

# 植基於分析層級程序法與模糊語意計算之 線上個人決策支援雛型系統

## On-Line Personnel Decision Support Prototyping System Based on Analytic hierarchy process and Fuzzy Linguistic Computing

邱宏彬<sup>1</sup> 謝昆霖<sup>2\*</sup> 康書萍<sup>3</sup> 魏岑甄<sup>4</sup>

<sup>1</sup>南華大學資訊管理研究所

<sup>2</sup>台東大學資訊管理學系\*

<sup>3</sup>南華大學資訊管理研究所

<sup>4</sup>南華大學資訊管理研究所

### 摘 要

不論群體或個人在決策環境下總是會面對許多不確定的因素，分析層級程序法（analytic hierarchy process）是最常用來協助決策者找出最佳策略方案之工具，因為在實務上具有簡單容易的特質。在考量多準則評選環境，在使用傳統的 AHP 法時會有數個常見的缺失：(1)多準則重要性並未能有效地納入決策分析程序，對於決策品質將有顯著的影響；(2)在衡量相關評估準則時，準則不一定可全量化，甚至有些準則是質性或是模糊的，如何利用模糊語意讓決策者各自選擇他們認為合適的語意來描述個人對此評選項目的感受，以產生最符合決策者需求的決策資訊，應該也是分析程序考量的重要項目之一；(3)決策分析結果明顯地會有時間上的限制；(4)應用傳統的 AHP 決策模式將無法提供評估準則的通用性。故本研究在跨平台的 Web 環境中，設計與建置一個植基於分析層級程序與模糊語意計算之個人決策支援雛型系統。預先建構之準則與階層結構的決策樣板資料庫，以及收集的資訊，可讓決策者依本身的經驗與需求來彈性使用，以便提供更多的決策支援。分析層級程序法決定之權重與模糊語意表達之主觀感受，幫決策者挑選出最合適的決策參考方案。我們以一個簡單的案例來說明決策支援的運作流程，並實作此雛型系統，來示範其設計架構之合理性與可行性。

**關鍵字：**分析層級程序法、多評準決策、模糊理論、決策支援系統

### Abstract

Many uncertain factors will exist during the decision-making environment no matter what group or personnel are considered to perform the necessary analysis. Analytic hierarchy process (AHP) had known as a useful tool frequently being employed to aid decision maker obtaining the optimum strategy. The primary reason is that AHP can be viewed as an easy and simple technique to be used in practice. As for the consideration of multiple criteria decision making (MCDM), several drawbacks will be met since the conventional AHP being taken: (1) The importance of the criteria can not be efficiently included into the analysis process, and it will significantly affect the quality of decision; (2) The evaluation of the criteria may not have the quantification form, and it may have a qualitative or a fuzzy characteristic. The personnel's feelings according to their feasible recognition to the evaluated terms via fuzzy linguistic descriptions will be gradually became an important issue and should be taken into consideration; (3) The time will be regarded as an important constraint to obtain the analysis result; (4) The community of the evaluated criteria can be not obtained from the conventional decision model. In this study, an on-line personnel decision support prototyping system based on AHP mechanism and fuzzy linguistic computing will be proposed. The rationality and feasibility of the proposed system will be demonstrated well via an illustrative example.

**Keywords: analytic hierarchy process (AHP), multiple criteria decision making (MCDM), fuzzy set theory, decision supporting system.**

## 1. 前言

不論群體或個人所面對的決策環境都是具有高度不確定因素，而這也使得決策的過程非常困難且複雜。Saaty(1971, 1980)提出的分析層級程序法(Analytic Hierarchy Process, 簡稱 AHP)是最常用來協助個人或群體決策者找出最佳策略方案之工具 (Al Khalil, 2002; Lawrence and Saul, 2003; Lai *et al.*, 2002)。分析層級程序法發展至今，經不斷的應用、修正及驗證，理論內容愈趨完備。由於其理論簡單、操作容易，可以擷取多數專家與決策者的意見，在實務上甚具實用性，因此其應用層面由最初的軍事問題，非常快速地拓展至不同的應用領域中。分析層級程序法透過可行方案及相關評估準則之擬定，計算出每個方案的權重來建議決策者最佳的策略選擇。一

般而言，其執行步驟可為分三大階段：(1) 建立各項準則之層級架構，(2) 由決策者或專家填表以主觀決定相關準則之評估尺度，(3) 計算出最佳的結果與建議 (鄧振源、曾國雄，民 78；王元仁，民 92)。曾雪卿 (民 88) 文獻中提到分析層級程序法與其他評估法的比較，其具有高信度、高效度及高研究廣度之優點，整理如表 1 所示。

表 1. 分析層級程序法與其他評估方法之比較

比較構面	複雜度	效度	信度	研究廣度
分析層級程序法	高	高	高	高
德菲法	高	低	高	低
權數評估法	高	低	低	高

大多數的決策問題都具有多準則的特性 (Hwang and Yoon, 1981)，多個準則間的重要性的不同也使得決策者獲得不同的決策結果。一般多準則決策方法之結果皆可評估其可行性之順序，但分析層級程序法在計算各要項間的重要性時，其結果必須經過一致性檢定，較具客觀性。由於此法的思維非常符合人類的思考習慣，逐漸被廣泛地應用到學術界與實務界，並獲得各種層面的改良。在傳統使用分析層級程序法上，一般的做法是先建立分析層級程序法的架構，再針對所建立的分析架構，以進行實際的分析層級程序法問卷調查，獲得實證的結果 (吳榮章，民 92)。因此，如何有效地利用資訊科技設計一個具可調式的系統，透過系統能有效地處理決策者的決策問題，並配合適切地人機界面，具彈性化操作模式讓決策者依照個人所需建立評估層面及準則，以產生最佳的決策方案，以提供決策者之參考應該是一項值得深入探討的議題。在衡量相關評估準則時，有鑑於準則不一定可全量化，甚至有些指標經常是質性或是模糊的 (陳進成等，民 93)。因此，利用模糊語意讓決策者各自選擇他們認為合適的語意來描述個人對此評選項目的感受，以產生最符合決策者需求的決策資訊，在進行系統的設計時也應該一併納入考量分析程序中。

此外，使用傳統 AHP 之目的及決策方式 (陳進成等，民 93；李俊佳，民 92；張家維，民 90；陳榮老，民 92) 其共同點大部份都是以人工作業來進行回收問卷資料整理及計算，再將整理過的資料計算成用來進行判定的指標。如果無法達成，此時最常作的方式便是剔除不適切的問卷，在持續進行判定的程序。換言之，使用傳統 AHP 最大的缺點便是要得到決策分析結果明顯地有時間上的限制，整個過程必須等待一段時間才能獲得分析結果。而且這種

半自動化的決策方式對於類似的決策問題無法通用，因為不同決策者針對類似的決策問題所考慮準則項目有所差異，所以利用傳統 AHP 方式來處理決策問題時，問卷設計內容皆必須從頭到尾重新設計過，這樣的過程需耗費相當多的時間和人力，同時也要承擔人工作業所可能發生的失誤風險。針對以上缺點，如何快速回應已成為重要的發展趨勢，所以在各準則權重計算和決策分析，本研究擬採用快速又準確的資訊科技與網際網路技術來改善以往傳統 AHP 半自動化處理作業方式，希望能打破時間與空間上之限制，以達到簡省人力與快速回應之功效。

層級分析法的應用層面相當的廣泛，從文獻中 (陳進成等，民 93；李俊佳，民 92；張家維，民 90；陳榮老，民 92)，我們可以發現其解決問題的程序，原則上都是大同小異，其重點均在於準則選擇與評估上的不同。因此，我們可以收集各類歷史文獻的研究目標、解決方案、考量構面、準則因素，建立一個豐富的決策主題資料庫。如此，決策者可以直接取用決策主題資料庫中的各類構面、準則項目，並加以新增、修改以快速地建立一個適合自身需求的決策層級架構。這種具互動能力的決策分析系統，將可提供決策者更具彈性的方式，以找出最佳策略方案。而且，成功應用的主題與層級架構，可進一步擴充決策主題資料庫的內容，以幫助更多的決策者來解決問題。

