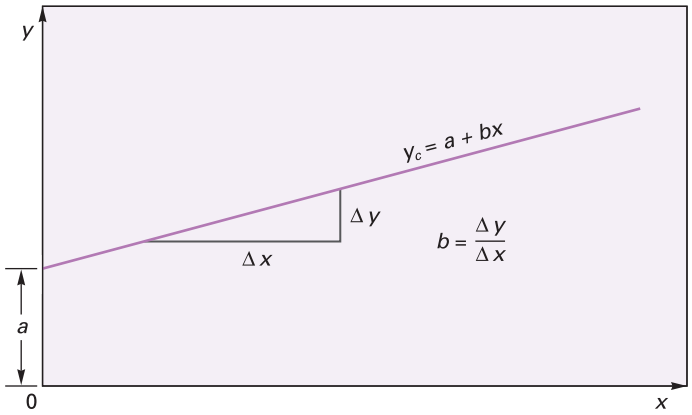


圖 3.9
直線方程式：直線為變數 *y* 在已知變數 *x* 值時的平均（期望）值

直線的截距為 ***a***，斜率為 ***b***。

（注意：我們通常以 *y* 軸表示要預測的〔相依〕變數值，以 *x* 軸表示預測〔獨立〕變數值。）圖 3.9 為一般線性迴歸方程式的圖形。

以下的方程式可以計算出係數 *a* 與 *b*：

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} \tag{3-10}$$

$$a = \frac{\Sigma y - b\Sigma x}{n} \text{ 或 } \bar{y} - b\bar{x} \tag{3-11}$$

其中

n ＝成對觀察點的數目

著作權所有 侵害必究

■ 求出迴歸方程式

例題 7

健康漢堡在北伊利諾州有 12 家連鎖店。各店的銷售額與利潤數字如下表所示，求出迴歸直線。假設某店銷售額為 1,000 萬美元，請預測利潤。

銷售額，***x***（單位為百萬美元）	利潤，***y***（單位為百萬美元）
$7	$0.15
2	0.10
6	0.13
4	0.15
14	0.25
15	0.27
16	0.24
12	0.20
14	0.27
20	0.44
15	0.34
7	0.17

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

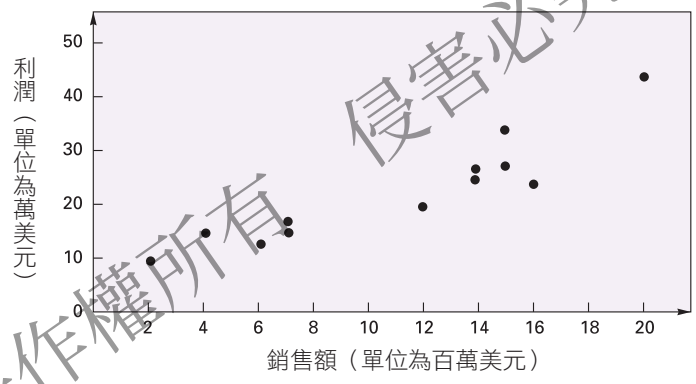
解答

首先將資料繪圖，並確認是否為線性模型（亦即各點是否散佈在直線周圍，如圖 3.10 所示）。使用 Excel，得出迴歸直線 $y_c = 0.0506 + 0.0159x$（請見表 3.3）。銷售額 $x = 10$（即 1,000 萬美元），估計利潤為 $y_c = 0.0506 + 0.0159(10) = 0.2099$，即 209,900 美元（這裡可能會出現奇怪的現象，將 $x = 0$ 代入方程式，利潤為 50,600 美元，表示若銷售額為 0，仍會有利潤。然而，這是因為 $x = 0$ 落在觀測值的範圍之外。迴歸直線只能用於觀察的數值範圍內，範圍外的值可能是非線性關係。a 值的目的只是得知直線在 y 軸的截距）。

標準估計誤差：衡量資料點在迴歸線附近散佈情形的準則。

可用於線性迴歸線之預測精確度的指標，其一便是散佈在迴歸線附近的資料點之數量。若資料點散佈於迴歸線附近，則此迴歸方程式的預測將會比資料點散佈距離迴歸線較遠者來得更精確。散佈程度可以用**標準估計誤差 (standard error of estimate)** 來解釋。也就是每個資料點與 x 垂直所對應的迴歸方程式值的差，將每個差值平方後相加，並除以 $n - 2$，求得平方根的值。

