

赵宏量 编著
骆振华

数理统计在经济 与 社会工作中的应用

西南师范大学出版社

数理统计在经济与 社会工作中的应用

赵宏量 骆振华 编著

西南师范大学出版社

1989年重 庆

数理统计在经济与社会工作中的应用

赵宏量 骆振华 编著

西南师范大学出版社出版

(重庆 北碚)

新华书店重庆发行所经销

西南师范大学出版社印刷厂印刷

●
开本: 787×1092 1/32 印张: 9 插页: 1 字数: 195 千

1989 年 9 月第一版

1989 年 9 月第一次印刷

印数: 1——1,000

●
ISBN 7—5621—0190—6/O·11

定 价: 2.50 元

前 言

一 命题的由来

这本书的名称是安徽省副省长、我国著名数学家杨纪珂教授在我国一些省市为科协、统计局、统计学会等有关单位所作的报告的题目。

1982年6月间，作者参加中国科协组织的“双法”专家组，应安徽省人民政府邀请，到安徽省若干重点企业进行咨询工作。在此过程中了解到杨副省长所作的《数理统计在经济和社会工作中的应用》的重要报告，反映极好。结合作者的教学实践和联系社会生产实际的体会，深感数理统计在经济领域及社会工作中的推广和应用有着极大的现实意义，这就产生编写这本教材的念头。这个想法得到杨副省长的热情鼓励和支持。过了不久，安徽省统计局编辑出版的内部刊物全文发表了他的报告。杨副省长在百忙中给我们寄来了这份刊物。杨纪珂教授虽然离开了学校，担任政府领导要职，工作十分忙碌，仍然十分关怀学校的教育工作，精神令人感动，借此机会，表示衷心的感谢。

本教材不仅在名称上取用杨副省长所作报告的题目，而且讲义的基本情节也是按照报告的层次展开的。由于作为一本教材，故补述了一些数学的原理和应用的例子。此书实质上是我们共同的合作。

二 数理统计在统计工作中的应用

数理统计是研究带有偶然性因素影响的事物的规律性的学科，是人们认识自然、认识社会的一个重要手段。

在国民经济建设过程中，为了发展经济和安定社会，有赖于正确有效地制定各种企事业的方针政策，而正确有效的方针政策的决定又取决于其所依据的与经济和社会有关的实际情况的正确了解。于是作为表达经济和社会实际情况的数据资料的收集、整理、归纳、分析就成为国民经济建设中的一项关键工作。

在决定了方针政策之后，接着便是订出计划、组织人员、筹集经费、采取措施、落实贯彻、实干起来，但往往所决定的方针未必十全十美，所采取的措施也未必充分有效，因此必需对在这项工作的实施过程中直到结束都要定期或随时予以审查，看看其经济或社会的效果是否与原来所设想的相符或更好，研究其中有无使政策方针更为完善，人、物、财、时的利用以及相应的措施更为有效和可能。这种审查工作非常必要，其内容就是对所定方针与所采取措施的实际效果的数据资料的成式加以对比和总结，也就是做数理统计的工作。进一步把这项工作结果反馈回去，就可充实、修订方针政策和相应的措施使它们完善化。这样，就形成了经济与社会工作的良性循环。

因此，不论是大到决定一个地区兴办煤电交通企业的方针和措施，或者小到决定一家电子工厂的某种滞销产品的如何转移；不论是在决策之先，或是在它的贯彻之中，或是在完成任务之后；都无例外地需要做数理统计工作。

由于作出一次决策及其完善化所根据的数据情报资料往往不是全面的，所以存在着失误的可能。使用数理统计工作可以弥补这两个缺陷。虽然因为费时费钱之故不能全面了解情况，却可以把这种失误的可能性变得很小，使所作的推断

能够“十拿九稳”甚至“百拿九五稳”。换言之，数理统计可以对失误的可能有多大作出定量的估计。为此之故，在世界上工商企业经济发达而社会稳定的国家中，无不把数理统计作为决策所需采用的重要工具。

