

應用預測法

Applied
Forecasting Methods

原著者：Nick T. Thomopoulos

譯述者：林 偉 仁

科技圖書股份有限公司

應用預測法

Applied
Forecasting Methods

原著者：Nick T. Thomopoulos

譯述者：林 偉 仁

科技圖書股份有限公司

原 序

PREFACE

寫本書的目的，是對企業管理、管理科學以及工業工程方面的從業人員與學生們介紹一種預測觀念。其內容包括預測某一產品未來需求的原理與技術。這種工作，在企業界、零售商以及從事經濟方面的公共部門，都會用到。預測的方法，是以過去需求的演變型態作為基礎，從事對未來的影射。本書亦提供在管制對顧客服務方向應如何使用預測的基本原理。這些對每天從事生產活動與決策管理以及生產線上人員而言，是一非常重要的工具。

這本書是作者於過去數年來，在伊利諾理工學院講授預測課程時的講義，經過整理而完成的。同時，也由作者在庫存與生產應用上的實際預測經驗作為基礎，這些應用，已普及到美國、歐洲，與日本。

本書的統體範圍是非技術性的。只供具有適度數學與統計訓練的讀者作對象。書中的每一段落，將所要討論的技術描寫作為開始，然後提出主要結果，以及這些結果在應用上所代表的意義。同時亦列出一些數字例題，使讀者更易了解。在每一段落之後，有時也提出簡短的數學基礎以助讀

者作進一步地澄清觀念。由於在應用這些技術時，對某些結果的證明並非必要，因此讀者可視實際情況略過這些數學的推導。每一章的最後，附些問題，以資練習。

作者對提供建議與協助的人們非常感激。其中包括 Allen Endres , Marinos Frangiadis , James Hall , Willard Huson , Kazuo Iwata , Keith Mahal , Yoshio Mizoroki , Pricha Pantumsinchai , 及 Reino Warren 各位先生，同時特別感激 Donna Cahill 與 Catherine Hiles 的幫忙，將原稿清理與重打的繁重工作以及內人 Elaine 代為檢查草圖與最後校正。最後，也感謝賓第世書局的 Paul Becker , Barbara Cassel 與 Hank Kennedy 各位先生的協助出版事宜。

Nick T. Thomopoulos

湯姆布洛斯

目 錄

CONTENTS

原 序

第一章 簡 介

1.1 寫本書的計畫·····	2
1.2 符號·····	5

第二章 統計概念

2.1 總和·····	7
2.2 機率·····	9
2.3 隨機變數·····	12
2.4 平均數·····	13
2.5 平均絕對偏差·····	15
2.6 方差與標準偏差·····	15
2.7 協方差·····	17
2.8 相關·····	19
2.9 線性組合·····	20
2.10 常態分佈·····	20

2.11 可靠區間	22
2.12 中央極限定理	23
2.13 最小平方方法	23
2.14 矩陣	26
問 題	28

第三章 需求型態與過濾

3.1 需求型態	33
3.1.1 水平需求型態	33
3.1.2 趨勢需求型態	33
3.1.3 二次需求型態	34
3.1.4 季節性需求型態	34
3.1.5 趨勢季節性需求型態	35
3.1.6 三角需求型態	36
3.2 過濾	39
3.2.1 由水平需求型態過濾需求	42
3.2.2 過濾每個訂單	44
3.2.3 由任何需求型態過濾需求	45
3.2.4 用預測值過濾目前的需求紀錄	48
問 題	49

第四章 水平模式

4.1 簡易模式	51
4.1.1 預測誤差	53
4.2 移動平均模式	55
4.2.1 初期	57
4.2.2 需求平均期數	58
4.2.3 預測誤差的標準偏差	58
4.3 單獨修整模式	60
4.3.1 初期預測	61
4.3.2 初期	62

