

 *Social Science Research Methodology Series*

社会科学
研究方法丛书

潜在 类别模型的 原理与技术

邱皓政 著

Latent Class Modeling:
Principles and Techniques

Haozheng Qiu



教育科学出版社
Educational Science Publishing House

邱皓政 著

Latent Class Modeling: Principles and Techniques

潜在类别模型的 原理与技术

教育科学出版社

· 北 京 ·

如有需要此书案例数据的读者,请直接从教育科学出版社网站
(<http://www.esph.com.cn>) 此书条目“下载专区”中下载使用。

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

图书在版编目 (CIP) 数据

潜在类别模型的原理与技术 / 邱皓政著. —北京: 教育
科学出版社, 2008. 4

(社会科学研究方法丛书 / 张雷, 侯杰泰主编)

ISBN 978 - 7 - 5041 - 3899 - 6

I. 潜… II. 邱… III. 变量—分析 IV. C34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 022247 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

制 作 北京金奥都图文制作中心

印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 14

字 数 230 千

版 次 2008 年 4 月第 1 版

印 次 2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数 1 - 2 000 册

定 价 28.00 元

如有印装质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

作者简介



邱皓政，1995年获美国南加州大学（University of Southern California）博士学位，主修心理计量学，台湾“辅仁大学”心理学学士与硕士。研究兴趣为工业与组织心理学、统计方法与多变量应用技术、心理测验学、创造力与组织创新研究等，专长议题为结构方程模型与多变量统计方法。目前就职于台湾“中央大学”企业管理学系。曾任台湾“心理学会”秘书长，台湾“统计方法学学会”创会理事长，台湾“中国测验学会”理事，台湾“政治大学”创新与创造力研究中心研究员，并曾任教于台湾“交通大学”、台湾“师范大学”等校，中国科学院、北京师范大学访问学者，美国加州大学洛杉矶分校（UCLA）神经医学研究中心统计分析师。曾在中英文期刊与研讨会发表论文数十篇，著有《结构方程模型：LISREL的理论与技术》、《量化研究法》、《量化研究与统计方法》，译著有《多层次模型分析导论》，编有《创造力的发展与实践》期刊专题。

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和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, 而且还可以研究它们之间的交互作用, 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致过于肤浅，或者感到信息量太大而难于接受、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

前一些日子，“台湾统计方法学学会”筹办了一场论坛，讨论一些新兴的统计方法，正当大家陶醉之际，主持人“中央研究院”的刘长萱教授突然岔开话题，冷冷冒出一句：“对数线性模型错了，有问题！”我猛地抬头望着她，想听个明白，但是她却什么也没多说，只幽幽地说道，那不是我说的，是我的一位同事说的，他写了一些东西，有研究、有根据的。

会议结束后，那一句“对数线性模型错了”一直像块巨石沉沉地压住我，那时我正开始着手写这本书，如果对数线性模型真的错了，那么潜在类别分析也好不到哪里去。后来实在耐不住心中的忐忑，我利用与刘教授一起开课的机会，趁机把那位她口中的高人请到课堂上，给我们好好上些课，看看对数线性模型怎么错的。就这样，在“中央研究院统计科学研究所”的顶楼小教室里，我度过了一段非常美好的时光，现在有时抬起头，脑海里都会浮出程尔观老师讲课的身影，仿佛他一直就站在那儿，告诉我们他又发现了什么新东

西。那几个礼拜的学习，让我真真切切体悟了学者的风范，如沐春风，还有学术的浩瀚，生生不息。

对于扰乱一池春水的“对数线性模型错了”那句话是真的，但是对数线性模型没有全错，即使有错，也不是它自己的错，而是用它的人的错，当我们利用对数线性模型来进行模型选择时候会犯的错。也因为听懂了程老师所解开的“达·芬奇密码”，使我更有信心继续这本书的写作，让我更相信类别变量的分析还有更上层楼的一天，潜在类别模型只是一个开端，精彩的还在后头。