綜合言之，本研究將在跨平台的 Web 環境中，設計與建置一個植基於分析層級程序與模糊語意計算之個人決策支援雛型系統。系統可以動態地建立各式各樣決策主題的相關資料庫。根據資料庫中的資訊，使用者可以自訂適合自身需求的決策層級架構。分析層級程序法決定之權重與模糊語意表達之主觀感受，幫決策者挑選

出最合適的決策參考方案。我們將以一個簡單的案例來說明決策支援的運作流程，並實作此雛型系統，來示範其設計架構之合理性與可行性。

## 2. 相關文獻回顧

### 2.1 層級分析法

Saaty (1980) 提出層級分析法的系統決策模式，目的在於將複雜問題結構化，由不同層面給予層級分解，使得決策者得以在結構化的思考下剖析問題及解決問題。其執行步驟可細述如下：

#### 步驟一、建立層級分析圖

將各項評估準則，依各準則之相互關係與獨立性程度劃分層級。層級數量的多寡將根據問題之複雜度而定，但每一層級之要素至多七個，避免在評估時造成矛盾之現象，以致影響評估結果。同時，各層級之要素彼此間應獨立，而層級之結構則可以從整體目標、子目標等，最後至決策

之結果，進而形成多重層級的架構。基本上在層級的設定上可分為兩個層級：一層為評選考量因素、另一層為可行方案，兩層彼此為互相獨立之完整層級(complete hierarchy)。

#### 步驟二、設計成對比較訪談表格

根據層級分析圖設計 AHP 之訪談表格，在表格的問題中可分為兩部分：一是以兩兩評選因素相對重要性之成對比較(Pair wise Comparison)表；另一個是以某評選因素作為評估基準，再進行方案間的成對比較。每一層級若有  $n$  個要素，則需進行  $C_2^n$  次成對比較，藉由專家來對各要素間的相對重要程度進行評估，而採用的評估尺度為同等重要、稍重要、頗重要、極重要、絕對重要等五項，再賦予 1、3、5、7、9 的數值，而有四項介於五個基本尺度之間者，並賦予 2、4、6、8 的衡量值。如表 2 所示。

表 2. AHP 的評估尺度與說明

評估尺度 I:J	定義	說明
1:1	同等重要	等強；兩方案的貢獻度具同等重要。
3:1	稍重要	稍強；經驗與判斷稍微傾向喜好 I 方案。
5:1	頗重要	頗強；經驗與判斷強烈傾向喜好 I 方案。
7:1	極重要	極強；實際顯示非常強烈傾向喜好 I 方案。
9:1	絕對重要	絕強；有足夠證據肯定絕對喜好 I 方案。
2、4、6、8	相鄰尺度的中間值	需要折衷值時。

#### 步驟三、進行專家訪談

由研究人員對專家逐一進行面對面訪談，由訪談員依訪談內容將 AHP 訪談表格填寫完畢。

#### 步驟四、建立成偶比對矩陣

根據問卷取得各要素間的相對重要程度結果，接著建立成對比較矩陣。成對比較時使用的數值，分別為 1/9, 1/8, ..., 1/3,

1/2, 1, 2, ..., 8, 9, 將  $n$  個要素比較結果的衡量, 置於成對比較矩陣  $A$  的上三角形部分, 主對角線為要素自身的比較, 故均為 1, 而下三角形部分的數值, 為上三角部分相對位置數值的倒數, 即  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ 。有關成對比較矩陣的元素, 如下所示:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

### 步驟五、計算優先向量及最大特徵值

成對比較矩陣得到後, 接著求取各層級要素的優先向量。若  $\lambda$  為成對比較  $A$  之特徵值,  $W$  為  $A$  的特徵向量, 則

$$(A - \lambda I) \cdot W = 0 \quad (2)$$

矩陣  $A$  的最大特徵值之求法若精確度要求不高時, Saaty 提出四種近似法計算出來, 其中又以行向量相乘後取幾何平均數方式可求得較精確之結果, 其所得之最大特徵向量即為各準則之權重, 公式如下:

$$W_i = \frac{\left[ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n}}{\sum_{i=1}^n \left[ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n}} \quad (3)$$

其中,  $i, j = 1, 2, \dots, n$

最大特徵值  $\lambda_{\max}$  的近似求法, 以成對矩陣  $A$  與優先向量  $W$  相乘, 得向量  $W'$ , 再將  $W'$  中之每一元素除以原優先向量  $W$  之每一元素。最後將所得的數值求取算數平均數 (Arithmetic Mean), 即可得到最大特徵值  $\lambda_{\max}$ 。如下所示:

$$A \cdot W = W' \quad (4)$$

$$\lambda_{\max} = (1/n) * (W'_1/W_1 + \dots + W'_n/W_n) \quad (5)$$

### 步驟六、檢定一致性 (Consistence Index)

一致性指標主要功能為衡量專案回答答案是否具一致性, 其計算公式如下:

$$\text{一致性指標: } C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

$\lambda_{\max}$ : 最大特徵值,  $n$  為矩陣的階數。

$$\text{一致性比率: } C.R. = C.I. / R.I. \quad (7)$$

Saaty (1980) 建議  $C.I. \leq 0.1$  為可容許的偏誤, 反之, 則表示成對比較結果不具一致性, 須找出  $Max |a_{ij} - W_i / W_j|$  之  $i, j$  值, 重新對  $A_i$  與  $A_j$  事件進行評比。R.I. 稱為隨機指數 (Random Index), 係隨機產生之正倒值矩陣的一致性指標, 此指數受矩陣階數影響, 每一個評比矩陣可以依其階數 (準則數), 查下表可找到對應的 R.I. 值。

表 3. 隨機指標表

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
I	0	0	5	8	1	2	3	4	4	4	5	5
.	0	0	2	9	1	5	5	0	5	9	1	3

### 步驟七、計算整體層級的總優先向量

整體層級之一致性若達到可接受的水準後, 層級分析法最後的步驟則將各階層之要素的相對權數加以整合, 以求算整體層級的總優先向量。步驟六所算出的向量即代表各決策方案對應於決策目標的相對優先順序。各層級要素間的權重計算後, 再彙總每個選擇方案的整體權重值, 以求得決策者對各方案的重要性排列 (王元仁, 民 92)。若當決策問題是由決策群體進行決策時, 則必須將決策群體成員的偏好 (個別權重) 加以整合, 然而如何去進行這項工作是決策過程中相當重要的一部份

(林振國, 民 90)。整體權重值的計算為將層級架構中同條一條路徑 (從目標至選擇方案) 的權重值相乘, 並加總所有與選擇方案相連路徑的權重值, 以求得決策者對各選擇方案之優先順序。其公式如下 (王元仁, 民 92):

$$W_i = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_j} P_j A_{kj} S_{ikj} \quad (8)$$

其中  $P_j$  為主要評估層面的相關權重,  $A_{kj}$  為主要評估層面  $j$  中準則  $k$  的相關權重,  $S_{ikj}$  為選擇方案  $i$  在主要評估層面  $j$  中準則  $k$  之表現評估值,  $K_j$  為評估準則的指標,  $j$  為主要評估層面的指標。最後根據各選擇方案的總權重值高低決定最佳的決策方案。

