

商用統計學

下 冊

原著者

Anderson • Sweeney • Williams

譯著者

周

茂

柏

曉園出版社

F712.3
20032=2
2

港台書室

商 用 統 計 學

下 冊

原著者 *Anderson • Sweeney • Williams*

譯著者 周 茂 柏



曉 園 出 版 社

國立中央圖書館出版品預行編目資料

商用統計學 / Anderson, Sweeney, Williams原著;周
茂柏譯著.--修訂版.--臺北市:曉園,1986
下冊(392面);17.2×23.2公分
譯自:Statistics for business & economics
含參考書目及索引
ISBN 957-12-0057-3(上冊:平裝).--ISBN
957-12-0058-1(下冊:平裝)

1.統計學

518

80004425



書 名 商用統計學(下冊)

原著者 Anderson·Sweeney·Williams

譯著者 周茂柏

發行人 黃旭政

發行所 曉園出版社有限公司

臺北市青田街7巷5號

電話 3949931(六線) 傳真 3417931

郵撥帳號 1075734-4

門市部 北市新生南路三段 96 號之 3

電話 3627375 傳真 3637012

印刷行 復大印刷廠

新聞局局版台業字第 1244 號

版 次 1986 年 8 月修訂版第一刷

1992 年 3 月修訂版第六刷

版權所有·翻印必究

定 價 下冊新台幣 80 元

ISBN 957-12-0058

曉園出版社
\$380

譯 序

統計學之發展為近百年來的事，在十九世紀以前所謂的統計，嚴格而言只能稱為一種「記數」(counting)的工作，早期之統計，包括全國人口調查稅收預算等政府統計，另外，尚包含有關人口出生與死亡的計算，保險業計算保險金額與賠償金額等工作。當時統計之特質在於其資料皆來自「普查」(census)，所用之方法亦僅限於圖表之製作與平均數之計算而已。

現代統計學之興起，是在十九世紀中葉以後的事。廣義言之，現代統計學可分為數理統計與應用統計二大類。前者是對統計方法與理論之研究，而後者則為統計方法與理論之應用。時至今日，我們認為統計學之發達，實為應用之廣泛所致。例如，統計學在自然科學、社會科學、農業與心理上之應用，已成為不可或缺的工具。目前，由於經濟學與企業管理學逐漸蔚為熱門的學科，使得商用統計學有其需要而應運而生，諸如計量經濟(Economics)、存貨管理、品質管制、等候理論(queueing theory)等等皆是商用統計學所發展出來的課題。

本書譯自美國D. R. Anderson, D. J. Sweeney, T. A. Williams三位教授所合寫的商用統計學(Statistics Business and Economics)。本書之目的，旨在介紹完整的統計觀念與應用於企業管理學與經濟學上所面臨的問題。此一前題即具有簡單與實用的雙重優點，這就是促使譯者在研習統計與企管多年的心得下，為各位有志於統計與企管的莘莘學子所推荐的一本好書。

本書的特色：

1. 簡單易懂——不僅用字簡單，觀念的闡述更是循序漸進。不但適合用於商科學生，也是一本適合任何科系研讀的統計入門教材。
2. 編排新穎——本書每章的每節結尾皆附有習題，讓讀者即時應用，反覆驗證。其次，每章結尾亦附有補充習題，讀者可以再複習一遍。除此，每章結尾的摘要、統計術語說明與重要公式，亦是各章提綱挈領所必需的。

3. 應用導向——本書習題都是日常生活常見的，更珍貴的是，亦即本書最大的特色是每章後皆附有應用釋例(application)，在這些應用釋例中，我們看見了許多世界知名的大企業，如全錄(Xerox)、寶來(Burroughs)、孟山都(Monsanto)等公司是如何將書本上的統計理論性方法應用在金額動輒數以千萬美元的各種重要決策上。尤其，令人驚訝的是，他們所應用的統計方法或理論卻是簡單的令人難以置信。由此可知，各種學科是否有用，不在於其理論之深奧，而在於其對實務是否有所助益。

其次，為使本書中所介紹的諸多企管名詞與統計觀念能讓讀者更易了解，譯者特別用心地在有關之處提出個人的心得。

4. 心得加強——以譯註的方式加注在有關頁數的下部，目的在補充原書說明之不足，以利讀者研讀。(尤其偏重在上半冊中觀念的闡釋與名詞的說明。)