4.3.3	平整加權	65
4.3.4	預測誤差的標準偏差	67
4.3.5	需求的平均期數	69
問 題		71

第五章 趨勢模式

5.1	線性迴歸模式	75
5.2	兩度移動平均模式	78
5.3	兩度修整模式	82
5.3.1	初期預測	83
5.3.2	修整參數	87
5.4	線性趨勢單獨修整模式	89
5.4.1	初期預測	90
問 題		93

第六章 二次模式

6.1	二次迴歸模式	97
6.2	三度修整模式	100
6.2.1	初期預測	103
6.2.2	只用 x_1 開始	103
6.2.3	用 $t = 0$ 時的係數估計值開始	103
6.2.4	用符合過去需求開始	104
6.2.5	修整參數	106
問 題		109

第七章 迴歸、折扣與適應修整模式

7.1	迴歸模式	113
7.2	時間移動迴歸模式	118
7.3	折扣迴歸模式	121
7.4	適應修整模式	125
7.4.1	第二個條件〔關係 $F(T)$ 〕	127
7.4.2	折扣率	131

問 題	134
-----	-----

第八章 三角模式

8.1 三項模式	138
8.1.1 初期預測	141
8.2 四項模式	145
8.2.1 初期預測	147
8.3 六項模式	151
8.4 更多項模式	155
問 題	156

第九章 季節性模式

9.1 水平季節性模式	159
9.1.1 初期	160
9.1.2 更新	164
9.2 相乘的趨勢季節性模式	167
9.2.1 初期	168
9.2.2 更新	173
9.3 相加的趨勢季節性模式	175
9.3.1 初期	176
9.3.2 更新	181
問 題	183

第十章 適應控制模式

10.1 使用適應反應率的指數修整	186
10.1.1 水平模式	187
10.1.2 趨勢模式	190
10.2 合併預測	194
10.3 修整參數的適應控制	197
10.4 兩個以上修整參數模式的適應控制	200
10.5 使用階乘設計的兩個修整參數適應控制	204

10.6 混合兩個獨立預測值·····	209
問 題·····	211

第十一章 布-傑金斯模式

11.1 基本觀念·····	216
11.1.1 靜態與非靜態時間序列·····	216
11.1.2 靜態模式·····	216
11.1.3 自動相關函數·····	219
11.1.4 後退運算·····	220
11.1.5 差別·····	220
11.1.6 一般模式·····	222
11.2 辨別·····	223
11.3 適應·····	224
11.4 診斷檢查·····	228
11.5 預測·····	230
11.6 可靠界限·····	233
11.7 數學根據·····	234
11.7.1 自動相關函數·····	234
11.7.2 部分自動相關函數·····	237
11.7.3 適應·····	238
11.7.4 預測方程式·····	240
11.7.5 靜態性·····	241
問 題·····	242

第十二章 預測的特殊技術

12.1 起伏需求·····	246
12.2 紀錄需求的預測·····	248
12.3 未來需求為已知時的預測·····	249
12.4 累積總和技術·····	251
12.4.1 CUSUM管制圖·····	252
12.4.2 CUSUM序列·····	254

12.5 隨時需求	256
12.5.1 線性衰落	256
12.5.2 指數衰落	257
12.5.3 幾何方法	258
12.6 迅速滑落的預測值的緩和	260
12.7 成長率	263
問 題	264

第十三章 多維度預測模式

13.1 序列模式	268
13.2 向量修整	271
13.3 使用向量修整的多項產品預測值	274
13.4 使用向量修整的多個區域預測值	276
13.5 使用混合法的多項產品預測值	279
13.6 使用混合法的多類產品預測值	281
13.7 完成百分比估計法	284
13.8 累計需求百分比法	287
問 題	290

第十四章 預測誤差與追蹤訊號

14.1 預測誤差的平均絕對偏差與標準偏差	296
14.2 預測誤差的標準偏差與平均需求的關係	298
14.3 前置時間內預測誤差標準偏差	300
14.4 追蹤訊號	303
14.5 使用預測誤差累積總和的追蹤訊號	304
14.6 使用修整後平均預測誤差的追蹤訊號	308
問 題	311

