.1 预期、平稳性和遍历性	(49)
3.2 白噪声	(54)
3.3 移动平均过程	(55)
3.4 自回归过程	(60)
3.5 自回归综合移动平均过程 ARMA	(68)
3.6 自协方差生成函数	(70)
3.7 可逆性	(73)
附录 3.A 无限阶移动平均过程的收敛结果	(78)
第 3 章练习	(80)
参考文献	(82)
4 预测	(83)

2 时间序列分析

4.1	预测原理	(83)
4.2	基于无限个观察值的预测	(89)
4.3	基于有限个观察值的预测	(98)
4.4	正定对称矩阵的三角形分解	(101)
4.5	校正线性投影	(107)
4.6	高斯过程的最优预测	(117)
4.7	ARMA 过程之和	(120)
4.8	沃尔德分解和博克斯—詹金斯建模思想	(127)
	附录 4.A OLS 回归和线性投影的对应	(132)
	附录 4.B MA(1)过程的协方差矩阵的三角形分解	(134)
	第 4 章练习	(135)
	参考文献	(136)
5	最大似然估计	(137)
5.1	引言	(137)
5.2	高斯 AR(1)过程的似然函数	(138)
5.3	高斯 AR(p)过程的似然函数	(145)
5.4	高斯 MA(1)过程的似然函数	(150)
5.5	高斯 MA(q)过程的似然函数	(153)
5.6	高斯 ARMA(p, q)过程的似然函数	(156)
5.7	数值最大化	(157)
5.8	最大似然估计的统计推断	(168)
5.9	不等式限制	(171)
	附录 5.A 第 5 章定理的证明	(174)
	第 5 章练习	(176)
	参考文献	(177)
6	谱分析	(179)
6.1	总体谱	(180)
6.2	样本周期图	(185)
6.3	估计总体谱	(192)
6.4	谱分析的应用	(196)
	附录 6.A 第 6 章定理的证明	(202)
	第 6 章练习	(209)
	参考文献	(209)
7	渐近分布理论	(211)

7.1	渐近分布理论复习	(211)
7.2	关于序列相关观察值的极限定理	(218)
	附录 7.A 第 7 章定理的证明	(229)
	第 7 章练习	(234)
	参考文献	(235)
8	线性回归模型	(236)
8.1	有确定性回归变量和 i.i.d. 高斯扰动项的普通最小二乘估计 回顾	(236)
8.2	更一般条件下的普通最小二乘估计	(245)
8.3	广义最小二乘法	(259)
	附录 8.A 第 8 章定理的证明	(269)
	第 8 章练习	(273)
	参考文献	(274)
9	线性联立方程系统	(277)
9.1	联立方程偏倚	(277)
9.2	工具变量和二阶段最小二乘法	(282)
9.3	识别	(288)
9.4	完全信息最大似然估计	(293)
9.5	基于简化式的估计	(296)
9.6	联立方程偏倚总结	(298)
	附录 9.A 第 9 章定理的证明	(299)
	第 9 章练习	(303)
	参考文献	(303)
10	协方差—平稳向量过程	(305)
10.1	向量自回归导论	(305)
10.2	向量过程的自协方差和收敛结果	(310)
10.3	向量过程的自协方差生成函数	(315)
10.4	向量过程的谱	(318)
10.5	向量过程的样本均值	(329)
	附录 10.A 第 10 章定理的证明	(336)
	第 10 章练习	(343)
	参考文献	(344)
11	向量自回归	(345)
11.1	非限制性向量自回归的最大似然估计和假设检验	(345)

11.2	二元格兰杰因果关系检验	(358)
11.3	限制性向量自回归的最大似然估计	(366)
11.4	脉冲—响应函数	(378)
11.5	方差分解	(384)
11.6	向量自回归和结构式经济计量模型	(385)
11.7	脉冲—响应函数的标准差	(398)
	附录 11.A 第 11 章定理的证明	(402)
	附录 11.B 解析导数的计算	(409)
	第 11 章练习	(414)
	参考文献	(416)
12	贝叶斯分析	(419)
12.1	贝叶斯分析引论	(419)
12.2	向量自回归的贝叶斯分析	(430)
12.3	数值贝叶斯分析方法	(432)
	附录 12.A 第 12 章定理的证明	(436)
	第 12 章练习	(443)
	参考文献	(443)
13	卡尔曼滤子	(446)
13.1	动态系统的状态空间表示	(446)
13.2	卡尔曼滤子的推导	(453)
13.3	基于状态空间表示的预测	(458)
13.4	参数的最大似然估计	(463)
13.5	稳定状态卡尔曼滤子	(468)
13.6	平滑	(474)
13.7	卡尔曼滤子的统计推断	(477)
13.8	随时间变化的参数	(479)
	附录 13.A 第 13 章定理的证明	(484)
	第 13 章练习	(490)
	参考文献	(491)
14	广义矩方法	(494)
14.1	广义矩方法估计	(494)
14.2	例子	(502)
14.3	扩展	(513)
14.4	GMM 和最大似然估计	(516)

