



格致方法·定量研究系列 吴晓刚 主编

蒙特卡罗模拟

[美] 克里斯托弗·Z.穆尼 (Christopher Z. Mooney) 著
贺光烨 译 范新光 张柏杨 闵尊涛 校

- ★ 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

66

格致方法・定量 メソッド・クアリタティブ 入門 入門 上巻

蒙特卡罗模拟

[美] 克里斯托弗·Z.穆尼(Christopher Z. Mooney) 著
贺光烨 译 范新光 张柏杨 闵尊涛 校

SAGE Publications, Inc.

格致出版社  上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

蒙特卡罗模拟/(美)克里斯托弗·Z.穆尼著;贺光烨译. —上海:格致出版社;上海人民出版社, 2018.5

(格致方法·定量研究系列)

ISBN 978-7-5432-2846-7

I. ①蒙… II. ①克… ②贺… III. ①蒙特卡罗法
IV. ①0242.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 044089 号

责任编辑 贺俊逸

格致方法·定量研究系列

蒙特卡罗模拟

[美]克里斯托弗·Z.穆尼 著

贺光烨 译 范新光 张柏杨 闵尊涛 校

出 版 格致出版社

上海人民出版社

(200001 上海福建中路 193 号)

发 行 上海人民出版社发行中心

印 刷 浙江临安曙光印务有限公司

开 本 920×1168 1/32

印 张 5.75

字 数 97,000

版 次 2018 年 5 月第 1 版

印 次 2018 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5432-2846-7/C·191

定 价 35.00 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

经典参数统计推断告诉我们,当满足必要假设时,世界是如何运作的。因此,在对一组社会观测值进行回归分析时,假设 X 的斜率统计显著且为 BLUE(best linear unbiased estimator,最佳线性无偏估计),那么我们就对因变量 Y 如何随单位 X 的变化而变化有一个明确的预测。但是当通常统计推断所需条件无法满足时,情况又会如何呢?比如,误差项存在异方差(heteroskedastic),即误差项与自变量相关或者有偏斜。若给定了这些条件,而条件无法被满足时,普通最小二乘法(OLS)回归所得出的结论则会有严重的误导性。这时,我们所得的回归结果其实仅是想象而已。

然而,当违背了特定回归假设或存在违反假设风险的时候,蒙特卡罗模拟就可派上用场。例如,它允许多种参数估计分布——均匀(uniform)分布、帕累托(Pareto)分布、

指数(exponential)分布、正态(normal)分布、对数正态(log-normal)分布、卡方(chi-square)分布、学生 t (student's t) 分布、混合(mixture)分布或贝塔(beta)分布。除了对单一方程 OLS 结果进行检验外,蒙特卡罗模拟还可用于比较多方程系统的估计量,例如,到底要用到二阶估计还是三阶估计。此外,它还可用于学习那些可通过简单计算得出,然而其统计推断却鲜有人知的重要统计量,例如,中位数或绝对平均偏差。

除此以外,穆尼教授还解释了蒙特卡罗模拟的逻辑。在这里,研究者感兴趣的总体是可以被模拟出来的。我们可通过虚拟总体(pseudo-population)重复抽取随机样本,那么所关注的统计量可以通过每个虚拟样本(pseudo-sample)计算出。通过观察该统计量的分布我们还可对统计量行为有一定了解。尽管过程的逻辑简单,实际操作却不然。这里,作者的一个重大贡献即是详细阐明了计算机算法的预备,提及了相较于标准统计软件包,高斯(GAUSS)代码执行蒙特卡罗模拟的特殊优势。幸运的是,讨论部分运用了一些研究范例。其中一个例子基于某政治学家就议员对政府业务监管的态度进行模拟真实数据时,表示了对 OLS 估计质量的担心。另一个例子为通过模拟仿真来研究所构建社团指标的行为。

蒙特卡罗模拟是一个高度计算机密集型作业。复杂的模型运行起来会占用大量的时间,有些甚至需要几天。

除了模型的复杂性,这也部分是因为试验的数量所致。现今计算机模拟通常可以达到 25 000 次试验。穆尼教授指出,计算机模拟也时常会出错,且一旦出错所付出的代价会非常昂贵。因此,在运用该方法前,他建议研究者要对研究的社会过程有所了解,工作时一步步做细做实,并时常检查错误。尽管虚心听取意见小心谨慎面对问题很重要,但在统计前沿上的开拓创新的重要性远大于此。

