

國立成功大學
統計學研究所
碩士論文

大學指考落點預測指標研究與實證分析

On the Study of Forecasting Indices After the
College Entrance Examination with Real Data

研究生：林家立

指導教授：任眉眉

中華民國九十七年六月

國立成功大學

碩士論文

大學指考落點預測指標研究與實證分析
On the Study of Forecasting Indices After the
College Entrance Examination with Real Data

研究生：林家立

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

溫敏杰

嵇允嫻

任眉眉

指導教授：任眉眉

系(所)主管：嵇允嫻

中華民國 97 年 5 月 30 日

摘要

落點分析是大學指定考試分發入學前，考生選填志願的重要輔助工具，該分析主要建立於「前後兩年學生對校系基礎評價不變」的前提下，任眉眉等人 [3]於九十四學年度首次以統計理論探討該前提假設是否成立，並應用九十二和九十三學年度聯合分發會公佈的各校系最低錄取加權總分資料，進行實證研究。在該文中，由於大考中心沒有公佈各考科成績分佈的變異數，爲了簡化落點分析的過程，直接假設所有考科成績分佈均具有相同變異數的常態分佈，依此訂立各校系的評價指標，透過研究連續兩學年各校系的評價指標，建立落點預測模型。本研究主要應用，大考中心發佈的各單一考科考生成績累計表、各校系之指考科目與加權方法、前一學年度各校系最低錄取加權總分等資料，驗證各考科成績是否具有常態分佈，並進一步估算各考科成績常態分佈的平均數與變異數，再根據這些估計值修正各校系不同的評價指標，建立出新的落點預測模型。藉由九十三到九十六年學年度的資料進行實證分析，比較不同評價指標所建立的落點預測模型的準確性。最後利用二因子變異數分析的理論，針對新增校系的預測指標值，提出一個解決的方法，進一步根據線性迴歸模型的預測區間評估落點預測模型的準確度。

關鍵詞：最低錄取加權總分，常態分佈，二因子變異數分析，線性迴歸模型，預測區間，準確度。

Abstract

After the yearly College Entrance Examination, an examinee always faces the problem of selection and priority of certain departments for advance study. Under the assumption that the test scores of all nine subjects follow normal distributions with the same variance, Zen et al.[3] established an index for each student to represent the possibility of entering any interested department. In this paper, we make the statistical inference about the normal assumption first. Then we derive the parameter estimators of the normal distribution. Using the estimates, we adjust our previous index to be more reasonable. Furthermore, we compare the forecasting abilities of these indices based on a four-year real data. To predict the index for a brand new department, a the two-way ANOVA model is utilized in this study. Finally, the accuracy of forecasting model is evaluated by the prediction intervals.

Keywords: weighted score, normal distribution, two-way ANOVA, linear regression, prediction interval, accuracy.

致謝

兩年研究所的求學時間，轉眼間即將結束。首先誠摯的感謝我的指導教授任眉眉老師，在論文的研究期間，花費相當多的心力與時間與我討論並給予意見及教導，對於論文不懂的地方，老師也相當地有耐心地指導與說明讓我瞭解，使我在這兩年中獲益非淺，讓本論文得以順利完成。另外亦感謝我的口試委員，嵇允嬋老師與溫敏杰老師，感謝他們在口試期間針對我的論文，給予我指正與建議，讓本論文更加完整且嚴謹。

接著感謝我的父母親，在求學的生涯中，遇到不少的困難與挫折時，都是你們給予我最大的鼓勵，使我得以度過那難熬的時刻，由於你們的支持讓我在求學的路上無後顧之憂的全力衝刺。同時也感謝我大學求學時期，教導我許多學業與各方面的曾玉玲老師，有您在大學時期的指導與鼓勵，讓我在修讀碩士班時更有信心與自信。

最後，感謝博士班的家豪學長、楓敏學姊，還有研究所同學：俊宇、偉龍、小玉、大姊...等人，多虧有你們讓我在這段期間，無論是課業上或是生活上，都給予我相當多的幫助與建議，謝謝你們，讓我在這兩年充滿更多快樂回憶。

林家立 謹誌於成功大學統計學研究所

中華民國九十七年六月

目錄

1	第一章 緒論	1
1.1	第一節 研究動機與背景	1
1.2	第二節 文獻及研究目的	2
2	第二章 研究方法	5
2.1	第一節 前提假設的驗證與應用	5
2.2	第二節 常態假設的驗證與參數估計	7
2.3	第三節 多重線性迴歸理論	9
2.4	第四節 建立四種預測指標	13
3	第三章 確認落點預測模型的實證分析	15
3.1	第一節 指考資料	15
3.2	第二節 考科平均數與標準差的估計	15
3.3	第三節 預測模型中參數的探討	18
3.4	第四節 四種預測指標的比較	25
4	第四章 預測指標應用之實證分析	31
4.1	第一節 新增校系之預測	31
4.2	第二節 預測區間之準確度	32

5 第五章 結論與建議	39
6 參考文獻	41
7 附錄一	42
8 附錄二	48
9 附錄三	52



表目錄

1	96年度各考科平均數與標準差的估計值	16
2	95年度各考科平均數與標準差的估計值	17
3	94年度各考科平均數與標準差的估計值	17
4	93年度各考科平均數與標準差的估計值	18
5	九十三與九十四年四種評價指標的相關係數	22
6	九十四與九十五年四種評價指標的相關係數	23
7	九十五與九十六年四種評價指標的相關係數	24
8	九十四至九十六年度四種估計方法的 $SSE(T)$ 值	27
9	九十四至九十六年度兩種估計方法的 $SSE(Z)$ 值	27
10	學校與學群對 $Z^{(3)}$ 值影響的檢定	32
11	九十三至九十六年度迴歸模型標準誤的估計	36
12	$Z_{93}^{(3)}, Z_{94}^{(3)}, Z_{95}^{(3)}, Z_{96}^{(3)}$ 的敘述統計量	38
13	$(Z_{93}^{(1)}, Z_{94}^{(1)})$ 與 $(Z_{93}^{(2)}, Z_{94}^{(2)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量	42
14	$(Z_{93}^{(3)}, Z_{94}^{(3)})$ 與 $(Z_{93}^{(4)}, Z_{94}^{(4)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量	43
15	$(Z_{94}^{(1)}, Z_{95}^{(1)})$ 與 $(Z_{94}^{(2)}, Z_{95}^{(2)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量	44
16	$(Z_{94}^{(3)}, Z_{95}^{(3)})$ 與 $(Z_{94}^{(4)}, Z_{95}^{(4)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量	45
17	$(Z_{95}^{(1)}, Z_{96}^{(1)})$ 與 $(Z_{95}^{(2)}, Z_{96}^{(2)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量	46
18	$(Z_{95}^{(3)}, Z_{96}^{(3)})$ 與 $(Z_{95}^{(4)}, Z_{96}^{(4)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量	47

19	九十四至九十六年度學校效應(α_s)的估計值	48
20	九十四至九十六年度學群效應(β_g)的估計值	51
21	依 $Z_{96}^{(3)}$ 排序後前20個科系的相關資料	52
22	依 $Z_{96}^{(3)}$ 排序後後20個科系的相關資料	53



圖目錄

1	四種評價指標於九十三與九十四年度的散佈圖.....	21
2	$(\hat{T}_{94}^{(n)}, T_{94}^{(n)})$ 之散佈圖, $n = 1, 2, 3, 4$ (左上至右下).....	28
3	$(\hat{T}_{95}^{(n)}, T_{95}^{(n)})$ 之散佈圖, $n = 1, 2, 3, 4$ (左上至右下).....	29
4	$(\hat{T}_{96}^{(n)}, T_{96}^{(n)})$ 之散佈圖, $n = 1, 2, 3, 4$ (左上至右下).....	30
5	$Z_{96}^{(3)}$ 的95%預測區間.....	36
6	$Z_{95}^{(3)}$ 的95%預測區間.....	37
7	$Z_{93}^{(3)}, Z_{94}^{(3)}, Z_{95}^{(3)}, Z_{96}^{(3)}$ 的盒形圖.....	38



第一章 緒論

第一節 研究動機與背景

以往大學聯考分成四類組，各校系通常只能選一類招生。且各類組採記相同科目，考五到六科，每年各校系最低錄取分數排行變動不大。爲了導引考生在大學志願選填時能符合自己的性向，使各大學依據自己的特色單獨或聯合招收適才學生，遂於民國八十八年六月確定所謂的「考招分離，多元入學」方案，並於民國九十一學年首次實施。第一年實施的大學多元入學方案，將招生校系分成甲、乙、丙三案，甲、乙案要求先通過學測檢定，招生校系再自由採計零到三科的指定考試成績，丙案則類似之前舊式的聯考制度，不檢定學測，採計五到六科指考成績。

大學聯考入學方案的改變，爲九十一學年前的舊式聯考制度、九十一學年實施的甲、乙、丙三種入學方案，直到九十三學年將甲、乙、丙三案併成一案，廢除採計零到三科的組合，只能採計三到六科。依據九十三學年度大學考試分發入學簡章，得知考生在選填志願後的分發程序按「先檢定、後採計、同分在斟酌」之程序。參加登記分發的考生於通過校系檢定標準後，以其指定科目考試、術科考試成績及選填志願校系之順序，則優錄取。其中校系檢定代表各校系所要求學科能力測驗之最低標準，未達標準者，該志願校系不予以分發。且各校系指定科目考試與術科考試成績之加權，分別在「不加權 (x1.00)」、「加權 25%(x1.25)」、「加權 50%(x1.50)」、「加權 75%(x1.75)

」、「加權100%(x2.00)」等方式中，擇一方式予以加計總分。

九十三學年度招生簡章共計270頁，其中多數校系所採計指定考試科目之加權方法與前一年度不同，且聯合分發會（簡稱聯分會）僅公佈最低加權錄取總分，不公佈最低原始錄取總分，考生如何在一千六百多個校系中，排出符合自己的志願，又要避免高低就的順序呢？於是多數考生皆曾參考所謂的「落點分析」來預測自己可以錄取各校系機會的高低，作為選填志願的參考依據。由於各校系在不同年度所採計的指考科目加權方法可能不同，所以導致錄取總分有被灌水的可能性，而這也是造成落點預測分析不準確的原因，當校系改變了指考科目採計的加權方法時，我們要怎麼觀察各校系去年的分數在今年的表現會是如何？甚至更進一步地去準確預測其今年的分數。

第二節 文獻及研究目的

基於想去協助考生在選填志願時，有一個較準確的落點分析可提供參考，所以本論文想以統計理論的方法去建立落點預測模型。首先我們先瞭解到以往的落點分析均建立於「前後兩年學生對校系基礎評價不變」的前提假設下，任眉眉等人 [3]曾在中國統計學報首次提出如何驗證此假設的統計理論，此理論是利用各校系的最低錄取加權總分，透過標準化的過程視為該校系的評價指標。經計算前後兩年度各校系錄取指標的樣本相關係數 (coefficient of correlation)，來探討前後兩年各校系評價指標的相關性，且根據九十二和九十三學年度的資料，所計算得到各校系前後兩年評價指標的樣本相關係數皆非常高，代表前後兩年的評價指標具有高線性相關，因此利用簡單線

性迴歸去建立模型，以及進行統計檢定，最後採用前一年度的評價指標來估算當年度各校系的評價指標，而此估計值即可用來估算該校系當年度的最低錄取加權總分。

爲了瞭解各校系前後兩個年度，所採計的考科權重與各考科難易度是否會對各校系造成影響？此文獻利用二因子變異數模型來說明，針對大多學群而言，不同年度採計的考科權重變化是沒有顯著差異，但不同年度採計考科考題難易度變化確有顯著差異。總之，不同年度採計的考科權重變化是沒有太大的影響，但考題難度卻是有影響的。該文獻對於落點分析，率先提出統計理論來說明如何去估計當年度各校系的最低錄取加權總分，同時也驗證了其估計方法的合理性，和證明前提假設之成立，以及說明了不同年度考題的難易程度是會影響到各校系的錄取分數，最後也以實際資料去進行分析，依分析結果建立一套電腦落點分析軟體，置放於成大統計系網頁上 [2]，提供考生及家長一個免費的選填志願的參考。

由於大考中心沒有公佈考科成績分佈與變異數，該文獻爲了簡化落點分析的過程，於是假設所有考科成績均爲具有相同變異數的常態分佈。本論文主要研究目的，爲探討如何應用大考中心所發佈的各單一考科考生成績的頂標、前標、均標、後標和底標，利用線性迴歸的理論去估算各考科的平均數 (mean) 與變異數 (variance)。將此訊息納入落點預測的模型中，依此修正先前的落點預測模型，並比較新一年度各校系最低錄取加權總分所預測分數的準確性。

針對「前後兩年學生對校系基礎評價不變」的前提基本假設，我們將會在第二章討論如何利用統計理論，去驗證此假設是否成立，且在假設所有考科成績均爲具有相同變異數的常態分佈情況下，應用線性迴歸的理論，在大考中心公佈當年度的各考科成績之五標後 (資料參考大考中心網頁 [1])，去估算當年度各考科之平均數與變異數。

在考量不同校系有不同考科權重之意義，在估計當年度各考科平均數與變異數後，提出考生針對各校系四種不同的評價指標，依此四種不同的評價指標建立出不同的落點預測模型，來預測新一年度各校系最低錄取加權總分。

在第三章資料分析部分，透過大考中心與聯分會在九十三至九十六學年度所公佈的各種不同資料，將所有校系分成 19 個學群後，在剔除新一學年度新增及加考術科的校系後，配合第二章的統計理論，將實際資料帶入且驗證前提基本假設成立與否，以及估算出各年度的各考科平均數和變異數，將估計值與大考中心所公佈的實際值列成表格加以比較，以說明估計之準確與否。最後利用不同落點預測模型，去預測出新一年度各校系的最低錄取加權總分再進行比較，而本文比較的方式為採用計算其殘差平方和 (sum of squares) 去衡量依不同指標所建立的預測模型之準確度。

在第四章的部分我們將探討本文所提出落點預測模型的缺點，其缺點為各年度新增校系無法估計之問題，本文將利用二因子變異數模型，去瞭解評價指標在不同學校與學群之間的關係，並估算不同學校與學群的參數，據此提供新增校系評價指標之估計值。也利用線性迴歸分析的預測區間法，去評估我們的預測能力之好壞，最後第五章為結論與建議，概述本研究的結果與未來的一些建議事項。

