

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 理想解類似度偏好順序評估方法延伸及其應用

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2118-M-032-008-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：淡江大學統計學系

計畫主持人：林志娟

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 8 月 2 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

理想解類似度偏好順序評估方法延伸及其應用

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 94-2118-M-032-008

執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

計畫主持人：林志娟

計畫參與人員：江妙真

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學統計學系

中 華 民 國 95 年 07 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 94-2118-M-032-008

執行期限：94年08月01日至95年07月31日

主持人：林志娟 淡江大學統計系專任副教授

計畫參與人員：江妙真 淡江大學統計所碩士班

## 一、中文摘要

如何同時綜合不同準則且有效地評估方案及排序呢?本研究主要是從 Hwang 和 Yoon (1981) 在多準則決策 (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) 的“理想狀態—反面理想狀態” (Ideal and Anti-ideal) 概念出發, 以及根據 Deng, Yeh 和 Willis (2000) 文中所提出的調整理想解類似度偏好順序評估方法 (Modified Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method) 加以延伸, 並利用各方案在不同準則下之評分為資料, 以準則相對重要性與理想解偏好順序之距離兩種成份構造出加權距離函數, 作為多準則決策之評估依據。其中距離的定義除了歐幾里德距離外還加了 Sinha (2003) 建議的城市街道距離之考量, 對於客觀加權距離的選擇, 本研究探討等權重距離法 (Equal Weight Distance Method)、熵值權重距離法 (Entropy-Based Distance Method)、變異係數權重距離法 (C.V.-Based Distance Method) 及平均綜合指標法等四種不同方法的適用性。並將之應用在某大學入學成績各科系平均分數表現的順序評估上; 除了計算各系學生入學成績至理想狀態、反面理想狀態的加權距離, 並透過其所形成的綜合指標將各系加以排序, 以衡量各系學生的素質。據以提供學校一個簡單、客觀的學生素質評估的總指標。

**關鍵字：**多準則決策、理想狀態—反面理想狀態、客觀權重、學生素質。

## 二、英文摘要 Abstract

Simultaneous consideration of multiple attributes and reaching an “optimal” solution is not an easy task. How to evaluate students' academic performance is also an important issue. The scope and purpose of this research is to propose a method to determine reliable objective weights for the performance evaluation and ranking of students according to the entrance exam scores which are supposed to evaluate different capabilities in various subjects. The approach used in the research basically adopts the “ideal and anti-ideal solution” concept from Hwang and Yoon (1981) in MCDM (Multiple Criteria Decision Making) and extend the method so called TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method). The objective weights choices associated in this research are mean, entropy-based and c.v.-based. In addition to Euclidian weighted distance, city block weighted distance as suggested by Sinha (2003) will be introduced into the indices calculation model. A case study about the entrance exams scores of the University will be conducted using the above-mentioned method.

**Key words and phrases:** MCDM, ideal and anti-ideal solution, objective weight.

### 三、研究動機與目的

自從 80 年代中教改起跑，為了普及教育而廣設大學，根據教育部網站公告統計，大專學生 10 年來增加 55 餘萬人，增幅為 76.37%。目前台灣高中生絕大部份的學生仍然是採大學入學指定科目的考試成績以填選志願的方式分發入學，倘若直接由大學入學指定科目考試分數之算術平均做為招收學生之基礎，此種做法恐無法吸收各系所需之學生，所以有些科系可能會自訂不等之權重來篩選學生，但其權重的決定通常是主觀的考量，可能易受到部份考生的質疑。因此本研究特別以多準則決策方法應用在學生素質的評估上，並對如何客觀地選取評估學生素質之指定考科目的權重為議題，以及不同權重、評估方式，其排序結果之相關性為何加以探討。

本研究依據學生在大學入學指定科目的考試成績，使用算術平均數法和理想解類似度偏好順序評估延伸法，共計四種評估學生素質的方法，來評估學生素質，且針對此四種方法之評估結果加以比較，以便求得更客觀、具彈性的方法，做為日後評估學生素質之參考。因此，本篇研究目的有二：(一)藉由多準則決策中客觀排序各方案優劣之理想解類似度偏好順序評估延伸法，瞭解使用等權重距離法(Equal Weight Distance Method)、熵值權重距離法(Entropy-Based Distance Method)、變異係數權重距離法(C.V.-Based Distance Method)與平均綜合指標法之適用性。(二)從指定科目考試之主科，國文、英文和數學評估準則之中，找出最能反映各系招生的學生素質之評估基準。

