



格致方法·定量研究系列 吴晓刚 主编

最大似然估计法： 逻辑与实践

[美] 斯科特·R.伊莱亚森 (Scott R. Eliason) 著
臧晓露 译

- ★ 革新研究理念
- ★ 丰富研究工具
- ★ 最权威、最前沿的定量研究方法指南

格致出版社 上海人民出版社

50

格致方法·定量研究系列 吴晓刚 主编

最大似然估计法： 逻辑与实践

[美] 斯科特·R.伊莱亚森 (Scott R.Eliason) 著
臧晓露 译

SAGE Publications, Inc.

格致出版社 上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

最大似然估计法:逻辑与实践/(美)斯科特·R.
伊莱亚森(Scott R.Eliason)著;臧晓露译. —上海:
格致出版社:上海人民出版社,2017.7

(格致方法·定量研究系列)

ISBN 978-7-5432-1999-1

I. ①最… II. ①斯… ②臧… III. ①最大似然估计
IV. ①0211.67

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 103349 号

责任编辑 张苗凤

格致方法·定量研究系列

最大似然估计法:逻辑与实践

[美]斯科特·R.伊莱亚森 著
臧晓露 译

出版 世纪出版股份有限公司 格致出版社
世纪出版集团 上海人民出版社
(200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co)



编辑部热线 021-63914988
市场部热线 021-63914081
www.hibooks.cn

发行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

印刷 浙江临安曙光印务有限公司
开本 920×1168 1/32
印张 5
字数 88,000
版次 2017 年 7 月第 1 版
印次 2017 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5432-1999-1/C·180

定价:30.00 元

出版说明

由香港科技大学社会科学部吴晓刚教授主编的“格致方法·定量研究系列”丛书,精选了世界著名的 SAGE 出版社定量社会科学研究丛书,翻译成中文,起初集结成八册,于 2011 年出版。这套丛书自出版以来,受到广大读者特别是年轻一代社会科学工作者的热烈欢迎。为了给广大读者提供更多的方便和选择,该丛书经过修订和校正,于 2012 年以单行本的形式再次出版发行,共 37 本。我们衷心感谢广大读者的支持和建议。

随着与 SAGE 出版社合作的进一步深化,我们又从丛书中精选了三十多个品种,译成中文,以飨读者。丛书新增品种涵盖了更多的定量研究方法。我们希望本丛书单行本的继续出版能为推动国内社会科学定量研究的教学和研究作出一点贡献。

总序

2003年,我赴港工作,在香港科技大学社会科学部教授研究生的两门核心定量方法课程。香港科技大学社会科学部自创建以来,非常重视社会科学研究方法论的训练。我开设的第一门课“社会科学里的统计学”(Statistics for Social Science)为所有研究型硕士生和博士生的必修课,而第二门课“社会科学中的定量分析”为博士生的必修课(事实上,大部分硕士生修完第一门课后都会继续选修第二门课)。我在讲授这两门课的时候,根据社会科学研究生的数理基础比较薄弱的特点,尽量避免复杂的数学公式推导,而用具体的例子,结合语言和图形,帮助学生理解统计的基本概念和模型。课程的重点放在如何应用定量分析模型研究社会实际问题上,即社会研究者主要为定量统计方法的“消费者”而非“生产者”。作为“消费者”,学完这些课程后,我们一方面能够读懂、欣赏和评价别人在同行评议的刊物上发表的定量研究的文章;另一方面,也能在自己的研究中运用这些成熟的方法论技术。

上述两门课的内容,尽管在线性回归模型的内容上有少

量重复,但各有侧重。“社会科学里的统计学”从介绍最基本的社会研究方法论和统计学原理开始,到多元线性回归模型结束,内容涵盖了描述性统计的基本方法、统计推论的原理、假设检验、列联表分析、方差和协方差分析、简单线性回归模型、多元线性回归模型,以及线性回归模型的假设和模型诊断。“社会科学中的定量分析”则介绍在经典线性回归模型的假设不成立的情况下的一些模型和方法,将重点放在因变量为定类数据的分析模型上,包括两分类的 logistic 回归模型、多分类 logistic 回归模型、定序 logistic 回归模型、条件 logistic 回归模型、多维列联表的对数线性和对数乘积模型、有关删节数据的模型、纵贯数据的分析模型,包括追踪研究和事件史的分析方法。这些模型在社会科学研究中有着更加广泛的应用。