## 2.2 模糊理論 (Fuzzy set theory)

Zedeh 提出了模糊理論 (1965, 1975), 隨後有不少學者相繼應用模糊理論取代傳統的計量方式來處理具模糊性的問題。模糊數 (Fuzzy Number) 是 Dubios 與 Prade (1980) 提出, 若模糊集合滿足下列三種特性則稱為模糊數。

模糊數  $\tilde{A}$  係指一模糊集合其隸屬函數  $\mu_{\tilde{A}}(\chi): R \rightarrow [0,1]$ , 具有以下特性:

- (1) 此模糊集合是定義在實數軸  $R$  上。  
 $\mu_{\tilde{A}}(\chi)$ : 指定義域  $R$  至  $[0,1]$  空間上的連續映射
- (2)  $\mu_{\tilde{A}}(\chi)$ : 此模糊集合是凸集合 (Convex Set)。
- (3) 此模糊集合是經過正規化處理 (Normalized), 即存在一個數  $\chi_0$  使得  $\mu_{\tilde{A}}(\chi_0)=1$ 。

有關三角模糊數  $\mu_{\tilde{A}}(\chi)=(L,M,U)$  如圖 1 所示。

$$\mu_{\tilde{A}}(\chi) = \begin{cases} (\chi - L)/(M - L) & , L \leq \chi \leq M \\ (U - \chi)/(U - M) & , M \leq \chi \leq U \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (9)$$

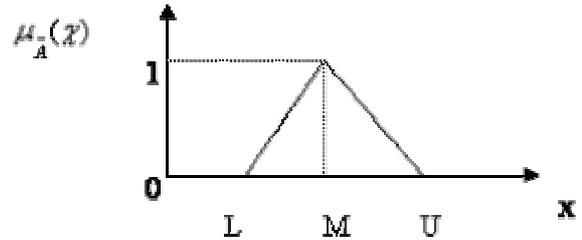


圖 1. 三角模糊函數之隸屬函數

設  $\tilde{A}$  和  $\tilde{B}$  是由三元組  $(L_1, M_1, U_1)$  及  $(L_2, M_2, U_2)$  表示的兩個三角模糊數, 則其加法及乘法運算, 可以表示如下:

模糊數加法  $\oplus$ :

$$(L_1, M_1, U_1) \oplus (L_2, M_2, U_2) = (L_1+L_2, M_1+M_2, U_1+U_2) \quad (10)$$

模糊數乘法  $\otimes$ :

$$(L_1, M_1, U_1) \otimes (L_2, M_2, U_2) = (L_1 \times L_2, M_1 \times M_2, U_1 \times U_2) \quad (11)$$

對於任何實數  $k$

$$k \otimes (L, M, U) = (k \times L, k \times M, k \times U) \quad (12)$$

模糊數排序的主要應用是比較選擇方案之間的優先順序, 以提供決策者之參考。模糊數的測度距離排序方法 (鄭景俗等, 2004) 說明如下:

若一梯型模糊函數為  $\tilde{A}(x)$  且具線性關係, 則其所對應之隸屬函數  $f_{\tilde{A}}$  如下:

$$f_{\tilde{A}} = \begin{cases} f_{\tilde{A}}^L(x) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ f_{\tilde{A}}^R(x) & c \leq x \leq d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

$$D(\tilde{A}, 0) = \left[ \int_0^1 (g_A^L)^2 dy + \int_0^1 (g_A^R)^2 dy \right]^{1/2} \quad (16)$$

在式(16)中，若值愈高則代表模糊數愈大，稱此為「模糊數排序的測度距離法」。若  $b=c$  則  $\tilde{A}$  為三角模糊數， $\tilde{A}(x) = (a, b, d)$  可得到一正確的模糊數參數值，因此，亦可據此來排序。

若二個三角模糊數  $\tilde{A}$  及  $\tilde{B}$  定義為以下型式，即可求得兩模糊數的測度距離：

$$f_{\tilde{A}}(\chi) = \begin{cases} f_{\tilde{A}}^L(x) & \text{for } \chi \leq m_1 \\ f_{\tilde{A}}^R(x) & \text{for } \chi \geq m_1 \end{cases}, f_{\tilde{B}} = \begin{cases} f_{\tilde{B}}^L(x) & \text{for } \chi \leq m_2 \\ f_{\tilde{B}}^R(x) & \text{for } \chi \geq m_2 \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \sigma = \frac{(d-a)}{2} \\ u = \frac{a+2b+d}{4} \end{cases} \quad (17)$$

其中  $f_{\tilde{A}}^L(x)$ 、 $f_{\tilde{A}}^R(x)$ ； $f_{\tilde{B}}^L(x)$ 、 $f_{\tilde{B}}^R(x)$  分別為模糊數  $\tilde{A}$ 、 $\tilde{B}$  的左右函數。

兩模糊數  $\tilde{A}$  及  $\tilde{B}$  的測度距離如下式：

$$D(\tilde{A}, \tilde{B}) = \left[ \int_0^1 (g_A^L - g_B^L)^2 dy + \int_0^1 (g_A^R - g_B^R)^2 dy \right]^{1/2} \quad (15)$$

其中  $g_A^L(x)$ 、 $g_A^R(x)$  分別為  $f_{\tilde{A}}^L(x)$ 、 $f_{\tilde{A}}^R(x)$  的反函數。為便於排序  $n$  個模糊數  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$  時，利用式(14)令模糊數  $\tilde{B} = 0$  時，則兩模糊數  $\tilde{A}_i$  及  $\tilde{B}$  的測度距離如下式：

### 3. 系統設計

我們將說明建構一套植基於模糊語意與分析層級程序的線上個人支援決策系統雛型架構設計，該雛形系統可以達到改善傳統使用分析層級程序法半自動化模式之缺失，並建立具可調整式的個人決策模組，其整體系統架構圖參見圖 2，分別由網頁使用者介面、決策支援資料倉儲之建構及模糊多評準決策機制之運作三大部份所組成。以下為三大部份之概述：

#### (1) 網頁使用者介面

使用者介面為使用者與系統間的溝通畫面，能傳遞使用者的需求（如查詢、設定與修改等操作）以及呈現分析後的結果（各選擇方案的總分）。為了簡化系統操作的複雜度與提供決策者良好的畫面親和力，本系統採用網頁的呈現方式讓使用者透過本機端的瀏覽器（如微軟的 IE 或網景的 Netscape communicator）

來與系統進行互動。

(2) 決策支援資料倉儲之建構

利用資訊代理人和準則智慧代理人在網際網路中搜尋、分析及統整資料，並建立準則整合資料倉儲、資訊收集資料倉儲、方案資料倉儲，支援層級架構建立及方案評估各項準則之參考依據。決策結果與分析

內容存於方案資料倉儲，提供未來查詢參考資訊，並作為倉儲的內部資料來源。系統中資料倉儲主要可分為：準則整合資料倉儲、資料收集資料倉儲、方案資料倉儲，以下分別簡單介紹三種資料倉儲以及兩種代理人之用途。

