

现代外国统计学优秀著作译丛

统计决策论 及贝叶斯分析

STATISTICAL DECISION THEORY
AND BAYESIAN ANALYSIS

[美] James O. Berger 著

贾乃光 译

吴喜之 校译

中国统计出版社

0212
301
(2)

现代外国统计学优秀著作译丛

统计决策论及贝叶斯分析

(第二版)

[美] James O. Berger ^{白杰} 著
贾乃光 译
吴喜之 校译

中国统计出版社

(京) 新登字 041 号

图书在版编目 (CIP) 数据

统计决策论及贝叶斯分析/ (美) 伯杰 (James O. Berger) 著,
贾乃光译. —北京: 中国统计出版社, 1998. 5

(现代外国统计学优秀著作译丛)

书名原文: Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis
ISBN 7-5037-2533-8

I. 统…

II. ①伯… ②贾…

III. ①统计决策-决策理论 ②贝叶斯分析

IV. O225

中国版本图书馆 (CIP) 数据核字 (97) 第 15204 号

著作权合同登记: 图字 01-97-0382 号

中国统计出版社出版

(北京三里河月坛南街 75 号 100826)

新华书店经销

科伦克三莱印务有限公司印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 23.125 印张 58 万字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册

*

定价: 49.20 元

(版权所有 不得翻印)

现代外国统计学优秀著作译丛 专家委员会

主任：

翟立功 国家统计局副局长

副主任：

贺铿 国家统计局副局长

王吉利 国家统计局统计教育中心主任

委员：

刁锦寰 美国芝加哥大学商学院 教授

吴建福 美国密西根大学统计系 教授

孟晓犁 美国芝加哥大学统计系 博士

张尧庭 上海财经大学数量经济研究所 教授

茆诗松 华东师范大学数理统计系 教授

陈家鼎 北京大学概率统计系 教授

郑祖康 复旦大学统计与运筹系 教授

吴喜之 南开大学数学系 教授

袁卫 中国人民大学统计系 教授

邱东 东北财经大学统计系 教授

郝国印 国家统计局统计教育中心副主任

谢鸿光 中国统计出版社副总编

办公室：

刘启荣 国家统计局统计教育中心教材处处长

严建辉 中国统计出版社第二书籍编辑部主任

李毅 国家统计局统计教育中心教材处副处长

出版说明

为了加强对国外统计理论与实践的研究和了解，全面反映国外统计科研和教学的发展，促进我国统计教学改革和教材内容更新，在国家统计局领导的大力支持下，全国统计教材编审委员会组织翻译出版了这套“现代外国统计学优秀著作译丛”。

随着我国社会主义市场经济体系的逐步建立，统计教育正面临着十分严峻的挑战。一方面，在社会主义市场经济条件下，不论国家的宏观经济调控还是企业的生产经营管理，都要求准确地把握市场运行的态势，科学地分析经济中各种错综复杂的关系，因而，对统计信息的需求越来越大，对统计人才的业务素质提出了更高的要求；另一方面，我国过去的统计教育模式是按为高度集中的计划经济管理体制服务的要求建立的，培养的统计人才的知识结构比较单一，难以适应经济体制、统计体制改革的需要。为使统计人才的培养适应建立社会主义市场经济体制的需要，满足二十一世纪现代化建设的需要，缩小与国际先进水平的差距，基础在教育，关键在教材。在继续组织有关专家、学者编写一批反映国内统计科学和统计实践发展的新教材的同时，必须尽快引进并翻译出版一批外国先进统计教材。这是学习外国先进统计知识的一种直接而且十分有效的方式，对于推动国内统计教材内容更新和教学改革，造就一大批具有渊博知识和多方面

业务技能的复合型人才，具有十分重要的意义。

为了做好这套丛书的翻译出版工作，全国统计教材编审委员会成立了现代外国统计学优秀著作译丛专家委员会，对国外统计著作的出版和使用情况进行了调查研究，分析了国内对外国统计教材的需求，在此基础上制定了翻译著作选题规划。在这套丛书的翻译出版过程中，我们得到了国内外有关专家、有关院校统计系和国外有关出版公司的大力帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

