

認知負荷對國小學童在超文字環境中學習的影響

The learning effect of cognitive load under different structure hypertext environments

賴阿福

臺北市立師範學院數學資訊教育研究所

lai@tmtc.edu.tw

黃玉君

臺北市立師範學院數學資訊教育研究所

yu.junc@tp.edu.tw

【摘要】 本研究以「靜態組比較設計」，探討國小五年級學童在不同的超文字結構網站中學習的認知負荷和學習成效差異。結果發現，在有導覽輔助網站中學習沒有較低認知負荷和較佳學習成效；每週課外書籍平均閱讀時間長者認知負荷顯著較低；認知負荷與學習成效無顯著相關。

【關鍵詞】 認知負荷；學習成效；超文字；課外書籍閱讀時間

Abstract: *The study employed static-group comparison design to investigate the cognitive load and learning performance under different structures of hypertext. The findings indicated that the student learning in the navigation-assisted hypertext did not have lower cognitive load and better performance, the gender have no relationship with the cognitive load, the students who had long outside reading time had lower cognitive significantly, the performance have no relationship with the cognitive load.*

Keywords: *cognitive load, learning performance, hypertext, time for outside reading*

1. 前言

Müller-Kalthoff and Möller (2003) 認為由於超文字和超媒體環境「非循序性」和「非線性」的結構，使用者在其中瀏覽時，可能會產生迷失和認知負荷，而無法專注於文字內容並阻礙深層的訊息處理。目前以超文字或超媒體環境探討國小學童認知負荷 (cognitive load) 的研究相當少。因此，本研究主要目的在於探討國小學童在不同的超文字結構網站是否會有認知負荷的產生並且影響學習成效。研究假設如下：

假設 1: 國小學童在有導覽輔助的超文字網站中學習比在無導覽輔助的超文字網站中學習有較低的認知負荷。

假設 2: 國小學童在有導覽輔助的超文字網站中學習有較佳的學習成效。

假設 3: 課外讀物閱讀時間多的學童 (每週平均閱讀時間在 5 小時以上) 的性別與學習的認知負荷具有相關。

假設 4: 課外讀物閱讀時間多的學童 (每週平均閱讀時間在 5 小時以上) 有比較低的認知負荷。

假設 5: 課外讀物閱讀時間多的學童 (每週平均閱讀時間在 5 小時以上) 有比較佳的學習成效。

假設 6: 認知負荷與學習成效間具相關性。

2. 文獻探討

2.1. 認知負荷的意義

認知負荷 (cognitive load) 理論來自歐美的人體工學或人因科學領域，從心理、生理與認知層面，探討工作與任務對執行者的影響與適合性 (王全興, 2003)。在早期稱作「心智工作負荷」，用於軍事與各種企業上，直到 Sweller (1998, 1989, 1990) 將此觀念引入教育界，才開始聚焦於探討教學法、學習內容對於國小學童概念獲得與認知層面的影響，並命名為「認知負荷」 (黃柏勳, 2003)。

認知負荷是指在執行某種作業的過程中，因作業特性所需的認知能量或認知資源所造成認知系統 (特別是工作記憶) 的負載狀態 (宋曜廷, 2000)。認知負荷論對人類認知架構有一些基本假定 (Sweller et al., 1998; 引自宋曜廷, 2000; 黃柏勳, 2003)：

(1) 人類的工作記憶容量是很有限的，若需一次處理多個訊息，且待處理的訊息本身的內部要素互動性很高，必須相互參照才能了解，會更耗費短期記憶容量，因此產生更大的認知負荷，造成學習困難。

(2) 人類對於長期記憶並沒有直接的意識，且長期記憶沒有容量的限制，它所儲存的知識內容，是區別專家和生手的主要來源。專家的長期記憶中儲存了龐大的特定問題狀態知識和對應的解法。在面對問題情境時，專家可以從長期記憶中迅速檢索出相對應的解法，但新手卻不然。新手需要在短期記憶中進行推理和搜尋，因此耗費許多心力。

(3) 根據基模理論，知識是以基模的形式儲存在長期記憶中。人類藉由簡單到複雜，粗略到精緻的基模建構的過程，發展專門的技能。基模在長期記憶中可以發揮組織與儲存知識的功能，並減低工作記憶的負荷。因為許多佔用容量的訊息成份融合成一個複雜的基模，而變成一個單一的處理單位。

