

**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 : PMS1137145

學門專案分類/Division : 數理

計畫年度 :  113 年度一年期  112 年度多年期

執行期間/Funding Period : 202408.01 – 2025.07.31

**以實境解謎對比實例帶入法於人工智慧課程中數學焦慮降低與學習  
成效提升之研究**  
(計畫名稱/Title of the Project)

計畫主持人(Principal Investigator) : 廖柏凱

協同主持人(Co-Principal Investigator) :

執行機構及系所(Institution/Department/Program) : 國立臺灣海洋大學／  
水產養殖學系

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) : 2025 年 09 月 19 日

## 本文與附件 Content & Appendix

# 以實境解謎對比實例帶入法於人工智慧課程中數學焦慮降低與學習成效提升之研究

## 一、本文 (Content)

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

#### a. 人工智能革命已經啟程，教學內容亦需要飛速更新

OpenAI 於 2022 年 11 月 30 日發佈 ChatGPT 公開使用，各家的大型語言模型 (large language model, LLM) 僅僅用不到一年就進入到各行各業，從一年前還需要教學與講解操作流程，而今年度不論是學生還是各科各級教師或多或少都已有使用經驗。在這樣的快速變動環境下，一年前 LLM 被列為是課堂上教學的目標與內容之一；而一年後，申請人認為 LLM 已經可以改為輔助教學教具使用，而不是只把它作為學生抄襲功課的防堵。在這樣的快速革新趨勢下，如果通識課程只是教學一些 AI 軟體套件應用，預計不需等到他們大學畢業，所學的內容就已經失效了。因此往底層共通性高的數學與程式演算法教學，有一定的必要性，但必須設法克服缺乏實作的相對抽象教學內容。

#### b. 數學焦慮容易讓學生提早放棄學習

在快速發展的人工智慧領域，各種 AI 生產力工具層出不窮，甚至未來幾年預計將推出極為接近通用人工智能 (artificial general intelligence, AGI) 的產品。然而，這些先進技術的核心原理仍然構建在數學基礎上，包括感知器和神經網路。即便是非神經網路的 AI，也離不開數學演算法的支持。

然而，跨領域必修課程和龐大的班級人數，加上學生的學習經驗和喜好差異，使得一些學生對數學產生焦慮，進而影響到他們的學習表現。數學焦慮往往出現在需要符號和抽象思考的學科中，可以視為一種抽象學習焦慮或理化焦慮（詳見文獻探討整理）。在人工智慧課程中，學生可能產生的數學焦慮的現象可能源自多方面的因素，可能包括了：1. AI 課程通常涵蓋複雜的數學概念，包括線性代數、微積分、機率論等。對於沒有深厚數學基礎的學生來說，這些概念可能會感到難以理解，增加了焦慮感；2. 程式設計與演算法的複雜性：。對於沒有程式設計背景或邏輯思維不強的學生而言，這可能帶來壓力。3. 解題和思考的抽象性，- AI 涉及解決抽象問題和複雜的模型。學生可能感到難以理解這些抽象概念，一時難預想應用它們於實際情境。4. 人工智慧的快速發展和對於自身職涯未來的不確定性，尤其是當他們意識到 AI