修读过这些课程的香港科技大学的研究生,一直鼓励和支持我将两门课的讲稿结集出版,并帮助我将原来的英文课程讲稿译成了中文。但是,由于种种原因,这两本书拖了多年还没有完成。世界著名的出版社 SAGE 的“定量社会科学研究”丛书闻名遐迩,每本书都写得通俗易懂,与我的教学理念是相通的。当格致出版社向我提出从这套丛书中精选一批翻译,以飨中文读者时,我非常支持这个想法,因为这从某种程度上弥补了我的教科书未能出版的遗憾。

翻译是一件吃力不讨好的事。不但要有对中英文两种语言的精准把握能力,还要有对实质内容有较深的理解能力,而这套丛书涵盖的又恰恰是社会科学中技术性非常强的内容,只有语言能力是远远不能胜任的。在短短的一年时间里,我们组织了来自中国内地及香港、台湾地区的二十几位

研究生参与了这项工程,他们当时大部分是香港科技大学的硕士和博士研究生,受过严格的社会科学统计方法的训练,也有来自美国等地对定量研究感兴趣的博士研究生。他们是香港科技大学社会科学部博士研究生蒋勤、李骏、盛智明、叶华、张卓妮、郑冰岛,硕士研究生贺光烨、李兰、林毓玲、肖东亮、辛济云、於嘉、余珊珊,应用社会经济研究中心研究员李俊秀;香港大学教育学院博士研究生洪岩璧;北京大学社会学系博士研究生李丁、赵亮员;中国人民大学人口学系讲师巫锡炜;中国台湾“中央”研究院社会学所助理研究员林宗弘;南京师范大学心理学系副教授陈陈;美国北卡罗来纳大学教堂山分校社会学系博士候选人姜念涛;美国加州大学洛杉矶分校社会学系博士研究生宋曦;哈佛大学社会学系博士研究生郭茂灿和周韵。

参与这项工作的许多译者目前都已经毕业,大多成为中国内地以及香港、台湾等地区高校和研究机构定量社会科学方法教学和研究的骨干。不少译者反映,翻译工作本身也是他们学习相关定量方法的有效途径。鉴于此,当格致出版社和 SAGE 出版社决定在“格致方法·定量研究系列”丛书中推出另外一批新品种时,香港科技大学社会科学部的研究生仍然是主要力量。特别值得一提的是,香港科技大学应用社会经济研究中心与上海大学社会学院自 2012 年夏季开始,在上海(夏季)和广州南沙(冬季)联合举办《应用社会科学研究方法研修班》,至今已经成功举办三届。研修课程设计体现“化整为零、循序渐进、中文教学、学以致用”的方针,吸引了一大批有志于从事定量社会科学研究博士生和青年学者。他们中的不少人也参与了翻译和校对的工作。他们在

繁忙的学习和研究之余，历经近两年的时间，完成了三十多本新书的翻译任务，使得“格致方法·定量研究系列”丛书更加丰富和完善。他们是：东南大学社会学系副教授洪岩璧，香港科技大学社会科学部博士研究生贺光烨、李忠路、王佳、王彦蓉、许多多，硕士研究生范新光、缪佳、武玲蔚、臧晓露、曾东林，原硕士研究生李兰，密歇根大学社会学系博士研究生王骁，纽约大学社会学系博士研究生温芳琪，牛津大学社会学系研究生周穆之，上海大学社会学院博士研究生陈伟等。

