

# 時間數列分析與預測

管理與財經之應用 三版

Time Series Analysis and Forecasting

林茂文 著

# 時間數列分析與預測

管理與財經之應用 三版

Time Series Analysis and Forecasting

林茂文 著

視野無界 · 心智無限  
Open your eyes Stretch your mind



**華泰文化**  
HWA TAI PUBLISHING  
since 1974

## 時間數列分析與預測： 管理與財經之應用

作者：林茂文

發行人：吳昭慧

責任編輯：湯琬伊

版面編輯：王素真 莊金桂

發行所：華泰文化事業股份有限公司

地址：台北市辛亥路三段 5 號

電話：(02)2377-3877

傳真：(02)2377-4393

網址：www.hwatai.com.tw

E-Mail：business@hwatai.com.tw

登記證：行政院新聞局局版北市業字第 282 號

出版：西元 2006 年 6 月 三版

ISBN：957-609-651-0

基本定價：壹拾伍元壹角貳分

### 國家圖書館出版品預行編目資料

時間數列分析與預測：管理與財經之應用／林茂文作．-- 三版．--

臺北市：華泰，2006〔民 95〕

面： 公分

ISBN 957-609-651-0（平裝）

1.統計學

518

95009730

**著作權所有 翻印必究**

（本書若有缺頁、破損或裝訂錯誤，請寄回本公司更換。）

# 推薦序

## 黃序

統計學之功能經近代不斷地研究與發展，至今已成為科技研究最主要的基石，今日科技之能有輝煌成就，統計學術之貢獻，實不可沒。二次大戰以後，各國更重視國家經建之整體發展規劃，且各大企業也逐漸探究經營管理之道，更使得統計方法在決策過程中佔有重要地位。統計學的各種方法及其理論因而更臻成熟，時間數列分析法之發展即為顯著的實例。

近年來，時間數列分析法已被普遍地應用於經濟、工程與社會科學等各種領域上，成為統計學應用不可或缺之一環。而國內在探討此一方面之書籍尚付之闕如，有鑑於此，作者於1983年以其過去多年來將「時間數列分析法」應用於能源經濟預測等方面之心得與實務經驗，並輯錄其公餘在大學講授該課程之教材彙編完成《時間數列分析與預測》一書。由於該學門的理論與應用不斷地改進與創新，作者復於1992年增訂二版，2006年增修三版，本書不但闡述其理論，且多以實例驗證，俾利於讀者參考與應用。綜觀全書條理清晰、理念新穎、內容詳實，實有助於國內統計教學與研究之用。

作者林茂文先生獲美國田納西理工大學數學碩士，交通大學管理科學博士，在中國石油公司企劃處與資訊處工作逾三十多年，個人曾於1980年應聘擔任該公司油品需求預測專案研究之指導顧問，瞭解林君平素潛心於統計方法之研究，頗具心得，並曾多次赴國外研習統計預測技術，對國外新理論之引進不遺餘力。本書初版時個人即願於為序，今年增修三版更樂於推薦給各界人士參考採用。林君為感念過去的教誨，將此書獻給老師做為退休紀念，特於本書付梓之際謹誌數語。

黃序

謹識於新竹清華園  
2006年3月

Preface

## 劉序

時間數列分析法自 Box 與 Jenkins 兩位教授於 1970 年提出 ARIMA 模式建構法以來，經過三十多年的不斷發展已被證實為一種非常有效的統計科學方法，且在商業與經濟、工程與工業製程、生態與環境科學、教育與社會科學以及生物與醫學等各方面均被廣泛應用。目前，統計學家與經濟學家對該法之研究仍在持續努力開發中，預期未來將獲致更顯著的研究貢獻。

為將近年發展且實用之時間數列 ARIMA 模式建構之理論與方法予以有系統地介紹，作者特於 1983 年將多年來研究心得與教學經驗撰述《時間數列分析與預測》一書，對國內統計教學與研究應用甚有助益。接著，1992 年增補轉換函數模式建構法、離群值的偵測與調整，以及向量 ARMA 模式等新技術方法納入第二版書中。2006 年再增修第三版，除對該書原有內容重整外，另增加單位根檢定、共整合分析、條件異質變異性 ARCH 與 GARCH 模式等新方法以及應用各種模式之個案研究。同時，採用 SCA 套裝軟體進行實例研究與解析，使讀者對該法之應用更能具體落實，是一本淺顯易懂的好教材，特予推薦。

