

现代外国统计学优秀著作译丛

方差估计引论

INTRODUCTION TO
VARIANCE ESTIMATION

[美] Kirk M. Wolter 著

王吉利
李 毅 主译

冯士雍
邹国华 审校

中国统计出版社

现代外国统计学优秀著作译丛

方差估计引论

[美] Kirk M. Wolter 著

王吉利 李 毅 主译

冯士雍 邹国华



中国统计出版社

(京)新登字 041 号

图书在版编目(CIP)数据

方差估计引论/(美)科克·沃尔特(Kirk M. Wolter)著;
王吉利,李毅主译. — 北京:中国统计出版社, 1998.6

(现代外国统计学优秀著作译丛)

书名原文:Introduction to Variance Estimation

ISBN 7-5037-2695-4

I. 方

II. ①沃… ②王… ③李…

III. 方差—估计

IV. O211.67

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 07874 号

著作权合同登记:图字 01-97-0564

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 16.375 印张 41 万字

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月北京第 1 次印刷

印数:1-4000 册

*

定价:33.50 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：

刁锦襄 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

中文版序言

1995年12月,中华人民共和国国家统计局统计教育中心主任王吉利访问了我在芝加哥国民意向调查研究中心的办公室。我们讨论了抽样调查和中国统计教育的发展。在王吉利的支持下,李毅在芝加哥大学完成了1995~1996年度的学习,获得了统计学硕士学位,并在国民意向调查研究中心(NORC)参加了各种大型调查项目的工作。在这期间,王吉利和李毅产生了把《方差估计引论》一书翻译为中文出版的想法。我和李毅是在芝加哥认识的。

《方差估计引论》第一次出版时,我一直在华盛顿D. C. 的美国普查局工作。后来我两次调换了工作。现在我是芝加哥大学统计系的教授,NORC主管统计与方法的高级副总裁。

《方差估计引论》的英文版是在1985年出版的,它对中国统计学者并不陌生。以这本书作为基础,我在中华人民共和国讲过两次短期课程。1986年当我还在美国普查局工作时,在上海财经大学做过一次为期半天的关于方差估计的讲学。后来,弗勒(Wayne Fuller)和布雷特(Jay Breidt),他们俩都在艾荷华州立大学(Ames)任教,和我一起做了一个两天的关于方差估计方法和软件的讲座。这个讲座由国际调查统计学家学会主办,于1995年在第50届国际统计学会大会前夕在北京中国人民大学举行。

本书中文版与原英文版的内容基本上是一样的。但是,中文版更正了在英文版中发现的许多打印错误,并给了一个全新的附录E“关于方差估计的计算机软件”。因为从本书出版到现在,微机发生了巨大的革命,相应的软件也有了显著的变化和发展,因此更新附录E是非常必要的。虽然本书的其他部分没有更新,我认

为它仍然反映了当今实际调查中所使用的主要方法。和 1985 年的版本一样,著名的自助法(Bootstrap)仍然被省略了。自 80 年代早期以来,这个方法引起了广泛的兴趣和注意,统计学家们积极发展了它的理论。尽管如此,根据我的经验,这个方法要能应用于大型抽样调查还需做许多工作。

国家统计局的王吉利、李毅、张勇、于祥和李宝慧很好地完成了本书的翻译。我非常感激他们的工作。我能想象把一本技术性很强的书从英文翻译为中文是多么困难。我也十分感谢中国科学院系统科学研究所冯士雍教授,他认真阅读了译文并提出了许多建设性的建议。

通过王吉利、李毅和许多其他人的介绍,我知道抽样调查在中国正在兴起。为了促进中国的经济增长,抽样调查正被用于收集重要的信息。我希望本书能对改进调查数据的分析质量从而对中国的政策制定和商业决策有所贡献。

