

 *Social Science Research Methodology Series*

社会科学
研究方法
丛书

调节效应和 中介效应分析

温忠麟 刘红云 侯杰泰 著

*Analyses of Moderating
and Mediating Effects*

Zhonglin Wen, Hongyun Liu, Kit-Tai Hau



教育科学出版社
Educational Science Publishing House

温忠麟 刘红云 侯杰泰 著

Analyses of Moderating and Mediating Effects

调节效应和 中介效应分析

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2011-4737 号

图书在版编目(CIP)数据

远逝的天堂：一个巴西小社区的全球化(第四版)/(美)科塔克(Kottak, C.)著；张经纬，向瑛瑛，马丹丹译。—北京：北京大学出版社，2012.3

(培文书系·社会科学译丛)

ISBN 978-7-301-20189-3

I. ①远… II. ①科… ②张… ③向… ④马… III. ①农村人类学—研究—巴西
IV. ①C912.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第021476号

Conrad Phillip Kottak

ASSAULT ON PARADISE: THE GLOBALIZATION OF A LITTLE COMMUNITY IN BRAZIL

EISBN 0-07-353086-7

Copyright © 2006, 1999, 1992, 1983 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Peking University Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2012 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Peking University Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和北京大学出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权 © 2012 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与北京大学出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签，无标签者不得销售。

书 名：远逝的天堂：一个巴西小社区的全球化(第四版)

著作责任者：[美]康拉德·科塔克 著 张经纬 向瑛瑛 马丹丹 译

责任编辑：徐文宁

标准书号：ISBN 978-7-301-20189-3/C·0740

出版发行：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址：<http://www.pup.cn> 电子信箱：pw@pup.pku.edu.cn

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750112
出版部 62754962

印 刷 者：三河市欣欣印刷有限公司

经 销 者：新华书店

720 毫米 × 1020 毫米 16 开本 17.75 印张 350 千字

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

定 价：36.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。举报电话：010-62752024 电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn



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



温忠麟博士，华南师范大学心理应用研究中心教授、博士生导师。先后就读于华南师范大学数学系、云南大学数学系和香港中文大学教育心理系，曾在英国曼彻斯特大学、澳大利亚西悉尼大学和英国牛津大学做访问学者。主要研究方向为应用统计、数理统计、心理与教育测量。对调节效应和中介效应，特别是潜变量交互效应分析方法有系列研究成果。



刘红云博士，北京师范大学心理学院副教授、中国教育学会教育统计与测量分会秘书长。1996年毕业于山西大学数学系，获理学硕士学位；2003年毕业于北京师范大学心理学院，获博士学位。主要研究方向为心理统计、教育与心理测量、教育评价。



侯杰泰博士，香港中文大学副校长、教育心理学讲座教授。主要研究方向为学习动机、应用统计。1995年以来，曾先后在北京师范大学、华东师范大学、东北师范大学、华南师范大学、浙江大学、西南师范大学、西北师范大学、华中师范大学、西安交通大学等高校，以及全国心理学大会期间，举办大型结构方程模型研习班。

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课用书。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 20 年里，社会科学研究方法在西方也经历了一场空前的革命，20 世纪 70 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 20 世纪 80 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 20 世纪 90 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,

IV 调节效应和中介效应分析

从而使初学者能够掌握到要领而又不致过于肤浅，或者感到信息量太大而难以接受、消化。最后，这套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和部分本科生的教材，也可以作为从事社会科学研究的人员的参考书、工具书。我们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

在传统的研究“因果”关系的模型中，除了因变量就是自变量。但在一些比较复杂的模型中，除了因变量和自变量外，还经常包含调节变量或中介变量，它们通常不是应用问题的主角，却是研究方法的重心。

交互效应和调节效应是同义词。我开始这方面的研究是在2000年，获得国家留学基金资助，在澳大利亚做访问学者，导师是教育心理学家 Herbert W. Marsh（目前在牛津大学任教）。他虽然以研究自我概念而闻名于世，但在研究方法（包括结构方程）领域也有不少出色的研究成果。作为实践经验丰富的用家，他对所用的方法工具有深刻的理解和独到的见解，因而能提出一些非常值得研究的问题，我认准了其中应用性较强的一个，开始了潜变量交互效应建模研究。

