

研究&方法

因素分析

從探索性到驗證性的因素分析

因素分析在行為科學與商業相關研究領域中，使用度已大為提昇。

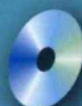
本書所探究的因素分析，尤其是適合行為科學研究者與商業人士，面臨複雜、多元面向或多元維度關係問題的分析時使用。

本書適用於社會及行為科學領域的碩士班與博士班研究生，進行量化研究時參考使用。

此外，對於矩陣代數、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，也提供基礎數學的認知。

余桂霖 著



隨書附贈資料檔光碟

因素分析

本書以建構因素分析模型的架構與步驟開始，探究建構因素分析的雛型，再以各專題探索的方式，使用SPSS軟體進一步說明因素分析模型的建構目標、假設、因素萃取、轉軸（正交與斜交）、因素命名，與因素分數等問題。再使用MATLAB軟體程式探究主成份、共同因素萃取與轉軸等矩陣代數演算的問題。最後，再以LISREL軟體去執行驗證性因素分析模型與結構方程式模型分析的問題。本書很完整地從探索性到驗證性因素分析，再深入進行到建構結構方程式模型分析。以各案例檔案為範例，使用SPSS、MATLAB、與LISREL軟體程式處理與執行分析，並製作檔案光碟供讀者研習。



五南圖書出版公司

研究&方法

因素分析

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

因素分析：從探索性到驗證性的因素分析
／余桂霖著．——初版．——臺北市：五南，

2012.07

面：公分．

ISBN 978-957-11-5888-4（平裝）

1.統計套裝軟體 2.統計分析 3.因素分析

512.4

98025029



1H66

因素分析：從探索性到驗證性的因素分析

作 者 — 余桂霖（53.9）

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 王翠華

主 編 — 張毓芬

責任編輯 — 侯家嵐

文字編輯 — 鐘秀雲

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 2012年7月初版一刷

定 價 新臺幣880元

序

因素分析的多變項統計技術在過去二十多年期間，行為科學與所有商業相關研究的領域中已逐漸增加其使用性，本書所探究的因素分析，尤其是適合於提供由行為科學研究者與商業人士所遭遇到複雜的、多元面向或多元維度關係問題的分析。他們以廣泛概念的條件方式（in broad, conceptual terms）界定與解釋因素分析技術的基本面向（the fundamental aspects of）。因素分析可以被利用與檢測很多的變項之基本組型（patterns）或關係，與可以去決定資訊內容（the information）是否可以被濃縮（be condensed）或被摘要成（summed）一個較少的因素或成分（components）的組合。利用這些技術分析所呈現與所解釋的種種結果之基本指引（basic guidelines）亦可以更進一步去澄清方法論的種種概念（Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1995, p365）。因素分析的各種技術可以從一個探索性（exploratory）或一個驗證性（confirmatory）的研究觀點（respective）來區分它們的目的。

因素分析的使用不必僅受限於資料基本維度或面向的探索性分析，是否可使用於驗證性分析，端視研究者個人學術的素養而定。驗證性因素分析可以被使用去檢定特殊的假設。例如，研究者可以預期有兩個不同的基本維度（或面向），即某些變項屬於第一個維度（或面向）而其他變項屬於第二個維度（或面向）。如果因素分析被使用去檢定這樣的預期（或假設），那麼它就可以被使用為驗證某一個假設（a certain hypothesis）的方法，而不是被使用為探索基本維度（或面向）的方法。如此，它就被歸之為驗證性因素分析（Kim & Mueller, 1978, p9）。

吾人要再次強調因素分析不僅可被使用為探索基本因素結構的一種形式方法，而且亦可被使用為啟發式的設計（Stinchcombe, 1971）。在本書的論述中可以理解到因素分析為吾人學習統計方法中所不可或缺的必要技術之一。因而，在所有多變項統計方法的教科書中都必然有因素分析的專題介紹被提出，所以，如果讀者有意深入結構方程式模型研究的探究，因素分析的技術是必備的方法之一，因為結構方程式模型的組合方法之一是驗證性因素分析模型，而驗證性因素分析模型是以探索性因素分析模型為其分析模型的雛型。這樣分析的進階過程與方法，吾人可以探究結構方程式模型即可體認到學習探索性因素分析模型的重要性。

