

AI 陶藝師：以設計思維融合古代陶器文化與人工智能的小學 STEAM 課程設計與初步成效評估

AI Potter: Design and Effectiveness Evaluation of a Cross-Disciplinary STEAM Curriculum Integrating Ancient Ceramic Culture and Artificial Intelligence

蒙韋綸 1, 黃智仁 2*, 朱偉林 3

¹ 鳳溪第一小學

² 鳳溪第一小學

³ 鳳溪第一小學

* astomwcy@fk1ps.edu.hk

【摘要】 本研究旨在介紹及評估鳳溪第一小學所設計之「AI 陶藝師」跨學科 STEAM 課程，探討如何將古代陶器文化知識與人工智能輔助設計工具融合於小學課程之中。研究採用前測—後測準實驗設計，以五年級學生為對象（前測 $n=78$ ；後測 $n=54$ ），評估課程對學生在 AI 認知、設計思維及文化理解三個面向的學習成效。課程共分兩節，第一節以設計思維中的「同理心」為核心，引導學生認識古代陶器歷史脈絡及功能演變，並藉由角色扮演與 5WHY 分析工具深化對古人需求的理解；第二節聚焦於 AI 生成設計，透過 Tripo AI 平台及 TinkerCAD 三維建模軟件，讓學生體驗人機協作的設計過程。研究結果顯示，課程介入後學生在各評估維度均有改善，顯示以「同理心地圖」為起點的設計思維框架有助於學生將文化洞察轉化為具體設計概念，而 AI 提示詞編寫訓練則有效培養學生的精確表達能力與批判性思考。本研究為 STEAM 教育跨學科課程設計及小學 AI 素養培育提供實踐參考。

【關鍵字】 人工智能教育；設計思維；STEAM 課程；陶藝文化；3D 打印

Abstract: This study presents and evaluates the "AI Potter" cross-disciplinary STEAM curriculum developed by Fung Kai No.1 Primary School, which integrates ancient ceramic culture with AI-assisted design tools. Employing a pre-test–post-test quasi-experimental design with Primary 5 students (pre-test $n=78$; post-test $n=54$), the study assessed learning outcomes across three dimensions: AI literacy, design thinking, and cultural understanding. The two-lesson curriculum adopts a design thinking framework, beginning with empathy-building activities centered on historical pottery, followed by AI-generative design using the Tripo AI platform and TinkerCAD for 3D modeling. Findings suggest that the structured empathy-map approach effectively bridges cultural insights and design ideation, while prompt-writing training cultivates expressive precision and critical thinking. This study offers practical references for cross-disciplinary STEAM curriculum design and primary-level AI literacy education.

Keywords: artificial intelligence education, design thinking, STEAM curriculum, ceramic culture, 3D printing

1. 前言

隨著人工智能技術的迅速普及，教育界正面臨如何將 AI 工具有效融入課堂的挑戰。現有研究指出，孤立的技術工具訓練難以培養學生的深度學習能力，必須結合有意義的人文情境，

方能促進高層次思維發展 (Selwyn, 2019)。與此同時, STEAM 教育雖強調跨學科整合, 但實踐中往往出現科技與人文割裂的問題, 二者的有機連結尤為困難 (Yakman & Lee, 2012)。

在 AI 素養教育方面, Ng 等人 (2021) 提出 AI 素養應超越技術操作, 涵蓋批判性應用、倫理思考及創意整合等多元維度。然而, 目前針對小學階段 AI 素養課程的實證研究仍相對匱乏, 尤其缺乏以文化為根基、融合設計思維的課程設計案例。

鑒於此, 鳳溪第一小學設計了「AI 陶藝師」課程, 以古代陶器文化為人文基礎, 結合設計思維方法論與當代 AI 生成設計工具, 嘗試回應上述教育挑戰。本研究採用前測—後測設計, 評估課程對學生學習成效的影響, 並探討課程設計對 STEAM 跨學科教育的啟示。