圖 3.10
似乎為線性模型

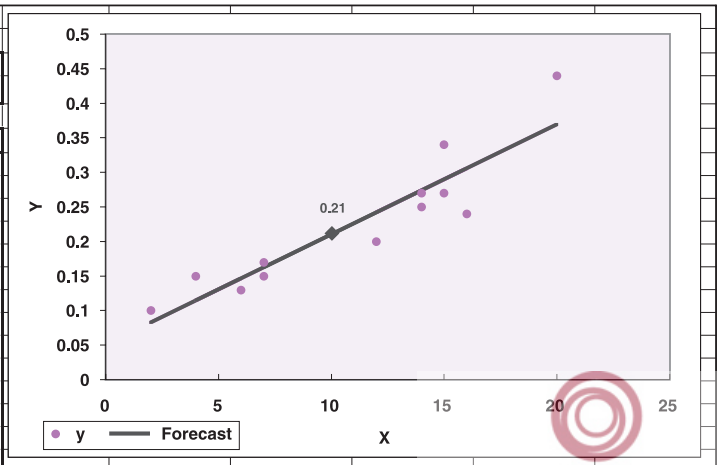


著作權所有 侵害必究

表 3.3
使用 Excel 範本計算線性迴歸方程式

Simple Linear Regression			Clear
<Back			
Slope =	0.0159	r =	0.9166657
Intercept =	0.0506008	r^2 =	0.840276

x	y	Forecast	Error
7	0.15	0.1621124	–0.0121124
2	0.1	0.0824612	0.0175388
6	0.13	0.1461822	–0.0161822
4	0.15	0.1143217	0.0356783
14	0.25	0.273624	–0.023624
15	0.27	0.2895543	–0.0195543
16	0.24	0.3054845	–0.0654845
12	0.2	0.2417636	–0.0417636
14	0.27	0.273624	–0.003624
20	0.44	0.3692054	0.0707946
15	0.34	0.2895543	0.0504457
7	0.17	0.1621124	0.0078876



x = 10
Δx = 1
Forecast: 0.2099031

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

$$S_e = \sqrt{\frac{\Sigma(y - y_c)^2}{n - 2}} \quad (3\text{-}12)$$

其中

S_e = 標準估計誤差

y =每個資料點的 y 值

n =資料點總數

依表 3.3 中的資料，誤差欄表示 $y - y_c$ 的差，將每個誤差值的平方加總後的值為 0.01659。因此，標準估計誤差為

$$S_e = \sqrt{\frac{0.01659}{12 - 2}} = 0.0407 \text{ 百萬}$$

迴歸在預測的應用與指標的使用有關。這些指標為不可控制的變數，會在指定變數變動之前先行改變。例如，美國聯邦準備理事會的貼現率可能會影響特定的商業活動。同樣地，能源成本的增加會導致廣泛的產品與服務的價格上漲。在某些情況下，審慎地辨識並分析指標，或許有助於洞察未來可能的需求。現有許多公開的指標和網站可以選擇[2]，包括：

工廠存貨淨變動量
商業貸款利率
工業產出
消費者物價指數 (CPI)
躉售物價指數
股票市場價格

其他潛在的指標包括人口遷移、地方政治政策，以及其他公司的活動（例如，購物中心開幕可能會促進附近的商機）。使指標有效的三個條件如下：

1. 指標數據變動與變數變動之間的關係應該要有符合邏輯的解釋。
2. 指標數據變動必須領先相依變數變動足夠的時間，使預測不至於過時。
3. 兩變數之間應該有很高的相關性。

相關性 (correlation) 衡量兩變數之間關係的強度與方向。相關係數 r 的範圍為 $-1.00 \sim +1.00$，當相關係數為 $+1.00$ 時，其中一個變數的變動會伴隨著另一個變數相對應的變動；當相關係數為 -1.00 時，其中一個變數的增加則會伴隨著另一個變數的減少；若相關係數近乎於 0，就表示兩變數間幾乎沒有線性關係。兩變數的相關性可用下面的公式計算：

相關性：衡量兩變數之間關係的強度與方向。

[2] 例如，可參考 *The National Bureau of Economic Research, The Survey of Current Business, The Monthly Labor Review, and Business Conditions Digest*。

著作權所有 侵害必究
華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}\sqrt{n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2}} \quad (3\text{-}13)$$

相關係數的平方 (r^2) 可用來衡量獨立變數對 y 值變動所占的百分比。r^2 值為 0 ～ 1.00，愈接近 1.00，所占的百分比愈高。若 r^2 值相當高（例如，0.80 或以上），表示獨立變數是相依變數的優良預測值；反之，若 r^2 值為 0.25 或以下，表示為不良預測值。若 r^2 值介於 0.25 和 0.80 之間，則為中等的預測值。

應用線性迴歸分析的要點

簡單迴歸分析的應用應滿足下列假設：

1. 在直線附近的變異是隨機的。若是隨機的，當繪製直線和數據時，則應不會有明顯的模式（如循環或趨勢）。
2. 在平均值（即直線）附近的偏差應為常態分配。若直線附近的數值集中，僅小部分擁有較大的偏差，仍支持常態假設。
3. 只在觀測值的範圍內進行預測。

滿足上列假設後，為了得到最佳結果：

1. 經常將資料繪成圖形，驗證線性關係是否恰當。
2. 資料也許會受時間影響，檢查並繪出相依變數相對於時間的圖；若顯示出模式，則使用時間序列分析替代迴歸分析，或把時間當做多元迴歸分析 (multiple regression analysis) 的獨立變數。
3. 低度相關可能暗示有其他更為重要的變數。

