

多因素实验设计

心理与教育研究中的

舒华

北京师范大学出版社

心理与教育研究中的

多因素实验设计

舒 华

北京师范大学出版社

(京)新登字 160 号

图书在版编目(CIP)数据

心理与教育研究中的多因素实验设计/舒华

—北京:北京师范大学出版社,1994.8

ISBN 7-303-03652-0

I. 心…… I. 舒…… III. ①教育心理学—心理测验②教育心理学—教育测验 IV. G449

北京师范大学出版社出版发行

(100875 北京新街口外大街19号)

北京怀柔东晓印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 850×1168 1/32 印张: 11.25 字数: 270千

1994年7月北京第1版 1994年7月北京第1次印刷

印数: 1-5000册

定价: 9.80元

内 容 简 介

使用多因素实验设计是当前心理和教育研究发展的趋势。它可在一定程度上克服早期实验室和教育现场研究的局限性,使实验研究更加深入,探索更加复杂的现象,同时使研究结果更加精确、可靠。实验设计也是一门技术,它包括实验设计、统计分析和计算机数据处理三方面的知识,缺一不可。本书的特点是,在介绍各种实验设计原理的基础上,将实验设计、统计分析和计算机数据处理三方面内容紧密结合,通过大量举例,对从如何根据研究课题进行实验设计,如何进行方差分析,如何得出研究结论做了详细的介绍,并且介绍了如何编制 SPSS 方差分析程序对书中的例题进行数据处理,和阅读输出结果。因而,可使读者较好地三方面知识结合起来,较快地掌握实验设计的原理与操作,用于自己的研究。本书的内容在作者几次给本科生、研究生开课中收到很好的效果。

本书由两部分组成,第一编“因素实验设计与方差分析计算原理”中介绍了多种实验设计,其中,重复测量因素实验设计、简单效应检验、多重比较和对比等部分,都是国内尚未详细介绍过的。第二编“应用 SPSS 方差分析软件包处理数据”中介绍了各种实验设计的计算机数据处理程序,SPSS 方差分析软件包的使用也是国内尚未系统介绍过的。

本书内容对从事心理与教育教学与研究的高等院校教师、研究生、本科生及各类研究人员开展实验研究将有很大的帮助。

序

科学实验是发现真理的基础,又是检验真理的标准。科学上的重大发现和突破,大都得益于科学实验中的发掘和提炼。例如在微观粒子的研究中,以云室的实验结果直观地说明了电子、正电子的“成对产生”和“湮灭”过程,使得关于基本粒子的一些物质概念不得不做根本的修正。孟德尔(Mendel, J. G.)通过巧妙设计的豌豆杂交实验,提出了遗传的分离定律,揭示了客观存在的数量关系,这是单凭观察所难以奏效的。纵观心理与教育的发展历程,我们更有深刻的体会,冯特(Wundt, W.)创建了世界上第一个心理学实验室,才使心理学既脱离了哲学又同生理学分离而发展成为一门独立科学,之后,实验便成为心理科学建设的最重要的支柱。实验的方法在教育研究中同样至关重要,裴斯泰洛齐(Pestalozzi, J. H.)一生就创办了好几处实验学校,在我国,陶行知创办的晓庄师范马山海工学团也具有实验学校的性质。可以说,在心理与教育研究中,一种学说的创建,一个学派的形成,一项改革的倡导,无不以反复的实验为立论依据。

近年来我国心理与教育的实验研究有了长足进展,实验方法不仅在专业研究部门和高校科研中受到重视,而且逐渐向广大的中小学以及企事业普及,这对我国心理学的发展,对教育事业的振兴无疑具有十分重要的作用。但是,我们必须清醒地认识到,就整体情况分析,我国实验水平还很低,特别是在实验的设计方面,与国际上的研究相比差距更大。不少研究还停留在早期实验室实验的水平上,对复杂的心理及教育中的问题,也只能在“严密”控制下,针对单因素采用简单方差分析的统计技术加以处理,致使研究结果仍不能全面地反映现实,外部效度不高。可见,实验设计水平

