

社会学文库
Sociological Library

主编/郑杭生

Theory and Application of Structural
Equation Modeling

结构方程模型原理与应用

王卫东/著

ISBN 978-7-300-10602-1/C · 456

ISBN 978-7-300-10602-1



9 787300 106021 >

定价：15.00 元

Theory and Application of Structural
Equation Modeling

结构方程模型原理与应用

王卫东/著

中国人民大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

结构方程模型原理与应用/王卫东著.

北京: 中国人民大学出版社, 2009

(社会学文库/主编 郑杭生)

ISBN 978-7-300-10602-1

I. 结…

II. 王…

III. 社会科学-统计模型: 线性模型-研究

IV. C32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 063627 号

社会学文库

主编 郑杭生

结构方程模型原理与应用

王卫东 著

Jiegou Fangcheng Moxing Yuanli yu Yingyong

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 涿州星河印刷有限公司

规 格 148 mm×210 mm 32 开本

版 次 2010 年 1 月第 1 版


印 张 5.5 插页 2

印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷

字 数 150 000

定 价 15.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换



社会学文库

编 委 会

主 编 郑杭生

编 委 (按姓氏笔画排序)

马广海	王思斌	王雅林	包智明	田毅鹏
孙立平	刘少杰	刘世定	刘祖云	关信平
庄孔韶	江立华	李培林	李 强	李路路
苏国勋	沈关宝	宋林飞	吴忠民	张 静
周晓虹	洪大用	侯钧生	郭于华	郭志刚
黄 平	景天魁	景 军	蔡 禾	潘绥铭
戴建中				

总 序

现在，文库不少，社会学文库也有几个。在这样的情况下，接受中国人民大学出版社的委托，主持一套社会学文库，就不得不追问自己：这套文库只是单纯在数量上增加一个文库而已，还是应该在质量上力求有自己的某些特点？这就是本套文库不可避免要面对的定位问题。经过考虑，本套文库的定位至少涉及如下四个方面：

第一，它是一套研究性的文库。就是说进入本套文库的著作，必须是研究性、探索性的。研究性、探索性的必备要素是与某种新的东西联系在一起，即有某种创新性，因此，它们不同于一般资料性的、介绍性的、编译性的作品。这并不是说后者不重要，而是说，因为类别不同，后者应该有自己的出版渠道。

社会学研究无疑涉及诸多方面，有理论研究和经验研究，定性研究和定量研究；有对现实社会现象的研究，又有对社会学本身的研究，等等。本文库欢迎一切真正有研究的著作；同时，根据社会学国际化与本土化相结合的要求，根据本国的国情，把重点放在如下几个方面：

- 对转型中的中国社会的认识有所深化的研究著作。
- 对有中国特色的社会学理论有所贡献的研究著作。

——对世界社会学的新发展和走向有所把握的研究著作。

第二，它是一套精品性的文库。就是说，在研究性的著作中，我们更看重精品之作。所谓精品，在内容上至少要符合下述几条中的一条或同时具有：一是能够从社会学的视角对人们普遍关心的社会热点和焦点问题作出有说服力的分析，公认有真知灼见，经得起时间和历史的考验。二是能够对实现“增促社会进步，减缩社会代价”的社会学深层理念有所贡献。三是对社会学的学科建设和理论创新有所推动。四是对中国社会学的国际化和本土化有所促进。而在形式上，要有与内容相匹配的叙述形式，要有较好的可读性，力求深入浅出，尽可能雅俗共赏，为大家所喜闻乐见。

第三，它是一套使社会学界新生力量脱颖而出的文库。就是说，通过研究性的精品之作，使那些在社会学界没有什么知名度，或知名度不高的“无名小卒”、新生力量、后起之秀程度不同地提高知名度，把他们实实在在地介绍给学界和社会，使他们尽快成为学界名人，在这个意义上，本文库也许能够成为培养社会学人才的有效渠道之一。众所周知，没有或缺少新生力量的学科和学界，是没有什么希望的。这当然在任何意义上都不是说可以忽视现在的学界名人，他们是我们最重要的依靠力量，他们负有提携后进的重任。我们真诚希望现有的学界名人和即将脱颖而出的学界名人，共同使本文库成为名副其实的名人文库，在学界和社会上发挥更大的作用。

