多媒體教學在教師學習數位教材製作之探討

陳明溥　　張瓊方
國立臺灣師範大學資訊教育研究所
mpchen@ice.ntnu.edu.tw　　is87014@cis.nctu.edu.tw

摘要

本研究旨在探討多媒體教學設計與電腦先備知識對在職教師數位教材製作成效之影響。研究樣本為 66 位參加教師研習活動之在職教師，依參加研習期別分派為圖文學習組與多媒體學習組；電腦先備知識則分為高先備知識組與低先備知識組。

研究發現：(1)在數位教材教學設計成效方面，多媒體教學╳電腦先備知識交互作用未達顯著，多媒體學習組顯著優於圖文學習組；高先備知識組也顯著優於低先備知識組；(2)在數位教材之工具軟體運用成效方面，多媒體教學╳電腦先備知識交互作用未達顯著，多媒體學習組與圖文學習組之間並無顯著差異；但高先備知識組顯著優於低先備知識組；(3)在學習態度方面，學習者對教學活動之滿意度與教材工具之幫助度均呈現正向的態度。

關鍵詞：網路學習，多媒體教學、數位教材製作

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of multimedia design on in-service teachers' e-Learning courseware productions. Participants were assigned to either the multimedia-learning group or the on-line-learning group according and were identified as high prior computer knowledge or low prior computer knowledge.

The results showed that the on-line-learning group outperformed the multimedia-learning group on the courseware instructional design, and the high prior knowledge group outperformed the low prior knowledge group. The analyses on the utilization of production tools showed that the multimedia-learning group performed as well as the on-line-learning group, however, the high prior-knowledge group outperformed the low prior-knowledge group. Finally, participants showed positive attitudes toward the received multimedia learning and the helpfulness of production tools.

Keywords: Web-based learning, Multimedia learning, e-Learning courseware production

1. 前言

隨著資訊科技快速地發展，世界各國都以提升全民之資訊素養為重要的教育政策之一(Jo, 1996; Zanconi, Moroni, & Senas, 1995)。教育部(2001)為了提升我國數位學習的環境，在「中小學資訊教育總藍圖」將「教材全面上網，各學習領域均擁有豐富且具特色之教學資源」列為重要之發展目標。然而，針對現職教師運用資訊與網路能力於教學的調查發現，僅有約 20%的教師能運用資訊科技與網路於教學活動中(李雪莉, 2000)；而且相關研究也顯示，教師才是有效應用科技資訊、促進教學成效的關鍵因素(張雅芳, 2001; Bitner & Bitner, 2000; Dwyer, 1996)。因此，如何幫助教師了解數位科技的特性，設計合適的教材以有效幫助學習是值得探究的問題。

本研究主要探討的議題包括：不同型態的多媒體學習活動對在職教師學習數位教材設計專題製作之影響？教師本身的電腦先備知識差異，是否會影響其多媒體學習之成效?

2. 文獻探討

2.1 資訊處理理論

資訊處理理論(information processing theory)的目的是為解釋人類在環境中，如何經由感官察覺、注意、辨識、轉換、記憶等內在心理活動，吸收運用知識的歷程(張春興, 1997)。資訊處理理論所著重的是刺激與反應在學習者內在心智活動的歷程，所以學習者是主動的找尋與搜集資訊，而非只是被動的接受刺激(Schunk, 1996)。因此，人類在處理所接收的資訊時具有下列特徵(Klatzky, 1980)：(1) 資訊處理是階段性的，不同階段的功能不一、品質也不盡相同；(2) 人類的資訊處裡方式在某種程度上可用電腦處理資料的流程做類比；(3) 資訊處理時包含所有認知活動，如接收、練習、思考、問題解決、記憶、遺忘、及想像等動作(Shuell, 1986)。所以資訊處理的流程模式是由人類對環境中的刺激經過感官收錄後，如果進一步處理就會加以注意，並將刺激進行編碼轉換成另一種資訊進入短期記憶體，在其中採取分解、複習等方式來處理資訊，並將儲存在長期記憶體中的舊知識提取至短期記憶體中進行組織整合，最後再儲存至長期記憶體中。因此，資訊處理包含了「感官收錄」、「短期記憶體」、及「長期記憶體」三個階段，感官收錄所代表的是資訊處理的第一階段，是指個體憑著看、聽、摸、聞、味等感覺器官接收到外界刺激時所引起的短暫記憶(Schunk, 1996)。通常感官收錄的記憶時間非常短暫，並且會在記憶中保留刺激的形式(如

