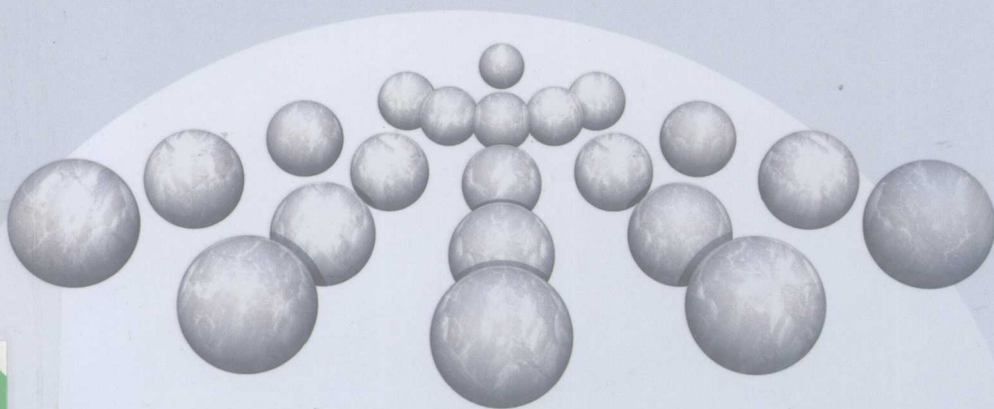


潜变量分析

Latent Variable Analysis

主编 张岩波



高等教育出版社
Higher Education Press

潜变量分析

Latent Variable Analysis

主 编：张岩波

编 者：（按姓氏笔画排序）

刘桂芬 许碧云 张岩波

李建明 郑建中 武淑琴

徐秀娟 裴磊磊



高等教育出版社

内容简介

潜变量用于描述社会、教育、管理、医学与心理等研究领域无法直接测量的指标,潜变量分析以其独特的思路发展成为现代统计学中重要的统计方法。针对研究人员在进行量化方法研究时,难以系统获取有关潜变量数据的统计技术,我们撰写了这本由浅入深、相对系统的学术性著作。全书共11章,包括潜变量数据概述及其质量评价、因子分析、结构方程模型、小样本非正态数据的结构方程模型、潜变量非线性与交互效应、多水平结构方程模型、潜变量增长曲线模型以及潜在类别分析等内容。复杂方法以实例举隅,并附有程序。期望读者能循序渐进地掌握潜变量分析方法,解决实际问题。本书可作为相关领域研究人员的参考书,也可作为统计与非统计专业的研究生教学用书,为拓展量化研究的统计理论与方法奠定基础。

图书在版编目(CIP)数据

潜变量分析/张岩波主编. —北京:高等教育出版社,
2009.5

ISBN 978-7-04-026320-6

I. 潜… II. 张… III. 统计分析 IV. C819

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第047400号

策划编辑 安 琪 责任编辑 蒋 青 封面设计 于文燕 责任绘图 郝 林
版式设计 余 杨 责任校对 金 辉 责任印制 毛斯路

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市联华印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 18.5
字 数 350 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009年5月第1版
印 次 2009年5月第1次印刷
定 价 32.00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 26320-00

前 言

从多元回归到因子分析,从通径分析到结构方程模型,从连续潜变量到类别潜变量,潜变量分析方法历经几十年的发展,其构建思路化蛹成蝶,模型理论日臻完善,分析工具推陈出新,在社会、经济、管理、心理、教育、医学等研究领域,得到日益广泛的应用。现代统计学中,潜变量分析以其独特的分析思路已经发展成为一类重要的统计方法。潜变量的降维技术可以使众多错综复杂的变量综合明朗化;潜变量可消除测量误差对结果带来的偏差;潜变量之间的直接与间接效应可揭示事物现象间复杂的联系,克服了普通模型描述因果关系的单向性等。相对基于可观测变量的分析方法而言,潜变量分析具有许多优越性。

