

基於自動引導和評量機制之虛擬實境學習系統對學生學習表現的影響

The Impact of a Virtual Reality Learning System on Students' Learning Performance Based on Automatic Guided and Assessment Mechanisms

張韶宸^{1*}, 宋梓菱²

^{1,2} 元智大學資訊傳播學系

* changsc@saturn.yzu.edu.tw

【摘要】在過去，歷史教學常面臨學生缺乏興趣，且學習內容抽象等學習狀況。而傳統探究學習在虛擬環境中亦缺乏即時引導機制，導致學生的學習成效不佳。為解決目前困境，本研究開發「基於自動引導機制之虛擬實境探究學習系統」，並採準實驗設計應用在國小五年級歷史學習活動。隨機將 58 名學生分實驗組和控制組，分別使用探究式鷹架虛擬實境系統與一般虛擬實境系統進行學習。根據研究結果顯示，實驗組在歷史學習成就和學習動機表現上，均顯著優於控制組。此外學習行為序列更證實了，此學習方式能夠有效引導學生從猜想轉變為探索、檢視資訊和學習的深度探究模式，進而提高學生的學習成效。

【關鍵字】 虛擬實境；探究式學習；自動引導機制；歷史教育

Abstract: Historically, history education has often faced challenges such as student disengagement and abstract learning content. Traditional inquiry-based learning in virtual environments also lacks real-time guidance mechanisms, resulting in suboptimal learning outcomes. To address these issues, this study developed a “Virtual Reality Inquiry Learning System with Automated Guidance Mechanism” and applied it to fifth-grade elementary school history learning activities using a quasi-experimental design. Fifty-eight students were randomly assigned to an experimental group and a control group, respectively using the inquiry-based scaffolding virtual reality system and a conventional virtual reality system for learning. Research findings indicate that the experimental group significantly outperformed the control group in both historical learning achievement and learning motivation. Furthermore, the learning behavior sequence confirmed that this approach effectively guides students from conjecture to exploration, information evaluation, and deep inquiry, thereby enhancing learning outcomes.

Keywords: VR, Inquiry-based learning, Automatic Guided Mechanisms, History Education

1. 簡介

歷史課程在培養學生的歷史意識、文化素養和批判性思維方面扮演著核心角色。然而，目前歷史教育普遍面臨多重挑戰，包含課程內容、教學方法、學生參與度等(Fransson et al., 2020)。更關鍵的是，歷史事件往往抽象且難以具象化，單純的講述難以有效吸引學生的興趣和主動參與(Thorp & Persson, 2020)。

隨著科技的快速發展，虛擬實境(VR)技術在教育領域的應用正不斷擴展，為傳統教學模式帶來創新契機。VR 能夠提供高度沉浸式的學習環境，使學生進入虛擬的三維空間，獲得比傳統教學更豐富的學習體驗 (Abad-Segura et al., 2020)。此外，VR 具備打破地域與空間限制的能力(Chang et al., 2018)，有助於實現遠程教學和全球合作，並能透過模擬社交場景來培養學生的情感與社交技能(van Brakel et al., 2023)。此外，VR 技術提供的沉浸式體驗，不僅能夠讓學生深入理解歷史事件的脈絡，還能有效激發他們的學習興趣和參與度(Tilhou et al., 2020)。

然而，VR 高度沉浸式的特性雖能提升學習參與感，但也可能使學生在缺乏教師即時引導或同儕協助的情況下，學生容易因缺乏有效的學習策略而產生認知負荷過高的問題，進而影響其參與度及學習表現(Wang et al., 2024)。