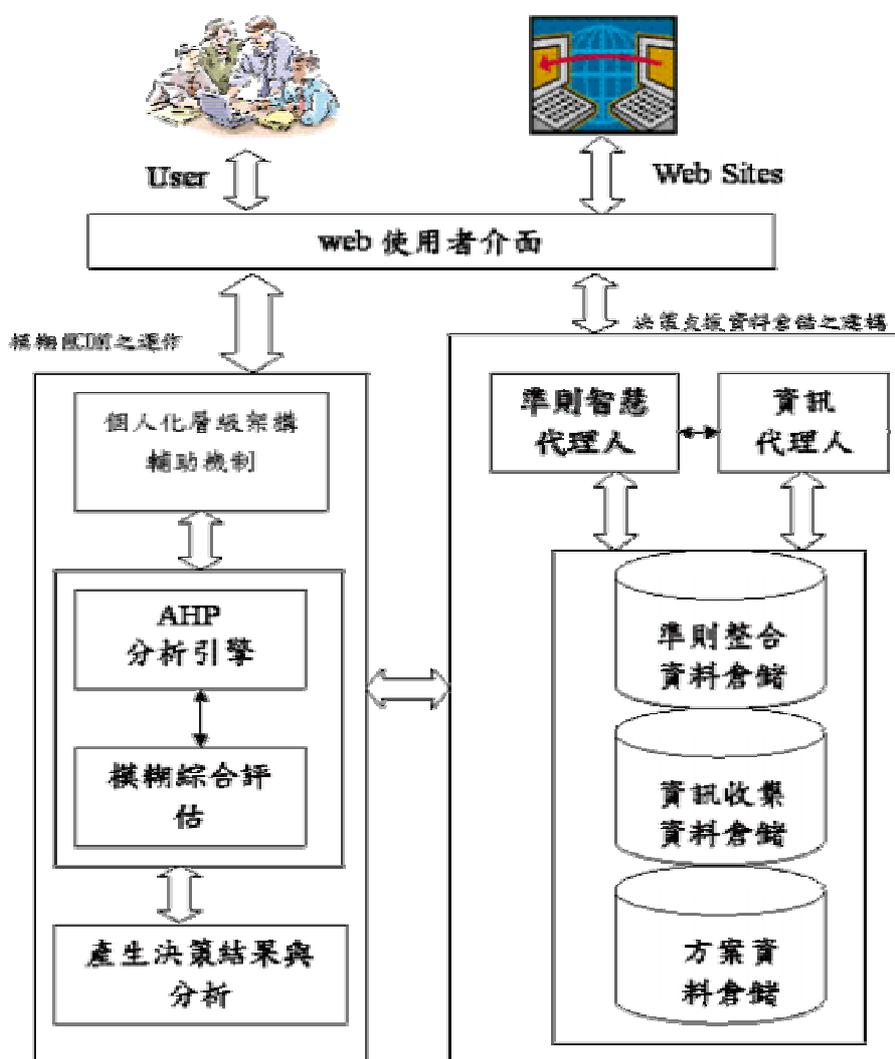


圖 2. 系統架構圖

## (2.1) 資料倉儲

### (I) 準則整合資料倉儲

主要是存放既有各類文獻中的決策模式所使用之各層面準則項目、由準則智慧代理人從網際網路上各類網站取得各種決策者所需的相關準則資料以及個人曾經做過的決策問題中所使用的準則項目，可以提供其他決策者日後之參考，包含方案代碼、準則代碼、準則相對權重值及分數及準則名稱等欄位。

### (II) 資訊收集資料倉儲：

此資料倉儲即為儲存由網際網路中各網站的網頁所收集到的資料，經由過濾分析後得到所需之資訊，決策者將可以獲得所需之資訊以作為決策時之參考，資料倉儲中包含類別名稱、資料名稱等欄位。

### (III) 方案資料倉儲

利用 AHP 法和模糊綜合評估方式求算出最後的結果，依序排出方案之優先順序，以提供給決策者建議與分析並作為參考。此資料倉儲中主要儲存各方案之最後評比結果與建議分析資料，其中包含方案所有人、決策目標、方案代碼、方案名稱、選擇方案、最佳方案、建立日期及建議內容等欄位。

## (2.2) 代理人

### (I) 準則智慧代理人

當個人處理決策問題無法確定所要評估的準則項目時，希望系統可以提供相關的準則項目給決策者參考，從網站中所搜集到的網頁內容透過準則智慧代理人去萃取有用的資料，例如將網頁檔中的各種標記、註解捨去，取出與決策者的決策問題有關的考量因素，並儲存於系統的準則資料倉儲中，以提供決策者做目標條

件的查詢。另一方面，當決策者做方案評估時，若有不知道如何去做評估時，系統可以提供既有的歷史資料作為參考方式，以便決策者能夠清楚掌握評估之重點，並順利完成決策工作取得正確的決策資訊。

### (II) 資訊代理人

一般而言，代理人可分為靜態及動態兩種（張光昊，民 86；Lejte and Dean, 1996；Wooldridge and Jennings, 1994），靜態指的是工作範圍限定在單一範圍內，亦即只搜尋處理內部資料，然後加以完成產出結果；而動態是指可以在不同系統間流竄，蒐集探索系統內的資料，然後將資料傳回本身系統中，再加以處理以取得最後結果（張春龍，民 88）。在動態方面，資訊代理人主要是利用輪詢程式負責到網際網路上的各類網站自動去連結各網站的搜尋引擎，以取得各種決策者所需的相關資料，然後存到資訊收集資料倉儲中備詢，作為本系統準則資料倉儲的外部資料來源。在靜態方面，是透過準則智慧代理人對準則整合資料倉儲或資訊收集資料倉儲進行資料倉儲的存取。另外，由系統管理者自行建立各類文獻中已歸納整理好之準則資料，並存於準則整合資料倉儲中，作為本系統準則資料倉儲的內部資料來源。

## (3) 模糊多評準決策機制

本系統建立個人化決策問題層級架構有二種輔助機制。第一個是共用模組機制，共用模組機制建立之目的在於提供決策者處理決策問題時，有一套既存的準則可以讓決策者直接使用不需要重新建立，也可以隨著決策者的需求做準則項目之調整。接著系統自行產生個人化決策問題之

層級架構，讓使用者可以在短時間內得到決策之建議與分析，如圖 3 所示。第二個則是個人化模組機制此機制之運作主要是由決策者輸入所要處理之決策問題後，列出考慮的選擇方案，開始建立各層級所要評估之準則項目，依照準則特性加以分