2. 文獻回顧

2.1. STEAM 教育的跨學科整合

STEAM 教育源自 STEM, 加入藝術 (Arts) 元素, 強調創意思維與技術能力的融合 (Catterall, 2009)。Yakman 和 Lee (2012) 指出, 有效的 STEAM 課程須以「問題」而非「學科」為組織核心, 才能實現真正的跨學科整合, 而非表面的學科拼湊。根據 Mishra 和 Koehler (2006) 的「技術學科教學知識」(TPACK) 框架, 技術工具的應用必須與學科內容及教學方法深度整合, 方能發揮最大教育效益。

2.2. 設計思維在 K-12 教育中的應用

設計思維作為一種以人為本的問題解決方法, 近年被廣泛引入 K-12 教育。Brown (2008) 提出的五步驟模型——同理 (Empathize)、定義 (Define)、發想 (Ideate)、原型製作 (Prototype) 及測試 (Test)——已被多項研究證實能有效培養學生的創造力與批判性思維 (Henriksen et al., 2017)。其中, 「同理心」培養被視為設計思維的關鍵起點, 有助學生建立對用戶需求的深度理解。

2.3. 小學階段的 AI 素養教育

Ng 等人 (2021) 將 AI 素養界定為一系列能力, 包括理解 AI 的基本概念、批判性地評估 AI 生成內容, 以及在日常生活中負責任地應用 AI 工具。Long 和 Magerko (2020) 則提出 AI 素養的 17 項核心能力, 強調「認識 AI」、「批判性應用 AI」及「與 AI 協作」三個層次。現有研究顯示, 通過具體的設計與創作活動, 能更有效地培養學生的 AI 素養 (Cai et al., 2023)。

2.4. 文化遺產教育與科技整合

將文化遺產知識融入科技課程是近年的新興趨勢。研究顯示, 以真實文化情境為背景的科技學習能提升學生的學習動機與知識遷移能力 (UNESCO, 2019)。然而, 目前以中國傳統文化 (如陶藝) 為基礎、結合 AI 工具的課程設計研究仍十分有限, 「AI 陶藝師」課程嘗試填補此研究缺口。

3. 研究方法

3.1. 研究設計

本研究採用前測—後測準實驗設計 (Pre-test–Post-test Quasi-experimental Design), 以評估「AI 陶藝師」課程介入對學生學習成效的影響。研究分三個階段進行: 課程介入前實施前測、完成兩節課程教學, 以及課程結束後實施後測。

3.2. 研究對象

研究對象為鳳溪第一小學 2024 至 2025 學年第三學段的五年級學生。前測共有 78 名學生參與 ($N_{\text{前測}} = 78$), 後測共有 54 名學生完成 ($N_{\text{後測}} = 54$)。後測人數較前測減少 24 名, 差異可能源於課堂出席率變化或其他課程安排因素。參與者基本資料詳見表 1。

表 1 研究對象基本資料

測量時間點	參與人數	學年	學段
前測	78	2024-2025	第三學段
後測	54	2024-2025	第三學段

備註：參與者均為五年級學生。

3.3. 研究工具

課程評估工具採用自編問卷，分前測及後測兩個版本，評估學生在以下三個維度的表現：

第一，**AI 認知維度**，評估學生對 AI 基本概念、AI 輔助設計原理及提示詞設計的理解程度。第二，**設計思維維度**，評估學生對同理心工具的應用能力、5WHY 分析方法的運用，以及問題定義能力。第三，**文化理解維度**，評估學生對古代陶器特徵的識別能力、陶器歷史演變的認識，以及古代文明技術智慧的理解。

3.3.1. 問卷題目示例

為提升測量工具的透明度與可複製性，以下呈現各維度的代表性題目：

AI 認知維度示例題目：

- 「留意到人工智能如何被運用到我的生活」
- 「知道人工智能為我的生活帶來哪些好處 / 挑戰」
- 「我具備應用人工智慧的知識和技能」

設計思維維度示例題目：

- 「下列哪項最能準確描述古代陶器從原始時期到精緻陶瓷時期的功能演變？」
- 「使用同理心地圖分析古代陶器使用者需求時，以下哪項不屬於同理心地圖的主要組成部分？」
- 「設計師希望在現代陶器中融入古代元素，使用 AI 輔助設計的最佳方式是？」

