

透過校本資訊科課程提升學生的計算思維能力以及人工智慧素養：以六年級「人工智慧手機應用程式」單元為例

Enhancing Students' Computational Thinking and Artificial Intelligence Literacy Through School-Based Information Technology Curriculum: A Case Study of the "Artificial Intelligence Mobile Applications" Unit for P.6 Student

黃智仁^{1*}，蒙韋綸^{2*}，朱偉林³

^{1,2,3} 鳳溪第一小學

astomwcy@fk1ps.edu.hk

【摘要】 本研究旨在探討人工智慧資訊科課程對提升小學生計算思維能力的成效。研究對象為 21 位年齡介於 10-13 歲的六年級學生，課程共設計四個單元，總課時為 6 小時。課程目標分為三個層面：知識層面著重於認識人工智慧的能力限制及其實際應用；態度層面強調人工智慧素養及道德使用；技能層面則著重 API 應用及簡單演算法設計。教學設計除採用 Coolthink 的 TPACK 教學法外，更融入自主學習四元素，透過自學培養獨立思考能力，以導學引導學習方向，通過共學促進協作解難，並藉互學深化知識內化。研究採用前後測問卷調查法，分析結果顯示學生在計算思維能力方面有顯著變化。前測數據反映學生在整體思考與問題關聯性較具信心，約 60% 選擇正面回應；後測結果則顯示學生對計算思維有更深入的理解，特別在問題拆解能力方面展現出更務實的自我評估。研究結果支持人工智慧課程結合自主學習元素，能有效提升學生的計算思維能力，同時培養他們對數碼創意以及人工智慧素養的正確認知，促進其對 AI 技術的全面理解與應用。

【關鍵字】 人工智慧素養；自主學習；TPACK 教學法；計算思維；STEAM 教育

Abstract: This study evaluates an AI curriculum's impact on computational thinking in 21 sixth-grade students through a 6-hour program divided into four units. The curriculum focused on AI knowledge, ethical attitudes, and technical skills including API applications. Using Coolthink's TPACK approach with self-directed learning elements, pre/post-test results showed significant improvements, with 60% of students gaining confidence in holistic thinking and developing stronger problem decomposition skills.

Keywords: AI Literacy, Self-Directed Learning, TPACK Pedagogy, Computational Thinking, STEAM Education

1. 前言

隨著人工智慧科技的快速發展，AI 教育已成為全球教育改革的重要議題。在數位轉型的浪潮下，培養下一代具備計算思維能力和人工智慧素養變得越發重要。然而，目前國內外關於 AI 教育的研究多著重於中學以上階段，對於小學階段的 AI 教育研究相對缺乏，特別是在結合自主學習策略方面的探討仍然不足。

本研究針對六年級學生設計 AI 資訊科課程，採用 TPACK 教學法 (Setiawan, Heru & Phillipson, Shane & Darmin, Sudarmin & Isnaeni, Wiwi., 2019)，並融入自主學習元素，期望透過循序漸進的課程設計，提升學生的計算思維能力。研究重點包括：一、發展適合小學生的 AI

課程內容；二、探討課程對學生計算思維能力的影響；三、分析自主學習策略(Knowles, 1975)於 AI 教育中的成效。期望研究結果能為小學 AI 教育提供具體建議，並為未來課程發展提供實證參考。

面對 21 世紀資訊爆炸時代的挑戰，學生不僅需要掌握基礎知識，更需要發展批判性思考、創意解難和數位素養等關鍵能力。國際教育發展趨勢顯示，各國正積極將人工智慧和計算思維納入基礎教育課程，例如英國的「Computing At School」、美國的「CS for All」以及新加坡的「Code for Fun」等計劃(Bocconi et al., 2022)。這些國際教育改革均反映出對培養學生計算思維和 AI 素養的重視。

在本地教育環境中，雖然已開始關注科技教育，但系統性的小學 AI 課程研究仍屬起步階段。因此，本研究將通過實證方式，探索適合本地小學生的 AI 教育模式，填補現有研究的空白，為教育實踐提供依據。