虛擬實境環境中加入學習引導機制，透過任務導向提示、問題引導與即時回饋等方式，引導學生在探索過程中維持學習焦點並逐步完成學習目標。有效引導策略能結構化學生的探究歷程，使其從隨機探索轉為有目的的學習活動，進而提升學習成效(Li et al., 2023)。因此，本研究採用自動引導機制在虛擬實境探究活動中，根據教學核心內容設計並還原歷史場景，藉由明確的探究任務、問題導向提示與逐步引導機制，協助學生理解在各學習階段中應執行的行動與目標，使學生能夠身歷其境地體驗歷史。綜合上述，有效的評估和學習引導，能夠促進學生在虛擬環境中的學習成效和學習動機。因此，本研究提出研究問題如下：

- 三、相較於一般虛擬實境學習系統，探究式鷹架之虛擬實境學習系統，是否能顯著提升學生的歷史學習成就？
- 四、相較於一般虛擬實境學習系統，探究式鷹架之虛擬實境學習系統，是否能顯著提升學生的歷史學習動機？
- 五、不同引導模式下，探究式鷹架之虛擬實境學習系統和一般虛擬實境學習系統的學習行為是否不同？

2. 文獻探討

2.1. 探究式學習與虛擬實境

探究式教學的目的在於引導學生發現及解決問題，以學生的探究活動為中心，從開放的學習情境中，教師引導學生發現問題、分析問題，並擬定可行的解決方案，獲得結論並驗證之，經由問題解決的過程，讓學生從中學得解決問題的技能(Cairns & Areepattamannil, 2017)。研究顯示，探究活動能提升學生的學習成效與參與(Song et al., 2012; Mamun et al., 2020)，但在實務上常因教師經驗不足或課程時間有限而受到限制。此外，某些探究活動可能受天候影響，使學生無法獲得完整的做中學體驗。

虛擬實境(VR)能夠模擬現實世界的場景，提供學生更生動、具體的學習體驗(Akbulut et al., 2018)，提供沉浸與高度互動的情境，模擬現實世界中因天候、場域或安全問題而難以進行的活動，如觀星、戶外生態探索、實驗室操作(Bogusevski et al., 2020)或歷史場景體驗(Argyriou et al., 2020)。透過 VR，得以解決探究式學習的不足，並且在無限制的環境中探索、操作與驗證，將抽象概念具體化。研究亦指出，VR 能提升學習動機與理解深度，並提供更具彈性的學習與評估方式(McCall, 2022)。因此，VR 與探究式學習的結合，不僅能突破現場教學的限制，更能補足學生因環境因素而無法實際體驗的探究活動。

2.2. 評量方式與學習引導策略(虛擬實境)

在虛擬實境教學中，評量方式需要能夠全面反映學生的學習成果和表現。過去有研究將評估融入在虛擬環境中，例如 Alcañiz et. al (2018)將隱形評估方法無縫地導入在虛擬學習環境中，用於描述學習過程中學生所產生的資料和數據。換句話說，此研究透過系統追蹤和記錄學生在活動過程的知識、技能和屬性，並根據此相關數據給學生即時的回饋和評估(Mislevy et al., 2003)。

鑑於學習者在 VR 中需要在有限的工作記憶內處理複雜資訊，必須設計能最佳支援學習者的 VR 學習環境。(Mayer, 2014) 提出了多媒體原則，這些原則有效利用工作記憶，避免認知超載，促進學習成功。這些原則為 VR 中的成功學習提供了基礎(Frederiksen et al., 2020; Makransky et al., 2019)。其中，訊號原理特別相關，即透過提示引導注意力至學習材料中的相關元素，可提高學習效果(Mayer, 2005)。

學習引導策略旨在透過適當提示、資源或結構化安排，協助學習者逐步掌握知識與技能，最終達到自主學習能力的提升。在 VR 環境中可以幫助學習者減少因高自由度情境而產生的認知負荷，並提升學習成效。近年研究指出，在沉浸式虛擬環境中提供結構化引導，如任務

分段提示、問題導向提示與策略性反饋，有助於學生在探索過程中保有學習焦點並有效完成學習任務(Radianti et al., 2020)。這類引導策略不僅能幫助學生調節學習進度、掌握學習目標，還能透過即時提示與評量回饋促進其自我調節能力(Wang et al. 2024)。因此，融合多元引導策略的虛擬學習設計，有助於引導學生有效學習、減少迷失方向、並加強知識建構深度。