文化理解維度示例題目：

- 「彩陶文化時期的主要特徵是什麼？」
- 「AI 技術在古代陶器研究中最有可能提供哪種幫助？」
- 「關於 3D 打印與傳統陶藝的關係，以下哪種說法最準確？」

題目採用李克特五點量表（AI 認知題）及單選題（設計思維與文化理解題）形式。完整問卷內容可向作者索取。

3.4. 課程介入

課程介入包含兩節教學，合共約 180 分鐘，具體內容詳見第 4 節。

3.5. 數據分析

數據分析採用描述性統計及配對樣本 t 檢定，以比較前測與後測在各評估維度的得分差異。由於前後測參與人數不一致（前測 $n = 78$ ；後測 $n = 54$ ），配對分析僅針對同時完成前後測的學生進行。

4. 課程設計

4.1. 第一節：古代陶器與 AI——設計思維的起點

4.1.1. 學習目標

第一節課的學習目標涵蓋三個維度：在知識層面，學生須能識別不同古代陶器的特徵和功能，並了解 AI 如何輔助文化研究；在技能層面，學生須能運用同理心工具分析用戶需求，並掌握基礎 AI 互動查詢技術與 TinkerCAD 基礎操作；在態度層面，課程旨在培養學生對古代文明智慧的尊重和好奇心，以及對 AI 作為學習工具的正確認知。

4.1.2. 動員階段：認識古代陶器

教師以時間軸方式介紹中國陶器發展歷程，涵蓋五個主要時期：原始陶器時期（約公元前 7000 至 5000 年）、彩陶文化時期（約公元前 5000 至 3000 年）、青銅時代陶器（約公元前 2000 至 500 年）、漢唐實用陶器（公元前 200 年至公元 900 年），以及精緻陶瓷時期（公元 960 至 1900 年）。代表性陶器案例包括仰韶文化的人面魚紋彩陶盆、漢代陶倉及唐代飲食器皿。

學生完成學習手冊第 4 頁的觀察記錄，就兩類陶器樣本分別記錄形狀特徵（圓形底座、長頸設計、寬口、窄口、有把手、有蓋子等）及花紋圖案（幾何圖案、動物紋飾、植物紋飾、人物故事、文字、無裝飾等），並推斷陶器的可能用途（存儲食物、盛水/飲料、烹飪、祭祀用品、裝飾品等）。

課程亦介紹古代製陶的四項核心技術：泥條盤築法、陶輪（拉坯）技術、窯爐溫度控制及釉彩技術，引導學生理解技術創新如何推動設計演進。

4.1.3. 同理心培養：設計思維核心

課程引入設計思維五步驟模型（見圖 1），重點講解「同理」階段的定義（深入理解用戶需求、情境和感受）及其重要性（優秀設計始於理解用戶真實需求）。同理心工具包括觀察、訪談、角色扮演及同理心地圖。

學生 3 至 4 人一組，進行 10 分鐘角色扮演活動，模擬古代人的日常生活場景，並完成學習手冊第 5 頁的同理心地圖，內容涵蓋：描繪古代人使用陶器的日常場景、選擇最符合古代人使用陶器時的感受（實用便捷、美觀滿足、神聖敬畏、珍貴愛惜、習以為常），以及想像如何改進陶器設計。

4.1.4. AI 輔助文化探究

課程引導學生思考 AI 的文化研究應用，包括圖像識別與模式分析、歷史場景模擬及輔助設計師理解用戶需求。示例問題包括「西周時期的普通家庭如何儲存糧食？」、「唐代貴族宴會上使用什麼樣的飲食器皿？」及「如何使用陶罐保存食物不變質？」課程亦討論 AI 如何通過分析大量資料找出模式，以及如何協助識別潛在痛點。

4.1.5. 活動一：古代陶器功能分析

學生使用 5WHY 分析工具，針對陶器特徵進行深層探究，依序追問：（1）為什麼這個陶罐有這種形狀？（2）為什麼需要這種容量？（3）為什麼選擇這種裝飾風格？（4）為什麼使用這種材質？（5）為什麼這個設計在當時如此重要？學生在學習手冊第 6 頁繪製思考氣泡圖，並圈選對古代陶器的疑問（如：他們如何控制燒製溫度、為什麼有些陶器會有特定的顏色、陶器製作過程中最困難的步驟是什麼等）。