類，予以分成多個層級，建立各項準則時要注意其相互關係與獨立性。當建立完成各項層面及所屬之準則項目後，系統即產生個人化決策問題之層級架構，如圖 4 所示。

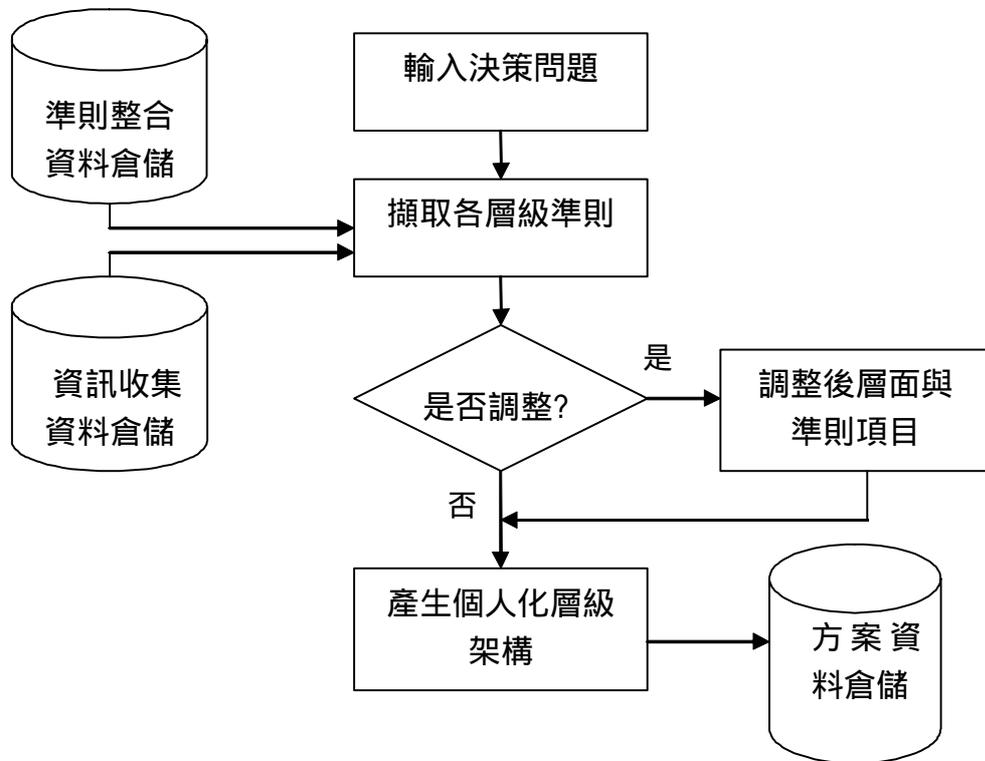


圖 3. 共用模組機制流程

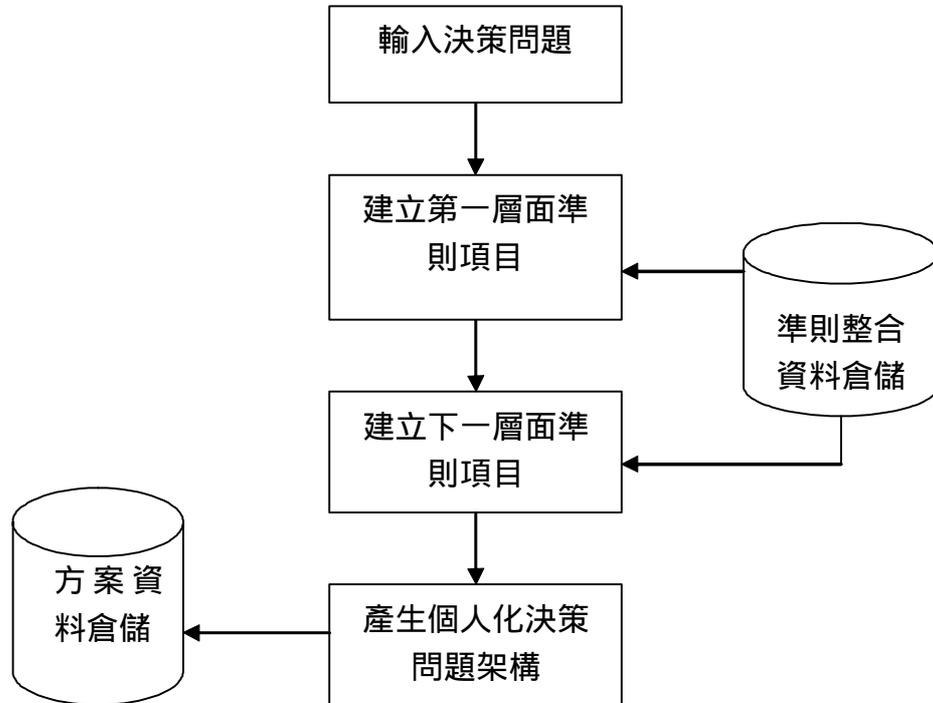


圖 4. 個人化模組機制流程

在使用 AHP 進行決策問題時，根據圖 5 的應用流程，來計算各準則的權重。至於模糊綜合評估機制的設計與運作，當各層級準則之權重值被求算出後，接著是各方案評鑑值之評估。方案滿意度之評估是採用模糊評估方式，由於在衡量評鑑準則對各個方案之評鑑值時，通常可能都含有部份的不確定因子存在，若只以單一數值來表示各方案的評鑑值不是很恰當（盧建川，民 91）；為解決這類問題在本研究中，將採用語意變數的概念來處理各評鑑準則對各方案的評鑑值。在本系統中，將運用語意變數的概念來處理對各方案之評鑑值。語意變數將採用「非常滿意」、「很

滿意」、「滿意」、「普通」、「不滿意」等五種語意變數值，由決策者對問題之看法，將語意變數轉換為模糊評估值，以達到量化之目的。其語意變數的模糊尺度，如圖 6 所示，其對應的模糊數表，如表 4 所示。根據決策者對各方案所評鑑的結果，由系統轉換所對應之模糊數，分別乘上準則權重值，所有準則加總後就可以得到每一方案之模糊綜合評鑑值，求得每一方案模糊綜合評鑑值後，採用模糊排序方式由最大到最小排列出優先等級，模糊綜合評鑑值最高者為最佳決策方案，系統自動產生結果分析與建議供決策者參考，如圖 7 所示。

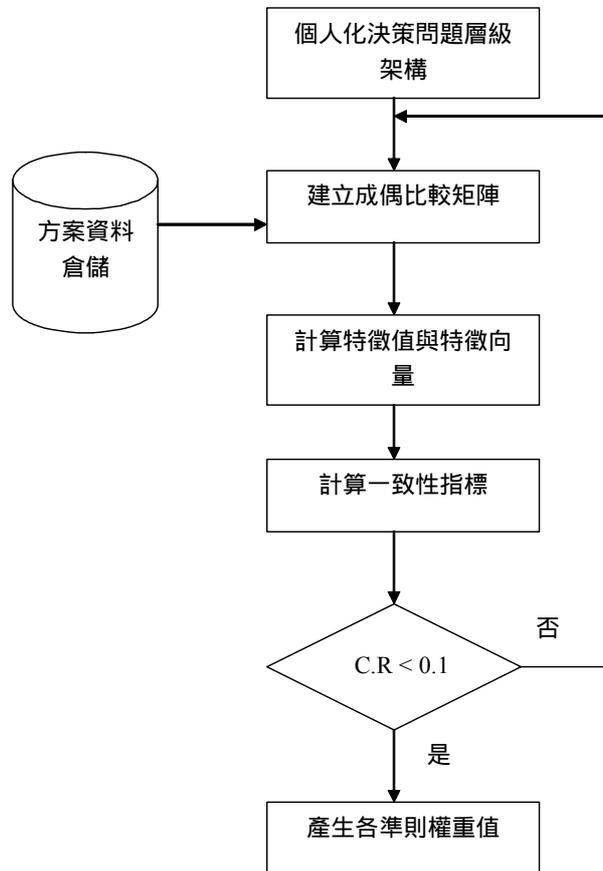


圖 5. AHP 應用機制流程

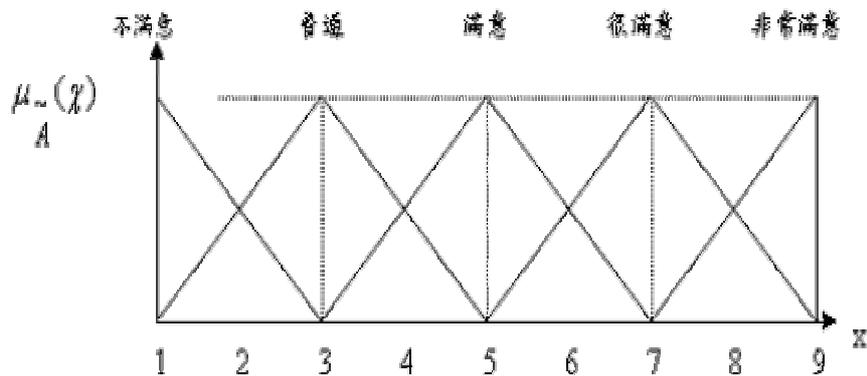


圖 6. 語意變數的模糊評估值

表 4. 語意值的模糊數表

語意值	模糊數	語意值	模糊數
非常滿意	(7,9,9)	普通	(1,3,5)
很滿意	(5,7,9)	不滿意	(1,1,3)
滿意	(3,5,7)		