(4) 人類所有的訊息都是透過控制式或自動式的處理。控制式的處理發生在意識層面，佔用許多工作記憶空間，而自動式的處理較少為意識所監控，使用極少的工作記憶容量。許多知識技能的學習都由控制式處理，經過不斷練習而轉換成自動式處理。當基模運作自動化後，可節省許多工作記憶空間，對更多訊息做同時或更深入的處理。

2.2. 認知負荷的來源

目前由於各學者的主張不同，對於認知負荷的來源亦有不同的看法。Pass and Van Merriënboer (1994) 認為認知負荷是一種多向度的概念，包含因果因子和評估因子。因果因子又細分為三個要素：(1) 任務／環境特性：包括任務結構、新任務、獎賞類型、時間壓力、噪音、溫度等。(2) 主體特性：包含認知能力、認知風格、先備知識與經驗等較穩定的要素。(3) 主體與任務的交互作用：如績效、動機、激勵等。評估因子則包含心智負荷、心智努力及工作成效等三個要素 (Pass & Van Merriënboer; 引自黃柏勳, 2003)。認知負荷的結構圖，如圖 1 所示。

黃柏勳 (2003) 綜合不同學者的說法，將認知負荷的來源歸納出三個面向：

(1) 工作任務：包括新型態任務與否、時間壓力、獎賞類型、激勵程度、期望、噪音及溫度等因素。

(2) 學習材料：主要包含學習材料的結構複雜程度、成份間關連程度的高低以及訊息材料呈現的方式等因素。

(3)個體本身：涵蓋個體的先備知識或經驗、心智運作自動化程度、組織訊息的方式、認知能力、認知風格、動機等因素。

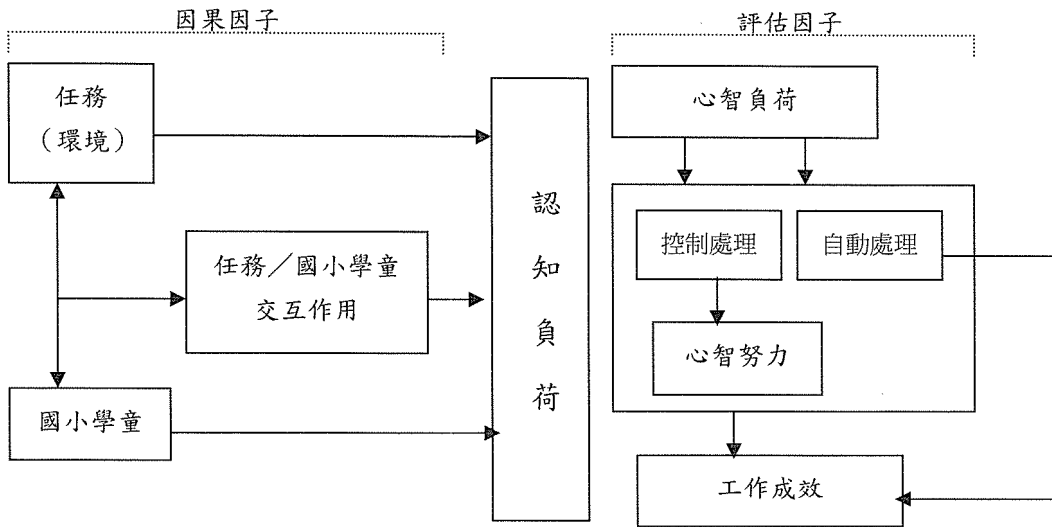


圖 1 認知負荷結構圖

資料來源：Pass, F. G. W., & Van Merriënboer J. J. G. (1994). P.123.；引自黃柏勳，2003

計惠卿（1994）提出國小學童在面對單一互動式學習系統時，國小學童的認知負荷的主要來源為：學習內容、程式架構及互動方式。Jih（1991）提出國小學童與電腦軟體互動時的認知負荷架構如圖 2。