目前潜变量分析方法仍在不断的发展和完善中,随着现代统计学的发展及统计方法的融合,有些方法的分类有时变得模糊,如 Rasch 模型与分类潜变量模型皆可纳入到潜变量结构体系中,或者我们更兼容地称之为潜在结构分析或统称为潜变量模型。LISREL、Mplus 等潜变量分析工具的功能也逐渐强化,除因子分析与结构方程模型等常用潜变量分析方法外,还融合了一般线性模型等传统统计方法、多水平模型与缺失值估计等现代统计技术以及多水平结构方程模型与潜变量增长曲线模型等新的研究成果;SAS 与 SPSS 也开发了潜变量分析模块,为不同层次的研究人员提供了更多的选择空间。相信随着时间的推移,潜变量分析的地位和作用不仅不会削弱,更将成为各研究领域披荆斩棘的玄铁利器。

近年来国内专门介绍潜变量分析方法的著作也呈现出来,改变了 20 世纪末著作匮乏的局面,其中不乏精品,但多侧重结构方程模型等具体方法的介绍。针对研究人员在进行量化方法研究时,难以系统获取有关潜变量数据的统计分析方法,我们撰写了这本由浅入深、相对系统的学术性著作。全书共分 11 章,包括潜变量数据概述及其质量评价、探索性与验证性因子分析、通径分析、结构方程模型与带有均值结构的模型、小样本非正态数据的结构方程模型、潜变量的非线性与交互效应分析、多水平结构方程模型、潜变量增长曲线模型以及潜在类别分析等。复杂的方法通过实例举隅,并附有软件实现的程序。本书侧重连续性潜变量分析方法的介绍,由于各种潜变量分析思想皆出于因子分析,熟识连续性潜变量估计构念的理论与方法,再学习其他潜变量分析方法时,读者定会如饮醍醐,不会再有概念和理解上的障碍。

本书可作为社会、教育、心理、医学等研究领域科研人员和研究生的参考书，也可作为统计与非统计专业的研究生教学用书。期望本书能够帮助读者循序渐进地学习如何构建与应用潜变量分析方法，解决实际问题，也为学习研究更深的量化研究的统计方法奠定基础。

本书完成过程中得到山西医科大学郭政校长与程牛亮副校长的关心与支持；承蒙中山大学方积乾教授审阅指导与鼓励；校研究生部、公共卫生学院与科技处领导在业务上给予帮助，在此谨致谢忱。同时也感谢南京大学许碧云博士的热情襄助，卫生统计教研室仇丽霞与余红梅教授在学术上的指导，赵晋芳、罗艳虹、萨建等老师与数位研究生协助校阅。由于作者知识与能力所限，虽几经修稿，书中仍不免有纰漏与讹误，还望读者不吝指正。

张岩波

2008年11月10日

目 录

1 概述	1
1.1 引言	1
1.2 测量与潜变量模型	2
1.3 本书概要	6
1.4 潜变量分析软件	11
参考文献	13
2 潜变量数据质量评价	14
2.1 测量的信度	14
2.2 测量的效度	18
2.3 方差分析模型与信度评价	22
2.4 因子分析与构念效度评价	26
2.5 方差成分模型与个体效度评价	27
2.6 影响信度与效度的因素	32
参考文献	34
3 因子分析	35
3.1 探索性因子分析	35
3.2 验证性因子分析	39
3.3 LISREL 实例分析	46
3.4 SAS CALIS 实例分析	54
参考文献	58
4 通径分析	60
4.1 通径分析理论	60
4.2 通径分析的数学模型	65
4.3 通径分析模型的识别	70
4.4 通径分析模型的估计与检验	74
4.5 通径分析模型的修正	79
4.6 实例分析	80

