

现代外国统计学优秀著作译丛

离散多元分析 理论与实践

DISCRETE MULTIVARIATE ANALYSIS
THEORY AND PRACTICE

[美] Yvonne M. M. Bishop

Stephen E. Fienberg 著

Paul W. Holland

张尧庭 译

史宁中 校

中国统计出版社

现代外国统计学优秀著作译丛

离散多元分析:理论与实践

〔美〕 Yvonne M. M. Bishop

Stephen E. Fienberg 著

Paul W. Holland

张尧庭 译

史宁中 校

中国统计出版社

(京)新登字 041 号

图书在版编目 (CIP) 数据

离散多元分析: 理论与实践/ (美) Y. M. M. 比少普
(Bishop, Y. M. M.) 等著; 张尧庭译.
—北京: 中国统计出版社, 1998. 3
(现代外国统计学优秀著作译丛)
书名原文: Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice
ISBN 7-5037-2348-3

I. 离…

II. ①比… ②张…

III. 统计模型: 离散模型—多元分析

IV. O212.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 23028 号

著作权合同登记: 图字 01-97-0389 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(北京)有限公司印刷

850×1168 毫米 32 开本 2 2.375 印张 57 万字

1998 年 3 月第 1 版 1998 年 3 月北京第 1 次印刷

印数: 1 4 000 册

定价: 49.40 元

(版权所有 不得翻印)

版权公告:

Copyright notice:

离散多元分析: 理论与实践

Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice

[美] Yvonne M. M. Bishop

Stephen E. Fienberg

Paul W. Holland

Copyright © 1975 by The Massachusetts Institute of Technology.

Simplified Chinese characters edition Copyright © 1998 by

State Statistical Bureau.

Simplified Chinese characters edition arranged with The MIT Press

through Big Apple Tuttle-Mori Agency, Inc.

本书中文版翻译、出版专有权归国家统计局

统计教育中心和中国经济出版社

**现代外国统计学优秀著作译丛
专家委员会**

主任：

瞿立功 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要求，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。

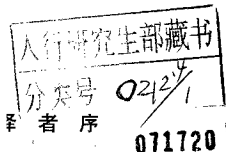
为了做好这套丛书的翻译出版工作，全国统计教材编审委员会成立了现代外国统计学优秀著作译丛专家委员会，对国外统计著作的出版和使用情况进行了调查研究，分析了国内对外国统计教材的需求，在此基础上制定了翻译著作选题规划。在这套丛书的翻译出版过程中，我们得到了国内外有关专家、有关院校统计系和国外有关出版公司的大力帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

全国统计教材编审委员会

1995 年 7 月



071720



Bishop 等人所著的《离散多元分析》是一本统计学的名著。这本书的特点是对列联表的分析和应用作了全面、详细的介绍，书中例子的丰富、方法的应用、理论的准备，都是各有特色，所以已经多次重印。本书对实际应用和研究人员都有很好的参考价值。

本书实例涉及的面非常广泛，从医院管理、生物遗传，到社会生活、体育运动、政治选举……等等，都有生动而富于启发性的实例。有些实例是对著名的历史资料重作分析，如孟德尔的豌豆试验，军团中被马踢死的士兵数等，都有独到的见解，发人深思。我在翻译的时候，感到十分困难，请教了体育、医药、生物方面的有关专家，但看来还会有不少错译的地方，希望大家看到后给我指出，便于改正。

本书在理论方面，也有专门的几章，放在全书的最后，作了系统的处理。但在不少地方，明确地提出了未解决的问题，希望理论工作者积极参与研究。

我感到本书最大的优点是能对各种方法给以详细的评述，从它的优缺点到适用的范围，应注意的事项，都不厌其烦，多次说明。这对于实际工作者尤有参考价值，一般的统计书籍中，很少有这一类的评述，这充分反映了作者有丰富的实践经验和良好的理论素养。

另一方面，本书的写作往往是夹叙夹议，所以显得头绪繁多，说到一个问题，往往要引前面的，又要说后面什么地方会细谈，所以看起来使人感到常常有小东西塞在中间，打乱了思路，作者是好心，想提醒、照顾读者，这一点是优点，也是可以认为有点不理想。使人感到重复太多，行文较罗唆。我在翻译时就深有此感，

