

研究&方法

結構方程式模型分析

Structural Equation Modeling 余桂霖 著

本書適用於碩士班與博士班研究生，在社會及行為科學領域，使用結構方程式模型分析技術或方法，撰寫量化論文者。並適用於對矩陣代數共變數結構模型的演算，以及對演算軟體操作有興趣的讀者，為他們提供基礎的數學知識。



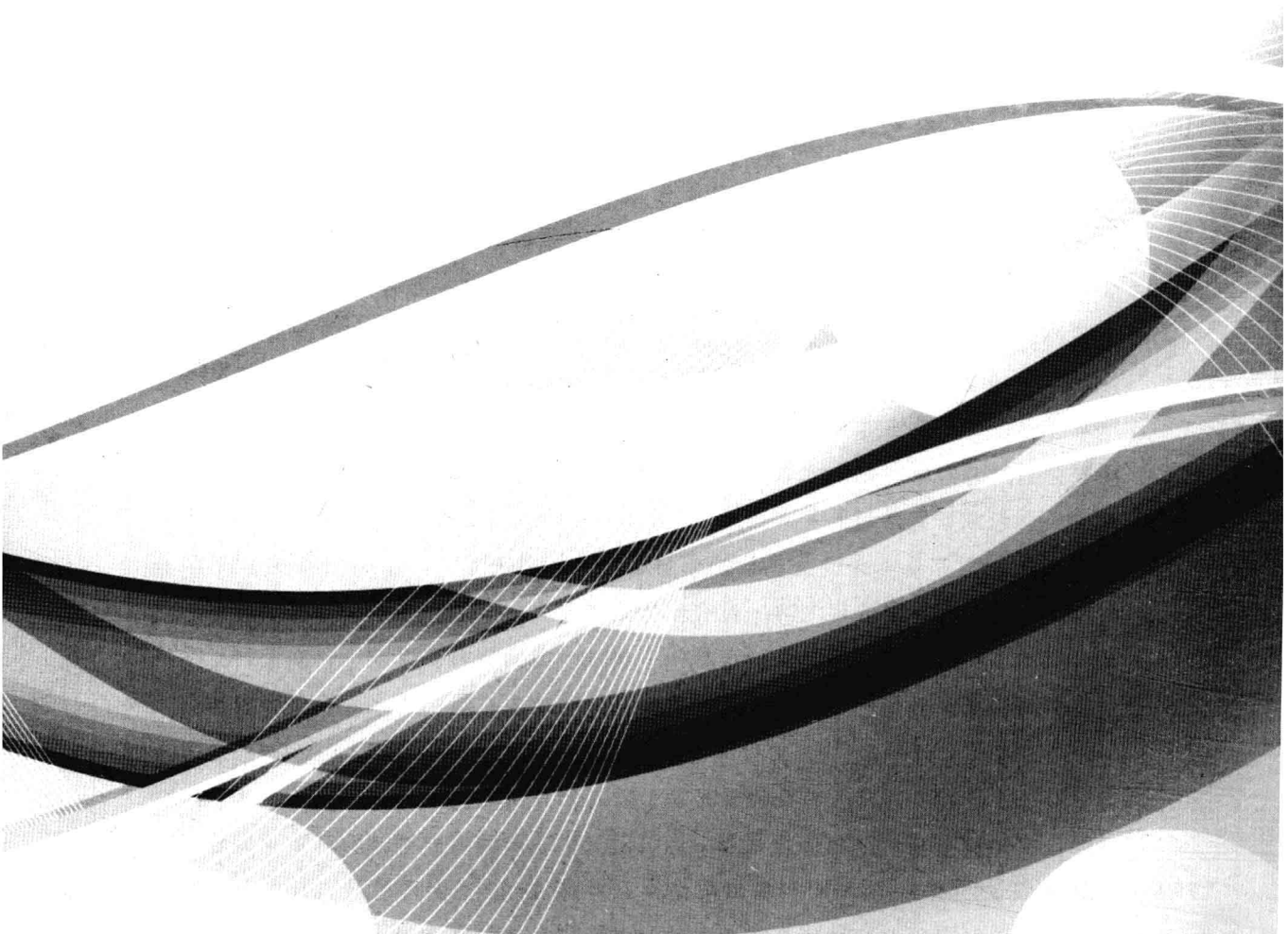
隨書附贈資料檔光碟

研究&方法

結構方程式模型分析

Structural Equation Modeling

余桂霖 著



五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

結構方程式模型分析／余桂霖著．——初版．

——臺北市：五南，2011.2

面：公分

ISBN 978-957-11-6009-1 (平裝)