科克 M. 沃尔特
于国民意向调查研究中心和芝加哥大学
1998 年 1 月 6 日

译者序

估计量的方差是衡量抽样调查的精度的重要标准,也是对调查资料进行统计分析的一个重要指标。对方差进行控制与估计,是抽样设计、抽样调查的组织与实施、调查指标的估计与分析等环节中要考虑的一个核心问题。目前在我国出版的抽样调查著作,大多比较注重调查指标如均值、总量等的估计,较系统地介绍方差,特别是复杂抽样情况下方差估计的著作还比较少。而一般教科书中介绍的针对某一特殊抽样的方差估计方法,又不能直接应用于复杂抽样的方差估计问题。由科克·沃尔特(Kirk M. Wolter)教授所著的《方差估计引论》一书,较详细地论述了现代复杂抽样的方差估计方法。本书作者是国际知名的抽样调查专家,他长期在美国普查局、世界上最大的市场调查研究公司 A. C. Nielsen 和著名的芝加哥国民意向调查研究中心(National Opinion Research Center, 简称 NORC)等统计机构从事抽样调查的设计、组织实施及数据分析等工作,1997年起担任国际调查统计学家学会(IASS)的主席。他有着丰富的抽样调查实践经验,十分了解实际调查统计工作者在抽样设计和方差估计等方面的困难和需要,因此本书的选材避开了复杂的理论推导,从实用的角度介绍了方差估计的随机组方法、平衡半样本方法、刀切法、广义方差函数法、泰勒级数方法和适用于系统抽样设计的方差估计方法,并对什么情况下该用哪种方法进行了概括与总结。这是本书的特点之一。

本书的另一个显著特点是,紧密结合各种方差估计方法的讲解,详细论述了美国普查局所做的十余个大型抽样调查的抽样设计方案及方差的计算方法,如人口现状调查、零售贸易调查、交通

状况调查、消费者支出调查、健康状况调查等等,可以弥补目前我国抽样调查教科书中好的实际抽样案例不多的不足,读者也可从中了解美国抽样调查应用工作的一般情况。随着抽样调查在我国得到越来越广泛的应用,我们相信本书中文本的出版,对推动我国抽样调查理论研究和实际应用的深入发展有着重要的意义。

本书的翻译工作由国家统计局统计教育中心有关同志负责,王吉利同志为主译,具体分工如下:王吉利翻译了前言、目录和第一章,张勇完成了第二章和附录A、B,于祥负责第三章,李宝慧译了第四章,李毅翻译了第五、六、七、八章和附录C、D、E,最后由王吉利、李毅对各章译文进行了修改和统稿。需要说明的是:(1)翻译工作得到了沃尔特教授的鼓励和支持,他为本书专门写了中文版序,帮助核实和修改了原书中的某些印刷错误。特别是他考虑到用于方差估计的计算机软件近年来有了很大的发展,原书附录E所介绍的关于方差估计软件的内容已经过时,为了让中国统计学者和实际工作者系统了解方差估计软件的最新发展情况,他专门为本书中文版写了新的附录E。(2)本书涉及较多的专业术语,有的目前国内还没有统一的译法,这给翻译工作带来一些困难。我们在翻译过程中首先参考了国家技术监督局发布的中华人民共和国国家标准《统计学术语》,对该标准中未列入的术语则反复征求了有关专家的意见,力求做到准确、规范。例如:“replication”译为“重复”;“balanced repeated replication”中的“repeat”和“replication”都有“重复”的意思,因而将这个术语简单地译为“平衡重复”;“accuracy”本应译为“准确度”,但因为原书中的多数“accuracy”实际上都包含有“精度”(precision)的意思,因而我们按其实际意义译为“精度”;“range”过去多译为“全距”,这里我们译为较规范的“极差”。类似的情况还有一些,这里不一一列举。(3)为了便于国内读者阅读及查找参考文献,本书中所有人名都按音译为中文,对于指明参考文献的人名则用括号附原文及文献出版年份。例如:“耶茨(Yates) (1949)”指耶茨(Yates)于1949

年发表的文献。(4)值得读者重视的是,本书中介绍的随机组方法、平衡半样本方法、刀切法并不仅仅是只能用于方差估计的方法,而且是可用于对调查数据进行深层次统计分析的非常实用的技术。另外,系统抽样方法在我国的应用很广,本书第七章详细介绍了系统抽样设计与方差估计方法及它们的适用条件。这一章是独立的,可以直接阅读。

中国科学院系统科学研究所冯士雍研究员和邹国华博士对本书译文进行了认真审阅。他们以严谨的学风和精深的专业知识提出了许多建设性的意见,使本书译文增色不少,我们对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本书适合大、中专院校统计教师和高年级本科生、研究生阅读,对实际抽样调查工作者也是一本好的参考书。虽然我们在翻译过程中作了很大的努力,但由于水平所限,书中缺点、错误在所难免,欢迎读者批评指正。

