教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

核定編號/Project Number：MOE-114-TPRAG-0020-011Y1
學門專案分類/Division：生技農科
計畫年度：■114 年度一年期　□113 年度多年期
執行期間/Funding Period：2025.08.01 – 2026.07.31

科技在生物資訊學上的應用：整合翻轉教室、專題式學習與人工智慧 (AI) 實踐
Applications of Technology in Bioinformatics: Integrating Flipped Classrooms, Project-Based Learning, and AI Practices

計畫主持人(Principal Investigator)：傅詩宸

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立東華大學／生化暨分子醫學科學系

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)：2026 年 8 月 24 日

AI 使用聲明

一、規範指引

因應人工智慧技術快速發展，若成果報告撰寫有使用任何人工智慧或類似技術輔助，應遵循以下指引：

1. 透明與揭露：計畫主持人應在成果報告中清楚說明 AI 工具的使用目的、方式與範圍。
2. 負責與誠信：計畫主持人應對 AI 工具產生的內容負責，確保正確性、真實性與完整性，避免不當行為（如造假、變造、抄襲），並且對工具來源進行適當引用。
3. 使用 AI 工具撰寫成果報告如涉有違反學術倫理行為，將依「專科以上學校學術倫理案件處理原則」及「教育部補助大專校院教學實踐研究計畫作業要點」第 13 點處理。

備註：以上指稱之 AI，泛指生成式人工智慧工具，包括大型語言模型或多模態模型工具，例如但不限於 ChatGPT、Gemini、Google Notebook LM、Novel AI、Microsoft Copilot 等。

……

二、倫理聲明

■ 本成果報告撰寫若使用 AI 工具，均合乎學術誠信原則；所有報告內容經本人核對無誤，本人對報告內容負最終且完全之學術與法律責任。

科技在生物資訊學上的應用：整合翻轉教室、專題式學習與人工智慧 (AI) 實踐
Applications of Technology in Bioinformatics: Integrating Flipped Classrooms, Project-Based Learning, and AI Practices

一、本文

（一）研究動機與目的

教學實踐研究計畫動機

自基因體定序與個人化醫療快速發展以來，生物資訊學已成為生命科學研究的核心能力。然而，目前東華生醫系的課程設計仍以傳統濕實驗室（wet lab）技能為主軸，對於乾實驗室（dry lab）與資料分析能力的培養相對不足，難以滿足基因體學與大數據分析的產業需求。以「生物資訊分析」為例，歷年來的課程多以理論講授與基礎上機為主，學生雖能記憶工具名稱，卻不易將所學轉化為解決真實生物數據問題的能力，修課後常無法獨立完成一次完整的分析。「跨系開課」亦為教授本課程的另一困難點，修課學生同時來自生化暨分子醫學科學系與資訊工程系，兩系學生於程式設計與生物知識的先備能力差異顯著，造成教學步調與難度拿捏的困難。如何在同一課堂中兼顧不同背景學生的學習基礎，並使其在合作中互補成長，是本計畫欲面對的核心教學挑戰。有鑑於此，本計畫嘗試以「翻轉教室與團隊合作學習」「專題式學習」與「AI 協助學習與寫作」三者整合，重新設計此課程，期望學生在經歷完整「從理論到實踐」的訓練之後，顯著提升其資料分析、提出科學問題、跨領域合作與學術表達的能力。

研究議題的重要性與影響力

生物資訊人才的培育攸關國內生醫產業的競爭力。若能有效補足生醫學生的乾實驗室能力，將可縮短學用落差、提升學生的就業競爭力，並為其後續投入研究奠定基礎。本計畫所探索的「翻轉教室＋專題式學習＋AI 輔助」整合模式，對於同樣面臨跨領域、實作導向需求的其他課程（如：資料科學與計算生物課程等），同樣具有可參照的價值。

教學實務上欲解決之問題

- 傳統生資授課多為「目錄式」介紹分析工具，學生對工具的使用目的容易混淆，修課後無法獨立分析真實生物數據。
- 跨系（生醫系、資工系、其他系所等）學生先備知識落差大，單一難度的講授難以同時照顧不同背景的學生。
- 過去課程偏重筆試與基礎實作，缺乏完整的專題研究與學術報告訓練，使學生對生資在科學研究中的角色理解零碎。(Movahedzadeh, Patwell et al. 2012, Bishop and Verleger 2013)

教學實踐研究計畫研究主題與目的

本計畫以「生物資訊分析」為場域，檢驗整合翻轉教室、專題式學習與 AI 輔助之創新教學是否能有效提升學生的核心能力，具體聚焦於五大面向：R 語言撰寫與應用能力、基因體相關之研究設計能力、跨領域合作能力、（生醫產業）就業競爭力，以及 AI 輔助寫作之能力與態度；並以客觀生資能力測驗檢核學生在知識層面的實質提升。

（二）研究問題

綜合上述教學實務問題，本計畫欲探討整合翻轉教室、專題式學習、跨領域合作與 AI 輔助學習之教學設計，如何影響學生的生物資訊學習成效、學習歷程及相關能力發展，並提出以下研究問題：

