

## E-learning 學習績效運用模糊法評估

林進財

元培科技大學經營管理研究所

陳瑞全

交通大學經營管理研究所

陳啟斌

德明技術學院物流管理系

歐陽玉萍

中央大學企業管理學系

### 摘要

本文以 Kirkpatrick (1996)提出之「四階層評估模型」為基礎，建構出一套可供企業評估 e-learning 學習績效之架構。本文結合階層式模糊積分與多屬性決策方法之應用，並以實例實際評估不同學習者對不同類別之網路教學課程之學習績效。本文分別探討學習者之個人特質、個人背景及其學習動機等因素對於學習績效之影響。

關鍵詞：e-learning、學習績效評估、模糊測度、Choquet 積分



# **Fuzzy Integral for E-learning Performance Evaluation**

Chin-Tsai Lin

Graduate Institute of Business and Management, Yuanpei University

Jui-Chuan Chen

Institute of Business and Management, National Chiao-Tung University

Chie-Bein Chen

Department of Logistics Management, Takming College

Yu-Ping Ou Yang

Department of Business Administration, National Central University

## **Abstract**

This study is based on a four-level hierarchical evaluation model proposed by Kirkpatrick (1996) to construct an e-learning performance evaluation framework for enterprises. A hierarchical fuzzy integral is applied to a multiple attribute decision making problem for a real case in order to evaluate the learning performance according to different learners and different types of networking curriculums, simultaneously. The case and effects between the three factors of personnel characteristics, backgrounds and learning motivations of learners and their learning performance are investigated in this study.

**Key words:** e-learning, learning performance evaluation, fuzzy measure, Choquet integral



## 壹、緒論

根據訓練雜誌所述，預估在西元 2004 年將會有高達 80% 的公司會透過電腦網路來進行員工教育訓練。顯示未來企業內的學習環境將會是以教育、網路、資訊及通訊科技為基礎架構而成，面臨著這樣 e 化的環境，企業要如何有效利用 e-learning 的優點與功能，來強化企業教育訓練之成效，已成為人力資源與教育訓練領域中新興且必須面對的課題。e-learning 是一種結合 IT (Information Technology) 技術的一種新穎且有效率的學習方式，係透過學習者自發式的上網學習，而達到其學習成效，不但可節省教育訓練的一些相關成本外，並可節省員工訓練之往返時間，並可透過電腦科技網路的便利，突破時空的限制，達到隨時隨地學習的目的；更可不斷地重複學習，藉此加深印象。因此，將會有更佳之學習成果，可以作為傳統教育訓練之輔助。

洪榮昭 (民 90) 提出 e-learning 可分成三個階段：(1) 學習者可根據網路學習之環境需要尋找學習材料，以便自我學習或與他人在線上交談學習；(2) 由第一階段再加入職能評估 (Competence Assessment) 來診斷員工必要能力之水準，再依評估結果提出「員工成長課程建議」。並提供線上課程或企業外課程讓員工自行研讀或辦理合適之上課課程，以解釋、討論或澄清概念為主；及(3) 第二階段主要是傳達知識之選擇及編輯，尚未做到架構知識或創造價值，而第三階段是要讓學習者能產生動腦反應之機會或知識自我發現。

LERN (1998) 提出網路學習有很顯著的優點，包括：(1) 彈性學習之時間與地點；(2) 具有地球村與世界觀之發展潛力；(3) 可以調適與運用不同之設備與資源；(4) 快速提供新發展之學習材料；(5) 容易更新內容與增加資料；(6) 以較低成本就可以開發不受空間限制之有效學習方式，特別是提供師生間之互動；(7) 網路學習也提供不願面對面表達意見者公平的機會；及(8) 支持自我導向學習之環境，激發學習動機、學習自主與學習責任。Baldwin and Ford (1988) 發現大多數的研究皆採自我評估方式，來衡量學習者學習後行為之改變。Carnevale and Schulz (1990) 認為在評估學習之程度時，評量通常被使用來測量參與者在學習過程中所獲得之知識、技能或態度。但要如何能有效衡量學習者在 e-learning 上之學習成效將變得較為困難且重要。目前尚鮮少學者針對 e-learning 之學習環境，提出一套較為完整之評估架構。因此，本篇研究問題與目的如下：

1. 透過文獻探討歸納出一套評估企業 e-learning 之學習績效架構。
2. 使用文獻探討所歸納整理之評估架構結合模糊積分階層式多屬性決策方法之應用，並以實際案例實際評估不同學習者對於不同類別之網路教學課程之學習績效。
3. 探討學習者之個人特質、個人背景及其學習動機對於 e-learning 學習績效之影響。
4. 透過資料分析的結果，歸納出對企業推展 e-learning 具體的建議，並做為企業課程、教學設計以及未來在執行教育訓練時的參考。

在評估績效之方法相當多，例如 AHP、TOPSIS 等，其前提假設為構面及準則

間具有獨立性 (Saaty, 1977; 1980; Hwang and Yoon, 1981), 然而在實務上屬性間或多或少都有交互現象。使用非可加性之模糊積分 (Fuzzy Integral) 可取代傳統績效評估的方法, 其不需要假設獨立性和可加性, 只需要符合邊界條件、單調性條件 (Wang et al., 2001; Chen and Wang, 2001; Chen and Tzeng, 2001; Lee et al., 2001; Grabisch, 1995, 1996; Lebesgue, 1996; Ishii and Sugeno, 1985; Leszczyński et al., 1985)。因此, 用來構建人性主觀之決策性問題是很適合的。本研究舉一實例為企業 e-Learning 之學習績效, 並採用一種非可加性之模糊積分 — Choquet 積分來進行績效評估, 該實例也顯示出 Choquet 積分法之適用性, 其能獲得較適合之評估結果 (Tzeng et al., 2005; Chiou and Tzeng, 2002; Tang et al., 1999; Chiang, 1999; Tsaor et al., 1997; Sugeno and Kwon, 1995; Murofushi and Sugeno, 1991; 1989)。研究最後並針對企業 e-Learning 之學習績效架構給予建議, 以提供企業推動 e-Learning 之改善方向。

本研究內容共分為五節, 除了前述緒論外, 之後內容分別為第二節的學習績效評估及其構面準則, 第三節的研究方法, 並於第四節舉一實例做為分析, 及最後一節的結果與建議。

## 貳、學習績效評估及其構面準則

學習成效之評量是一連串評估學生之能力是否滿足課程目標的資料和資訊之蒐集, 評量一般是在學習過程中執行。簡茂發 (民 88) 認為, 學習評量係指運用科學方法和技術, 蒐集有關學習者學習行為及其成就之正確資料。再根據教學目標, 就學習者學習表現情形, 予以分析、研究和評斷之一系列工作。林麗惠 (民 89) 認為, 評量係指經由測量而獲得量化及質化之資料, 藉以進行精細且深入的分析, 針對所得結果做價值判斷, 以決定教學目標是否達成或學習成效是否彰顯。

學習績效是衡量學習者學習成果的一個重要指標, 藉此績效評量能夠刺激並引導學習者學習。學習績效之衡量不易做到客觀具體, 然而對其評估標準, 學者看法較趨於一致。Wexley and Latham (1981) 認為, 受訓者本人最能瞭解其學習結果是否達到成效。吳秉恩 (民 73) 則認為, 對學習內容之吸收、瞭解與應用自己最為清楚, 故以學習者本身自評方式來衡量其學習績效較佳。Baldwin and Ford (1988) 發現大多數的研究皆採自我評量方式, 來衡量學習者學習後行為之改變。Kirkpatrick (1996) 認為訓練之評量分為下列四個層次:

一、反應 (Reaction): 針對學員對課程及學習過程之滿意度進行評估, 旨在測定參加人員對訓練之感受程度。曹汝民 (民 90) 針對非同步網路教學網站之評鑑指標提出五個面向之評估指標, 包含: (1) 教材內容與結構面向 (正確性、結構性、適用性、時宜性與內容可及性五項評估指標); (2) 版面設計面向 (單元劃分、文字、畫面構成、圖表與多媒體設計五項評估指標); (3) 介面設計面向 (系統操作介面、瀏覽設計與學習者控制三項評估指標); (4) 互動設計面向 (溝通管道、回饋、連結與

提示四項評估指標)；及(5)教學設計面向(教學目標、課程範圍、教學活動、教學管理、起點行為、教學方式與終點行為七項評估指標)。

二、學習(Learning)：針對學員完成課程後，所保留之學習成效進行評量，旨在測定參加人員知識、技能獲得程度。Carnevale and Schulz (1990)認為在評估學習程度時，評量通常被使用來測量參與者在學習過程中所獲得之知識、技能或態度。韋氏新國際辭典對學習所做的定義是「知識或技能的獲得」。學習共包含了兩種意義：(1)獲得技能(know-how)，表利用此一能力去從事實際上之活動；(2)從經驗上的實踐獲得心智上之認知與瞭解又稱為 know-why。Quinn et al. (1997)提出知識有以下五種型態：(1)認知知識(know what)；(2)進階技能(know how)；(3)系統瞭解(know why)；(4)激發創意(care why)；及(5)融會貫通(perceive how and why)。Kim (1993)認為學習可分為「操作性學習(operational learning)」及「概念性學習(conceptual learning)」。他認為人們學習主要是學習技能及如何瞭解並應用，所以個人學習是增加一個人採取有效活動之能力。