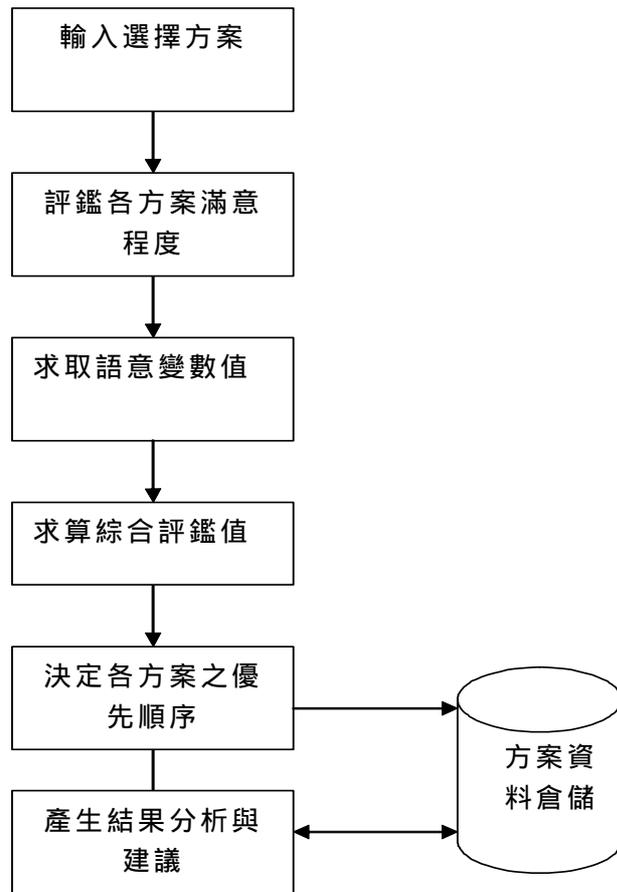


圖 7. 模糊綜合評鑑流程

本研究發展之模糊多評準決策機制之演算流程可歸納整理成如下的步驟說明：

**步驟一、問題及決策目標的定義：**根據所考量的問題予以適切地定義出進

行決策的目標要項。

**步驟二、準則項目之建立與收集：**依所設計的決策要項，定義出用來進行評估的準則或是條件屬性，並根

據這些屬性或是準則項目進行資料的收集。

**步驟三、建立問題的層級架構：**根據 AHP 的原理，將決策目標以及準則項目等的關係順序繪製出該問題的決策分析階層之架構。

**步驟四、建立各層級準則間之成偶比較矩陣：**成偶比較矩陣基本上是透過每一個層級兩兩準則間的相互比較後，再並給予適當的評估尺度值。

**步驟五、計算標準化後各準則相對權重：**為考量評估尺度的一致性，故可針對步驟四所求算出的權重再進行標準化的運算，以求算出準則相對權重。

**步驟六、作一致性檢驗：**利用式 (6) 求一致性指標  $C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$ ，並利用式 (7) 求得一致性比率  $C.R.$ ，再根據所求算出的  $C.I.$  值和  $C.R.$  值後進行評比。

**步驟七、如果不具一致性，重複執行步驟四—六，直到達成一致性並完成整個架構中各層級準則的總權重計算。**

**步驟八、計算模糊綜合評估值：**透過選單方式在評比項目以主觀語意判斷法，逐一對每一項準則選擇其評估語意值，再將已求得各項準則的總相對權重值乘上每個選擇方案各項準則的語意值模糊數，最後再換算出綜合評估模糊數。

$$E_k = \sum_{i=1}^n F_{ki} \times W_i \quad \text{其中, } k = 1, 2, \dots, K, i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

$E_k$ ：第  $k$  個方案之模糊綜合評鑑值

$F_{ki}$ ：方案  $k$  準則  $i$  模糊評鑑值

$W_i$ ：第  $i$  個準則權重值

$K$ ：方案個數

$n$ ：準則個數

**步驟九、排序與決策：**求得每一方案模糊綜合評鑑值後，採用模糊排序方式由最大到最小排列出優先等級，模糊綜合評鑑值最高者為最佳決策方案，系統自動產生結果分析與建議供決策者參考。

#### 4. 個案驗證

為驗證所發展之演算流程合理性，我們以一個簡單的範例來逐步進行說明，現假設有一個高職應屆畢業生今天要做推薦甄選之選填志願，該生考慮有三間學校分別是 A 大學、B 大學和 C 大學，根據演算程序的步驟執行說明如下：

##### 步驟一、定義問題及決策目標

問題很明顯地就是要執行推薦甄選之選填志願，決策目標就是要從候選的三所學校中找到最佳的志願學校。

##### 步驟二、準則項目之建立與收集

大專院校推薦甄選為目前考量的決策目標，在這樣的決策目標下，我們可以簡單地假設個人本身因素（包含了興趣性向、考科能力、學習能力）、家庭和環境因素（經濟能力、父母意見、就業市場）與大專院校因素（社會評價、師資設備、學校環境）是影響決策的準則項目，接著由使用者根據這些準則項目進行相關資料的蒐集。

##### 步驟三、建立整個問題的層級架構

經由上述步驟將所獲得的準則項目加以整理歸類，建立一個 AHP 決策分析的階層架構（如圖 8 所示），本例建立三個層面

與九個評估準則之層級架構。

**步驟四、建立各層級準則間之成偶比較矩陣**

層級架構建立完成後接著進行每一個

層級兩兩準則間的相互比較，並給予適當的評估尺度，以計算出各準則之相對權重，如表 5。

表 5. 階層一成偶比較矩陣

推甄之選填志願	個人本身因素	家庭和環境因素	大專院校因素
個人本身因素	1	5	3
家庭和環境因素	1/5	1	1/3
大專院校因素	1/3	3	1

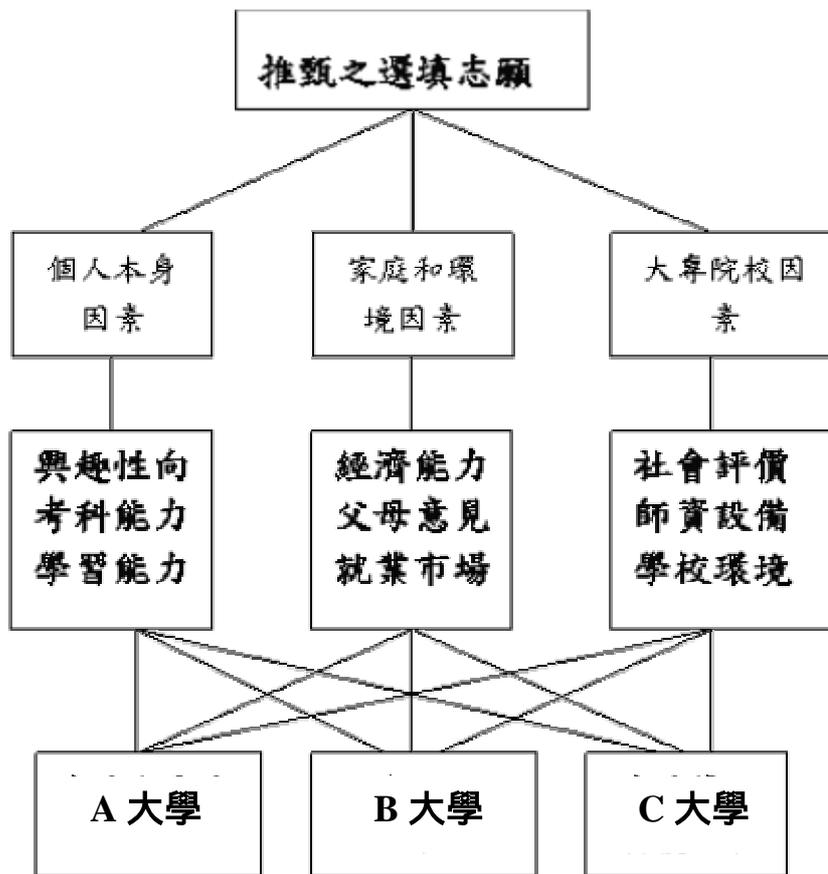


圖 8. 推甄選填志願之 AHP 層級架構

### 步驟五、計算標準化後各準則相對權重

利用式(3)，將方根向量標準化後處理得到各準則之相對權重值，如表 6 所示。

準則項目	相對權重
個人本身因素	0.637
家庭和環境因素	0.105
大專院校因素	0.258

### 步驟六、作一致性檢驗

爲了不影響分析之正確性，因此利用式(6)求一致性指標 CI，再利用式(7)求得一致性比率 CR。

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 1/5 \\ 1/3 \end{bmatrix} \times 0.637 + \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} \times 0.105 + \begin{bmatrix} 3 \\ 1/3 \\ 1 \end{bmatrix} \times 0.258 = \begin{bmatrix} 1.936 \\ 0.318 \\ 0.785 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = 1/3 \times (1.936/0.637 + 0.318/0.105 + 0.785/0.258) = 3.0368$$