附录 14.A 第 14 章定理的证明	(521)
第 14 章练习	(523)
参考文献	(524)
15 非平稳时间序列模型	(528)
15.1 引言	(528)
15.2 为何是线性时间趋势和单位根?	(531)
15.3 趋势平稳和单位根过程的比较	(532)
15.4 单位根检验的意义	(538)
15.5 趋势时间序列的其他方法	(542)
附录 15.A 第 15 章中几个方程的推导	(546)
参考文献	(547)
16 含确定性时间趋势的过程	(550)
16.1 简单时间趋势模型的 <i>OLS</i> 估计的渐近分布	(550)
16.2 简单时间趋势模型的假设检验	(558)
16.3 在一个确定性时间趋势附近的一个自回归过程的渐近推断	(561)
附录 16.A 第 16 章中几个方程的推导	(572)
第 16 章练习	(575)
参考文献	(575)
17 含单位根的单元过程	(576)
17.1 引论	(576)
17.2 布朗运动	(579)
17.3 函数形式中心极限定理	(581)
17.4 真实系数为一时一阶自回归的渐近性质	(589)
17.5 含一般序列相关的单位根过程的渐近结果	(609)
17.6 菲利普斯—佩龙单位根检验	(613)
17.7 p 阶自回归的性质和扩大的迪基—富勒单位根检验	(625)
17.8 其他检验单位根的方法	(641)
17.9 贝叶斯分析和单位根	(643)
附录 17.A 第 17 章定理的证明	(645)
第 17 章练习	(650)
参考文献	(656)
18 多元时间序列的单位根	(661)
18.1 非平稳向量过程的渐近结果	(661)

18.2	含单位根的向量自回归	(666)
18.3	伪回归	(677)
	附录 18.A 第 18 章定理的证明	(683)
	第 18 章练习	(690)
	参考文献	(692)
19	共积	(694)
19.1	引言	(694)
19.2	无共积零假设的检验	(707)
19.3	关于共积向量的假设检验	(729)
	附录 19.A 第 19 章定理的证明	(750)
	第 19 章练习	(760)
	参考文献	(763)
20	共积系统的完全信息最大似然分析	(767)
20.1	典型相关	(768)
20.2	最大似然估计	(774)
20.3	假设检验	(785)
20.4	单位根概览——要差分还是不要差分?	(792)
	附录 20.A 第 20 章定理的证明	(794)
	第 20 章练习	(796)
	参考文献	(797)
21	异方差时间序列模型	(799)
21.1	自回归的条件异方差 (ARCH)	(799)
21.2	扩展	(808)
	附录 21.A 第 21 章几个方程的推导	(817)
	参考文献	(819)
22	含体制变化的时间序列建模	(824)
22.1	引言	(824)
22.2	马尔可夫链	(826)
22.3	i. i. d. 混合分布的统计分析	(834)
22.4	含体制变化的时间序列模型	(838)
	附录 22.A 第 22 章几个方程的推导	(849)
	第 22 章练习	(853)
	参考文献	(854)
A	数学回顾	(856)

A.1 三角学	(856)
A.2 复数	(860)
A.3 微积分	(863)
A.4 矩阵代数	(874)
A.5 概率和统计	(896)
参考文献	(909)
B 统计表	(911)
C 精选练习答案	(929)
D 本书用到的希腊字母和数学符号	(953)
人名索引	(957)
关键词索引	(969)
译后记	(999)

差分方程

1.1 一阶差分方程

本书研究随时间而发生的事件的结果。例如,我们研究一个变量,它在 t 期的值记做 y_t 。假定我们给出关于 t 期的 y 与同期的另一个变量 w 和前一期的 y 之间的动态方程:

$$y_t = \phi y_{t-1} + w_t. \quad (1.1.1)$$

方程(1.1.1)是一个一阶线性差分方程。差分方程就是关于一个变量与它的前期值之间关系的表示。这是一个一阶差分方程,因为方程中仅出现了一阶滞后变量 y_{t-1} 。注意到上式, y_t 是 y_{t-1} 和 w_t 的线性函数。

(1.1.1)的一个例子是戈德费尔德(1973)估计的美国货币需求函数。戈德费尔德的模型是公众持有真实货币的对数(m_t)关于总真实收入的对数(I_t)、银行账户利率的对数(r_{bt})和商业票据利率的对数(r_{ct})的函数:

$$m_t = 0.27 + 0.72 m_{t-1} + 0.19 I_t - 0.045 r_{bt} - 0.019 r_{ct}. \quad (1.1.2)$$

这是(1.1.1)的一个特例,这里 $y_t = m_t$, $\phi = 0.72$, 且

$$w_t = 0.27 + 0.19 I_t - 0.045 r_{bt} - 0.019 r_{ct}$$

为了分析这一系统的动态性质,以 w_t 表示变量(I_t , r_{bt} 和 r_{ct})的总效果,这样可将上式的代数形式略微简化一下。

在第3章中,输入变量 w_t 被视作随机变量,研究(1.1.1)中输出变量 y_t 的统计性质的含义。作为这一讨论的准备,有必要首先了解差分方程的技巧。在第1和第2章的讨论中,输入变量 $\{w_1, w_2, \dots\}$ 将简单