

应用抽样方法

黄良文 吴国培 编著



中国统计出版社

应用抽样方法

黄良文 吴国培 编著

中国统计出版社

应用抽样方法

YINGYONG CHOUYANG FANGFA

黄良文 吴国培 编著

*

中国统计出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京顺义振华印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 13.375印张 32万字
1991年7月第1版 1991年7月北京第1次印刷
印数: 1—3,000

ISBN 7-5037-0424-1/C · 228

定价:12.00元

前 言

抽样法是现代统计学的基础。统计推断、估计、检验以及统计决策等理论都是在概率抽样的基础上发展起来的。它在社会生产实践中的应用也日益广泛,不论政府统计、科学研究、企业管理以及民意测验等等,世界各国都普遍用它作为调查研究和统计分析的手段。

我国抽样调查起步也不晚,到目前已有二三十年的历史,积累了许多经验。随着我国经济体制改革的不断深入和经济管理的不断加强,各级经济调控部门既要引导微观搞活,更要强化宏观调控,从而对于社会经济信息的要求越来越高,不但要求丰富、准确,而且要求迅速、全面。这就使得统计抽样方法更加显示出它的广阔用武之地。国家建立专业性的抽样组织系统,作为搜集社会经济信息的重要渠道,而各部门、各地区也都推广应用抽样方法,从而使抽样方法成为我国统计常规武器的一种。在此形势下,广大统计工作者迫切希望能够在自己实践的基础上掌握更多的抽样方法,提高理论认识;同时对已在实际中应用的方法进行改进和提高。广大财经管理院校师生也热切地要求掌握这一方面的知识。为此,我们编写了这本《应用抽样方法》。

本书适应实际工作的需要,比较全面、系统地论述了统计抽样的理论和方法,包括抽样调查和推断的基本原理,各种抽样方法的组织和效果分析,抽样法在社会经济各领域的应用及其发展情况。其重点在于抽样方法及其应用。

在编写中,我们一方面从实际出发,引进适合我国实际的国外抽样方法,同时,特别着重总结了我国自己进行抽样实践的经

验，对我国各部门抽样历史沿革和现状发展都作了比较详细的介绍，使抽样方法带有中国的特色。我们这样做的目的不仅在于使读者更好地掌握各种抽样方法的历史背景，而且也是为了使读者对我国的抽样工作有一个系统的了解，为进行国际交流提供有用的材料。

本书是为社会经济统计工作者和科研工作者而写的，不论是理论阐述，还是设例说明，都是从社会经济角度来考虑的。当然，其基本原理也可以提供自然、技术统计研究参考。书中虽应用了不少数学方法，但数学在这里只是工具手段，是为社会经济统计服务的。对于各种抽样方法首先借助直观说理，再辅以数学推导，最后给出现实例证。因此，对数学不作严格要求，读者也可以根据需要，有所取舍。

本书是我和吴国培同志长期合作的成果。吴国培同志坚持不懈地努力，搜集了大量资料，对问题进行了系统的探讨，为本书打下了基础。书中大部分内容曾多次在统计专业本科和研究生以及师资进修班作为教材讲授，获得多方面的改进充实。在写作过程中得到中国统计出版社的积极支持，在这里深表谢意。

黄良文

1990年春于厦门大学白城

目 录

第一章 抽样方法的意义及其历史发展.....	(1)
第一节 抽样方法的意义和应用.....	(1)
第二节 抽样方法的历史发展.....	(7)
第三节 抽样方法在我国的推广应用.....	(14)
第二章 抽样方法基础.....	(22)
第一节 总体与样本.....	(22)
第二节 样本统计量的抽样分布.....	(28)
第三节 抽样误差.....	(31)
第四节 抽样估计方法.....	(39)
第五节 抽样设计的效果评价.....	(42)
第三章 简单随机抽样.....	(48)
第一节 概述.....	(48)
第二节 抽样平均数及其误差.....	(52)
第三节 抽样成数及其误差.....	(61)
第四节 样本容量设计.....	(64)
第五节 样本设计的进一步探讨.....	(67)
第六节 子总体估计.....	(71)
第四章 分层抽样.....	(77)
第一节 概述.....	(77)

第二节	样本平均数与抽样误差	(81)
第三节	样本单位数设计	(86)
第四节	分层抽样的效果分析	(92)
第五节	进一步讨论的问题	(98)
第六节	多目标分层抽样	(104)
第七节	事后分层抽样	(107)

第五章 等距抽样.....(113)

第一节	概述	(113)
第二节	等距抽样估计方法	(120)
第三节	抽样误差的各种计算式	(123)
第四节	等距抽样效果分析	(128)
第五节	不同序列类型的等距抽样问题研究	(135)
第六节	交叉样本在等距抽样中的应用	(145)

第六章 整群抽样.....(148)

第一节	概述	(148)
第二节	等群抽样估计方法	(149)
第三节	不等群抽样估计方法	(153)
第四节	确定样本群数	(161)
第五节	整群抽样效果分析	(166)

第七章 比抽样估计.....(171)

第一节	概述	(171)
第二节	总体平均数的比估计	(176)
第三节	总体总值和比率的比估计	(184)
第四节	分层比抽样估计	(192)

第八章 回归抽样估计	(201)
第一节 概述	(201)
第二节 回归抽样估计方法	(204)
第三节 回归抽样效果分析	(212)
第四节 分层回归抽样估计	(219)
第九章 二重抽样	(223)
第一节 概述	(223)
第二节 二重分层抽样	(225)
第三节 二重比率抽样	(230)
第四节 二重回归抽样	(236)
第十章 二阶及多阶抽样	(242)
第一节 概述	(242)
第二节 二阶抽样估计方法(一)	(244)
第三节 二阶抽样估计方法(二)	(253)
第四节 二阶分层抽样	(261)
第五节 三阶抽样估计方法	(266)
第十一章 不等概抽样	(272)
第一节 概述	(272)
第二节 重复的不等概抽样	(275)
第三节 不等概整群抽样	(281)
第四节 不等概二阶抽样	(288)
第五节 不重复的不等概抽样	(293)
第十二章 农产量抽样调查	(296)
第一节 我国农产量抽样调查的沿革	(296)

第二节	我国农产量抽样调查的方法·····	(302)
第三节	我国农产量抽样若干问题探讨·····	(309)
第十三章	居民家计调查·····	(317)
第一节	我国居民家计抽样调查的沿革·····	(317)
第二节	我国居民家计调查的方法·····	(324)
第三节	家计调查设计问题的研究·····	(330)
第十四章	人口抽样调查·····	(336)
第一节	我国人口抽样调查概况·····	(336)
第二节	人口变动抽样调查方法·····	(342)
第三节	人口专题抽样调查·····	(350)
第四节	台湾人口抽样调查的一些做法·····	(356)
第十五章	工业生产过程抽样控制·····	(361)
第一节	概述·····	(361)
第二节	抽样控制图的基本原理·····	(363)
第三节	常用的几种控制图·····	(367)
第四节	控制图的观察与分析·····	(387)
第十六章	产品质量抽样验收·····	(389)
第一节	概述·····	(389)
第二节	计件的一次抽样方案·····	(393)
第三节	计件的二次抽样方案·····	(408)
参考文献	·····	(416)

第一章 抽样方法的意义 及其历史发展

第一节 抽样方法的意义和应用

抽样方法是现代统计学的重要组成部分。它既是统计调查的方法，又是统计分析的方法，并将两者有机地结合起来，形成一种崭新的、强有力的认识方法，为世界各国所广泛采用。

政府统计中的普查和定期报表，只适于对基本国势（国情、国力等）的调查，而其他大量的社会经济调查，则都要运用抽样调查方法。例如，企业公司考察市场变化，只能运用抽样调查；民意机关、群众团体的社会调查和民意测验，也必须运用抽样调查。此外，在自然科学领域，对自然环境、生物生态等的调查，乃至在试验室中所进行的科学试验等等，都离不开抽样方法。

当今，抽样方法的应用范围还在不断扩大，它的原理（包括抽样调查理论和抽样推断理论）已成为统计学中发展最快，而且最为活跃的一个分支；抽样技术所提供的方法，还构成其他应用学科的基础，例如计量经济学，管理会计学等等。

抽样方法的基本精神，就是根据抽样的非全面调查资料，来推断全面的情况。抽样可以是有意抽样，即凭主观认识选择样本；也可以是概率抽样，即按随机原则抽取样本。本书所讨论的抽样方法，是指按随机原则，从全部所研究的对象中抽取一部分单位，进行实际调查，并依据所获得的数据，对全部研究对象的数量特征作出具有一定可靠程度的估计和判断，以达到对现象总体的认识。

抽样方法有如下基本特点：

第一，它是由部分推算整体的一种研究方法。

抽样调查是非全面调查，它只对总体中的部分单位进行观察，所取得的实际数据也是局部的，但研究的目的则在于对全部研究对象的数量特征，如总体的规模、水平和结构等等作出估计。抽样调查一方面是非全面调查，另一方面又要达到对总体数量特征的认识，这一特点使它不同于全面调查，也与其他非全面调查有着显著区别。全面调查如普查、全面报表制度，虽可达到对总体的认识，但却没有非全面调查省时、省力的优越性；其他非全面调查，如典型调查、重点调查，虽然可以省时、省力，但却未必能在数量上推算全体，达到认识总体数量特征的效果。由于抽样调查既能省时、省力，又能达到认识总体数量特征的目的，这就突出了抽样方法的科学价值。例如，根据约万分之五的城镇居民家庭收支，来推算全国上亿户城镇居民家庭的消费水平；根据不及万分之一的农作物收获面积的实际产量，来推算一个县、一个省，乃至全国的农产量；根据约占万分之一的商品和服务的价格，来推算三百多万种生活消费品的价格变动水平；根据重量不超过十分之一克的棉花纤维，来判断上千公斤棉花纤维的强度；根据不到几克重的种籽，来判断成批种籽的发芽率等等。这些都是实际工作中收到明显效果的例子。

第二，抽样方法建立在随机取样的基础上。

遵循随机原则，从全部总体中抽取样本单位，是抽样调查的基本要求，也是抽样推断的基础。

所谓随机原则，首先表现在取样时必须保证总体中每个单位的中选或不中选都不受任何主观因素的影响，单位的抽取既不取决于调查者的爱好愿望，也不决定于被调查者的合作态度，而完全由许多随机因素的实际情况来决定。所谓随机因素，是指在一定条件下，某种因素可能出现，也可能不出现；出现的数量可能多一些，也可能少一些；这些因素都对事件的结果起某些作用，

但都不起决定的作用。在一次试验中，许多因素作用的共同倾向就形成了事件的一种结局。如果把取样的规则和这种结局联系起来，就称为随机原则。

其次，抽样的随机原则必须保证总体中每个单位或每个样本都有相同的中选或不中选的可能性，所以，随机原则也称为同等可能性原则。

为何要坚持随机原则？这是因为，如果总体中每一单位的中选机会都是相等的，那么就有较大的可能性使所抽选的样本保持与总体有相类似的结构，这样样本的代表性就比较大，抽样的误差也就小了。而且，只有在随机原则下，抽样误差的分布才有可能加以描述，因而抽样误差的范围便可以事先加以控制。具体说，可以根据总体标志值的差异程度，从增加样本单位数或改进抽样方法等途径把抽样误差控制在一定范围内，这是其他抽样原则所办不到的。

第三，抽样方法运用不确定的概率估计法。

抽样估计是利用一定的样本数据来推算总体的数量特征，但是，样本数据与总体数量特征之间不存在严格对应的自变量和因变量关系，因而不可能运用数学函数关系建立一定的数学模型，以输入样本的具体观察值来推算总体特征值。抽样估计是运用概率论的原理，研究样本统计量，即样本指标的概率分布，并估计出由具体的样本指标来代表总体指标其误差不超过一定范围的可靠程度究竟有多大，或者说，有多大的置信程度保证样本指标与总体指标之间的离差不超过允许的范围，再根据这一评估的结论，作出取舍的决策。举例说，我们不知道全县的粮食平均亩产是多少，如果抽取一个样本，测算出样本的平均亩产量为 800 公斤，又知道以这个 800 公斤来代表全县的粮食亩产水平，其误差不超过 5 公斤的可能性不低于 90%，或者说，以可靠性不低于 90% 的保证程度断定全县的平均亩产在 795 — 805 公斤之间。如果认为这一可靠性的概率估计可以满足分析工作的要求，我们就直接以

800公斤作为全县粮食亩产水平的代表,否则就要改进抽样组织形式,重新进行抽样,以提高判断的可靠程度。

那么,为何认识总体的数量特征需要应用抽样这一手段呢?这是因为抽样方法有其自身的优越性。

首先是抽样方法的经济性。由于抽样调查的调查单位少,工作量大大减轻,调查、登记和汇总等工作都可以专业化,因而节省人力、物力和费用开支。特别是对于总体范围很大、单位很多、情况很复杂的现象,抽样调查更显出优越性。

其次是抽样方法的时效性。抽样调查组织专业队伍,直接取样,现场观测,减少中间环节,提高时效,特别适宜于时间性要求很强的调查项目。以农产量调查而论,依靠全面报表制度,层层报告,必须等到全面收割完毕,扬净晒干,过秤入库之后,再经过层层计算、过帐、填报、汇总,最后得到数字往往要经过几个月的时间。而采用抽样调查的办法,从取样实割到推算定产,取得数字比全面报表可以提早两三个月,这对于国家安排粮食收购、储运、进出口计划等等都有很大好处。

