

高等学校教材

# 教育与心理统计学

张敏强 主编

人民教育出版社

高等学校教材

# 教育与心理统计学

张敏强 主编



**图书在版编目(CIP)数据**

教育与心理统计学/张敏强主编. - 北京:人民教育出版社,2001  
高等学校教材  
ISBN 7-107-07104-1

- I. 教…
- II. 张…
- III. ①教育统计—高等学校—教材 ②心理统计—高等学校—教材
- IV. G40-051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 028806 号

人民教育出版社 出版发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编:100009)

网址:<http://www.pep.com.cn>

北京新华印刷厂印装 全国新华书店经销

1993 年 12 月第 1 版 2001 年 5 月第 9 次印刷

开本:890 毫米×1240 毫米 1/32 印张:14.5

字数:361 千字 印数:19 401~25 400 册

定价:20.20 元

## 前 言

教育与心理统计学是教育科学体系中的重要分支，是广大教育工作者必备的重要科学工具之一。因而，无论是教育系、心理系的大学生，还是师范院校其他专业的大学生，都应懂得和掌握一些必要的统计分析方法，以便能独立分析资料、处理数据直至科学决策。

这本书的基本内容，包括常用的教育与心理统计方法。考虑到近十多年来，由于电子计算机的迅速普及，教育与心理统计的内容不断补充，体系不断更新，故在本书中，除了包括描述统计、推断统计等基本内容外，还介绍了几种多元统计分析方法的原理与应用。同时考虑到目前教育系、心理系普遍开设高等数学课程，学生的数学素质较高，对介绍描述统计的内容及方法也作了革新，将这些内容集中为两章。

为了使本书能适合于本科、专科、教育行政干部培训等不同层次的需要，主讲教师可根据实际课时来使用全书或部分章节。第10章以后的章节，可省略不讲或选讲，并不会影响到教学体系。

本书由张敏强任主编。张敏强提出了全书编写体系及编写原则要求，由张敏强、戴海崎共同修改，最后由张敏强统校全书。

本书各章的编写分工如下（按章顺序）：绪论、第4章、第5章、第10章和第14章由张敏强执笔。第1章、第8章由黄光扬执笔。第2章、第6章由任建胜执笔。第3章由刘晓瑜执笔。第7章、第12章、第13章由戴海崎执笔。第9章由亚新执笔。第11章由徐虹执笔。

在编写过程中，我们参考了国内外的有关书籍和教材、吸取了

各书的经验，并引用了其中的一些材料和数据，在此，谨向各书的编者和出版者表示深切的谢意。

由于我们水平所限，编写经验不足，书中一定会存在错误和缺点，敬请专家和读者批评指正。

编 者

1992年5月

# 目 录

绪 论 .....	1
<b>第一章 常用的统计表与图 .....</b>	<b>11</b>
第一节 次数分布表与图 .....	11
第二节 几种常用的统计分析图 .....	24
练习与思考 .....	31
<b>第二章 常用统计参数 .....</b>	<b>32</b>
第一节 集中量数 .....	33
第二节 差异量数 .....	42
第三节 地位量数 .....	49
第四节 相关分析 .....	54
练习与思考 .....	68
<b>第三章 概率与分布 .....</b>	<b>71</b>
第一节 概率 .....	71
第二节 二项分布 .....	82
第三节 正态分布 .....	86
练习与思考 .....	99
<b>第四章 抽样理论与参数估计 .....</b>	<b>100</b>
第一节 抽样的基本概念 .....	100
第二节 抽样方法 .....	102

第三节	抽样分布	105
第四节	样本容量的计算	114
第五节	参数估计	116
	练习与思考	127
<b>第五章</b>	<b>假设检验</b>	128
第一节	假设检验的原理与步骤	128
第二节	总体均值的显著性检验	137
第三节	两总体均值差异的显著性检验	143
第四节	两正态总体方差的显著性检验	155
第五节	其他的假设检验	159
	练习与思考	164
<b>第六章</b>	<b>方差分析</b>	165
第一节	方差分析的基本原理	165
第二节	完全随机化设计(单因素)的方差分析	172
第三节	随机区组实验设计的方差分析	176
第四节	多个平均数之间的比较	184
第五节	两因素方差分析	188
	练习与思考	194
<b>第七章</b>	<b>回归分析</b>	196
第一节	回归分析的基本原理	196
第二节	一元线性回归分析	201
第三节	多元线性回归分析	220
	练习与思考	232
<b>第八章</b>	<b><math>\chi^2</math> 检验</b>	233
第一节	总体分布的假设检验	236

