

 Social Science Research Methodology Series

社会科学
研究方法
丛书

多层
线性

模型应用

张雷 雷雳 郭伯良 著

Applied
Multilevel
Data Analysis

Lei Chang, Li Lei, Boliang Guo

教育科学出版社
Educational Science Publishing House

张雷 雷雳 郭伯良 著

Appled
DMultilevel
ata Analysis

**多层线性
模型应用**

教育科学出版社

· 北京 ·

策划编辑 韦 禾
责任编辑 葛 都
版式设计 尹明好
责任校对 张 珍
责任印制 曲凤玲

图书在版编目 (CIP) 数据

多层线性模型应用 / 张雷, 雷雳, 郭伯良著. - 2 版. - 北京: 教育科学出版社, 2005.6

(社会科学研究方法丛书 / 张雷, 侯杰泰主编)

ISBN 7-5041-2414-1

I. 多... II. ①张...②雷...③郭... III. 线性模型
IV. 0212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 088813 号

出版发行 教育科学出版社

社 址 北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号

邮 编 100101

传 真 010-64891796

市场部电话 010-64989009

编辑部电话 010-64989228

网 址 <http://www.esph.com.cn>

经 销 各地新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 12

字 数 240 千

定 价 24.00 元 (含光盘一张)

版 次 2003 年 1 月第 1 版

2005 年 6 月第 2 版

印 次 2005 年 6 月第 1 次印刷

印 数 00 001-2 000 册

如有印装质量问题, 到所购图书销售部门联系调换。



Social Science Research Methodology Series

Series Editors: Lei Chang & Kit-Tai Hau

社会科学研究方法丛书

丛书主编 / 张雷
侯杰泰

作者简介



张雷,先后在河北大学及美国南加州大学获得学士、硕士和博士学位,曾执教于美国南加州大学和中佛罗里达大学,现为香港中文大学教育心理系教授。主要研究方向为心理统计与测量及儿童社会性发展,在学术期刊发表论文70余篇。在 *International Journal of Behavioral Development*(美国)和 *Journal of Psychology in Chinese Societies*(香港)任副主编,并在 *Educational and Psychological Measurement*(美国)和 *Journal of Child Psychology and Psychiatry*(英国)任编委。



雷雳,先后在北京师范大学获学士学位、硕士学位、博士学位。香港中文大学博士后。现任首都师范大学教授,同时兼任中国心理学会发展心理学专业委员会委员、学校心理学专业委员会委员、北京市心理学会理事。曾主持多项研究课题,发表论文30余篇。研究兴趣是“个性与社会性发展”。



郭伯良,1996年毕业于湖南医科大学医学心理研究中心,获硕士学位;2004年毕业于香港中文大学教育心理系,获博士学位,现就职于中央教育科学研究所。曾在英国伦敦大学学习多水平模型分析技术,专业方向为心理测验、心理统计等。

总 序

对现代科学尤其是社会科学而言，研究方法的发展在很大程度上能够起到推动整个学科发展的作用，研究方法的落后必然会限制学科的发展。在我国现阶段，同学科专业的建设及发展相比，社会科学研究方法的建设 and 普及却显得相对薄弱，很多学科的研究方法，尤其是量化方法，还远远落后于世界先进水平，这无形中妨碍了有关学科专业的进一步发展。

社会科学研究方法的落后，首先表现在缺乏一大批热心于研究方法的学者，多数优秀学者往往致力于专业研究，而较少顾及到研究方法的研究。其次表现为此领域相关书籍的匮乏。特别是介绍、讲解现代研究方法的专著不仅数量有限，而且内容陈旧，更没有一套可以系统介绍社会科学研究方法的教材，很多学科苦于找不到合适的方法类用书。而在先进国家，每一种主要的统计分析方法在每一学科中都可找到多种专著及更多的普及读物，以供学者、学生选用。针对这样的情况，我们决定编辑这套社会科学研究方法丛书。