第四，它是一套供不同学派观点争鸣的文库。一个没有不同学派争鸣的学界，不能说是成熟的。我在社会学界多次强调“要多一点学派，少一点宗派”。因为学派之争是学术问题、学术观点的争论，用的是学术标准，可以争得面红耳赤，但过后仍然是朋友；宗派之争则用非学术标准，党同伐异，大有“谁不和我们歌唱，谁就是我们的敌人”的“气概”。因此，学派之争，与人为善，相互切磋，推进学术；宗派之争，与人为恶，相互攻击，阻碍学术。如果本文库在促成不同观点的社会学学派形成方面、在促成不同学派展开富有成果的争鸣方面，起到了应有的积极作用，我们将会感到非

常高兴和欣慰。本文库将对各种不同观点的学派一视同仁。

总之，我们真诚希望本文库能够出研究成果、出精品、出名人、出学派。简言之，我们把“四出”作为中国人民大学出版社社会学文库的定位。

古人曾说过这样的意思，定位于“上”，可能得乎“中”，定位于“中”，可能得乎“下”。本文库这种“四出”的定位，从目标上说应该属于“上”，但结果仍有两种可能：或“上”或“中”。我们希望能够争取前一种可能，避免后一种。最后究竟如何，当由读者和时间来鉴定。

应当指出，本文库是在一个不平常的时候出版的。

首先，无论是就政策环境和体制条件来说，还是就国内氛围和国际环境而论，中国社会学正处在新中国成立以来最好的大有可为的发展时期。现在，社会学的学科地位，即作为要加强的哲学社会科学基本学科之一，得到了确认。人们越来越体会到社会因素即非经济因素对改革、发展、稳定的重要性，从而也认识到以非经济因素为切入点的社会学，也和以经济因素为研究对象的经济学一样，是一门与每个人的实际生活息息相关的学问，是一门推进改革、发展、稳定的科学，感受到有许多问题需要从社会学的视角来看待和解读，并领悟到社会学的理论研究和经验研究是制定符合实际情况的社会政策的基础环节。人们对社会学从不了解、不甚了解甚至误解到逐步了解；一些社会学的用语（如社区、社会化、弱势群体、社会转型、良性运行等）日益普及化、大众化，其中一些还被政府部门所采纳和使用。这使中国社会学的发展不仅有了自上而下的体制条件，而且有了自下而上的社会氛围。经过激烈竞争，中国社会学界获得了第三十六届世界社会学大会的主办权，该届会议的主题是“全球化背景下的社会变迁”，将于2004年7月在北京召开，由中国社会科学院社会学研究所承办。现在欧美社会学界都十分关注中国的变化、中国社会学的研究。无疑，在世界社会学的格局中，与欧美强势社会学相比，无论从规模、投入，还是从成果、影响等方面说，中国社会学仍然是弱势社会学。强势社会学界如此关

注中国社会的研究，对植根于本土社会的中国社会学界来说，既是一种沉重的压力，同时又是进一步发展的强大动力。在这样的情况下出版本文库，应当说是正当其时。我们希望不要辜负这样好的条件。

其次，这种不平常性还表现在世界社会学正处在自我反思和重建的过程之中。这种自我反思和重建的趋势并不是凭空而生，而是有现实根据的。这就是旧式现代性的衰落、新型现代性的兴起。我认为，这种旧式现代性的衰落、新型现代性的兴起，既影响着中国社会学的国际化，又影响着中国社会学的本土化。关于这一点我想多说几句。