第二章 研究方法

聯分會所公布的校系最低錄取加權總分是依據各校系採計考試科目及權重計算，各校系在不同學年度所採計的加權比重或科目不盡相同，而採計科目愈多或加權權重愈大，均會導致最低錄取總分被灌水的可能性。爲了探討前後兩年學生對校系的基礎評價是否改變，在先前的文獻中假設各考科成績具有相同變異數的常態分佈 (normal distribution)，採用各考科的均標來調整不同年度的指考成績，也就是將各校系最低錄取加權總分標準化後所得到的錄取指標，計算前後兩年錄取指標的樣本相關係數，觀察其相關性。由於不同年度各考科題目難易度不同，且同年度各考科題目難易度也不盡相同，在本文主要想探討如何利用在放榜前，大考中心所發佈的各單一考科考生成績的頂標、前標、均標、後標和底標 (分別代表各考科第88% 75% 50% 25% 和12% 考生的成績)，此五標去估算當年度各考科的平均數與變異數，依此調整因題目難易度及採計考試科目和權重不同所造成的差異，提出一個修正模式。

第一節 前提假設的驗證與應用

爲了提升落點分析的準確性，在落點分析前，須先檢驗其前提假設「前後兩年學生對校系的基礎評價不變」是否成立。首先，令 $i = 1, 2, \dots, 9$ 分別代表各考試科目 (國文、英文、數甲、數乙、歷史、地理、物理、化學和生物)，針對某年度，令 Y_i 代表考科 i 的成績，則 $E(Y_i) = \mu_i$ 及 $Var(Y_i) = \sigma_i^2$ 分別代表該考科成績分配之平均數

(mean) 與變異數 (variance)。針對不同年度令 μ_{ij} 與 σ_{ij}^2 分別代表年度 j 考科 i 成績分配之平均數與變異數, 其中 $j = 1, 2, \dots, J$ 且 $i = 1, 2, \dots, 9$ 。

針對某固定校系, 令 X_{ij} 代表該校系年度 j 最低錄取總分考生考科 i 之成績, w_{ij} 代表該校系年度 j 考科 i 之權重, 則

$$T_j = \sum_{i=1}^9 w_{ij} X_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, J$$

代表年度 j 聯分會所公佈的該校系最低加權錄取總分。且 X_{ij} 應與 Y_{ij} 具有相同分佈, 因此

$$\mu_{T_j} = E\left(\sum_{i=1}^9 w_{ij} X_{ij}\right) = \sum_{i=1}^9 w_{ij} \mu_{ij}$$

表示其平均數, 且

$$\sigma_{T_j}^2 = Var\left(\sum_{i=1}^9 w_{ij} X_{ij}\right) = \sum_{i=1}^9 w_{ij}^2 \sigma_{ij}^2$$

表示其變異數。事實上, 不同年度各考科題目難易度不同, 且同年度不同考科題目難易度也不盡相同, 本論文將訂立出不同的評價指標, 依據不同的評價指標, 去建立出落點預測模型, 並比較之間的差異。在此我們將不同年度該校系的最低錄取加權總分, 標準化後 (standardized) 作為比較的指標, 即

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^9 w_{ij} (X_{ij} - \mu_{ij})}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 w_{ij}^2 \sigma_{ij}^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (1)$$

則我們有 $E(Z_j) = 0$ 且 $Var(Z_j) = 1$, $j = 1, 2, \dots, J$ 。在連續兩年放榜後, 根據某一學群或學類, 考量某校系 i 連續兩年的標準化後最低錄取加權總分 Z_{1k}, Z_{2k} , $k = 1, 2, \dots, K$, 其中 K 為該學群或學類中校系總數。透過觀察 (Z_{1k}, Z_{2k}) , $k = 1, 2, \dots, K$ 的散佈圖 (scatter plot), 我們可以初步瞭解上述前提假設是否成

立, 接著利用 (Z_{1k}, Z_{2k}) 的樣本相關係數 (coefficient of correlation)

$$r_{Z_1, Z_2} = \frac{\sum_{k=1}^K (Z_{1k} - \bar{Z}_1)(Z_{2k} - \bar{Z}_2)}{\sqrt{\sum_{k=1}^K (Z_{1k} - \bar{Z}_1)^2 \sum_{k=1}^K (Z_{2k} - \bar{Z}_2)^2}}$$

來探討 Z_{1k} 與 Z_{2k} 的相關性, 其中 $\bar{Z}_j = \sum_{k=1}^K Z_{jk}/K$ 。若前後兩年指標 (Z_{1k}, Z_{2k}) 的線性相關程度高, 即代表基本假設「前後兩年學生對校系基礎評價不變」成立。若我們再假設所有考科成績具有常態分佈, 即可應用簡單線性迴歸模型 (simple linear regression model)

$$E(Z_{2k}|z_{1k}) = \beta_0 + \beta_1 z_{1k}, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (2)$$

透過對 β_0 和 β_1 的研究, 建立一個落點分析的預測模型。

第二節 常態假設的驗證與參數估計

大考中心並未公佈當年度考科平均數與變異數前, 我們該如何利用大考中心所公佈的五標, 去估算而得呢? 上節中我們假設所有考科成績具有常態分佈, 所以考科成績 X 以 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ 表之, 則 $Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \sim N(0, 1)$, 利用關係式

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \iff X = \mu + \sigma Z \quad (3)$$

令 X_p 表示 X 考科成績分佈的 p 百分位數 (pth percentile), 則大考中心所發佈的各單一考科考生成績的頂標、前標、均標、後標和底標, 分別記作 $X_{p_i}, i = 1, 2, \dots, 5$, 其中 $p_1 = 88, p_2 = 75, p_3 = 50, p_4 = 25, p_5 = 12$ 。對應於標準常態分佈我們可

以查表找出 Z_{p_i} 值, 根據 (3) 式我們會有

$$X_{p_i} = \mu + \sigma Z_{p_i}, \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

由於只有五個點 $(X_{p_i}, Z_{p_i}), i = 1, 2, \dots, 5$ 所以我們不製作散佈圖, 直接利用簡單線性迴歸模型

$$E(X_{p_i}) = \mu + \sigma Z_{p_i}, \quad i = 1, 2, \dots, 5 \quad (4)$$

來估計該考科成績分佈的平均數與變異數。並透過殘差分析了解上述模型的配適度。

若殘差平方和相當小時, 由於 Z_{p_i} 值對應於標準常態分配, 表示考科成績 X 確實服從常態分佈。而參數估計過程如下: 考慮線性迴歸模型

$$X_{p_i} = \mu + \sigma Z_{p_i} + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \nu^2) \quad (5)$$

其中 ν^2 為未知的變異數, 所以

$$X_{p_i} \stackrel{i.i.d}{\sim} N(\mu + \sigma Z_{p_i}, \nu^2)$$

其中 $i = 1, 2, \dots, 5$ 。根據線性迴歸分析我們有斜率 σ (slope) 及截距 μ (intercept)

的最小平方估計量 (least square estimator)

$$\begin{cases} \hat{\sigma} = \frac{\sum(z_{p_i} - \bar{z}_p)(x_{p_i} - \bar{x}_p)}{\sum(z_{p_i} - \bar{z}_p)^2} \\ \hat{\mu} = \bar{x}_p - \hat{\sigma} \bar{z}_p \end{cases}$$

根據對稱性, $Z_{p_1} = -Z_{p_5}, Z_{p_2} = -Z_{p_4}, Z_{p_3} = 0$, 我們有 $\sum Z_{p_i} = 0$, 因此上式簡化

後可得

$$\begin{cases} \hat{\sigma} = \frac{\sum z_{p_i} x_{p_i}}{\sum z_{p_i}^2} \\ \hat{\mu} = \bar{x}_p \end{cases} \quad (6)$$

所以在每年大考中心公佈各考科成績之五標後，我們便可以利用 (6) 式去估計當年度各考科的平均數與變異數，接著將利用此訊息去建立一個落點預測模型，進一步地估算當年度各考科的最低錄取加權總分。

第三節 多重線性迴歸理論

在第一節中我們利用 (2) 式去建立落點預測模型，而本節主要想去驗證在假設所有考科成績均具有常態分佈下，(2) 式成立的理由。首先，在所有考科成績 X_{ij} 均服從常態分佈的假設下，則 (1) 式中，錄取指標 $Z_j \sim N(0, 1), j = 1, 2, \dots, J$ 。因此令 $\mathbf{Z} = (Z_J, Z_{J-1}, \dots, Z_1)'$ 則 \mathbf{Z} 服從多變量常態分佈，亦即 $\mathbf{Z} \sim MN_J(\mathbf{0}, \Sigma)$ ，其中 $\mathbf{0} = (0, \dots, 0)'$ 為 J 維度零向量， $\Sigma = [\sigma_{ij}]$ 為 $J \times J$ 共變異方陣 (covariance matrix)， $\sigma_{ii} = 1, \sigma_{ij} = \rho_{ij}$ 為 Z_i 與 Z_j 的相關係數。根據多變量分析理論，我們知道若 $\mathbf{X}' = (\mathbf{X}^{(1)}, \mathbf{X}^{(2)})' \sim MN_p(\mu, \Sigma)$ 服從 p 維度多變量常態分佈，其中 $\mathbf{X}^{(1)}$ 為 q 維度隨機向量， $\mathbf{X}^{(2)}$ 為 $p - q$ 維隨機向量， $\mu = (\mu^{(1)}, \mu^{(2)})'$ ， $\Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix}$ ，則給定 $\mathbf{X}^{(2)} = x^{(2)}$ 之下， $\mathbf{X}^{(1)}|x^{(2)}$ 仍然服從 q 維度多變量常態分佈，其中

$$E(\mathbf{X}^{(1)}|x^{(2)}) = \mu^{(1)} + \Sigma_{12}\Sigma_{22}^{-1}(x^{(2)} - \mu^{(2)}) = \nu(x^{(2)}) \quad (7)$$

共變異數方陣為

$$E\{[\mathbf{X}^{(1)} - \nu(x^{(2)})][\mathbf{X}^{(1)} - \nu(x^{(2)})]'|x^{(2)}\} = \Sigma_{11} - \Sigma_{12}\Sigma_{22}^{-1}\Sigma_{21} \quad (8)$$

有關多變量分析理論，詳細請參考 [4]。若將 \mathbf{Z} 分割為 $\mathbf{Z} = (\mathbf{Z}^{(1)}, \mathbf{Z}^{(2)})$ ，其中 $\mathbf{Z}^{(1)} = Z_J$ ， $\mathbf{Z}^{(2)} = (Z_{J-1}, \dots, Z_1)$ 。帶入 (7) 式中即可得，

$$\begin{aligned} & E(Z_J | z_{J-1}, \dots, z_1) \\ &= E(Z^{(1)} | z^{(2)}) \\ &= \mu^{(1)} + \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} (z^{(2)} - \mu^{(2)}) \end{aligned} \quad (9)$$

令 $\mu_i = E(Z_i)$ ， $\sigma = \text{Var}(Z_i)$ ， $\rho = \rho_{Z_i Z_j}$ 為 Z_1 與 Z_2 的相關係數，則當 $J = 2$ 時，

$$\begin{aligned} E(Z_2 | z_1) &= \mu_2 + \rho \frac{\sigma_2}{\sigma_1} (z_1 - \mu_1) \\ &= \left(\mu_2 - \rho \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \mu_1 \right) + \rho \frac{\sigma_2}{\sigma_1} z_1 \\ &= \beta_0 + \beta_1 z_1 \end{aligned} \quad (10)$$

此與模型 (2) 吻合。同理對一般 $J \geq 2$ 時，(9) 式符合下列多重線性迴歸模型

$$E(Z_{Jk} | z_{1k}, \dots, z_{J-1k}) = \beta_0 + \beta_1 z_{1k} + \dots + \beta_{J-1} z_{J-1k}, k = 1, \dots, K. \quad (11)$$

若 $Z_j \sim N(0, 1)$ ， $j = 1, \dots, J$ ，此時 $\mu_i = 0$ ， $\sigma_{ii} = 1$ ， $\rho_{ij} = \rho_{Z_i Z_j}$ ，則當 $J = 2$ 時，(10) 式可以簡化成

$$E(Z_2 | z_1) = \rho_{12} z_1$$

同理對一般 $J \geq 2$ 而言，(9) 式可化簡為

$$E(Z_{Jk} | z_{1k}, \dots, z_{J-1k}) = \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} (z_{J-1k}, \dots, z_{1k})' \quad (12)$$

當 $\rho_{ij} = \rho$ ， $\forall i, j = 1, \dots, J$ 時，我們有下列重要結果。

定理 1. 令 $A_{n \times n} = \begin{bmatrix} x & \rho & \cdots & \rho \\ \rho & x & \cdots & \rho \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \rho & \rho & \cdots & x \end{bmatrix}$, 則 A 的行列式為 $|A| = (x + (n - 1)\rho)(z - \rho)^{n-1}$.

證明:

$$\begin{vmatrix} x & \rho & \cdots & \rho \\ \rho & x & \cdots & \rho \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \rho & \rho & \cdots & x \end{vmatrix} = (x + (n - 1)\rho) \begin{vmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \rho & x & \cdots & \rho \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \rho & \rho & \cdots & x \end{vmatrix} \\
 = (x + (n - 1)\rho) \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \rho & x - \rho & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \rho & 0 & \cdots & x - \rho \end{vmatrix} \\
 = (x + (n - 1)\rho)(x - \rho)^{(n-1)}$$

□

引理 1. 當 $\Sigma_{J \times J} = \begin{bmatrix} 1 & \rho & \cdots & \rho \\ \rho & 1 & \cdots & \rho \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \rho & \rho & \cdots & 1 \end{bmatrix}$, 則 $|\Sigma| = (1 + (J - 1)\rho)(1 - \rho)^{J-1}$

定理 2. 令 $I_{n \times n}$ 為單位矩陣, $E_{n \times n} = [e_{ij}]$, $e_{ij} = 1$ 為所有元素均為 1 的矩陣, 則

$$(pI + qE)^{-1} = \frac{1}{p} \left(I - \frac{q}{p + nq} E \right), \quad p + nq \neq 0.$$

證明: 因為 $E^2 = nE$, 因此

$$\begin{aligned} (pI + qE) \frac{1}{p} \left(I - \frac{q}{p + nq} E \right) &= I + \frac{q}{p} E + \frac{q}{p + nq} E + \frac{q^2}{p(p + nq)} E^2 \\ &= I + \frac{q(p + nq) - pq - nq^2}{p(p + nq)} E \\ &= I \end{aligned}$$

同理

$$\frac{1}{p} \left(I - \frac{q}{p + nq} E \right) (pI + qE) = I.$$

□

引理 2. 如引理 1 中, $\Sigma_{J \times J} = (1 - \rho)I + \rho E$, 故 $\Sigma_{J \times J}^{-1} = \frac{1}{(1 - \rho)} \left[I - \frac{\rho}{1 + (J - 1)\rho} E \right]$.

