

The Statistical Methodology for Social Science : Structural Equation Modeling

社會科學

修訂版

統計方法學

結構方程模式



黃芳銘 著

整合「因素分析」與「迴歸分析」兩大當代統計技術的SEM，
是目前社會科學量化研究最重要的新興統計方法學。

在國外，SEM已發展相當成熟；在台灣資料分析界，則有成為顯學的趨勢。

社會科學統計方法學

結構方程模式

黃 芳 銘 著

國立嘉義大學教育系助理教授
美國猶他大學社會學博士

五南圖書出版公司 印行



五南

凝煉知識・品味閱讀

國家圖書館出版品預行編目資料

社會科學統計方法學：結構方程模式／黃芳銘著.

-- 初版. -- 臺北市：五南, 2004 [民93]

面：公分

參考書目：面

含索引

ISBN 957-11-3701-4(平裝)

1. 社會科學 - 統計方法

501.28

93014167

1H29

社會科學統計方法學——結構方程模式

ISBN 957-11-3701-4

作者 黃芳銘 (318.2)

發行人 楊榮川

總編輯 王秀珍

主編 張毓芬

出版者 五南圖書出版股份有限公司

地址 台北市大安區(106)和平東路二段339號4樓

電話：(02)2705-5066 傳真：(02)2706-6100

台中駐區辦公室 台中市中國區中山路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

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

法律顧問 財團法人資訊工業策進會科技法律中心

出版日期 2004年9月初版一刷

2006年3月初版二刷

定價 新臺幣 600 元

※版權所有・欲利用本書全部或部分內容，必須徵求本公司同意※

自序

結構方程模式是當代社會科學研究量化典範中最重要的新興統計方法學。它整合了因素分析與迴歸分析這兩大當代的統計技術，也影響到研究設計的原理與測量方法的運用，更是社會及行為科學理論驗證的一項利器。在國外，結構方程模式已經是一個發展相當成熟的學門；在台灣，則有成為資料分析界一個顯學的趨勢。

由於結構方程模式是一個相當複雜的統計方法學，要能夠好好地將其應用於實質的研究上，對它所涉及的哲學意涵、理論基礎、方法技術、觀點議題，以及批判等皆有必要做全面性及深入的探討。唯在有限的精力與時間之下，本書前七章僅僅針對結構方程模式方法學的核心概念所涉及理論範疇、方法技術、相關議題，以及批判等進行基礎性的探究；第八章到第十一章企圖將結構方程模式的方法學應用於研究者所蒐集的資料，建立量化研究的可行性程序；第十二章，探討台灣教育研究，在應用結構方程模式時，整體評鑑指標使用的趨勢以及對此類應用的評析；最後一章，詳細的介紹如何撰寫 SIMPLIS 程式，讓讀者更容易地學到操作的程序。

本書的完成要感激一些背後默默付出與支持鼓勵的人，是他們讓我在學術的孤寂道路上依然能夠往前走。最應當感謝的是我的家人，內人惠玲辛勤持家，關照于庭與繪裏，著實令人感動。嘉義大學教育學院蔡榮貴院長、教育系周立勳主任，以及教育學院同仁們的切磋鼓舞，令我在此一領域著實增進不少。還有輔仁大學的邱皓政老師、中正大學的陳玉樹老師，東吳大學的溫福星老師，以及大仁技術學院的張家銘老師等皆給我許多啟發，特別是邱皓政老師，加深了個人對結構方程模式在心理計量方面應用的瞭解。其次，感

謝五南圖書出版公司楊榮川先生以及副總編輯張毓芬女士的厚愛，慨允出版本書。

本書是筆者企圖針對社會科學統計方法學的一個探索，另外建立資料應用的一些實例，使一般對結構方程模式興趣的研究人員，能有依循的案例。但是個人知識能力依然有限，必有不少偏失繆誤之處，在此願就教於學者先進與各方高明，若蒙不吝指正，筆者必虛心學習，並於日後補正之。

