

結合多媒體與概念圖教材設計對認知學習 效果之研究：以認知負荷為中介變項

田麗珠* 邱垂昌** 廖錦文***

摘要

本研究旨在探究教師使用結合多媒體與概念圖教材進行教學對學生認知學習之影響，並進一步探討認知負荷是否具有中介效果。教學實驗採用準實驗設計，研究對象為中部某大學商學院一年級兩班學生共計114人。資料分析方法採用單因子共變異數分析、Sobel的z檢定及路徑分析。實證結果如下：一、教師使用結合多媒體與概念圖教材進行教學，有助於降低學生認知負荷與提高學生學業成就；二、認知負荷對教師使用結合多媒體與概念圖教材進行教學對學業成就之影響具有中介效果。由本研究獲得的實證結果，建議授課教師可使用結合多媒體與概念圖教材進行教學，以降低學生在學習過程中的認知負荷，並能提高學生的學業成就。

關鍵詞：中介效果、多媒體、概念圖、認知負荷、學業成就

* 僑光科技大學觀光與休閒專業管理系助理教授，E-mail: lichu@ocu.edu.tw

** 國立彰化師範大學會計系教授（通訊作者），E-mail: ccchiou@cc.ncue.edu.tw

*** 國立彰化師範大學工業教育與技術學系教授，E-mail: tcwliao@cc.ncue.edu.tw

投稿日期：2017.03.10；修正日期：2017.09.01；接受日期：2017.09.04

DOI: 10.3966/2071260X2018011001004

Effect of Digital Materials with Combining Multimedia and Concept Maps on Cognitive Learning: A Mediating Effect of Cognitive Load

Li-Chu Tien^{*} Chei-Chang Chiou^{**} Chin-Wen Liao^{***}

Abstract

This study has two purposes: First, investigating the effect of teachers teaching using materials with combining multimedia and concept maps on students' cognitive learning. Second, examining whether cognitive load has a mediating effect on the relationship between teachers teaching using materials with combining multimedia and concept maps and students' cognitive achievement. A quasi-experimental design is used and the participants have total 114 from two freshmen classes at the business college of a university in mid Taiwan. Data analysis methods include a one-way analysis of covariance, a Sobel's z test and a path analysis. The empirical results as follows: 1. Teachers teaching using materials with combining multimedia and concept maps have a positive effect on reducing students' cognitive load and improving their learning achievement. 2. Cognitive load mediates the effect of teachers teaching using materials with combining multimedia and concept maps on students' cognitive achievement. Based on the empirical results obtained from this study, we suggest that instructors can use the materials of combination of multimedia and concept map to teach, which can reduce the

^{*} Assistant Professor, Department of Tourism and Recreation Management, Overseas Chinese University, E-mail: lichu@ocu.edu.tw

^{**} Professor (Corresponding Author), Department of Accounting, National Changhua University of Education, E-mail: ccchiou@cc.ncue.edu.tw

^{***} Professor, Department of Industrial Education and Technology, National Changhua University of Education, E-mail: tcwliao@cc.ncue.edu.tw

cognitive load of students in the learning process and hence can improve their academic achievement.

Keywords: mediating effect, multimedia, concept map, cognitive load, learning achievement

壹、緒論

多媒體教材具備有文字、圖片、聲音、影像、動畫及炫麗的聲光效果與動作等特性，故具有語音系統之功能。以往許多文獻證實，影音動畫可幫助記憶複雜概念的事實、關係及動態過程，且對於學習訊號傳遞過程有正面幫助（Holzinger, Kickmeier-Rust, & Albert, 2008; Schar & Zimmermann, 2007）。Mayer（2001）提出多媒體教學教材設計原則中的「分割原則」及「連貫原則」，可將整個章節及章節間的關聯與架構呈現於課堂教學，其中如難懂的抽象名詞、複雜概念則透過動畫的聲音、動作或圖像讓學習者更能很清楚理解。除此之外，研究也證實多媒體動畫教材具有生動活潑的特性，對於學習者的學習動機、滿意度、學習成效及訊息傳遞有正向影響（Mayer & Moreno, 1998; Mousavi, Low, & Sweller, 1995; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Wong et al., 2011）；另外，多媒體動畫也可幫助學習者理解複雜概念、澄清迷思概念、提升保留成效與學習成效（Dalacosta, Kamariotaki-Paparrigopoulou, Palyvos, & Spyrellis, 2009; Holzinger et al., 2008）。然而，多媒體學習環境下所呈現的教材內容具有過於艱深、步驟過於快速及學習環境過於吵雜等問題（周思畏、孫思源、朱四明，2000），導致學生容易迷失學習方向，增加認知負荷；此原因在於目前教學者製作多媒體教材僅考量技術，而忽略學生的認知層面與認知負荷（Holzinger et al., 2008）。

Ausubel（1968）認為人類認知歷程必須透過提綱挈領、漸進分化、層級學習、統整調和、含攝學習，這五個學習歷程需在認知網路結構中建立「關係網路」，亦即將舊概念與新概念串連起來形成網路結構知識，以幫助學生整合複雜的問題、事物的片段、零散的關係，建立知識表徵，讓學生更理解課程中各章節間複雜概念的連結關係，以完成有意義的學習（meaningful learning）。首先，「提綱挈領」是溝通與啟發學生認知結構的一種橋梁（余民寧，1997），能將學習者認知結構中已知的概念與教師教授給他的概念做連結；當學生所學習的概念愈來愈多時，他們會發現某些包含更廣的高階層概念可以用來含攝一些較窄的概念，此時「層級學習」已經開始；而學生若知道較窄及較低階層的概念只是含攝在較廣及較高階層概念下的特例時，表示學生已開始進行「含攝學習」；當學生發現學到的新概念與原本其認知結構中的舊概念有衝突時，就會開始自我澄清及調和，最後進行整合，此為「統整調和」；在統整調和過程中，新概念的意義會逐漸精緻化與類別化的進行區分，而讓新概念與既有認知結構間的連結更有意義，表示學生已在進行「漸進分化」學習（余民寧，1997）。在上述學習歷程後，學生就能體會新概念對他們具

有什麼意義，此時即是進行所謂的有意義的學習。

概念圖被認知心理學家視為是學習者學習知識的有效方法 (Novak, Gowin, & Johansen, 1983)，其具有提綱挈領、漸進分化、層級學習、統整調和及含攝學習的優點 (邱垂昌, 2006)，可幫助學生在記憶中建立關係網路，亦即將舊概念與新概念串連以形成網路結構知識，統整複雜問題及事物片段之關係，使學生能理解課程中各章節複雜概念之間的連結關係，有利於學習成效的提升 (Novak et al., 1983)。因此，概念圖是一個非常適合建構認知層面教學教材的工具，以往研究也證實概念圖對學生的學習成效有正面效果 (Chiou, Tien, & Lee, 2015; Huang et al., 2012)。然而，傳統概念圖教材最令人詬病的是過多概念與複雜圖形呈現，易形成學習者視覺的混淆，以及過度使用視覺等單一管道而忽略人類在處理資訊時係使用多重管道 (Mousavi et al., 1995)，因而造成學習者的認知超荷 (Chiou et al., 2015)。另外，傳統黑白的概念圖教材，也很難吸引學生的注意力及學習動機 (Chiou, Lee, & Liu, 2012; Misanchuk, Schwier, & Boling, 2000)。色彩是人類知覺與記憶建構的基礎單位之一，相較於黑白教材，彩色的教材更能有效引起學生的注意及提高學習動機，並能促進學生長期記憶 (Misanchuk et al., 2000; Pett & Wilson, 1996)。Chiou等人 (2012) 也驗證使用彩色概念圖教材比黑白概念圖教材更能提升學生的學業成就。

多媒體教材的缺點為提供過多的影音、動畫刺激等無關或多餘訊息，因而增加學習者的認知負荷 (Mayer, Lee, & Peebles, 2014)；而傳統Novak概念圖 (Novak & Gowin, 1984) 之缺點為單一黑白概念圖呈現過多的概念連結，在此複雜的內容環境下連續提供學生知識訊息，容易導致學生的工作記憶區超出負荷而造成訊息處理受到阻礙，致使學業成就不佳及學習動機低落 (Chiou et al., 2012; Chiou et al., 2015; Tindall-Ford et al., 1997)。為改善上述多媒體教材與傳統概念圖教材的缺點，本研究嘗試運用雙碼理論 (dual-coding theory)、Mayer多媒體學習的SOI (selecting-organizing-integrating) 認知模型、色彩理論及整合多媒體教材與多維度概念圖 (Huang et al., 2012) 建構多媒體會計學教材；並驗證教師利用此教材進行教學是否能有效提升學生的學業成就及降低認知負荷影響學業成就。

根據Paas與Van Merriënboer (1994) 及Sweller (1989) 的研究指出，認知負荷對學業成就有很大的影響，影響認知負荷的來源有認知能力、認知型態、先備知識經驗、教學環境、時間壓力、噪音、溫度、複雜度、學習內容、多媒體展現方式、教材編排方式、學習程序等，皆對教師的教與學生的學習有很大的影響，身為教育工作者宜加以重視。故本研究除探討結合多媒體與概念圖教材對學業成就影響之外，更進一步探討此一教材是否能降低學生的認知負荷，以及學習教材是否能透過