引理 3. (9) 式中, $\Sigma_{22} = (1 - \rho)I + \rho E$ 為一個 $J - 1$ 階方陣, 故

$$\Sigma_{22}^{-1} = \frac{1}{(1 - \rho)} \left[I - \frac{\rho}{1 + (J - 2)\rho} E \right]$$

同時, 在 (9) 式中, $\Sigma_{12} = (\rho, \dots, \rho)$ 為一個 $J - 1$ 維的列向量, 直接計算可得

$$\Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} = \frac{\rho}{1 + (J - 2)\rho} (1, \dots, 1)$$

再帶入 (12) 式及 (8) 式, 我們可以得到

$$E(Z_{Ji} | z_{1i}, \dots, z_{J-1i}) = \frac{\rho}{1 + (J - 2)\rho} (z_{J-1i} + \dots + z_{1i}) \quad (13)$$

$$\Sigma_{11} - \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} = 1 - \frac{(J - 1)\rho^2}{1 + (J - 2)\rho} \quad (14)$$

第四節 建立四種預測指標

先前文獻中，利用前後兩年的評價指標所建立的迴歸模型，經由探討截距與斜率項來進行落點預測，而我們在估算出當年度各考科平均數與變異數後，我們重新定義針對各校系四種不同的評價指標，分別為

$$Z_j^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^9 w_{ij}(X_{ij} - \mu_{ij}^{(1)})}{\sum_{i=1}^9 w_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (15)$$

其中 $\mu_{ij}^{(1)}$ 代表在不同年度各考科的均標，在考科假設為常態分佈下，平均數即為中位數（均標），因此我們有 $E(Z_j^{(1)}) = 0, j = 1, 2, \dots, J$.

$$Z_j^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^9 w_{ij}(X_{ij} - \hat{\mu}_{ij})}{\sum_{i=1}^9 w_{ij}}, \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (16)$$

$\hat{\mu}_{ij}$ 即為在不同年度 j 所估計出考科 i 之平均數。

$$Z_j^{(3)} = \frac{\sum_{i=1}^9 w_{ij}(X_{ij} - \hat{\mu}_{ij})}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 w_{ij}^2 \hat{\sigma}_{ij}^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (17)$$

同理， $\hat{\sigma}_{ij}^2$ 為年度 j 考科 i 之變異數估計值。

$$Z_j^{(4)} = \frac{\sum_{i=1}^9 w_{ij}(X_{ij} - \mu_{ij})}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 w_{ij}^2 \sigma_{ij}^2}}, \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (18)$$

其中 μ_{ij} 與 σ_{ij}^2 為年度 j 考科 i 之真實考生成績之平均數與變異數。

透過驗證「前後兩年學生對校系的基礎評價不變」的基本假設是否成立時，我們必須計算此四種評價指標，前後兩年的樣本相關係數，當相關係數高時，基本假設便成立。同時我們也將利用簡單線性迴歸模型去建立前後兩年預測指標的關係，即

$$E(Z_{j+1}^{(n)}) = \beta_0^{(n)} + \beta_1^{(n)} z_j^{(n)}, \quad n = 1, 2, 3, 4. \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (19)$$

同樣地藉由探討截距項與斜率項，且進行統計檢定，來建立落點預測模型以估計當年度各校系的最低錄取總分 (T_j)。

在之後第三章的部分，將實際九十三至九十四學年度的指考資料，應用第二章的理論，來估算當年度各考科成績之平均數與標準差，以及探討預測模型中的參數表現，最後比較四種不同的指標所建立的預測模型的準確度，以確立我們最後選擇的落點預測模型，而實際檢定的方式與分析結果，皆在第三章有詳盡的說明與整理。

接著第四章預測指標的應用，將討論本文利用預測指標所建立的預測模型缺點，即無法估計新增校系的評價指標，透過二因子變異數模型的理論去探討不同學校與不同學群，對各校系評價指標的影響，進而估計不同學校與學群的因子效應，以此解決新增校系無法估計其預測指標的缺點。為了更進一步地瞭解落點預測模型的準確度，我們將利用線性迴歸模型的預測區間來評估預測模型的準確度。

第三章 確認落點預測模型的實證分析

第一節 指考資料

本章資料分析的部分，將引用大考中心及聯分會在九十三至九十六學年度所公佈的相關指考資料，其中包括九十三至九十六共四年度的各校系最低錄取加權總分、以及此四學年度的各校系指考科目與加權方法、及各考科成績的五標。且將採用每兩年為一組的資料進行分析，也就是九十三-九十四年、九十四-九十五年、與九十五-九十六年，為了資料的完整性及一致性，先剔除新一學年度新增校系及加考術科的校系，而九十三-九十四年在剔除新增校系後共有 1373 筆，九十四-九十五為 1400 筆，九十五-九十六年有 1434 筆資料，再將這些校系分成 19 個學群，對所有校系及各個學群分類，進行資料分析。

隨後將利用此資料，應用本文第二章的研究方法，去進行各年度各考科平均數與變異數的估計，再使用大考中心所公佈各年度的各考科成績之五標，去訂立出四種不同的評價指標，依此四種評價指標計算其前後兩年的樣本相關係數，以驗證「前後兩年學生對校系基礎評價不變」的前提基本假設，並建立落點預測模型去估計新一年度各校系的最低錄取加權總分，最後再比較其估計之結果。

第二節 考科平均數與標準差的估計

在每年放榜前，大考中心將會公佈當年度各考科成績的五標，為了去估計當年度各考科成績未知的平均數與變異數，在考科成績分佈為常態的假設下，應用簡單線性迴

歸的理論，詳細請參考 [5]。我們使用最小平方估計法 (6) 式去估算各考科平均數與變異數，將九十三至九十六學年度，各考科平均數與變異數真實與估計值整理於表 1 至表 4。

由表可觀察不同年度各考科當年度平均數的估計值，皆與實際上的真實平均數差異很小，但是在標準差的部分，由於每年考科難易度的不同，所以估計值與實際質的差距每年也會有所不同，且在大部分的考科中皆有高估的現象。但整體而言，無論是考科的平均數或是標準差，我們利用迴歸分析的最小平方估計法所得的估計值，表現是不錯的。後續本文將利用所估計各考科平均數與標準差的訊息，應用先前所探討的多重線性迴歸模型，去建立落點預測分析，以估計新一年度各校系的最低錄取加權總分。

表 1: 96 年度各考科平均數與標準差的估計值

96 年	國文	英文	數甲	數乙	歷史	地理	物理	化學	生物
$\hat{\mu}$	54.20	30.40	35.00	43.80	53.20	39.40	32.60	43.00	57.00
$\hat{\sigma}$	14.37	23.03	21.65	23.67	20.19	14.88	27.33	25.68	23.21
中位數	56	26	33	43	55	40	27	41	56
μ	54.46	31.12	36.09	44.45	53.40	39.65	32.81	43.55	56.94
σ	14.47	21.53	21.02	21.92	19.14	14.8	25.10	23.14	20.99

表 2: 95 年度各考科平均數與標準差的估計值

95 年	國文	英文	數甲	數乙	歷史	地理	物理	化學	生物
$\hat{\mu}$	51.60	33.20	35.80	54.60	38.80	40.20	26.60	42.40	45.40
$\hat{\sigma}$	13.55	26.19	21.52	30.54	15.20	17.03	20.32	23.85	21.20
中位數	52	28	35	56	40	40	22	41	44
μ	51.61	33.95	36.92	54.55	39.24	40.47	27.09	42.97	45.47
σ	13.64	23.71	20.66	27.01	14.61	16.16	20.03	22.19	19.75

表 3: 94 年度各考科平均數與標準差的估計值

94 年	國文	英文	數甲	數乙	歷史	地理	物理	化學	生物
$\hat{\mu}$	43.60	36.40	33.60	29.20	34.80	36.20	27.80	38.40	45.40
$\hat{\sigma}$	14.05	26.69	20.51	24.86	18.54	15.89	21.65	29.85	20.83
中位數	44	34	32	25	35	36	23	34	44
μ	44.02	37.03	34.51	30.04	35.32	36.57	28.31	38.88	45.93
σ	13.90	23.79	19.56	23.30	17.42	15.55	20.97	26.64	19.86

表 4: 93 年度各考科平均數與標準差的估計值

93 年	國文	英文	數甲	數乙	歷史	地理	物理	化學	生物
$\hat{\mu}$	56.80	30.60	34.80	35.60	30.20	41.00	40.00	33.80	56.80
$\hat{\sigma}$	14.56	21.01	23.80	22.66	15.89	16.53	27.51	25.50	20.19
中位數	58	27	30	32	30	42	35	30	57
μ	56.50	30.50	34.50	36.00	30.50	41.00	39.50	34.00	56.00
σ	14.41	20.26	22.83	22.06	15.14	16.03	24.95	23.28	19.03

¹ 當年度各考科之平均數, 標準差 μ, σ 之資料, 為大考中心網頁 [1] 所提供。

² $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ 為利用本文 (6) 式所估計出的當年度各考科之平均數與標準差。

第三節 預測模型中參數的探討

我們在建立預測模型前, 需先驗證「前後兩年學生對校系的基礎評價不變」此前提假設, 首先先觀察本文所訂立的四種不同評價指標, 在九十三與九十四前後兩年的散佈情形, 圖 1 即為九十三與九十四前後兩年在所有校系與數理學群的散佈圖, 由圖 1 可以觀察出我們所定義的四種評價指標在九十三與九十四前後兩年, 具有高度線性相關, 再進一步地計算其樣本相關係數整理於表 5, 此表顯示四種不同的評價指標在大部分的學群中, 樣本相關係數皆大於 0.95, 此結果驗證圖 1 所顯示九十三與九十四前後兩年, 評價指標具有高線性相關的現象。表 6 與表 7 分別為九十四與九十五、九十五與九十六, 各前後兩年四種評價指標的樣本相關係數值, 其結果同樣說明了「前後兩年學生對校系的基礎評價不變」此前提假設的成立。

在假設所有考科成績均具有常態分佈下，我們應用第二章第三節所討論的多重線性迴歸理論，當連續兩年成績 $J = 2$ 時，則 (9) 式將簡化成 (10) 式，也就是採用簡單線性迴歸去建立前後兩年四種評價指標的關係，表示為

$$E(Z_{j+1}^{(n)}) = \beta_0^{(n)} + \beta_1^{(n)} z_j^{(n)}, \quad n = 1, 2, 3, 4. \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (20)$$

經探討截距 $\beta_0^{(n)}$ 與斜率項 $\beta_1^{(n)}$ 的表現去建立一落點預測模型，同時我們再次地觀察圖 1，顯示虛無假設 $H_{00}^{(n)} : \beta_0^{(n)} = 0$ 與 $H_{01}^{(n)} : \beta_1^{(n)} = 1$ ， $n = 1, 2, 3, 4$ 有成立的可能性。因此對兩虛無假設進行統計檢定，其中 $t_1^{(n)}$ 代表檢定 $H_{00}^{(n)} : \beta_0^{(n)} = 0$ 、 $t_2^{(n)}$ 代表檢定 $H_{01}^{(n)} : \beta_1^{(n)} = 1$ 的統計量值，將此統計量整理於附錄一之表 13 至表 18，由表觀察出 $\hat{\beta}_0^{(3)}$ 與 $\hat{\beta}_0^{(4)}$ 大多較 $\hat{\beta}_0^{(1)}$ 與 $\hat{\beta}_0^{(2)}$ 來的接近 0，且 $\hat{\beta}_1^{(n)}$ ， $n = 1, 2, 3, 4$ 等統計量均相當靠近 1，並且在各模型中的判定係數 $R_{(n)}^2$ 在各群學中皆相當接近 1，代表我們應用 (20) 式的模型去解釋此資料的解釋能力是相當高的。

由於大多數學群的校系個數皆大於 40，在顯著水準 0.05 下，若引用 $z_{0.025} = 1.96$ 做決策，則虛無假設 $H_{00}^{(n)} : \beta_0^{(n)} = 0$ 在大部分的學群中皆被拒絕，而在虛無假設 $H_{01}^{(n)} : \beta_1^{(n)} = 1$ 上 $t_2^{(3)}$ 的值在某些學群中依舊有偏大的現象，此現象與我們關觀察到的圖形，以及計算出的估計值有落差的情況，我們探究其原因，造成 $t_1^{(n)}$ 與 $t_2^{(n)}$ 統計量偏大的現象，是與各學群樣本數偏大有關。

經由上述的統計檢定結果，我們視 $\beta_0^{(n)} = 0, \beta_1^{(n)} = 1$ 去預測新一年的評價指標，故我們將採用

$$\hat{Z}_{j+1}^{(n)} = Z_j^{(n)}, \quad n = 1, 2, 3, 4. \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (21)$$