本研究以 92 學年度某特定大專院校招收之學生為研究對象，評估準則為學生的大學入學指定科目考試中的國文、英文和數學成績。由於該校二、三類組之系所規模較小，共計 8 系，加上數學指定科目考試依類組之不同分為：數學(甲)、數學(乙)，基於類組的大學入學數學科目考試有差異，故本研究以

第一類組選填科系之學生為研究對象，而二、三類組選填科系之學生不納入考慮。計有管理、傳播、法學、觀光、語文與設計六個學院，共 25 個相關科系。

### 四、文獻回顧與探討

丁在尚(1994)一文中，應用多準則決策方法的分析層級法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)建立了高師學生整體素質綜合評鑑層次結構模型。作者根據 AHP 法的基本原理及方法步驟，首先建立綜合評鑑指標體系；接著建構各層次的判斷矩陣，經由計算求得各評鑑指標的權重，並進行一致性檢驗，最後求出評估對象的排名，即學生整體素質綜合評鑑的名次順序。李宏隆(2000)將模糊理論應用在大學申請入學中，利用模糊理論進行申請入學學生之篩選，以探討評審委員如何給定一個客觀的面試分數，配合筆試與資料審查成績，進而篩選出適合的學生。

如何同時綜合不同準則且有效地評估及排序呢？綜合目前較常被使用的方法有 Charnes、Cooper 與 Rhodes (1978)所推廣的資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)。另外，多準則決策(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)也是目前廣泛被討論及使用的另一解決方法，因本研究採用多準則決策範疇切入進行分析，所以僅就多準則決策相關文獻進行探討。

在多準則決策過程中，各準則的權重對於所決策的方案有很大的影響，而目前國內外文獻已提出許多權重的計算方式。基本上，權重的求算方式可以分成主觀權重(Subjective Weight)與客觀權重(Objective Weight)兩類。主觀權重的選取可以參考 Saaty (1995)提出分析層級法。至於客觀權重，則由實際的資料情況計算出來，因此當整體資料有所變動時，權重也將隨之改變；而一般常見兩種求取方法，其一是熵值權重法(Entropy Method)，另一為灰關聯度分析法(Grey Relational Analysis)。在應用方面，例

如：莊豐光(2003)以 1999 年 12 家已上市、櫃公司為研究樣本，藉由五個構面，共計 27 財務比率做為初選評估準則，應用灰關聯度擷取代表性準則，並且運用熵值權重法給予各準則適當的權重。Diakoulaki、Mavrotas 和 Papayanakis (1995)認為在 MCDM 中往往某些準則之間可能有高度相關性，因此發展出 CRITIC (Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation, CRITIC)方法用以解決準則間具有相關性的問題，在文中指出以 CRITIC 方法可以區分高度相關的準則，其權重更為客觀。Deng, Yeh 和 Willis (2000)同樣以解決準則間具有相關性的問題為前題，並接續 CRITIC 方法發展出以理想點與非理想點之相對距離衡量的理想解類似度偏好順序評估調整法(Modified Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method, Modified TOPSIS)，做為評估排序的依據。實例研究中發現，TOPSIS 調整法可以有有效的反應出決策訊息，在公司的內部評比上具有貢獻性。

## 五、研究方法與理論基礎

### 5.1 多準則決策

Zeleny (1982)認為多準則決策是解決包含多重屬性(Attributes)、目標(Objective)與特定水準目標(Goal)之問題；其中屬性為描述某一實體的特性，可做為決策者考量方案時參考的依據；目標為決策者對某一實體之需要與預期期望，其中可以傳達決策者對屬性的偏好，倘若有些目標必需達到一定的標準時，這些特定準則有時被稱之為特定水準目標。廣義而言，多準則決策可以分為兩大類：**(一)多目標決策 (Multiple Objective Decision Making)**：多目標決策係指針對多個目標函數，經由一組限制條件形成可行解區間，藉由決策者之偏好以求得非劣解(Noninferior Solution)；而多目標決策方法可視為傳統作業研究模型之擴充，選擇的機制是透過最佳化函數建立一套最佳化的演算程

