

封面 Cover Page

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1137069

學門專案分類/Division：工程

計畫年度：113 年度一年期 112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

矩陣沉浸式問題導向專案學習法(Problem Oriented Project-Based Learning, POPjBL)在專題實作課程之學習成效研究

計畫主持人(Principal Investigator)：張家凱

協同主持人(Co-Principal Investigator)：楊燕枝

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中央大學／通識教育中心

成果報告公開日期：立即公開 延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 9 月 19 日

矩陣沉浸式問題導向專案學習法(Problem Oriented Project-Based Learning, POPjBL)在專題實作課程之學習成效研究

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

當前高等教育面臨的挑戰之一，是如何在知識爆炸與技術快速演進的環境中，培養學生具備跨域整合與自主學習的能力。傳統課堂往往以教師單向講授為主，學生多習慣於被動接收，缺乏主動探索與深度解題的動能。尤其是來自人文與社會科學背景的學生，在進入以程式設計或人工智慧為核心的專題課程時，往往因技術知識不足而感到焦慮，難在專題實作中發揮本身的專長。另一方面，理工科背景的學生雖具備技術基礎，卻可能缺乏從人文、社會或倫理角度進行議題凝鍊與價值思辨的能力。這種背景落差，往往造成跨領域合作淪為形式，而未能真正促進學生之間的知識互補與創造力激發。

本研究的動機即在於回應這一教育困境，嘗試透過「矩陣沉浸式問題導向專案學習法」(Problem Oriented Project-Based Learning, POPjBL)建構一個融合問題導向學習(PBL)與專題導向學習(PjBL)的教學模式。此模式強調以學生為中心，藉由職能模擬與異質分組，讓來自不同專業背景的學習者在小組合作中分別擔任產品經理、資料科學家或資料工程師等角色。藉由角色分工，學生能在專題過程中充分發揮專長，並同時學習跨域協作，逐步內化解決問題的全方位能力。

同時，本研究意圖導入生成式人工智慧(Generative AI)作為輔助學習的鷹架工具，結合 Uedu 優學院平台，使學生能在課程進行中隨時獲得自學資源與即時支援。生成式 AI 不僅能降低技術門檻，幫助人文或管理背景的學生快速理解基本知識，也能協助理工學生從社會影響、倫理規範或商業應用的角度思考其專題價值，進一步強化跨域整合的深度。這種技術導入的目的，不僅是提升學習效率，更在於透過 AI 的支持讓學生敢於嘗試，減少挫折感，進而培養持續探索與自主學習的動力。

因此，本計畫的目的在於建構一個可持續實踐的跨域專題學習框架，並透過實際課程驗證其成效。具體而言，研究目標有三：其一，驗證 POPjBL 是否能有效提升學生在專題課程中的自主學習與跨域合作能力；其二，觀察異質分組如何影響學生的問題定義、議題凝鍊與

專案執行深度；其三，探討生成式 AI 作為學習鷹架對學生的學習動機、焦慮程度及知識遷移的影響。透過這些面向的實證觀察，本計畫期望不僅能提升學生的學習表現與研究產出，更能回應新世代高等教育在跨域整合與數位轉型上的需求，提供可供他校與不同領域複製與推廣的教學模式。

2. 研究問題 (Research Question)

在本研究的動機與目的之下，核心關懷聚焦於如何透過「矩陣沉浸式問題導向專案學習法」(POPjBL)，回應當前高等教育在跨域課程設計中所面臨的困境。本計畫所設定的研究問題可從三個面向展開。

首先，需要探討的是 POPjBL 是否能夠有效提升學生的學習動機與自主學習能力。在傳統課程中，學生往往習慣依賴教師指導，缺乏主動學習的習慣。本計畫嘗試透過異質職能分組與角色模擬，引導學生在專題實作過程中必須自行界定問題、蒐集資料並完成專案，由此檢驗此種設計是否能改變學生的學習行為，培養其自主探索的習慣。