本人與茂文兄熟識二十多年，渠致力於時間數列分析法之研究探討並應用於能源經濟預測上，孜孜不倦，甚具貢獻。本書之撰述係將理論研究與實務經驗予以整合，以深入淺出並列舉實例方式，將此新穎觀念作有系統的介紹，裨益於該方法之推廣應用。綜觀全書條理清晰，舉隅實用，爰於卷首謹誌數語，是為序。

劉榮木

謹識於美國芝加哥  
2006年3月

# 作者序

自 1970 年 George E. P. Box 與 Gwilym M. Jenkins 兩位教授的《時間數列分析：預測與控制》(Time Series Analysis Forecasting and Control)一書問世以來，時間數列分析方法的研究和應用快速發展，該法已普遍地應用於經濟、商業、市場分析、財務金融、社會科學、工程等領域方面。為了加強對國外統計理論與實務的研究和瞭解，作者特將多年來在此方面探討研究之經驗與心得，於 1983 年 9 月編撰完成《時間數列分析與預測》一書，接著於 1992 年 9 月除對原書加以重整外，另增加轉換函數模式建構法、離群值的偵測與分析，以及向量 ARMA 模式建構法等新的理論與應用方法於再版書中，數十年來，本書已成為大學廣泛採用的教材。

近年來，時間數列分析法已有多項突破與改進以及一些讀者對本書前二版提出的討論與建議，促使個人再對全書進行適當的修改、補充與刪改，將內容從概念上和結構上做了新的調整，有些章節是重寫並增加新方法與新個案的介紹，第三版和前面的版本相比，就像一部新著。

本書主要在於提供大學部高年級與研究所學生做為時間數列分析課程之教材，亦可做為從事這方面研究工作人員自行學習之素材，其主要特色有下列十點：

1. 採用實際應用的案例逐步解說各種模式建構方法。
2. 強調模式的配適程度與預測效度。
3. 探討單位根檢定與隨機趨勢問題。
4. 建議實用的規則來鑑定合理的轉換函數模式。
5. 介紹離群值與介入因素的偵測與分析。
6. 解說向量 ARMA 模式之多變量時間數列分析法。
7. 探討謬誤迴歸與共整合關係檢定。
8. 增加波動性模式來探討 ARCH 與 GARCH 模式。
9. 採取以 SCA 軟體為主及 SAS 與 EViews 為輔來進行數據分析。

10. 新增的習題與補充部分重點側重於方法的實際應用。

本書共分為十七章，劃分為五大部分，將理論觀念與實務經驗予以結合並列舉應用方法與個案研究。第一至第四部分為大學部時間數列分析課程的一般教材範疇，至第五部分屬較高深的內容，可做為高年級本科生或碩士研究生的教材。

第一部分討論單變量時間數列理論模式，共包括四章(第一章至第四章)。第一章闡述時間數列分析法在規劃與預測過程的角色及其導入應用的重要性。第二章討論平穩型時間數列之意涵及其特性。第三章介紹平穩型隨機時間數列過程，包括有：移動平均(MA)過程、自我迴歸(AR)過程與自我迴歸移動平均(ARMA)過程的意義及其特性。第四章介紹非平穩型時間數列過程及其特性。

第二部分討論時間數列模式建構法，並引用實例加以詳細說明，計包括三章(第五至七章)。前二章分別探討時間數列模式之建構過程，包括模式鑑定、估計與擬合、檢定與修正以及預測等步驟之過程與方法。第七章介紹應用ARIMA模式的三個個案研究。

第三部分探討ARIMA模式之更進一步的擴展應用，計包括四章(第八至十一章)。第八與九章介紹季節性時間數列模式及其常用的三個個案研究。第十章介紹轉換函數模式來說明投入數列與產出數列間之動態關係。第十一章為個案研究包括一個與二個投入數列嘗試建構合適的轉換函數模式來描述產出數列與投入數列的動態關係。