「因素分析：從探索性到驗證性因素分析」，一書的撰寫是基於前述因素而發展的系絡。因而，本書以建構因素分析模型的架構與步驟開始，探究建構因素分析的雛型，接著再以各專題探索的方式，使用 SPSS 軟體去進一步說明因素分析模型的建構目標、假設、因素萃取、轉軸（正交與斜交）、因素命名，與因素分數等問題。然後再使用 MATLAB 軟體程式去探究主成分與共同因素萃取與轉軸等矩陣代數演算的問題。最後，再以 LISREL 軟體去執行驗證性因素分析模型與結構方程式模型分析的問題。本書可以說，是一本很完整地從探索性到驗證性因素分析，再深入進行到建構結構方程式模型分析的一本書。其中以各案例檔案為範例使用 SPSS、MATLAB、與 LISREL 軟體程式去處理與執行分析，並製作檔案光碟可供讀者研習。

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，撰寫量化論文使用統計學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，尚祈各方先進、學者、與專家不吝指正。

余桂霖

謹誌於國防大學

北投復興崗

民國 98 年 10 月

Contents

.....i

部分 I 建構因素分析模型的基本概念、架構、與步驟

Chapter 01

因素分析的基本概念與認知

3

第一節	緒言.....	4
第二節	關鍵詞的概念意義.....	9
第三節	因素分析的邏輯基礎.....	12
第四節	共同因素的數目與已調整相關矩陣的秩（the Rank）.....	29
第五節	來自共變數結構中獲取因素所產生的不確定性.....	36
第六節	因素分析的基本假定（Fundament Postulates）.....	39
第七節	SPSS 軟體程式與語法指令的應用.....	41
第八節	電腦軟體程式的應用.....	56
第九節	結 論.....	58

Chapter 02

建構因素分析模型的基本架構與步驟 59

第一節	前 言.....	60
第二節	建構多變項分析模型的結構途徑.....	60
第三節	因素分析的一個假設範例.....	63
第四節	建構因素分析模型決定的分析圖與步驟.....	64
第五節	結 語.....	90

部分 II 專題的探索，SPSS 的應用與說明

Chapter 03

因素分析：一個管理範例的說明 93

第一節	因素分析的目標.....	94
第二節	因素分析的一個假設範例.....	94
第三節	一個管理的範例說明.....	95
第四節	共同因素分析：步驟 4 與步驟 5.....	117
第五節	結 語.....	121

Chapter 04

因素分析：一個心理學範例的說明 123

第一節	問卷設計.....	124
第二節	最初的考慮.....	125
第三節	進行分析.....	127
第四節	SPSS 對因素的萃取（抽取）.....	129
第五節	從 SPSS 中解釋其輸出的結果.....	135
第六節	結語.....	150

Chapter 05

因素分析：一個政治態度範例的說明 153

第一節	獲得因素分析的因素因解法概述.....	154
第二節	一個政治態度範例的說明，資料的應用與基本分析.....	158
第三節	因素的發現與萃取.....	172
第四節	解釋的改進.....	183
第五節	結語.....	191

部分 III 矩陣代數的使用與 MATLAB 電腦軟體的操作

Chapter 06

因素分析與結構共變數矩陣推論 195

第一節	概 述.....	196
第二節	正交的因素模型.....	197
第三節	估計方法.....	203
第四節	因素的轉軸.....	239
第五節	因素分數.....	254
第六節	因素分析的策略.....	258
第七節	結 語.....	275

Chapter 07

主成分分析：矩陣的與 MATLAB 電腦軟體的操作 277

第一節	何謂主成分分析.....	278
第二節	基本原理與性質.....	280
第三節	主成分樣本變異量的概述.....	289
第四節	特徵值與特徵向量的反覆因解法.....	294
第五節	實例演算的過程：使用 MATLAB 軟體的反覆因解法.....	295
第六節	演算結果的說明.....	319

第七節	因素萃取的最後決定	325
第八節	結語.....	329

Chapter 08

共同因素分析：矩陣的與 MATLAB 電腦軟體的操作 331

第一節	因素分析的理論基礎.....	332
第二節	縮減式相關係數矩陣.....	337
第三節	範例的演算：MATLAB 軟體的使用	340
第四節	結語.....	356

部分IV 從探索性因素到驗證性因素分析

Chapter 09

探索性因素與驗證性因素分析 361

第一節	因素分析.....	362
第二節	資料推導的探索性因素分析.....	365
第三節	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.....	374
第四節	選擇輸入矩陣類型與估計被提出的模型.....	378
第五節	在 SEM 中模型檢驗的種種限制	390
第六節	考驗檢定模型的限制：因素負荷量的恆等性	394