迴歸分析的缺點包括：

1. 簡單線性迴歸只能用在包含一項獨立變數的線性關係。
2. 建立這種關係需要大量的資料——至少超過 20 個觀測資料。
3. 所有觀測值之權重皆相等。

例題 8 ■ 求出迴歸方程式

下表為新房子的銷售量與落後三個月的失業率。確認失業水準是否能預測新房子的需求；若能預測，請推導預測方程式。

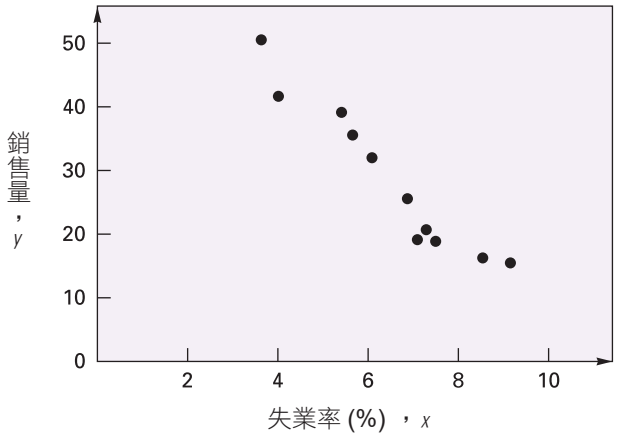
期數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
銷售量	20	41	17	35	25	31	38	50	15	19	14
失業率 %（落後三個月）	7.2	4.0	7.3	5.5	6.8	6.0	5.4	3.6	8.4	7.0	9.0

解答

1. 將資料繪成圖形，並觀察資料點的範圍，線性模型似乎是適當的。

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING



2. 利用 Excel 計算相關係數，確定其不接近 0，並求出迴歸方程式：

$r = -0.966$

這是很高的負相關。迴歸方程式為

$y = 71.85 - 6.91x$

注意，這個方程式的失業水準僅在 3.6 ～ 9.0 的範圍，因為樣本觀測值只涵蓋這個範圍。

侵害必究

非線性與多元迴歸分析

簡單線性迴歸仍有其不足之處，當包含一個以上的預測變數或不適宜的線性模型時，便可能無法處理某些問題。因此，當非線性關係存在時，可使用非線性迴歸；若包含一個以上的預測變數，則採用多元迴歸分析。雖然這些分析超出範圍，但應注意仍很常使用。多元迴歸預測需要增加資料量，故在每種情況下，都要權衡預測精確度的潛在改善與額外的成本和努力。

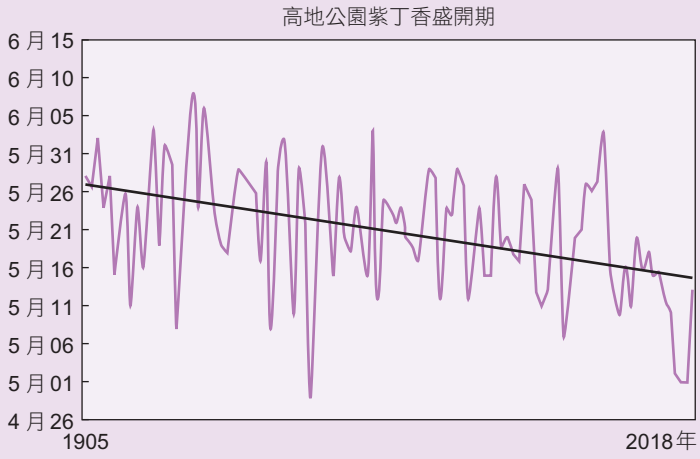
著作權所有

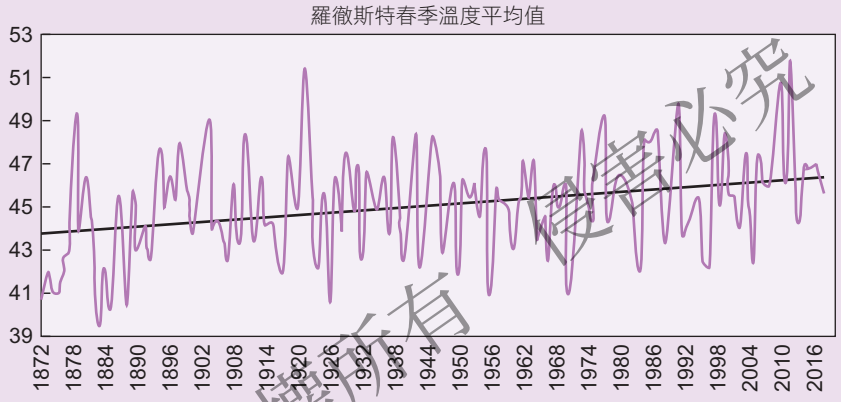
閱讀素材 紫丁香

位於紐約州羅徹斯特 (Rochester) 的高地公園 (Highland Park) 是全美匯集最多紫丁香的地方，園內植物多達 1,200 餘種。每年春天吸引近 50 萬名遊客來到此地欣賞紫丁香花和其他植物，並歡度一年一度的紫丁香節 (Lilac Festival)。值得注意的是，多年來這裡的紫丁香有趨於提早開花的傾向，如曲線圖所示，而這種現象極可能是由於全球暖化所致。