陈伟、范新光、贺光烨、洪岩璧、李忠路、缪佳、王佳、武玲蔚、许多多、曾东林、周穆之，以及香港科技大学社会科学部硕士研究生陈佳莹，上海大学社会学院硕士研究生梁海祥还协助主编做了大量的审校工作。格致出版社编辑高璇不遗余力地推动本丛书的继续出版，并且在这个过程中表现出极大的耐心和高度的专业精神。对他们付出的劳动，我在此致以诚挚的谢意。当然，每本书因本身内容和译者的行文风格有所差异，校对未免挂一漏万，术语的标准译法方面还有很大的改进空间。我们欢迎广大读者提出建设性的批评和建议，以便再版时修订。

我们希望本丛书的持续出版，能为进一步提升国内社会科学定量教学和研究水平作出一点贡献。

吴晓刚

于香港九龙清水湾

序

由于费舍(R. A. Fisher)先生的贡献,最大似然估计法至少从 20 世纪 50 年代开始在统计学领域被人们所熟知。然而,在社会科学研究中,这种方法作为参数估计的一种途径,直到最近才得以普及。最大似然估计法系统地寻找潜在的不同总体值,基于样本观测值,最终选定被认为最可能接近真实值(有最大似然)的参数估计值。而另一种主要的估计步骤当然是最小二乘回归。因此很有必要对比一下这两种方法。假定一个简单的模型:

$$Y = a + bX + e$$

假定这个模型满足高斯—马尔科夫假设,且误差呈正态分布。在这个例子中,若使用最小二乘法,可以针对总体值 a 和 b 产生最佳线性无偏估计量(BLUE),其估计值与通过最大似然法得到的估计值等价。

然而,就估计值的性质而言,最小二乘法有时就不如

最大似然法那样有效了。例如,在处理二分因变量时(例如投票行为,当一个受访者回答“是”的时候得 1 分,回答“不是”的时候得 0 分),最小二乘法就不那么有效了,误差项也不能呈正态分布了。但是由最大似然法估计的 logit 模型可以提供一个渐近、有效并且一致的估计,而且这个估计可以被应用到大量的实验当中。的确,在最小二乘法无效的情况下,最大似然估计的主要优势就在于能够(在大样本的情况下)给出一个一致并且渐近、有效的估计量。

因为最大似然估计法是一个普遍适用的估计过程,所以在我们的很多系列著述中已经出现过[例如德马里斯(Demaris)最新的论文,《logit 模型:实际应用》,第 86 号(*Logit Modeling: Practical Applications*, No.86)]。然而,直到现在,我们仍然没有专门的书籍讨论这个内容。在这本入门读物中,伊莱亚森(Eliason)教授提醒读者,除了正态分布外还有很多重要的连续分布。例如,在一个巧妙的图形当中,他运用了伽马分布(指数和卡方的母型)来协助对密度函数核心概念的理解。他也展示了最大似然法在提供一个全局模型策略时融合简单线性和复杂非线性模型的能力。他阐明了在处理劳动力市场数据时应对不同情形的策略(如美国的工资分配,如果只考虑正值,它近似于一个伽马分布)。伊莱亚森教授也进一步讨论了不同的最大似然统计:似然比检验(likelihood ratio test),针对具体参数的 z 检验(z test),沃德检验(Wald test),以及

基于熵的相关测量值 R 。

伊莱亚森教授严谨地提出了最大似然估计的操作步骤,包括借助电脑执行的高斯程序所提供的有效细节来选择关键的初始值。在第3章的结尾,他机敏地说道:“最大似然估计法的发现,在某些时候与其说是科学上的,不如说是艺术上的。”在这本早应出现的入门读物中,他帮助读者同时欣赏最大似然法这两方面的魅力。

迈克尔·S.刘易斯—贝克

目 录

序	1
第 1 章 导语：最大似然法的逻辑	1
第 1 节 背景和前言	4
第 2 节 最大似然法则	11
第 3 节 估计量的理想性质	25
第 2 章 使用最大似然法的广义建模框架	31
第 1 节 正态概率密度函数模型	37
第 2 节 简单的 Z 检验和置信区间：同方差正态概率 密度函数模型	39
第 3 节 似然比检验：异方差正态概率密度函数模型	43
第 4 节 沃德检验	52
第 5 节 最大似然模型的一个广义关联度量	54
第 3 章 基本估计方法介绍	61
第 1 节 得分向量、海塞矩阵和最大似然估计量的 抽样分布	62
第 2 节 迭代过程和更新方法	66