其次，本研究關注異質分組與跨域合作的具體效果。來自不同院系的學生在專題中分別擔任產品經理、資料科學家與資料工程師等角色，必須整合人文思維、社會價值與技術實作，完成具有深度與社會影響力的專案。研究問題在於：這樣的分組設計是否能有效促進跨域溝通與合作，並避免因背景差異而造成的挫折或分工失衡？透過對學生互動過程與專題成果的觀察，可更清楚理解跨域課程在高等教育的可行性。

最後，生成式人工智慧的導入是本計畫的一大特色。本研究欲探究生成式 AI 作為鷹架工具，是否能降低人文或社會科學學生的技術焦慮，並協理工科學生在議題凝鍊與價值反思上有所突破。更進一步而言，生成式 AI 是否能成為連結不同專業語境的中介，使學生能在專案歷程中獲得更高的知識遷移效果？

本計畫的研究問題在於：POPjBL 是否能透過跨域職能分工與生成式 AI 支援，真正促成學生自主學習、跨域協作與深度解題之能力，並為高等教育提供一個可持續推廣的教學模式。

3. 文獻探討 (Literature Review)

一、問題導向學習(PBL)與專題導向學習(PjBL)的理論基礎

問題導向學習(Problem-Based Learning, PBL)自 1960 年代起在醫

學教育領域發展，強調以真實且複雜的問題作為學習驅動力，使學生透過問題分析、資料蒐集與解決方案的建構，培養批判思維與自主學習能力(Barrows, 1986)。此方法與傳統講授模式相比，更注重學習歷程的深度參與，學生不再是被動的知識接受者，而是主動的探索者與問題解決者。專題導向學習(Project-Based Learning, PjBL)則在 PBL 的基礎上更進一步，強調以專題實作作為核心，讓學生從規劃、設計到成果展示，經歷完整的實踐歷程(Thomas, 2000)。研究顯示，PjBL 不僅能提升學生的知識應用能力，更能培養跨領域合作、專案管理與溝通能力(Kokotsaki et al., 2016)。

然而，PBL 與 PjBL 在實務操作上各有侷限。PBL 側重於問題界定與論述，但往往缺乏實作驗證的深度；PjBL 雖強調專題落實，但若題目設計不當，可能流於技術堆砌而忽略議題的社會價值。因此，學者近年來倡議將兩者結合，發展出兼具「問題凝鍊」與「專題實踐」的混合模式，以達到更全面的學習目標。本研究所提出的「矩陣沉浸式問題導向專案學習法」(POPjBL)，正是回應此一趨勢，企圖融合 PBL 的問題意識與 PjBL 的專題實作，提供一個更完整的教學框架。

二、跨域學習與學習遷移的挑戰與契機

21 世紀的教育趨勢日益重視跨域整合。OECD(2018)指出，未來人才需具備跨學科知識應用與複雜問題解決的能力(*Future of Education and Skills 2030/2040 | OECD*, 2018)。跨域學習強調學生能在不同知識領域之間進行連結，將人文、社會、科技、工程等面向融會貫通。然而，跨域課程在實踐中面臨諸多挑戰。研究指出，學生往往因學科背景差異而產生溝通障礙，甚至在小組合作中出現「專業孤島」現象(Borrego & Newswander, 2010)。尤其在人文社科與理工技術的跨域情境下，雙方知識體系與思維模式差異甚大，容易造成專案深度不足或合作效率低落。

另一方面，學習遷移(Learning Transfer)也是跨域教育中的關鍵課題。Barnett 與 Ceci(2002)將學習遷移分為近遷移與遠遷移，指出學生能否將所學知識應用到新情境，取決於教學設計能否提供多元脈絡與挑戰性任務(Barnett & Ceci, 2002)。國內外研究皆強調，若能在課程中引導學生不僅操作技術，更需從社會、倫理與應用層面加以反思，方能促成深層遷移(Perkins & Salomon, 1992)。因此，跨域課程的設計不僅是知識的拼接，更是促進學生在不同知識場域中靈活運用與再創新的契機。

