

具模糊排名分析之 可調式多屬性決策系統的建置

邱宏彬¹林怡婷²陳美秀³¹³南華大學資訊管理研究所²醒吾技術學院行銷與流通管理系

摘 要

管理決策問題主要面臨兩個困難，首先是如何將問題系統化，並且，在眾多的考量因素中抉擇，以整理出它的結構；再者是每個人衡量的觀點不同，如何量化決策的過程，是另一項挑戰。若再加上具有大量可供選擇的方案(Alternatives)時，將使得決策的過程變得非常困難且難以控制。本研究在跨平台的 Web 環境中，設計與建置具有模糊排名分析之可調式(customized)多屬性決策的雛型系統。預先建構之準則與階層結構的決策樣板資料庫，以及相關輔助機制，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。另一方面，本文提出一個整合模糊比對與模糊層級分析法之兩階段模糊排名分析程序(Two-Stage Fuzzy Ranking Analysis Process)，簡稱為 TSFRAP，可廣泛的應用在具有大量選項的模糊環境中，進行多屬性排名分析。理性的模糊評估指標，結合主觀導向的模糊層級分析法，為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說明 TSFRAP 的運作流程，並實作此雛型系統，來示範其有效性與可行性。

關鍵字：模糊理論、模糊知識地圖、模糊評估指標、知識分享



Constructing a Customized Multi-criteria Decision Making System with Fuzzy Ranking Analysis

Hung-Pin Chiu¹

Yi-Ting Lin²

Mei-Hsiu Chen³

¹³Department of Information Management, Nanhua University

²Department of Marketing and Logistics Management, Hsing Wu College

Abstract

Nowadays, a considerable amount of enterprises has taken advantage of knowledge map systems to manage human resources and intelligence capital for improving competitive advantages. A well handled knowledge map systems must be able to retrieve the most appropriate talents in a wealth of information for sharing knowledge. However, the previous approaches use binary logic to qualify the human knowledge, result in the problem that knowledge distribution can not be fully captured, and the best match cases may be missed during query. In order to apply members' specialty in the organization more efficiently to put the right man in the right place. We use the fuzzy set theory to construct a fuzzy knowledge map, and propose a fuzzy evaluation index to filter out relevant candidates that meet the given fuzzy searching conditions. A didactic example is included to illustrate the computational procedure, and a prototyping system is implemented to demonstrate the feasibility and effectiveness for ranking analysis in a fuzzy environment.

Keyword: Multi-Criteria Decision Making、Fuzzy Sets Theory、Fuzzy Analytic Hierarchy Process、Fuzzy Ranking Analysis



1.緒論

每個人、每個機構每一天都會遇到「決策」的問題。例如：面臨升學選擇的學生，如何選擇合適的就讀學校？社會的新鮮人、上班族該如何選擇合適的工作？週休二日該去哪裡度假 (康書萍, 2005)？公司主管如何藉由知識地圖 (Knowledge Map) 的幫助，找出最適當的職務代理人或是專案領導人 (Woo, J.H. et al., 2004；蔡婉玉, 2005)？在學生認輔系統裡，如何選擇適當的認輔人員或諮商專家，以提高輔導的效果 (陳洽堂, 2004)？這些問題看似簡單，執行起來卻有艱難之處。管理決策問題主要面臨兩個困難，首先是如何將問題系統化，並且，在眾多的考量因素中抉擇，以整理出適合分析與決策的結構；再者是每個人衡量的觀點不同，如何量化決策的過程，藉以觀察其邏輯的推理流程，是另一項挑戰 (段念祖, 2007)。周遭環境充斥著太多必須評估的因素，若再加上具有大量可供選擇的方案 (Alternatives) 時，將使得決策過程變得非常困難且難以控制，因此，利用一個有效的決策支援工具，來協助決策者找出最佳策略方案，便成爲一件非常重要的工作。

曾雪卿 (2001) 提到層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, 簡稱 AHP) 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。模糊層級分析法 (Fuzzy AHP) 更進一步利用模糊語意變數 (Fuzzy Linguistic Variables) 的概念，協助使用者在評比合適方案時，掌握更準確且完整的資訊 (Laarhoved & Pedrycz, 1983；汪仲洋, 2003；劉儒俊, 2001)。層級分析法 (Satty, 1980) 的優點在於將複雜問題的評量予以結構化，並建立層級結構，但若層級項目過多或可行方案龐大時，層級分析

法的運算將會非常繁雜。爲了克服此缺點，本研究提出一個模糊排名分析程序 (Fuzzy Ranking Analysis Process)，將決策方案的排行流程分爲兩階段。首先，使用一個模糊評估指標，讓決策者在龐大的方案資料庫中，先行過濾符合門檻標準的決策方案；在縮小考量範圍後，再以模糊層級分析法，精準的考慮決策主題所需仔細衡量的細項，根據這些資訊，計算排列出最符合決策者需求的解決方案之排名順序。

層級分析法的應用層面相當的廣泛，從文獻中 (陳榮老, 2003；陳進成等, 2004；盧淑惠, 2002；康書萍, 2005)，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。這種可調整式的 (customized) 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。

網際網路是現今資訊與知識分享的主流平台，本研究將在跨平台的 Web 環境中，設計與建置具有模糊排名分析之可調式多屬性決策的雛型系統。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。同時，透過兩階段的模糊排名分析程序的支援，決策者能夠依個人需求訂定適當的決策指標及比重值，來搜尋系統資料，以便在龐大的



方案資料庫中，得到最完整且最適合的決策方案。

2 文獻探討

2.1 層級分析法 (Analytic Hierarchy Process)

所謂決策，是爲了完成既定的目標，在搜集各類外界資訊後，進一步分析、評估、選擇各項可行方案的一個過程與方法。當決策條件處於極度不確定的情形下，要作出最佳的決策，是相當困難的事。因此，若可以在作決策之前，通盤了解影響決策的相關因素，並使用適當之輔助決策工具，決策者方能完成決策行爲 (梁定澎，1994)。層級分析法 (Analytic Hierarchy Process，簡稱 AHP) 係由美國匹茲堡大學 Saaty 教授在 1971 年首先提出，主要應用於具有多評估準則的決策問題。層級分析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。其最大特色是利用層級結構將評估準則之間的複雜關係作有系統的連結，而且兩兩因素成對比較的方式，可以減輕決策者負擔，使決策者的意向能夠更清楚的反應出來。一般而言，其執行步驟可分爲三大階段：(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 (王元任，2003)。