第 4 章	更多实证案例	75
第 1 节	伽马概率密度函数模型	77
第 2 节	多项式概率函数模型	85
第 3 节	双变量正态概率密度函数模型	91
第 5 章	其他似然	101
第 1 节	截断正态概率密度函数模型	103
第 2 节	对数正态分布模型	108
第 6 章	结论	111
附录		113
注释		133
参考文献		134
译名对照表		137

第 **1** 章

导语：最大似然法的逻辑

定量社会科学研究丛书(QASS)的读者会发现这本著作同这一系列丛书中的大部分有些不同。为什么?最大似然估计及其原理,涉及的是在模型中获得估计值的规则,而非构建模型本身的规则。因此关于最大似然估计的著述将会不同于对数线性模型或回归模型。因为后者更注重建模,而前者的重点在于获得模型中估计量的规则。对最大似然法的讨论类似于研究如何获取一些线性模型中的普通最小二乘或广义最小二乘,而非如何建模。然而,当它打开那些其他大多数方法无法打开的建模之门时,我们发现,最大似然法的逻辑也包含了极其灵活且令人兴奋的一般建模策略。

如同我下面所要展示的,正态误差回归模型是供研究者使用的最大似然框架的众多模型之一。为了将最大似然估计的基本逻辑同实践相结合,我提出了一个使用最大似然法工具的泛用模型框架。这个框架提供了一个非常灵活的建模策略,适用于从最简单的线性模型——诸如正

态误差回归——到最复杂的、用非正态分布连接一系列内生和外生变量的非线性模型。这个方法和金(King)1989年的方法相似。若需了解扩展到社会科学领域内的最大似然法的更多应用,请参考金(King, 1989),克拉默(Cramer, 1986),雨宫健(Amemiya, 1985)和马德拉(Maddala, 1983)的文章。

在介绍最大似然框架提供给我们的一般建模策略之前,我在本章中首先会提供一些必要的背景术语和准备工作。之后我会讨论最大似然估计的潜在逻辑,并给出两个简单的例子来阐述寻找最大似然估计量和估计值的一般技巧。我用一个对估计量(包括最大似然估计量)理想性质的讨论来结束本章。

在第2章,我会描述一个应用最大似然法逻辑的泛用建模框架。我会阐述这个框架,介绍使用正态分布的有效推理工具。介绍使用正态分布的框架有助于扩展正态误差回归模型。在第3章,我将会讨论一些寻找最大似然解的基本方法。这一章也会讲到最大似然估计协方差矩阵的一般形式和最大似然估计值的抽样分布。在接下来的第4章,我会提出从正态分布到其他有用分布更多的实证例子。最后,第5章梳理了前一章中没有提到的一些有用的似然法。

第 1 节 | 背景和前言

随机变量是指能够描绘可观测结果值的实值函数。例如,对于一个变量 Y , 如果一个人失业了, 那么 $Y = 1$, 如果一个人没有失业, 那么 $Y = 0$, 则这个 Y 就是随机变量。随机变量也可以定义为与一个个体在一系列社会阶层中的位置有关的整数。这两个随机变量都是离散随机变量的例证, 它们要么是有限值, 要么是可数的无限值。

另一方面, 一个连续随机变量可以取实数轴上无限多的可能值。例如, 一个选定个体实际年龄的随机变量可以被看作是连续的随机变量。其他连续随机变量的例子包含一些报酬类型, 比如劳工市场的工资。按照惯例, 随机变量用一个大写罗马字母来表示, 其相应的小写字母则表示源于随机变量的实际观察值。

与随机变量相关的每一个可能结果都有一个相应的发生概率。这个概率可以写作一个函数, 使得随机变量值域中的每一个值都对应一个相应的发生概率。这个函数