

# 提供實物操作、實體空間感官與運動回饋，以及多模態人工智慧評測的數位情境學習環境

## A Digital Contextual Learning Environment with Physical Object Manipulation, Spatial Sensory-Motor Feedback, and Multimodal AI Assessment

劉慧婷<sup>1</sup>，楊舒涵<sup>2</sup>，任家駿<sup>1</sup>，王振漢<sup>3\*</sup>，莊永裕<sup>1</sup>，陳國棟<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中央大學資訊工程學系

<sup>2</sup> 健行科技大學餐旅管理系

<sup>3</sup> 中央大學學習科技研究中心

\* harry@cl.ncu.edu.tw

**【摘要】**在餐旅與護理等服務型學科中，多模態知識如動作、手勢、表情等，是專業表現的關鍵要素。本研究基於具身認知、認知負荷理論與多媒體學習原則，設計融合實物操作、實體空間感官與運動回饋的數位學習方法，學生可在擬真情境中以自然動作互動。藉由引入真實物件以降低操作複雜性的認知負荷，並運用即時多模態 AI 評測促進反思與技能掌握。實驗與科大餐旅課程合作，69 名學生隨機分為對照組與實驗組。結果顯示，相較虛擬介面操作的數位實境，本方法可在較低認知負荷下提升學習成效與反思能力，突顯將多模態回饋與實物操作納入數位情境學習的優勢。

**【关键词】** 數位實境；情境學習；具身認知；多模態學習；即時回饋

**Abstract:** Multimodal knowledge, such as gestures, movements, and facial expressions, is crucial in service-oriented disciplines like hospitality and nursing. This study, based on embodied cognition, cognitive load theory, and multimedia learning principles, proposes a digital learning method integrating tangible object manipulation, spatial sensory feedback, and motor interaction to enable natural engagement in immersive scenarios. Real objects reduce cognitive load from interface complexity, while real-time multimodal AI assessment enhances reflection and skill mastery. An experiment with 69 hospitality students randomly assigned to control and experimental groups showed that, compared to virtual interface-based learning, this method improves learning outcomes and reflective thinking with lower cognitive load, highlighting the advantages of integrating multimodal feedback and tangible interaction in digital situated learning.

**Keywords:** Digital Reality, Situated Learning, Embodied Cognition, Multimodal Learning, Immediate Feedback

### 1. 前言

傳統課堂學習主要依賴口語與文字材料，學習者多為被動接收知識，缺乏實際參與與應用經驗。將學習者置於與學習目標相關的情境中，有助於知識的內化並提升實踐能力(Al Hakim et al., 2022)。近年來，擴增實境與虛擬實境等科技引入教育場域，透過擬真情境的建構，豐富了學習體驗，已證實能提升學習參與度與知識掌握(Familoni & Onyebuchi, 2024)。

在餐旅、護理、教師培訓等強調實作的服務型學科中，學生不僅需熟練專業技能的應用，表情、動作與手勢等非語言互動，亦是專業表現與人際溝通中的關鍵元素(Islam & Kirillova, 2021)。然而，透過遊戲控制器與虛擬實境互動，往往難以培養真實的肌肉記憶(Mayor et al., 2019)。系統性文獻回顧顯示，在數位學習環境中引入具身學習，如手勢或全身動作參與，可增強理解、記憶與應用能力，進而促進身體互動技能的發展(Kosmas & Zaphiris, 2023)。

值得注意的是，認知負荷理論指出，學習者的工作記憶存在容量限制(Sweller et al., 2011)。在虛擬實境中，過量資訊可能導致過度認知負荷，造成學習者分心甚至偏離學習目標

(Makransky & Petersen, 2021)。多媒體學習理論提供優化認知資源分配的指南，已廣泛用於 2D 多媒體學習(Mayer, 2020)。透過結合具身認知理論(Wilson, 2002)，我們探索將此框架擴展至 3D 數位實境學習，以應對學習者在處理空間關係與感官運動等多模態信息時面臨的挑戰。