的局限已严重影响了心理与教育研究的深入开展,这与我国心理科学的建设以及教育改革的急切需求形成了极大反差,迅速提高实验设计水平已迫在眉睫。

舒华博士的力作《心理与教育研究中的多因素实验设计》问世正好填补了上述空缺。该书从实验设计的基本问题入手,对单因素、两因素、三因素以及更加复杂的因素实验,嵌套实验的设计原理和各种方法均一一着墨论述,并对多重比较和对比的方法作了深入探讨。由于在实验前的设计中就引入了现代统计方法,因而有效地解决了复杂实验设计的一系列问题。特别值得称道的是,该书不是仅仅停留在方法的一般介绍上,而是通过实例和自己的研究实践告诉读者究竟怎样实施这些方法。并且专门开辟了一编,对世界通用的大型统计软件作了具体介绍,较好地解决了实验设计中多元统计的数据处理问题。这样,不仅让读者懂得了应该“怎么办”,而且使“怎么办”的问题获得圆满解决。对心理与教育的实验设计作如此完整深入地专题论述,在我国还是第一部,尽管该书某些方面尚有待进一步改进和完善,但就上述意义讲,作者的工作是富有开创性的。

科学发展的历史表明,科学技术上的重大突破常常与科学方法的重大革新相关联。而在一般的心理与教育研究中,驾驭正确科学的方法,则是获取成功的必要条件。一种先进方法一旦被广大研究工作者所掌握,就会大大提高一个国家在该领域的科研水平,促进科学事业的快速发展。回顾心理与教育的研究历程,也足以说明这一点。在我国心理学刚刚恢复其科学地位的1982年,我们曾出版过一本《心理与教育统计》,最早向心理与教育领域的工作者们介绍了推断统计的理论与方法,改变了以往方法单调、分析乏力的格局。人们不仅懂得了使用各种描述统计方法,而且掌握了由样本统计量推论总体参数的推断统计技术,这是科研方法的一大进步,它使我国心理与教育研究上了一个台阶。时至今日,原来的方法手

段已明显地不足以适应时代需求。我相信,《心理与教育研究中的多因素实验设计》的出版发行,必将为我国实验研究带来勃勃生机,使我们的科研水平更上一个新台阶。

舒华是本人与美国联合培养的我国年轻一代心理学博士,一向治学严谨,无论在国外进修还是在国内学习和工作,都是潜心研读,奋力求索,全身心投入发展我国的心理与教育科学事业,实在难能可贵。这些年来她一直下大气力探讨研究方法,特别是在美国进修期间,她刻苦钻研,较好地掌握了当今世界先进的实验设计方法技术,回国后又多次主持大型实验研究课题,并组建了北京师范大学第一个认知心理学重点实验室,积累了比较丰富的实验设计经验。这部著作具有较高的学术性和较强的可读性,是她的良好理论素养和坚实实验功底的很好体现。舒华博士为心理与教育事业的发展做出了一件有意义的工作,为此我感到十分欣慰,故此为序。

张厚粲

1994年4月

目 录

第一编 因素实验设计与方差分析计算原理

第一章 心理与教育研究中的实验设计	(1)
第一节 实验设计概述	(1)
一、科学研究与实验设计	(1)
二、实验设计发展的趋势	(3)
三、实验设计中一些常用术语	(5)
第二节 实验设计的思想基础	(10)
一、统计检验的基本思想	(10)
二、方差分析的基本思想	(11)
三、实验中各种变异的控制	(15)
四、方差分析的基本假设	(20)
第三节 实验设计的基本过程	(25)
一、研究问题的提出和假说的形成	(25)
二、实验变量的识别与选择	(28)
三、实验设计的分类	(32)
第二章 几种基本的实验设计	(35)
第一节 单因素完全随机实验设计	(35)
一、单因素完全随机实验设计的基本特点	(35)
二、单因素完全随机实验设计与计算举例	(37)
第二节 单因素随机区组实验设计	(43)
一、单因素随机区组实验设计的基本特点	(43)
二、单因素随机区组实验设计与计算举例	(45)
第三节 单因素拉丁方实验设计	(49)
一、单因素拉丁方实验设计的基本特点	(49)
二、单因素拉丁方实验设计与计算举例	(52)