式進行決策，但在決策過程中，決策者不能直接設計可行方案，僅扮演選擇的角色。

**(二)多屬性決策(Multiple Attribute Decision Making)**：多屬性決策係指針對一組可行的方案，考慮多個不同屬性加以評估各方案執行的優先順序；其中多屬性決策方法種類相當繁多，大多數的學者較常使用的四種方法分別為：簡單加權法(Simple Additive Weighting Method)、分析層級法(Analytic Hierarchy Process, AHP)、質量仲介法(Elimination et Choice Translating Reality Method, ELECTRE)、理想解類似度偏好順序評估法。Coombs (1958)提出假設所選擇之目標有一理想之屬性水準，可以將所有考慮的多屬性中各屬性可達之最高分數構成 - 理想狀態 (Ideal Solution)的觀念，反之，以各屬性表現最低之分數來構成 - 反面理想狀態 (Anti-ideal Solution)。而 TOPSIS 是由 Hwang 和 Yoon (1981)所提出的決策方法，主要是利用妥協解之概念，認為多個不同屬性建立的  $n$  維空間裏，相較所有方案，最佳方案是發生在與理想狀態為最短距離且與反面理想狀態為最遠距離，同時使用此方法必須依據屬性重要性給予適當的權重，透過此方法，不僅可以找到最佳決策方案，也可以利用各方案彼此之間「理想解的相對接近程度」來排列所有方案的優先順序。之後，Zeleny (1982)、Chen 和 Hwang (1992)、Yoon 和 Hwang (1995)也接續此概念提出相關的研究。Deng, Yeh 和 Willis (2000)更在文中指出 TOPSIS 有四個優點：(1)概念合理且具完整性；(2)計算簡便；(3)能用精簡數學形式來描述，且能同時在不同準則考量下指出最佳績效或順序偏好；(4)在比較過程中，融入客觀權重的設定。

### 5.2 理想解類似度偏好順序評估延伸法

本研究以 Deng, Yeh 和 Willis (2000)提出 TOPSIS 調整法為主要架構，並在權重與距離的選取上加以延伸與調整，並將此方法稱為理想解類似度偏好順序評估延伸法。首先假

設前提為在  $n$  個有限方案的集合  $A$  與  $m$  個決策準則下,  $x_{ij}, i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$  表第  $i$  個方案第  $j$  個屬性之評分。接著, 利用各準則之權重與距離兩種成份構造出加權距離函數, 來計算各系各科學生入學成績至理想狀態、反面理想狀態的加權距離, 據以形成綜合指標與總指標, 最後各系依據總指標加以排序來衡量各系學生的素質。至於權重的計算、距離與加權距離、綜合指標與總指標的定義, 將詳細說明依序分述於 5.3 節、5.4 節與 5.5 節。

### 5.3 各準則之權重計算

#### 5.3.1 熵值權重(Entropy-Based Weight)

Shannon 和 Weaver (1947) 提出熵值權重法, 熵值在資訊理論所代表的是訊息傳遞的不確定性, 藉此可以用來評估各屬性所能傳遞訊息之多寡, 計算出屬性之相對權重。在使用 Shannon 熵值權重法之前, 首先必須先計算在給定第  $j$  個屬性下, 各方案評分比例  $p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{nj}$ , 其中  $p_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$ , 則熵值  $\delta_j$  定義為:

$$\delta_j = -\sum_{i=1}^n \frac{p_{ij} \ln(p_{ij})}{\ln(n)}, \quad j=1,2,\dots,m \quad (1)$$

其中  $\ln(n)$  是常數, 且  $0 \leq \delta_j \leq 1$ 。屬性  $j$  變異程度的大小可以藉由  $1 - \delta_j$  來衡量之, 倘若該屬性下各方案的差異愈大(小), 則  $1 - \delta_j$  的值就會愈大(小), 表示其鑑別方案優劣的能力愈強(弱); 因此當情報能傳遞的訊息愈大的時候, 相對的該屬性的重要性也愈大。據此 Shannon 熵值權重法的權重定義為:

$$\tilde{w}_{E,j} = \frac{1 - \delta_j}{\sum_{j=1}^m (1 - \delta_j)}, \quad j=1,2,\dots,m \quad (2)$$

所得權重  $\tilde{w}_{E,1}, \tilde{w}_{E,2}, \dots, \tilde{w}_{E,m}$  為非負值, 且其範圍介於 0 與 1 之間。

#### 5.3.2 變異係數權重(C.V.-Based Weight)

Sinha (2003) 建議亦可使用比例的樣本變異數  $s_{j/prop}^2 = \sum_{i=1}^n (p_{ij} - \bar{p}_j)^2 / (n-1)$  (其中  $\bar{p}_j = \sum_{i=1}^n p_{ij} / n$ ), 來衡量屬性分數之差異, 因其值和觀察值的樣本變異係數平方  $s_j^2 / \bar{x}_j^2$  成比例, (其中  $s_j^2 = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / (n-1)$ ,  $\bar{x}_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} / n$ )。Sinha (2003) 在文中直接以變異係數  $cv_j = s_j / \bar{x}_j$  來定義權重, 但此方法的缺點是總權重不為 1, 因此本研究定義變異係數權重為:

$$\tilde{w}_{cv,j} = \frac{s_j / \bar{x}_j}{\sum_{k=1}^m s_k / \bar{x}_k}, \quad j=1,2,\dots,m \quad (3)$$