本書之得以付梓，首先要感謝曉園書局黃旭政伉儷的慨允支持與為本書付出心力的全體工作人員。其次，謹向交大與政大師長的教誨，致上最深忱的謝忱與敬意。

周 茂 柏
1986, 6, 1 於木柵

原 序

本書之目的，乃在提供主修企業管理與經濟學的學生們，對於統計學及其多方面的應用，有一健全的基本認識。同時，本書內容之編寫情況，是採應用導向（applications oriented）及無高深數學的方式，以迎合一般大眾的需要。

閱讀本書，最好稍具普通代數的基礎，以便配合與研習本書各章節所附之習題唯一的例外，是在第 14 與 15 章的附錄中，爲了要了解如何求得線性迴歸之常態方程式時，對於微分觀念的具備，有其必要。

應用與理論合一

將統計理論加以應用，是構成及說明本書題材所不可或缺的。因此，在研討問題時，我們會介紹一些有用的統計技術。這些統計技術的討論與發展將在應用釋例中隨著問題的解決和決策的知悉而日漸開展。

縱然本書強調的是應用導向，但我們也不忘提供一健全的理論架構。縱觀全書，其中各種符號的使用乃依一般通用原則而定，如此一來，您將能很輕易地繼續研讀一些較難的統計題材。職是之故，本書最後附有參考書目，盼能對您所些幫助。

第二版的改變

本書第一版的名稱爲統計學導論（Introduction to Statistics）；如今，此一名稱在第二版已改爲商用統計學（Statistics for Business and Economics），我們覺得後一書名更能反映本書所含題材與各種應用釋例的精神。因此，最新版之本書包含有下列一些新的特性：

每章結尾之應用釋例

爲了更進一步強調統計學的應用情形，本書每章結尾皆附有由企業與政府部門之實務專家所提供的實例（cases）。而且，每一實例的內容，皆是描寫某一真實的組織他們如何應用本章所學的統計理論來解決問題的。我們覺得這些實例能夠提高學生學習的興趣，而且能培養他們如何評估統計方法在實務上的應用。下表就是這些公司以及與其有關的應用釋例的一覽表：

每章結尾應用釋例一覽表

章別	每章名稱	組織	應用釋例
12	適合度與獨立性檢定	聯合基金會 (United Way)	社區區民慈善知覺之決定
13	實驗設計與變異數分析	伯克行銷服務公司 (Burke Marketing Services Inc.)	新產品設計
14	簡單線性迴歸與相關	孟山都公司 (Monsanto Company)	成長促進劑效果之控制
15	多元迴歸 (複迴歸)	冠軍國際公司 (Champion International Corporation)	紙漿漂白過程之控制
16	時間數列分析與預測	辛辛那提瓦斯及電力公司 (Cincinnati Gas & Electric Company)	電力需求之預測
17	指標與指數	紐約州立商業公司 (State of New York Department of Commerce)	商業活動之指標
18	無母數統計方法	西貝房地產經紀商 (West Shell Realtors)	相鄰地區不動產價格之比較
19	決策理論	俄亥俄愛迪森公司 (Ohio Edison Company)	最佳型式微粒子控制設備之選擇

主要修訂部分

迴歸與相關分析這二章已加以大幅度地修訂，其現有內容為殘差分析的討論、多元線性相關的概念、變數的增加與刪除、及一般線性迴歸。同時，使用電腦套裝程式來執行迴歸分析也是重點所在。

變異數分析這章增列了實驗設計的主題後，其現有內容已將完全隨機設計、隨機區集設計、及因子實驗設計等衡量變異數效果的方法包含在內。

抽樣分配與假設檢定這幾章也加以修訂，目的在更詳細地說明中央極限定理與“機率值” (p-values) 在假設檢定的主題上是如何使用的。

基礎機率這章也已修訂而包含了諸多額外的例子及圖解。

新問題的增加

本書增列了 200 個以上的新問題。

各章教授法說明

本章學習重點

將在每章開頭出現，其目的在告訴你們在本章您將循序漸進地學到那些主題。

同時，在每章結尾處含有重要公式的摘要，本章內容摘要及統計術語說明，其目的在幫助讀者複習並提供便捷的參考資料。

彈性

為了滿足特定課程的需要，本書之內容可斟酌運用、彈性教授。對於連續兩季（two-quarter）的統計學概論課程而言，下面是一可行的教學內容進度表：

可能的兩季教學大綱

第一季	第二季
導論（第一章）	假設檢定（第九章）
敘述統計（第二、三章）	二母體統計推論（第十章）
機率導論（第四章）	母體變異數之推論（第十一章）
機率分配（第五章）	適合度與獨立性檢定（第十二章之 12.1、12.2 二節）
特殊機率分配（第六章）	變異數分析（第十三章）
抽樣與抽樣分配（第七章）	迴歸與相關（第十四、十五章）
區間估計（第八章）	