三、生成式人工智慧在教育中的應用與潛力

隨著 ChatGPT 等大型語言模型的出現，生成式人工智慧 (Generative AI, GAI) 正快速進入教育領域。相關研究指出，GAI 能夠在學習過程中扮演「虛擬助教」或「學習鷹架」的角色，為學生提供即時回饋、引導問題思考，並降低因專業落差帶來的焦慮 (Zawacki-Richter et al., 2019)。特別是在跨域課程中，GAI 能幫助不同背景的學生找到共同語言，使其能以較低的門檻進行知識交流與專題實作。例如，對於人文或社會科學學生而言，GAI 可快速生成程式範例或資料分析流程，協助突破技術障礙；對於理工科學生而言，GAI 則能提供倫理反思、使用者體驗或社會影響的多元視角。

此外，GAI 亦能支持學習遷移的發生。研究顯示，學生若能在與 AI 對話的過程中反覆檢驗與修正想法，不僅能加深對知識的理解，亦能將學習成果應用到更廣泛的領域 (Kasneci et al., 2023)。然而，學者也提醒，GAI 在教育中仍需謹慎使用，避免學生過度依賴工具而忽略批判思維 (Holmes et al., 2019)。因此，GAI 的導入應以「輔助」而非「取代」為原則，教師的引導與課程設計仍是關鍵。

四、研究定位與貢獻

綜合上述文獻，本研究試圖回應三個教育現場的關鍵缺口：其一，傳統 PBL 與 PjBL 雖各具優勢，卻缺乏兼顧問題凝鍊與專題實踐的整合模式；其二，跨域課程中學生的專業落差與學習遷移困境，亟需透過適切的教學設計來克服；其三，生成式 AI 作為新興教育工具，雖展現潛力，但其在跨域課程與專題學習中的具體作用仍需更多實證研究。基於此，本研究提出 POPjBL 模式，並結合生成式 AI 作為鷹架，期待能在跨域專題課程中提供更有效的學習支持，進一步促進學生的自主學習、跨域合作與知識遷移。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

本課程以「人工智慧跨域應用專題」作為「人工智慧跨域應用學分學程」的總結課程 (Capstone)，承接學程前期基礎課程 (如 Python 程式設計、機器學習概論、人工智慧導論) 及中階應用課程 (如自然語言處理、資料視覺化、人工智慧社會影響力評估)。其設計理念根植於「矩陣沉浸式問題導向專案學習法」 (Problem Oriented Project-Based Learning, POPjBL)，融合了問題導向學習 (PBL) 與專題導向學習 (PjBL) 的優勢，並引入生成式人工智慧 (Generative AI, GAI) 作為學習鷹架與支援工具，期望學生能在跨域協作的專題過程中展現自主學習、批判思

維與社會實踐力。

一、課程定位與目標

本課程不僅是單一課程的學習終點，更是學程整體規劃中的知識整合與應用高峰。透過專題實作，學生需要將不同學科的知識串聯起來，並進一步轉化為能解決現實世界問題的方案。其教育目標可歸納為三層次：

1. **知識面**：整合先備課程所學，應用於跨域專題。
2. **能力面**：培養問題定義、專案規劃、資料分析、系統實作與跨域溝通能力。
3. **態度面**：提升自主學習意願，發展合作精神，並建立對社會價值的反思。

課程強調「從知識到行動」的轉換，使學生能將所學落實於議題探究與成果驗證中。

二、學生組成與異質分組策略

根據 113 學年度的課程資料，修課學生共 69 人，分布於 19 個系、7 個學院，背景涵蓋文學、管理、理工等多元領域，文管與理工比例各約 50%。為回應此多樣化背景，本課程採行「異質職能分組」策略，讓學生依據專長與興趣擔任三種角色：