#### 5.4 距離與加權距離的定義

本研究以大學入學成績為主, 平均分數愈高代表學生素質較好, 因此理想狀態列(Ideal Row)與反面理想狀態列(Anti-ideal Row)的定義分別為:

$$\begin{aligned} IDR &= (\max_i x_{i1}, \max_i x_{i2}, \dots, \max_i x_{im}) \\ &= (a_1, a_2, \dots, a_m) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} ANIDR &= (\min_i x_{i1}, \min_i x_{i2}, \dots, \min_i x_{im}) \\ &= (b_1, b_2, \dots, b_m) \end{aligned} \quad (5)$$

接著, 定義方案  $i$  和  $IDR$  與  $ANIDR$  的加權距離。給定第  $i$  個方案, 觀察值  $x_{ij}$  與理想狀態列及反面理想狀態列的加權距離, 分別定義如方程式(6)至(9)。

#### 5.4.1 城市街道加權距離(City Block Weighted Distance)

與理想狀態列的城市街道加權距離定義, 如式(6):

$$WD_1(i, IDR) = \sum_{j=1}^m \frac{|x_{ij} - a_j| \tilde{w}_j^*}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (6)$$

與反理想狀態列的城市街道加權距離定義，如式(7)：

$$WD_1(i, ANIDR) = \frac{\sum_{j=1}^m |x_{ij} - b_j| \tilde{w}_j^*}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (7)$$

其中， $\tilde{w}_j^*$  為某特定的權重。

#### 5.4.2 歐幾里德加權距離 (Euclidean Weighted Distance)

與理想狀態列的歐幾里德加權距離定義，如式(8)：

$$WD_2(i, IDR) = \left[ \frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - a_j)^2 \tilde{w}_j^*}{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2} \right]^{1/2} \quad (8)$$

與反理想狀態列的歐幾里德加權距離定義，如式(9)：

$$WD_2(i, ANIDR) = \left[ \frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - b_j)^2 \tilde{w}_j^*}{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2} \right]^{1/2} \quad (9)$$

其中， $\tilde{w}_j^*$  為某特定的權重。上述兩種加權距離是利用城市街道距離和歐幾里德距離的觀念、加上特定權重 $\tilde{w}_j^*$ 調整而來的，其分母扮演著標準化常數的角色。其中所謂城市街道距離，使用的觀念是兩點投影至準則軸上的折線距離，以絕對值作為衡量兩點差異的依據，由於兩點差異並沒有經過開根號或平方的步驟，在此城市街道距離可以代表在給定方案*i*下各屬性評分至該理想狀態(或反面理想狀態)的「折線距離和」；另外，一般最常被用來衡量距離的方法－歐幾里德距離，其觀念是利用畢氏定理來衡量兩點間的直線距離，在此歐幾里德距離可以代表在給定方案*i*下各屬性評分至該理想狀態(或反面理想狀態)的「直線距離和」。在指標的計算上，本研究綜合兩種距離的方式，將於 5.5 節詳細說明。

### 5.5 各個加權距離函數下綜合指標與總指標

最後，透過 $WD_1$ 、 $WD_2$ 兩加權距離函數，分別以(10)和(11)來定義兩個綜合性指標，據以衡量各決策方案相對與反面理想狀態列的遠離程度值。

$$I_{WD_1,i} = \frac{WD_1(i, ANIDR)}{WD_1(i, IDR) + WD_1(i, ANIDR)}, \quad i=1,2,\dots,n \quad (10)$$

$$I_{WD_2,i} = \frac{WD_2(i, ANIDR)}{WD_2(i, IDR) + WD_2(i, ANIDR)}, \quad i=1,2,\dots,n \quad (11)$$

在本研究中利用城市街道與歐幾里德兩種距離衡量方式計算出方案*i*至理想狀態、反面理想狀態的加權距離之相對反面理想狀態遠離程度(亦即 $I_{WD_1,i}$ 與 $I_{WD_2,i}$ )，進一步來得到最後決策分析的總指標 $I_{overall,i}$ ，所以方案*i*的總指標值 $I_{overall,i}$ 愈大(小)代表方案*i*離反面理想狀態列相對愈遠(近)，即表現愈佳(差)，所以用來做為所有方案排序的依據。

