

简明教育统计学

JIANMING JIAOYU TONGJIXUE

唐国庆 范晓玲 编著

湖南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明教育统计学/唐国庆,范晓玲编著. —长沙:湖南大学出版社,2003.2

ISBN 7-81053-599-4

I. 简... II. ①唐... ②范... III. 教育统计—统计学
IV. G40-051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 004612 号

简明教育统计学

Jianming Jiaoyu Tongjixue

唐国庆 范晓玲 编著

-
- | | |
|-------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 责任编辑 | 胡建华 袁作兴 |
| <input type="checkbox"/> 封面设计 | 张 毅 |
| <input type="checkbox"/> 出版发行 | 湖南大学出版社
社址 长沙市岳麓山 邮码 410082
电话 0731-8821691 0731-8821593 |
| <input type="checkbox"/> 经 销 | 湖南省新华书店 |
| <input type="checkbox"/> 印 装 | 湖南省地质测绘印刷厂 |
-

- | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|--|---|-----------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> 开本 | 850×1168 32 开 | <input type="checkbox"/> 印张 | 7 | <input type="checkbox"/> 字数 | 170 千 |
| <input type="checkbox"/> 版次 | 2003 年 3 月第 1 版 | <input type="checkbox"/> 2003 年 3 月第 1 次印刷 | | | |
| <input type="checkbox"/> 印数 | 1-5 000 册 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 书号 | ISBN 7-81053-599-4/C·49 | | | | |
| <input type="checkbox"/> 定价 | 15.00 元 | | | | |
-

(湖南大学版图书凡有印装差错,请向承印厂调换)

前 言

教育科学研究是教育工作的重要内容,是推动教育事业发展的强大动力.在教育改革与发展的实践中,向教育科研要质量,靠教育科研上台阶,已经成为人们的共识.

进行教育科学研究工作,离不开教育调查和教育实验.在教育调查和教育实验中,除了进行定性分析外,还必须进行定量分析.但作为调查或实验对象的人数总是有限的,要利用从局部调查或实验中得到的许多数据资料认识教育现象,发现教育规律,就必须对这些数据资料进行整理、分析和推断,对调查情况或实验成果作出解释说明,得到令人信服的科学的结论.

教育统计学是用数理统计的理论和方法研究教育现象的一门学科,是进行教育科学研究不可或缺的有效工具.为了帮助广大教师和教育管理工作能够用较少的时间初步掌握这门学科的基本知识,我们特编写了这本《简明教育统计学》.在编写中力求联系实际,易读易懂,好学好用.由于编者水平有限,疏漏或错误之处一定存在,恳请读者多多赐教.

编 者

2003年2月

目次

第一章	绪论	(1)
	第一节 教育统计学简介	(1)
	第二节 有关预备知识	(4)
第二章	数据的搜集和整理	(9)
	第一节 数据的搜集	(9)
	第二节 数据的整理	(13)
第三章	集中量数	(22)
	第一节 算术平均数	(22)
	第二节 中数	(29)
	第三节 众数	(32)
	第四节 几何平均数	(34)
	第五节 调和平均数	(36)
第四章	差异量数	(39)
	第一节 标准差	(40)
	第二节 标准差系数	(46)
第五章	相对地位量数	(48)
	第一节 标准分数	(48)
	第二节 百分位数	(51)
	第三节 百分等级	(53)

第六章	相关系数	(55)
	第一节 相关的意义	(56)
	第二节 积差相关	(58)
	第三节 等级相关	(63)
	第四节 二列相关和点二列相关	(66)
	第五节 偏相关	(70)
第七章	基础概率与概率分布	(72)
	第一节 基础概率	(72)
	第二节 二项分布	(76)
	第三节 正态分布	(82)
	第四节 t 分布, F 分布与 χ^2 分布	(90)
第八章	统计估计	(93)
	第一节 统计估计概说	(93)
	第二节 总体平均数的估计	(98)
	第三节 总体标准差的估计	(101)
	第四节 其他参数估计	(103)
第九章	统计假设检验	(106)
	第一节 统计假设检验概说	(106)
	第二节 Z 检验	(111)
	第三节 t 检验	(114)
	第四节 F 检验	(123)
	第五节 χ^2 检验	(124)
第十章	方差分析	(133)
	第一节 方差分析原理	(133)
	第二节 单因素方差分析	(139)
	第三节 多重比较	(150)
	第四节 双因素方差分析	(154)
第十一章	实验设计	(171)
	第一节 实验设计概述	(171)