照相)。如果個體決定給予進一步處理時，就加以注意，並且透過編碼的方式將刺激轉為另一種形式；否則就會利即忽略此種刺激。而短期記憶體是指當刺激經過感官收錄後，資訊所進入的下一個階段。研究指出，短期記憶體具有下列兩個特性：一是為有限的停留時間，而且通常的記憶時間為 20 秒；另一個特性是為有限的記憶容量。短期記憶體只能容納非常小的記憶數量，Miller(1956)提出短期記憶體只有 7 加減 2 個項目。因此教材若能以有結構、有意義的方式呈現，將可以降低學習者的記憶工作負荷，增進其學習效果。

2.2 多媒體學習理論

多媒體學習理論則是根據人類資訊處理歷程的特性所衍生而來，目的是為了降低學習時的認知負載，提升學習成效，Mayer(2001)將多媒體(multimedia)定義為運用文字與圖像同時呈現的媒介；Alessi 及 Trollip(2001)則認為是運用文字、圖像、聲音、錄影帶及動畫模擬的方式來呈現學習活動。因此，多媒體教學是指綜合文字、圖片、影像、與聲音等元素來呈現教學內容，並且能夠讓學習者對其呈現的教材內容做出有意義的連結。因此運用多媒體教學進行學習時，Paivio(1986)認為人類在資訊處理的過程是經由語言系統與非語言系統兩個系統來進行處理，稱為雙碼理論。雙碼理論提出人類在資訊處理的歷程中，可以只單獨使用一個系統進行訊息處理，也能夠同時使用兩種系統平行處理訊息，因此這兩個系統是分開獨立但是卻互相關聯的。當多媒體教學內容以文字以及圖像進行呈現時，人類的感官會以眼睛與耳朵做為感知器以平行輸入的方式來接收資訊，經過感官記憶體注意並選擇認為重要的文字與圖像進入工作記憶體中。在工作記憶體中，文字與圖像將會被組織與編碼等步驟處理轉換成文字模型與圖像模型，而進一步將文字模型、圖像模型與儲存在長期記憶體中的先備知識進行整合與鏈結。

因此，多媒體教學必須根據學習者資訊處理的運作流程來設計良好的教學活動才能使學習者降低學習中的認知負載，並且從中獲得最大的學習成效。Mayer(2003)歸納出下列設計原則，分別為多媒體原則、空間連續原則、時間連續原則、一致性原則、多重型態原則、累贅原則。

空間連續原則是指將相關聯的文字與圖像放置在越相鄰的位置會比分散放置在不同處中達到更好的學習成效。當相關的文字與圖像放置距離越近，可幫助學習者同時利用文字與圖像系統將資訊接收到工作記憶體中進行處理，降低學習者的認知負載 (Ainsworth & Th Loizou, 2004; Moreno & Mayer, 1999； Sweller, & Chanlder, 1994)。而多重型態原則是指利用動畫搭配語音講述的教學效果會比動畫搭配相關文字的教學效果佳。當文字與圖像皆以視覺的方式呈現(紙本、螢幕)時，這些資訊將透過眼睛接收進入圖像的系統進行處理，造成圖像系統負擔過重，語言系統並未使用的不平衡情況。所以平衡文字(以語音講述)與圖像呈現教學內容的方式，能使學習者獲得較好的學習成效。

認知負載是指人類在學習中因為教學呈現的設計不良，而造成學習者不必要的記憶負載，而 Mayer 則認為認知負載是指在學習過程中需要過多的學習作業而造成認知系統所能處理的容量(Mayer & Moreno, 2003)。為了降低學習者的認知負載，針對不同教學內容需搭配使用不同的設計原則，如程序性知識(procedural knowledge) 需加上解釋性文字伴隨圖片來表達程序；與空間有關的資訊用圖片說明較佳；而伴隨圖表的少量文字可用語音講解的替代方式減少學習者分散注意。而且在運用動畫搭配講解的多媒體教學方式時，可適時的在動畫中呈現重要的提示文字(cueing)，幫助學習者獲取重點，並且提升學習成效(Mann, Newhouse, Prgram, Campbell, & Schulz, 2002; Tabbbers, Martens, & Merroemboer, 2004)。