不同於多數數位實境以操作者視角進行互動，本研究採用第三人稱觀眾視角，使學習者能夠觀察自身表現、獲取即時回饋，並進行自我反思。藉由整合深度攝影機與既有的人工智慧技術捕捉學習者的對話、動作及感官運動數據，學習者在現實世界中的行為將即時映射至數位環境的虛擬化身中，並透過 AI 生成回饋，以幫助其進行自我調整與行為修正。此外，為克服控制器與虛擬實境互動難以形成肌肉記憶的問題，本研究在數位場景中設置了對應的實體物件，讓學習者透過操作真實物品來感受重量與形狀，從而降低滑鼠、手把等虛擬介面的抽象性與操作負擔，進而促進知識、技能操作與實際應用場景的融合。

為了驗證研究結果，我們提出以下研究問題：

- 一、整合實體空間感官與運動回饋的數位實境，是否能促進具身認知並提升學習成效？
- 二、多模態人工智慧的即時評測與回饋，是否能有效促進學習者的反思與行為改進？
- 三、真實物件操作與空間互動，是否比使用控制器操作虛擬物件表現出較低認知負荷？

## 2. 文獻探討

### 2.1. 情境學習與反思學習：數位實境與人工智慧在教育中的應用

情境認知理論指出，知識的獲取與應用並非獨立發生，而是需通過與情境及他人的互動來實現(Brown et al., 1989)。McLellan(1996)總結構成情境學習的八個關鍵要素，包括學徒制、講故事、合作、反思、指導、多重實踐、學習技能的表達以及科技。

反思幫助學習者將新經驗融入現有的認知架構(Schön, 1983)，並應嵌入與實務內容緊密結合的學習活動中(Dalsgaard, 2020)。而即時回饋被視為提升學習效果的重要機制，不僅能幫助學習者及時發現並修正錯誤(Canals et al., 2025)，亦有助教師精確掌握學生需求(Alam, 2023)。

科技的發展為教育帶來了全新的可能性。人工智慧(AI)被廣泛應用於個人化學習，透過即時回饋與適應性教學來優化學習成效(Crompton et al., 2024)。同時，數位實境諸如虛擬實境(VR)、擴增實境(AR)等沉浸式科技，可以提高學生的學習參與度、知識保留和技能發展(Familoni & Onyebuchi, 2024)。在此背景下，我們探討將數位實境的擬真情境構建潛力與人工智慧驅動的即時分析和回饋相結合，以增強情境學習中的反思過程，進一步提升學習成效。

### 2.2. 多模態學習中的認知負荷挑戰

多模態指涉及語言、圖像、音樂與動作等溝通模式的互動(Kress, 2010)。具身認知指出，思考和認知不僅局限於大腦，還與身體感知和行動密切相關(Wilson, 2002)。當學習者透過身體參與並調動多感官處理，不僅能提升其在擴增實境學習中的參與度與投入感(Stalheim & Somby, 2024)，還能在多模態互動中增強知識理解、記憶保留與應用(Gordani & Khajavi, 2020)。

然而，學習者的工作記憶存在容量限制，認知負荷可分為內在、外在與促進性負荷(Sweller et al., 2011)。內在負荷源自學習材料的固有複雜性，外在負荷則取決於教學設計與呈現方式，促進性負荷則與支持學習的資源有關。降低外在認知負荷對數位實境的學習設計尤為重要，因為虛擬環境中的過量資訊可能導致學習者忽略核心學習目標(Makransky & Petersen, 2021)。

Dastmalchi 和 Goli (2024)比較了兩種 VR 互動模式：直接互動透過自然動作參與任務，藉由即時、直覺的回饋提升內在動機與學習投入度；而間接互動則依賴 VR 控制器與介面操作，雖提供較高的精確度，卻需更多認知努力，導致使用者需更長時間完成任務，進而影響學習與使用體驗。Fiorella (2022)的研究亦指出，在數位環境中整合實體物件操作，有助於將抽象概念錨定於具體經驗，從而降低認知處理負荷，促進更深層的記憶形成。此外，多媒體學習理論提出雙通道原則、有限容量原則和主動處理假設，強調視覺與聽覺通道的同步處理能力，而過載則會降低學習效果，表明認知資源分配對提升學習成效的重要性(Mayer, 2020)。