華泰文化
HWA TAI PUBLISHING





著作權所有 複製必究

問題：

1. 您認為開花日期和溫度之間存在相關性嗎？
2. 儘管兩張圖都顯示出一定的線性趨勢，但基於圖中的數據，可能不應該使用趨勢線來預測任何一年中什麼時候開花。請解釋不這麼做的原因。
3. 公園員工每年都會在他們認為植物即將開花的幾個月前，預測花季何時開始，花節應該什麼時候舉辦。但是，異常溫暖或寒冷的天氣會改變實際的開花時機。園區哪些業務可能會受到花節日期的影響，而花期的改變又可能會對花節的舉辦產生什麼作用？

3.10 預測的精確度

對預測來說，預測的精確度與管制是相當重要的層面。預測者想讓預測誤差達到最小，然而在現實世界中，變數非常複雜，要精確地預測這些變數幾乎不可能。此外，因為隨機變異一直存在，即使已經考慮其他所有因素，依然會有殘差。因此，指出預測值偏離實際值的程度是相當重要的，這將提供預測者更好的預測精確度。

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

決策者將精確度視為選擇分析技術的因素之一。精確度能判定企業組織的每日活動成功與否。預測是組織排程的基礎，除非預測值完全精準，否則可能會造成太少或太多的資源、太少或太多的產出、錯誤的產出或時程，這些都會導致額外的成本、不滿意的顧客以及頭痛的管理者。

有些預測的應用包含一系列的預測（例如，每週的收入）；有些則只是單一的預測，適用於一次性決策（例如，發電廠的規模大小）。制定週期預測時，觀察預測誤差以確定誤差在合理範圍之內是很重要的，若否，即須進行改善。



「本人提議，將咱們雄心勃勃的『大膽預期』下修為『寄予厚望』。」

預測**誤差 (error)** 是針對已知的期數，其實際值與預測值的差。因此，誤差＝實際值－預測值：

誤差：針對已知的期數，其實際值與預測值的差。

$$e_t = A_t - F_t \qquad (3\text{-}14)$$

其中，

t = 任一已知的期數

預測值太低會產生正誤差，預測值太高則會產生負誤差。例如，1 週的實際需求為 100 單位，而預測需求為 90 單位，則預測值太低，誤差為 100 − 90 ＝ ＋10。

預測誤差會以兩種稍微不同的方式影響決策。一種是在許多預測替代方案中選擇其一，另一種是評估預測技術的成功或失敗。我們將從檢討歸納預測誤差的方式開始，來看如何把資訊應用在比較預測替代方案上。

著作權所有 侵害必究

彙整預測精確度

在決定預測替代方案時，預測精確度是一個顯著因子。精確度主要建立在預測的過往誤差績效之基礎上。 L03.14

閱讀素材 高度預測可能是個壞消息

零售商店對於消費者的過度樂觀預測，容易導致零售商超額訂購，以致庫存過多。發生此情況時，商店將面臨降價以轉移多餘商品的壓力。儘管客戶對降價感到高興，但零售商的利潤通常會受到影響。此外，零售商在處理庫存時自然會減少新訂單，從而產生連鎖反應，影響整個供應鏈，從托運人到生產商再到原料供應商，進而容易誤解供應鏈的縮減。從中我們了解，過於樂觀的預測可能是個壞消息。

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

平均絕對偏差：絕對預測誤差的平均值。

均方誤差：預測誤差平方的平均值。

平均絕對百分比誤差：絕對百分比誤差的平均值。

常用來衡量過往誤差的方法主要有三種：**平均絕對偏差 (mean absolute deviation, MAD)**、**均方誤差 (mean squared error, MSE)** 與**平均絕對百分比誤差 (mean absolute percent error, MAPE)**。MAD 是絕對預測誤差的平均值，MSE 是預測誤差平方的平均值，而 MAPE 是絕對百分比誤差的平均值。計算公式如下[3]：

$$\text{MAD} = \frac{\Sigma|\text{實際值}_t - \text{預測值}_t|}{n} \tag{3-15}$$

$$\text{MSE} = \frac{\Sigma(\text{實際值}_t - \text{預測值}_t)^2}{n-1} \tag{3-16}$$

$$\text{MAPE} = \frac{\Sigma\dfrac{|\text{實際值}_t - \text{預測值}_t|}{\text{實際值}_t} \times 100}{n} \tag{3-17}$$

我們以例題 9 來計算 MAD、MSE 與 MAPE。

例題 9 ■ **計算 MAD、MSE 與 MAPE**

使用下列資料計算 MAD、MSE 和 MAPE。

期數	實際值	預測值	(A − F) 誤差	| 誤差 |	誤差平方	(| 誤差 | ÷ 實際值) × 100
1	217	215	2	2	4	0.92%
2	213	216	−3	3	9	1.41
3	216	215	1	1	1	0.46
4	210	214	−4	4	16	1.90
5	213	211	2	2	4	0.94
6	219	214	5	5	25	2.28
7	216	217	−1	1	1	0.46
8	212	216	−4	4	16	1.89
			−2	22	76	10.26%