降低認知負荷進而提升學生的學業成就，以期提供予從事實務教學的教師良好的教學教材。

因此，本研究嘗試探討兩個問題：

一、教師使用結合多媒體與概念圖教材，是否對降低學生的認知負荷與提升其學業成就具有顯著正面效果？

二、認知負荷是否對教師使用結合多媒體與概念圖教材對學業成就之影響具有中介效果？

貳、文獻探討

一、多媒體教材設計、認知負荷與學習成效

目前大專學生對於會計學的學習反映往往是感到枯燥無趣、困難、不易理解，導致認知負荷提高（王興芳、陳美紀、許連中，2010；Edmund & Madalyn, 2016）。學生在學習會計學最難理解的是交易事項辨認、會計科目使用、借貸方向、調整、評價等事項，這些概念是抽象難懂的。上述複雜概念透過多媒體的動畫、文字、圖像、聲音、影像等工具可幫助學生在學習過程中清楚學習到重要概念（Holzinger et al., 2008）。許多學者認為，多媒體可理解複雜概念與澄清迷思概念，提升學生的學習成效（Dalacosta et al., 2009; Tindall-Ford et al., 1997）。然而，多媒體教材與教學活動設計若未能考慮認知負荷因素而不斷提供學生知識訊息，會使工作記憶區超出負荷，造成訊息處理受阻，降低學習成效（Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998）。張基成與雷洛（2011）指出，教學者在設計教學教材時必須做好多媒體的呈現，才能幫助學生將知識訊息轉變成基模儲存於長期記憶，並認為良好的教材開發與教學活動設計的呈現才能自動化建立學生的基模，以降低訊息在工作記憶區所產生的負荷。因此，若無法透過有效的教材設計減少認知負荷，對學生而言是一種額外的負荷，當提供的知識訊息超過學生的認知負荷容量時，將會降低其學習成效（Brüken, Plass, & Leutner, 2003）。因此，多媒體教材設計的良好會影響學生的認知負荷，而學生的認知負荷是否超載也會影響其學習成效。

二、概念圖教材、認知負荷與學習成效

概念圖為教學、學習及教材的良好工具，係由美國康乃爾大學學者J. D. Novak與其同僚依據Ausubel（1963）的認知學習同化理論發展而成。概念圖是一種在兩

個向度上表徵概念與概念間階層關聯性的圖示技術 (Novak & Gowin, 1984)，由兩個概念節點及概念間的連結語而成命題，並以網路階層的方式呈現，亦即一般性、概括性的概念排在上層，較特殊、具體的概念則排在下層，而最下層往往是最具體的範例。此外，概念叢集與概念叢集之間可透過「橫向連結」加以連結，其不同概念叢集間的連結，可代表概念上的創新或新詮釋 (Chiou, 2008, 2009; Novak & Gowin, 1984)。概念圖被證實是從事有意義學習之良好工具 (Chiou, 2008, 2009)。

概念圖透過圖形表徵的方式可輕易統整課程中所有知識的呈現 (Chiou, 2008, 2009)，是非常適用於建構個人認知層面的教學教材工具。以往研究也證實概念圖教材對學生的學習動機及學習成效有正面效果 (邱垂昌、黃華山、謝佳惠, 2004; Chang, Sung, & Chen, 2002; Huang et al., 2012)。

然而，Novak概念圖是以二維平面的模式來表徵知識建構，涵蓋過多概念與複雜圖形，易造成學生的認知超荷 (邱垂昌等, 2004; Huang et al., 2012)。因此，本研究使用Huang等人 (2012) 提出的多維度概念圖模式，透過網路超連結的特性建置多維度概念圖教材，並根據Miller (1956) 提出的人類短期記憶容量限制為 7 ± 2 個區塊 (chunks)，將課程主題概念圖中的單元概念節點做適當地分類及重組，以簡化維持同一時間螢幕上呈現之概念節點在5至9個之間，避免過多的概念混淆學習者的視覺印象 (Huang et al., 2012)，以有效降低學生的認知負荷及提升學習成效 (邱垂昌等, 2004; Huang et al., 2012; Noel & Trebuq, 2005)。

多維度概念圖係透過網路超連結的技巧，將相關聯的各主題概念整合在一起加以分類和重組，以有系統及層級式的方式呈現。由圖1可見概念A (畫面一) 與概念B (畫面二) 或概念C (畫面三) 之間存在相關概念。學生在主學習區學習A概念的過程中，可能會發現其概念與B或C概念有關。因此，運用超連結功能經由多維度概念圖進行加廣學習。亦可進行加深延伸性的學習，如圖1畫面四中的概念d為概念A教材的加深學習部分，在概念A中說明到概念d時，只包含到概念d初步的介紹。若學習者已具備概念A的整體知識，欲繼續深入了解概念d的相關知識時，藉由概念d的超連結功能，便可更進一步地加深學習。同理，學習者亦可藉由畫面五概念e的超連結功能來加深學習概念e的相關知識。將原本個別平面概念圖中較複雜與困難的知識抽離出來，存放在其他維度中，並以簡化知識的圖示方式，讓學習者達到加深和加廣的學習效果 (江憲坤、黃華山、王怡舜、施威佑、蔡佳芳, 2013; Huang et al., 2012)。

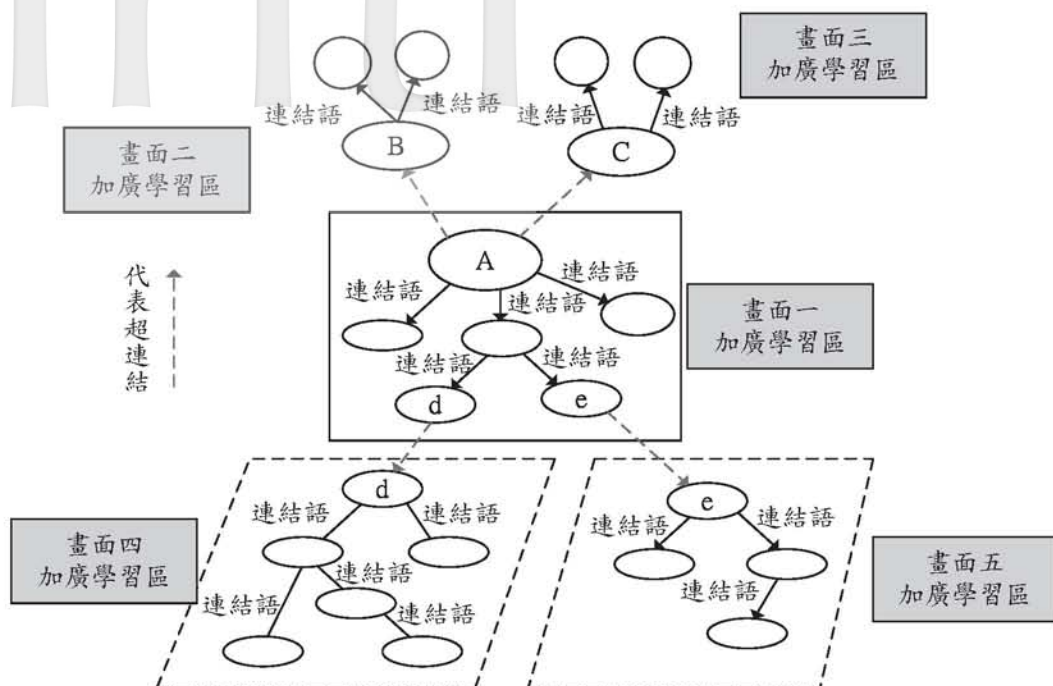


圖1 加廣與加深延伸學習之概念圖。引自以概念圖評量方試探討多維度概念圖學習成效之研究，江憲坤、黃華山、王怡舜、施威佑、蔡佳芳，2013，資訊管理學報，20（3），頁321。

參、研究設計

一、從認知學習探究結合多媒體與概念圖教材設計的理論基礎

本研究以雙碼理論、Mayer多媒體學習認知模型、色彩理論、認知負荷理論為理論架構，這些理論已經許多實驗證實並提出教學設計原則，故可作為本研究教材設計的重要理論。茲將上述理論介紹如下。

（一）雙碼理論

人類的認知包含語文（verbal）與圖像（imagens）系統。個人在回憶訊息內容時，會自動檢索兩大系統，即「參照連結」（Paivio, 1986）。雙碼理論強調圖像效果，認為圖像刺激可產生影像碼與語文碼，而文字刺激只能產生語文碼，且影像碼會有較強的記憶痕跡，特別是具體概念的學習更是如此（周珮儀，2015）。Holzinger等人（2008）、Thompson與Mcgill（2008）指出，教材同時呈現視覺和聽覺管道會比只有單一呈現視覺或聽覺管道好。單一管道呈現教材容易造成訊息

在有限的資源相互競爭造成認知超載，而另一訊息管道卻擱置未使用，形成浪費（Deimann & Keller, 2006）。許多研究證實，雙碼管道同時運作有助於降低認知負荷，並對訊息整合與提供回憶時的線索有正面助益（Mayer & Moreno, 1998; Mousavi et al., 1995; Tindall-Ford et al., 1997）。



本研究運用上述雙碼理論原則，同時利用聽覺與視覺管道呈現會計訊息，如以7-11便利商店舉例說明買賣業的經營型態時，先以7-11廣告聲音吸引學生的注意，同時以  圖像（教育部，2012）呈現，並出現「買賣業」之文字訊息，如此一來，學生就會同時形成圖像與語文心智模型。當學生看到  圖像（教育部，2012）模型，心智上就聽到7-11廣告聲音；或是聽到7-11廣告聲音就會呈現買賣業型態的心智轉換，即進入工作記憶形成語文與圖像心智模型（吳瑞源、吳慧敏，2008）。如圖2所示。