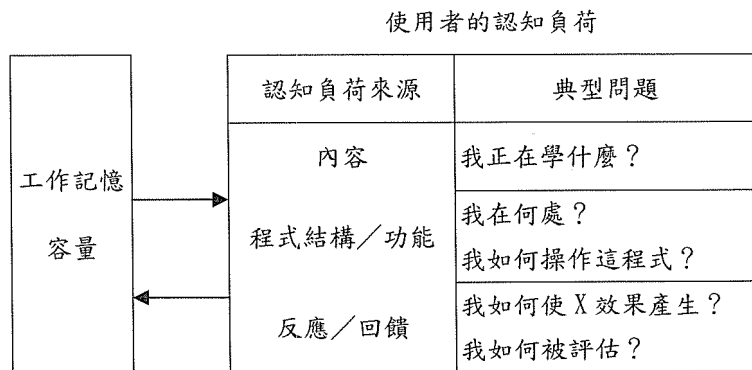


圖 2 國小學童與電腦軟體互動時的認知負荷(資料來源：Jih, H. J. 1991)

2.3. 超文字 (hypertext) 與學習的研究

Niederhauser, Reynolds, Salmen and Skolmoski (2000) 研究在不同導覽型態的超文字環境中的學習成效。研究結果發現，當國小學童閱讀超文字時，廣泛使用超鏈結去比較和對照學習的概念，可能會阻礙學習。而認知負荷理論是研究結果的可能解釋。Müller-Kalthoff and Möller (2003) 探討超文字環境中的圖形概觀 (graphical overviews) 導覽輔助對學習成就 (learning achievement) 和超文字迷失的影響。導覽輔助是超文字設計者為避免使用者迷失在超文字環境，以及產生認知負荷的一種設計。研究結果發現，圖形概觀導覽輔助對國小學童在超文字環境中的學習成就沒有顯著的主要影響，但是能減低國小學童在超文字環境中的迷失經驗。

3. 研究方法

本研究採用準實驗研究之「靜態組比較設計」(static-group comparison design)，以國小五年級兩個班級的學生為實驗分組的依據。兩組學生分別接受兩種不同的實驗處理，並於實驗處理後馬上實施後測。實驗設計如下：

	實驗處理	後測
實驗組	X ₁	0
對照組	X ₂	0

(X₁：有導覽輔助的網站 X₂：沒有導覽輔助的網站 0：認知負荷量表和學習成就測驗)

