

# 結合翻轉教學與遊戲式學習提升中學生人工智慧素養

## Integrating Flipped Learning and Game-Based Learning to Enhance Junior High School

### Students' AI Literacy

黃詩樺<sup>1</sup>，許庭嘉<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> 臺灣師範大學，科技應用與人力資源發展學系

\* ckhsu@ntnu.edu.tw

**【摘要】** 隨著人工智慧技術在生活中日益普及，學生需具備理解、應用與評估人工智慧技術與倫理道德之能力，然而現行國中缺乏人工智慧素養教育相關課程，學生常因抽象知識難以理解而降低學習動機，因此本研究設計結合翻轉教學與遊戲式學習之教學活動，引導學生透過課前影片學習人工智慧核心概念，課堂中透過桌上型遊戲具象化知識並搭配生成式 AI 實作與引導反思。本研究採準實驗設計，針對兩組國中學生進行前後測，分析其在人工智慧素養學習成效與態度之變化，期望提供中學人工智慧教育之實證依據與教學設計參考。

**【關鍵字】** 翻轉教學；遊戲式學習；人工智慧素養

**Abstract:** As AI technology becomes increasingly prevalent, students must develop skills to understand, apply, and evaluate AI and its ethics. However, current junior high curricula lack AI literacy education, and students often struggle with abstract concepts, leading to low motivation and limited engagement. This study designed a teaching approach combining flipped learning and game-based learning. Students learn AI fundamentals through pre-class videos and engage in tabletop games, generative AI tasks, and reflective activities in class. Using a quasi-experimental design, the study conducted pre- and post-tests on two student groups to analyze changes in AI literacy and attitudes, aiming to provide valuable empirical support and instructional references for AI education in secondary schools.

**Keywords:** Flipped Learning, Game-Based Learning, AI Literacy

## 1. 前言

近年來，科技發展快速人工智慧從日常生活到工作都影響著我們的生活，人工智慧技術已經成為全球趨勢，面對未來社會對人工智慧的高度依賴，培養學生具備基本的人工智慧素養（AI Literacy），已成為教育現場的重要課題。學生除了需理解人工智慧的基本概念與應用，更應具備辨識、評估人工智慧系統的能力，並能以倫理觀點思考人工智慧技術帶來的社會影響（Long & Magerko, 2020），人工智慧知識涵蓋機器學習、演算法等對於國中生而言艱深且抽象的概念，若缺乏適切的學習策略，學生容易感到挫折而影響學習成效與動機，傳統講述式教學常難以引起學生的學習動機與參與度，因此，如何透過創新教學模式有效提升學生的人工智慧素養，成為當前教學改革的挑戰。

為提升學習效率，教學方式需從傳統講授轉向更具互動性與可理解性的策略，翻轉教學強調課前自主學習與課堂深化應用，有助於學生依自身步調掌握基礎知識，而遊戲式學習則透過設計具挑戰性與趣味性的學習情境，將原本艱澀抽象的知識具象化、簡單化，使學生能在輕鬆的氛圍中理解關鍵概念，進而提升學習興趣與投入（Ng et al., 2024），兩者結合可促

進學生在課前有效吸收人工智慧基礎知識，課堂中透過遊戲更能在情境中強化吸收並降低認知負荷，提升整體學習成效與動機，尤其在國中階段，學生正處於自主學習能力與對於資訊理解、批判性思考的發展關鍵期，採用多元互動的教學設計，有助於學生理解抽象 AI 概念並提升學習參與度。

然而，目前國中課程中對於人工智慧相關知識的融入仍相當有限，多數學校在課程設計上仍偏重基礎資訊科技與程式語言教學，對於機器學習、演算法原理與生成式 AI 的應用等較高層次內容缺乏系統性安排，使學生難以具備全面的人工智慧素養（Meng, 2021），師資與教學資源不足亦限制了人工智慧教育的發展，導致教師在教授人工智慧時缺乏教材與實務引導，學生也因此缺乏理解與應用人工智慧技術的實際機會，針對此現況，有學者指出應積極引導學生在真實情境中探索人工智慧技術的應用，並透過具體學習活動強化其概念理解與倫理道德，以應對生成式 AI 崛起帶來對於資訊的批判性思考與道德挑戰（Lee et al., 2021）。因此，若能設計結合生活經驗、具互動性與實作的教學模式，有助於學生理解抽象的人工智慧知識，並建立批判性思考與問題解決能力，翻轉教學與遊戲式學習的結合不僅能補足傳統教學的不足，更能透過遊戲具象化學習內容、降低認知負荷，進而提升學生的學習動機與參與度，為人工智慧素養教育帶來新的契機。