第四部分探討介入模式與離群值的影響效應，計包括三章(第十二至十四章)。第十二章介紹介入模式考慮於模式中引入代表突變因素之外生變數的影響效應，諸如：政策改變、能源危機等事件。第十三章介紹離群值之偵測與分析，並與介入模式相互配合應用。第十四章為個案研究，討論台灣地區瓦斯消費量預測問題，分別建構ARIMA模式、轉換函數與介入模式及年曆影響模式等，並作預測分析與比較。

第五部分討論時間數列較高深的問題，計包括三章(第十五至十七章)。第十五章為介紹向量ARMA模式及其模式建構法，第十六章

介紹向量 ARMA 模式的三個實用個案並與轉換函數模式相互比較。第十七章係本書最後一章，介紹 ARCH 與 GARCH 模式討論時間數列異質變異性問題，以為總結。

本書內容係根據著者先後在中國石油公司從事「石油經濟研究專案」之研究經驗與心得，以及公餘在大學講授「時間數列分析」與「統計應用」課程之教材加以彙編而成。撰述期間承中國石油公司前副總經理靳叔彥博士、前副總經理江齊恩先生與企劃處前處長吳質夫先生、潘文炎博士(現任董事長)等鼓勵有加及提供良好的研究環境，並承蒙恩師台灣大學數學系姚景星教授與交通大學管理科學研究所曾正權教授、謝長宏教授、張保隆教授、吳壽山教授、丁承教授的教誨與指導。感謝輔仁大學前教務長張照營教授、淡江大學前校長張紘炬教授、管理學院前院長歐陽良裕教授，以及台北護理學院醫務管理研究所前所長楊長興教授提供教學與研究環境，以及諸多師長的指導，著者謹致謝忱；尤其感謝清華大學應用數學研究所前所長黃提源教授與美國伊利諾大學芝加哥分校劉榮木教授賜序推薦，更特別感謝劉教授於百忙中撥冗審閱並提供建議與意見，使本書內容更為充實。付梓時承湯琬伊小姐、李美蘭小姐、林淑娟小姐細心的校閱，謹此一併致謝。此外，感謝華泰文化公司吳總經理茂根、林副總經理與工作團隊出色的編輯與耐心的支持，使本書得以順利出版。

著者修訂完成本書之際，適逢先父逝世三十週年，謹此紀念父親生前的教誨、鞭策與培育之恩；並將此書獻給敬愛的母親、我的妻兒，以感謝他們的關懷、支持與鼓勵。遺憾的是，結褵二十八年的愛妻，現正與阿茲海默症相抗衡，雖然她已無法如同前二版參與校閱，但仍是維繫戮力完成本書的支柱，特致無限的感恩與永恆的懷念。套用本書的術語，期盼她的病情是平穩的 ARMA，而不是波動的 ARCH 模式，祝福她平安喜樂、永保安康！

林義文

謹識

民國 2006 年 2 月



## 1 時間數列分析法之導入 1

- 1.1 預測與規劃 2
- 1.2 時間數列分析的發展 4
- 1.3 迴歸分析方法的回顧 5
- 1.4 時間數列分析概述與導入應用 10
- 習題 22

## 2 平穩型隨機過程及其特性 23

- 2.1 平穩型隨機過程 24
- 2.2 自我共變異數與自我相關係數 26
- 2.3 偏自我相關係數 31
- 2.4 白噪音過程 36
- 習題 38

## 3 平穩型時間數列 41

- 3.1 離散型線性隨機過程 42
- 3.2 自我迴歸過程 45
- 3.3 移動平均過程 63
- 3.4  $AR(p)$ 與 $MA(q)$ 過程之雙重關係 74
- 3.5 自我迴歸移動平均過程 77
- 3.6 綜合分析 85
- 習題 88

## 4 非平穩型時間數列 91

- 4.1 非平穩型數列 92
- 4.2 ARIMA ( $p, d, q$ ) 過程三種表示形式 97
- 4.3 隨機漫步模式 102
- 4.4 ARIMA 模式 107
- 4.5 單位根檢定 114
- 4.6 變異數穩定性轉換 125
- 4A 附錄：SCA 與 SAS 程式集 126
- 習題 127