最後，我以 Feynman (1988, p. 241) 的著作《你管別人怎麼想》中的一段話來為此序作為結尾，也作為個人終生追求科學知識與真理的一段警言：

科學知識是可以讓人為善也為惡的一種權力——然而它並沒有附帶該如何使用這種權力的說明。即使這種權力會因一個人的作為而遭受否定，它依然具有相當顯著的價值...佛教有一個格言如此說：每一個人都有一把通往天堂之門的鑰匙，這把鑰匙也可以開啓地獄之門。

黃 芳 銘 謹識
國立嘉義大學教育系
2004 年 8 月

在知識的殿堂裡，學術的傳播不分國界，
每個靈感、每道聲音、每個思想、每個研究，
在「五南」都會妥善的被尊重、被珍視
進而
激盪出更多的火花，
交融出更多的經典！



五南文化廣場

橫跨各種領域的專業性、學術性書籍，在這裡必能滿足您的絕佳選擇！

台中總店

台中市中山路6號【台中火車站對面】
電話：(04)2226-0330 傳真：(04)2225-8234

海洋書坊

基隆市北寧路二號【國立海洋大學內】
電話：(02)2463-6590 傳真：(02)2463-6591

台北師大店

臺北市師大路129號B1
電話：(02)2368-4985 傳真：(02)2368-4973

逢甲店

台中市河南路二段240號【近逢甲大學東側門】
電話：(04)2705-5800 傳真：(04)2705-5801

嶺東書坊

台中市嶺東路1號【嶺東學院內】
電話：(04)2385-3672 傳真：(04)2385-3719

高雄店

高雄市中山一路290號【近高雄火車站】
電話：(07)235-1960 傳真：(07)235-1963

屏東店

屏東市民族路104號2樓【近火車站】
電話：(08)732-4020 傳真：(08)732-7357

* 凡出示教師識別卡，皆可享9折優惠。(特價品除外)

* 本文化廣場將在台北、基隆、桃園、中壢、新竹、
彰化、嘉義、台南、屏東、花蓮等大都市，陸續佈
點開店，為知識份子，盡一份心力。



五南文化事業機構
WU-NAN CULTURE ENTERPRISE

台北市106 和平東路二段339號4樓 TEL: (02)2705-5066 FAX: (02)2706-6100
網址: <http://www.wunan.com.tw> E-mail: wunan@wunan.com.tw