大多數的決策問題都具有多準則的特性，多個準則間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之間的重要性時，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。曾雪卿 (2001) 提到層級分析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、層級分析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
層級分析法	高	高	高	高
德菲法	高	低	高	低
權數評估法	高	低	低	高

2.2 模糊集合理論 (Fuzzy Sets Theory)

Zadeh 提出模糊集合的數學概念，它是一種定量表達工具，用來表現某些無法明確定義的模糊性概念 (Pedrycz, W. and F. Gomide, 2007)。若 X 爲宇集合 (universal set)， A 爲一個模糊集合，則對於 X 中的元素 x ，其屬於 A 的程度爲 $\mu_A(x)$ ，此 $\mu_A(x)$ 稱之爲歸屬函數 (membership function)，其值介於 0 和 1 之間，其數學表示式如下：

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

若模糊集合 A 可表示爲

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (2)$$

三角形歸屬函數爲典型的模糊數 (fuzzy number) 代表。令 \tilde{A} 和 \tilde{B} 是由三元組 (a_1, b_1, c_1) 及 (a_2, b_2, c_2) 表示的正三角模糊數，則其四則運算如下 (Chen & Hwang, 1992)：

$$\tilde{A}(+) \tilde{B} = (a_1, b_1, c_1)(+)(a_2, b_2, c_2) = (a_1+a_2, b_1+b_2, c_1+c_2) \quad (3)$$

$$\tilde{A}(-) \tilde{B} = (a_1, b_1, c_1)(-)(a_2, b_2, c_2) = (a_1-c_2, b_1-b_2, c_1-a_2) \quad (4)$$

$$\tilde{A}(\times) \tilde{B} = (a_1, b_1, c_1)(\times)(a_2, b_2, c_2) = (a_1a_2, b_1b_2, c_1c_2) \quad (5)$$



$$\tilde{A}(\div)\tilde{B} = (a_1, b_1, c_1)(\div)(a_2, b_2, c_2) = (a_1/c_2, b_1/b_2, c_1/a_2) \quad (6)$$

模糊邏輯的特點就是允許使用者以接近自然語言的語意變數來表達使用者需求 (Pedrycz, W. and F. Gomide, 2007)。一般而言，在一個語意變數的論域(domain)內想要分割的語意模糊項(fuzzy term)數目越多時，論域的分割就顯得越細膩。例如，在「條件項目程度」這個語意變數上，我們可以定義「非常不專精、不專精、專精、很專精、非常專精」等模糊項(值)為其變數值，使用者可以選擇各自覺得合適的模糊項來表達個人對語意變數的感受。通常，模糊項是以三角模糊數來表示，以便將定性的需求程度轉換為可分析的量化數。若語意變數的字集合為[0, 1]，則語意變數「條件項目程度」上的模糊項(值)可以利用表 2 之三角模糊數來表示。

表 2、專精程度之三角模糊數

條件項目程度	三角模糊數
非常專精	(0.8, 1.0, 1.0)
很專精	(0.6, 0.8, 1.0)
專精	(0.4, 0.6, 0.8)
不專精	(0.2, 0.4, 0.6)
非常不專精	(0.0, 0.2, 0.4)

去模糊化(defuzzification)可將模糊集合轉換為明確值，以方便模糊排序。有許多去模糊化的方法，較常用的是重心法(Chen & Hwang, 1992)，其數學式如下：

$$COG = \frac{\sum \mu_A(x)x}{\sum \mu_A} \quad (7)$$

其中 COG 是歸屬函數 $\mu_A(x)$ 之重心，亦即模糊集合 A 去模糊化後的值。另外，Chen & Cheng (2005)文獻中提出一個新的排行模糊數的測度距離排序方法(metric distance method)，可以用來比較選擇方案之間的優先順序。若有一梯型模糊函數為 $A(x) = (a, b, c, d)$ 且具有線性關係，則其所對應之歸屬函數 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 如下：

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \mu_{\tilde{A}}^L(x) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \mu_{\tilde{A}}^R(x) & c \leq x \leq d \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (8)$$

此模糊數的參數化值， μ (mean)和 σ (standard deviation)，可以下列公式來計算：

$$\begin{cases} \sigma = \frac{2(d - a) + c - b}{4} \\ \mu = \frac{a + b + c + d}{4} \end{cases} \quad (9)$$

若 $b = c$ 則為三角模糊數，可得到此模糊數的參數化值：

$$\begin{cases} \sigma = \frac{(d - a)}{2} \\ \mu = \frac{a + 2b + d}{4} \end{cases} \quad (10)$$

因此，可據此來排序模糊數。假設 \tilde{A}_i 和 \tilde{A}_j 為二個模糊數，並且計算其對應的模糊數參數值，則其排序的結果如表 3 所示。



表 3、不同模糊數的大小關係排序結果

$\mu(\tilde{A}_i)$ $\mu(\tilde{A}_j)$ 之關係	$\sigma(\tilde{A}_i)$ $\sigma(\tilde{A}_j)$ 之次序關係	排序結果
$\mu(\tilde{A}_i) > \mu(\tilde{A}_j)$	不用計算	$\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$
$\mu(\tilde{A}_i) = \mu(\tilde{A}_j)$	$\sigma(\tilde{A}_i) < \sigma(\tilde{A}_j)$	$\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$

2.3 模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

人類的思維具有模糊性，決策屬性的評估值所具有的模糊性及不確定性，會影響問卷填答、準則衡量時的主觀判斷，而層級分析法僅利用相對比較之比例來表達決策者的意見，因此，無法克服決策時所伴隨模糊性之問題。Laarhoved & Pedrycz (1983)等研究，將模糊邏輯的觀念帶入層級分析法，用來處理在準則衡量與判斷等過程中所產生之模糊性問題，因而發展了模糊層級分析法 (Fuzzy AHP) (Laarhoved & Pedrycz, 1983)。

模糊層級分析法是一著名的人性化多準則決策分析方法，該方法能協助使用者在評比決策方案時，以各自覺得合適的模糊項來表達個人的主觀感受，因而能掌握更準確且完整的資訊。劉儒俊 (2001) 利用模糊層級分析法來建構行銷資源之最適配置模式。汪仲洋 (2003) 將模糊層級分析法應用於 IC 產業政策選取之研究。模糊層級分析法其解決問題的程序，原則上都是大同小異，本研究將綜合各文獻的研究 (Laarhoved & Pedrycz, 1983; 汪仲洋, 2003; 劉儒俊, 2001; Saaty, T.L., 1980; 康書萍, 2005)，實作模糊層級分析法。另外，模糊層級分析法的問題是，當層級項目過多或決策方案的數量龐大時，層級分析法的運

