



全国教师教育课程资源专家委员会审定
高等院校教育学类专业课程规划教材

教育统计学

孙杰远 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国教师教育课程资源专家委员会审定
高等院校教育学类专业课程规划教材

教育统计学

Jiaoyu Tongjixue

孙杰远 主 编
徐文彬 唐剑岚 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书共十章,以学习者需求为中心,以实践实用为取向,整合与呈现教育统计学的经典、实用、核心与前沿的内容。第一章概述了教育统计学的性质、用途及主要内容,第二、三章探讨了描述统计的核心内容,第四章概述了推断统计的基础以及主要内容,第五至八章重点探讨了教育统计学常用的平均数检验、单因素方差分析、一般线性模型分析、相关分析与回归分析,第九、十章探讨了教育统计学的前沿工具,即因素分析和结构方程模型分析。

本书的主要特点是需求导向和实践取向,可作为高等院校教育统计学课程的教学用书,适用于教育学各专业、教师教育各专业本科教学,同时也适于硕士研究生、教育科学研究者及各级各类教师培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

教育统计学/孙杰远主编. —北京:高等教育出版社,2010.12

ISBN 978-7-04-029649-5

I. ①教… II. ①孙… III. ①教育统计-统计学-高等学校-教材 IV. ①G40-051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 215583 号

策划编辑 魏延娜

版式设计 王艳红

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京人卫印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2010 年 12 月第 1 版
印 张	22.5	印 次	2010 年 12 月第 1 次印刷
字 数	390 000	定 价	30.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29649-00

序

袁振国

百年大计,教育为本。教育大计,教师为本。高素质、专业化的教师队伍是提高教育质量的关键,提高教师素质和专业化水平是教师教育的根本任务,课程建设和教材建设是教师教育的重要内容。

高等教育出版社策划出版的“高等院校教育学类专业课程规划教材”涵盖了教育学类专业课程的主要内容,反映了教育学各分支学科研究的新成果与新水平。这套教材体现了以下特色:

一是教材的实践性。教育学是实践性很强的学科,理论联系实际是教育学各分支学科须着力处理好的关键问题。作为教育学类专业课程教材,该套教材打破了以往同类教材对教育理论的抽象阐述与枯燥呈现,用案例阐述理论内涵,突出实践教学的内容,把教育理论变得生动并指向教育实际问题的解决,凸显了教育学科的实践性。

二是教材的先进性。教育学各分支学科研究不断深入和细化,涌现出很多新成果和新思想。这套教材在保证学科领域最基本的知识结构的基础上重新建构学科体系,注意吸收本学科研究的新成果和新思想,能够反映教育学分支学科新的变化和发展。

三是配套课程资源的丰富性。信息技术在教学领域的广泛应用,推动着教学模式、教学方法和教学手段的变革。当今的课程观念已由单一课程观向教育资源观转变,教学资源亦须由单一纸介质教材向立体化教学资源转变。高等教育出版社建设了这套教材的配套辅教光盘、辅学光盘、试题库、学科素材库、课程网站等立体化教学资源,极大地丰富了教材的配套课程资源。

此外,这套教材的主编都是在我国教育学科领域享有一定声望和成就的学者,他们知识广博而精深,思想先进,思维活跃,并在高等院校里承担着

相关课程的实际教学,积累了丰富的研究成果和实践经验。由他们来组织编写教材,使这套教材的质量有了可靠的保证。

我相信,这套教材一定能够在教育学类专业课程建设方面以及教育学科建设方面发挥引领与推动作用。我愿意向广大师生推荐这套教材,也相信这套教材会受到广大师生的欢迎。

前言

教育统计学是教育学与数理统计学相结合的一门交叉学科。它将统计的一般原理和方法应用于教育实际工作和教育科学研究,通过数据的分析和处理,为教育工作者探索教育规律、解决教育问题、检查教育效率,提供一种科学的工具与方法。