的領域涉及許多領域和發展中的技術時，這可能讓他們感到壓力。

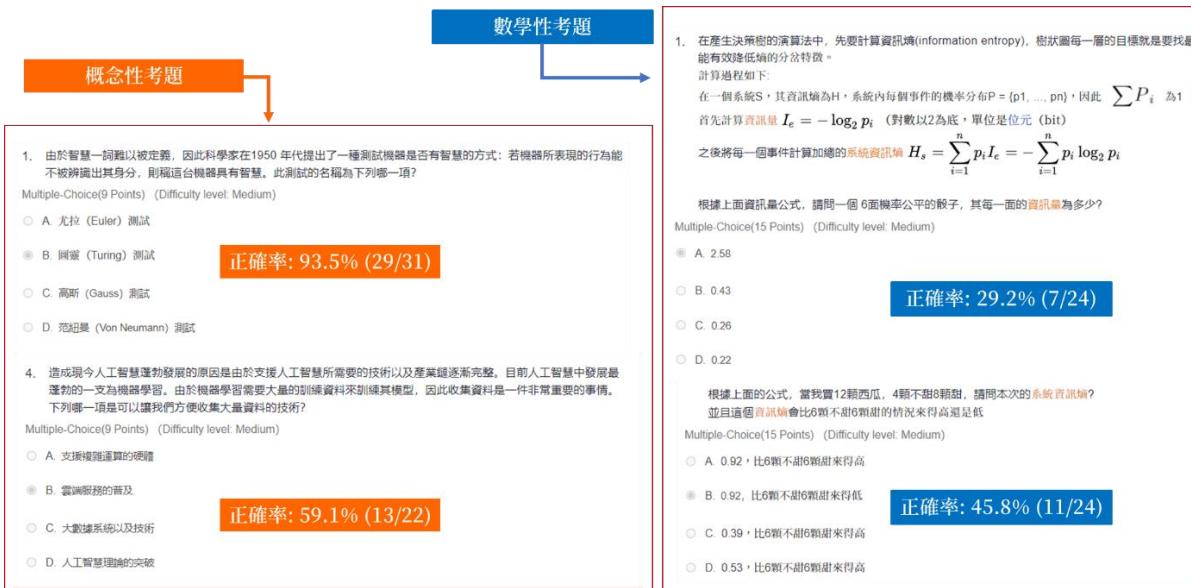
通常解決數學焦慮一挑戰的方法之一是在講解公式原理後，引入實例和真實數字進行實際練習。這種教學方法也是最常見的數學教學法，可以幫助學生更好地理解數學概念，增強他們的學習信心，提高學習效果。然而實例練習需要學生願意投入時間跟上，否則繼續是老師的獨腳戲。

基於前述教學實務觀察，以及在課程中進行學習成效測驗中，發現人工智慧概念性考題與數學抽象思考性答題正確率有明顯差異（圖一）。因此，本計畫針對人工智慧概論通識課程的教學現場問題進行深入研究，以尋找提升教學成效的方法。本研究的主要動機如下：

- a. 強化數學基礎教學方法：在快速發展的人工智慧領域中，數學基礎的重要性不可忽視。然而，學生對於數學的焦慮可能成為阻礙其學習的主要因素。本研究探討如何改進數學基礎教學方法，以減輕學生的焦慮感，提高對數學概念的理解與應用。
- b. 整合 AI 最新技術：AI 領域快速演進，教材更新的速度難以跟上。本研究希望透過深入了解 AI 最新技術，發展出更具實用性和適應性的教材，以提供學生最新的知識和技能。這包括了 AI 應用案例、實作練習和相關工具的導入。
- c. 落實跨領域教學：AI 涉及多學科的知識，跨領域教學是必然的趨勢。本研究希望在課程設計中更好地整合生命科學與資訊科學，提供學生更全面的學習體驗，並促進跨領域思維的培養。

根據前述的教學困境與研究動機，本研究希望以 AI 輔助的實境解謎作為創新教材教具研發，讓學生分組進行討論與解謎，以期望達成以下三個研究目的：

- a. 比較實例帶入法代與數學實境解謎對於降低數學焦慮的差異：本研究探討不同教學方法對於降低學生數學焦慮的效果。以學期間的不同階段採用不同教學法來進行比較。在學期的初期，使用數學實境解謎活動，以提供更生動、互動和趣味性的學習體驗。在學期末則採用傳統講解數學概念後，使用課堂作業為引入實際案例和真實數字進行實際應用練習。透過比較這兩種教學方法，深入瞭解哪一種方法對於學生數學焦慮影響效果更為顯著，並透過學習成效和學習動機等面向進一步探討其差異。
- b. 驗證三種實境解謎類型是否能提升學習成效：研究探討包括基於邏輯思考之解謎、基於 AI 工具應用之解謎、以及基於數學解題情境之解謎。透過設計相應的解謎活動，針對每一類型的活動進行質性的反饋收集分析，以驗證其對學習成效的影響。預期能確定哪種解謎類型更適合提升學生對數學概念的理解和應用。



圖一、概念性考題與數學性考題正確率有明顯差異。在課程中的自主練習考試中，可以發現學生對於概念性問題學習成效較佳（左），一旦考題出現數學公式或需要抽象思考的問題正確率便會下降（右）。本圖取兩類型考題各兩題做為範例。