- **產品經理**：負責專題構想、議題凝鍊、專案管理、倫理審思與社會影響評估。
- **資料科學家**：負責數據蒐集、模型建立、分析與驗證。
- **資料工程師**：負責系統設計、程式實作、平台部署與工具整合。

此設計模擬產業專案的職能分工，使學生在角色定位下既能發揮自身優勢，又能理解並尊重不同專業觀點，從而提升跨域合作的真實性與學習深度。

三、課程流程與學習活動

課程歷時 16 週，依據學習歷程與專題進度規劃為三大階段：

1. 問題凝鍊與基礎準備(第 1-6 週)

- 第 1 週：異質分組、角色分配與團隊建立。

- 第 2-5 週：學生以小組為單位進行問題發想與討論。
- 第 6 週：進行題目論述報告，說明專題的技術可行性與社會價值。

2. 專題製作與中期驗證(第 7-11 週)

- 第 7-10 週：小組進行專題製作，包括資料蒐集、模型建立、原型開發。
- 第 11 週：期中報告，接受師生與同儕的多面向回饋，以修正研究設計與成果方向。

3. 成果深化與最終發表(第 12-16 週)

- 第 12-15 週：持續進行專題深化，聚焦於完整性與創新性。
- 第 16 週：期末發表，展示專題成果，教師進行評分。

四、教學方法與數位工具整合

課程採多元教學方法：

- **設計思考法**：用於專題發想與收斂，強調同理心、洞察力與創新設計。
- **鷹架理論支持**：藉由教師設計的學習模組與生成式 AI 的即時回饋，提供學生在不同階段所需的支持。
- **平台與工具整合**：透過 Uedu 優學院平台與其內建的 GPT 工具(myGPTs、QuizGPT)，輔助學生進行自主學習、測驗檢核與知識視覺化。

生成式 AI 在課程中的角色除了是技術支援，也是跨域對話的中介。對文管學生而言，AI 提供程式範例與技術解釋，降低進入障礙；對理工學生而言，AI 能生成倫理案例或社會影響分析，促進價值思辨。

五、評量方式與回饋機制

課程評量依循多元 Rubric，涵蓋以下向度：技術完整性、專題規劃、創新性與原創性、社會影響力、產業連結、團隊合作、溝通表達、文獻整合、數據分析與專案管理。

- **論述報告(40%)**：評估專題方向與問題界定的深度。

- **期中報告(30%)**：檢視專題初步成果，著重於專案規劃與可行性。
- **期末報告(30%)**：強調完整度、創新性與跨域價值。

評分方式採教師(70%)與同儕互評(30%)並行，以確保評量兼顧專業性與合作歷程的公平性。透過此機制，學生能學習如何給予具建設性的回饋，同時也在同儕觀點中檢視自我。

六、教師角色與引導策略

教師在課程中扮演「知識教練」而非「知識傳授者」的角色，主要職責包括：

1. **鷹架建構者**：在學生遇到瓶頸時，提供適切的引導資源與工具。
2. **學習共同體的領航者**：透過課堂討論與跨組交流，建立合作與分享的氛圍。
3. **跨域橋樑**：協助學生理解不同領域的語言，避免因專業差異造成誤解或隔閡。

教師同時引入業界專家或跨校合作資源，讓學生能在更真實的情境中檢驗專題設計。

七、未來發展與可複製性

本課程設計具備高度的延展性與可移植性。一方面，POPjBL 作為整合型學習模式，適用於多數跨域專題課程；另一方面，Uedu 平台的生成式 AI 工具也可持續優化，提供其他教師或課程進一步複製與應用。此外，課程產出的專題成果已證實能轉化為競賽獲獎、國際研討會論文與創業計畫，顯示其學習模式不僅對學習成效有助益，也能與實際社會與產業接軌。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

本研究採用行動研究與準實驗設計結合的方式，以驗證「矩陣沉浸式問題導向專案學習法」(POPjBL)在跨域專題課程中的成效。除了質性訪談、課堂觀察與專題文件分析之外，本研究亦設計並施測 Likert 量表問卷，以量化方式追蹤學生在「學習程式」過程中的內在動機變化。

一、問卷設計與施測

【學習程式的內在動機問卷】共包含二十五個題項，涵蓋學習價

值感、興趣、愉悅感、選擇自主性、強迫感與學習習慣改善等面向。於課程第 7 週施測前測(期中基準)，第 16 週施測後測(期末)，藉此比較學生在課程歷程中的心理狀態變化。

二、量化分析結果

整體而言，期末平均分數(M = 5.37)較期中(M = 5.26)呈現 0.11(2%) 分的正向提升，顯示課程對學生內在動機具有溫和增強效果。若進一步觀察題項層次，則發現幾個具有顯著成長的面向：

1. 「在我【學習程式】的時候，我覺得我是喜歡這件事的」：期末平均分數比期中提升 8%，顯示學生在學習過程中逐漸培養出更正向的情感態度。
2. 「我會形容【學習程式】是非常愉快的」：期末相較期中提升 8%，意味著課程設計與生成式 AI 的鷹架輔助，有助於減少焦慮並增加愉悅感。
3. 「我願意再參與【學習程式】這項活動，因為它對我有一些價值」：期末提升幅度達 19%，為所有題項中成長最顯著的一項，代表學生不僅在情感上接受此學習模式，更在價值感知層面上產生顯著認同。

相對而言，部分題項如「我覺得我沒有選擇，只能參與【學習程式】這個活動」與「我【學習程式】是因為我必須學習」變化不大，顯示仍有部分學生將程式學習視為課程要求，而非完全的自主選擇。

三、方法論意涵

這些數據驗證了 POPjBL 模式結合生成式 AI 鷹架後，確實能在有限時間內提升學生對程式學習的愉悅感與價值認知，並進一步增強其持續學習意願。透過質量並重的研究設計，本研究不僅捕捉到學生表層的學習成果(專題製作與報告)，也能深入分析內在動機的改變過程，為跨域課程設計提供更具體的佐證。

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

本課程以「矩陣沉浸式問題導向專案學習法」(POPjBL)為核心，歷時 16 週，從議題凝鍊、角色分工、專題發展到成果發表，完整呈現跨域專題的教學歷程。學生分組後需依職能扮演不同角色，並透過設計思考法與生成式 AI 工具的輔助，逐步完成

專案。

期中論述報告成為第一個關鍵檢核點，學生必須明確說明專題問題意識、方法設計與可行性挑戰。在此階段，不少小組展現出創新想法，但也暴露出題目過大、資源不足或角色分工不均等問題。教師透過鷹架輔導，引導學生將專案範圍聚焦並明確化，避免流於過度理想化。期末專題則展現了學生在技術實作與議題探索間的平衡，專題成果涵蓋運動健康、數位人文、語言學習、環境永續等多元面向，不僅具備實務價值，也有進一步轉化為研討會論文或競賽參賽的潛力。

量化數據方面，內在動機問卷整體分數從期中平均 5.26 提升至期末 5.37，雖然平均提升幅度不大，但在個別題項上卻觀察到明顯成長。例如，「在我【學習程式】的時候，我覺得我是喜歡這件事的」與「我會形容【學習程式】是非常愉快的」均成長 8%，而「我願意再參與【學習程式】這項活動，因為它對我有一些價值」則提升 19%，顯示課程有效增強了學生對學習的價值認同與愉悅感。這些數據驗證了課程設計確實能在有限時間內改變學習態度，並逐步建立持續探索的動能。

在 16 組專題小組中，學生完成多元主題的人工智慧跨域應用專案，包括教育、語言學習、健康促進與社會議題分析等。另有 1 組發展 EMI(English as a Medium of Instruction)課程，展現了生成式 AI 支持下的雙語教學實踐可能性。