在我国学科建设飞速发展的二十年里，社会科学研究方

法在西方也经历了一场空前的革命，七十年代 EM (Expectation Maximization) 算法的出现和计算机技术的发展，带来了新一代的统计和测量理论及方法。传统的回归及方差分析和经典测量理论，虽然仍广泛应用，但已不再是主要的、更不是唯一的研究方法系统，也无法应付由新一代研究方法带动下的学科专业发展。

新一代统计分析方法最突出的发展是结构方程的发展和应用。到了八十年代，结构方程这套新的数据分析系统已经成熟，目前正为广大社会科学研究人员所接受，并成为各类社会科学学科研究生的必修课。结构方程的路径分析思想拓展了社会科学研究的思路，很多学科的专业课题已由过去的只研究单变量转变成研究多变量，由分析主效应到同时分析交互效应，由对单指标和直接观测变量进行研究到对多指标和潜变量进行研究。与此同时，结构方程的技术日趋专业化、深入化和复杂化，不少学者以此为研究专业，并且也有专门的学术期刊专注于结构方程及其相关技术的发展和應用。

统计分析方法的另一大突破性发展是多层分析的理论和方法。多层和嵌套分析的思想由来已久，但直到九十年代才发展成一套完整而系统的理论和方法，并逐渐推广和为研究人员所接受。多层分析技术系统地解决了困扰社会科学半个多世纪的生态谬误 (Ecological Fallacy) 问题。在教育、管理、经济以及社会学、心理学等领域的研究中，取样往往呈嵌套结构，例如学生嵌套于学校，学校又嵌套于社区，这种嵌套型的样本用传统的 OLS 回归方法分析会导致估计误差。多层分析方法不仅可以减少这种统计误差，而且可以避免由人为选择分析单位而可能出现的错误。在多层分析中各层样本均可作为分析单位，而且还可以研究他们之间的交互作用，从而拓宽了各专业的研究范围，深化了各专业的研究思路。目前多层分析方法日趋成熟，并在新一代统计分析方法中处于前沿位置。

新一代统计方法的发展还体现在对追踪数据和发展模型的处理上。这一进展的主要特点是借助和延伸已有的方法，建构一套处理重复数据的具体步骤。目前最为广泛接受的是基于结构方程的追踪数据分析方法和基于多层分析技术的发展模型方法。这些方法通过对结构方程与多层分析的巧妙应用，而各自形成了一套独立的系统。

此外，在上述统计方法系统发展的同时，很多专门的数据处理技术也迅速

改进。分析类别变量 (categorical variable) 的方法就是其中一个例子。传统的统计方法多建立在对连续变量进行分析的基础上, 而对建立在分类资料基础上的社会科学问题则不能很好地加以解决, 分析类别变量的方法则解决了这一难题。另一个困扰研究者的统计问题是如何对缺失值 (missing value) 进行处理, 新一代的基于 bootstrap 等的方法则能更有效、更完整地处理缺失值。

随着新一代统计分析理论及方法的发展、推广与应用, 测量方法也有了质的飞跃。与自然科学相比, 社会科学的主要难题在于难以直接、精确地对人类行为加以测量, 而要依靠测量理论对其进行推断。然而, 传统的经典测量理论不能同时对项目难度和考生能力进行估计, 无法应付大规模自适应考试的要求。随着计算机技术的发展, 经典测量理论在教育 and 心理测量领域的应用逐渐让位于项目反应理论 (item response theory, IRT)。美国和欧洲的著名测量机构均把 IRT 应用于设计、测试集成、测试校准、建构测试题库以及其他的测验发展过程。计算机自适应测验 (computer adaptive test) 的普遍应用更是 IRT 在测量应用方面的一大贡献。

另一个新一代的测量理论和方法是概化理论, 概化理论最近的发展是同人们对考试认识的改变分不开的。越来越多的学者和教育工作者对标准化、多重选择类的考试方法提出了质疑, 表现性评价 (performance assessment) 的思想则逐渐生根。然而, 随之出现的问题是由这种直接操作的测试方法所产生的多种误差无法用传统测量理论来解决, 于是概化理论在这种新环境中的作用逐渐被人所认识并得到发展。此外, 人力资源测评、管理咨询等也推动了概化理论的发展和应用。