数理统计方法之所以有活力，是由于解决现实问题的需要和实际有用。随着对过去经验教训的总结和农工商业的长足进展，在我国，越来越多的领导和经理由于决策和行政管理需要而运用数理统计方法来研究解决他们所面临的各种实际问题，经济学家和社会科学家也越来越重视数理统计在经济学和社会学中的应用。特别是国务院制定了“科技必须与经济、社会协调地发展”的中心方针以来，这个概念就更为明确，更为社会科学和技术科学界所接受了。

随着世界上数理统计在经济学中应用的蓬勃发展，出现了一门边缘科学，这就是经济数量学或经济数学，其主要内容就是统计和运筹方法在经济学中的应用。经济学的数量特征是显而易见的，这是因为在经济学中的一些最重要的经济政策，例如供应与需要间的关系，生产与消费间的关系，只有通过它们的数量表达，才具有实际的意义。没有数量，只能作些定性的议论而已。

数理统计方法在社会学中最早应用的著名例子是F·娜丁盖尔在1891年写给F·高尔顿（数理统计学的鼻祖之一）的信中建议统计教授应当也要研究一点诸如“有多少学童在离校后把学过的东西忘掉了？”“教育对防止犯罪的效果有多大？”“监禁是制止犯罪的好办法吗？”等社会问题。

自此之后，数理统计在经济和社会工作中越来越有市场。长期的实践经验告诉我们：统计的观点和方法、经济学

和社会学的理论，再加数学和计算机的工具，三者结合起来，对在近代经济和社会生活中形形色色的数量关系的实际透视是必不可少的工具，它们有很大的解决实际问题的力量，也是政府和企事业制定方针政策的重要依据。

在经济中使用数理统计方法进行定量的研究和推测，有下列几桩事情可做（社会学仿此）：

1. 用随机抽样方法收集为解决经济问题所需要的原始数据；

2. 立出为制定各项于人民有益的政策所需要的诸如市场的需求、商品的供应、原料的价格等经济因素的变动而产生的错综关系的方程式；

3. 立出在企业经济中至关重要的成本函数，也就是成本随各种有关因素而变的关系方程；

4. 更重要的是为工厂企业立出包括生产技术在内的生产函数，也就是工业产品的质量和产量随各种有关因素而变的关系方程；

5. 作出经济体系的投入产出的分析。这种分析已通过实践证实为各级政府在经济前景进行预测、并据此而制定计划的一种很有实用价值且有实效的工具；

6. 为经济学研究整个经济系统的静态和动态模型；等等。

由于电子计算机的高速发展和小型计算机的日益普及，在上述六项应用中过去认为不可能办到的事现在都能运用自如，不为大量的数据和繁冗的计算所困扰了。因此，近代的经济学和社会学的理论和应用几乎离不开数理统计也离不开电子计算机了。

国际上有一位统计师出身的实业家曾说：“如果写部现代史，应当是从蒸汽机时代开始通过电气化时代，最后进入统计时代。”这虽然有点过甚其辞，但事实上现代化工商业和政府中的管理人员，都在很大一部分工作中自觉地或者不自觉地围绕着由统计分析结果所控制的系统中进行他们的组织工作。在工商业中统计这个工具，已经不仅仅是生产和销售的记录，而是在整体管理中作出决策的一个重要的先行环节。在现代化的工商业中，为调查研究实际情况所花费的时间、财力和精力越来越多，也由于调研工作牵涉面越大，越是费钱费事，而且易出差错。于是省钱省事而误差又小的科学抽样调查统计方法就适逢其会，大为人们所乐用了。在抽样调查中特别有实用价值的经济情况有三项：市场调查；质量评估；需求和成本估计。

数理统计作为一种科学方法，其任务是设计出如何获得原始数据的观测步骤，如何从在数据中所求得的各种关系定出假设，并推断所作新的观测结果是否与从假设作的预期相符。换言之，数理统计方法有助于把已往的实践结果归纳起来，寻求其客观规律。然后，据以推断将来。这种从实践结果的归纳所得到的知识，虽属不十分完全而且也不十分肯定，但决不能把它们作为无意义而轻易抛弃之，因为靠数理统计方法可以把这种不完全性或不肯定性予以度量。