#### 5.5.1 等權重距離法 (Equal Weight Distance Method)

倘若對於權重的選擇沒有特殊考量時，一般而言最常被採用的是等權重。將等權重代入式(10)及(11)去計算出綜合指標 $I_{WD_1,i}^{(EQ)}$ 及 $I_{WD_2,i}^{(EQ)}$ 來進一步取平均 $(I_{WD_1,i}^{(EQ)} + I_{WD_2,i}^{(EQ)})/2$ 得到總指標 $I_{overall,i}^{(EQ)}$ 的方法，本研究將之稱為等權重距離法。

#### 5.5.2 熵值加權距離法 (Entropy-Based Distance Method)

以 Shannon 熵值權重(定義如式(2))透過式(10)及式(11)去計算出綜合指標 $I_{WD_1,i}^{(E)}$ 及 $I_{WD_2,i}^{(E)}$ ，進一步取平均 $(I_{WD_1,i}^{(E)} + I_{WD_2,i}^{(E)})/2$ 來

得到總指標  $I_{overall,i}^{(E)}$  的方法，本研究將之稱為熵值加權距離法。

### 5.5.3 變異係數加權距離法 (C.V.-Based Distance Method)

以變異係數權重(定義如式(3))，透過式(10)及(11)去計算出綜合指標  $I_{WD_1,i}^{(C.V.)}$  及  $I_{WD_2,i}^{(C.V.)}$ ，進一步取平均  $(I_{WD_1,i}^{(C.V.)} + I_{WD_2,i}^{(C.V.)}) / 2$  來得到總指標  $I_{overall,i}^{(C.V.)}$  的方法，本研究將之稱為變異係數加權距離法。

### 5.5.4 平均綜合指標法

本方法主要是取等權重距離法、熵值權重距離法與變異係數權重距離法所得的綜合指標之平均值，來形成總指標  $I_{overall}^{(ET)}$ ，即如式(12)所示。

$$I_{overall}^{(ET)} = \frac{I_{WD_1}^{(EQ)} + I_{WD_2}^{(EQ)} + I_{WD_1}^{(E)} + I_{WD_2}^{(E)} + I_{WD_1}^{(C.V.)} + I_{WD_2}^{(C.V.)}}{6} \quad (12)$$

## 5.6 Spearman 等級相關係數 (Spearman Rank-Order Correlation)

相關分析(Correlation Analysis)的目的是用來探討變數間相關程度強弱與方向，其範圍介於-1與1之間，當相關係數的絕對值愈大則相關程度愈強。衡量兩變數間相關程度的指標包括：Pearson 積差相關係數及 Spearman 等級相關。一般 Pearson 積差相關係數，適用於衡量區間尺度(Interval Scale)或比例尺度(Ratio Scale)變數之間的相關性。另外，Spearman 等級相關係數則適用於兩個變數都是順序尺度的資料，通常被用來衡量兩個等級之間一致性的程度，其定義如式(13)：

$$r_s = 1 - \frac{6\sum D^2}{n(n^2 - 1)} \quad (13)$$

其中  $D$  代表兩者等第之差，且  $n$  為被排序的項目個數。在本篇研究中，為了瞭解不同方

法評估學生素質所作的排序間之相關性，採用 Spearman 等級相關係數來衡量不同方法兩兩排序間的相關程度。

## 六、結果與討論

### 6.1 樣本資料結構與相關分析

為了評估各系學生素質，本研究針對各科系入學指定科目考試的國文、英文、數學三科平均成績做為衡量的準則，以 25 個科系共計 2828 名學生為研究對象。至於各系級人數之次數分配表與入學筆試平均成績表現，可以參見表 4。

整體入學平均成績之基本統計量，在國文、英文及數學這三科之中，整體入學平均成績表現最好為國文(56.34 分)，其次為英文(42.54 分)，最後為數學(33.687 分)；而整體入學平均成績以英文科表現差異最大(標準差 7.77)，其次為數學(乙)(標準差為 5.80)，以國文科差異最小(標準差為 3.57)。另外，透過在這三科入學平均成績之間的相關性。由於國文與英文皆屬於語文類科目，這兩科表現呈現正相關，相關係數為 0.302；另外，國文與數學(乙)成績則呈現負相關，相關係數為-0.458，而英文與數學成績也是呈現負相關，相關係數為-0.405。