教育统计学的主要内容包含三大块:描述统计、推断统计和实验统计。描述统计的基本任务是研究简缩教育数据、定性和定量描述这些数据。推断统计的基本任务是研究参数估计、假设检验、统计分析和决策。实验统计则主要研究抽样、样本容量的确定以及实验数据统计方法的采用。随着信息社会的发展,特别是教育统计软件的开发与应用,教育统计的内容不断扩充,体系不断更新,这三大主要内容呈现相互融合、相互整合的取向。教育统计学成了教育工作者必需的工具,在教育研究和教育实践中显示出巨大作用。为迎接时代挑战以及满足现实需求,我们编撰了《教育统计学》一书。

本书编撰的主要目的是:帮助读者(主要是教师教育类学习者)理解教育统计学的基本原理,掌握教育统计学的基本方法与技能,养成良好的教育统计意识和习惯,领悟教育统计的思想与方法,形成应用教育统计学进行教育研究的能力。

本书共十章,整体上将描述统计、推断统计和实验设计三大块整合并呈现。每章若干节,各节之间围绕本章基本理论与实践操作展开。每章按照目标导航、引言及正文、关键术语、资源链接、反思与探究的体例进行编写。各章例题或案例均利用 SPSS 或 AMOS 统计软件包进行解答并渗透在原理及方法介绍之中。

本书章节主要内容及逻辑关系如下:第一章为绪论,概述了教育统计学的性质与用途、教育统计学的内容与学习的注意事项;第二、三章为描述统计的核心内容:应用数据的统计图表进行定性描述统计和应用数据的特征量进行定量描述统计;第四、五章为推断统计的核心基础以及主要内容:概率论基础、抽样分布原理、参数估计与假设检验、平均数检验与单因素方差

分析等;第六章为推断统计和实验统计整合的主要内容:一般线性模型分析,这也是教育研究最常见的核心内容;第七、八章是探讨教育研究中两个或多个变量间相互变化关系的统计分析技术:相关与回归分析,是探讨多变量相互关系的核心基础;第九、十章属于多元统计分析的重要内容,是教育统计的前沿和热门话题:因素分析和结构方程模型分析,它们特别对教育研究中的问卷、量表设计具有重大指导意义。结构方程模型分析克服了传统统计分析方法的很多缺陷,不仅应用于问卷设计,更重要的是它成了研究教育中多变量相互关系的统计先驱。

本书的重点是教育统计原理的理解,教育统计方法的应用以及实用条件,SPSS 操作的过程与分析结果的解释。

本书的难点是教育统计原理的理解,教育统计方法的应用以及实用条件,SPSS 分析结果的解释。

本书力求体现以下两个主要特点:

1. 需求导向,因需而作

根据读者需要,编写一本教材是一件相当艰难的事情。我们试图以读者需求为导向,即为教师教育类学习者需要而编写该教材。主要体现在如下几个方面:

在内容上,打破过去教材“大而全”的局面,向“少而精”转变。这主要体现在,本书着力挖掘和精选其中的经典且实用、核心且前沿的内容。虽然内容不多,但反映了教育统计学的核心内容和发展概貌。譬如,第二、三章是描述性统计经典且实用的内容,第四章是推断统计经典的核心基础、原理和方法,第五章和第六章是教育实验研究中最实用的推断统计及应用。

在形式上,淡化过去教材太浓的“数学味”,向注重实质性理解转变。这主要体现在,在原理阐述上,数学推理力求科学、精简,注重其实质的理解和方法的操作性,尽量用自然语言通俗易懂地阐述,在保持逻辑关系与系统的前提下,增强理解性和可读性。譬如,讨论协方差分析概念时,尽量运用实例阐述,不做繁难的理论推演。在实践操作上,尽量图文并茂、语言精练。

在体例编写上,弥补过去教材缺失的“导学”成分,向养育读者自主和终身学习素养转变。这主要体现在,每章按照目标导航、引言及正文、关键术语、资源链接、反思与探究的体例进行编写。这符合学习心理的规律,引导读者有效和高效地学习,养育一种自主和终身学习素养。