目 錄

自序

目錄

第一章 結構方程模式的概說 1

第一節 結構方程模式的發展 3

第二節 結構方程模式的意義 7

第三節 結構方程模式的特性與功用程序 8

第四節 結構方程模式分析的程序 12

第五節 結論 15

第二章 模式界定 17

第一節 前言 19

第二節 模式界定的要素、原則與策略 20

第三節 模式界定的議題 29

第四節 結論 46

第三章 模式識別 51

第一節 前言 53

第二節 模式識別的條件 56

第三節 模式識別的經驗法則 65

第四節 結論 68

第四章 模式估計 71

第一節 前言 73

第二節 估計方法 74

第三節 影響估計方法的問題 87

第四節 結論 93

附錄 4-1 三種不同適配領域 95

第五章 模式適配 99

第一節 前言 101

第二節 整體適配評鑑的理論 102

第三節 整體適配指標之定義及其優缺點 109

第四節 內在結構適配指標的使用 122

第五節 模式統計考驗力的議題 125

第六節 結論 133

附錄 5-1 近似誤 136

第六章 模式修正 139

第一節 前言 141

第二節 模式修正的取向與問題 141

第三節 模式修正的檢定方法 144

第四節 模式修正的統計考驗力 152

第五節 結論 153

第七章 模式解釋 155

第一節 前言 157

第二節 解釋的面向 158

第三節 結構係數呈現的形式 160

第四節 效果的形式與矩陣公式 165

第五節 結論 174

第八章 驗證式因素分析之應用

--國小學生環境行為量表之建構 177

第一節 前言 179

第二節 研究脈絡 181

第三節 研究方法 195

第四節 結果與討論 214

第五節 結論 221

附錄 8-1 組合變項之題目 225

附錄 8-2 環境行為量表 LISREL 程式與輸出 227

第九章 廣義結構方程模式之應用

--國中生家庭階級影響偏差行為模式之研究 235

第一節 前言 237

第二節 研究脈絡 238

第三節 研究方法 247

第四節 模式之評鑑 257

第五節 結論與限制 278

附錄 9-1 蔡淑鈴與瞿海源之職業聲望表 281

附錄 9-2 偏差行為量表 282

附錄 9-3 家庭階級影響偏差行為 LISREL 程式與輸出 284

第十章 複核效化之應用

--國中生生活痛苦指數之建立 287

第一節 前言 289

第二節 研究脈絡 290

第三節 研究方法 305

第四節 結果與討論 313

第五節 結論 325

附錄 10-1 複核效化 LISREL 程式與輸出 327

第十一章 測量恆等性的理論與應用

--國小學童環境行為性別差異之研究 337

第一節 前言 339

第二節 研究脈絡 340

第三節 研究方法 350

第四節 結果與討論 354

第五節 結論 363

附錄 11-1 測量恆等性 LISREL 程式與輸出 364

第十二章 整體適配指標在台灣教育研究應用之評析 --1991 到 2002 年期刊論文之回顧 375

- 第一節 前言 377
- 第二節 研究方法 378
- 第三節 結果與討論 379
- 第四節 結論 391

第十三章 LISREL 程式撰寫 395

- 第一節 資料準備 397
- 第二節 LISREL 介面之簡介 399
- 第三節 SIMPLIS 語句撰寫程式 406

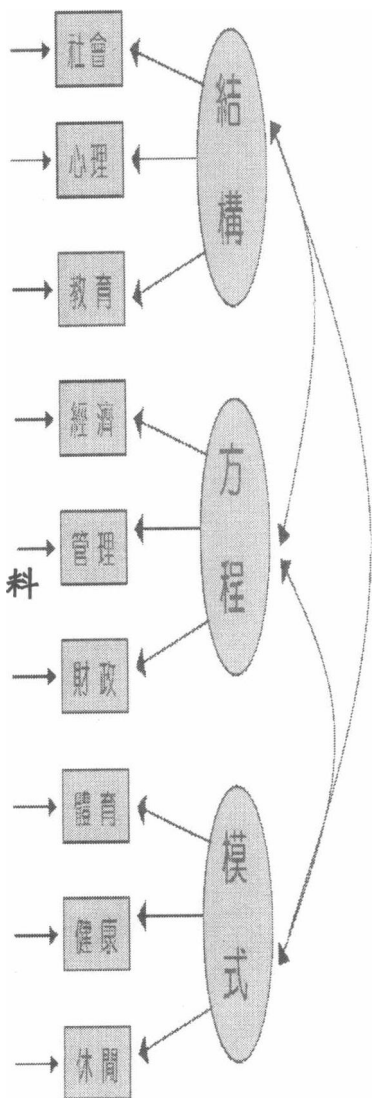
參考書目 427

名詞索引 461

第一章

結構方程模式的概說

- 第一節 結構方程模式的發展
- 第二節 結構方程模式的意義
- 第三節 結構方程模式的特性與功用
 - 一、結構方程模式的特性
 - 二、結構方程模式的功用
- 第四節 結構方程模式分析的程序
 - 一、理論
 - 二、模式界定
 - 三、模式識別
 - 四、選擇測量變項以及蒐集資料
 - 五、模式估計
 - 六、適配評鑑
 - 七、模式修正
 - 八、解釋
- 第五節 結論



第一節 結構方程模式的發展

由於 SEM（結構方程模式；Structural Equation Modeling）涉及統計、方法學，甚至於哲學的各種論點，這樣複雜的一個領域要仔細談論其發展歷史可以說是相當不容易的事。因此，學者們在談論 SEM 的起源時，大都是以 SEM 的方法中所呈現的型態來討論之。對 SEM 而言，其包含兩種主要的模式，結構模式以及測量模式。前者的前身就是徑路分析（path analysis），後者的前身就是因素分析（factor analysis），所以大部分的學者乃是以此二種取向來追溯 SEM 的來源。