關於學習者先備知識與多媒體教學的關係中可發現，高先備知識學習者能將儲存在長期記憶體中的舊知識與透過多媒體教學傳遞的新知識進行更多、更有組織的整合，而能顯著提升學習成效(Moreno & Mayer, 1999)；而低先備知識學習者透過密切整合的多媒體教材進行學習，也能夠有效的提升學習成果(Mayer & Sims, 1994)。

2.3 演練範例

研究發現運用演練範例來引導問題解決學習能夠幫助學習者有較好的學習成效(Sweller & Copper, 1985)。運用專家的問題解決的模式來引導學習者進行問題解決的學習(Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000)。從問題解決的認知需求可以瞭解，具備足夠的宣告性知識才能應用相關的規則來解決問題，因此獲得基模(schema)及規則自動化(automation)是熟練問題解決的基本條件。Cooper 及 Sweller(1987)在代數變換的問題上證實，透過演練範例可以讓學習者將注意力集中在問題本身、減少認知負載。因此，運用演練範例引導學習問題解決能獲得較好的學習成效(Carroll, 1994；Priolli, 1991；Renkl, Stark, Gruber, & Mandl, 1998)。而 Atkinson 等人(2000)提出了三個設計的原則，包括範例內在的特徵、範例之間的特徵、及學習者個別差異。範例內在的特徵是指要如何設計問題，特別是我們已經知道問題的解題步驟，是屬於如何呈現範例的問題。因此如何將許多的資訊組合而成一個有效的範例，可運用「圖文整合」、「圖像搭配講解」、及「子目標的分類與步驟整合」的步驟來進行設計。範例之間的特徵是指多個範例間的關聯與範例在學習中對練習所產生的影響。Glaser(1976)提出教材設計必須要包含下列四點：(1) 教學中呈現範例的個數、(2) 如何讓教材內的範例富有變化、(3) 如何設計故事情節來幫助教學、及(4) 如何將練習與演練範例做整合。

3. 研究方法

本研究旨在探討不同的多媒體教學與電腦先備知識差異對數位教材製作成效之影響。就多媒體教學而言，本研究分別從圖文學習及多媒體學習來進行探討。

本研究之研究對象為參加研習課程之教師，共有四個梯次 66 人，研習的內容為數位教材製作，因此包含「數位教學設計介紹」及「工具軟體運用」等教學。實驗分組是配合期數之安排將前兩期分派為圖文學習組，後兩期分派為多媒體學習組。

本研究之研究工具包括個人基本資料問卷、圖文學習教材、多媒體學習教材、數位教材作品評分表、及學習態度問卷等，分別說明如下：

1. 個人基本資料問卷

本研究之個人基本資料問卷是為蒐集學習者的基本資料及電腦使用狀況等相關背景，以了解學習者在接受教學實驗前之情形。

2. 圖文學習教材

圖文學習教材是以紙本講義的方式配合課堂教學使用，其設計方式是以步驟式的圖文演練範例為架構，引導學習者運用工具軟體進行教材設計，並依照演練範例之步驟，幫助學習者有效運用工具軟體來逐步完成數位教材製作。

3. 多媒體學習教材

多媒體學習教材是以線上網頁的形式來配合學習者的需求來使用，其設計方式是以步驟式的實際工具軟體操作演練範例為架構，引導學習者運用工具軟體進行教材設計並逐步完成數位教材製作。

4. 數位教材作品評分表

本研究之數位教材作品評分表是用以評量學習者所設計之數位教材作品成績，評分表分為「教學設計」與「工具軟體運用」兩部份，評分表之信度係數為.869。

5. 學習態度問卷

本研究之學習態度問卷內容包含三個項目，分別為「對自身學習成效的滿意度」、「對教材工具輔助特性幫助度」、及「對工具軟體使用的熟練度」，以瞭解學習者對數位教材製作之多媒體教學活動的看法，本問卷之信度係數為.923。

本研究之自變項有二，分別是「多媒體教學」及「電腦先備知識」。本研究之多媒體教學所採用之型態分別為「圖文學習」及「多媒體學習」。「圖文學習組」的教學活動設計是指運用教師實際操作講解示範搭配圖文整合之多媒體設計原理所設計之多媒體教學與演練範例，提供學習者進行任務導向的學習活動；「多媒體學習組」的教學活動設計是指運用教師實際操作講解示範搭配圖文整合之多媒體設計原理所設計之多媒體教學與演練範例，並在教師示範完畢後提供語音動畫多媒體教學演練範例來幫助學習者進行任務導向的學習活動。電腦先備知識為本研究之第二個自變項，本研究的電腦先備知識高低評定是以專家觀察學習者在研習課程中使用電腦之熟練程度來區分學習者為高先備知識組與低先備知識組。