虛擬實境技術為教育帶來了新的可能性，但實現有效的學習需要適當的評量方式和引導策略。在評量方面，觀察學生表現、知識測試和自我報告是關鍵。學習引導策略包括設定明確目標、提供即時反饋、引導式學習和鼓勵反思討論。此外，為了更深入了解自動引導機制對學生學習歷程的影響，本研究記錄學生在 VR 學習環境中的學習行為，並透過滯後序列分析檢視學生行為之間的轉換關係，以探討不同學習系統下學生的行為序列模式是否存在差異。

3. 基於自動引導與評量機制之虛擬實境探究學習系統

本研究旨在開發一套高效能、高沉浸感的虛擬實境(VR)歷史互動教材，以提升國小五年級學生對臺灣大航海時代-荷蘭時期的單元內容。本系統以 Unity3D 遊戲引擎為主要開發平台，並在 VR 頭戴式顯示器上進行教學實施與測試。教材內容聚焦於認識大航海時代之建築(如普羅民遮城)、漢人抗荷事件與鄭成功相關事件。透過擬真的歷史場景，學生可以親身觀察荷蘭人建造普羅民遮城的用料、工法與目的，進而了解當時臺灣原住民、漢人與荷蘭人三方之間的複雜互動模式。此外，學生將藉由角色扮演與 NPC 進行情境對話互動，獲取歷史-與任務線索，藉此了解郭懷一抗荷的成因及荷蘭政府的處置方式，如圖 1 所示。



圖 1、單元任務引導說明(左)與對話引導模式(右)

根據劇情的指引，學生將模擬當時的情境與 NPC 進行協商與交流，進而讓學生了解該時空背景下的歷史事件。此外，系統會根據學生的操作，給予引導與提示，並提供任務清單介面讓學生能夠自主檢視與掌控學習進度，如圖 2。若學生操作或是決策錯誤時，系統將提供學生對應的學習回饋，以幫助學生了解此學習內容之知識。另一方面，為強化教學監控與學習評量，學生的 VR 互動過程將透過中央控制系統即時投放至大螢幕供師生觀摩；同時，學生的互動行為數據將被記錄於學習歷程數據庫中，作為教師後續評估學生理解深度與學術分析的依據。

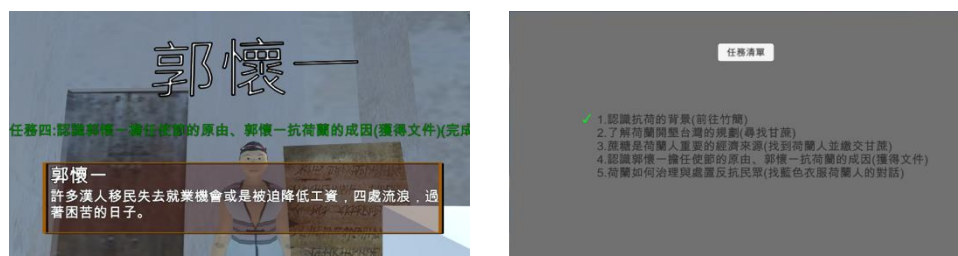


圖 2、劇情引導對話(左)和學習任務清單(右)

4. 研究方法

4.1. 研究設計

本研究目的在探討虛擬實境(VR)教學系統對學習成效的影響，透過身臨其境的沉浸式體驗，加深學生的學習認知。同時，藉由學習任務引導學生理解歷史事件背後的潛在原因與複雜性，藉此提高學生的學習成效與學習動機。此外，本學習系統亦會根據學習者的學習進度給予對應的學習引導與回饋，並透過自動評量給予學生即時的學習回饋。