來估計新一年度各校系的評價指標,再由此估計值去估算各校系新一年度的最低錄取
加權總分。



所有校系

數理學群

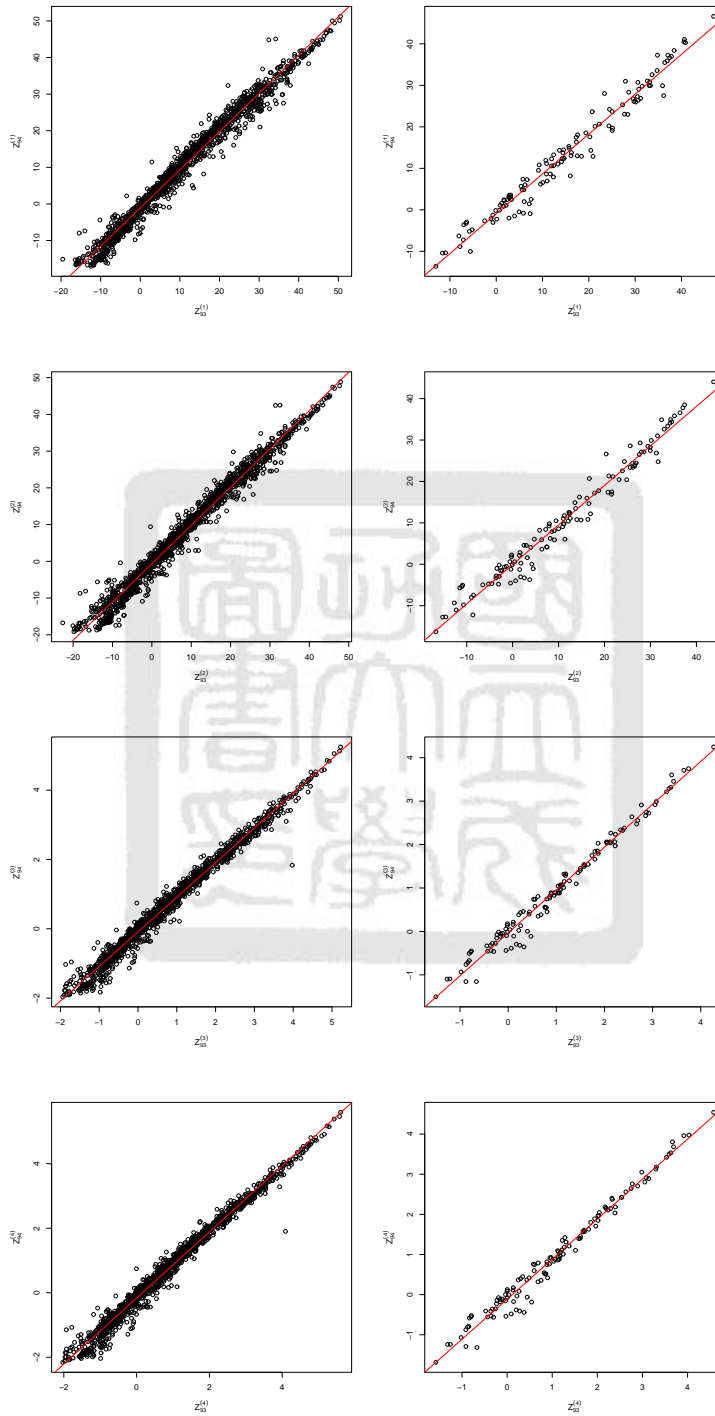


圖 1: 四種評價指標於九十三與九十四年度的散佈圖。

表 5: 九十三與九十四年四種評價指標的相關係數

分類	總數	$r_{Z_{93}^{(1)}, Z_{94}^{(1)}}$	$r_{Z_{93}^{(2)}, Z_{94}^{(2)}}$	$r_{Z_{93}^{(3)}, Z_{94}^{(3)}}$	$r_{Z_{93}^{(4)}, Z_{94}^{(4)}}$
所有校系	1373	0.9884	0.9882	0.9909	0.9912
大眾傳播學群	41	0.9816	0.9780	0.9891	0.9883
工程學群	200	0.9937	0.9931	0.9957	0.9957
文史哲學學群	73	0.9952	0.9947	0.9929	0.9929
外語學群	100	0.9879	0.9863	0.9874	0.9873
生命科學學群	45	0.9929	0.9930	0.9960	0.9959
地球環境學群	28	0.9921	0.9921	0.9884	0.9902
法政學群	69	0.9957	0.9954	0.9948	0.9947
社會心理學群	73	0.9915	0.9889	0.9889	0.9893
建築設計學群	40	0.9701	0.9644	0.9291	0.9305
財經學群	123	0.9947	0.9956	0.9937	0.9937
教育學群	55	0.9863	0.9888	0.9921	0.9916
資訊學群	121	0.9858	0.9858	0.9916	0.9914
農林漁牧學群	36	0.9915	0.9916	0.9917	0.9922
管理學群	91	0.9897	0.9867	0.9867	0.9868
數理化學群	123	0.9832	0.9836	0.9896	0.9891
醫藥衛生學群	134	0.9954	0.9954	0.9962	0.9961
藝術學群	11	0.9905	0.9891	0.9921	0.9916
體育學群	6	0.9439	0.9263	0.8857	0.8798
其他學群	4	0.9968	0.9983	0.9999	0.9999

表 6: 九十四與九十五年四種評價指標的相關係數

分類	總數	$r_{Z_{94}^{(1)}, Z_{95}^{(1)}}$	$r_{Z_{94}^{(2)}, Z_{95}^{(2)}}$	$r_{Z_{94}^{(3)}, Z_{95}^{(3)}}$	$r_{Z_{94}^{(4)}, Z_{95}^{(4)}}$
所有校系	1400	0.9934	0.9930	0.9937	0.9939
大眾傳播學群	44	0.9947	0.9946	0.9975	0.9975
工程學群	199	0.9969	0.9972	0.9973	0.9973
文史哲學群	76	0.9928	0.9923	0.9933	0.9938
外語學群	102	0.9949	0.9957	0.9960	0.9963
生命科學學群	45	0.9964	0.9963	0.9977	0.9977
地球與環境學群	27	0.9977	0.9979	0.9976	0.9983
法政學群	72	0.9958	0.9960	0.9955	0.9959
社會與心理學群	77	0.9968	0.9962	0.9977	0.9975
建築與設計學群	36	0.9819	0.9783	0.9870	0.9863
財經學群	125	0.9970	0.9974	0.9928	0.9936
教育學群	53	0.9899	0.9905	0.9950	0.9951
資訊學群	125	0.9963	0.9959	0.9925	0.9926
農林漁牧學群	38	0.9899	0.9895	0.9905	0.9906
管理學群	105	0.9951	0.9951	0.9926	0.9934
數理化學群	122	0.9746	0.9751	0.9772	0.9771
醫藥衛生學群	135	0.9961	0.9959	0.9970	0.9969
藝術學群	10	0.9822	0.9815	0.9792	0.9807
體育學群	5	0.9521	0.9680	0.9642	0.9639
其他學群	4	0.9998	0.9991	0.9998	0.9998

表 7: 九十五與九十六年四種評價指標的相關係數

分類	總數	$r_{Z_{95}^{(1)}, Z_{96}^{(1)}}$	$r_{Z_{95}^{(2)}, Z_{96}^{(2)}}$	$r_{Z_{95}^{(3)}, Z_{96}^{(3)}}$	$r_{Z_{95}^{(4)}, Z_{96}^{(4)}}$
所有校系	1434	0.9886	0.9882	0.9883	0.9898
大眾傳播學群	46	0.9928	0.9936	0.9928	0.9932
工程學群	207	0.9937	0.9939	0.9934	0.9938
文史哲學群	77	0.9924	0.9925	0.9927	0.9932
外語學群	108	0.9857	0.9863	0.9879	0.9878
生命科學學群	47	0.9928	0.9929	0.9932	0.9933
地球與環境學群	28	0.9937	0.9937	0.9963	0.9958
法政學群	71	0.9953	0.9951	0.9959	0.9959
社會與心理學群	81	0.9736	0.9741	0.9765	0.9778
建築與設計學群	36	0.9792	0.9737	0.9664	0.9666
財經學群	121	0.9911	0.9909	0.9919	0.9921
教育學群	54	0.9859	0.9862	0.9881	0.9880
資訊學群	129	0.9862	0.9848	0.9857	0.9866
農林漁牧學群	38	0.9800	0.9800	0.9826	0.9820
管理學群	107	0.9842	0.9835	0.9866	0.9868
數理化學群	126	0.9918	0.9920	0.9931	0.9942
醫藥衛生學群	138	0.9951	0.9950	0.9946	0.9950
藝術學群	11	0.9918	0.9913	0.9940	0.9940
體育學群	5	0.9140	0.9313	0.9792	0.9810
其他學群	4	0.9997	0.9997	0.9966	0.9983

第四節 四種預測指標的比較

在上一節中我們提出如何去預測新一年度四種評價指標, 且依此四種評價指標的預測值去估計新一年度各校系最低錄取加權總分, 即 $T_{j+1}^{(n)}$, $n = 1, 2, 3, 4$. 根據 (21) 式, 其公式如下:

$$\hat{Z}_{j+1}^{(1)} = Z_j^{(1)} \Leftrightarrow \frac{\hat{T}_{j+1}^{(1)} - \sum_{i=1}^9 w_{ij+1} \mu_{ij+1}^{(1)}}{\sum_{i=1}^9 w_{ij+1}} = Z_j^{(1)}$$

$$\hat{Z}_{j+1}^{(2)} = Z_j^{(2)} \Leftrightarrow \frac{\hat{T}_{j+1}^{(2)} - \sum_{i=1}^9 w_{ij+1} \hat{\mu}_{ij+1}}{\sum_{i=1}^9 w_{ij+1}} = Z_j^{(2)}$$

$$\hat{Z}_{j+1}^{(3)} = Z_j^{(3)} \Leftrightarrow \frac{\hat{T}_{j+1}^{(3)} - \sum_{i=1}^9 w_{ij+1} \hat{\mu}_{ij+1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 w_{ij+1}^2 \hat{\sigma}_{ij+1}^2}} = Z_j^{(3)}$$

$$\hat{Z}_{j+1}^{(4)} = Z_j^{(4)} \Leftrightarrow \frac{\hat{T}_{j+1}^{(4)} - \sum_{i=1}^9 w_{ij+1} \mu_{ij+1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 w_{ij+1}^2 \sigma_{ij+1}^2}} = Z_j^{(4)}$$

但注意當 $n = 4$ 時的估計方法, 由於在新一年度我們必須在放榜前估計各校系的成績, 所以當年度的各考科真實的平均數與標準差是未知的, 因此利用估計值 $\hat{\mu}_{ij+1}$ 、 $\hat{\sigma}_{ij+1}^2$ 取代。本文爲了比較四種不同估計方法所估計出九十四至九十六年度各校系最低加權錄取總分 $\hat{T}_j^{(n)}$, $n = 1, 2, 3, 4$ 之準確性, 因而定義 T 的殘差值 (residual) 爲

$$e_j^{(n)}(T) = \hat{T}_j^{(n)} - T_j, \quad n = 1, 2, 3, 4, \quad j = 94, 95, 96.$$

且將利用殘差平方和 (sum of squares)

$$SSE_j^{(n)}(T) = \sum (e_j^{(n)}(T))^2, \quad n = 1, 2, 3, 4, \quad j = 94, 95, 96.$$

去評估在不同年度四種估計方法的準確性。同時，為了去除各校系各考科權重之影響，我們再次定義 Z 的殘差值

$$e_j^{(n)}(Z) = \hat{Z}_j^{(n)} - Z_j^{(n)}, \quad n = 1, 2, 3, 4, \quad j = 94, 95, 96.$$

相同地，計算其殘差平方和

$$SSE_j^{(n)}(Z) = \sum (e_j^{(n)}(Z))^2, \quad n = 1, 2, 3, 4, \quad j = 94, 95, 96.$$

來比較其準確性。

由表 8 顯示出在估計九十四至九十六年度中，利用指標 (3) 估計所造成的殘差平方和 SSE 相對較小，因此整體來說利用指標 (3) 相較於其他的估計方法來的精準，接著觀察 $(\hat{T}_j^{(n)}, T_j^{(n)})$ 之散佈圖，由圖 2 可以看出在估計九十四年的分數上，指標 (3) 所建立的模型，在預測分數與實際分數所呈現的散佈圖較其他來的緊密，同樣地圖 3 在九十五年度所呈現的也是相同情況，但我們可以由散佈圖看到，在得分較高的校系上，指標 (3) 與 (4) 所估計出的分數較指標 (1) 與 (2) 來的不精確，但整體來看，指標 (3) 所估計的分數是較精確的。

值得注意的是在預測 96 年度分數所產生的 SSE ，雖然指標 (2)、(3) 的值依舊皆較 (1) 來的小，但數值與其他年度比較卻異常的大，因此我們藉由觀察圖 4，可以清楚的知道在評價較低的校系中，估計值與實際值差異很大，我們探討其原因，是在於每年大學錄取率越來越高的情況下，在沒有限制繳交志願卡分數的條件下，其中評價不高的校系可能招收到有就讀的意願但分數異常低的學生，因此產生 96 年一些評價不高的校系，最低錄取加權總分較 95 年低許多，造成在 96 年無論何種估計方式所產生的 SSE 有急速膨脹的現象，但四種評價指標在九十五至九十六年，前後兩年的相關係數值依

舊不低,這也代表基本假設並未違背,所以除了這一部份校系預測較不準確,其他部分並未異常。同理,在們觀察表9也有相同的結果,也就是納入各考科平均數與變異數資訊後的 $SSE^{(3)}$ (無論是 T 或 Z),皆較先前假設變異數一致所建立之預測模型,所產生的 $SSE^{(1)}$ 來的小,代表我們修正後的模型是較準確的。

表 8: 九十四至九十六年度四種估計方法的 $SSE(T)$ 值

	九十四年度	九十五年度	九十六年度
$SSE^{(1)}(T)$	319094.8	287928	965939
$SSE^{(2)}(T)$	303194.4	240395	910170
$SSE^{(3)}(T)$	266766.3	242942	949680
$SSE^{(4)}(T)$	337859.6	247563	708880

表 9: 九十四至九十六年度兩種估計方法的 $SSE(Z)$ 值

	九十四年度	九十五年度	九十六年度
校系總數	1373	1400	1434
$SSE^{(1)}(Z)$	8551.46	7557.02	19630.86
$SSE^{(2)}(Z)$	8022.95	6497.21	18414.88
$SSE^{(3)}(Z)$	63.49	57.62	193.76
$SSE^{(4)}(Z)$	88.41	60.42	205.40

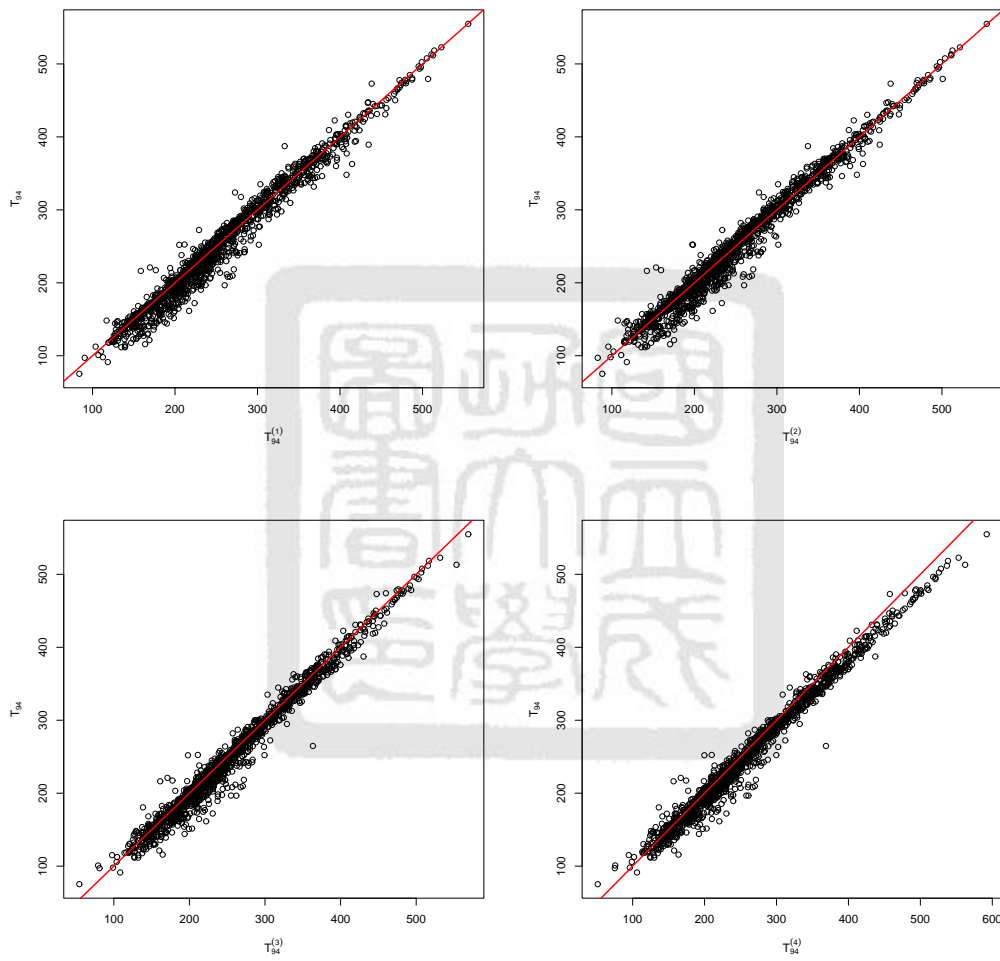


圖 2: $(\hat{T}_{94}^{(n)}, T_{94}^{(n)})$ 之散佈圖, $n = 1, 2, 3, 4$ (左上至右下).