参考文献	82
5 结构方程模型	83
5.1 基本概念	83
5.2 模型的数学形式	85
5.3 模型拟合的基本思想	87
5.4 模型分析过程及估计	88
5.5 模型评价与拟合指标选择	93
5.6 模型的修正	98
5.7 LISREL 实例分析	99
5.8 SAS CALIS 实例分析	101
5.9 应用结构方程模型应注意的问题	108
参考文献	110
6 均值结构模型	113
6.1 原理与方法	113
6.2 均值结构模型的多组比较	118
6.3 实例分析	122
6.4 关于比较的问题	134
参考文献	135
7 小样本非正态数据的结构方程模型	138
7.1 SEM 模型假定	138
7.2 SEM 估计方法比较	139
7.3 模拟研究	143
7.4 实例分析	151
参考文献	153
8 潜变量非线性与交互效应分析	155
8.1 曲线型效应模型	155
8.2 全信息潜变量交互效应	159
8.3 有限信息潜变量交互效应	164
参考文献	173
9 多水平结构方程模型	175
9.1 多水平模型	175
9.2 多水平 SEM 模型的建模方法	179
9.3 实例分析	185
参考文献	200
10 潜变量增长曲线模型	203

10.1	渊源与发展	203
10.2	模型的基本原理	205
10.3	实例分析	210
10.4	应用 LGM 应注意的问题	216
	参考文献	216
11	潜在类别模型	220
11.1	基本概念与方法	220
11.2	探索性潜在类别分析	227
11.3	验证性潜在类别模型	228
11.4	多样本潜在类别模型	231
11.5	二分类显变量模拟分析	232
11.6	三分类显变量模拟分析	238
11.7	实例分析	242
	参考文献	246
	附录	248
	中英文术语对照表	281



概述

Introduction

1.1 引言

在社会经济、心理行为、教育、管理、生存质量、中医症候等研究领域,存在许多无法直接准确测量的指标,例如人的行为特征、个人成就感、疾病易感性、企业的品牌意识、某观念的社会认同感、职业紧张程度等。由于变量不能够准确直接地测量,为直接研究这些变量与其他变量之间的关系造成了操作上的困难。此时可代之以其他一些可以被观测的变量进行度量,它常常是相关性较强的一组变量潜在效应的综合,即潜变量(latent variable)。也即引入潜变量来描述那些潜在的、无法直接观察的,需经过测量去推测的变量或指标,通过探讨潜变量之间的因果关系来揭示客观事物发展、变化的规律及特点。潜变量又称为潜在变量、隐变量、隐含变量、潜在因子(latent factor)及潜在特质(latent trait)等。与潜变量相对应的是显变量(manifest variable),指可以直接观测或度量的变量,又称为显在变量、观测变量(observed variable)、指示变量(indicator)或度量变量(measurement variable)。

这类变量由于无法直接获得,需要通过特定的测量方法获取,如采用量表测量或问卷调查,所获数据存在较大的测量误差。当采用传统的、基于可观测变量的多元回归分析、方差分析、通径分析等方法,探索其因果关系时有许多不足之处。多元回归分析可以同时设定多个自变量去预测一个或多个因变量,并能在控制其他自变量的情况下分析某个自变量对因变量的单独效应,但有其自身无法克服的局限性:回归模型通常假定变量被完全地测量,即不存在测量误差,该假定容易导致常规最小二乘回归的参数估计产生偏差;单独的回归模型仅能表明自变量对因变量的直接作用,难以揭示可能存在的间接作用或亦因亦果的因果关系。通径分析虽可用来分析间接效应,但如回归分析一样,也仅局限于可直接观测的变量,要求观测变量不能带有测量误差。在对量表测量数据进行多组

比较时,研究者大多以求得的合计分直接比较,同样也忽略了测量误差与量表在不同群体间的等同性等。因此,在探索事物现象间的因果关系时,有必要引入能够处理潜变量之间关系的统计分析方法。由于潜变量数据来源的特殊性,在研究设计、资料搜集、统计分析及结果解释等全过程都有其独特性。有关潜变量数据的分析方法已成为现代统计学的重要内容。

1.2 测量与潜变量模型

1.2.1 测量

测量(measurement)是定量研究的重要方法,是研究评估、诊断和预测的重要手段。Stevens S. S. (1951)提出,测量是按照一定法则给事物或事件指派数字的过程。测量是由一系列刺激——文字、图形、各种符号建构起来的,其本质就是根据某一规则将事物数量化。测量过程包含三个要素:测量对象、指派的数字、连接个体与指派数字的法则和程序。在这个系统化的程序中,受测者对编制好的一组刺激作出反应,施测者据对受测者特质的反应进行数量的描述。测量法是社会学、教育学、心理学、医学、管理学等测量的一项主要内容。如职业紧张评价中,工作环境是影响职业紧张反应的一个重要因素,但“工作环境”这一指标不可直接测量,可通过工作场所的噪音、空气质量、温度、湿度、空气中的有害物质、空气气味及光线强度等一些可观测变量进行度量,每个可观测变量(条目)有“非常同意”到“非常不同意”五种回答。

1.2.2 测量理论

测量理论(test theory)是解释测量资料间实证关系(empirical relationships)的系统理论学说,通常划分成两大学派。经典测量理论(classical test theory, CTT)主要是以真实分数模型(true score model)为理论构架,其理论由来已久,应用非常广泛。其原理简单,适用于大多数教育、心理测量以及社会科学资料的分析,是目前测量学界使用最广的理论依据。现代测量理论(modern test theory, MTT)学派,为克服经典测量理论的缺点而提出现代测量理论,主要以项目反应理论(item response theory, IRT)为理论架构,理论研究为时稍晚。其统计方法原理复杂深奥,但其立论与假设合理严谨,适用的资料类型虽有限,但深受量化研究者的青睐。两派理论目前并行于测量学界,但项目反应理论却后来居上,逐渐

凌驾于经典测量理论之上。

1.2.3 测量误差

测量过程及所获资料的正确性与可靠度是影响研究质量的重要方面,在测量过程中存在着发生各种误差(error)的可能性。测量理论认为,测量分数会由于样本、被试动机、注意力等各种原因在不同时间和情境中变化,产生偶然误差,即测量误差(measurement error)。测量误差可以说是调查误差的最主要来源,概念操作不准确,问题文字表述不清楚,不恰当的测量方法造成的偏差等都是误差的重要来源。

一类误差称为随机误差(random error),是指无法预期而产生的误差,这类误差没有一定的方向,任何情况、形式都有可能发生。随机误差的主要来源有:参与研究的访查人员对于访查内容或对象的表现认定标准不一致;量表填写时误解某一问题的意思或勾选选项;访问或被访人员过于疲劳,记录错误或表达不清楚;受测者接受测验时心情不佳或生病,无法反映其真正的想法;数据录入时输错数字等。大部分的随机误差都不易避免,也不太可能完全避免。随机误差虽不至于产生太大的偏差,但是会影响统计推论及验证假设时的准确性。另一类是系统误差或系统偏差(systematic bias),其误差恒定存在,有一定的规律性和倾向性,如数据普遍被高估或低估,导致所测量的资料偏向特定的方向。系统误差产生的原因主要有:量表自身的问题,如所有问题都太难或太简单,问卷设计错误;研究人员的偏好(偏见);样本选取的偏差等。系统误差对研究的正确性与推论的准确性都有严重的影响,必须尽量予以避免。

1.2.4 量表

量表(scale)是一种标准化的度量工具,针对一些主观或抽象的概念,根据事物与现象的特性选择变量描述,并以不同的规则分配数字,经过严格科学的定量化测量程序,形成不同测量水平的量表,如人格量表、智力量表、生存质量量表、精神卫生量表、教育测量量表等。由于事物属性不同,以及所制定的规则不同,因此用数的特性来描述事物属性所达到的程度也不同,这就产生了不同的测量水平。Stevens S. S.将测量的水平分成四种,每一种测量水平都产生与其相应的测量量表,量表的量化水平从低级到高级:类别量表(名称量表)、等级量表(顺序量表)、等距量表、等比量表(比率量表)。Likert式量表(Likert scale)是量表测量最常用的一种设计方式,是由美国社会心理学家Likert于1932年在原有的总加量表基础上改进而成的,属同一构念的项目用加总方式来计分,单独一个

条目是无意义的。该量表由一组陈述组成,每一陈述有类似“非常同意”、“同意”、“不一定”、“不同意”、“非常不同意”五种回答,分别记为1、2、3、4、5,每个受测者总分就是他对各道题的回答所得分数的加总,说明在量表上的不同状态。

需要强调的是量表(scale)不同于通常所说的问卷(questionnaire)。问卷多用于测量客观现象,问卷中每个问题可以作为一个单独的变量进行分析;量表中每个条目不能作为一个单独的变量来分析,而是通过多个条目共同测量某个概念。虽然如此,许多科研工作者并未将两者严格区分,将量表以问卷来命名,好在提法的不同并不影响实际应用。

1.2.5 潜变量的表示

以测量职业紧张的 OSI-R 量表为例,说明如何采用潜变量表示量表测量数据。OSI-R 量表(表 1-1)包括职业任务、个体紧张反应、个体应变能力三份问卷,其中职业任务有 6 个维度,个体紧张反应与个体应变能力各有 4 个维度,各维度有 10 个条目,14 个维度共有 140 个条目。每个条目是一个可观测变量,每个维度则相当于一个潜变量,而职业任务、紧张反应与个体应变能力则相当于更高层次的潜变量。潜变量又分为内生潜变量(endogenous latent variable)与外生潜变量(exogenous latent variable),通常将紧张反应(PSQ)及其所属的 4 个维度(VS、PSY、IS、PHS)作为内生潜变量,将影响紧张反应的职业任务(ORQ)及其所属 6 个维度(RO、RI、RA、RB、R、PE)与个体应变(PRQ)及其所属 4 个维度(RE、SC、SS、RC)作为外生潜变量。

表 1-1 职业紧张量表(OSI-R)与潜变量的表示

职业任务问卷(ORQ)			个体紧张反应问卷(PSQ)			个体应变能力问卷(PRQ)		
潜变量 (维度)	潜变量 名称	观测变量数 (条目数)	潜变量 (维度)	潜变量 名称	观测变量数 (条目数)	潜变量 (维度)	潜变量 名称	观测变量数 (条目数)
任务过重	RO	10	业务紧张	VS	10	休闲	RE	10
任务不适	RI	10	心理紧张	PSY	10	自我保健	SC	10
任务模糊	RA	10	人际关系紧张	IS	10	社会支持	SS	10
任务界限	RB	10	躯体紧张	PHS	10	理性处事	RC	10
责任	R	10						
工作环境	PE	10						

潜变量并非专用于描述量表测量资料,许多研究领域的数据当变量多,维度高,存在潜在的变量结构时皆可用潜变量来描述,如人口学研究中的生活习性、社会学研究中的社会地位、医学研究中的机能、形态等综合性指标。

1.2.6 潜变量模型

追溯潜变量分析的发展历程,最早起源于 Gotton、Spearman 等提出的因子分析 (factor analysis) 的思想。由于研究事物的复杂性,所获数据往往具有多变量、高维度的特点,为便于数据整合和信息萃取而产生了主成分分析 (principal component analysis)。主成分分析中每个主成分不具有特定的含义,为此提出了因子分析,通过寻找潜在因子 (latent factor),即潜变量,获得可观测变量后的潜在构念或潜在结构,因子分析成为估计潜变量最基本的模型。以前述职业紧张研究中“工作环境”的评价为例,构建基本的潜变量模型。