本研究之依變項分別為「數位教材製作成效」及「學習者之學習態度」。數位教材製作成效是指學習者數位教材製作之作品成績，其評分要項分為「教學設計」及「工具軟體運用」兩部份。學習者之學習態度為本研究之第二個依變項，學習態度則分為「自身學習成效的滿意度」、「對教材工具輔助特性的幫助度」、及「工具軟體使用的熟練度」等三個面向。

4. 結果與討論

4.1 數位教材製作學習成效影響之分析：

就多媒體教學而言，多媒體教學╳電腦先備知識交互作用未達顯著水準，$F_{(1,62)}=.05$，$p=.824$，如表 1 所示。

表 1 作品總成績之變異數分析摘要

變異來源	SS	df	M S	F	Sig.
多媒體教學	81.869	1	81.869	8.059	.006
電腦先備知識	269.347	1	269.347	26.514	.000
多媒體教學╳電腦先備知識	.504	1	.504	.050	.824

在主效果方面，多媒體教學設計主效果達顯著水準($F_{(1,62)}=8.059$，$p=.006$)，從表 2 可發現多媒體學習組(mean=9.97)在數位教材作品的成績顯著高於圖文學習組(mean=8.31)，顯示運用互動式多媒體教學能夠幫助學習者在數位教材製作上獲得較好的學習成效。電腦先備知識主效果亦達顯著水準($F_{(1,62)}=26.514$，$p<.001$)，表 2 中顯示高先備知識組(mean=10.76)在數位教材作品的成績顯著優於低先備知識組(mean=6.97)，顯示高先備知識學習者在數位教材作品製作上有較好的學習成效。

表 2 各組作品成績之平均數、標準差及人數

多媒體教學	先備知識	N	平均	標準差
圖文學習	低	13	5.62	2.815
	高	22	9.91	2.860
	總和	35	**8.31**	3.504
多媒體學習	低	16	8.06	3.473
	高	15	12.00	3.606
	總和	31	**9.97**	4.012
總和	低	29	**6.97**	3.375
	高	37	**10.76**	3.303

4.2 學習態度影響之分析：

對於「自身學習成效的滿意度」，由表 3 所示，多媒體教學╳電腦先備知識交互作用未達顯著水準，$F_{(1,62)}$=.775，p=.382。在主效果方面，多媒體教學設計主效果也未達顯著水準($F_{(1,62)}$=2.384，p=.128)，由表 4 所示，多媒體學習組的(mean=4.48)態度略高於圖文學習組(mean=4.17)。電腦先備知識主效果亦未達顯著水準($F_{(1,62)}$=1.149，p=.288)，從表 4 可發現低先備知識組(mean=4.45)與高先備知識組(mean= 4.22)，對於數位教材製作的學習成效皆感到滿意。

表 3 學習滿意度之變異數分析摘要

變異來源	SS	df	M S	F	Sig.
多媒體教學	1.145	1	1.145	2.384	.128
電腦先備知識	.552	1	.552	1.149	.288
多媒體教學╳電腦先備知識	.372	1	.372	.775	.382

表 4 各組學習滿意度之平均數、標準差及人數

多媒體教學	電腦先備知識	N	Mean	標準差
圖文學習	低	13	4.38	.650
	高	22	4.05	.899
	總和	35	**4.17**	.822
多媒體學習	低	16	4.50	.516
	高	15	4.47	.516
	總和	31	**4.48**	.508
總和	低	29	**4.45**	.572
	高	37	**4.22**	.787

如表 6 教材輔助特性幫助度之變異數分析摘要表所示，多媒體教學╳電腦先備知識交互作用未達顯著水準，$F_{(1,62)}$=.949，p=.334。在主效果方面，多媒體學習型態主效果未達顯著水準($F_{(1,62)}$=.329，p=.568) ，由表 5 可發現多媒體學習組(mean=4.29)與圖文學習組(mean=4.17)，皆認為教材能夠有效地幫數位教材製作之學習。電腦先備知識主效果亦未達顯著水準($F_{(1,62)}$=2.301，p=.134) ，如表 5 所示，低先備知識組(mean=4.38)與高先備知識組(mean=4.11)學習者也都認為經多媒體設計原則所設計之教材可有效地幫助學習數位教材製作。