第二节	实验设计的一般格式与内容	(182)
第三节	单因素实验设计	(186)
第四节	双因素实验设计	(192)
附录	常用统计数值表	(196)
表 1	随机数字表	(196)
表 2	正态曲线的面积(P)与纵线(Y)数值表	(198)
表 3	积差相关系数(r)显著性临界值表	(202)
表 4	相关系数 r 值的 Z_r 转换表	(203)
表 5	t 值表	(204)
表 6	χ^2 值表	(205)
表 7	F 值表(双侧检验).....	(206)
表 8	F 值表(单侧检验).....	(208)
参考文献	(212)

第一章 绪 论

第一节 教育统计学简介

一 教育统计学的性质

教育统计学是建立在数理统计基础之上的一门应用学科。它主要是研究教育现象中的各种数量关系,以使教育工作者及时掌握准确情况,探索未知规律,预测发展趋势,迅速作出科学决策。

数理统计是教育统计学的理论基础,是数学的分支之一,它为教育统计学的建立、发展提供了统计原理和具体方法。本书所介绍的各种统计方法,都可以从数理统计中找到理论依据。

人们在教育实践中,往往只能从局部出发,去展开实践活动,即便是各种科学手段高度发展的今天,也是如此。但是,即使是局部的实践,客观对象给予我们的或我们收集到的仍然是一大堆零散的数据。因此,如何从这些数据中提取有用的信息,如何将数据用科学方法处理,找出隐藏着的规律,如何从局部推知



总体情况,如何从当前预测未来发展,就成了教育统计学的主要任务。

二 教育统计学的内容

19世纪末,国外有些教育专家、心理学家就开始致力于应用数理统计方法来研究教育和心理现象了。桑代克[美]于1904年发表了第一本教育统计学专著——《心理与社会测量导论》,20世纪40年代,这种方法被欧美各国专家广泛运用,辛亥革命后传入我国。在近100年的时间里,经过众多教育统计专家的努力,教育统计学的内容不断得到充实、发展。我们现在所说的教育统计学,一般包括描述统计、推断统计和实验设计三部分。

(一) 描述统计

描述统计主要是起描述作用的。我们在研究教育现象中要接触到大量数据,通过统计工作,可以将它们整理,简缩为概括性的数字和直观图表。通过这些数字和图表,可以初步了解数据分布的特征。如通过平均数可了解数据的集中趋势;通过标准差可了解数据的离散趋势;通过相关系数可了解若干组数据间相互关联的程度等等。总之,一般教育工作者通常对数据进行的简单统计工作,如统计升学率、及格率、平均分数等等,大多是描述统计。

(二) 推断统计

推断统计是建立在描述统计基础之上的。推断统计一般是指根据描述统计提供的局部的情况去推测总体的可能情况。譬如,国家在颁布一项新的教育法令之前,常常要到某一地区去试行一个时期,再根据该地区试行情况的有关统计数字去推断全国范围内实施法令可能出现的结果。当然,这里并非简单地拿该

地区的统计结果作为全国实施法令的可能结果。一般来说,还要考虑将该地区统计数字用于全国情况分析时可能出现的数字波动范围,以及与该范围相应的对于统计数字的可信程度,并在一定水平上作出是否颁布法令的结论。这些工作不能凭主观臆测,要按照科学方法进行,这种方法就是所谓统计推断的方法。