1. 社會科學 2. 統計方法 3. 電腦程式

501.28

99009762



1H67

結構方程式模型分析

作 者—余桂霖 (53.9)

發 行 人—楊榮川

總 編 輯—龐君豪

主 編—張毓芬

責任編輯—侯家嵐

文字編輯—林秋芬

封面設計—盧盈良

出 版 者—五南圖書出版股份有限公司

地 址：106 台北市大安區和平東路二段 339 號 4 樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室／台中市中區中山路 6 號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室／高雄市新興區中山一路 290 號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期：2011 年 2 月初版一刷

定 價：新臺幣 1000 元

序言

結構方程式模型 (Structural Equation Models, SEM) 方法學的發展，是由於過去多年以來許多專家學者致力於統計學方法的研究與發展，不斷地研究、探索、驗證、改進、突破、累積，並融合其他多變項統計學的技術，逐漸加以延伸、推廣，改良而來，因而很難確定是由某一位專家或學者所單獨研發或創造出來的。但是，就這個研究領域的主要貢獻者而言，當今學術界的專家學者仍然公推瑞典的兩位學者 K. G. Jöreskog 與 D. Sörbom。然而就事實而言，首先設計用來分析共變數結構模型 (covariance structure model) 的程式，則是由 K. G. Jöreskog 與 M. van Thillo 於 1972 年，在美國教育測驗服務處 (Educational Testing Services, ETS) 作進修研究時共同研發出來的，取名為 LISREL。第一版的 LISREL 程式，由於其功能有限，無法發揮與擴大。直到 K. G. Jöreskog 回至瑞典與 D. Sörbom 合作繼續研發，在第八版 (Jöreskog & Sörbom, 1993a) 中，將其程式融入視窗介面與繪圖功能，及增加類似於英文文法格式撰寫的 SIMPLIS 語法程式的功能，令使用者有了簡易與親切性的感受，LISREL 程式的功能從此深受歡迎。

有了以上的認知之後，對社會科學的研究者或讀者而言，要使自己的專家領域的研究邁向科學化的研究途徑中，若有興趣於與有意使用結構方程式模型作為自己研究論文的方法時，究竟應該如何著手？依個人多年以來從事政治哲學與政治學方法論教學經驗，以及個人在政治哲學研究論文發表二十多篇，方法論有「多元迴歸和它相關的單變項與多變項技術分析」與「因素分析：從探索性到驗證性因素分析」兩本著作完成後，致力「結構方程式模型分析」的研究，提出個人研究的心得為本書的撰寫內容，能夠拋磚引玉提供社會科學的研究者或讀者一些指引。

本書是依據建構結構方程式的五個步驟去進行分析，都需要透過 LISREL 的方程式，電腦與軟體程式的執行才能夠達成。在本書的編輯中考量到研究者的數學背景，將從最簡易的 LISREL 軟體程式的應用與操作開始，LISREL 的符號與數學的呈現方式，徑路圖的製作與分析，然後再循序漸進到所提出的五個步驟來進行，但是其中每一步驟的進行過程是理論、假設、模型、資料、界定、估計、檢定、辨識、評估、修正、適配，與檢驗等，與 LISREL 軟體程式操作交織進行

的過程，這樣的進行過程是非常複雜的。其中處處是知識與經驗的驗證與累積。最後再進行矩陣代數共變數結構模型的演算與其演算軟體的操作。只要讀者按本書的內容與附錄的案例語法指令進行研習，或參考以各案例檔案語法指令為範例使用 SPSS，MATLAB，與 LISREL 軟體程式去處理與執行分析，所製作檔案光碟提供讀者研習。

本書是適用提供於研究所碩士班與博士班研究生在社會及行為科學領域的教學，撰寫量化論文使用結構方程式模型分析技術或方法的參考，並適用於對矩陣代數共變數結構模型的演算與其演算軟體的操作有興趣的讀者，提供其基礎數學的認知。由於著作者個人所學有限，拙作歷經多年的琢磨與教學的驗證，著作雖歷經不斷的修正，其中仍然會有謬誤與疏漏之處，祈求各方先進，學者，與專家不吝指正。