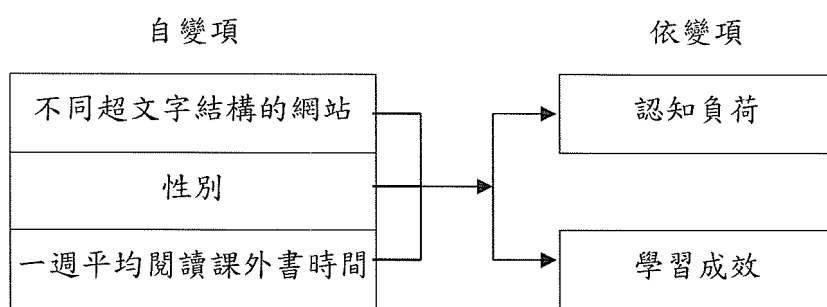


圖 3 研究架構

3.1. 研究對象

臺北市國小五年級兩個班級的學生共 61 人：男生 33 人，女生 28 人。

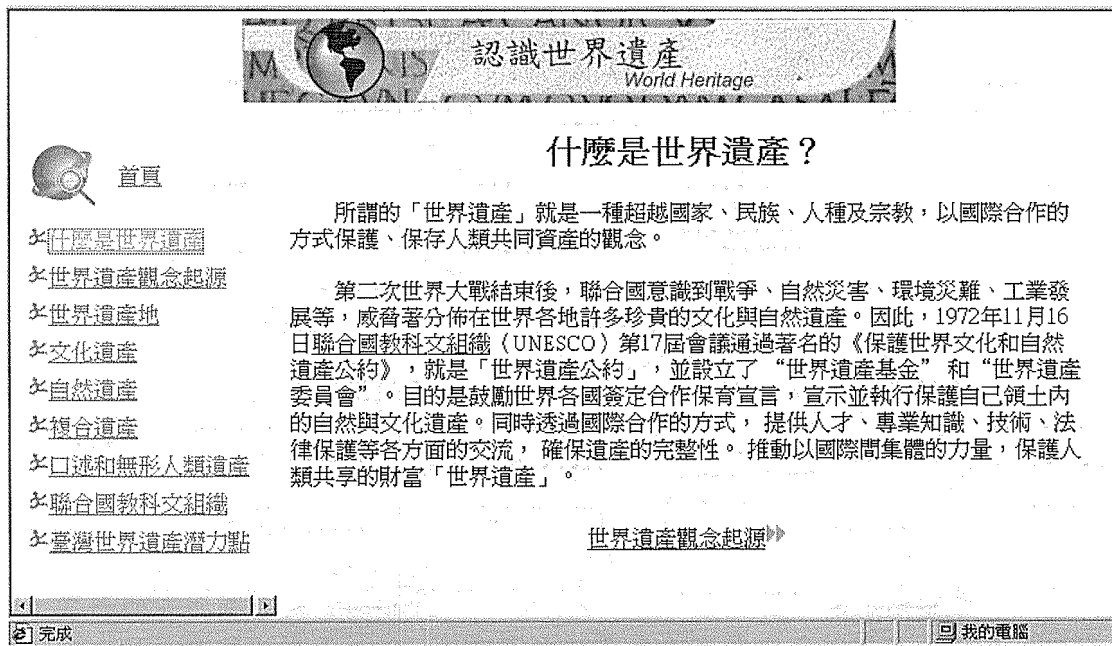


圖 4 提供導覽輔助的網站

3.2. 研究工具

學習網頁：

實驗處理的網站主題為「認識世界遺產」，本研究建置兩種不同結構的網頁，分別為有提供導覽輔助和沒有提供導覽輔助的超文字網頁（圖 4 和圖 5）。兩個網站除了網頁結構不同外，其他部份如：內容文字敘述、每一網頁的資訊量、圖片、網頁背景等，皆控制為相同。網頁內容參考自「文建會世界遺產知識網」（<http://www4.cca.gov.tw/whc/index.htm>）、「GIS 暨旅遊資源中心—世界遺產」（http://dhcp.tcgs.tc.edu.tw/gis/world_heritage/world_heritage.htm）和「聯合國教科文組織之世界遺產簡介」（<http://www.icm.gov.mo/exhibition/tc/nhintroC.asp?pic=true>）。

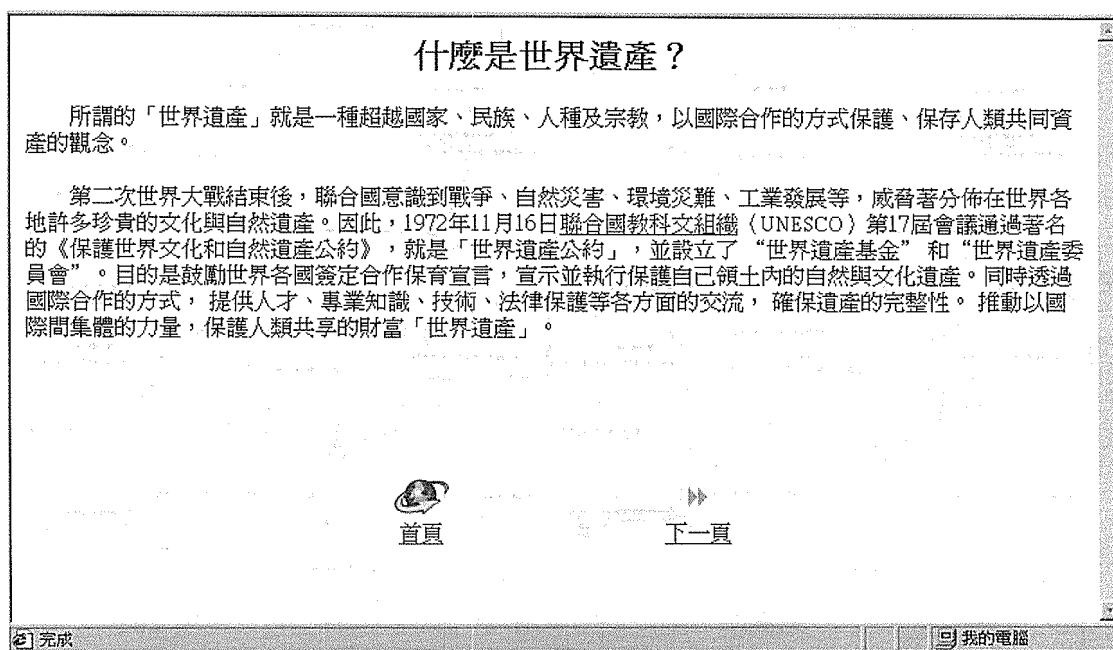


圖 5 未提供導覽輔助的網站

問卷設計

本研究之問卷設計分為三部份：第一部份為基本資料，目的在收集受試者的個人資料；第二部份為認知負荷量表，目的在收集受試者在學習過程中，所感知到的認知負荷程度；第三部份為學習成就測驗。