2. 实践取向,因用而撰

本书有别于其他教育统计学教材的突出特点是本书编撰的实践取向。主要体现在如下两个方面:

注重统计原理与实践操作相结合。这主要体现在,杜绝统计原理及操

作过程的“两张皮”现象,而是将两者融合一体,促使学习者有效学用原理,高效学用操作,用原理指导操作,通过操作深入理解原理。譬如,每章先概述原理的核心思想与操作方法;然后跟以实用例题的 SPSS(版本为 16.0)操作,强调了统计结果的表述和释义;最后,在反思与探究中出现类似的操练。

注重教育统计与教育研究相结合。这主要体现在,书中实例与习题全部来自教育研究中的问题,凸显了实例的案例性与示范性,为读者提供应用教育统计学进行教育科学研究的实用样例,凸显教育统计学的意义与价值。

综合上述特点,本书可作为高等院校教育统计学课程的教学用书,适用于教育学各专业、教师教育各专业本科教学,同时也适于硕士研究生、教育科学研究者及各级各类教师培训使用。

本书由广西师范大学孙杰远担任主编,南京师范大学徐文彬、广西师范大学唐剑岚担任副主编。西北师范大学张定强、云南师范大学张向众、广西师范大学叶蓓蓓参加编写。主编确定本书内容体系与编写要求,审阅并修正本书。各章编写分工如下:第一、三章由孙杰远编写,第二章由叶蓓蓓编写,第四章由唐剑岚和张向众编写,第五、九章由张向众和孙杰远编写,第六章由徐文彬编写,第七章由徐文彬、唐剑岚和叶蓓蓓编写,第八章由张定强和唐剑岚编写,第十章和“附录:AMOS 软件基本操作实例”由唐剑岚编写。在编写过程中参阅了大量的相关文献,在此向相关作者表示诚挚的感谢。

由于水平所限,书中难免有疏漏,敬请专家和读者批评指正。

编者

2010 年元月于桂林

目 录

第一章 绪论	1
第一节 教育统计学的性质与用途	1
一、教育统计学的性质	2
二、教育统计学的用途	2
三、学习教育统计学的意义	3
第二节 教育统计学的内容	4
一、描述统计	4
二、推断统计	4
三、实验设计	5
第三节 学习教育统计学的注意事项	5
一、明确学习教育统计学的目的与任务	5
二、重点把握各类统计方法的适用条件	5
三、注意理论学习与实践应用相结合	6
第二章 常用统计表与图	7
第一节 常用统计表及制作	7
一、常用统计表	7
二、定性数据的频数分布表及制作	10
三、定量数据的频数分布表及制作	11
第二节 常用统计分析图及制作	13
一、茎叶图及制作	14
二、条形图及制作	16
三、扇形图及制作	20
四、线形图及制作	21
五、散点图及制作	24

第三章 数据的特征量及统计分析	29
第一节 集中量	29
一、平均数	29
二、中位数	36
三、众数	40
四、算术平均数、中位数与众数的关系	43
第二节 差异量	43
一、全距、四分位距与百分位距	44
二、平均差	45
三、方差和标准差	47
四、相对差异量	51
五、偏态系数	53
第三节 应用 SPSS 统计分析特征量	55
一、描述统计的频率分析	56
二、平均数统计分析	62
三、多重响应数据的统计分析	64
第四章 推断统计概述	71
第一节 概率论的基本知识	71
一、随机事件的概率	71
二、随机变量及其分布	75
三、几种常见的概率分布	77
第二节 抽样与抽样分布	82
一、抽样的相关概念	82
二、抽样与分布抽样	84
第三节 参数估计与假设检验	86
一、总体参数估计的基本理论	86
二、假设检验的基本理论	89
第五章 平均数检验与单因素方差分析	97
第一节 总体平均数的检验	97
一、单个总体平均数的显著性检验	97
二、两个总体平均数差异的显著性检验	98
第二节 独立样本 t 检验	100