第四节	单因素重复测量实验设计	(59)
一、	单因素重复测量实验设计的基本特点	(59)
二、	单因素重复测量实验设计与计算举例	(61)
第三章	两因素完全随机和随机区组实验设计	(65)
第一节	两因素完全随机实验设计	(65)
一、	两因素完全随机实验设计的基本特点	(65)
二、	两因素完全随机实验设计与计算举例	(70)
第二节	对交互作用的进一步检验	(75)
一、	交互作用的图解	(75)
二、	简单效应检验	(77)
三、	简单效应检验的使用	(82)
第三节	两因素随机区组实验设计	(83)
一、	两因素随机区组实验设计的基本特点	(83)
二、	两因素随机区组实验设计与计算举例	(84)
第四章	两因素重复测量实验设计	(89)
第一节	重复测量一个因素的两因素实验设计： 两因素混合设计	(89)
一、	两因素混合实验设计的基本特点	(89)
二、	两因素混合实验设计与计算举例	(93)
第二节	重复测量两个因素的两因素实验设计： 两因素被试内设计	(101)
一、	两因素被试内实验设计的基本特点	(102)
二、	两因素被试内实验设计与计算举例	(103)
第五章	三因素完全随机实验设计	(111)
第一节	三因素完全随机实验设计	(111)
一、	三因素完全随机实验设计的基本特点	(111)
二、	三因素完全随机实验设计与计算举例	(114)
第二节	简单效应和简单简单效应检验	(120)
一、	两次交互作用和简单效应检验	(120)

二、三次交互作用和简单简单效应检验	(123)
第六章 三因素重复测量实验设计	(129)
第一节 重复测量一个因素的三因素实验设计:	
三因素混合设计	(129)
一、重复测量一个因素的三因素实验设计的基本特点 ..	(129)
二、重复测量一个因素的三因素实验设计与计算举例 ..	(133)
第二节 重复测量两个因素的三因素实验设计:	
三因素混合设计	(143)
一、重复测量两个因素的三因素实验设计的基本特点 ..	(143)
二、重复测量两个因素的三因素实验设计与计算举例 ..	(145)
第三节 重复测量三个因素的三因素实验设计:	
三因素被试内设计	(153)
一、三因素被试内实验设计的基本特点	(153)
二、三因素被试内实验设计与计算举例	(155)
第七章 因素实验设计与计算的规律	(166)
第一节 完全随机因素设计与计算的规律	(166)
一、交互作用的数量	(166)
二、计算公式的种类	(168)
三、总变异与自由度的分解	(171)
四、四因素完全随机实验计算的一般模式	(173)
第二节 重复测量因素实验设计与计算的规律	(175)
一、误差项的数量与计算	(176)
二、总变异与自由度的分解	(178)
三、重复测量两个因素的四因素混合实验计算 的一般模式	(181)
第三节 如何选择合适的实验设计	(182)
一、影响实验设计选择的因素	(183)
二、实验设计的相对效率	(185)
第八章 嵌套实验设计	(187)

第一节	两因素完全随机嵌套实验设计	·····	(189)
一、	两因素完全随机嵌套实验设计的基本特点	·····	(189)
二、	两因素完全随机嵌套实验设计与计算举例	·····	(190)
第二节	三因素完全随机嵌套实验设计	·····	(195)
一、	三因素完全随机嵌套实验设计的基本特点	·····	(195)
二、	三因素完全随机嵌套实验设计与计算举例	·····	(198)
第九章	多重比较	·····	(203)
第一节	多重比较的形式	·····	(204)
一、	多重比较的形式	·····	(204)
二、	正交与非正交的比较(或对比)	·····	(205)
三、	事先与事后的比较	·····	(208)
第二节	几种常用的多重比较	·····	(208)
一、	事先的正交对比	·····	(208)
二、	事先的非正交对比	·····	(212)
三、	事后的非正交对比	·····	(215)

第二编 应用 SPSS 方差分析软件包处理数据

第十章 非重复测量实验的方差分析的基本方法····· (219)

第一节 SPSS 方差分析程序的基本特点与组成

- | | | | |
|----|------------------|-------|-------|
| 一、 | SPSS 方差分析程序的基本特点 | ····· | (219) |
| 二、 | SPSS 方差分析程序的基本组成 | ····· | (221) |