表 5 各組教材工具幫助度之平均數、標準差及人數

多媒體教學	電腦先備知識	N	Mean	標準差
圖文學習	低	13	4.23	.599
	高	22	4.14	.941
	總和	35	4.17	.822
多媒體學習	低	16	4.50	.516
	高	15	4.07	.458
	總和	31	4.29	.529
總和	低	29	4.38	.561
	高	37	4.11	.774

表 6 教材輔助特性幫助度之變異數分析摘要

變異來源	SS	df	M S	F	Sig.
多媒體教學	.158	1	.158	.329	.568
電腦先備知識	1.107	1	1.107	2.301	.134
多媒體教學╳電腦先備知識	.457	1	.457	.949	.334

對於「工具軟體使用的熟練度」，如表 7 之變異數分析摘要表所示，多媒體教學╳電腦先備知識交互作用未達顯著水準，$F_{(1,62)}$=.062，p=.805。在主效果方面，多媒體學習型態主效果未達顯著水準($F_{(1,62)}$=.924，p=.340) ，如表 8 所示，多媒體學習組的(mean=4.32)態度略高於圖文學習組(mean=4.14)，學習者都認為多媒體學習能提升工具軟體的熟練度。電腦先備知識主效果亦未達顯著水準($F_{(1,62)}$=.118，p=.732) ，而表 8 顯示低先備知識組(mean=4.28)與高先備知識組(mean=4.19)都認為自己能夠熟練的操作工具軟體來進行數位教材製作。

表 7 工具軟體使用熟練度之變異數分析摘要

變異來源	SS	df	M S	F	Sig.
多媒體教學	.491	1	.491	.924	.340
電腦先備知識	.063	1	.063	.118	.732
多媒體教學╳電腦先備知識	.033	1	.033	.062	.805

表 8 各組工具軟體熟練度之平均數、標準差及人數

多媒體教學	電腦先備知識	N	Mean	標準差
圖文學習	低	13	4.15	.689
	高	22	4.14	.889
	總和	35	4.14	.810
多媒體學習	低	16	4.37	.719
	高	15	4.27	.458
	總和	31	4.32	.599
總和	低	29	4.28	.702
	高	37	4.19	.739

5. 結論與建議

由本研究結果得知，在學習成效上，運用互動式多媒體教學於數位教材製作上，能幫助學習者獲得較好的數位教材製作成效。學習者透過互動式多媒體教學進行數位教材製作的學習時，能獲得較好的學習成效，製作出較好的數位教材作品。顯示互動式多媒體教學的確能夠幫助學習者將舊有的先備知識與新知識進行較好的連結整合，並有效運用在所設計的教材中(Leahy, Chanlder, & Sweller, 2003; Moreno & Mayer, 1999)。

高電腦先備知學習者透過互動式多媒體教學進行學習能獲得較好的數位教材製作成效。高先備知識學習者透過互動式多媒體教學進行數位教材製作的學習時，能夠有效地將自身具備的教學設計知識

與數位教學設計概念進行整合，並且能夠熟練地運用工具軟體來製作出能夠表達教材特性的數位教材作品。Mayer(2001)亦提出透過互動式多媒體教學，高先備知識學習者能夠更有效地進行自身的先備知識與學習內容的整合，展現出較好的學習成效。因此互動式多媒體教學能夠有效地幫助高先備知識學習者在學習數位教材製作上獲得較好的學習成效，製作出符合教材特性之數位教材作品。

透過適切設計的圖文教材或互動式多媒體教學進行學習時，學習者都能因此表現出正向的學習態度。學習者透過圖文教材或多媒體學習進行數位教材製作之教學活動時，都能具有正向的學習態度，學習者也認為圖文教材或互動式多媒體教學的教材設計方式能夠有效地幫助引導進行數位教材製作的學習，顯示學習者認為透過任務導向搭配呈現實際工具軟體操作之演練範例來幫助學習，能夠獲得較好的學習成效。