解答

使用表格內的數字，計算過程如下：

$$\text{MAD} = \frac{\Sigma|e|}{n} = \frac{22}{8} = 2.75$$

$$\text{MSE} = \frac{\Sigma e^2}{n-1} = \frac{76}{8-1} = 10.86$$

$$\text{MAPE} = \frac{\Sigma\left[\dfrac{|e|}{\text{實際值}} \times 100\right]}{n} = \frac{10.26\%}{8} = 1.28\%$$

由計算的觀點來看，這些計算過程的差異在於 MAD 對所有誤差的權重都相等，MSE 的誤差權重是根據其平方值，而 MAPE 的權重則是根據相對誤差。

[3] 絕對值以兩條垂直線表示，如公式 (3-2) 所示，忽略負號；所有資料皆視為正值，例如，−2 會變成 +2。

著作權所有 侵害必究
華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

這些衡量是為了比較各種替代預測方法的精確度。例如，管理者能針對一組已知的資料來比較其結果，以確定哪一組有最低的 MAD、MSE 或 MAPE。另外，若需要注意時，也可追蹤過往誤差的績效表現，誤差是愈來愈好還是愈來愈壞，或總是保持相同的誤差？

在一些例子中，對反應資料模式改變的預測能力而言，過往誤差的績效反而是次要的，替代方法的選擇必須權衡「對變動回應緩慢的成本」與「僅因隨機變異就回應的成本」。

總括來說，作業管理者必須決定過往績效對回應能力的相對重要性，以及是否要使用 MAD、MSE 或 MAPE 來衡量過往績效。MAD 最容易計算，但對所有誤差的權重相等；MSE 權重是根據其平方值，但也有較大誤差，所以會產生較多問題；當需要以相對的觀點來衡量誤差時，則使用 MAPE。舉例來說，若預測範圍是 15 單位，10 單位誤差即已相當大；若預測範圍是 10,000 單位，則 10 單位誤差是不顯著的，這時候就應該使用 MAPE。

3.11 預測誤差的檢視

L03.15

許多預測皆是以規律的時間間隔（例如，每週、每月、每季）計算。因為預測誤差相當規律，而非例外，因此會有一連串的預測誤差值。追蹤並分析這些預測誤差，有助於檢視預測是否適當。

預測誤差產生的原因如下：

1. 因為 (a) 重要變數的刪除，(b) 預測模型無法處理的變數變動或遷移（如突然出現的趨勢或循環），或 (c) 新變數的出現（如新競爭者），造成預測模型也許不適當。
2. 惡劣氣候或其他自然現象、暫時缺貨或中斷、災難或相似事件，因而導致不規則變異的發生。
3. 資料存在隨機變異。隨機是指在解釋所有變動的發生原因後，仍存在於資料中的固有變異。

當誤差只反映出隨機變異時，通常表示這個預測是適當的。因此檢查預測方法是否有效，關鍵在於判斷預測誤差是否為隨機。若非隨機，則必須調查是否有其他誤差來源，以及如何更正問題。

管制圖 (control chart) 是用來偵測非隨機誤差的絕佳工具。如圖 3.11 所示，把誤差依序畫在管制圖上，中間線代表 0 誤差，而上、下兩條線分別代表管制上限 (upper control limit, UCL) 與管制下限 (lower control limit, LCL)，落於兩條管制界限內的點，都屬於可接受的誤差範圍。

管制圖：用來偵測非隨機誤差的圖形工具。

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

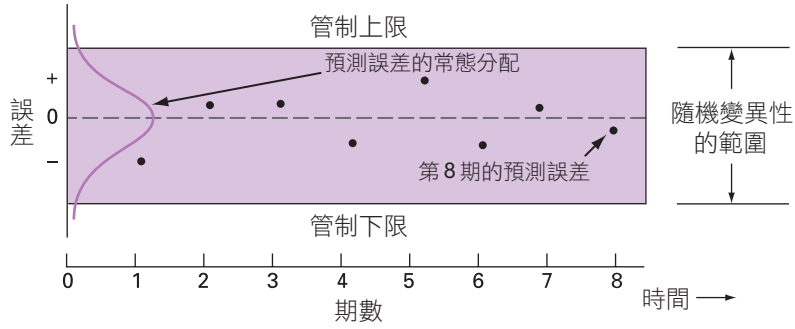


圖 3.11 管制圖的基本表示法

判斷預測誤差是否「在管制內」(即為隨機),有兩個必要條件:一是所有誤差點皆落在管制界限之內;另一個為並未形成任何模式(例如,趨勢、循環等)。兩者皆可藉由檢查完成。圖 3.12 說明非隨機誤差的範例。