4.2. 實驗對象

研究對象為兩班國小五年級學生，共 58 人，年齡介於 10 至 12 歲。研究採準實驗設計，隨機分派為實驗組 30 人與控制組 28 人。實驗組使用探究式鷹架虛擬實境學習系統，控制組則使用一般虛擬實境學習系統；兩組在學習內容與虛擬場景上皆相同。所有參與學生皆無 VR 頭盔使用經驗，且先前未接觸過該學習單元，以確保具備相同的先備知識基礎。

4.3. 測量工具

本研究評估實驗組與控制組在介入學習後的學習成就、學習動機以及學習行為的差異。學習成就方面，設計歷史科知識測驗，該測驗題項由兩位資深歷史科教師共同編擬，用於前測(評估基礎知識)與後測(評估學習成效變化)，前後測驗題目皆由選擇題，滿分為 100 分；學習動機量表引用自 Wang 和 Chen (2010)，改編後之量表共 6 題，採用 Likert 五點量表計分，整體 Cronbach's α 值為 0.79。

此外，為探討學習者在虛擬實境系統中的學習行為模式，本系統除了學習表現外，會自動記錄學生的所有互動行為。本研究所開發的行為編碼表為參照 Hwang 與 Wang (2016)的編碼框架進行調整，以及符合本研究系統流程和分析必要性。

表 1 學習行為編碼表

行為	編碼	說明
遊戲開始 Game Start	GS	玩家進入虛擬實境的當下
觸發關鍵 Trigger Role	TR	玩家觸發關鍵人物，誘使其進入關鍵劇情
閱讀項目 Read Question	RQ	玩家點選任務，開始閱讀該關卡之題目
答對題目 Select Correct	SC	玩家選擇於該關卡之題目的正確答案
答錯題目 Select Wrong	SW	玩家選擇於該關卡之題目的錯誤答案
閱讀提示 Read Hint	RH	玩家選擇於該關卡之題目的「看提示」選項
重新選擇 Re-Answer	RA	玩家重新嘗試選擇選項
觸碰場景道具 Touch Object	TO	玩家與環境中物件進互動

4.4. 實驗流程

本研究於教學實驗前，兩組受試者皆進行 20 題、20 分鐘之歷史科知識前測，以評估其先備知識，並於隨後 10 分鐘填寫學習動機前問卷，作為初始狀態之測量。接著進行為期 40 分鐘之實驗處理，實驗組使用具探究式鷹架設計之虛擬實境學習系統，控制組則使用未具探究式鷹架之一般虛擬實境學習系統。實驗結束後，兩組受試者分別完成學習成就後測及學習動機後問卷，以評估教學介入成效，圖 3。此外，系統蒐集學習行為資料，研究者將進一步分析兩組受試者之學習行為模式差異。