所谓旧式现代性就是那种以征服自然、控制资源为中心，社会与自然不协调、社会与个人不和谐，社会和自然付出双重代价的现代性。20世纪向21世纪的过渡时期，全球社会生活景观呈现出重大转折的种种迹象，人们看到：人类对自然的倒行逆施造成了越来越严重的“绿色惩罚”，导致了天人关系的紧张，甚至“人类对自然的战争，变成了人类自我毁灭的战争”；人欲的激发和资源的匮乏所引发的对资源控制权力的争夺，又不能不导致价值尺度的扭曲、伦理准则的变形、个人与社会的关系的恶化。旧式现代性已经进入明显的危机时期。这样，在世界、在中国，探索新型现代性便成为一种势在必行的潮流和趋向。

所谓新型现代性，是指那种以人为本，人和自然双赢、人和社会双赢，两者关系协调和谐，并把自然代价和社会代价减少到最低限度的现代性。从中国社会转型加速期取得的巨大社会进步和付出的种种社会代价中，我们都能从正反两方面，亲身体会到新型现代性的深刻意涵。

就两种类型的现代性与社会学的关系而言，过往的旧式现代性锻造了以往的社会学——它的感受力和想象力、设问和眼界，甚至它的理论抱负和期望所能达到的限度。当现代性面临重大转折之时，必定也是社会重构、个人重塑、个人与社会的关系发生重建之日。社会学不可避免地卷入其中，经历预设的根本变化、视野的重

大调整、理论的重铸和再生过程。

对旧式现代性作出反应的，不仅有新型现代性，而且还有后现代性。如果说，新型现代性是对旧式现代性的一种积极、正面意义的反思，那么，主张后现代性的后现代主义则一般是对旧式现代性的一种消极、否定意义的反应。后现代主义批评旧式现代性的弊病是对的，但它的解决方法不是革除弊病，而是连现代性也加以抛弃，从而走向了极端。它对社会和知识基础的所谓“解构”，无助于增进社会的和谐。

因此，处在这样一个旧式现代性步入没落、新型现代性勃然兴起的历史时期，中国社会学必须顺应时代的要求，跟上世界社会学重建的步伐，结合中国的实际，在理论研究上开拓出新的学理空间。而经过我国快速转型期独特经验的熏陶，中国社会学界的主体性、自觉性和敏锐性已经大为提高，将有助于达到这一目标。

我们也真诚希望，本套文库能在实现上述目标的过程中发挥应有的促进作用。

以上权且作为本文库的序言，与大家共勉。

郑杭生

2003年8月于气和文轩



前 言

结构方程模型是近些年在社会科学研究中最受青睐的统计模型之一。它被认为是社会科学定量研究领域第三代定量模型和第四代定量模型之间的桥梁；它通过将测量模型和因果模型相结合，实现了社会科学描述性研究和解释性研究的统一；它使得社会科学实证研究的宏观分析和微观分析得以沟通，实现了研究层次的突破；它采取的是验证性分析和探索性分析相结合的策略，符合科学理论发展演进的逻辑。

从统计模型发展的历史脉络上来说，结构方程模型是因子分析和路径分析这两种古典的统计模型互相结合、浴火重生的产物，它构造出了一个与现实世界的认知形式和多元因果链具有高度同构性的统计模型。结构方程模型是一个极富生命力的统计模型，在近期的发展中，它成功地将多层次模型（Multi-level Model）和纵贯分析（Longitudinal Analysis）等新的统计模型和技术纳入到其体系之中，而在最近几年更是借助于广义线性模型（Generalized Linear Model）的一些技术，在将定类变量引入结构方程模型分析中取得了一定的进展。如果能把定类变量引入结构方程模型的问题彻底解决，这在统计学发展史上将具有革命性的意义。

结构方程模型分析同常用的统计模型有较大的不同，它在分析中所使用的数据不是原始数据，而是基于原始数据之上的协方差矩阵，它在具体的分析和实际应用中也有很多需要加以特别注意的地方。所以，本书采用数学推演和实际数据分析相结合的方式，从结构方程模型的基本模型和假设出发，逐步推演，建立起一个逻辑上完整而严密的数学结构，然后进一步拓展到社会科学研究的实际应用中。