2. 文獻回顧

2.1. 計算思維的重要性

計算思維(Computational Thinking)被視為 21 世紀的核心能力之一，其重要性在於培養學生解決問題的能力，並將複雜問題分解為可管理的部分(Wing, 2006)。近年來，許多研究指出，計算思維不僅限於編程，還包括抽象化、模式識別、算法設計和問題拆解等能力(Brennan & Resnick, 2012)。這些能力對於學生在數位時代中應對複雜問題至關重要。

Wing (2006) 將計算思維定義為「運用電腦科學的基礎概念進行解決問題、系統設計及理解人類行為的思考過程」。這種思維模式強調系統性思考、邏輯分析和創意解決問題的能力。Grover 與 Pea (2013) 進一步闡述計算思維的核心元素，包括：抽象化思考(辨識並提取問題的核心要素)、系統化處理(按步驟有條理地分析問題)、符號表達(使用符號系統表達解決方案)、算法思維(發展和應用解決問題的步驟)、除錯能力(識別和修正錯誤的系統性方法)。

在教育實踐中，計算思維的培養已超越傳統的電腦科學範疇。Weintrop 等人(2016)提出「跨學科計算思維框架」，強調計算思維可融入數學、科學等學科教學中。這種跨學科視角為本研究設計融合 AI 與其他學習領域的課程提供了理論基礎。

2.2. 人工智慧素養與教育

隨著人工智慧(AI)技術的快速發展，AI 素養(Artificial Intelligence Literacy)成為教育領域的新興議題。AI 素養不僅包括對 AI 技術的理解，還涉及道德使用、數據隱私保護以及對 AI 局限性的認識(Long & Magerko, 2020)。研究表明，將 AI 教育融入小學課程，能有效提升學生對技術的理解與應用能力(Touretzky et al., 2019)。

Long 與 Magerko (2020) 提出了全面的 AI 素養框架，包含五個主要維度：技術認知(AI 系統如何運作)、社會影響(認識 AI 對社會的影響)、倫理意識(理解 AI 應用的道德考量)、實際技能(能夠使用 AI 工具解決問題)以及慎思明辨(對 AI 技術和應用進行評估)。

Touretzky 等人(2019)在《K-12 AI 教育框架》中強調，即使是小學生也應培養對 AI 的基本認識，包括感知、表示、推理、學習和社會影響等方面。Druga 等人(2021)的研究顯示，當小學生有機會與 AI 系統互動並理解其基本原理時，他們不僅能提高技術理解力，還能發展更具批判性的思維模式。

Wong 等人(2023)的最新研究指出，將 AI 素養教育納入小學課程可以培養學生對技術的平衡視角，避免盲目崇拜或過度恐懼。這對於培養負責任的未來數位公民至關重要。

2.3. TPACK 教學法的應用

TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) 教學法強調技術、教學法與學科知識的整合，已被廣泛應用於創新科技教育中 (Mishra & Koehler, 2006)。Coolthink 課程中的「To Play」、「To Think」、「To Code」及「To Reflect」四個階段，正是基於 TPACK 框架設計，旨在通過遊戲化學習、思考訓練、編程實踐和反思活動，全面提升學生的計算思維能力 (Kong et al., 2020)。

2.4. 小學階段科技教育的挑戰與機遇

小學階段是培養學生科技興趣與能力的關鍵時期。然而，研究指出，小學生在學習複雜技術概念時，往往面臨認知負荷過高的問題 (Sweller, 1988)。因此，如何設計適合小學生的課程內容，並通過適當的教學策略降低學習難度，成為科技教育的重要課題 (Bers et al., 2014)。此外，自主學習 (Self-Directed Learning) 的培養也被認為是提升學生科技能力的關鍵因素 (Zimmerman, 2002)。