(三) 实验设计

描述统计和推断统计都是对数字进行运算的方法,然而教育科学研究结论或结果的可靠性与准确性,并非源自统计分析方法本身。统计分析方法既不能创造事物的规律,也不能改变事物的本来面目,只能帮助我们阐明规律。而要正确的阐明规律必须保证所获数据的可靠和准确,为此必须进行实验设计。实验设计是实验之前所做的实验计划,专门研究如何更加合理、有效地获得观测资料,怎样更正确、最经济、最有效地达到实验目的。

三 教育统计学的作用

从上述介绍中可以看出,教育统计学的作用是巨大的。具体来说,有以下两方面:

第一,教育统计学对于提高教育工作和科研水平具有重要意义。我们所做的教育工作是否有效,常常要主动寻找反馈的信息。教师教得如何,主要看学生学得如何,而看学生的学习效果,则要看学生在各种测验(终结性测验^①、诊断性测验^②和形成性测验^③等)中显露出来的真实成绩,通过对学生成绩的统计处理,可以使我们准确有效地掌握学生的情况,及时改进教学方

- ① 终结性测验:教学结束时,检查一门或多门课程掌握程度的测验。
- ② 诊断性测验:教学过程中,用于识别学习困难、特殊、无能等的测验。
- ③ 形成性测验:教学过程中,用于了解新知识技能掌握程度的测验。

法,总结教学经验,探索教学规律,提高教学效果.前苏联教育家赞可夫就是使用统计方法总结其教学经验和教学理论的,他说:“凡在合理和必要的情况下都采用了数学统计方法.”在教育管理工作中,教育统计学尤为重要.管理工作能否有条不紊地进行,能否卓有成效,很多情况是看其工作是否有真实可靠的数字材料.事实上,很多教育行政部门的工作,很大程度上属于教育统计的范畴.进行教育实验研究就更离不开教育统计学知识了,这不仅因为从实验设计、实验进行到实验总结的全过程都必须运用教育统计学的知识,还因为最能说明问题的、最令人信服的,也正是这些数字材料.

第二,教育统计学能帮助我们阅读各种文献资料,广泛猎取信息,开拓视野.国内外的许多教育文献大都是用统计语言叙述的,或涉及到统计知识.如果不懂这种语言,不懂这些知识,我们就无法同外界及时进行交流.

第二节 有关预备知识

一 几个基本概念

(一) 总体和个体

总体又称母体,是我们所研究的性质相同的个体的总和.个体是构成总体的单位.如果我们要研究初中学生的智力发育情况,那么研究的对象是初中学生,所有的初中学生就构成问题的总体,每一个初中学生都是与问题相应的个体.如果我们只是研究初中一年级学生的智力发育情况,那么研究对象是初中一年

级学生,而所有的初中一年级学生构成问题的总体,每一个初一学生则是该问题的个体.由此可见,总体和个体是同研究对象密切相关的.

(二) 样 本

从总体中提取的若干个个体称为一个样本.样本所含单位数称为样本的容量,一般将容量在 30 及其以上($n \geq 30$)的样本称为大样本,容量在 30 以下($n < 30$)的样本称为小样本.抽取样本,称为抽样.在实际工作中,我们不可能也没有必要对每一个个体进行研究,只须研究其中部分个体,以研究结果去推测总体性质.由于样本和总体毕竟是不同的,因而会造成从样本结果去推测总体情况的误差,这种误差我们称之为“抽样误差”.抽样误差不可避免,但是要尽量把它限制在最小范围之内.这里最重要的是必须使样本具有代表性.为此,应注意科学合理地确定样本容量和选择抽样方法.因为教育现象比较复杂,在教育实验研究中很少使用小样本.这也不是说样本容量越大越好,关键在于抽样方法选择是否得当.有一个历史事件很能说明问题.1936 年美国选举总统.大选之前,《文艺文摘》为预测结果发出 1 000 万份问卷,大约回收了 240 万份.根据对问卷的统计分析,预言兰登当选总统,但结果却是罗斯福当选总统.而盖洛普只用了 5 万份问卷,其预测就获得了成功.个中原由是,《文艺文摘》的问卷调查尽管样本容量大,但不具有代表性,它是从汽车和电话号码登记卡的资料中抽取的样本,而美国当时拥有汽车和电话的人的比例并不高.盖洛普采用的是分层抽样(下一章抽样方法中将谈到),虽然样本容量小,但代表性强.