算將會非常繁雜。我們將提出一個模糊評估指標來過濾具備初步資格的候選方案，以克服計算上的繁雜和負擔。

系統設計

3.1 系統架構

本研究利用兩階段模糊排名分析程序，建構一套線上個人決策支援的雛型系統，幫助使用者能在龐大的決策資料庫中，逐步篩選出適合自己的方案、準則，以協助使用者解決各方面的決策問題。系統架構如圖 1 所示。

(1) 查詢系統

由查詢介面，使用者可以建立、選取、與修改自己所需要的主題、構面、準則，再進行各要素之間的模糊評估，以找出最適合自己的方案排序。

(2) 資訊載入處理系統

本系統的特點之一，在於能累積各種使用者的使用經驗，將這些構面、準則存入資料庫中，管理者亦可以直接在介面中新增主題、構面、準則。

(3) 主題庫資料倉儲

在這裡，存放著許多不同的決策主題，及其相關的構面與準則。決策主題庫可以透過人工的方式或利用智慧型代理人(康書萍, 2005)來收集與建立，並且儲存在資料倉儲



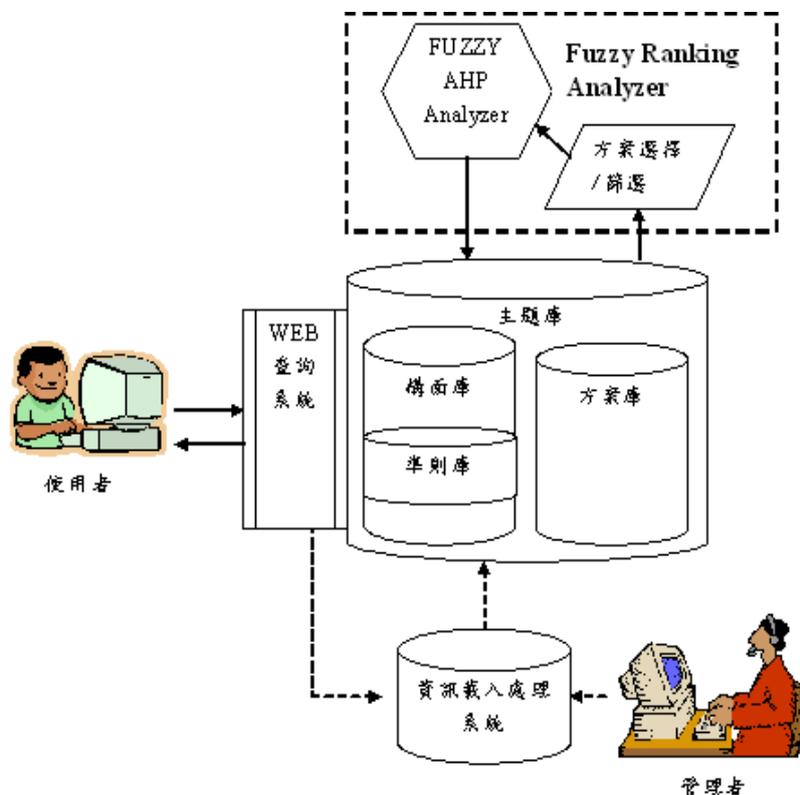


圖 1、系統架構

中 (Ahmad, I. et al., 2004)。
 (4) 模糊排名分析機制 (Fuzzy Ranking Analyzer)

(a) 方案選擇/篩選系統

使用者利用領域知識與模糊比對法，過濾出候選方案，儲存成暫存資料庫。例如，升學志願選填決策方面，決策者可輸入本身的入學成績條件，方案篩選系統即會依照各個學校的錄取基本標準與條件，過濾出初步的候選方案。

(b) 模糊層級分析處理器

使用者利用決策主題資料庫與領域經驗，經由輔助機制的幫忙，建立 AHP 層級架構。經由輸入介面，使用者逐一評比兩兩因素之間的比重，並以模糊層級分析法進行模糊運算、排序，以供決策者參考使用。

(c) 層級架構輔助機制

本系統有二種建立問題層級架構之輔助機制。第一個是共用模組機制，其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直接使用而不需要重新建立，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 2 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，如圖 3 所示。

3.2 Two-Stage Fuzzy Ranking Analysis Process (TSFRAP)

模糊層級分析法是一著名的人性化多準則決策分析方法，該方法能協助使

用者在評比決策方案時，以各自覺得合適的模糊項來表達個人的主觀感受，因而能掌握更準確且完整的資訊；但是，當層級項目過多或決策方案的數量龐大時，層級分析法的運算將會非常繁雜。因此，本研究提出一個整合模糊比對與模糊層級分析法之兩階段模糊排名分析程序(Two-Stage Fuzzy Ranking Analysis Process)，簡稱為 TSFRAP，以方便使用者進行決策方案的評比分析，如圖 4 所示。第一階段，我們提出一個過濾方案的模糊評估指標，以便從資料庫中篩選出具備初步資格的候選者；第二階段才利用模糊層級分析法針對這些候選者進行排名分析，並將最佳的結果推薦給決策者做參考。整個 TSFRAP 的流程與步驟說明如下：

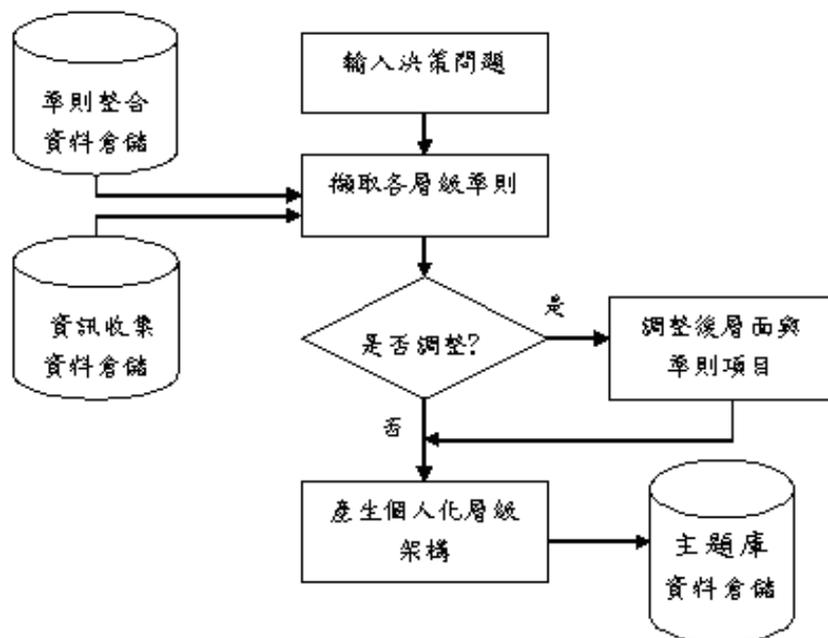


圖 2、共用模組機制流程



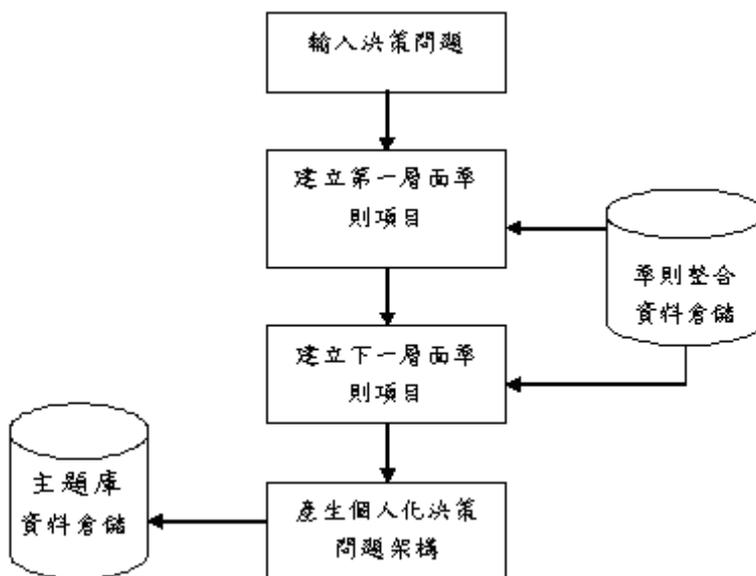


圖 3、個人化模組機制流程

第一階段：模糊搜尋與過濾階段

步驟一：由決策者根據問題之方案特性，選擇可作為評選準則之條件項目。
 步驟二：給定各準則須滿足之條件門檻及重要性，以計算各方案之模糊評估指標。

在本研究中，決策者須設定條件項目至少要滿足的程度，做為條件門檻；語意變數「條件項目專精程度」上，可用的模糊值及其對應之三角模糊數如表 2 所示。另外，決策者也必須給定每個條件項目準則的重要性，來表示決策者在選擇方案時對該項目的重視程度。語意變數「重視程度」上，可用的模糊值及其對應之三角模糊數如表 4 所示。

根據給定之準則的門檻條件及在意程度，我們提出一個計算各方案之模糊評估指標的方法。假設決策者共選擇 n 個條件項目作為評選準則。令 E_i 為方案 i 的各個

準則「專精程度」之模糊數向量， C 為各準則須滿足之條件門檻的模糊數向量， W 為各準則之「重視程度」的模糊數向量，如下所示：

$$E_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ij}, \dots, v_{in})$$

$$C = (v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_n)$$

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$$

則方案 i 的模糊評估指標， S_i ，計算如下：

$$S_i(E_i, C, W) = \sum_{j=1}^n S_{ij}(v_{ij}, v_j, w_j) = \sum_{j=1}^n w_j (\times) (v_{ij} (-) v_j) \quad (11)$$

其中，(-)和(×)分別是三角模糊數的減法和乘法運算，如公式(4)和(5)所示。當 v_{ij} 和 v_j 相減為正數時，代表該項目的能力超過門檻條件；值愈大，代表超過愈多，當乘上「重視程度」後會調整其正向差別，反之，若 v_{ij} 和 v_j 相減為負數時，代表該項目的能力低於門檻條件；該負數的絕對值愈大，代表落後愈多，當乘上「重視程度」後會相對的調整其負向差別。 S_i 代表所有準



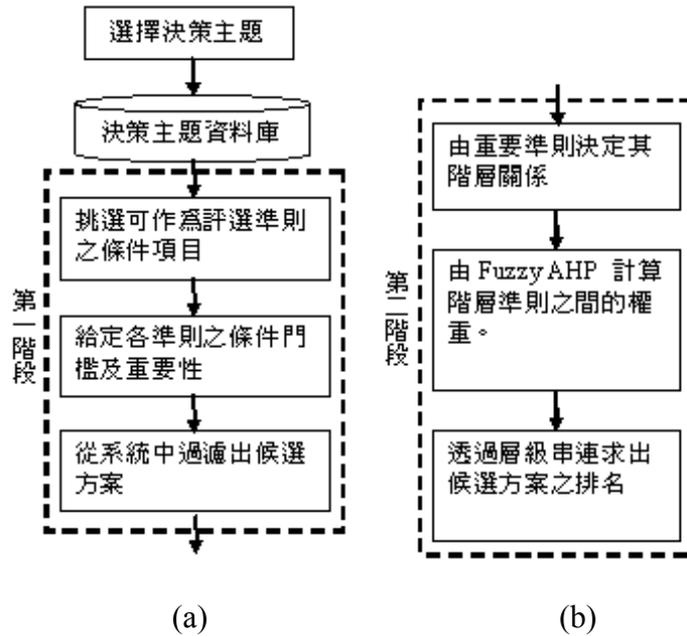


圖 4、TSFRAP 之流程圖 (a) 模糊搜尋與過濾階段 (b) 模糊排名分析階段

表 4、重視程度之三角模糊數

重視程度之模糊值	三角模糊數
非常在意	(0.8, 1.0, 1.0)
很在意	(0.6, 0.8, 1.0)
一般	(0.4, 0.6, 0.8)
不在意	(0.2, 0.4, 0.6)
非常不在意	(0.0, 0.2, 0.4)

則之綜合知識評估指標值。

步驟三：從系統中過濾出符合的候選方案。

逐一計算各方案之評估指標值；評估指標值越大，則表示其綜合評分越高。我

們以公式(10)計算評估指標值的模糊數參數化值，並以表 3 來進行排序。決策者可決定過濾其前幾名，作為下階段模糊排名分析的候選方案。



第二階段：模糊排名分析階段

步驟一：透過輔助機制，決策者針對問題更詳細的綜合特性，進一步決定決策分析之重要準則及其階層關係。值得一提的是，此階段所用的重要準則可以和第一階段不相同，由決策者依領域知識自行決定。