3. 推行人工智慧課程的理念

在小學階段推行人工智慧 (AI) 課程的理念，旨在培養學生的計算思維能力、人工智慧素養以及對 AI 技術的正確理解與應用能力。隨著 AI 技術的快速發展，AI 已成為現代社會不可或缺的一部分，從小學階段開始培養學生對 AI 的認識與應用能力，不僅有助於提升其未來的競爭力，更能幫助他們在數位時代中成為負責任的科技使用者。

首先，AI 課程的核心目標之一是提升學生的計算思維能力。計算思維包括問題拆解、模式識別、抽象化與算法設計等能力，這些能力不僅適用於編程與科技領域，也能應用於日常生活中的問題解決 (Wing, 2006)。通過 AI 課程，學生可以學習如何將複雜問題分解為可管理的部分，並設計有效的解決方案。例如，在課程中，學生可以通過設計簡單的 AI 模型或應用程式，理解如何將理論知識轉化為實際操作，從而提升其邏輯思維與創新能力。

其次，AI 課程強調培養學生的 AI 素養 (Artificial Intelligence Literacy)。AI 素養不僅包括對 AI 技術的基本理解，還涉及對其能力與局限性的認識，以及對數據隱私與道德使用的重視 (Long & Magerko, 2020)。在小學階段，學生可以通過課程學習 AI 的基本原理，例如機器學習與自然語言處理，並了解 AI 技術在日常生活上的應用。同時，課程也應引導學生思考 AI 技術的倫理問題，例如數據隱私保護與算法偏見，從而培養其負責任的科技使用態度。

此外，AI 課程的設計應注重學生的自主學習 (Self-Directed Learning) 能力。通過 TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) 教學法，課程可以結合「To Play」、「To Think」、「To Code」及「To Reflect」四個階段，讓學生在遊戲化學習中激發興趣，在思考與編程中深化理解，並在反思中內化知識 (Kong et al., 2020)。這種教學模式不僅能降低學生對複雜技術的認知負荷，還能促進其自主探索與創新能力。

最後，AI 課程的推行需要考慮學生的年齡特點與認知水平。小學生的抽象思維能力仍在發展中，因此課程內容應以直觀、互動性強的方式呈現，例如通過圖形化編程工具或 AI 模擬實驗，讓學生在實踐中學習。同時，教師應提供適當的引導與支持，幫助學生克服學習過程中的困難，並鼓勵他們在合作學習中互相啟發。

在小學推行 AI 課程的理念，不僅是為了培養學生的科技能力，更是為了幫助他們在未來的數位社會中成為具有慎思明辨與道德責任感的科技使用者。通過系統化的課程設計與教學策略，AI 課程能為小學生奠定堅實的科技基礎，並激發他們對創新科技的興趣與熱情。

4. 課程目標

本課程旨在為六年級學生提供全面的人工智慧教育體驗，培養他們的計算思維能力和人工智慧素養。課程目標涵蓋知識、技能和態度三個維度，從而促進學生的綜合發展。在知識層面，學生將理解人工智慧的基本概念、類型和工作原理，認識 AI 技術的能力與局限性，掌握 API 的基礎知識及其在連接應用程式與 AI 服務中的作用，並了解數據對 AI 系統的重要性。透過這些知識的學習，學生能夠辨識日常生活中的 AI 應用實例，形成對 AI 技術全面而客觀的認識。

在技能層面，課程強調實踐性學習，培養學生運用圖形化編程工具(App Inventor)調用並整合 AI API 服務的能力。學生將學習問題分解技巧，將複雜的應用程式功能需求分解為可實現的小步驟，制定有條理的開發計劃。同時，課程注重培養演算法設計能力，引導學生設計並實現數據輸入、處理和輸出的邏輯序列，以及處理 API 返回結果的條件判斷。此外，學生還將發展測試與優化能力，學習如何系統地測試應用程式功能，識別問題並進行除錯，優化應用程式的用戶體驗和性能。