具體產出方面，課程衍生出多項亮眼成果：

- **論文發表**：2 篇國際會議論文(IEEE ICALT 2025，其中一篇獲最佳短論文獎；LAK 2025)，以及 1 篇國內研討會論文(TWELF 2025)。
- **競賽成果**：1 組獲得桃園市政府 2024 AI 科技導入客語學習創新競賽 **第一名**(共 150 組參賽)，另有 3 組在中央大學 2024「AI 智慧學習挑戰賽」包辦前三名。
- **創業實踐**：1 組獲教育部 U-Star 計畫支持，進入募資階段並籌備成立股份有限公司。
- **國際升學**：1 位學生成功錄取卡內基美隆大學碩士班。

這些成果顯示，本課程不僅培養學生完成專題的能力，更能推動他們進入研究、競賽與創業等更高層次的發展，體現跨域專題學習的長遠價值。

(2) 教師教學反思

在教學過程中，教師深刻體會到跨域課程最大的挑戰來自於學生背景差異。人文與社科學生往往因缺乏程式基礎而感到挫折，理工學生則容易忽略社會價值與倫理層面的思考。這樣的張力若未妥善處理，將導致合作流於形式。然而，異質職能分組與生成式 AI 工具的引入，成為有效的緩衝與支撐。

生成式 AI 提供了即時鷹架，讓文科學生能快速理解技術概念，降低技術焦慮；同時，也為理工學生補充了社會議題的語境，使其專案不僅停留在技術層次，而能觸及價值思辨。教師因此反思到，GAI 的角色已不僅僅是「輔助工具」，而是「共學助教」，提供即時、動態的鷹架支持，它在教與學之間提供了新型態的平衡，使教師能將更多精力放在引導議題深度與促進跨域對話。未來課程可進一步優化評量，避免學生僅以「技術正確性」為主要目標，應更多強調「創新性」與「社會影響力」，幫助學生將專題放入真實社會脈絡中思考。

此外，時間限制也是顯而易見的挑戰。16 週的課程對於需要跨領域整合的專題而言相對緊湊。未來若能設置「前導課程」或「專題工作坊」，讓學生提前習得基礎技能，便能在 Capstone 課程中有更多餘裕專注於創新與深化

(3) 學生學習回饋

學生學習回饋主要來自三個來源：教學評量、匿名心得，以及訪談紀錄。

一、教學評量數據

學生對課程的綜合評分為 4.73(標準差 0.6)，顯著高於系所平均(4.49)、學院平均(4.54)與全校平均(4.52)。此數據顯示學生普遍對課程設計與學習經驗感到滿意，並認為本課程在學分學程中扮演了重要的總結角色。

二、匿名心得回饋

學生普遍認為本課程是學分學程的理想終點，因為它提供了「高度自主性」與「豐富資源」。他們指出教師安排了大量討論時間，使學生能自由探索有興趣的議題並參與競賽。在遇到問題時，教師不僅提供方法指引，更給予情感支持與人性化的互動，與傳統「冷冰冰的程式課」形成強烈對比。對於文科學生而言，

這樣的氛圍特別重要，因為他們往往對程式學習心存畏懼，但在合作與支持下，他們也能找到學習的成就感。

三、學生訪談案例：A 同學的轉化經驗

A 同學在訪談中坦言，自己長期處於以「高分與升學」為唯一價值的壓抑環境，導致對成果的追求近乎病態。在修課初期，他一心想以最短時間套用現成模型，以求快速獲得令人驚豔的結果。然而，這種策略很快因能力不足與現實挑戰而失敗，使他陷入低落與迷惘。

轉捩點出現在與教師的對話中。教師強調課程的重點在於「學習歷程」而非「單一成果」，這使 A 同學開始放下對分數與表面成就的執著，重新回到探索工具本身的樂趣。他從最基礎的對話模型做起，逐步熟悉生成式 AI 與語言模型，並在反覆實驗中重建了對學習的信心與興趣。