基於上述的背景及動機，可以了解到人工智慧素養在未來科技化的世代中，是一項不可或缺的能力，學生不僅要懂得如何使用人工智慧外，更需要具備批判性思考與解決問題的能力。然而，目前對於國中生透過結合翻轉教學與遊戲化學習進行人工智慧素養學習成效的研究較為不足，因此，本研究從國中生的生活角度為出發點，設計一系列的教學活動，活動包含帶領學生透過自行觀看相關知識點影片，以及透過桌上型遊戲具體化抽象的知識，了解人工智慧其是如何進行大型語言模型訓練以及培養學生如何正確的向生成式 AI 下提示詞，最後再透過實作活動讓學生更深入的理解其運作方式，並且進行活動總反思，更進一步提升學生人工智慧素養，欲用實驗設計的方法進行研究，探討結合翻轉教學與遊戲式學習對學生人工智慧素養之學習成效與態度的影響，並聚焦於以下研究問題：

一、透過翻轉教學結合遊戲式學習是否會提升中學生人工智慧素養學習成效及態度？

二、翻轉教學結合遊戲式學習比傳統教學是否會提升中學生人工智慧素養學習成效及態度？

## 2. 文獻探討

### 2.1. 翻轉教學

翻轉教學是一種以學生為中心的教學方法，將傳統教學模式重新設計的學習方式，學生在課前透過數教學影片自主學習學科內容，課堂時間則用於互動、討論和實作活動（Strelan et al., 2020），其核心理念是「課前理論學習，課堂強化應用」，強調學生的主動學習與參與度。根據 Zainuddin 等人（2019）的研究，翻轉教學具備以下特徵：(1)課前學習，學生透過觀看影片教材自主學習吸收新知識；(2)課堂活動，透過小組合作、案例分析及問題解決來深化知識；(3)教師角色轉變，由傳統知識傳授者變為學習引導者，引導學生探索與應用知識。Hwang 等人(2015)表示，傳統的教學方法往往忽略學生的自主性，翻轉教學法可以讓學習者在課堂外進行知識、理解比較低層次的學習，在課堂中進行高層次的思考。

根據 Strelan 等人（2020）的研究顯示，翻轉教學使用於中學階段會相較於其他教育階段更有學習成效，由於中學生的學習能力與自主性剛好處於最佳發展階段，且中學課程內容既需要概念理解，又需要大量練習與應用，翻轉教學能提供更多課堂互動與問題解決機會，

強化學習效果，尤其是若學科涉及大量的概念理解、案例分析、問題解決與應用，翻轉教學能夠提供更靈活的學習方式，提升學習成效。

近年來，也有許多學者開始探討翻轉教學與遊戲式學習的結合運用以提升學生學習興趣與參與度（Atanasova & Molnar, 2024），Tang（2023）研究探討遊戲式學習如何補足翻轉教學學生因為自主學習壓力較大而產生焦慮感，透過遊戲的互動性、回饋與挑戰機制，能有效減少學習焦慮，提高學生的學習投入度與體驗。

## 2.2. 遊戲式學習

遊戲式學習是一種結合遊戲元素與教育內容的學習方法，透過遊戲機制提升學生的學習動機與學習成效（Lei et al., 2022），其核心理念是「寓教於樂」，透過挑戰、即時回饋與互動機制，使學生能夠在沉浸式環境中學習知識（López-Fernández et al., 2021）。根據 Lei 等人 2020 的研究發現，遊戲化學習具有以下特徵：(1)目標導向學習：遊戲內設計明確的學習目標，讓學生在玩遊戲的過程中獲取知識，確保知識內化與應用。(2)沉浸式學習體驗：透過故事情境與互動模擬，使學生更容易進入學習狀態。(3)遊戲互動性：提供即時回饋與挑戰的機制（例如：分數、徽章、關卡進度）增強學生學習投入度。