綜合前述文獻，本研究運用現有科技設計一款可應用於課堂的數位教學輔助系統，旨在提升學習體驗並降低建置成本。透過引入具身認知理論，進一步拓展多媒體學習理論的應用範

疇，將 2D 多媒體學習延伸至 3D 數位實境學習，期望在降低認知負荷的同時，提升學習成效，並促進學生的學習參與、技能發展與反思能力。

### 3. 系統實施

#### 3.1. 設計理念

本研究提出一種多模態數位情境學習方法，整合實物操作、實體空間感官與運動回饋，以及多模態人工智慧評測，以促進學習者在數位環境中的技能掌握。方法設計以多媒體學習原則為基礎，將其擴展應用於數位實境。如圖 1 (a)所示，透過深度攝影機與語音辨識，能即時捕捉學習者的多模態數據，如肢體動作、對話、表情及空間互動，並將這些數據映射至虛擬環境，使學習者能夠在虛擬場景中觀察自身表現，並獲取 AI 驅動的即時多模態評估，以增強反思與知識內化。應用空間鄰近性與時間鄰近性原則，學習者的操作與虛擬環境中的即時反饋同步呈現；並應用信號提示原則，搭配螢幕上的姿勢與距離提示，協助學習者修正行為。



圖 1 系統設計

#### 3.2. 環境設計

本方法設計將教室劃分為展演區與觀眾區，展演區中配備了深度攝影機、餐具等實體物件，如圖 1 (b)所示，這些物件的樣式與位置會即時被複製至數位情境中，讓學習者能透過自然的操作進行場景互動，降低如滑鼠或 VR 手把等抽象介面的操作，以進一步減輕認知負荷。同時，額外的數位元素透過 Unity 生成，如建築結構與情境場景，以構建擬真情境。觀眾區則提供劇場式學習體驗，讓同伴能即時觀看學習歷程。

#### 3.3. 系統架構

本研究的系統架構如圖 2 所示，涵蓋以下模組，分為學習者與教學者部分。

- 多模態人工智慧評測系統：該系統使用 ZED 2i 深度攝影機與麥克風即時捕捉學習者的多模態數據，如表情、動作、手勢、實體空間中的人物移動與位置。透過整合現有的 AI 工具：ZED SDK 負責處理身體動作表現，YOLO 偵測與追蹤實體物件，Microsoft Azure AI Speech 將學習者的語音轉錄為文字。轉錄文本與多模態評估結果進一步交由 OpenAI GPT 進行語義分析與個人化回饋生成。經過分析的數據將傳送至情境展演系統，以幫助學習者反思並調整其行為。

- 情境展演系統：此系統根據教師所編寫的腳本內容，應用分段原則在 Unity 環境中生成 3D 學習場景。同時，學生可透過 Ready Player Me 創建個人化虛擬化身，並利用 Polycam 掃描真實物件生成 3D 模型，以創建更擬真互動的情境。它接收來自多模態評測系統的物件與肢體識別數據，即時將學習者的操作映射至虛擬環境，形成「實物-數位同步互動」。硬體設備包含用於顯示虛擬場景的電腦與螢幕。

- 情境編輯器：教師可透過 Android 平板來編輯教學腳本與場景，將教材轉化為互動式情境學習素材。並可自訂學習目標與評估標準，使課程更具彈性與適應性。

- 情境控制 APP：教師可透過 APP 即時控制教學情境的進度，該應用程式提供適應性支持，教師可根據個別學習者的表現調整多模態回饋機制，以靈活應對不同的教學需求。

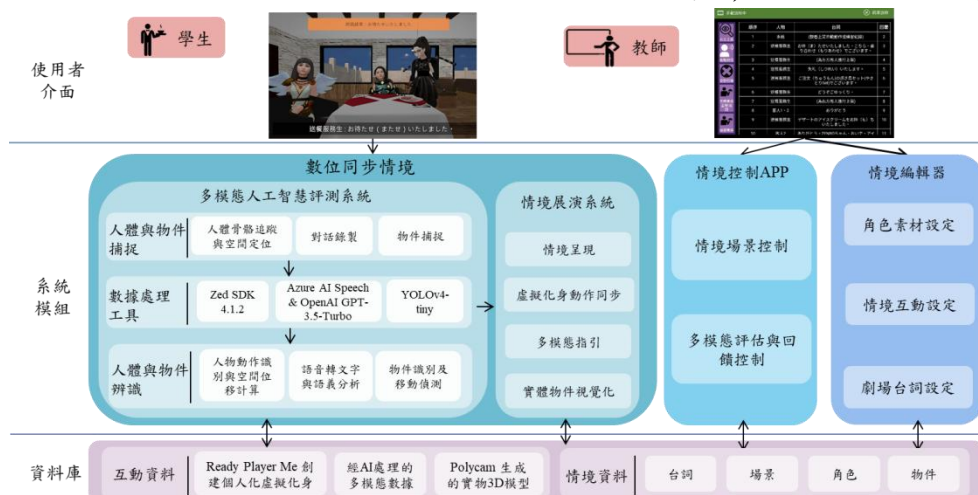


圖 2 系統架構

整體設計旨在實現實物操作、空間感知與數位互動的整合。系統通過適當的資訊呈現時機與空間配置，有望減輕外在認知負荷，並通過多模態 AI 評測促進學生深層理解與技能掌握。

## 4. 實驗設計

本研究旨在探討融合實物操作、實體空間感官與運動回饋，以及多模態人工智慧評測的數位實境學習環境對學生學習成效的影響。我們的實驗假設為：相較於運用控制器操作虛擬介面互動的數位情境，在能進行實物操作與實體空間感官回饋的數位情境中，是否能更好地理解與應用知識內容，進而獲得更佳的學習成效。

### 4.1. 實驗對象

本研究與桃園市某科技大學的餐旅實務課程教師合作，從 69 名平均年齡 19 歲的學生中隨機分為兩組：實驗組（37 人，男 11 人、女 26 人）與對照組（32 人，男 13 人、女 19 人）。為確保兩組在能力上的平衡性，根據前測成績進行 S 型分組，將學生分成每組 6 人的小組。兩組於實驗中獨立進行教學活動，互不干擾。

### 4.2. 教學材料

教學內容由課程教師設計，聚焦於餐廳服務情境，涵蓋接待賓客、菜單介紹與結帳流程等。課程的核心目標在於培養學生的日語溝通能力，並訓練其在服務過程中的實務技能應用。

### 4.3. 實驗施測與評量

為了評估本研究設計的學習方法對學生學習成效的影響，研究採用了前後測評量、問卷及訪談的綜合方式進行分析。前後測試題由授課教師依據課程進度設計及完成評分，以確保評量的一致性與專業。試題涵蓋是非題、選擇題、動作題及日語口說題，分為餐旅基礎日文、日語口語溝通及餐廳服務禮儀表現三個面向。其中，基礎日文測驗評估詞彙與情境對話能力；日語口語溝通與餐廳服務禮儀則測試學生的實務應用技能，如賓客接待、點餐及服務禮儀。前後測結果將以 ANCOVA 進行分析，以探討此學習方法對學生學習成效的實際影響。同時，針對各測驗面向進行 One-way ANOVA 分析，以更細緻地檢視不同學習模式間的成效差異。

為了更全面評估學習成效，問卷使用了 Likert 五點量表進行反身性思考與認知負荷兩個面向的分析，分數範圍從 1（非常不同意）到 5（非常同意）。反身性思考參考 Kember 等人(2000)的問卷，用於檢測學生是否能透過系統觀察並發現自身不足；認知負荷則參考 Leppink 等人(2013)的問卷，用以評估此學習方法對學生造成的心智能力負擔。

### 4.4. 實驗流程

實驗進行了十六週，每次時長為 100 分鐘，流程如圖 3 所示。實驗組和對照組在實驗操作上的唯一差異為情境系統的使用；所有其他方面，包括學習材料和學習過程，均保持不變。