这套丛书将对上面提到的新一代数据分析和测量评估的理论及方法陆续进行介绍, 旨在推动我国社会科学研究方法的发展, 改变该领域发展滞后的现状。每一本专著的作者都是该领域颇有建树的专家, 在写作风格上既强调数理及专业技术方面的严谨性, 也兼顾语言和介绍方式上的通俗化, 从而适合具有不同数学背景读者的需要。丛书的另一个特点是对方法应用性的强调, 旨在满足大多数社会科学专业研究人员对应用研究方法的需要。为了加强其应用性, 丛书要求作者从实际操作入手, 以具体研究为例, 准确清楚地介绍各研究方法的操作步骤。丛书的第三个特点是重点突出, 一般只抓住某一方法和理论的中心, 尽量不涉及偏难及纯技术的、尤其是在理论上尚有争议或技术上不成熟的问题,

从而使初学者能够掌握到要领而又不至于过于肤浅，或者感到信息量太大而难于接受、消化。最后，本丛书的内容均是作者结合自己的研究实践亲笔撰写而就，并非翻译、编纂之举。

这套丛书可以作为教育、心理以及其他社会科学学科的研究生以及部分本科生的教材，也可以作为从事社会科学研究的人员的参考书、工具书。最后希望这套丛书的出版能起到抛砖引玉的作用，唤起更多热心于方法研究的学者多出书、出好书，多参与我国社会科学研究方法和理论的建设工作，把我国的社会科学研究方法推向一个新起点。

张雷 侯杰泰

2002年12月于香港

序

在社会科学研究中，取样往往来自不同层级和单位，这种数据带来了很有趣的跨级（多层）研究问题，本书将介绍一种新的数据分析方法—多层模型分析技术，来解决研究中的跨级推断问题。这一方法的开创及发展的主要贡献者之一英国伦敦大学的 Harvey Goldstein 教授及研究者把这种统计方法称做“多层分析”（Multilevel Analysis）。另一主要开拓者美国密歇根大学的 Stephen W. Raudenbush 教授和同行把它叫做“分层线性模型结构”（Hierarchical Linear Modeling）。本书中我们称其为“多层线性模型”或“多层模型”，并以 Raudenbush 教授的理论 and 相应的统计分析软件为基础撰写此书。

本人曾多次到国内讲授多层分析方法，参加培训的学员们反映目前国内尚未有一本这方面的工具书，于是我就根据自己的教学和科研实践，将一些讲义整理成此书，因此本书既可做教材用，也可做统计分析的参考书、工具书用。

本书以本人做过的几个研究为例，以程式化的方法循序渐进地讲解如何应用多层模型分析技术来解决具体的研究问

题，书中部分内容将演示如何使用 HLM 软件。该软件的出版商（国际科技软件公司（Scientific Software International））同意我随本书发送学生版的 HLM 软件，读者可从书后面附送的光盘里直接安装学生版本的 HLM 软件供学习、练习和处理简单的多层模型之用。该软件的学生版保留了其商业版的几乎所有的功能，本书中的演示例题除第七章外都是用学生版的 HLM 软件做的，所用的数据也都保存在光盘里，读者可使用这些数据进行练习。需要使用正式版 HLM 软件的单位和个人请与软件的出版公司联系，该公司的主页为 <http://www.ssicentral.com>。

本书以我写的教材及研究报告为基础，由我统筹计划，由郭伯良、雷雳整理，编辑、撰写成书。第一章、第二章选自我上课的讲义，第三章由雷雳和郭伯良以我的一个研究和 HLM 软件自带的数据为例演示使用 HLM 软件的具体过程，第四章和第五章由郭伯良以我从事过的两个研究项目为例，演示具体的多层模型分析过程，第六章演示如何使用该软件分析三层结构的数据，最后一章通过我一个研究的分析过程演示如何使用多层分析技术对研究中的组效应和交互效应进行分析。本书以初学者为对象，对某些尚未应用的多层模型技术不做介绍。