1. 本課程是否能提升學生的生物資訊知識與實作能力，以及研究設計、跨領域合作、職涯準備與 AI 輔助寫作等相關能力？

2. 學生在不同起始能力下的學習進步情形為何？課程是否能支持不同先備能力學生的學習與能力發展？

3. 學生如何經歷「翻轉學習、期中影片製作及期末專題研究」的學習歷程？這些教學活動如何影響其自主學習、跨領域合作、研究實作與問題解決經驗？

4. 學生如何在課程中使用 AI 協助學習與學術寫作？其對 AI 的使用方式、判斷能力與態度是否有所轉變，又面臨哪些困難與限制？

（三）文獻探討

本計畫聚焦於四項與「生物資訊分析」課程直接相關的教學取向：翻轉教室、專題式學習、跨領域學習，以及生成式 AI 與 AI 素養。生物資訊本身結合生命科學、程式設計與資料分析，具有高度跨領域與實作導向的特色；同時，跨系修課學生帶來多元的專業背景與先備經驗。基於此，本課程透過多元教學策略的整合，期望兼顧學生基礎知識的建立、實作能力的培養與跨領域合作，並進一步發揮不同背景學生彼此交流與互補的學習優勢。

1. 翻轉教室與自主學習

翻轉教室（flipped classroom）將部分知識學習移至課前，學生先透過影片或其他教材建立基礎概念，課堂時間則用於討論、實作與問題解決。相關研究顯示，翻轉教室在高等教育與醫學教育中具有提升學習成效與參與度的潛力，但實際效果仍取決於課程設計與學生投入程度 (Bishop and Verleger 2013, O'Flaherty and Phillips 2015, Chen, Lui et al. 2017)。對本課程而言，課前影片可讓不同背景的學生依自身程度調整學習速度、重複觀看與複習，課堂則安排程式操作、小組討論與問題解決，以增加學生主動參與與實際應用的機會。

2. 專題式學習與研究實作

專題式學習（project-based learning, PBL）強調以真實問題或任務帶動學習，學生在提出問題、規劃方法、執行分析與產出成果的過程中整合所學知識與技能 (Thomas 2000, Krajcik and Blumenfeld 2006, Bell 2010)。在生物資訊教育中，PBL 亦被用來培養資料分析、科學推理及研究實作能力 (Movahedzadeh, Patwell et al. 2012, Emery and Morgan 2017)。其中，Emery 與 Morgan 指出，專題式學習可讓學生透過實際研究問題整合生物資訊工具、資料處理與結果解讀。本課程以期中生物資訊主題影片及期末微生物資料分析專題作為主要實作活動，讓學生從概念整理逐步進入真實資料分析，並練習研究問題設定、結果解讀與科學表達。

3. 跨領域學習與合作

生物資訊具有高度跨領域特性，實際研究往往需要生命科學、資訊及資料分析等不同背景人員共同合作。相關生物資訊教育研究亦指出，除了技術能力之外，跨領域溝通、合作、批判思考與研究表達都是重要的可轉移能力 (Johnston, Slater et al. 2022)。本課程透過跨系學生共同進行小組活動與專題研究，使學生在分工合作之外，也練習如何向不同專業背景的同儕說明自己的想法、理解不同觀點並共同完成研究任務。此類經驗有助於學生建立未來從事生物資訊研究或跨專業工作所需的合作能力。

4. 生成式 AI 輔助學習與 AI 素養

生成式 AI 已逐漸成為學生學習、程式除錯、資料整理與學術寫作的重要工具。然而，AI 產生的內容並不一定正確，也可能出現虛構或誤導資訊 (Bender, Gebru et al. 2021)，因此學生除需學會使用 AI 之外，也需要培養查證、判斷與負責任使用的能力。UNESCO 對生成式 AI 於教育與研究的指引亦強調，AI 應在人類監督下使用，並重視批判思考、倫理與學術責任。本課程並未禁止學生使用 AI，而是將其納入學習過程，鼓勵學生利用 AI 協助程式除錯、概念理解與學術寫作，同時要求其查證 AI 輸出的正確性、辨識可能的幻覺，並對最終內容負責。課程希望學生不只是「會使用 AI」，而是逐步建立能判斷、能查證且負責任使用 AI 的素養。

（四）教學設計與規劃

教學目標

本課程目標為協助生醫與資工背景之大三、大四學生：（1）建立生物資訊分析的理論基礎與 dry lab 實作能力；（2）能運用 R 語言完成真實生物數據的處理、分析與詮釋；（3）培養提出科學問題、跨領域合作與學術表達的能力；（4）發展批判性且負責任的 AI 使用素養。

教學方法

課程結合三項創新教學法：「翻轉教室與團隊合作學習」（提供理論基礎並促進同儕互學）、「專題式學習」（以期中影片與期末資料分析專題培養實作與研究能力），以及「AI 協助寫作與學習」（教導學生善用並查證 AI 工具）。為降低跨系先備落差，教師另提供補充教材與影片，確保學習基礎一致。