第二节 完全随机实验的方差分析程序

- | | | | |
|----|----------------------|-------|-------|
| 一、 | 单因素完全随机实验的方差分析程序 | ····· | (227) |
| 二、 | 两因素完全随机实验的方差分析程序 | ····· | (232) |
| 三、 | 三因素及多因素完全随机实验的方差分析程序 | ····· | (236) |

第十一章 重复测量实验的方差分析的基本方法····· (242)

第一节 被试内实验的方差分析程序

- | | | | |
|----|---------------------|-------|-------|
| 一、 | 单因素被试内实验的方差分析程序 | ····· | (242) |
| 二、 | 两因素被试内实验的方差分析程序 | ····· | (246) |
| 三、 | 三因素及多因素被试内实验的方差分析程序 | ····· | |

的规律	(251)
第二节 混合实验的方差分析程序.....	(254)
一、两因素混合实验的方差分析程序	(255)
二、重复测量一个因素的三因素混合实验的方差分析程序	(259)
三、重复测量两个因素的三因素混合实验的方差分析程序	(263)
第十二章 简单效应与嵌套效应分析的基本方法.....	(268)
第一节 完全随机因素实验中简单效应分析程序.....	(268)
一、两因素完全随机实验的简单效应分析程序	(268)
二、三因素多因素完全随机实验的简单效应和简单简单效应分析程序.....	(273)
第二节 被试内因素实验的简单效应分析程序.....	(277)
一、两因素被试内实验的简单效应分析程序	(277)
二、三因素或多因素被试内实验的简单效应和简单简单效应分析程序	(280)
第三节 混合因素实验的简单效应分析程序.....	(283)
一、两因素混合实验的简单效应分析程序	(283)
二、三因素或多因素混合实验的简单效应分析程序	(288)
第四节 嵌套实验的方差分析程序.....	(295)
一、两因素完全随机嵌套实验的方差分析程序	(296)
二、三因素完全随机嵌套实验的方差分析程序	(299)
附录:	
A. 参考文献	(303)
B. 统计用表	
附表 1 t 值表	(304)
附表 2 F 值表 (双侧检验)	(306)
附表 3 F 值表 (单侧检验)	(310)
附表 4 F _{max} 值表	(322)
附表 5 q 分布表	(324)

附表 6 tD 值表	(326)
附表 7 tD' 值表	(328)
C. 各章中图、表名称一览表	(334)
后记	(342)

第一编 因素实验设计与 方差分析计算原理

第一章 心理与教育 研究中的实验设计

第一节 实验设计概述

一、科学研究与实验设计

自科学心理学建立以来,心理学家一直在探索“科学”地研究心理现象的道路。到目前为止,实验研究是心理学基础研究中应用最广泛、获得成果最切实可靠的一条途径。然而,心理学实验的水平如何进一步提高并保证其研究成果的科学性是经常困扰着心理学家的一个重要问题,并且它的解决比在其它学科中要复杂得多,困难得多。

科学研究的目的在于认识我们所要研究的对象的本质及其规律,从而找出解决问题的答案。要达到此目标,不同学科的科学研究都会具有一些共同的特点:首先,科学研究都有比较系统的理论框架,即在一定理论的指导下,通过实际调查与研究,检验理论假设的正确性。另外,科学研究中都有一定程度的控制机制,在研究

中总是设法恒定或排除某些无关变量,以便着重观察与分析一些关键特征及其影响因素,找出事物发展的因果关系。再则,科学研究总是有意识地、系统地寻求研究对象之间的因果关系,通过观察某一现象的事实,根据对事实的分析与解释,作出一般性的结论来。

在科学研究的这三个特点中,理论框架在研究中的作用涉及科学研究要提出有价值的问题;科学研究中的控制机制涉及实验设计在科学研究中的作用;根据事实做出一般性的结论则涉及统计在科学研究中的作用。这些问题,正是实验设计试图要解决的。

什么是实验设计?有两种不同的定义。广义的实验设计指科学研究的一般程序的知识,它包括从问题的提出、假说的形成、变量的选择等等一直到结果的分析、论文的写作一系列内容。它给研究者展示如何进行科学研究的概貌,试图解决研究的全过程,即解决上述三个问题。