第七節	結果的比較.....	419
第八節	結語.....	420

Chapter 10

從初階到高階的驗證性因素分析 423

第一節	資料推導的探索性因素分析.....	425
第二節	建構因果關係的一個徑路分析圖.....	436
第三節	選擇輸入矩陣類型與估計被提出的模型.....	439
第四節	評估適配度的效標.....	451
第五節	解釋與修飾模型.....	462
第六節	模型修飾的具體程序與結果.....	469
第七節	高階的驗證性因素分析.....	489
第八節	結語.....	508

Chapter 11

驗證性因素分析：交叉驗證與恆等性 檢定 511

第一節	緒言.....	512
第二節	驗證性因素模型的界定.....	515
第三節	驗證性因素模型的辨識.....	524
第四節	驗證性因素模型的估計.....	536
第五節	參數估計的實際考量與執行.....	541
第六節	評估適配度的效標.....	556

第七節	多分組或多重樣本分析複核效化.....	575
第八節	結語.....	616

Chapter 12

從探索性因素分析到結構方程式模型分析 619

第一節	結構方程式模型的概述.....	620
第二節	資料推導的探索性因素分析.....	622
第三節	依據理論建構因果關係的一個徑路分析圖.....	632
第四節	結構方程式模型範例參數的界定與辨識.....	636
第五節	結構方程式模型參數的估計.....	641
第六節	選擇輸入矩陣類型與估計被提出的模型.....	643
第七節	隱含的共變數矩陣.....	664
第八節	多樣本平均數結構分析.....	672
第九節	基準模型.....	710
第十節	結語.....	714

附件

卡方 (χ^2) 差異檢定表 717

Reference

參考書目 719

Part

1

建構因素分析模型的基本概念、架構、與步驟

第一章 因素分析的基本概念與認知

第二章 建構因素分析模型的基本架構與步驟

Chapter

01

因素分析的 基本概念與認知

最近幾年以來，因素分析已廣泛地被研究者與學者所接受，基本上，是由於高速電腦與套裝電腦軟體程式發展的結果（例如：BMD，DATATEXT，MATLAB，OSIRIS，SAS，and，SPSS）。這些套裝軟體程式的相繼發展與改進已使很多數學素養不足的研究者或學習者，可以熟練這些套裝軟體程式與因素分析的基本原理和計算方法，而達成其研究的目的。

在個人從事「研究方法」課程教學多年中，深刻體驗到研究生若要撰寫經驗性量化論文時，在問卷與研究設計中首先要面臨到的是因素分析的基本原理和計算方法。因而，本章的撰寫目標就在於對有興趣從事因素分析的研究者提供一些指引與認知，使他們對於統計與計算問題的憂慮得以克服。

第一節 緒 言

一、基本的取向

本章所提出的假設，對一位專業者而言會是顯然清楚的，但對一位生手而言會是不知所以然。所以，對於因素分析的基本假設與其邏輯的基本理論有必要詳細探討。因素分析的邏輯（或數學）基本理論可以從統計因素因解中分離，因為方法的邏輯基本理論是直進的（straightforward）與容易去理解，與這種邏輯基本理論的理解將會給予這種方法提供智力運作的基礎。

所謂邏輯與統計基本理論之間的差異在研究的最初階段並不是有很清楚的區分；由此，某些解釋可以依序進行探究。因素分析係假設觀察的（測量的）變項是某些因素或潛在變項的基本來源（some underlying source），是一種線性的組合（linear combinations）。即是，假設一個基本因素與一個觀察系統的存在。這兩種系統之間有某種一致性（correspondence）存在，因而因素分析就是在於利用這種一致性去達成有關因素的種種推論。例如，這種一致性的數學（或邏輯）的屬性是諸如各因素的一個因果系統總是會導致各觀察變項產生一個唯一性（unique）的相關系統。因此，僅僅在真正有限制的條件之下吾人才可毫無疑問地從各觀察變項之間相關的各因素之中去決定其基本的因果結構。在因素分析中這種基本理論的不確定性（indeterminacy）是出自相關結構中對有關因果結構作推論中所產生；它是一種邏輯的或是數學的不確定性。無論如何，亦有一種不同性質（nature）的問題，如在實際的問題中吾人必須去辯論由抽樣與測量誤差所引發的種種不確定性（uncertainties）。如何在這些不確定性之下從樣本的檢定中去評估基本的母群