译 者

1998年3月

前 言

本书是为那些面临着要解决大型复杂的抽样调查进行方差估计问题的统计人员写的。就一般的调查统计人员而言,许多重要的方差估计技术一直比较难以接触。现有的关于方差估计的文献非常零散,而且大多十分理论化。到现在为止,还没有一本就各种方差估计方法提供实用性建议的专门论著。70年代末期我着手写作本书时,很明显地需要这一领域中的一本专门参考书。

在完成了本书早期的初稿以后,我在美国普查局做过一次有关方差估计的简短讲座。以后,这一初稿又成为由华盛顿统计学会组织华盛顿特区统计人员参加的另一讲座的基础。1979年秋天开始,我在乔治·华盛顿大学的一门为期一个学期的关于方差估计的研究生课程上使用了快要成形的书。华盛顿大学的这些班主要是由工作在联邦政府各个部门的数理统计人员和统计专业的研究生组成。学习该课程的先决条件是一年的具有研究生水平的数理统计课程,加上抽样调查理论与实践方面的正规课程或者等同样的工作经历。尽管这些学生的背景、兴趣和需求各不相同,但他们在把各种方差估计技术应用于实际调查数据方面有共同的兴趣。

1980年夏天,我对本书初稿进行了较大的修改。同年8月,以这一初稿为基础,我在德克萨斯州休斯敦市召开的美国统计学会的会议上,向大约100名统计人员做了一次简短的讲座。在这次讲座中,我得到了戴维·查普曼(David W. Chapman)和约瑟夫·塞得瑞斯克(Joseph Sedransk)的协助。1983年2月,我对书稿做了进一步的修改,并且在海牙荷兰中央统计局做了一次

为期一个星期的有关方差估计的讲座。然后,我在华盛顿大学继续断断续续地进行为期一学期的讲座。

本书在编排上,同时强调各种方差估计技术的理论和应用。每种技术在单独的一章中讲述,并且每一章被划分成若干主要部分。每章的开篇部分讲述特定的方差估计方法的理论与思路。结果一般以定理的形式给出,其推导过程在不太重要或能够找到相应参考书时被省略。每章的后面部分是实例,把特定的技术应用于(或修改应用于)实际调查。这种编排方式的目的在于向学生提供方差估计方法的牢固的技术理解;鼓励他们对各种技术作进一步的研究,特别是在他们把这些技术应用于大型复杂的调查中的时候;同时也为那些在利用实际调查资料估计方差时遇到困难的调查研究者提供一个方便的参考。

按照论述的顺序,本书内容如下:

1. 导论
2. 随机组方法
3. 基于平衡半样本的方差估计
4. 刀切法
5. 广义方差函数
6. 泰勒级数法
7. 系统抽样的方差估计
8. 复杂调查方差估计方法总结

附录 A. 阿达玛矩阵

附录 B. 方差估计量的渐近理论

附录 C. 数据变换

附录 D. 计量误差对方差估计的影响

附录 E. 方差估计的计算机软件

第 2、3、4 章密切相关,每一章所讨论的是一种不同的技术,这些技术都属于同一类,是从若干个“重复”中的每一个都产生一个估计量,并且通过计算这些重复的估计值之间的差异来估计方

差。附录 A 列出了在平衡半样本法(第 3 章)中要用到的正交矩阵(数学中称为阿达玛矩阵)。在许多场合下,在这种重复类方法中使用数据变换是非常重要的,这一点在附录 C 加以讨论。

有时,有可能把方差看作是特定简单总体参数的函数。此类模型,我们称之为广义方差函数,这将在第 5 章中讨论。第 6 章介绍通过局部线性近似进行方差估计的方法。有关系统抽样的方差估计的重要内容在第 7 章中讨论。

附录 B 提供了重复方法和泰勒级数法的渐近理论基础。计量或回答误差对方差计算的影响在附录 D 中讨论。有关方差计算的软件在本书结尾部分即附录 E 中讨论。

从我开始写作本书时起,方差估计的自助法(Bootstrap)已经出现并引起了极大的关注,尤其是理论统计学家对此非常重视。这是一种新的和具有吸引力的方法,在将来可能非常有前途。然而,它对抽样调查问题的效用还不确定,因此我没有把自助法写进这一版书中。目前,众多研究者正在修改自助法的基本原则以适应有限总体抽样的问题。到目前为止,据我所知,自助法在复杂调查数据中的应用方面并没有取得成功。但是,我会密切关注这一领域的发展,并且,一旦理论和应用得到成功的解决,我会在本书的下一版中增加一章来讲述自助法。