不知是否对，在这里我预先说一下，请读者注意。

书中有一些印刷错误和毛病，我发现了就加以改正，用译者注的方式说明。如果我改错了，注中可以看到原文，以免读者由我误译，我有责任对读者负责。如发现我改错了，欢迎来信指正，将来有机会重印时改过。

我衷心感谢国家统计局教育中心组织翻译一批这样的名著，介绍给广大的统计工作者。我相信此书的出版对推动抽样调查资料的分析会有很好的作用。

感谢中国统计出版社出版这一套丛书。

张尧庭

1996年7月

序 言

自从 Karl Pearson (皮尔逊) 和 Sir R. A. Fisher (费歇) 以来, 多元离散数据的统计分析, 尤其是交叉分类形式的, 在统计文献中占有一个突出的位置。虽然 Maurice Bartlett (巴脱莱特) 关于 $2 \times 2 \times 2$ 表无二阶交互作用的检验的先驱性论文在 1935 年已经发表, 但是多维的交叉分类数据的分析及其方法的使用直到高速计算机的普遍应用之后才有了大幅度的进展。结果是近十年来, 在统计杂志, 如同在生物、社会、医学等杂志一样, 用了很多篇幅来增刊处理多元离散数据分析的论文。许多统计学家对这一进展作出了贡献, 只要对所列的参考文献看上一眼就会立即发现的。特别要指明的, 是 Joseph Berkson, M. W. Birch, I. J. Good, Leo A. Goodman, James E. Grizzle, Marvin Kastenbaum, Gary G. Koch, Solomon Kullback, H. O. Lancaster, Nathan Mantel 和 R. L. Plackett 等人所做的持续而杰出的贡献。

我们最可信赖的、一直在交叉分类数据分析方面做研究的一位学者是 Frederick Mosteller, 毫不夸张地说, 没有他的鼓励和多方面对我们的支持, 就不会有这本书。我们对交叉分类数据感到兴趣要追溯到 1964 年, 是 Mosteller 在国家麻醉研究中心工作期间遇到的问题引起的。这些工作直接引出我们之中两位 (Bishop 和 Fienberg) 的博士论文, 以及一系列发表的论文。而 Fred* 对书的贡献远不只是鼓励; 他几乎看过了每一章并且写下了意见, 如

* 指 Mosteller——译者注。

果有什么优点的话，这都是归功于他的。

Richard Light 热诚地参与了筹划此书的工作，并对若干章节提出了意见。他对第 11 章，关联性和一致性度量准备了初稿，他对这一章的最终格局付出了很大的精力。

我们还要感谢许多我们的同事和学生，他们对手稿的一些部分提出了修改意见，对我们的研究提出了有价值的建议，激励了我们在这一领域的兴趣。我们应感谢的人有 Raj Bahadur, Darrell Bock, Tar Chen, William Cochran, Joel Cohen, Arthur Dempster, O. Dudley Duncan, Hillel Einhorn, Robert Fay, John Gilbert, Anne Goldman, Shelby Haberman, David Hoaglin, Nathan Keyfitz, William Kruskal, Kinley Larntz, Siu-Kai Lee, Lincoln Moses, I. R. Savage, Thomas Schoener, Michael Sutherland, John Tukey, David Wallace, James Warram, Sanford Weisberg, Janet Wittes 和 Jane Worcester 等。

对手稿的付印要感谢 Holly Grano, Kathi Hirst, Garol Lambert 和 Mary Jane Schleupner。

国家科学基金对哈佛大学的资助项目 GS-32327X1 对我们研究和写作提供了长期支持。我们还收到了其他科研基金的广泛资助。这些是：国家肿瘤研究所的 CA-06516；国家卫生研究院儿童肿瘤研究基金，资源和研究设备部的 RR-05526；国家科学基金 GP-16071, GS-1905，以及从芝加哥大学统计系海军研究室统计组的一个项目，理论生物系 Alfred P. Sloan 基金的一个项目；国家科学基金关于国家经济研究所的一个项目和 Paul W. Holland 的社会科学研究院的一个专业研究项目。

一些章节原稿的早期格局在 *The Annals of Statistics*, *Biometrics*, *Biometrika* 和 *The Journal of the American Statistical Association* 等杂志上都刊印过。