圖2 結合多媒體與概念圖之會計學教材

（二）Mayer 多媒體學習的 SOI 認知模型

Mayer多媒體學習的SOI認知模型的S（select）乃是指選擇新資訊，亦即當學習的新資訊從感官記憶接收傳送至工作記憶區時，資訊會被篩選，在此階段，教材發展關鍵在於引起學習者注意及選擇資訊的策略；O（organize）乃是指組織新資訊，當新資訊經過篩選進入工作記憶區後，會在工作記憶區反覆進行組織重整，以

形成緊密的連結架構，在此階段，教材發展需協助學習者建立因果鏈的連結關係；I (integrate) 乃是指整合先備知識與新資訊成為長期記憶的一部分，在此階段，教材發展需協助學習者從長期記憶擷取先備知識，並與新資訊進行整合 (Mayer, 1996)。Mayer (2001) 提出多媒體學習認知理論包含：1. 圖文雙軌假設：訊息由感官記憶進入工作記憶時，文字訊息經由耳朵和眼睛接收，以文字模式軌道處理；圖像訊息透過眼睛接收，以圖像模式軌道處理，此雙軌間的訊息可以相互轉換 (周珮儀, 2015)；2. 有限容量假設：視覺或聽覺系統中能夠處理的訊息平均容量是 7 ± 2 個區塊，且只能同時處理2至3個要素，一個區塊代表一個工作記憶單位；3. 主動處理假設：個體會主動進行認知處理歷程，對其經驗到的訊息透過選擇、組織、整合，主動建構和以往知識結合的心智表徵，以產生有意義的學習。

運用Mayer多媒體學習的SOI認知模型，本研究呈現「購貨」概念如圖3所示，開始先呈現聲音 (百貨公司聲音)、隨後圖像 (仕女購貨圖像)、最後文字教材，再透過學生感官讓聲音、圖像與文字進入認知處理系統；若訊息被注意，則部分被挑選進入工作記憶進行組織，組織後的圖像訊息進入圖像模式，文字訊息進入文字模式；再將輸入材料和原有先備知識及經驗 (如百貨公司購貨經驗) 連結整合。因此，語文和圖像同時呈現，有利選擇、組織、整合的認知處理程序，幫助學生參照兩者及建立連結 (周珮儀, 2015; Moreno & Mayer, 2000)，並與個人先備知識或經驗整合，有助於訊息進入長期記憶 (Chiou, 2008, 2009; Novak & Gowin, 1984)。




圖3 購貨會計制度之多媒體概念圖

（三）認知負荷理論

認知負荷係指學習者對教材內容設計及教材呈現所感受到的心智負荷與心智努力的負荷程度（Paas, Renkl, & Sweller, 2003）。認知負荷來源有（Sweller et al., 1998）：1. 內在認知負荷，是指教材內容難度所產生的認知負荷；2. 外在認知負荷，是指教材呈現的方式及學習活動會造成不同程度的認知負荷，如多媒體呈現過多的圖像和文字，則外部認知負荷將加重（Bruning, Schraw, & Norby, 2004）；3. 增生認知負荷，是藉由教材設計吸引學習者努力專注於教材內容，並建構基模將知識儲存於長期記憶所增加的認知負荷。

多媒體教材設計在近年的發展趨勢是採取降低外在認知負荷，管控內在認知負荷及提高增生認知負荷（Sweller et al., 1998）。劉世雄（2010）提出兩個多媒體教材設計原則：1. 減低內部認知負荷：在教學設計或教學活動呈現時，為了減低內部認知負荷，需將複雜的學習任務分割成幾個較為簡單或訊息較少的學習任務型態；2. 減低外部認知負荷：教材內容的理解是藉由先前已知的知識表徵進行推論，學生可藉由先前知識指引對教材訊息產生知覺和注意（Bruning et al., 2004）。Mayer與Moreno（2003）指出，多媒體教材設計的目的主要在降低內在與外在認知負荷及提高增生負荷；亦即較佳的多媒體教材設計，乃是幫助學習者降低不必要的外在認知負荷，利用教材分割原則管控學習者的內在認知負荷，並設計多媒體教材吸引學習者努力提高學習效果。

基於認知負荷理論，本研究結合多媒體與概念圖教材設計的原則，幫助學習者降低內在與外在認知負荷。利用多維度概念圖降低內在認知負荷，主要設計乃是根據分割原則及連貫原則，將多維度概念圖教材進行由淺至深及由窄至廣的分割，讓每個電腦畫面中的概念維持在 7 ± 2 個區塊，藉以管控學習者的內在認知負荷（Huang et al., 2012）。再利用結合多媒體與概念圖進行教材設計，藉以降低學習者的外在認知負荷，多媒體動畫的設計原則係利用動畫來引起學生注意力，但這些動畫必須與學習的材料有直接關係，例如，買賣業使用  或其內部商品櫃的圖片及7-11的廣告聲音，用以刺激學習者運用生活中的記憶與新學習的買賣業知識之整合能力，以幫助學習者能快速記憶，並降低學習的外在認知負荷。

（四）色彩理論

色彩對視覺感官的刺激會早於其他感官產生記憶。在選用教材的色彩時，通常會選用一個背景色，一個背景前所顯示的物件或是文字的顏色，以及一個用來強調特定訊息用的顏色之組合。物件與背景對比的基本法則是以淺色背景配深色物件，或以淺色物件配深色背景（張霄亭，2002）。再利用色度鮮豔的顏色來標示重

點以吸引注意力，並產生情緒反應 (Pett & Wilson, 1996)。如本研究說明存貨基本觀念 (圖3)，第一層為基本篇，色彩為深藍色；第二層為藍色，最後第三層為淡藍色，以藍色系列作為區塊設計來分類同屬性並以深淺作為階層關係，由深至淺的顏色或是由暗到亮的顏色順序讓內容具有高低層次，藉以強調概念圖之階層關係，讓抽象的認知結構能具體化、階層化，以達到記憶的效果 (Kemp & Smellie, 1989)。Chiou等人 (2012) 的實證即顯示利用階層性顏色安排的概念圖比起黑白概念圖及傳統線性教材，較能提升學生的學習成效。本研究所使用的顏色有淡藍、藍色、深藍、淡黃、黃色、粉紅、棕色等色系，如圖3及圖4所示。如營業費用為粉紅色系、非營業費用為棕色系、銷貨成本為藍色系等做叢集關係；而以顏色深淺做階層關係。

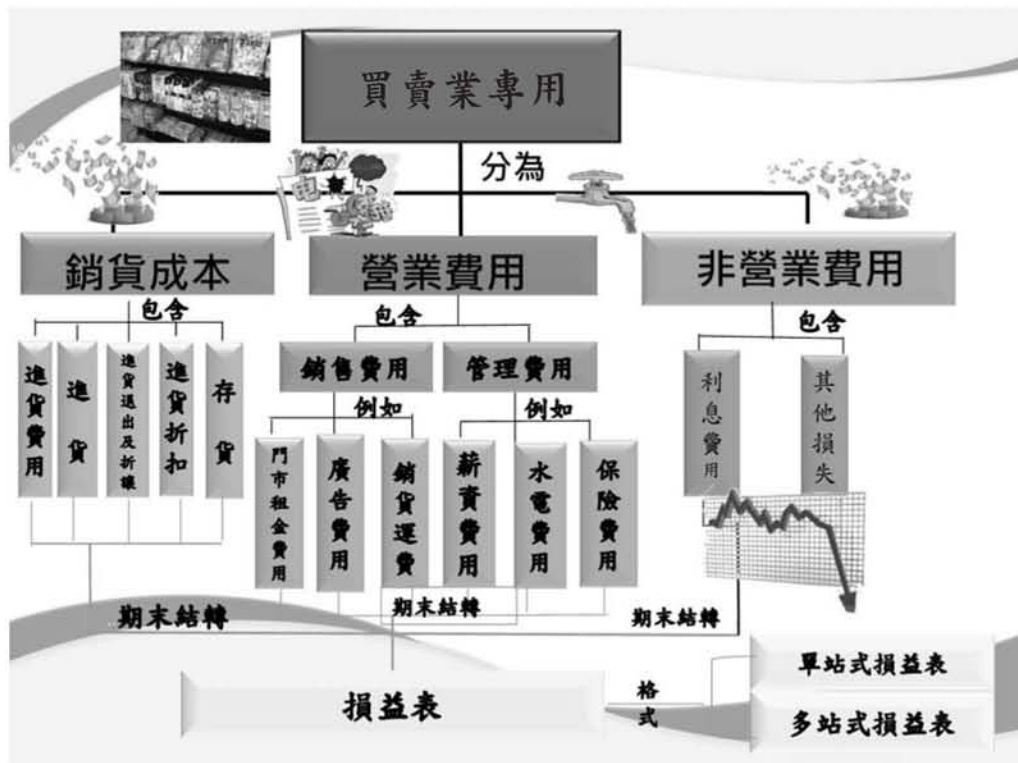


圖4 多媒體與概念圖教材——色彩範例 (總圖)

二、多媒體與概念圖教材設計

實驗教材內容係運用上述說明之理論建構，並參考Kimmel、Weygandt與Kieso (2015) 所著《會計學IFRS》，涵括買賣業、存貨兩單元，其中買賣業分成9個小