迈克尔·S.刘易斯-贝克

致 谢

该书是我在欧盟为埃塞克斯郡社会研究院教授数据分析及收集的暑期班课程——“非参数推论”准备的讲稿。我要感谢暑期班负责人埃里克·塔尼鲍姆(Eric Tanenbaum)对这门课的支持,还有我的学生们,感谢他们一直以来的投入与努力。同时,我还要感谢鲍勃·杜瓦尔(Bob Duval)、格雷·金(Gary King)、休·沃德(Hugh Ward)、布鲁斯·沃顿(Bruce Worton)以及匿名评审人在阅读我早期手稿时提供了重要建议;还有尼尔·贝克(Neal Beck)和乔纳森·卡茨(Jonathan Katz)允许我使用他们的蒙特卡罗模拟结果,布拉克·萨尔托格鲁(Burak Saltoglu)对项目早期的助研工作,英国社会科学院的财政支持以及 Aptech 系统对高斯代码的赠阅。此外,我将此书献给劳拉(Laura)、埃里森(Allison)和查利(Charlie),是他们时刻提醒我现实生活远比模拟世界美好。

目 录

序	1
致谢	1
第 1 章 简介	1
第 1 节 蒙特卡罗原理	6
第 2 章 从虚拟总体中生成个体样本	9
第 1 节 设定生成虚拟总体的计算机算法	11
第 2 节 生成单个随机变量	14
第 3 节 生成随机变量的组合	62
第 3 章 在蒙特卡罗模拟中运用虚体总体	73
第 1 节 一个完整虚拟总体算法的例子	75
第 2 节 生成蒙特卡罗估计向量	80
第 3 节 生成多个实验	85
第 4 节 我们要保留试验中的哪一个统计量?	87
第 5 节 我们要进行多少次试验?	90
第 6 节 评估抽样分布的蒙特卡罗估计	93
第 4 章 蒙特卡罗模拟在社会科学中的运用	103
第 1 节 当估计量弱统计理论存在时的统计推论	105

第 2 节	在多种可能条件下检验零假设	115
第 3 节	评估推论方法的质量	123
第 4 节	评估参数推断稳健性以检验违反假设	132
第 5 节	比较估计量的属性	142
第 5 章 结论		149
注释		154
参考文献		156
译名对照表		161

第 1 章

简介

社会科学家借助统计分析,使用测量变量对相关社会现象进行描述和推论,即通过观测数据得出的估计量 $\hat{\theta}$ 来估计一个社会特征量 θ 。因基于数据的具体数学算法是由分析数学发展出来的,从而所得估计量可满足无偏、有效及一致这些重要、直观的标准。以高斯(Gauss)分布及拉普拉斯(Laplace)分布为例,理论证明若从总体中随机抽取 n 个个案,然后对观测变量 x 的数值进行加和再除以 n ,则可得到对总体中变量 x 集中趋势的良好估计。

然而,这个数学理论大部分是有条件的。例如,多数社会科学专业研究生二年级的学生知道,要得到普通最小二乘回归斜率的无偏有效估计,总体关系需要满足许多条件。若这些条件无法得到满足,则分析数学无法提供有关随机样本统计量属性及行为的信息。此外,许多潜在有用但尚未被充分挖掘的数学统计量仍然可能存在。比如,随机样本中样本中位数的差异如何表现(例如, Groseclose, 1994)? 是无偏的? 是一致的? 这些开放式问题使得社会

科学家出于他或她理解估计量的目的,单单依靠分析数学来使用该统计量以及许多其他在不断发展中的统计量,变得不切实际。

统计量行为估计的核心是抽样分布,即,随机样本中统计量的取值范围可以从一个给定总体以及与其取值相关的概率的随机样本中获得(Mohr, 1990:18—19)。统计量的偏差可以通过检验其抽样分布的期望值得到,而统计量的有效性则可以通过其变异性及函数形式进行估计,这些对总体参数的评估至关重要。统计量的分析评估是基于抽样分布理论发展出来的,然而当数学理论所需条件无法得到满足,或对于他或她希望使用的统计量缺乏强大理论依据时,社会科学家应该怎么做呢?

蒙特卡罗模拟提供了一种可替代分析数学的方式来帮助研究者理解统计量的抽样分布并评估其在随机样本中的行为。蒙特卡罗模拟在实证角度通过对仿真数据构建的总体中抽取的随机样本进行分析,来追踪统计量的行为。其基本思想非常直接:如果一个统计量的抽样分布是给定总体取值的密度函数,那么该估计是由总体抽取的多个样本中实际观测到的统计量取值的相对频数分布。因为对于社会科学家来说,对实际样本进行多次取样很难实现,所以我们使用人工生成的根据相关条件来模拟真实情况的数据。当前高速发展的计算机技术已使得该方法在历史上首次被广为应用。