第二节 独立性检验·····	243
练习与思考·····	254
<b>第九章 非参数检验</b> ·····	255
第一节 非参数检验的特点·····	255
第二节 符号检验·····	256
第三节 符号秩次检验·····	261
第四节 中位数检验·····	266
第五节 秩和检验·····	276
第六节 秩次方差分析·····	280
练习与思考·····	285
<b>第十章 主成份分析</b> ·····	288
第一节 主成份分析的基本原理·····	288
第二节 主分量的导出·····	289
第三节 主成份分析的实例·····	294
练习与思考·····	298
<b>第十一章 因素分析</b> ·····	299
第一节 因素分析的基本原理·····	299
第二节 共同因素常数的确定及负荷矩阵的 具体求法·····	303
第三节 正交旋转与斜交旋转·····	307
第四节 因素计分·····	311
第五节 因素分析的实例·····	313
练习与思考·····	320
<b>第十二章 聚类分析</b> ·····	321
第一节 聚类分析的基本原理·····	322



第二节 系统聚类法·····	333
第三节 聚类分析的实例·····	353
练习与思考·····	357
<b>第十三章 判别分析·····</b>	<b>359</b>
第一节 距离判别·····	360
第二节 贝叶斯判别·····	372
第三节 费希尔判别·····	381
练习与思考·····	391
<b>第十四章 常用教育实验设计与分析·····</b>	<b>393</b>
第一节 教育实验设计的作用,基本原则及其内容·····	394
第二节 随机化完全区组设计·····	396
第三节 $2^k$ 析因实验设计·····	399
练习与思考·····	407
<b>习题答案·····</b>	<b>408</b>
<b>附表·····</b>	<b>413</b>
<b>主要参考书目·····</b>	<b>455</b>

# 绪 论

---

## 一、什么是教育与心理统计学

在今天，教育与心理统计学这一术语对我们来说，已经不陌生了。10多年来，由于统计理论与方法在教育 and 心理两大领域中得到了广泛的应用，人们逐步认识到教育与心理统计学的重要作用。

确实，用统计数字来说明问题有其独特的作用，即可以简洁、明了地把问题表示清楚。但是，仅有数字还远远不够，因为教育与心理研究的对象是人，人的思维及其身心发展的过程十分复杂，对人进行教育的周期很长，并且也很复杂，因此教育与心理研究也是十分复杂的，所以仅用简单的统计数字来说明问题是不够的，还要对各有关数字作更深一步的分析研究，才能找出教育与心理研究中的规律性的东西，这就是教育与心理统计学的任务。

我们可以认为：教育与心理统计学是应用统计学的一个分支，是数理统计学与教育学、心理学的一门交叉学科，它把统计学的理论方法应用于教育实际工作和各种心理实验、心理测验等科学研究中，通过对所得数据的分析和处理，达到更为准确地掌握情况、探索规律、制订方案、检查效率的目的，为教育与心理的科学研究提供了一种科学的方法。

## 二、教育与心理统计学的基本内容及本书体系

随着社会的发展、科学的发展，教育与心理统计学的基本内容也在不断地更新和充实。在本书中，主要包括以下内容。

1. 描述统计学 这一部分内容主要是研究和简缩数据和描述这些数据。这就是从大量的观测数据中，用恰当的统计方法来简缩数据，计算这些数据的有代表性的参数。例如、计算平均数、中位数、众数等，以这些参数来反映观测数据的集中趋势；计算标准差、方差等，以这些参数来反映观测数据的离散趋势；计算积差相关系数、等级相关系数、点列相关系数等，以这些参数来反映观测数据之间的相互关系。同时，还可以把观测数据归类，用相应的表格或图形把观测数据的主要特点和特征表示出来。因而，描述统计学主要是描述事物的典型性、波动范围以及相互关系，揭示事物的内部规律。

