

以層級分析法探討CNC線上學習課程平台之設計因素

Using AHP to investigate the factors affecting the design of online CNC learning platforms

余銘忠¹

國立高雄應用科技大學 企業管理系 副教授

yminchun@cc.kuas.edu.tw

許瓊伊²

國立高雄應用科技大學 企業管理系碩士在職專班 研究生

joycehsu666@gmail.com

摘要

線上學習之特性為學習者必須主動參與學習以建構知識。因此，線上學習課程之規劃與設計，其主要目的為藉由電腦真實情境的模擬，及利用多媒體特性（如文字、圖像、聲音、影像、動畫等）來呈現多樣、豐富的課程內容，以吸引學習者注意，引起學習動機，進而協助學習之進行，並於學習進行中，維持其學習興致。目前職業學校與技專院校的數控工具機實習課程而言，普遍存在實際操作機具時必須多人分配資源與時間的問題，而數控工具機又是基礎知識與實作並重的一門課程，

本研究將藉由層級分析法（Analytical Hierarchy Process, AHP）應用於CNC課程線上學習平台設計因素項目層面，除定義相關學習平台設計因素項目的衡量構面之評估準則，並搭配問卷發放方式，藉由受訪者取得衡量構面之各項要素權重統計資料。本研究結果顯示CNC課程線上學習平台設計因素的四個評估構面中，技術平台的重要度最高、設計介面次高、評量功能第三、課程內容最低。在層級評估架構的十四個評估屬性中，課前模擬上機訓練為「課程內容」中最重要之評估屬性；使用者介面為「設計介面」中最重要之評估屬性；即時評量結果分析為「評量功能」中最重要之評估屬性；連線品質與資料傳輸正確為「技術平台」中最重要之評估屬性。並根據研究結果提出相關看法及建議，以供日後從事CNC課程線上學習平台規劃、設計、教學等相關人員之參考。

關鍵字：數位學習，CNC 虛擬工具機，系統設計開發，層級分析法。

Keywords: E-learning, Virtual CNC machine, System design and development, Analytic Hierarchy Process (AHP).

1. 緒論

1.1 研究背景與動機

人類智慧記錄逐漸以數位方式表達呈現，以網路方式出版、傳輸，學習資源的相貌改變至此，學習的方式也同樣逐漸從定點、定時的方式，改變為不定時、不定點，即所謂數位學習或彈性學習。此種學習方式不只影響教學活動之規畫與實施，並可能影響學習行為、改寫學習理論(吳美美, 2004)。數位學習的範圍包括一般民眾的終身學習、企業界對於數位學習的大量需求(Rosenberg, 2001)，高等教育也重視數位學習的發展，一方面確保學術競爭力，一方面拓展學生來源，確保經濟競爭力。數位學習受到廣泛重視，既是教育品質和國家競爭力的議題，亦是經濟產業議題，也是社會分配問題。

根據美國 Ambient Insight 研究機構於 2012 年所進行的「全球數位學習市場」調查報告顯示，數位學習內容教材、平台工具、學習服務之全球市場規模估計在 2013 年達到 412 億美元，至 2016 年將達 515 億美元，年複合成長率為 7.6%。台灣數位學習產業主要包含四大範疇：數位教材、平台／工具、學習服務以及學習硬體，其中學習硬體產值所占比例最大，占總產值 37.85%；占比第二大之範疇為學習服務，占總產值 37.18%，數位教材與平台／工具則各占總產值 19.13%和 5.85%。政府推動數位學習產業跨域躍升計畫，以期打造台灣學習產業鏈，鼓勵業者跨域合作，透過跨域模式帶動產業發展並增加就業機會，以數位學習產業的推動階段來看，從 92 到 96 年第一期國家計畫階段，主要為建立數位學習產業、佈健優質發展環境；從 97 至 101 年為第二期國家計畫的階段，主要為透過軟硬整合的策略，推動多元場域的應用，創造價值。數位學習產業發展的第三個階段更在於創新躍升，在於推動教與學的變革、打造整合的學習產業鏈、將國內成功的範例輸出海外，達到產值倍增，尤其是國際收入倍增的目標，國際的拓展將為此階段最重要的推動方向之一。

CNC 工具機是與很多產業都習習相關，舉凡從汽車、航太、半導體、光電、紡織機械零件乃至於藝術產品的加

工都用得到 CNC 工具機，但是工具機的價格非常高昂，一但操作不慎，輕者刀具毀損，重者傷及工具機的本體，更嚴重者會導致人員的傷亡，所以一般工具機的操作訓練成本非常高昂，而員工的教育訓練方式通常都以師徒制為主，仰賴資深員工對新進員工進行教學，搭配操作手冊、簡報、現場操作等方式為輔，此種方法不但耗費資深員工人力，教育訓練時間較長，因此將 CNC 工具機虛擬化並利用數位學習系統來輔助訓練就有其必要性。

目前職業學校與技專院校的數控工具機實習課程而言，普遍存在實際操作機具時必須多人分配資源與時間的問題，而數控工具機又是基礎知識與實作並重的一門課程，由 NC(Numerical Control)程式與加工概念的建立到實際上機操作之間容易有落差，導致上機實作的前置時間增加，例如材料與刀具的準備與選用、NC 程式除錯等，或是發生一些不可預期的情況，致使機器碰撞損壞；再者，數控機具價格昂貴，一般學校教學資源有限，學生與機器的比例懸殊，每位學生可分配的時間不多，以致學習效果相對降低。所以應用虛擬工具機作為數值控制機械實習課程之教學輔助工具，透過與虛擬場景的互動，輔助基礎知識的教授，使學生在實際上機前經過虛擬工具機的訓練，可減少機具碰撞耗損與危險發生的機率，使學習成效提升(王碩鴻, 2013)。

數位學習改變了傳統教學的方式，成為最有效率並受到重視的學習方式，但該如何去評量，且提升數位學習系統設計，以確保使用者的學習品質，提升使用者滿意度，成為重要的研究議題(柯友惠, 2007)。然而，如何選擇合適的數位學習系統平台，目前尚無一套完整的評估指標。本研究主要是針對台灣 CNC 虛擬工具機數位學習產業進行資料之蒐集，透過層級分析法，試圖將職業學校之 CNC 實習課程的數位學習系統平台應具備之內容與架構，建立一組加權評估指標，期使該課程之授課教師評選數位學習系統時的重要衡量之參考指標，並提供給數位學習系統開發商能檢視最符合需求的系統平台架構建議，進而縮短開發的時間與提升學習的品質。

1.2 研究目的

欲生存於知識經濟的時代，數位學習產業即是提升國家產業整體競爭力之重要關鍵。數位學習是必然的發展趨勢，而數位學習平台，無庸置疑的是普及數位化學習的最佳利器之一。如何提昇數位學習系統的品質，進而提昇利用數位學習系統所呈現之課程的品質，實為當務之急。數位學習的成效不盡人意，歸咎其原委，缺乏適當的教學設計與審慎的製作，應是主因。然而，根據使用者需要的不同，學習者需要的不同，數位學習平台的修正，可以是多角度、多方面的。所以本研究將針對職業學校之 CNC 實習課程，目前所遇到的問題，提出一個評估數位學習系統之關鍵設計因素，並期待完成下列之研究目的：

1. 綜整 CNC 虛擬工具機之不同的數位學習系統的類型評量標準後，藉以發展出適合職業學校之 CNC 實習課程的數位學習系統評量標準因素。
2. 期望利用層級分析法兩兩比對的特性，產生較符合職業學校之 CNC 實習課程的數位學習系統品質評估標準與架構。
3. 透過本研究所提之 CNC 實習課程的數位學習系統品質評估標準與架構，對現有 CNC 虛擬工具機之不同的數位學習系統類型進行實際的評比。

1.3 研究架構與流程

根據研究背景及相關文獻，彙整出本研究流程，如圖 1-6 所示：

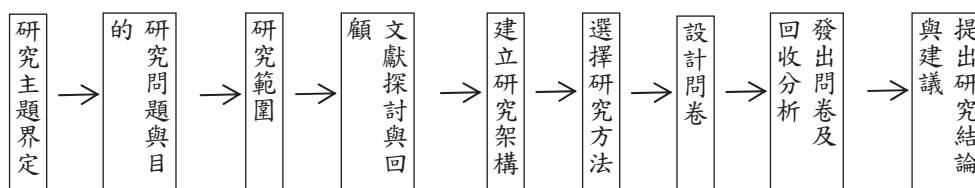


圖 1-6 研究架構與流程圖

2. 文獻探討

文獻回顧方面，以數位學習系統、數位化 NC 教學與層級分析法 AHP 三方面做蒐集，並於以下各節中討論國內外之研究情形，與探討職業學校 CNC 實習課程之數位學習系統關鍵設計因素，最為本研究之參考因素。後續將對於這些因素設計出專家問卷，給予專家做為評選及提供其他相關因素，以挑選出本研究職業學校 CNC 實習課程之數位學習系統關鍵設計因素評估準則。

2.1 數位學習系統

「數位學習」或 e-Learning，是發展中的概念，隨著不同的發展階段，也有不同的理解和詮釋。較早的解釋應為「電子學習」(electronic learning)、「電子媒體學習」(electronic media based learning)，或「技術導向學習」(technology-based learning)，指透過電腦和網路設備等電子媒介學習各種知識或技能。數位學習包含範圍廣泛，並有一套完整的應用和過程，例如網路導向學習、電腦導向學習、虛擬教室、數位合作等，透過網際網路、內外部區域/廣域網路、錄影、錄音帶、衛星廣播、互動電視、唯讀光碟等，獲取多樣的學習內容。這個階段以「資訊科技」技術面指導學習，學習的本質可能不被重視。也有稱為數位學習就是「線上學習」(online learning)、「網絡學習」(networked learning)或「遠距學習」(distance learning)。數位學習的特質是人人皆可學習且無所不在地學習，延伸、擴大個人學習領域，正是廣義的終身學習的概念，同時也提醒數位學習只是利用科技，還是需要回歸學習的本質，也就是關注學習本體。

為了解數位學習平臺的功能，以下參考 Edutech(2004)建議的各項學習平台評鑑準則，依學習者介面、教學內容、教學互動、學習評量，透過學習平台說明文件及實際操作系統，比較國內外幾種常用的學習平台，包括 Blackboard、Pageout、WebCT、智慧大師、及亞卓市。根據研究背景及相關文獻，彙整出本研究流程，如圖 1-6 所示：

表 2-1 學習者介面功能比較

	Blackboard	Pageout	WebCT	智慧大師	亞卓市
使用關鍵字檢索課程教材內容	可	否	可	否	否
階層目錄呈現課程教材與資源	可	可	可	可	可
使用框架架構	是	否	是	是	是
學習者上傳檔案	可	否	可	可	可
學習者個人筆記	可	否	可	可	可
Internet Explorer 瀏覽器瀏覽網頁	可	可	可	可	可
以其他瀏覽器如 Mozilla 進行瀏覽教學平台	可	可	可	否	可

表 2-2 教材功能比較

	Blackboard	Pageout	WebCT	智慧大師	亞卓市
課程內容交換	可	可	可	否	否
教材檔案管理	可	可	可	可	可
瀏覽多門課程	可	可	可	可	可
多國語言支援	可	可	可	否	否

表 2-3 教學互動功能比較

	Blackboard	Pageout	WebCT	智慧大師	亞卓市
課程內容交換	可	可	可	否	否
教材檔案管理	可	可	可	可	可
瀏覽多門課程	可	可	可	可	可
多國語言支援	可	可	可	否	否
學習者線上分組	可	否	可	可	可
小組互動討論區	可	否	可	可	可

表 2-4 學習評量功能比較

	Blackboard	Pageout	WebCT	智慧大師	亞卓市
線上測驗	可	可	可	可	否
學習者歷程紀錄	可	可	可	可	可

2.2 數位化NC 教學

電腦數值控制(Computer Numerical Control, CNC)機器的出現，解決了人為操作的不便，與加工誤差縮小且大量提高生產速度，但是技術人員的訓練問題依然存在，且人員素質的良窳仍然影響生產品質，數控機器的操作核心是數值控制程式，因此如何有效的縮短學習時程、增加教學成效，則是數值控制教學所不可忽視的。

隨著數位化學習概念的出現，CNC 教學也開始出現各種新的方式，例如虛擬訓練系統的開發，輔助 CNC 工具機的操作訓練，經由設計好的訓練劇本，可降低對於初學者在操作上的犯錯率；或經由虛擬加工動作可驗證 NC 程式並應用於教學上的虛擬五軸工具機(徐鵬盛, 2001)；而應用虛擬實境所開發的車床操作訓練環境也有相關之研究(張惠欽、李洲城, 2004)。而 CNC 遠距教學系統的開發(鄭新有, 2003)，彌補了因機器設備昂貴造成教學資源不足的缺點；上網搜尋亦可發現商業化經營的 CNC 數位課程服務(昱網科技, 2000)，顯示出數控工具教學的數位化趨勢。

2.3 層級分析法AHP

層級分析法 (Analytical Hierarchy Process; AHP) 為學者Saaty 於1971年發展出的決策方法，主要運用在具有數個評估準則和不確定 (Uncertainty) 情況下的決策問題。對決策者而言，階層結構有助於對事物的了解，且在面臨「選擇適當方案」時，必須根據某些基準進行各項替代方案的評估，以決定各替代方案的優先順位 (Priority)，以找出適當的方案。AHP 法基本上將複雜且非結構的情況分割成數個組成成分，安排這些成分或變數為階層次序，將每個變數的相關重要性利用主觀判斷給予數值；綜合這些判斷來決定哪一個變數有最高優先權。而問題的每個變數必須給予一個數值，以幫助決策者思考而得到結論。

一、層級分析法的假設

鄧振源與曾國雄(1989)指出AHP 法之發展目的，是將複雜的問題加以系統化，同時將問題做層級分解，透過量化的判斷，覓得脈絡後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當方案的充分資訊，同時減少決策錯誤的風險。進行AHP 法時要有以下的基本假設：

- (一) 可將系統拆解成許多種類或成分，形成網路式層級結構。
- (二) 層級結構中的每一層級要素均假設具獨立性。
- (三) 可利用上一層級內某些或所有要素，來評估每一層級內的要素。
- (四) 必需使用比例尺度以進行比較評估。
- (五) 成對比較之後，可使用正倒值矩陣來處理。
- (六) 偏好關係滿足遞移性，優劣關係和強度關係必須同時滿足遞移性。
- (七) 由於不易完全具遞移性，故容許不具遞移性的情況，但需測試其一致性程度。
- (八) 透過加權法則可求得要素的優先程度。
- (九) 任何要素皆被認為與整個評估結構有關，不論其優先程度大小。

二、層級分析法的使用範圍

Saaty 依照經驗指出，AHP 法可運用於下列多種類型之問題：

- (一)評定優先順序 (Setting Priorities)
- (二)替代方案的產生 (Generating Set of Alternatives)
- (三)評選最佳方案 (Choosing a Best Policy Alternatives)
- (四)決定需求條件 (Determining Requirements)
- (五)分配資源 (Allocating Resources)
- (六)結果預測—風險評估 (Predicting Outcomes—Risk Assessment)
- (七)衡量績效 (Measuring Performance)
- (八)設計系統 (Designing a System)
- (九)確保系統穩定性 (Ensuring System Stability)
- (十)最適化 (Optimizing)
- (十一)規劃 (Planning)
- (十二)衝突解決 (Conflict Resolution)

三、層級分析法的評量尺度劃分

Saaty 建議將評量尺度劃分為九級，評估是針對同一層級內，各因素間的兩兩比較，即以成對比較的方式，來評估要素間的相對重要性。其基本尺度劃分為五項，即同等重要、稍重要、重要、很重要及絕對重要，並賦予名目尺度1、3、5、7、9 的衡量值；並在兩尺度間賦予2、4、6、8 的中間值，如表2-5 所示。而AHP 法在處理評估得點時，則採取比例尺度來評估。

表 2-5 : AHP 評估尺度意義及說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 Equal Importance	兩相比較方案的貢獻度具同等重要性 ● 等強 (Equally)
2	評估尺度 1 與 3 之中間值	
3	稍微重要 Weak Importance	經驗與判斷稍微傾向喜好某一方案 ● 稍強 (Moderately)
4	評估尺度 3 與 5 之中間值	
5	重要 Essential Importance	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案 ● 頗強 (Strongly)
6	評估尺度 5 與 7 之中間值	
7	很重要 Very Strong importance	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案 ● 極強 (Very Strong)
8	評估尺度 7 與 9 之中間值	
9	絕對重要 Absolute Importance	有足夠證據肯定絕對喜好某一方案 ● 絕強 (Extremely)

方程式應於上下各留一行空白，方程式應編號，編號靠右對齊並從(1)開始。如下例：

$$Max \quad TE_k = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \quad (1)$$

3. 研究方法

3.1 專家訪談

本研究預計訪談對象為在高職學校從事CNC實習課程教師與金屬製品CNC加工製造業之企業擔任CNC教育訓練師。

3.2 研究架構

本研究經由文獻，整理職業學校CNC實習課程之數位學習系統所考量的關鍵設計因素，並以層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 來建立架構。圖3-1研究架構流程。

3.3 層級分析法 (AHP) 應用步驟

層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 係將關決策的各個要素，以階層構造加以掌握，運用名義尺度做成要素間的成對比較，將原本無法計量的人類感覺、偏好加以量化後，繼而建立成對比較矩陣，求取特徵向量以代表要素的優先順序 (吳政達，民88)。具有結構性、複雜尺度、理性成對比較、運用加權平均值整合不同決策者意見等特性 (馮正民、李穗玲，民89)。自Saaty 於1971年提出以來，並於1980年首度出書介紹AHP理論，復於1986修訂該書。至此，AHP理論已趨成熟，並在決策分析實務上，受到分析者之廣泛應用11 (翁興利，民84)。

一、應用步驟

1. 問題描述

在進行層級分析法之前，應先就問題與問題所處系統作清楚詳細的瞭解，可依據相關研究、理論、經驗或透過群體腦力激盪等方式，將問題、目標與影響因素界定清楚。

2. 建立層級結構

階層是系統結構化的骨架，可清楚描述整個系統的結構面與功能面，階層的多寡則視問題的複雜程度而定，Saaty (1990) 提出幾個建立層級結構的原則：

- (1) 最高層級代表評估的最終目標。
- (2) 盡量將重要性相近的要素放在同一層級。
- (3) 層級內的要素不要超過七個。
- (4) 層級內的各要素，力求具備獨立性。

3. AHP 問卷設計與調查

為了得知要素的相對重要性，必須將要素兩兩配對比較，Saaty 建議採用九等的評比尺度，根據表3-1 的量尺，可設計成對比較問卷，如表3-2 所示，當有n個準則時，必須進行 $n(n-1)/2$ 次成對比較。

4. 建立成對比較正倒值矩陣

依據兩兩比較結果建立成對比較正倒值矩陣 I_2 ， a_{ij} 為i 要素與j 要素比較的數值，主對角線為要素自身比較，故數值為1，問卷比較結果形成矩陣中對角線左上角的數值，對角線左下角的數值恰為右上角數值的倒數，即 $a_{ji} = 1/a_{ij}$ 。當委託團體進行兩兩成對評比時，以全體之幾何平均數作為代表值。成對比較矩陣A 如下所示：

5. 計算特徵向量與特徵值 (λ_{max})

本步驟的目的在於得出各要素間之相對權重，可運用數值分析的特徵值 (Eigen-value) 解法，求得比較矩陣之最大特徵值與對應之特徵向量。

表3-3 AHP 問卷數值與矩陣數值對照表

問卷	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9
矩陣	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9

6. 一致性檢定

根據AHP 理論假設，成對比較應滿足偏好關係與強度關係的遞移性，然而，實際評估時，卻很難完全滿足該項假設。因此，Saaty 認為必須就成對評比進行「一致性檢定」，包含兩個步驟：

(1) 計算一致性指數 (Consistency Index, C. I.)

$$C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$$

(2) 計算一致性比率 (Consistency Ratio, C. R.)

$$C.R. = C.I. / R.I.$$

其中，R. I. (Random Index) 稱為隨機指數，是隨機產生之矩陣的一致性指數，R. I. 值與矩陣階數有關，可依據矩陣階數查出對應之R. I. 值。

表3-4 隨機指數值

階數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R. I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.41	1.49

資料來源：Saaty (1990). Decision Making For Leaders. P. 84.

Saaty 認為當C. R. 值趨近於1，表示該次評比是隨機產生的；當C. R. 值愈趨近於0，則表示一致性愈高。原則上， $C.R. \leq 0.1$ 是可接受的範圍；若 $C.R. > 0.1$ ，則表示該評比結果是不一致的，需要重新評比。

7. 整體層級的權重計算與一致性檢定

各層級要素間的權重計算得出後，再進行整體層級的權重計算與一致性檢定。

4. 研究結果分析

本章依據第三章之研究方法與架構進行研究分析，初步透過相關文獻探討研擬職業學校CNC實習課程之數位學習系統關鍵設計因素之評估準則，再經由專家訪談與問卷的方式，以確認職業學校CNC實習課程之數位學習系統關鍵設計因素評估項目及層級架構。利用AHP計算權重，以確立層級項目的一致性。分別於第一節中敘述職業學校CNC實習課程之數位學習系統關鍵設計因素評估項目內容分析及第二節與第三節中進行關鍵設計因素評估項目及層級架構與權重計算，第四節再針對權重的結果作探討。

4.1 數位學習系統關鍵設計因素評估項目內容分析

經由相關文獻探討，研擬職業學校CNC實習課程之數位學習系統所考量的關鍵設計因素，可歸納為「課程內容」、「評量功能」、「設計介面」、「技術平台」四大構面及十三項評估準則，做為本研究之專家訪談與問卷之參考。茲將各項評估準則說明如下：

一、教材的專業性：課程內容符合教育部公佈之工業業學校機械群專業科目數值控制機械實習課程標準，並充分運用圖片、聲音、影像及多媒體動畫等媒體，使教材的呈現多元且豐富。

二、教學資源：提供最新加工新知：如多軸切削、自動化製程、特殊材質切削參數、新型控制器指令功能介紹…等。

三、課前模擬上機訓練：初學者於實際操作CNC機台時，可結合線上單元CNC設備模擬上機實習課程，降低設備發生故障與碰撞機率，提昇實體教室之實習課程品質。

四、課程測驗：教師可事先藉由考試題庫之設定，便於利重複利用於不同的測驗中。對於每次的測驗均可事先設定作答時間，是否重複作答，以及是否在填答完成後給予作答者正確答案與解釋。且問題與答案均可設定隨機出現，減少舞弊情形之發生。

五、學習狀況數據統計：平台提供教師可以針對各項教學活動，如學習者的修課參與度、討論區參與度、作業參與度與線上測驗成績等，在設定統計之比例權重後進行分析，讓教師可以更了解學習者的學習狀況，並給予適當的回饋。

六、即時評量結果分析：測驗結束後，查詢自己的該測驗單元之考試成績，另外教師除了可以查詢該測驗單元全部參加測驗學生的各別、總成績之外，測驗系統也會將該班成績平均與標準差算出，與各題學生作答的分佈情形與統計圖，評估題目難易度，方便教師瞭解學生整體的測驗填答情形。

七、聊天室介面：教師可決定是否開啟聊天室之模組，供課程內的學習者彼此討論課程內容或課程心得分享。聊天室內不支援圖片或檔案分享之功能，欲進行檔案分享的話則需由教師另行開啟檔案分享之模組。

八、導覽介面與視覺滿意度：操作該流程時在介面呈現上容易上手，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。

九、使用者介面：平台會為每位使用者建立個人專屬之內容，如個人學習紀錄、個人檔案、個人學習網頁維護等。個人檔案之內容則可由使用者設定欲呈現之內容；個人網頁之內容可由使用者自行維護與決定欲開放之功能模組(自我介紹、留言板、學習紀錄、學習感想等)。

十、易用且除錯與恢復程度佳：學習平台的操作介面簡單、容易使用，系統效能穩定，系統發生錯誤時能快速復原或排除錯誤。

十一、連結穩定性與等候時間：系統連結穩定，不會經常斷線及需要維修，及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。

十二、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。

十三、資料傳輸正確性：資料內容上傳正確無誤。

經由文獻探討並整理之構面與評估準則用以設計出問卷，然後再請專家幫助，從中挑選出適宜的評估準則，並考量其它可能之狀況，調整並修正評估準則。表4-1為問卷初步歸納的評估準則及其內涵，提供專家參考。

表4-1 CNC實習課程數位學習系統關鍵設計因素之評估屬性及其定義

構面	評估屬性名稱	評估屬性之定義
課程內容	教材的專業性	課程內容符合教育部公佈之工業業學校機械群專業科目數值控制機械實習課程標準，並充分運用圖片、聲音、影像及多媒體動畫等媒體，使教材的呈現多元且豐富。
	教學資源	提供最新加工新知：如多軸切削、自動化製程、特殊材質切削參數、新型控制器指令功能介紹…等。
	課前模擬上機訓練	初學者於實際操作 CNC 機台時，可結合線上單元 CNC 設備模擬上機實習課程，降低設備發生故障與碰撞機率，提昇實體教室之實習課程品質。
評量功能	課程測驗	教師可事先藉由考試題庫之設定，便於利重複利用於不同的測驗中。對於每次的測驗均可事先設定作答時間，是否重複作答，以及是否在填答完成後給予作答者正確答案與解釋。且問題與答案均可設定隨機出現，減少舞弊情形之發生。
	學習狀況數據統計	平台提供教師可以針對各項教學活動，如學習者的修課參與度、討論區參與度、作業參與度與線上測驗成績等，在設定統計之比例權重後進行分析，讓教師可以更了解學習者的學習狀況，並給予適當的回饋。
	即時評量結果分析	測驗結束後，查詢自己的該測驗單元之考試成績，另外教師除了可以查詢該測驗單元全部參加測驗學生的各別、總成績之外，測驗系統也會將該班成績平均與標準差算出，與各題學生作答的分佈情形與統計圖，評估題目難易度，方便教師瞭解學生整體的測驗填答情形。
設計介面	聊天室介面	教師可決定是否開啟聊天室之模組，供課程內的學習者彼此討論課程內容或課程心得分享。聊天室內不支援圖片或檔案分享之功能，欲進行檔案分享的話則需由教師另行開啟檔案分享之模組。
	導覽介面與視覺滿意度	操作該流程時在介面呈現上容易上手，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。
	使用者介面	平台會為每位使用者建立個人專屬之內容，如個人學習紀錄、個人檔案、個人學習網頁維護等。個人檔案之內容則可由使用者設定欲呈現之內容；個人網頁之內容可由使用者自行維護與決定欲開放之功能模組(自我介紹、留言板、學習紀錄、學習感想等)。
技術平台	易用且除錯與恢復程度佳	學習平台的操作介面簡單、容易使用，系統效能穩定，系統發生錯誤時能快速復原或排除錯誤
	連結穩定性與等候時間	系統連結穩定，不會經常斷線及需要維修，及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。
	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。
	資料傳輸正確性	資料內容上傳正確無誤。

4.2 確認數位學習系統關鍵設計因素評估項目及層級架構

一、 CNC實習課程數位學習系統關鍵設計因素評估項目選定

為了能夠選出重要且適合的CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估項目，將文獻所收集到有關數位學習系統關鍵設計的重要項目，透過專家訪談及問卷調查的方式，增列重要或刪除不重要的衡量構面，降低問卷設計上的錯誤，並提升問卷內容的效度，以做為第二階段建立層級架構問卷的設定項目。

因此本研究為提高初期問卷內容的效度，運用以下幾項方法擬定問卷：

1. 從文獻中收集相關重要的CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估項目，經由專家訪談建議確立評估屬性。

2. 透過專家訪談及問卷受測資料整合的方式，選定出最適當的評估項目。

二、 受測對象的基本資料分析

第一階段問卷受測者分佈為男性83%，女性17%，學歷分佈狀況為：碩士25%、大學75%，年資分佈狀況為：5~10年25%、11~20年33.3%、20年以上41.7%，上述受測對象皆為多年從事CNC實習課程之授課教師，對本研究的議題都具有深度的認知與豐富的專業，足以認定為本研究的專家。

三、 問卷回收狀況

本研究問卷設計屬專家問卷，內容是針對CNC實習課程數位學習系統關鍵設計的專業，故針對從事CNC實習課程之授課教師共發放12份問卷，回收共12份，回收率100%，有效問卷12份，有效問卷為100%。

四、 CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估項目確認

透過專家訪談及問卷方式，以非常重要、重要、尚可、不重要、非常不重要等五尺量表評量，分別以5分、4

分、3分、2分、1分的得分方式，做數位學習系統之關鍵設計因素評估的重要項目選定。各項得分於40(含)分以上，即屬於重要的評估項目並納入層級架構中，40分以下，則屬於不重要的項目，則予以刪除不列入層級架構中。經由CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估項目問卷結果，經過12位專家的問卷調查，在課程內容的三項評估屬性得分均超出40分以上，以課前模擬上機訓練最高；在評量功能的三項評估屬性的得分均超出40分，以即時評量結果分析最高；在設計介面的三項評估屬性的得分均超出40分，以使用者介面最高；在技術平台的四項評估屬性的得分均超出40分，以連結穩定性與等候時間最高。經由專家問卷顯示，專家對於課前模擬上機訓練、即時評量結果分析、使用者介面及連結穩定性與等候時間有高度重視。綜合以上CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估項目的確認及統計結果，各評估屬性均列入衡量架構中。

此外，部份專家提出「良好的連線品質」、「資料傳輸正確性」兩項評估屬性之定義有相似之處，建議簡化以「連線品質與資料傳輸正確」為評估項目即可，另專家亦提出「線上模擬與碰撞警示」及「建立教師學習社群」兩項準則，在CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估上屬於重要準則，應增加該兩項評估因素。第二階段問卷內容的設計，將技術平台中之「良好的連線品質」、「資料傳輸正確性」兩項評估屬性整併為一項「連線品質與資料傳輸正確」，另外增加「線上模擬與碰撞警示」及「建立教師學習社群」兩項評估屬性，修改後之層級架構如圖4-1。

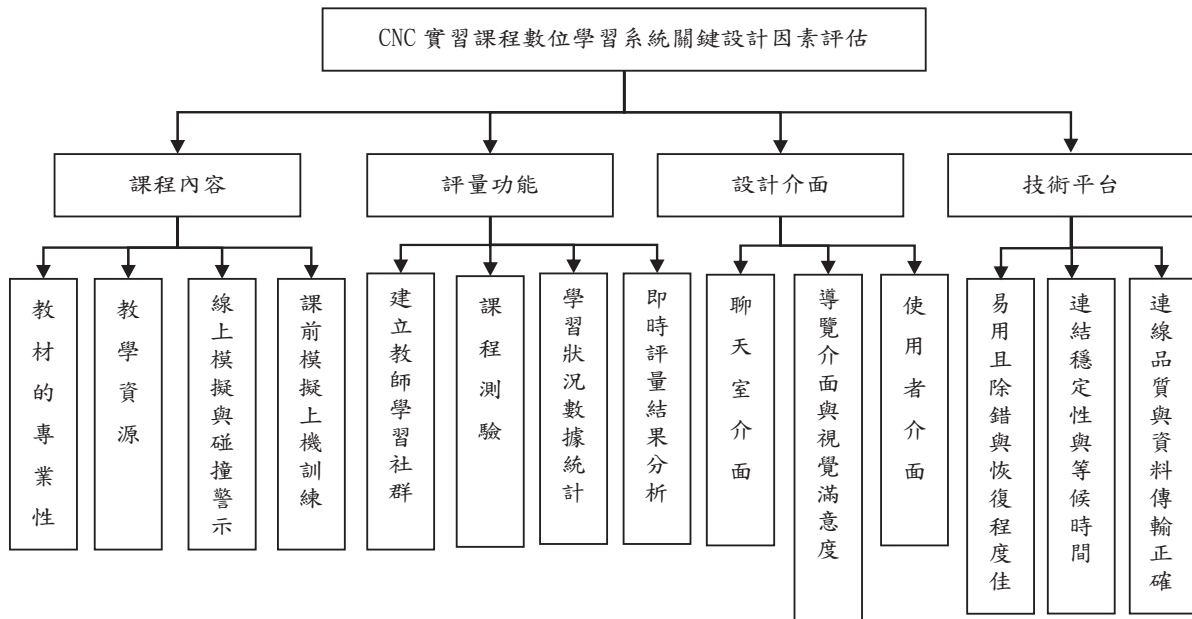


圖 4-1 系統關鍵設計因素評估架構圖

4.3 應用AHP計算權重

透過第一階段的專家問卷調查統計，將有關於CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估項目，衡量後重要項目建立本研究之關鍵設計因素衡量架構，設計一份層級的結構問卷，進行第二階段的專家問卷，並運用AHP計算出各項的權重，以期望提供CNC實習課程數位學習系統評估的參考。

本研究針對CNC課程領域具有豐富經驗及專業認知的專家，共發出12份專家問卷，回收12份，回收率100%。經初步的內容完整性進行篩選，確認是否有填寫不完全或字意不清者，則予以刪除，有效問卷仍維持12份，有效問卷回收率100%。

一、受測專家的基本資料分析

第二階段問卷受測者與第一階段受測人員不盡相同，包含在高職學校從事CNC實習課程教師與金屬製品CNC加工製造業之企業擔任CNC教育訓練師等，希望透過不同單位以及不同立場的專家意見，提供此研究有更深廣及不同面向的數位學習系統之關鍵設計因素評估。

其受測者性別分佈為男性75%，女性25%，學歷分佈狀況為：研究所16.67%、大專83.33%，部門職務分佈狀況為：學校教師66.67%、企業CNC訓練師33.33%，年資分佈狀況為：11~20年58.33%、20年以上41.67%，由受測的專家基本資料顯示，都具備相當的資歷與相關的工作經驗，符合具備回答相關問題的資格。

二、權重計算

本研究採用PowerChoice及Excel的套裝軟體，作為問卷的工具與分析，並運用AHP的步驟計算各層級的衡量項目之最大特徵值與權重，並進行一致性的檢定。將所有的有效問卷，所計算出來的各項衡量項目的權重，進行幾何平均算數，以求得層級項目之相對權重。CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素各構面與評估屬性之權重，其結果分析如下：

1. 第二層級數位學習系統之關鍵設計因素構面衡量分析

第二層級中的數位學習系統之關鍵設計因素構面可分為課程內容、評量功能、設計介面及技術平台等四項評估，依據此四項構面兩兩成對比較，並將十二份專家問卷資料以成對比較矩陣之幾何平均數整合及相對權重分析結

果，整理如表4-2所示。

表4-2數位學習系統之關鍵設計因素構面相對權重及重要性順序

構面	相對權重	重要性順序
課程內容	0.12053	4
評量功能	0.16769	3
設計介面	0.26983	2
技術平台	0.44195	1
$\lambda_{max} = 4.0244, C.I. = 0.0081, C.R. = 0.0090$		

由表4-2得知四個衡量構面的權重分別為，課程內容0.12053、評量功能0.16769、設計介面0.26983及技術平台0.44195，由此四項權重結果可得知，專家們認為技術平台的重要度最高、設計介面次高、評量功能第三、課程內容最低，一致性方面C.I.為0.0081，C.R.為0.0090，皆小於0.1，表示一致性佳。

2. 第三層級課程內容衡量分析

課程內容涵蓋四項衡量項目，其細項及相對權重的計算結果分別為，教材的專業性0.15213，教學資源0.20629，線上模擬與碰撞警示0.2801，課前模擬上機訓練0.36148等，一致性方面C.I.為0.0173，C.R.為0.0192皆小於0.1，表示一致性佳。經由專家的問卷統計結果可得知，在課程內容當中教材的專業性、教學資源、線上模擬與碰撞警示、課前模擬上機訓練等四項權重均高於0.15以上，其中以課前模擬上機訓練之權重最高，教材的專業性之權重最低。其相對的權重及重要度順序如表4-3所示。

由課程內容評估屬性衡量權重結果了解，專家們認為課前模擬上機訓練的重要程度最高，所以評估CNC實習課程之數位學習系統之模擬上機訓練功能時，須多花較多時間了解其功能設定。

表4-3 課程內容評估屬性相對權重及重要性順序

評估屬性	相對權重	重要性順序
教材的專業性	0.15213	4
教學資源	0.20629	3
線上模擬與碰撞警示	0.2801	2
課前模擬上機訓練	0.36148	1
$\lambda_{max} = 4.0518, C.I. = 0.0173, C.R. = 0.0192$		

3. 第三層級評量功能衡量分析

評量功能涵蓋四項衡量項目，其細項及相對權重的計算結果分別為，建立教師學習社群0.11066，課程測驗0.18263，學習狀況數據統計0.26711，即時評量結果分析0.43961等，一致性方面C.I.為0.0052，C.R.為0.0058皆小於0.1，表示一致性佳。經由專家的問卷統計結果可得知，在評量功能當中建立教師學習社群、課程測驗、學習狀況數據統計、即時評量結果分析等四項權重均高於0.11以上，其中以即時評量結果分析之權重最高，建立教師學習社群之權重最低。其相對的權重及重要度順序如表4-4所示。

由評量功能評估屬性衡量權重結果可了解，專家認為即時評量結果分析最重要，正確地評估學習成效，除了讓使用者知道自己的學習狀況外，測驗系統也應將該班成績平均與標準差算出，與各題學生作答的分佈情形與統計圖，評估題目難易度，方便教師瞭解學生整體的測驗填答情形。專家認為次要為學習狀況數據統計，第三重要為課程測驗，而建立教師學習社群重視程度最低。

表4-4 評量功能評估屬性相對權重及重要性順序

評估屬性	相對權重	重要性順序
建立教師學習社群	0.11066	4
課程測驗	0.18263	3
學習狀況數據統計	0.26711	2
即時評量結果分析	0.43961	1
$\lambda_{max} = 4.0157, C.I. = 0.0052, C.R. = 0.0058$		

4. 第三層級設計介面衡量分析

設計介面涵蓋三項衡量項目，其細項及相對權重的計算結果分別為，聊天室介面0.18691，導覽介面與視覺滿意度0.3265，使用者介面0.48659等，一致性方面C.I.為0.0169，C.R.為0.0291皆小於0.1，表示一致性佳。經由專家的問卷統計結果可得知，在設計介面當中，聊天室介面、導覽介面與視覺滿意度、使用者介面等三項權重均高於0.18以上，其中以使用者介面之權重最高，聊天室介面之權重最低。其相對的權重及重要度順序如表4-5所示。

由設計介面評估屬性衡量權重結果可了解，專家認為使用者介面最重要，使用者介面是指平台會為每位使用者建立個人專屬之內容，如個人學習紀錄、個人檔案、個人學習網頁維護等，使用者介面往往影響到操作的便利性。專家認為導覽介面與視覺滿意度為第二重要，而聊天室介面則是專家較不重視的。

表4-5 設計介面評估屬性相對權重及重要性順序

評估屬性	相對權重	重要性順序
------	------	-------

聊天室介面	0.18691	3
導覽介面與視覺滿意度	0.3265	2
使用者介面	0.48659	1
$\lambda_{max} = 3.0337, C.I. = 0.0169, C.R. = 0.0291$		

5. 第三層級技術平台衡量分析

技術平台涵蓋三項衡量項目，其細項及相對權重的計算結果分別為，易用且除錯與恢復程度佳0.1941，連結穩定性與等候時間0.34114，連線品質與資料傳輸正確0.46476等，一致性方面C.I.為0.0074，C.R.為0.0128皆小於0.1，表示一致性佳。經由專家的問卷統計結果可得知，在技術平台當中易用且除錯與恢復程度佳、連結穩定性與等候時間、連線品質與資料傳輸正確等三項權重均高於0.19以上，其中以連線品質與資料傳輸正確之權重最高，易用且除錯與恢復程度佳之權重最低。其相對的權重及重要度順序如表4-6所示。

由技術平台評估屬性衡量權重結果可了解，專家認為連線品質與資料傳輸正確最重要，連線品質與資料傳輸正確是數位學習系統最重要、也是最根本的要求，專家表示如果使用一個系統它很不穩定，有了一次的不好經驗，就再也不想繼續使用了。專家次重視的為連結穩定性與等候時間，排序第三為易用且除錯與恢復程度佳，因為通常使用者在傳輸資料時，若發生有傳輸動作突然中斷的情形，通常是使用者端自己的網路連線出現異常，所以家專對易用且除錯與恢復程度佳較不重視。

表4-6 技術平台評估屬性相對權重及重要性順序

評估屬性	相對權重	重要性順序
易用且除錯與恢復程度佳	0.1941	3
連結穩定性與等候時間	0.34114	2
連線品質與資料傳輸正確	0.46476	1
$\lambda_{max} = 3.0148, C.I. = 0.0074, C.R. = 0.0128$		

4.4 權重結果分析與探討

一、權重結果總分析

本研究針對CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估屬性衡量項目，透過專家們的問卷統計，經過AHP權重的計算可求得各項評估屬性的相對權重，為了能進行全部衡量準則的權重比較，並能明確對各項CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素衡量準則的重要度有所評估與參考。本問卷透過第三階層的各项權重與第二階層的權重相乘，即可求得在所有的數位學習系統關鍵設計因素之評估屬性的重要度排序。如表4-7及圖4-2所示。

表4-7 數位學習系統之關鍵設計因素評估屬性相對權重及重要性順序

評估屬性	相對權重	重要性順序
連線品質與資料傳輸正確	0.205399	1
連結穩定性與等候時間	0.150765	2
使用者介面	0.131297	3
導覽介面與視覺滿意度	0.088101	4
易用且除錯與恢復程度佳	0.085784	5
即時評量結果分析	0.073717	6
聊天室介面	0.050435	7
學習狀況數據統計	0.044792	8
課前模擬上機訓練	0.043569	9
線上模擬與碰撞警示	0.03376	10
課程測驗	0.030625	11
教學資源	0.024864	12
建立教師學習社群	0.018556	13
教材的專業性	0.018336	14

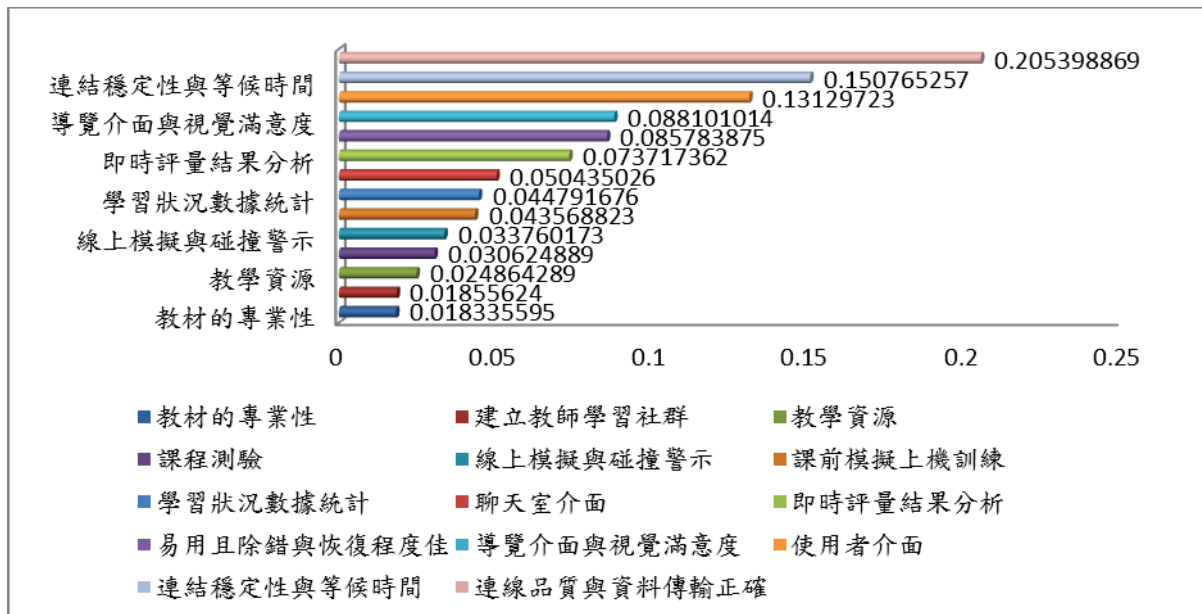


圖4-6數位學習系統之關鍵設計因素評估屬性相對權重及重要性

依據表4-7所衡量結果顯示，在本研究層級評估架構的十四個評估屬性中，連線品質與資料傳輸正確是CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素中最重要之評估屬性，其次是連結穩定性與等候時間與使用者介面，三者權重值合計達0.4875。所以CNC的授課教師在選擇最佳之數位學習系統時，首先必須確認數位學習系統的連線品質與資料傳輸是否正確，其次要注意系統連結穩定，不會經常斷線及需要維修，及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，再來使用者介面，較佳的使用者介面往往會提高使用者的操作便利性。在十四個評估屬性中，專家最不重視的三項評估屬性為教材的專業性、建立教師學習社群、課程測驗。