## 5 ARIMA 模式建構法 129

- 5.1 模式鑑定 130
- 5.2 模式估計 137
- 5.3 模式診斷 148
- 5.4 模式選擇的訊息準則 151
- 5.5 實例說明 152
- 5A 附錄：非線性估計方法(參見光碟)
- 習題 166

## 6 預測 171

- 6.1 最小均方誤差預測值 172
- 6.2 低階次 ARIMA 之預測值 177
- 6.3 指數平滑法之預測 184
- 6.4 更新預測值 188
- 6.5 預測效度評估 189
- 6.6 實例說明 191
- 習題 198

## 7 個案研究：ARIMA 模式之應用 201

- 7.1 ARIMA 模式建構程序 202
- 7.2 個案之一：太陽黑子數資料 204
- 7.3 個案之二：化學反應濃度資料 211
- 7.4 個案之三：日本股價指數資料 218
- 習題 225

## 8 季節性時間數列 227

- 8.1 季節性概述 228
- 8.2 平穩型季節性模式 229
- 8.3 非平穩型季節性模式 235
- 8.4 相乘季節性模式 236
- 8.5 實例說明 240
- 8A 附錄：SCA 與 SAS 程式集 255
- 習題 256

## 9 個案研究：季節性 ARIMA 模式之應用 259

- 9.1 個案之一：國內生產毛額資料 260
- 9.2 個案之二：電力消耗量 267
- 9.3 個案之三：台北捷運旅運量資料 280
- 習題 290

## 10 轉換函數模式 291

- 10.1 轉換函數模式 292
- 10.2 轉換函數之特性 294
- 10.3 交叉相關函數 299
- 10.4 轉換函數模式建構法 305
- 10.5 實例說明之一：瓦斯爐燃燒問題研究  
310
- 10.6 實例說明之二：人口成長問題研究  
320
- 10A 附錄：角落方法 330
- 10B 附錄：SCA與SAS程式集 331
- 習題 334

## 11 個案研究：轉換函數模式之應用 337

- 11.1 個案之一：產品銷售分析 338
- 11.2 個案之二：IBM股價分析 349
- 11.3 個案之三：汽車市占率分析 360
- 習題 372

## 12 介入模式 373

- 12.1 介入模式概述 374
- 12.2 階段介入型態 378
- 12.3 脈動介入型態 381
- 12.4 結合介入型態 384
- 12.5 介入模式建構法 387
- 12.6 實例說明之一：空氣污染問題 389

- 12.7 實例說明之二：消費者物價指數問題 396
- 12.8 實例說明之三：精神病患知覺反應問題 400
- 12.9 實例說明之四：躉售物價指數 407
- 12A 附錄：SCA與SAS程式集 413
- 習題 415

## 13 離群值之偵測與分析 417

- 13.1 離群值概述 418
- 13.2 時間數列離散值 419
- 13.3 離群值之種類 420
- 13.4 離群值之偵測 425
- 13.5 離群值效應及模式聯合估計 428
- 13.6 實例說明之一：汽車零件生產量 429
- 13.7 實例說明之二：臭氧污染量 434
- 13.8 實例說明之三：消費者物價指數 438
- 習題 439

## 14 個案研究：轉換函數與介入模式之應用 441

- 14.1 瓦斯與相關資料說明 442
- 14.2 ARIMA 模式 445
- 14.3 轉換函數模式 450
- 14.4 介入模式與離群值偵測 458
- 14.5 年曆影響模式 461
- 14.6 綜合分析 469
- 習題 471

## 15 向量 ARMA 模式 473

- 15.1 向量 ARMA 模式概述 474
- 15.2 向量 ARMA 模式簡例 477
- 15.3 向量 ARMA 模式與其他模式之關係  
480
- 15.4 向量 ARMA 模式之特性 483
- 15.5 偏自我迴歸矩陣與 ECCM 491
- 15.6 向量模式建構法 494
- 15.7 共整合分析 502
- 習題 510