回国后，我师从侯杰泰教授读博士，继续潜变量交互效应的研究。侯杰泰老师从1990年代起至今一直和 Herbert W. Marsh 有合作，为我提供了很好的学习和研究平台。我和两位导师一起，有多篇论文发表在美国的期刊上，尤其是

2004年发表在《Psychological Methods》上的一篇，已经成为潜变量交互效应研究的重要文献。

我涉足中介效应的研究则得益于香港中文大学张雷教授，他当时的研究领域是儿童发展，会碰到中介变量和调节变量。他提出的问题，不仅引领我采到了一朵“蘑菇”，而且有机会在周围发现更多的“蘑菇”，这就有了我们在《心理学报》上发表的多篇有关中介效应和调节效应的论文。到目前为止，我和合作者有关中介效应和调节效应的论文被上千篇期刊论文和博士论文引用，加上硕士论文的引用就更多。这说明，有关中介效应和调节效应的研究，近年来成了相关领域应用工作者，特别是研究生关注的一个热点。

本书不仅包含了我和合作者有关调节效应（或交互效应）和中介效应的研究成果，也介绍了其他作者的有关研究成果。第一章是矩阵基础，无论读者以前是否学习过矩阵知识，阅读该章可以更好地理解后面各章内容。第二章是协方差结构分析，读者最好是具备结构方程模型基础知识，读完该章会对结构方程模型的思想方法有更深刻的认识。第三章讨论中介效应和调节效应，并对它们作了系统的比较，还讨论了两种效应兼有的复合模型。如果只考虑显变量，这一章只需要有回归分析的基础就可以阅读。第四章讨论潜变量交互效应分析方法，也介绍了潜变量二次效应。第五章讨论潜变量交互效应模型的标准化估计。第六章讨论潜增长交互作用模型，是分析追踪数据的有力工具。第七章讨论多水平结构方程模型，包括多水平中介效应模型。第八章介绍结构方程分析中的模拟研究方法，不仅可以帮助读者理解本书及相关文献中提到的模拟研究，而且还可以让读者学习如何开展模拟研究。

本书第一章至第六章由我执笔，第七章由刘红云执笔，第八章由侯杰泰执笔、常建芳协助修订。全书由我统稿完成。

我自己执笔的部分，有些内容是在我和合作者发表的论文基础上加工整合而成，其中包含了合作者的贡献，这里我要对以下合作者致以诚挚的谢意：英国牛津大学（University of Oxford）Herbert W. Marsh教授、香港中文大学张雷教授、台湾辅英科技大学林冠群副教授、广东外语外贸大学吴艳博士、德国蒂宾根大学（Eberhard Karls Universität Tübingen）Benjamin Nagengast博士。

本书是国家自然科学基金项目（30870784）和教育部人文社会科学重点研究基地项目（11JJD190005）的部分成果。本书的写作得到华南师范大学副校长

莫雷教授、香港考试及评核局总监罗冠中博士的支持。教育科学出版社葛都先生为本书的出版付出了辛勤的劳动。博士生叶宝娟和麦玉娇协助做了书稿后期的整理和清样校对工作。在此一并向他们表示衷心的感谢。

期望本书的出版，有助提升国内相关领域的统计方法研究水平，也为读者提供实用的建模技术和数据分析工具。本书虽经反复校阅，但难免还有不妥甚至错误之处，恳请广大读者指正。

温忠麟

2012年1月8日

目 录

序	(1)
第一章 矩阵基础	(1)
第一节 矩阵定义	(1)
第二节 矩阵运算	(3)
第三节 分块矩阵	(12)
第四节 矩阵的秩	(16)
第五节 方阵的特征值和特征向量	(16)
第六节 正定矩阵和非负定矩阵	(17)
第七节 随机向量的协方差矩阵和相关矩阵	(18)
第二章 协方差结构分析	(21)
第一节 回归模型的协方差结构分析	(22)