三、行為(Behavior)：針對學員回到工作崗位後，其行為或工作績效是否因訓練而有預期中的改變進行評估，旨在測定參加人員行為改變程度。主要是衡量學習者學習後之學習移轉應用情形，陶紀貞(民88)指出，影響訓練移轉之因素分為組織、個人因素及訓練設計三方面。在組織因素方面，共包含工作環境、組織氣候與文化、主管、同儕、考績與報酬及工作特徵等因素；在個人因素方面，共包含移轉動機、個人期望、內外控制、工作態度、工作能力、自我效能、生涯規劃與目標設定及對技術評估回饋之反應等；在課程設計方面，包含課程設計原理、課程編排及課程內容等因素。

四、效益(Result)：針對訓練之整體投資報酬率進行評估，旨在測定參加人員對組織貢獻程度。

本研究經由文獻探討歸納整理出評估構面及其相關評估準則，如圖1所示。本階層式多屬性評估系統架構，第一層為企業 e-Learning 之學習績效評估(整體績效評估)、第二層分 C1(反應)、C2(學習)和 C3(行為)等三個構面，每一個構面的下層又分為主要準則(子構面)，如 C1(反應)下有 C11(教材內容與結構)、C12(版面設計)、C13(介面設計)、C14(互動設計)和 C15(教學設計)五個主要準則，C2(學習)下有 C21(知識)、C22(技能)兩個主要準則，C3(行為)下有 C31(組織因素)、C32(個人因素)、C33(課程設計)三個主要準則。同理，每個主要準則下還有所屬之次要準則，如 C11 有 C111~115 五個次要準則，有關如何處理整體績效評估，將於其後分述評估的方法和實例。



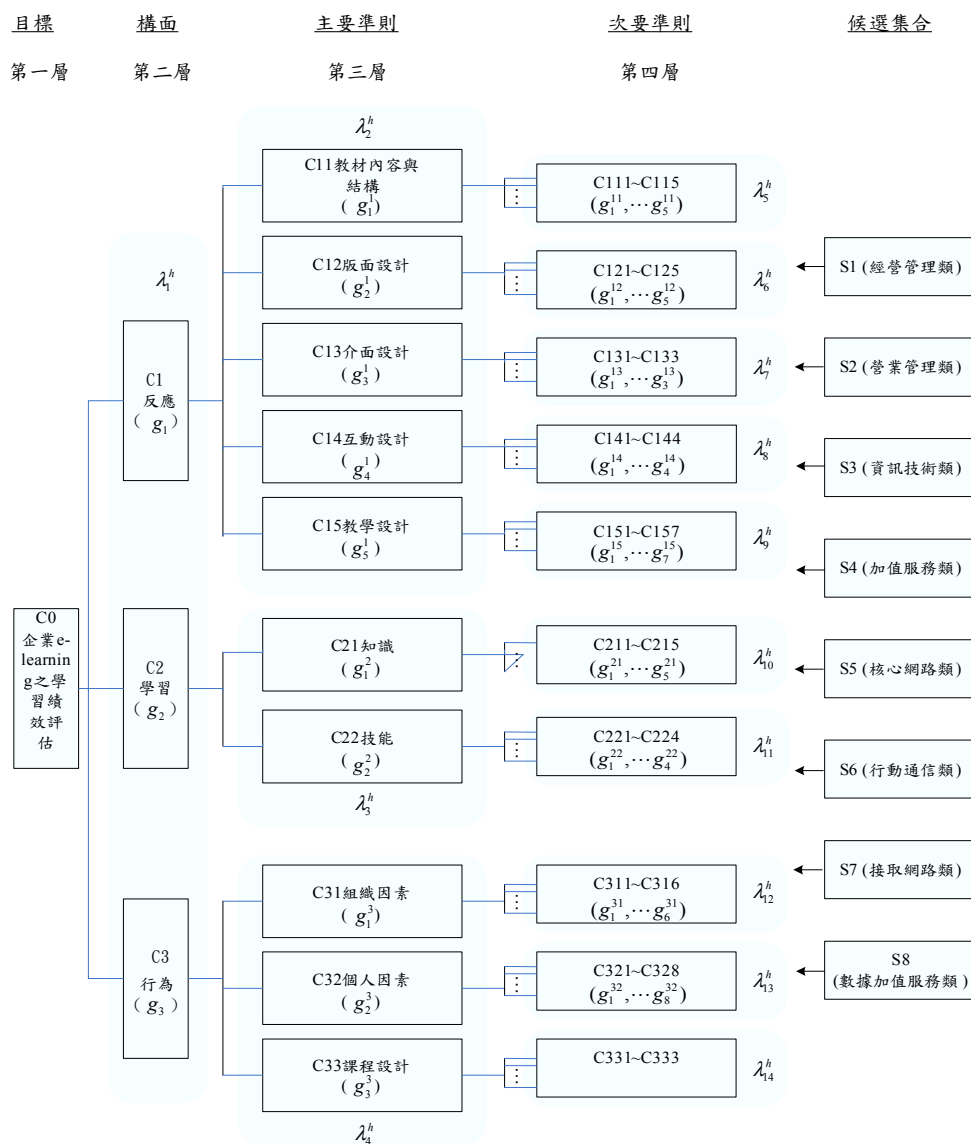


圖 1 公司教學網站之 e-learning 學習績效節層式 Choquet 積分多層性評估系統

### 叁、研究方法

多屬性決策(Multiple Attributes Decision Making; MADM)問題 (Hwang and Yoon, 1981)，在傳統的評估方式是建立在可加性測度之觀念上，其假設前提為構面及準則間具有獨立性，但因現實世界中屬性間或多或少都有交互現象。因此，使用不需要假設獨立性和可加性而只需要邊界條件和單調性條件之非可加性模糊積分(Fuzzy Integral)

來取代傳統評估方法是很適合的。Sugeno (1974) 提出可滿足  $\lambda$  可加性公設之  $\lambda$ -模糊測度。Wang (1981) 指出可由古典測度來介紹  $\lambda$ -模糊測度，另有其他學者亦提出相似非可加性測度之嘗試，包括似真測度 (Plausibility Measure)，信任測度 (Belief Measure)，可能測度 (Possibility Measure)，和必然測度 (Necessity Measure) 等，歸納之，則以  $\lambda$ -模糊測度所涵蓋的範圍較廣(如附錄一之圖 A.1)。然而當元素數目(屬性數/準則數)太多時， $\lambda$ -模糊測度之確認仍然是困難的。Lee and Leekwang (1995) 發展出使用基因演算法來確認  $\lambda$ -模糊測度的方法，它甚至不需要完全資訊就可求模糊測度值。Chen (1998) 發展出部分資訊抽樣程序去降低資訊需求量，但除了需要模糊密度及最底層之績效值外，尚需調查各層部分績效值並使用基因演算法 (Genetic Algorithms) 來求解，成效不錯，但較為複雜。其後，Wang et al. (2001) 發展出一個簡單有效的方法來計算  $\lambda$ -模糊測度的  $\lambda$  值，且只需給定模糊密度及最底層之績效值即可求出整體績效。Tzeng et al. (2005) 根據 Wang et al. (2001) 之演算法做修改後，提出另一個簡易求解  $\lambda$  值之方法。一般而言，模糊測度可應用在 MADM 上，模糊測度是指待測對象隸屬於候選集合之確定程度。模糊測度值表示待測對象重要的程度 (Lee and Leekwang, 1995)。當模糊測度考慮在有限集合時，模糊積分可視為一種整合非線性子集之計算組合。模糊積分是以模糊測度為基礎之模糊積分可用來整合資訊或證據 (Tahani and Keller, 1990)。Sugeno 的模糊積分是一種廣泛被使用的模糊積分，但因它是採用「最大/最小」(max-min) 運算子，其計算方式只能求出各構面重要程度之可能區間，但採用 Choquet 積分方式則可得到唯一解，在很多文獻皆有建議使用 Choquet 積分來取代 Sugeno 之 max-min 積分 (Chen et al., 2000; Pap, 1995; Denneberg, 1994; Wang and Klir, 1992; Murofushi and Sugeno, 1989)。Choquet 積分是 Murofushi and Sugeno (1989; 1991) 提出了完全不同之定義，他們以 Choquet 在容量理論方面 (Choquet, 1953) 來定義。此外，近年來將 Choquet 積分應用在多屬性評估是越來越多，例如 Grabisch (1995; 1996)，Lee et al. (2001)，Chen and Tzeng (2001) 與 Chiou and Tzeng (2002) 等，利用模糊測度來衡量多屬性重要程度之研究也愈來愈多，且評估之成效也不錯。

在第一節就本研究所使用之評估方法「模糊測度和模糊積分」，做理論基礎的概念介紹，第二節則就階層式 Choquet 積分多屬性評估模型操作做簡單敘述。

## 一、模糊測度和模糊積分

令  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  為有限之評估屬性集合， $P(X)$  為  $X$  之冪集合或  $X$  的所有子集合的集合。