課程週進度與教學空間設計

課程以每兩週為一循環，A 週為非同步線上影片自學，B 週為實體課堂：分組回答課前影片問題、上台以三張圖說明答案，並進行課堂小考。理論學習以期中考（單選與簡答）檢核；其後進入期中影片與期末專題。整體週進度如表一。

表一、課程架構與週次規劃

週次	內容
W1	前測（客觀生資能力測驗＋五大能力問卷）＋課程介紹
W2–W9	翻轉教室（A/B 週交替）：生資概論、DNA 與中心法則、NGS 原理與應用、SNP/indel 分析流程；搭配四次小考（Quiz 1–4）
W10	期中考（涵蓋四次小考範圍）
W11–W13	期中主題短影片：分組製作 10–15 分鐘生資主題影片（如 Linux/Bash、GATK、Enrichr 等），課堂發表並同儕互評

W14–W16	期末專題：以教師提供之微生物開放資料，運用 R 語言完成分析，繳交國際期刊格式書面報告並進行口頭報告與模擬審查
W17	後測＋課程總結＋最佳影片頒獎

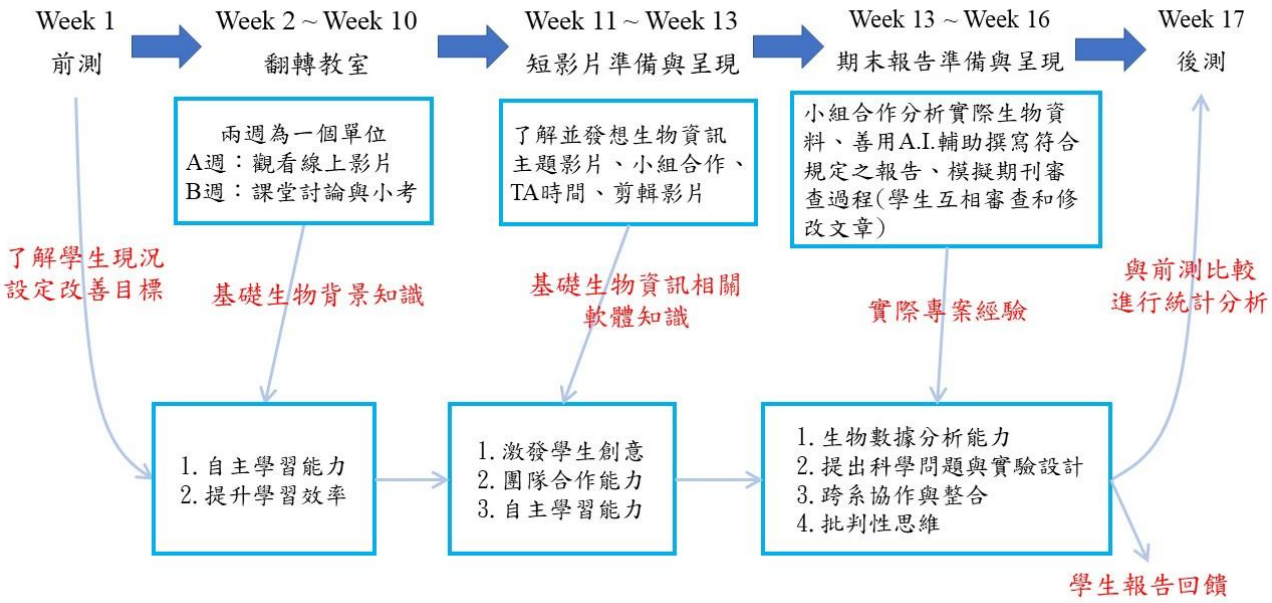
學生成績考核與評量工具

成績考核包含：小考四次取三次最高（30%）、期中考（25%）、期中主題影片（20%）、期末書面與口頭報告（25%）。其中期中影片採「創意程度、教育程度、喜歡程度」三面向評分，並以學生互評與教師評分各半計算；期末專題則模擬期刊審查，除教師評分外，學生須互審並回應意見，藉此體驗審稿歷程並換位檢視自身盲點。

（五）研究設計與執行方法

研究架構

本研究採「同一受試者前後測」之單組研究設計，以「修課狀態（前測 vs. 後測）」為自變項，五大能力構念與客觀生資能力測驗為依變項，並輔以學生作品成績（直接證據）與學生訪談（質性證據），形成量化與質性交互驗證之混合方法架構。



研究對象與場域

研究對象為修習本校「生物資訊分析」課程之生化暨分子醫學科學系與資訊工程系大三、大四學生，屬 EMI 全英語授課課程。前後測完整配對之有效樣本為 **n = 13**（修課人數爲 14 人）。

研究方法與工具

（1）量性方法

本研究採前後測設計，以問卷 (Artino Jr, La Rochelle et al. 2014)及客觀能力測驗蒐集學生於課程實施前後之量化資料，以評估其學習表現與相關能力及態度之變化。自陳問卷採用自編「五

大能力自陳量表」，評估五項構念，包括 R 語言撰寫與應用能力、基因體相關研究設計能力、跨領域合作能力、就業競爭力，以及 AI 輔助寫作之能力與態度。每一構念包含 5 題，採 Likert 五點量尺計分（1＝非常不同意，5＝非常同意），各構念總分介於 5 至 25 分。此外，另以「客觀生資能力測驗」，透過單選題與簡答題評估學生在生物資訊相關知識與能力上的實質學習成果。上述研究工具均提供中、英文版本，由學生依需求選擇填答語言。前測於課程初期實施，後測則於課程結束後進行。全班 14 名修課學生中，共 13 名完成前測，另 1 名因首次課程未出席而未填寫；後測則由 14 名學生全數完成。因此，前後測配對資料以同時完成兩次測驗之 13 名學生為研究對象。

（2）質性方法

為進一步了解學生在課程中的實際學習經驗、感受與反思，本研究於課程結束後進行半結構式個別訪談（semi-structured individual interviews）。訪談由教學助教執行，並邀請修課學生自願參與，共有 6 名學生接受訪談，包括 1 名男性及 5 名女性；所有受訪者均於訪談前另行提供知情同意。訪談過程全程錄音，並於訪談後轉錄為逐字稿。訪談內容主要聚焦於學生在課程三階段學習活動：翻轉學習、期中影片製作及期末專題中的學習經驗，並進一步探討其對翻轉教室、AI 工具使用與 AI 輔助學習、專題式學習與團隊合作、個人學習成果與反思，以及整體課程設計的看法。除依預先擬定之訪談大綱進行提問外，訪談者亦依學生回答適度追問，以深入了解其學習歷程、AI 使用方式與遭遇的困難，以及不同教學活動對其學習所產生的影響。

資料分析

由於為同一受試者前後測且樣本較小（n = 13），本研究採無母數統計以確保穩健性：（1）以 paired Wilcoxon signed-rank 檢定比較各構念與客觀測驗之前後測差異；（2）以 Spearman 等級相關檢視「前測水準」與「進步幅度（後測−前測）」之關聯；（3）以 Welch t 檢定比較前測高低分組（依前測中位數分組）之進步幅度差異。所有分析於 R 4.4.1 環境進行，顯著水準設為 $p < .05$。質性資料則以主題分析（thematic analysis）反覆編碼、萃取主題並輔以代表性引述。

研究實施程序

	7 - 8 月	9 - 11 月	12 - 2 月	3 - 4 月	5 - 6 月
課程實施		* 正式授課 * 期初前測	* 期末後測 * 成果發表 * 學生訪談 * 輔導大專生研究計畫		
課程檢討		* 課程期中檢討	* 課程期末檢討		* 撰寫研究結案報告
課程設計和教材製作	* 研究資料蒐集 * 教材大綱製作 * 課程影片錄製	* 課程影片錄製 * 助教會議	* 助教會議	* 分析教學研究計畫成果	* 系務會議交流課程經驗