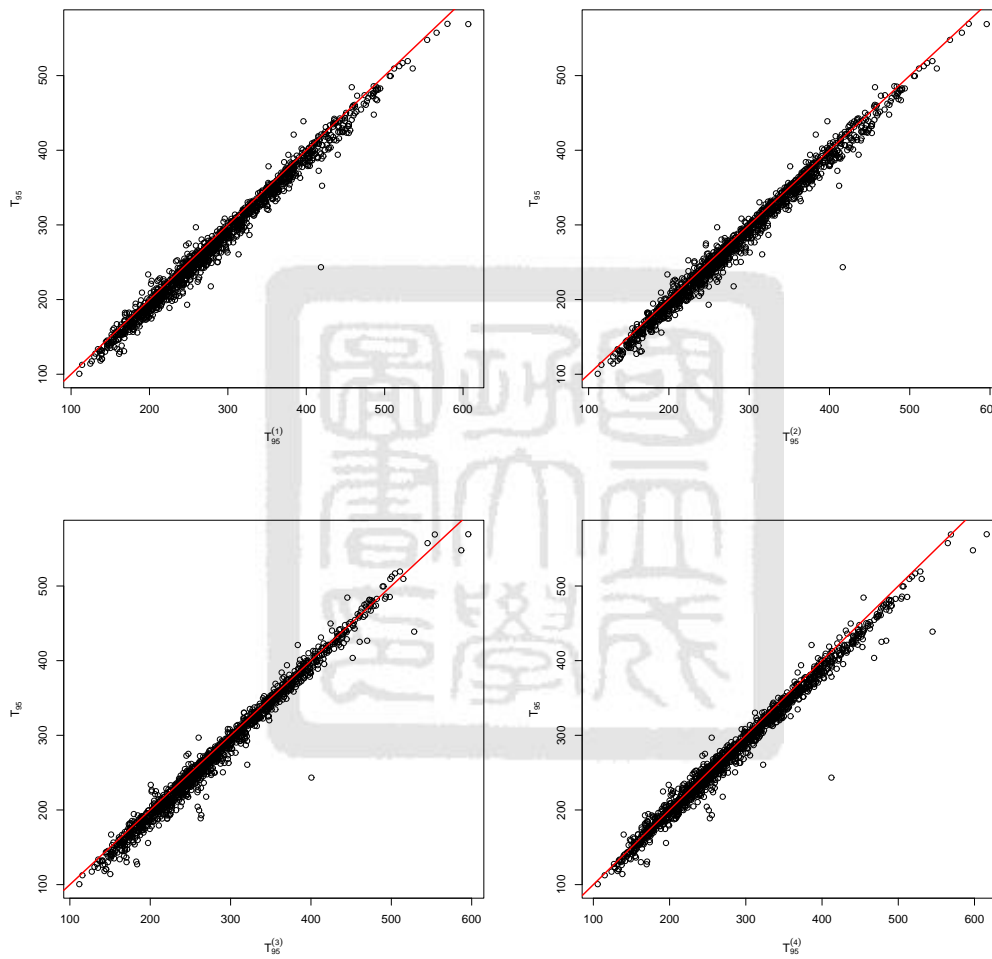


圖 3: $(\hat{T}_{95}^{(n)}, T_{95}^{(n)})$ 之散佈圖, $n = 1, 2, 3, 4$ (左上至右下).

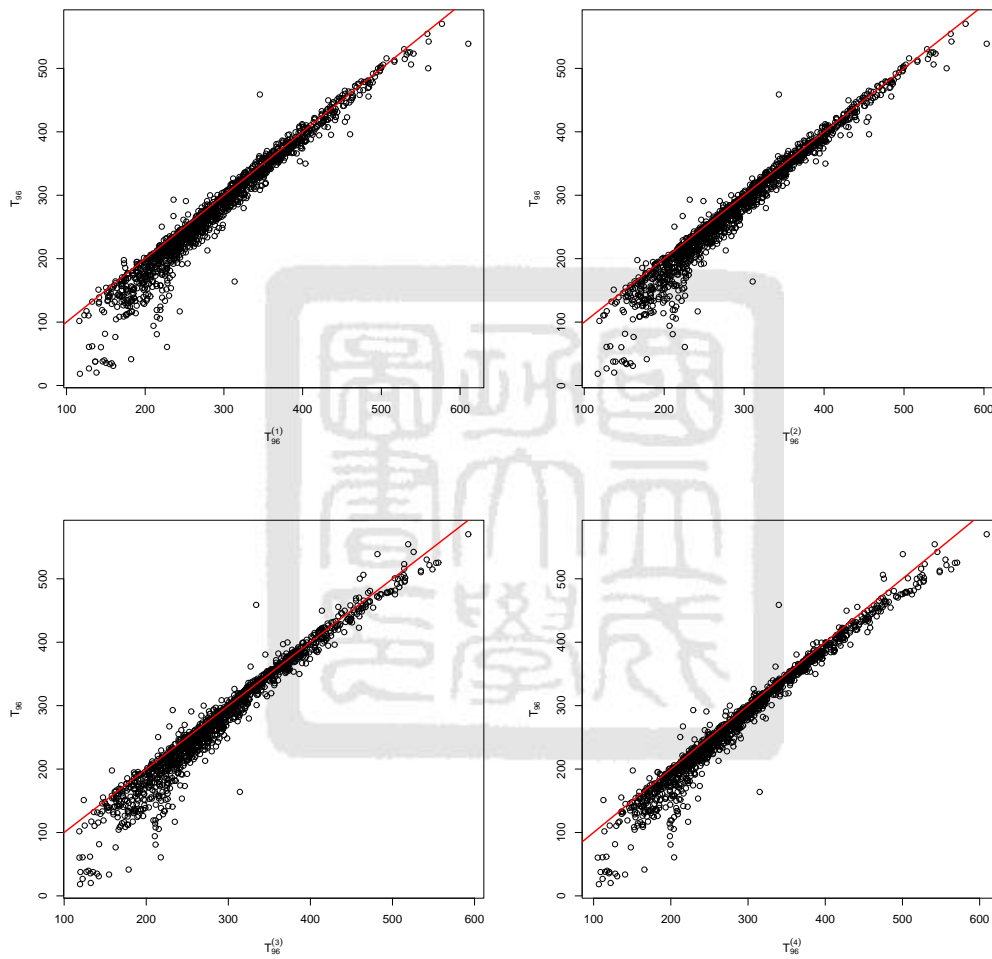


圖 4: $(\hat{T}_{96}^{(n)}, T_{96}^{(n)})$ 之散佈圖, $n = 1, 2, 3, 4$ (左上至右下).

第四章 預測指標應用之實證分析

第一節 新增校系之預測

針對第三章資料分析部分，為了資料的完整與一致性，我們將新一年度新增校系予以剔除，所以並無法估計出新增校系的最低錄取加權總分。同時經由比較殘差平方和，得知利用指標 (3) 所估計的方法是較精確的，因此我們將採用指標 (3) 所建立的落點預測模型，去估計新一年度各校系的最低錄取加權總分，利用解決缺失值問題的研究，首先我們探討各校系評價指標 (3) 與學群和學校間的關係。

為了瞭解我們所訂立出評價指標 (3) 的值，是否會受到不同學校與不同學群的影響，因此透過二因子變異數分析模型 (詳細理論請參考 [6])，去建立 $Z^{(3)}$ 與各學校與學群間的關係，在各年度模型分別為

$$Z_{sgk}^{(3)} = \mu + \alpha_s + \beta_g + \varepsilon_{sgk}, \quad s = 1, 2, \dots, S, \quad g = 1, \dots, 19. \quad (22)$$

其中 α_s 代表學校因子的效應 (總數為 S 所學校)， β_g 代表學群因子的效應 (共 19 個學群)， k 為固定學校與學群下的校系個數， ε_{sgk} 為獨立的常態誤差項，應用檢定虛無假設 $H_{01} : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_S = 0$ 與 $H_{02} : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{19} = 0$ 是否成立，來探討不同的學校與學群是否對各校系所計算出的評價指標 (3) 具有影響。

表 10 得知在九十四至九十六年度檢定各學校間是有顯著差異的，以及不同學群間也是有顯著差異，此結果說明了各校系的 $Z^{(3)}$ 值的確會受到學校與學群的影響。因此我們進一步去估計模型 (22) 中各學校與學群效應的參數值，對於九十四年至九十六

年度各學校效應的估計，整理於附錄二表 19，而學群效應的估計值則整理於附錄二表 20。最後利用各年度新增校系將落於某學校與學群的特性，故此新增校系的 $Z^{(3)}$ 估計值，將利用此校系所落於的學校與學群效應估計的加總，視為其 $Z^{(3)}$ 的估計值。如此一來，針對每年的新增校系，皆可以進行 $Z^{(3)}$ 的估計，依此值來估計新增校系當年度的最低錄取加權總分。

表 10: 學校與學群對 $Z^{(3)}$ 值影響的檢定

	H_{01}	H_{02}
九十四年度	2.2e-16	2.2e-16
九十五年度	2.2e-16	2.2e-16
九十六年度	2.2e-16	2.2e-16

第二節 預測區間之準確度

經先前的探討，我們將採用評價指標 $Z^{(3)}$ 去建立落點預測模型，且經由簡單線性迴歸，探討其截距項與斜率項的表現後，針對各校系新一年度 $Z^{(3)}$ 進行估計，根據先前的結論將採用 (21) 式，也就是前一年度的 $Z^{(3)}$ 值去視為各校系新一年度的估計值。本文將在此節探討，我們所預測各校系新一年度的 $Z^{(3)}$ 值是否合理。由簡單線性迴歸的理論 [5] 得知，若有一簡單線性迴歸模型為

$$E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i, i = 1, \dots, n$$

而在給定新觀測值 x_h 後， Y_h 的 95% 預測區間，其計算方式為

$$\hat{Y}_h \pm t(0.025, n-2) \sqrt{MSE} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_h - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}} \quad (23)$$

在得知各校系 $Z_{95}^{(3)}$ 的值後，引用 (23) 式去計算 $Z_{96}^{(3)}$ 的預測區間，再判斷九十六年度評價指標的估計值 $\hat{Z}_{96}^{(3)}$ 是否有落於其預測區間內，以此驗證九十六年 $Z_{95}^{(3)}$ 預測值的合理性。

首先，本文對於 $Z_{96}^{(3)}$ 的估計值，是利用前一年度 $Z_{95}^{(3)}$ 所估計而得，所以針對 $Z_{96}^{(3)}$ 的 95% 預測區間的計算方式應為

$$Z_{95}^{(3)} \pm t(0.025, n-2) \sqrt{MSE_{9596}} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(Z_{95}^{(3)} - \bar{Z}_{95}^{(3)})^2}{\sum_{i=1}^{1434} (Z_{95i}^{(3)} - \bar{Z}_{95}^{(3)})^2}}$$

其中 n 為校系的總個數， MSE_{9596} 為利用 $(Z_{95}^{(3)}, Z_{96}^{(3)})$ 所建立的迴歸模型標準誤的估計值。但值得注意的是，由於在放榜前當年度各校系的最低錄取加權總分是未知的，所以 $Z_{96}^{(3)}$ 是無法求得的，因此迴歸模型標準誤的估計 MSE_{9596} 也同樣無法得知，故

本文利用前兩年的迴歸模型標準誤去估計,也就是以 MSE_{9495} 去估計 MSE_{9596} , 同時藉由表 11 觀察在三個年度所建立迴歸模型的標準誤, 差異並不大, 因此我們利用前一年的標準誤去估計是合理的, 其預測模型的計算方式修正成

$$Z_{95}^{(3)} \pm t(0.025, n-2) \sqrt{MSE_{9495}} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(Z_{95}^{(3)} - \bar{Z}_{95}^{(3)})^2}{\sum_{i=1}^{1434} (Z_{95i}^{(3)} - \bar{Z}_{95}^{(3)})^2}} \quad (24)$$

接著, 在得知 $Z_{95}^{(3)}$ 的資料後, 即可利用 (24) 式去計算 $Z_{96}^{(3)}$ 的 95% 預測區間, 且在大考中心公佈九十六年各校系的最低錄取總分後, 可以得到 $Z_{96}^{(3)}$ 的實際值。舉例來說, 如國立台灣大學數學系 $Z_{95}^{(3)} = 3.5602$, 且經由先前的資料我們得知, $\sqrt{MSE_{9495}} = 0.168$, 校系個數為 1434, $\bar{Z}_{95}^{(3)} = 0.61225$, $\sum_{i=1}^{1434} (Z_{95i}^{(3)} - \bar{Z}_{95}^{(3)})^2 = 3217.931$, 則此校系 $Z_{96}^{(3)}$ 的 95% 預測區間為

$$\begin{aligned} & 3.5602 \pm 1.962 \times 0.168 \times \sqrt{1 + \frac{1}{1434} + \frac{(3.5602 - 0.61225)^2}{3217.931}} \\ & = (3.230024, 3.890376) \end{aligned}$$

本文將 $Z_{96}^{(3)}$ 與其預測區間的關係畫於圖 5, 由圖 5 我們觀察到多數落於預測區間的校系, 其評價指標的數值約為 -1.5 ~ 4 之間, 此結果說明了我們在校系評價中等或中上學校的預測值是合理的, 但是針對評價極優, 以及極差的校系, 我們的預測值是較不準確的, 再進一步地計算在 1434 個校系中, 共有 1088 個校系落於此預測區間, 比例為 75.87%, 因此整題來說, 我們的預測值大部分是屬於合理的範圍內。同樣的, 我們也將 $Z_{95}^{(3)}$ 與其預測區間的關係畫於圖 6, 並計算其落入比例, 在 1400 個校系中, 共有 1337 個校系落於其預測區間, 比例為 95.50%, 此結果更可以說明, 在估計九十五年度各校系最低錄取加權總分的準確率上是非常精確的, 藉由參考表 8 與表 9, 在計算各年度 SSE 值, 九十五年的表現確實非常小。