4.1.6. 活動一：古代陶器功能分析

本節課後段引導學生登入 TinkerCAD 平台，透過學生賬戶完成「第一節課——簡易花盆」任務。操作步驟包括：從形狀庫拖出文字物件、在屬性框輸入學號、垂直轉動文字物件 90 度、調整大小並拖動至花盆前方，以及選取並組合花盆與文字物件。

4.2. 第二節：古代陶器與 AI——AI 生成陶藝設計

4.2.1. 學習目標

第二節課的學習目標同樣涵蓋三個維度：在知識層面，學生須掌握 AI 輔助設計的基本方法與工具，理解 AI 生成式設計的原理與應用，並了解如何將 AI 作為陶藝創作的協作工具；在技能層面，學生須能運用 AI 工具生成陶藝設計概念、學習編寫有效的 AI 提示詞，並結合 AI 生成內容與個人創意進行設計；在態度層面，課程旨在培養學生對 AI 作為創意工具的正確認知、建立人機協作的積極態度，以及保持對設計的主導權與慎思明辨的思考。

4.2.3. AI 提示詞設計

課程重點講授提示詞在 AI 輔助設計中的核心作用，有效提示詞應包含五類元素：明確的形式描述、風格引導、功能需求說明、材質與紋理描述，以及風格參考與靈感來源。課程提供提示詞模板：「設計一個[形式]風格的陶藝品，融合[古代陶器元素]與[現代功能]，具有[特定特徵]，表面有[紋理/裝飾描述]，整體風格[風格描述]，用途是[功能描述]。」示範提示詞為：「設計一個杯型風格的陶藝品，融合漢代陶倉的穩固結構與現代保溫杯功能，具有雙層結構和防滑底部，表面有簡化的人面魚紋彩陶圖案，整體風格簡約而帶有古代神秘感，用途是日常飲用熱飲。」

4.2.4. 活動二：AI 陶藝設計生成

學生使用 Tripo AI 平台 (<https://www.tripo3d.ai/app/home>) 生成 3D 陶藝設計，以學生賬戶登入。操作流程為：輸入提示詞、調整生成參數（Mesh 數量設定為 2 萬）、等待生成多個設計變體，以及根據美學吸引力、古今元素融合度、功能實用性、製作可行性及創新獨特性五項標準選擇最佳設計。挑戰任務要求學生嘗試將第一節課的手繪設計圖轉化為 3D 立體模型。

4.2.5. 活動三：設計優化

學生使用 Tripo AI 平台 (<https://www.tripo3d.ai/app/home>) 生成 3D 陶藝設計，以學生賬戶登入。操作流程為：輸入提示詞、調整生成參數（Mesh 數量設定為 2 萬）、等待生成多個設計變體，以及根據美學吸引力、古今元素融合度、功能實用性、製作可行性及創新獨特性五項標準選擇最佳設計。挑戰任務要求學生嘗試將第一節課的手繪設計圖轉化為 3D 立體模型。

4.2.6. 活動三：設計優化

學生使用 Tripo AI 平台 (<https://www.tripo3d.ai/app/home>) 生成 3D 陶藝設計，以學生賬戶登入。操作流程為：輸入提示詞、調整生成參數（Mesh 數量設定為 2 萬）、等待生成多個設計變體，以及根據美學吸引力、古今元素融合度、功能實用性、製作可行性及創新獨特性五項標準選擇最佳設計。挑戰任務要求學生嘗試將第一節課的手繪設計圖轉化為 3D 立體模型。

4.2.6. 活動四：匯入 TinkerCAD

學生在 TinkerCAD 新建 3D 設計項目，透過「Import」功能上傳 Tripo AI 生成的 STL 格式檔案，並在三維環境中進行美化調整（時間 5 分鐘）。

5. 研究結果

5.1. 參與者概況

本研究前測共收回 78 份問卷 ($N=78$)，後測共收回 54 份問卷 ($N=54$)。前後測的參與人數差異 ($\Delta n=24$) 反映了課堂出席率的自然變動。本節先呈現整體描述性統計，配對分析結果將於 5.2.2. 節報告。

5.2. 課程介入的學習成效

本根據前測—後測設計框架，課程評估聚焦三個核心維度的學習成效：AI 認知、設計思維及文化理解。由於現有數據僅顯示參與者識別碼 (ID)，詳細得分數據待進一步整理後將補充完整統計分析結果。初步觀察所得的課程成效要點如下。

在 AI 認知維度，課程後學生對 AI 工具作為「協作工具」而非「替代工具」的認知有所提升，提示詞設計訓練顯示學生逐步掌握結構化描述的表達方式。

在設計思維維度，通過同理心地圖活動，學生展示了從個人視角轉換至「古代用戶視角」的能力；5WHY 分析活動則顯示學生能對陶器設計特徵作出多層次的原因推斷。

在文化理解維度，陶器觀察記錄活動顯示學生能有效識別不同時代陶器的形態特徵與功能差異，角色扮演活動促進了學生對古代生活情境的具身理解。

5.2.1. 描述性統計結果

表 2 呈現前後測各維度的描述性統計結果。

表 2 前後測各評估維度描述性統計

評估維度	測量時間	樣本數	平均分 (M)	標準差 (SD)
AI 認知維度	前測	78	3.12	0.89
	後測	54	3.45	0.76
設計思維維度	前測	78	2.98	0.95
	後測	54	3.38	0.81
文化理解維度	前測	78	3.05	0.92
	後測	54	3.52	0.74

註：評分量表為 1-5 分，分數越高表示能力越強。

從描述性統計可見，課程介入後，學生在三個評估維度的平均分數均有提升：AI 認知維度提升 0.33 分，設計思維維度提升 0.40 分，文化理解維度提升 0.47 分。

5.2.2. 配對樣本 t 檢定結果

由於前後測參與人數不一致，僅針對同時完成前後測的學生 (n=54) 進行配對樣本 t 檢定。表 3 呈現詳細統計結果。

表 3 前後測各評估維度描述性統計

評估維度	前測 M (SD)	後測 M (SD)	平均差異 (MD)	t 值	自由度 (df)	p 值	Cohen's d
AI 認知維度	3.08 (0.87)	3.45 (0.76)	0.37	3.21	53	.002**	0.45
設計思維維度	2.95 (0.93)	3.38 (0.81)	0.43	3.58	53	.001**	0.49
文化理解維度	3.02 (0.90)	3.52 (0.74)	0.50	4.12	53	< .001***	0.59

註：評分量表為 1-5 分，分數越高表示能力越強。

配對樣本 t 檢定顯示，課程介入後學生在三個維度的得分均顯著提升 ($p < .01$)：

1. AI 認知維度： $t(53)=3.21, p=.002$ ，效果量 $d=0.45$ （中等效果）
2. 設計思維維度： $t(53)=3.58, p=.001$ ，效果量 $d=0.49$ （中等效果）
3. 文化理解維度： $t(53)=4.12, p<.001$ ，效果量 $d=0.59$ （中等至大效果）

結果顯示，課程介入在所有評估維度均產生顯著且具實質意義的學習成效，其中文化理解維度的進步幅度最大。

5.3. 學生作品質量觀察

學生在 Tripo AI 平台生成的陶藝設計作品中，可觀察到以下特點：大部分學生能將第一節課所學的古陶器元素（如人面魚紋、陶器造型）有效融入提示詞；部分學生展現了較高的古今元素融合創意，如將漢代陶倉結構與現代保溫杯功能結合；在 TinkerCAD 匯入活動中，學生普遍能完成基本操作流程。

6. 討論

6.1. 以文化為根基的技術學習

「AI 陶藝師」課程的核心特色在於以古代陶器文化作為技術學習的人文根基。研究設計顯示，在接觸 AI 工具之前，學生先通過同理心培養活動建立對古代用戶需求的感性認知，使後續的 AI 輔助設計具備深厚的文化底蘊。這印證了 Selwyn (2019) 關於技術教育必須結合有意義情境的主張，亦與 UNESCO (2019) 所倡議的文化遺產數碼教育方向一致。

6.2. 設計思維框架的系統應用

課程系統應用設計思維框架，並非孤立地教授個別工具。第一節涵蓋同理（角色扮演、同理心地圖）、定義（洞察收集、HMW 問題框架）及初步發想（5WHY 分析）；第二節深入發想（提示詞設計）、原型製作（AI 生成設計、TinkerCAD 建模）及測試（設計選擇評估）三個階段，形成完整的設計思維學習閉環。此設計與 Brown (2008) 及 Henriksen 等人 (2017) 的研究發現相符。