结构方程模型在其演进过程中有着多个来源，而在近期发展中又试图与当代社会统计研究的一些新的模型和方法相结合，所以一直没有形成一个清晰的统一的数学形式，因此本书的数学推演和具体的数据分析难免有疏漏和错误之处，非常希望能得到广大读者的指正。

王卫东

2009年4月10日

目 录

第一章 绪论 / 1

- 一、现代统计学的发展趋势 / 1
- 二、结构方程模型的基本形式及原理 / 4
- 三、结构方程模型的优点 / 11
- 四、结构方程模型的历史沿革 / 15
- 五、常见的结构方程模型软件 / 16

第二章 因子分析与路径分析 / 18

- 一、因子分析 / 18
- 二、路径分析 / 33
- 三、从因子分析、路径分析到结构方程模型 / 45

第三章 结构方程模型的一个示例及相关预备知识 / 46

- 一、社会经济状态对个人心理状态的影响 / 46
- 二、协方差矩阵的生成 / 49
- 三、LISREL 的运行界面 / 51
- 四、SIMPLIS 的基本语法 / 55
- 五、模型建构示例 / 63

第四章 测量模型——验证性因子分析 / 70

- 一、验证性因子分析的一般模型和原理 / 71
- 二、验证性因子分析的模型识别 / 73
- 三、参数估计方法及相关问题 / 80
- 四、测量的效度与信度 / 85
- 五、社会网络资本的验证性因子分析 / 91

第五章 全模型——带潜变量的结构模型 / 101

- 一、潜变量结构模型的一般形式 / 102
- 二、结构方程模型的识别法则 / 106
- 三、参数估计 / 110
- 四、模型评估 / 115
- 五、模型修订 / 118
- 六、社会网络资本对个人资本的影响 / 120

第六章 高阶因子模型与多组模型 / 124

- 一、高阶因子模型 / 124
- 二、均值结构模型 / 132
- 三、多组模型 / 134

第七章 结构方程模型的一些特殊议题 / 140

- 一、观察变量的分布与样本量 / 140
- 二、缺失值问题 / 142
- 三、协方差矩阵和相关矩阵 / 144
- 四、不正定、不收敛与 Heywood 问题 / 147
- 五、定类变量的引入 / 149

结论 / 151

参考文献 / 153

后 记 / 162

一、现代统计学的发展趋势

最近十几年来，对社会现象和人类行为的定量研究越来越倾向于建立复杂的大型模型。这些定量模型不仅涉及众多的变量，而且包括复杂的关系；在结构上不仅呈现出层次性，而且能够包含历时性的内容。大型复杂定量模型的出现，必须以作为一门应用数学的统计学的发展为基础。现代统计学，自 20 世纪初经过约 100 年的发展，已经从最初的对单变量的描述统计，发展到对具有复杂层次和时空关系的众多变量进行解释和进一步的抽象与概括。总的来说，现代多变量统计都是一种基于模型的思路，从形式上而言，各种多元统计方法都是一些数学模型，这些模型对于变量的测量层次、分布和相互关系都有一些预设条件，利用这些符合条件的变量设定模型的结构，然后进一步估计模型的参数并进行统计检验，从而得出一个量化的数学模型。与这些数学模型相配套的是对模型的量化结果进行定性解释的方法，所以，从某种程度上而言，这些统计模型实际上是一些思考问题、分析问题以及解释问题的视角和

