



格致方法·定量研究系列 吴晓刚 主编

协方差结构模型： LISREL导论

[美] J.斯科特·朗 (J.Scott Long) 著
李忠路 译

- ★ 革新研究理念
- ★ 丰富研究工具
- ★ 最权威、最前沿的定量研究方法指南

格致出版社  上海人民出版社

42

格致方法·定量研究系列 吴晓刚 主编

协方差结构模型： LISREL 导论

[美] J.斯科特·朗 (J.Scott Long) 著
李忠路 译

SAGE Publications, Inc.

格致出版社  上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

协方差结构模型: LISREL 导论 / (美)朗
(Long, S.J.)著; 李忠路译. — 上海: 格致出版社:
上海人民出版社, 2014
(格致方法·定量研究系列)
ISBN 978-7-5432-2442-1

I. ①协… II. ①朗… ②李… III. ①协方差-结构
模型 IV. ①0211.67

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 207900 号



格致方法·定量研究系列

协方差结构模型: LISREL 导论

[美]J.斯科特·朗 著
李忠路 译

出版 世纪出版股份有限公司 格致出版社
世纪出版集团 上海人民出版社
(200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co)



编辑部热线 021-63914988
市场部热线 021-63914081
www.hibooks.cn

发行 上海世纪出版股份有限公司发行中心

印刷 浙江临安曙光印务有限公司
开本 920×1168 1/32
印张 4.25
字数 81,000
版次 2014 年 11 月第 1 版
印次 2014 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5432-2442-1/C·112

定价: 20.00 元

出版说明

由香港科技大学社会科学部吴晓刚教授主编的“格致方法·定量研究系列”丛书,精选了世界著名的 SAGE 出版社定量社会科学研究丛书,翻译成中文,起初集结成八册,于 2011 年出版。这套丛书自出版以来,受到广大读者特别是年轻一代社会科学工作者的热烈欢迎。为了给广大读者提供更多的方便和选择,该丛书经过修订和校正,于 2012 年以单行本的形式再次出版发行,共 37 本。我们衷心感谢广大读者的支持和建议。

随着与 SAGE 出版社合作的进一步深化,我们又从丛书中精选了三十多个品种,译成中文,以飨读者。丛书新增品种涵盖了更多的定量研究方法。我们希望本丛书单行本的继续出版能为推动国内社会科学定量研究的教学和研究作出一点贡献。

总序

2003年,我赴港工作,在香港科技大学社会科学部教授研究生的两门核心定量方法课程。香港科技大学社会科学部自创建以来,非常重视社会科学研究方法论的训练。我开设的第一门课“社会科学里的统计学”(Statistics for Social Science)为所有研究型硕士生和博士生的必修课,而第二门课“社会科学中的定量分析”为博士生的必修课(事实上,大部分硕士生修完第一门课后都会继续选修第二门课)。我在讲授这两门课的时候,根据社会科学研究生的数理基础比较薄弱的特点,尽量避免复杂的数学公式推导,而用具体的例子,结合语言和图形,帮助学生理解统计的基本概念和模型。课程的重点放在如何应用定量分析模型研究社会实际问题上,即社会研究者主要为定量统计方法的“消费者”而非“生产者”。作为“消费者”,学完这些课程后,我们一方面能够读懂、欣赏和评价别人在同行评议的刊物上发表的定量研究的文章;另一方面,也能在自己的研究中运用这些成熟的方法论技术。

上述两门课的内容,尽管在线性回归模型的内容上有少

量重复,但各有侧重。“社会科学里的统计学”从介绍最基本的社会研究方法论和统计学原理开始,到多元线性回归模型结束,内容涵盖了描述性统计的基本方法、统计推论的原理、假设检验、列联表分析、方差和协方差分析、简单线性回归模型、多元线性回归模型,以及线性回归模型的假设和模型诊断。“社会科学中的定量分析”则介绍在经典线性回归模型的假设不成立的情况下的一些模型和方法,将重点放在因变量为定类数据的分析模型上,包括两分类的 logistic 回归模型、多分类 logistic 回归模型、定序 logistic 回归模型、条件 logistic 回归模型、多维列联表的对数线性和对数乘积模型、有关删节数据的模型、纵贯数据的分析模型,包括追踪研究和事件史的分析方法。这些模型在社会科学研究中有着更加广泛的应用。