單元、存貨為10個小單元，並邀請校內外會計教師兩人、動畫專家兩人及課程專家一人進行專家審查與修改。每一會計概念採用立體方框搭配文字方塊作標示，方框大小以 2.65×6.8 cm和 3.8×6 cm方塊為主，字體大小則以24-32 pt為主，每一方塊與每一畫面，均以概念圖形式建構，且以色彩設計並加圖像、音效與動畫。色彩理論運用於建構群集與階層關係，係利用以同色彩系列建立群集關係，而以深、淺、亮、暗的顏色建構概念階層關係（Chiou et al., 2015）。

各文字概念圖均搭配日常生活中學生熟悉的影音與圖像而建構，其影音與動畫停留時間不超過10秒鐘，如圖2以買賣業為命題，說明買賣業的會計紀錄可分為收入（以存入錢筒的圖像及聲音呈現）與費用（以現金流出的圖像及收銀機結帳的聲音呈現），「分為」的連結語作為第一層與第二層的連結；接著第三層是銷貨成本、營業費用、非營業費用，「營業費用」以水費及電費收據為圖像，呈現繳交水電費就像炸彈一樣，以疲勞轟炸作為聲音呈現；「非營業費用」是非本業務所發生的費用或損失，以股市的曲線圖及電腦遊戲購入股票時的音效呈現。若教材有範例時如圖5所示，利用「超連結」進入另一畫面進行學習，以不超過Miller的 7 ± 2 個區塊限制。教材運用生活圖片、聲音等特性，使教材呈現明確並與實務結合幫助理解與記憶，可降低認知負荷，更能儲存於個人長期記憶中（Anderson, 1987; Holzinger et al., 2008）。而教材呈現方式是採手控撥放方式，讓學生有充足的時間從每一個片段中學習，避免連續撥放方式，因內容的呈現速度快，學生可能來不及吸收相關訊息，下一段訊息隨即開始，將使得學生無足夠時間進行訊息的處理而使學習受阻（Mayer & Moreno, 2003）。

三、傳統概念圖教材製作——控制組使用

傳統概念圖教材製作與上述結合多媒體與概念圖教材相同，如教材內容（買賣業、存貨兩單元）、立體方框搭配文字方塊、方框大小、字體大小、每一方塊與每一圖片亦均以概念圖形式建構，並以手控方式撥放；不同的是，傳統概念圖教材無色彩作為階層與群集關係、無影音動畫，如圖6所示。除此之外，傳統概念圖教材設計與播放，也與結合多媒體與概念圖教材同樣運用超連結功能執行分割原則設計（亦即Huang 等人（2012）的多維度概念圖），如圖7所示利用連結語「包含」將費用垂直連結營業費用，再利用超連結功能進行下個頁面的銷售費用及管理費用等兩個命題的學習，但僅有文字、圖片無學生所熟悉日常生活的影音與圖像。

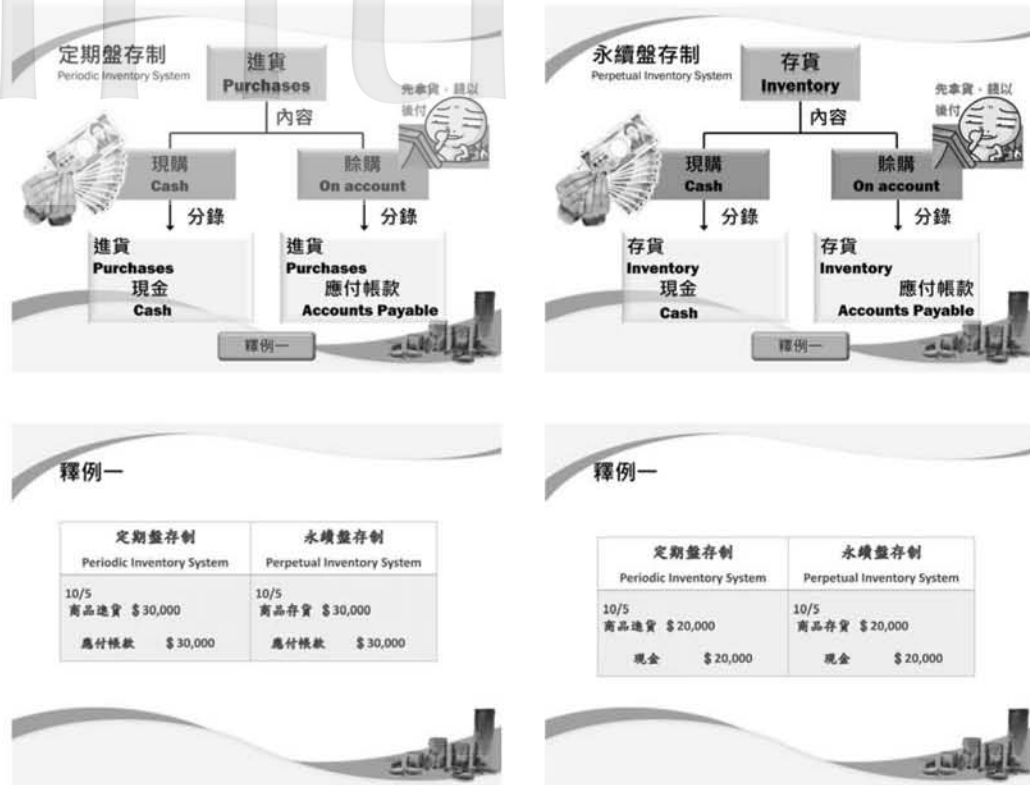


圖5 結合多媒體與超連結教材

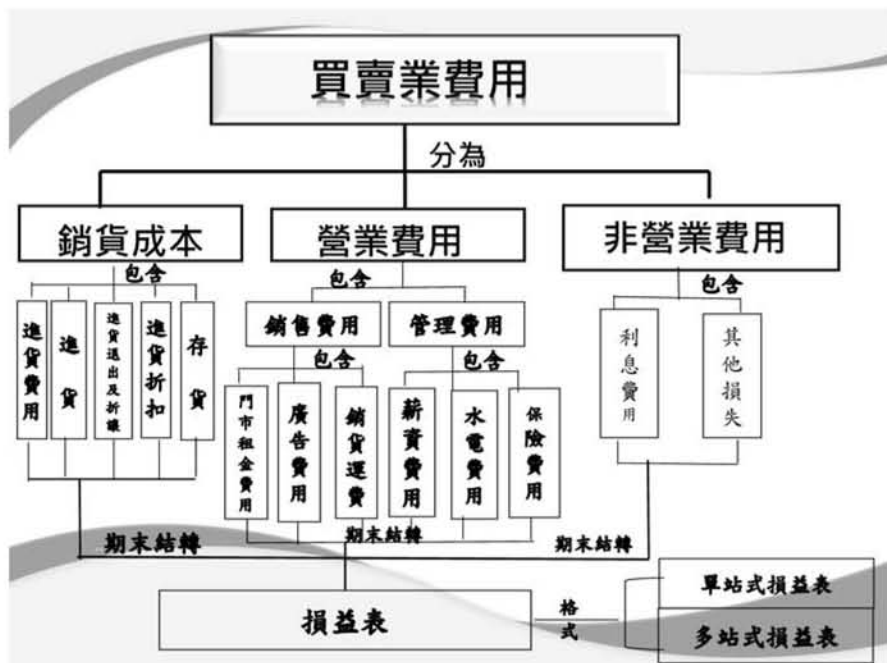
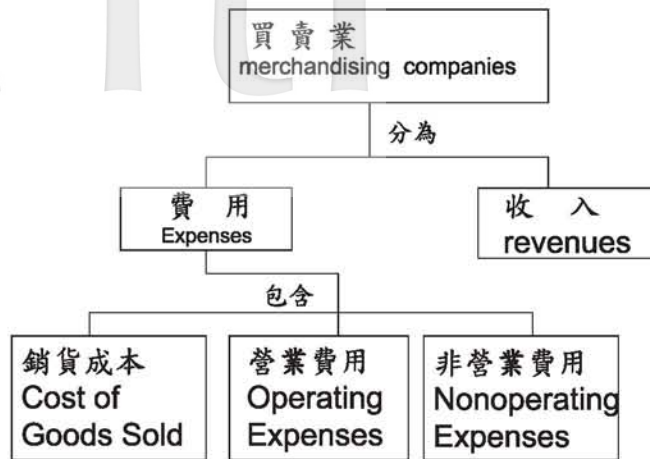


圖6 傳統概念圖教材——總圖範例



回總表

1

圖7 傳統概念圖教材——範例

四、研究架構

在實驗處理上為避免影響實驗結果，茲將教學環境控制如下：（一）前測：兩組學生皆為大學管理學院一年級學生，先接受四個相同會計單元的教學，再進行相同前測測試其會計先備知識；（二）授課教師：實驗組與控制組之授課教師均由同一教師擔任；（三）授課時數與進度：兩組之授課時數與進度相同；（四）教學內容：兩組學生學習相同會計學課程內容；（五）測驗工具：兩組皆使用相同的評量試題，並由相同的教師擔任評分工作，教師具有多年會計學教學經驗。研究架構如圖8所示。

五、研究工具

（一）研究對象

實驗對象為中部某私立大學商學院一年級修習會計學的兩個班級共計114人，分成實驗組56人，女性30人、男性 26人；控制組58人，女性34人、男性 24人。本研究採準實驗設計，進行6週18小時的實驗教學，並參考 Chiou（2009）採用控制組前後測設計。

