

新世纪高校计量经济学教材译丛

计量经济学

贝叶斯推断引论

阿诺德·泽尔纳 著
(Arnold Zellner)

张尧庭 译
蒋传海 沈根祥 校



An Introduction to Bayesian Inference
in Econometrics

上海财经大学出版社

新世纪高校计量经济学教材译丛

计量经济学 贝叶斯推断引论

阿诺德·泽尔纳 著
(Arnold Zellner)

张尧庭 译
蒋传海 沈根祥 校



上海财经大学出版社
Shanghai University
of Finance & Economics Press

图书在版编目(CIP)数据

计量经济学贝叶斯推断引论/(美)阿诺德·泽尔纳
(Arnold Zellner)著;张尧庭译;蒋传海,沈根祥校.—上
海:上海财经大学出版社,2005.7

(新世纪高校计量经济学教材译丛)

书名原文:An Introduction to Bayesian Inference in
Econometrics

ISBN 7-81098-384-9/F·342

I. 计... II. ①阿... ②张... ③蒋... ④沈... III. 贝
叶斯推断—计量经济学—高等学校—教材 IV. F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 059550 号

- 策 划 袁 敏
- 责任编辑 袁 敏
- 封面设计 未 名
- 版式设计 孙国义

JILIANG JINGJIXUE BEIYESI TUIDUAN YINLUN

计量经济学贝叶斯推断引论

阿诺德·泽尔纳 著
(Arnold Zellner)

张尧庭 译

蒋传海 沈根祥 校

上海财经大学出版社出版发行

(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海第二教育学院印刷厂印刷

上海浦东东北联装订厂装订

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

787 mm×960 mm 1/16 25.25 印张 537 千字

印数:0001—4000 定价:51.00 元

中文版序

我很高兴得知张尧庭教授决定将我的书翻译成中文，因为我知道他在中国是一位很有影响的计量经济学家。从最近对他及其同事们的访问以及他的许多出版物中了解到，张教授对计量经济学无论是在理论方面还是在应用方面都有着精深的知识和精湛的鉴赏能力。因此，他翻译我的书并添加一些材料会使它更适宜于中国的学者和学生，并使它更加有用。

由于贝叶斯计量经济学和贝叶斯统计已经在世界上被广泛地运用于许多领域，并在估计、检验、预测、模型选择、决策等领域产生了很多有价值的结果，因此能有一个译本是一件幸事。希望我的书会引导许多华人进入贝叶斯方法的本质，并将有助于那些想用它解决统计和计量经济学问题的读者。在写作本书时，我试图使每件事尽可能简单，并给出所有结果直接的数学推导，使得本书的内容容易被人读懂并理解。其次，我比较了许多问题的贝叶斯和非贝叶斯解，这种比较的方法十分有益于贝叶斯方法的改进，近年来贝叶斯计量经济学方面和统计方面出版的文章和书籍如此迅速增长也说明了这一点。实际上，有的人已经宣告在计量经济学和统计领域我们已经进入了一个贝叶斯的时代。

2 ◀ 计量经济学贝叶斯推断引论

我希望中国的学者和学生能从张教授对我这本书的译本中受益,并能发现本书在他们的应用和理论研究中是有用的。衷心希望译本出版成功,并希望张教授在他现在和将来的贝叶斯著作、研究和教学中获得成功。

阿诺德·泽尔纳

序 言

本书的目的是向读者提供计量经济学中贝叶斯推断的介绍。在第一章中,尽量使计量经济学中的推断问题与科学中的一般性推断问题相关,并指明贝叶斯方法是如何来处理科学推断中的一般性问题的。

在第二章中,列出了在贝叶斯方法中用于推断的一些基本概念和运算,并进行了讨论,还以此分析了一些简单而重要的问题。第三章~第九章专注于计量经济学研究中常会遇到的几个模型,并对它们做了贝叶斯分析,主要是在估计方面。还对许多贝叶斯的结论和抽样理论进行了比较。在第十章中,处理了假设检验问题和假设的比较,在第十一章中,分析了几个与回归和其他过程相关的控制问题。在第十二章中,我陈述了一些结论性的看法。附录 A 和附录 B 给出了许多重要的一元分布和多元分布性质的简要介绍。附录 C 扼要地叙述了一元数值积分和二元数值积分的方法。

我尽量使本书中的分析与记号尽可能的简明。当然,我假定读者对概率论、微积分、矩阵代数的基本概念和运算是熟知的。关于计量经济学和统计学所需要的基础大致是 A. S. 戈德伯格(A. S. Goldberger)的《计量经济学理论》(*Econometric Theory*)¹ 这本教材的水平,以便理解涉及到的计量经济学