## 16 個案研究：向量 ARMA 模式之應用 511

- 16.1 個案研究之一：股價指數資料 512
- 16.2 個案研究之二：瓦斯爐資料 518
- 16.3 個案研究之三：住宅興建量資料 523
- 16A 附錄：SCA 程式集 543
- 習題 544

## 17 ARCH 與 GARCH 模式 545

- 17.1 條件異質變異模式概述 546
- 17.2 ARCH 模式 547
- 17.3 GARCH 模式 551
- 17.4 實例說明之一：GARCH(1,1) 模擬數列  
554
- 17.5 實例說明之二：S&P 500 股票報酬率  
562
- 17.6 實例說明之三：道瓊指數報酬率 570
- 17A 附錄：SAS 與 SCA 程式集 576
- 習題 577

## 本書附錄 579

附錄一 本書使用的希臘字母及其意義 579

附錄二 時間數列套裝軟體介紹 580

附錄三 本書使用的時間數列資料 581

## 名詞解釋 585

## 主要參考文獻 589

## 本書索引 593

## 光碟內容

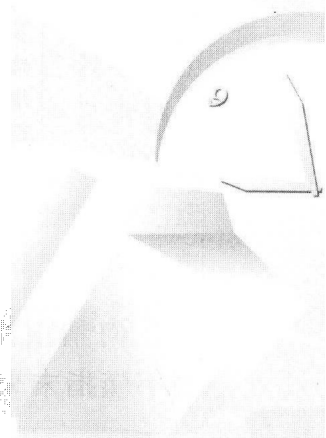
- 一 書本資料集
- 二 SCA 程式集
- 三 習題資料集
- 四 參考文獻

# Chapter 1

## 時間數列分析法之導入

### 學習目標

- 瞭解預測在管理決策過程中的重要性。
- 知道預測方法的意義、種類與特性。
- 探討迴歸分析所產生的自我相關與異質變異數問題，並試圖導入時間數列分析法來處理此類問題。
- 瞭解新近時間數列分析法，它是主要預測方法之一，以實例來說明各種時間數列模式所代表的意涵。





預測之所以如此重要，乃在於它對吾人作決策時能夠提供未來的資訊。這種未來的資訊能否具有參考價值不僅取決於決策者對預測持有的態度，也取決於預測時所採用的方法。本章的目的旨在對預測的基本觀念作正確的闡述與對科學的預測方法作扼要的介紹。其次，對迴歸分析方法作重點的回顧，再提出一些應用實例試圖導入時間數列分析方法，利用過去資料的型態以建構單變量與多變量時間數列模式，來處理資料間相依性與異質變異性的問題。最後，描述時間數列模式建構方法與預測程序。

## 1.1 預測與規劃

處於當今複雜多變的動態社會體系，經營管理者正面臨永無止境的策略規劃與決策分析問題，預測分析之所以重要，乃是由於它能作為解決這些問題的基礎。因此，預測方法愈精準可靠，則對規劃與決策的結果愈具成效。近年來由於電腦的快速發展，能夠協助處理一些非常複雜的運算問題，使得過去認為不太可能的預測方法如今已轉變為可行。因此之故，預測在管理決策過程中扮演著一個相當重要的角色。

有關預測分析與管理決策之關係，如圖 1.1 所示，預測分析是策略規劃的先導作業，而策略規劃之目的係透過組織運作與資源分配獲取最佳的決策，據以採取行動方案，期能達成預定的目標並進行有效的績效衡量。由此可知，預測分析與管理決策過程之相互關聯性。

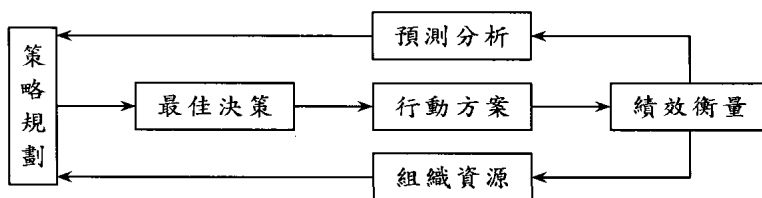


圖 1.1 預測與管理決策過程

何謂預測？乃是對未被觀察的事項作一種描述，而未被觀察的事項不僅指未來的事項，也指已發生的事項。通常一種完整的預測程序必