第十五章 顧客服務與安全存量

15.1 使用常態分佈的安全存量與服務水準	315
15.2 使用截斷常態分佈的安全存量與服務水準	318

15.3 使用交易曲線，對一群產品設定其安全存量	324
15.4 前置時間與訂單大小，對安全存量的影響	330
15.5 多庫房個案的服務水準	337
15.5.1 W個獨立庫房	337
15.5.2 兩個相依庫房	340
問 題	342

附 錄

A 若干有用關係式	349
A.1 有限項和	349
A.2 無限項和	350
A.3 三角關係式	351
B 各種常態與截端常態機率分佈諸性質	352
C Student's t 分佈	355
參考資料	357

第一章

簡 介

1

INTRODUCTION

在今日複雜的世界裏，管理，面臨着無止無休地企業規畫（ business planning ）與決策（ decision making ）。某些種類的預測（ forecasts ），常用作達到這些需求的基本，而預測越是可靠，規畫與策略的結果越是理想。預測，並不是一個新的問題，它困擾管理界幾乎有一世紀之久。但在最近，由於電算機的發展，以前不可能探討範圍的預測方法，現已成為可能。寫本書的目的在於介紹預測技術的各種型式，這些技術有的是已發表在各種文獻中或是在工業上已被接受而使用了。

預測，不再是一種奢侈品而是一種必需品。因其能使管理者能對付其產品或資源需求的各種變動。一個庫存過量的公司，可能因為產品的採購、品質的退化或失去功能而發生不適當的成本問題。而庫存不夠，可能給人產生不良印象並失掉生意。可靠的預測，對一個公司的生存與成長，是十分必要的。

在製造業中，管理者必需預測其產品的未來需求。依此作為基礎，提供要達到此種需求所需的原料、勞工與容量。這些資源，在工廠需要生產以前，就被非常適當地規畫與安排。

預測，為庫存管制系統（ inventory control system ）的中心。一

2 / 應用預測法

個具有數千種產品的公司，必然面臨對這些產品的需求量，又需有適量的庫存量以使顧客光臨時能滿足其需要。管理者必需在幾個月以前就開始計畫這些庫存量，因為從採購到產品的供應，其間時間的延遲通常由二個月到六個月不等。對於每種產品，在規畫中每月份的預測是必要的。預測，用來決定供給供應商的訂單，現在是否需要。假使需要的話，訂單又需有多大的量。

預測技術（ *Forecasting techniques* ）可分成三大類。第一類稱為定性的（ *qualitative* ），此處有關某項產品的所有情報與判斷，全用來預測產品的需求。這種技術，通常在以往的需求資料中很少甚或沒有的情況下使用。這些預測，用行銷研究（ *marketing research studies* ）結果，戴非（ *Delphi* ）方法，或其他類似的方法作為基礎。

第二類稱為因果的（ *causal* ），此處尋找一種因果（ *cause-and-effect* ）的型態。預測者在產品的需求與其他因素之間尋找關係。這些因素，如企業、工業及國家指標（ *national indices* ）等。用這些關係來預測產品的未來需求。

第三類為時間序列分析（ *time-series analysis* ），使用過去需求的統計分析結果以作預測。主要的假設以過去的基本趨勢，將繼續發展至未來。

本書主要討論有關時間序列分析的預測。在此，時間序列代表在過去每個時間段落（ *time intervals* ）中的需求紀錄值。這些預測則為未來每個時間段落的估計值，而由過去的需求趨勢所形成。