余桂霖 謹誌於 國防大學
北投復興崗

Contents

序 言.....	iii
----------	-----

Chapter 01

結構方程式模型的基本認知

1

1.1 結構方程式模型的概述	3
一、LISREL 模型.....	4
二、建構一個徑路分析圖.....	5
三、共變數的結構	6
四、估計.....	7
五、範例 (1-2) 一個結構方程式模型的估計：以人為的假定資料 來進行推導 $\hat{\Sigma}$ 與 S 估計	7
六、模型適配度的操作策略	32
七、模型的同等性限制與卡方 (χ^2) 檢定.....	33
八、結構方程式模型的摘述	38
1.2 結構方程式模型的類型	39
一、徑路分析的模型.....	39
二、驗證性因素分析模型.....	42
三、結構迴歸的模型.....	49
四、結構方程式的模型	52
五、潛在改變的模型	55
1.3 LISREL 的符號與數學呈現的方式.....	61

二、從一個徑路分析圖到 LISREL 的符號	67
1.4 徑路分析：計算結構係數的方法	73
1.5 結語	75

Chapter 02

模型參數的界定、估計與辨識

77

2.1 界定模型參數的規則	78
一、規則 1，所有自變項的變異數是模型的參數	78
二、規則 2，在所有自變項之間的共變數是模型的參數	79
三、規則 3，所有連結潛在變項與其測量指標的因素負荷量是模型的參數	79
四、規則 4，所有觀察的或潛在變項的迴歸係數是模型的參數	79
五、規則 5，依變項之間的變異數與共變數，及依變項與自變項之間的共變數絕不是模型的參數	80
六、規則 6，在一個模型中被包含的每一個潛在變項，其潛在量尺的計量需要被設定	80
七、自由的、固定的，與受限制的參數	82
2.2 參數的估計	83
一、變異數與共變數呈現的四法則	84
二、模型的意涵與複製的共變數矩陣	85
三、一個已提出的模型如何才是好的？	89
四、參數估計的方法	90
五、模型參數的遞迴式或反覆式估計	93
2.3 參數與模型的辨識	94
一、擁有一個未辨識的參數意指甚麼？	94

Contents

二、模型辨識的必要條件.....	95
三、如何依經驗的研究去處理未辨識的參數.....	98
2.4 結語.....	99

Chapter 03

模型的檢定與適配度的評估

101

3.1 實際的考量與模型的評估.....	102
3.2 結構方程模型.....	104
LISREL 與 SIMPLIS 的語法.....	105
3.3 SPSS 結果輸出報表資料與整體適配度指標的解釋.....	108
一、卡方值 (χ^2) 的檢定.....	108
二、非趨中性參數 (NCP).....	112
三、均方根的近似誤 (RMSEA).....	112
四、適配度指標 (GFI) 與調整的適配度指標 (AGFI).....	114
五、均方根的殘差 (RMR) 與標準化均方根的殘差 (SRMR).....	115
六、R 平方值 (R^2).....	116
3.4 比較適配度指標.....	116
一、Tucker-Lewis 指標 (TLI) 或非正規化適配指標 (NNFI).....	117
二、正規化適配指標 (NFI)、增值適配指標 (IFI)、比較適配指標 (CFI)，與相對的非趨中性指標 (RNI).....	118
3.5 簡效適配指標.....	121
一、正規化卡方值 (NC).....	121
二、簡效正規化適配指標 (PNFI) 與簡效的適配指標 (PGFI).....	122
三、Akaike 訊息效標 (AIC) 與穩定的 Akaike 訊息效標 (CAIC).....	123
四、決定性樣本數指標 (CN).....	124

3.6	結語.....	124
-----	---------	-----

**Chapter
04**

認知 LISREL 與 SIMPLIS 程式指令 127

4.1	電腦程式的學習與認知	128
4.2	SEM 軟體輸入檔案的結構.....	128
4.3	LISREL 程式指令.....	130
	一、語法範例.....	130
	二、資料界定指令	131
	三、模型界定指令	135
	四、結果輸出設定	138
4.4	SIMPLIS 程式指令	139
	一、語法範例.....	141
	二、SIMPLIS 語法的基本內容	141
4.5	結語.....	149

**Chapter
05**

建構結構方程式模型的方法 151

5.1	結構方程式模型是甚麼？	152
	一、調適多元 (多重) 相互關聯依存 (相依) 的關係.....	153
	二、我們不可直接地測量 (量數) 合併的 (併入的) 各變項	154
	三、界定測量誤差	155
5.2	SEM 模型分析的一個簡單範例.....	156