全国统计教材编审委员会

1995年7月

译 者 序

通过翻译，我觉得此书很适宜研究生读。如按文中所指地读它推荐的主要参考文献，并做每章后所列的大部分习题，恐怕至少得两三年的时间。一般的本科生和教师很难有这样的时间。

即使如此，也还要反复地读若干遍，否则会觉得很难抓住要领。

细读、反复地读、能够有所应用地读，则会发现此书不愧为统计学的名著。而一切名著都是值得这样读的。

得以翻译此书要特别感谢茆诗松教授对我的帮助，译的许多不当之处还请茆先生、吴喜之先生及各位专家和读者多多指教。

贾乃光

1997年夏

前 言

统计决策论和贝叶斯分析在很多方面是联系在一起的。首先，在解决现实的决策问题时都需要它们，它们各自体现在决策问题诸多要素之一的描述中。进一步讲，贝叶斯分析和决策论对统计学提供了一个统一的观点；它们在对统计学做思考上和对已提出的统计方法的评价上给出了一个基础性的框架。

贝叶斯分析和统计决策论之间的关系（概念上的和数学上的）是如此之密切，以致于要是只学其中的一个而不学另一个，会觉得很不自在。然而，它们各自的主要部分是分别发展起来的。从贝叶斯方面说，已存在一个完全成熟的统计推断方面的贝叶斯理论（不论从主观意义上还是客观意义上都可以这样说），这个理论认识到条件统计分析观点（即把观测数据作为已知的而不是未知的）的重要，尽管当时损失函数尚未参与分析之中。另外还存在一种已被充分研究了的（频率派的）决策论，它在避免正式地利用先验分布的情况下，试图建立频率派统计理论基础。虽然本书的中心线是贝叶斯决策论，但对贝叶斯推断和非贝叶斯决策论都做了广泛的讨论。实际上，本书是想写成，比如说，将两个内容分开，对每一个题目作为一门课在教学上使用。

贝叶斯分析，特别是决策论，在实际方向的考虑上仍然具有双重个性。两者都可以在非常实践的层次上予以讨论；而另一方面，它们还都具有一些最困难和最精彩的统计学的理论成果。本书在这两个方面都有相当数量的内容。一方面对如何在实际上进行贝叶斯决策论和贝叶斯推断做了广泛的讨论，其中包括如何构造先验分布和损失函数，以及如何使用它们；而从另一方面，也

介绍了这些领域中某些漂亮的理论成果。

本书对读者统计水平的要求在形式上是很低的，不必要具备贝叶斯分析、决策论、或高等统计学的预备知识。但对那些连中等深度的统计课还没有学过的人来说，读本书恐怕会很吃力的。比如，读者如能事先懂得一些像充分性一类的概念，那就很令人满意了。还应说明，本书的某些部分从哲学上说很有挑战性，在统计学家之中，对什么是正确的统计方法存在着截然不同的意见。由于这些基础性质上的争论在概念上的困难，建议读者在阅读全书的进程中要反复阅读这些材料（即 1.6、4.1 和 4.12 节）。

就大部分内容来说，本书的数学水平仅为容易的高等微积分，有些概率知识是需要的，至少，比如说期望和条件概率的知识。有时（特别是后几章），会用到一些较高深的数学内容，但对绝大部分来说，并不要求具备高深的数学知识。由于以上数学深度的局限，在有些我们所陈述的定理中，要使之完全精确就需要另外加上比如说可测性的条件。另外，在某些结论中，有些次要的（但不是可忽略的）技术性条件有时予以略去，我们把这种成果称之为“结果”，以区别于“定理”。

本书主要讨论贝叶斯分析和决策论的基本论点和原理，没有打算系统地介绍实际上已开拓发展了的方法的全貌，即介绍这些思想在统计学的特殊领域的具体发展。书中的例子，在很大程度上是随便例举的，因而很遗憾，它们未能覆盖统计学中某些难度较大的部分，比如，非参数统计。不过，方法上的相当数量的内容最终还是通过这样或那样的途径介绍出来了。