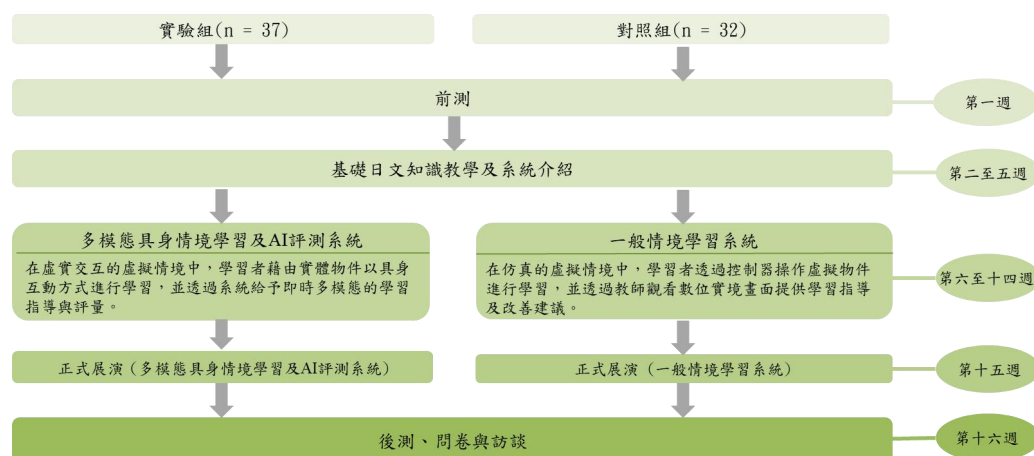


圖 3 實驗流程圖

## 5. 實驗結果分析

### 5.1. 學習成效

本研究使用共變異數分析(ANCOVA)探討學習成效，共收集有效樣本 69 份，其中實驗組 37 人，對照組 32 人。以前測成績作為共變項，後測成績為依變項，實驗組與對照組則作為自變項。結果顯示，在排除前測成績影響後，實驗組後測成績顯著高於對照組(MEG = 80.87, MCG = 77.26,  $F = 6.135$ ,  $p = 0.016 < 0.05$ )，且效果量( $\eta^2_p = 0.085 \geq 0.06$ )達到中等水準，顯示本學習方法對學習成效具有實質性的正向影響。

為進一步檢視各面向的學習差異，進行單因子變異數分析(One-way ANOVA)，結果顯示，餐旅基礎日文測驗( $p = 0.602 > 0.05$ )未達顯著差異，表示兩組學生在文法與詞彙知識習得上表現相近。然而，在日語口語溝通( $p = 0.014 < 0.05$ )與餐廳服務禮儀( $p = 0.026 < 0.05$ )測驗方面，實驗組成績顯著優於對照組，顯示本方法在實作技能的學習成效上具有積極成效。

### 5.2. 反身性思考與認知負荷

本研究使用 Cronbach's Alpha 進行可信度檢驗，問卷  $\alpha$  係數為 0.960，屬於高信度(George, 2011)。問卷分為反身性思考及認知負荷兩個面向，並透過獨立樣本 t 檢定進行統計分析。

在反身性思考方面，實驗組的平均分數顯著高於對照組(MEG = 4.013, MCG = 3.671,  $p = 0.014 < 0.05$ )。結果顯示，使用本學習方法的學習者透過即時多模態人工智慧評測與反饋，更能察覺自身不足，進一步促進反思與自我修正能力。

在認知負荷方面，實驗組的平均分數顯著低於對照組(MEG = 0.905, MCG = 1.344,  $p = 0.003 < 0.05$ )。此結果顯示，使用真實器具學習比使用互動裝置操作虛擬器具更能有效降低認知負荷。實驗組透過使用熟悉的實體器具，有效減少了與學習內容無關的額外心智負擔，使學生能更專注於學習內容本身，而非介面操作。

### 5.3. 學生與教師訪談

為深入了解學習者與教學者對此學習方法的使用感受，本研究進行了訪談。學習者認為，透過肢體控制角色進行餐廳情境練習有效增強了臨場感：「一邊說出台詞、一邊實際動作模擬送餐，真的有身處餐廳服務的感覺」。系統提供的即時多模態人工智慧評測也受到肯定，有提到：「我能看到自己的動作，系統給出提示後能立即修正錯誤」。操作實體器具的設計被認為提升了學習的直觀性與吸引力，例如：「使用真實的餐具讓學習體驗更真實」，「用實際器具操作，可以更容易理解任務，讓我有動力參與練習」。

相比之下，對照組學生雖然初期對數位情境環境感到新奇，但由於缺乏即時回饋與虛擬工具操作複雜性，影響了學習成效。有學生提到：「剛開始覺得有趣，但上課時要同時學習課程內容和如何使用操作虛擬器具」，「即使老師有指導，我仍不確定自己的表現是否正確」。