Contents

一、研究的問題.....	156
二、提出徑路分析圖以提供結構方程式模型的建立.....	157
三、徑路分析的應用.....	158
5.3 在結構方程式模型建構中理論的角色.....	160
5.4 發展一種模型的策略.....	161
一、驗證模型的策略.....	162
二、競爭模型的策略.....	162
三、模型發展的策略.....	163
5.5 結構方程模型建構的步驟.....	164
一、步驟 1：發展一個有理論基礎的模型.....	164
二、步驟 2：建構一個因果關係的徑路分析圖.....	166
三、步驟 3：把徑路分析圖轉換成一個結構方程式的組合與界定測量的模型.....	169
四、步驟 4：選擇輸入矩陣的類型與估計已提出的模型.....	174
五、步驟 5：評估結構模型的辨識.....	178
六、步驟 6：適配度效標的評估.....	182
七、步驟 7：解釋與修正模型.....	188
5.6 結語.....	190
一、七個步驟過程的一個概述.....	190
二、結構方程模型的兩個說明.....	190

Chapter 06

一個驗證性因素分析

191

6.1 資料推導的探索性因素分析.....	192
一、SPSS 的 Syntax 語法指令與相關資料.....	193

6.2	發展一個有理論基礎的模型	200
6.3	建構因果關係的一個徑路分析圖	201
6.4	把徑路分析圖轉換成一系列的結構方程式與界定測量模型	201
6.5	資料的輸入、矩陣類型的選擇與估計模型的提出	203
	一、原始資料的輸入，與求得原始模型參數估計值和徑路圖的 方法.....	203
	二、相關係數或共變數矩陣的輸入方式.....	210
	三、評估結構模型的辨識.....	214
6.6	評估適配度的效標	214
	一、假設.....	214
	二、拂意的估計值	215
	三、評估結構模型的辨識.....	217
	四、修正程式語法	218
	五、模型的再界定	221
6.7	解釋與修飾模型	230
	一、解釋.....	234
	二、模型再界定	235
	三、摘述.....	235
6.8	模型修飾的具體程序與結果	235
	一、修正模型的語法與修正模型參數的估計	237
	二、修正模型修飾後的結果	239
6.9	結語.....	244

7.1	資料推導的探索性因素分析	248
	一、問卷調查與相關矩陣	248
	二、探索性因素分析語法指令的界定	250
	三、探索性因素分析由 SPSS 所輸出結果報表資料	251
7.2	建構一個有理論基礎的模型與因果關係的一個徑路分析圖	256
	一、探索性因素分析	256
	二、建構因果關係的一個徑路分析圖	256
	三、把徑路分析圖轉換成一系列的結構方程式與界定測量模型 ...	259
7.3	選擇輸入矩陣類型與估計被提出的模型	261
	一、資料的輸入	261
	二、矩陣資料的輸入與模型的估計	261
7.4	結果檢查分析與評估適配度的效標	263
	一、參數界定與參數估計結果	264
	二、模型適配度指標分析	268
	三、殘差分析	270
7.5	模型的修正	276
7.6	驗證性因素分析修正的參考指標	280
	一、因素負荷量	281
	二、潛在因素之間的相關	282
	三、測量殘差變異數	283
	四、依據修正資料建構修正的語法指令	283
7.7	問卷的修正與驗證性因素分析	300
	一、LISREL 與 SIMPLIS 的語法指令	301

	二、問卷修正後模型的參數估計	303
7.8	問卷修正模型的恆等性檢定	316
	一、加入 EQ LX(2,1)LX(3,1)LX(4,1) 同等限制	317
	二、加入 EQ LXLX(6,2)LX(7,2) LX(8,2) 同等性	322
	三、同等性限制模型的比較	326
7.9	結語	327

**Chapter
08**

驗證性因素分析與測量的恆等性

329

8.1	因素分析	330
8.2	驗證因素分析	332
	一、探索性與驗證性因素分析的比較	332
	二、共同因素之間的結構關係	335
8.3	驗證性因素模型的界定	336
	一、一個更正式的界定	339
	二、共變數結構	344
8.4	驗證性因素模型的辨識	345
	一、估計與辨識	345
	二、辨識	346
	三、一個因素的模型	353
	四、構念相關的因素模型	357
8.5	驗證性因素模型的估計	360
	一、參數估計的方法	360
	二、模型參數的遞迴式或反覆式估計	363
8.6	參數估計的實際考量與執行	364