$$CI = (3.0368 - 3)/(3 - 1) = 0.0184, \\ CR = 0.0184/0.52 = 0.035 < 0.1$$

故此成偶比較矩陣符合一致性檢驗，不需重新進行相對準則評估。

### 步驟七、重複執行步驟四—六，直到完成整個架構中各層級準則的總權重計算。

#### (一) 階層一個人本身因素之各項準則之總權重：

由表 7 利用式(3)代入計算可得到表 8 結果，再經由表 6 和表 8 值相乘後可得到下列之結果。

$$\begin{aligned} \text{興趣性向} &= 0.637 \times 0.614 = 0.3911 \\ \text{考科能力} &= 0.637 \times 0.268 = 0.1707 \\ \text{學習能力} &= 0.637 \times 0.117 = 0.0745 \end{aligned}$$

表 7. 階層一個人本身因素之各準則成偶比較矩陣

個人本身因素	興趣性向	考科能力	學習能力
興趣性向	1	3	4
考科能力	1/3	1	3
學習能力	1/4	1/3	1

表 8. 階層一個人本身因素之各準則相對權重

準則項目	相對權重
興趣性向	0.614
考科能力	0.268
學習能力	0.117

$$\lambda_{\max} = 3.076 \quad CI = 0.038 \quad CR = 0.073 < 0.1$$

符合一致性

#### (二) 階層一家庭和環境因素之各項準則之總權重：

由表 9 利用式(3)代入計算可得到表 10 結果，再經由表 6 和表 10 值相乘後可得到下列之結果。

$$\begin{aligned} \text{經濟能力} &= 0.105 \times 0.320 = 0.0336 \\ \text{父母意見} &= 0.105 \times 0.122 = 0.0128 \\ \text{就業市場} &= 0.105 \times 0.558 = 0.0586 \end{aligned}$$

表 9. 階層一家庭和環境因素之各準則成偶比較矩陣

家庭和環境因素	經濟能力	父母意見	就業市場
經濟能力	1	3	1/2
父母意見	1/3	1	1/4
就業市場	2	4	1

表 10. 階層一家庭和環境因素之各準則相對權重

準則項目	相對權重
經濟能力	0.320
父母意見	0.122
就業市場	0.558

$\lambda_{\max}=3.018$   $CI=0.009$   $CR=0.017 < 0.1$   
符合一致性

表 12. 階層一大專院校因素之各準則相對權重

準則項目	相對權重
社會評價	0.608
師資設備	0.272
學校環境	0.120

$\lambda_{\max}=3.0935$   $CI=0.0467$   $CR=0.089 < 0.1$   
符合一致性

### (三) 階層一大專院校因素之各項準則之總權重：

由表 11 利用式(3)代入計算可得到表 12 結果，再經由表 6 和表 12 值相乘後可得到下列之結果。

$$\text{社會評價}=0.258 \times 0.608=0.1568$$

$$\text{師資設備}=0.258 \times 0.272=0.0702$$

$$\text{學校環境}=0.258 \times 0.120=0.0309$$

表 11. 階層一大專院校因素各準則成偶比較矩陣

大專院校因素	社會評價	師資設備	學校環境
社會評價	1	3	4
師資設備	1/3	1	3
學校環境	1/4	1/3	1

### 步驟八、計算模糊綜合評估值

由上一個步驟已求算出各項準則之總相對權重值，然後決策者透過選單方式在評比項目以「非常滿意」、「很滿意」、「滿意」、「普通」、「不滿意」之五等級主觀語意判斷的表示方式（如圖 6 所示）逐一對每一項準則來選擇來評估語意值，結果如表 13。根據式(12)將已求得各項準則的總相對權重值乘上每個選擇方案各項準則的語意值模糊數以求算出綜合評估模糊數，結果如表 14。最後根據式(17)將每個選擇方案所得到的綜合評估模糊數做模糊排序，找出優先等級最高的最佳方案。

表 13. 選擇方案對各項準則評估滿意值及準則總權重值

選擇方案 準則名稱	A 大學	B 大學	C 大學	準則總權重
興趣性向	滿意	普通	很滿意	0.3911
考科能力	很滿意	不滿意	滿意	0.1707
學習能力	滿意	滿意	普通	0.0745
經濟能力	不滿意	很滿意	很滿意	0.0336
父母意見	不滿意	普通	普通	0.0128
就業市場	普通	很滿意	很滿意	0.0586
社會評價	很滿意	普通	很滿意	0.1568
師資設備	普通	普通	滿意	0.0702
學校環境	滿意	很滿意	非常滿意	0.0309

表 14. 各選擇方案之綜合評估模糊數

選擇方案	A 大學	B 大學	C 大學
綜合評估模糊數	(3.3022,5.2078,7.2062)	(1.6406,3.2976,5.296)	(4.2268,6.2252,8.1618)

表 15. 各選擇方案之模糊排序

測度 排序方案	平均值	標準差	變異係數
A 大學	6.20975	1.9675	31.68
B 大學	5.231	1.952	37.32
C 大學	3.38295	1.8277	54.03

三個志願之選擇方案依據最後的總分數排序出來的結果以及變異係數（方世榮，1998）的排序結果其優先順序分別為 A 大學→B 大學→C 大學（如表 15），故其最佳學校選擇方案為 A 大學。

## 5. 系統實作與案例展現

本雛型系統環境平台作業系統以 Microsoft SQL 2000 開發具彈性之網頁化系統，使用 HTML + CSS + ASP + Java Script 撰寫具人性化介面之個人決策支援

系統，以降低人工的作業。接著，我們以前一章節中所述之協助高職應屆畢業生解決選填志願之決策問題為系統展現個案，透過系統的設計來呈現所提演算程序的可用性與可行性。圖 9 為個人決策支援系統共用模組介面，圖 10 為使用者建立各層級評估準則，圖 11 及圖 12 為第一、二層級準則項目之成偶比較評估，圖 13 為選擇方案滿意度評估。