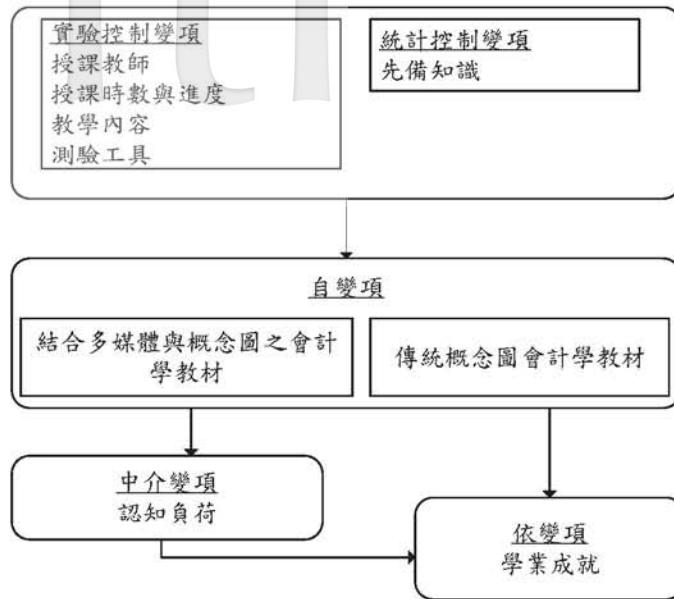


圖8 研究架構

(二) 工具

1. 學業成就試題

試題是採用會計學試題題庫，以前三章的分錄、過帳、試算、調整等單元作為前測試題編製範圍，而以買賣業及存貨兩個單元作為後測試題編製範圍，前後測試題皆擷取25題選擇題。試題採專家及內容效度，由會計學教學豐富的資深教師兩位討論有關試題的適切性與文辭用語的正確度並修飾，經由知識、理解、應用、分析的雙向細目表進行試題內容分析，再由一所私立大學管理學院學生進行預試，以試題難易度及鑑別度為刪選標準，前後測試題最後皆刪選5題，各保留20題作為正式試題。前後測兩份試題分析結果為：難易度 .44至 .71，達到 .40至 .80標準；鑑別度為 .42至 .68，達到 .25以上標準 (Ebel & Frisbie, 1991)；KR-20信度分別為 .82及 .85。

2. 認知負荷量表

本研究認知負荷量表係使用Burkes (2007) 改編自Paas (1992) 的認知負荷心智努力問卷，以心智負荷、心智努力及心智表現三因素評估學習者的認知負荷 (Paas & Van Merriënboer, 1994)。此量表為李克特九點式量表，共有三道題目，例如，心智努力的題目為：「在解決與學習買賣業與存貨單元會計課程時，我投入了多少努力」；評分標準從「非常非常多的努力」到「非常非常少的努力」，依序為9至1分。分數愈高表示認知負荷程度愈高；反之則愈低。認知負荷量表的信、效

度分析結果為，各分量表與總量表的相關值介於 .86至 .87之間，達統計顯著水準， $p < .01$ ；解釋變異量為 75.99%，Cronbach's α 係數為 .84，可見本量表具有良好之信、效度。

六、研究實施

教學實驗分為三階段。第一階段為準備階段，包含：（一）編製與設計多媒體概念圖教材，並邀請校內外會計教師兩人、動畫專家兩人及課程專家一人進行審查與修改，故教材內容具有專家效度；（二）編製認知負荷量表及學業成就前後測驗預試試題，並利用某私立大學管理學院已修過會計學的學生實施預試，進行信、效度檢驗及篩選試題。第二階段為前測階段，包含：（一）教師利用線性數位教材以傳統講授式授課方法對兩組學生進行分錄、過帳、試算、調整等單元之授課，共計 8週 24小時；（二）四個單元授課結束後隔週，兩組學生皆接受相同的學業成就前測試題之測驗及填答認知負荷量表，以檢視兩組學生對會計學的認知負荷程度及會計基礎能力。第三階段為正式實驗階段，包含：（一）實驗組使用結合多媒體與概念圖之會計學教材進行教學，對照組使用傳統概念圖會計學教材進行教學，內容為買賣業與存貨兩個單元，實驗教學為期 6週 18小時；（二）實驗教學結束後隔週，兩組學生皆接受相同的學業成就後測試題之測驗及填答認知負荷量表。

七、路徑分析

Shrout與Bolger（2002）及Sobel（1982）提出下述迴歸模式說明中介效果，如圖9所示。

$$Y = \beta_0 + cX + \mu \quad (1)$$

$$M = \alpha_0 + aX + \varepsilon \quad (2)$$

$$Y = \beta_0 + c'X + bM + \mu \quad (3)$$

其中，中介效果 = $c - c' = a \times b$ ，若顯著異於 0，表示加入中介變項後，自變項的效果被削弱了，即具有中介效果。

在迴歸式（1）中，當自變項X與依變項Y有顯著關係存在，但中間沒有中介變項，則當c之路徑係數達顯著時，則為直接效果。在迴歸式（3）中，當探討自變項X與依變項Y之關係時，存在中介變項M，若X會透過中介變項M影響依變項Y時，則具有中介效果；此時若（3）式中的c'之路徑係數較（1）式中的直接效果c之路徑係數顯著為小，則表示加入中介變項M後，其直接效果削弱了，亦即具有中介或間接效果。

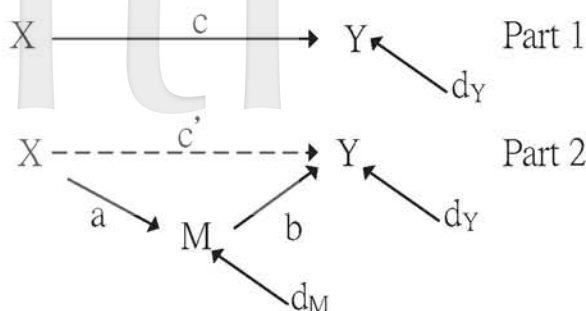


圖9 中介效果示意圖。引自“Mediation in Experimental and Nonexperimental Studies: New Procedures and Recommendations,” by P. E. Shrout and N. Bolger, 2002, *Psychological Methods*, 7(4), p. 423. doi:10.1037/1082-989X.7.4.422

迴歸分析方法只能探討路徑係數的影響是否達到顯著，無法做迴歸中介係數顯著性檢定，故本研究採取Sobel（1982）之Sobel test公式檢定方法，考驗中介效果是否顯著，公式如下：

$$z = \frac{a \times b}{\sqrt{\sigma_a^2 \times b^2 + \sigma_b^2 \times a^2}}$$

σ^2 為迴歸係數標準誤的平方，在 $\alpha = .05$ 下， z 值 > 1.96 ，表示有中介效果。

肆、研究結果與討論

一、研究結果

（一）教師使用不同教材教學對學生認知負荷之影響差異分析

本研究目的之一在了解教師使用不同教材（結合多媒體與概念圖教材vs.傳統概念圖教材）進行教學之學生認知負荷是否有所差異。實驗組與對照組學生的認知負荷敘述統計如表1所示。由表1可知，在實驗前，實驗組接受傳統線性教材教學，在學習8週後，學生填答的認知負荷平均分數為11.89分，而在接受結合多媒體與概念圖教材教學，學習6週後，學生再次填答的認知負荷平均分數為10.41分；由接受傳統線性教材教學改為接受結合多媒體與概念圖教材教學後，認知負荷平均分數降低1.48分。

而在實驗前，對照組接受傳統線性教材教學，在學習8週後，學生填答的認知負荷平均分數為12.07分，而在接受傳統概念圖教材教學，學習6週後，學生再次填答的認知負荷平均分數為12.17分；由接受傳統線性教材教學改為接受傳統概念圖教材教學後，認知負荷平均分數提高0.1分。

表1
實驗組與對照組實驗前後認知負荷分數之敘述統計

變數	實驗組		對照組		<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	平均數	標準差	平均數	標準差			
認知負荷分數							
實驗前	11.89	2.43	12.07	1.89	-0.43	.668	0.10
實驗後	10.41	1.99	12.17	1.98	-4.75	.000**	0.89

註：實驗組56人，對照組58人。Cohen's *d* = (控制組平均分數-實驗組平均分數) / 控制組標準差。

***p* < .01

接受結合多媒體與概念圖教材教學的實驗組認知負荷前測分數為11.89分，後測分數為10.41分；而接受傳統概念圖教材教學的對照組認知負荷前測分數為12.07分，後測分數為12.17分。兩組認知負荷前測平均分數差異的 $t = -0.43$ ， $p = .668$ ，效果值為Cohen's $d = 0.10$ ，兩組前測分數為極小差異；兩組認知負荷後測平均分數差異的 $t = -4.75$ ， $p < .01$ ，效果值為Cohen's $d = 0.89$ ，兩組後測分數具有高度差異。

進一步比較實驗組與對照組在接受各自教材教學之差異。由表2可知，實驗組在接受結合多媒體與概念圖教材教學後，相對於之前使用傳統線性教材教學，認知負荷分數降低1.48分，達統計顯著水準， $t = 3.81$ ， $p < .01$ ，效果值為Cohen's $d = 0.61$ ，達中度差異，顯示利用結合多媒體與概念圖教材教學相較於利用傳統線性教材教學，更能降低學生認知負荷。而對照組在接受傳統概念圖教材教學後，相較於之前使用傳統線性教材教學，認知負荷分數提高0.1分，但未達統計顯著水準， $t = -0.28$ ， $p = .78$ ，效果值為Cohen's $d = -0.05$ ，並無差異效果，顯示利用傳統概念圖教材教學與利用傳統線性教材教學，對學生認知負荷之影響並無差異。綜合上述結果可知，教師運用結合多媒體與概念圖教材教學相較於運用傳統概念圖教材及傳統線性教材教學，對於降低學生認知負荷較有助益。