2. 推断统计学 这一部分内容主要是研究如何利用数据去作出决策的方法。在教育和心理的研究和实验中，涉及面非常大，往往我们不可能对全体对象进行研究或做实验，只能从中抽取部分有代表性的样本进行研究或做实验，而推断统计学则是一种依据部分数据去推论全体的一种科学方法。推断统计学的主要内容有：统计检验、统计分析和非参数统计法。推断统计学的内容较多，不同的研究和实验应当采用不同的推断统计方法，这样才能使得出的结论应用于更广泛的范围或根据已有的结果结合教育与心理的特点作出预测或相应的规划。显然，推断统计学是进行教育与心理实验，对教育与心理研究或实验作出预测和规划的有力工具。

3. 多元统计分析 这一部分内容主要是研究超过二个因素的教育与心理的研究和实验。显然，我们常常进行的教育与心理的研究和实验，可能会受到多个因素的影响，那么，寻找出主要的因素，相近或相关的因素合并或归类，则是多元统计分析的主要任务。多元统计分析的主要内容有：主成份分析、因素分析、聚类分析、多元方差分析、多元回归分析等。多元统计分析在计算上是繁杂的，在教育与心理统计学发展和应用的长河中，多元统计分析的应用受到一定的限制。但在今天，这一个问题已经得到了全面的解决，主要

是电子计算机的发展，以及专门的统计软件包的成熟，所有的计算难题已经一扫而光。而多元统计分析的广泛应用，更为有力地促进了教育与心理的研究和实验的可靠性和准确性。

基于教育与心理统计学的发展，在本书中我们安排了有别于其他书的体系。对于描述统计学，集中在两章（第一、二章）把常用的描述统计方法包含进去，并着重展示这些方法的各自特征及各参数之间的联系，使之篇幅减少，内容目的更为明确；对于推断统计学，仍是本书的主要内容，共有七章（第三、四、五、六、七、八、九章），按不同的方法不同的应用范围进行介绍，但力求能让读者学习了以后可以应用，即理论联系实际。在第六、七章中，各有一小节介绍了多元统计分析方法的一小节内容；对于多元统计分析，本书共有四章（第十、十一、十二、十三章），这里主要介绍了常用的多元统计分析的基本原理及方法，目的是让读者更好开阔眼界，懂得这些方法的应用范围及应用的可能性。限于篇幅，本书没有介绍这些多元统计分析方法的计算机程序，实际上，在目前流行的统计软件包中（如 SPSS 等）都可以找到；本书的最后一章（第十四章）介绍了实验设计方法，主要是使大家在实际操作中能正确地设计，这样才能采集到观测数据，才能进行各种统计分析，若实验设计不恰当，则会前功尽弃，无法达到预期的目的。

为了适合不同层次读者的需要，本书从教材方面考虑，使本科、专科、教育管理干部培训等层次均可适用，任课教师可以根据实际课时和学员水平进行取舍，这些取舍，特别是多元统计分析部分的取舍，完全不影响教材的完整性。若作为教学参考书或自学进修提高的自学教材，本书同样可取。一则本书体系较新，力求反映目前教育与心理统计学的最新发展和最新应用；二则内容较全，各种常用的统计方法已基本收集在内，每一章都有实例来说明方法的实际应用，并附有习题和答案，供巩固和提高用。这种体系的编排及内

容的结构,是编者多年教学与研究的体会,相信会对读者有所裨益。

### 三、教育与心理统计学的昨天、今天和明天

1. 教育与心理统计学的昨天 1904年美国人 E. L. Thorndike 写的《心理与社会测量导论》(*An Introduction to the Theory of Mental and Social Measurements*),竭力以心理学和统计学为工具研究教育学,使教育科学化,可以认为是世界上第一本有关教育与心理统计学的专著。随后,美国的一些大学先后开设教育与心理统计学的课程,并出版专著、教材。如 L. L. Thurstone 的《统计学纲要》(*The Fundamentals of Statistics*) (1924年)、H. E. Garrett 的《心理与教育统计法》(*Statistics in Psychology and Education*) (1926年)等。我国当时在大学教育系和中等师范学校把教育与心理统计学作为必修课程,也有不少学者从事这门课程的讲授并撰写专著、教材。如薛鸿志著《教育统计法》(1925年)、周调阳著《教育统计学》(1925年)、朱君毅著《教育统计学》(1930年),王书林著《教育测验与统计》(1935年)等。在这一时期,这些教材与专著的内容大都属于描述统计。

