

從故事版到 Metaboard: 生成式 AI 驅動的虛實整合框架, 提升專題式學習 中的心理擁有感與設計思維

From Storyboard to Metaboard: A Generative AI-Driven Cyber-Physical Framework for Enhancing Psychological Ownership and Design Thinking in Project-Based Learning

廖羿芸¹, 林暉智¹, 王振漢^{1*}, 陳國棟¹

¹ 臺灣中央大學 資訊工程學系

* harry@cl.ncu.edu.tw

【摘要】 本研究針對專題式學習中抽象設計敘事與實體操作的認知斷裂, 提出以活動理論為核心的 Metaboard 虛實整合模式。採準實驗設計 (N=64), 實驗組藉由 Metaboard 將設計轉化為多模態的提示詞歷程, 透過虛實同步揭露數位預期與物理現實間的矛盾, 在結構化人機協作學習單與教師介入下, 引導學生批判性檢核 AI 產出, 進而觸發擴展性學習循環。結果顯示相較於傳統靜態故事板, 此法顯著提升學習動機、情境認知、心理擁有感、設計思維與專題實作績效; 源於提示詞溯源機制, 虛實矛盾迫使學生從被動接收 AI 內容轉向積極邏輯重構, 成功將生成式 AI 由單向產出工具重塑為雙向辯證的夥伴。

【關鍵字】 專題式學習; 生成式人工智慧; 數位孿生; 虛實矛盾; 活動理論

Abstract: Addressing the disconnect between design narratives and physical implementation in PBL, this study proposes Metaboard, a cyber-physical model grounded in Activity Theory. Using a quasi-experimental design (N=64), Metaboard transforms designs into multimodal prompting processes, utilizing cyber-physical synchronization to expose contradictions between digital expectations and physical realities. Coupled with structured guidance, this drives expansive learning. Results show significant improvements in motivation, situational cognition, psychological ownership, design thinking, and project performance compared to static storyboards. This success stems from prompt provenance, where contradictions compel active logical reconstruction, redefining AI as a bidirectional dialectical partner.

Keywords: Project-Based Learning, Generative AI, Digital Twin, Cyber-Physical Contradiction, Activity Theory

1. 前言

1.1. 研究背景與現有技術缺口

專題式學習 (Project-Based Learning, PBL) 與設計教育的核心挑戰, 在於協助學習者跨越抽象設計敘事與具體實作間的認知斷裂 (Lave & Wenger, 1991), 儘管現有教學導入多種輔助工具, 仍普遍存在工具斷裂與驗證機制不足的問題。傳統靜態故事板 (Storyboard) 易造成去情境化 (Decontextualization) (Brown et al., 1989), 學生往往假設理想運作情境, 忽略真實物理雜訊, 過度依賴心理模擬進行推論, 大幅提高外在認知負荷, 使設計邏輯與物理限制的矛盾

延遲至開發晚期才暴露，高昂的修正成本迫使學生為遷就實作難度而壓縮創意，在缺乏即時情境回饋的壓力下，專案最終淪為缺乏情境深度的設計墳場 (Design Graveyard)，連帶剝奪學生對成果的心理擁有感；新興科技嘗試縮短此落差，成效卻受限於機制設計，虛擬實境的教育應用多侷限於視覺展示，缺乏物理層級的因果驗證，難以檢測真實環境的限制 (Makransky & Petersen, 2021)。當前生成式 AI 輔助教學多停留在單向生成 (One-way Generation)，其流暢產出易引發高保真錯覺 (High-Fidelity Illusion)，學生易傾向於被動接收，誘發認知卸載 (Cognitive Offloading) 而非深層反思 (Kasneci et al., 2023)，加劇了數位工具的黑箱化困境。現有研究鮮少探討如何利用雙向辯證作為教學鷹架，特別缺乏 AI 生成的數位預期與物理現實連結的閉環機制，以揭露深層的認知矛盾 (Engeström, 2001)，因此如何從單向內容生成轉向雙向邏輯辯證，建立整合生成、模擬及實體回饋的方法，是目前 AI 融入 PBL 需迫切克服的關鍵缺口。

