

TONGJI CHOUYANGFA

统计抽样法

邹依仁·张维铭 编著

统计抽样法

邹依仁 张维铭 编著

上海人民出版社

封面装帧 邹纪华

统计抽样法

邹依仁 张维铭 编著

上海人民出版社出版

(上海绍兴路54号)

新华书店上海发行所发行 上海融桥印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 124,000

1983年3月新1版 1983年3月第1次印刷

印数 1—21,000

(原新知识出版社出版)

书号 4074·503 定价 (五)0.43元

再 版 前 言

本书初版于 1957 年。当时,鉴于介绍统计抽样法的书籍不多,为适应读者的需要,乃就统计抽样理论和初步的实际应用,简要地编写了这样一本书,由上海新知识出版社出版。

目前,时间过去了四分之一世纪,抽样理论已有所发展,而且运用抽样调查的范围也日渐扩大。有些国家的统计调查,则几乎百分之九十以上都采用了抽样调查方法。统计抽样法作为一种重要的科学调查方法,也应当在我国实现四化中发挥应有的作用。

本书修订版除了保留原来的基本内容和结构而外,根据近年来国内外统计抽样的实际经验,补充了一些新的方法,并增加了较多的例子,以为进一步推广之用。在附录中,还对各种抽样误差公式的数学原理进行了推导,以便读者探讨。

由于我们水平有限,本书内容难免有错误或不当之处,诚恳地希望读者提出宝贵的意见。

编著者

1982 年 5 月

目 录

第一章 统计抽样法的基本概念	1
第一节 什么是统计抽样法	1
第二节 抽样调查的分类和应用	11
第三节 抽样调查的设计和步骤	16
第四节 大数定律和统计抽样法的关系	22
第二章 抽样调查的组织方式	29
第一节 概率抽样方式	29
第二节 非概率抽样方式	52
第三章 抽样误差和统计推断	58
第一节 抽样误差的意义	58
第二节 各种抽样组织方式的抽样误差和抽样 单位数目的确定	61
第三节 统计推断	96
第四章 统计抽样法在社会经济现象方面的 应用	103
第一节 城市职工家计调查	103
第二节 农产量预测调查	112
第三节 在农副产品收购质量检验中的抽样调查	116
第四节 在经济林茎粗测定中的抽样调查	125

第五章 统计抽样法在工业生产方面的应用	130
第一节 工业产品质量的工序控制	130
第二节 工业产品质量的验收检查	139
第六章 关于抽样调查中登记性、测定性的 差错问题	156

附录

一 大数定律和中心极限定理	160
二 抽样误差公式的证明	164
三 按比例的分层随机抽样误差和简单随机抽样误差的 比较	168
四 分层随机抽样误差公式的证明	170
五 两阶段抽样误差公式的证明	173
六 α 和 β 的计算	177

附表

一 不放回抽样的乘数 $\sqrt{1 - \frac{n}{N}}$ 的数值表	179
二 正态分布表	180
三 随机数字表	182

第一章 统计抽样法的基本概念

第一节 什么是统计抽样法

一、统计学和统计抽样法

统计抽样法又称抽样调查，是统计学中的重要基本方法之一。因此，要说明统计抽样法的概念，首先要说明统计学的概念。

什么是统计学呢？在国内外目前一般有三种不同的涵义。

一是认为统计学是一门研究社会经济现象和自然现象的方法论的通用科学。

我们知道，社会现象和自然现象有区别，特别是社会规律和自然规律是不同的，一般说来，前者不仅比后者发展快，而且变化大。例如，一个国家或者一个社会经过革命，可能在一夜之间就发生了大的变革，社会现象的各个方面，包括经济现象，就有很大的改变，这种改变与自然现象的比较缓慢的发展，有很大的不同。但是，不能否认，社会现象和自然现象是相互联系、相互制约的；同时，无论研究社会现象或者自然现象，都要根据辩证唯物主义的原则，在数字资料的搜集、整理和分析的一系列工作和方法上又都有它们的共同性。因此，统计学既是研究社会现象又是研究自然现象的数量关系的通用科学。从这种论点出发，统计学与数理统计学是同一门统

计学科，而不是两门不同的学科。统计学是数理统计学的初步课程，而数理统计学是统计学的高级课程。

世界上有好多国家把统计学作为统计方法，就是从上述论点出发的。把统计方法运用于社会经济现象，就成为社会经济统计学。对国民经济各部门来说，统计方法运用于工业，就成为工业统计学；运用于农业，就成为农业统计学；运用于交通运输，就成为运输统计学；运用于人口问题，就成为人口统计学等等。对分析和研究各种自然现象来说，就相应存在物理统计学、力学统计学、气象统计学、医药统计学、生物统计学等等。而数理统计学也可作为数学的一个分支。

二是认为统计学是一门独立的社会科学。它在研究社会现象时，是具有阶级性的一门科学。统计学的定义是：它在质和量的密切联系中研究大量社会现象的数量方面，研究社会发展规律在具体地点和时间条件下的数量关系。它要求在社会的生产力和生产关系的统一当中去研究社会生产的数量表现，研究社会文化生活和政治生活现象的数量方面。统计学也研究自然和技术因素对于社会生活的量变的影响，研究社会生产的发展对于社会生活的自然条件的影响。

通过这种定义，认为统计学与数理统计学是两门完全不同的科学。统计学是一门社会科学，而数理统计学是数学的一个分支。但是认为统计学和数理统计学以及自然科学间有着一定的联系。这就表现为：统计学在研究社会现象的同时，也研究这些社会现象同自然现象的相互关系；另一方面，自然科学在研究自然现象时，也应用某些统计方法。

三是认为统计学是一门以研究行动理论为目的的科学。持这种论点的依据是，一切事物或多或少都隐藏着某种程度

的不确定性(uncertainty), 所以, 为了某种目的而采取行动时, 往往基于不充分或不完全确实的知识加以判断。统计学是在这种不确定、不充分的知识下, 以具体的数据, 考虑尽可能减少错误, 来获得比较正确的决策。

整个国家以至企业管理要使现有的人力、物力、财力等有限资源作出最佳的配合。为了发挥高度效率, 更要用各种统计方法向管理机构提供数据, 从而据以作出决策。因此, 统计学可称为管理统计学。以整个国家, 甚至以世界作为管理范围, 就称为宏观统计(macro-statistics); 以一个企业或单位作为管理范围, 就称为微观统计(micro-statistics)。

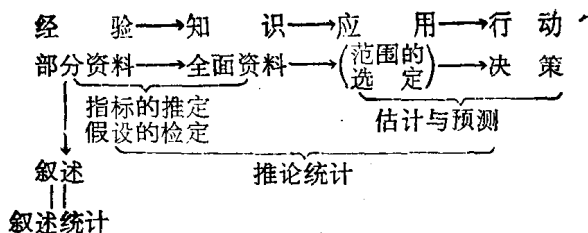
决策的基本知识来自经验, 从经验所得的知识主要是数量关系。基于这种知识作出决策, 称为统计推论 (statistical inference), 以统计推论决定行动方针, 称为统计决策 (statistical decision making)。

由于种种原因, 数据常常是不完全的, 局限于一部分。人们常面临在不确定情况下作出统计决策, 所以总是冒着一定的风险。应用统计理论和方法, 可以计算和控制误差, 减少风险。因此, 统计学在测定误差和风险程度时, 也是一个有效工具。

根据这种涵义, 按照统计学的研究对象及其应用范围, 可分为叙述统计(descriptive statistics) 和推论统计 (inference statistics)。叙述统计是将所观察现象的数据, 予以整理、归纳和分析, 以期找出某种规律, 作为行动的指南, 所以叙述统计也称为归纳统计。推论统计是靠不完整的数据来进行推测或预测。

据此, 人们的行动与统计决策的关系如下表所示:

表 i-1



无论从上述统计学三种涵义的哪一种涵义出发，统计抽样法是统计学中的重要方法之一。

那么，究竟什么是统计抽样法或抽样调查呢？我们可以说，在一定条件下，不是抽取统计总体的全部单位，而是科学地、客观地抽取总体中一部分单位来加以研究，其目的是获得关于总体的综合指标的正确叙述。这样的方法，叫做抽样法。这样的统计调查，叫做抽样调查。

例如，对城市居民进行家计调查时，抽取一小部分的城市居民户进行收支调查，从抽样调查的资料，来推断城市居民的收支情况、消费农产品和工业品的数量以及劳动消耗等等。在纺织工业的生产中，抽取较小一部分的棉纱或布匹，加以检验，以推断一个期间或一批棉纱的一般拉力或布匹的次品率等等。但是必须着重指出：所谓抽样，并不是随心所欲地胡乱抽取一些总体单位，就可当作抽样调查；这种调查必须采用有科学根据的抽样方法，从含有大量单位的总体中，抽取为数不多的具有代表性的单位，使其能够保证被抽取部分与整体几乎相符合，也就是必须要使被抽取单位的特征能够正确地反映相应的整体的特征。

二、有关抽样法的几个专门名词和术语

概率 (probability)。概率就是机会。等概率就是相等机

会；不等概率就是不相等机会。例如，一个球袋中含有红、白、黑球各一枚，我们任意抽取其中一枚，那么，抽得红、白、黑球的机会即概率都为 $1/3$ 。这就是等概率。如果球袋中含有红球两枚，白、黑球各一枚，那么，抽得红球的概率为 $2/4$ ，等于 $1/2$ ，而抽得白、黑球的概率各为 $1/4$ 。抽红球的概率不等于抽白、黑球的概率，这就是不等概率。

总体 (population)。我们通常把所要调查研究的事物或现象的整群，叫做总体。例如，我们要研究上海市居民户的收支情况，那么包括上海市所有的居民户，就是一个总体。

总体可分为有限总体 (finite population) 与无限总体 (infinite population) 两种。例如，上海市居民户数虽比较多，但户数总是有限的，并且可以计数的，这种总体称为有限总体。相反，我们投掷若干颗骰子，期望得出某些点子，我们可以无限次数地投掷，因而这样的总体是无限总体。又如一部机器原则上可以无限制地生产某种零件，那么这种总体也是无限总体。理想上的无限总体叫做理论总体 (hypothetical population)。如投掷骰子的总体就是理论总体。

另外，用人工把单位组合起来的总体，叫做人工总体 (artificial population)。例如，我们把几个工厂的同样产品组合起来，成为一个总体，就是人工总体。相反，一个城市的人口总体称为自然总体 (natural population)。还有，把一个总体的单位分成若干部分，这些部分的单位也组成一个总体，称为分总体 (subpopulation)。

样本 (sample)。在总体中，被抽取出来的一部分单位，叫做样本。例如，在上海市户口中抽取 2,000 户来进行家计调查，这些户就组成一个样本。

抽样方法 (sampling method)。在总体中抽取各单位的方法称为抽样方法。用概率论的原则取样,称为**概率抽样 (probability sampling)**。概率抽样和古典概率理论有一定的区别。古典概率理论所研究的是无限总体,它在理论上也阐述总体内部的差异,但不很重视,而概率抽样就不同。概率抽样要了解的对象是一个有限总体。也就是说,这个总体的单位是可数的、有限的,如果愿意,是可以对它进行全面调查的。

用其他原则来取样,称为**非概率抽样 (nonprobability sampling)**。两者的区别,详见下节内容。

在下次抽样时,把上次抽得的单位仍回入总体中,然后再抽样,这叫做**重复抽样 (或回球抽样 replacement sampling)**。每次抽得的单位不再回入总体中的抽样,叫做**不重复抽样 (或非回球抽样 nonreplacement sampling)**。

把一个样本的单位再分成几个小样本,这些小样本称为**子样本 (subsample)**。

总体平均数 (population mean)。总体中各单位数量标识的算术平均数,叫做**总体平均数**。例如,在城市居民家计调查中,我们要研究全城市居民的平均收入。这种平均收入,就是**总体平均数**。

抽样平均数 (sample mean)。从样本中各单位数量标识所计算出来的算术平均数,叫做**抽样平均数**。例如,从3,000户居民的样本中所计算出来的居民平均收入,就是**抽样平均数**。

总体频率 (population ratio)。在总体中,具有被研究标识的这些单位数目所占整体的比重,叫做**总体频率**。例如,某工厂在某一时期内所生产的同一种产品,经过检验,废品占

2%，这个百分比，就是有关废品的总体频率。

抽样频率(sample ratio)。在样本中，和总体频率具有相同意义的频率，叫做抽样频率。例如，在某一种工业产品中，抽取 500 个产品作为样本来检验，发现废品 20 个，那么废品的抽样频率就是 4%。

我们知道，在统计学中，最常用的综合指标有三种：总量指标(总数或总和)、相对指标(相对数或频率)和平均指标(平均数)。统计抽样法的主要任务就是用从抽样所得的资料来求出综合指标，再用这些指标来推断总体的相应综合指标。在这些指标中，应用最广的，首推平均数和频率。也就是说，平均数和频率的推断，最为广泛。由于样本仅仅是总体中的一小部分，所以利用样本的总数来推断总体的总数(总量指标)既属不可能，而且也是不必要的。但是某些总体的总量指标还是可从其他指标间接推断而得。例如，某一地区未割谷物的总收获量，虽不能从样本的单位总数直接推断出来，但仍可从样本的单位面积产量推断全地区单位面积产量，再把全地区的单位面积产量乘以总的播种面积，即得全地区谷物总收获量的估计数。因此，统计抽样法对上面三种综合指标的推断都是用得到的。

在技术统计方面的抽样法中，无论是工业产品质量的抽样检验或者农业方面的田间试验等，除了算术平均数、频率与总数等综合指标以外，还广泛地采用其他的综合指标，如中位数、距差以及标准差等的推断。由于在生产现场中，中位数与距差可以很快地、简单地被算出，所以这些指标也被广泛运用。

三、统计抽样法的发展

世界上最早采用统计抽样法的是法国数学家莱泼莱司(Laplace)。他曾在1800年利用人口出生统计的抽样资料来估计当时全法国人口总数。以后,在1891年,挪威统计局长凯尔(A. N. Kiaer)举行了有关挪威国民收入和财富的统计抽样调查。在这次抽样调查中,可能代表全国国民收入和财富情况的许多城市、乡区和村落被挑选出来。在这些区域以内,按某种年龄(如17、22、27岁等等),各种社会阶层(五种),各种婚姻情况以及某种字母起首姓名等标识,把居民的有关情况详细记录下来,从这样的记录来推断出挪威全国国民收入和财富。类似的抽样法也由凯尔和海生(E. Hanssen)应用到其他方面。例如,1894年他们应用抽样调查来作挪威国会劳工委员会委托举办的年龄、收入和职业的相关研究。这次抽样调查是这样进行的:在挪威首都,可能代表各阶层居民的某些街道被作为挑选对象,在其他城市和乡村也作同样的挑选。至于具体的抽样是按每第十户的成年居民的情况作详细的记录。最后根据这些抽查结果来推断全国人民的年龄、收入和职业间的相关情况。抽样法也被自然而然地推广到农业统计方面。1901年的丹麦农产品的收获量调查就是按抽样法来进行的。数年后,德国统计学家麦爱(D. Mayet)也采用这种抽样法来进行德国巴登地方的牲畜调查。

当然,西欧的统计抽样法的最初发展阶段,虽只是反映当时实际统计工作发展的低级水平,但也为这个方法奠定了最早的基石。其后,英国的生物学家皮爱生(karl Pearson 1857—1936)把统计抽样法运用到生物学和遗传学方面。由于研究工作的需要,他创立了数据分布与抽样数据分布的理论,为以后统计抽样法的进一步发展打下了基础。英国的谷散(W. S.

Gossett 1876—1936) 以“学生”的名义于 1908 年提出了抽样方面的重要的 t 分布理论。

距英国伦敦二十五英里的鹿坦姆斯坦农业试验场自 1843 年成立后,在农艺试验中采用抽样方法的工作结果,对统计抽样法的发展起着巨大的作用。因为田间试验是只能用抽样法进行的。在不同的农产量的结果中,抽样误差也是重要问题之一。这个农业试验场在 1920 年以后,对田间试验采用了概率论及统计抽样法,一方面促进了农作物产量的发展,同时也促进了统计抽样法本身的发展。这就是目前美国对农艺方面田间试验所采用的一整套的实验设计方法。在这一方面,英国的费煦(R. A. Fisher, 1890—1962)贡献最大。