當然，此一課程亦可能有其他的教學大綱，須視上課期間的長短及學生背景而定。無論如何，除非某些主題以前曾研習過，要想在一學期內或二季內教完本書所有內容並非易事。

輔助教材

本書附有一整套的輔助教材。它們包括：

教師手冊
研習入門
題庫
問題釋例及講義

由作者們提供的教師手冊，包括了學習目的及全部問題的完整答案。由Mohammad Ahmadi (University of Tennessee at Chattanooga) 發展出來的研習入門，為學生們提供了額外的問題及說明。至於題庫，則由Edward Fagerlund (Wichita State University) 所設計，它有一序列的多重選擇題及問題，有助於準備考試。最後，作者們還提供了一套問題釋例及講義，前者且可作為幻燈片教學之用。而這些問題釋例在本書中是屬於新增的例題。

我們深信，結合本書之應用導向與這一整套的補助教材，必能帶給學生在統計學及其應用的研習上一個完美的基礎。

致 謝

本書之得以付梓，首先要感謝下列同事與朋友在本書撰寫期間提供諸多有用的建議及指正。他們是：

Harry Benham	Ben Isselhardt	Tom Ryan
John Bryant	Jeffrey Jarrett	Willban Terpening
George Dery	Thomas McCullough	Hiroki Tsurumi
Gopal Dorai	Al Palachek	J. E. Willis
Edward Fagerlund	Ruby Ramirez	Donald Williams
Nicholas Farnum		

我們工商業界的伙伴們對於應用釋例的完成尤具貢獻。我們將在每一應用釋例的首頁表達吾人最深之謝忱。

同時，本書之籌備尚要感謝 Mary C. Schiller 及 West Publishing Company 中諸多編輯先生們的鼎力協助。最後，對於 Phyllis Trospen 和 Janice Bruegge 二人在打字和雜務處理上的協助，吾人深致謝意。

David R. Anderson
Dennis J. Sweeney
Thomas A. Williams

1984 年 2 月

目 錄

第十二章 適合度與獨立性檢定 381

12.1	適合度檢定——多項式母體	382
12.2	獨立性檢定——列聯表	385
12.3	適合度檢定——卜氏與常態分配	390
	摘 要	398
	統計術語說明	398
	重要公式	398
	補充習題	399

第十三章 實驗設計與變異數分析 407

13.1	Dr. Johnson 的 GMAT 問題	408
13.2	完全隨機化設計的變異數分析過程	411
13.3	變異數分析表及其他考慮要點	420
13.4	隨機區集化設計	424
13.5	個別處理平均數之檢定	431
13.6	因子實驗	433
	摘 要	440
	統計術語說明	440
	重要公式	441
	補充習題	443

第十四章 簡單線性迴歸與相關 451

14.1	迴歸模式	452
14.2	估計 β_0 和 β_1 : 最小平方法	460
14.3	判定係數	466
14.4	顯著性檢定	472
14.5	殘差分析	479

14.6	估計迴歸等式在預測上的應用	482
14.7	迴歸問題的電腦求解	487
14.8	相關分析	491
	摘要	496
	統計術語說明	497
	重要公式	497
	補充習題	500

第十五章 多元迴歸（複迴歸） 511

15.1	多元迴歸模式	512
15.2	BUTLER運輸公司的問題	514
15.3	迴歸等式估計式的建立	518
15.4	顯著關係的檢定	523
15.5	模型可接受性的決定	531
15.6	定性變數的使用	534
15.7	決定增加或刪除變數的時機	539
15.8	估計和預測	543
15.9	曲線迴歸函數	544
15.10	變異數分析上的多元迴歸法	551
	摘要	556
	統計術語說明	556
	重要公式	557
	補充習題	558

第十六章 時間序列分析與預測 569

16.1	時間序列的成份	570
16.2	利用平滑法預測	574
16.3	利用趨勢投射法預測時間序列	584
16.4	利用古典分解法預測時間序列	590
16.5	利用迴歸模式預測時間序列	600
16.6	定性法的預測	603
	摘要	604