1.2. 核心構想

本研究提出 Metaboard 生成式虛實整合學習模型 (Metaverse Storyboard-based Generative Cyber-Physical Learning Model, MG-CPLM) 以填補上述缺口，將生成式 AI 從單純的內容生成工具重新定位為認知校準器 (Cognitive Calibrator)，透過大型語言模型 (LLM, Large Language Models) 作為群體功能性角色參與，將學生以文字敘事、故事板、互動規則與裝置邏輯所構成的多模態提示詞轉化為可互動的數位孿生 (Digital Twin) 場景，透過虛實同步機制使生成之設計預期必須接受物理現實的檢核，一旦數位敘事與實體回饋發生衝突，即揭露虛實矛盾，學生需回溯並調整原有設計假設，而非僅修正表層參數，為支持此認知歷程，Metaboard 進一步導入關鍵的提示詞溯源 (Prompt Provenance) 機制，完整紀錄提示詞的修正、回溯與演化軌跡，清晰辨識設計思維如何從初始假設，收斂為符合真實情境的邏輯，錯誤藉此被轉化為可見與可回溯的學習資源，最終建構出以生產性錯誤 (Productive Error) 為基礎的設計迭代循環。基於上述設計，本研究探討以下研究問題：(1) 整合生成式 AI 與數位孿生的 Metaboard 模式，是否能顯著提升學習動機、設計思維、心理擁有感與情境認知？(2) 本方法如何驅動學生的提示詞 (Prompt) 演化，並透過生產性錯誤進而促發深層的邏輯重構？(3) 相較於傳統靜態故事板，本法在提升專題成果的可行性與實用性上是否展現顯著優勢？

2. 文獻探討

本研究採用第三代活動理論 (Engeström, 2001) 作為總體架構，學生為主體，LLM 與數位孿生作為中介工具，共同支援專題實作。學生與 LLM 互動時，流暢的生成內容常引發認知卸載與高保真錯覺，使其傾向於將 AI 產出視為完全正確 (Kasneci et al., 2023)，為回應此現象，本研究透過虛實同步作為認知校準器，呼應情境學習與建構論 (Lave & Wenger, 1991; Papert, 1980)，當數位預期與物理現實之間出現落差時，將在學習者認知中形成系統性矛盾與認知衝突 (Cognitive Conflict)，物理條件所帶來的限制，打破 AI 幻覺 (AI Hallucinations) 並支持擴展性學習 (Expansive Learning) 的發生。面對虛實差異，Metaboard 的提示詞溯源機制提供一種心理安全網，引發認知回撤 (Cognitive Retraction)，引導學生將實體運作失敗轉化為生產性錯誤，並透過反覆修正提示詞以消除物理矛盾。為保留充足心理資源以應對上述歷程，系統介面整合沉浸式學習認知情感模型 (Cognitive Affective Model of Immersive Learning, CAMIL) (Makransky & Petersen, 2021) 與認知負荷理論 (Sweller, 2011) 降級作為設計原則，採單一語境介面釋放工作記憶，使學生能專注於高階系統思考。在歷經發現矛盾、回溯提示詞、逐步重構設計邏輯的循環，最終驅動實體裝置後，此實作歷程將轉化對專題的情意投入與認同，進一步形成外在作品與內在理解之間的連結。透過實體互動與虛擬情境之間的對應，

學習歷程得以建立於感知與行動的整合之上，形成具身驗證 (Embodied Verification) (Barsalou, 2008)，有助於學生自主建立對問題修正歷程的因果理解。依據身分基礎動機理論 (Identity-Based Motivation, IBM) (Oyserman, 2015)，此效能感將單純的工具操作，深化為對專案成品的深層心理擁有感 (Pierce et al., 2001)，學生在解決矛盾之際將作品視為自我延伸，確立未來專家認同，從而完成由技術操作邁向專業身分建構的心理轉化。