第二节	结构方程模型及其协方差结构	(26)
第三节	结构方程模型参数估计	(37)
第四节	结构方程模型评价	(47)
第五节	结构方程模型修正	(58)
第六节	有均值结构的模型	(61)
第七节	多组比较	(65)
第三章	中介效应和调节效应	(70)
第一节	中介变量和中介效应	(70)
第二节	调节变量和调节效应	(81)
第三节	调节变量与中介变量	(87)
第四节	调节效应和中介效应的应用实例——儿童行为 对同伴关系的影响	(95)
附录 3.1	变量中心化的 SPSS 程序	(103)
第四章	潜变量交互效应和二次效应	(104)
第一节	化潜为显	(105)
第二节	两步最小二乘回归	(108)
第三节	多组线性结构方程模型	(110)
第四节	加入乘积指标的结构方程	(111)
第五节	产生乘积指标的策略	(117)
第六节	非正态情形无约束方法的稳健性	(119)
第七节	潜变量二次效应	(122)
第八节	其他分析方法简介	(125)
第九节	分析方法的改进	(129)
附录 4.1	潜变量交互效应模型约束方法的演化	(131)
附录 4.2	指标中心化与均值结构	(143)

附录 4.3	用乘积指标方法分析潜变量交互效应的 Mplus 程序	(146)
附录 4.4	用 LMS 方法分析潜变量交互效应的 Mplus 程序	(147)
附录 4.5	用 QML 方法分析潜变量交互效应的 QML 程序	(148)
第五章	潜变量交互效应的标准化估计及其性质	(151)
第一节	显变量交互效应模型的标准化估计	(152)
第二节	潜变量交互效应模型的标准化估计	(152)
第三节	潜变量交互效应模型标准化估计的尺度不变性	(155)
第四节	用 Bootstrap 方法计算潜变量交互效应模型标准化估计的标准误	(156)
第五节	潜变量交互效应模型标准化估计示例	(157)
附录 5.1	使用 SPSS 计算显变量交互效应模型标准化估计的主要步骤	(161)
附录 5.2	证明潜变量交互效应模型是拟尺度不变的模型	(162)
附录 5.3	证明潜变量交互效应模型“标准化”估计的尺度不变性	(166)
附录 5.4	用于产生 Bootstrap 样本的 PRELIS 程序	(168)
第六章	潜增长模型中的交互效应	(169)
第一节	潜增长模型介绍	(170)
第二节	潜增长模型中的交互效应	(180)
第三节	一个简化的潜增长交互作用全模型	(186)
第四节	潜增长变化率交互作用模型	(192)
第七章	多水平结构方程模型	(198)
第一节	两水平线性模型简介	(199)
第二节	多水平因子分析模型	(206)

第三节	多水平背景交互效应模型	(221)
第四节	多水平中介效应模型	(229)
第八章	结构方程分析中的模拟研究方法	(244)
第一节	模拟研究简介	(244)
第二节	解决问题的种类	(246)
第三节	使用模拟总体与使用多个模拟样本的区别	(248)
第四节	模拟研究中常见的自变量	(250)
第五节	在研究设计中常见的因变量	(255)
第六节	模拟研究步骤	(259)
第七节	例子和程序	(263)
第八节	小结	(269)
参考文献	(271)

第一章

矩阵基础

简单地说，矩阵（matrix）是一个按行列顺序排成的一个长方形数表。有文献记载，中国人早在 2600 年前已经使用矩阵研究幻方，成书于公元前后的《九章算术》中已经有用矩阵求解线性方程组的例子。阿拉伯人知道幻方是公元 7 世纪的事情，而西方则晚至 17 世纪才有矩阵的概念。然而，矩阵理论的发展主要是西方数学家的贡献。如今，矩阵是线性代数的基础，并广泛应用于数学的各个分支和其他学科。对于多元统计，矩阵更是不可或缺的工具。为了对结构方程模型有比较深入的理解和掌握，有必要学习一些矩阵的基本知识。

本章介绍与矩阵有关的主要概念，并且不加证明地叙述一些基本结果，有兴趣进一步学习的读者，可以参考线性代数或者矩阵论教科书。

第一节 矩阵定义

由 $m \times n$ 个数 a_{ij} ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$) 排成的 m 行 n 列数表

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (1.1)$$