一、两个总体服从正态分布,方差都已知	101
二、两个总体服从正态分布,方差都未知	102
三、独立大样本	107
四、实例及 SPSS 操作与结果解释	108
第三节 配对样本 t 检验	113
一、两个相关样本的相关系数未知	113
二、两个相关样本的相关系数已知	115
三、实例及 SPSS 操作与结果解释	117
第四节 单因素方差分析	122
一、方差分析中常见的术语	122
二、方差分析的基本原理	123
三、单因素方差分析的基本步骤	128
四、实例及 SPSS 操作与结果解释	131
第六章 一般线性模型分析	144
第一节 一般线性模型分析概述	144
一、一般线性模型分析的基本概念	144
二、多因素方差分析的基本原理	146
三、协方差分析概述	149
四、一般线性模型分析的 SPSS 模块概述	150
第二节 单变量多因素方差分析	151
一、单变量多因素方差分析概述	151
二、实例及 SPSS 操作与结果解释	152
第三节 多变量多因素方差分析	169
一、多变量多因素方差分析概述	169
二、实例及 SPSS 操作与结果解释	170
第四节 重复测量方差分析	177
一、重复测量方差分析概述	177
二、实例及 SPSS 操作与结果解释	179
第七章 相关分析	189
第一节 相关分析原理及操作	190
一、相关分析的基本概念	190
二、相关系数的计算方法	192
三、相关分析的基本原理	198

四、实例及 SPSS 操作与结果解释	201
第二节 相关系数与测量信度	207
一、测量信度概述	207
二、实例及 SPSS 操作与结果解释	210
第八章 回归分析	222
第一节 回归分析的基本原理	223
一、回归分析概述	223
二、线性回归分析的基本原理	227
第二节 一元回归模型分析	232
一、回归模型的建立与检验	232
二、回归模型的预测	238
第三节 多元线性回归分析	241
一、多元线性回归概述	241
二、实例及 SPSS 操作与结果解释	241
第九章 因素分析	246
第一节 因素分析概述	247
一、因素分析的基本思想	247
二、因素分析的基本原理	249
三、因素分析的基本过程	252
第二节 实例及 SPSS 操作与结果解释	256
第十章 结构方程模型分析	275
第一节 SEM 的基本概念与原理	276
一、SEM 概述	276
二、SEM 的变量类型	276
三、SEM 的基本结构	278
四、SEM 的基本原理及过程	279
第二节 基于 SEM 的验证性因素分析	280
一、验证性因素分析的相关概念	280
二、基于 SEM 的 CFA	282
第三节 基于 SEM 的路径分析	290
一、路径分析的相关概念	290
二、基于 SEM 的路径分析案例	292

第四节 SEM 的优点与不足	292
一、SEM 的优点	292
二、SEM 的不足	294
附录 AMOS 软件基本操作实例	297
第一节 AMOS 7.0 快速入门	297
一、启动系统与调入数据	297
二、设定 AMOS 的模型	300
三、运行模型与查看结果	305
第二节 验证性因素分析案例	307
一、模型建构	307
二、测量模型路径图的绘制	309
三、模型的运行	311
四、查看模型运行结果	313
五、AMOS 结果说明	325
第三节 路径分析案例	328
一、AMOS 中例 4	328
二、AMOS 中例 6 - b	336
参考文献	339

第一章

绪 论

目标导航

1. 了解教育统计学的性质与基本用途;
2. 了解教育统计学的主要内容;
3. 掌握学习教育统计学的基本方法。

教育统计学让我们学会收集、整理、描述教育教学现象中蕴含的数字信息,并且用手中的数据剖析各类教育现象和解决教育问题,这常使人感到兴奋。但学习教育统计学之前,我们常面临一些问题,如教育统计学包含哪些内容呢?这些内容是彼此独立的吗?如果不是,它们之间有什么关系呢?我们该如何学习教育统计学?如果我们数学基础不好,学习教育统计学能行吗?本章将解答以上常见的困惑。