数理统计的应用范围很广。它不但可以用之于经济学和社会学，以帮助解决经济和社会上的问题，也可以用之于理、工、农、医各门学科以帮助解决科学技术上的问题。以美国为例，职业统计师从事于经济和社会工作的占较大的比例。在美国统计师协会的一万名左右的统计师中，有56%从

事于商业、企业的经济工作，有25%从事于社会工作，有15%从事于技术科学及自然科学工作，还有少部份人从事于培训和教育统计人才的工作。全部会员中有99%是大学毕业生，其中37%取得了硕士学位，36%取得了博士学位。与此相比，在我国掌握数理统计方法并用于经济和社会工作之中的人数实在太少，远远不能满足国民经济发展的需要。亟宜培养大批数理统计人才，满足需要。

本书就是在这个思想的指导下完成的，把她献给振兴着的中华。

编 者

1987年2月

目 录

前 言

第一章	统计工作的设计	(1)
§1.1	统计工作的意义.....	(1)
§1.2	完全随机的试验设计.....	(4)
§1.3	随机区组试验设计.....	(12)
§1.4	拉丁方试验设计.....	(19)
§1.5	回归正交设计.....	(26)
第二章	抽样调查的实践	(33)
§2.1	普查与抽查.....	(33)
§2.2	单纯随机抽样法.....	(38)
§2.3	整群抽样法.....	(47)
§2.4	分层抽样法.....	(53)
§2.5	系统抽样法.....	(58)
§2.6	多阶段抽样法.....	(62)
第三章	时序数据的统计分析	(71)
§3.1	时间序列的基本概念.....	(71)
§3.2	ARMA 模型.....	(76)
§3.3	模型辨识与参数估计.....	(95)
§3.4	模型的校核与改进.....	(105)
§3.5	时间序列的预报.....	(112)
第四章	各种指数的构成与应用	(116)
§4.1	统计指数的作用与编制原则.....	(116)
§4.2	综合指数的编制.....	(129)

§4.3	指数体系的编制	(135)
§4.4	综合指数的变形	(139)
§4.5	可变指数、固定指数和结构指数 的编制	(143)
§4.6	检查计划完成情况指数的编制	(147)
§4.7	我国现行几种重要指数及编制	(152)
第五章	经济预测与投入产出分析	(166)
§5.1	经济预测的程序和类型	(166)
§5.2	实用的简单统计预测法	(170)
§5.3	回归分析法	(188)
§5.4	平均发展速度预测模型	(194)
§5.5	投入产出分析法	(196)
第六章	市场调查	(208)
§6.1	市场调查的意义和内容	(208)
§6.2	市场调查的设计	(212)
§6.3	市场资料的收集和整理	(228)
§6.4	市场调查的方法和技术	(234)
第七章	决策方法	(245)
§7.1	决策的概念和决策步骤	(245)
§7.2	风险型决策方法	(247)
§7.3	敏感性分析	(253)
§7.4	无概率分布的不确定型决策方法	(256)
§7.5	决策树	(261)
§7.6	效用概率决策法	(269)
§7.7	西蒙决策	(275)

第一章 统计工作的设计

§1.1 统计工作的意义

任何经济和社会的组织或团体，不论大小，其成功的关键在于有好的领导和好的管理。好的管理取决于有完善的记录档案和及时而正确的情报资料的获得，从而作出经营的方针和所应该及时采取的合宜措施。因此，由政府或工商企业所收集的统计数据绝大多数是为了在经营管理上有直接的功效和利益而收集的。例如美国政府对统计资料在决策上的很大依赖性在国际上尽人皆知的事。他们擅长于把各种经济和社会现象用数量表达并分析其间的错综相互关系，从而整理总结出问题症结之所在，作为判定方针政策适宜有效与否的依据。事实上，无论是大到一个国家，或者小到一家工厂，对历史经验的定量总结是非常重要的。一个国家的经济和社会活力蕴含在人口、资源、生产、消费和其他历史事件序列的量变和质变之中，数理统计在经济和社会领域中的应用已从过去的单纯向后看的过程逐渐转移到向前看得准而向后看的过程中。其过程是：（1）设计实验或调查；（2）抽取样本；（3）收集数据；（4）归纳并分析数据；（5）据此以作出决策；（6）制定计划和措施；（7）组织力量并采取行动；（8）审计其结果是否与规定的目标一致；（9）回过头来充实并完善原来的决策和措施。