中的有关随机模型,并对贝叶斯和抽样理论结果进行比较。

本书的内容若干年来一直在芝加哥大学为经济专业和商学院的研究生开设的“计量经济学中的贝叶斯推断”这一课程中使用。从我教授这门课的经验中发现,学生不仅能够熟悉贝叶斯方法的技巧,而且对于抽样理论和贝叶斯方法以及用什么标准来评价不同的推断体系都获得了很清晰的理解。这样,在教学过程中,我深深体会了林德利(Lindley)关于贝叶斯学派和传统学派的论述:“方法上互相补充,联合起来比依靠任何一种方法能够更透彻、更好地理解统计学。”²

在教授计量经济学中的贝叶斯推断时,第一章的材料是引导学生进入哲学和科学方法论的一些基本主题的基础。希望它能成为经济学和计量经济学中有关哲学和方法论的一些主题的向导。这一章的内容及其最后的问题,是用来鼓励学生去思考科学及科学方法的基础和本质,使他们对经济学和计量经济学的研究有一个更好的理解。

第二章介绍了贝叶斯分析的基本概念和原理,这是通过一些简单但又非常重要的应用来论述的。由于以后各章的绝大部分都涉及到第二章的概念和原理的应用,因此,学生必须对第二章的内容要很熟练。也许第二章中最困难的是数据分析中先验信息的本质和作用,以及怎样用概率密度函数来表示先验信息。需要仔细、透彻地讨论这些论题。

第三章~第九章基本上是技术性的,是把第二章的原理用于许多在经济学和计量经济学中遇到的模型上。而在这些分析中所用的贝叶斯原理是一样的,尽管每个问题都有其特有的性质。熟悉了这些技术特性后,学生们就被导向许多分布和运算,这在许多不同情况下都是有价值的。还要说的是,所分析的问题和应用都涉及现今计量经济学研究的内容。在处理某些问题时,学生需要运用数值积分的计算程序,这些程序通常是在计算中心使用的,或者很容易编写。³对于一系列应用问题,使用数值积分程序的经验在处理分析中是非常有价值的。

第十章讨论了比较与检验假设和模型的问题。这一章的内容本质上是一个引导,提出了进一步在方法论和应用研究中会有丰富内容的领域。第十一章分析了一些控制问题,这里再一次给出了进一步在方法应用方面进行探讨的机会。

最后,第十二章是我个人的一个综述以及一些结论性的见解。由于推断的体系是非常具有争议的,所以并不希望所有人都同意我所说的。因而在教学中,第十二章可用作每个学生对贝叶斯方法评价的起点。

本书的内容反映了许多人智慧交流的成果。H. 杰弗里(H. Jeffreys)的工作使我对于推断问题和贝叶斯方法的要点的深入理解有着极其重要的作用。此外,G. A. 伯纳德(G. A. Barnard)、G. E. P. 博克斯(G. E. P. Box)、I. J. 古德(I. J. Good)、D. V. 林德利、H. 瑞法(H. Raiffa)、R. 施赖弗(R. Schlaifer)以及L. J. 萨凡奇(L. J. Savage)等人的著作和论文对于我来说,无论是在技术方面还是在基本概念方面,都有着强烈的影响。对于我过去和现在的同事,我明显地得益于与他们的交往和他们的论著,如在1960~1966年间,威斯康星大学麦迪逊分校的G. E. P. 博克斯、A. S. 戈德伯格、I. 格特曼(I. Guttman)、M. 斯通(M. Stone)以及刁锦寰(G. C. Tiao);在芝加哥大学期间的J. 德雷兹(J. Drèze)、S. J. 普雷斯(S. J. Press)、H. V. 罗伯特(H. V. Roberts)、D. 夏尔马(D. Sharma)以及H. 索恩伯(H. Thornber),他们促使本书发展形成现在的篇幅。在我过去和现在的学生中,许多学生在课堂上或在助研时,都对本书的形成有过贡献,其中下述这些学生有过特殊的帮助:V. K. 切蒂(V. K. Chetty)、R. V. 库珀(R. V. Cooper)、M. S. 盖泽尔(M. S. Geisel)、P. M. 劳布(P. M. Laub)、C. J. 帕克(C. J. Park)、J. F. 理查德(J. F. Richard)、N. S. 雷万卡(N. S. Revankar)、U. 桑卡尔(U. Sankar)、P. A. V. B. 斯瓦米(P. A. V. B. Swamy)以及H. 索恩伯。

本书所述的许多研究是由美国国家科学基金会赞助的,对这一点我感到非常欣慰。在最初的资助GS—151中,研究工作是刁锦寰合作的。在首期

赞助的第一、第二次展期中, S. J. 普雷斯和 H. 索恩伯参与了研究。感谢刁锦寰、普雷斯和索恩伯, 他们的参与和合作给出了很有价值的贡献, 成功地完成了美国国家科学基金会的目标。H. G. B. Alexander 捐赠基金从 1966 年以来支付了作者的薪水, 那时我被聘任为芝加哥大学商学院经济和统计学 H. G. B. Alexander 教授。