根據 Mikrouli 等人（2024）的研究，遊戲式學習在中學教育階段有顯著的學習成效，特別是在提升學生的學習動機與概念理解方面，該研究發現遊戲式學習能夠有效增強學生對於複雜概念的掌握，並促進知識的實際應用，尤其是在科學、數學與技術教育領域中，相較於傳統教學方式，遊戲式學習能夠透過互動機制與回饋，幫助學生更有效理解與應用知識，提升學習成效。

近年來，遊戲式學習的應用不僅提升了學生的學習興趣與學習成效，也開始與人工智慧教育相結合，以培養學生的人工智慧素養與數位能力，根據 Zhan 等人（2022）的研究，遊戲式學習已被廣泛應用於 AI 教育，並發展出多種遊戲類型，例如：解謎遊戲、推理策略遊戲、角色扮演遊戲和模擬遊戲等，幫助學生在互動式學習環境中理解人工智慧概念。

## 2.3. 人工智慧素養

人工智慧素養可以定義為一系列的能力，可以使個人能夠批判性地評估人工智慧技術並且與人工智慧有效溝通和合作並在網路上、家庭和工作場所使用人工智慧作為工具（Long & Magerko, 2020），隨著人工智慧在日常生活與教育領域的應用日益廣泛，培養人工智慧素養已成為現代教育的重要課題。Ng 等人（2021）將人工智慧素養劃分為：(1)認識與理解：學習 AI 基本概念與運作方式。(2)應用：將 AI 技術運用於不同情境。(3)評估與創造：批判性思考 AI 影響，並學習與 AI 合作。(4)AI 倫理：理解 AI 的公平性、透明度與社會影響。

根據 Yi（2021）的研究，AI 素養的培養應從學校教育開始，特別是在 K-12 階段，透過遊戲式學習、案例分析與專題導向學習，使學生在互動中理解 AI 概念，透過這些方式學生不僅能提升對於 AI 技術理解能力，還能培養批判思考，使其更好應對未來的社會挑戰。

近年來，學者們開始探討人工智慧素養如何影響學習成效與社會發展，Ng 等人（2021）的研究指出，人工智慧素養的教學應結合實作與倫理，幫助學生理解 AI 技術的應用與潛在風險，此外，人工智慧素養不僅應限於學生，還應推廣至一般社會大眾，以確保不同年齡層都能具備 AI 基礎知識與應用能力（Kasinidou, 2023）。人工智慧素養的發展對於數位時代的學習者至關重要，未來教育應積極融入人工智慧素養相關課程，並強調技術應用與道德判斷，使每個人能夠在 AI 主導的環境中靈活應對與創新。

## 3. 研究方法

### 3.1. 課程與教材設計

本研究透過自行研發的桌上型遊戲作為遊戲式學習教材，引導學生認識生成式 AI 的基本應用概念，進而提升學生的人工智慧素養。理論課程內容採用自編教材，涵蓋人工智慧、機器學習及人工智慧素養等主題，並於遊戲過程中鼓勵學生以小組形式進行合作討論，透過使用電子設備查詢資訊來解決問題，此外，課程也結合 ChatGPT、Leonardo AI 等生成式 AI 工具，協助學生從實作中體驗與理解生成式 AI 的運作原理，即使第一次接觸的學生都可以從 0 開始學習體驗。

#### 3.1.1. 遊戲式學習教材設計

本研究所使用的遊戲式學習教材是透過自行研發的桌上型遊戲，主要是聚焦於生成式 AI 應用，以提升國中學生的人工智慧素養為課程目標，遊戲過程採用任務導向的模式，學生需要針對提供一張黑白且模糊的圖片選擇合適的提示詞（Prompt）進行解碼，模擬人類應該如何精準的下指令給生成式 AI 工具，才能獲得較為正確以及符合期待的回答。遊戲進行時，學生以小組合作方式進行，學生之間透過討論以及推測從 42 張提示詞卡中挑選出最符合圖片特徵的提示詞，若選出越符合圖片的提示詞，可以提高圖片的準確率，另外設置準確率門檻卡，透過競爭式的遊戲，可以增加學生學習生成式 AI 的投入度以及興趣。