由上述不同年度計算校系落入區間的比例，可以提供瞭解本預測模型的準確性，接著本文將 $Z_{93}^{(3)}$ 、 $Z_{94}^{(3)}$ 、 $Z_{95}^{(3)}$ 、 $Z_{96}^{(3)}$ 共四年度的敘述性統計量列於表 12，並畫出其盒形圖 (boxplot) 於圖 7，由圖形可以觀察出雖然此四年的資料並不是標準常態分佈，但其實相差並不遠，造成與標準常態分佈的差異我們可以歸於，在估計各考科標準差與變異數實際值與估計值的誤差所造成的。

最後本文列出在九十六年度的所有校系中，依 $Z_{96}^{(3)}$ 排序前，後各 20 高低的校系，其預測值，預測區間的上下界，九十六年度最低錄取加權總分的實際值與其估計值，和是否有落入預測區間內，整理於附錄三表 21 與 22，以供比較，更可以藉此表強化對本研究的方法與瞭解。



表 11: 九十三至九十六年度迴歸模型標準誤的估計

	93-94	94-95	95-96
\sqrt{MSE}	0.1957	0.1680	0.2580

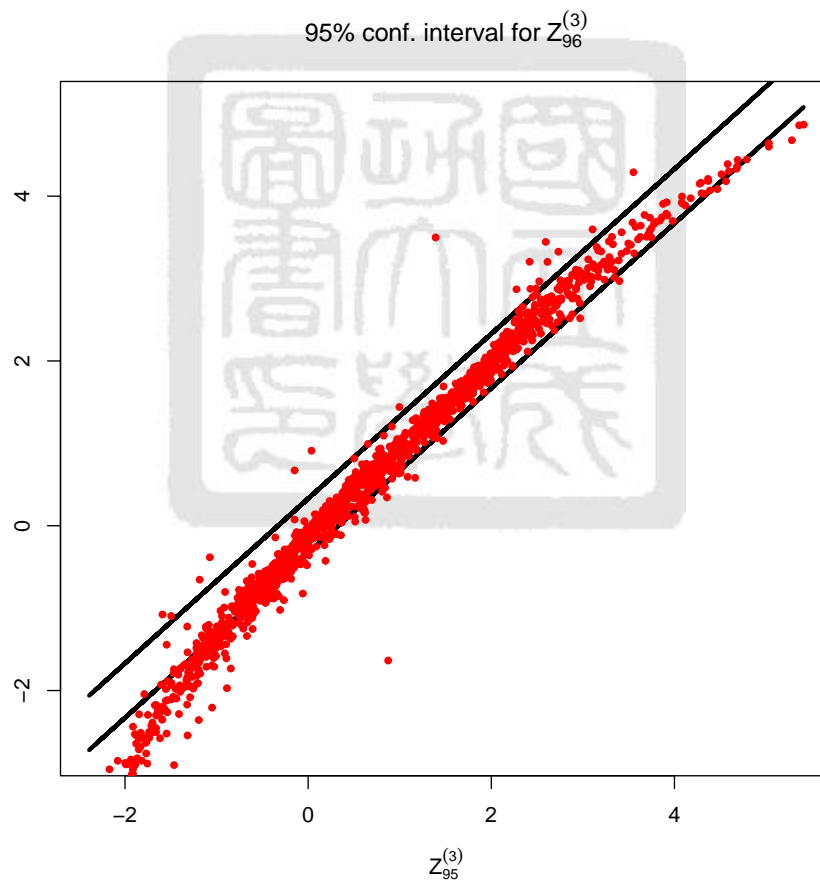


圖 5: $Z_{96}^{(3)}$ 的 95% 預測區間.

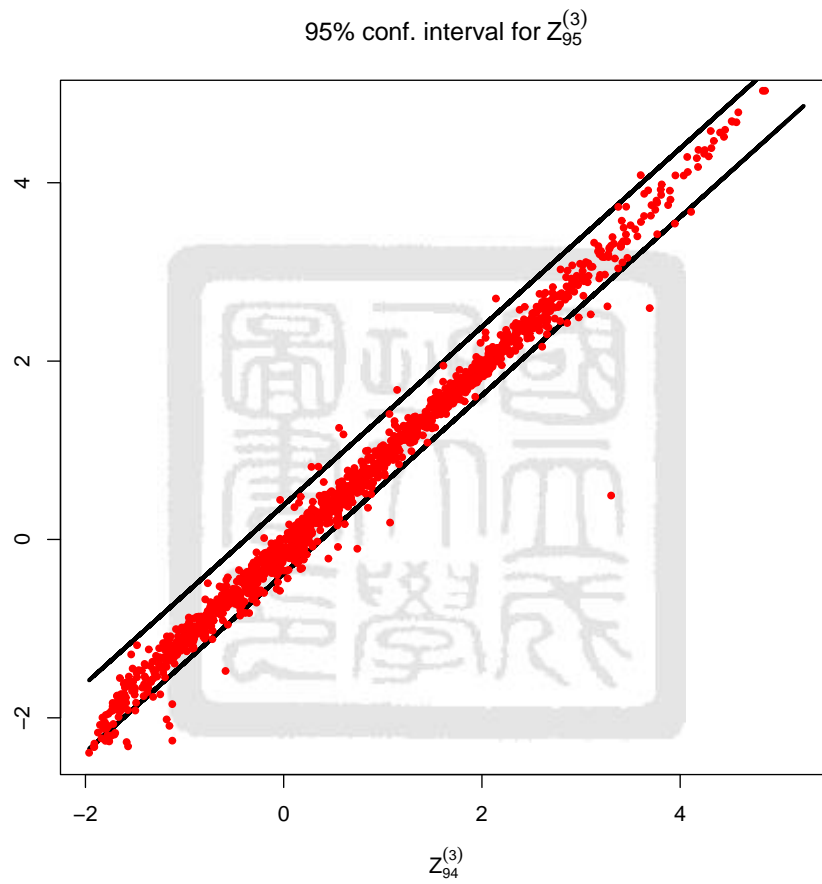


圖 6: $Z_{95}^{(3)}$ 的 95% 預測區間.

表 12: $Z_{93}^{(3)}$, $Z_{94}^{(3)}$, $Z_{95}^{(3)}$, $Z_{96}^{(3)}$ 的敘述統計量

	最小值	最大值	Q_1	中位數	Q_3	校系個數	平均數	標準差
$Z_{94}^{(3)}$	-1.9400	5.2190	-0.3004	0.6457	1.8000	1373	0.8186	1.4438
$Z_{94}^{(3)}$	-1.9630	5.2460	-0.3852	0.5615	1.7450	1400	0.7118	1.4497
$Z_{95}^{(3)}$	-2.3920	5.4110	-0.5354	0.4815	1.6620	1434	0.6123	1.4985
$Z_{96}^{(3)}$	-4.2630	4.8680	-0.7983	0.3686	1.6210	1434	0.4152	1.6910

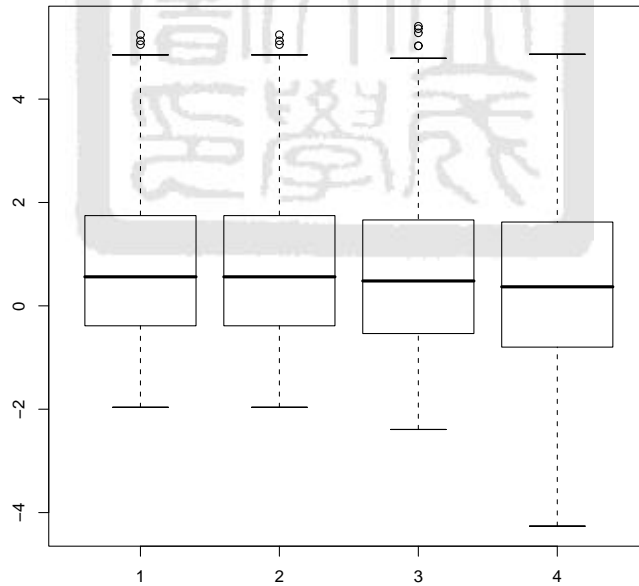


圖 7: $Z_{93}^{(3)}$, $Z_{94}^{(3)}$, $Z_{95}^{(3)}$, $Z_{96}^{(3)}$ 的盒形圖.

第五章 結論與建議

在民國九十一年首次實施所謂的「考招分離」，招生校系分成甲、乙、丙三案，其中甲乙兩案需先通過學測檢定，丙案為舊式聯考制度，但在九十三年以後，入學方式又有大幅改變，這也代表填選志願時要在如此多的校系中，選擇適合自己志向又要符合成績需求的校系，不是一件容易的事，所以往往求助於坊間的落點分析，在這些年間也有越來越多機構提供考生落點分析的諮詢。本論文在此動機下，想利用統計的理論與分析去協助考生一個合理且精確的落點預測分析，提供在選填志願前的一個參考。

在先前的文獻中，首次利用統計理論驗證基本假設成立，而本文將先前未利用到的資訊（大考中心所公佈各考科的五標），去估算出不同年度各考科平均數與變異數，藉此修正之前的預測模型，經由討論九十三至九十六年連續四年的資料，我們利用計算殘差平方和，比較其結果證實了經修正後的預測模型，對於估計新一年度的分數有較高的準確性。在大部分的校系中，使用修正後的預測模型，在新一年度各校系最低錄取總分的估計表現還不錯，但是在校系評價較高或較低的校系，相較於評價中等的校系是較無法準確地預測，尤其在預測九十六年各校系分數的表現上，評價較低的校系在預測與實際的分數更是有相當大的差異，但是整體而言，在預測九十四年、九十五年、和九十六年分數上，其結果表現皆顯示經調整變異數後的預測模型，都較之前來的準確。

最後，本文也針對預測新一年度的評價指標進行合理性的驗證，利用計算其預測區間且觀察各校系評價指標的預測值是否有落入，來評估我的所預測的準確性，結果說

明了在大部分的校系中皆有落入其預測區間，對於少部分的校系，我們探究其未落欲之原因，可能是估計各考科平均數與變異數的實際值與估計所造成的差異，使我們計算出的各年度評價指標 (3) 不為標準常態分配。因此我們未來建議可以採用二次標準化的方法，將評價指標再一次標準化，來解決此問題。

大學指考的落點預測，包含許多我們無法控制卻影響預測準確性的人為因素 (包括心理、或是社會評價...等眾多因素)，但在本論文中我們希望可以提供一個完整有理論基礎，經實際資料驗證後，在整體上預測能力還不錯的落點預測分析，提供給考生作參考，並說明方法的缺點與改進的方式，讓此研究更具完備性。同時也將所學的一些統計方法，能夠應用在實際的例子，讓未曾接觸過統計這門學問的人，有機會透過這個研究與應用，對於統計在實際生活上的一些應用有初步的瞭解。

參考文獻

1. 大考中心網頁: <http://www.ceec.edu.tw/>.
2. 成大統計系「統計網路學習館」網頁: <http://estat.ncku.edu.tw/>.
3. 任眉眉、陳日昇、詹嘉豪 (2005). 統計與落點分析: 大學指考選填志願的輔助利器. 中國統計學報, 第 43 卷, 第 165-181 頁.
4. Anderson, T. W. (2003). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, 3rd ed.* Wiley, New York.
5. Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J. and Wasserman, W. (1996). *Applied Linear Regression Models, 3rd ed.* Illinois. : R. D. Irwin, Burr Ridge.
6. Kuehl, R. O. (2000). *Design of Experiments Statistical Principles of Research Design and Analysis, 2nd ed.* Calif. : Duxbury Press, Belmont.

附錄一

表 13: $(Z_{93}^{(1)}, Z_{94}^{(1)})$ 與 $(Z_{93}^{(2)}, Z_{94}^{(2)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量

分類	總數	$\hat{\beta}_0^{(1)}$	$\hat{\beta}_1^{(1)}$	$t_1^{(1)}$	$t_2^{(1)}$	$R_{(1)}^2$	$\hat{\beta}_0^{(2)}$	$\hat{\beta}_1^{(2)}$	$t_1^{(2)}$	$t_2^{(2)}$	$R_{(2)}^2$
所有校系	1373	-1.1101	1.0442	-14.4000	10.2102	0.9770	-0.6452	1.0423	-8.9600	9.7264	0.9766
大眾傳播學群	41	-0.7606	1.0953	-1.6260	2.7909	0.9635	-0.5128	1.0798	-1.0690	2.1628	0.9564
工程學群	200	-0.8171	0.9738	-5.2774	-3.3514	0.9874	-0.0549	0.9683	0.3724	-3.8836	0.9862
文史哲學學群	73	-1.6992	1.1612	-9.0401	11.9238	0.9905	-1.5924	1.1608	-8.3792	11.2494	0.9893
外語學群	100	-1.8046	1.1352	-6.4331	7.5026	0.9759	-1.6579	1.1378	-5.8017	7.1742	0.9728
生命科學學群	45	-1.2101	1.0495	-3.2024	2.5729	0.9858	-1.0952	1.0518	-3.2081	2.7216	0.9861
地球環境學群	28	-0.8433	0.9939	-1.8104	-0.2456	0.9842	-0.2945	0.9965	-0.6934	-0.1405	0.9842
法政學群	69	-1.2260	1.1044	-5.2326	8.3426	0.9915	-0.9554	1.0931	-4.1162	7.2032	0.9907
社會心理學群	73	-1.0503	1.1144	-4.3071	6.6096	0.9832	-0.6550	1.1081	-2.4928	5.4760	0.9780
建築設計學群	40	-0.0170	1.0574	-0.0381	1.3366	0.9411	0.3636	1.0441	0.8019	0.9497	0.9300
財經學群	123	-1.2722	1.1370	-7.1175	12.8295	0.9894	-0.9933	1.1359	-6.4641	13.9231	0.9911
教育學群	55	-2.0494	1.0851	-6.1709	3.4166	0.9728	-2.0758	1.0905	-7.4543	3.9963	0.9776
資訊學群	121	-1.6040	1.0228	-5.7302	1.4310	0.9719	-0.8180	1.0198	-3.1313	1.2421	0.9717
農林漁牧學群	36	-0.5630	1.1052	-1.5405	4.2174	0.9830	-0.1501	1.1058	-0.4648	4.2883	0.9834
管理學群	91	-1.9016	1.1559	-7.4052	8.7827	0.9794	-1.5149	1.1523	-5.4683	7.5654	0.9735
數理化學群	123	-0.9396	0.9603	-2.8091	-2.4495	0.9666	-0.0578	0.9544	-0.1984	-2.8621	0.9674
醫藥衛生學群	134	-0.6154	1.0201	-3.0419	2.3509	0.9908	-0.2723	1.0173	-1.4411	2.0181	0.9907
藝術學群	11	-0.1219	1.0816	-0.1318	1.6330	0.9811	0.0609	1.0729	0.0652	1.3697	0.9783
體育學群	6	-1.4618	0.4827	-2.5311	-6.1259	0.8909	-2.0215	0.4973	-2.7911	-4.9716	0.8581
其他學群	4	-0.4217	1.0071	-0.2931	0.1229	0.9935	0.7380	0.9881	0.7836	-0.2913	0.9966