1924 年美国贝尔电话公司实验室研究员休哈特(W. A. Shewhart) 利用统计抽样法创用了一种事前可加预防的工业产品质量控制图,采用这种方法,可以大大提高工业产品的质量。从而,休哈特的这一理论和方法为工业产品质量管理这门新兴科学奠定了基础。

统计抽样法在社会经济生活各个方面的应用和成效,也可从以下事例中看到。第一次世界大战后期,它曾经被美国国防部用来解决大量军需品的规格要求问题。1917 年,美国开始参战。当时由于时间匆促,在各项准备大致已能解决的情况下,尚有一个军需品问题不能解决,这就是如何能在极短时间内决定数量极为庞大的军衣、军鞋的尺寸问题。通过统计抽样法理论的探讨,实际上这是一个很简单的问题。因为通过小量的概率抽样的调查,发现军人的军衣、军鞋的尺寸分布均合于正态分布。按照这个分布律赶制出来的军衣、军鞋完全能够适合大量军人的要求。这样就显示了统计抽样理论

和实践的作用。

在第二次世界大战中，统计抽样法同样也得到有效的应用。当时，美国在向其盟国提供大量包括武器在内的军事物资时，面临一个如何保证质量的问题。全面检验在时间上，人力、物力上既然不可能，那只有运用统计抽样法了。怎样进行抽样呢？美国国防部就在哥伦比亚大学集中了统计抽样专家，组织了以弗里曼(Freeman)为首的统计研究组，利用当时刚刚发明的极少量电子计算机，制订了成批产品抽样检查方案(数学模型)来评定和保证大量军事物资的质量，效果显著。这些方案在战后也推广到民用产品的质量保证方面。另外，在战争快要结束时，又运用统计抽样法来预测复员军人要求转入大学学习的人数比例。因为，按照美国当时规定，军人复员后，可以不经考试转入大学学习。为了预测将有多少军人愿意转入大学，以便安排好校舍、设备、教师等，采用了统计抽样方法。预测结果，愿意转入大学的军人比例为8%，实际报名的比例为8.1%。足见统计抽样法所作的预测可以达到相当准确的程度。

在我国社会主义制度下，统计抽样法作为一种科学的调查和分析方法，它的应用范围也日趋广泛。建国以来，各级统计部门曾把统计抽样法应用到各种社会经济现象调查的方面，如用来进行职工家计调查、农民家计调查、农产量预测和核实的调查，以及普查中为校核资料进行的抽样调查等，也应用到工农产品质量检验的技术统计方面，来改进产品质量，提高劳动生产率，为社会增加财富。同时，也运用到民意测验等方面来了解广大人民的意向，发扬民主，为四化服务，为人民服务。

第二节 抽样调查的分类和应用

一、抽样调查的分类

1. 从抽样调查的目的来分,可分为两大类:叙述型抽样调查(descriptive sampling survey)与分析型抽样调查(analytical sampling survey)。

叙述型抽样调查的目的非常简单,它只要求获得有关大组信息的简单数字等,例如要了解看电视的男性成人、女性成人以及小孩的数目。而分析型抽样调查,则往往要对总体的不同分组间作出比较,以便发现各分组间是否存在差异,或者进一步证实所以发生差异的原因。例如,对妇女生育力的抽样调查来说,除了要了解已婚夫妇对计划生育的打算、态度以外,主要了解已经达到的程度,也即已经生育和存活子女的人数等等。

当然,有些时候,叙述型抽样调查与分析型抽样调查的区别是不显著的。许多抽样调查为双重目的而进行。并且,可以看出,随着叙述型抽样调查的兴起,分析型抽样调查也大大地增加了。在国外,后一类调查增加得更显著。

2. 从抽取方式来分,正如上文所述,抽样调查可分为概率抽样与非概率抽样两种。如再细分,可以列出如下:

(1) 概率抽样(随机抽样 random sampling)

①无限随机抽样(unrestricted random sampling)(单纯随机抽样 simple random sampling)

②限制随机抽样(restricted random sampling)

A. 机械随机抽样(systematic sampling)