3. 學習模式設計

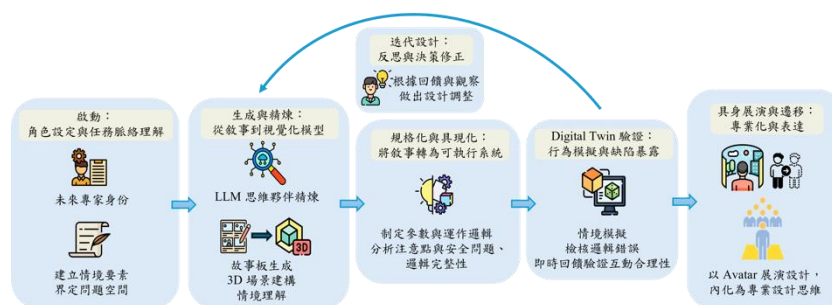
3.1. 教學設計原則

本研究提出之學習模型承襲前述理論，於 PBL 中將 LLM 定位為認知協作者 (Cognitive Mediator)，將抽象敘事轉化為可互動的數位孿生。有別於傳統故事板的單向產出，本模型在完美的數位模擬與受限的物理現實間製造衝突。此虛實矛盾驅動的反思循環，結合提示詞溯源機制，使學生不再依賴表層參數的反覆嘗試，物理世界的真實回饋可使學生回溯至提示詞層面重構邏輯，進而跨越設計與實作之間的認知斷裂。

3.2. 教學流程與學習活動

圖 1

學習活動流程圖



本研究建構遞進的擴展性學習循環 (如圖 1)，Metaboard 在此扮演矛盾產生器，驅動認知回撤。(1) 建構未來專家身分(如產品工程師)，藉由喚起身分基礎動機對後續的認知校準產生當責感，依循學習單引導，輸入初始提示詞定義專案情境；(2) LLM 作為辯證夥伴，先將初步提示詞發展為完整情境，再針對物理限制與邏輯一致性提出反思建議，並將設計轉化為視覺化故事板(如圖 2)與 3D 場景，確立初步設計假設；(3) 將敘事轉譯為事件-條件-動作 (Event-Condition-Action) 規則的具體參數，透過單一語境介面整合操作，維持邏輯一致性；(4) 實體感測資料驅動虛擬場景實現虛實對應，透過螢幕化 3D 場景視覺回饋，非頭戴式裝置，物理世界的真實回饋成為核心的現實檢核點，揭露數位預期中的邏輯與環境假設的落差；(5) 面對虛實矛盾，啟動回撤機制，系統紀錄的提示詞溯源軌跡配合學習單的落差檢核，使其無法依賴盲目猜測，必須依物理反證進行深層重構，將錯誤轉化為具價值的生產性錯誤 (Productive Error)；(6) 以專業身分驅動數位分身進行具身展演，驗證情境真實性，更促使假設性思考遷移至具可行性的實務解決方案，問題解決經驗徹底內化為專業設計思維 (如圖 3)。

圖 2

依情境敘事生成視覺化故事板



圖 3

學生於專題具身展演中透過虛實同步進行認知校準與互動



3.3. 鷹架機制

為支援上述流程，本法整合關鍵認知鷹架：(1) 功能性角色互補：LLM 動態補位小組缺失之群體功能性角色，擴展者與批判者 (Benne & Sheats, 1948)，於定義情境與功能時提供啟發式問答，不直接給予答案，以維持認知主動性。(2) 單一語境介面設計：為避免複雜操作轉移學習焦點，採單一語境介面將故事板生成、情境與邏輯定義整合於統一提示詞驅動環境；透過自動化轉譯使學生免於過度投入於低階操作，將認知資源專注於較高層次的提示詞工程 (Prompting) 與建構設計邏輯。(3) 溯源性回饋：系統保留 Prompt 與 Log 演化軌跡供檢視思維路徑，將評量焦點從最終產出轉向迭代過程，鼓勵學生視錯誤為修正假設之機會，而非能力不足表現。(4) 結構化引導與混合式介入：為避免學生在生成式環境中產生認知卸載或盲信 AI 幻覺，本研究設計了人機協作引導學習單 (AI-Collaboration Protocol)，作為學生與 LLM Mentor 溝通的引導機制，包含 Prompt 建構指引與 AI 建議檢核表，強制學生在採納 LLM 建議前，需先勾選確認其是否符合真實物理限制，將被動接收轉化為事前批判。此外，教師依據專案發展路徑圖 (Roadmap) 設定關鍵里程碑，在此節點檢核學生的學習單報告與 Metaboard 溯源日誌，針對需進一步支持的小組進行適時介入，以維持人機協作的品質。