再次是抽样方法的准确性。由于抽样调查是自上而下组织调查,而不是自下而上层层填报,取样是按随机原则,排除主观因素的影响,使样本有比较高的代表性;抽样误差可以通过科学方法加以控制,达到比较准确的效果。对比全面调查,由于填报单位多,布置和汇总的层次多,失误差错的可能性大,再加上基层核算制度不健全;虚报瞒报现象时有发生,无不影响资料的准确性。因此,抽样方法更显其优越性。

最后是抽样方法的灵活性。抽样调查组织方便灵活,调查项目可多可少,考察范围可大可小,既适用于专题的研究项目,也适宜于经常性的调查。只要需要,随时都可以组织实施。如政策评估、市场信息、民意测验等等,都可以因时因地制宜组织抽样调查。

由于抽样方法的许多优越性,使它在社会经济和科学技术各

个领域的应用日益广泛。

首先,抽样方法能解决全面调查无法解决或很难解决的问题。属于无法全面调查的现象主要有:(1)无限总体的现象。例如气象调查,新工艺、新设备、新材料的功能检查等等。(2)包括未来时间序列的总体。例如生产过程稳定性检查。(3)破坏性的产品质量检验。例如轮胎的里程试验,灯泡的寿命检验,青砖的抗折耐压检查,炮弹的杀伤力试验等等。这些都只能应用抽样方法,对总体作出判断。属于很难全面调查的现象主要包括:(1)有些现象虽然属于有限总体,但由于总体范围过大,单位数很多,进行全面调查实际上是不可能的。如检验水稻的千粒重、水库的鱼苗数、森林的木材积蓄量等等,都很难进行全面调查,而应采用抽样方法。(2)有些现象根据研究任务的要求,没有必要进行全面调查,例如,民意测验等等。(3)有些现象受时间或其他条件的限制,不可能进行全面调查,例如战备物资调查等。这也说明为什么抽样方法在第二次世界大战期间得到迅速的发展。

其次,抽样调查和全面调查相结合,可以发挥互相补充和核对的作用。对有些社会经济现象虽然可以组织全面调查,但抽样调查仍可以发挥其优势,两者的结合在内容上可以互相补充,时间上互相衔接。例如,许多国家对人口调查,一方面每隔10年进行一次项目比较简单的“短表”普查,同时又在两次普查间隔期间举行一两次内容比较详细的“长表”抽样调查。这样不仅在时间上可以连续衔接,而且统计资料也更加充实丰富,更完整地反映人口变动的各方面情况。有的是在全面调查的基础上,再对某些重要问题开展专题抽样调查,使研究问题更加深入。例如我国在1982年人口普查的基础上,再抽千分之一人口进行生育率抽样调查,以了解我国人口生育的历史和现状,为国家制定人口政策、人口规划以及进行人口预测提供可靠的科学依据。两种调查的相互核对作用,是由于抽样调查是在小范围内进行,数字比较准确可靠,可以用来订正全面统计数字。例如,我国人口普查中在普查

填报和复查工作完毕后，按照规定抽出一定比例的人口数，重新进行调查，用以测算普查的重复和遗漏的差错率，据此修正普查数字。

第三，利用抽样方法进行生产过程的质量控制。当今，抽样方法的应用已经远远超过对现象产生的结果进行核算和估计，它已深入到生产过程中发挥经常性检查和控制作用。将抽样原理从事后统计推广应用于生产过程的控制，这也是抽样方法的重大发展。目前，世界上许多国家广泛采用的工业产品质量控制系统，便是应用抽样方法，判断生产过程中产品质量的差异是属于随机因素变动引起的，还是属于系统因素变动引起的，进而作为分析生产工艺过程是否失去控制，是否发生某些系统性偏误的依据。通过抽样方法，可以及时提供有关信息，分析各种可能的原因，以便采取措施，排除故障，使生产过程保持正常的运转。