方法。

每一个学科和研究领域都有着适合其特点的一套常用的统计方法，具体到以人类行为和社会现象为研究对象的社会学、心理学、政治学 and 经济学等社会科学学科而言，常用的统计方法包括方差分析 (Analysis of Variance)、回归分析 (Regression Analysis)、因子分析 (Factor Analysis)、路径分析 (Path Analysis)、典型相关分析 (Canonical Correlation Analysis)、事件史分析 (Event History Analysis)、定类数据分析 (Categorical Data Analysis)、纵贯数据分析 (Panel Data Analysis)、广义线性模型 (Generalized Linear Model) 和结构方程模型 (Structural Equation Model) 等 (Raftery, 2001)。从科学史的角度而言，这些统计模型的历史脉络之间既呈现出趋向统一的关系，如方差分析和回归分析可以统一到一般线性模型 (General Linear Model) 的范畴中，同时也呈现出继承和发展的关系，如定类数据分析就是因为方差分析和回归分析这些一般线性模型方法族无法解决因变量为定类或定序变量问题而发展出来的。如拉卡托斯 (Lakatos) 所言，这些统计模型作为在学科史上先后出现的理论体系 (科学纲领)，新的模型不仅需要具备解决旧的模型不能解决的问题的能力，而且需要具有比旧的模型超量的信息 (Lakatos, 1978)，即新的模型要能够兼容旧的模型。比如说， t 检验就是方差分析的一个特例，而方差分析又是回归分析的一个特例。正是在这种历史主义的思想背景下，一直有研究致力于把所有的统计方法纳入到一个统一的范畴中去。就目前而言，在这方面取得了一定进展的有广义线性模型和结构方程模型这两个统计模型体系。

广义线性模型是从 20 世纪 70 年代开始发展起来的。前面提到过，方差分析和回归分析都可纳入到一般线性模型中去，而一般线性模型都是以最小二乘法 (Ordinary Least Square, OLS) 进行参数估计的，因它需要因变量满足正态分布和等方差性两个前提条件，从而限制了模型的应用范围。广义线性模型正是要把一般线性模型做进一步的推广，它不再要求因变量的正态分布和等方差性，

因变量只要属于指数分布族 (Exponential Family) 中的任一种分布都可以。除了正态分布以外, 二项分布、多项分布、泊松分布、 Γ 分布等重要分布都属于指数分布族。同一般线性模型一样, 广义线性模型的自变量在模型中也呈现为线性组合的形式。但是, 在一般线性模型中, 因变量的估计值与自变量的线性组合之间是如公式 (1.1) 所示的相等关系; 而在广义线性模型中, 因变量的估计值与自变量的线性组合之间则多了一个如公式 (1.2) 所示的连接函数 (Link Function)。即自变量的线性组合需要经过一个连接函数的转换才能得到因变量的估计值, 所以一般性线模型成为广义线性模型的一个特例 [其连接函数为 $f(x) = x$]。按照这种思路, 方差分析、回归分析、典型相关分析、事件史分析、定类数据分析、纵贯数据分析都可以被纳入广义线性模型中 (Gill, 2001; Hardin and Hilbe, 2007)。

$$E(Y) = \sum X_i \beta_i \quad (1.1)$$

$$E(Y) = g^{-1} \sum X_i \beta_i \quad (1.2)$$

但是, 广义线性模型没能把因子分析和路径分析这两种常用并且具有特色的统计方法纳入其体系中, 而另一个试图统一所有统计方法的统计模型——结构方程模型却实现了这一点。结构方程模型也是从 20 世纪 70 年代发展起来的一种统计模型, 从其方法脉络上来说, 是对因子分析和路径分析的综合。相对于其他统计方法, 因子分析和路径分析都是非常独特的统计模型: 因子分析引入了潜变量的思想, 路径分析则实现了在模型中可同时引入多个因变量。这两点都是广义线性模型的体系所不具备的。而正是这两个特点, 使得结构方程模型所建立起来的模型能更加有效地对现实进行模拟和演示。除了因子分析和路径分析以外, 结构方程模型还成功地将方差分析、回归分析、典型相关分析和纵贯数据分析统一到其体系之中。需要指出的是, 结构方程模型在定类数据分析方面的能力较弱, 对于因变量是定类变量的模型, 经典的结构方程模型就显得力不从心了, 但是其本质上还是一个线性系统。而定类数据分析则是