## 2. 研究問題 (Research Question)

在抽象教學中，焦慮情緒對學習成效產生莫大影響，特別是數學焦慮與動機之間的關係尚待深入研究。尤其是在訊息與網路資訊滿載的年代，遇到焦慮與阻礙，常常會導致學生直接選擇放棄學期。在遊戲化教學方面，雖然廣泛應用於各學科，其對不同學習風格和策略的影響仍存有不明確之處。本研究以人工智慧通識課程為實踐平台，旨在深入探討遊戲化教學與成就目標理論之相互作用，進一步了解實境解謎機制對學生動機和學習效果的實際影響。

## 3. 文獻探討 (Literature Review)

### 數學焦慮與抽象學習焦慮

自 Drdger and Aiken (1957) 引入「數字焦慮」概念以來，人們一直在研究數學焦慮。研究重點是了解數學焦慮是什麼、它與其他焦慮的區別以及它與數學成績和態度的關係。數學焦慮的盛行率各不相同，範圍預估從 2% 到 68%，取決於研究群體所使用的標準。研究發現，數學焦慮會導致迴避數學

相關活動，並擾亂數學任務期間的工作記憶，從而對於從學習數學基礎一路到未來工作表現皆可能產生負面影響 (Chipman et al. 1992)。類似的學習焦慮不只出現在數學，常出現在較為需要抽象思考的學科中，如物理或化學課程 (何, 2005)，可統稱為理化焦慮。在外文學習時亦有語文學習焦慮 (張 and 辛, 2020)。近 60 年來，學者使用了多種方法來測量與評估數學焦慮，包括問卷調查和生理測量。

有高度數學焦慮的個體也出現了杏仁核 (amygdala) 與腹側前額皮質 (ventromedial prefrontal cortex) 區域之間更大的功能性連接 (Lyons and Beilock, 2012)，而這些腦區與負面活動相關。此外，這種焦慮還與其他對於記憶與數學運算任務的腦區的活動呈正相關 (Young et al., 2012; Pletzer et al., 2015)：如右尾狀核 (right caudate nucleus)、左海馬迴 (left hippocampus)、前額葉皮質 (prefrontal cortex regions) 等。重要的是，這些腦活動的差異主要是在實際數學任務進行之前的提示階段被發現的。因此，學習焦慮早發生在對學習任務的預期時刻，而不只是在任務本身進行時。這些研究結過建議為了減少數學焦慮，應進行早期介入、老師或家長可建立積極態度或利用媒體宣傳教學。然而，需要更多的研究來研究改善數學態度和減少焦慮的有效策略。減少這種情緒的有效方法包括透過表達性寫作 (Park et al., 2014) 來擾亂負面情緒認知、或是透過 MathWise (Fuchs et al., 2013) 之類強調解題思考的數學輔助法等。但以團隊合作解題於大學進行輔助教學之研究則較少見。

測量數學焦慮的方法包括自我測試量表，如 Mathematics Anxiety Research Scale (MARS) (Richardson and Suinn, 1972) 及其改編版本。另一常見量表版本為基於 Spielberger (1972) 與 Cemen (1987) 的焦慮相關理論，魏麗敏 (1988) 根據 Meece (1981) 以社會認知科學角度所編的數學焦慮量表，測驗焦慮、厭惡、擔憂、壓力知覺四個面向。兩種量表皆具有很高的可靠性，被廣泛採用。雖然問卷量表可能會受到自我感知準確性和真實性的影響，而心率、皮膚電導和皮質醇分泌等生理指標可以提供客觀的焦慮指標，並且腦電圖和功能性磁振造影 (EEG、fMRI) 等腦部影像技術可以深入了解數學焦慮的神經相關性，但也更具侵入性和成本。

#### 合作解題設計採用重理解的課程設計 (UbD)

Grant Wiggins 和 Jay McTighe (2005) 在「重理解的課程設計法」 (Understanding by Design, UbD) 一書中說明了「逆向設計」的原理，並將理解分為六個層面，包含了說明(Explanation)、詮釋(Interpretation)、應用 (Application)、觀點 (Perspective)、同理心 (Empathy) 與自我認識