第一节 教育统计学的性质与用途

统计就是“计数”,小到一个人、家庭,大到一个人、国家都有计数的任务,这些计数的结果就是数据。数据由数字组成,但它不仅仅是单纯的数字。数据是有内容的数字。譬如,仅仅是“37”这个数字并不能说明什么含义,但是如果我们得知,今天气温是 37°C ,根据数字,并和我们的常识相衔接,就可以作出判断:今天的气温将让人感到十分炎热。

统计学是研究统计原理和方法的科学。具体而言,统计学是研究如何收集、整理、分析反映事物总体信息的数据,并以此作为依据进行描述性分析,并对总体特征进行推断的原理和方法。

一、教育统计学的性质

教育统计学是运用数理统计的原理和方法来研究教育问题的一门应用科学。它主要研究如何收集、整理和分析由教育调查和教育实验等途径所获得的数据,并以此为依据,进行科学解释和推断,从而揭示教育中某些现象的特征及规律。教育统计学是处理教育实际工作、进行教育教学研究、提高教育绩效管理的科学水平、提高教学质量的重要工具。它的主要任务是在对教育教学现象(研究对象)进行调查和实验所获取的充分的数据资料基础上,通过对数据材料进行整理、计算、分析、推断和检验,探索教育现象发展变化的特征及规律,或根据研究结果的数据处理进行统计推断,从而作出正确的教育决策。

教育统计学的应用十分广泛。凡物的存在必有数量(桑代克,1918),而凡有数量的东西都可以测量(麦柯尔,1923)。在教育领域中,无论是教育科学研究、教育行政管理,还是日常的教学教务工作,都会接触到数量的问题,收集到许多数据。应用教育统计,可以从中分析出有价值的信息,作为教育教学决策的依据,帮助我们发现各种教育现象的规律,解决一些教育问题。

但是从研究内容上说,教育调查和教育实验课题(项目)的提出、内容的界定、对象的选择、假设的建立、结论的得出以及分析,都不是教育统计学的研究范畴,原因就在于此类问题还需依靠与研究内容相关的教育专业知识才能解决。教育统计学仅能提供各类统计方法的应用条件和对统计结果的解释。

二、教育统计学的用途

1. 探明研究对象的属性特征

任何事物都具有质量和数量两个方面,二者是辩证统一的关系。我们在教育工作中,可从数量探析教育现象的性质,如通过对数量进行统计整理,计算出各种指标如平均数、众数、中位数、标准差、相关系数等统计量,进而说明教育现象的属性特征。

2. 分析和判断影响教育现象变化的因素

一种教育现象的变化,往往受到多种因素的作用,不同的因素作用效果不同,有些因素作用效果较大,有些因素作用效果较小,有时是多种因素共同在起作用,有时单一因素也能发生影响,这些都是我们需要关注的问题。譬如,学生的学习成绩与教师教学水平、教学内容、家庭教育环境、社区环境之间的关系。如果我们想从诸多因素中找出影响较大的因素,就需要用教

育统计学中的方差分析、 F 检验、因素分析等方法进行统计分析,从而找出真正起作用的因素,以便有针对性地改进教学,提高学生的学习水平。

3. 探索教育现象之间的关系

事物是普遍联系的。各种教育现象与社会现象之间往往存在某种关系。教育现象之间也是相互联系、相互影响、相互促进或相互制约的。如信息技术教育的发展与国家 IT 产业的发展之间,学生的语文成绩与数学应用题解题能力之间,等等,都存在着一定关系。教育统计学中的相关分析,能够帮助我们探索各种现象之间存在的关系及其特征。

4. 比较教育现象间的差异

各种教育现象之间必然存在差异,如两个平均数之间的差异、两个相关系数之间的差异、学生成绩的比较、学生自主学习能力的比较等。这些数量上的差异对我们的教育科学研究是否有意义、有价值,要通过统计分析中的 Z 检验、 t 检验等统计检验手段才能清楚。