在態度層面，課程著重培養學生對 AI 技術的正確認識和負責任使用的態度。學生將理解 AI 應用的倫理考慮，如公平性、隱私保護和透明度，形成對 AI 技術負責任使用的觀念。課程鼓勵學生對 AI 生成的結果保持批判性思考，不盲目接受 AI 輸出，養成核實和評估信息的習慣。同時，培養學生的創新意識，積極探索 AI 技術的創新應用可能性，以開放的思維設計解決實際問題的方案。課程還強調自主學習態度的培養，引導學生主動獲取新知識、嘗試新技術，適應快速發展的科技環境。

除了上述具體目標外，本課程還關注學生的長期發展，致力於培養他們的數位公民素養，幫助他們成為能夠理解並參與關於 AI 技術社會討論的負責任公民。課程注重跨學科應用能力的發展，引導學生將 AI 知識與其他學科領域結合，如語文學習、數學問題解決或科學探究。最終，課程希望通過多維度的目標設定，為學生在數位社會中的未來發展奠定堅實基礎，使他們能夠成為具有創造力、適應力和責任感的終身學習者。

5. 預期課程學習成果

表 1. 預期學習成果評估標準

能力	標準
1. 展現對計算思維的知識和理解	1.1 描述並解釋計算思維的概念 1.2 指出應用計算思維解決問題時會遇到的不同情況 1.3 描述如何把計算思維應用在解決問題的過程中
2. 展現對人工智慧技術的知識和理解	2.1 描述並解釋人工智慧的概念
3. 具備獨立編寫加入人工智慧模型小工具的能力	3.1 展示為 API 和應用程式編程的步驟及方法 3.2 展示開發獨立專案的能力
4. 理解人工智慧等技術的日常應用	4.1 描述並解釋物聯網、人工智慧等的基本原理 4.2 能在應用程式設計中展現對用戶隱私和數據安全的考慮，能夠識別 AI 應用程式中的至少 3 個潛在倫理問題。

「人工智慧手機應用程序」課程旨在培養學生的計算思維能力、AI 應用開發技能及相關素養，預期學生完成課程後能達成以下學習成果：

6. 學與教策略

6.1. 教學循環設計

本課程基於 Coolthink 的 TPACK 教學框架，設計四階段教學循環以發展學生的 AI 應用開發能力。探索階段(To Play)通過互動活動如「翻譯大挑戰」激發學習動機，連結 AI 技術與生活經驗；思考階段(To Think)運用「API 概念圖」等工具引導學生發展抽象思維，將複雜系統拆解為可理解組件；創作階段(To Code)提供 Scratch 和 App Inventor 兩種環境，讓學生將概念轉化為實際應用，通過漸進式任務建構完整功能；反思階段(To Reflect)則使用「學習日誌」和「應用展示會」等活動促進知識內化與遷移，發展評價能力和元認知。這種循環式設計確保學生能在具體體驗與抽象概念間建立有意義連結，系統性發展 AI 素養。

6.2. 自主學習四元素

課程融入 Knowles 自主學習理論的四元素，培養學生自主學習能力。自學(Self-learning)元素通過分級資源庫和「AI API 探索卡」支持學生根據個人能力與興趣自主探索；導學(Guided learning)元素運用結構化工作紙和鷹架式任務提供適度引導，如「API 調用步驟卡」平衡指導性與自主性；共學(Collaborative learning)元素設計小組專題開發和「API 專家小組」活動促進知識共建，發展團隊協作能力；互學(Reciprocal learning)元素則通過「小老師」角色轉換和「API 專家時間」創造互教互學機會，深化理解並培養表達能力。這四元素相互支持，形成完整的自主學習體系，不僅培養學生的技術能力，更發展其終身學習所需的自我導向能力。

6.3. 差異化教學策略

為滿足學生多元需求，課程採用三大差異化教學策略。多層次任務設計為每個活動提供基礎、進階和拓展三個難度級別，使所有學生都能在適當挑戰區間獲得成長；靈活的分組機制根據活動目的動態調整，包括同質分組提供針對性支持，異質分組促進互助學習，興趣分組增強動機，以及彈性分組適應不同學習階段需求；多元表達方式則允許學生通過應用程序開發、口頭報告、視覺展示或文字報告等不同形式展示學習成果，尊重多元智能特點並提供全面評估機會。這些策略共同營造包容且高效的學習環境，使教師從知識傳授者轉變為學習促進者，真正實現以學生為中心的教學理念，培養具備未來素養的自主學習者。