图 1-1 描述了一个潜变量 (PE) 与 10 个观测条目 ($PE_1, PE_2, \dots, PE_{10}$) 的因子分析模型。通过估计因子载荷 (factor loading) 可知某一构念对测量的影响,或反过来讲,可知某一测量对潜变量的贡献。在因子分析的基础上,其后进一步发展出结构方程模型 (structural equation modeling, SEM) 等潜变量分析方法,成为量化研究有力的分析工具。

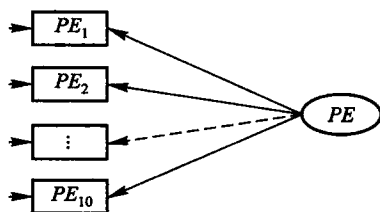


图 1-1 潜变量基本模型图示

正如可观测变量可分为连续性变量与分类变量,潜变量也可分为连续性潜变量与分类潜变量。在为人熟知的因子分析中,其观测变量与潜变量都是连续性变量。以此拓展,可以产生出不同类型的潜变量模型,如表 1-2。

表 1-2 不同类型的潜变量模型

潜变量	显变量	
	连续	分类
连续	因子分析 (结构方程模型)	潜在特质分析
	factor analysis	latent trait analysis
分类	潜在轮廓分析	潜在类别分析
	latent profile analysis	latent class analysis

由此可见,潜变量的分析不再是一种具体的方法,而已发展成为一种统计学方法。由于各种潜变量模型的构建思想皆起源于因子分析,掌握了连续性潜变量估计构念的理论与方法,再学习其他潜变量分析方法时,读者必定如饮醍醐,不会再有概念和理解上的障碍,而只是数学过程的不同而已。本书侧重连续性潜变量方法的介绍,将有助于读者学习更深更复杂的潜变量分析方法。

1.3 本书概要

1.3.1 信度与效度评价

数据质量评价有两个方面特别重要,即信度(reliability)与效度(validity)。信度指测量结果的可靠性,即测量值的稳定性和一致性的程度,是以测量分数的变异理论为基础。测量分数的变异按误差来源可分为系统变异和非系统变异两种。信度主要受非系统变异影响,非系统变异主要由测量误差与随机误差引起。减少测量误差可以控制非系统变异,提高信度。估计信度系数有多种方法,可从稳定性(stability)、一致性(consistency)与等值性(equivalence)三个方面来评价。稳定性是指用两种以上方法或不同时间测量会得到相似的结果,评价稳定性最常用的方法是针对相同的研究对象实施重测(test-retest);一致性是指研究人员可以评价测量工具的内部一致性(internal consistency),以确定某量表所测量的内容是否具有-致性;等值性指不同测量人员的认定方式、评定标准、准确度都基本接近,常用的方法是让不同的测量人员分别去测量同一受测对象。各种方法所适用的信度类型有所不同,因此,在计算信度系数时,必须认真考虑实际所求信度的类型,然后选择恰当的计算信度系数公式。本书介绍了基于经典测量理论的信度估计方法以及方差分析模型估计信度的方法。

效度是指测量的准确性或有效性,即能够测量所要测量特性的程度。包括:内容效度、构念效度(又称结构效度)和效标关联效度(又称实证效度)等。在测量中通常因量表本身未能真正包含所要测量的特征,量表中包含了与测量内容无关的条目以及因记分提供的答案不准确或不全面而影响效度。测量效度越高,表示测量的结果越能体现所测量对象的真正特征。评估效度的方法有判断法和实证法。信度只受随机误差影响,系统误差由于影响恒定,所以不影响测量工具的信度。而测量效度除受随机误差影响外,还受系统误差影响。本书重点介绍验证性因子分析与方差成分模型等现代统计技术评价效度的方法。