(Self-Knowledge) 等意義。UbD 課程設計架構的核心是逆向設計(Reverse design)，簡單來說就先訂出想要達成的學習目標，接著訂出如何檢測成果，最後才是擬訂教學計畫。該書作者與後續的研究認為「反向」教學是較佳的設計方式，需要改變教師或課程設計者的思維，意味著教師應先思考所追求的學習目標和相應的證據開始，然後專注於根據預期結果設計課程，而不是先關注於要傳授的內容或活動。而實境解謎設計，也可以遵循這樣的逆向設計原則，先將要解出來的題目定義出來，然設計該如何檢定通關，最後才是架構解謎的故事或是流程。換句話說，逆向設計可以被視為有目的的任務分析(圖二左)。以本計畫的執行目標舉例(圖二右)，可以透過這個策略將要學會的困難目標反推回去成為遊戲的歷程，來增加學生學習的意願。

學者黃燕萍(2018)研究結合大學遊戲設計的課程與UbD教學理論，提供學生理論與實務並重的學習體驗。該研究的課程包括基礎的遊戲設計知識、Unity程式設計、以及iClone動畫軟體的教學，使學生建立清晰基礎概念並實際應用於遊戲設計，提供全面的遊戲寫作經驗。可以發現UbD及其延伸的教學理論可以在大學資訊相關領域課程發揮效果。

Title:		Subject/Course:			
Topic:	Grade:	Designer(s):			
<b>Stage 1- Desired Results</b>					
Established Goals:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>What relevant goals (e.g., content standards, course or program objectives, learning outcomes) will this design address?</li> </ul>					
Understandings: Students will understand that...	Essential Questions: <ul style="list-style-type: none"> <li>What provocative questions will foster inquiry, understanding, and transfer of learning?</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>What are the big ideas?</li> <li>What specific understandings about them are desired?</li> <li>What misunderstandings are predictable?</li> </ul>					
Students will know... <ul style="list-style-type: none"> <li>What key knowledge will students acquire as a result of this unit?</li> <li>Think in terms of nouns and in terms of content</li> </ul>	Students will be able to ... <ul style="list-style-type: none"> <li>What key skills will students acquire as a result of this unit?</li> <li>Think in terms of verbs.</li> </ul>				
<b>Stage 2- Assessment Evidence</b>					
Performance Tasks: <ul style="list-style-type: none"> <li>Through what authentic performance tasks will students demonstrate the desired understandings?</li> <li>By what criteria will performances of understandings be judged?</li> </ul>	Other Evidence: <ul style="list-style-type: none"> <li>Through what other evidence (e.g., quizzes, tests, academic prompts, observations, homework, journals) will students demonstrate achievement of desired results?</li> <li>How will students reflect upon and self-assess their learning?</li> </ul>				
<b>Stage 3- Learning Plan</b>					
Learning Activities: What learning experiences and instruction will enable students to achieve the desired results? How will the design W= Help students to know Where the unit is going and What is expected? Help the teacher know Where the students are coming from (prior knowledge, interests)? H= Hook all students and Hold their interest? E= Equip students, help them Experience the key ideas and Explore the issues? R= Provide opportunities to Rethink and Revise their understandings and work? E= Allow students to Evaluate their work and its implications? T= Be Tailored (personalized) to the different needs, interests, and abilities of learners? O= Be Organized to maximize initial and sustained engagement as well as effective learning?					

Note: From *Understanding by Design* by G. Wiggins & J. McTighe, 2005, ASCD.

### 第一階段：確定期望的結果

目標：讓學生學會資訊熵的計算、數學意義、以及在計算決策樹演算法中所代表的意義

$$H_s = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

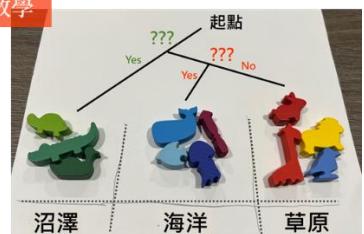
### 第二階段：確定可接受的證據

證據：學生成功建立資訊表格後，透過資訊熵的計算排出一個決策樹，解開謎題

動物	色	毛	家
1	藍	無	海洋
2	紅	有	草原
3	綠	有	沼澤
:	...	...	...

### 第三階段：規劃學習經歷和教學

計畫：解謎故事，動物迷路了請用決策樹可以幫牠們進過最少的岔路回家



圖二、逆向設計的執行原則與本計畫中的執行範例。(左圖)取自 Grant Wiggins 和 Jay McTighe 2005 年的原文整理資料，作者提供相當詳盡的流程，因此受到廣泛的推崇。(右圖)以本計畫所需之實境解謎設計三階段為例，先設定資訊熵及其公式為學習目標，接著決定該如何通關，最後才是設計遊戲故事背景、玩法與材料等。

## **實境解謎作為教學輔助策略**

實境解謎遊戲，又被稱為「實境解謎遊戲」或常稱為「密室逃脫」，源自於2006年的美國，起初是由一群系統工程師受到英國偵探小說家阿嘉莎·克莉絲蒂(Agatha Christie)的啟發，創造了一系列供員工進行冒險解謎的實境密室場景。在2008年，日本的加藤隆生將其推廣，成立SCRAP公司，全球展開實境逃脫遊戲，臺灣在2012年引進，引起一波風潮。遊戲中，2-10人的玩家進入特定空間合作解開謎題，考驗邏輯、推理、人際溝通、想像和團隊合作能力。學校應研究這種學習樣態，思考如何融入其中的設計要素，以激發學生對學習的熱情。

實境解謎遊戲的設計包括人機互動、安全、遊戲、視覺表現、場域及機電整合等要素。實境密室逃脫遊戲需滿足謎題、身體經驗和群體合作展現等要素。因此，在實作面向上，常常會「物」著手，在商業化的遊戲模組中通常會供玩家取得「道具包」，內含各關卡的遊戲解謎物件，而這些物件的接觸經驗也將成為該次實境體驗的第一印象。因此這樣「道具包」做為自導式實境解謎遊戲的探索核心。在滾石動能理論(Lippmann & Aldrich, 2016)中，這些道具可以視為「世代單位」(generation units)，而團隊合作則是創造「集體記憶」(collective memories)，而這兩者和在一起，遊戲的組成包括真實場景、故事背景和玩家角色，讓玩家透過扮演更快融入情境，便會像滾動的石頭一般產生動能。戶外解謎遊戲則可以結合手機、謎題和真實環境，提供更豐富的遊戲體驗。

實境解謎遊戲通常還會需要以下三個的組成(游, 2020)：(一)遊戲場景：室內或是室外的一個讓玩家執行的實體空間。(二)故事背景：特定故事情節以及故事發生的背景，如果是真實的歷史或人文故事則可以產生附加學習效果。(三)玩家角色：故事情節中的遊戲角色，可以是玩家或是虛擬角色，讓玩家更融入情境。

然而因為成本與計畫時程考量，本計畫主要利用軟體來呈現以上三個關鍵組成。另一方面，由於每位玩家的解題能力有所不同，遊戲通常會設有不同程度的提示，最初步為重述或舉例遊戲問題來幫助玩家理解題目，中度提示為提供第一步驟該怎麼做，最高強度提示為直接解釋答案等同於公布答案。而軟體化實境解謎有助於追蹤並計算提示使用的數量與時間點。