在教學者方面，教師認為透過肢體動作與日語口說的實際演練，學生的專注度與參與度明顯提升，例如：「學生能透過自身動作練習課本知識，更能專注於課堂活動。」而多模態即時評估則能幫助其更精準地掌握學生的學習盲點，例如：「系統能準確掌握學生的不足，方便我在課堂上針對性地補充教學內容」。此外，教師觀察到實驗組學生更具自信心，並能更準確完成學習任務：「使用真實器具讓學生能夠更貼近真實環境進行練習，有效提升了技能應用能力」，以及「與虛擬工具相比，學生在使用真實器具時更專注，挫敗感減少許多。」

## 6. 討論、結論和未來展望

### 6.1. 討論

本研究提出了一套數位情境學習方法，結合實物操作、實體空間感官與運動回饋，以及多模態人工智慧評測。同時基於具身認知理論與多媒體學習原則，將其應用範疇從 2D 多媒體學習擴展至 3D 數位實境學習。

在學習成效方面，實驗組在日語口語溝通與餐廳服務禮儀表現上顯著優於對照組，這印證了肢體參與促進技能學習的觀點(Kosmas & Zaphiris, 2023; Stalheim & Somby, 2024)。此外，即時多模態回饋幫助學習者快速察覺並修正行為(Canals et al., 2025)，進一步支持 Dalsgaard (2020)提出的反思應嵌入具體情境的建議。

在降低認知負荷方面，藉由引入真實物件操作，減少如滑鼠與手把等抽象介面帶來的額外負擔，這與 Fiorella(2022)的觀點一致，即將抽象知識與具體行為相連結，有助於深化記憶與增強應用能力。同時，研究設計遵循多媒體學習理論中的空間、時間鄰近性與信號提示等原則(Mayer, 2020)，透過優化資訊呈現時機與方式，顯著降低外在認知負荷，使學習者能專注於核心知識的內化與應用。研究進一步拓展了多媒體學習理論在多模態學習中的適用性。

### 6.2. 結論

本研究設計並實踐了一套融合實物操作、實體空間感官與運動回饋，以及多模態人工智慧評測的數位情境學習方法，旨在探討將空間互動與實體物件納入數位學習環境對學習成效的影響。透過深度攝影機與麥克風即時捕捉學習者的多模態行為，包括肢體動作、語言表達與表情，並應用多模態人工智慧技術自動化分析行為數據，生成即時回饋，幫助學習者觀察自身表現並進行反思，從而促進知識的內化與應用。

實驗結果顯示，該學習方法在提升學習成效與反身性思考方面展現顯著成效，尤其在日語對話與餐廳服務禮儀學習的表現中尤為突出。透過真實器具操作與具身互動，學生能更專注於學習過程，並在即時回饋的引導下進一步修正錯誤與強化知識應用。研究亦發現，將真實物件集成至數位學習環境，有助於減少因使用抽象介面（如滑鼠或 VR 手把）帶來的工具學習負擔，使學生能更直接專注於核心學習內容。此外，教學者對此方法亦給予正面評價，認為多模態即時反饋與實物互動能幫助學生更清楚掌握學習內容，同時降低因技術操作所帶來的挫折感，顯著優化整體教學效果。

綜上所述，本研究結果支持具身認知與情境學習理論，並拓展了多媒體學習理論在數位實境中的應用範疇。研究證實，身體互動、多模態回饋與實物操作在數位學習環境中的重要性，有助於學習者在專業情境中更有效地應用所學知識。

### 6.3. 侷限性與未來展望

本研究仍存在若干限制。首先，樣本量較小且僅針對餐旅實務課程進行實驗，可能限制研究結果的普遍性與外部效度。其次，研究持續時間僅為十六週，難以充分反映教學方法對長期學習成效與技能保持的影響。此外，認知負荷的測量採用自我評量問卷，可能存在主觀偏差，無法全面反映學習者的實際心智負擔。