以技術上來說,不需畫出誤差值就能判斷是否有誤差超越管制界限;但若要判斷是否有任何模式發生,最好還是繪製管制圖,並畫出誤差值。

繪製管制圖時,首先應計算 MSE。誤差分配的標準差估計值就是 MSE 的平方根[4]:

$$s = \sqrt{\text{MSE}} \tag{3-18}$$

著作權所有 侵害必究

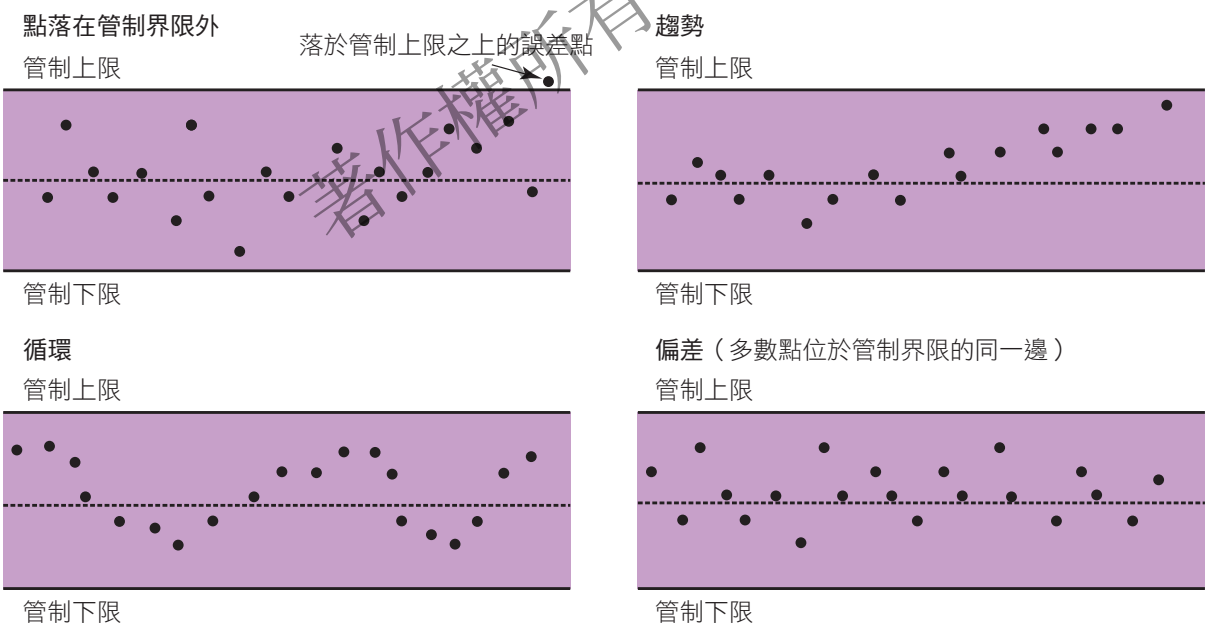


圖 3.12 非隨機範例

[4] 實際值為 $s = \sqrt{\frac{\Sigma(e-\bar{e})^2}{n-1}}$。

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

管制圖有下列基本假設：當誤差為隨機時，誤差就會是常態分配，且平均值在 0 的附近。常態分配是約 95.5% 的值（此處為誤差）預期會落在 0 ± 2s（即 0 ± 2 標準差）的界限內，約 99.7% 的值會落在 0 ± 3s 的界限內。因此，下列公式可以用來求得管制上限與管制下限：

管制上限：$0 + z\sqrt{\text{MSE}}$

管制下限：$0 - z\sqrt{\text{MSE}}$

其中

z = 來自於平均值的標準差

結合這兩個公式，可以得到：

$$\text{管制界限：} 0 \pm z\sqrt{\text{MSE}} \tag{3-19}$$

例題 10

■ 計算管制界限

當 MSE 為 9.0 時，為預測誤差計算 2s 的管制界限。

解答

$s = \sqrt{\text{MSE}} = 3.0$

$\text{UCL} = 0 + 2(3.0) = +6.0$

$\text{LCL} = 0 - 2(3.0) = -6.0$

著作權所有 侵害必究

另一種方法稱為**追蹤訊號 (tracking signal)**。追蹤訊號是累積預測誤差與相關的平均絕對偏差（即 MAD）的比，目的在於偵測誤差的**偏差 (bias)**（也就是誤差有持續大於或小於實際值的趨勢），可用下列公式計算：

追蹤訊號：累積預測誤差與相關的平均絕對偏差的比，用來檢視預測。

偏差：在時間序列中，預測值有持續大於或小於實際值的趨勢。

$$\text{追蹤訊號}_t = \frac{\Sigma(\text{實際值}_t - \text{預測值}_t)}{\text{MAD}_t} \tag{3-20}$$

追蹤訊號的值可為正值或負值，若為 0 則最理想，通常 ±4 或 ±5 為可接受的值。如果落在可接受範圍之外，通常會視為預測有偏差，因此需要更正。

MAD 可以用指數平滑法更新為 SMAD，如下：

$$\text{SMAD}_t = \text{MAD}_{t-1} + \alpha\left(\left|\text{實際值} - \text{預測值}\right|_t - \text{MAD}_{t-1}\right) \tag{3-21}$$