本研究在探討不同的多媒體教學及先備知識差異對教師學習數位教材製作成效之影響，在研究過程中發現學習者個別學習時，低電腦先備知識學習者會顯得緊張且在過程中不斷提出問題而無法跟上學習進度。因此，建議可採取並探討高電腦先備知識學習者搭配低電腦先備知識學習者，以兩人為小組的方式進行數位教材製作之學習，由高電腦先備知識者幫助低電腦先備知識學習者，並且兩人合作進行教學設計、分工製作數位教材的方式來提升學習數位教材製作之成效。此外，本研究是運用示範完整操作步驟的演練範例來引導學習者進行學習，並未設計不同示範程度之演練範例來引導學習者學習。但在學習的過程中，範例的示範程度應該要逐步的降低，以培養學習者自行解決問題的能力。因此建議後續研究可考慮加入多種不同示範程度的演練範例於教學設計中，探討對於學習者學習之影響。

參考文獻

[1] 李雪莉(2001)。 教師運用資訊網路能力調查。**天下雜誌 2000 年教育特刊**，64-102。

[2] 教育部 (2001)： 中小學資訊教育總藍圖。台北：教育部。Retrieved November 28, 2004, from the word wide web: http://140.111.1.192/moecc/information/itpolicy/itprojects/itmasterplan.htm。

[3] 張雅芳(2001)。資訊科技融入國中英語教學之個案研究。**教育研究資訊雙月刊，9**(5)，129-148。

[4] 張春興 (1998)：**教育心理學—三化取向的理論與實踐。**台北市：臺灣東華書局。

[5]Ainsworth, S., & Th Loizou, A. (2004). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive Science, 27*, 669-681.

[6]Alessi, S. M. & Trollip, S. R. (2001). *Multimedia for learning: Method and Development.* (3rd ed.) Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.

[7]Atkinson,R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning form examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research, 70(2)*, 181-214.

[8]Bitner, N. & Bitner, J.(2002). Integrating technology into the classroom: Eight keys to success. *Journal of Technology and Teacher Education, 10*(1), 95-100.

[9]Carroll, W. M. (1994). Using worked examples as an instructional support in the algebra classroom. *Journal of Educational Psychology, 86*, 360-367.

[10]Cooper, G., & Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology, 79*, 347-362.

[11]Dwyer, D. C. (1996). The imperative to change our school. In C. Fisher, D. C. Dwyer, & K. Yocam (Eds.), *Education and technology: Reflections on computing in classrooms* (pp. 15-33). San Francisco: Jossey Bass.

[12]Glaser, R. (1976). Components of a psychology of instruction: Toward a science of design. *Review of Educational Research, 46*, 1-24.

[13]Jo, M. (1996). Computer use in Korean schools: Instruction and administration. *Computer & Education, 26*(4), 197-205.

[14]Klatzky, R. L. (1980). *Human memory:* Structures *and process* (2nd ed.). New York: Freeman.

[15]Leahy, W., Chanlder, P., & Sweller, J. (2003). When auditory presentations should and should not be a component of Multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology, 17*, 401-418.

[16]Mann, B., Newhouse, P., Pagram, J., Campbell, A., & Schulz, H. (2002). A comparison of temporal speech and text cueing in educational multimedia. *Journal of Computer Assisted Learning, 18*, 296-308.

[17]Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning.* New York: Cambridge University Press.

[18]Mayer, R. E., Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38*(1), 43-52.

[19]Mayer, R. E. & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning.

[20]Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81-97.

[21]Moreno, R., Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology, 87*, 358-368.

[22]Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual* coding *approach.* Oxford, England: Oxford University Press.

[23]Pirolli, P. (1991). Effects of examples and their explanations in a lesson on recursion: A production

system analysis. *Cognition and Instruction, 8,* 207-259.

[24]Renkl, A., Stark, R., Gruber, H., & Mandl, H. (1998). Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology, 23,* 90-108.

[25]Schunk, D. H. (1996). *Learning Theories: An* educational *perspectvie* . NJ: Prentice- Hall.

[26]Shuell, T. J. (1986). Cognitive conceptions of learning. *Review of Educational Research, 56,* 411-436.

[27]Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction, 12*,185-233.

[28]Sweller, J., & Copper, G. A. (1985). The use of examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction, 2,* 59-89.

[29]Zanconi, M., Moroni, N., Senas, P. (1995). An educational project in computer science for primary and high school. *SIGCSE Bulletin, 27*(3), 27-33.