以徑路分析作為追溯 SEM 發展的取向者大都認為基因學者 Sewell Wright 在 1920 年代所發表的文章就是 SEM 的前身，當時 Sewell Wright 為了解決代間基因的因果性影響，而提出的徑路分析此種統計方法。正如 Wright（1921）所說的：

這篇報告是意圖呈現在如此的系統中沿著每一個分離的徑路所測量的直接效果，且因而發現一個既定效果的變異程度被每一個特殊的因所決定。此方法依賴將此種具有因果關係的知識與一個系統中變項間相關程度的知識相組合。萬一因果關係是不確定的，這個方法可以用來作為關於他們的任何特殊假設的邏輯結果（p. 557）。

徑路分析最主要的貢獻是能夠將變項間的關係以模式之方式加以參數化，並且以一種徑路圖的方式來呈現，模式中變項之間的假設關係可以用迴歸的統計加以估計，並且可以區別出變項與變項間關係的直接效果、間接效果以及總效果。可惜，在當時這種統計的技術並未受到相當的重視。直到 1960 年代，當 Blalock（1964）、Duncan（1966）以及其他的人將它們介紹到社會科學的議題裡時，才受到注意；當時這些人主要是將此

一分析技術用於社會地位獲得之過程，也就是說，什麼決定我們最終擁有的工作與生涯。

徑路分析的第二條發展路線是在計量經濟學 (econometrics) 的領域，長期以來經濟學家使用數學模式來預測經濟現象，因此發展出一種稱為聯立方程式 (simultaneous equations) 的系統。此一系統企圖將經濟變項之間相互依賴的關係給於模式化。主要的代表者為 Haavelmo (1943)。

$$y = By + \Gamma x + \zeta$$

其中， y 是模式中被界定來做解釋的內因變項的向量 (vector of endogenous variables)， x 是用作解釋 y 的外因變項的向量 (vector of exogenous variables)。 ζ 是干擾變項的向量，亦即 x 對 y 無法解釋的部分。 B 以及 Γ 是係數矩陣。

SEM 的另一個起源是因素分析，有些學者會論及 Galton (1869) 的作品，在當時 Galton 關注人類遺傳的問題時，注意到許多無法用自然科學的方法加以直接測量的觀念，而這些觀念必須藉助於心理計量的方法。不過，大部分的學者皆是以大不列顛學者 Spearman 在 1904 年的文章做為因素分析的主要代表，當時 Spearman 正努力地發覺人類智力的本質。他認為心智能力測驗之間的相互關係可以用共同於所有測驗的一個一般性能力因素 (general ability factor，簡稱 g factor) 以及連結到每一個測驗的特殊能力因素來解釋。當時 Spearman 是利用新發展的積差相關 (product-moment correlation) 係數來將各種測驗分數做兩兩相關的工作。因此，他所提出的方程式基本上是兩個測驗分數間的相關。其公式如下：

$$\rho_{ij} = \lambda_i \lambda_j$$

ρ_{ij} 為測驗 i 與 j 的分數間母群的相關。 λ_i 與 λ_j 為測驗 i 與 j 連結到 g 因素的因素負荷量。

Spearman (1904) 的這種作法已經具有強調觀察變項與潛在因素間關

係的雛形。但是到了 1930 年代，美國 Chicago 大學的 L. L. Thurstone 以及他的同事們開始對 Pearson 等大不列顛學派的說法提出質疑，他們認為沒有存在一個基底的一般性能力因素。而是存在著主要的組群因素（major group factors），這種因素稱為初級心智能力（primary mental abilities）。Mulaik（1972）認為 Thurstone 對組群因素的探究主要是受到簡效原則（parsimony principle）的驅動所致，其目的是讓每一因素能夠盡可能的解釋觀察變項不重疊組之間的共變數。也就是說，讓每一個變項盡可能地負荷在愈少的因素愈好。這種概念可以解決多重因素（multiple factors）的無法決定性（indeterminacy）問題。此一方法被稱為「簡單結構」（simple structure）判準。其次，Thurstone 的這種多重因素模式促使一般性能力因素存在於一個更高階的能力因素中，它用來解釋低階初級因素間的相互關係。