4. 研究方法

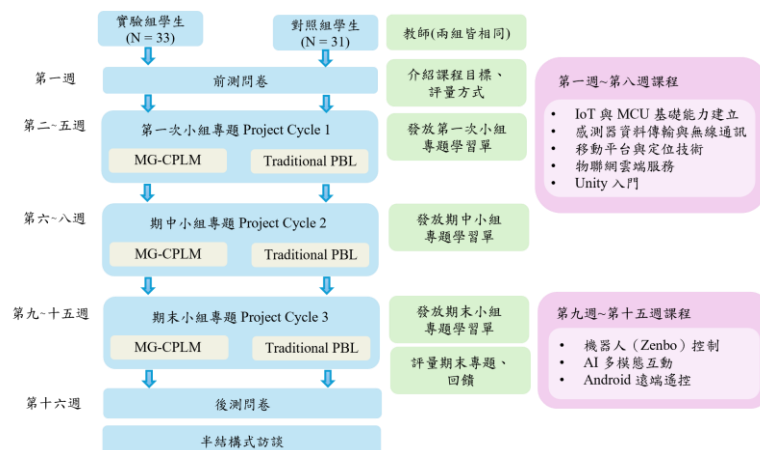
4.1. 研究場域

本研究於桃園某大學物聯網與社交機器人專題課程進行為期 16 週的準實驗研究，由同一教師授課之同一課程兩個班級(平行班級)為實驗對象 (N=64)，學生以 5 至 6 人為一組，依據專長進行分工，共同完成具備實際應用情境的物聯網服務專案。前測分析顯示兩組在學習動機與設計思維上具備組間同質性 ($p > .05$)。課程架構採理論授課與專題實作雙軌並行(如圖 4)，教師於兩班實施相同知識內容與專題引導，以維持一致的知識起點，實驗變項於三次小組專題實作循環中導入。一班為實驗組 (N=33, 五隊) 採用 MG-CPLM 模式，進行由文字描述至實體驗證之連續設計與驗證歷程；另一班為對照組 (N=31, 五隊) 利用生成式 AI 產

生故事版與元宇宙視覺情境作為產品展示背景，自行演練情境並進行以投影片簡報與影片演示為主的成果展示。

圖 4

課程規劃



4.2. 評量工具

本研究採量化問卷結果、系統日誌與半結構化訪談三種來源進行三角驗證。量化題項均採 Likert 五點量表(信度 $\alpha=0.84\sim0.93$) 為建立前後測比較之共變數基準，學習動機 (Pintrich et al., 1991) 與設計思維 (Dosi et al., 2018) 之改編量表於前後測使用相同題項；前者涵蓋內在目標導向(如：我喜歡能真正挑戰自己、學到新知識的內容)、自我效能(如：我有信心能在作業與評量中表現良好)與任務價值(如：學好這門課的內容很重要)子構面，測量面對挑戰時之心理動力與價值認同；後者評估涵蓋同理心(如：我試著從使用者的角度來思考我們的專題設計)、問題重構(如：我曾試著用不同角度重新定義問題)與創造自信(如：我相信自己有能力設計出具創意又實用的解決方案)等面向；認知層面採用改編自 Goel et al. (2010) 之情境認知量表，透過主題聚焦、專注沉浸與心智模型建立子構面，評估對專案情境的掌握度；為檢驗虛實同步對歸屬感之影響，引用 Buchem (2012) 心理擁有感參考改編量表進行後測，包含責任感、自我認同、當責感、自我效能感與歸屬感，用以衡量學生將成果視為自我延伸的程度；專題實作績效則依據涵蓋問題解決與使用者導向等六大指標之評量標準進行評分。針對具備前後測之學習動機與設計思維，本研究以前測分數為共變數，在確認變異數同質性 (Levene's Test) 與迴歸斜率同質性未違反假設後，採單因子共變數分析 (One-way ANCOVA) 排除組間起始差異。心理擁有感、情境認知與實作績效因屬單一後測結果，採獨立樣本 t 檢定 (Independent Samples t-test) 比較兩組平均數差異。為探究量化成效背後學習歷程，於期末自兩組立意取樣學生(共 10 人)參與半結構化訪談，訪談轉錄稿結合系統日誌，採用主題分析法 (Thematic Analysis) (Braun & Clarke, 2006) 並以理論導向之潛在層次進行編碼分析並反覆修訂以提升分析一致性。所有資料於學期結束後進行去識別化 (De-Identification) 處理，並由研究者進行後續分析，未參與教學與評分過程。

5. 研究結果

5.1. 學習成效表現

表 1

學習動機與設計思維之共變數分析(ANCOVA)

	實驗組		對照組				
	<i>Adjust Means (SE)</i>	<i>N</i>	<i>Adjust Means (SE)</i>	<i>N</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>Partial η^2</i>
學習動機	3.14 (0.07)	33	2.70 (0.07)	31	19.26	<.001	0.240
設計思維	2.65 (0.05)	33	2.42 (0.05)	31	11.88	.001	0.163

本研究採用單因子共變數分析檢定 MG-CPLM 模式對學習動機與設計思維的影響，並以前測成績作為共變數以排除起始能力差異，如表 1 所示，實驗組在學習動機與設計思維的調整後平均數均顯著高於對照組。實驗組在內在目標導向($F=6.12, p=.016, \eta_p^2=0.091$)與任務價值($F=7.80, p=.007, \eta_p^2=0.113$)展現顯著優勢，顯示數位分身的互動機制成功引發學生追求知識本身的興趣。設計思維方面，實驗組於問題重構($F=11.67, p=.001, \eta_p^2=0.161$)子構面表現突出，表明透過 Prompt 的迭代修正歷程，學生能更有效地重新定義問題並對解決方案展現較高的信心，而非僅停留在表層的工具操作。

表 2

心理擁有感、情境認知與專題實作總分之獨立樣本 *t* 檢定

	<i>Group</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
心理擁有感	實驗組	33	3.83	0.41	62	-3.36	<.001	1.20
	對照組	31	3.36	0.37				
情境認知	實驗組	33	3.02	0.62	62	-4.52	<.001	1.13
	對照組	31	2.32	0.61				
專題總分	實驗組	5	82.60	0.55	8	-7.43	<.001	4.70
	對照組	5	78.40	1.14				

如表 2 所示，實驗組在心理擁有感、情境認知與專題總分均顯著高於對照組。子構面方面，實驗組在責任感($t=-2.91, p=.005, d=0.73$)與當責感 ($t=-2.40, p=.019, d=0.60$) 之顯著差異，印證虛實同步回饋能強化將專題視為己出之心理連結。情境認知方面，實驗組於心智模型建立 ($t=-3.46, p<.001, d=0.86$) 顯著較優，顯示透過觀察實體驅動數位場景之因果變化能建立完整心智模型，與對照組依賴想像或靜態圖片形成強烈對比。表 2 之專題總分呈現採用小組層級 (Team-level) 分析，以小組為單位 ($N=10$) 的分析結果，實驗組專題製作總分顯著優於對照組，尤在問題解決($t=-4.03, p=.004, d=2.55$)、技術整合($t=-5.66, p<.001, d=3.58$)與使用者導向($t=-4.00, p=.004, d=2.53$)展現優勢，專題總分效果量的偏高可能與小組層級分析或評量標準之尺度設計有關，該結果主要基於小組層級分析，雖與個體層級觀察趨勢相近，仍需未來研究進一步驗證。以上結果支持本研究假設：Metaboard 虛實驗證機制能助學生於實作階段有效整合軟硬體，即時修正不符需求之設計，產出高完成度且具實用性的作品。

5.2. 思維演進軌跡與質性發現

圖 5

LLM 啟發式引導下的提示詞邏輯重構



圖 5 呈現實驗組思維轉折歷程，經系統日誌追蹤，學生設計認知從初期單一變數線性思考，逐步轉變為整合多重物理條件與情境因素的系統思考，並延伸至對情境脈絡與使用者行為的理解，而 LLM 超越代工者，成功扮演擴展者與批判者，引發的認知衝突有效提升了設計決策品質。Metaboard 所呈現的可視化歷程，使原本隱性的設計思考轉化為可追蹤的修正軌跡，並在數位結果與實體運作出現不一致時，形成對設計假設的檢視與調整歷程，顯示設計成果源於多次的修正，而非單次生成結果，在反覆修正過程中重新界定問題範圍，呈現擴展性學習的特徵。以鐵捲門出入安全系統專題為例，LLM 初始生成之邏輯在數位環境中運作正常，但模擬實體情境時，當使用者快速移動或由側邊接近時未能即時反應，此虛實落差促使學生意識到問題並非來自硬體錯誤，而是源於其原先假設的一次性互動無法適用於動態情境，進而重新檢視原互動假設，並透過提示詞與邏輯調整逐步修正系統，該歷程在三類資料來源中皆有所呈現，支持本研究之三角驗證。Metaboard 所引發之反思機制支持學生將專題視為具個人意義之創作，而非單純完成任務，在心理擁有感構面中，量化結果顯示實驗組在責任感與當責感上具有顯著提升；質性分析中亦歸納出「從作業轉變為個人創作」之主題，系統日誌則呈現多次在設計過程中進行提示詞與邏輯修正歷程；教師觀察亦指出，實驗組學生展現較高的投入程度與責任意識，傾向將專題視為自身產品而非作業，從被動接收者至主動設計者，反映出學習者逐步將專題與自我角色連結，進而形成身分基礎動機的表現。

6. 討論

6.1. 總結

本研究結果在理論層面呼應活動理論，顯示數位預期與物理現實之間的差異為促進擴展性學習的重要機制。Metaboard 提供的虛實矛盾作為現實檢核機制，這種強制性的物理世界回饋，強迫學生校準其環境假設。在生成式 AI 降低產出成本的時代，教育重心應從最終作品轉向可驗證的提示詞歷程，Metaboard 透過提示詞溯源機制將原本隱性的反思轉化為可追蹤的設計演化軌跡，結果顯示此歷程由表層調整逐步發展為結構性修正。針對 AI 幻覺 (Hallucinations) 問題，本研究主張將其視為培養批判性思考的契機，自驗證至修正的辯證歷程為 AI 時代的核心素養。Metaboard 的成效亦與教學引導密切相關，透過學習單檢核與教師於路徑圖的介入，使生成過程與嚴謹驗證之間得以平衡，證明了在 AI 時代，教師角色由知識傳遞者轉型為人機協作歷程的引導者。最終，Metaboard 讓學生不再害怕犯錯，因為系統建構之可逆安全網記錄了修正軌跡，當物理驗證失敗後能透過認知回撤精準修正邏輯，在此過程中，LLM 超越單純生成工具，轉為辯證夥伴與認知校準器，解決矛盾後的效能感將學生從被動的作業完成者轉為產品設計者，形成與身分基礎動機相符的學習表現。

6.2. 結論及未來展望

本研究受限於單一場域之準實驗設計，且以小組為單位進行協作，資料呈巢狀結構(Nested Data)，學生隸屬於小組單位，資料存在群組內相關性，可能影響統計推論之獨立性，為提升結果解釋之可信度，研究結合量化結果、系統日誌與質性訪談進行三角驗證。實驗設計中，對照組亦使用生成式 AI 進行情境發想，以排除工具新奇效應 (Novelty Effect) 干擾，證實實驗組的優勢並非來自引入 AI，而是源於觸發虛實矛盾與提示詞溯源導致的深層認知校準，此種依賴系統互動的認知過程，亦在一定程度上降低口語交流所可能產生的組間影響。本研究不僅修復了設計與實作的斷裂，更確立 AI 原生教育 (AI-Native Education) 取向的三大典範轉移：學習活動由單次內容生成，轉向提示詞歷程的持續調整；面對 AI 幻覺，確立「物理性即真理」，以實體回饋作為唯一檢核依據；評量標準由最終產出，轉向「過程即產品」，對設計歷程的關注，貫徹 "Don't just prompt; prove it" 的實證精神。未來研究可將提示詞溯源獨立為新興學習分析領域，藉由解析人機辯證軌跡，建構精確的過程導向評量標準。

致謝

本研究感謝國科會經費支持，計畫編號：NSTC 113-2410-H-008-014-MY3、NSTC 114-2410-H-008-018-MY3、NSTC 114-2811-H-008-004。

參考文獻

- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- Benne, K. D., & Sheats, P. (1948). Functional roles of group members. *Journal of Social Issues*, 4(2), 41–49. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1948.tb01783.x>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Buchem, I. (2012). Psychological ownership and personal learning environments: Do sense of ownership and control really matter? In *Proceedings of the International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL 2012)*.
- Dosi, C., Rosati, F., & Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. In *Proceedings of the DESIGN 2018 International Design Conference*.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133–156.
- Goel, L., Johnson, N. A., Junglas, I., & Ives, B. (2010). Situated learning: Conceptualization and measurement. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 8(1), 215–240.
- Kasneci, E., Sessler, K., Kuchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.

- 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, 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Oyserman, D. (2015). *Pathways to success through identity-based motivation*. Oxford University Press.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Pierce, J. L., Kostova, T., & Dirks, K. T. (2001). Toward a theory of psychological ownership in organizations. *Academy of Management Review*, 26(2), 298–310.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. University of Michigan, National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer.