

江憲坤、黃華山、王怡舜、施威佑、蔡佳芳 (2013),『以概念構圖評量方式探討多維度概念圖學習成效之研究』,《資訊管理學報》,第二十卷,第三期,頁 315-340。

## 以概念構圖評量方式探討多維度概念圖 學習成效之研究

江憲坤

國立彰化師範大學資訊管理所

黃華山

國立彰化師範大學資訊管理所

王怡舜

國立彰化師範大學資訊管理所

施威佑\*

國立彰化師範大學資訊管理所

蔡佳芳

國立彰化師範大學資訊管理所

### 摘要

網路教學的盛行讓如何建構一個好的網路課程體成為一個重要的研究議題。本研究將二維度的 Novak 概念圖改良成多維度概念圖,並據此建立多維度概念圖課程體。多維度概念圖不僅可以解決二維度 Novak 概念圖教材設計的缺失與簡化知識在螢幕呈現的複雜度,也很適合加深、加廣或補救學習;它使學習更具適性化及個人化,可達到因材施教的教育目標。本研究依多維度概念圖結構,建構高職經濟學三個單元之網路教材,並採準實驗研究法,以某國立高商兩班學生為實驗對象,隨機將學生分成控制組與實驗組,進行個人學習和合作學習之實驗教學。研究結果顯示,在個人學習或是合作學習之學習成效上,採用多維度概念圖的實驗組皆顯著優於採用 Novak 概念圖的控制組。

**關鍵詞：**多維概念圖、概念構圖評量、合作概念構圖

---

\* 本文通訊作者。電子郵件信箱: M0061108@mail.ncue.edu.tw  
2012/09/11 投稿; 2013/02/14 第一次修訂; 2013/05/30 接受

Chiang, H.K., Huang, H.S., Wang, Y.S., Shih, W.Y. and Tsai, C.F. (2013), 'The Study of Learning Effects by Using Multidimensional Concept Map with Concept Mapping Assessment', *Journal of Information Management*, Vol. 20, No. 3, pp. 315-340.

# The Study of Learning Effects by Using Multidimensional Concept Map with Concept Mapping Assessment

Heien-Kun Chiang

Information Management Department, National Changhua University of Education

Hua-Shan Huang

Information Management Department, National Changhua University of Education

Yi-Shun Wang

Information Management Department, National Changhua University of Education

Wei-Yo Shih\*

Information Management Department, National Changhua University of Education

Chia-Fang Tsai

Information Management Department, National Changhua University of Education

## Abstract

The popularity of networked teaching/learning makes how to design a good web-based courseware an important research issue. This study refined two-dimensional Novak concept maps into multi-dimensional concept maps for building multi-dimensional concept mapping courseware. Multi-dimensional concept maps not only can solve the design deficiency and simplify the complex on-screen knowledge representation of Novak concept maps, but can also be used to deepen or widen learning, or for remedial learning. It makes learning adaptive and personalized, and thus achieves the educational goal of teaching students in accordance to their ability or aptitude. Based on the multi-dimensional concept maps, this study built three units of web-based courseware for vocational high school economics course and used the quasi-experimental research method for conducting experiments. Subjects consisted of students from two intact classes of a national vocational high school in central Taiwan and were randomly assigned to the experimental group or the control group for conducting self-learning and collaborative learning experiments. Experimental results indicated that the experimental group outperformed the control group both in self-learning and collaborative learning.

**Keywords:** multi-dimensional concept maps, concept mapping assessment, collaborative concept mapping

---

\* Corresponding author. Email : M0061108@mail.ncue.edu.tw  
2012/09/11 received; 2013/02/14 1st revised; 2013/05/30 accepted

## 壹、緒論

網際網路的精進和電腦的大量普及，讓數位學習大為盛行，也提供學習者或教學者一個不受時間和空間限制的便利數位學習平台。然而，在現今的數位學習平台中，卻潛藏著下列問題：(1)其所提供的學習教材通常為統一制式的內容，無法解決不同程度的學習者在學習上可能面臨之認知超載、迷失和知識結構整合等問題(張基成 1998)；(2)其教材或平台若設計不當，將降低學習者的學習滿意度(蕭瑞祥&謝明釗 2009)；(3)其需提供具有結構性、計畫性、親和性和清楚易懂之教材，來引導學習者進行網路數位學習(Waller 2006)。因此，若能於數位學習平台上，提供良好的引導方式，如利用概念圖呈現網路教材，將可減少學習者在非結構性的超媒體網路教材環境中，學習迷失問題的產生。

Novak 於 1984 年提出概念圖(concept maps)，他認為概念圖是一種有效的知識表徵工具，並且具有多元應用性，包括促進有意義的學習、教學工具和教學評量設計、迷失概念的釐清和提升師生了解知識建構的本質(余民寧 1997)。Novak 概念圖是以二維平面的模式來表徵知識建構，但卻不易呈現較大或較複雜的概念組合，並可能導致學習者產生認知負載過大問題(Huang et al. 2012; 黃華山等 2005)。黃華山提出之多維度概念圖模式，將原本個別平面概念圖有系統地加以分類和重組，並把複雜與困難的知識抽離出來，存放在其它維度中，以簡化知識的表示方式。此外，透過網路超連結的特性所建置的多維度概念圖教材，可讓學習者達到加深和加廣的學習效果(Huang et al. 2012)。

傳統教學方式強調記憶和背誦，常常造成學生著重記憶性之機械化知識學習，不去思考如何認識和理解教材之涵義，嚴重影響其學習成效。在教學評量上，最常使用的紙筆測驗評量方式，大都只能測量出學生學習成果的百分比指標或較低層次的認知能力，而無法評量出學生在主題結構的整體認知能力，也無法評量出如創造思考、分析與綜合等較高層次的認知能力。因此，教師應使用適當的教學方式與評量工具，來幫助學生學習，如此，其方能對知識內容之架構、概念與概念之間的關係能有一整體之了解。而概念構圖教學方式即是一種良好的學習策略及有效的評量工具，其強調概念組織和統整調和。學生成為學習的主體，能主動將其所學的知識統整與連結，經由發現、探索以解決問題，促進有意義的學習。

再則，在近來的社會潮流中，團隊合作愈趨重要，有效運用團隊合作及培養批判性及高層次思考的能力，來解決複雜問題是目前的一種趨勢。在多維度概念圖所建置之課程體的相關研究中，大部分之實驗都著重於教材內容的設計，讓學習者採單一個體的學習，學習者彼此之間並無法進行套論或知識的分享(Huang et al. 2012; 郭炳辰 2007; 劉羽倩 2010)。

概念圖方法常用於自然科學課程中(Hwang et al. 2011)，其運用於商科教學之

研究不多見。故本研究嘗試將多維度概念圖應用於高職經濟學之教學上，採用概念構圖做為教學方式與評量工具，以探討學習者運用多維度概念圖與 Novak 概念圖在學習經濟學時，在個人學習與合作學習之學習成效的差異。

## 貳、文獻探討

### 一、Novak 概念圖與多維度概念圖

Ausubel (1963) 所提出的認知學習同化理論，為一個強調有意義學習的理論，此理論中強調：概念與概念間的關係及學習者的先備知識，在有意義的學習上是非常重要的。當學習者的新知識和原有的概念、先備知識或命題架構有意義的連結在一起時，學習便產生了，而學習者的概念架構也改變了 (Novak & Gowin 1984)。在 Ausubel 學習理論的指引下，美國康乃爾大學的學者 Novak 等人於 1972 年提出一套作為教學、學習及評量的工具，稱為「概念構圖」(Novak & Gowin 1984)。概念構圖以認知學習同化理論為基礎，根據學習者的知識基模，透過統整及階層的形成，來呈現概念間的關係，以建置深層架構於持續學習中，並產生正向的學習情緒。概念圖是一種以二維平面形式，來呈現學習主題概念結構的圖像式知識表徵學習地圖，是類似網絡結構脈絡的學習法；其是以階層的方式將較概括性、一般化的概念置於上層，而較特定、具體的概念排在下層 (Hsu & Chang 2011)。概念圖中二個概念節點間用一連結語加以連結，即形成一個命題。此外，概念群集和概念群集之間可透過橫向連結加以連結，可代表概念的創新。故概念構圖係透過一系列的命題，把所知道的概念與其它概念做有意義連結，進而構成出有意義的組織網路；從概念構圖中可以瞭解學習者的知識結構及其錯誤概念，並以此作為評量學習者概念結構的依據 (Chiou 2008; Chiou 2009; Huang et al. 2012)。最近研究，利用故事文法建立概念圖之策略來幫助孩童發展故事，研究樣本為 114 位國小三年級學生，其研究發現孩童使用故事文法的概念圖，可以發展更複雜且清晰的故事架構，並提升故事之創意與豐富內容 (Liu et al. 2011)。所以研究者支持概念圖做為有效故事敘事的工具，以培養學生講故事之能力。

另一方面，課程內容若涵蓋過多的概念與複雜的圖形，其將比傳統教材更容易造成學習者的認知負載。受制於電腦螢幕大小的限制，較大或較複雜的 Novak 概念圖教材在螢幕呈現時，容易使知識變的複雜，導致學習者不容易掌握整體的知識架構。為了方便網路教學課程體的建構，充分發揮網路超連結的能力，黃華山等 (2005) 提出的多維度概念圖網路課程，其模式係由 Novak 概念圖改良而得，它除了具備 Novak 概念圖的優點外，更可進行加深、加廣或補救的學習，且使學習更具適性化及個人化，而達到因材施教的教育目標。多維度概念圖將傳統兩個維度的概念圖擴充成多個維度的概念圖，並根據 Miller (1956) 提出的短期記憶限

制理論（指出人短時記憶的容量為  $7 \pm 2$ ），將原來課程主題概念圖中的單元概念節點做適當地分類、重組，以簡化知識在單一螢幕呈現的複雜度，使同一時間在螢幕上呈現之概念節點維持在 5 至 9 個之間，以避免過多的概念圖圖示可能會混淆學習者的視覺印象（Chiou 2008; Chiou 2009; Huang et al. 2012; 黃華山等 2005）。

多維度概念圖的建構步驟如下：

### （一）建立個別的單元或主題之 Novak 概念圖

傳統 Novak 概念圖是由二個維度來表示知識結構，所有概念皆顯現在同一個平面上，但當概念節點繁多或概念圖發展為更大型時，學習者將不易了解整個知識總覽。Novak 概念圖的呈現方式不僅將造成學習者學習歷程更加複雜化，且當課程知識隨時間進步需不斷更新時，學習者也無法彈性地來更動和維持課程知識的完整性與時效性。因此，建構多維度概念圖的第二個步驟便是將概念做適當地分類與重組，其依循準則係根據短期記憶限制，來為單元概念節點做分類，並根據各單元概念節點的重要性及難易度，將原概念圖中較艱深的節點抽離出來，獨立放在其它維度上呈現，如圖 1 所示。

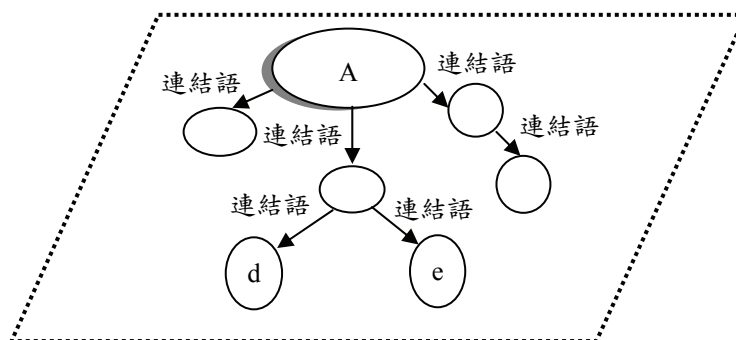


圖 1：個別的單元或主題之 Novak 概念圖

### （二）概念分類與重組

多維度概念圖透過網路超連結的技巧，能將相關聯的各主題概念整合在一起，建構出一個完整的知識架構。概念在經分類與重組後，學習者的初始學習畫面是一些較簡單和較容易學習的概念單元，如圖2的畫面一所示。然後，再根據學習者的單元測驗成績以及個別的學習意願，來呈現所需概念；如此，所有的網路學習者便可進行由淺入深、循序漸進地學習。透過多維度概念圖的「延伸學習」機制，如圖2中的畫面二和畫面三所示，學習者便可適性地進行多維度的學習，而不再只是學習單一主題概念的網路教材。

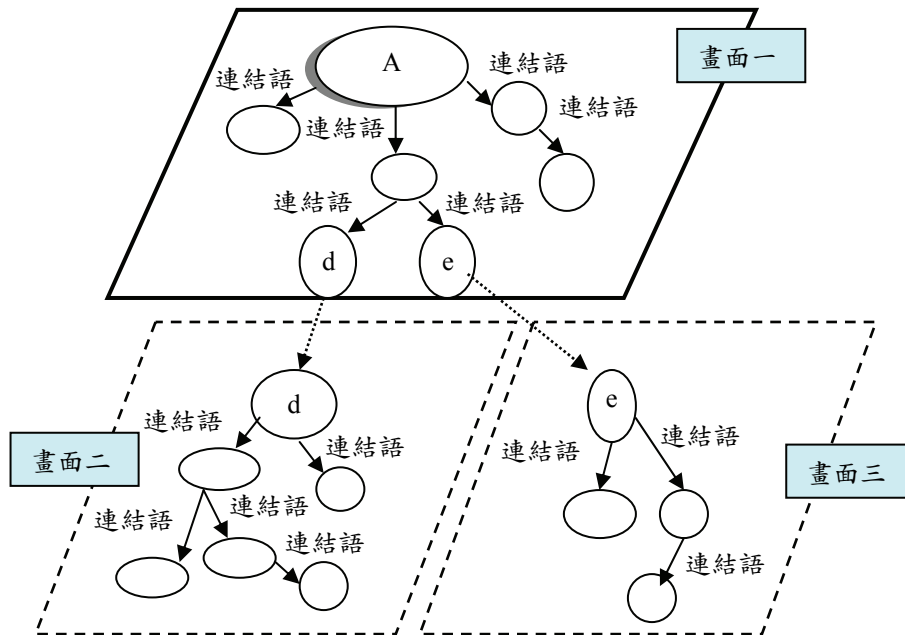


圖 2：概念的分類與重組

### （三）建立學習者加廣延伸學習的功能

由圖 3 可見概念 A（畫面一）與概念 B（畫面二）或 C（畫面三）間存在某些部分相關教材。學習者在學習 A 概念的過程中，可能會發現其概念是與其他課程中的 B 或 C 概念有相關。學習者便可利用網路超連結的功能，經由多維度概念圖，來進行 A 概念平面加廣的延伸學習。

### （四）建立學習者加深延伸學習的功能

圖 4 畫面四中的概念 d 為概念 A 教材的加深學習部分，在 A 概念中說明到 d 概念時，只包含到 d 概念初步的介紹。若學習者已經具備 A 概念的整體知識，且他想繼續深入了解 d 概念相關知識時，藉由 d 概念的超連結功能，他便可進行更進一步的加深學習。同理，學習者也可以藉由畫面五的 e 概念的超連結功能，來加深學習概念 e 的相關知識。

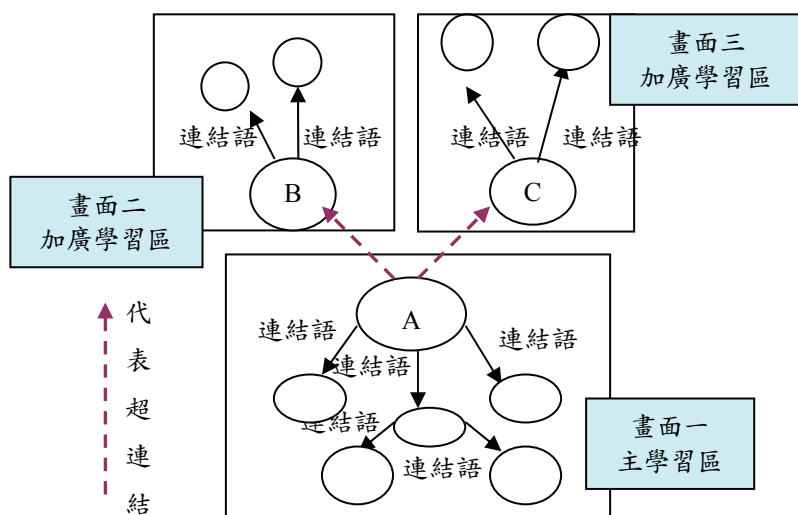


圖 3：加廣延伸學習之概念圖

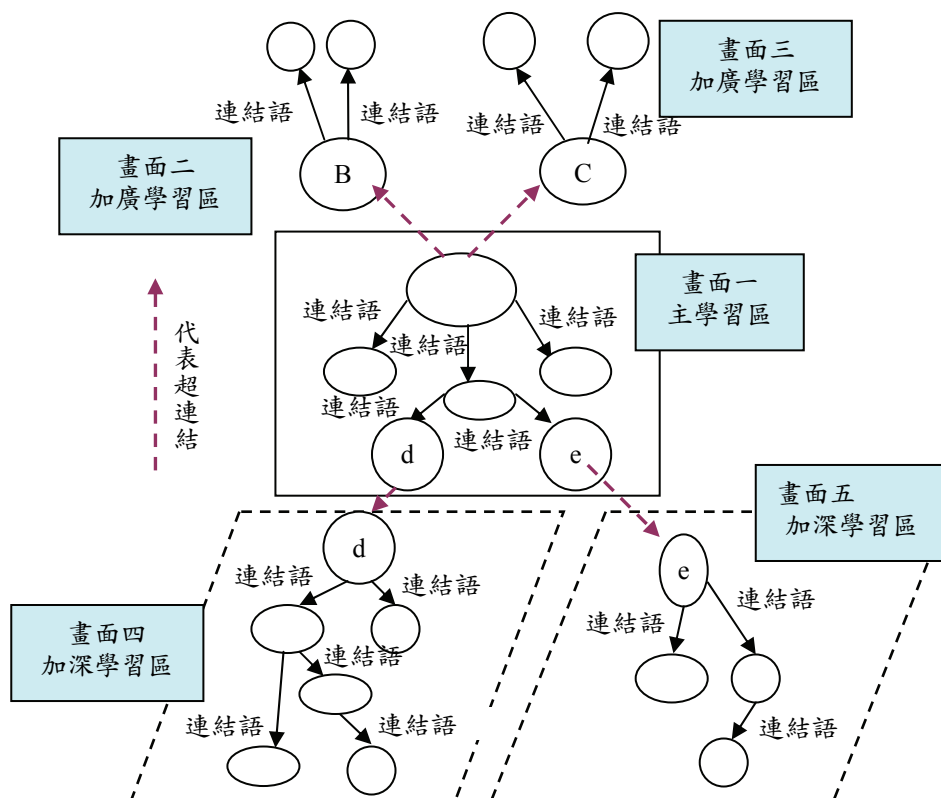


圖 4：加深延伸學習之概念圖

## 二、合作式概念構圖

合作學習最早是由 Slavin (1983) 所提出，其主要的目的是要改善獨自學習所面臨的學習問題，讓學習者不僅只有關注自己本身所學的領域，也能與其他領域知識的學生共同合作學習 (Towndrow 2003)。Slavin (1996) 提出合作學習的理論基礎，主要可以從「社會互賴理論」、「動機理論」、「認知學習論」及「社會建構論」等四方面進行探討。「社會互賴論」說明合作學習能奏效的主因，在於合作學習小組成員的目標一致，在過程中互賴而促進學習 (莊雅如 2004; 高淑珍 2012)；「動機理論」認為合作學習能影響表現，在於團體目標結合獎勵結構，因而能促進成效 (張金淑 2005)；「認知學習論」則認為不管團體是否設法達成目標，讓學生一起學習，同儕間的互動本身就能增進學習成就 (張春興 1994)；「社會建構論」認為合作學習提供一種社會取向的互動方式，對於學習者，將他們視為主動的知識建構者 (林信廷 2012)。

而概念構圖除了可以提供個別學習，亦可讓一群人以小組合作的方式進行。學習者透過和同儕或老師間的溝通、互動，來共同討論概念之間的關係，一起建構出概念圖。許多關於概念構圖應用於合作學習上的研究指出：國小、高中學生以合作的方式進行概念構圖較個別式概念構圖，更能促進有意義的學習 (林筱雯 2010; 周懌吟 2012)。另外，有些研究亦發現，合作概念構圖對學習的整體效果也比個別概念構圖好 (林筱雯 2010; 周懌吟 2012)；因學生們在合作概念構圖的建構過程中，能夠幫助彼此建構知識，了解概念意義，且在概念討論的過程中，也促使了概念的形成 (林筱雯 2010)。

## 三、概念構圖評量

概念圖可作為評量學生或研究學生概念結構的圖示技術，是一種教學與學習的工具，亦可以視為一種學習策略及後設認知的學習策略；其在某些領域學科中被當作表示結構性知識的工具、用來增進對書面教材的回憶和作為有效的學習評量工具 (Novak and Gowin 1984)。概念構圖法強調學習者將其所具備知識以具結構性、組織性和完整性的方式表達出來；如此，教師即可直接就學習者知識的組織與結構情形，了解其學習狀態 (Chiou 2008; Chiou 2009; Huang et al. 2012)。而概念構圖的評量，可了解學習者的知識結構及變化，以診斷其知識結構上的缺失，此為傳統紙筆測驗評量無法做到的事情 (Novak 1990)。

雖然有許多學者提出概念圖的計分方式，但由被採納的情形可以發現 Novak 與 Gowin (1984) 的方法是較被肯定的，且被許多研究所引用。以下將 Novak 與 Gowin 評量法，簡稱為 N-G 指數評量法；該方法將概念圖分成四個結構部分：關係、階層、交叉聯結和舉例，此方法的主要目的是要了解學生對某主題知識結構



的瞭解程度 (Novak and Gowin 1984; 余民寧 1997)。有些研究採納 Goldsmith、Johnson 與 Action (1991) 提出的「接近度」(Closeness index, 簡稱 C 值) 觀念, 以下簡稱為 C 值評量法, C 值介於 0 與 1 之間。此法用來測量在學生與專家的概念圖中, 各概念節點的相似程度; 即測量他們在各概念節點間, 共有多少鄰近概念節點相似之情形。它是計算每個節點在兩圖中之鄰近節點集合的交集和聯集之比值, 然後加總平均而得 C 值, 若 C 值愈大則表示兩個概念結構圖愈接近 (Goldsmith et al. 1991)。此外, 張瑞賓 (1999) 提出一種以命題為主的屬性化概念圖的觀念, 也就是對概念圖中的每一命題給予一權值, 代表其重要程度。其使用「開放式連結語」的概念與評分方法, 目的是讓學生能用概念圖表達出自己的想法, 以增加學生反省思考的機會和真實反應學生的學習狀態 (Lin et al. 2002)。

根據以上所述之概念圖評量方法, 大多以「量」的評量為主, 如 C 值評量法, 僅考慮兩個概念圖間之結構相似程度, 並未考慮概念間聯結的關係, 亦即無考慮到一完整命題是包含連結語的部分。而大多研究所引用的 N-G 指數評量法, 雖然其已根據不同的原則給予不同的分數, 但整體來說, 其依舊是以命題為主, 且由於其四個評分原則在給分上的差異頗大, 常造成學生的得分偏低。並且, 每個概念或每個命題的重要性多少皆有所差異, 若是以相同的分數來計分, 則似乎是不公平的現象。此外, 概念圖是由許多命題彼此相互連結而成, 故評量概念圖不僅須考慮到命題, 也要考慮到各個命題的重要程度不一。因此, 分數應依命題相對重要性來給予, 如此才能合理且有效地評量出學生概念構圖的成效。

綜合以上所述, 命題才是構成有意義知識的最小單位。因此, 本研究採用張瑞賓 (1999) 所提出的屬性化概念圖評分機制。因其評量方式不僅考量到完整命題, 且依據各命題的重要程度給予一權值, 較能對學生的概念構圖做出正確地的評分, 是一較為合理的評量方式。再則, 本研究同樣也考慮到其所提出的開放式連結語的概念, 即本研究不限制學生只能使用概念圖教材事先定義好的連結語, 學生可以自創連結語。如此, 學生可擁有自我表達、認知和反省的機會。

## 參、研究方法

本研究採準實驗研究法, 實驗對象為某國立高商二年級的兩班學生, 將其隨機分派成兩組, 一組為實驗組, 共 35 人, 採多維度概念構圖學習法; 另一組為控制組, 共 30 人; 採 Novak 概念構圖學習法。在此實驗中, 此兩組學生分別都要進行個別概念構圖與合作概念構圖的兩種學習方式, 以探討二組同學在此二種不同概念構圖的學習策略下, 個別學習或合作學習的學習差異。

## 一、研究架構與假說

本研究探討和分析受測的兩組學生在運用不同概念圖教學方法時，進行個別學習和合作學習的成效差異，研究架構如圖 5 所示。基於動機與目的之說明，本研究提出兩個假說如下所示。

H<sub>1</sub>：運用「多維度概念圖教學法」於學習經濟學貨幣與金融章節的學生，在個人概念構圖評量上的表現顯著優於「Novak 概念圖教學法」。

H<sub>2</sub>：運用「多維度概念圖教學法」於學習經濟學貨幣與金融章節的學生，在合作概念構圖評量上的表現顯著優於「Novak 概念圖教學法」。

## 二、貨幣與金融單元教材之多維度概念圖建置

將以「物價、幣值及貨幣數量學說」單元為例，說明 Novak 概念圖與多維度概念圖之實際建置。若以 Novak 概念圖建置此單元網路教材，所有的相關概念都放在同一畫面上，學習者必須自行瀏覽所有的教材內容；且當較複雜的教材用 Novak 概念圖呈現時，易使知識變的複雜，導致學習者不易掌握整體知識架構。然而，對而此經濟學各單元課程而言，一開始，學生只需學習物價、幣值及貨幣數量學說中較為簡單且較為重要的概念即可，並不需要學習含有複雜的概念的全部內容。而本研究所提出的多維度概念圖是以 Miller (1956) 之短期記憶限制理論為基礎，在同一時間只呈現 5 至 9 個概念節點，並將原概念圖中較為艱深、複雜的概念抽離出來，做適當地分類與重組。如此，多維度概念圖不僅可以充分發揮網路超連結的能力，並可依據概念的重要性及難易度來建構網路教學課程體，更可根據學習者在各單元的學習狀況，進行加深或加廣的學習。

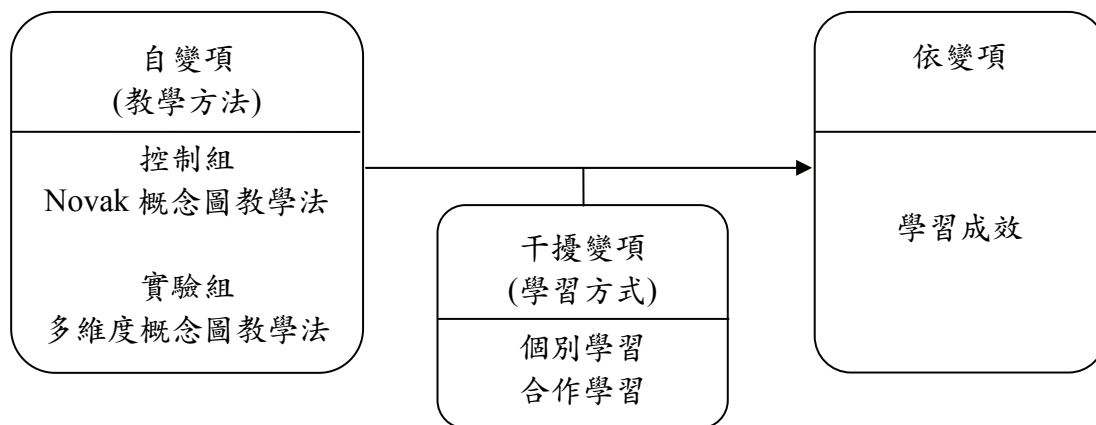


圖 5：研究架構

圖 6 是「物價、幣值及貨幣數量學說」單元之系統學習畫面，其將原本所有教材皆放於同一平面的 Novak 概念圖，圖 7(1)~圖 7(6)則是將圖 6 重新加以分類為 6 張個別的多維度概念圖，以簡化所有概念全放置在同一平面的複雜性。多維度概念圖再依據不同的學習成就者組合成不同的學習路徑，例如低學習成就者只需學習到畫面 1~4 的課程單元；而中等或高學習成就的學習者則可加深學習至畫面 5 與 6 的課程單元。

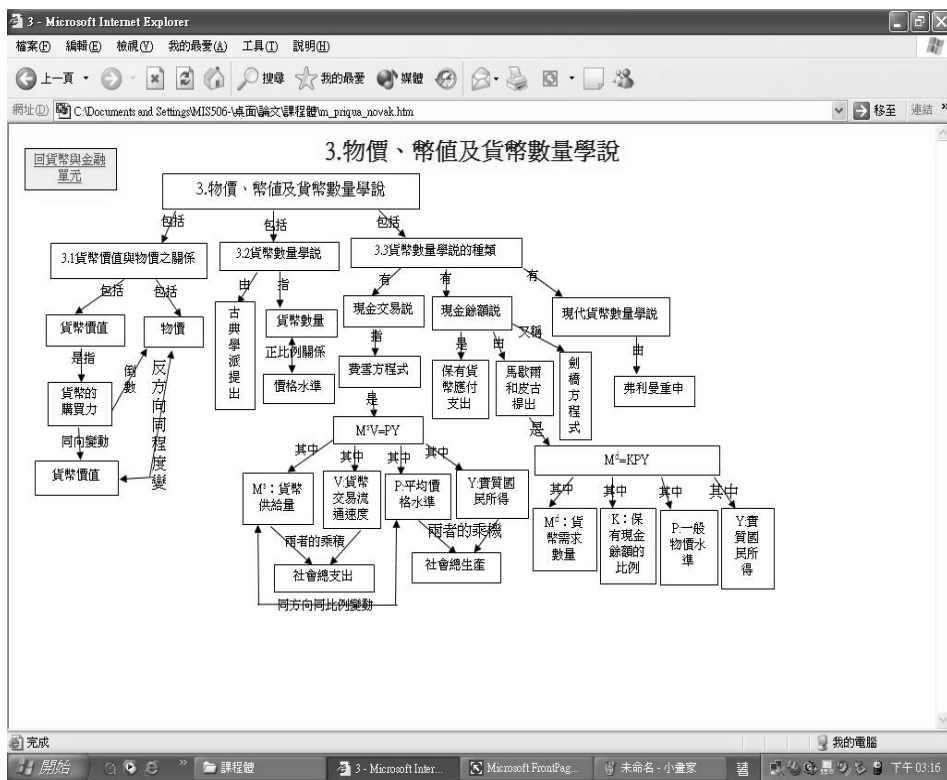


圖 6：「物價、幣值及貨幣數量學說」單元之 Novak 概念圖系統畫面

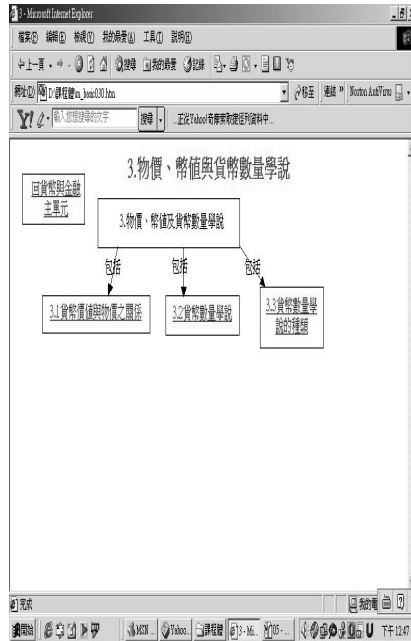


圖 7(1)：多維度概念圖系統畫面 1

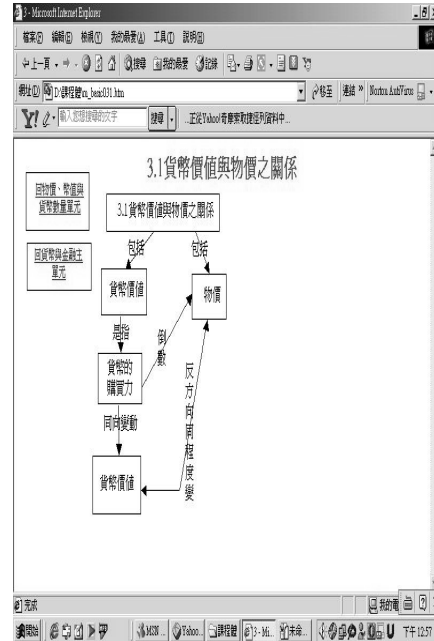


圖 7(2)：多維度概念圖系統畫面 2

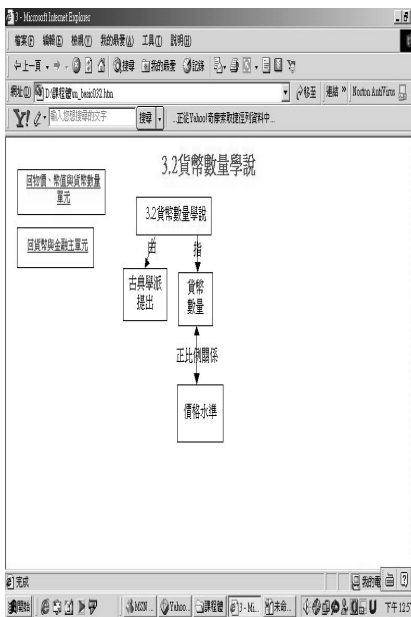


圖 7(3)：多維度概念圖系統畫面 3

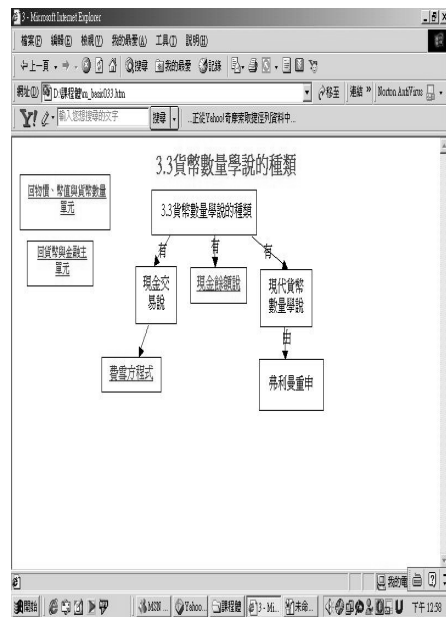


圖 7(4)：多維度概念圖系統畫面 4

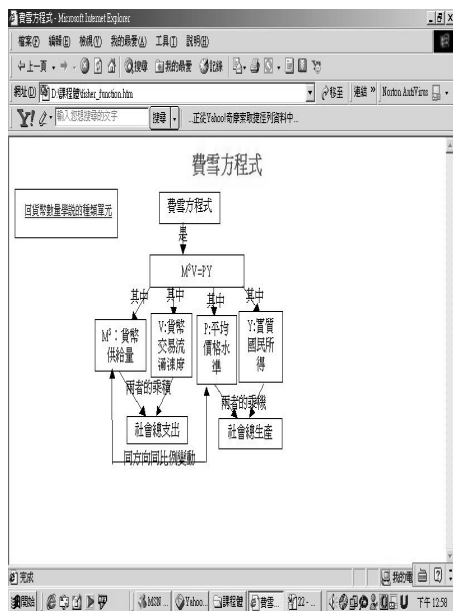


圖 7(5)：多維度概念圖系統畫面 5

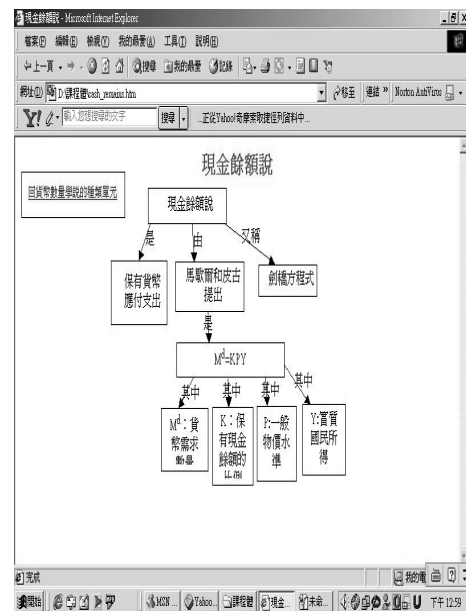


圖 7(6)：多維度概念圖系統畫面 6

### 三、教學實驗設計與流程

本研究三階段之實驗教學活動與目的，如表 1 所示。在第一階段，研究者首先隨機分派實驗學生為實驗組與控制組後，此兩組分別進行多維度與 Novak 概念構圖的教學，包含概念圖的介紹與說明，和概念構圖的要點與步驟，並以一實例示範概念構圖的完整過程。在實施概念構圖教學後，接著引導兩組學生進行構圖活動，此讓學生能針對某一主題，練習自我建構概念構圖之能力。之後，對兩組學生實施概念構圖認知能力測驗，此是要確認學習者有足夠能力可畫出個人概念構圖。研究者將構圖能力的標準訂於 70 分，以確定每位學習者概念構圖的能力均達 70 分以上，並檢定兩組學生概念構圖的認知能力有無顯著差異。

確定學習者的概念構圖能力之後，在第二階段，學生開始進行經濟學貨幣與金融章節之概念圖教材瀏覽，研究者並要求學生針對此章節其中三個單元進行個人構圖活動，單元依序為「貨幣的意義與功能」、「貨幣的供給與需求」及「物價、幣值及貨幣數量學說」。實驗組與控制組學生參考研究者所提供之各主題的重要概念與連結語，並依其所習得的探究技巧和概念構圖方式來進行概念圖的繪製工作。學習者除使用教師提供相關概念與連結語外，亦可自行思考使用自己的概念與連結語。研究者與另一位深入了解概念圖的評分者一起針對受測者的概念構圖評量加以評分。學生在每次下課前三十分鐘接受個人概念構圖的評量。

表 1：教學實驗活動與目的

	活動	目的
階段一	實驗對象隨機分組	概念構圖的認知能力測驗 實驗學生隨機分派為實驗組與控制組，實驗組採多維度概念圖教材學習；控制組採 Novak 概念圖教材學習。
	概念構圖的教學與練習	進行概念構圖教學，以讓學生充分了解概念圖的相關知識，並讓學生自行練習建構概念構圖。
	概念構圖的認知能力測驗	概念構圖的認知能力測驗以確定實驗實施前學習者對概念圖具備足夠認知，有能力進行概念構圖。測驗結果比較兩組是否達一定水準以及兩組是否有顯著差異。
階段二	學習者瀏覽「貨幣意義與功能」「貨幣供給與需求」、「物價、幣值及貨幣數量學說」等三單元教材後，進行個人概念構圖。	比較實驗組與控制組採用不同概念圖的學習策略，是否影響其個人概念構圖之評量成績。
階段三	學習者採 S 型分組 學習者對階段二的三單元教材，進行小組合作概念構圖。	依學習者之個人概念構圖成績依高低予以 S 型分組，使各小組能力相近，並比較合作概念構圖的成績是否顯著優於個別概念構圖成績。

在第三階段，學生則進行合作概念構圖的活動。合作構圖的分組則依據前三次單元個人概念構圖的平均得分高低，按照 S 型分組和小組間異質分組，以確保各小組的能力相近。每一組有五位成員，並由前三次個人概念構圖得分成績最高者當組長，帶領組員進行概念討論和互動，以進行合作學習概念構圖。此階段的教材同階段二的經濟學貨幣與金融章節概念圖課程體，每單元之合作構圖時間約四十分鐘。

#### 四、統計方法

本研究利用統計軟體 SPSS 10.0 for Windows 中文版來進行各統計推論，以分析個人概念構圖與合作概念構圖評量之評分成績。本研究使用 Pearson 積差相關係數和兩母體獨立樣本 t 檢定，其相關介紹如下所示。

### （一）Pearson 積差相關係數

用以分析概念構圖評量的評分者信度。評分者信度的估算方式，是對不同評分者在相同試卷的評分結果求其相關。此相關係數為評分者信度，信度愈高代表評分者之間的評分愈一致。當評分者只有兩位時，且評分者以連續性的分數評分，則以 Pearson 積差相關法求其相關。因本研究的評分者為兩位，且給分方式為分數，故本研究使用 Pearson 積差相關係數分析每一受測者的每次概念構圖評量之成績，來求得評分者信度，以確保評分的可靠性。

### （二）獨立樣本 t 檢定

用以分析實驗組與控制組經由不同的教學方式後，其個人與合作概念構圖評量的成績有無顯著差異。獨立樣本的 t 檢定的功能在比較不同樣本的平均數差異，然而要使用 t 檢定，先觀察各群體的資料數量是否足夠，一般須為 30 以上，且必須符合兩群體特性具有或近似「常態分配」的條件。由於兩群體是獨立，因此在工作 t 檢定時，必須考慮此兩群體的標準差是否相等的問題。本研究的樣本數兩組學生皆為 30 人以上，首先利用 Shapiro-Wilk 常態性檢定來檢定兩母體是否為常態分配，而 Shapiro-Wilk 檢定是用來計算 50 個以下觀察值的樣本是否呈常態性分配的檢定。另外，利用 Levene's test of homogeneity，來檢定兩母體變異數的同質性，以變異數分析（F 檢定）的概念，計算兩個樣本變異數的比值，若 F 檢定達到顯著水準，表示兩組樣本的變異數不同質，此時需使用校正公式來計算 t 值。

## 肆、實證結果、分析與討論

### 一、評分者信度

由於本研究的評分者只有二位，且給分的方式是分數，故利用 Pearson 積差相關求出評分者信度。於正式評分時，概念構圖認知能力測驗成績以及每次每一受試的概念構圖評量工作，均由研究者與另一名概念圖專家一起進行評分工作，最後再根據兩人的評分內容，計算出每次的評分者間一致性，以檢驗本測驗方式之信度，結果如表 2 所示。評分者信度為 0.912 至 0.983，且均呈顯著相關，而各成績之檢定值皆高於學者 Ailken（1982）所提的信度值須大於 0.85 的準則，而總平均值達 95.1%之高，顯示本研究在概念構圖的評量上，具有相當的可靠性。

表 2：概念構圖評量成績之評分者信度

考驗單元名稱	信度	p 值	綜合信度	p 值
概念構圖認知能力測驗成績	0.983*	0.000		
單元一之個人構圖評量成績	0.956*	0.000	0.954*	0.000
單元二之個人構圖評量成績	0.959*	0.000		
單元三之個人構圖評量成績	0.948*	0.003		
單元一之合作構圖評量成績	0.912*	0.002	0.938*	0.000
單元二之合作構圖評量成績	0.965*	0.000		
單元三之合作構圖評量成績	0.937*	0.004		
信度總平均	0.951			

\*在顯著水準為 0.01 時（雙尾），相關顯著

本研究並於教學實驗進行前先進行概念構圖認知能力測驗，檢定的結果請見表 3、表 4、表 5。如表 3 所示，實驗組與控制組兩組學生於概念構圖認知能力測驗的 Shapiro-Wilk 常態性檢定的 p 值均大於顯著水準  $\alpha = 0.05$ ，符合常態性分配的基本假設，而表 4 所示、變異數同質性檢定的 p 值大於顯著水準 0.05，也符合變異數同質性檢定的基本假設。而表 5 所示，經由獨立樣本 t 檢定後， $t = 0.397$ ， $p = 0.347$ ，大於顯著水準 0.05，未達顯著差異程度，顯示兩組學生於概念構圖認知能力測驗的成績沒有顯著差異，且得分均在 80 分以上，顯示兩組皆具有一定水準的概念構圖能力。

表 3：概念構圖認知能力測驗之常態性檢定

	組別	人數	平均數	標準差	Shapiro-Wilk	p 值
概念構圖認知能力測驗	實驗組	35	86.571	9.014	0.941	0.093
	控制組	30	85.667	9.319	0.943	0.115

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 4：概念構圖認知能力測驗之變異數同質性檢定

	變異數相等的 Levene 檢定	
概念構圖認知能力測驗	F 檢定	p 值
假設變異數相等 不假設變異數相等	0.329	0.568

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )



表 5：概念構圖認知能力測驗之獨立樣本 t 檢定

	組別	人數	平均數	t 值	p 值
概念構圖認知能力測驗	實驗組	35	86.571	0.397	0.347
	控制組	30	85.667		

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

## 二、多維度概念圖與 Novak 概念圖的學習成效比較

首先，表 6 為綜合三次單元個人概念構圖評量之成績，實驗組的個人概念構圖在三次單元的平均分數均優於控制組的平均分數。而針對此三次單元個人概念構圖所進行的檢定結果，如表 6、表 7、表 8 所示。由表 6 檢定結果得知：兩組於三個單元之個人概念構圖評量成績的 Shapiro-Wilk 常態性檢定的 p 值均大於 0.05，表符合常態性分配的基本假設。而由表 7 的變異數同質性檢定顯示 p 值均大於 0.05，也符合變異數同質性檢定的基本假設。再經由表 8 獨立樣本 t 檢定，單元一的 t 值為 2.075，p 值為 0.021，而單元三的 t 值為 2.069，p 值為 0.022，兩單元的 p 值均小於 0.05，顯示兩組於單元一和三達顯著差異程度，即採用多維度概念圖教學之實驗組學生顯著優於採用 Novak 概念圖教學之控制組學生成績。單元二的 t 值為 1.147，p 值為 0.128，大於 0.05，未達顯著差異程度，但該次實驗組的整體平均分數仍優於控制組平均得分。

表 6：各單元個人概念構圖之常態性檢定

單元名稱	組別	人數	平均數	標準差	Shapiro-Wilk	p 值
單元一	實驗組	35	9.921	5.102	0.937	0.061
	控制組	30	7.252	5.249	0.943	0.115
單元二	實驗組	35	8.082	2.724	0.951	0.206
	控制組	30	7.160	3.733	0.960	0.394
單元三	實驗組	30	9.903	3.021	0.940	0.082
	控制組	35	8.198	3.628	0.945	0.187

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 7：各單元個人概念構圖之變異數同質性檢定

單元名稱		變異數相等的 Levene 檢定	
		F 檢定	p 值
單元一	假設變異數相等 不假設變異數相等	0.343	0.560
單元二	假設變異數相等 不假設變異數相等	2.906	0.093
單元三	假設變異數相等 不假設變異數相等	1.015	0.317

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 8：各單元個人概念構圖之獨立樣本 t 檢定

單元名稱	組別	人數	平均數	標準差	t 值	p 值
單元一	實驗組	35	9.921	5.102	2.075	0.021*
	控制組	30	7.252	5.249		
單元二	實驗組	35	8.082	2.724	1.147	0.128
	控制組	30	7.160	3.733		
單元三	實驗組	30	9.903	3.021	2.069	0.022*
	控制組	35	8.198	3.628		

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

再者，表 9 為綜合三次合作概念構圖評量的成績。實驗組的合作概念構圖平均得分均優於控制組的平均分數。表 9、表 10 及表 11 為針對三次單元之合作概念構圖評量成績之檢定結果。

表 9：各單元合作構圖之常態性檢定

單元名稱	組別	人數	平均數	標準差	Shapiro-Wilk	p 值
單元一	實驗組	35	21.046	2.534	0.850	0.152
	控制組	30	15.277	4.749	0.879	0.312
單元二	實驗組	35	12.363	1.231	0.980	0.458
	控制組	30	11.107	1.667	0.904	0.409
單元三	實驗組	30	17.773	1.050	0.875	0.266
	控制組	35	13.783	0.805	0.885	0.335

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 10：各單元合作構圖之變異數同質性檢定

單元名稱		變異數相等的 Levene 檢定	
		F 檢定	p 值
單元一	假設變異數相等 不假設變異數相等	2.060	0.179
單元二	假設變異數相等 不假設變異數相等	0.889	0.366
單元三	假設變異數相等 不假設變異數相等	1.459	0.252

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 11：各單元合作構圖之獨立樣本 t 檢定

單元名稱	組別	人數	平均數	標準差	t 值	p 值
單元一	實驗組	35	21.046	2.534	2.796	0.009*
	控制組	30	15.277	4.749		
單元二	實驗組	35	12.363	1.231	1.562	0.074
	控制組	30	11.107	1.667		
單元三	實驗組	30	17.773	1.050	7.575	0.000*
	控制組	35	13.783	0.805		

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

檢定結果如下：兩組於三個單元之合作概念構圖評量成績的 Shapiro-Wilk 常態性檢定的 p 值均大於 0.05，符合常態性分配的基本假設。而變異數同質性檢定的 p 值均大於 0.05，也符合變異數同質性檢定的基本假設。經由獨立樣本 t 檢定後，單元一的 t 值為 2.796，p 值為 0.009，單元三的 t 值為 7.575，p 值為 0.000，此兩單元的 p 值均小於 0.05，顯示兩組於單元一和單元三均達顯著差異程度；此顯示採用多維度概念圖教學之實驗組學生顯著優於採用 Novak 概念圖教學之控制組學生成績。而在單元二的 t 值為 1.562，p 值為 0.074，未達顯著差異程度。此外，本研究並將三次單元的個人構圖與合作構圖評量的平均成績做綜合分析，結果歸納如表 12、表 13 與表 14。

表 12：統整個別構圖與合作構圖之常態性檢定

學習方式	組別	人數	平均數	標準差	Shapiro-Wilk	<i>p</i> 值
個別學習 概念構圖	實驗組	35	9.929	2.843	0.978	0.738
	控制組	30	7.537	3.491	0.956	0.344
合作學習 概念構圖	實驗組	35	17.060	1.347	0.901	0.397
	控制組	30	13.389	1.582	0.942	0.623

$\alpha = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 13：統整個別構圖與合作構圖之變異數同質性檢定

學習方式		變異數相等的 Levene 檢定	
		F 檢定	<i>p</i> 值
個別學習 概念構圖	假設變異數相等 不假設變異數相等	1.857	0.178
合作學習 概念構圖	假設變異數相等 不假設變異數相等	0.027	0.873

$A = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

表 14：統整個別構圖與合作構圖之獨立樣本 *t* 檢定

學習方式	組別	人數	平均數	標準差	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值
個別學習 概念構圖	實驗組	35	9.929	2.843	3.045	0.003*
	控制組	30	7.537	3.491		
合作學習 概念構圖	實驗組	35	17.060	1.347	10.106	0.000*
	控制組	30	13.389	1.582		

$A = 0.05$  (\*表示  $p < 0.05$ )

### 三、討論

表 8 顯示採用多維度概念圖教學之實驗組學生學習成績和採用 Novak 概念圖教學之控制組學生學習成績之獨立樣本 *t* 檢定結果，結果大致符合預期但也有些結果令研究者稍感意外。首先，單元一和單元三的實驗組多維度概念圖學習成效顯著優於控制組，此符合預期。由於多維度概念圖將學習單元階層化，讓每次的學習量都在學習者有限記憶容量下，進行循序漸進的學習，成效自然較傳統 Novak 概念圖的學習好。再則，此也符合多位學者在工作記憶 (working memory) 和有限記憶 (limited memory capacity) 的研究結果 (Baddeley & Hitch 1974; Cowan 2005)。

然而，比較意外的是，在單元二的學習中，兩組學生的學習成效並沒有顯著差異。研究者再跟此課程教學教師討論後，發現單元二的教材偏向物價和幣值的介紹和它們間的相對關係，沒有複雜的計量運算或數學方程式。相對於單元一和單元三，單元二是屬於簡單且不用太多記憶的單元，其概念構圖內容難度偏低且概念及連結語也較少，此可能是造成兩組學生在單元二學習成效沒有顯著差異的原因。雖然，兩組學生的學習成效在單元二並沒有顯著差異，但實驗組的成績還是比控制組高出 12.88% (8.082 vs. 7.016) 之多，顯示對於較為簡單的學習內容，多維度概念圖還是比傳統 Novak 概念圖較能幫助學生學習。若對照單元一和單元三，此二單元實驗組的平均成績分別比控制組成績分別高出 36.80% 和 20.80% 之多，顯示對於較為複雜的教學內容，多維度概念圖確實可以藉由多個簡單的小概念內容和藉由各概念間連結語的連結而成的階層圖，讓學生循序漸進，逐步吸收概念和知識。再根據總表 14 的個別學習概念構圖的結果來看，實驗組的成績明顯優於控制組 ( $p = 0.003$ )，且其進步幅度達 31.74% (9.929 vs. 7.537)。由上述的實驗統計分析和討論可得知，本研究的研究假說 H1：「運用多維度概念圖教學法於學習經濟學貨幣與金融章節的學生，在個人概念構圖評量上的表現顯著優於 Novak 概念圖教學法」獲得支持。

表 11 顯示採用合作學習之實驗組學生學習成績和採用 Novak 概念圖教學之控制組學生學習成績之獨立樣本  $t$  檢定結果。首先，對照於表 8，可以發現表 11 顯示：不管是實驗組或控制組，合作概念構圖的學習成績都比個人概念構圖來得好。再則，單元一和單元三的實驗組多維度概念圖合作學習成效明顯優於控制組的個人概念學習成效，此符合預期。在合作學習的氛圍下，學生必須互相信任和依賴以完成目標，許多研究都發現合作學習不僅可以提升學習者的學習動機，增進其參與程度，更可以提高其學習成效 (Dillenbourg 1999; Chiu 2008; Mitnik et al. 2009)。單元二的檢定結果，依舊出乎研究者的預期，實驗組和控制組的檢定結果並沒有達到統計上的顯著差異，但也接近了 ( $p = 0.074$ )。但如同在個人概念構圖的檢定結果，合作概念構圖的二組成績沒有達到顯著差異，主要是由於單元二的內容過於簡單。然而，若仔細觀察，還是可以發現實驗組的成績比控制組高出 11.31% (12.363 vs. 11.107)，顯示對於較為簡單的學習內容，合作式多維度概念圖還是比傳統 Novak 概念圖能幫助學生學習。而在單元一和單元三中，實驗組的成績分別比控制組成績高出 37.760% 和 28.95% 之多，顯示對於較為複雜的教學內容，合作概念構圖確實可以藉由同組成員的腦力激盪和分工合作，達到較個人概念構圖好的學習成效。再根據總表 14 的合作學習概念構圖的結果來看，實驗組的成績明顯優於控制組 ( $p = 0.000$ )，且其進步幅度達 27.42% (17.060 vs. 13.389)。由上述的實驗統計分析和討論可得知，本研究的研究假說 H2：「運用多維度概念圖教學法於學習經濟學貨幣與金融章節的學生，在合作概念構圖評量上的表現顯著優

於 Novak 概念圖教學法」，獲得支持。

在概念圖應用於教學的相關研究上，Chiou (2008 & 2009) 研究結果顯示：應用於大學會計學上，多維度概念圖對於學生的學習成效顯著優於 Novak 概念圖。Huang 等人 (2012) 的研究結果亦顯示：多維度概念圖對於高職學生學習會計學的學習成效亦顯著優於 Novak 概念圖。周懌吟 (2012) 的研究結果顯示：多維度概念圖對於高職學生學習計算機概論的學習成效顯著優於 Novak 概念圖。本研究的成果跟上述的概念圖應用於教學的研究成果，大致上呈現一致的結果，但本研究的合作概念構圖結果，則是目前文獻上極少出現的研究成果。

## 伍、結論、未來探討與研究限制

本研究運用多維度概念圖與傳統 Novak 概念圖進行高職經濟學的網路教學實驗，以探討兩種教學方式對學習者學習成效之差異。結果顯示，運用多維度概念圖的實驗組在學習成效上，比運用傳統 Novak 概念圖學習的控制組，有顯著差異。從認知負載的角度來看，學習者的學習成就跟其心智所需付出的努力有高度相關 (Hwang et al. 2011)；藉由有效的學習工具或優異的學習策略將可降低學習者的認知負載和心智努力，來提升其學習成就。Novak 概念圖的基本概念即是將相關概念加以整理後，以圖形方式呈現，企圖降低學習者的認知負載，以增進學習者的理解能力。而本研究的多維度概念圖改進並延伸 Novak 概念圖的概念，將原呈現於單一電腦螢幕的概念圖重新整理、結構並分割為多個小概念圖，以架構成一個知識概念階層圖，因而能比 Novak 概念圖更能降低學習者的認知負載和心智努力。而由實驗結果可得知，多維度概念圖是一個很有效的學習工具。再則，從 Tversky (2003) 的認知地圖來看，如何將學習內容內化並存入記憶，將決定學習者的學習能力。多維度概念圖是經由超連結將多個相關小概念相連結，以讓學習者可以先學習簡單的小概念，之後再進行加深或加廣的學習；如此的學習方式，將利於學習者將各小概念內容內化，以建立其認知地圖，增進其學習能力。

從合作學習的理論來看，合作學習可以有效的分享和整合每個學習者的想法、能力，並藉由互相激勵和督導工作進度，以達成共同目標 (Chiu 2000)。由合作概念學習的實驗結果可得知，運用合作學習概念構圖的實驗組學生成績顯著優於個別學習概念構圖的控制組成績，此證明合作學習對於學習者的學習成效有明顯助益。再則，Stahl (2004) 在其電腦輔助合作學習的研究結果上歸論：知識的建構是經由社交互動和相互交談所形成，也就是說合作學習並不是固定式的接受某一個人的意見，而是一個動態、持續進行和逐步演變的團隊合作結果。而本研究經由觀察學生們在合作多維度概念構圖的行為發現，新的概念節點的產生大都由組長發起，此可能是本研究在實驗設計上是以成績最好的同學擔任組長；而

在組長在畫出一個新節點和連接語後，她都會詢問同組其它同學的意見，以形成共識並進行修改成更完整的概念節點。

本研究的研究對象為高職二年級的學生，研究科目為經濟學。雖然在其他學科或其他年級的學生上，多位學者的研究顯示多維概念圖在學習成效上顯著優於 Novak 概念圖（Chiou 2008; Hwang et al. 2011; Huang et al. 2012）。但本研究的結果，目前尚無法將其實驗結果推論至其他年級的學生或其他地區的學生。再則，本研究為短期研究，研究結果是否可以推論到中長期研究，需要中長期實證教學研究的成果來證實。

在未來研究方向上，目前概念圖的教學方法已經應用於商科和自然科學課程（Chiou 2009; Hwang et al. 2011; Huang et al. 2012）。然而，將多維度概念圖應用於工程學科上的研究幾乎不存在。因此，研究者期待未來能夠進一步將多維度概念圖應用於工程學科。再則，智慧型手機和平板電腦的風行，以及行動通訊設備軟硬體的精進，帶動行動學習的風潮。因此，如何將多維度概念圖應用於行動學習上，將是一個具有前瞻性和實務性的重要研究議題。

## 參考文獻

- 余民寧（1997），*有意義的學習－概念構圖之研究*，商鼎文化出版社，台北。
- 林信廷（民 101），『不同學習輔助策略導入 wiki 網頁編輯對國中生理化科學習動機與學習成效之影響研究』，未出版碩士論文，國立台南大學教育學系科技發展與傳播研究所，台南市。
- 林筱雯（民 99），『運用概念構圖為後設認知工具於國小二年級自然科之行動研究』，未出版碩士論文，國立屏東教育大學數理教育研究所，屏東市。
- 周懌吟（民 101），『運用多維式概念圖建構協同學習課程體之研究』，未出版碩士論文，國立彰化師範大學資訊管理系所，彰化市。
- 高淑珍（2012），『以知識分享為中介變數探討學習動機、學習互動以及學習平台對協同學習滿意度的影響』，*商管科技季刊*，第十三卷，第一期，頁 75-98。
- 張基成（1998），『開發思考與創造力之知識建構工具與認知學習環境的探討：電腦的革新應用』，*教學科技與媒體*，第三十三期，頁 36-45。
- 張瑞賓（民 88），『具有開放式連結語的命題式屬性化概念構圖系統』，未出版碩士論文，國立臺灣師範大學資訊教育研究所，台北市。
- 張金淑（2005），『合作學習之理念與應用』，*教育研究月刊*，第一三一期，頁 45-60。
- 張春興（1994），*教育心理學：三化取向的理論與實踐*，東華書局，台北。
- 莊雅如（民 93），『以 Weblog 為基礎的合作學習之研究』，未出版碩士論文，國

- 立中興大學資訊科學研究所，臺中市。
- 郭炳辰（民 96），『利用改良式概念圖建置適性化課程體之研究』，未出版之碩士論文，國立彰化師範大學資訊管理學系所，彰化市。
- 黃華山、許莉雅、王怡舜、張振祥（2005），『網路課程體建構新方法』，*課程與教學季刊*，第八卷，第三期，頁 127-155。
- 劉羽倩（民 99），『結合色彩與概念圖之數位教材對學生學習高等會計學之影響』，未出版碩士論文，國立彰化師範大學會計學研究所，彰化市。
- 蕭瑞祥、謝明釗（2009），『運用知識地圖於數位學習教材設計之研究』，*資訊管理學報*，第十六卷，第一期，頁 163-180。
- Ailken, L.R. (1982), *Psychological Testing and Assessment*, (5<sup>th</sup> ed.), Allyn & Bacon, Boston, MA.
- Ausubel, D.P. (1963), *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, Grune & Stration, New York, NY.
- Ausubel, D.P. (1968), *Educational Psychology: A Cognitive View*, Holt, Rinehart & Winston, New York, NY.
- Baddeley, A.D. and Hitch, G.J.L. (1974), 'Working Memory', in Bower (Ed.), G.A. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Academic Press, New York, NY, Vol. 8, pp. 47-89.
- Chang, K.E., Sung, Y.T. and Chiou, S.K. (2002), 'Use of hierarchical hyper concept map in web-based courses', *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 27, No. 4, pp. 333-351.
- Chiou, C.C. (2008), 'The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests', *Innovations in Education and Teaching International*, Vol. 45, No. 4, pp. 375-387.
- Chiou, C.C. (2009), 'Effects of concept mapping strategy on learning performance in business and economics statistics', *Teaching in Higher Education*, Vol. 14, No. 1, pp. 55-69.
- Chiu, M.M. (2008), 'Flowing toward correct contributions during groups' mathematics problem solving: a statistical discourse analysis', *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 17, No. 3, pp. 415-463.
- Chiu, M.M. (2000), 'Group problem solving processes: social interactions and individual actions', *Theory of Social Behavior*, Vol. 30, pp. 27-50.
- Chiu, C.H., Huang, C.C. and Chang, W.T. (2000), 'The evaluation and influence of interaction in network supported collaborative concept mapping', *Computers & Education*, Vol. 34, No. 1, pp. 17-25.



- Cowan, N. (2005), *Working Memory Capacity*, Psychology Press, New York, NY.
- Dillenbourg, P. (1999), *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches, Advances in Learning and Instruction Series*, Elsevier Science, Inc., New York, NY.
- Goldsmith, T.E., Johnson, P.J. and Action, W.H. (1991), 'Assessing structural knowledge', *Journal of Educational Psychology*, Vol. 83, No. 1, pp. 88-96.
- Hsu, C.M. and Chang, I.H. (2011), 'The relationship between computer-based concept mapping and creative performance', *Asian Journal of Arts and Sciences*, Vol. 2, No. 1, pp. 16-36.
- Huang, H.S., Chiou, C.C., Chiang, H.K., Lai, S.H., Huang, C.Y. and Chou, Y.Y. (2012), 'Effects of multidimensional concept maps on fourth graders' learning in web-based computer course', *Computers & Education*, Vol. 58, No. 1, pp. 863-873.
- Hwang, G.J., Wu, P.H. and Ke, H.R. (2011), 'An interactive concept map approach to supporting mobile learning activities for natural science courses', *Computers & Education*, Vol. 57, pp. 2272-2280.
- Lin, S.C., Chang, K.E. Sung, Y.T. and Chen G.D. (2002), 'A new structural knowledge assessment based on weighted concept maps', *Proceedings of the International Conference on Computers in Education (ICCE 2002)*, Auckland, New Zealand, December 3-6, pp.679-680.
- Liu, C.C., Chen, H.S.L., Shih, J.L., Huang, G.T. and Liu, B.J. (2011), 'An enhanced concept map approach to improving children's storytelling ability', *Computers & Education*, Vol. 56, pp. 873-884.
- Miller, G.A. (1956), 'The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information', *Psychological Review*, Vol. 63, pp. 81-97.
- Mitnik, R., Recabarren, M., Nussbaum, M. and Soto, A. (2009), 'Collaborative robotic instruction: a graph teaching experience', *Computers & Education*, Vol. 53, No. 2, pp. 330-342.
- Novak, J.D. and Gowin, D.B. (1984), *Learning How to Learn*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Novak, J.D. (1990), 'Concept mapping: a useful tool for science education,' *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27, No. 10, pp. 937-949
- Slavin, R.E. (1983), *Cooperative learning*, New York: Longman.
- Slavin, R.E. (1996), 'Research on cooperative learning and achievement: what we know, what we need to know', *Contemporary Educational Psychology*, Vol. 21, No. 1, pp. 43-69.

- Stahl, G. (2004), 'Building collaborative knowing: elements of a social theory of CSCL', in Strijbos, J.W., Kirschner, P. and Martens, R. (Eds.), *What we know about CSCL: And implementing it in higher education*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, pp. 53-86.
- Towndrow, P.A. (2003), 'Extending the scope of tele-collaborative projects', *Language Learning & Technology*, Vol. 7, No. 3, pp. 160-163.
- Tversky, B. (2003), 'Structures of mental spaces: how people think about space', *Environment and Behavior*, Vol. 35, pp. 66-80.
- Waller, V. (2006), 'No Prior Knowledge,' *E\_learning Age*, Jul/Aug 2006, pp. 26-28.