#### 3.1.2. 翻轉教學結合遊戲式學習課程設計

本研究為半日 3 小時的課程，課程設計對象為國一至國三學生，學習目標是希望學生在課堂中培養人工智慧素養的能力，能夠學習人工智慧、機器學習以及人工智慧素養基礎概念知識，並透過遊戲化進行學習以提升學生的學習興趣。

課程總共分成四個部分，第一部分為理論課程，翻轉教學組別均以觀看教師自製的課程影片搭配學習單進行自主學習生成式 AI 相關核心概念，接著進行第二部分遊戲式學習課程，使用教師設計之桌上型遊戲以小組合作方式進行，學生會隨時向 Chat GPT 進行提問來獲得答案，並和同組同學進行討論，進行更高層次的思考，第三個部分由教師引導學生使用 Leonardo AI 文生圖軟體，透過實作體驗生成式 AI 的運作原理以及應用技巧，最後的第四部分為引導反思課程，帶領學生回顧遊戲體驗並深化學習成果，加強學生對人工智慧素養的知識掌握。

### 3.2. 研究對象

本研究之研究對象為國中一至三年級學生，實驗地點位於桃園市大園區某國中，教學實驗為各 3 個小時的營隊，於 2025 年 1 月進行，參與此實驗翻轉教學組共 24 名，傳統教學組共 27 名國中一至三年級學生，在實驗活動開始前，所有學生皆沒有參與過透過翻轉教學與遊戲式學習的人工智慧素養課程。

### 3.3. 研究工具

本研究主要實驗法與問卷調查法的方式來進行，研究測量工具為前後測測驗卷以及量表問卷，學習成就前後測卷則使用自編的人工智慧素養評量測驗卷，量表包含人工智慧素養、學習行為態度量表。

#### 3.3.1. 人工智慧素養學習成就測驗卷

本研究使用人工智慧素養評量測驗卷分別於課程開始前、課程結束後進行施測，該測驗為研究者內容涵蓋人工智慧基礎概念、機器學習、生成式 AI 及其應用，最後將由專家審核過後訂定。此測驗卷分為單選題及配合題兩種題型，單選題有 24 題，配合題有 1 題，總共 25 題，總計 100 分。

#### 3.3.2. 人工智慧素養態度量表

為了測量學習者的人工智慧素養態度，本研究將此量表分為人工智慧素養、學習人工智慧自我效能、學習行為、生成式 AI 接受度四大面項，量表均採用李克特五點量表進行評估，範圍從 1 分代表「非常不同意」至 5 分代表「非常同意」。

面項一為人工智慧素養，採用 Ng et al. (2022) 所發展的人工智慧素養量表，量表分為兩個子面向，共計 12 題。量表中的兩個子面向分別為(1)應用人工智慧，即是否會在生活中使用到人工智慧，此子面向 Cronbach's  $\alpha = 0.93$ 。(2)理解人工智慧，即能理解人工智慧的定義及優缺點，此子面向 Cronbach's  $\alpha = 0.87$ 。面項二為學習人工智慧自我效能，採用 Ng et al. (2023) 所發展的量表共計 5 題，Cronbach's  $\alpha = 0.85$ 。面項三為學習行為，採用 Ng et al. (2023) 所發展的量表分為三個子面向，共計 11 題。量表中的三個子面向分別為(1)內在動機，即學生對人工智慧學習的興趣與相關性，此面向 Cronbach's  $\alpha = 0.77$ 。(2)行為意圖，即評估學生在未來是否有持續學習人工智慧的規劃，此面向 Cronbach's  $\alpha = 0.84$ 。(3)行為投入，即評估學生在學習人工智慧時的參與度，此面向 Cronbach's  $\alpha = 0.83$ 。面項四為生成式 AI 接受度，採用 Yilmaz et al. (2023) 所發展的量表分為兩個子面向，共計 12 題。量表中的兩個子面向分別為(1)表現期望，即學生對於生成式 AI 在生活與學習中的效能認知，此子面向 Cronbach's  $\alpha = 0.96$ 。(2)努力期望，即學生對生成式 AI 的易用性認知，此子面向 Cronbach's  $\alpha = 0.96$ 。

### 3.4. 教學實驗設計

本研究採用準實驗研究設計，旨在探討翻轉教學結合遊戲式學習對於國中生人工智慧素養的影響，在課程開始之前會先進行填寫人工智慧素養能力測驗卷、人工智慧素養態度量表，檢測學習者在課程學習前的能力，結束後進行知識點講解，實驗組採用翻轉教學法透過觀看影片進行學習，而控制組則是使用傳統講述式教學法進行學習，接著進行生成式 AI 應用桌上型遊戲體驗，在遊戲過程中遇到問題，使用 Chat GPT 查詢，並且和組員共同相互討論，遊戲結束後進行軟體實作活動加深知識點印象，最後進行引導反思，教師使用 4F 引導反思法提出問題，讓學生回顧遊戲過程、軟體操作中的學習，課程最後透過後測檢測學生在人工智慧素養中的學習成效並進行人工智慧素養量表。而控制組則是使用傳統講授式教學法進行知識點教學，其餘流程及上課形式均與實驗組相同，實驗流程圖如圖 1 所示。

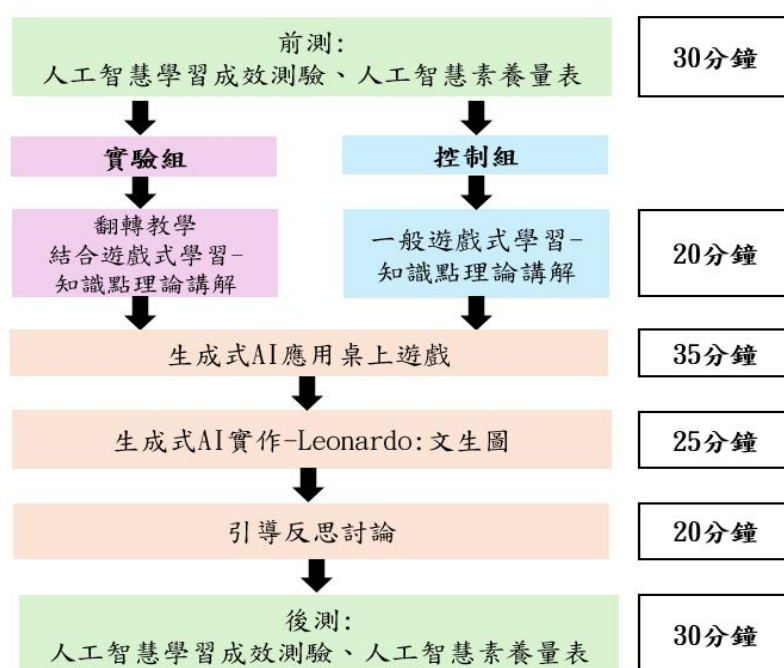


圖 1 實驗流程圖

#### 4. 結果與討論

本研究為了解透過翻轉教學結合遊戲式學習是否可以提升學生人工智慧素養學習成效以及人工智慧素養態度，因此發展一套人工智慧素養桌遊，知識點部份透過學生自主觀看影片並撰寫學習單進行學習，遊戲式學習則是透過玩桌上型遊戲進行，最後會利用實作與反思為課堂進行知識聚焦，研究對象為國一至國三的學生，實驗組 24 名學生、控制組 27 名學生參與此實驗，由於樣本數量較少，因此檢定均使用無母數統計進行。

##### 4.1. 人工智慧素養學習成效前後測評量檢定

使用翻轉教學結合遊戲式學習，雖然學生後測成績(M =48.92; SD =17.39)高於前測成績(M =44.08; SD =17.86)但經過無母數統計後顯示此差異未達統計上的顯著性( $p=.384$ )，造成此結果的可能原因為，教學介入時間較短，學生對於人工智慧相關知識的吸收與理解需更長時間累積，短期內難以展現顯著學習成效。統計結果如下表 1。

表 1 人工智慧素養學習成效前後測評量檢定

	N	平均值	標準差	平均等級	z
前測	24	44.08	17.86	11.71	-.87
後測	24	48.92	17.39	10.06	

##### 4.2. 人工智慧素養態度量表前後測檢定

使用翻轉教學結合遊戲式學習，學生後測成績(M =3.87; SD =0.84)顯著高於前測成績(M =3.35; SD =0.73)經過無母數統計後顯示具有統計上的顯著性( $p=.00$ )，表示此教學模式對於學生人工智慧素養的學習態度具有正向影響。此結果可能來自於翻轉教學提升了學生的學習自主性，使其在課前能依自身節奏掌握知識，降低學習壓力，而遊戲式學習則透過互動性與趣味性，創造愉悅的學習氛圍，進一步提高學生對人工智慧學習的興趣與參與度 (Ng et al., 2024)。統計結果如下表 2。

表 2 人工智慧素養態度量表前後測檢定

	N	平均值	標準差	平均等級	Z
前測	24	3.35	0.73	13.68	-3.71***
後測	24	3.87	0.84	4.00	

>.001\*\*\*

##### 4.3. 實驗組與控制組人工智慧素養態度量表檢定

翻轉教學實驗組學生後測成績(M =48.92; SD =17.39)高於傳統教學控制組學生後測成績後測成績(M =40.07; SD =15.43)，但經過 Mann-Whitney 無母數統計後顯示此差異未達統計上的顯著性( $p=.057$ )。此結果可能與學生對於新教學模式的適應期有關，翻轉教學與遊戲式學習屬於較為創新且主動參與的學習方式，部分學生在短期內尚未完全適應課前自主學習與課堂互動的節奏，導致學習態度提升幅度受限，統計結果顯示透過翻轉教學已經趨近於顯著之正向影響，若樣本數增加或教學時間延長，差異或可更為明顯。統計結果如下表 3。

表 3 實驗組與控制組人工智慧素養態度量表檢定

	N	平均值	標準差	平均等級	等級總合	U	Z
實驗組	24	48.92	17.39	30.21	725.00	223.00	-1.90
控制組	27	40.07	15.43	22.26	601.00		

##### 4.4. 實驗組與控制組人工智慧素養態度量表檢定



翻轉教學實驗組學生後測成績( $M=3.87$ ;  $SD=0.84$ )高於傳統教學控制組學生後測成績後測成績( $M=3.84$ ;  $SD=0.78$ )，但經過無母數統計後顯示此差異未達統計上的顯著性( $p=.74$ )。此結果可能與學生在前測時即已對人工智慧學習持正向態度有關，導致後測提升幅度有限，使兩組學生在態度量表的最終成績趨於一致，此現象可能涉及量表受限於「天花板效應」，即多數學生已接近量表分數上限，教學介入的影響難以顯現。統計結果如下表 4。

表 4 實驗組與控制組人工智慧素養態度量表檢定

	N	平均值	標準差	平均等級	等級總合	U	Z
實驗組	24	3.87	0.84	26.73	641.50	306.50	-0.33
控制組	27	3.84	0.78	25.35	684.50		

## 5.結論

本研究以翻轉教學結合遊戲式學習的方式，探討其對中學生人工智慧素養學習成效與人工智慧素養學習態度的影響，研究結果顯示，在學習成效方面，學生後測成績雖高於前測，且實驗組表現優於控制組，但均未達統計顯著性；在人工智慧素養態度方面，實驗組前後測有顯著提升，但與控制組相比則無顯著差異。

本研究結果與 Ng 等人 (2024) 研究類似，其指出遊戲式學習有助於提升學生學習動機與參與，但在短期內對於知識掌握的成效表現有限。因此，未來課程設計可延長教學時間，並增加評量頻次，以更全面掌握學習成效變化，並優化遊戲設計，提升其對學科知識內化的效果。雖量化結果未能完全支持教學成效顯著提升，但根據教學現場觀察，學生在遊戲活動中展現積極參與，能初步將人工智慧概念具象化，進而提升其對人工智慧學習的興趣與理解。在教育目標多元的背景下，學習成效應不僅侷限於成績提升，更應關注學習動機、態度與參與行為等情意層面的成長 (Yu et al., 2020)。