进入40年代以后,应用数理统计方法研究教育与心理问题得到了较为普遍的应用。教育与心理统计学进入了以推断统计为主要内容的阶段,这时的教育与心理统计学包括了小样本理论、统计估计、统计检验等内容,还有非参数分析方法,使得教育与心理统计学的内容更为充实、丰富,实用范围更为广泛。这一时期的主要代表作有:E. F. Lindquist 著《教育研究中的统计分析》(*Statistical Analysis in Educational Research*) (1940年)、W. J. Popham 和 K. A. Sirotnik 合著《教育统计学——应用与说明》(*Educational Statistics—Use and Interpretation*) (1967年)、J. P. Guilford 和 Benjamin Fruchter 合著《心理与教育中的统计学》(*Fundamental Statistics in Psychology and Education*) (1978年)。在国内,则有沈有乾著《教

育统计学讲话》(1946年)、《实验设计与统计方法》(1947年)等。在40年代至70年代期间,国外的教育与心理统计学发展迅速,在40年代,教育与心理统计学在国内也得到一定程度的普及和应用。而在50年代,由于当时的实际形势,学校中的教育与心理统计学课程被认为是资产阶级产物而全部取消,在长达20多年的时间里,在一般的教育研究中也无人再用统计方法了。在这一时期,我国教育与心理统计学的研究和应用,都与世界水平拉开了距离。

2. 教育与心理统计学的今天 进入70年代以后,电子计算机技术迅猛发展,电子计算机不但在机关、单位、实验室里得到广泛的应用,而且还进入家庭,以往因为计算繁杂而使应用受到限制的统计方法,随着计算工具的现代化也迎刃而解了。在教育与心理统计学的理论与方法方面,不但充实了描述统计学、推断统计学的内容和方法,而且还发展了多元统计分析在教育与心理研究和实验中的应用,从而使教育与心理统计学的应用范围更为广泛,内容更为丰富。至于大量的数据处理,则由于计算技术的发展,已有可以兼容多种机型,且操作简便,计算迅速、准确的专用统计软件包,这类软件包基本上包含了各种常用的统计分析方法,当然也包括多元统计分析方法。所以,今天,教育与心理统计学的应用就得到了更为广泛的应用。在这一时期,国内有影响的著作和教材有:叶佩华主编的《教育统计学》(1983年),张厚粲主编的《心理与教育统计》(1982年、1987年)等。这些学者还为我国自1979年以来恢复教育与心理统计学的教学和研究作出了重要的贡献。目前,教育与心理统计学的教学已全面恢复,已作为大学教育系、心理系的必修课,各种应用成果,不同层次的教材不断出版,促进了学术交流,也促进了学术水平的提高。

3. 教育与心理统计学的明天 随着教育与心理统计学的广泛应用,教育与心理统计学对提供决策信息,分析实验结果的重要作

用将越来越明显。在内容方面，将更加朝实用性方向发展。教育与心理统计学作为教育与心理科学研究的工具，实用性则是它的生命力，强调各种统计分析方法的应用条件、应用范围，为各种决策提供服务；同时，将会与计算方法、计算技术更加紧密结合。应用教育与心理统计理论与方法不再是统计学家的专责了，教育行政干部，每一个教育与心理研究工作者，都可以得心应手地利用电子计算机应用各种统计理论与方法来分析问题，解决问题，以及利用分析结果作出决策。在实验方面，将重视各种实验设计方法，重视数据的收集，教育与心理的研究会使定性与定量研究更为有机地结合起来，从而使各种研究结论更具说服力。