Brookline, Massachusetts
New Brighton, Minnesota
Hingham, Massachusetts

Y. M. M. B.
S. E. F.
P. W. H.

1974 年 2 月

1 引言

1.1 需求

科学家对大量数据的系统探索结构时，会用他自己的准则去寻找灵感，从现代的计算技术中得到支持，从统计模型中得到引导。因为大量的数据看来是复杂的，对它们可以用很多的方法来进行分析，汇编这些分析方法，提供给科学家值得去尝试的方向，这是一条有吸引力的捷径而不会是一种束缚。在统计专题中，如回归分析、方差分析都已汇编成广泛使用的，有时是重要的原则。在离散多元统计方面，无论如何，已经有了可用的很好入门著作，如 Cox [1970]，Fleiss [1973]，Good [1965]，Lancaster [1969] 以及 Maxwell [1961]，但在面对大列联表的系统处理时就突然停住了，特别是面对一些麻烦的不规则的表时更是如此。本书则提供了这样的一类处理。

1.2 为什么写成一本书？

离散多元分析虽然有充实的文献，不幸的是散见在各处。这本书将这些文献汇集成有组织的内容。尽管我们确实在书中有一

些新的结果，但这不是我们主要的目标。我们的目标是把这些材料整理成理论和实际工作者所需要的内容，使一些关键的概念和想法显示出来。由于有参数模型的表示，抽样方案，基本理论，实际应用的例子以及对计算的一些建议，这本书对不同的使用者是一个很适用的参考材料。

将离散多元分析的理论和实践放在一起，就需要很大的篇幅。要涉及各种分析方法，其中有不少是彼此在理论上和结果上都相近的，因而实际工作者就能知道什么时候一个方法与另一个本质上是相同的，什么时候是不同的。我们要给出基础的理论，即为了理解，也为了对分析中的一些变化提供基础，这种变化是由于因所述条件不相符而引起的。

当我们同时处理几个变量时，我们分析的实际例子大大超过了通常教材和手册中所处理的。一种对数据的探索性分析会引导我们进行几个分别的平行分析。有时一种分析会暗示出另一种。其次，我们还不得不讨论一些计算的内容，因为大规模的分析要用到迭代方法，这用高速计算机是很好完成的。高速计算机的使用方便性鼓励研究人员去收集、整理一些著名的数据。本书的大部分章节中应用和例子占有一个中心的地位，它们有很多篇幅，因为我们要说明计算，给出其他的分析，讨论实际工作者从各种数据集中可以导出的结论。

所有这些原因使我们的书的处理就变长变多了。

1.3 不同的使用者

应用统计学家与定量研究工作者对离散多元数据寻求综合分析时会发现，有许多方法可以用来处置标准的和非标准的数据集。结论是他可有系统的方法来分析多维的列联表。自然会遇上新的困难或约束引起的新问题，这时，一个便于使用的方法将会出现从而加强了实际工作者的手段，这将如对别的数据可以用方差

分析或回归方法那样方便。他将更好理解计算机输出的内容，并知道要寻找怎样的计算机分析。

对求估计的计算程序熟悉后，研究人员能解一大类问题。从不同领域列举一些实例，研究人员能透视自己的问题，认识到与其他领域引出问题的相似之处及不同点，所以我们常变换例子的主题和例子的大小。在本书中所述的方法对小的数据集和大的数据集都是有用的。

我们曾在许多场合协助别人分析过多元离散数据。发现在这一类咨询工作中，书中的一些材料有助于实际工作者作出合理的分析。自然，在此处书中的一些例子是直接取自咨询经验的。

对学生，我们有练习让他们既有公式演算，又有附有数据集的分析。在近几年内，一些例子在统计文献中被反复分析过，使我们逐渐更好理解到各种方法的成功之处。为使得具有不同特性的例子更易于应用，使用新的方法来重新分析老问题，希望这种有益的传统会受到好评。

最后自然希望本书能对被收集到的方法提供一个参考的依据。虽然我们并不想与 Lancaster [1969] 给出的很好的文献来进行比较，我们引论文的一部分是自从它出版以后发表的。