## 4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

### A. 教學目標與方法

計畫課程名稱： 人工智能概論

系所：水產養殖學系 、 系級：大一 、 學制：學士學位學程

開課時間：113 學年度上學期、修課人數：共 106 人

課程目標：

本課程旨在探討人工智能技術與未來發展在生命科學與水產養殖中的應用，培養學生對人工智能的理解與應用能力。具體目標包括：

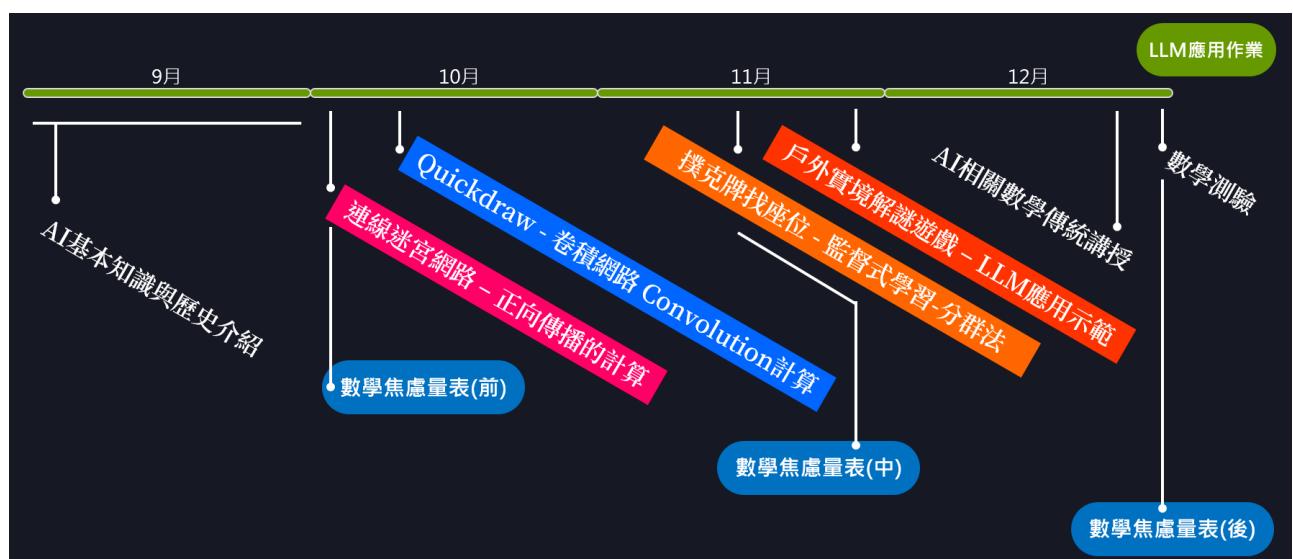
1. 使不具備程式設計能力的學生理解人工智能之運算原理。
2. 能應用市面上或網路上的人工智慧軟體資源。

教學場域：

生命科學館一樓大型階梯教室，提供適合演講和討論的環境。為了保持學生專注，特別著重於使用活動和多元教材切換，以增進學習效果。

教學方法：

本課程教學內容約每四週為一組合（圖三），包含基礎課程講述、神經網路的介紹、機器學習與軟體應用、數學或演算法教學。教學中會引入數學知識背景（表一）的講解與實作案例示範。



圖三、B. 課程設計與研究實施流程。計畫中的實境解謎遊戲名稱與內涵由彩色方框進行標記。白色文字部分之教學內容則與本計畫實施之前一學年度之教學內容相同。

表一、本計畫採用作為實境解謎或傳統數學教學法之學習目標

數學學習項目	對應機器學習演算法	公式
1. 資訊熵	決策樹演算法	$H_s = \sum_{i=1}^n p_i I_e = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$
2. z-score 正規化	訓練資料整理	$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$
3. MSE 均方誤差	神經網路反向傳播	$MSE = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i^p)^2$
4. Convolution	CNN	
4. ReLu函數	神經網路正向傳播	$f'(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x > 0, \\ 0 & \text{if } x < 0. \end{cases}$
5. K-means	深度學習應用	$\arg \min_{\mu} \sum_{c=1}^K \sum_{i=1}^{n_c} \ x_i - \mu_c\ ^2 \Bigg _{x_i \in S_c}$

## 5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

### A. 研究對象與場域

本研究之研究對象主要為於「人工智慧概論」通識必修課，本校水產養殖學系大學部一年級學生。該年級兩個班級共約有 100 位學生，加上少部分跨系所或重修生，共 106 位學生。多數學生僅使用過人工智慧應用程式，但不具備程式設計能力。多數學生對於生命科學或海洋與水產相關之議題展現濃厚興趣與熱忱。另一方面，多數學生並非基隆人，因此對於基隆深厚的地理與歷史文化並不了解，此一方向是實境解謎的常採用的故事核心。

研究資料蒐集場域主要位於本校生命科學館一樓的大型階梯教室，該教室為 10x17 為 170 階梯教室。由於該教室適合進行演講教學，在本課程中教學到較為抽象的數學和資訊科學原理時，常見學生低頭分心。

## B. 研究方法與工具

本計畫利用線上問卷與量表作為主要獲取資訊工具，輔助資料為利用 Line Bot 對話機器人或另行開發之遊戲 APP 之遊戲提示後台數據蒐集學生對於實境解謎題目的了解程度。