他用「抓魚」與「魚竿」的比喻描述這段經歷：專題雖然結束，但他不再單純依賴即時成果，而是擁有了一支能隨時運用的「魚竿」，象徵持續探索與自主學習的能力。對他而言，這門課最大的收穫不是專題成品，而是找回了學習的熱情與方向感。

四、整體學習啟示

學生的回饋與案例顯示，課程在認知與情感兩層面均產生了深刻影響。數據顯示學生在學習價值與愉悅感上的顯著成長；匿名心得強調課程氛圍與教師支持的關鍵作用；A 同學的故事則具體體現了從焦慮到熱情的轉化過程。這些結果不僅驗證了 POPjBL 與生成式 AI 融合的可行性，也凸顯了課程在「以人為本」的科技教育上所能帶來的深遠影響。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本研究在跨域專題課程中引入「矩陣沉浸式職能分組」與「優學院 GenAI 人機共學鷹架」，驗證了生成式 AI 在支持跨領域學習、促進學生動機與提升專案成效上的潛力。透過量化問卷與質性回饋的交互印證，可以確認課程在學生的學習愉悅感、價值感認同與持續探索意願上產生正向影響。然而，研究與教學過程中也顯示了若干需要進一步省思的面向。

首先，跨域課程中學生專業落差依然存在。雖然 AI 工具能降低技術進入門檻，但文科學生在學習程式的自信心仍然不足，

理工學生則容易忽略專題的社會脈絡與價值反思。這提醒未來課程設計必須更強化「雙向鷹架」：一方面為文科學生提供技術導向的漸進式支持，另一方面則引導理工學生深入議題本質與倫理意涵，確保跨域合作不流於形式。

其次，課程時間配置仍是挑戰。16 週的時程對於同時涵蓋知識學習、工具操作、專題開發與成果發表而言過於緊湊。學生的回饋顯示，在課程後期常因時間不足而影響專案深度。未來課程可考慮設計「前導工作坊」或「學期前基礎模組」，先行培養技術或議題理解，再將重心放在 Capstone 式的專題成果，提升專案品質與研究潛力。

再者，學生對生成式 AI 的依賴值得注意。教師未來需要設計更多「AI 反思性使用」的環節，例如要求學生解釋 AI 回答的合理性、比較不同工具的差異，或強調「人機共創」而非「完全代工」。如此，學生不僅能獲得技術支持，也能培養數據素養與批判性思維。

此外，本課程已展現豐碩的實際成果，包括國際會議論文 (ICALT、LAK)、國內研討會發表、競賽獲獎與創業實踐，甚至有學生成功進入國際頂尖大學。這些成果驗證了跨域專題學習的長遠價值。然而，也必須省思，這些「亮眼成果」不應成為唯一評量標準，否則可能再次落入「成果導向」的窠臼。真正值得珍視的，是學生在過程中從焦慮到熱情、從追逐分數到追求意義的心態轉變。

綜合來看，本研究的啟示在於：生成式 AI 的導入，不僅能支撐學生完成專題，更能成為引導「以人為本」學習的關鍵推力。未來若能在課程中持續平衡「工具操作」與「價值思辨」、兼顧「成果展現」與「歷程引導」，跨域教育將能真正培養學生兼具專業能力、批判反思與自主學習的特質。這符合高等教育強調的素養導向，同時也呼應當前數位世代中教育永續發展的核心精神。

二、參考文獻 (References)

- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn?: A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486.
- Borrego, M., & Newswander, L. K. (2010). Definitions of interdisciplinary

- research: Toward graduate-level interdisciplinary learning outcomes. *The Review of Higher Education*, 34(1), 61–84.
- Future of Education and Skills 2030/2040 | OECD*. (2018).
<https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., & Hüllermeier, E. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1992). Transfer of learning. *International Encyclopedia of Education*, 2, 6452–6457.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA, USA.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39.
<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>