1.1 寫本書的計劃

本書是針對希望了解預測，而不需作進一步探討預測的數學理論的從業人員與學生們而作。預測的方法，分別敘述，其重點在於如何使用此種技術。用舉例方式，作為引導讀者的思路。所有的預測方法，都會牽涉到一些數學根據。為求思路的流暢，假設某章中的某一節牽涉到數學部分，有關的數學根據，在該節的結尾便會提到。這些數學根據，大都可以忽略不講，因為這些主要是為求證明，而在應用時並不需要。同時，對本書的實用水準而言，這些數學根據需作較深度的訓練才能了解。

全書一共十五章，本章作為對以後各章先作一個簡單的介紹。

第二章對預測方法的發展與了解所用到的統計觀念作一複習。其中包括的主題有，總和、機率、平均數、方差、最小平方，與矩陣等。讀者在閱讀時，用不着精通本章的內容，當在以後需要時，可回頭參考這些有關部分。

第三章對於過去需求歷史的情勢作一回顧。這些歷史預測者，在開始作預測前，必需先加以認同。首先複習需求的型態，由此可將產品的需求歷史給予分類。有些產品的需求在某一固定的水平線上波動，而其他則以漸增或漸減的趨勢在波動。同時，有些受到季節性或其他因素的影響。認清這些型態的存在，以便選擇適當的預測模式，對預測者是非常重要的。第二部分為過濾方法（**filtering methods**）的複習。過濾是指，在進行預測之前，對某些需求紀錄的隱蔽，以便對其他所有正常趨勢紀錄發生非常大的差別需求紀錄給予找尋與修整。目的在於提供可靠的預測資料。

第四章敘述三種預測模式，這些模式是用於需求型態呈水平的情況。此時每一時間段落的需求，以隨機的方式，在一固定值附近波動，使用過去需求的平均，作為對未來需求作預測。

第五章提供四種預測模式，這些模式用於需求水準假設為一直線型向上或向下移動的情況。此時，先找出過去需求的線性趨勢，然後投伸下去以預測未來的需求。

第六章描述兩種預測模式，這些模式用於需求型態呈二次型式的情形。此時，先求水準在觀察段落與未來趨勢中，以非線性型態上升或下降。

第七章說明許多不同的預測方法，這些方法可在一些不同需求型態中使用。這些模式，包括迴歸（**regression**），折扣迴歸（**discounted regression**），與適應修整方法（**adaptive smoothing methods**）。在所有舉例中，都以最小平方來進行預測。折扣迴歸方法允許預測者對較近的需求紀錄給予較高的加權。適應修整模式，也用折扣方法，同時以相當簡單的方式，提供更新預測的程序。

適應修整法，繼續在第八章中用來預測三角需求型態。在這些型態中，需求，假設受到不同的正弦波與趨勢的影響。這些型態，通常可與趨勢季節性（**trend-seasonal**）需求型態互相交換。

4 / 應用預測法

第九章討論季節性與趨勢季節性預測模式。這些模式用在受季節性及趨勢影響的產品。此處說明一種季節性模式及兩種趨勢－季節性模式（相乘及相加的趨勢－季節性模式）。

第十章描述不同適應控制（**adaptive control**）與混合方法（**blending methods**）。這些方法透過前面幾章中的預測模式來使用。適應控制技術的目標，是找出預測模式中的最佳參數。這些參數依預測的誤差，可在每一時間段落中作適度的修改。混合技術，是將兩個獨立預測的結果予以合成：使產生新的預測值。

第十一章探討布－傑金斯（**Box-Jenkins**）預測方法。此法用有系統的程序來尋找一個適當的預測模式，作為預測的基礎。此法通常要比標準的技術有更好的預測質，但需要更多的資料與計算。因此，布－傑金斯方法較常用於重要項目的時間序列，而對庫存中的大部分產品則不常用。

第十二章列出一些用在特殊情況下的預測方法。包括對於起伏不定的產品，無需求規律性產品，以及知道一些未來產品的需求預測方法。此外，也包括預測某項產品所有時間需求的方法。累積總和技術，是用來偵測某項產品需求水準的變動。最後尚有在迅速衰落在預測中降低其幅度的方法，以及在預測時測量其成長率的方法。