此外，翻轉教學與遊戲式學習融合後的課程設計，對教師而言具有高度靈活性，但亦對教學策略與學生引導提出挑戰，教師需適時提供鷹架與反思引導，協助學生將學習活動轉化為知識內化，本研究亦存在一些限制，包括教學介入時間有限，學生對人工智慧知識的吸收與應用需長期累積，短期成效難以全面反映，因此建議延長實驗時間，讓學生在每個教學環節中能有充分時間進行深入學習與實作，以提升學習成效與知識內化程度；樣本集中於單一地區之國中學生，背景相對一致，結果不易推廣至不同年齡與學習情境，未來應持續探索多樣化教學模式對不同層面素養發展的影響，並發展適用於中學生的人工智慧教育資源與評量工具；未來也建議評量工具可以結合質性資料蒐集，例如：生成式 AI 工具的實際應用進行行為紀錄與反思分析，了解學生在互動過程中的學習歷程與挑戰，以深入掌握學生在翻轉教學與遊戲式學習中的認知與情意變化，進而支持學生全面性的素養養成。

## 致謝

本研究感謝國科會部分經費補助，計畫編號: NSTC 111-2410-H-003-168-MY3、NSTC 113-2628-H-003-002。

## 參考文獻

Atanasova, D., & Molnar, V. (2024). Flipped classroom, gamification and game-based learning in the traditional classroom and in non-formal education. In *2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)* (pp. 436–440). IEEE.

- Hwang, G. J., Lai, C. L., & Wang, S. Y. (2015). Seamless flipped learning: A mobile technology-enhanced flipped classroom with effective learning strategies. *Journal of Computers in Education*, 2(4), 449–473.
- Kasinidou, M. (2023). AI literacy for all: A participatory approach. In *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 2* (pp. 628–629). <https://doi.org/10.1145/3587103.3594135>
- Lee, I., Ali, S., Zhang, H., DiPaola, D., & Breazeal, C. (2021). Developing middle school students' AI literacy. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 191–197). <https://doi.org/10.1145/3408877.3432513>
- Lei, H., Chiu, M. M., Wang, D., Wang, C., & Xie, T. (2022). Effects of game-based learning on students' achievement in science: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 60(6), 1373–1398. <https://doi.org/10.1177/07356331211064543>
- 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). <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- López-Fernández, D., Gordillo, A., Alarcón, P. P., & Tovar, E. (2021). Comparing traditional teaching and game-based learning using teacher-authored games on computer science education. *IEEE Transactions on Education*, 64(4), 367–378. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3057849>
- Meng, Y. (2021). Research on AI education for primary and secondary schools in China. *Academic Journal of Psychological and Educational Processes*, 2, 44–51. <https://doi.org/10.23977/APPEP.2021.020109>
- Mikrouli, P., Tzafilkou, K., & Protogeros, N. (2024). Applications and learning outcomes of game-based learning in education. *International Educational Review*. <https://doi.org/10.58693/ier.212>
- Ng, D., Xinyu, C., Leung, J., & Chu, S. (2024). Fostering students' AI literacy development through educational games: AI knowledge, affective and cognitive engagement. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40, 2049–2064. <https://doi.org/10.1111/jcal.13009>
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
- Tang, B. (2023). Combining game-based learning and flipped classroom—An analysis based on affordance theory. *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, 22. <https://doi.org/10.54097/ehss.v22i.13350>
- Yi, Y. (2021). Establishing the concept of AI literacy. *JAHR*, 12(2), 247–254. <https://doi.org/10.21860/j.12.2.8>
- Yu, Z., Gao, M., & Wang, L. (2020). The effect of educational games on learning outcomes, student motivation, engagement and satisfaction. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 522–546. <https://doi.org/10.1177/0735633120969214>
- Zainuddin, Z., Haruna, H., Li, X., Zhang, Y., & Chu, S. K. W. (2019). A systematic review of flipped classroom empirical evidence from different fields: What are the gaps and future trends?



*International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1–19.

<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Zhan, Z., Tong, Y., Lan, X., & Zhong, B. (2022). A systematic literature review of game-based learning in artificial intelligence education. *Interactive Learning Environments*, 32(3), 1137–1158. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2115077>