(1)基本資料：包含受試者的性別、家中電腦設備狀況、每週上網平均時間和每週平均閱讀課外書籍的時間。

(2)認知負荷量表：參考 Jih (1991) 提出的國小學童與電腦軟體互動時的認知負荷的典型問題，以量尺法所編製而成，量表在專家效化後，以因素分析以取得建構效度，分為兩個向度：網站內容的認知負荷和介面操作的認知負荷。量表的內部一致性係數 (Cronbach α) 為 0.71。

(3)學習成就測驗：根據實驗處理的網站內容，編整選擇題，以測驗受試者的學習成效。試題的難度介於 0.4 至 0.7 之間，平均難度為 0.48。鑑別指數在 0.6 至 0.9 之間。難度與鑑別度皆在可接受範圍（郭生玉，1987）。

4. 研究結果

假設一：國小學童在有導覽輔助的超文字網站中學習有較低的認知負荷

為瞭解國小學童在不同超文字環境中的學習認知負荷的差異，以獨立樣本 t 考驗分析國小學童在有無導覽輔助網站中學習的認知負荷，分析結果 $t = .347, p > .05$ 表示實驗組學生在有導覽輔助網站中學習並沒有較低的認知負荷。二組認知負荷平均數如表一。

表一 實驗組、對照組認知負荷平均數

	實驗處理分組	人數	平均	標準差
認知負荷	實驗組	31	13.26	4.619
	對照組	28	12.86	4.223

假設二：國小學童在有導覽輔助的超文字網站中學習有較佳的學習成效

為瞭解國小學童在不同超文字環境中的學習成效的差異，以 t 考驗分析國小學童在有無導覽輔助網站中學習成效，分析結果 $t = -.192, p > .05$ ，表示實驗組學生在有導覽輔助網站中學習並沒有較佳的學習成效。實驗組、對照組學習成效平均數如表二所示。

表二 實驗組、對照組學習成效平均數

	實驗處理分組	人數	平均	標準差
測驗成績	實驗組	31	1.87	1.231
	對照組	30	1.93	1.311

假設三：國小學童的性別與學習的認知負荷有所差異

為瞭解國小學童的性別是否與學習的認知負荷有相關，經 t 考驗結果未達顯著水準， $t = -.128, p = .899 > .05$ ，表示國小學童的性別與學習的認知負荷無相關。男、女認知負荷平均數如表三所示。

表三 男、女認知負荷平均數

	性別	人數	平均數	標準差
認知負荷	男	32	13.00	4.303
	女	27	13.15	4.597

本研究的認知負荷評量分為兩個項度：網站內容的認知負荷和操作介面的認知負荷，再以 t 考驗分別分析性別與這兩個向度的認知負荷平均數的差異，結果如表四。

性別與網站內容的認知負荷達顯著水準， $t = -2.133$, $p = .037 < .05$ ，表示國小學童的性別與網站內容的認知負荷有差異，且女生（7.43）在網站內容的認知負荷高於男生（6.03）。性別與操作介面的認知負荷未達顯著水準， $t = 1.162$, $p = .25 > .05$ ，表示國小學童的性別與網站操作介面的認知負荷沒有顯著差異。

表四 男、女認知負荷二向度之平均數

	性別	人數	平均數	標準差
網站內容	男	32	6.03	2.495
	女	28	7.43	2.574
介面操作	男	33	6.85	3.203
	女	27	5.89	3.154

假設四：一週平均閱讀時間在5小時以上的國小學童有較低的認知負荷

為瞭解國小學童課外書籍閱讀平均時間與認知負荷的差異，以 t 考驗分析，結果達顯著水準， $t = -2.584$, $p = .012 < .05$ ，表示每週課外書籍平均閱讀時間5小時以上的國小學童和一週閱讀課外書籍平均時間5小時以下的國小學童的認知負荷有差異存在。從平均數可看出，每週課外書籍平均閱讀時間5小時以上的國小學童的認知負荷（9.50）低於每週課外書籍平均閱讀時間5小時以下的國小學童（13.63）。