本书所采用的推断方法与抽样调查中的随机理论一样,推断主要根据通过调查设计而产生的样本分布进行。我既不从预测理论观点、也不从贝叶斯观点来讨论方差估计。我不止一次地采用超级总体模型,但这仅仅是作为在可供选用的抽样方案中进行选择的一种指南,而绝非推断的基础。

巴巴拉·贝勒(Barbara Bailer)对本书的写作以及随后基于本书的讲座给予了最初的鼓励,在此表示诚挚的谢意。我要感谢卡里·艾萨基(Cary Isaki)对第 7.6~7.9 节的贡献和大卫·查普曼(David E. Chapman)对第 5.6 节和第 7.6~7.9 节的建议。我要对许多为实例提供数据的人们表示感谢,包括爱得华兹·戴明(W.

Edwards Deming), 本·泰平(Ben Tepping), 凯西·迪波(Cathy Dippo)和德怀特·布罗克(Dwight Brock)。我还对以下的人表示感谢: 在第5章中的人口现状调查例子给以合作的拉里·卡洪(Larry Cahoon); 阅读和评价附录B的丹·克鲁斯基(Dan Krewski); 帮助准备附录E的菲尔·史密斯(Phil Smith)和乔·塞德瑞斯克(Joe Sedransk); 阅读和评价附录D的Colm O' Muirheartaigh 和保罗·拜尔姆(Paul Biemer); 特别是在附录C给以合作和对初稿全文进行审阅的玛丽·莫雷·里甘(Mary Mulry Liggan)。丽莲·普瑞西(Lillian Principe)在珍妮·奥斯特莎(Jeanne Ostenso)的帮助下打出了整个原稿, 我对她们细心和勤奋的工作表示感谢。

科克·M·沃尔特

目 录

前言

1 导论	(1)
1.1 方差估计的主题	(1)
1.2 本书的内容和结构	(5)
1.3 记号和基本定义	(7)
1.4 标准抽样设计和估计量	(13)
1.5 线性估计量	(19)
2 随机组方法	(22)
2.1 概论	(22)
2.2 独立随机组的情况	(23)
2.3 例子: AAA 汽车旅馆的调查	(30)
2.4 不独立随机组的情况	(35)
2.5 折迭层估计量	(56)
2.6 方差的随机组估计量的稳定性	(65)
2.7 基于顺序统计量的估计	(83)
2.8 与严格原则的偏离	(99)
2.9 对线性估计量 $\hat{\theta} = \hat{\theta}$ 的条件	(102)
2.10 例子: 零售贸易调查	(105)
2.11 例子: 1972~1973 年度消费者支出调查	(113)
2.12 例子: 1972 年商品运输调查	(125)
3 基于平衡半样本的方差估计	(132)
3.1 概论	(132)

3.2	对基本方法的描述	(133)
3.3	多阶段设计中的应用	(139)
3.4	对非线性估计量的应用	(142)
3.5	不放回抽样	(146)
3.6	部分平衡	(151)
3.7	把半样本重复推广到 $n_h \neq 2$ 的情况	(158)
3.8	其他发展	(172)
3.9	例子: 南方铁路系统调查	(173)
3.10	例子: 健康检查调查 (第二轮)	(178)
4	刀切法	(187)
4.1	概论	(187)
4.2	一些基本的无限总体的方法	(188)
4.3	有限总体中的基本应用	(202)
4.4	在非线性估计量中的应用	(210)
4.5	分层抽样中的应用	(215)
4.6	应用于整群抽样	(226)
4.7	例子: 方法检验调查	(229)
4.8	例子: 美国人口数量的估计	(239)
5	广义方差函数	(246)
5.1	概论	(246)
5.2	模型选择	(247)
5.3	模型估计前的项目分组	(251)
5.4	模型拟合方法	(252)
5.5	例子: 人口现状调查	(255)
5.6	例子: 学校职工调查	(266)
6	泰勒级数法	(270)
6.1	概论	(270)
6.2	无限总体中的线性近似	(271)
6.3	有限总体中的线性近似	(274)
6.4	一种特殊情况	(279)
6.5	一种计算方法	(280)