統計術語說明	604
重要公式	605
補充習題	606

第十七章 指標與指數 613

17.1 價 比	614
17.2 綜合物價指數	615
17.3 從價比計算綜合指數	619
17.4 一些重要的物價指數	621
17.5 以物價指數平減一系列	623
17.6 物價指數：其他的考慮	627
17.7 熱量指數	628
摘 要	630
統計術語說明	630
重要公式	631
補充習題	632

第十八章 無母數統計法 641

18.1 威爾考克森 (WILCOXON) 等級和檢定	642
18.2 威爾考克森 (WILCOXON) 等級符號檢定	649
18.3 成對比較的符號檢定	653
18.4 等級相關	657
摘 要	661
統計術語說明	661
重要公式	661
補充習題	662

第十九章 決策理論 669

19.1 決策情境的建立：報償表	670
19.2 決策情境的種類	671
19.3 在不確定情況與不利用機率下的決策法則	672
19.4 在不確定情況與利用機率下的決策法則	676
19.5 決策樹	680

19.6	完全資訊的期望價值	683
19.7	與實驗有關的決策理論	685
19.8	決策策略的建立	687
19.9	樣本資訊的期望價值	698
19.10	決策理論的其他主題	701
	摘要	701
	統計術語說明	702
	重要公式	703
	補充習題	704

偶數習題答案 717

附 錄 725

A.	參考書目	726
B.	附 表	729
C.	總和符號	753

索 引 757

適合度與獨立性 檢定

本章學習重點

- 適合度檢定之意義
- 列聯表之意義
- 如何利用卡方 (chi-square) 分配處理適合度與獨立性檢定
- 如何處理多項式、卜氏或常態母體機率分配的適合度檢定

本 文

- 12.1 適合度檢定 — 多項式母體
- 12.2 獨立性檢定 — 列聯表
- 12.3 適合度檢定 — 卜氏與常態分配

摘 要

統計術語說明

重要公式

補充習題

應用釋例：聯合基金會

我們曾在第十一章介紹過卡方分配且舉例說明如何使用卡方分配對單一母體變異數進行估計和假設檢定的例子。本章將介紹利用卡方分配的另外二種假設檢定的過程，如同其他的假設檢定，這些檢定會比較樣本結果和當虛無假設為真時所希望的結果，而接受或拒絕虛無假設須視樣本結果或觀察值是如何“接近”(close)所希望的結果而定。

接下來的這節將介紹關於多項式母體的適合度檢定，然而再討論使用列聯表(contingency tables)的獨立性檢定和卜氏(Poisson)和常態分配的適合度檢定。

12.1 適合度檢定—多項式母體

在本節我們考慮的情況是母體中的每一元素分配到很多組或項目中的唯一一組，如此的母體稱為多項式母體(multinomial population)。舉例來說，如J.Scott and Associates市場調查公司所進行的市場分析，即市場佔有率的評估。在過去的幾年裏，市場佔有率已很穩定，A公司佔有30%，B公司佔有50%，而C公司佔有20%。C公司為J.Scott的顧客，它已經發展出一種“新的且改良的”產品，此產品將取代市場上目前的產品。公司的管理當局問及J.Scott and Associates此新產品是否會改變這二個競爭者的市場佔有率。

在這個例子裏我們所關心的母體是一多項式母體，因為每一顧客都被歸類成購買A或B或C公司中某一公司的產品。因此，我們有一包含三類或三項的多項式母體，讓我們定義下列的符號：

p_A = A公司的市場佔有率，

p_B = B公司的市場佔有率，

p_C = C公司的市場佔有率。

基於C公司新產品不會改變市場佔有率的假設，我們得出虛無和對立假設如下：

$$H_0: p_A = .30, p_B = .50, \text{ 和 } p_C = .20,$$

$$H_1: \text{母體比率不是}$$

$$p_A = .30, p_B = .50, \text{ 和 } p_C = .20.$$

若樣本結果導致拒絕 H_0 ，C公司即有證據認為新產品的介入對市場具有影響。

假設此市場調查公司利用200名顧客為消費者樣本而進行此研究，每位顧客被要求在這三種產品，即A公司產品、B公司產品和C公司新產品中任選一種較喜歡的產品，此200位顧客的購買偏好如下：

A 公司產品	B 公司產品	C 公司新產品
48	98	54

我們現在想找一種適合度檢定，這種檢定將能決定那 200 位顧客購買偏好是否會支持對此三個市場佔有率所做的虛無假設。適合度檢定是比較如上所示的樣本觀察 (observed) 結果和在虛無假設為真下的期望 (expected) 結果。我們下一步即算出在 $p_A = 0.30$ ， $p_B = 0.50$ ， $p_C = 0.20$ 的假設下，200 位顧客的期望購買偏好，其期望結果如下：