步驟二：由模糊層級分析法，配合領域知識之資料，計算各階層因素（準則、方案）之間的權重。計算步驟如前所示，包括(a)使用模糊值表達兩個方案(或準則)之間相對重要性的評估值，以建立模糊正倒值矩陣；(b)計算模糊正倒值矩陣所對應的模糊權重向量；(c)將每個模糊權重值去模糊化。

步驟三：透過層級間權重的串連，求出各候選方案整體權重值，做為方案排名之依據；方案之整體權重值越高者，其排名越前面。

本研究綜合各文獻的研究 (Laarhoved & Pedrycz, 1983; 汪仲洋, 2003; 劉儒俊, 2001; Saaty, T.L., 1980; 康書萍, 2005), 提出下列之模糊層級分析法：

(1) 建立層級結構

決策者根據問題的特性建立各層級的重要因素，將複雜的問題予以結構化。

(2) 建立模糊正倒值矩陣

決策者使用語意變數之模糊值來表達他對兩個方案(或準則)之間相對重要性的評估值，以建立模糊正倒值矩陣。一般使用 9 點量尺來評比兩個因素之間的比重，9 點量尺可劃分為絕強、極強、頗強、稍強、等強，而另外四個衡量尺度則介於這五個尺度之間，其對應之模糊數如表 5 所示。

在模糊層級分析法中，兩個方案(或準則)之間相對重要性的評估值具有正倒數關係，當決定了因素一相對於因素二的比重，即同時決定了因素二對於因素一的比重。

表 5、相對重要性評估尺度

語意變數	正三角模糊數	正倒值模糊數
絕強	(9, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/9)
介於兩者之間	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)
極強	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
介於兩者之間	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
頗強	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
介於兩者之間	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
稍強	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
介於兩者之間	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
等強	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)



令建立的模糊正倒值矩陣， \tilde{T} ，表示如下：

$$\tilde{T} = [\tilde{T}_{ij}]$$

其中 \tilde{T}_{ij} ：第 i 個方案(準則)相對於第 j 個方案(準則)的重要性比較值，

$$\tilde{T}_{ij} = \tilde{T}_{ji} \quad (\text{等強}), \quad \forall i=j, \quad \tilde{T}_{ji} = \frac{1}{\tilde{T}_{ij}},$$

$\forall i, j = 1, 2, \dots, n$ 。

(3) 計算模糊權重值

我們利用 α -cut 與 Lambda-Max 方法(汪仲洋, 2003)計算模糊正倒值矩陣所對應的模糊權重向量，並可進行一致性檢定。 α -cut 是將模糊集合轉為明確集合的方法(Chen & Hwang, 1992)，令三角模糊數 $T = (a, b, c)$ ，當模糊隸屬度為 α 時， T 所包含的區間集合，

$$T^\alpha = [a + (b - a)\alpha, c - (c - b)\alpha], \quad (12)$$

其中， $0 \leq \alpha \leq 1$ 。我們利用 Lambda-Max 方法(汪仲洋, 2003)計算模糊正倒值矩陣所對應的模糊權重向量，其計算步驟如下：

(a) 令 $\alpha = 1$ ，利用 α -cut 可求得明確正倒值矩陣 $T_b = [t_{ij}]_{n \times n}$ 。利用傳統層級分析法計算權重的方式(Saaty, T.L., 1980; 康書萍, 2005)，求取 T_b 對應的權重向量： $W_b = [w_{ib}]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

(b) 令 $\alpha = 0$ ，利用 α -cut 可分別求得下限正倒值矩陣與上限正倒值矩陣， $T_a = [t_{ia}]_{n \times n}$ 與 $T_c = [t_{ic}]_{n \times n}$ 。利用傳統層級分析法計算權重的方式，分別求取 T_a 和 T_c 對應的的權重向量： $W_a = [w_{ia}]$ 與 $W_c = [w_{ic}]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

(c) 爲了確保最後計算所得的權重值爲模糊數，乃利用以下公式求取調整係數：

$$Q_a = \min \left\{ \frac{w_{ib}}{w_{ia}} \mid 1 \leq i \leq n \right\},$$

$$Q_c = \max \left\{ \frac{w_{ib}}{w_{ic}} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (13)$$

之後，使用調整係數，修改權重的上下限值爲

$$w_{ia}^* = Q_a w_{ia}, \quad w_{ic}^* = Q_c w_{ic} \quad (14)$$

因此，我們可以得到：

$$W_a^* = [w_{ia}^*], \quad W_c^* = [w_{ic}^*], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

(d) 結合 W_a^* 、 W_b 與 W_c^* ，可得出矩陣 \tilde{T} 的正三角模糊數權重向量 $\tilde{W} = [\tilde{w}_i]$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ ，其中 $\tilde{w}_i = (w_{ia}^*, w_{ib}, w_{ic}^*)$ 即爲第 i 個方案(或準則)的模糊權重值。

(4) 去模糊化

利用公式(16)(Chen, 1992)，求得模糊權重值 $\tilde{w}_i = (w_{ia}, w_{ib}, w_{ic})$ 的去模糊化值：

$$r_{w_i} = \frac{d(\tilde{w}_i, \tilde{0})}{d(\tilde{w}_i, \tilde{0}) + d(\tilde{w}_i, \tilde{1})}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq r_{w_i} \leq 1,$$

其中

$$d(\tilde{w}_i, \tilde{0}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(w_{ia} - 0)^2 + (w_{ib} - 0)^2 + (w_{ic} - 0)^2]}$$

$$d(\tilde{w}_i, \tilde{1}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(w_{ia} - 1)^2 + (w_{ib} - 1)^2 + (w_{ic} - 1)^2]} \quad (16)$$



(5) 層級間的串連

當各層級的評估因素皆具一致性，且已計算出每一因素的權重值後，就可進行層級的串連。將最下面一層方案 i 的權重乘以上一層相關準則之權重，逐一乘至第一層目標，然後再加總，所得之數值即是此一方案 i 之整體權重值。

(6) 依整體權重值之大小，進行決策方案之排行方案之整體權重值越高者，其排名越前面。整體權重值最高者，表示此推薦方案為第一順位，其餘依此類推。

4.TSFRAP 的應用範例

一般而言，TSFRAP 可以應用在任何具有大量選擇方案的多屬性排名分析中。我們使用一個簡化的範例來說明 TSFRAP 在人力資源管理上的應用。假設公司內共有十名員工，主管欲挑選一位專案經理人。在給定須滿足之條件門檻及重要性後，TSFRAP 將依此過濾出候選者，然後