定義：模糊測度在評估屬性集合  $X$  是一個集合函數， $g: P(X) \rightarrow [0, 1]$  滿足下面公設：

- (1)  $g(\emptyset) = 0$ ， $g(X) = 1$  (邊界條件)，
- (2)  $A \subset B \in X$  則  $g(A) \leq g(B)$  (單調性)。

$\lambda$ -模糊測度中之  $\lambda$  參數是指元素間可加性程度，因為  $\lambda$ -模糊測度具有數學之合理性

和較大自由度且確認較容易(Ishii and Sugeno, 1985)。令  $g_\lambda$  是一個  $\lambda$ -模糊測度，而且定義在有限集合  $X$  之  $P(X)$  上和滿足  $\lambda$ -rule 之特殊模糊測度(Sugeno, 1974) 稱之為  $\lambda$ -模糊測度或 Sugeno 測度，它滿足下面可加法之性質(Sugeno, 1977; Sugeno and Terano, 1977)：

$$\begin{aligned} \forall A, B \in P(X), A \cap B = \phi, \\ g_\lambda(A \cup B) = g_\lambda(A) + g_\lambda(B) + \lambda g_\lambda(A)g_\lambda(B). \end{aligned} \quad (2)$$

其中  $\lambda \in (-1, \infty)$ 。除此之外，令  $X$  是一個有限的屬性集合， $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ，且  $P(X)$  是  $X$  之幂集合，對只有單一元素  $x_i$  之集合，其中  $g_\lambda(\{x_i\})$  稱為模糊密度，在此表示成  $g_i = g_\lambda(\{x_i\})$ ，模糊測度  $g(X) = g_\lambda(\{x_1, x_2, \dots, x_n\})$  闡明如下 (Chen and Tzeng, 2001; Leszczyński et al., 1985; Keeney and Raiffa, 1976)：

$$\begin{aligned} g_\lambda(\{x_1, x_2, \dots, x_n\}) &= \sum_{i=1}^n g_i + \lambda \sum_{i_1=1}^{n-1} \sum_{i_2=i_1+1}^n g_{i_1} \cdot g_{i_2} + \dots + \lambda^{n-1} g_1 \cdot g_2 \cdots g_n \\ &= \frac{1}{\lambda} \left[ \prod_{i=1}^n (1 + \lambda \cdot g_i) - 1 \right], -1 \leq \lambda < \infty. \end{aligned} \quad (3)$$

在(3)式中因有邊界條件，所以  $g_\lambda(X) = 1$ ， $\lambda$  可用下面公式被唯一決定：

$$\lambda + 1 = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda \cdot g_i). \quad (4)$$

根據  $\lambda$ -模糊測度之基本原理 (Leszczyński et al., 1985)， $\lambda$ -值有下面三種方式：(1) 若  $\sum_{i=1}^n g_i > g(X)$ ，則  $-1 < \lambda < 0$ ；(2) 若  $\sum_{i=1}^n g_i = g(X)$ ，則  $\lambda = 0$ ；和 (3) 若  $\sum_{i=1}^n g_i < g(X)$ ，則  $\lambda > 0$ 。因為邊界條件，所以  $g(X) = 1$ ，它可表示如下：(1) 若  $\sum_{i=1}^n g_i > 1$ ，則  $-1 < \lambda < 0$ ；(2) 若  $\sum_{i=1}^n g_i = 1$ ，則  $\lambda = 0$ ；和(3) 若  $\sum_{i=1}^n g_i < 1$ ，則  $\lambda > 0$ 。

從 (4)式可知  $\lambda + 1 = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda \cdot g_i)$ 。因此，令  $G(\lambda) = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda \cdot g_i)$ ，且利用公式  $G(\lambda)$  與  $\lambda + 1$  之關係及下列之(5)式來求得  $\lambda$  值：

$$F(\lambda) = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda \cdot g_i) - \lambda - 1 = G(\lambda) - \lambda - 1. \quad (5)$$

因  $G(\lambda)$  在  $\lambda \in (-1, \infty)$  之範圍上是一個凸函數(Leszczyński et al. 1985)。因此， $F(\lambda)$  也是一個凸函數，圖 2 為  $F(\lambda)$  之圖示，共包含三個區間：(1)  $-1 < \lambda < 0$ ；(2)  $\lambda = 0$ ；(3)  $\lambda > 0$ 。當  $F(\lambda) = 0$ ，存在有一個  $\lambda = 0$  之解。即

$$F(\lambda) = \lambda(-1 + \sum_{i=1}^n g_i + \lambda \sum_{i_1=1}^{n-1} \sum_{i_2=i_1+1}^n g_{i_1} \cdot g_{i_2} + \dots + \lambda^{n-1} g_1 \cdot g_2 \cdots g_n). \quad (6)$$

在此可使用二分法以決定另外一個  $\lambda$  值之解，使用之演算法如 Wang et al. (2001)

及 Tzeng et al. (2005)。本研究採用後者之演算法來解 $\lambda$ 值(附錄二)。

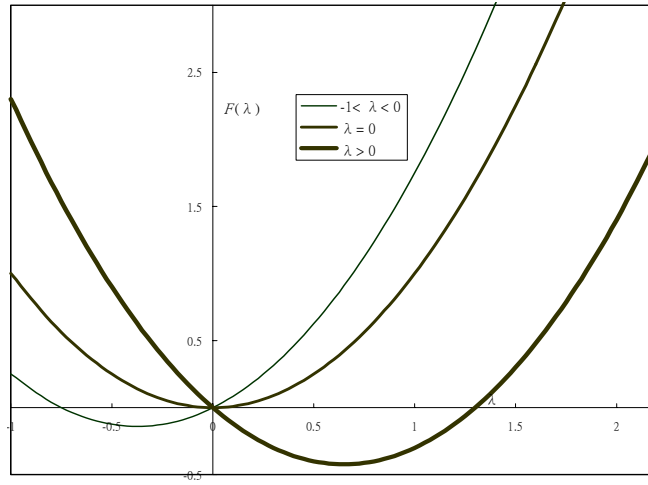


圖 2： $F(\lambda)$  函數圖形(資料來源：Wang et al. (2001))

若  $g$  是  $X$  上之一個模糊測度，函數  $f: X \rightarrow [0, 1]$  對於  $g$  之 Choquet 積分被定義為：

$$(c) \int f dg := \sum_{i=1}^n (f(x_{(i)}) - f(x_{(i-1)}))g(A_{(i)}). \quad (7)$$

其中  $0 \leq f(x_{(1)}) \leq \dots \leq f(x_{(n)})$ ， $A_{(i)} := \{x_{(i)}, \dots, x_{(n)}\}$  且  $f(x_{(0)}) = 0$ 。因此，模糊積分定義  $(c) \int f dg$  稱為 Choquet 積分 (Murofushi and Sugeno, 1989; 1991) 且 Choquet 積分方程式之基本概念可以圖 3 說明。

## 二、階層式 Choquet 積分多屬性評估模型

一般而言，人們常儘量利用獨立之準則來處理現實之問題（或假設該準則為獨立）。因此，常無法處理交互作用準則的問題，然而現實生活中產生之問題，往往是有交互作用或有相關的。因此，不適合利用傳統之方法。為了區別其不同，Chen (1998) 使用「權重(weight)」來表示構建偏好結構之古典測度，以「重要性(importance)」來表示模糊測度，在本篇論文也採用「重要性/滿意度」來建構偏好結構。模糊測度於本研究中可定義人類主觀之評估過程中各準則之主觀的重要性，每一個的  $\lambda$ -模糊測度  $g_\lambda(\{x_i\})$  之程序，我們是假設這效用偏好  $g_\lambda(\{x_i\}) = u(x_i^*, x_i^0)$ ，意思是指只有  $x_i^*$  準則/構面最好而其他準則/構面都很差時之偏好程度 (Keeney and Raiffa, 1976)，每一準則之重要程度可藉由問卷內容偏好程度（或滿意程度）之高低來獲得。

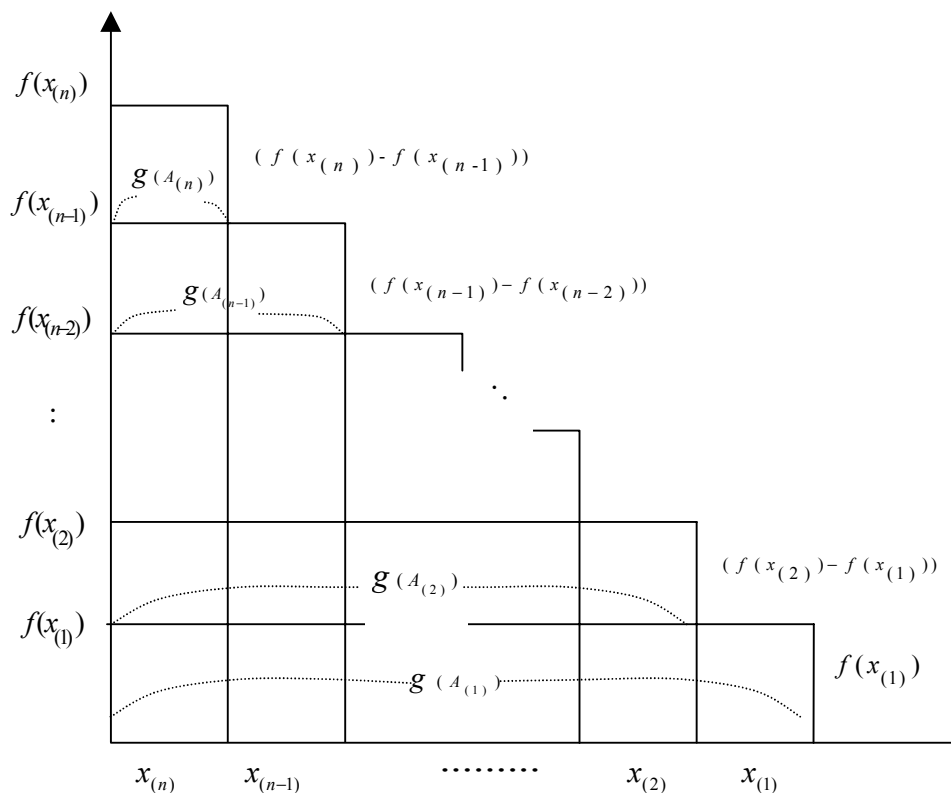


圖 3：(c)  $\int f dg$  模糊積分基本概念圖

因為實務上準則間常會有交互作用，模糊積分被使用來建構非可加性(non-additive)運算。此外，本研究採用階層式架構 Choquet 積分的評估模式，如附錄一之圖 A.2 (Tzeng et al., 2005)所示。本研究擷取部分階層式架構模式說明其操作方式，以圖 4 來說明。