A 公司產品	B 公司產品	C 公司新產品
$200(.30) = 60$	$200(.50) = 100$	$200(.20) = 40$

由上可知，每一項的期望次數為每項的假設比率乘上樣本數 200。

現在，適合度檢定將著重於觀察次數與期望次數之間的差異。若觀察和期望次數之間的差異大時，則對市場佔有率所做的比率假設值得懷疑；然而，若觀察和期望次數間的差異小時，將只表示無充足的證據去拒絕虛無假設；若觀察與期望次數相同，則此樣本資料提供了一個完美無缺的假設分配。

觀察和期望次數間的差異是“大”或“小”，須由下列計算來回答。令

f_i = 第 i 項的觀察次數，

e_i = 在虛無假設為真下，第 i 項的期望次數，

k = 所有項目的數目。

若虛無假設為真且樣本為大樣本，則

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i} \quad (12.1)$$

為一卡方分配。因本例的虛無假設包含的比率假設含有一多項式分配的 k 項，故其具有自由度為 $k - 1$ 的卡方分配。當每一項的期望次數均大於等於 5 時，才可滿足大樣本的假設。而此一市場佔有率的例子已滿足大樣本的規定，故我們可用 (12.1) 的式子來計算卡方 (χ^2) 值如下：

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(48 - 60)^2}{60} + \frac{(98 - 100)^2}{100} + \frac{(54 - 40)^2}{40} \\ &= \frac{144}{60} + \frac{4}{100} + \frac{196}{40} = 2.40 + .04 + 4.90 = 7.34 \end{aligned}$$

在 $\alpha = 0.05$ 的顯著水準下，我們檢定虛無假設：多項式分配的比率為 $p_A = 0.30$ ， $p_B = 0.50$ ， $p_C = 0.20$ 。因為只有在利用觀察和期望次數的差異所算出的 χ^2 值很大 (large) 時，才會拒絕虛無假設，所以我們以 0.05 的拒絕區域為卡方分配的右尾。我們檢查卡方分配表 (附錄 B 的表 3)，發現在自由度 $k - 1 = 3 - 1 = 2$ 時 $\chi^2_{0.05} = 5.99$ 。因此，如同其他的單尾檢定，若算出的卡方值超過臨界值 5.99，則拒絕 H_0 。

由前面的計算，我們得出 $\chi^2 = 7.34$ 大於臨界值 5.99，所以拒絕虛無假設，故可知 C 公司新產品的介入會改變目前市場佔有率的結構。儘管適合度檢定本身無法得出進一步的結論，我們仍能非正式地比較觀察與期望次數來看看市場佔有率的結構是如何改變的。

我們發覺 C 公司的觀察次數 54 大於期望次數 40，因為期望次數是由目前的市場佔有率所得出的，故愈大的觀察次數即表示新產品對 C 公司的市場佔有率產生了正面的效果。再非正式地比較其他兩公司的觀察與期望次數，我們發覺到 C 公司在市場佔有率的斬獲，其對 A 公司的傷害將甚於 B 公司。

上面所舉的例子，即在說明適合度檢定利用卡方分配來決定對母體所做的機率分配之假設是否適當。拒絕或接受此假設的母體分配，即可由比較樣本的觀察次數和假設的母體分配的期望次數二者的差異來決定。讓我們列出對任何假設的母體分配所進行的適合度檢定的一般步驟：

- (1) 列出有關母體其假設分配的虛無假設。
- (2) 確定母體的 k 個項目。
- (3) 用一大小為 n 的簡單隨機樣本，記錄 k 組或項目中的每一組所含的觀察次數。
- (4) 在虛無假設為真的假設下，決定每一項的相對機率或比率。
- (5) 將第 4 步的每一項比率乘以樣本數，決定每一項的期望次數。
- (6) 用觀察和期望次數加上 (12.1) 式求出 χ^2 值。
- (7) 決策法則：

若 $\chi^2 \leq \chi^2_\alpha$ 則接受 H_0 ，

若 $\chi^2 > \chi^2_\alpha$ 則拒絕 H_0 ，

此處， α 為檢定的顯著水準。

習 題

1. 在過去前 13 週的電視季裏，星期六晚間 8:00 到 9:00，觀眾收視率的記錄