本书第二版在书名上有所改变，加上了“贝叶斯分析”，这反映了本书所做的主要改动，即大大增添了贝叶斯分析的内容，使本书可以作为单独贝叶斯分析的教科书。我之所以这样做是因为我意识到，虽然在第一版我公开声称自己是“激进的贝叶斯派”（现在仍然如此），但第一版若作为以贝叶斯分析为主的教材并不适用，特别是没有恰当地突出条件贝叶斯的观点。在试图改正这个问题时，我也犯了再版者的通病，禁不住增加了大量有关贝叶

斯分析重要论题的材料，如多层贝叶斯理论、贝叶斯分析中的计算、贝叶斯分析的论据的交流与组合。

对熟悉第一版的读者来说，最大的改变在第3、4两章，在内容上大加扩充，几乎是完全重写的。第1章的有些节是重写的（特别是1.6节），有些小节的内容并到第2章。第5章最显著的改动只是增加介绍已广泛发展起来的极小极大多元估计(Stein估计)，它在极小极大理论中已成为在发展上占有最广阔空间的统计领域。第6章只有很少的变动；第7章仅添加了一节讨论任意停止的内容；第8章则根据最近的发展做了很大变动，但并不打算做全面彻底的评述。

一般地说，没有重写的部分也就没有新的参考书目，因而很遗憾，第一版存在的决策论早期的参考书目不足的问题仍然存在。很多决策论的思想和概念已变得为人们所熟知，很抱歉，我也没有再试图追根求源并提供参考书目了。

就讲授来说，本书可用作不同课程的教材。最宜作教学时间为两学期（一年两学期）或三学期（一年4学期）的贝叶斯分析及统计决策论的教材，学生可学完全书（第1—4章为一学期，第5—8章为第二学期）。以下大纲作为单学期课的各种安排。第一种是硕士生水平的，它更多地着重于应用。其它几种方案加进理论部分，应更适用于博士生。当然，采用其它完全不同的安排方法也可以。

贝叶斯分析及决策论（应用的）

1 (1.4, 1.7, 1.8 除外)；2；3 (3.4, 3.5.5, 3.5.6, 3.5.7 除外)；4 (4.4.4, 4.7.4—4.7.11 除外)；如还有时间可加读其它有价值的内容，包括 4.7.4, 4.7.5, 4.7.9, 4.7.10, 4.7.11 及 4.11。

贝叶斯分析及决策论（更理论的）

1；2 (2.3, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5 除外)；3 (3.4, 3.5.5, 3.5.6,

3.5.7 除外); 4 (4.4.4, 4.5.3, 4.6.3, 4.6.4, 4.7.4, 4.7.6, 4.7.7, 4.7.9, 4.7.10, 4.8.3, 4.9, 4.10, 4.11 除外)。

(i) 极小极大选读: 5 (5.2.3 除外); 8 的部分内容。

(ii) 不变性选读: 6; 8 的部分内容。

(iii) 序贯选读: 7 (7.4.7—7.4.10, 7.5.5, 7.6 除外); 8 的部分内容。

以贝叶斯派为主的课程 (更理论的)

1 (1.4, 1.8 除外); 2 (2.3 除外); 3 (3.5.5, 3.5.6 除外); 4 (4.7.6, 4.7.7 除外); 7 (7.4.2—7.4.10, 7.5, 7.6 除外)。如前面的有些内容有所删节, 则可安排较多的序贯贝叶斯的内容。

以决策论为主的课程 (非常理论的)

1 (1.6 除外); 2 (2.3 除外); 3.3, 4.1, 4.2, 4.4, 4.8; 5 (5.2.3 除外); 6; 7 (7.2, 7.4, 7.7 除外); 8。