修读过这些课程的香港科技大学的研究生,一直鼓励和支持我将两门课的讲稿结集出版,并帮助我将原来的英文课程讲稿译成了中文。但是,由于种种原因,这两本书拖了多年还没有完成。世界著名的出版社 SAGE 的“定量社会科学研究”丛书闻名遐迩,每本书都写得通俗易懂,与我的教学理念是相通的。当格致出版社向我提出从这套丛书中精选一批翻译,以飨中文读者时,我非常支持这个想法,因为这从某种程度上弥补了我的教科书未能出版的遗憾。

翻译是一件吃力不讨好的事。不但要有对中英文两种语言的精准把握能力,还要有对实质内容有较深的理解能力,而这套丛书涵盖的又恰恰是社会科学中技术性非常强的内容,只有语言能力是远远不能胜任的。在短短的一年时间里,我们组织了来自中国内地及香港、台湾地区的二十几位

研究生参与了这项工程,他们当时大部分是香港科技大学的硕士和博士研究生,受过严格的社会科学统计方法的训练,也有来自美国等地对定量研究感兴趣的博士研究生。他们是香港科技大学社会科学部博士研究生蒋勤、李骏、盛智明、叶华、张卓妮、郑冰岛,硕士研究生贺光烨、李兰、林毓玲、肖东亮、辛济云、於嘉、余珊珊,应用社会经济研究中心研究员李俊秀;香港大学教育学院博士研究生洪岩璧;北京大学社会学系博士研究生李丁、赵亮员;中国人民大学人口学系讲师巫锡炜;中国台湾“中央”研究院社会学所助理研究员林宗弘;南京师范大学心理学系副教授陈陈;美国北卡罗来纳大学教堂山分校社会学系博士候选人姜念涛;美国加州大学洛杉矶分校社会学系博士研究生宋曦;哈佛大学社会学系博士研究生郭茂灿和周韵。

参与这项工作的许多译者目前都已经毕业,大多成为中国内地以及香港、台湾等地区高校和研究机构定量社会科学方法教学和研究的骨干。不少译者反映,翻译工作本身也是他们学习相关定量方法的有效途径。鉴于此,当格致出版社和 SAGE 出版社决定在“格致方法·定量研究系列”丛书中推出另外一批新品种时,香港科技大学社会科学部的研究生仍然是主要力量。特别值得一提的是,香港科技大学应用社会经济研究中心与上海大学社会学院自 2012 年夏季开始,在上海(夏季)和广州南沙(冬季)联合举办《应用社会科学研究方法研修班》,至今已经成功举办三届。研修课程设计体现“化整为零、循序渐进、中文教学、学以致用”的方针,吸引了一大批有志于从事定量社会科学研究博士生和青年学者。他们中的不少人也参与了翻译和校对的工作。他们在

繁忙的学习和研究之余,历经近两年的时间,完成了三十多本新书的翻译任务,使得“格致方法·定量研究系列”丛书更加丰富和完善。他们是:东南大学社会学系副教授洪岩璧,香港科技大学社会科学部博士研究生贺光烨、李忠路、王佳、王彦蓉、许多多,硕士研究生范新光、缪佳、武玲蔚、臧晓露、曾东林,原硕士研究生李兰,密歇根大学社会学系博士研究生王骁,纽约大学社会学系博士研究生温芳琪,牛津大学社会学系研究生周穆之,上海大学社会学院博士研究生陈伟等。

陈伟、范新光、贺光烨、洪岩璧、李忠路、缪佳、王佳、武玲蔚、许多多、曾东林、周穆之,以及香港科技大学社会科学部硕士研究生陈佳莹,上海大学社会学院硕士研究生梁海祥还协助主编做了大量的审校工作。格致出版社编辑高璇不遗余力地推动本丛书的继续出版,并且在这个过程中表现出极大的耐心和高度的专业精神。对他们付出的劳动,我在此致以诚挚的谢意。当然,每本书因本身内容和译者的行文风格有所差异,校对未免挂一漏万,术语的标准译法方面还有很大的改进空间。我们欢迎广大读者提出建设性的批评和建议,以便再版时修订。