例題 11

■ a. 計算追蹤訊號　b. 計算管制界限

下表為過去 24 個月來，財務計畫研討會的月出席數，包括預測值與誤差。使用下列方法確認預測是否可行。

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

月	A（出席數）	F（預測值）	A − F（誤差）	|e|	累積的 |e|
1	47	43	4	4	4
2	51	44	7	7	11
3	54	50	4	4	15
4	55	51	4	4	19
5	49	54	−5	5	24
6	46	48	−2	2	26
7	38	46	−8	8	34
8	32	44	−12	12	46
9	25	35	−10	10	56
10	24	26	−2	2	58
11	30	25	5	5	
12	35	32	3	3	
13	44	34	10	10	
14	57	50	7	7	
15	60	51	9	9	
16	55	54	1	1	
17	51	55	−4	4	
18	48	51	−3	3	
19	42	50	−8	8	
20	30	43	−13	13	
21	28	38	−10	10	
22	25	27	−2	2	
23	35	27	8	8	
24	38	32	6	6	
			−11		

1. 追蹤訊號，從第 10 個月開始，並使用指數平滑法更新 MAD，管制界限為 ±4，α = 0.2。

2. 2*s* 管制界限的管制圖。使用前 8 個月的資料建立管制圖，並依此評估剩餘資料。

解答

1. 到第 10 個月的絕對誤差總和為 58，因此初始 MAD = 58/10 = 5.8，所以接下來的 MAD 可以用公式 $MAD_{新} = MAD_{舊} + \alpha(|e| - MAD_{舊})$ 更新得知。結果如下表所示。

任何月份的追蹤訊號為

$$\frac{\text{該月的累積誤差}}{\text{該月的更新 MAD}}$$

t（月）	|e|	$MAD_t = MAD_{t-1} + 0.2(\|e\| - MAD_{t-1})$	累積誤差	追蹤訊號 = 累積誤差$_t$ ÷ MAD_t
10			−20	−20/5.800 = −3.45
11	5	5.640 = 5.8 + 0.2(5 − 5.8)	−15	−15/5.640 = −2.66
12	3	5.112 = 5.640 + 0.2(3 − 5.64)	−12	−12/5.112 = −2.35
13	10	6.090 = 5.112 + 0.2(10 − 5.112)	−2	−2/6.090 = −0.33
14	7	6.272 = 6.090 + 0.2(7 − 6.090)	5	5/6.272 = 0.80
15	9	6.818 = 6.272 + 0.2(9 − 6.272)	14	14/6.818 = 2.05
16	1	5.654 = 6.818 + 0.2(1 − 6.818)	15	15/5.654 = 2.65
17	4	5.323 = 5.654 + 0.2(4 − 5.654)	11	11/5.323 = 2.07
18	3	4.858 = 5.323 + 0.2(3 − 5.323)	8	8/4.858 = 1.65
19	8	5.486 = 4.858 + 0.2(8 − 4.858)	0	0/5.486 = 0.00
20	13	6.989 = 5.486 + 0.2(13 − 5.486)	−13	−13/6.989 = −1.86
21	10	7.591 = 6.989 + 0.2(10 − 6.989)	−23	−23/7.591 = −3.03
22	2	6.473 = 7.591 + 0.2(2 − 7.591)	−25	−25/6.473 = −3.86
23	8	6.778 = 6.473 + 0.2(8 − 6.473)	−17	−17/6.778 = −2.51
24	6	6.622 = 6.778 + 0.2(6 − 6.778)	−11	−11/6.622 = −1.66

因為每個月的追蹤訊號都落在 ±4 內，所以沒有問題。

2. a. 確認平均誤差大約為 0，因為太大的平均表示預測會有偏差。

著作權所有 侵害必究
華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

$$\text{平均誤差} = \frac{\Sigma \text{誤差}}{n} = \frac{-11}{24} = -0.46$$

b. 計算標準差：

$$s = \sqrt{\text{MSE}} = \sqrt{\frac{\Sigma e^2}{n-1}}$$

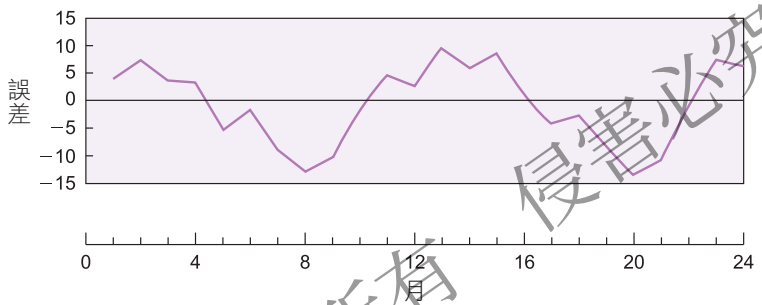
$$= \sqrt{\frac{4^2 + 7^2 + 4^2 + 4^2 + (-5)^2 + (-2)^2 + (-8)^2 + (-12)^2}{8-1}} = 6.91$$