### 6.2 算術平均數法

由表 4 各系學生入學成績以算術平均數排名可以發現，傳播學院學生素質最高，其次應用英語學系、資訊管理學系、企業管理學系、數位媒體設計學系、商品設計學系、財務金融學系、商業設計學系、國際企業學系、大眾傳播學系(第二部)依序與之並列為前十大學生素質優異的科系。值得一提的是，在此評估順序的依據乃是以原始分數透過算術平均數來求得，而和 6.3 節中所採用的等權重距離法的差異在於，理想解類似度偏好順序評估法中有將方案與理想狀態列及反面理想解狀態列的距離列入考慮。



### 6.3 理想解類似度偏好順序評估延伸法

本節主要是依據理想解類似度偏好順序評估延伸法以入學平均成績在學生素質評估上之應用。首先以各學系「國文」、「英文」及「數學」各科平均成績為觀察值，分別以等權重法、熵值權重法及變異係數權重法來求得各科成績的權重，所得權重結果如表 1。

表 1 各評估方法之各科權重

		國文科	英文科	數學(乙)
算術平均數法		0.3333	0.3333	0.3333
理想解類似度偏好順序評估延伸法	等權重距離法	0.3333	0.3333	0.3333
	熵值權重距離法	0.0610	0.4957	0.4433
	變異係數權重距離法	0.1516	0.4365	0.4119

用各科權重結果來求得同時衡量與理想狀態與反面理想狀態的城市街道與歐幾里德兩種加權距離函數的得分，再分別依此算出各評估方法的總指標分數。其中可以發現在不同權重法之下使用城市街道距離之綜合指標值差異介於 0.0032 至 0.1022，在不同權重法之下使用歐幾里德距離之綜合指標值差異介於 0.0013 至 0.0751，因此使用本研究之客觀地計算準則權重方式、或是針對理想狀態、反面理想狀態使用不同距離衡量方式，彼此之間的綜合指標值差異並不大。表 5 為國文、英文、數學(乙)、算術平均數法與理想解類似度偏好順序評估延伸各方法之各科系學生素質排名結果之整理，可以發現各系學生入學成績排名前八大學生素質優異的科系所得到的結果幾乎一致，只有等權重距離法於排行第 2 名和第 3 名之名次與其他方法排行互異以及第 8 名為數位媒體設計學系略有不同。

本節利用 Spearman 等級相關係數來評估本研究各方法對各科系學生素質排行結果的相關程度。表 2 可以觀察到在多準則評估決策過程裏，倘若使用算術平均數法及理想解類似度偏好順序評估延伸法，其排行與英文科排行的相關係數最高，其次為數學及國文，故其皆能適切地反應所有準則所提供的決策資訊，亦即其結果符合整體各科入學成

績表現的差異程度(整體入學成績之表現差異：英文>數學(乙)>國文，由表 3 可以更進一步的觀察到，不管使用算術平均數法或理想解類似度偏好順序評估延伸法皆能有效地反應出各準則決策資訊，而且其排行結果之相關係數均呈現顯著正相關，而且其值均高達 0.90 以上，也就是說，使用理想解類似度偏好順序評估延伸法的結果，不僅能貼近一般大眾所採用的算術平均數法，還可以更精細的同時考慮到與最佳表現和最差表現的客觀差距。

表 2 單一準則排行與各評估方法排行之 Spearman 等級相關係數

評估法	算術平均數法	理想解類似度偏好順序評估延伸法			
		等權重距離法	熵值權重距離法	變異係數權重距離法	平均綜合指標法
國文	0.4254	0.1915	0.0746	0.1369	0.1377
英文	0.7451*	0.6470*	0.6621*	0.6624*	0.6686*
數學	0.1423	0.3335	0.3297	0.3258	0.3143

\*以顯著水準 0.05 檢定具有顯著性。

表 3 各評估方法排行之 Spearman 等級相關係數

理想解類似度偏好順序評估延伸法	算術平均數法	理想解類似度偏好順序評估延伸法			
		等權重距離法	熵值權重距離法	變異係數權重距離法	平均綜合指標法
算術平均數法	1.0000	0.9562*	0.9069*	0.9362*	0.9369*
等權重距離法	0.9562*	1.0000	0.9754*	0.9915*	0.9908*
熵值權重距離法	0.9069*	0.9754*	1.0000	0.9931*	0.9938*
變異係數權重距離法	0.9362*	0.9915*	0.9931*	1.0000	0.9992*
平均綜合指標法	0.9369*	0.9908*	0.9938*	0.9992*	1.0000