5. 結論與建議

依據研究目的及研究結果的分析，歸納整理出研究結論，提出本研究的結論與建議，並同時說明其中的意涵，期望在未來對CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素評估時可以提供參考意見，本研究探討CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素的過程中，透過文獻探討整理出對數位學習系統之關鍵設計因素具影響性的四個構面、13個評估屬性，經專家訪談後維持四個構面，評估屬性則增加為14個。利用層級分析法進行問卷調查及分析研究，藉此彙整出衡量數位學習系統架構及關鍵設計因素的重要指標，以及各項指標所佔之權重，希望透過本研究的結果，作為CNC授課教師對於選用數位學習系統的參考，及相關線上學習教材系統開發業者在未來設計功能上的重要依據。

本研究運用AHP法計算CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素權重衡量與其排序，研究其過程與結果歸納成以下幾點結論：

- 一、四個評估構面「課程內容」、「評量功能」、「設計介面」、「技術平台」中，技術平台權重>設計介面權重>評量功能權重>課程內容權重，「技術平台」是影響CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素最主要之要因。
- 二、所有評估屬性權重中，則以連線品質與資料傳輸正確>連結穩定性與等候時間>使用者介面>導覽介面與視覺滿意度>易用且除錯與恢復程度佳>即時評量結果分析>聊天室介面>學習狀況數據統計>課前模擬上機訓練>線上模擬與碰撞警示>課程測驗>教學資源>建立教師學習社群>教材的專業性。其中課前模擬上機訓練為「課程內容」中最重要之評估屬性，即時評量結果分析為「評量功能」中最重要之評估屬性。使用者介面為「設計介面」中最重要之評估屬性，連線品質與資料傳輸正確為「技術平台」中最重要之評估屬性。

本研究對後續研究之建議如下：

- 一、由於不同科目的數位學習系統各有不同的學習特性與設計考量，本研究-CNC實習課程所考量的數位學習系統關鍵設計因素指標項目可能不盡相同，建議後續研究可針對不同科目的數位學習系統之評估屬性權重進行差異分析。
- 二、實體教室CNC實習教學全部導入數位學習的時機應該謹慎考慮是否適合，雖然CNC實習課程導入數位學習可以有效地降低因為錯誤操作CNC機器造成的故障，而藉由線上學習功能-即時評量結果分析可以讓授課教師快速的蒐集資料並分析學習成果，而網路環境的運用也是未來的趨勢，但是在目前實際的環境中，並不是所有的環境都適合運用，例如在偏遠地區，設備並不是那麼的齊全，可能就沒辦法運用電腦來實行課前模擬上機訓練之線上教學；另外還要考慮到實行時學生是否具備足夠的電腦操作能力，是否對於線上模擬與碰撞警示功能清楚了解，這些都是在選用CNC數位學習系統前必須先考慮清楚的。
- 三、本研究運用AHP法計算CNC實習課程數位學習系統之關鍵設計因素權重衡量與其排序，未來可考量採取不同研究方法進行評估與分析，例如以ANP做為研究方法。

參考文獻

中文部分：

1. <http://www.cncschool.com.tw> CNC 電子 E 學院，昱網科技股份有限公司。
2. 王碩鴻(2013)，虛擬車床對高職生操作訓練輔助之成效分析，國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所碩士論文。
3. 吳美美(2004)，數位學習現況與未來發展，圖書館學與資訊科學，第三十期 p. 92-106。
4. 汪冠宏(2008)，網路虛擬實習工場之學習成效研究—以高職氣壓實習課程教學為例，國立花蓮教育大學學習科技研究所碩士論文
5. 林晉偉(2006)，使用 OpenGL 製作虛擬三軸銑床於輔助教學應用之研究，國立高雄應用科技大學模具工程系碩士班碩士論文
6. 柯友惠(2007)，數位學習網站內容、成效與關係管理對於使用者滿意度影響之研究，國立彰化師範大學企業管理學系碩士論文。
7. 夏恒泰(2004)，CNC 工具機加工性能最佳化系統之研究與開發，中原大學機械工程學系碩士學位論文
8. 徐鵬盛(2001)，虛擬實境之多軸工具機運動研究，國立成功大學機械工程學系碩士論文。
9. 張惠欽、李洲城(2004)，虛擬實境技術應用於車床工具機之教育訓練研究，中國機械工程師學會第二十一屆全國學術研討會論文集 E(III)，p. 6131-6136。
10. 陳易鏗(2005)，虛擬三軸銑削綜合加工機之開發與教學輔助應用之研究，國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所碩士論文。
11. 傅甘己(2004)，刀具剛性與切削精度關係之研究，私立中原大學機械工程學系碩士學位論文
12. 經濟部工業局(2013)，數位學習產值調查報告，財團法人資訊工業策進會。
13. 董艾琪(2007)，台灣數位學習經營發展策略，國立中央大學企業管理研究所碩士論文。
14. 董傑(2011)，五軸加工路徑規劃與後處理器開發之研究，國立清華大學工學院動力機械工程學系博士論文
15. 鄧振源、曾國雄(1989)，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。
16. 鄭新有(2003)，使用 CORBA 技術於遠距 CNC 程式教學模擬之研究，第三屆精密機械製造研討會，p. 676-682。
17. 顧大維(2005)，從數位教學平台使用的迷思：看教學設計在數位學習應扮演的角色，教育研究月刊，131 期。

英文部分：

1. Berge, Z. L., (1998), Guiding principles in web-based instructional design. *Educational Media International*, 35, 72-76.
2. Bishop, D. C., Giles, S. M., & Bryant, K. S., (2005), Teacher receptiveness toward web-based training and support. *Teaching and Teacher Education*, 21, 3-14.
3. 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.
4. Rosenberg, Marc J., (2001), *E-Learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital Age*, NY: McGraw-Hill.
5. Saaty, T. L. (1980), "The Analytical Hierarchy Process", McGrawHill, New York, NY.
6. 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.