对为本书做过这样或那样贡献的许多人, 我怀有非常的感谢之情。有益的批评和讨论来自很多方面, 其中特别有帮助的有: Eric Balder, Mark Berliner, Don Berry, Sudip Bose, Lawrence Brown, Arthur Cohen, Persi Diaconis, Roger Farrell, Leon Gleser, Bruce Hill, Tzou Wu-Jien Joe, T. C. Kao, Jack Kiefer, Sudhakar Kunte, Erich Lehmann, Carl Morris, Herman Rubin, S. Sivaganesan, Bill Studden, Don Wallace, Robert Wolpert 及 Arnold Zellner。我特别地感谢 Herman Rubin, 他提供了 7.4.8, 7.4.9 两小节中的大部分素材, 而且他还是书中其它很多部分中我的“愚蠢过滤器”。

本书的第一版是由 Lou Anne Scott, Norma Lucas, Kathy Woods 及 Carolyn Knutsen 打字的, 对她们全体, 我深表谢意。再版的非常烦人的打字工作是由 Norma Lucas 从事的, 她在整个过程中表现出的熟练和热情, 使我深为赞赏和感谢。最后, 我要对

John Simon Guggenheim 纪念基金会、Alfred P. Sloan 基金会和
国家科学基金会在我写作期间给予我的支持表示感谢。

James Berger

1985 年 3 月

西拉斐特 (West Lafayette), 印第安纳州

目 录

前言

1. 基本概念	(1)
1.1 导论	(1)
1.2 基本要素	(3)
1.3 期望损失、决策法则及风险	(8)
1.3.1 贝叶斯期望损失	(8)
1.3.2 频率派风险	(10)
1.4 随机化决策法则	(13)
1.5 决策原理	(17)
1.5.1 条件贝叶斯决策原理	(17)
1.5.2 频率派决策原理	(18)
1.6 基础	(21)
1.6.1 经典推断过程的误用	(22)
1.6.2 频率派的观点	(24)
1.6.3 条件的观点	(26)
1.6.4 似然原理	(30)
1.6.5 选择一种规范或决策原理	(36)
1.7 充分统计量	(38)
1.8 凸性	(41)
练 习	(46)
2. 效用与损失	(51)
2.1 导论	(51)
2.2 效用理论	(52)

2.3	钱的效用	(59)
2.4	损失函数	(64)
2.4.1	效用理论的发展	(64)
2.4.2	某些标准的损失函数	(67)
2.4.3	推断问题	(71)
2.4.4	预测问题	(74)
2.4.5	向量损失函数	(75)
2.5	评论	(76)
	练习	(78)
3.	先验信息和主观概率	(82)
3.1	主观概率	(82)
3.2	先验密度的主观确定	(85)
3.3	无信息先验	(90)
3.3.1	导论	(90)
3.3.2	位置和尺度问题的无信息先验	(92)
3.3.3	一般背景下的无信息先验	(96)
3.3.4	讨论	(98)
3.4	最大熵先验	(100)
3.5	用边际分布确定先验	(104)
3.5.1	边际分布	(104)
3.5.2	关于 m 的信息	(105)
3.5.3	有约束的先验类	(106)
3.5.4	先验选择的 ML- \mathbb{I} 方法	(108)
3.5.5	先验选择的矩方法	(111)
3.5.6	先验选择的距离方法	(113)
3.5.7	边际的可交换性	(115)
3.6	多层先验	(117)
3.7	批评	(120)
3.8	统计学家的作用	(124)
	练习	(125)
4.	贝叶斯分析	(130)