教育与心理统计学的发展，必然与现代科学技术的发展紧密联系，这就是教育与心理统计学的明天。

#### **四、预备知识**

##### **1. 概念与术语**

##### **(1) 随机变量**

教育与心理实验或观测，在相同的条件下，其结果可能不止一个，由实验或观测所得到的数据，事先无法确定，这类现象称为随机现象。因为可以用数字来表现，则称这些数字为随机变量。虽然随机变量事先无法确定，但仍有其特点，即离散性、变异性和规律性。就是说，观测数据是以一个个分散的数字形式出现，而又是在一定的空间、时间和范围内不断变化，这种变化在一定的范围内呈现着一定的规律性，通过大量的实验或观测，这种规律性可以揭露出来。

随机变量依其性质不同，可以分为称名变量、顺序变量、等距变量、比率变量四种。称名变量用于说明某一事物与其他事物在属性上的不同或类别上的差异，但不说明事物与事物之间差异的大小。例如研究学生性别对学习的影响，则性别分为男女，就是属于称名

变量。顺序变量是指可以按事物的某一属性，把它们按多少或大小按顺序加以排列的变量。例如把某年级学生的数学成绩从高分到低分排列，则最高分为 1 名，次高分为 2 名……。这种变量不具有相等的单位。等距变量是指变量之间具有相等的距离。等距变量除了有量的大小外，还具有相等的单位。例如天气温度，星期一为 20℃，星期二为 25℃，星期三为 30℃，则我们可以说星期三气温高于星期二气温，星期二气温高于星期一气温，而且还可以说星期三与星期二气温之差等于星期二与星期一气温之差。比率变量除了有量的大小、相等单位之外，还有绝对零点，例如，身高、体重等都属于这种变量。

变量依其相互关系，则可分为因变量与自变量。两种变量则可以用函数关系式  $y=f(x)$  来表示，关系式中  $y$  为因变量， $x$  为自变量。

变量还可以分为连续变量与离散变量（不连续变量）。连续变量则可以在量表上的任何两点加以细分，可以取得无限多个大小不同的数值。不连续变量则在量表上的任何两点中只能取得有限个数值。

## (2) 总体、样本、个体

总体、样本、个体是统计学中的常用名词，统计公式中经常会应用到。

总体是指具有某一种特征的一类事物的全体，构成总体的每一个基本元素称为个体，在总体中按一定规则抽取的一部分个体，称为总体的一个样本。

显然，总体所研究的是具有某一特征的一类事物的对象的全体，因而总体有大有小，随所研究的对象而变。构成总体的个体不限于人或物，也可指心理活动，例如推理能力、学习方法、反应时间等等。总体的性质是由组成总体的每一个个体的性质构成，所以要了解总体的性质，必须对每一个个体进行观测，但实际上是做不到的，



因而，只能从总体中抽取一部分个体——样本，进行观测研究，从而对总体加以推论。在教育与心理研究中，一般只对样本进行观测，然后推知总体。这样，就必须保证样本的代表性，使样本在一定程度上能够反映总体的情况。

## 2. 常用的符号与计算

### (1) 连加号及运算法则

在统计运算中，因为经常会将较多的数值相加。例：若有一组观测数值  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ，将这组数值相加，则写成

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n$$

这一写法较麻烦，故在统计书籍中，一般都用一连加符号来表达，如上述的表达则写成

$$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n \quad (1)$$

这里  $\Sigma$  表示连加符号，同时表示相加的观测数值共有  $n$  个，这些数值的下标编号  $i$  从 1 起至  $n$  止。

这里  $\Sigma$  是一希腊字母，读为 *Sigma*。当起讫点已经清楚时，(1) 式也可以写成

$$\Sigma x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n \quad (2)$$

甚至写成

$$\Sigma x = x_1 + x_2 + \dots + x_n \quad (3)$$

连加号也有其运算法则：

①若  $c$  是一个常数，而  $x_i$  是观测变量，则常数与变量的乘积的连加和等于变量连加和与常数的乘积。以式子表示为：

$$\sum_{i=1}^n cx_i = c \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

证明：因为

$$\sum_{i=1}^n cx_i = cx_1 + cx_2 + \dots + cx_n$$