表 14: $(Z_{93}^{(3)}, Z_{94}^{(3)})$ 與 $(Z_{93}^{(4)}, Z_{94}^{(4)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量

分類	總數	$\hat{\beta}_0^{(3)}$	$\hat{\beta}_1^{(3)}$	$t_1^{(3)}$	$t_2^{(3)}$	$R_{(3)}^2$	$\hat{\beta}_0^{(4)}$	$\hat{\beta}_1^{(4)}$	$t_1^{(4)}$	$t_2^{(4)}$	$R_{(4)}^2$
所有校系	1373	-0.0878	0.9981	-14.5600	-0.5164	0.9825	-0.1624	1.0246	-25.1200	5.6810	0.9825
大眾傳播學群	41	-0.0826	0.9689	-2.4071	-1.3432	0.9782	-0.1420	1.0096	-3.7268	0.3872	0.9768
工程學群	200	-0.0092	0.9956	-0.8308	-0.6668	0.9913	-0.0933	1.0080	-7.7958	1.1998	0.9913
文史哲學學群	73	-0.1727	1.0410	-7.7361	2.7695	0.9858	-0.2441	1.0846	-10.1585	5.4721	0.9858
外語學群	100	-0.1768	1.0042	-6.8458	0.2570	0.9750	-0.2477	1.0578	-8.7864	3.3624	0.9748
生命科學學群	45	-0.0835	0.9895	-3.3646	-0.7800	0.9921	-0.1722	1.0012	-6.2261	0.0856	0.9917
地球環境學群	28	-0.0211	0.9968	-0.4396	-0.1056	0.9769	-0.1058	1.0197	-2.2083	0.6975	0.9804
法政學群	69	-0.1362	0.9983	-5.2527	-0.1369	0.9896	-0.2024	1.0408	-7.2502	3.1216	0.9895
社會心理學群	73	-0.0861	1.0216	-3.2976	1.1861	0.9780	-0.1527	1.0643	-5.5276	3.4561	0.9788
建築設計學群	40	0.0249	0.8464	0.4128	-2.8105	0.8632	-0.0393	0.8809	-0.6073	-2.1177	0.8659
財經學群	123	-0.1044	0.9788	-7.0205	-2.1158	0.9875	-0.1646	1.0303	-10.1866	2.8615	0.9874
教育學群	55	-0.2712	1.0367	-11.3361	2.0398	0.9843	-0.3515	1.0865	-13.2317	4.4471	0.9833
資訊學群	121	-0.1034	0.9880	-5.8378	-1.0199	0.9833	-0.1830	1.0156	-9.4054	1.2683	0.9829
農林漁牧學群	36	-0.0230	1.0743	-0.7046	3.1168	0.9836	-0.1132	1.0902	-3.2718	3.8495	0.9845
管理學群	91	-0.1889	1.0295	-7.9358	1.6422	0.9737	-0.2599	1.0794	-10.1069	4.2339	0.9739
數理化學群	123	-0.0338	0.9871	-1.6107	-0.9876	0.9792	-0.1138	0.9974	-4.9006	-0.1932	0.9784
醫藥衛生學群	134	-0.0442	1.0008	-2.4732	0.1122	0.9925	-0.1331	1.0111	-6.7354	1.4207	0.9922
藝術學群	11	0.0145	0.9392	0.1806	-1.5322	0.9842	-0.0382	0.9800	-0.4322	-0.4707	0.9833
體育學群	6	-0.1543	0.4718	-1.7575	-4.2726	0.7845	-0.2342	0.4928	-2.4126	-3.8094	0.7740
其他學群	4	0.0394	0.9790	3.9742	-4.6824	1.0000	0.0002	0.9878	0.0110	-1.4706	0.9999

表 15: $(Z_{94}^{(1)}, Z_{95}^{(1)})$ 與 $(Z_{94}^{(2)}, Z_{95}^{(2)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量

分類	總數	$\hat{\beta}_0^{(1)}$	$\hat{\beta}_1^{(1)}$	$t_1^{(1)}$	$t_2^{(1)}$	$R_{(1)}^2$	$\hat{\beta}_0^{(2)}$	$\hat{\beta}_1^{(2)}$	$t_1^{(2)}$	$t_2^{(2)}$	$R_{(2)}^2$
所有校系	1400	-1.5003	0.9985	-26.9789	-0.4870	0.9868	-1.1959	0.9999	-22.2556	-0.0274	0.9862
大眾傳播學群	44	-1.0467	1.0287	-4.5351	1.7475	0.9894	-0.6734	1.0248	-3.0573	1.5048	0.9892
工程學群	199	-1.6819	0.9889	-15.9086	-1.9908	0.9937	-1.5658	0.9916	-16.8169	-1.5823	0.9944
文史哲學群	76	-0.9904	0.9980	-4.8011	-0.1436	0.9857	-0.6963	0.9943	-3.3960	-0.3924	0.9846
外語學群	102	-0.7271	1.0067	-4.2743	0.6579	0.9898	-0.6711	0.9984	-4.4721	-0.1692	0.9914
生命科學學群	45	-2.3964	0.9625	-9.5484	-2.9836	0.9927	-2.2796	0.9623	-9.8460	-2.9888	0.9927
地球與環境學群	27	-1.8456	0.9935	-7.3638	-0.4802	0.9954	-1.6150	1.0025	-7.2663	0.1954	0.9959
法政學群	72	-1.0252	1.0018	-4.7738	0.1621	0.9917	-0.4931	1.0037	-2.4475	0.3492	0.9921
社會與心理學群	77	-1.2411	1.0203	-8.7278	2.1433	0.9936	-0.8758	1.0194	-5.9147	1.8794	0.9924
建築與設計學群	36	-1.4203	1.0548	-3.5334	1.5724	0.9642	-1.1966	1.0628	-2.8519	1.6268	0.9570
財經學群	125	-1.2813	1.0105	-9.8230	1.4806	0.9940	-0.3058	1.0113	-2.6432	1.7031	0.9948
教育學群	53	-2.0360	1.0585	-7.2757	2.7562	0.9799	-1.3744	1.0646	-5.4502	3.1260	0.9811
資訊學群	125	-1.8080	1.0044	-13.3018	0.5666	0.9926	-1.5242	1.0034	-11.1951	0.4148	0.9918
農林漁牧學群	38	-1.9245	1.0244	-5.0584	0.9975	0.9799	-1.6586	1.0222	-4.7132	0.8900	0.9791
管理學群	105	-1.2620	1.0400	-7.7683	3.9314	0.9903	-0.7003	1.0475	-4.4259	4.6246	0.9902
數理化學群	122	-1.8267	0.9497	-4.7119	-2.5252	0.9499	-1.7758	0.9551	-5.0477	-2.2662	0.9508
醫藥衛生學群	135	-1.9775	1.0062	-10.8252	0.8055	0.9923	-1.8947	1.0083	-10.7123	1.0423	0.9918
藝術學群	10	-0.0412	1.0153	-0.0328	0.2233	0.9647	0.0307	1.0272	0.0251	0.3842	0.9634
體育學群	5	-1.5347	0.9458	-1.4552	-0.3090	0.9064	-2.8042	0.8443	-3.0150	-1.2327	0.9371
其他學群	4	0.2987	0.9460	0.9947	-4.4794	0.9997	0.7666	0.9424	1.1820	-2.0615	0.9982

表 16: $(Z_{94}^{(3)}, Z_{95}^{(3)})$ 與 $(Z_{94}^{(4)}, Z_{95}^{(4)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量

分類	總數	$\hat{\beta}_0^{(3)}$	$\hat{\beta}_1^{(3)}$	$t_1^{(3)}$	$t_2^{(3)}$	$R_{(3)}^2$	$\hat{\beta}_0^{(4)}$	$\hat{\beta}_1^{(4)}$	$t_1^{(4)}$	$t_2^{(4)}$	$R_{(4)}^2$
所有校系	1400	-0.1268	1.0280	-25.2500	8.8900	0.9875	-0.1176	1.0190	-22.5700	6.2430	0.9878
大眾傳播學群	44	-0.0676	0.9963	-4.6071	-0.3361	0.9949	-0.0497	1.0057	-3.1637	0.5182	0.9949
工程學群	199	-0.1444	1.0595	-15.5899	10.6443	0.9945	-0.1539	1.0362	-16.0066	6.6333	0.9946
文史哲學群	76	-0.0712	1.0211	-3.5783	1.5308	0.9866	-0.0537	1.0234	-2.6695	1.7545	0.9876
外語學群	102	-0.0731	1.0209	-5.2537	2.2725	0.9919	-0.0571	1.0193	-4.0308	2.2078	0.9927
生命科學學群	45	-0.2189	1.0264	-11.4658	2.4654	0.9953	-0.2263	1.0102	-11.3267	0.9657	0.9953
地球與環境學群	27	-0.1566	1.0747	-6.5443	5.0263	0.9952	-0.1574	1.0551	-7.5633	4.5390	0.9967
法政學群	72	-0.0791	0.9724	-3.6588	-2.5068	0.9911	-0.0539	0.9837	-2.4216	-1.5186	0.9918
社會與心理學群	77	-0.1010	1.0096	-9.0612	1.2145	0.9955	-0.0814	1.0136	-6.5834	1.6563	0.9951
建築與設計學群	36	-0.1251	1.0295	-4.1975	1.0263	0.9743	-0.1116	1.0280	-3.4247	0.9489	0.9728
財經學群	125	-0.0831	0.9844	-5.4599	-1.4584	0.9856	-0.0538	0.9996	-3.4568	-0.0438	0.9873
教育學群	53	-0.1557	1.0439	-8.7737	2.9861	0.9900	-0.1303	1.0553	-7.0116	3.7566	0.9902
資訊學群	125	-0.1645	1.0342	-9.8797	2.9842	0.9851	-0.1630	1.0221	-9.2918	1.9611	0.9853
農林漁牧學群	38	-0.1626	1.0840	-4.5339	3.3498	0.9811	-0.1641	1.0663	-4.4112	2.6991	0.9812
管理學群	105	-0.1164	0.9843	-7.3497	-1.3275	0.9853	-0.0939	0.9932	-5.7359	-0.6036	0.9869
數理化學群	122	-0.1684	1.0140	-5.2709	0.6940	0.9549	-0.1778	0.9939	-5.3706	-0.3076	0.9548
醫藥衛生學群	135	-0.1801	1.0637	-10.7526	8.8636	0.9940	-0.1830	1.0465	-10.3192	6.5081	0.9938
藝術學群	10	0.0276	0.9855	0.2240	-0.2002	0.9588	0.0373	1.0058	0.2941	0.0822	0.9618
體育學群	5	-0.2198	0.9242	-2.0313	-0.5169	0.9297	-0.2247	0.9215	-1.7969	-0.5342	0.9290
其他學群	4	-0.0273	1.0299	-0.9552	2.2909	0.9997	0.0188	0.9982	0.6353	-0.1436	0.9997

表 17: $(Z_{95}^{(1)}, Z_{96}^{(1)})$ 與 $(Z_{95}^{(2)}, Z_{96}^{(2)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量

分類	總數	$\hat{\beta}_0^{(1)}$	$\hat{\beta}_1^{(1)}$	$t_1^{(1)}$	$t_2^{(1)}$	$R_{(1)}^2$	$\hat{\beta}_0^{(2)}$	$\hat{\beta}_1^{(2)}$	$t_1^{(2)}$	$t_2^{(2)}$	$R_{(2)}^2$
所有校系	1434	-3.0318	1.0930	-39.8000	21.1900	0.9770	-2.6913	1.0882	-36.5000	19.8100	0.9770
大眾傳播學群	46	-2.2800	1.0654	-8.2010	3.3682	0.9856	-1.7840	1.0632	-7.0960	3.4593	0.9872
工程學群	207	-3.7480	1.1851	-22.3060	19.9016	0.9875	-3.4060	1.1817	-21.8740	19.8709	0.9879
文史哲學群	77	-2.3940	1.0652	-11.2640	4.2773	0.9849	-1.7000	1.0633	-8.3030	4.1729	0.9850
外語學群	108	-2.7790	1.0590	-9.4920	3.3593	0.9717	-2.1440	1.0584	-7.7890	3.4003	0.9729
生命科學學群	47	-4.8270	1.1474	-13.3260	7.1295	0.9856	-4.3250	1.1399	-13.0450	6.8908	0.9859
地球與環境學群	28	-3.5360	1.1697	-7.5110	6.5762	0.9875	-3.2600	1.1633	-7.2640	6.3219	0.9873
法政學群	71	-2.5170	1.0462	-11.0040	3.7611	0.9906	-2.0720	1.0407	-9.1180	3.2607	0.9902
社會與心理學群	81	-3.2100	1.0489	-7.9210	1.7681	0.9479	-2.8160	1.0480	-7.2630	1.7527	0.9489
建築與設計學群	36	-1.4420	1.0689	-3.2010	1.8156	0.9589	-1.0930	1.0489	-2.2500	1.1608	0.9481
財經學群	121	-2.1250	1.0120	-9.2690	0.9624	0.9822	-1.9090	1.0007	-8.5810	0.0564	0.9818
教育學群	54	-2.3350	1.0330	-7.3980	1.3602	0.9721	-2.0190	1.0322	-6.7030	1.3397	0.9726
資訊學群	129	-3.8280	1.1332	-13.3720	7.8807	0.9725	-3.5640	1.1291	-12.3340	7.3143	0.9699
農林漁牧學群	38	-3.7490	1.1821	-6.3070	4.5491	0.9604	-3.3060	1.1753	-6.0720	4.4115	0.9605
管理學群	107	-2.5840	1.0234	-8.8560	1.3058	0.9687	-2.2020	1.0090	-7.6230	0.4985	0.9673
數理化學群	126	-3.6310	1.1204	-15.8700	9.2861	0.9837	-3.5180	1.1169	-16.9080	9.1435	0.9840
醫藥衛生學群	138	-2.8460	1.0857	-13.6000	9.2420	0.9902	-2.5110	1.0803	-12.5980	8.5943	0.9899
藝術學群	11	-2.7000	1.0249	-3.4270	0.5669	0.9838	-1.9690	1.0138	-2.5550	0.3078	0.9828
體育學群	5	-5.4540	0.8585	-3.4920	-0.6432	0.8354	-4.8190	0.8983	-2.6800	-0.5016	0.8674
其他學群	4	-1.8870	1.0764	-4.6260	4.4556	0.9995	-1.7930	1.0760	-4.4920	4.2744	0.9995