\*以顯著水準 0.05 檢定具有顯著性。

### 6.4 結論與建議

一般而言，使用算術平均數法做為學生素質評估的方法，多以公平性、實用性與便利性為主要考量。而本研究所提出的理想解類似度偏好順序評估延伸法，則是強調如何有效地反應出各準則中變異程度所隱含的決策資訊。但是對於各系學生素質評估排行(表 5)的表現來看，可以發現其各系排行與傳統算術平均數法之排行差異並不太大，亦即使用理想解類似度偏好順序評估延伸法的結果，不僅能貼近一般大眾所採用的算術平均數法，還可以更精細的同時考慮到與最佳表現和最差表現的客觀差距。綜合以上結果，本研究有下列幾點建議：

第一、有些科系在各科成績(準則)選擇客觀權重上可採用理想解類似度偏好順序評估延伸法進行分析，做為制定的依據。以本研究結果為例，較注重英文及數學表現的科系，可選擇熵值權重距離法或變異係數權重距離法。至於較注重學生全方位表現的科系，不妨選擇等權重距離法或是平均綜合指標法。

第二、對於本研究方法後續之延伸，除了可以嘗試在研究中增加更多評估的方案與準則，另外為了能確認使用理想解類似度偏好順序評估延伸法的穩定性，亦可以更深入探討不同年度學生素質評估其排序結果之相關性；以及探討各成績資料結構的不同之下，各方法排序結果的相關性。

本論文已發表於中國統計學報，第 43 卷，第 3 期，165-187 頁，2005。

## 七、參考文獻

### 中文部份：

- 【1】丁在尚 (1994)，「高師學生素質綜合評價模型及應用」，安徽師大學報(自然科學版)第 17 卷第 4 期，88-90 頁。
- 【2】孔德芳 (1994)，「Fuzzy 數學在學生素質綜合測評中的應用」，濟寧師院學報，第 3 期，17-21 頁。
- 【3】李宏隆 (2000)，「大學入學之模糊多準則決策模式」，長榮管理學院經營管理研究所碩士班論文。
- 【4】林穎和姚夏倩 (2000)，「以加涅的學生素質觀來素質教育」，心理科學，第 23 卷，第 2 期，192-196 頁。
- 【5】馬曉燕 (2003)，「模糊綜合評判在學生素質培養制約系統評價中的應用」，大學數學，第 19 卷第 1 期，40-45 頁。
- 【6】莊豐光 (2003)，「台灣生物科技類型公司績效指標擷取與排名預測之研究—灰色系統理論之應用」，國防管理學院國防財務資源研究所碩士論文。

### 英文部份：

- 【7】Barron, F.H. and Barrett, B.E. (1996). Decision quality using ranked attribute weights. *Management Science*, 42, 1515-1523.
- 【8】Coombs, C.H. (1958). On the use of inconsistency of preferences in psychological measurement. *Journal of Experimental Psychology*, 55, 106-118.
- 【9】Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 429-444.
- 【10】Chen, S.J., and Hwang, C.L. (1992). Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications. Springer-Verlag, Berlin.
- 【11】Deng, H., Yeh, C.H. and Willis, R.J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computes and Operations Research*, 27, 963-973.
- 【12】Diakoulaki, D., Mavrotas, G. and Papayanakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method. *Computes and Operations Research*, 22, 763-770.
- 【13】Gagne, R.M., Briggs, L.J. and Wager, W.W. (1992). *Principles of Instructional Design*. 4th ed. New York: Harcourt Brace.
- 【14】Hobbs, B.F. (1978). A comparison of weighting methods in power plant citing. *Decision Sciences*, 11, 725-737.
- 【15】Hwang, C.L. and Yoon, K.S. (1981). Multiple attribute decision making: method and application. A State-of-the-Art Survey. New York: Springer-Verlag, Berlin.

- 【16】 Saaty, T.L. (1995). Decision making for leaders. 3rd ed, New York: RWS Publications.
- 【17】 Schoemaker, P.J.H. and Waid, C.D. (1982). An experimental comparison of different approaches to determining weights in additive utility models. Management Science , 28, 182-196.
- 【18】 Shannon, C.E. and Weaver, W. (1947). The mathematical theory of communication. Urbana: The University of Illinois Press.
- 【19】 Sinha, B.K. (2003). Combining Environmental Indicators, working paper. Department of Mathematics and Statistics University of Maryland Baltimore County.
- 【20】 Yoon, K., and Hwang, C.L., (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction. Sage University, California, USA.
- 【21】 Zeleny, M. (1982). Multiple criteria decision making. New York: McGraw-Hill.