4.1	导论	(130)
4.2	后验分布	(139)
4.2.1	定义和确定	(139)
4.2.2	共轭族	(143)
4.2.3	不正常先验	(145)
4.3	贝叶斯推断	(146)
4.3.1	估计	(147)
4.3.2	可信集	(154)
4.3.3	假设检验	(159)
4.3.4	预测推断	(172)
4.4	贝叶斯决策论	(174)
4.4.1	后验决策分析	(174)
4.4.2	估计	(176)
4.4.3	有限行为问题和假设检验	(179)
4.4.4	考虑推断损失	(183)
4.5	经验贝叶斯分析	(184)
4.5.1	导论	(184)
4.5.2	正态均值的 PEB—可交换情形	(186)
4.5.3	正态均值的 PEB—一般情形	(190)
4.5.4	非参数经验贝叶斯分析	(196)
4.6	多层贝叶斯分析	(198)
4.6.1	导论	(198)
4.6.2	正态均值—可交换的情形	(201)
4.6.3	正态均值—一般情形	(209)
4.6.4	与经验贝叶斯分析的比较	(212)
4.7	贝叶斯的稳健性	(215)
4.7.1	导论	(215)
4.7.2	边际分布的作用	(220)
4.7.3	后验的稳健性: 基本概念	(224)
4.7.4	后验稳健性: ϵ -代换类	(227)
4.7.5	贝叶斯风险的稳健性及应用频率派方法	(235)
4.7.6	Gamma-极小极大方法	(238)
4.7.7	风险函数的应用	(241)
4.7.8	稳健的和不稳健的一些情况	(247)

4.7.9	稳健先验	(252)
4.7.10	正态均值的稳健先验	(261)
4.7.11	稳健性的其它问题	(274)
4.8	贝叶斯法则的容许性及大量重复同一过程的评价	(280)
4.8.1	贝叶斯法则的容许性	(281)
4.8.2	广义贝叶斯决策法则的容许性	(282)
4.8.3	非容许性及大量重复同一过程的评价	(284)
4.9	贝叶斯派的计算	(290)
4.9.1	数值积分	(291)
4.9.2	蒙特卡罗积分	(291)
4.9.3	解析逼近	(295)
4.10	贝叶斯派的信息交流	(296)
4.10.1	导论	(296)
4.10.2	一个实例:简单原假设的假设检验	(298)
4.11	信息源合并及决策者为多人的决策	(301)
4.11.1	概率源合并	(302)
4.11.2	决策论中信息源的合并	(307)
4.11.3	多人团体做决策	(308)
4.12	批评	(312)
4.12.1	非贝叶斯派的批评	(312)
4.12.2	在基本原理方面的批评	(313)
	练习	(318)
5.	极小极大分析	(340)
5.1	导论	(340)
5.2	博弈论	(342)
5.2.1	基本要素	(342)
5.2.2	解博弈的一般方法	(352)
5.2.3	有限博弈	(359)
5.2.4	⊗ 有限的博弈	(364)
5.2.5	支撑和分离超平面定理	(374)
5.2.6	极小极大定理	(380)
5.3	统计的博弈	(383)

5.3.1	导论	(383)
5.3.2	解统计博弈的一般方法	(385)
5.3.3	⊗ 有限的统计博弈	(391)
5.4	极小极大估计类	(397)
5.4.1	导论	(397)
5.4.2	风险的无偏估计	(399)
5.4.3	正态均值向量的极小极大估计	(401)
5.4.4	Poisson 均值的极小极大估计	(409)
5.5	极小极大原理的评价	(410)
5.5.1	极小极大法则的容许性	(411)
5.5.2	极小极大原理与合理性	(411)
5.5.3	与贝叶斯方法的比较	(413)
5.5.4	行为保守的要求	(417)
5.5.5	极小极大遗憾	(417)
5.5.6	结论	(419)
	练习	(420)
6.	不变性	(430)
6.1	导论	(430)
6.2	系统地阐述	(433)
6.2.1	变换群	(433)
6.2.2	不变的决策问题	(435)
6.2.3	不变的决策法则	(438)
6.3	位置参数问题	(440)
6.4	不变性的其它例子	(443)
6.5	极大不变的	(445)
6.6	不变性与无信息先验	(450)
6.6.1	右和左不变的 Haar 密度	(450)
6.6.2	最佳不变决策法则	(453)
6.6.3	置信和可信集	(458)
6.7	不变性和极小极大性	(463)
6.8	不变法则的容许性	(467)
6.9	结论	(469)