第十三章所提供的各種預測方法，是用於所設定的問題，包含多維度的情況。分級方法（**Ranking methods**）與向量修整（**vector smoothing**），是用來估計某一產品未來需求的機率分佈。向量修整法經修整後可用來對某一生產線（**product line**）上數種產品混合的需求，或是針對某一產品在幾個區域的需求進行預測。混合技術（**Blending techniques**）是用來預測某一生產線中，數種產品的混合需求，或是依特性來劃分的數種產品混合需求，如大小及顏色等。評估某項產品在整季中的總需求時，必需用到的完成百分比法（**percent done method**）。最後還包括累計需求（**aggregate demand**）百分比法，用來預測在同一生產線上每項產品的需求量。

第十四章屬於預測誤差與追蹤訊號。包括對預測誤差的標準偏差及平均絕對誤差的測量方法。這些測量值用各種不同的方式被用來幫助控制預測與庫存中的貨物數量。追蹤訊號（**tracking signal**），為一品質管制式的工具，可讓預測者偵測目前所用預測模式的適當與否，以及幫助正

確地引導預測系統。在本章中，提供了兩種測量追蹤訊號的方法。

第十五章討論到顧客服務。其目的為提供最少的安全存量，以達到可接受的服務水準。針對這些目的所用的方法，將在這章中說明。這些方法可用於常態及截斷常態分佈，並可針對個別產品或一群產品。同時還提到服務水準與安全存量的敏感度。這些服務水準與安全存量，受到訂單的大小、前置時間（lead times）以及預測誤差的影響。

1.2 符 號

下列的符號，係在本書中使用。一個時間段落，代表時間中的一點。而時間段落 $t = 1, 2, 3, \dots$ 在時間中，指定相同間隔的點。目前的時間段落，以 T 來表示。因此過去歷史的所有時間段落為 $t = 1, 2, \dots, T$ ，而未來的時間段落以 $t = T + \tau$ 來表示。此處 τ ，代表未來的第 τ 個時間段落。

在時間段落 t 的需求總數為 x_t ，而需求的歷史則為 $(x_1, x_2, \dots, x_T)$ 。 x_T 為最近的需求紀錄。

在時間 T ，對未來第 τ 個需求作預測的值以 $\hat{x}_T(\tau)$ 來表示。這是對目前尚未知道的觀察值 $x_{T+\tau}$ 所作的預測值。

通常需要累積的 τ -個段落預測值。這個為以後 τ 個段落所需求數值的總和的預測。其值以 $\hat{X}_T(\tau)$ 來表示，而

$$\hat{X}_T(\tau) = \hat{x}_T(1) + \hat{x}_T(2) + \dots + \hat{x}_T(\tau)$$

第 τ -個段落預測誤差，以 $e_{(\tau)}$ 來表示，在某些應用時，可由下式得到

$$e_{(\tau)} = x_{T+\tau} - \hat{x}_T(\tau)$$

在其他時候，則用下式來表示

$$e_{(\tau)} = \hat{x}_T(\tau) - x_{T+\tau}$$

τ -個段落的累積預測誤差為

$$E_\tau = e_{(1)} + e_{(2)} + \dots + e_{(\tau)}$$

進修用參考書目

- CHAMBERS, J. C., S. K. MULICK, AND D. D. SMITH, "How to Choose the Right Forecasting Technique." *Harvard Business Review*, July-August 1971, pp. 45-74.
- CHAMBERS, J. C., S. K. MULICK, AND D. D. SMITH, *An Executive's Guide to Forecasting*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1974.
- DAUTEN, C. A., AND L. M. VALENTINE, *Business Cycles and Forecasting*. Cincinnati, Ohio: South-Western Publishing Company, 1974.
- GROSS, C. W., AND R. T. PETERSON, *Business Forecasting*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1976.