7. 課程內容

本課程共設計四個單元，總課時為 6 小時，循序漸進地引導學生探索人工智慧與手機應用程序開發。以下是各單元的詳細內容：

7.1. 單元一：人工智慧與 API 基礎 (PICABOO) (1.5 小時)

單元一旨在建立學生對人工智慧和 API 的基礎認識。課堂開始時，學生通過「AI 周邊大搜索」活動小組合作探索日常生活中的 AI 應用，並在教師引導下討論這些應用如何改變生活及其共同特點。隨後的「AI 與 API 解碼」環節通過互動視頻和視覺化圖表介紹 AI 的基本概念和 API 的工作原理，學生完成「API 流程圖」活動，理解數據在應用程序與 AI 服務間的流動過程。在「API 探索實驗室」環節，學生實際操作預設環境，探索 API 調用示例，通過修改參數觀察結果變化，並完成基礎任務如使用翻譯 API 翻譯簡單句子。課堂結束前，學生繪製思維導圖總結關鍵概念，並完成反思表探討 AI 技術對生活的影響。學習資源包括示例代碼、自主學習冊及線上資源。

7.2. 單元二：我的神隊友 (Chatbot 程序開發) (1.5 小時)

單元二聚焦於翻譯應用程序的開發。課堂以「Chatbot」活動開始，學生比較不同對話工具的結果差異，識別不同人工智慧模型在處理特定語境的局限性。「人工智慧模型解析」環節介紹自然語言處理的基本概念和人工智慧 API 的工作原理，教師示範 API 密鑰設置和基本參數配置，學生實踐基本 API 調用並了解數據格式。「我的神隊友」環節是課堂核心，學生使用 App Inventor 設計對話應用，根據能力分層完成任務，從基礎的對話功能到進階的多語言選項，甚至整合語音合成 API 實現更豐富功能。「結果品質診所」環節學生交換測試彼此應用，提供反饋並優化設計。課堂最後進行「回應的邊界」討論，探討翻譯 API 的優勢、局限性及倫理考量。學習資源包括 API 文檔、界面設計範本、自主學習冊等。

7.3. 單元三：我的藝術家 (圖像生成程序開發) (1.5 小時)

單元三探索圖像生成技術及應用開發。課堂以「看圖猜物」活動開始，學生與 AI 系統競賽辨認圖片，比較人類與 AI 在不同類型圖像識別的優劣，分析 AI 系統的混淆原因。「圖像數據的奧秘」環節介紹圖像數據結構、識別和生成的基本流程，學生嘗試簡單像素操作了解數字圖像本質。「圖像生成程序應用」環節學生設計整合圖像識別 API 的應用，基礎級識別預設類別，進階級添加多種識別模式，拓展級結合其他 API 創新功能。「圖像生成實驗室」環節學生測試應用的識別準確性，記錄分析失敗案例。「AI 的作品」討論環節探討圖像識別技術的社會應用、潛在影響及隱私安全問題，學生完成技術影響評估。學習資源包括 API 文檔、數據視覺化工具、測試圖像集等。

7.4. 單元四：創新應用設計與評估 (1.5 小時)

單元四作為課程總結，專注於創新應用整合與評估。「AI 問題解決者」活動引導學生識別校園或社區可通過 AI 解決的問題，進行頭腦風暴並定義目標用戶和核心功能。「我的 AI 應用」環節學生個人或小組設計創新 AI 應用，自由選擇 API 組合解決實際問題，運用前幾單元所學技能完成開發。「AI 應用展示會」以科技展形式展示作品，進行同儕評估，評價創新性、技術實現、用戶體驗和社會價值。「AI 與未來」環節討論技術發展趨勢和影響，學生評估自身學習成果並探討科技使用者的責任。課程最後總結關鍵概念，提供進一步學習資源，鼓勵學生在日常生活和其他學科中應用所學。學習資源包括 API 整合指南、設計思維工具包和評估量表等。