在此，我首先对国际科技软件公司为本书提供学生版的 HLM 软件表示衷心的感谢。在本书出版过程中，教育科学出版社的韦禾、鲁民两位编辑为本书的出版付出了大量的时间和精力，对她们的辛勤劳动，我也表示衷心的感谢。本书稿写完之后，虽经反复校阅，书中或许还存在一些错误和不当之处，希望得到读者和同行们的谅解。

目前，在社会科学和教育研究领域里使用多层分析技术撰写的文章还不多，希望本书能为推动多层线性分析技术在国内的应用起到抛砖引玉的作用，有更多的社会科学及教育研究者在研究中应用多层分析技术。

张雷

2002年3月于香港

再版序

在本书的第二版里，新增加了第八章，由郭伯良撰写，主要介绍基于多层线性模型的元分析方法。在本书的第一章末，我特意指明了本书所涵盖的 HLM 主要内容，对于那些较为复杂、本书不涉及的 HLM 内容，则提供了相关的参考文献。另外，在本书的第一版中，有关计算机程序及软件方面的介绍有些过于烦琐，在第二版中，对这方面的内容进行了删略。

由于本书是以我所写的英文讲义为基础翻译而成，因此，在编辑第二版时，对第一版中由于直接翻译而造成的语言晦涩、逻辑不清晰等不足之处进行了大幅的调整。这方面的工作尤其要感谢我的博士研究生王燕，第二版的文字编辑工作主要由她完成，同时感谢佟秀丽、余洁玉、张忠华、李歆瑶及关乐言同学在本书再版过程中所做的编辑校对工作。

虽然与第一版相比，本书第二版在文字与内容上都有了长足的进步，但难免仍存在许多欠缺与疏漏之处，希望读者能够谅解。

张雷

2005年4月于香港

目 录

序

再版序

| | |
|------------------------------|--------|
| 第一章 多层线性模型简介 | (1) |
| 一、多层数据结构的普遍性 | (1) |
| 二、多层研究方法的历史回顾 | (2) |
| 三、多层模型的形成 | (4) |
| 四、多层模型的应用范围 | (6) |
| 五、多层线性分析的样本要求 | (8) |
| 六、本书内容安排 | (8) |
| 七、本书不涉及的多层线性模型问题 | (11) |
| | |
| 第二章 多层线性模型的统计原理 | (17) |
| 一、普通最小二乘回归 | (17) |
| 二、多层线性模型的基本形式 | (18) |
| 1. 零模型 | (19) |

| | |
|-----------------------|--------|
| 2. 完整模型 | (20) |
| 3. 协方差分析模型 | (22) |
| 4. 随机效应回归模型 | (23) |
| 三、预测变量的定位 | (23) |
| 四、多层线性模型的参数估计 | (24) |
| 1. 利用第一层变量的参数估计 | (25) |
| 2. 利用第二层变量的参数估计 | (27) |
| 五、发展模型 | (29) |
| 六、三层模型 | (32) |

第三章 多层线性模型 HLM 软件包的应用 (37)

| | |
|-------------------------------------|--------|
| 一、HLM 程序的输入文件、输出文件及 SSM 文件的创建 | (37) |
| 1. HLM2 的文件 | (38) |
| 2. HLM3 的文件 | (39) |
| 3. 创建 SSM 文件 | (39) |
| 4. 原始数据文件中的 ID 变量 | (40) |
| 二、HLM 程序建构的分层模型的基本类型 | (41) |
| 1. 二层线性模型 (HLM2) | (41) |
| 2. 三层线性模型 (HLM3) | (41) |
| 三、利用 SPSS 文件创建二层数据结构的 SSM 文件 | (42) |
| 四、利用 SPSS 文件创建三层数据结构的 SSM 文件 | (51) |