表 4 各系級人數之次數分配表與入學平均成績表現

no	系級	人數	百分比	國文 平均	英文 平均	數乙 平均	算術 平均	算術平均 排名
01	大眾傳播學系*	60	2.12%	58.68	46.70	31.06	45.48	10
02	傳播學院	152	5.37%	58.35	53.89	35.84	49.36	1
03	應用統計資訊學系	114	4.03%	50.88	36.56	48.22	45.22	11
04	應用中國文學系	93	3.29%	62.09	34.59	24.31	40.33	23
05	應用日語學系	103	3.64%	61.17	45.06	26.55	44.26	13
06	應用英語學系	155	5.48%	56.42	63.70	25.68	48.60	2
07	法律學系	180	6.36%	61.53	40.03	30.60	44.05	15
08	企業管理學系	176	6.22%	58.75	45.21	36.86	46.94	4
09	企業管理學系*	60	2.12%	55.39	37.20	34.94	42.51	18
10	風險管理與保險學系	158	5.59%	53.54	30.26	38.58	40.80	22
11	風險管理與保險學系*	60	2.12%	51.84	26.42	37.93	38.73	25
12	財務金融學系	218	7.71%	56.96	42.64	38.62	46.07	7
13	財務金融學系*	60	2.12%	54.79	35.97	34.65	41.80	19
14	商品設計學系	46	1.63%	57.51	44.79	36.61	46.30	6
15	商業設計學系	89	3.15%	60.00	49.43	28.36	45.93	8
16	國際企業學系	201	7.11%	55.37	47.79	33.51	45.56	9
17	國際企業學系*	60	2.12%	54.67	40.23	30.23	41.71	21
18	會計學系	212	7.50%	51.94	42.78	37.71	44.14	14
19	會計學系*	60	2.12%	47.03	40.70	32.33	40.02	24
20	經濟學系	108	3.82%	55.30	36.56	38.57	43.48	16
21	資訊管理學系	114	4.03%	56.01	45.22	40.94	47.39	3
22	數位媒體設計學系	90	3.18%	60.13	49.18	30.60	46.64	5
23	觀光學院	159	5.62%	54.96	49.54	24.90	43.13	17
24	公共事務學系	50	1.77%	56.78	41.86	26.70	41.78	20
25	教育心理與輔導學系	50	1.77%	58.39	37.25	37.61	44.42	12

表 5 單一準則與各評估方法之排行

no.	系級	單一準則			多準則評估方法				
		國文 排名	英文 排名	數學 排名	算術平 均排名	等權重 距離法 排名	嫡值權 重距離 法排名	C.V.權 重距離 法排名	平均綜 合指標 排名
1	大眾傳播學系*	7	7	16	10	12	12	12	12
2	傳播學院	9	2	11	1	1	1	1	1
3	應用統計資訊學系	24	20	1	11	4	4	4	4
4	應用中國文學系	1	23	25	23	25	25	25	25
5	應用日語學系	3	10	22	13	15	17	16	16
6	應用英語學系	13	1	23	2	3	2	2	2
7	法律學系	2	17	17	15	17	19	18	18
8	企業管理學系	6	9	9	4	5	5	5	5
9	企業管理學系*	15	19	12	18	18	18	17	17
10	風險管理與保險學系	21	24	4	22	20	22	21	22
11	風險管理與保險學系*	23	25	6	25	24	24	24	24
12	財務金融學系	11	13	3	7	7	7	7	7
13	財務金融學系*	19	22	13	19	19	20	20	20
14	商品設計學系	10	11	10	6	6	6	6	6
15	商業設計學系	5	4	20	8	10	11	11	11
16	國際企業學系	16	6	14	9	9	8	8	8
17	國際企業學系*	20	16	19	21	21	21	22	21
18	會計學系	22	12	7	14	11	9	10	10
19	會計學系*	25	15	15	24	22	16	19	19
20	經濟學系	17	20	5	16	14	13	14	14
21	資訊管理學系	14	8	2	3	2	3	3	3
22	數位媒體設計學系	4	5	17	5	8	10	9	9
23	觀光學院	18	3	24	17	16	15	15	15
24	公共事務學系	12	14	21	20	23	23	23	23
25	教育心理與輔導學系	8	18	8	12	13	14	13	13

\*代表為第二部