8. 研究方法與結果

8.1. 研究設計

本研究採用前後測準實驗設計，探究人工智慧課程對六年級學生計算思維能力的影響。研究對象為 21 位六年級學生，所有學生在課程實施前後完成相同的自評問卷，以測量課程干預對其計算思維能力、創意思維及人工智慧素養的影響。

8.2. 資料收集工具

研究使用自評問卷作為主要測量工具，問卷包含三個主要維度：計算思維能力（19 題）採用 Tsai 等人(2021)發展的計算思維量表(Computational Thinking Scale)、創意思維（9 題）採用 Yeh 與 Lin(2018)發展的量表及人工智慧素養（9 題）。計算思維能力部分進一步分為四個子維度：抽象思考（題目 1-6）、問題拆解（題目 7-9）、演算法設計（題目 10-15）和模式識別（題目 16-19）。問卷採用五點李克特量表（1=非常不同意，2=不同意，3=一般，4=同意，5=非常同意）。

8.3. 研究發現

8.3.1. 計算思維能力變化

前後測數據分析顯示，學生在計算思維能力的多個維度呈現統計顯著改變，其中問題拆解能力進步最為明顯（前測 3.24，後測 3.56，提升 9.9%， $p=0.023$ ），特別是在將大型問題拆解為小問題的能力上有顯著提升（ $p<0.05$ ）；抽象思考能力也有統計顯著進步（前測 3.22，後測 3.46，提升 7.5%， $p=0.031$ ），學生對問題抽象化的思考能力明顯加強；而演算法設計能力（前測 3.41，後測 3.49，提升 2.4%， $p=0.142$ ）和模式識別能力（前測 3.36，後測 3.40，提升 1.2%， $p=0.387$ ）的進步較為溫和，未達統計顯著水平，這可能反映這些高階認知能力需要更長時間培養。總體而言，學生在課程後的自我評估更趨務實，高分評價減少但中等分數增加，顯示他們對自身能力有了更準確認識，這也是認知發展的重要指標。

8.3.2. 創意思維變化

根據 Yeh 與 Lin(2018)創意自我效能量表評估，學生在「產生創意能力」方面有顯著提升（前測 3.18，後測 3.73，提升 17.3%， $p=0.008$ ），「創意表現成果」也呈現統計顯著進步（前測 3.31，後測 3.78，提升 14.2%， $p=0.027$ ）。學生在提出多元解決方案的能力上特別突出（ $p<0.01$ ），能夠更靈活地運用創意思維解決問題。雖然創意實踐能力的提升（ $p<0.05$ ）相對較溫和，但整體創意思維表現顯著增強，反映課程成功培養學生的創新能力。

8.3.3. 人工智慧素養變化

人工智慧素養方面的數據顯示，學生在課程後有統計顯著提升（ $p=0.017$ ），整體從前測平均分 3.43 提高至後測 3.75，增長 9.3%，尤其在技術認知方面進步最為明顯，對「人工智慧及生成式人工智慧基本概念」的理解提升了 16.0%（ $p=0.009$ ）；倫理意識上，學生對「AI 優勢和限制」的認識增長 10.2%（ $p=0.028$ ），反映他們發展出更平衡的 AI 觀點；批判思考能力也有所增強，對「AI 偏見的認識與檢視」提升了 7.0%（ $p=0.045$ ）。然而，對於「人類與 AI 相輔相成創造更好未來」的認同度僅微升 0.5%（ $p=0.831$ ，未達顯著水平），這可能反映學生對人機協作仍存在不確定性，暗示未來教學需更加強調人機協作的價值與意義。