雪莉·布莱克(Shirley Black)夫人在打印和校对本书手稿时给予了专业的帮助, 对此我表示衷心的感谢。

阿诺德·泽尔纳

芝加哥, 伊利诺伊州

1971 年 4 月

注释:

1. A. S. Goldberger, *Econometric Theory*, New York: Wiley, 1964.
2. D. V. Lindley, *Introduction to Probability and Statistics from a Bayesian Viewpoint, Part 2. Inference*. Cambridge: Cambridge University Press, 1965, p. 70.
3. 参见 B. Noble, *Numerical Methods, II: Differences, Integration and Differential Equations*, New York: Interscience Publishers, Inc., 1964 以及附录 C。

目

录

中文版序	1
序言	1
第一章 对经济推断的看法	1
1.1 科学的统一性	1
1.2 演绎推理	2
1.3 归纳推理	4
1.4 归谬推理	4
1.5 杰弗里斯对归纳推理理论的规则	6
1.6 这些规则的影响	7
问题	9
第二章 贝叶斯分析原理与应用	12
2.1 贝叶斯定理	12

2 ◀ 计量经济学贝叶斯推断引论

2.2	贝叶斯定理与多组数据	15
2.3	先验概率密度函数	16
2.4	参数的边缘后验分布与条件后验分布	18
2.5	参数的点估计	20
2.6	参数的贝叶斯区域和区间	22
2.7	观测值的边缘分布	22
2.8	预测概率密度函数	23
2.9	点预测	24
2.10	预测区域和区间	25
2.11	贝叶斯后验分布密度的大样本性质	25
2.12	分析原理对帕累托分布的应用	28
2.13	分析原理对二项分布的应用	31
2.14	贝叶斯分析结论的报告	32
附录	“知道很少”先验分布的表示	33
问题	43
第三章	一元正态线性回归模型	51
3.1	简单的一元正态线性回归模型	51
3.1.1	模型及似然函数	51
3.1.2	具有分散先验分布参数的后验分布	52
3.1.3	在投资乘数分析中的应用	56
3.2	正态多元回归模型	58
3.2.1	模型及似然函数	58
3.2.2	分散先验分布的参数下的后验分布	59
3.2.3	基于有信息先验分布的后验分布	62
3.2.4	预测密度	63

3.2.5 当 $X'X$ 退化时的模型分析	66
问题	71
第四章 回归分析中的特殊问题	77
4.1 有自相关误差的回归模型	77
4.2 具有不同方差的回归	87
4.3 具有某些公共系数的两个回归	94
附录 1	96
附录 2	97
问题	98
第五章 变量中的误差	101
5.1 经典 EVM:初等问题	101
5.2 经典 EVM:函数形式的 ML 分析	108
5.3 对 EVM 结构形式的 ML 分析	111
5.4 EVM 函数形式的贝叶斯分析	114
5.5 EVM 结构形式的贝叶斯分析	124
5.6 关于附带参数的其他假定	125
附录	131
问题	134
第六章 单个方程非线性模型的分析	143
6.1 变换的博克斯—考克斯分析	143
6.2 常替代弹性生产函数(CES)	148
6.3 广义生产函数	154
问题	159

第七章 时间序列模型:一些选用的例子	164
7.1 一阶正态自回归过程	164
7.2 不完全数据的一阶自回归模型	168
7.3 二阶自回归过程的分析	171
7.4 “滞后分布”模型	176
7.5 用于消费函数的估计	181
7.6 滞后分布模型的一些推广	186
附录 平稳自回归过程的分散先验密度函数	189
问题	192
第八章 多元回归模型	198
8.1 传统的多元回归模型	198
8.2 传统多元回归模型的预测分布密度	206
8.3 有准确约束的传统多元模型	208
8.4 有信息先验密度的传统模型	211
8.5 “似乎不相关的”回归模型	212
问题	217
第九章 联立方程经济模型	222
9.1 完全递归模型	223
9.2 一般三角型方程组	225
9.3 贝叶斯分析中的可识别性概念	226
9.4 特殊联立方程的分析	229
9.5 “有限信息”的贝叶斯分析	234
9.6 全方程组分析	238
9.7 一些随机模拟试验的结论	243