(三) 统计量和参数

统计量是表示样本分配特点的特征数.本书中将要提到的统计量有:平均数(\bar{X}),标准差(S),相关系数(r)等等.参数是表

示总体分配特点的特征数,本书中提到的与上述统计量对应的参数有:总体平均数(μ),总体标准差(σ),总体相关系数(ρ)等等.读者应注意它们在表示符号上的差异.

二 有效数字

在统计学中,无论是观测得到的数字,还是计算得到的数字,几乎都是近似数,譬如,18和18.00在算术中只是写法的不同,而意义相同.但是在统计中却意义不同.18意指在17.5~18.49之间的值,18.00意指在17.995~18.0049之间的值.由此产生了有效数字的问题.有效数字是指影响测量准确性的数字.例如,18有2位有效数字,18.00有4位有效数字,0.042有2位有效数字,0.160有3位有效数字.在近似数中,最末一位是估计数字,即不可靠数字.如测量身高,用最小刻度为厘米的直尺测得某学生身高为1.627m,最末的数字“7”是估计数字(该学生身高在1.62m与1.63m之间),是不可靠的.我们把某个近似数从左边第一个非零数字到右边出现的第一个不可靠数字之间的数字均称为有效数字(含一个不可靠数字),为清楚起见,常将近似数表示为 $a \times 10^n$ ($1 \leq a < 10$)的形式.例如 1.8×10^4 , 7.20×10^{-2} , 6.8000×10^{-3} 分别表示两位、三位、五位有效数字(a 的数位数为有效数字数).这种方法称为科学计数法.

有效数字的多少表示不同的精确度.如 1.2×10^4 精确到两位有效数字, 1.2000×10^4 精确到五位有效数字,后者的精确度远大于前者的精确度.

三 连加和及其计算法则

我们常用符号“ Σ ”表示若干数连加求和,如

$$X_1 + X_2 + \cdots + X_n.$$

这个连加算式可表示为 $\sum_{i=1}^n X_i$, 即

$$X_1 + X_2 + \cdots + X_n = \sum_{i=1}^n X_i.$$

因此, $\sum_{i=1}^n X_i$ 表示 n 项之和. $i=1, 2, \cdots, n$ 时, X_i 分别为第 1, 2, \cdots, n 项, i 叫连加指数. 有时也可略去, 简记作 ΣX .

连加和的计算法则有:

(1) 设 c 是一个常数, X_i 是变量, 则

$$\sum_{i=1}^n cX_i = c \sum_{i=1}^n X_i.$$

此性质可由连加和定义证明:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n cX_i &= cX_1 + cX_2 + \cdots + cX_n \\ &= c(X_1 + X_2 + \cdots + X_n) \\ &= c \sum_{i=1}^n X_i. \end{aligned}$$

(2) 若 c 为常数, 则 $\sum_{i=1}^n c = nc$.

事实上, $\sum_{i=1}^n c = c + c + \cdots + c = nc$.

例如 $\sum_{i=1}^6 2 = 6 \times 2 = 12$.

(3) 设有变量 X, Y , 则有



$$\sum_{i=1}^n (X_i + Y_i) = \sum_{i=1}^n X_i + \sum_{i=1}^n Y_i.$$

事实上,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (X_i + Y_i) &= (X_1 + Y_1) + (X_2 + Y_2) + \cdots + (X_n + Y_n) \\ &= (X_1 + X_2 + \cdots + X_n) + (Y_1 + Y_2 + \cdots + Y_n) \\ &= \sum_{i=1}^n X_i + \sum_{i=1}^n Y_i. \end{aligned}$$

上述关系,可以推广到任何个数的变量.即

$$\sum_{i=1}^n (X_i + Y_i + \cdots + Z_i) = \sum_{i=1}^n X_i + \sum_{i=1}^n Y_i + \cdots + \sum_{i=1}^n Z_i.$$