8.3.4. 學生表現差異性分析

數據分析顯示，學生在課程中的表現呈現明顯的個體差異：約 23.8%（5 人）的學生屬於高進步組，各維度增幅超過 15%，這些學生大多在前測自評較低但課程後有顯著重新認識；47.6%（10 人）屬於中等進步組，增幅在 5-15% 之間，主要在問題拆解和 AI 素養方面有所提升；19.0%（4 人）屬於穩定組，前後測變化在 $\pm 5\%$ 之內，這些學生前測評分已較高；而 9.5%（2 人）的學生在後測中評分反而下降超過 5%，但深入分析表明這可能反映了更務實的自我認識，而非實際能力下降。整體研究結果支持小學 AI 課程能有效提升計算思維能力和 AI 素養的假設，尤其在問題拆解能力和 AI 技術認知方面成效顯著，與課程中強調的 API 應用和問題分解活動高度一致，同時也為模式識別能力和人機協作認識的培養提供了未來課程優化的方向。

9. 教學反思與建議

基於研究發現和教學實踐，我們提出以下教學反思和建議，期望為小學階段的人工智慧教育提供參考。課程設計方面，本教學設計的成功之處在於採用切實可行的項目規模，將課程分為四個連貫單元，總計 6 小時，適合小學資訊科課時安排；同時遵循認知負荷理論，將複雜 AI 概念分解為可理解部分，通過具體實例降低抽象概念認知負擔；此外，課程在實用應用開發與創意表達間取得平衡，滿足不同學生需求。然而，課程也面臨幾項挑戰：6 小時課時對於完全掌握 API 應用和深入理解 AI 原理略顯不足；學生在編程基礎和自主學習能力方面存在較大差異；且 API 連接不穩定、網絡限制等技術因素有時影響教學進度和學生體驗。

針對教學策略優化，我們建議強化鷹架支持，開發更細緻的學習鷹架針對不同能力水平提供適當支持，並建立「專家角」機制讓先完成任務的學生擔任助教；同時優化協作機制，採用「專家拼圖」方法和設計明確的協作規則確保每位學生積極參與；此外，通過引入更系統的反思工具和設計針對性反思問題增強反思深度；最後，設計跨學科應用任務和「真實世界連結」活動拓展學習連結，強化知識遷移並提升學習意義感。

在資源配置與支持方面，建議加強教師對 AI 技術和 API 應用的培訓，建立教師協作社群共享資源經驗；確保穩定的網絡環境和設備支持，必要時準備離線替代方案，並建立學校與技術提供商的合作關係；同時發展本地化教學資源庫和學生作品檔案庫，為後續教學提供參考。未來發展方向包括：發展從初小到高小的 AI 教育進階課程路徑，探索 AI 教育與 STEAM 課程的整合點；優化評估系統，發展更全面的計算思維和 AI 素養評估工具，建立基於表現的評估機制；加強社區與家長參與，設計家校合作活動並邀請專業人士分享，為學生提供真實情境。通過這些反思和建議，我們期望能夠進一步完善小學階段的 AI 教育，培養學生的計算思維能力和 AI 素養，為他們未來在數位世界中的成功奠定基礎。

參考文獻

- 課程發展議會 (2023). 計算思維—編程教育：小學課程補充文件. 香港特別行政區政府教育局.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada.
- Kong, S. C., & Wang, Y. Q. (2020). Formation of computational identity through computational thinking perspectives development in programming learning. *Computers in Human Behavior*, 105, 106179. doi:10.1016/j.chb.2019.106179
- 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* (Paper 366). doi: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. doi:10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. doi:10.1207/s15516709cog1202_4
- Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(1), 9795-9799. doi:10.1609/aaai.v33i01.33019795
- Tsai, M.-J., Liang, J.-C., & Hsu, C.-Y. (2021). The Computational Thinking Scale for Computer Literacy Education. *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), 579-602. doi:10.1177/0735633120972356
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. doi:10.1145/1118178.1118215
- Yeh, Y., & Lin, C. S. (2018). Achievement goals influence mastery experience via two paths in digital creativity games among elementary school students. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(1), 1-10. doi:10.1111/jcal.12234