9.7.1	模型及其特性	243
9.7.2	模型的抽样理论分析	244
9.7.3	模型的贝叶斯分析	245
9.7.4	试验结果:点估计	247
9.7.5	试验结果:区间估计	252
9.7.6	基于随机模拟试验的结论性注记	253
问题	253
第十章	假设的比较和检验	261
10.1	与假设相连的后验概率	262
10.2	参数有分散先验假设的分析	267
10.3	有非分散先验信息的假设检验和比较	269
10.4	回归模型比较	273
10.5	滞后分布模型比较	278
问题	282
第十一章	某些控制问题的分析	286
11.1	几个简单的单时段控制问题	287
11.2	多元回归过程的单阶段控制	292
11.3	多元正态回归过程的控制	295
11.4	损失函数的形式对控制的影响	296
11.5	多元回归模型的两阶段控制	299
11.6	一些多时段控制问题	305
附录 1	给定 z_1 时 z_2 的条件预测密度	312
附录 2	式(11.72)给出的均值近似公式的推导	314
问题	316

第十二章 结论	322
附录 A 一元分布密度的一些重要性质	325
附录 B 多元分布密度的一些重要性质	341
附录 C 数值积分的 FORTRAN 程序	362
参考文献	376

第一章 对经济推断的看法

一个雕塑家或画家经常去论述他所从事的工作,这是一种错误。这会使他放松对其本职工作所需的关注。通过完整的逻辑上的准确性来表达他的意图,他就很容易变成一个空谈家,他的实际工作成了用逻辑和语言来贩卖一些旧观念。

——亨利·摩尔(Henry Moore)¹

摩尔所说的关于艺术工作的谈论无疑适用于对经济中方法论的谈论。无论如何,知道我们在经济研究中正在做些什么是重要的,这种重要性是对我们工作的依据的反映,这是非常有意义的。

1.1 科学的统一性

这里的观点是对经济现象所作的科学推理,它与其他科学领域所作的有关现象的推理在根本上是没有差别的。对科学的统一性的强调,本质上已由卡尔·皮尔逊(Karl Pearson)下述这段话所表达了:

现在,科学方法有这样的特点,一旦它成了思维的习惯,思维就将所有的事实都转入科学。科学的领域是无限的;素材是无穷尽的,每一类自然现象、每一种社会生命、过去和现在发展的每一阶段都是科学的素材。**全部科学的统一性只是在于它的方法,而不是在于它的素材。**一个人把各种事实给以归类,寻求它们相互之间的本质关系,描述它们的顺序,他用的是科学方法,因而这个人

科学的人。这些事实可以是人类过去的历史,可以是我們大城市的社会统计,可以是不同星球的大气层,可以是一个虫子的消化组织,或是几乎看不到的杆状菌的一生。并不是事实本身会形成科学,而是处理事实的方法。²

要看到经济研究中的推理与其他科学领域的推理并没有本质上的差别,就要涉及在科学工作中所用的推理的评价。亚里士多德(Aristotle)列出了三类推理,即演绎推理、归纳推理和归谬推理。重要的是要明白这些推理的本质,以理解它们在经济研究中的作用。

1.2 演绎推理

关于演绎推理的本质,赖兴巴赫(Reichenbach)认为:

逻辑证明被称为演绎,结论是从称为论题前提的其他命题推导出来的。论题是这样构建的,如果前提为真,那么结论也一定为真……所以说它打开了被前提所包装好的结论。³

毫无疑问,演绎推理在经济中起着重要的作用。然而,也必须指出,只用演绎推理不足以作为经济学中推理的基石。首先,这种情况是恰如杰弗里斯(Jeffreys)所指出的:

传统的或演绎的逻辑对任何命题只有三种态度:肯定能证明,不能证明,或者一无所知。但是再多的例子也无法保证其规则给出的演绎证明对一个新的情况是成立的。这里逻辑上总存在例外的可能。⁴

这会被认为是休谟(Hume)关于知识不具有完全确定性的观点的重述;例如,我们无法完全确定(概率为1的)纯粹靠演绎或归纳说太阳明天会升起。事实是,一个规则或定律有例外总是可能的,这表示有极端态度(肯定能证明,不能证明,或者一无所知)的逻辑推理不适合处理研究人员所面临的常见情形,研究人员遇到的情形是需要和能产生比演绎逻辑较少极端性的命题。

杰弗里斯还指出另外的一点是,他解释了在研究中只用演绎的程序是不充分的,事实是这样的,对任何给定的一组数据,会有无限多种可能的规律能精确地“说明白”这组数据;例如,我们看到 N 个家庭的收入和消费,仅仅从此论点考虑,将消费 c 对收入 y 画点图的确是线性的。还认识到这同一组数据还可以由下述无数的规律来描述:

$$c = \alpha + \beta y + f(y)(y_1 - y)(y_2 - y) \cdots (y_n - y)$$

其中 $f(y)$ 是在 y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 不取无穷值时的任意函数。而且,再添加一个观测值就会破坏这无穷多的规律。现在只用逻辑推理就说不清这些规律中哪一个是研究人员