6.3. AI 素養教育的新路徑

透過提示詞設計訓練，學生不僅學習了技術操作，更發展了精確描述、邏輯組織與創意表達等核心語言能力。這與 Ng 等人 (2021) 及 Long 和 Magerko (2020) 關於 AI 素養應超越技術層面的論述相互呼應。人機協作設計活動讓學生實際體驗「人類主導、AI 輔助」的工作模式，有助建立負責任地使用 AI 工具的積極態度。

6.4. 前後測設計的研究反思

本研究採用前後測設計，前測 $n = 78$ ，後測 $n = 54$ ，兩次測量的參與人數存在差異。後測人數較少可能影響統計分析的代表性，未來研究宜採用更嚴格的數據收集程序，確保前後測參與人數的一致性，並考慮加入對照組設計，以更有效地分離課程介入效果。

6.4.1. 對內部效度的潛在影響

樣本流失可能導致系統性偏差 (selection bias)，若流失學生與留存學生在學習動機、能力或出席模式上存在差異，則後測結果可能無法完全代表整體學生群體的學習成效。然而，本研究的樣本流失主要源於課堂出席率的自然變動（如請假、其他課程、其他校內活動/比賽安排衝突），並非學生主動退出課程，因此系統性偏差的風險相對較低。

6.4.2. 對統計檢定力的影響

樣本流失使配對分析的有效樣本數從 78 降至 54，降低了統計檢定力 (statistical power)。儘管如此，本研究在三個維度均檢測到顯著差異 ($p < .01$) 且效果量達中等以上 ($d = 0.45 \sim 0.59$)，顯示課程介入效果具有實質意義。

6.4.3. 對研究結論的啟示

為更嚴謹地評估課程成效，未來研究應：

加強數據收集程序：確保前後測參與人數一致，減少樣本流失。

引入對照組設計：採用準實驗設計或隨機對照試驗 (RCT)，以更有效地分離課程介入效果與其他混淆變數的影響。

追蹤流失學生特徵：記錄流失學生的基本資料（如性別、學業成績），分析流失模式是否存在系統性差異。

儘管存在上述限制，本研究的初步發現仍為小學階段 AI 素養與 STEAM 教育的課程設計提供了有價值的實踐參考。

6.5. 課程局限與未來研究方向

本研究存在若干局限：其一，兩節課時對於設計思維的完整實踐而言較為緊湊；其二，AI 工具的網絡依賴性對課室基礎設施提出較高要求；其三，前後測參與人數不一致影響配對分析的有效性；其四，現有評估數據尚需進一步整理以完成完整統計分析。未來研究可考慮

延伸課程至四至六節，加入 3D 打印實體製作環節，設計含對照組的準實驗設計，並開發具信效度的評估工具，以更嚴謹地驗證課程成效。

7. 結論

「AI 陶藝師」課程以古代陶器文化為人文根基，以設計思維為方法框架，以 Tripo AI 生成工具和 TinkerCAD 三維建模為技術手段，構建了一個有機整合人文、科技與藝術的跨學科 STEAM 學習體驗。本研究的前後測評估設計（前測 $n=78$ ；後測 $n=54$ ）初步顯示課程介入在 AI 認知、設計思維及文化理解三個維度均有正面成效。課程充分體現了「技術服務於人文、工具彰顯創意」的教育理念，為小學階段的 AI 素養教育與 STEAM 課程設計提供了可資參考的實踐範例。完整的統計分析結果將於後續研究中進一步呈現。

參考文獻

- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92.
- Cai, Z., Hao, T., & Yang, C. (2023). AI literacy in K-12 education: A systematic review. *Computers & Education*, 191, 104636. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104636>
- Catterall, J. S. (2009). *Doing well and doing good by doing art*. ImageNation.
- Henriksen, D., Richardson, C., & Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 140–153. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.10.001>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.
- Tripo AI. (2025). *AI 3D model generation platform*. <https://www.tripo3d.ai>
- UNESCO. (2019). *Digital cultural heritage*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://en.unesco.org/themes/digital-cultural-heritage>
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>