圖 9 個人決策支援系統共用模組介面



圖 10 使用者建立各層級評估準則



圖 11 第一層級準則項目之成偶比較評估

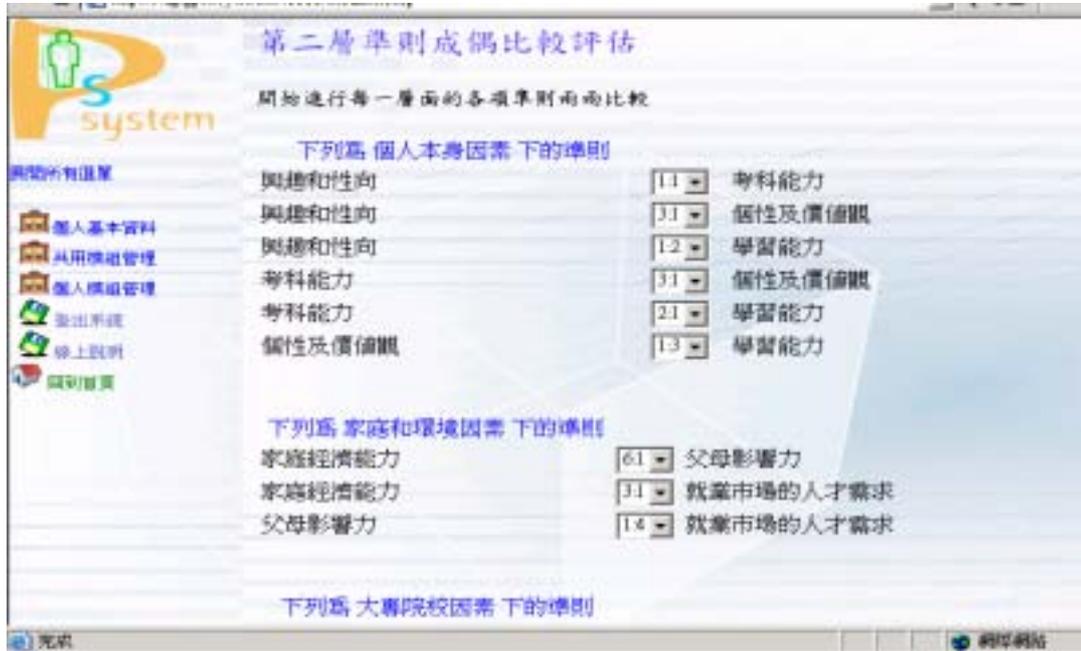


圖 12 第二層級準則項目之成偶比較評估



圖 13 選擇方案滿意度評估

## 6. 結論與建議

在本文的貢獻可以歸納整理如下數點說明：

- (1) 建立具可調整式的個人決策系統  
決策者可透過系統瀏覽共用模組尋找符合個人需求的決策目標，系統會從共用模組準則資料倉儲讀取既有準則項目顯示於畫面上，協助決策者縮短輸入準則項目的時間，決策者再依據個人本身的需求去做彈性之調整，以建立適當的評估準則項目進行決策工作。
- (2) 改善傳統使用分析層級程序法半自動化模式之做法  
透過本研究的系統可以將原本依賴商業套裝軟體或試算軟體來使用分析層級程序法的方式，改變成透過網頁介面決策者可以適時於線上輸入決策問題、建立準則項目及選擇方案等資料，系統可以在短時間內回應決策之建議結果提供決策者參考。
- (3) 以模糊語意計算來排比方案。  
針對各方案，利用模糊語意讓決策者各自選擇他們認為合適的語意來描述個人對評選項目的滿意度，以產生最符合決策者需求的決策資訊。

本系統僅為雛型系統仍有許多不足之處可供改進，茲提供以下幾點作為後續相關研究參考：

- (1) 本研究目前僅為個人決策支援系統，可擴增為群體決策支援系統，在實務上的應用更為廣泛。
- (2) 傳統分析層級程序法在成對比較評估上是採用明確值，在群體決策過程中有共識差異性之問題，此時，建議可採用模糊分析層級程序法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process) (Laarhoven and Pedrycz, 1983)來改善此問題。
- (3) 本系統中代理人功能尚屬雛形階段，應

可更完整的設計，以發揮最大之效率；此外，系統操作介面應可以更符合人性化的操作設計。

- (4) 查詢歷史決策資料功能可再加入模糊關鍵字比對功能，讓使用者更有彈性找到所需的相關決策參考資料。
- (5) 共用模組的準則項目資料可以再持續擴充，以提供使用者更多的參考資訊，讓使用者決策工作更加順暢。

## 參考文獻

- [1] 王元仁，「模糊理論應用於技職學校課程評鑑模式之探討」，國立臺北師範學院學報:教育類，第 16 卷第 1 期，民國 92 年，49-62 頁。
- [2] 方世榮，統計學導論，第三版，台北：華泰，民國 87 年。
- [3] 李俊佳，「網路學習系統評估模式之研究—模糊多屬性決策之應用」，中原大學資訊管理研究所碩士論文，民國 92 年。
- [4] 吳榮章，「層級程序分析法在國內研究所畢業生職業選擇決策之應用—以南部地區大學為例，南華大學管理研究所碩士論文，民國 92 年。
- [5] 林振國，「都市路外停車場設置區位評選之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 90 年。
- [6] 張光昊，「全球資訊網路上的智慧型助理」，淡江大學資訊工程系碩士論文，民國 86 年。
- [7] 張春龍，「住宅選擇模型之研究—以台南市為例」，長榮管理學院經營管理研究所碩士論文，民國 88 年。
- [8] 張家維，「資訊服務業區位選擇之研究」，中山大學公共事務管理研究所碩士論文，民國 90 年。
- [9] 曾雪卿，「提昇我國積體電路產業產競爭優勢之關鍵因素」，國立成功大學企

- 業管理研究所，民國 88 年。
- [10] 陳進成、許通安、廖莉芬，「遠距教學系統評做模式之研究--AHP 方法之應用」，資管評論，第 13 期，民國 93 年，頁 207-225
- [11] 陳榮老，「應用 AHP 模式探討招生方案選擇之研究—以台南地區高中職為例」，雲林科技大學資管所碩士論文，民國 92 年。
- [12] 鄧振源、曾國雄，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)」，中國統計學報，第 27 卷第 6 期，民國 78 年，5-22 頁。
- [13] 鄧振源、曾國雄，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下)」，中國統計學報，第 27 卷第 7 期，民國 78 年，1-20 頁。
- [14] 盧建川，「員工績效考核辦法之研究」，國立交通大學科技管理研究所碩士論文，民國 91 年。
- [15] 鄭景俗、王佳文、蔡孟峰、黃堃承，「模糊語意整合運算法建立高中教師評鑑輔助系統」，人力資源管理學報 2004 秋季號，第四卷第三期，民國 93 年，73-77 頁。
- [16] Al Khalil, M. I., "Selecting the appropriate project delivery method using AHP", *International Journal of Project Management*, Vol. 20, No. 6, 2002, pp. 469-474.
- [17] Lawrence, B., and Saul, G. I., "On teaching the analytic hierarchy process", *Computers and Operations Research*, Vol. 30, No. 10, 2003, pp.1487-1497.
- [18] Dubois, D., and Prade, H., *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, 1st ed., New York: Academic Press, 1980.
- [19] Hwang, C.L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, 1st ed., New York: Springer-Verlag, 1981.
- [20] Laarhoven, P.J.M. and Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229-241.
- [21] Lai, V. S., Wong, B. K., and Cheung, W., "Group decision making in a multiple criteria environment : A case using the AHP in software selection", *European Journal of Operational Research*, Vol. 137, No. 1, 2002, pp.134-144.
- [22] Lejter, M., and Dean, T., "A Framework for the Development of Multiagent Architectures", *IEEE Computer Society Press*, Vol. 11, No.6, 1996, pp. 121-138.
- [23] Saaty, T. L., "A scaling method for priorities in Hierarchical structures", *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, No. 3, 1977, pp.234-281.
- [24] Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, 1st ed, New York: McGraw-Hill, 1980.
- [25] Wooldridge, M., and Jennings, N. R., "Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey", in *Proceedings ECIA-Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, 1994, pp. 186-201.
- [26] Zadeh, L. A., "Fuzzy sets", *Information and Control*, Vol. 8, 1965, pp. 338-353.
- [27] Zadeh, L. A., "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning---Part I", *Information Science*, Vol. 8, No. 3, 1975, pp. 199-249.
- [28] Zadeh, L. A., "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning---Part II", *Information Science*, Vol. 8, No. 4, 1975, pp. 301-357.

- [29] Zadeh, L. A., “The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning---Part III”, *Information Science*, Vol. 9, No. 1, 1975, pp. 43-80.