5. 由样本推断总体

在教育调查和实验中,如果总体数量较少,我们可以对总体进行全面研究。但是,如果总体数量较大,对所研究的教育对象中的每一个个体都加以研究就相当困难。这时我们通常从总体中抽取一部分具有代表性的个体组成样本进行研究。通过对样本的属性特征进行考察分析,进而根据相关统计理论去推断和预测样本所来自的总体的特征情况。在进行抽样研究时,需要考虑抽取样本的方式、数量和代表性的问题,以及根据样本估计和推测总体情况时,其准确度和把握性有多大的问题,这些都涉及统计学中的推断统计和分析的方法。虽然由统计推理得出的结论具有不确定性,但根据一定分布的数学模式,借助概率分析,可以对推理的不确定性进行较为准确的测定,使得我们的研究结论在一定置信程度内保证它的正确性。

三、学习教育统计学的意义

教育统计学是教育科学研究中定量分析的重要工具。无论是教育调查,还是教育实验,都需要用相关的统计方法进行处理和分析。特别是在教育实验中,每个步骤几乎都要用到统计的方法和原理。譬如实验项目的设计,被试对象的选择,样本容量的确定,实验因子的安排,干扰因素的控制,数据的整理、分析,统计推断,结果的说明和解释等,每个环节都要求研究者对统计方法有较深刻的理解和掌握,才能顺利进行。

对广大教育工作者而言,掌握教育统计学可以让我们顺利地阅读运用统计学方法进行定量分析的科研报告或文献,从而可以间接地学习国内外的先进研究成果。在教育教学和行政管理中,运用教育统计学可以提高教

育、管理工作的科学性和效率。此外,学习教育统计学还可以为教育测量和教育评价的学习打下基础。在标准化测验编制过程中,试题的筛选、测验信效度鉴定、量表编制等,都离不开教育统计方法。

第二节 教育统计学的内容

从统计方法的功能或具体应用角度来分,教育统计学的内容可以分为描述统计、推断统计和实验设计三大块。

一、描述统计

描述统计主要是来描绘(describe)或概括(summarize)获得数据的基本情况,显示出其分布特征。具体来说,描述统计主要包括两个方面的内容,其一,通过归类分组、编制图表等统计方法对大量数据进行归纳和整理,以定性的方式形象描述数据的全貌,反映数据的直观分布特征。譬如,运用条形图、扇形图、散点图等统计图直观描绘数据分布等。其二,计算出数据的特征量,以定量的方式解释数据的特征。譬如,通过计算平均数、中位数等集中量,来定量反映数据的集中趋势;通过计算标准差、差异系数等差异量,来定量反映数据的离散程度;通过计算积差相关系数、等级相关系数等相关量,来定量反映两个或者多个变量之间变化的相互关系。

描述统计方法既适用于只表示局部(样本)特征的一组数据,也适用于全面实验、调查或测验中所获得的总体数据,它能使大量零散的、杂乱无章的数字资料通过整理、归纳、简缩和概括之后,清晰、明确地显示事物的全貌及其分布特征。

二、推断统计

推断统计是在描述统计的基础上发展起来的,主要是根据样本数据提供的信息,运用概率理论进行分析论证,在一定可靠程度上推断总体的有关特征。推断统计的核心思想是从特殊到一般,从样本到总体,即用样本统计量来推断总体参数。然而,推断统计和直接推断的本质区别在于,后者往往不会关心样本和总体的差异,而直接根据统计量来下结论,这会产生很多偏差。而推断统计则依据抽样分布理论,利用样本统计量去估计和推断总体参数和分布规律,其基本形式有总体参数估计和假设检验。因此推断统计包括两个主要内容:参数估计和假设检验。譬如,对总体参数的估计,包括总体平均数、总体标准差和总体相关系数等;对总体参数或总体参数之差的假设检验,包括总体平均数之差、总体方差之差、总体相关系数之差等;对总