第二章 数据的搜集和整理

统计中的数字资料简称为数据。在教育实践中,我们常常要主动地搜集各种数据,还要对数据进行整理。本章介绍数据的搜集方法和整理方法,这是最基本的统计工作。

第一节 数据的搜集

数据的搜集是最基础和很重要的工作,因为数据的可靠性越高,代表性越强,用于进行统计资料的分析与推断,才更切合实际。

搜集教育数据资料的主要方式是教育调查、教育测验和教育实验。这些方式可针对对象的全体进行,也可针对对象的部分进行,后者即绪论中谈到的“抽样”的方法。如果总体中每一个体都具有同等被抽取的机会,则称之为随机抽样。统计学是建立在随机抽样基础上的理论与方法。

这一节介绍随机抽样的方法以及随机数字表的使用。



一 抽样方法

(一) 简单随机抽样

从总体中直接抽取若干个体,以组成一个样本的方法叫简单抽样.下面是简单抽样的几个例子:

从 200 名学生中抽取 20 名学生(即抽取容量为 20 的一个样本);

从 50 本作业中抽取 10 本作业(即抽取容量为 10 的一个样本);

从 500 份考试答卷中抽取 30 份试卷(即抽取容量为 30 的一个样本).

简单随机抽样有三种方式:

(1)抽签法:若要在全班 50 名学生中抽取 10 人进行调查,可将 50 名学生按顺序编号,并作成 50 个签或卡片,然后像玩扑克牌那样打乱,从中随机抽出 10 个签.这种方法简便易行,但当总体容量较大时,作签工作很麻烦,因此一般用于容量较小的总体抽样.

(2)机械法:在上例中,我们也可将编好号的 50 名学生按编号顺序,等距离地抽取 10 个号码,这种抽样方法称为机械法.如可取 0,5,10,15,20,25,30,35,40,45 为样本,也可取 3,8,13,18,23,28,33,38,43,48.再如新生编班,我们可以将新生的所有档案顺序打乱后,整理成一叠一叠的形式,然后使用这种方法来抽取档案袋编班.

(3)利用随机数字表(具体使用方法见本节二的介绍).

以上三种方法是人们常用的,在实际运用时各有千秋,但以第三种方法的随机化程度为最高.



(二) 分层抽样

当总体由若干部分或层次组成时,为了保证样本的代表性,常将总体分成几个不同的部分或不同的层次,然后再分别在各部分或各层次中随机抽取样本,这种方法称为分层抽样.分层抽样的方式有两种,其中最简单的是按比例抽取.

例如我们要在一年级 6 个班共 300 名学生中抽取 30 名学生调查他们的学习情况,则首先可根据总体(N)的情况,分为优、良、中、差四层,并计算总体各层的数目(N_i),然后再根据总体各层的比例及人数抽取样本.假设一年级总体优、良、中、差的比例分别为 20%,30%,40%,10%,则每一层的样本数为

$$n_1 = \frac{N_1}{N} \cdot n, \text{ 即有 } n_1 = \frac{60}{300} \times 30 = 6(\text{人}),$$

$$n_2 = \frac{90}{300} \times 30 = 9(\text{人}), n_3 = \frac{120}{300} \times 30 = 12(\text{人}),$$

$$n_4 = \frac{30}{300} \times 30 = 3(\text{人}).$$

分层抽样比简单抽样更为精确,由于层内的个体差异相对较小,样本分布较均匀,可以减少抽样误差.

(三) 整群抽样

整群抽样即在总体中,以各部分个体组成的集体(群)为抽样对象,抽出一个集体(群)后,再对其中的所有个体逐一研究.

例如要调查某市小学六年级学生的体质状况,可以在全市所有小学六年级班级中,随机抽取 20 个班,然后对这 20 个班中的每个学生的体质状况逐项进行检测.

整群抽样的优点在于易组织,节省人力物力.但因各群体间差异较大,难以保证样本在总体中分布的均匀性,因而抽样误差较大.因此,在进行整群抽样时应尽可能增大样本容量.