進行詳細的排名分析，以做為決策之依據。

假設在人力資源知識地圖中，主管會根據部門所建立的知識項目，進行各項目專精程度的評分；員工本身也必須對自己進行專長上的自評。語意變數「知識項目專精程度」上，可用的模糊值及其對應之三角模糊數如表 2 所示。為了簡化起見，主管所給予的模糊評估值會與員工本人的評估值做一平均，做為綜合的模糊評估值，如表 6 所示。

(一) 第一階段：從知識地圖的資料庫中初步篩選出合適的候選者。

步驟一：選擇作為評選準則之條件項目。假設主管認為 JAVA、Data Structures、English 這三項為專案經理人必須具備的基本知識項目。

步驟二：給定須滿足之條件門檻及重要性，以計算各員工之模糊評估指標。假設主管對於 (JAVA, Data Structures, English) 之初步評選的門檻條件為 (很專精, 不專精,

表 6、主管的評分與員工自評後的平均模糊數

	JAVA	Data Structures	English
A	(0.3,0.5,0.7)	(0.1,0.3,0.5)	(0.6,0.8,0.9)
B	(0.6,0.8,0.9)	(0.6,0.8,0.9)	(0.4,0.6,0.8)
C	(0.2,0.4,0.6)	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)
D	(0.1,0.3,0.5)	(0.4,0.6,0.7)	(0.5,0.7,0.9)
E	(0.3,0.5,0.7)	(0.4,0.6,0.8)	(0.5,0.7,0.9)
F	(0.3,0.5,0.7)	(0.2,0.4,0.6)	(0.1,0.3,0.5)
G	(0.3,0.5,0.7)	(0,0.2,0.4)	(0.5,0.7,0.9)
H	(0.6,0.8,1)	(0.4,0.6,0.7)	(0.2,0.4,0.6)
I	(0.7,0.9,1)	(0.2,0.4,0.6)	(0.4,0.6,0.8)
J	(0.6,0.8,1)	(0.2,0.4,0.6)	(0.2,0.4,0.6)



表 7、綜合評分的模糊數排序

	知識評估指標值	測度距離排序方法	
		μ	σ
A	(-0.74,-0.22,0.68)	-0.125	0.71
B	(-0.48,0.16,1.04)	0.22(第一名)	0.76
C	(-0.94,-0.5,0.42)	-0.38	0.68
D	(-0.88,-0.36,0.6)	-0.25	0.74
E	(-0.72,-0.16,0.86)	-0.045	0.79
F	(-0.92,-0.48,0.42)	-0.365	0.67
G	(-0.8,-0.32,0.62)	-0.205	0.71
H	(-0.6,-0.04,0.86)	0.045(第三名)	0.73
I	(-0.48,0.1,0.96)	0.17(第二名)	0.72
J	(-0.64,-0.12,0.8)	-0.02	0.72

專精) = [(0.6,0.8,1), (0.2,0.4,0.6), (0.4,0.6,0.8)]，而對於這三個項目的相對重視程度（能力的相對重要程度）為（非常在意,不在意,一般） = [(0.8,1,1), (0.2,0.4,0.6), (0.4,0.6,0.8)]。我們以公式(11)計算各員工的知識評估指標值，結果如表 7 所示。

步驟三：過濾出符合的候選員工

由表 7 得知，員工 B、I、H 三人是綜合評分中的前三名，我們以這三名員工做為候選者，繼續進行下一階段之模糊層級分析法的排名分析。

(二) 第二階段：利用模糊層級分析法，對候選者進行模糊排名分析。

步驟一：根據目標建立層級架構圖。簡化起見，我們仍以相同準則為例，而加上專業與語文能力兩個構面，目標則是專案經理，結果如圖 5 所示。

步驟二：計算各階層因素之間的權重。

決策者利用知識地圖的資訊，配合本身的主觀經驗判斷，表達兩兩因素之間的相對重要性（衡量尺度如表 5 所示），以建立模糊正倒值矩陣，進而可計算其對應的權重值。

(1) 以目標-構面而言：

(a) 假如決策者認為專業能力較語文能力的重要性稍強，則其對應之模糊正倒值矩陣如表 8 所示。

(b) 計算模糊正倒值矩陣所對應的模糊權重 $W_a = [0.739, 0.261]$ ， $W_b = [0.75, 0.25]$ 和 $W_c = [0.739, 0.261]$ 。利用公式 (13) 求得調整係數： $Q_a = 0.958$ 和 $Q_c = 1.015$ 利用公式(14)得到專業能力與語文能力之模糊權重各為 (0.708, 0.75, 0.75) 以及 (0.25, 0.25, 0.265)。



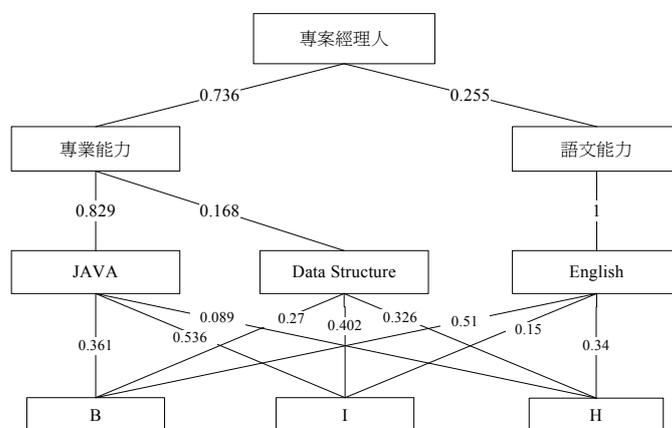


圖 5、層級架構圖 (含各層級因素之權重)

- (c) 依據公式(16)解模糊化之後，可得專業能力之權重值為 0.736，而語文能力之權重值為 0.255。
- (2) 以構面-準則而言:
 - (a) 以專業能力對 JAVA 與 Data Structures 為例，令其對應之模糊正倒值矩陣如表 9 所示。

表 8、目標-構面之模糊正倒值矩陣

專案經理	專業能力	語文能力
專業能力	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
語文能力	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)

表 9、構面-準則之模糊正倒值矩陣

專業能力	JAVA	Data Structures
JAVA	(1, 1, 1)	(4, 5, 6)
Data Structures	(1/6, 1/5, 1/4)	(1, 1, 1)

- (b) 計算 JAVA 與 Data Structures 之模糊權重分別為 (0.821, 0.833, 0.833) 以及 (0.167, 0.167, 0.169)。
 - (c) 解模糊化之後，JAVA 之權重值為 0.829，而 Data Structures 為 0.168。
 - (3) 以準則-方案而言:令 JAVA、Data Structures、English 對 B、I、H，相對應之準則-方案模糊正倒值矩陣分別如表 10、表 11、和表 12 所示。
- 依照前述的算法，可得對應之權重值。最後，各層級因素間的權重，如圖 5 所示。