如果从因素分析 (factor analysis) 与结构方程模型 (structural equation modeling) 在社会科学领域的叱咤风云态势来看，潜在类别模型这套学问可以套用一句股市名言：落后大盘、有待补涨，来说明它的潜力。更遑论可以整合因素分析、潜在类别分析、项目反应理论的混合模型 (mixture modeling)，在不久的将来，将会成为学术的主流（这也是为什么我逐渐舍 LISREL 而就 Mplus 的主要原因之一）。1995 年接到 Muthén 婉拒我申请博士后的电话虽然是遗憾，但是 12 年后的这本潜在类别模型的完成还是跟他的研究思路接上了轨。回顾历史，放眼将来，潜在类别模型这本书，绝对不是终点，而是一个重要的开始，错过了，就离得更远了，不只是 12 年而已。

程老师有一句话很受用，他说从简单的数学，就可以看出统计方法的价值。越是简单的原则，影响力越大。类别变量就是那种很简单，却是很重要的量化素材，我们并不一定需要 SEM，只需要列联表，透过概率，透过 odds，透过 -2LL，就可以协助社会科学研究者做出一番大事业。潜在类别分析不是新东西，但绝对是值得挖掘的宝藏。

能够不断学习成长，丰富学术的内涵与生命，是我们学术工作者的幸福。程老师每次看到我好不容易听懂一些东西时，总会夸我说，这小子顶聪明的。但是让我们变聪明的，最重要的不是自己，而是前辈们的智慧成果，自由开放的知识分享，与无私的教育。

这本书的完成，首要感谢香港中文大学教育心理学系的张雷师兄长期以来的支持与鼓励、侯杰泰主任的照顾以及北京师范大学心理学院刘红云老师的协助，才使得本书得以顺利在祖国大陆出版。此外，在具体贡献上，北京师范大学心理学院心理测量与评价研究所的李中权与台湾“政治大学”教育学的林碧芳，协助本书文字与内容上的勘误与校阅，为本书参考价值的提升居功厥伟。

在从别人身上得到这么多好处后，希望这本书的内容也能有一些贡献。如果本书有任何疏漏讹误之处，还望各界先进同好指正。

邱皓政
2008年3月于台湾“中央大学”

社会科学研究方法丛书 部分书目

- **潜在类别模型的原理与技术** （邱皓政 著）
Latent Class Modeling: Principles and Techniques

- **结构方程模型及其应用** （侯杰泰 温忠麟 成子娟 著）
Structural Equation Model and Its Applications

本书阐述了结构方程分析（包括验证性因子分析）的基本概念、统计原理、在社会科学研究中的实际应用、常用模型及其 LISREL 程序、输出结果的解释和模型评价，以及一些与结构方程模型有关的专题和结构方程的高级用法。是一本由初级至中上程度的结构方程分析著作，可作为各专业研究生的教科书和应用工作者的参考书。

- **多层线性模型应用** （张雷 雷雳 郭伯良 著）
Applied Multilevel Data Analysis

多层线性分析方法是目前国际上较前沿的一套对分层嵌套数据进行分析的理论和方法。本书用具体的实验资料演示多层线性模型方法的理论和应用，可作为社会科学各学科的教材及研究者的参考书。

- **测评的概化理论及其应用** （杨志明 张雷 著）
Generalizability Theory and Its Applications

本书是我国第一本专门研究概化理论及其应用的著作，内容包括测评的基

本问题、概化理论的基本原理和方法以及应用实例,对于心理测评、教育考试、人事选拔、员工绩效考评和社会调查统计等方面的理论与实际工作具有指导价值。

○ **项目反应理论及其应用** (梁志强 文剑冰 著)

Item Response Theory and Its Applications

项目反应理论是目前国际上应用最为广泛的测量理论。本书全面地介绍了项目反应理论和相关的研究进展,以及在计算机化自适应测试和诊断性考试中的应用。

○ **追踪数据分析方法及其应用** (刘红云 张雷 著)

Longitudinal Data Analysis Methods and Applications

本书从应用的角度系统地介绍了几种常用的纵向数据分析方法,内容包括重复测量方差分析,多元方差分析,基于多层分析技术上的发展模型的方法和基于结构方程基础上的潜变量增长曲线模型的方法。