c. 求出 $2s$ 的管制界限：

$$0 \pm 2s = 0 \pm 2(6.91) = -13.82 \sim +13.82$$

d. (1) 檢查全部誤差是否皆落於界限之內（的確落於界限內）。

(2) 繪圖（見下圖）並檢查是否有非隨機模式。注意正、負誤差線。可發現此為非隨機。追蹤訊號並沒有顯示非隨機。



將誤差點圖形化，可幫助找出管制界限內是否有非隨機模式，亦即有更好的預測存在[5]。

著作權所有 侵害必究

如同追蹤訊號，管制圖著眼於既定界限外的偏差。無論選擇哪種方法，即使誤差皆落在界限之內，都可以檢視出誤差的可能模式。

如果發現非隨機，就必須有更正的動作。這會減少預測誤差的變異性，並使管制界限變窄（利用預測誤差結果來修正管制界限）。圖 3.13 說明減少誤差變異性對於管制界限的影響。

註解 管制圖法通常優於追蹤訊號法。追蹤訊號法的缺點是使用累積誤差，可能會掩蓋掉個別誤差，使較大的正負誤差相互抵銷。相反地，在管制圖法中，每個

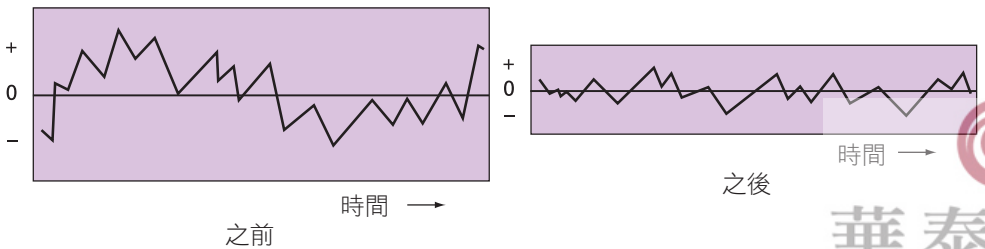


圖 3.13 如果能找出資料的特定模式並且移除，就能減少變異性，並使管制圖的範圍更為精確

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

[5] 管制圖的理論和應用，以及偵測資料模式的方法在第 10 章有更深入的探討。

誤差需個別判斷。因此，若依賴追蹤訊號法來追蹤誤差，可能會被誤導。實際上，追蹤訊號法始於商業使用電腦之前，當時計算標準差比計算平均偏差困難，就因為這個理由而建立追蹤訊號的概念。現在電腦和計算機可以輕易地計算出標準差，儘管如此，依然有人使用追蹤訊號，可能是因為不知道管制圖法的好處。

3.12 選擇預測技術

L03.16

有許多預測方法可以使用，但是沒有一種方法可以在所有情況都表現得很好。在選擇預測方法時，管理者或分析者必須將許多因素列入考量。

選擇預測技術的兩個重要因素為成本與精確度。需要多少預算？誤差造成的可能成本為何？精確的預測能帶來多少利潤？一般來說，愈精確的預測，成本愈高，所以成本與精確度的權衡相當重要。最佳的預測不一定是精確度最高或成本最低的，而是管理者所認定的精確度與成本之最佳組合。

其他考慮的因素包括過往資料之可得性；電腦軟體之可得性；蒐集、分析資料和準備預測之時間。預測範圍亦相當重要，有些預測技術適合於長期預測，有些預測技術則以短期預測為佳。例如，趨勢方程式可用在較長時間的預測；移動平均法與指數平滑法則是適用於短期的方法（因為為下一期產生預測值）。當使用時間序列資料時，繪製圖形對選擇適當的方法很有幫助。而許多的定性技術因為不需要過往資料，所以很適合用於長期的預測。德菲法與主管意見法通常適用於長期規劃。因為新產品與服務缺乏過往資料，所以必須以主觀估計來預測。在許多狀況下，類似項目有相關的經驗。表 3.4 導引你選擇適合的預測方法，表 3.5 則針對預測的時間幅度提供不一樣的觀點。

著作權所有 侵害必究

表 3.4

選擇適合的預測方法之導引

預測方法	過往資料的數量	資料模式	預測幅度	準備時間	人員背景
移動平均法	2 ～ 30 個觀測值	資料應該是穩定的	短期	短	少許經驗
簡單指數平滑法	5 ～ 10 個觀測值	資料應該是穩定的	短期	短	少許經驗
趨勢調整指數平滑法	10 ～ 15 個觀測值	趨勢	短期至中期	短	中等經驗
趨勢模型	10 ～ 20 個觀測值，每季至少有 5 個是季節性的	趨勢	短期至中期	短	中等經驗
季節性	足以看到 2 個高峰和離峰	處理循環與季節性模式	短期至中期	短至中等	少許經驗
因果迴歸模型	每個獨立變數有 10 個觀測值	能處理複雜模式	短、中、長期	發展時間長，完成時間短	豐富經驗

資料來源：Adapted from J. Holton Wilson and Deborah Allison-Koerber, "Combining Subjective and Objective Forecasts Improves Results," *Journal of Business Forecasting,* Fall 1992, p. 4. 1992 Institute of Business Forecasting.

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING