

中興經營管理叢書

應用統計學

唐 明 月 著

中興經營管理叢書

應用統計學

唐 明 月 著



中興管理顧問公司
發行

著者簡介

內部交流

S37/27 (中 1-18/76)

应用统计学
T000200

唐 明 月

國立成功大學電機系畢業，美國奧克拉荷馬州立大學電機碩士、美國南監理大學哲學博士，現任國立交通大學教授兼管理學院院長。

版權所有
翻印必究

中華民國六十八年二月初版

中華民國六十九年五月修訂再版

中興經營管理叢書

應 用 統 計 學

高級精裝本實價新臺幣二百五十元

唐 明 月 著

發行者 中興管理顧問公司
臺北市民生東路六十六號 新力大樓五樓
電話：五六一六三五六・五六一六三五七

印製者 金氏裝訂有限公司
臺北市長安東路二段六十六號二樓
電話：五四一〇三八二・五二二四一一八

前 言

作者在大學及研究所教授有關統計學的課目五年來，深深覺得同學對統計學的了解，往往僅限於課本以內的問題，對於有關統計問題的解釋或塑造，往往是一知半解，因此同學常認為統計學與其它的學科是獨立存在的，更不必說要如何應用統計學所提示的方法來解決生活上或工作上的一些問題了。當然造成這樣的結果固然與我們的教學方式與制度有關，但是缺乏這方面的中文教本也是原因之一。作者任教多年，深感在此方面的責任重大，故不揣能力之不足，勉力一試，希望在這方面能繼前人之努力，使統計學能讓大家更容易接受。

本書撰寫的目的已如前述，為達該目的，在寫作過程中力求達到下述的三個重點；第一點，對各種統計方法的說明著重於人們直覺的感受以及經驗的合理性為出發點，對於複雜的數學證明以及可由計算機代勞的機械式演算過程盡量減少。第二點，各種統計方法的說明著重於應如何應用此方法於實際問題上，對於統計問題的塑造亦給予提示性的說明。第三點，統計學的應用非常的廣泛，本書所欲提供的參考重點在如何利用統計技巧來處理各類不確定問題，因此，書中廣集各領域之示例，務期達到對各類統計問題的解決有相當的啓示效果。

本書之撰寫與我和陳英亮教授合寫的“機率學”時所抱的初衷是一樣的。雖然我認為高深科學的研究利用外文書籍在現階段是無可厚非之事，但如統計學這種基本科學亦需要懂外文者才能研讀，即是高倡科學中文化之極大諷刺。希望這本書的付梓能減少對外文書之依賴。當然本書寫作的觀念，引用的說法以至於排印等，作者雖然慎重從事，但錯誤之處諒必還很多，希望先進及讀者們能隨時提出，讓作者能在下次出書時加以改進。

作者得以完成本書，得助於多年來老師們的教誨，及一些優良著作之啓迪，作者無法一一向恩師們致謝，深感歡意。作者深感幸運的

是能在交通大學的良好教學環境中，多年任教，使學識能繼續成長，更幸運的是有那麼多優秀的同事互相勉勵，相互問難，尤其是陳英亮教授，謝長宏教授，陳文哲教授及吳壽山教授等對作者統計學概念的體會，助益匪淺；而邱端春先生，楊千先生及黃景彰先生幫助作者研擬許多本書的習題，使本書的內容更為完備，尤為銘感。

本書在講義階段，蒙交通大學管理科學研究所許多研究生提出不少意見，使本書的陳述方式得以改進，錯誤之處得以減少，作者在此一併致謝。

最後，作者要感謝他那美好的家，父親雖然早年過世，但他在世時的安排，使作者在學習過程中，從無匱乏，母親的慈愛，兄弟們的友愛使作者成長過程中，內心充滿著溫馨，得以全心於學業。成家後，又得內人之幫助，她不但使作者不為家務所煩，且不辭勞苦的幫助作者整理資料及抄寫稿件，又作者兩位天真活潑的女兒，使作者獲得不少寫作靈感。作者謹以此書獻給他們。

唐 明 月 謹識

民國六十六年八月

目 次

前 言

第一章 緒 論

| | | |
|-----|------------|---|
| 1-1 | 統計學 | 1 |
| 1-2 | 數字在統計學上的意義 | 1 |
| 1-3 | 數量化的問題 | 2 |
| 1-4 | 結 尾 | 3 |
| | 習 題 | 4 |

第二章 資料的蒐集與整理

| | | |
|-----|-------------|----|
| 2-1 | 大 要 | 5 |
| 2-2 | 蒐集資料的要點 | 5 |
| 2-3 | 資料的來源及蒐取的方法 | 6 |
| 2-4 | 抽樣調查的方式 | 6 |
| 2-5 | 資料的表示方式 | 7 |
| 2-6 | 結 尾 | 10 |
| | 習 題 | 10 |

第三章 重要的統計表及統計圖

| | | |
|-----|--------|----|
| 3-1 | 大 要 | 13 |
| 3-2 | 資料的性質 | 13 |
| 3-3 | 次數分配表 | 14 |
| 3-4 | 次數分配圖 | 17 |
| 3-5 | 累積分配表 | 19 |
| 3-6 | 累積分配圖 | 20 |
| 3-7 | 其他的統計圖 | 21 |
| 3-8 | 結 尾 | 23 |
| | 習 題 | 23 |

第四章 次數分配與其參數

| | |
|--------------|----|
| 4-1 大 要 | 25 |
| 4-2 地位的度量 | 25 |
| 4-3 差量的度量 | 31 |
| 4-4 單位的變換與參數 | 33 |
| 4-5 度量形狀的參數 | 37 |
| 4-6 結 尾 | 41 |
| 習 題 | 42 |

第五章 統計圖與機率

| | |
|----------------------|----|
| 5-1 大 要 | 45 |
| 5-2 統計圖的重點 | 45 |
| 5-3 單一化的效果與機率 | 51 |
| 5-4 累積分配函數與機率 | 53 |
| 5-5 累積分配函數、機率事件及機率函數 | 56 |
| 5-6 累積分配函數及機率函數的重要性質 | 59 |
| 5-7 結 尾 | 60 |
| 習 題 | 60 |

第六章 機率簡論(一)

| | |
|--------------|----|
| 6-1 大 要 | 61 |
| 6-2 隨機函數的性質 | 61 |
| 6-3 機率函數 | 64 |
| 6-4 條件機率 | 65 |
| 6-5 獨立事件 | 67 |
| 6-6 間斷機率分配函數 | 68 |
| 6-7 連續機率分配函數 | 72 |
| 6-8 機率分配的參數 | 76 |
| 6-9 切氏不等式 | 78 |
| 6-10 結 尾 | 80 |
| 習 題 | 80 |

第七章 機率簡論(二)

| | |
|------------------|-----|
| 7-1 大要 | 85 |
| 7-2 多維的隨機特性及函數 | 85 |
| 7-3 互相獨立的隨機函數 | 90 |
| 7-4 隨機函數轉換及運算的意義 | 93 |
| 7-5 隨機函數轉換後之參數關係 | 102 |
| 7-6 隨機函數的相關性 | 111 |
| 7-7 結尾 | 115 |
| 習題 | 115 |

第八章 常用的機率分配

| | |
|------------|-----|
| 8-1 大要 | 119 |
| 8-2 二項分項函數 | 119 |
| 8-3 卜氏分配函數 | 125 |
| 8-4 指數分配函數 | 131 |
| 8-5 常態分配函數 | 133 |
| 8-6 結尾 | 138 |
| 習題 | 138 |

第九章 矩產生函數

| | |
|--------------------|-----|
| 9-1 大要 | 141 |
| 9-2 分配函數的參數—矩的意義 | 141 |
| 9-3 矩產生函數 | 143 |
| 9-4 常用機率分配函數的矩產生函數 | 145 |
| 9-5 矩產生函數的應用 | 147 |
| 9-6 結尾 | 149 |
| 習題 | 150 |

第十章 統計與機率

| | |
|--------------|-----|
| 10-1 大要 | 153 |
| 10-2 敘述統計與機率 | 153 |
| 10-3 機率與推理統計 | 155 |

| | |
|----------|-----|
| 10-4 結 尾 | 156 |
| 習 題 | 156 |

第十一章 抽樣與統計

| | |
|----------------|-----|
| 11-1 大 要 | 159 |
| 11-2 隨機抽樣 | 159 |
| 11-3 抽樣的組合—統計 | 160 |
| 11-4 重要統計的隨機性質 | 161 |
| 11-5 有限母體的抽樣 | 165 |
| 11-6 結 尾 | 170 |
| 習 題 | 171 |

第十二章 常態母體的重要統計

| | |
|-----------|-----|
| 12-1 大 要 | 173 |
| 12-2 卡方分配 | 173 |
| 12-3 F—分配 | 176 |
| 12-4 t—分配 | 179 |
| 12-5 結 尾 | 181 |
| 習 題 | 182 |

第十三章 推定問題

| | |
|--------------|-----|
| 13-1 大 要 | 183 |
| 13-2 推定的假設 | 183 |
| 13-3 統計推定的方式 | 184 |
| 13-4 推定的準則 | 185 |
| 13-5 結 尾 | 186 |
| 習 題 | 187 |

第十四章 參數的點推定

| | |
|-------------|-----|
| 14-1 大 要 | 189 |
| 14-2 點推定的術語 | 189 |
| 14-3 期望值的推定 | 189 |
| 14-4 變異數的推定 | 191 |
| 14-5 推定子的導出 | 193 |

| | |
|---------------|-----|
| 14-6 推定子的變異小限 | 196 |
| 14-7 結尾 | 197 |
| 習題 | 197 |

第十五章 區間推定

| | |
|-------------------|-----|
| 15-1 大要 | 199 |
| 15-2 隨機區間 | 199 |
| 15-3 區間推定的概念 | 200 |
| 15-4 期望值與變異數的區間推定 | 202 |
| 15-5 點推定與區間推定的異同 | 205 |
| 15-6 結尾 | 206 |
| 習題 | 206 |

第十六章 檢定問題特性概述

| | |
|---------------|-----|
| 16-1 大要 | 209 |
| 16-2 檢定問題 | 209 |
| 16-3 假設的類別及性質 | 209 |
| 16-4 錯誤的分析 | 211 |
| 16-5 判定原則 | 212 |
| 16-6 結尾 | 212 |
| 習題 | 213 |

第十七章 簡單假說的檢定

| | |
|----------------|-----|
| 17-1 大要 | 215 |
| 17-2 簡單假說的檢定特性 | 215 |
| 17-3 檢定的準則 | 218 |
| 17-4 檢定的舉例說明 | 220 |
| 17-5 最佳檢定 | 225 |
| 17-6 結尾 | 226 |
| 習題 | 226 |

第十八章 複合假說檢定(一)

| | |
|--------------|-----|
| 18-1 大要 | 227 |
| 18-2 複合假設的特性 | 227 |

| | |
|--------------|-----|
| 18-3 第一類型的問題 | 228 |
| 18-4 第二類型的問題 | 231 |
| 18-5 第三類型的問題 | 232 |
| 18-6 第四類型的問題 | 235 |
| 18-7 可能比檢定 | 236 |
| 18-8 結 尾 | 239 |
| 習 題 | 239 |

第十九章 複合假說檢定(二)——變異數分析

| | |
|------------------|-----|
| 19-1 大 要 | 241 |
| 19-2 常態抽樣變異的基本性質 | 241 |
| 19-3 因素分析 | 244 |
| 19-4 二因素分析 | 249 |
| 19-5 變異數分析與可能比檢定 | 252 |
| 19-6 結 尾 | 255 |
| 習 題 | 255 |

第二十章 非參數推定及檢定

| | |
|---------------|-----|
| 20-1 大 要 | 259 |
| 20-2 問題緣由 | 259 |
| 20-3 順序統計 | 260 |
| 20-4 簡易對稱推定子 | 263 |
| 20-5 中位數的區間推定 | 264 |
| 20-6 符號檢定 | 267 |
| 20-7 隨機的檢定 | 269 |
| 20-8 結 尾 | 270 |
| 習 題 | 271 |

第二十一章 推定及檢定方法的推廣

| | |
|-----------------|-----|
| 21-1 大 要 | 273 |
| 21-2 期望值差異的區間推定 | 273 |
| 21-3 變異數差異的檢定 | 276 |
| 21-4 中位數差異的檢定 | 279 |

| | |
|--------------|-----|
| 21-5 因素獨立的檢定 | 280 |
| 21-6 結 尾 | 282 |
| 習 題 | 282 |

第二十二章 統計在品質管制上的應用

| | |
|--------------------------|-----|
| 22-1 大 要 | 285 |
| 22-2 隨機的意義 | 285 |
| 22-3 工廠統計的特性 | 286 |
| 22-4 連續數據資料(計量)管制圖的概念及應用 | 291 |
| 22-5 間斷數據資料(計數)管制圖的概念及應用 | 299 |
| 22-6 隨機之檢定 | 302 |
| 22-7 結 尾 | 302 |
| 習 題 | 304 |

第二十三章 特性曲線在檢驗上的應用

| | |
|------------------|-----|
| 23-1 大 要 | 307 |
| 23-2 檢驗的問題 | 307 |
| 23-3 計量操作特性曲線與檢驗 | 307 |
| 23-4 計數操作特性曲線與檢驗 | 311 |
| 23-5 計數與計量的檢驗比較 | 313 |
| 23-6 檢驗方法的討論 | 315 |
| 23-7 結 尾 | 315 |
| 習 題 | 315 |

第二十四章 迴歸理論與最小平方差法

| | |
|--|-----|
| 24-1 大 要 | 317 |
| 24-2 簡單線性迴歸模式 | 317 |
| 24-3 推定子 $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ 及 $\hat{\sigma}$ 的推導 | 318 |
| 24-4 α 及 β 值的區間推定及檢定 | 321 |
| 24-5 最小平方差推定 | 324 |
| 24-6 推定子 $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ 的通用問題 | 326 |
| 24-7 結 尾 | 326 |
| 習 題 | 327 |

第二十五章 計量決策簡論

| | |
|---------------------------|-----|
| 25-1 大 要 | 329 |
| 25-2 統計決策問題的性質與術語 | 329 |
| 25-3 本性狀況機率法則不存在時的決策準則及分析 | 331 |
| 25-4 具有先驗分配的決策分析 | 333 |
| 25-5 貝氏統計決策方法 | 337 |
| 25-6 貝氏統計決策方法的討論 | 339 |
| 25-7 博戲問題 | 341 |
| 25-8 結 尾 | 344 |
| 習 題 | 344 |
| 參考書籍 | 347 |
| 附 表 | 351 |

第一章 緒 論

1—1 統計學

宇宙間的各種事物，常受各種錯綜複雜的因素所影響而令人玄惑。爲使人們對各種事物之來龍去脈及因果關係，有較清楚較客觀的瞭解，許多以簡御繁的系統化、簡單化的方法便因應而生。統計方法便是使事物簡單化、系統化的方法之一。

統計方法的主要內容是以客觀的態度將事物加以解釋後，用數字將其性質表示出來，並利用數學上的技巧予以處理，使人們參考了這些處理出來的結論，而能夠很容易地瞭解事物的真象，進而加以應用。例如，我們常說“王貞治很會擊球”，這話只能給人一個印象“王貞治是位擊球能手”，至於其程度如何則無法由此得知了；但是，如果我們說“王貞治的打擊率是 0.32”，則聽者根據一般打擊者的打擊率，便可衡量王貞治的打擊能力，而使我們和聽者對所謂“能手”的程度問題有了較客觀的認識。

上述打擊率的例子，便是應用統計的方法所得較爲客觀的衡量標準的一個實例。統計學的內容，主要就是討論這類方法的原理及所得結論之可靠性等問題。

1—2 數字在統計學上的意義

在統計學中，我們將事物的內涵予以“抽象”，而以數字來表示，然後我們將這些數字經過適當的運算，得到一些結果，最後我們又將這個結果予以“反抽象”，也就是解釋這些結果的意義，而人們藉著這些結果以爲下決策之客觀參考，這個過程的工作就是統計學的重要課題。

我們之所以要將事物的內涵以數字來表示；主要的原因是數字有

許多我們習焉不察的性質，而這些性質使得處理過程獲得不少方便。

利用統計方法以探討事物的性質，就是利用這些抽象化數字的各種運算方法，如加、減、乘、除、開方等，以及數字之大小次序關係和度量之概念。如果事物之性質能用數字來表示，則這些習知的運算及性質就可以運用了。

綜合說來，數字之引用，實質上是主觀地給予事物一度量體系，以簡化問題之處理過程。將事物之內涵以數字表示的抽象過程，便是一般所謂的“數量化”。舉個例子來說明引用數字之效果，譬如我們說“甲、乙兩人的個子都很高”，這是定性（Quality）的說明，如果更進一步地引入“身高”的概念，而說明“甲之身高為200公分，乙之身高為198公分”，並且我們知道身高170的人在中國人中屬高的了（在此假設讀者對身高和我們有同樣的界說），則由數字的大小次序性質，我們得一個結果 $200 > 198 > 170$ ，也就是說身高為200公分和198公分的甲乙兩人確實是很高的，又於甲、乙兩人中，我們更可用數字大小次序得知甲比乙更高。在此身高概念的引入，便是“數量化”（Quantization）之過程。由此我們可以瞭解，數量化之結果，使我們對事物內涵之瞭解更為具體和準確了。因此數字的引用，在統計上，具有重大的效果。

1—3 數量化的問題

在前節的示例中，以身長度量的數量化來描述人的高矮程度，使我們瞭解到數量化處理後所生的效果及其引用的價值，而該例中是以身長來描述人的內涵，事實上人之內涵尚可引用體重、個性等來描述，也就是說，在實際生活中，各種事物之內涵往往具有多層次的抽象因子，因此，如何將此抽象的問題恰當地以數字來描述實為數量化主要工作之一。

例如，想利用統計方法來評核一種新食品是否值得推出，其完整的評核內容應包含營養價值、味道、價格、外觀等因素，在評核時，如何將這些因素以數字來表示是一個問題，又如何將這些數量化的因素統合成此產品的總評價又是一個問題；因此，如果對初步的數量化

過程及其意義沒有充分瞭解的話，那麼，將一些不着邊際的據數加以運算處理，所得的結果根本就不具意義。所以正確的數量化實為應用統計方法的起步工作。

1—4 結 尾

本章之主要目的是希望讀者能站在應用的觀點來看統計的意義；有了這番認識，對於今後要談論的內容才能夠順利地掌握。我們可用下示的方塊圖來說明本書所謂應用統計學所涵蓋的內容。圖中箭頭所示之方向是利用統計方法解決問題的途徑，當然，在實際的解題中，有些步驟是可忽略的。

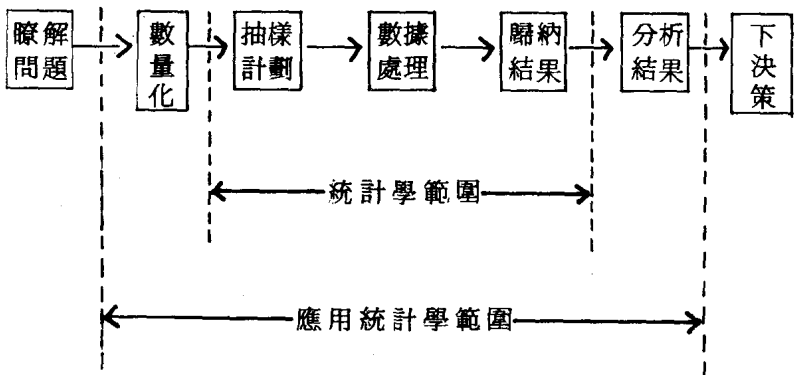


圖 1—4—1 統計解題步驟方塊圖

綜合上述各節，各位可瞭解本書所要強調的內容是：如何將實際問題化成統計問題，以及如何解釋用統計方法處理所得的結果，至於統計方法的意義在本書中亦盡量加以解釋，但解釋的方法則避免艱澁的數學推論。希望讀者對統計方法的神髓能夠體會，並進而能加以運用。

習 題

- 1-1 某公司欲推出「速食早餐」，不曉得值不值得投資，該公司請你去表示意見，你認為作此投資決策必須考慮那些因素？這些因素能否數量化？涉及統計學的應用嗎？試就此問題作各種可能的分析，並列出你作答的前提假設為何？
- 1-2 統計學在應用時有時可以一人單獨進行，有時却需一組人員共同分工進行。在分工進行時，有那些注意事項？
- 1-3 假如你認為打擊率不能完整的來表現王貞治的擊球能力，你有沒有更具體的統計方法來表示呢？