○ **元分析及其应用** (张伟良 张树辉 张忠华 陈卫 著)

Meta-Analysis and Its Applications

元分析是对已有的研究文献中的结果进行回顾和量化分析的统计方法,它能够帮助研究者更好地整合文献中的研究结果,剖析研究结果之间的差异特征并对这些结果进行解释。本书内容从易到难,涵盖广泛,既包括了元分析的基本概念,又包括了具有一定难度和深度的专题。同时本书还通过很多实例来介绍元分析统计方法的应用,并且提供了在 SPSS 和 SAS 中进行元分析的语句,便于读者学习和应用。

目 录

序

第一章 引论	(1)
第一节 导论	(2)
第二节 潜在变量模型	(3)
一、潜在变量的特性	(3)
二、因素分析模型	(6)
三、潜在类别分析	(8)
第三节 潜在类别模型的分析软件	(9)
第二章 类别变量的特性与分析	(13)
第一节 类别变量特性	(14)
一、类别数据的特性	(14)
二、次数、百分比与列联表	(15)
第二节 卡方统计量与残差分析	(17)
一、期望值与残差	(17)

二、标准化残差	(17)
三、卡方统计量与卡方检验	(19)
第三节 对数线性模型	(20)
一、对数线性模型的原理	(21)
二、似然函数卡方值	(24)
三、对数线性模型与卡方检验的差异	(25)
第三章 潜在类别分析原理	(27)
第一节 潜在类别分析的基本模型	(28)
一、列联表的数据格式	(28)
二、潜在类别分析的数学模型	(29)
第二节 潜在类别分析的参数估计	(31)
一、概率参数化	(31)
二、对数参数化	(34)
第三节 模型估计	(34)
一、极大似然估计量	(34)
二、迭代估计	(35)
三、模型适配检验	(37)
四、模型适配指标	(38)
第四节 分类 (classification)	(39)
第四章 探索性潜在类别分析	(42)
第一节 探索性模型的原理	(43)
第二节 探索性分析的主要内容	(44)
一、模型选择	(44)
二、潜在类别概率与条件概率	(46)
三、观察值分类	(47)
第三节 探索性潜在类别分析操作示范	(47)
一、LatentGOLD 操作程序	(48)
二、LatentGOLD 报表解释	(53)
三、Mplus 操作程序与结果	(69)

第五章 验证性潜在类别分析	(87)
第一节 限定模型的基本概念	(88)
一、参数的限定	(88)
二、模型辨识问题	(89)
第二节 等值限定模型	(89)
第三节 定值限定模型	(92)
第四节 验证性潜在类别分析操作示范	(94)
一、非限定模型(四类未限定模型)	(97)
二、平行测量限定模型	(99)
三、误差限定模型(误差等量模型)	(104)
四、定值限定模型	(106)
第六章 多样本潜在类别分析	(109)
第一节 多样本分析的原理	(109)
一、多样本分析的数学模型	(110)
二、参数比较的显著性检验	(111)
第二节 非限定 T 类别模型	(112)
第三节 多样本限定模型检验	(115)
第四节 多样本潜在类别分析操作示范	(117)
一、形貌同构性检验	(118)
二、限定模型检验	(130)
第七章 多因子潜在类别分析	(142)
第一节 多因子模型的原理	(143)
一、模型设定	(143)
二、模型适配比较	(145)
三、参数估计	(146)
第二节 限定多因子模型	(149)
第三节 方法学上的意义	(152)
第四节 多因子潜在类别分析操作示范	(154)
一、非限定模型分析步骤	(154)
二、非限定模型分析结果报表	(159)

三、限定模型的分析结果	(170)
第八章 度量模型潜在类别分析	(176)
第一节 基本概念	(177)
第二节 度量模型的估计原理	(178)
一、基本原理	(178)
二、度量模型的统计原理	(179)
三、参数估计与模型适配检验	(180)
第三节 顺序性潜在类别分析操作示范	(181)
一、LatentGOLD 操作步骤	(182)
二、LatentGOLD 结果报表	(187)
参考文献	(198)
索引	(206)