	* 助教會議			* 改進未來授課方式與內容	

（六）教學暨研究成果



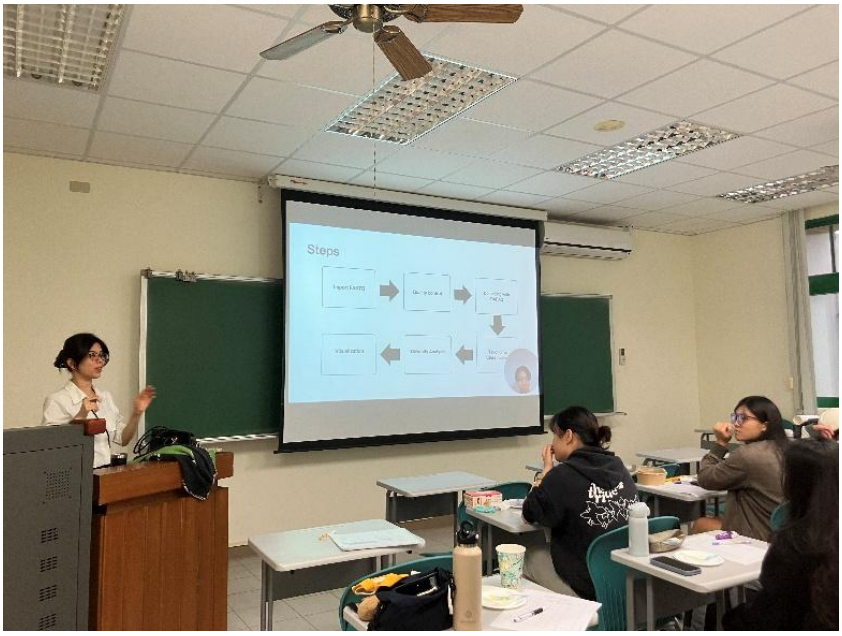
翻轉教室- 小組快問快答



邀請資工系教師簡介AI 發展與應用



期中生資主題短影片成果發表



期末專題發表活動教師講評

量性成果一：*五大能力與客觀生資能力之前後測變化*

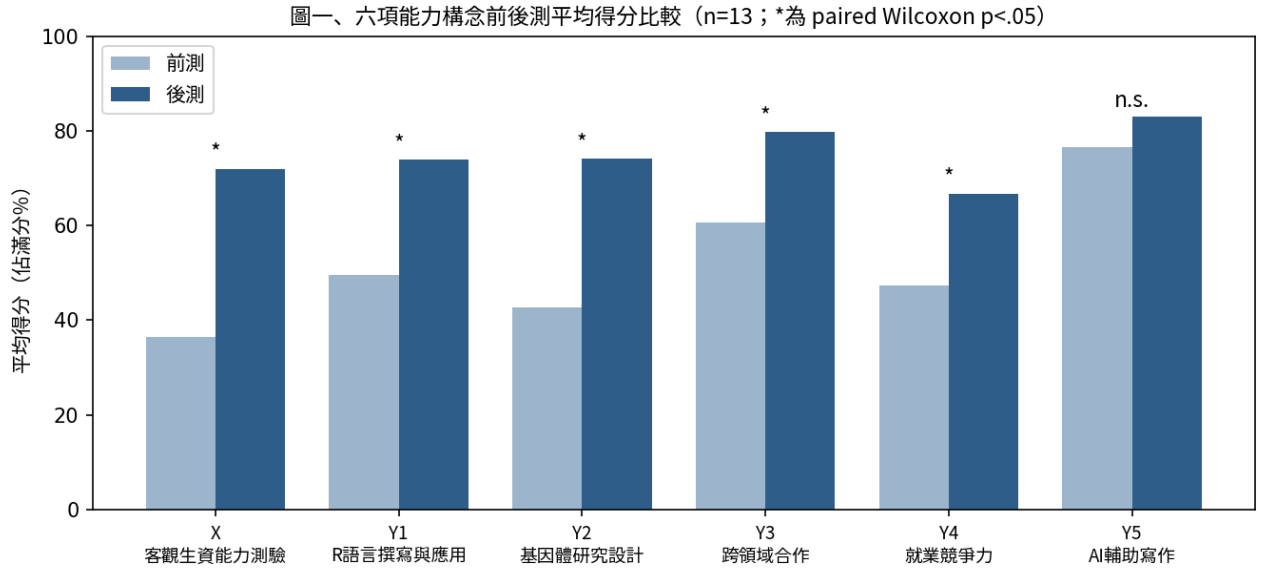
本研究首先比較學生修課前後在六項指標上的表現，包括客觀生資能力測驗，以及五項自陳能力構念：R 語言撰寫與應用、基因體研究設計、跨領域合作、就業競爭力與 AI 輔助寫作。前後測結果整理如表二。整體而言，除了 AI 輔助寫作之外，其餘五項指標的後測分數皆顯著高於前測（$p < .05$）。其中，客觀生資能力測驗由 10.23 分提升至 20.15 分，平均增加 9.92 分，是所有指標中進步幅度最大者；R 語言撰寫與應用、基因體研究設計、跨領域合作及就業競爭力等四項自陳能力亦均呈現顯著提升。

表二、六項指標前後測描述統計與 paired Wilcoxon 檢定（n = 13）

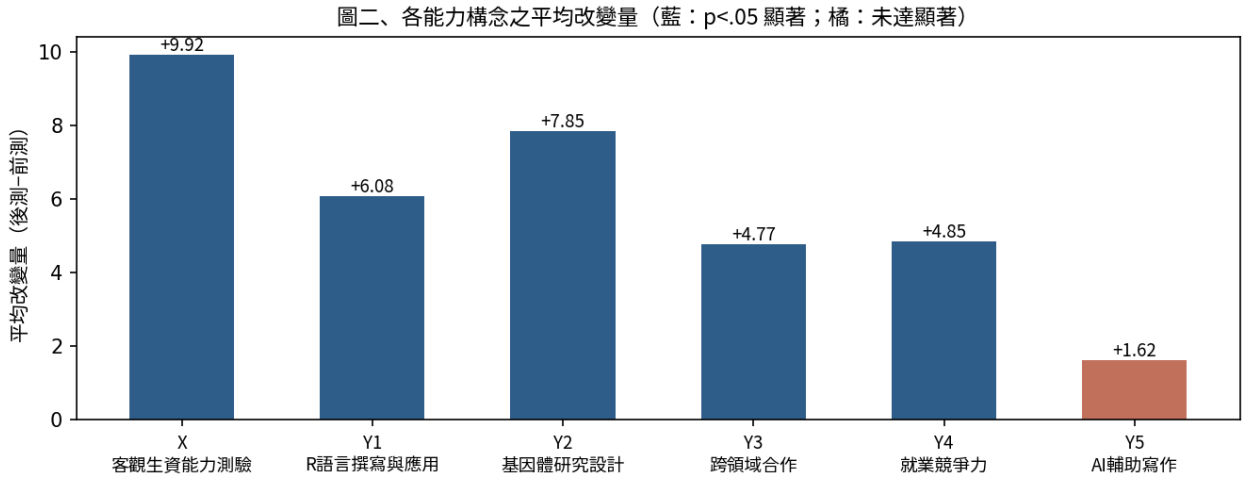
指標構念	滿分	前測 M（SD）	後測 M（SD）	改變量 Δ	p 值
X｜客觀生資能力測驗	28	10.23（3.74）	20.15（4.38）	+9.92	<.001 *
Y1｜R 語言撰寫與應用	25	12.38（2.92）	18.46（2.5）	+6.08	<.001 *
Y2｜基因體研究設計	25	10.69（4.1）	18.54（3.15）	+7.85	<.001 *
Y3｜跨領域合作	25	15.15（4.88）	19.92（3.02）	+4.77	.002 *
Y4｜就業競爭力	25	11.85（4.9）	16.69（3.02）	+4.85	.009 *
Y5｜AI 輔助寫作	25	19.15（3.61）	20.77（2.86）	+1.62	.068 n.s.