表2
學生在接受不同教材教學前後之認知負荷分數成對性差異比較

班別	認知負荷分數差異	標準誤	<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
實驗組	1.48	0.39	3.81	.000**	0.61
對照組	-0.10	0.37	-0.28	.780	-0.05

** *p* < .01

由於學生在教學實驗前對會計學之認知負荷有差異（實驗組認知負荷前測分數為11.89分，對照組認知負荷前測分數為12.07分），故以認知負荷前測為共變異數，以使用不同教材教學之兩組學生為自變數，以認知負荷後測為依變數，使用單因子共變異數分析進行資料分析。在使用單因子共變異數分析前必須先檢視迴歸係數是否違反同質性假設，統計分析結果顯示，不同教材與前測交互項並未達顯著水準， $F = 0.84$ ， $p = .574$ ，代表未違反同質性假設，故進一步執行共變異數分析，結果如表3所示，其中不同教材此一自變數達統計顯著水準， $F = 22.12$ ， $p < .01$ ，表示教師使用不同教材進行教學會影響學生的認知負荷。此結果顯示，在排除認知負荷的前測分數影響後，接受結合多媒體與概念圖教材教學的實驗組之認知負荷明顯低於接受傳統概念圖教材教學的對照組。

表3

學生接受不同教材教學之認知負荷差異單因子共變異數分析

來源	SS	df	MS	F	p	η^2
校正後的模式	89.78	2	44.89	11.36	.000**	0.17
截距項	407.65	1	407.65	103.20	.000**	0.48
前測	1.35	1	1.35	0.34	.559	0.03
不同教材	87.39	1	87.39	22.12	.000**	0.17
誤差	438.47	111	3.95			
校正後的總數	528.25	113				

** $p < .01$

（二）教師使用不同教材教學對學生學業成就之影響差異分析

本研究目的之二在了解教師使用不同教材（結合多媒體與概念圖教材vs.傳統概念圖教材）進行教學之學生學業成就表現是否有所差異。實驗組與對照組學生的學業成績敘述統計如表4所示。由表4可知，接受結合多媒體與概念圖教材教學的實驗組學業成績前測分數為58.75分，後測分數為70分；而接受傳統概念圖教材教學的對照組學業成績前測分數為58.28分，後測分數為56.38分。兩組學業成績前測平均分數差異的 $t = 0.21$ ， $p = .838$ ，效果值為Cohen's $d = 0.04$ ，兩組前測分數無差異；兩組學業成績後測平均分數差異的 $t = 4.16$ ， $p < .01$ ，效果值為Cohen's $d = 0.71$ ，兩組後測分數具有中度差異。因此，實驗組使用結合多媒體與概念圖教材後的學習成效比控制組使用傳統概念圖教材的學習成效很明顯表現較佳。

表4
實驗組與對照組實驗前後之學業成績敘述統計

變數	實驗組		對照組		<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	平均數	標準差	平均數	標準差			
學業成績							
前測	58.75	12.91	58.28	11.79	0.21	.838	0.04
後測	70.00	15.52	56.38	19.14	4.16	.000**	0.71

註：實驗組56人，對照組58人。Cohen's *d* = (實驗組平均分數 - 對照組平均分數) / 對照組標準差。

***p* < .01

由於學生在教學實驗前對會計學之能力有差異（實驗組學業成績前測分數為58.75分，對照組學業成績前測分數為58.28分），故以學業成就前測為共變異數，以使用不同教材教學之兩組學生為自變數，以學業成就後測為依變數，使用單因子共變異數分析進行資料分析。在使用單因子共變異數分析前必須先檢視迴歸係數是否違反同質性假設，統計分析結果顯示，不同教材與前測交互項並未達顯著水準， $F = 2.94$ ， $p = .089$ ，代表未違反同質性假設，故可進一步執行共變異數分析，結果如表5所示，其中不同教材此一自變數達統計顯著水準， $F = 17.89$ ， $p < .01$ ，表示教師使用不同教材進行教學會影響學生的學業成績。此結果顯示，在排除學業成就的前測成績影響後，接受結合多媒體與概念圖教材教學的實驗組之學業成績明顯優於接受傳統概念圖教材教學的對照組。

表5
學生接受不同教材教學之學業成績差異單因子共變異數分析

來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
校正後的模式	6124.98	2	3062.49	10.21	.000**	0.16
截距項	27735.08	1	27735.08	92.45	.000**	0.45
前測	839.19	1	839.19	2.80	.097	0.03
不同教材	5365.633	1	5365.633	17.89	.000**	0.14
誤差	33300.46	111	300.00			
校正後的總數	3945.44	113				

***p* < .01

(三) 不同教材、認知負荷與學業成就的路徑分析結果

1. 不同教材、認知負荷與學業成就的中介效果

圖10顯示不同教材與認知負荷的標準化路徑迴歸係數 $a = -.449$ ， $p < .01$ ，達統計顯著水準，表示不同教材對認知負荷有顯著差異之影響；認知負荷與學業成就的標準化路徑迴歸係數 $b = -.938$ ， $p < .01$ ，達統計顯著水準，顯示學生的認知負荷對學業成就有顯著負面影響。當加入認知負荷的中介變項後，不同教材與學業成就的標準化路徑迴歸係數 $c' = -.055$ ， $p > .05$ ，未達到統計顯著水準，顯示不同教材對學業成就並無顯著差異之影響。上述實證結果表示，不同教材與學業成就之關係因加入認知負荷之中介後，直接效果已經消失，僅剩中介效果，亦即具有完全中介效果。由此可得知，不同教材會透過認知負荷影響學業成就，亦即使用不同教材的學生需透過認知負荷的降低才能提高學業成就。



圖10 不同教材、認知負荷與學業成就之路徑圖

** $p < .01$

2. 檢定中介變項效果

由於不同教材對認知負荷之未標準化路徑係數為 $a = -2.211$ ，標準差為 0.416 ，而認知負荷對學業成就之未標準化路徑係數為 $b = -7.09$ ，標準差為 0.324 。則如下式計算出Sobel的檢定統計量為 $z = 5.17 > z_{0.025} = 1.96$ ，達統計顯著水準。因此，認知負荷對不同教材與學業成就之關係具有顯著中介效果。

$$z = \frac{(-2.221) \times (-7.09)}{\sqrt{(0.416)^2 \times (-7.09)^2 + (0.324)^2 \times (-2.221)^2}} = 5.17$$

考量本研究樣本數過少，導致估計結果有過大誤差，故再使用bootstrapped (Efron, 1988) 方法重新抽樣，將測試樣本量提升至1,000個，進行重新檢定分析。分析結果顯示，Sobel的檢定統計量 $z = 4.75 > z_{0.025} = 1.96$ ，達統計顯著水準，表示確實具有中介效果。可確認之結果為，學生使用不同教材（結合多媒體與概念圖教材vs.傳統概念圖教材）會造成認知負荷有顯著差異，而學生的認知負荷會負向影響其學業成就。因此，本研究實證結果顯示，當學生使用結合多媒體與概念圖教材

相較於使用傳統概念圖教材，有顯著較低的認知負荷，進而能提升其學業成就。

$$z = \frac{(-2.221) \times (-7.09)}{\sqrt{(0.432)^2 \times (-7.09)^2 + (0.555)^2 \times (-2.221)^2}} = 4.75$$

二、討論

本研究結果顯示，學生使用結合多媒體與概念圖之教材比使用傳統概念圖教材，對其認知負荷之降低較有幫助；而使用結合多媒體與概念圖教材對其學業成就之幫助，乃係透過其認知負荷之降低而產生的效果。多媒體教材之主要效果乃是能促使教學內涵詮釋得更簡要清楚及生動，以激發學生注意力（Mayer, 2001），但若設計不當或呈現太過豐富的資訊，會加重學生認知負荷及分散學習注意力，反而可能產生負面效果（Birgit, 2005; Zhao & Okamoto, 2011）。因此，在多媒體教材設計過程中，必須考慮對學生認知負荷之影響（Sweller et al., 1998）。Mayer與Moreno（2003）指出，為降低學習者的認知負荷，簡化多媒體教材是必要的，譬如減少與學習資源無關的動畫等不必要的有趣刺激物（seductive details）、減少同時呈現過多的動畫與文字（會提高視覺負擔）等。Fiorella與Mayer（2016）則明確指出，概念圖及繪圖是促進多媒體學習的SOI模式與降低認知負荷的好方法之一。本研究實證結果亦支持此論點。

傳統概念圖的優點乃是可將各種雜亂與零碎的概念和先備訊息做有系統的知識網路整合（Chiou, 2008, 2009），如此可降低學生因線性文字教材過於複雜及零散的文字內容而產生額外的認知負荷（Huang et al., 2012），因而有機會降低學生在學習過程中的認知負荷；然而，概念圖若呈現過多的概念與連結，此龐大而複雜的圖形也會超過人類短期記憶容量的限制（Baddeley, 1992; Miller, 1956）。因此，Huang等人（2012）及Chiou等人（2015）皆建議使用多維度概念圖教材，實證結果亦驗證能達到提升學生學習成效之效果；其次，概念圖是以文字圖片之單一視覺系統方式呈現，容易產生訊息互相競爭有限資源的問題，可能造成部分訊息無法有效被處理而增加學習者的認知負荷，因而產生學習不佳之結果。以往研究如邱垂昌與陳瑞斌（2000）應用概念圖於會計研究中，即發現有71%的學生因概念圖太過複雜而造成學習的不適應。因此，本研究加入與學習資源有關的有趣生活動畫及音效（聽覺系統）在多媒體教材中，藉以降低學習過程中僅使用單一視覺系統而造成認知負荷的提高。以往文獻Mousavi等人（1995）與Tindall-Ford等人（1997）即指出，以聽覺與視覺模式呈現多媒體教材比以單一模式呈現更能有效地提高工作記憶。因此，本研究結果支持使用動畫與概念圖結合之多媒體教材相對於傳統概念圖

教材，更能幫助學習者降低其學習過程的認知負荷，進而提高其學業成就。

本研究結合多媒體與概念圖之教材設計有以下特性，能降低學習者在學習過程中的認知負荷，進而提升學習者的學習成就：


（一）教材設計的分割原則可改善短期記憶容量限制

多維度概念圖設計每一多媒體畫面不超過人類認知容量限制的 7 ± 2 個區塊（Miller, 1956），教材係參考Mayer多媒體分割原則來降低內在認知負荷（Mayer & Moreno, 2003）。本研究設計的多媒體概念圖教材利用多媒體之超連結功能將教材內容分解成初階、進階與範例等數個單元，單元內容學習係循序漸進、由淺入深，可讓學生了解課程中各章節間複雜概念的連結關係與整個章節的架構，以協助學生降低學習過程的認知負荷。Chiou等人（2015）及Huang等人（2012）皆證明相對於傳統複雜的概念圖教材及傳統線性文字教材，此教材更能幫助學生學習。

（二）以日常生活熟悉的動畫刺激吸引學生注意，幫助進入其記憶中的訊息處理模式

每一個會計概念皆是以學生所熟悉的生活經驗、生活圖像、時尚音樂廣告和流行的圖像或動畫作為輔助記憶效果（Chiou et al., 2015），並將與會計概念攸關的動畫緊密結合，符合Mayer與Moreno（2003）的整合性呈現（integrated presentation）原則，能幫助降低學習者的認知負荷（Mayer & Moreno, 2003; Moreno & Mayer, 1999），進而提高學生的學習成就與長期記憶（Chiou et al., 2015）。每個概念方塊以色彩作為階層關係來吸引學生注意，讓學生接觸到有效的外來刺激時能主動選擇訊息進入短期記憶進行訊息處理，並藉由結構化概念圖工具組織與整合會計知識以儲存於長期記憶。此運用色彩於概念圖教材之效果與Chiou等人（2012）之實證結果一致。

（三）教材設計有助於降低訊息處理中的語意與視覺（雙碼）系統互爭有限資源之問題

人類擁有語音、視覺兩套彼此互動但又獨立處理不同類別資訊的系統，這兩套系統同時運作有助降低處理資訊的認知負荷，若僅用視覺呈現教材容易造成訊息互相競爭有限資源的問題，導致訊息處理時的認知超荷（Mayer, 2003; Mayer & Moreno, 2003）。本研究的多媒體與概念圖教材內容呈現方式是以不同的視覺與聽覺系統接受同一知識訊息，如在介紹買賣業時，以  廣告圖像及聲音吸引學習者從視覺及聽覺系統進入訊息處理模式，搭配以「買賣業」文字及概念圖方塊進入語意與視覺系統進行訊息處理，此方法可幫助學習者充分應用語音與視覺兩大訊息處理系統進行訊息的接收與處理，將有助於降低互爭有限資源的問題，進而降低學習

者的認知負荷，提升學習者的學習成效。本研究實證結果亦證實此一效果。

伍、結論與建議

一、結論

對於初學會計的學生而言，存貨與買賣業的會計流程較難理解、不易學習，身為教育者如何幫助學生學習是非常重要的，而適當的會計教材又是決定學生學習認知負荷及學習成效的關鍵要素（Chen, Huang, Chen, & Chiou, 2003; Chiou, 2009）。因此，本研究旨在設計適當的會計學教材以幫助學生降低學習過程的認知負荷及提高其學業成就。本研究使用結合多媒體與多維度概念圖建構會計學數位教材，並比較結合多媒體與多維度概念圖及僅多維度概念圖等兩種數位教材對學生學習之助益，兩種教材之差異在於結合多媒體與多維度數位教材多加入多媒體學習的技術，包含以色彩作為階層與群集關係及加入影音、動畫等技術，藉以探討此一數位教材對學生學習是否有幫助。

本研究結果指出，使用結合多媒體與概念圖會計學教材確實較能降低學生在學習過程中的認知負荷，進而提升其學習成效。因本教材運用多媒體動畫與超連結功能及顏色理論設計具動畫及色彩的多維度概念圖，將原本龐大而複雜的知識依其難易程度，分解成數個概念圖，每個方塊包含了文字、圖形、動畫、聲音、影像與色彩，其圖像、聲音與影片係來自於學生的生活周遭題材，新鮮有趣、生動活潑，並與學習資源有關，讓學生能專心致力於教材活動，克服過於單調式、缺乏趣味的教材；其次，呈現方式是將同一訊息以不同視覺與聽覺兩個系統呈現，幫助學生增加記憶容量、減少認知負荷。多媒體概念圖教材之特色乃是利用動畫音效刺激聽覺系統引起學生反應與注意，隨之運用概念圖結構化的特質將整個章節架構予以系統化與組織化儲存於長期記憶，幫助學生減少認知負荷、增加記憶容量，獲得有效學習；此教材可克服傳統概念圖教材呈現圖示要素過多、過於複雜、過於單調式、缺乏趣味教材（魏良丞，2012），以及語音、視覺（雙碼）系統互爭有限資源產生學習者的認知負荷等缺點（Chiou et al., 2015）。

二、建議

近年來，多媒體教學已逐漸普及；然而，大部分網路教材仍是以傳統線性或教科書上網的數位教材呈現，因而造成認知超荷、學習迷失與知識結構無法整合等網路學習問題（Huang et al., 2012）。本研究設計結合多媒體與概念圖教材係依據人

類訊息處理、雙碼理論及Miller (1956) 與Baddeley (1992) 之人類短期記憶限制理論進行開發設計，使得內容更為簡單、清晰，學習者更能整合其知識結構，將每一概念搭配多媒體圖像、動畫及聲音，有助於吸引學生注意，並以不同的視覺與聽覺系統呈現同一知識訊息，以降低學生的認知負荷及增強學習效果。基於本研究發現，結合多媒體與概念圖之多媒體教材應是值得發展成為輔助教材開發的工具。

三、研究限制

本研究之限制有：（一）受限於學生班級數之緣故，僅有實驗對照各一組，只能比較具動畫及色彩的多維度概念圖教材與無動畫及色彩的多維度概念圖教材，故無法單獨探討動畫、色彩及維度差異之影響，此為本研究一大限制；然而，以往文獻已比較過維度及色彩對概念圖教材之差異影響（Chiou et al., 2015; Huang et al., 2012），故能彌補本研究之不足。（二）本研究以管理學院修習會計學的兩班學生為研究對象，其他學術領域及科目是否有同樣效果，由於並無直接測試，故外部效度有所限制。（三）本研究屬於準實驗設計，其效度仍較真實驗設計差，但應用於實際教學場合，卻能比真實驗設計更貼近實務。

參考文獻

- 王興芳、陳美紀、許連中（2010）。技術學院會計學原則導向教材設計與實驗。教科書研究，3（1），73-107。
- 【Wang, H.-F., Chen, M.-C., & Sheu, L.-C. (2010). A design and experiment for principle-based teaching materials for accounting at colleges of technology in Taiwan. *Journal of Textbook Research*, 3(1), 73-107.】
- 江憲坤、黃華山、王怡舜、施威佑、蔡佳芳（2013）。以概念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，20（3），315-340。
- 【Chiang, H.-K., Huang, H.-S., Wang, Y.-S., Shih, W.-Y., & Tsai, C.-F. (2013). The study of learning effects by using multidimensional concept map with concept mapping assessment. *Journal of Information Management*, 20(3), 315-340.】
- 余民寧（1997）。有意義的學習——概念構圖之研究。臺北市：商鼎文化。
- 【Yu, M.-N. (1997). *Meaningful learning-research of concept mapping*. Taipei, Taiwan: Shinning Culture.】
- 吳瑞源、吳慧敏（2008）。動畫教材之學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效與學習時間影響之研究。師大學報：科學教育類，53（1），1-26。

doi:10.6300/JNTNU.2008.53(1).01

【Wu, R.-Y., & Wu, H.-M. (2008). The impact of animated instructional material's learner control modes and multimedia modality combinations on learning effectiveness and learning time. *Journal of National Taiwan Normal University: Science Education*, 53(1), 1-26. doi:10.6300/JNTNU.2008.53(1).01】

邱垂昌（2006）。應用概念構圖學習策略於商業會計學之研究——合作學習抑或個別學習。高雄師大學報，21，87-104。

【Chiou, C.-C. (2006). Applying concept mapping learning strategy to business accounting: Collaborative or individual. *Journal of National Kaohsiung Normal University*, 21, 87-104.】