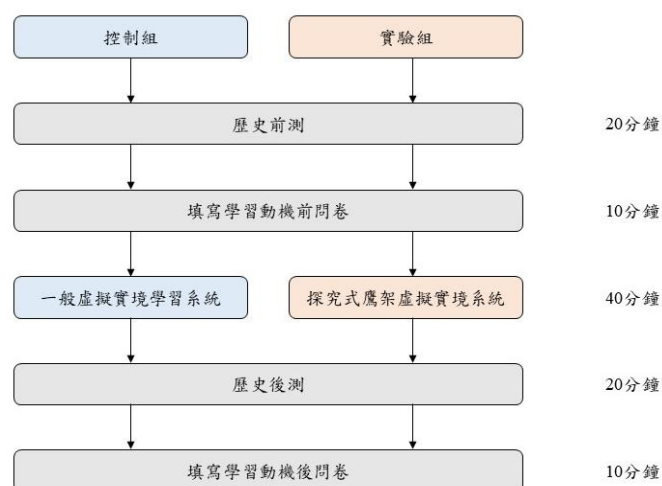


圖 3、實驗流程圖

5. 研究結果

本研究使用單因子共變數分析(ANCOVA)探討實驗組與控制組歷史科學習成就後測成績差異。組內迴歸係數同質性檢定結果顯示兩組前測與後測關係一致($F=1.36, p>0.05$)，Levene 變異數同質檢定確認後測成績變異數同質($F=0.01, p>0.05$)。ANCOVA 結果顯示調整前測成績後，分析結果如表 2 所示，實驗組平均 86.49 分(標準誤 2.52)，控制組 73.98 分(標準誤 2.32)，兩組差異達顯著($F=9.35, p<0.01$)，表明實驗組歷史科學習成就顯著優於控制組。

表 2 兩組學生之歷史科學習成就 ANCOVA 分析摘要表

組別	樣本數	平均數	標準差	校正均值	標準誤	F	η^2
實驗組	30	86.51	3.01	86.49	2.52	9.35**	0.12
控制組	28	73.80	2.42	73.98	2.32		

** $p<0.01$

在研究動機分析之前，本研究首先進行組內迴歸係數同質性檢定。結果顯示，學習動機之前後測與組別之交互作用未達顯著水準($F=3.35, p>0.05$)，表示兩組在學習動機前後測之線性關係一致，符合迴歸係數同質性假設。此外，Levene 變異數同質性檢定結果顯示，學習動機後測問卷分數之變異數未達顯著差異($F=0.12, p>0.05$)，顯示兩組後測資料具備變異數同質性。兩項檢定符合共變數分析假設，ANCOVA 結果顯示控制前測影響後，分析結果如表 3 所示，實驗組調整後平均分 4.26(標準誤 0.09)，控制組為 3.99(標準誤 0.09)，組間差異達顯著($F=4.58, p<0.05$)，表明實驗組學習動機優於控制組。

表 3 兩組學生之學習動機 ANCOVA 分析摘要表

組別	樣本數	平均數	標準差	校正均值	標準誤	F	η^2
實驗組	30	4.26	0.42	4.25	0.09	4.55*	0.06
控制組	28	3.99	0.57	3.99	0.09		

* $p<0.05$

為探討實驗組與控制組學生在使用不同學習系統時的學習行為之變化，本研究採用滯後序列分析，比較兩組學生在學習活動中的行為模式差異。滯後序列分析係依行為出現之先後順序，計算某一行為後接續另一行為之出現頻率，以分析學生在虛擬實境學習歷程中的行為轉換步驟。本研究依據行為編碼表，對兩組學生之學習行為進行編碼，並使用 GSEQ 5.1 軟體產生調整後殘差表，透過計算各行為編碼間之 Z 分數判斷其顯著性。當 Z 值大於 1.96 時，表示該行為編碼達顯著水準($p < 0.05$)，並據此繪製行為序列圖(Bakeman & Gottman, 1997)。

根據分析結果繪製之實驗組學習行為序列圖顯示，實驗組學生獨有的行為模式包括 GS→RH、RQ→RQ→SC、TR→TR→RQ，以及 TO→SW→RH(如圖 4 所示)。上述結果顯示，實驗組學生在闖關學習過程中，傾向透過反覆探索、對話互動與資訊檢視來理解學習內容，再進行關卡測驗；同時，學生亦能有效運用 NPC 對話與物件互動以獲取正確學習資訊，展現較為主動且深入的學習行為模式。