SEM 的這兩個前身經過四、五十年左右的轉化之後，終於結成連理。他們的結合首先發生在社會學的場域中，在 1963 年 Blalock 辯稱社會學家應該使用包含指標與基底變項（underlying variables）的因果模式，以便對以觀察變項的共變為基礎的潛在變項做推論。其後 Duncan, Haller, and Portes（1968）發展同儕團體對高中生學校抱負影響之聯立方程模式，此一模式包含兩個互惠性關連的潛在變項，潛在變項的多重指標，以及一些直接影響潛在變項的背景變項。Heise（1969）以及其他的人應用徑路分析將潛在變項的穩定性從測量的信度中分離出來。

雖然這些研究已經企圖綜合 SEM 的兩類型取向，但是模式依然比較偏重於徑路分析的取向，對於心理計量的測量模式將觀察變項與潛在變項相連結的部分，就顯得脆弱些。一直到 1972 年以及 1973 年，三位學者 Jöreskog（1973）、Keesing（1972）、以及 Wiley（1973）提出一般性的模式，SEM 的兩個前身的結合才真正的完成。此三位學者所形成的一致性分析架構被稱為 JKW 模式，或者被稱為是 LISREL 模式（Bollen, 1989）。這種模式包含兩個部分：一為測量模式，透過一種肯證式因素分析的模式，將觀察變項連結到潛在變項；二為結構模式，透過聯立方程模式的系統將

潛在變項間的關係連結起來。

SEM 在 1970 年代，完成了兩個前身的連結之外，還有一項重大的突破產生，那就是 Jöreskog (1970) 在「社會科學的 SEM 研討會」中，提出最大概似法來克服過去使用最小平方法估計有關 SEM 的困難與限制，讓參數估計更為精確。另外，Jöreskog 並且將此一方法寫成「LISREL 電腦程式」，對於 SEM 的應用者而言，電腦程式的產生是一項福音，也因而促使 SEM 的方法學能夠被快速地推廣，目前可知的 SEM 電腦程式有十六種之多¹。從此 SEM 的方法學遍佈在教育、心理、社會、管理、生物、醫學、經濟等學術領域。因而，對量化的社會科學家而言，SEM 已經是最受歡迎的統計方法學(Kaplan, 2000)。

SEM 的受歡迎程度可以從 Hershberger (2003) 的研究中看到端倪，Hershberger 針對 PsycINFO 的資料庫所做的研究發現，就所有技術性的文章而言，SEM 從 1994 年到 2001 年之間發表數皆穩定的成長，在 1994 年占 11.98%，到了 2001 年則是 13.37%。另外，就 SEM、叢集分析、MANOVA、區別分析、多元尺度分析等五種統計技術的發展而言，在 2001 年時，SEM 有 381 篇之多，而叢集分析只有 121 篇，MANOVA 只有 100 篇，區別分析只有 54 篇，多元尺度分析 (multidimensional scaling) 只有 52 篇，顯見，SEM 正經驗著相當一致性的高層次方法學的發展，而另外四種技術正處於發展遲緩的階段。

除了在學術上 SEM 以普遍地被量化學者所採用之外，1993 年一個由美國阿拉巴馬大學 Seebeck Computer Center 所支持的虛擬網路社群 SEMNET (*The Structural Equation Modeling Discussion Network*) 成立，開啟 SEM 研究社群能透過 e-mail 的方式來彼此分享及交換 SEM 的研究心得，目前其成員有來自七十餘國將近一千五百位學者專家。1994 年由位

¹ 這十六種包括 LISREL, AMIOS, EQS, Mplus, CALIS, COSAN, LINC, LISCOMP, MECOSA, Mx, PLS, RAM, RAMPNA, SEPATH, STREAMS, TETRAD II 等，其中 LISREL, AMIOS, EQS, Mplus 是台灣比較常被使用的軟體。