邱垂昌、陳瑞斌（2000）。應用概念構圖於會計教學與評量之實證研究。政治大學學報，81，37-67。

【Chiou, C.-C., & Chen, J.-P. (2000). The study of application of concept mapping to instruction and achievement evaluation in accounting. *National Chengchi University Journal*, 81, 37-67.】

邱垂昌、黃華山、謝佳惠（2004）。以超媒體輔助之概念圖建構教學教材之實證研究——以會計存貨教材為例。國立臺北師範學院學報，17（2），57-84。

【Chiou, C.-C., Huang, H.-S., & Hsieh, J.-H. (2004). Applying hypermedia assisted concept maps to construct accounting inventory teaching material. *Journal of National Taipei Teachers College*, 17(2), 57-84.】

周思畏、孫思源、朱四明（2000）。遠距教學的應用——進修推廣教育教師與學員的探索性研究。中華管理評論，3，123-134。

【Chou, S.-W., Sun, S.-Y., & Ju, S.-M. (2000). Long distance learning application: Exploratory on continuing education teachers and students. *Web Journal of Chinese Management Review*, 3, 123-134.】

周珮儀（2015）。從認知心理學探究教科書插圖設計及其教學轉化。教科書研究，8（2），139-174。

【Chou, P.-I. (2015). Exploring changes in the design of textbook illustrations and their use in teaching and learning from a cognitive psychological perspective. *Journal of Textbook Research*, 8(2), 139-174.】

教育部（2012）。高中職資訊科技融入教學資源網。取自<http://hsmaterial.moe.edu.tw/file/bus/bus4-2-1-1/swf/4-2-1-1-1-1.swf>

【Ministry of Education. (2012). *General and vocational high school into teaching*

resources network. Retrieved from <http://hsmaterial.moe.edu.tw/file/bus/bus4-2-1-1/swf/4-2-1-1-1.swf>】

張基成、雷洛（2011）。無所不在學習環境下媒體呈現方式對英語聽力與認知負荷之影響。《教育與心理研究》，34（3），85-121。

【Chang, C.-C., & Lei, H. (2011). The effect of media presentation mode on English listening comprehension and cognitive load in the ubiquitous learning environment. *Journal of Education & Psychology*, 34(3), 85-121.】

張霄亭（2002）。《教學媒體與學習科技》。臺北市：雙葉書廊。

【Chang, S.-T. (2002). *Instructional media and technologies for learning*. Taipei, Taiwan: Yeh Yeh Book Gallery.】

劉世雄（2010）。運用高層次認知策略於數位多媒體教學之研究。《課程與教學》，13（2），155-188。

【Liu, S.-S. (2010). A study of applying high-level cognitive strategies to digital multimedia instruction. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 13(2), 155-188.】

魏良丞（2012）。以質性方法探討概念圖應用於會計學之研究（未出版之碩士論文）。國立彰化師範大學，彰化市。

【Wei, L.-C. (2012). *The study of concept map applying for accounting course via qualitative method* (Unpublished master's thesis). National Changhua University of Education, Changhua, Taiwan.】

Anderson, J. R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, 94(2), 192-210. doi:10.1037//0033-295X.94.2.192

Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, NY: Grune & Stratton.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.

Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559. doi: 1126/science.1736359

Birgit, B. (2005). *Adaptation of learning spaces: Supporting ubiquitous learning in higher distance education*. Retrieved from <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2005/371>

Brüken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61. doi:10.1207/S15326985EP3801_7

Bruning, R. H., Schraw, G. J., & Norby, M. M. (2004). *Cognitive psychology and*

- instruction* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Burkes, K. M. E. (2007). *Applying cognitive load theory to the design of online learning* (Unpublished doctoral dissertation). University of North Texas, Denton, TX.
- Chang, K.-E., Sung, Y.-T., & Chen, I.-D. (2002). The effect of concept mapping to enhance text comprehension and summarization. *Journal of Experimental Education, 71*(1), 5-23. doi:10.1080/00220970209602054
- Chen, M.-C., Huang, S.-H., Chen, W.-Y., & Chiou, C.-C. (2003). Using concept mapping in accounting learning. *Delta Pi Epsilon Journal, 45*(2), 133-143.
- Chiou, C.-C. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and Teaching International, 45*(4), 375-387. doi: 10.1080/14703290802377240
- Chiou, C.-C. (2009). Effects of concept mapping strategy on learning performance in business and economics statistics. *Teaching in Higher Education, 14*(1), 55-69. doi:10.1080/13562510802602582
- Chiou, C.-C., Lee, L.-T., & Liu, Y.-Q. (2012). Effect of novak colorful concept map with digital teaching materials on student academic achievement. *Procedia – Social and Behavioral Science, 64*, 192-201. doi:10.1016/j.sbspro.2012.11.023
- Chiou, C.-C., Tien, L.-C., & Lee, L.-T. (2015). Effects on learning of multimedia animation combined with multidimensional concept maps. *Computers & Education, 80*(3), 211-223. doi:10.1016/j.compedu.2014.09.002
- Dalacosta, K., Kamariotaki-Paparrigopoulou, M., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). Multimedia application with animated cartoons for teaching science in elementary. *Computers & Educations, 52*(4), 741-748. doi:10.1016/j.compedu.2008.11.018
- Deimann, M., & Keller, J. M. (2006). Volitional aspects of multimedia learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 15*(2), 137-158.
- Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Edmund, G., & Madalyn, S. (2016). I study accounting because I have to: An exploratory study of hospitality students' attitudes toward accounting education. *Journal of Hospitality & Tourism Education, 28*(2), 85-94.
- Efron, B. (1988). Bootstrap confidence intervals: Good or bad. *Psychological Bulletin, 104*(2), 293-296. doi:10.1037/0033-2909.104.2.293
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Effects of observing the instructor draw diagrams on

learning from multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 528-546. doi:10.1037/edu0000065

- Holzinger, A., Kickmeier-Rust, M., & Albert, D. (2008). Dynamic media in computer science education; content complexity and learning performance: Is less more? *Educational Technology & Society*, 11 (1), 279-290.
- Huang, H.-S., Chiou, C.-C., Chiang, H.-K., Lai, S.-H., Huang, C.-Y., & Chou, Y.-W. (2012). Effects of multidimensional concept maps on fourth graders' learning in web-based computer course. *Computers & Education*, 58(3), 863-873.
- Kemp, J. E., & Smellie, D. C. (1989). *Planning, producing, and using instructional media* (6th ed.). New York, NY: Harper & Row.
- Kimmel, P. D., Weygandt, J. J., & Kieso, D. E. (2015). *Financial accounting: Tools for business decision making* (8th ed.). New York, NY: John Wiley & Sons Inc.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368.
- Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8(4), 357-371. doi:10.1007/BF01463939
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139. doi:10.1016/S0959-4752(02)00016-6
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing system in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 312-320. doi:10.1037/0022-0663.90.2.312
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Education Psychologist*, 38(1), 43-52. doi:10.1037/0022-0663.88.1.64
- Mayer, R. E., Lee, H., & Peebles, A. (2014). Multimedia learning in a second language: A cognitive load perspective. *Applied Cognitive Psychology*, 28(5), 653-660. doi:10.1002/acp.3050
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97. doi:10.1037/h0043158
- Misanchuk, E., Schwier, R., & Boling, E. (2000). Discourse on designing an illustrated

hypermedia book. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(3), 223-251.

- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). Engaging students in active learning: The case for personalized multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), 724-733. doi:10.1037/0022-0663.92.4.724
- Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319-334. doi:10.1037/0022-0663.87.2.319
- Noel, C., & Trebucq, S. (2005). Accounting education and business ethics after Enron: The European illusion. *International Journal of Accounting, Auditing and Performance Evaluation*, 2(4), 414-425.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Novak, J. D., Gowin, D. B., & Johansen, G. T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434. doi:10.1037/0022-0663.84.4.429
- Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122-133. doi:10.1037/0022-0663.86.1.122
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4. doi:10.1207/S15326985EP3801_1
- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pett, D., & Wilson, T. (1996). Color research and its application to the design of instructional materials. *Educational Technology Research and Development*, 44(3), 19-35.
- Schar, S. G., & Zimmermann, P. G. (2007). Investigating means to reduce cognitive load from animations: Applying differentiated measures of knowledge representation. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(1), 64-78.

- Shrout, P. E., & Bolger, N. (2002). Mediation in experimental and nonexperimental studies: New procedures and recommendations. *Psychological Methods*, 7(4), 422-445. doi:10.1037/1082-989X.7.4.422
- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic confidence intervals for indirect effects in structural equation models. In S. Leinhardt (Ed.), *Sociological methodology* (pp. 290-312). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 457-466. doi:10.1037/0022-0663.81.4.457
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-297.
- Thompson, N., & McGill, T. J. (2008). Multimedia and cognition examining the effect of applying cognitive principles to the design of instructional materials. *Educational Computing Research*, 39(2), 143-159. doi:10.2190/EC.39.2.c
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology*, 3(4), 257-287. doi:10.1037/1076-898X.3.4.257
- Wong, A., Marcus, N., Ayres, P., Smith, L., Cooper, G. A., Paas, F., & Sweller, J. (2011). Instructional animations can be superior to statics when learning human motor skills. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 339-347. doi:10.1016/j.chb.2008.12.012
- Zhao, X., & Okamoto, T. (2011). Adaptive multimedia content delivery for context-aware u-learning. *International Journal Mobile Learning and Organization*, 5(1), 46-63. doi:10.1504/IJMLO. 2011.038691