表 10、準則-方案之模糊正倒值矩陣 (JAVA 對 B、I、H)

JAVA	B	I	H
B	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(4, 5, 6)
I	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(4, 5, 6)
H	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1, 1, 1)



表 11、準則-方案之之模糊正倒值矩陣
(Data Structures 對 B、I、H)

Data Structures	B	I	H
B	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)
I	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
H	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)

表 12、準則-方案之之模糊正倒值矩陣
(English 對 B、I、H)

English	B	I	H
B	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)
I	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)
H	(1/3, 1/2, 1)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)

步驟三：透過層級權重串連，求出各候選方案整體權重值，分別為 B = 0.384，I = 0.415，H = 0.181。整體權重值越高者，其排名越前面，因此，I 員工為第一人選。

5.系統實作

我們在 Windows XP professional SP2 上撰寫系統的雛型，在 Web Server 部份採用 Apache，資料庫系統部份使用 MySQL，程式設計部份採用 HTML + CSS + PHP + Java Script。本系統有兩大主題，它們的主要功能是「建立決策主題」及「使用決策主題」，使用者可在「建立決策主題」系統內編輯/新增各種的決策主題、構面、準則、語意模糊數、語意措辭資料表等決策相關資訊，如圖 6。

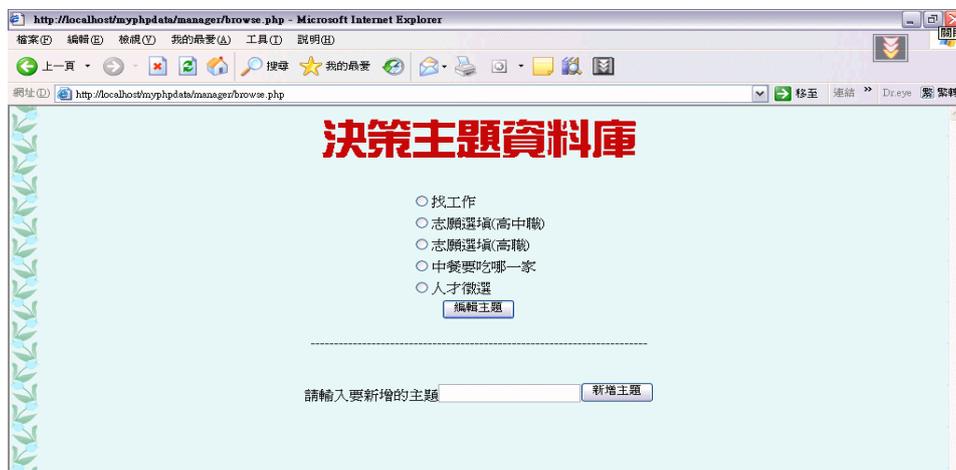


圖 6、選擇決策主題



在選定決策主題資料庫後，即可瀏覽並新增或編輯目前所有的資料庫模組，並且可以進行方案對於各項準則的評比。以人才徵選為例，如圖 7。使用者在選定決策主題後，即進行第一階段篩選的工作。在『人才徵選』的範例中，我們使用基本門檻條件及對各子項目的重視程度為篩選

值。如圖 8。

在經過門檻條件與重視程度的設定後，決策系統立即將本階段的條件與決策方案資料庫中的方案總分進行計算比對的動作，得到如圖 9 的得分表，再由決策者自行決定需要幾個方案，以進行第二階段的篩選作業。

圖 7、決策主題-人才徵選之相關資訊維護畫面

第一階段篩選作業

準則	門檻條件	重視程度	EDIT
Java	<input type="radio"/> 很專精 <input type="radio"/> 專精 <input type="radio"/> 不專精	<input type="radio"/> 非常在意 <input type="radio"/> 一般 <input type="radio"/> 不在意	
Data Structures	<input type="radio"/> 很專精 <input type="radio"/> 專精 <input type="radio"/> 不專精	<input type="radio"/> 非常在意 <input type="radio"/> 一般 <input type="radio"/> 不在意	
English	<input type="radio"/> 很專精 <input type="radio"/> 專精 <input type="radio"/> 不專精	<input type="radio"/> 非常在意 <input type="radio"/> 一般 <input type="radio"/> 不在意	

圖 8、人才徵選-進行第一階段的篩選



方案	準則	值	mean 值, standard deviation 值
方案:Ansel	準則:Java	(-0.04,0.08,0.12)	
方案:Ansel	準則:Data Structures	(-0.32,0,0)	
方案:Ansel	準則:English	(-0.24,-0.12,-0.16)	
方案:Ansel	總分	(-0.6,-0.04,-0.04)	mean 值:-0.18,standard deviation 值:0.28
方案:Ellen	準則:Java	(-0.04,0.08,0.12)	
方案:Ellen	準則:Data Structures	(-0.4,-0.1,-0.1)	
方案:Ellen	準則:English	(-0.32,-0.24,-0.32)	
方案:Ellen	總分	(-0.76,-0.26,-0.3)	mean 值:-0.395,standard deviation 值:0.23
方案:Fortran	準則:Java	(-0.04,0.08,0.12)	
方案:Fortran	準則:Data Structures	(-0.4,-0.1,-0.1)	
方案:Fortran	準則:English	(-0.24,-0.12,-0.16)	
方案:Fortran	總分	(-0.68,-0.14,-0.14)	mean 值:-0.275,standard deviation 值:0.27
方案:George	準則:Java	(-0.06,0.04,0.06)	
方案:George	準則:Data Structures	(-0.22,0,0)	

圖 9、人才徵選-第一階段之方案得分表

第二階段方案列表	第二階段構面列表	第二階段準則列表
Fortran	<input type="checkbox"/> 暫不分類	<input type="checkbox"/> 暫不分類
Ansel	<input type="checkbox"/> 專業能力	<input type="checkbox"/> 專業能力
George	<input type="checkbox"/> 語文能力	<input type="checkbox"/> 專業能力
		<input type="checkbox"/> Java
		<input type="checkbox"/> Data Structures
		<input type="checkbox"/> 語文能力
		<input type="checkbox"/> English