我们希望本丛书的持续出版,能为进一步提升国内社会科学定量教学和研究水平作出一点贡献。

吴晓刚

于香港九龙清水湾

标注说明

黑体字母用来表示矩阵和向量,例如 **B** 表明 **B** 是一个矩阵。矩阵和向量的维度用($r \times c$)来表示, r 代表行的数量, c 代表列的数量。用带有下标的小写字母来表示矩阵的元素,例如 **B** 矩阵中的第(ij)个元素为 b_{ij} , **x** 向量的第 i 个元素为 x_i 。“'”表示转置矩阵,例如 **B'** 是 **B** 的转置矩阵。带有上角标“ -1 ”的矩阵用来表示逆矩阵,如 **B**⁻¹ 为 **B** 的逆矩阵。“COV”表示协方差,如果括号里面为两个变量,则 $\text{COV}(x_i, x_j)$ 表示两个变量之间的协方差,如果括号里是向量集合,比如($n \times 1$)维的 **x** 集合,那么 $\text{COV}(\mathbf{x})$ 就是($n \times n$)维的协方差矩阵,其中第(ij)个元素($i \neq j$)表示 x_i 和 x_j 之间的协方差,第(ii)个元素表示 x_i 的方差。同样,“COR”表示相关, $\text{COR}(x_i, x_j)$ 表示两个变量 x_i 和 x_j 之间的相关; $\text{COR}(\mathbf{x})$ 则为($n \times n$)维的相关矩阵,其中第(ij)个元素($i \neq j$)表示 x_i 和 x_j 之间的相关,第(ii)个元素为 1。“**E**”表示数学期望,如果 x_i 是随机变量,则 $\mathbf{E}(x_i)$ 为变量 x_i 的期望值;如果 **x** 是个向量集,则 $\mathbf{E}(\mathbf{x})$ 表示随机变量 x_i 的期望值中的第 i 个元素。

本书中的图标、方程、例子、表格等都按照章节的顺序来

命名,如表 2.3 表示第 2 章中的第三张表;例 3.2 表示第 3 章中的第二个例子。需要注意的是,本书的例子可能是逐步延伸和发展的,如果在第 3 章中看到有多处例 3.2,读者应该注意,它们指的是同一个例子。

序

《协方差结构模型：LISREL 导论》直接建立在作者《验证性因子分析》(*Confirmatory Factor Analysis*)的基础上。建议不熟悉验证性因子分析模型的读者先行阅读《验证性因子分析》。掌握验证性因子分析模型和矩阵的相关知识有助于理解协方差结构模型。

在导论中，作者简单地介绍了测量模型、结构方程模型及整合了两者的协方差结构模型。在第 2 章中，作者在验证性因子模型的基础上讨论了测量模型。对于那些已经掌握了《验证性因子分析》的读者而言，本章的内容相当明了，应该不会遇到什么困难，只需稍加留意方程和参数的标注即可。

第 3 章介绍了结构方程模型。阅读本章时，读者需要掌握一些计量经济学中关于结构方程模型的知识。为了教学的方便，本章在介绍结构方程模型时，假定所有的变量都不含测量误差。作者会在其后的章节里放松这一假定，并将测量模型和结构方程模型结合起来。作者之所以分别介绍两种传统的定量研究方法（即心理学中的测量模型和计量经济

学中的结构方程模型),是因为多数读者或许熟悉其中的一种方法,少数读者或许对这两种方法都比较熟悉。

从某种程度上来说,本书的第3章与作者的《验证性因子分析》是相互对应的。本章中,作者讨论了各种类型的结构方程模型、每种模型的识别和估计方法,以及关于模型拟合度的评价等。

第4章介绍了协方差结构方程模型。对于那些已经熟悉《验证性因子分析》和本书第3章的读者来说,本章仅仅是一篇综述。相对于验证性因子分析模型,协方差结构分析考虑到了潜变量之间的结构关系;而相对于结构方程模型,协方差结构分析意识到了社会科学中的大部分概念是无法被直接观测到的,因而整合了测量模型。虽然整合了两者的协方差结构分析增加了模型识别和估计的复杂性,但这更符合实际情况。本书还有助于拓宽读者的视野,并向读者介绍了心理学和计量经济学相互结合的丰硕成果。