统计工作包括实验研究和调查研究工作，实验研究的目的是要对统计师或研究人员所蓄意安排的一项实验度量其结局；调查研究的目的则是要度量那些与统计师或研究者的作用无关的某种客观存在的经济或社会现象。例如要研究几种不同水平施肥量对不同地区产量的效应，这属实验研究的范畴；但如果要研究各商店五月份的商品销售额，则属于调查研究的范畴。这两类研究所采用的数理统计方法及其设计方案并没有太大的差别，称为实验设计。以数理统计为内容的实验设计是 R·A·费歇尔于本世纪二十年代首先提出的。现在，在自然科学、技术科学以至社会科学，不论是实验还是调查工作，都广泛地应用实验设计的原理和方法。

在技术科学的领域中，实验工作占主导地位；但在社会科学中却以调查为主。在调查工作中，使用随机抽样调查的方法可使所获得数据利用数理统计方法加以分析和推断。

统计工作并不象一般的想象的那样开始于已经收集好的数据，把这些数据加起来向上汇报，其工作应当开始于对某种数据确有实际需要之时。事实上，统计师最起作用的时刻在于发现某种数据确属领导者所需，而把这种需要提请领导注意、经领导同意下令进行该项抽样调查工作并给予经费支持之时。因此，确定那些数据资料是所需要的以及如何能以一定的准确度及时而有效地收集它们，便成为统计师开展工作的前提。这就是说，必须把任何一项统计工作设计安排得好好地，不在这方面钻研的统计师，就不会成为优秀的统计师。

在统计工作的设计中所遇到的问题多种多样。有的可以用一次抽样法，有的可用序贯抽样法，有的可用折中的两步

抽样法等等。在设计安排之前，必须明确该项统计工作的目的是什么，决不能想当然地认为目的很明显不消说得。决策者有问题需要解决，统计师得研究为解决它有那些方面需用统计数据资料。除此之外，还有责任确定取那些数据，深入细致到什么程度，还得估计所需的人力、时间和经费，要考虑如何最经济地使用它们以及采取什么措施使所得的资料正确可靠。样本所抽自的总体也得明确地给予定义，并确定好样本的大小。往往由于贪大求全，反而影响了整个工作，形成严重浪费，甚至造成为无效劳动。例如对土壤的普查工作就不能光从自然科学的角度进行设计，还应从国民经济发展的需要和国家的经济和文化水平的角度协同进行设计。

其次要决定的是收集数据的办法，例如在需要通过询问以得数据的经济和社会问题的查询工作中，必须在走访、信访或登记等办法中做出抉择。走访工作需要训练一批走访或采访人员，信访工作需写询问信邮寄给人，登记工作则由受询者自己前来登记。在统计工作的成员中还必须有编审统计师，他们的任务是审查已经填好的走访卡，看看是否填写正确，并通过部份重访以检查走访统计员的工作有没有差错。编审统计师还需对走访卡进行简单的初步计算以估计原先所作的设计是否合理，还得对表内的项目予以编码以备电子计算之需。

这一章下面几节，我们分别介绍几个常用的统计试验设计的方法。

§1.2 完全随机的试验设计

完全随机的试验设计，指的是试验的安排由抽签或随机数表随机而定。它是最基本的一种随机设计方法。

设某一因素有 k 种不同试验方案（或称为组）。我们的目的是研究各组的平均值 $u_i (i=1, 2, \dots, k)$ 之间有无显著性差异。为此，每种方案都依随机原则做 n 次试验，得到下面统计表（表1.1）

表1.1 完全随机试验设计统计表

试验号 方案号	1	...	j	...	n	总 和	平 均
1	x_{11}	...	x_{1j}	...	x_{1n}	$T_1 = \sum_{j=1}^n x_{1j}$	$\bar{x}_1 = \frac{T_1}{n}$
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
i	x_{i1}	...	x_{ij}	...	x_{in}	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
k	x_{k1}	...	x_{kj}	...	x_{kn}	$T_k = \sum_{j=1}^n x_{kj}$	$\bar{x}_k = \frac{T_k}{n}$
						$T = \sum_{i=1}^k T_i$	$\bar{x} = \frac{T}{kn}$