註：* 表 $p < .05$；n.s. 表未達顯著。改變量為後測減前測之平均。

為了更清楚比較不同量尺下各項能力的變化，圖一將六項指標轉換為「佔滿分百分比」呈現。由圖一可見，多數能力在後測皆有明顯上升，其中客觀生資能力、R 語言與基因體研究設計的提升尤其明顯；AI 輔助寫作則因前測起點已較高，前後差距相對較小。



圖二則進一步呈現各構念的平均改變量，可看出客觀生資能力與基因體研究設計的進步幅度較大，而 AI 輔助寫作的改變幅度最小，且未達統計顯著。



值得注意的是，AI 輔助寫作的前測平均已達 19.15／25，高於其他自陳能力構念，顯示學生在修課前即對 AI 相關能力與態度有較高的自我評價。因此，後續可提升的空間相對有限，可能是其前後測差異未達顯著的原因之一。此一結果也可搭配後續訪談資料進一步理解學生在 AI 使用方式與判斷能力上的變化。

量性成果二：*不同起始程度學生的進步情形*

為進一步了解學生原有能力是否與學習進步幅度有關，本研究比較學生前測水準與後續進步幅度之關係。結果顯示，五項自陳能力構念中，前測分數與進步幅度之相關皆未達統計顯著；將學生依前測分數區分為較高與較低組後，兩組的進步幅度亦均未呈現顯著差異。換言之，本研究目前未發現「起始能力較低者進步較多」或「起始能力較高者獲益較多」的明確證據。由於本研究樣本數較少，此結果仍需審慎解讀，未來可透過跨學期累積更多學生資料後再進一步檢視。

量性成果三：*學生作品表現*

除了前後測問卷與客觀能力測驗之外，本課程亦透過期中考、主題影片及期末專題等實際作品，觀察學生是否能將所學應用於具體任務中。各項成果如表三所示。整體而言，學生在各項課程成果上的表現良好。其中，期末專題平均成績達 92.4 分。該專題要求學生以接近期刊研究報告的形式，完成研究問題設定、資料分析、結果解讀以及書面與口頭呈現，因此可反映學生將課堂所學整合應用於實際生物資訊研究任務的能力。

表三、學生作品成果表現（n = 14）

評量項目（直接證據）	平均分數	對應能力
期中考（知識檢核，換算百分制）	89.1	生資理論知識
期中主題影片（互評＋師評，百分制）	82.9	表達與團隊合作
期末專題（書面＋口頭，模擬審查）	92.4	資料分析與研究設計
學期總成績	84.9	綜合表現

質性成果：*學生訪談之主題分析*

針對 6 位學生的訪談逐字稿進行主題分析後，我共整理出五項重點，包括：（1）翻轉教室帶來學習彈性，但也考驗學生的自律能力；（2）學生逐漸學會批判性地使用 AI；（3）學生從跨領域專題中學習合作與溝通；（4）學生透過實作加深對統計與分析結果的理解；以及（5）學生從不顯著的結果中認識真實的科學研究。各主題及其代表意涵整理如表四，以下分別說明。

表四、質性主題與代表意涵

重點	代表意涵
翻轉學習的彈性與自律	課前影片可以依自己的步調觀看、回放或調整速度，提高學習彈性；但也需要學生主動安排時間，否則容易累積進度。
批判性使用 AI	AI 可協助程式除錯、翻譯、整理大綱及理解問題；學生也逐漸意識到 AI 可能出錯，因此需要自行查證與修正。
跨領域合作與溝通	與不同背景的同學合作，使學生練習分工、溝通及用對方能理解的方式說明自己的想法。
從實作理解統計與分析	親自進行資料分析後，學生對 p 值、圖表、路徑及菌種差異等原本較抽象的概念有更具體的理解。
從不顯著結果認識真實研究	真實資料不一定得到顯著結果。學生雖然一開始感到挫折，卻也因此理解科學研究並非一定會得到預期結果。