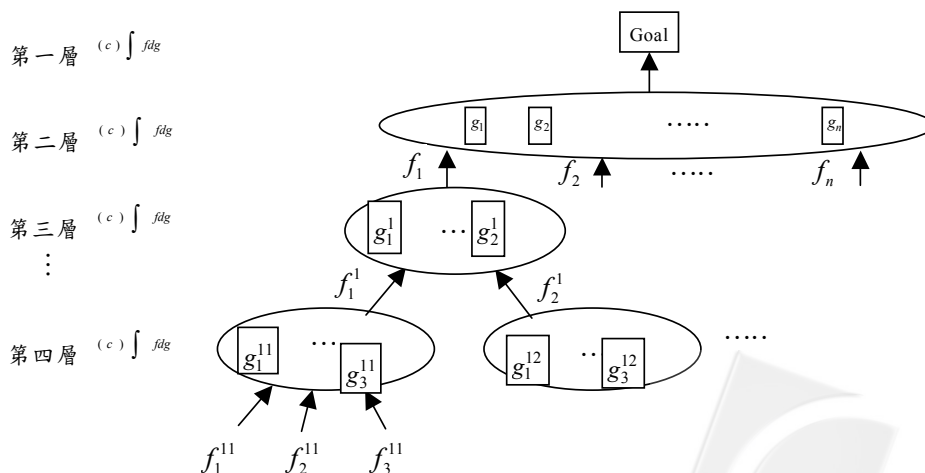


圖 4：階層式 Choquet 積分多屬性評估模型概念圖

在圖 4 中，可將每一個圈視為一個節點，先由最底層(第四層)之績效值  $f_1^{11}, f_2^{11}, f_3^{11}$  (其中  $f_1^{11} \leq f_2^{11} \leq f_3^{11}$ ，也就是績效值須要由小到大排列，以便能符合圖 3 模糊積分基本概念)和重要程度  $g_1^{11}, g_2^{11}, g_3^{11}$ ，根據附錄二之演算法求解  $\lambda$  值，並利用  $\lambda$  值和(3)式去獲得(7)式所需之  $g(A_{(i)})$  值，再利用(7) 式 Choquet 積分來計算第四層第一個節點之子績效值  $f_1^1$ ，同理於同層中第二節點亦同法獲得  $f_2^1$  績效值；接著又將已獲得的子績效值  $f_1^1, f_2^1$  和重要程度  $g_1^1, g_2^1$ ，同樣使用上述描述獲得重要程度和(7)式 Choquet 積分來計算第三層第一個節點之子績效值  $f_1$ ，同理重複前述步驟，其他各節點之子績效值  $f_2 \cdots f_n$  也以相同之方式獲得，最後於第二層中一樣是將  $f_1, f_2, \cdots, f_n$  績效值和  $g_1, g_2, \cdots, g_n$  重要程度，相同地使用上述描述獲得重要程度和(7)式 Choquet 積分方程式來計算並獲得第一層之整體評估值。

## 肆、實例分析

A 公司之教學網站共包含 S1, ..., S8 等八類網路訓練課程，其中 S1 為經營管理類；S2 為營業管理類；S3 為資訊技術類；S4 為加值服務類；S5 為核心網路類；S6 為行動通信類；S7 為接取網路類；S8 為數據加值服務類。將於各類課程中各隨機選擇一門課程做為評選代表。實際由該企業內員工在 e-learning 學習後依評估架構之準則，並應用模糊積分多屬性評估模式，來評估學習者對各類課程之學習績效。

圖 1 建構成階層式多屬性評估系統，共包含下列四個步驟(如圖 5)：(1)經由文獻探討歸納整理出評估構面及其相關評估準則；(2)根據構面及準則設計問卷，經由在 e-learning 上有經驗之 30 位講師填寫第一階段問卷，回收問卷；(3)並根據第 3 節方法，使用模糊密度去求出  $\lambda$  值，並計算模糊測度及各構面與評估準則之權重值；(4)再隨機選取 30 位於各類課程皆有學習經驗之學習者，經由學習後填寫第二階段滿意程度之問卷，評分(底層績效值  $f$ )範圍為[1~10]，再使用 Choquet 積分綜合評估其學習成效。



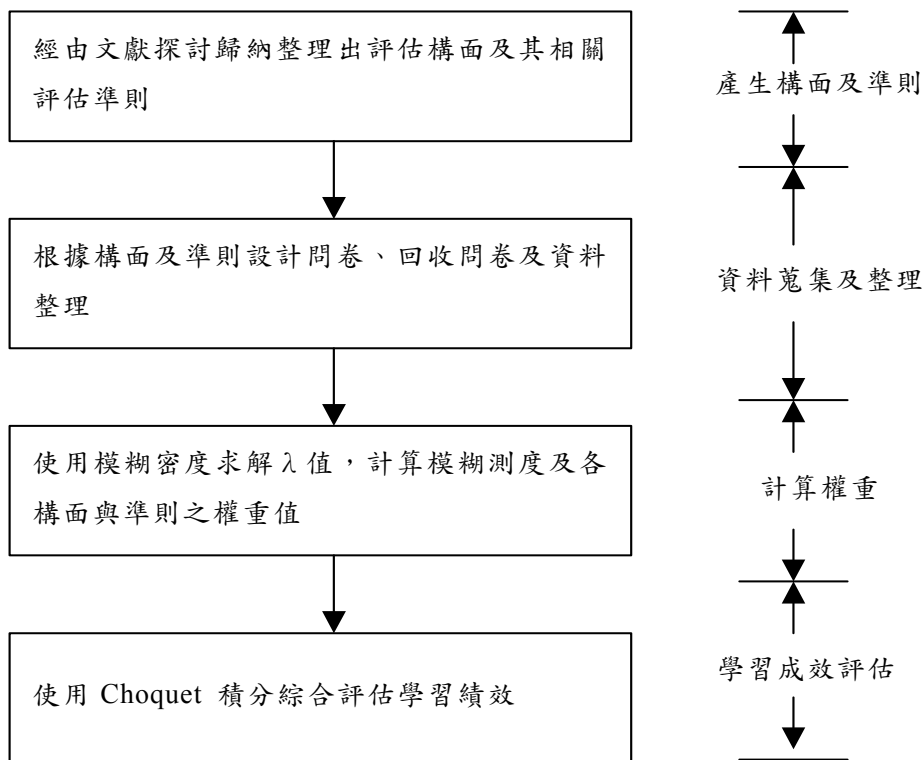


圖 5：多屬性評估系統

各準則之權重（重要程度；模糊密度  $g$ ）是根據問卷調查而來，利用一般研究常用之七尺度有「非常不滿意，很不滿意，不滿意，普通，滿意，很滿意，非常滿意」之選項，依序由低到高，因採用三角模糊數，分數範圍由 1 分到 11 分（如附錄三之圖 A.3），問卷中先請填卷者針對前述每一尺度給予一個（低，中，高）範圍分數，且第一階段問卷調查各準則之重要程度的問法是採用同群（具交互作用這群）中若只有被調查的準則/構面很好時（其他準則/構面都很差時），你還會滿意的程度為何？以符合第三章第二節模糊測度  $g_\lambda(\{x_i\}) = u(x_i^*, x_i^0)$  之假設，且利用滿意程度之高低來獲得各準則之重要程度。因此，將由問卷中獲得模糊權重（該模糊權重須經正規化使其值介於 0 和 1 之間，本研究之問題皆屬望大準則。因此，將各問卷值  $g_i$  利用  $(g_i - 1)/(11 - 1)$  來獲得正規化值），而 30 位填卷者個別利用附錄三之(A3.2)式模糊加法、(A3.5)式模糊除法及(A3.6)式解模糊方法來獲得明確之權重值。之後，便利用 Tzeng et al. (2005)（參閱附錄二）提出之演算法方式來求得各群之  $\lambda$  值，每位填寫問卷者可獲得其自己本身之各群  $\lambda$  值。根據圖 1 所示， $\lambda_i^h$  代表第  $h$  填卷者在第  $i$  群之  $\lambda$  值，在第二層中，C1, C2 及 C3 構面對第  $h$  填卷者求出一個  $\lambda_i^h$  值，在第三層中，對第  $h$  填卷者求出  $\lambda_2^h, \lambda_3^h$  及  $\lambda_4^h$

值，在第四層中，對第  $h$  填卷者求出  $\lambda_5^h, \lambda_6^h, \lambda_7^h, \lambda_8^h, \lambda_9^h, \lambda_{10}^h, \lambda_{11}^h, \lambda_{12}^h, \lambda_{13}^h$  及  $\lambda_{14}^h$  值。因此，每位填卷者共會求出 14 個  $\lambda_i$  值，再根據(3)式來獲得每個填卷者之各準則之交互作用權重值。最後，再利用算術平均數求得 30 份問卷之權重值及交互作用權重值(參閱表 1)。為了解各準則間並非獨立，本研究也將每位填卷者之  $\lambda_i$  值利用算術平均數求得整體  $\lambda_i$  值如下表 2。

表 1 顯示 C0 ~ C3 構面間之權重值及其交互作用之權重值。例如：在 C0 構面中， $g_{12} = 0.722$  是表示  $g_{\lambda}(\{C1, C2\}) = 0.722$ ，表示含交互作用之  $g$  值。就整體 (C0) 之重要程度而言， $g_3 \succ g_2 \succ g_1$ ，表示「學習移轉」 $\succ$ 「學習成果」 $\succ$ 「學習滿意」。在「反應」構面 (C1) 方面， $g_1 \succ g_5 \succ g_4 \succ g_3 \succ g_2$ ，表示「教材內容與結構」 $\succ$

表 1：C0~C3 構面權重值及其交互作用之權重值

準則	權重值				
C0	$g_1 = 0.394$ $g_{23} = 0.764$	$g_2 = 0.429$ $g_{123} = 1$	$g_3 = 0.445$	$g_{12} = 0.722$	$g_{13} = 0.735$
C1	$g_1 = 0.501$ $g_{12} = 0.703$ $g_{24} = 0.675$ $g_{123} = 0.841$ $g_{145} = 0.879$ $g_{1234} = 0.932$ $g_{12345} = 1$	$g_2 = 0.417$ $g_{13} = 0.722$ $g_{25} = 0.707$ $g_{124} = 0.845$ $g_{234} = 0.823$ $g_{1235} = 0.945$	$g_3 = 0.452$ $g_{14} = 0.728$ $g_{34} = 0.693$ $g_{125} = 0.865$ $g_{235} = 0.845$ $g_{1245} = 0.948$	$g_4 = 0.452$ $g_{15} = 0.755$ $g_{35} = 0.724$ $g_{134} = 0.858$ $g_{245} = 0.848$ $g_{1345} = 0.955$	$g_5 = 0.501$ $g_{23} = 0.669$ $g_{45} = 0.728$ $g_{135} = 0.876$ $g_{345} = 0.859$ $g_{2345} = 0.934$
C2	$g_1 = 0.473$	$g_2 = 0.487$	$g_{12} = 1$		
C3	$g_1 = 0.315$ $g_{23} = 0.649$	$g_2 = 0.331$ $g_{123} = 1$	$g_3 = 0.317$	$g_{12} = 0.654$	$g_{13} = 0.633$

表 2：整體之  $\lambda$  值

$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$
-0.246	-0.626	0.390	0.596	-0.566	-0.575	0.446
$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$	$\lambda_{14}$
-0.939	-0.666	-0.651	-0.596	-0.655	-0.670	0.603

「教學設計」 $\succ$ 「互動設計」 $\succ$ 「介面設計」 $\succ$ 「版面設計」。在「學習」構面 (C2) 方面， $g_2 \succ g_1$ ，表示「技能」 $\succ$ 「知識」。在「行為」構面 (C3) 方面， $g_2 \succ g_3 \succ g_1$ ，表示「個人因素」 $\succ$ 「課程設計」 $\succ$ 「組織因素」。

表 2 顯示其整體之  $\lambda$  值，其中  $\lambda_3, \lambda_4, \lambda_7$  及  $\lambda_{14}$  其值皆大於 0，隱含其構面間有加乘效果 (multiplicative effect)。反之， $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{11}, \lambda_{12}$  及  $\lambda_{13}$  其

值皆小於 0，隱含其構面間有替代效果 (substitutive effect)；雖然  $\lambda$  值小於 0，具有替代效果，但是在實務上則經常會發生，無論如何， $\lambda$  值可調整重要程度上高估及低估之情況。

在圖 1 中，此學習績效之評估系統可視為一棵階層式的樹，僅須針對各節點之構面/準則/次準則調查其重要程度及最末終端節點之績效值即可。本文依課程、學習動機、個人特質及個人背景中之年資分群，評估學習者在 e-learning 上之學習成效，結果分述如下。

在課程方面，根據表 3 可獲得各課程之整體學習績效 (C0)，依序為 S1 > S6 > S8 > S4 > S3 > S5 > S7 > S2。在學習滿意構面 (C1) 方面，依序為 S6 > S1 > S3 > S7 > S8 > S5 > S4 > S2。在學習成果構面 (C2) 方面，依序為 S1 > S6 > S4 > S8 > S5 > S7 > S3 > S2。在學習移轉構面 (C3) 方面，依序為 S1 > S8 > S6 > S3 > S4 > S5 > S7 > S2。

在學習動機方面，根據表 4 可獲得「學習動機」對整體學習績效 (C0)，依序為：「個人興趣」>「工作業務需要」>「學習新知」。在學習滿意構面 (C1) 方面，依序為：「個人興趣」>「學習新知」>「工作業務需要」。在學習成果構面 (C2) 方面依序為：「個人興趣」>「工作業務需要」>「學習新知」。在學習移轉構面 (C3) 方面，依序為：「個人興趣」>「工作業務需要」>「學習新知」。

表 3：課程 S1~S8 對各準則之績效評估值

準則 意義	準則 名稱	課程							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
整體學習績效	C0	0.8091	0.7559	0.7757	0.7830	0.7698	0.7990	0.7660	0.7899
學習滿意	C1	0.7919	0.7575	0.7850	0.7705	0.7763	0.7981	0.7828	0.7765
教材內容 與結構	C11	0.8483	0.8081	0.8337	0.8269	0.8239	0.8541	0.8354	0.8176
版面設計	C12	0.7428	0.7366	0.7703	0.7389	0.7567	0.7831	0.7392	0.7180
介面設計	C13	0.6802	0.6606	0.7159	0.6724	0.6880	0.6814	0.6938	0.7152
互動設計	C14	0.7577	0.6816	0.6918	0.6711	0.7169	0.7046	0.7291	0.7589
教學設計	C15	0.7947	0.7450	0.7342	0.7800	0.7425	0.7923	0.7773	0.7951
學習成果	C2	0.8127	0.7443	0.7459	0.7978	0.7556	0.8032	0.7496	0.7816
知識	C21	0.8002	0.7605	0.7510	0.8019	0.7712	0.8258	0.7667	0.7714
技能	C22	0.8241	0.7299	0.7416	0.7944	0.7417	0.7831	0.7344	0.7909
學習移轉	C3	0.8080	0.7517	0.7822	0.7700	0.7647	0.7895	0.7533	0.7932
組織因素	C31	0.8401	0.7609	0.7857	0.7798	0.7746	0.8022	0.7679	0.8298
個人因素	C32	0.8156	0.7762	0.8009	0.8049	0.7882	0.8093	0.7765	0.8274
課程設計	C33	0.7714	0.7193	0.7606	0.7267	0.7326	0.7586	0.7172	0.7264

在性別方面，根據表 4 可獲得個人特質中「性別」對於整體學習績效（C0），依序為：「男性」>「女性」。在學習滿意構面（C1）方面，依序為：「男性」>「女性」。在學習成果構面（C2）方面，依序為：「男性」>「女性」。在學習移轉構面（C3）方面，依序為：「男性」>「女性」。

在學歷方面，根據表 4 可獲得個人特質中「學歷」對於整體學習績效（C0），依序為：「研究所」>「大學」>「大專」。在學習滿意構面（C1）方面，依序為：「研究所」>「大學」>「大專」。在學習成果構面（C2）方面，依序為：「研究所」>「大專」>「大學」。在學習移轉構面（C3）方面，依序為：「研究所」>「大學」>「大專」。資料顯示，在學歷方面，學歷愈高其學習績效愈好。

表 4：各學習動機、學歷及性別對各準則之績效評估值

準則意義	準則名稱	學習動機			學歷			性別	
		工作業務需要	學習新知	個人興趣	大專	大學	研究所	男性	女性
整體學習績效	C0	0.7820	0.7721	0.7986	0.7686	0.7804	0.7959	0.7863	0.7732
學習滿意	C1	0.7703	0.7764	0.7998	0.7611	0.7776	0.8046	0.7855	0.7713
教材內容與結構	C11	0.8325	0.8222	0.8476	0.8239	0.8194	0.8609	0.8359	0.8237
版面設計	C12	0.7175	0.7579	0.7686	0.7032	0.7604	0.7745	0.7435	0.7552
介面設計	C13	0.6604	0.6968	0.7080	0.6672	0.6905	0.7079	0.7032	0.6662
互動設計	C14	0.7044	0.7041	0.7475	0.6786	0.7247	0.7324	0.7309	0.6885
教學設計	C15	0.7798	0.7515	0.7966	0.7711	0.7688	0.7717	0.7788	0.7570
學習成果	C2	0.7893	0.7553	0.7923	0.7719	0.7671	0.7888	0.7777	0.7681
知識	C21	0.7905	0.7604	0.8122	0.7744	0.7701	0.8092	0.7840	0.7767
技能	C22	0.7884	0.7509	0.7747	0.7697	0.7646	0.7706	0.7722	0.7604
學習移轉	C3	0.7721	0.7718	0.7928	0.7588	0.7830	0.7838	0.7813	0.7695
組織因素	C31	0.7961	0.7834	0.8075	0.7871	0.7904	0.8030	0.8014	0.7794
個人因素	C32	0.7883	0.7989	0.8173	0.7748	0.8068	0.8143	0.8066	0.7898
課程設計	C33	0.7342	0.7345	0.7553	0.7175	0.7531	0.7364	0.7382	0.7405

在年齡方面，根據表 5 可獲得個人特質中「年齡」對於整體學習績效（C0），依序為：「30 歲以下」>「31~35 歲」>「36~40 歲」>「41~45 歲」>「46~50 歲」>「51~60 歲」。在學習滿意構面（C1）方面，依序為：「31~35 歲」>「36~40 歲」>「41~45 歲」>「30 歲以下」>「51~60 歲」>「46~50 歲」。在學習成果構面（C2）方面，依序為：「30 歲以下」>「41~45 歲」>「36~40 歲」>「46~50 歲」>「51~60 歲」>「31~35 歲」。在學習移轉構面（C3）方面，依序為：「30 歲以下」>「31~35 歲」>「36~40 歲」>「41~45 歲」>「46~50 歲」>「51~60 歲」。整體而言，在年齡方面，30 歲以上者隨著年齡的增長學習績效有逐漸下降之趨勢。

表 5：年齡及工作年資對各準則之績效評估值

準則 意義	準則 名稱	年齡						年資			
		30 歲 以下	31 ~ 35 歲	36 ~ 40 歲	41 ~ 45 歲	46 ~ 50 歲	51 ~ 60 歲	3 年 以下	3 ~10 年	11 ~ 20 年	21 ~ 30 年
整體學習 績效	C0	0.8026	0.7916	0.7790	0.7772	0.7675	0.7608	0.7653	0.7737	0.7798	0.7998
學習滿意	C1	0.7734	0.8018	0.7819	0.7741	0.7567	0.7696	0.7681	0.7806	0.7753	0.7915
教材內容 與結構	C11	0.8369	0.8567	0.8343	0.8276	0.7913	0.8111	0.8284	0.8326	0.8279	0.8351
版面 設計	C12	0.6895	0.7710	0.7720	0.7475	0.7542	0.7149	0.7366	0.7386	0.7494	0.7642
介面 設計	C13	0.6995	0.7108	0.6757	0.6652	0.6674	0.7246	0.6517	0.6957	0.6732	0.7204
互動 設計	C14	0.7091	0.7381	0.6725	0.7060	0.7071	0.7263	0.6905	0.7335	0.6985	0.7241
教學 設計	C15	0.7904	0.7596	0.7865	0.7714	0.7568	0.7753	0.7568	0.7573	0.7747	0.7855
學習 成果	C2	0.7891	0.7657	0.7743	0.7789	0.7714	0.7684	0.7662	0.7493	0.7829	0.7948
知識	C21	0.7707	0.7743	0.7862	0.7863	0.7806	0.7899	0.7759	0.7483	0.7999	0.7958
技能	C22	0.8058	0.7581	0.7639	0.7725	0.7633	0.7492	0.7577	0.7504	0.7678	0.7941
學習 移轉	C3	0.8214	0.7914	0.7723	0.7676	0.7669	0.7344	0.7575	0.7714	0.7703	0.8024
組織 因素	C31	0.8699	0.8060	0.7755	0.7783	0.7681	0.7694	0.7645	0.7939	0.7824	0.8205
個人 因素	C32	0.8570	0.8228	0.7946	0.7845	0.7806	0.7551	0.7947	0.7985	0.7867	0.8259
課程 設計	C33	0.7423	0.7471	0.7475	0.7413	0.7524	0.6822	0.7146	0.7243	0.7432	0.7630

在工作年資方面，根據表 5 可獲得個人特質中「年資」對於整體學習績效 (C0)，依序為：「21 ~ 30 年」>「11 ~ 20 年」>「3 ~ 10 年」>「3 年以下」。在學習滿意構面 (C1) 方面依序為：「21 ~ 30 年」>「3 ~ 10 年」>「11 ~ 20 年」>「3 年以下」。在學習成果構面 (C2) 方面，依序為：「21 ~ 30 年」>「11 ~ 20 年」>「3 年以下」>「3 ~ 10 年」。在學習移轉構面 (C3) 方面，依序為：「21 ~ 30 年」>「3 ~ 10 年」>「11 ~ 20 年」>「3 年以下」。在年資方面，則隨著年資增加而其學習績效有愈佳之傾向。

## 伍、結論與建議

隨著時代不斷進步，知識之渴求也愈來愈需要，傳統的教育訓練方式已經無法趕上企業之學習需求，隨著網際網路的發達及電腦網路科技之進步，e-learning 將成為企業發展人力資源競爭力之最佳工具。e-learning 具有自發性隨時隨地均可學習之優點，若能有效利用 e-learning 系統提升員工本身之能力，企業不但可減少其教育訓練之成本支出，經由學習後將其所學移轉至組織，將對企業之整體績效有莫大助益。

有關 e-learning 之學習績效評估研究，大部分學者均專注於評估構面及準則之研究，且僅針對某部分構面研究，鮮少針對整個學習過程之學習績效進行實際評估。一般而言，學習績效是指一連串持續的學習知識技能之累積及移轉過程所產生之績效。從開始學習、獲得知識或技能及將所學習到之知識或技能移轉用於組織上。在有效評估學習績效時，若僅評估部分構面之學習績效，容易造成疏漏而無法衡量到真正之學習績效。因此，本文以 Kirkpatrick (1996) 提出之「四階層評估模型」為基礎，並引用非可加性之模糊積分，來進行實際 e-learning 之學習績效評估，將可達到更全面之學習績效評估，依研究結果歸納出下列結論：

- 一、本文之評估架構分為「反應」、「學習」及「行為」等構面，其中「反應」構面是評估學習者對網路教學網站之整體「滿意」程度；「學習」構面是衡量學習者知識及技能獲得之程度；「行為」構面是在衡量學習者經由 e-learning 學習後之行為改變程度。本評估架構主要係評估學習者在學習過程中之「反應」、「學習」及「行為」等三個階段。可有效評估學習者藉由 e-learning 之學習績效評估。
- 二、階層式模糊積分多屬性決策方法有別於一般傳統的多屬性評估方法是以每個屬性間無須獨立為前提假設。在本文評估架構中，各準則間並未完全獨立，因其  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  均不為 0，表示構面間具有交互作用，而本文使用模糊積分階層式多屬性決策方法來獲得  $\lambda$  值，對權重值有高估或低估情況具調整作用。因此，本文使用模糊積分階層式多屬性決策方法，比一般之績效評估方法將可獲得較準確之結果。
- 三、在課程方面，以較易為學習者吸收及應用於工作上之課程有較佳之學習績效。在學習動機方面，能夠使學習者產生興趣有較佳之學習績效。在性別方面，「男性」學習績效略高於「女性」。在年齡方面，30 歲以上隨著年齡之增長學習績效逐漸下降。在學歷方面，學歷愈高其學習績效愈好。在工作年資方面，隨著年資增加其學習績效愈佳，因隨著年資增加，經驗也隨之增加，在知識及技能之獲得也較好，也較知道如何將所學應用於工作上。

在本文之評估架構中，其重要程度分別為「行為」>「學習」>「反應」。這顯示要增進學習績效應先加強「行為」構面，如何使學習者將所學到的知識或技能應用於工作上，以及那些課程內容是學習者真正需要的；其次再加強網站上與使用者相關之操作。

網路學習系統是由「學習者」、「教學網站」及「課程內容」等三部分所呈現，三者缺一不可，學習者藉由教學網站之界面獲得知識或技能。在「學習者」這一部分要

考慮的是，要如何能讓學習者經常上網學習、如何能獲得較佳之學習成效、以及如何讓學習者能將所學回饋給組織。在「教學網站」這一部分要考慮的是，要如何將課程內容以最佳之方式來呈現、如何讓學習者以最方便、最舒適和最有效率之方式來進行學習。在「課程內容」這一部分要考慮的是，怎樣的課程是學習者最感興趣、最喜歡、最需要及對學習者最有幫助的課程內容。

在學習者方面：(1)要教育員工對組織有正面之「態度」，提升員工對組織之承諾。(2)「主管」對員工之影響甚大，「主管」對員工之期望或能夠適時給予激勵，對學習績效將有莫大之提升，進而可增進組織之績效。(3)企業組織在 e-learning 上，若能實施一些吸引員工之誘因，將會提升員工之學習動機及移轉動機上有幫助。(4)將學習成果適當的反應在考績及報酬上。(5)依需要要求員工學習其相關之課程，並於學習後執行線上測驗，以做為考核員工之依據。

在教學網站方面：(1)要讓員工不論在公司或在家隨時想學習就可以立即進入教學網站開始學習；(2)要常常聽取學習者之寶貴意見，以做為網站改進之參考；(3)要能突顯出特色；(4)要隨時呈現最新、最正確之畫面；(5)與使用者相關之操作介面須具親和力，以減少使用上之阻礙。

在課程內容方面：(1)要適時瞭解學習者之需要，製作真正是員工需要之課程，不但可以節省課程上之成本浪費，更能引起員工學習興趣。(2)要能與學習者有互動之學習方式，可讓學習者能更深一層的瞭解。(3)在課程進行中要適時有一些測驗，可加深學習者之記憶。

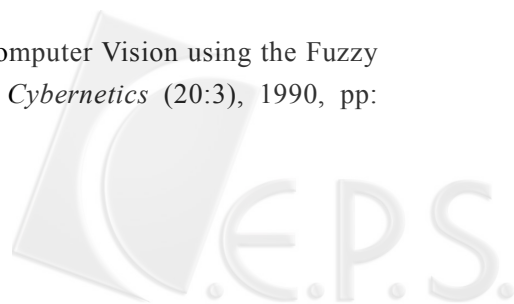
本文係研究學習者透過 e-learning 學習過程獲得之學習績效，而本文僅探討「反應」、「學習」及「行為」等三個構面。至於「成果」構面主要是衡量學習者透過 e-learning 學習後，對組織之貢獻程度。一般而言，假設將所學習到的知識或技能移轉應用於組織愈多則其績效愈佳。而有關學習績效對組織績效間之研究值得有興趣之學者再深入去探討。

## 參考文獻

1. 林麗惠，民 89『成人學習評量面面觀』，成人教育輔導季刊，第十七卷：4～13 頁。
2. 吳秉恩，民 73，管理才能發展方案實施與成效關係之研究，國立政治大學企業管理研究所博士論文。
3. 洪榮昭，民 90，知識創新與學習型組織，台北市：五南圖書。
4. 曹汝民，民 90，非同步網路教學網站評鑑指標發展之研究，國立台北科技大學技術及職業教育研究所碩士論文。
5. 陶紀貞，民 88，組織特性與個人屬性對訓練移轉影響之探討-以台北捷運公司為個案分析，國立政治大學公共行政研究所碩士論文。
6. 簡茂發，民 88，教學評量原理與方法，台北市：師大書苑。

7. Baldwin, T.T. and Ford, J.K., "Transfer of Training: A Review and Direction for Future Research," *Personnel Psychology* (41:1), 1988, pp: 63-106.
8. Carnevale, A.P. and Schulz, E.R., "Evaluation Framework, Design and Reports," *Training and Development* (44), July 1990, pp: 15-22.
9. Chen, T.Y. and Wang, J.C., "Identification of  $\lambda$ -fuzzy Measures Using Sampling Design and Genetic Algorithms," *Fuzzy Sets and Systems* (123), 2001, pp: 321-341.
10. Chen, T.Y., *Static and Dynamic Analyses of Importance-Assessing for Evaluation Criteria and Applications on Transportation*, Ph. D. Dissertation, Institute of Traffic and Transportation, National Chiao Tung University, R. O. C., 1998.
11. Chen, T.Y., Wang, J.C. and Tzeng, G.H., "Identification of General Fuzzy Measures by Genetic Algorithms Based on Partial Information," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Man, and Cybernetics –Part B: Cybernetics* (30:4), 2000, pp: 517-528.
12. Chen, Y.W. and Tzeng, G.H., "Using Fuzzy Integral for Evaluating Subjectively Perceived Travel Costs in a Traffic Assignment Model," *European Journal of Operational Research* (130), 2001, pp: 653-664.
13. Chiang, J.H., "Choquet Fuzzy Integral-based Hierarchical Networks for Decision Analysis," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* (7:1), 1999, pp: 63-71.
14. Chiou, H.K. and Tzeng, G.H., "Fuzzy Multi-criteria Decision-making Approach to Analysis and Evaluation of Green Engineering," *Environmental Management* (30:6), 2002, pp: 816-830.
15. Choquet, G., "Theory of Capacities," *Annales de L'Institut Fourier* (5), 1953, pp: 131-295.
16. Denneberg, D., *Non-Additive Measure and Integral*, Boston, MA:Kluwer, 1994.
17. Dubois, D. and Prade, H., "Operations on Fuzzy Numbers," *International Journal of Systems Science* (9:3), 1978, pp: 613-626.
18. Grabisch, M., "Fuzzy Integral in Multi-criteria Decision Making," *Fuzzy Sets and Systems* (69), 1995, pp: 279-298.
19. Grabisch, M., "The Application of Fuzzy Integrals in Multi-criteria Decision Making," *European Journal of Operational Research* (89), 1996, pp: 445-456.
20. Hwang, C.L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications : A State-of-the-art Survey*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg /New York, 1981.
21. Ishii, K. and Sugeno, M., "A Model of Human Evaluation Process using Fuzzy Measure," *International Journal of Man-Machine Studies* (22), 1985, pp: 19-38.
22. Keeney, R.L. and Raiffa, H., *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, Inc., 1976.
23. Kim, D. H., "The Link between Individual and Organizational Learning," *Sloan Management Review* (3), Fall 1993, pp: 37-50.

24. Kirkpatrick, D., "Great Ideas Revisited: Techniques for Evaluating Training Programs," *Human Resource & Development* (50:1), 1996, pp: 54-57.
25. Lebesgue, H., *Measure and the Integral*, Holden-Day, San Francisco, 1996.
26. Lee, C., Liu, L.C. and Tzeng, G. H., "Hierarchical Fuzzy Integral Evaluation Approach for Vocational Education Performance: Case of Junior Colleges in Taiwan," *International Journal of Fuzzy Systems* (3:3), 2001, pp: 476-485.
27. Lee, K. M. and Leekwang, H., "Identification of  $\lambda$ -fuzzy Measure by Genetic Algorithms," *Fuzzy Sets and Systems* (75), 1995, pp: 301-309.
28. LERN (Learning Resources Network) "Online Education: Growing Presence and Growing Pains. Lifelong Learning Today," *Learning Resources Network* (6:1), 1998, pp: 6-7.
29. Leszczyński, K., Penczek, P. and Grochulski, W., "Sugeno's Fuzzy Measure and Fuzzy Clustering," *Fuzzy Sets and Systems* (15), 1985, pp: 147-158.
30. Murofushi, T. and Sugeno, M., "An Interpretation of Fuzzy Measure and the Choquet Integral as an Integral with Respect to a Fuzzy Measure," *Fuzzy Sets and Systems* (29), 1989, pp: 201-227.
31. Murofushi, T. and Sugeno, M., "A Theory of Fuzzy Measures, Representation, the Choquet Integral and Null Sets," *Journal of Mathematical Analysis and Applications* (159), 1991, pp: 532-549.
32. Pap, E., *Null-Additive Set Functions*, Boston, MA: Kluwer, 1995.
33. Quinn, J.B., Baruch, J.J., Zien, K.A., *Innovation Explosion*, The Free Press, 1997.
34. Saaty, T.L. "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures," *Journal of Mathematical Psychology* (15:3), 1977, pp: 234-281.
35. Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
36. Sugeno, M., *Theory of Fuzzy Integrals and Its Applications*, Ph. D. Dissertation, Tokyo Institute of Technology, 1974.
37. Sugeno, M., "Fuzzy Measures and Fuzzy Integrals: A Survey," *Fuzzy Automata and Decision Processes*, Amsterdam: North-Holland, 1977.
38. Sugeno, M. and Kwon, S.H., "A Cluster-wise Regression-type Model for Subjective Evaluation," *Journal of Japan Society for Fuzzy Theory System* (7:2), 1995, pp: 291-310.
39. Sugeno, M. and Terano, T., "A Model of Learning Based on Fuzzy Information," *Kybernetes* (6), 1977, pp: 157-166.
40. Tahani, H. and Keller, J.M., "Information Fusion in Computer Vision using the Fuzzy Integral," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* (20:3), 1990, pp: 733-741.