針對這些限制，未來研究可從以下幾個方向展開。首先，可擴展至不同教育背景與多元學科領域，如護理教育、教師培訓及其他技能密集型課程，以驗證研究的適用性與普遍性。同時，進行更長期的縱向研究，以評估學習者在經歷此教學法後的知識保留與技能應用表現。此外，在技術層面，可考慮整合 AI 驅動的個人化學習紀錄追蹤以提供適應性指導(Crompton et

al., 2024)。另可探索遊戲化元素的應用(Familoni & Onyebuchi, 2024)，以提升學習趣味性與動機。為了促進更廣泛的應用，我們也將優化學習方法設計與實施細節，並為教育工作者提供具體的教學指南，以滿足更廣泛的教育需求。

## 致謝

本研究感謝國科會經費支持，計畫編號：NSTC 111-2410-H-008-012-MY3；NSTC 113-2410-H-008-014-MY3；NSTC 113-2811-H-008-010。

## 参考文献

- Alam, A. (2023). Harnessing the Power of AI to Create Intelligent Tutoring Systems for Enhanced Classroom Experience and Improved Learning Outcomes. In *Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks* (pp. 571-591). Singapore: Springer Nature Singapore. [http://doi.org/10.1007/978-981-99-1767-9\\_42](http://doi.org/10.1007/978-981-99-1767-9_42)
- Al Hakim, V. G., Yang, S. H., Liyanawatta, M., Wang, J. H., & Chen, G. D. (2022). Robots in situated learning classrooms with immediate feedback mechanisms to improve students' learning performance. *Computers & Education*, 182, 104483. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104483>
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>
- Canals, L., Granena, G., Yilmaz, Y., & Malicka, A. (2025). The relative effectiveness of immediate and delayed corrective feedback in video-based computer-mediated communication. *Language Teaching Research*, 29(1), 242-268. <https://doi.org/10.1177/13621688211052793>
- Crompton, H., Jones, M. V., & Burke, D. (2024). Affordances and challenges of artificial intelligence in K-12 education: A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 56(3), 248-268. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2121344>
- Dalsgaard, C. (2020). Reflective Mediation: Toward a Sociocultural Conception of Situated Reflection. *Frontline Learning Research*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.14786/flr.v8i1.447>
- Dastmalchi, M. R., & Goli, A. (2024, October). Embodied Learning in Virtual Reality: Comparing Direct and Indirect Interaction Effects on Educational Outcomes. In *2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-7). IEEE. <http://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10892964>
- Familoni, B. T., & Onyebuchi, N. C. (2024). Augmented and virtual reality in us education: a review: analyzing the impact, effectiveness, and future prospects of ar/vr tools in enhancing learning experiences. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(4), 642-663. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i4.1043>
- Fiorella, L. (2022). The embodiment principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedial Learning* (3rd ed.; pp. 286–295). Cambridge University Press.
- George, D. (2011). *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e*. Pearson Education India.
- Gordani, Y., & Khajavi, Y. (2020). The impacts of multi-modal PowerPoint presentation on the EFL students' content knowledge attainment and retention over time. *Education and Information Technologies*, 25(1), 403-417. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09979-z>
- Islam, M. S., & Kirillova, K. (2021). Nonverbal communication in hotels as a medium of experience co-creation. *Tourism Management*, 87, Article 104363. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104363>

- Kember, D., Leung, D. Y. P., Jones, A., Loke, A. Y., McKay, J., Sinclair, K., ... Yeung, E. (2000). Development of a Questionnaire to Measure the Level of Reflective Thinking. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 25(4), 381–395. <https://doi.org/10.1080/713611442>
- Kosmas, P., & Zaphiris, P. (2023). Improving students' learning performance through Technology-Enhanced Embodied Learning: A four-year investigation in classrooms. *Education and Information Technologies* 28(9), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11466-x>
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. Routledge.
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937–58. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayor, J., Raya, L., & Sanchez, A. (2019). A comparative study of virtual reality methods of interaction and locomotion based on presence, cybersickness, and usability. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 9(3), 1542-1553. <http://doi.org/10.1109/TETC.2019.291528>
- McLellan, H. (1996). *Situated learning perspectives*. Educational Technology.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Stalheim, O.R., Somby, H.M. (2024) An embodied perspective on an augmented reality game in school: pupil's bodily experience toward learning. *Smart Learning Environments*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00308-7>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>