

應用模糊層級分析法建構數位學習平台流程評估準則

王貞淑

國立台北科技大學資訊與運籌管理研究所

wangcs@ntut.edu.tw

林湘霖

國立台北科技大學資訊與運籌管理研究所

t9938015@ntut.edu.tw

摘要

隨著科技飛速發展及網路漸趨普及化，許多課程教材(Courseware)已轉變數位教材，也讓數位學習(e-Learning)平台蓬勃發展。e-Learning 平台中包含了許多的活動流程，又各流程的功能大相徑庭，也因此針對不同的數位學習流程，需要不同的評估準則。本研究採用模糊分析層級程序法，以「測驗評分」與「學習互動」兩大流程為研究標的，建置評估層級架構。由文獻彙整出三大評估構面，並針對「測驗評分」流程挑選出九項準則及二十項子準則；「學習互動」流程挑選出八項準則及十八項子準則。本研究實地對台灣地區三十位教師進行為期二個月的專家訪談，所有受訪者針對兩大學習流程的各項準則進行比較。進一步，針對各項受訪結果，再對各要素取得相對模糊權重及重要性排序。由分析結果顯示，使用者在評估兩大學習流程的準則的確存在顯著差異。針對測驗評分流程，使用者普遍認為資料傳輸正確性與連結穩定性兩項準則最為重要；而針對學習互動流程，使用者最為在意的則是平台是否提供即時交流知識且能夠快速更新主題內容的互動平台。本研究結果可供數位學習系統發展之參考，並可做為數位學習流程管理之依據。

關鍵詞：數位學習、流程管理、多準則決策、模糊分析層級程序法

壹、緒論

隨著科技飛速發展及網路漸趨普及化，傳統的教學方式倍受衝擊，許多課程教材(Courseware)已轉變為以數位教材的方式呈現及表達。由於教學資源分享管道的改變，學習方式也從傳統受限於定點、定時轉變為能夠更彈性去配合學習者需求的模式，也因此越來越多人透過網路來進行線上學習。有別以往的學習方式、造就了一個嶄新的學習平台，即所謂的數位學習(e-Learning)平台。隨著國內外大力投入資源與推導，數位學習平台的發展漸趨成熟。然而，如何評估衡量數位學習系統及網站的優劣，是建置數位學習系統時重要的考量因素。近年來，有不少學者針對學術界在使用數位學習平台成效上進行衡量之研究(Ozkan & Koseler 2009)。不過，大多數的評估研究，著重於課程建置(謝翠如 2006)與學習成效(Shue & Wang 2008)，鮮少有針對數位學習活動流程進行評估的研究。

數位學習系統之種類及模組極為多元，教師與學生在使用系統時，經常使用的活動流程不外乎線上測驗、教材和作業上傳及下載以及線上互動與討論…等，複雜的功能選單與操作環境，致使使用者對於使用數位學習系統來進行教學或是課程學習感到排斥。涂佩儀(2006)提到影響數位學習成效的最大因素是系統的使用率與學習意願、系統設計、人機互動程度及個人因素…等。對使用者而言，在熟悉使用數位學習系統環境上，給予適當的指引與衡量指標是必要的；而對系統建置者而言，了解使用者所需的功能及介面作為開發時的依據亦相當重要。因此，針對數位學習系統常用之活動流程，分析使用者的需求以及訂定有用的評估構面(Dimensions)及準則(Criteria)來建置評估層級架構，並訂定完整的評估機制，對於擴展數位學習的使用有絕對的必要。

本研究藉由有系統之分析過程，建置評估數位學習系統活動流程之準則。本研究以教師及學生極為頻繁使用之兩組活動流程，即「測驗評分」與「學習互動」流程為主要評估標的，本研究的研究目包括：

(一) 針對「測驗評分」與「學習互動」兩組數位學習活動流程，經由文獻整理，遴選適合之評估要素，並建置衡量該兩組流程之階層式評估層級架構。

(二) 經由問卷調查，彙整專家之回饋意見與經驗，並透過模糊分析層級程序法，取得各評估要素間之相對模糊權重，並找出各子準則對於整組活動流程之重要性排序。

(三) 本研究建置之數位學習系統活動流程評估層級架構及訂定的評估流程機制，最終可驗證在其他的數位學習平台上。

本研究還包含四個部份，在第二部分將回顧相關研究貢獻與成果，包括：數位學習、流程管理、多準則決策與模糊分析層級程序法，作為後續研究之理論基礎；第三部分根據文獻彙整以及相關的理論方法，繪製出本研究之研究流程架構，再針對「測驗評分」與「學習互動」兩組活動流程，遴選合適的評估構面與準則，並分別建置兩組流程之評估層級架構，作為專家問卷設計之依據；第四部份簡述專家問卷的設計方法及發放對象，再從回收的問卷中，彙整專家之背景資料與分析數據。透過一致性檢定，剔除無效問卷，再使用模糊分析層級程序法進行資料處理及結果分析；最後第五部分針對本研究之結果與發現作出結論，以提供數位學習系統建置者與使用者在開發或使用數位學習系統時之參考依據，並給予後續研究者相關的建議。

貳、文獻探討

針對本研究所涉及的領域與理論，針對數位學習、流程概念以及多準則決策中的模糊分析層級程序法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)進行過往文獻與概念之探討。

一、數位學習

數位學習最早是於1999年由美國的學者 Jay Cross 所提出，並開始引起各方關注。雖各界詮釋不一，但基本概念皆為透過線上媒體或網路之類的傳播技術來進行學習方面之活動交流。由於學習科技的標準在推動上已大致底定，因此目前市場環境對數位學習在技術上的需求已漸漸消退，而慢慢傾向著重於數位學習之成效與學習容，許多大專院校皆高度重視教學與行政用的入口網站。

美國人力資源發展協會(American Society for Training and Development, ASTD)對數位學習之定義為學習者利用電腦，透過網際網路、衛星廣播或光碟等傳播媒介進行課程學習的途徑。Gartner Group 則認為數位學習是一種遠距教學，使用各種影音媒體來進行授課教學，但最主要是利用網際網路之管道來傳輸數位內容。國際數據資訊公司(International Data Corporation, IDC)也對數位學習定義為將訓練課程或服務透過網際網路或區域網路，傳遞到最終學習者螢幕畫面之過程。

目前市場上充斥著各式不同的數位學習系統，各大專院校所使用的平台皆不盡相同，雖然功能上多有相似之處，但就使用者而言，操作不同的數位學習平台，還是容易造成使用上之混淆。因此，建置一套好的網站衡量機制不僅可幫助使用者找到最佳的數位學習網站，更可提升學習之品質(Hwang et al. 2004)。

二、 流程管理

在現有的數位學習研究中，對於數位學習系統流程描述的文獻是極為缺乏的。但以資訊系統而言，數位學習系統的流程在形式上與企業流程管理系統的流程極其類似。有鑑於此，本研究引述企業流程的概念，對數位學習系統之活動流程作文獻探討。企業流程在定義上，Davenport (1990)認為企業流程是企業執行一連串合理與相關的任務，以產出企業預期的結果，更強調流程是一組有結構、可衡量的企業活動。並認為流程必須滿足結構是以活動為單位、應具備開始跟結束，同時要能界定輸入及輸出為何、能代表評估改善與衡量尺度，並須假設能夠以消費者的觀點來界定流程。

三、 多準則決策方法

多準則決策方法(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)主要涉及到評估及選擇的問題(Keeney & Raiffa 1993)，近幾年已在運籌學以及管理科學的領域上快速發展。Tzeng et al. (2007) 提到 MCDM 是評估數位學習系統最合適的方法，該方法最主要的部份為決策理論與分析。MacCrimmon (1969)提出透過層級分析可取得準則配置與優先選擇架構，決策者藉由層級分析可得到決策目標與決策準則間之關聯性的目標層級架構。

資訊系統的評估乃是多準則之決策問題(Alonso al. 2000)，且 AHP 為解決此類問題中最廣泛且實用的方法。而數位學習系統的建置概念是植基資訊系統上，是為了一特定目的及方向所發展之資訊系統(詹慧純 2002)。

四、 模糊分析層級程序法

Saaty (1980)提出分析層級程序(Analytical Hierarchy Process, AHP)為多準則決策方法中問題解決的最適方法之一。它能夠將決策問題結構化並提供準則、目標權重和替代方案，再對各準則施以一致性判定(Mahdavi et al. 2008)。鄧振源與曾國雄(1989)提到 AHP 在使用上需假設一個系統可被分成多類別(Classes)和要素(Components)，且可形成有脈絡且各要素間均具獨立性(Independence)之層級結構。

傳統 AHP 能針對要素之間的重要程度進行考量，但在實際日常生活中，人類在作任何決策時，並非都有明確的界限做劃分，因此在專家決定要素間之重要性時，其結果可能有失偏頗。有鑑於此，Buckley 於 1985 年提出了模糊分析層級程序法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)，用以解決上述之問題。該方法結合了模糊理論(Fuzzy)的概念

與 AHP，以有系統化的方式來進行決策分析，補足專家對評估層級架構中兩要素作重要性比較時，所伴隨模糊性之缺點，並能更真實地反映現實狀況。

參、研究架構與方法

一、 研究架構

本研究架構如圖 1 所示，從數位學習系統中，挑選「測驗評分」與「學習互動」兩組流程(如圖 1 步驟①)。根據文獻整理，遴選適合評估兩組活動流程之要素，並建置評估層級架構(如圖 1 步驟②)。依據所建立之評估層級架構進行 AHP 問卷設計，並實施問卷訪談與回收問卷(如圖 1 步驟③至⑤)，再應用 Super Decisions 軟體，驗證每份專家問卷之一致性與建立成對比較矩陣，並透過 Excel 2010 軟體將問卷資料予以處理(如圖 1 步驟⑥)。經由 FAHP 法分析各要素間之相對模糊權重，再經由層級串聯，予以各子準則重要性之排序，並對資料處理後的結果進行分析與探討(如圖 1 步驟⑦)。本研究最終建置之評估層級架構及產生之評估機制可驗證於其他數位學習系統(如圖 1 步驟⑧)。

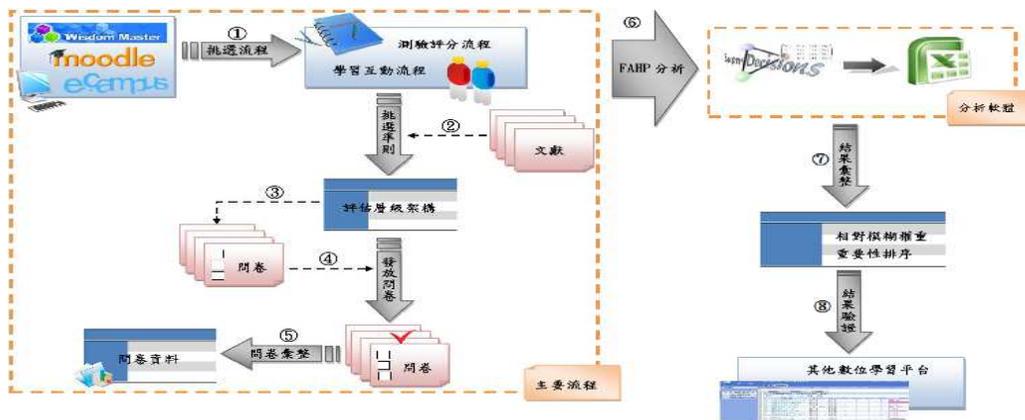


圖 1 數位學習平台流程評估準則研究架構

二、 流程評估

本研究擷取數位學習系統中「測驗評分」及「學習互動」兩組流程，分別進行評估與比較，並訂定兩組活動流程之核心功能，作為專家在評估該組流程時之依據。

(一) 測驗評分流程

本章節以 Moodle 為範例，擷取「測驗評分」流程進行評估，並將其分為教師及學生部分，教師可點選「活動」及「作業」來進行作業新增之動作；學生只需在作業繳交期限內完成作業上傳即可。活動之操作流程如圖 2(a)之活動圖(Activity Diagram)所示，大致包含了新增測驗內容、測驗上傳、測驗評分三個活動，而各學習活動間的串連主要是由新增測驗內容該活動觸發。

(二) 學習互動流程

本章節以 Moodle 為範例，擷取「學習互動」流程進行評估，該流程以系統中的「討論區」為主軸，將其分為教師以及學生部分，活動之操作流程如圖 2(b)之活動圖所示，大致包含了新增討論主題、閱讀討論內容、對討論主題發表意見三個活動，而各學習活動間的串連主要是由新增討論主題此活動觸發。

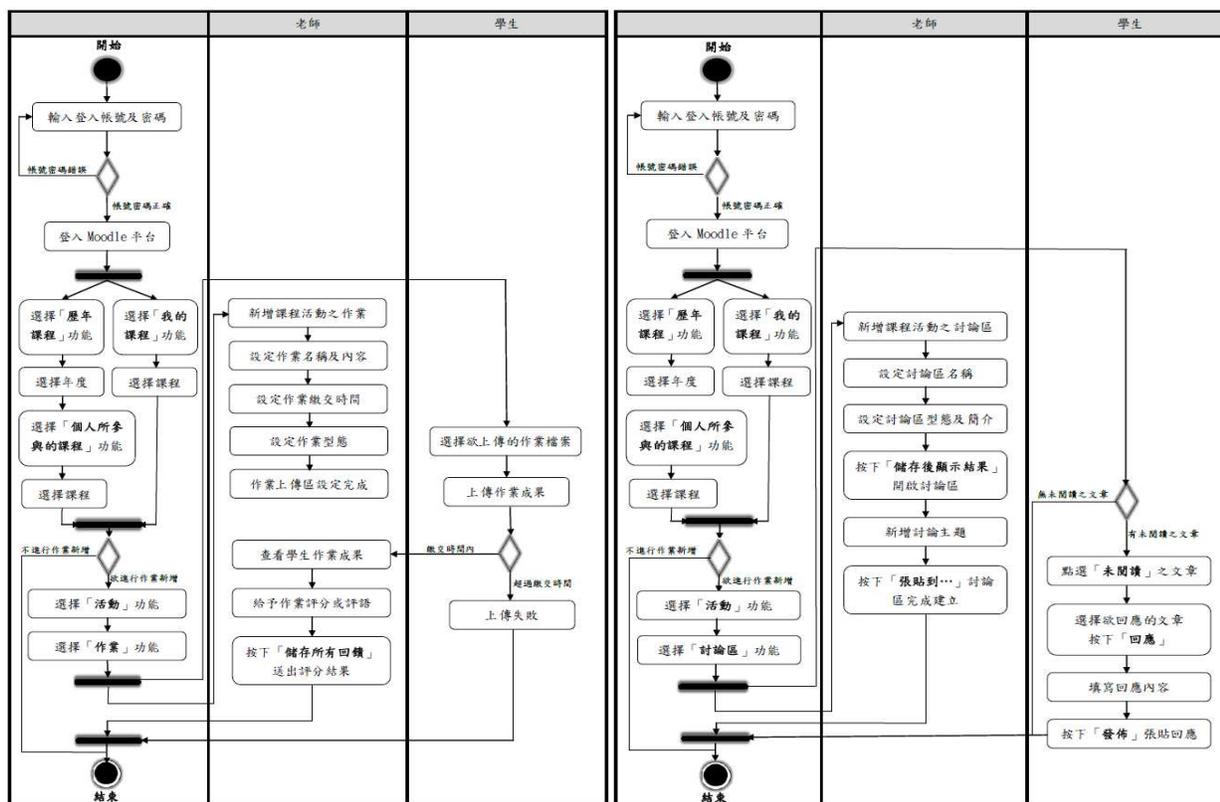


圖 2(a) 測驗評分流程活動圖

圖 2(b) 學習互動流程活動圖

三、多準則決策評估

(一) 遴選各層級評估要素

本研究係以 Parikh & Verma (2002)所提出之觀點為基礎，將評估構面分為「技術」、「介面」及「功能」三個構面，並整理多位學者提出的看法，進而找出合適的評估準則。針對所挑選之各評估層級要素，將其彙整如表 2 所示，並針對各子準則加以說明。

表 2 兩組流程評估層級架構之評估要素說明

構面	準則	子準則
(D1) 技術	(C1) 傳輸品質	(C1.1)良好的連線品質：使用者在傳輸資料時，不會有傳輸動作突然中斷的情形發生。
		(C1.2)資料傳輸正確性：資料內容上傳正確無誤。
	(C2) 系統穩定性	(C2.1)連結穩定性：系統連結穩定，不會經常斷線及需要維修。
		(C2.2)等候時間：等候系統頁面顯示或是等待資料上傳結果所需花費的時間。
(D2) 介面	(C3) 導覽介面	(C2.3)除錯能力與錯誤恢復程度：系統發生錯誤時能快速復原或排除錯誤。
		(C3.1)使用容易性：操作該流程時在介面呈現上容易上手，並有指引說明書教導使用者如何使用該系統之功能或相關的輔助工具。
		(C3.2)理解性：標題、文字和圖像等訊息易於辨識理解，並有清楚的系統架構分類層級，讓使用者對該流程架構一目了然且容易理解其操作使用的方式。
	(C4) 視覺滿意度	(C3.3)有效的導覽機制：系統是否提供有效導覽機制，如課程檢索功能，讓使用者快速找到欲瀏覽之頁面。
		(C4.1)系統美觀性：系統擁有美觀舒適的操作介面，讓使用者操作流程時，對系統介面有好感並能愉快操作。
	(C5) 系統回饋	(C4.2)介面的圖文編排：系統在介面的編排上是否符合使用者的習慣，以增加使用者在操作上之流暢度。
		(C5.1)明確的指引與提示說明：系統提供使用者在流程操作時明確的提示與說明，讓使用者操作起來更順暢。
(C5.2)適度顯示系統訊息與回應：沒有過多的系統提示訊息影響到流程操作。		

表 2 兩組流程評估層級架構之評估要素說明(續)

測驗評分流程		
(D3) 功能	(C6) 數據統計	(C6.1)學習進度控管：可透過系統查看某課程的成績統計資料，讓使用者藉此了解成績的落點。
		(C6.2)學習歷程記錄：使用者可透過系統，察看曾開過那些課程及主題。
	(C7) 提供搜尋服務	(C7.1)提供測驗搜尋：可透過搜尋介面搜尋欲查看及找尋的測驗項目及內容。
		(C7.2)流程操作時的諮詢管道：提供使用者搜尋問題及解決辦法之諮詢與支援管道。
	(C8) 功能完整性	(C8.1)評量方法之完整性：系統提供多種評分方式供使用者選擇，讓使用者在評分時上可選擇分數、級位、合格與不合格等多種方式。
		(C8.2)系統化的測驗評分組織架構：系統在該流程上提供完善的功能架構。
(C9) 使用者控制	(C9.1)使用者控制與學習活動管理：系統提供使用者安排學習課程進度或線上測驗活動獎勵之管理。	
	(C9.2)控管與製作測驗及教材機制：提供使用者教材及測驗的製作、編修、引用、分享、與管理的機制。	
學習互動流程		
(D3) 功能	(C6) 個人化	(C6.1)個人化介面設定：提供個人化之介面設定，方便使用者依個人使用習慣操作流程，並可配置個人喜好之操作版面及常用之課程架構。
		(C6.2)討論主題追蹤：針對使用者有興趣的主題或內容作更新的追蹤設定。
	(C7) 功能完整性	(C7.1)討論輔助工具之完整性：是否具備電子信箱、布告欄及線上通訊等功能。
		(C7.2)討論區系統組織架構之完善性：討論區的功能架構完整且清楚分明，如：具備發文、回復及資源分享等功能。
	(C8) 互動性	(C8.1)方便性：容易與其他使用者進行互動，並進行知識及經驗的分享與交流。
		(C8.2)即時性：討論區的討論主題或內容能即時的更新。

(二) 模糊分析層級程序法操作流程

本研究採用 FAHP 法求算各要素間之相對模糊權重以及各子準則之絕對權重。在方法的使用上共分為下述三個階段，階段一：發放專家問卷，並透過 Super Decisions 軟體，對每份問卷進行一致性檢定，並建置成對比較矩陣；階段二：將回收之問卷資料輸入 Excel 2010 軟體中，計算各要素間之相對模糊權重；階段三：將所有要素之相對模糊權重進行層級串聯，以求算子準則層級之整體權重值，並取得評估層級架構中之各子準則其重要性排序。FAHP 方法之使用步驟流程如圖 3 所示，本研究將針對各步驟予以說明。

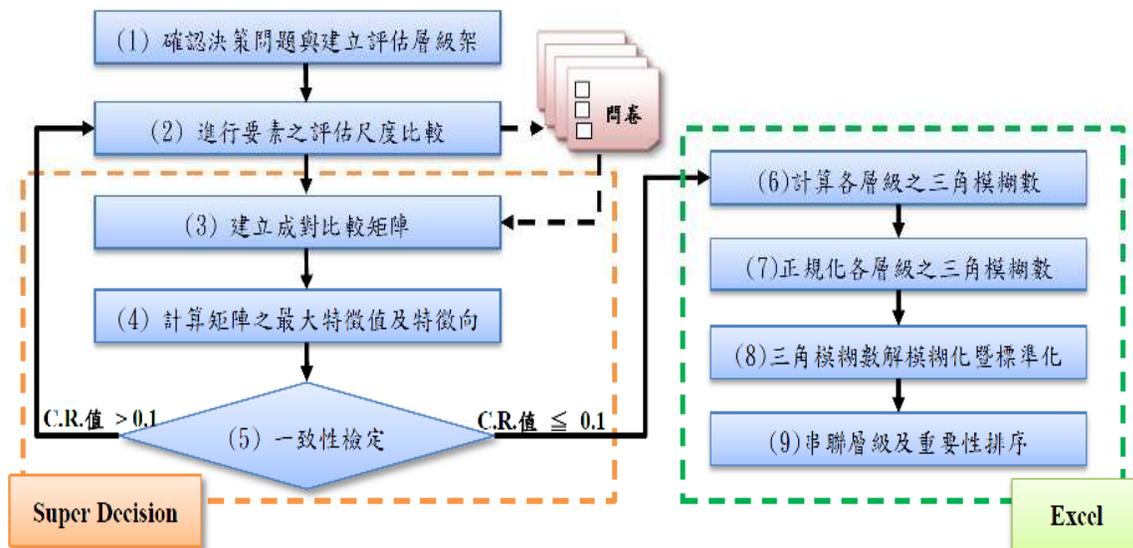


圖 3 FAHP 方法流程圖

(1) 確認決策問題與建置評估層級架構：本研究根據遴選之評估要素，建置數位學習兩大活動流程之評估層級架構圖，如圖 4 與 5，以明確定義各層級評估要素間之關聯。

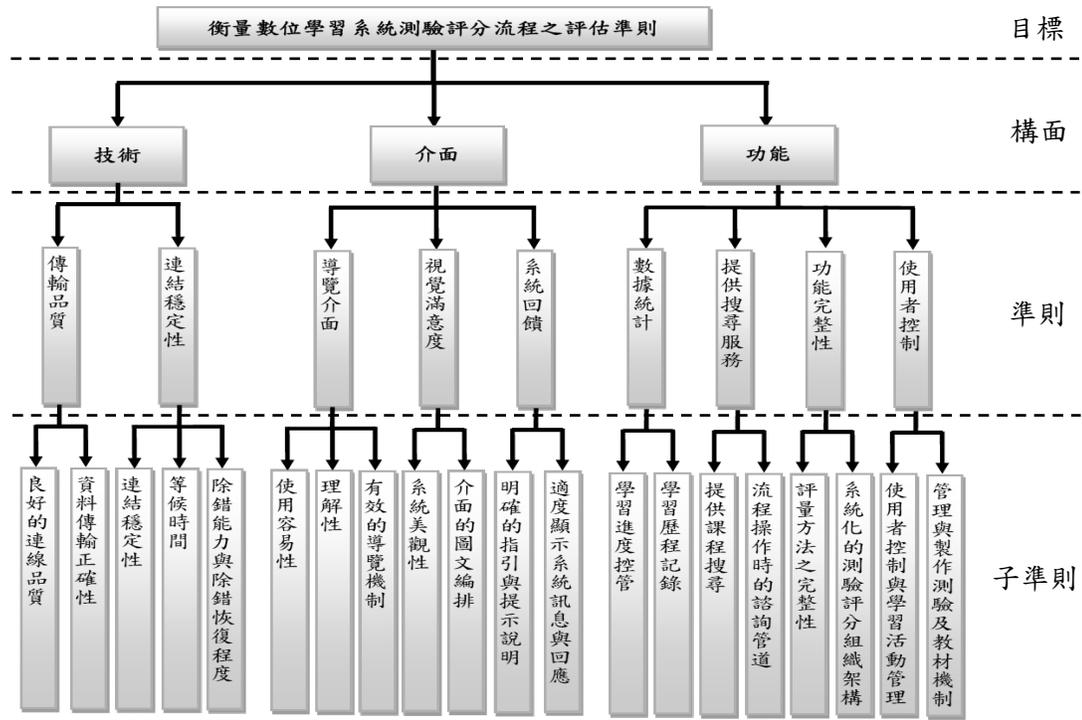


圖 4 衡量數位學習「測驗評分流程」之評估層級架構圖

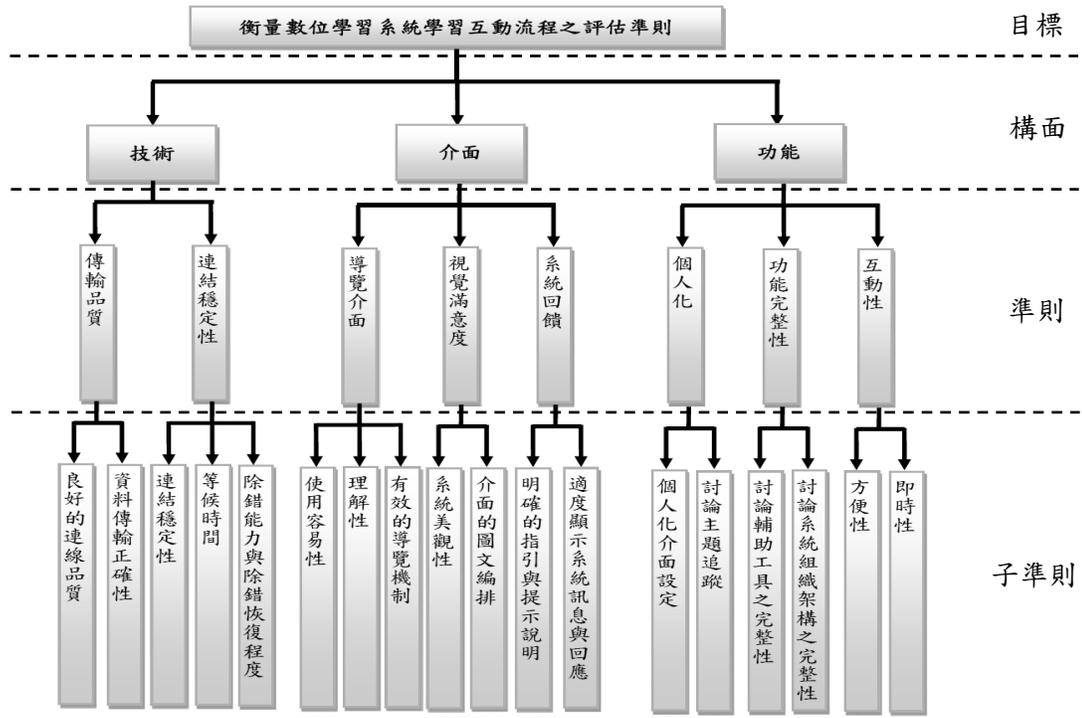


圖 5 衡量數位學習「學習互動流程」之評估層級架構圖

(2) 進行要素之評估尺度比較：當建構完目標評估層級後，要素之間需進行兩兩比較，並採用成對比率尺度來對要素進行橫量，Saaty (1990)提到 AHP 的成對比較尺度總共分為九個等級，茲說明如表 3：

表 3 AHP 成對比較尺度表

強度	定義	定義概述
1	同等重要 (Equal importance)	兩準則客觀的貢獻度具同等重要性
3	略微重要 (moderate importance)	經驗與判斷顯示稍微偏向其中一準則
5	頗為重要 (strong importance)	經驗與判斷顯示稍微偏向其中一準則
7	極為重要 (demonstrated importance)	實際顯上強烈偏向某一準則
9	絕對重要 (extreme importance)	具充分證據表示某準則絕對重要
2,4,6,8	尺度間相鄰值 (compromise between the above values)	介於比較尺度間之折衷值

- (3) 建立成對比較矩陣：某一層級的要素，以上一層級某一要素作為評估基準，進行要素間之成對比較。將某位學者 n 個要素 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ 比較結果的衡量值，置於成對比較矩陣 A 的上三角形部分，而下三角形部分為相對位置數值的倒數，即 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ，其中， a_{ij} 代表要素 i 相對於要素 j 的相對重要性。其要素之成對比較矩陣如式(1)：

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

- (4) 計算最大特徵值 (λ_{max}) 及特徵向量：透過數值分析中的特徵值(eigenvalue)解法，進一步找出特徵向量(eigenvector)及最大特徵值 λ_{max} ，並求出各層級要素之權重。
- (5) 一致性檢定：決策者在成對比較時要達成前後一貫性是相當困難的，因此需進行一致性檢定來檢驗評估過程中決策者所下判斷之合理程度。而一致性指標(C.I.)與一致性比率(C.R.)可用來檢驗權重之一致性，且 C.I.與 C.R.均必須 ≤ 0.1 ，才能通過一致性檢定。以下分別針對 C.I.與 C.R.作解釋：

- a. 一致性指標(Consistency Index, C.I.)：Saaty 建議一致性指標(C.I.)值最好小於等於 0.1，即 $C.I. \leq 0.1$ ，一致性方可接受，計算方式如式(2)，其中 λ_{max} 為最大特徵值， n 為層級要素之個數。

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

- b. 一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)：當研究問題變複雜時，成對比較矩陣 A 的階數也會隨之增加，而導致較不易判斷其一致性，針對這點，Saaty 提出「隨機指標(R.I.)」，用來調整不同階數所產生不同 C.I.值之變化，即「一致性比率(C.R.)」，並建議其值最好亦小於等於 0.1，即 $C.R. \leq 0.1$ ，表示一致性程度為滿意。其調整公式如式(3)：

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (3)$$

- (6) 計算各層級要素之整體三角模糊數：經由各別成對矩陣以及整體層級一致性驗證後，藉由各要素之左界值(L_i)、中界值(M_i)、右界值(R_i)來求得三角模糊數，來表達整體受訪專家之

模糊意見，其計算公式如下式(4)到式(6)所示，其中 n 代表專家的個數：

$$L_i = \min_n \{L_i^h, h = 1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

$$M_i = \left[\prod_{h=1}^n \{M_i^h, h = 1, 2, \dots, n\} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

$$R_i = \max_n \{R_i^h, h = 1, 2, \dots, n\} \quad (6)$$

- (7) 正規化各層級之三角模糊數：由上述步驟所得之三角模糊數，在解模糊以求的最終權重前，需進行正規化已使得研究結果更為嚴謹。各要素正規化後之三角模糊數以 (nL_i, nM_i, nR_i) 表示，其求公式如下式(7)到式(9)所示：

$$nL_i = \frac{L_i}{\left[\left(\sum_{i=1}^k R_i \right) * \left(\sum_{i=1}^k L_i \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

$$nM_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^k M_i} \quad (8)$$

$$nR_i = \frac{R_i}{\left[\left(\sum_{i=1}^k R_i \right) * \left(\sum_{i=1}^k L_i \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

- (8) 三角模糊數解模糊化暨標準化：經由正規化所得之三角模糊數，最後需在予以解模糊化處理，將所得之三角模糊數轉換為一實數值 DF_i ，且為使各層級要素求得之 DF_i 值加總為 1，需再進行一次標準化並求得最後各層級要素之權重值 DF_i' 。公式如下式(10)及式(11)：

$$DF_i = \frac{\{(nR_i - nL_i) + (nM_i - nL_i)\}}{3} + nL_i \quad (10)$$

$$DF_i' = \frac{DF_i}{\sum_{i=1}^k DF_i} \quad (11)$$

- (9) 串聯層級及重要性排序：經由上述步驟，可求得在目標層下第一層第 i 個構面之權重 NW_i 、第一層第 i 個構面下第二層第 j 個準則之權重 NW_{ij} ，以及第二層第 j 個構面下第三層第 k 個子準則之權重 NW_{ijk} 。為了求得目標層下之第三層第 k 個子準則之權重 NW_k ，則須進行串聯層級，其公式如(12)所示。

$$NW_k = NW_i * NW_{ij} * NW_{ijk} \quad (12)$$

經由串聯層級之運算，可求得各子準則對整體評估層級之絕對權重值，進而予以各子準則其重要性排序。

肆、實驗分析

一、問卷設計

本研究進行之專家問卷分析，主要目的在於藉由專家之回饋意見，來評估各項評估要素間的相對重要程度。再經由 FAHP 法，求算評估層級架構中，各要素間之相對模糊

權重與重要性排序。問卷設計方式是以表 3 之成對比較尺度表為依據，進行 9:1 到 1:9 的相對重要性評估測量，並逐一勾選出各要素間之相對重要程度。

二、問卷對象

為使本研究之評估層級架構能確實對數位學習活動流程進行有效的衡量，問卷對象的專家必須能確實考量到評估層級中的各評估層面，以供日後系統開發者建置系統上或使用者流程操作上作為考量之依據。而數位學習平台乃屬資訊系統之一環，故訪談對象應以資訊領域方面的專業人士及數位學習平台深度使用者為主要考量對象。本研究在專家之認定上，主要以各大專院校資訊方面的教授且具有實際操作線上學習平台的經驗。最後，在為期二個月的實驗過程中，本研究實地走訪國內 21 間學校，總計共發放 30 份專家問卷，並對每一位專家學者進行一對一的訪談，每份問卷訪談時間平均為 30 分鐘(時間最長者為 2 個小時以上)，各專家背景資料統計如表 4 所示。

表 4 問卷專家背景資料

類別				總計		
專家性別	男		21			
	女		9			
工作年資	3 年以下		6			
	3~10 年		15			
	10 年以上		9			
慣用系統	Moodle		19			
	e-Campus		3			
	Wisdom Master		7			
	其它		1			
學校地區及屬性	北	20	公立	9	普大	19
	中	7				
	南	3	私立	21	技職	11

三、問卷分析

本研究應用 Super Decision 軟體，驗證每份問卷中各問項是否符合一致性，即 Consistency Ratio 值小於 0.1，以確保分析結果的有效性。以「測驗評分流程」之「構面」層級為例，圖 6 中將問卷原始資料輸入軟體，求算出該問項之 Inconsistency 為 0.02794，表示該問項符合一致性檢定；並得到各要素之權重分別為 0.07042、0.75140 與 0.17818。再將每份問卷的各別權重彙整至 Excel 2010，以求得評估層級架構之整體權重。



圖 6 Super Decision 軟體之一致性檢定：以「構面」層級為例

(一) 相對模糊權重計算

考量到每位受訪者的對重要性程度標準不一，例如：在 1(同等重要)至 9(絕對重要)的範圍內，受訪者 A 認定 5 分即為十分重要，卻是受訪者 B 普通重要的門檻值而已。為了避免這樣的落差均化分析結果，本研究將問卷資料彙整並代入三角模糊數，再予以解模糊化。最後，本研究取得兩組數位學習活動流程評估層級架構之各要素相對模糊權重值，如表 5 與表 6 所示。

表 5 構面與準則之相對權重值

測驗評分流程				學習互動流程			
構面	相對權重	準則	相對權重	構面	相對權重	準則	相對權重
D1 技術	0.313	C1 傳輸品質	0.451	D1 技術	0.273	C1 傳輸品質	0.461
		C2 系統穩定性	0.549			C2 系統穩定性	0.539
D2 介面	0.329	C3 導覽介面	0.371	D2 介面	0.363	C3 導覽介面	0.407
		C4 視覺滿意度	0.264			C4 視覺滿意度	0.301
		C5 系統回饋	0.366			C5 系統回饋	0.292
D3 功能	0.358	C6 數據統計	0.277	D3 功能	0.364	C6 個人化	0.298
		C7 提供搜尋服務	0.127			C7 功能完整性	0.300
		C8 功能完整性	0.290			C8 互動性	0.402
		C9 使用者控制	0.306				

在衡量兩組數位學習活動流程時，「功能」為最重要之考量構面，數位學習最大意義即是在使學習數位化，並且透過網路，加強教授者與學習者的互動。因此，無論是在哪個活動流程上，唯有具備完善且強大的功能，才能滿足使用者的需求，再輔以良好的介面設計，讓使用者在操作流程時更容易且更順暢。

「技術」構面下，「系統穩定性」在兩組活動流程中，皆為一項重要的考量要素，唯有連線穩定且不常故障的系統，才能增加使用者之使用信心；且穩定的系統在資料上傳或下載時，也較不易因為斷線而導致資料傳輸不完整或是發生錯誤。