1.4 各章的概述

虽然每一章都有各自的引言，这里简短描述一下每一章的内容和目的。我们把这些章组成大小不同的三个逻辑上的分类。第一类是引出对数线性模型，给出它要用的统计理论，用于分析列联表数据，对广泛的实际问题说明这些理论的应用。第二类的各章给出不是直接与对数线性模型有关的方法。最后两章是一些统计的基本结论和理论，它们是贯串全书要用的。

第一部分 对数线性模型、最大似然估计，及其应用

第2章

这是理论性的一章，有一个例外，是一个关于存活率和母亲产前护理的关系。这意味着，对实际工作者和理论工作者可以从不同的观点来读这一章。这一章引出了在本书广泛使用的有关对数线性模型的一些概念和想法。它从 2×2 的计数表开始，直到四维或更高维的表。要强调的是：第一，描述结构比抽样更重视，第二，对数线性模型的处理与二维列联表独立性检验其他方法的关系，第三，把这些想法扩展到多维。第四，这一章指明了在高维可能有的各种模型。

第3章（对大部分读者的前提：第2章）

虽然从这章标题看象是一个理论性的，它的重点是在对多维计数表进行分析时所需的计算估计的实用策略。这些策略既包括如何识别什么时候格子的简单直接估计是可用的还是不可用的，还包括不可用时如何进行迭代拟合。这一章说明了如何计算自由度，间或遇上了比我们大多数通常见到的问题更困难时怎么计算。所有这些分析——模型、估计、计算、自由度以及解释说明——都用具体例子，来自历史、社会、政治科学、公共卫生和医学，给以阐明，详细到实际工作的读者应能直接进入方法。

第4章（前提：第3章）

第4章给出选择拟合多维表模型的方法和工具。它含有一些理论，对于那些真正要用于实际，选择描述数据模型的读者，这是关键性的一章。

首先，它综合了关于卡方拟合优度统计量的重要的大样本结果（这些在第14章有更充分的处理）。其次，它说明了如何分割卡方的量来对特定的假设作检验以及如何改进推断的可能性。第三，虽然没有选择模型的“最好”方法，这一章叙述了用大样本的结论和分割的方法去选择多维数据对数线性模型的几种方法。

第5章（前提：第3章）

格子的计数会是零，这是由于抽样的变异，即使在这一格能有观察值也会发生，或是由于一些约束条件使这一格自动为零（例如

在足球赛中输的队的得分不会比赢队多)。此外,对有些问题,特定的格子并不希望被用来参与对表中计数的一个简单模型的光滑拟合,因而这些格子的计数即便是可用的,也放在一边另作处理。一个危险是研究者不能认识到他被一张不完备表所带来的困扰。

这样具有大量实际例证的一章提供了处理这类不完备表的标准方法,论述了估计问题、模型选取、计算自由度和应用。

第6章(前提:第5章)

这一章处理一类特殊的应用:正如有时会遇到的,我们有几个样本或调查,想知道总的计数。如我们从电话本上、新闻刊物上和其他来源中得到的几张志愿者团体的名单。虽然每个名单是不完全的,从几张名单中我们要估计志愿者团体的总数(包括那些不在这些名单中的)。这一章提供各种方法解决这一类多重抽样调查问题,把它们看成不完备多维表的数据集来处理。这个方法是用于野生动物或别的抽样实施中捕获一再捕获方法的一种推广。

第7章(前提:第3章)

因为马尔可夫链基于一种关系,在某一步的结果和后来各步结果之间的联系,这和列联表有形式上的相似性。其次,用对数线性模型方法来分析马尔可夫链是有吸引力的,在这里与其他方法一起处理。

这是实际的一章,含有市场探讨、政治行为、语言模式(包含鸟的歌唱)、猜字行为和人际关系等许多实例。

第8章(前提:第3章和第5章一部分)

虽然方表处处都会读到;这一章集中在对称性和边缘齐性的特殊问题上。这些问题来自社会研究,将同一个准则用于每个时点,或来自心理学研究,将一对成员按同一个准则同时予以归类。这一章给出评价对称性和齐性的方法,用实际的种种例子予以说明。它还将这些对称性和边缘齐性的概念与本书中使用的对数线性模型的方法相连后,在高维的情况给出推广。

第9章