進行評比

圖 10、人才徵選-第二階段篩選主畫面

進入第二階段，系統提供所有有關該決策主題的構面與其相關準則，以利決策者進行評分作業，如圖 10。進行第二階段的構面、準則的評分，並產生正倒值矩陣，如圖 11。在經過 FAHP 的計算後，得到最佳的解決方案排名，如圖 12 所示。

6. 結論與未來工作

本研究在跨平台的 Web 環境中，設計與建置具有模糊排名分析之可調式多屬性決策的雛型系統。系統根據特定問題或使用情況，預先建構通用型準則與階層結構

的決策樣板資料庫，讓決策者依本身的經驗與需求彈性使用，以便提供更多的決策支援。目前僅提供某些固定主題的使用，其餘主題及評分模式可由使用者自行增加。再者，本文所提出的 TSFRAP 可廣泛的應用在具有大量選項的模糊環境中，進行多屬性排名分析。先以理性的模糊評估指標過濾少量的候選方案，再以主觀導向的模糊層級分析法，將決策者認為重要的因素，進一步的突顯出來，以挑選出最合適的方案供決策者參考。本研究在未來的發展上有下列方向：



主題-構面之間的評比						
專業能力	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input checked="" type="radio"/> 等強	專業能力
專業能力	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input checked="" type="radio"/> 稍強	<input type="radio"/> 等強	語文能力
語文能力	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input checked="" type="radio"/> 等強	語文能力
構面-準則間的評比分數						
在專業能力之下						
Java	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input checked="" type="radio"/> 等強	Java
Java	<input type="radio"/> 絕強	<input checked="" type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input type="radio"/> 等強	Data Structures
Data Structures	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input checked="" type="radio"/> 等強	Data Structures
在語文能力之下						
English	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input checked="" type="radio"/> 等強	English
準則-方案間之評比分數						
在Java準則下的方案間評估分數						
Fortran	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input checked="" type="radio"/> 等強	Fortran
Fortran	<input type="radio"/> 絕強	<input type="radio"/> 極強	<input checked="" type="radio"/> 頗強	<input type="radio"/> 稍強	<input type="radio"/> 等強	Ansel

圖 11、人才徵選-第二階段之評分畫面

最佳方案排名如下	
第1名:	name=Ansel,總得分=0.415分
第2名:	name=Fortran,總得分=0.384
第3名:	name=George,總得分=0.181

圖 12、人才徵選-最佳方案的排名

- (1) 完整的實作與評估：目前只實作雛型系統，完整的實作與評估，以更友善的介面，滿足各個決策問題的需要，是未來發展的工作。
- (2) 結合其他應用系統：例如，在學生認輔系統裡(陳洽堂，2004)或知識地圖系統裡(蔡婉玉，2005)，通常存有許多知識專家的專家黃頁(Experts Yellow Page)，選擇適當的認輔人員或領域專家，以提高輔導或知識分享的效果，是一件重要的工作。TSFRAP 可望在此類型的功能上，扮演重要的角色。
- (3) 群體決策：本研究目前只針對個人決策，未來，可由多位決策者分別給定須滿足之條件門檻及重要性。透過模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method) (蔡婉玉，2005；Chen & Hwang，1992)可以綜合這些決策者的意見，之後，計算各員工之模糊評估指標，再做評比與篩選，會更有公平性與實用性。
- (4) 推薦與排名分析：系統中，決策者需要許多的輸入動作，如果系統可以針對這些輸入動作進行適當的推薦，則更符合決策支援的目的。例如，增加／編輯方案區、



構面區、準則區等部份，若能以系統推薦相關方案、構面及準則，如此，將更符合決策者工作的特性。另外，系統若能更詳細的說明候選方案間之總得分差距的意義為何？候選方案間是否有顯著的差距？候選方案勝出的關鍵為何？等資訊，將對決策者在決策時有更實質的支援。未來，可將這些決策支援的功能加入系統中，讓系統的輔助效果更趨於完整和便利。

參考文獻

- [1] 王元仁 (2003), “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》, 第十六卷, 第一期, 49-62。
- [2] 汪仲洋 (2003), 《模糊層級分析法應用於 IC 產業政策選取之研究》, 碩士論文, 國立中山大學公共事務管理研究所。
- [3] 段念祖 (2007), 《決策管理與分析-Logical Decisions 實務》, 高立圖書公司。
- [4] 蔡婉玉 (2005), 《運用模糊邏輯於組織知識地圖之建構與知識分享》, 碩士論文, 南華大學資訊管理研究所。
- [5] 曾雪卿 (2001), 《提昇我國積體電路產業競爭優勢之關鍵因素》, 碩士論文, 國立成功大學企業管理研究所。
- [6] 康書萍 (2005), 《基於模糊多屬性決策分析之線上可調式個人決策支援系統》, 碩士論文, 南華大學資訊管理研究所。
- [7] 陳洽堂 (2004), 《應用模糊邏輯與案例式推理於學生認輔系統之知識分享與決策制定》, 碩士論文, 南華大學資訊管理研究所。
- [8] 陳榮老 (2003), 《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》, 碩士論文, 國立雲林科技大學資管所。
- [9] 陳進成、許通安、廖莉芬 (2004), “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, 207-225。
- [10] 梁定澎 (1994), 《決策支援系統》, 台北：松崗出版社。
- [11] 劉儒俊 (2001), 《行銷資源最適配置模式—Fuzzy AHP 之應用》, 碩士論文, 國立中正大學企業管理研究所。
- [12] 盧淑惠 (2002), 《層級分析法在國民中小學校長遴選指標運用》, 碩士論文, 銘傳大學管理科學研究所。
- [13] Ahmad, I., S. Azhar and P. Lukauskis (2004), “Development of a decision support system using data warehousing to assist builders/developers in site selection,” *Automation in Construction*, 13, 525-542.
- [14] Chen, L. S. and Cheng, C. H. (2005), “Selecting IS personnel use fuzzy GDSS based on metric distance method,” *European Journal of Operational Research*, 160, 803-820.
- [15] Chen, S. J. and Hwang, C. L. (1992), *Fuzzy multiple attribute decision making method and application: A state-of-the-art survey*, New York: Springer-Verlag.
- [16] Laarhoven, P.J.M. and Pedrycz, W. (1983), “A fuzzy extension of Saaty’s



- priority theory,” *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229-241.
- [17] Pedrycz, W. and F. Gomide (2007), *Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- [18] Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill, Inc.
- [19] Woo, J.H., M.J. Clayton, R.E. Johnson, B.E. Flores and C. Ellis (2004), “Dynamic knowledge map: Reusing experts’ tacit knowledge in the AEC industry,” *Automation in Construction*, 13, 203-207.