设总体服从正态分布。

当 $k=2$ 时，可利用 t 检验推断备检假设 $H_0: "u_1=u_2"$ 是否可信。这时，统计量 T

$$T = \frac{\sqrt{n(n-1)} \left[(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (u_1 - u_2) \right]}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{1j} - \bar{x}_1)^2 + \sum_{j=1}^n (x_{2j} - \bar{x}_2)^2}} \quad (1.1)$$

服从自由度为 $2n-2$ 的 t -分布。

例1.1 研究温度在针织品漂白试验中对断裂强度的影响。分别在 70°C 与 80°C 情况下各作 8 次试验，得（单位：公斤）如下数据：

70°C : 20.5, 18.8, 19.8, 20.9, 21.5, 19.5, 21.0, 21.2;

80°C : 17.7, 20.3, 20.0, 18.8, 19.0, 20.1, 20.2, 19.1.

问两种温度对平均断裂强度的影响有无显著差异？（显著性水平 $\alpha=5\%$ ）

解 本例中 $n=8$, $2n-2=14$. 对显著性水平 $\alpha=0.05$, 查 t -分布，得到 T 的置信限为 $t_{0.05}(14)=2.145$. 而 $\bar{x}_1=20.4$, $\bar{x}_2=19.4$, $\sum_{i=1}^8 (x_{1i}-\bar{x}_1)^2=6.20$, $\sum_{i=1}^8 (x_{2i}-\bar{x}_2)^2=5.80$, 于是统计量 T 的取值

$$|T| = \sqrt{8 \times 7} \frac{|20.4 - 19.4|}{\sqrt{6.20 + 5.80}} = \sqrt{4.67} = 2.161 > 2.145.$$

故否认 H_0 , 认为 70°C 比 80°C 更使断裂强度高*

当 $k>2$, 可证统计量 F

$$F = \frac{\text{组间均方和}}{\text{组内均方和}} = \frac{n}{k-1} \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{\frac{1}{k(n-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (1.2)$$

在备检假设 H_0 : “ $\mu_1=\mu_2=\dots=\mu_k$ ” 之下，服从第一自由度为 $k-1$ 、第二自由度为 $k(n-1)$ 的 F -分布，于是由 F 检验可推断 H_0 是否可信。当 H_0 可信，则接受 H_0 , 认为各方案的平均值无显著性差异；当 H_0 不可信，则认为各方案间的

平均值有显著性差异。进一步，可利用下面的极差比较法进一步检验，看一看究竟是那些平均值之间有显著性差异。记

$$\text{极差: } R = \max_{1 \leq i \leq k} \{\bar{x}_i\} - \min_{1 \leq i \leq k} \{\bar{x}_i\}; \quad (1.3)$$

$$\text{误差标准差: } S = \left[\frac{1}{k(n-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.4)$$

$$\text{平均数标准误差: } S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (1.5)$$

这时统计量取为

$$q = \frac{R}{S}, \quad (1.6)$$

称为标准极差，遵从 q -分布。它与水平数 k 及自由度 $n' = k(n-1)$ 有关。 q -分布对显著性水平 $\alpha=0.05$ 及 $\alpha=0.01$ 的置信限（见表1.2与表1.3）。这时所有可能成对差数的显著性差异的临界值取为：

$$HSD(\alpha) \triangleq q_{\alpha}(k; n') S_{\bar{x}} \quad (1.7)$$

其中 $q_{\alpha}(k; n')$ 表示 k 个水平、 n' 个自由度、显著水平为 α 的 q -分布的置信限。

有时为了比较每两个平均值之间是否有显著性差异，可由 t -检验进行推断。沿用式(1.5)，记

$$\text{平均数间差数标准误差: } S_d = \sqrt{2} S_{\bar{x}}, \quad (1.8)$$

则两均值之差对显著性水平 α 的临界值为

$$LSD(\alpha) \triangleq t_{\alpha}(k(n-1)) S_d, \quad (1.9)$$