41. Tang, M.T., Tzeng, G.H. and Wang, S.W., "A Hierarchy Fuzzy MCDM Method for Studying Electronic Marketing Strategies in the Information Service Industry," *Journal of International Information Management* (8:1), 1999, pp: 1-22.
42. Tsaur, S.H., Tzeng, G.H. and Wang, G.C. "The Application of AHP and Fuzzy MCDM on Evaluation Study of Tourist Risk," *Annals of Tourism Research* (24:4), 1997, pp: 796-812.
43. Tzeng, G.H., Ou Yang, Y.P., Lin, C.T. and Chen, C. B., "Hierarchical MADAM with Fuzzy Integral for Evaluating Enterprise Intranet Web Sites," *Information Sciences* (169:3-4), 2005, pp: 409-426.
44. Wang, J.C., Chen, T.Y. and Shen, H.M., "Using Fuzzy Densities to Determine the  $\lambda$ -value for  $\lambda$ -fuzzy Measures," *Proceedings of Ninth National Conference on Fuzzy Theory and Its Applications*, 2001, pp: 54-59.
45. Wang, Z. "Une Class de Mesures Floues-les Quasi-measures," *Busefal* (6), 1981, pp: 28-37.
46. Wang, Z. and Klir, G.J., *Fuzzy Measure Theory*, NewYork: Plenum, 1992.
47. Wexley, K.N. and Latham, G.P., *Developing and Training Human Resources in Organizations*, Glenview IL: Scott Foresman, 1981.
48. Zadeh, L.A. "Fuzzy Sets," *Information and Control* (8:2), 1965, pp: 338-353.
49. Zhao, R. and Govind, R., "Algebraic Characteristics of Extended Fuzzy Numbers," *Information Science* (54:1), 1991, pp: 103-130.



## 附錄一

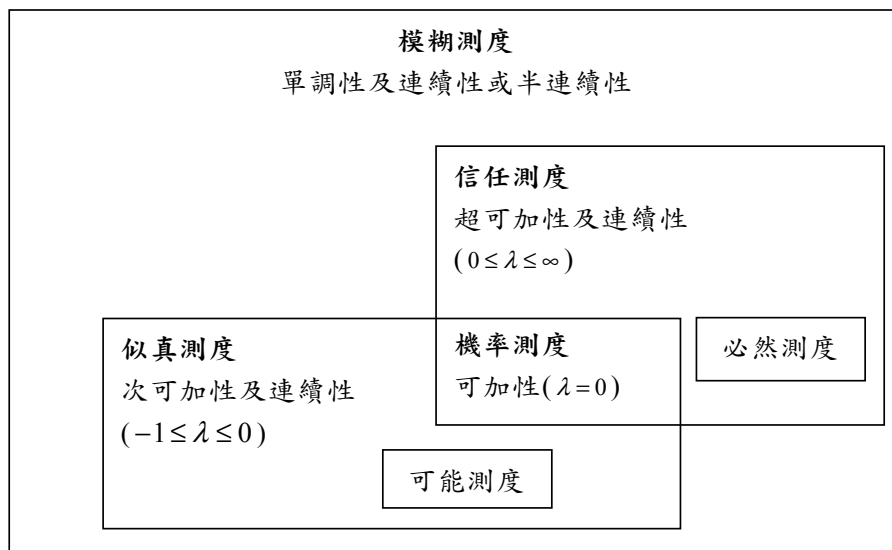


圖 A.1 六種測度類型之關係 (資料來源：Chiou and Tzeng (2002))

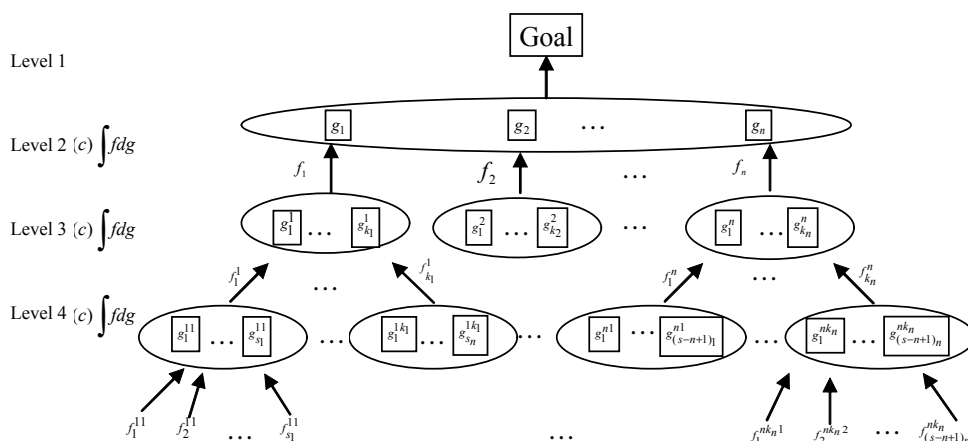


圖 A.2 Choquet 積分法評估模式之概念(資料來源：Tzeng et al. (2005))

## 附錄二

節錄 Tzeng et al. (2005)，整理如下：

*Algorithm for Identifying  $\lambda$*

根據方程式(6)，執行下列步驟：

Step 1: if  $\sum_{i=1}^n g_i = 1$ , then  $\lambda = 0$ , stop;

Step 2: if  $\sum_{i=1}^n g_i > 1$ , then let  $p^1 = -1$ ,  $m^2 = 0$ , go to Step 5 to perform a bisection search;

Step 3: if  $\sum_{i=1}^n g_i < 1$ , then let  $p = +1$ ,  $m = 0$ , go to Step 4 to find a range of  $\lambda$ ;

Step 4: if  $F(p)^3 < 0$ , let  $m = p$ ,  $p = p * 2$  and continue Step 4 (repeat double  $p$  until  $F(p) > 0$ );

Step 5: if  $F((p + m) / 2) = 0$ , then  $\lambda = (p + m) / 2$ , and stop;

Step 6: if  $F((p + m) / 2) > 0$ , then let  $p = (p + m) / 2$ , else let  $m = (p + m) / 2$ , and continue from Step 5.

<sup>1</sup>  $p$  is Pointer.

<sup>2</sup>  $m$  is initial value,  $\lambda \in (p, m)$ .

<sup>3</sup>  $F$  is a function for Equation (6).



### 附錄三

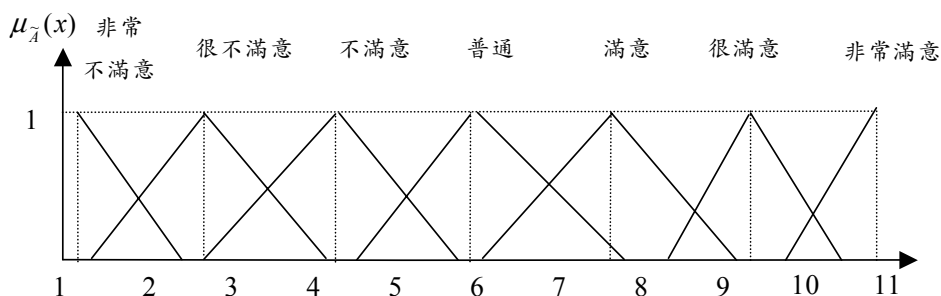


圖 A.3 七尺度語意變數之隸屬函數

定義  $\tilde{A}$  是一個實數的模糊集合 (fuzzy subset)，它的隸屬函數 (membership function)  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  之定義如下：(1) 是一個由  $R$  映射至  $[0, 1]$ ，(2) 是一個凸函數子集合，(3)  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  是一個正規化之模糊子集 (Dubois and Prade, 1978)，一個模糊數之隸屬函數能用三角模糊數 (TFN) 來表示， $\tilde{A} = (L, M, U)$ ，如(A3.1)式和圖 A.4。

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-L)/(M-L), & L \leq x \leq M, \\ (U-x)/(U-M), & M \leq x \leq U, \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \quad (\text{A3.1})$$

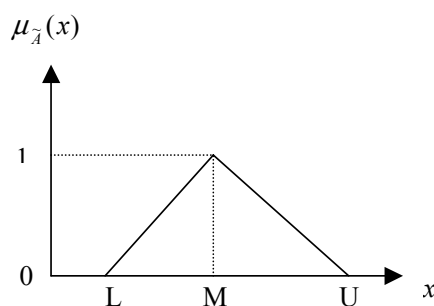


圖 A.4 三角模糊數之隸屬函數

根據三角模糊數之特性和擴展原理(Zadeh, 1965)，有如下之三角模糊數在代數上的演算法：

$$(1) \text{ 加法: } (L_1, M_1, U_1) \tilde{+} (L_2, M_2, U_2) = (L_1 + L_2, M_1 + M_2, U_1 + U_2). \quad (\text{A3.2})$$

$$(2) \text{ 減法: } (L_1, M_1, U_1) \tilde{-} (L_2, M_2, U_2) = (L_1 - U_2, M_1 - M_2, U_1 - L_2). \quad (\text{A3.3})$$

$$(3) \text{ 乘法: } (L_1, M_1, U_1) \tilde{\times} (L_2, M_2, U_2) = (L_1 L_2, M_1 M_2, U_1 U_2). \quad (\text{A3.4})$$

$$(4) \text{ 除法: } (L_1, M_1, U_1) \div (L_2, M_2, U_2) = (L_1/U_2, M_1/M_2, U_1/L_2). \quad (\text{A3.5})$$

模糊數可在適當時間被解模糊，早期解模糊之程序已經找出 BNP 值 (best non-fuzzy performance)。解模糊之方法一般包括 mean of maximal (MOM), center of area (COA) 和  $\alpha$ -cut 三種方法 (Zhao and Govind, 1991; Tsaur et al., 1997; Tang et al., 1999)。其中使用 COA 去決定 BNP 是較簡單且實用的方法，因為它不需要採用任何評估者之偏好。三角模糊數之 BNP 值  $(L_i, M_i, U_i)$  可由下面 (A3.6) 式解出：

$$BNP_i = [(U_i - L_i) + (M_i - L_i)] / 3 + L_i, \forall i \quad (\text{A3.6})$$