「介面」構面下，專家普遍認為「導覽介面」較為重要，當使用者不熟悉數位學習系統之操作時，如系統能提供明確的指引，或是完整的輔助說明工具，將幫助使用者快速熟悉系統，並順利完成流程之操作。在測驗評分流程中，除了好的導覽介面外，「系統回饋」之重要性亦不可忽視，原因在於進行線上測驗評分時有一定的程序，若使用者在操作每一步驟時，系統能自動予以提示及說明，將降低操作整個流程時，發生錯誤之機會。

「功能」構面下，「使用者控制」是測驗評分流程必要的衡量要素。當使用者操作該活動流程時，如系統能提供安排課程進度及完善的教材或試卷編修管理的功能，將有利於線上測驗與評量之進行；而學習互動流程則強調「互動性」的重要，該流程中是以討論區為核心功能，強調使用者之間能夠擁有良好的互動，再搭配完善且多元的功能，如：布告欄、聊天室...等，讓進行討論之主題能迅速更新並即時獲得解答。

(二) 層級串聯與重要性排序

經由相對權重計算，各要素可得一相對模糊權重值，再透過層級串聯，可得到各子準則對該流程之絕對權重及重要性排序，如表 6 所示。

表 6 子準則相對權重值與重要性排序

測驗評分流程				學習互動流程			
子準則名稱	相對 權重	絕對 權重	排 序	子準則名稱	相對 權重	絕對 權重	排 序
C1.1 良好的連線品質	0.446	0.063	4	C1.1 良好的連線品質	0.472	0.059	6
C1.2 資料傳輸正確性	0.554	0.078	1	C1.2 資料傳輸正確性	0.528	0.066	4
C2.1 連結穩定性	0.428	0.074	2	C2.1 連結穩定性	0.408	0.060	5
C2.2 等候時間	0.285	0.049	11	C2.2 等候時間	0.307	0.045	16
C2.3 除錯能力與錯誤恢復程度	0.287	0.049	9	C2.3 除錯能力與錯誤恢復程度	0.284	0.042	17
C3.1 使用容易性	0.357	0.043	15	C3.1 使用容易性	0.390	0.056	9
C3.2 理解性	0.334	0.041	16	C3.2 理解性	0.332	0.048	14
C3.3 有效的導覽機制	0.310	0.038	18	C3.3 有效的導覽機制	0.277	0.040	18
C4.1 系統美觀性	0.438	0.038	17	C4.1 系統美觀性	0.408	0.046	15
C4.2 介面圖文編排	0.562	0.049	12	C4.2 介面圖文編排	0.592	0.067	3
C5.1 明確的指引與提示說明	0.506	0.061	5	C5.1 明確的指引與提示說明	0.526	0.056	10
C5.2 適度顯示系統訊息與回應	0.494	0.059	6	C5.2 適度顯示系統訊息與回應	0.474	0.050	12
C6.1 學習進度控管	0.507	0.050	8	C6.1 個人化介面設定	0.456	0.049	13
C6.2 學習歷程記錄	0.493	0.049	10	C6.2 討論主題追蹤	0.544	0.059	7
C7.1 提供課程搜尋	0.485	0.022	20	C7.1 討論輔助工具之完整性	0.471	0.051	11
C7.2 流程操作時的諮詢管道	0.515	0.023	19	C7.2 討論系統組織架構完善性	0.529	0.058	8
C8.1 評量方法之完整性	0.551	0.057	7	C8.1 方便性	0.519	0.076	1
C8.2 系統化的測驗評分組織架構	0.449	0.047	14	C8.2 即時性	0.481	0.070	2
C9.1 使用者控制與學習活動管理	0.426	0.047	13				
C9.2 管理與製作測驗及教材	0.574	0.063	3				

伍、結論與未來展望

數位學習的應用愈來愈廣泛，國內各大專院校大多已導入數位學習平台，作為輔助線上教學的資訊系統。本研究以數位學習系統中最頻繁操作的兩組活動流程，即「測驗評分」與「學習互動」，做為流程為評估標的。透過文獻彙整，遴選合適的評估要素，並分別建置兩組流程之評估層級架構。經由問卷調查收集與彙整專家回饋的意見，並應用 FAHP 法，取得各要素間的相對模糊權重以及對評估整組活動流程之重要性排序，進而了解一個好的數位學習系統，使用者須考量的要素為何。

透過層級串聯，本研究最終取得各子準則對評估層級架構之整體權重與重要性排序。由分析結果顯示，使用者在評估兩大數位學習流程之準則時，的確存在顯著的差異。在評估兩組活動流程時，無論是「技術」、「介面」與「功能」，各構面皆有其重要之要素需考量，足見提供技術純熟、介面美觀且功能完善之數位學習平台是使用者在操作數位學習活動流程時不可或缺的。

評估「測驗評分」流程中各子準則之重要性排序發現，「資料傳輸正確性」與「連結穩定性」在排名中分居第 1 與第 2 名。該流程是讓使用者可以透過數位學習系統，進行線上考試及評量，必須能讓使用者正確的上傳及下載試題或教材，且對於系統連線之要求，應具備更高的穩定度，讓使用者不至於因錯誤的流程操作，以及不明的斷線，導致使用者填答至一半須重寫，而錯過考試時間。而在功能上，「管理與製作測驗及教材」在該流程之重要性中排名第 3，數位學習系統應備有完整的教材試題製作、編修及管理工具，供教師進行線上測驗時更多的選擇性。

評估「學習互動」流程中各子準則之重要性排序發現，「方便性」、「即時性」與「介面圖文編排」為該流程排名之前三名。在使用討論區進行學習互動時，系統應提供更方便即時交流知識且能夠快速更新主題內容的平台，在功能及介面圖文編排上，也應符合使用者之使用習慣，並讓使用者一目瞭然，操作起來更為順手。

比較兩組活動流程重要性排序之差異，「介面圖文編排」在兩組流程排名中，各據第 12 與第 3 名，差異性最大。由於學習互動流程在功能及操作上較為多元，且強調即時性的互動，因此系統在文字或圖片的排版上，若能更符合使用習慣，讓使用者能快速找到欲使用的功能或選項，便可增加在操作上之流暢度。而測驗評分流程因操作步驟較為制式化，在介面的圖文編排上，相對沒有這麼重要；而「明確的指引與提示說明」與「適度顯示系統訊息與回應」，在兩組流程的排名中亦有顯著之差異。因在進行線上測驗評分時有一定的步驟，透過適度的系統訊息提示，可引導使用者順利完成流程的操作。反之，利用討論區進行教學互動時，其功能較為複雜且多元化，因此在操作上，使用者可恣意使用，較不受流程步驟的限制；另外，「除錯能力與錯誤恢復程度」，在兩組流程排名中也有極大的差異。在測驗評分流程中，無論是線上測驗或是上傳作業皆有時間上的限制，操作時更不容出錯，因此系統發生錯誤時恢復及除錯的速度相當重要。而學習互動流程的操作較隨心所欲，較沒有時間的限制，因此，系統除錯與恢復能力相對沒這麼重要。

目前，本研究的研究標的，並不包括：政府單位、企業組織以及國中小學所使用的數位學習系統。而本研究所建置之評估層級架構及研究結果，最終可驗證在其他數位學習系統或網站上，例如：對使用者而言，研究結果可當作衡量及比較系統優劣之依據，並選擇適合自己使用之數位學習環境；對系統建置者而言，在開發系統時，亦可參照本研究結果來設計適合學習者使用之數位學習系統或網站。為使分析結果更為可靠，後續研究可再加入資料探勘中之關聯法則分析法，結合模糊語意之轉換，嘗試找出各要素間之關聯規則及相互影響程度，以利數位學習平台建置者與使用者在開發或使用數位學習系統時，做為參考之依據。

參考文獻

1. 涂佩儀，2006 年，建構線上學習系統之互動學習模式，朝陽科技大學企業管理系碩士班碩士論文。
2. 詹慧純，2002 年，結構化校園學習系統平台模式建構—以知識管理為基，南華大學資訊管理學系碩士班碩士論文。

3. 鄧振源、曾國雄，1989 年，『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：5~22 頁。
4. 謝翠如，2006 年，數位學習課程評估模式，國立中興大學資訊科學系所碩士論文。
5. Alonso, G., Hagen, C., Agrawal, D., El Abbadi, A., & Mohan, C., “Enhancing the Fault Tolerance of Workflow Management System,” *IEEE Concurrency* (8:3), 2000, pp.74-81.
6. Buckley, J. J., “Fuzzy Hierarchical Analysis,” *Fuzzy Sets & Systems* (17:3), 1985, pp.233-247.
7. Davenport, T. H., & Short, J. E., “The New Industrial Engineering Information Technology and Business Process Redesign,” *Sloan Management Review* (31:4), 1990, pp.11-27.
8. Davenport, T. H., “Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology,” *Harvard Business School Press*, 1993.
9. Hwang, G. J., Huang, T. C. K., & Tseng, J. C. R., “A Group-Decision Approach for Evaluating Educational Web Sites,” *Computers and Education* (42:1), 2004, pp.65-86.
10. Keeney, R., & Raiffa, H., “Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs,” *Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge*, 1993.
11. MacCrimmon, K. R., “Improving the System Design and Evaluation Process by the Use of Trade-Off Information: An Application to Northeast Corridor Transportation Planning,” *Published by RAND Corporation*, 1969.
12. Mahdavi, I., Fazlollahtabar, H., Heidarzade, A., Mahdavi-Amiri N., & Rooshan, Y. I., “A Heuristic Methodology for Multi-Criteria Evaluation of Web-Based E-Learning Systems Based on User Satisfaction,” *Journal of Applied Sciences* (8:24), 2008, pp.4603-4609.
13. Ozkan, S., & Koseler, R., “Multi-dimensional students’ evaluation of e-learning systems in the higher education context: An empirical investigation,” *Computers & Education* (53:4), 2009, pp.1285-1296.
14. Parikh, M., & Verma, S., “Utilizing Internet Technologies to Support Learning: an empirical analysis,” *International Journal of Information Management* (22:1), 2002, pp.27-46.
15. Saaty, T. L., “Analytic Hierarchy Process,” *Encyclopedia of Biostatistics*, Published by John Wiley & Sons, Inc., 1980.
16. Saaty, T. L., “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process,” *European Journal of Operational Research* (48:1), 1990, pp.9-26.
17. Shee, D. Y., & Wang, Y. S., “Multi-Criteria Evaluation of the Web-Based e-Learning System: A Methodology Based on Learner Satisfaction and its Applications,” *Computer & Education* (50:3), 2008, pp.894-905.
18. Tzeng, G. H., Chiang, C. H., & Li, C. W., “Evaluating Intertwined Effects in e-Learning Programs-A Novel Hybrid MCDM Model Based on Factor Analysis and DEMATEL,” *Expert Systems with Applications* (32:4), 2007, pp.1028-1044.

致謝

作者由衷感謝國家科學委員會計畫(NSC 100-2410-H-027-002-MY3)對於本論文研究的經費支援。

Applying Fuzzy AHP to Establish e-Learning Platform Process Evaluation Criteria

Chen-Shu Wang

Graduate Institute of Information and Logistics Management,
National Taipei University of Technology
wangcs@ntut.edu.tw

Shiang-Lin Lin

Graduate Institute of Information and Logistics Management,
National Taipei University of Technology
t9938015@ntut.edu.tw

Abstract

With the rapid development of technology and the Internet is becoming universal, many courseware has been transformed into a digital materials, resulting in the vigorous development of e-Learning platform. The e-Learning platform contains many activity processes, but also the function of each process is very different. Therefore, it requires different evaluation criteria for different e-learning processes. In this study, the fuzzy Analytic Hierarchy Process method is used to evaluate the process of "practice score" and "Interactive learning", then build a Hierarchical structure of evaluation. Three evaluation dimensions are obtained from the literature review, the 9 criteria and 20 sub-criteria are selected for the "test score" process; and 8 criteria and 18 sub-criteria are also selected for the "interactive learning" process. In this research, to visit 30 teachers for interviews with experts in Taiwan during two months, all respondents compare the various criteria for these two learning processes. Further, get the various elements of the fuzzy relative weights and the sequence of importance from the results of all respondents. Analysis showed that do exist significant differences in the criteria for evaluation of these two learning processes. Point to the "test score" process, the users generally considered the most important two criteria are data correctness and the stability of data link. For the "interactive learning" process, users are most concerned about whether the platform can provide real-time exchange of knowledge and can quickly update the subject matter with interactive platform. The results could be a reference for further development of e-Learning system, and can be used as the basis of the e-Learning process management.

Keywords: e-Learning, Process management, Multiple-criteria decision-making(MCDM), Fuzzy AHP