1.3.2 因子分析

在错综复杂的数据分析中,经常会遇到不只是单一自变量或因变量的多元情况。因子分析(factor analysis)就是其中一种非常重要的处理降维的方法。它将具有错综复杂关系的变量整合萃取为少数几个因子,以再现原始变量与因子

之间的相互关系,同时根据不同因子还可以对变量进行分类。其实质是一种用来检验潜在结构(latent structure)是怎样影响观测变量的多元统计方法。因此,因子分析成为评价构念效度最有力的方法。

因子分析有两种形式:探索性因子分析(exploratory factor analysis, EFA)和验证性因子分析(confirmatory factor analysis, CFA)。探索性因子分析即通常所讲因子分析,致力于找出事物内在的本质结构;而验证性因子分析又称证实性因子分析,是用来检验已知的特定结构是否按照预期的方式产生作用。一般来说,如果你没有坚实的理论基础支撑有关观测变量内部结构,一般先用探索性因子分析产生一个关于内部结构的理论,再在此基础上用验证性因子分析。验证性因子分析与结构方程模型(structural equation modeling, SEM)有着极强的联系。探索性因子分析无论是专著还是教材都已有较多论述,本书侧重于验证性因子分析的介绍。

1.3.3 通径分析

多元回归分析的结果只能给出每一个自变量对因变量的直接影响。事实上,变量之间的关系错综复杂,一个自变量可能对一个因变量有直接影响,也可能通过其他的自变量对因变量有间接影响。通径分析(path analysis)是多变量线性回归分析的扩展,其实质是一组回归方程,通过分析变量间的协方差结构(或相关结构)来定量地研究和解释变量间因果关系或相关关系的一种多元统计方法。通径分析能在一定程度上弥补回归分析的不足,能够研究变量间的中介效应(mediating effect)或干扰效应(interference effect),将自变量对因变量的效应净化。即从总效应中分离出间接效应与直接效应,使得由模型得出的结果更能反映出变量间的真实联系及联系强度,这在很大程度上提高了统计分析的效能。应用通径分析时路径图构造麻烦,同一问题构建的路径图种类很多,具有不确定性;方法所需的假定多,实际资料往往难以满足;没有现成的验证理论模型与经验数据之间拟合效果的机制。通径分析并不完全是潜变量数据的统计方法,为便于理解与之有关的结构方程模型,本书将之作为过渡内容介绍。

1.3.4 结构方程模型

Jöreskog、Kessling 等人将通径分析的思想引入到潜变量研究中,并同因子分析方法结合起来,形成了结构方程模型(structural equation modeling, SEM)。概括而言,验证性因子分析(CFA)将潜变量与观测变量结合构成了 SEM 的测量模型(measurement model)部分,而借助通径分析或联立方程的思路研究潜变量之

间的因果关系构成了 SEM 的结构模型(structure model)部分,将这两部分放在一个整体的框架中即形成了完整的结构方程模型。SEM 是一种复杂的因果关系模型,可以处理显变量与潜变量以及潜变量之间的关系,同时还考虑了误差变量。事实上,许多统计方法如回归分析、主成分分析、因子分析、通径分析及方差分析等都可看作 SEM 的特例。但 SEM 却具有这些方法所无法比拟的优点。

从 20 世纪 70 年代开发出分析结构方程模型的 LISREL 软件以来,SEM 在心理学、社会学、行为科学以及医学等领域中得到了越来越广泛的应用,SEM 已成为量化研究的代名词。而今有关结构方程模型的分析软件也层出不穷,除 LISREL 外还有 EQS、AMOS、SAS CALIS、Mplus 等,各种分析软件各有千秋,为使用者提供了选择的空间。SEM 作为一种应用性很强的统计分析技术,其理论复杂深奥,贯穿于从模型设定到模型修正的整个过程。如果没有真正理解这些理论,很容易导致 SEM 的误用与滥用。比如,在设定模型时许多研究者忽略或漠视等同性分析;评价模型拟合效果的指标有许多,有时有的指标显示模型拟合较好,而另一些指标显示拟合欠佳,作为研究者该怎样做出判断等。本书重点对结构方程模型建模过程进行了较为详尽的介绍,对统计专业或非统计专业人员正确地应用 SEM 都具有一定的指导意义。

1.3.5 具有均值的结构方程模型

结构方程模型通过考察方差协方差结构,获得构念效度及其关联性的结果。这样往往忽略了潜变量的均值结构与测量模型的截距。如果研究人员仅为评价潜变量之间的效应,以上分析尚可,但有时研究人员希望对比不同组的同一个或同一组潜变量的均值与测量模型的截距,此时则须拟合均值结构模型(mean structure model)。

相比直接采用合计得分进行比较分析,用结构方程模型分析比较潜变量的组间均值差异有以下优点:(1)用潜变量可以正确调整测量误差,而传统方差分析一般情况下不能够解决由信度所导致的问题;(2)未考察测量工具(量表)的可比性而不合理地选用了方差分析,而结构方程模型可进行测量的等同性检验,在具有可比性的前提下,采用均值结构模型分析;(3)结构方程模型还能处理只有部分等同性(partial invariance)的多组比较。本书系统详细地介绍了均值结构模型与多组比较的分析原理。

1.3.6 小样本非正态数据的潜变量分析

回归分析要求数据服从独立性、正态性、线性、等方差性等前提假定,才能获

得优良的估计量。同理,采用最大似然估计法(maximum likelihood estimation, ML)估计结构方程模型,也要求观测变量服从多元正态、大样本,正确的模型指定以及观测变量表示为潜变量的线性函数等。建立恰当的模型,得到有效的结论是建立在根据数据选择合适的模型估计方法,正确计算模型拟合优度统计量和参数估计的标准误基础之上的。当分析资料违反了这些假定,如数据为小样本资料且为非正态分布时,仍盲目采用基于正态理论的估计方法则可能得出错误的结论。这时须选择稳健可靠的估计方法检验模型参数和评价模型拟合优度。

本书介绍了其中两种估计非正态、小样本资料的方法:S-B调整方法(Satorra-Bentler scaled method)和自助再抽样方法(bootstrap resampling)。并采用蒙特卡罗模拟研究比较了不同样本量和多元分布条件下,模型正确指定时这两种方法和常用的ML估计的性能。

1.3.7 潜变量非线性与交互效应分析

尽管在各领域研究过程中,线性模型一直是其研究热点,但研究者发现在许多研究领域存在着线性模型不能完全解释的非线性关系以及因子间存在交互效应。线性模型的应用有一定的局限性,这种非线性关系不能通过设计有效地控制。为深入探讨更为复杂关系的模型,有必要把传统的线性结构方程模型扩展到非线性结构方程模型。目前,非线性与具有交互效应的结构方程模型仍是一个热点研究问题。正如Randall E Schumacker与George A Marcoulides指出的,文献中缺乏潜变量交互效应的检验,并不是专业理论不支持交互效应的存在,而是这种分析技术难度大,不易理解,且缺少详细的方法介绍。本书主要介绍结构方程模型中曲线型效应模型建模的基本思路以及全信息潜变量与有限信息潜变量交互效应分析的建模方法。

1.3.8 层次结构数据的潜变量分析

各研究领域常遇到非独立结构数据或层次结构数据(hierarchical structural data),如资料来自于同一亚群(如一个科室、医院、地区)的个体由于受到群体内部个体间的影响和所处小环境对个体的影响,个体间并不独立,群体内的个体特征趋于相似。这种由群体引起的效应称之为组群或聚集效应(cluster effect)。采用传统方法因忽略群体或组群效应,致使信息删失,而这些丰富的信息正是决策和评价所必须的。层次结构数据的广泛存在以及引发的相关统计学问题早已引起统计学家的注意,并提出各种解决方法,其中多水平模型(multilevel model)