第四章 二层线性模型的应用 (57)

| | |
|---------------------------|--------|
| 一、研究实例 | (57) |
| 1. 问题提出 | (57) |
| 2. 研究假设 | (58) |
| 3. 数据介绍 | (59) |
| 4. 研究结果 | (60) |
| 二、分析步骤 | (65) |
| (一) 不包括第二层预测变量的二层模型 | (65) |

| | |
|----------------------------|----------------|
| 1. 模型描述 | (65) |
| 2. 创建命令文件 | (66) |
| 3. 结果解释 | (72) |
| (二) 包括第二层预测变量的二层模型 | (77) |
| 1. 模型描述 | (78) |
| 2. 创建命令文件 | (79) |
| 3. 结果解释 | (84) |
| 第五章 发展模型的应用 | (88) |
| 一、研究概述 | (88) |
| 1. 研究背景 | (88) |
| 2. 数据介绍 | (89) |
| 3. 研究结果 | (90) |
| 二、基本线性生长模型 | (94) |
| 1. 模型描述 | (94) |
| 2. 创建命令文件 | (94) |
| 3. 结果解释 | (97) |
| 三、带有第二层自变量的线性增长模型 | (98) |
| 1. 模型描述 | (98) |
| 2. 创建命令文件 | (99) |
| 3. 结果解释 | (102) |
| 四、跨级相关 | (104) |
| 五、第二层自变量的探索性分析 | (105) |
| 第六章 三层线性模型的应用 | (110) |
| 一、无条件模型 | (111) |
| 1. 模型描述 | (111) |
| 2. 创建命令文件 | (112) |
| 3. 结果解释 | (115) |
| 二、随机截距和斜率模型 | (118) |

| | |
|----------------------|-------|
| 1. 模型描述 | (118) |
| 2. 创建命令文件 | (118) |
| 3. 结果解释 | (121) |
| 三、具有固定及随机斜率的模型 | (125) |
| 1. 模型描述 | (125) |
| 2. 创建命令文件 | (126) |
| 3. 结果解释 | (131) |

第七章 多层线性模型的交互效应分析..... (136)

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 一、研究实例 | (136) |
| 1. 问题提出 | (136) |
| 2. 潜在的班级效应 | (137) |
| 3. 社交环境模型 | (138) |
| 4. 性别作用 | (139) |
| 5. 年级作用 | (139) |
| 6. 假设概述 | (140) |
| 二、数据介绍 | (140) |
| 三、结果分析 | (142) |
| 1. 描述性统计结果 | (142) |
| 2. 第一层 (学生水平) 效应的分析 | (144) |
| 3. 第二层 (班级水平) 效应的分析 | (145) |
| 4. 第二层 (班级水平) 交互效应的分析——性别作用 | (146) |
| 5. 年级作用 | (148) |
| 四、模型建构 | (149) |
| 1. 不包括第二层自变量的多层分析模型 | (150) |
| 2. 包括第二层变量作用的模型 | (153) |
| 3. 探索年级作用的模型 | (155) |

第八章 基于多层线性模型的元分析方法..... (160)

| | |
|------------------------|-------|
| 一、基于多层分析技术的元分析方法 | (160) |
|------------------------|-------|

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 二、研究概述 | (163) |
| 1. 研究问题的提出 | (163) |
| 2. 文献查找和入选标准 | (164) |
| 3. 效应量 (Effect Size) 的计算 | (164) |
| 4. 显著性检验 | (164) |
| 5. 分析变量的界定和结果 | (165) |
| 三、用 HLM 进行元分析的步骤 | (166) |
| 1. 数据结构 | (166) |
| 2. 创建 SSM 文件的步骤 | (168) |
| 3. 运行不包括第二层变量的模型 | (169) |
| 4. 运行增加第二层变量 (研究的特征变量) 的模型 | (172) |
| 附 录 | (176) |