第四，抽样方法还可以用来检验总体特征的某些假设，判断假设的真伪，为行动决策提供依据。由于事物的变化在不同程度上受随机变动因素的影响，通常人们作出一项决策或采取某一行动时，总是没有完全的把握，而必须冒一定的风险。因此，人们在行动前，经常需要在愿意冒一定风险的条件下，对某种事物的性质或它的变化作出一定的假设，然后利用抽样的方法，通过试验来检查这些假设的真伪，决定出接受还是拒绝这一假设，以期达到冒最小风险下的最佳效果。例如，对某一种新药物是否推广、成批生产，当然首先取决于它的疗效是否显著，但疗效对于每个人都受随机因素的影响，所以我们需要对这一药物的疗效是显著或不显著作出一定的假设，然后根据抽样调查的结果，来检验所作假设是否成立，并在行动上作出抉择，使自己的行动获得成功。将抽样原理应用来研究人们未来行动的决策，这是抽样方法另一重要的发展。

第二节 抽样方法的历史发展

统计作为认识的方法，已经历了较长的历史时期。抽样方法则是晚近发展起来的重要统计方法，它自身的发展又经历了若干历史阶段。

最初，统计的认识作用仅仅在于对具体事实的记录，尤其是现象数量的记录，以反映当时国家的重要事项的状况。所谓重要事项，通常是根据统治阶级管理国家的需要来确定的。例如，中国历代的户口登记，欧洲中世纪各国的财产登记，以及英国17世纪的人口死亡公报等等，都发挥过重要作用。从认识论角度来看，用观察实证的方法来认识客观世界，培育出象哲学家培根(F·Bacon)那样实证主义的思想，在认识方法上应该说是很大进步。但是，记录个别事实能不能认识现象的规律性则是另一问题，统计在当时没有也不可能提出这样的要求。

经过长期的实践，人们发现，在社会和自然界中，观察单个事实似乎是偶然支配一切，尤其是社会现象特别错综复杂、变化多端。然而，通过大量的、反复的观察，并且加以汇总综合，现象的数量变化便显示出共同的趋势。这就是大数法则的实质。大数法则揭示了这样一个规律：如果现象的总体数量特征是由大量的相互独立的随机因素形成的，每个变量对于总体的影响都相对地小，那么，对大量随机变量加以综合平均的结果，变量个别的影响将相互抵消，而显现出它们共同作用的倾向，使总体数量特征具有稳定的性质。人们逐步意识到，统计的认识作用不在于个别事实的记录，而在于通过它达到对总体数量特征的认识。现象的规律性蕴存于总体数量特征之中。由于科学家们在这一方面所作的巨大努力和卓越贡献，例如，18世纪的拉普拉斯(P·S·Laplace)和高斯(C·F·Gauss)的误差分布规律；19世纪孟德尔(G·J·Mendel)的遗传学的统计规律；以及凯特莱(L·

A. J. Quetelet) 的平均人理论, 都论证了社会生活的偶然事件在它们的定期百分比和平均数中, 同样具有内在的必然性。所有这些, 都有力地说明了统计作为认识方法的重要性和真实的意义。

19世纪下半叶, 统计学家的注意力几乎都集中在对现象总体数量特征的描述上。例如, 平均数、众数、中位数、平均差、四分位差、标准差、相关系数和回归分析等等都是在这时期提出的。在统计实践上最感到困难的问题, 自然是怎样去取得足够的数
据, 以准确地反映具体时间、地点、条件下的总体的数量特征。传统的方法就是运用普查。特别象人口调查, 更是靠普查。世界上美国最早于1790年举办人口普查, 此后每10年普查一次。英国于1801年, 德国于1805年也相继开始人口普查。此外, 还有农业普查、工业普查, 都有很长的历史, 积累了丰富的经验。随着社会经济的发展, 统计方法的应用领域更加广泛, 对统计的要求也大大提高, 仅仅靠普查的方法已远远不能满足需要了, 于是各种抽样调查的设想和尝试便逐步出现了。

如果说统计从个体认识转到总体认识, 前后经历了半个世纪的时间, 那么, 从总体认识向样本发展也经历了大约40年时间。迄至19世纪末, 人们还分不清总体和样本的区别, 虽然, 今天这两者的区别已是统计学中最基本的概念。最初提出的抽样方法是所谓“代表性调查”, 它是由挪威统计局局长凯尔(A. N. Kiaer)于1895年在第五届国际统计学会伯尔尼会议上提出的。凯尔以其卓越的知识和实践经验为基础, 提出代表性调查的主张, 认为“调查结果的准确性, 不是取决于观察数量的多少, 而是取决于取得正确代表性的方法。”然而, 这一创见一开始就遭到权威们的强烈反对。他们辩解说普查的方法是不可动摇的, 普查办不到的事情而局部调查却可以办到, 这简直是不可思议的。代表性调查只不过对被观察的部分对象有特殊价值, 不可能用来推论总体等等。由于凯尔的努力和实践, 国际统计学会组织了专门委员会研究这