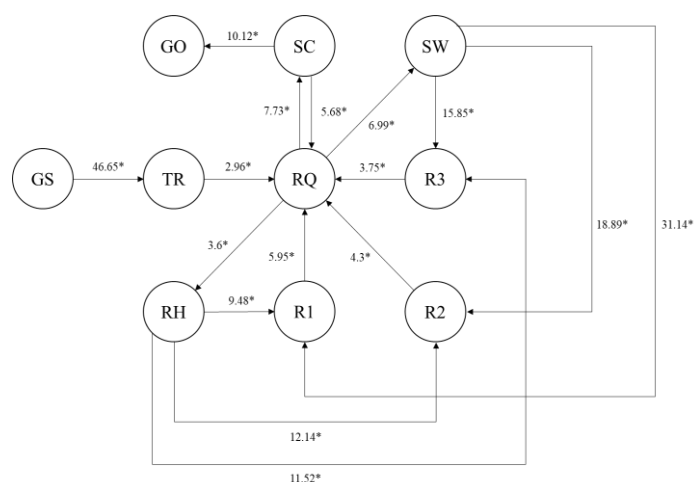


圖 4、實驗組學生之學習行為序列分析圖

根據分析結果繪製之控制組學習行為序列圖顯示，如圖 5 所示。與實驗組相比，控制組行為序列較為簡單，但仍呈現部分相似模式，像是 GS→TR、TR→RQ、RQ→SC、RQ→SW、SC→GO、SW→RM 以及 RM→RQ。另外，選擇「看提示」選項(RH→RM)未顯著連結，顯示多數學生不常主動使用該提示。值得注意的是，SW→RM 的 Z 分數高達 45.13，顯示即使未掌握概念，學生仍傾向直接猜測作答，而非依提示獲取資訊。可能原因為一般提示所提供的資訊量過多，學生自認理解題目核心概念，卻未真正掌握，導致類似題目反覆答錯，形成學習盲點與循環錯誤。此現象指出，控制組所使用的非探究式鷹架提示對學生學習成效幫助有限，未能有效引導其深入理解學習內容。

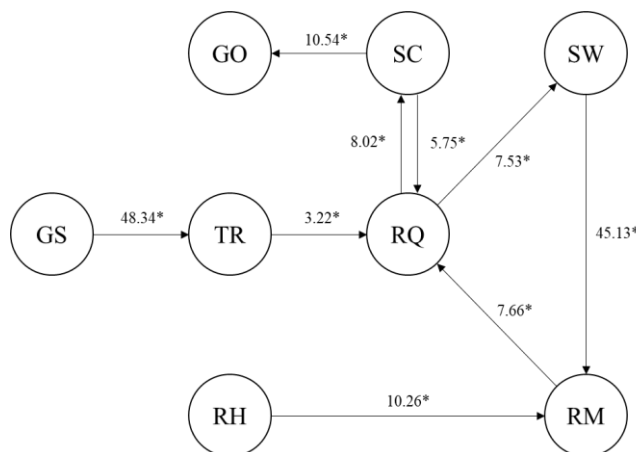


圖 5、控制組學生之學習行為序列分析圖

6. 結論

本研究探討了 VR 技術在歷史教學中的實作價值與未來改進方向。在學習成效方面，學生普遍反映此類教學方式極具吸引力，主要歸因於教材利用 3D 建模與 VR 技術重建了擬真的歷史場景與文物，提供高度視覺化與互動性的學習體驗。相較於傳統紙本教材，VR 的沉浸式特性更能捕捉學生注意力，將抽象的歷史概念轉化為具體的感官經驗，從而大幅提升學習興趣。

從教學設計的角度來看，本研究有效維持了學生的學習動機。透過任務導向的活動設計，如角色扮演與模擬攻防路線規劃，引導學生從被動接收轉向主動參與，在實際操作與探索中解題。這種模式不僅符合建構主義理念，更激發了自主學習的意願與持續投入的動機。此外，豐富且獨特的沉浸式場景有效刺激了學生的好奇心，使所學內容與記憶的連結度更為強化，進而顯著提升整體學習效果。

然而，由於本研究為 40 分鐘的短期介入，尚難觀察學習成效的長期維持與跨情境的遷移效果。受試樣本侷限於單一學校的五年級學生，因此在結果的一般化推論上受到限制，建議未來應擴大樣本多元性並進行追蹤研究。最後，系統目前的自動引導仍以規則式或預設提示為主，尚未評估更為精細的個人化或自適應引導策略，例如基於即時學習行為或情緒偵測的動態調整，這將是後續發展的重要方向。