進一步以線性迴歸作分析， $R = .289$, $R^2 = .084$, $p = .026 < .05$ ，達顯著水準，且迴歸方程式可表示為 $Y = -1.624X + 15.875$ ，預測力為 8.4%。

表五 不同閱讀時間之認知負荷平均數

	一週平均閱讀時間	人數	平均數	標準差
認知負荷	5小時以上	8	9.50	2.726
	5小時以下	51	13.63	4.368

假設五：一週平均閱讀時間在5小時以上的國小學童有較佳的學習成就

為瞭解國小學童每週課外書籍平均閱讀時間與學習成效的差異，研究者以 t 考驗分析，結果未達顯著水準， $t = 1.142$, $p = .258 > .05$ ，表示每週課外書籍平均閱讀時間5小時以上的國小學童和每週課外書籍平均閱讀時間5小時以下的國小學童的學習成就沒有差異。

表五 不同閱讀時間之學習成就平均數

	一週平均閱讀時間	人數	平均數	標準差
學習成效	5小時以上	8	2.38	.916
	5小時以下	53	1.83	1.297

假設六：認知負荷與學習成就間具相關性

為瞭解國小學童的認知負荷和學習成效間是否有相關存在，以 Pearson 相關進行分析，其相關係數 (r) 為 $-.096$ ， $p (= .469) > .05$ ，未達顯著水準，表示國小學童的認知負荷與學習成就無相關。

5. 結論與建議

本研究的主要目的在探討國小學童在不同結構的超文字環境中的認知負荷和學習成效。從研究結果可知，國小學童在有導覽輔助的超文字網站中學習其認知負荷並沒有較低，且學習成效亦未較佳，與 Müller-Kalthoff 和 Möller (2003) 的研究結果相符合。

每週課外書籍的平均閱讀時間較多的國小學童，其認知負荷顯著低於平均閱讀時間較少者，可是預測力僅 8.4%，需再做進一步的研究，以確定其影響力。由於擴大樣本數及網站結構上的限制未來的研究將樣本數擴大；網站結構要有較明顯的差異，考慮加入其他認知負荷來源，如：先備知識／經驗、認知能力、動機……等。閱讀課外書籍時間愈長，認知負荷愈低，因此良好的閱讀習慣不僅可以增加學童的知識基模，亦減低認知負荷，值得全力推動。

參考文獻

- 宋曜廷 (2000)。先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文，未出版，臺北。
- 郭生玉 (1987)。《心理與教育測驗》。臺北：精華書局。
- 黃柏勳 (2003)。認知上的瓶頸—認知負荷理論。《教育資料與研究》，55，71-78。
- 計惠卿 (1995)。二十一世紀的多元化學習環境—數位化教學科技面面觀資訊化在廿一世紀。淡江大學出版，119-131 頁。
- 賴阿福 (1995)。超媒體在教育上應用之探討。臺北市立師範學院實習輔導室，國小資訊教育學術研討會，臺北市。
- Dale S. Niederhauser, Ralph E. Reynolds, Donna J. Salmen & Phil Skolmoski (2000). The influence of cognitive load on learning from hypertext. *Journal of Educational Computing Research*, 23(3), 237-255.
- Thiemo Müller-Kalthoff & Jens Möller (2003). The effects of graphical overviews, prior knowledge, and self-concept on hypertext disorientation and learning achievement. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 12(2), 117-134.
- Jih, H. J. (1991). The relationship among the structure of interfaces, user's mental, and performance in computer-based interactive courseware. Unpublished doctoral dissertation. Athens, Georgia, U. S. A. : The University of Georgia.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.

- Bobis, J., Sweller, J., & Cooper, M. (1993). Cognitive load effects in a primary school geometry task. *Learning and Instruction*, 3, 1-21.
- Chandler, P., & Sweller J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, S. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40, 1-17.
- Paas, F. G. W., van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performances *Human Factor*, 35, 737-743.
- Paas, F. G. W., van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-133.
- Paas, F. G. W., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in educational research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419-430.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81, 457-466.
- Sweller, J. (1990). On the limited evidence for the strategies. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(5), 411-415.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G. & Pass, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-285.