表 18: $(Z_{95}^{(3)}, Z_{96}^{(3)})$ 與 $(Z_{95}^{(4)}, Z_{96}^{(4)})$ 在模型 (20) 下的相關統計量

分類	總數	$\hat{\beta}_0^{(3)}$	$\hat{\beta}_1^{(3)}$	$t_1^{(3)}$	$t_2^{(3)}$	$R_{(3)}^2$	$\hat{\beta}_0^{(4)}$	$\hat{\beta}_1^{(4)}$	$t_1^{(4)}$	$t_2^{(4)}$	$R_{(4)}^2$
所有校系	1434	-0.2677	1.1153	-36.4000	25.3400	0.9770	-0.2858	1.1074	-39.500	25.50	0.98
大眾傳播學群	46	-0.1846	1.1685	-6.4549	7.9213	0.9856	-0.2048	1.1309	-7.0897	6.5680	0.9865
工程學群	207	-0.3411	1.1281	-21.9484	14.1143	0.9869	-0.3446	1.1389	-21.6013	15.5677	0.9876
文史哲學群	77	-0.1810	1.0975	-8.3685	6.3465	0.9855	-0.1931	1.0679	-8.9485	4.6855	0.9864
外語學群	108	-0.2210	1.1414	-8.2182	8.1179	0.9759	-0.2387	1.1052	-8.4787	6.2068	0.9757
生命科學學群	47	-0.4249	1.0957	-13.0732	4.9965	0.9864	-0.4511	1.1126	-13.1425	5.8511	0.9867
地球與環境學群	28	-0.3141	1.1299	-9.3383	6.7609	0.9925	-0.3231	1.1294	-8.6682	6.3905	0.9917
法政學群	71	-0.2090	1.1426	-9.1373	11.3500	0.9917	-0.2342	1.1032	-9.8349	8.5232	0.9918
社會與心理學群	81	-0.2668	1.1300	-6.8789	4.6379	0.9536	-0.2951	1.0998	-7.4894	3.7680	0.9562
建築與設計學群	36	-0.1285	1.0892	-2.4437	1.7942	0.9339	-0.1446	1.0711	-2.6142	1.4600	0.9343
財經學群	121	-0.1794	1.1873	-9.2423	13.4613	0.9839	-0.2111	1.1405	-10.4277	10.6102	0.9842
教育學群	54	-0.2009	1.1522	-6.6060	6.1157	0.9763	-0.2294	1.1122	-7.2309	4.6626	0.9762
資訊學群	129	-0.3385	1.1907	-12.6481	10.5580	0.9716	-0.3538	1.1789	-12.9540	10.3513	0.9734
農林漁牧學群	38	-0.3255	1.1079	-6.3032	3.0902	0.9655	-0.3427	1.1226	-6.1528	3.4031	0.9643
管理學群	107	-0.1885	1.2197	-7.1928	11.1511	0.9733	-0.2129	1.1751	-7.7739	9.2965	0.9737
數理化學群	126	-0.3128	1.0870	-17.4291	7.5277	0.9862	-0.3231	1.0985	-18.7275	9.1987	0.9883
醫藥衛生學群	138	-0.2585	1.0197	-11.9322	2.1497	0.9892	-0.2672	1.0322	-12.1055	3.6264	0.9900
藝術學群	11	-0.2277	1.1229	-3.3474	2.9788	0.9880	-0.2346	1.0766	-3.3602	1.9421	0.9881
體育學群	5	-0.3420	1.0942	-2.9535	0.7197	0.9588	-0.3780	1.0612	-3.1424	0.5050	0.9624
其他學群	4	-0.0237	0.9906	-0.1841	-0.1635	0.9933	-0.0756	1.0114	-0.7831	0.2774	0.9967

附錄二

表 19: 九十四至九十六年度學校效應(α_s)的估計值

參數估計值	九十四年度	九十五年度	九十六年度
平均	0.6017	0.4801	0.2079
大同大學	-0.2850	-0.4213	-0.4070
大葉大學	-1.5002	-1.5208	-1.8050
中山醫學大學	-0.1585	-0.1983	-0.0478
中原大學	-0.1280	-0.0480	0.1719
中國文化大學	-0.9709	-0.9578	-0.9104
中國醫藥大學	0.2226	0.2335	0.5542
中華大學	-1.3562	-1.3234	-1.4891
元智大學	0.4665	0.5689	0.7966
世新大學	-0.3498	-0.3003	-0.1752
玄奘大學	-1.7833	-1.7634	-1.9747
立德管理學院	-2.3579	-2.4397	-3.0607
佛光人文社會學院	-1.9057	-1.8528	-2.1540
明道管理學院	-2.1872	-2.1756	-2.6365
東吳大學	0.0456	0.0543	0.1431
東海大學	-0.1780	-0.2000	-0.1010
長庚大學	0.9928	1.0384	1.2667
長榮大學	-1.5071	-1.5545	-1.6498
南華大學	-1.7248	-1.7501	-2.1697
致遠管理學院	-2.3073	-2.3777	-3.0472
真理大學	-1.4712	-1.4601	-1.5172
高雄醫學大學	0.5098	0.5194	0.7196

參數計值	九十四年度	九十五年度	九十六年度
國立中山大學	1.4487	1.5586	1.8519
國立中央大學	1.7300	1.8242	2.1119
國立中正大學	1.2639	1.3296	1.5559
國立中興大學	1.2066	1.3656	1.6673
國立交通大學	2.4915	2.5845	2.9241
國立成功大學	1.8660	1.9813	2.2817
國立宜蘭大學	-0.3448	-0.3597	-0.3225
國立東華大學	0.6164	0.5635	0.5359
國立花蓮師範學院	-0.0455	-0.3750	-0.4313
國立屏東師範學院	-0.2348	-0.3125	-0.2295
國立政治大學	1.9040	1.9204	2.2297
國立高雄大學	0.9522	0.9572	1.1734
國立高雄師範大學	1.0223	1.0160	1.1791
國立清華大學	2.4578	2.6005	2.8951
國立陽明大學	2.6322	2.7608	2.8865
國立新竹師範學院	0.2222	0.2296	0.3737
國立嘉義大學	0.3104	0.2337	0.3283
國立彰化師範大學	1.0242	0.9844	1.1509
國立暨南國際大學	0.6040	0.6841	0.8663
國立臺中師範學院	0.1364	0.0523	0.4158
國立臺北大學	1.5216	1.5202	1.7628
國立臺北師範學院	0.8041	0.7981	0.8789
國立臺東大學	-0.4312	-0.6996	-0.7238
國立臺南大學	0.1390	0.2652	0.4652

參數計值	九十四年度	九十五年度	九十六年度
國立臺南藝術大學	-0.0009	-0.1430	-0.0020
國立臺灣大學	2.7412	2.8501	3.1608
國立臺灣師範大學	1.5781	1.6167	1.8284
國立臺灣海洋大學	0.2752	0.2948	0.4728
國立臺灣藝術大學	0.7770	0.9638	1.2186
國立臺灣體育學院	-0.9476	-1.0373	-0.9810
國立聯合大學	-0.3104	-0.3339	-0.2720
國立體育學院	-0.2886	-0.7046	-0.6896
國防大學	2.9366	2.9878	缺
淡江大學	-0.2513	-0.1572	0.0799
逢甲大學	-0.6282	-0.5726	-0.4911
華梵大學	-1.1312	-1.2072	-1.3627
開南管理學院	-1.5202	-1.4755	-1.5978
慈濟大學	-0.2867	-0.3376	-0.3759
義守大學	-1.4179	-1.3898	-1.3594
實踐大學	-0.8354	-0.7574	-0.6034
臺中健康暨管理學院	-1.9601	-1.8385	-2.0231
臺北市立師範學院	0.5923	0.5434	0.7333
臺北醫學大學	1.2868	1.4640	1.7272
輔仁大學	0.3836	0.4157	0.5357
銘傳大學	-0.9139	-0.8599	-0.7245
稻江科技暨管理學院	-2.3002	-2.3586	-3.1075
興國管理學院	-2.2708	-2.7151	-3.7753
靜宜大學	-0.8713	-0.8017	-0.7254

表 20: 九十四至九十六年度學群效應(β_g)的估計值

參數估計值	九十四年度	九十五年度	九十六年度
大眾傳播學群	0.3693	0.3886	0.4872
工程學群	-0.1586	-0.1971	-0.2973
文史哲學群	0.0762	0.1308	0.2195
外語學群	0.3520	0.4080	0.5274
生命科學學群	0.0927	-0.0008	-0.1759
地球與環境學群	-0.4035	-0.4468	-0.5120
其他學群	0.3451	0.4013	0.4184
法政學群	0.2453	0.2151	0.3188
社會與心理學群	-0.0901	-0.0696	-0.0309
建築與設計學群	0.2277	0.1813	0.2522
財經學群	0.1247	0.1450	0.2840
教育學群	-0.1070	-0.0677	0.0567
資訊學群	-0.0418	-0.0808	-0.1417
農林漁牧學群	-0.5928	-0.5981	-0.7467
管理學群	0.0937	0.0478	0.1758
數理化學群	-0.2357	-0.2704	-0.3970
醫藥衛生學群	0.3635	0.3426	0.2407
藝術學群	0.1543	0.0309	0.0618
體育學群	-0.8149	-0.5600	-0.7410

附錄三

表 21: 依 $Z_{96}^{(3)}$ 排序後前 20 個科系的相關資料

學校	科系	$Z_{96}^{(3)}$	$\hat{Z}_{96}^{(3)}$	預測區間上界	預測區間下界	是否有落入	$\hat{T}_{96}^{(3)}$	T_{96}
國立臺灣大學	醫學系 (自費)	4.8680	5.4109	5.7418	5.0801	0	555.93	525.45
國立臺灣大學	醫學系 (公費)	4.8605	5.3621	5.6929	5.0312	0	553.18	525.03
國立陽明大學	醫學系 (自費)	4.6789	5.2818	5.6126	4.9510	0	548.68	514.84
國立成功大學	醫學系	4.6426	5.0311	5.3617	4.7004	0	534.60	512.80
國立陽明大學	醫學系 (公費)	4.6006	5.0311	5.3617	4.7004	0	534.60	510.44
長庚大學	醫學系	4.4458	4.7895	5.1201	4.4590	0	592.34	570.27
國立臺灣大學	牙醫學系	4.4406	4.6902	5.0207	4.3596	1	515.47	501.46
國立臺灣大學	電機工程學系	4.3891	4.5802	4.9106	4.2497	1	429.29	419.52
臺北醫學大學	醫學系 (自費)	4.3615	4.6845	5.0150	4.3539	1	515.15	497.02
臺北醫學大學	醫學系 (公費)	4.3326	4.6784	5.0089	4.3478	0	514.81	495.40
慈濟大學	醫學系 (公費)	4.3007	4.5935	4.9240	4.2630	1	510.04	493.61
國立臺灣師範大學	特殊教育學系 (公費)	4.2903	3.5521	3.8822	3.2220	0	413.99	449.70
高雄醫學大學	醫學系 (公費)	4.2662	4.5144	4.8448	4.1839	1	505.60	491.67
國立臺灣大學	物理學系	4.2090	4.3665	4.6969	4.0361	1	418.37	410.32
國立陽明大學	牙醫學系	4.1839	4.3683	4.6987	4.0379	1	541.63	530.33
高雄醫學大學	醫學系 (自費)	4.1812	4.5627	4.8932	4.2322	0	508.32	486.90
國立臺灣大學	材料科學與工程學系	4.1625	4.2891	4.6195	3.9588	1	414.41	407.94
國立交通大學	電機資訊學士班	4.1511	4.2756	4.6060	3.9453	1	413.72	407.36
慈濟大學	醫學系 (自費)	4.0861	4.4691	4.7995	4.1387	0	503.06	481.56
輔仁大學	醫學系	4.0702	4.3883	4.7187	4.0579	1	498.52	480.67

表 22: 依 $Z_{96}^{(3)}$ 排序後後 20 個科系的相關資料

學校	科系	$Z_{96}^{(3)}$	$\hat{Z}_{96}^{(3)}$	預測區間上界	預測區間下界	是否有落入	$\hat{T}_{96}^{(3)}$	T_{96}
興國管理學院	電子商務學系	-4.2631	-2.2560	-1.9259	-2.5861	0	211.31	80.86
興國管理學院	資產管理科學學系	-4.0912	-2.2643	-1.9342	-2.5944	0	210.40	94.13
立德管理學院	資訊工程學系	-3.9840	-2.1653	-1.8352	-2.4954	0	132.38	20.36
興國管理學院	科技管理學系	-3.8844	-2.1953	-1.8652	-2.5253	0	215.26	105.47
立德管理學院	資訊管理學系	-3.8786	-2.3263	-1.9962	-2.6564	0	122.46	26.85
明道管理學院	精緻農業學系	-3.8482	-1.9183	-1.5883	-2.2484	0	217.73	60.73
興國管理學院	財稅學系	-3.8466	-2.2559	-1.9258	-2.5860	0	211.32	107.93
興國管理學院	財務金融學系	-3.6136	-2.1974	-1.8673	-2.5275	0	211.19	118.99
興國管理學院	文教事業管理學系	-3.5926	-2.1876	-1.8575	-2.5177	0	215.76	124.44
興國管理學院	資訊科學學系	-3.5601	-2.2718	-1.9417	-2.6019	0	135.21	37.67
明道管理學院	材料科學與工程學系	-3.5147	-1.8300	-1.5001	-2.1600	0	178.54	41.50
立德管理學院	工業管理學系 (自然組)	-3.4610	-2.1200	-1.7899	-2.4501	0	140.08	35.06
致遠管理學院	工業工程與管理學系	-3.4491	-2.1073	-1.7773	-2.4374	0	142.22	30.93
致遠管理學院	營建科技與空間資訊學系	-3.3934	-2.2307	-1.9006	-2.5607	0	131.99	35.55
致遠管理學院	電腦與通訊學系	-3.3647	-2.2892	-1.9591	-2.6193	0	127.13	37.93
致遠管理學院	環境資源學系	-3.3439	-2.2582	-1.9281	-2.5883	0	129.71	39.66
興國管理學院	國際企業學系	-3.3275	-2.0176	-1.6876	-2.3476	0	226.81	141.67
立德管理學院	資源環境學系	-3.3269	-2.3268	-1.9967	-2.6569	0	122.43	60.83
興國管理學院	企業管理學系	-3.3133	-2.0919	-1.7618	-2.4219	0	218.06	138.54
稻江科技暨管理學院	營養保健科學學系	-3.2965	-1.7413	-1.4113	-2.0712	0	154.71	33.70