參考文獻

- Abad-Segura, E., González-Zamar, M.-D., Luque-de la Rosa, A., & Morales Cevallos, M. B. (2020). Sustainability of Educational Technologies: An Approach to Augmented Reality Research. *Sustainability*, 12(10), 4091. <https://doi.org/10.3390/su12104091>
- Akbulut, A., Catal, C., & Yıldız, B. (2018). On the effectiveness of virtual reality in the education of software engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(4), 918–927.
- Al Mamun, M. A., Lawrie, G., & Wright, T. (2020). Instructional design of scaffolded online learning modules for self-directed and inquiry-based learning environments. *Computers & Education*, 144, 103695.
- Alcañiz, M., Parra, E., & Chicchi Giglioli, I. A. (2018). Virtual reality as an emerging methodology for leadership assessment and training. *Frontiers in Psychology*, 9, 301393.
- Argyriou, L., Economou, D., & Bouki, V. (2020). Design methodology for 360 immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour. *Personal and Ubiquitous Computing*, 24(6), 843–859.
- Bogusevschi, D., Muntean, C., & Muntean, G. M. (2020). Teaching and learning physics using 3D virtual learning environment: A case study of combined virtual reality and virtual laboratory in secondary school. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 39(1), 5–18.
- Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2017). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49, 1–23.
- Chang, S.-C., Hsu, T.-C., Chen, Y.-N., & Jong, M. S.-Y. (2018). The effects of spherical video-based virtual reality implementation on students' natural science learning effectiveness. *Interactive Learning Environments*, 28(7), 915–929. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1548490>
- Fransson, G., Holmberg, J., & Westelius, C. (2020). The challenges of using head-mounted virtual reality in K–12 schools from a teacher perspective. *Education and Information Technologies*, 25(4), 3383–3404. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10119-1>

- Frederiksen, J. G., Sørensen, S. M., Konge, L., Svendsen, M. B., Nobel-Jørgensen, M., Bjerrum, F., et al. (2020). Cognitive load and performance in immersive virtual reality simulation training. *Surgical Endoscopy*, 34(3), 1244–1252.
- Li, W., Feng, Q., Zhu, X., Yu, Q., & Wang, Q. (2023). Effect of summarizing scaffolding and textual cues on learning performance, mental model, and cognitive load in a virtual reality environment: An experimental study. *Computers & Education*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104793>.
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (1st ed., pp.31-48). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McCall, J. (2022). *Gaming the past: Using video games to teach secondary history*. Routledge.
- Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., & Almond, R. G. (2003). On the structure of educational assessments. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 1(1), 3–62.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Song, D., Kim, P., & Karimi, A. (2012). Inquiry-based learning environment using mobile devices in math classroom. *Proceedings of the Association for Education Communications and Technology*, 386-392.
- Thorp, R., & Persson, A. (2020). On historical thinking and the history educational challenge. *Educational Philosophy and Theory*, 52(8), 891-901.
- Tilhou, R., Taylor, V., & Crompton, H. (2020). 3D Virtual Reality in K-12 Education: A Thematic Systematic Review. In S. Yu, M. Ally, & A. Tsinakos (Eds.), *Emerging Technologies and Pedagogies in the Curriculum. Bridging Human and Machine: Future Education with Intelligence*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0618-5_10.
- van Brakel, V., Barreda-Ángeles, M., & Hartmann, T. (2023). Feelings of presence and perceived social support in social virtual reality platforms. *Computers in Human Behavior*, 139, 107523.
- Wang, W.-S., Lee, H.-Y., Lin, C.-J., Li, P.-H., Huang, Y.-M., & Wu, T.-T. (2024). Enhancing students' learning outcomes in self-regulated virtual reality learning environment with learning aid mechanisms. *British Journal of Educational Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/bjet.13512>.