Contents

一、共變數矩陣資料提出	366
二、因素分析的語法 (本語法儲存在本書 CH8-1 的 SPSS Syntax 檔案中)	366
三、結果的解釋	367
8.7 建構一個有理論基礎的模型與因果關係的一個徑路分析圖	375
一、探索性因素分析	376
二、建構因果關係的一個徑路分析圖	376
三、把徑路分析圖轉換成一系列的結構方程式與界定測量模型 ...	378
8.8 選擇輸入矩陣類型與估計被提出的模型	379
一、資料的輸入	379
二、矩陣資料的輸入與模型的估計	380
8.9 結果檢查分析與評估適配度的效標	382
一、參數界定與參數估計結果	383
二、模型適配度指標分析	387
三、殘差分析	389
8.10 考驗檢定模型的限制：真正分數測量的恆等性	392
一、加入 EQ LX(1,1)LX(2,1)LX(3,1) 同等限制	393
二、加入 EQ LX(4,2)LX(5,2)LX(6,2) 同等限制	397
三、加入 EQ LX(7,3)LX(8,3) 同等限制	401
8.11 結語	405

Chapter 09

徑路分析

409

9.1 甚麼是徑路分析？	410
9.2 徑路分析模型的範例	411

9.3	LISREL 的指令檔案	414
	一、LISREL 語法 (本語法指令儲存在本書的 CH9-1 的檔案中)	414
	二、SIMPLIS 語法 (本語法指令儲存在本書的 CH9-1b 的檔案 中)	415
	三、原始徑路分析模型圖	416
9.4	徑路分析模型的結果	416
9.5	檢驗在 SEM 中模型的種種限制	422
	一、適配巢套模型的問題	422
	二、檢定在徑路分析範例中限制的假設	423
9.6	模型的修正	428
	一、LISREL 語法 (本語法指令儲存在本書的 CH9-3 的檔案中)	429
	二、SIMPLIS 語法 (本語法指令儲存在本書的 CH9-3b 的檔案中)	430
	三、等同限制的模型參數估計圖	431
9.7	結語	441

Chapter 10

結構迴歸模型

443

10.1	結構迴歸模型是甚麼？	444
10.2	資料推導的探索性因素分析	445
	一、共變數矩陣資料提出	445
	二、因素分析的語法	446
	三、結果的解釋	447
10.3	發展一個有理論基礎的結構迴歸模型	451
10.4	建構因果關係的一個徑路分析圖	452
10.5	選擇輸入矩陣類型與估計被提出的模型	454

Contents

一、資料的輸入	454
二、LISREL 的程式語法 (本語法指令儲存在本書的 CH10-1 檔案)	454
三、SIMPLIS 語法 (本語法指令儲存在本書的 CH10-1b 檔案)	455
四、模型估計參數與徑路圖	457
五、結構迴歸模型參數估計 T-value 值的顯示圖	458
10.6 結果檢查分析與評估適配度的效標	458
一、參數界定與參數估計結果	459
二、模型適配度指標分析	463
三、殘差分析	465
四、模型的修正	472
五、假設修正模型的新語法	473
六、模型修正後的結果	476
10.7 重複量數研究中因素交叉時間的恆定性	486
一、LISREL 恆等性的語法	487
二、SIMPLIS 語法指令	488
三、LISREL 恆等性的參數估計圖	489
四、恆等性限制後的結果	489
10.8 結語	515

Chapter 11

估計一個具有結構方程模型的徑路 分析模型

519

11.1 發展一個有理論基礎的模型	520
11.2 建構因果關係的一個徑路分析圖	521

11.3	把徑路分析圖轉換成結構方程式與界定測量模型	522
	一、界定結構方程式	522
	二、界定測量模型	523
	三、構念與測量指標之間的相關	523
11.4	選擇輸入矩陣類型與估計模型	524
	一、輸入資料	524
	二、矩陣資料的輸入與模型的估計	525
11.5	檢查分析與評估適配度的效標	528
	一、參數界定與參數估計結果	528
	二、模型適配度指標分析	536
	三、殘差分析	538
	四、模型的修正	545
	五、綜合性的檢視與思考	550
11.7	競爭的模型	562
	一、競爭模型 1 (COMPMOD1)	563
	二、競爭模型 2 (COMPMOD2)	566
11.8	結語：解釋與修正模型	571
	一、解釋	571
	二、重溫結構方程模型的過程	574

Chapter
12

**理論建構與理論檢定的連結：
潛在變項多元測量指標的模型**

575

12.1	前言	576
12.2	評論	578