翻轉學習的彈性與自律：多數受訪學生肯定翻轉教室所提供的學習彈性。學生可以依照自己的步調觀看課前影片，遇到不懂的地方可以回放，也可以調整播放速度。一位學生表示，線上影片讓自己可以「按自己的步調學習，聽不懂可以隨時倒回去重聽」；另一位學生則提到，可以「開倍速觀看以符合自己的節奏」。不過，這樣的學習方式也更加需要學生自己安排進度。有學生坦言，如果沒有按時觀看影片，「若影片累積過多會導致後期崩潰」。因此，翻轉教室雖然提供較大的學習彈性，也同時考驗學生的時間管理與自主學習能力。

批判性使用 AI：訪談顯示，學生普遍將 AI 視為一項實用的學習工具，使用方式包括程式除錯、翻譯、整理報告大綱，以及協助理解不熟悉的內容。有學生甚至將 AI 形容為可以隨時詢問的「全天候家教」。更重要的是，學生並非只是直接接受 AI 提供的答案，而是逐漸意識到 AI 可能產生錯誤資訊。一位學生形容自己「從不敢用變為會驗證地使用」，例如將題目截圖交給 AI 協助解答後，仍會自行驗算。其他學生也提到 AI 可能產生「幻覺」，因此需要「逐字核實」，或透過反覆確認輸入與輸出來判斷內容是否正確。這些訪談結果顯示，學生學到的不只是「如何使用 AI」，也開始建立不能完全相信 AI、需要自行判斷與查證的觀念。這也是本課程希望培養的重要能力之一。

跨領域合作與溝通：期末專題讓學生有機會與資工或資管背景的同學合作。訪談發現，不同專業背景有時會造成理解上的差異，但也因此促使學生思考如何把自己的想法說得更清楚。

例如，有學生提到，當組員無法理解研究脈絡時，自己會反過來思考「是不是自己的表達不夠平易近人」，並進一步聯想到未來進入職場後，也需要學習如何與不同專業背景的人合作。部分學生也提到，透過共同編輯文件、明確分工等方式，可以讓團隊合作更加有效率。

這些訪談結果與量化分析的結果相符；學生的「跨領域合作能力」在課程後有明顯提升（$\Delta = +4.77$，$p = .002$），顯示專題合作不只是完成作業，也提供了實際練習跨領域溝通的機會。

從實作理解統計與分析：部分學生表示，過去雖然曾經接觸統計或圖表，但對這些概念的理解比較偏向記憶；這次透過自己實際操作資料分析後，才理解不同分析結果所代表的意義。例如，一位學生表示：「以前對圖表只是死背，現在透過自跑分析，能真正理解路徑分析、菌種差異與圖表的邏輯。」另一位學生則提到，透過實際分析後，終於理解統計顯著差異與 p 值的意義，也知道如何將這些概念應用於 Table 1 的判讀。這些經驗顯示，實際操作資料分析有助於學生把原本較抽象的統計與生物資訊概念，和實際研究結果連結起來。

從不顯著結果認識真實研究：期末專題使用真實的開放資料，學生進行分析後，不一定能得到顯著或符合預期的結果。這對部分學生而言是過去較少遇到的經驗。有學生提到，自己的「期末分析結果全部不顯著（$p > .05$）」，因此一開始不知道報告應該如何撰寫，也對為什麼研究會沒有顯著結果感到困惑。然而，這樣的經驗也讓學生實際體會到，科學研究的目的並非得要得到顯著結果。真實的資料可能支持原先的假設，也可能沒有發現明顯差異；重要的是能夠正確分析、誠實呈現結果，並思考可能的原因。因此，即使「不顯著」一開始帶來挫折，也成為學生理解真實研究過程的重要學習經驗。

總結

整體來看，這門課最大的成果，是學生不只「聽懂了」，而是真的開始「做得出來」。從前後測、客觀能力測驗、期末專題到訪談結果，*都可以看到學生在生物資訊分析、研究設計、跨領域合作與表達能力上的進步*。*學生也開始比較能自己面對真實資料、理解分析結果，甚至接受研究結果不一定都會顯著*。*在 AI 使用方面，學生也從單純覺得方便、好用，慢慢學會主動查證、判斷內容是否正確，以及避免過度依賴 AI*。對我而言，這門課不僅教會學生使用生物資訊相關分析工具，同時也讓他們親身經歷與磨練研究會遇到的挑戰與思考方式。

（七）建議與省思

教師教學反思

整體而言，本課程透過翻轉學習、專題實作、跨領域合作與 AI 輔助學習等多元教學設計，逐步引導學生從基礎知識的學習，進一步進入實際操作與專題應用。從客觀能力測驗、學生自評結果、期末作品表現及訪談回饋來看，多項結果皆顯示學生在課程後有所進步，反映本課程的教學設計具有一定成效。尤其從學生訪談中可以發現，學生的收穫並不限於生物資訊知識與操作能力，也包括自主學習、AI 工具的使用與判斷、跨領域溝通合作，以及對真實研究

過程的理解。另一方面，本次教學實踐也讓我重新思考課程內容與活動安排。雖然多項量化指標呈現顯著進步，但並非所有評估結果皆達統計顯著，因此在解讀課程成效時，仍應以實際資料為依據，避免過度推論。學生在訪談中提出的學習困難與建議，也提供了許多過去單從成績或問卷不容易發現的資訊，可作為下一次課程調整的重要參考。

對課程的具體建議

根據學生訪談及本次課程實施經驗，未來課程可從以下幾個方向進行調整：

- *增加最終版書面報告的繳交機會：* 多位學生提到，目前的流程是先繳交書面報告，再進行口頭報告與同儕互評，因此報告當天收到的同學與教師建議，無法再反映於已繳交的書面報告中。未來可考慮在口頭報告與互評結束後，讓學生根據收到的意見進一步修改並繳交最終版本，使同儕互評不只是課堂活動，也能實際成為修改與完善報告的學習過程。
- *調整課程內容與專題時程：* 部分學生希望適度減少前半學期生物基礎內容的複習，並提早提供期末專題所需的程式碼與資料。未來可重新調整各單元的時間分配，讓學生有更充裕的時間熟悉資料、進行分析及理解結果，避免專題工作過度集中於學期後半段。
- *持續加強 AI 使用能力的教學：* 學生普遍肯定課程中 AI 相關內容的實用性，因此未來將考慮保留資工領域教師的 AI 專題講座，並進一步將 AI 融入課程活動。除了教導學生如何利用 AI 協助寫作、整理資訊與解決問題之外，也應更加強調如何判斷 AI 產生內容的正確性，以及使用 AI 時應注意的學術倫理，使學生不只是「會使用 AI」，也能學習如何正確且負責任地使用 AI。
- *讓學生更早理解「沒有顯著結果也是研究結果」：* 部分學生在期末專題中第一次遇到分析結果不顯著的情況，因此感到困惑，甚至不知道應如何撰寫與解釋結果。未來可在專題開始前加入相關案例，讓學生理解真實研究並不一定會得到顯著或符合預期的結果，並學習如何正確解讀、討論及誠實呈現研究發現。這也可進一步幫助學生建立較完整的科學研究觀念。

研究限制與未來方向

本研究仍有幾項限制。首先，本研究採單組前後測設計，且實際完成前後測配對的學生僅 13 名，樣本數較少，因此統計檢定力有限。此外，由於研究未設置對照組，學生在課程前後的變化仍可能受到其他因素影響，無法完全歸因於本次教學設計。其次，部分學習成效採學生自陳量表進行評估，學生的回答可能受到個人主觀感受或社會期許等因素影響。因此，本研究除了自陳量表外，也搭配客觀能力測驗、課程作品及學生訪談，從不同角度了解學生的學習成果。未來可透過跨學期持續累積資料以增加樣本數，並視課程條件納入對照組，或增加不同時間點的測量，以更完整地了解學生能力隨課程進行而產生的變化。此外，本次研究發現部分能力在課程開始時已有較高的自評分數，可能使後續進步空間受到限制。未來可進一步調整問卷題目，或採用更適合評估 AI 素養、跨領域合作等能力的測量工具，以提高評估工具對學生學習變化的敏感度。質性訪談亦可持續保留，以補充量化資料無法充分呈現的學習歷程與學生實際經驗。

二、參考文獻

Artino Jr, A. R., J. S. La Rochelle, K. J. Dezee and H. Gehlbach (2014). "Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87." Medical teacher **36**(6): 463–474.

Bell, S. (2010). "Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future." The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas **83**(2): 39–43.

Bender, E. M., T. Gebru, A. McMillan-Major and S. Shmitchell (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big?? Proceedings of the 2021 ACM conference on fairness, accountability, and transparency.

Bishop, J. L. and M. A. Verleger (2013). The Flipped Classroom: A Survey of the Research. Atlanta, Georgia, ASEE Conferences.

Chen, F., A. M. Lui and S. M. Martinelli (2017). "A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education." Medical Education **51**(6): 585–597.

Emery, L. R. and S. L. Morgan (2017). "The application of project-based learning in bioinformatics training." PLOS Computational Biology **13**(8): e1005620.

Johnston, I. G., M. Slater and J.-B. Cazier (2022). "Interdisciplinary and Transferable Concepts in Bioinformatics Education: Observations and Approaches From a UK MSc Course." Frontiers in Education **Volume 7 - 2022**.

Krajcik, J. S. and P. C. Blumenfeld (2006). Project-Based Learning. The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. R. K. Sawyer. Cambridge, Cambridge University Press**:** 317–334.

Movahedzadeh, F., R. Patwell, J. E. Rieker and T. Gonzalez (2012). "Project-Based Learning to Promote Effective Learning in Biotechnology Courses." Education Research International **2012**(1): 536024.

O'Flaherty, J. and C. Phillips (2015). "The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review." The Internet and Higher Education **25**: 85–95.

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning, California.