约翰·L.沙利文

前 言

本书所介绍的统计模型可以被称做协方差结构模型、协方差结构分析、线性结构模型、矩阵结构模型、线性结构中的潜变量方程组,或常见的 LISREL 模型。本书采用协方差结构模型这一更为广泛的概念。协方差结构模型的估计需要复杂的统计软件,由约瑞斯科(Jöreskog)和索尔波姆(Sörbom)所发展的 LISREL 是目前应用最为广泛的协方差结构分析软件。LISREL 的重要性不仅体现在其软件功能上,而且这一词语已经成为代表数据分析的一种模型和方法。本书的副标题“LISREL 导论”也体现了其重要性。需要注意的是,本书并非关于如何使用 LISREL 软件的入门读物。

许多读者可能不熟悉复杂的协方差结构模型,但是他们或许已经掌握了这个模型的部分知识。因为协方差结构分析是由众所周知且极为重要的两种统计技术组成的。第一部分是心理学家经常使用的验证性因子分析;第二部分则是计量经济中的结构方程模型。读者如果至少熟悉其中的一种方法,就会比较容易理解本书的内容。

作者假定读者已经熟悉了《验证性因子分析》中所介绍

的验证性因子分析模型及数学工具。对结构方程模型感兴趣的读者也许会发现,本书的讨论对于参数等同限定及误差相关的估计会很有帮助。

全面理解协方差结构模型需要将其运用到实际的数据分析中,因此,我们鼓励读者运用本书附录中的数据去练习和再现书中的例子。如果能得到相似的结果,就表明读者已经很好地理解了本书的内容。一般的统计软件(如 SPSS、SAS、BMDP)通常没有关于协方差结构模型的估计程序,本书结尾会简单介绍一些可以应用于协方差结构分析的统计软件。

许多人对本书的出版给予了慷慨的建议和评价。我想在此表达对他们的感谢。他们是保罗·艾利森(Paul Allison)、格雷格·邓肯(Greg Duncan)、卡伦·普格利西(Karen Pugliesi)、杰伊·斯图尔特(Jay Stewart)、布莱尔·惠顿(Blair Wheaton)、罗纳德·舍恩伯格(Ronald Schoenberg),及两位匿名评阅人。卡罗尔·赫克曼(Carol Heckman)通读了本书和《验证性因子分析》的草稿,她的评阅极大地提高了本书的精确性和清晰性。当然,本书中的错误与上面提到的诸位无关。

Covariance Structure Models: An Introduction to LISREL

English language edition published by SAGE Publications Inc., A SAGE Publications Company of Thousand Oaks, London, New Delhi, Singapore and Washington D.C., © 1983 by SAGE Publications, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

This simplified Chinese edition for the People's Republic of China is published by arrangement with SAGE Publications, Inc. © SAGE Publications, Inc. & TRUTH & WISDOM PRESS 2014.

本书版权归 SAGE Publications 所有。由 SAGE Publications 授权翻译出版。
上海市版权局著作权合同登记号:图字 09-2013-596

目 录

标注说明	1
序	1
前言	1
第 1 章 导论	1
第 2 章 测量模型	9
第 1 节 测量模型的设定	11
第 2 节 两个因子模型之间的关系	14
第 3 节 协方差结构	16
第 4 节 小结	18
第 3 章 结构方程模型	19
第 1 节 数学模型	21
第 2 节 协方差结构	29
第 3 节 结构方程模型的类型	31
第 4 节 模型的识别	33

第 5 节	模型的估计	41
第 6 节	实践中的考虑	46
第 7 节	评估模型拟合度	48
第 8 节	结构系数的解释	52
第 9 节	小结	59
第 4 章	协方差结构模型	61
第 1 节	数学模型	63
第 2 节	协方差结构	66
第 3 节	协方差结构模型的特例	68
第 4 节	实例	70
第 5 节	模型的识别	76
第 6 节	模型的估计	84
第 7 节	模型拟合度	86
第 8 节	小结	97
第 5 章	结论	99
附录		105
注释		108
参考文献		109
译名对照表		113