狭义的实验设计特指实施实验处理的一个计划方案以及与计划方案有关的统计分析。从后一种定义看,实验设计就好像建筑师做建楼房的计划。建筑师在得知了建房的基本要求后,他要根据可能的条件对楼房的最终样式做一个计划,或者蓝图。实验研究者同样也需要事先制定一个实施实验的计划安排,以便使实验完成后能符合研究的目标。狭义的实验设计着重解决的是从如何建立统计假说到作出结论这一段。实验设计包括的活动如下:

1. 建立与研究假说有关的统计假说;
2. 确定实验中使用的实验处理(自变量)和必须控制的多余条件(无关变量);
3. 确定实验中需要的实验单元(被试)的数量及被试抽样的总体;
4. 确定将实验条件分配给被试的方法;
5. 确定实验中每个被试要记载的测量(因变量)和使用的统计

分析。

做实验研究,需要具备两方面的知识。一是有关研究课题的知识:作为研究基础的理论背景、研究的基本假设与预期……。研究课题的确定主要取决于研究者对所要研究的问题的专业知识,它保证开展的研究在特定的领域中有继承、有发展、有一定的科学价值。二是有关实验的一般结构,即实验设计及统计学知识。由于要得出正确的结论,实验设计一定要建立在统计学原理的基础之上,因此这两方面知识密不可分。研究的质量主要取决于研究者的实验设计及统计学知识,它保证研究结果的可靠性,结论的合理性。

本书讨论的内容主要集中于后一部分,即实验的一般结构的知识。

二、实验设计发展的趋势

在心理与教育科学中,实验设计与统计显得比在其它学科中更为重要。自17世纪,经验科学发展以来,科学研究致力于探讨事物之间的因果关系,科学家喜爱用这样的公式来描述:

$$Y=f(x)$$

然而,在心理与教育研究中,我们很少能用这样简单的公式 $Y=f(x)$ 来描述心理或教育现象,心理与教育科学研究中的一个重要特点是多变量。

多变量带来的一个问题是,不容易区分自变量与因变量之间的关系。心理与教育科学研究的对象是人的心理和行为,它受许多因素的影响,如年龄、性别、智力、受教育程度、家庭背景……,因此,我们无论设立哪一个因素为自变量,都很难创造一个理想的条件,保持其它所有无关变量恒定,以使该自变量与因变量的关系清晰地显示出来,无关变量的混淆往往导致研究误入歧途,给提高研究的可靠性带来极大的困难。

多变量带来的另一个问题是,由于影响被试的许多种因素之

间本来是相互关联的,因此,假如把把一个多因素问题,如:

$$Y=f(a,b,c,\dots)$$

简单地分解为多个单因素问题来加以探讨,如:

$$Y=f(a)$$

$$Y=f(b)$$

$$Y=f(c)$$

.....

这是不符合实际的,也是不科学的。但是要同时研究若干个因素的影响,自然困难加大,这就给实验设计和统计带来一些新的问题,促进了实验设计的发展。自本世纪初以来,心理学研究沿着两条路线发展。

1. 实验室实验

实验室实验的基本方法是在实验室中,通过严密的实验控制,改变和操作极少数自变量,控制其它所有无关变量,以保证实验结果的可靠性。它的基本思想是,对少量的被试进行大量的心理测试,当实验中无关变量控制得好时,自变量与因变量的关系,即规律性,便可以明确地显示出来,由于这种实验一般针对较少的因素,并伴有较好的实验控制,与早期实验室实验一起发展起来的是简单方差分析的统计技术。

早期实验室实验带来的问题是,由于施以“严密”的控制以及实验设计与简单方差分析相结合,它适合研究比较单纯的问题,研究结果距离现实太远,研究的外部效度低。要解决这些问题,需要实验设计能容纳更多的因素,同时要解决由于多因素而引起的实验设计和统计分析中的一系列问题。

2. 教育与社会研究

教育与社会研究的基本方法是利用统计控制,通过合理取用大量被试,在较少或没有实验控制的情况下,探讨变量之间的关系。它的基本思想是,大样本测试可以通过统计规律保证结果的可靠