如圖三研究架構所式，本計畫取樣以下兩個項目，分別說明如下：

- a. 數學焦慮量表。本研究參考 Meece(1981)及魏麗敏(1988)所編定之數學焦慮量表。本計畫以此量表為基礎，修改為適用人工智慧課程所用的語境與詞彙，於學期期間，進行前、中、後三次施測。
- b. 學習成效：主要採用 TronClass 系統線上測驗，採用自主練習。另一方面由本校校務研究中心協助分析本課程成績相對於其他課程之百分比分布。

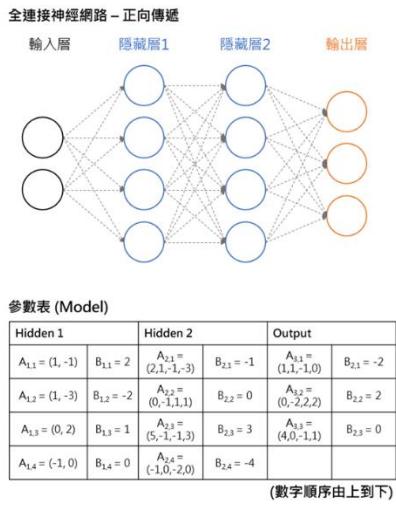
量表分析，本計畫所使用之量表題目詳如附件。量表採用 6 點式（由極度同意至極度不同意，分六個等級），並且題目中包含 4 個反向問題。前、中、後三次採記名追蹤，但學生可以自由使用不具個人身份識別性的外號代替真實姓名。有效問卷為排除：1. 所有選項回答都一樣的；2. 反向問題與正向問題結果矛盾的；3. 未回答有誠心作答且同意作為研究使用的；4. 未連續三次都有作答的；不有效結果後，共有 55 位同學的有效量表數據進行後續之統計分析。

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

### (1) 教學過程與成果

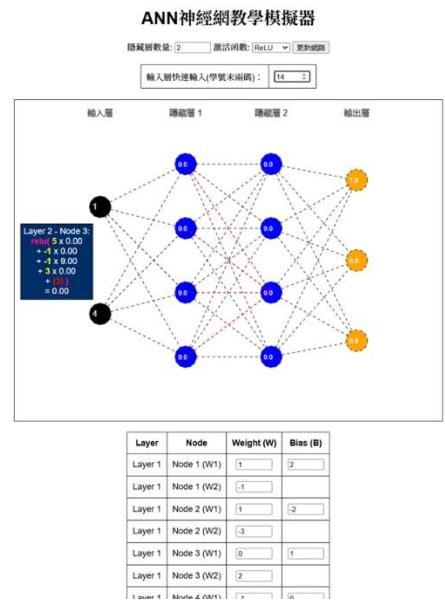
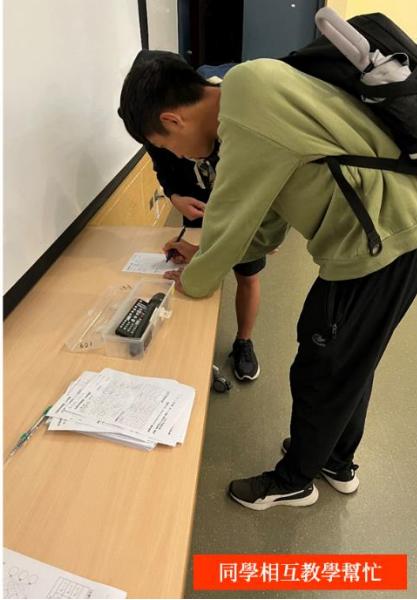
**教學遊戲紀錄 1 - 連線迷宮網路 - 正向傳播的計算**。本遊戲為課程中第一次進行數學相關的教學。在講解過正向傳播的計算數學公式後，進行一次數值帶入的範例示範後，就進行解謎遊戲。每一位學生會拿到遊戲題目（圖四 左），要利用自己的學號末兩碼作為輸入值，因此每一位同學的輸出結果都會不同。破解題目後即交回答案，由於有時間壓力，當日同學會間會進行相互教學，解開題目（圖四 中）。下一週則提供線上網頁版的解答範例程式碼，學生可以自行修改神經網路的層數與設定（圖四 右），透過視覺化的網頁互動了解神經網路正向傳播的計算過程。

程式碼開源網址：[https://lbk888.github.io/NN\\_demo.html](https://lbk888.github.io/NN_demo.html)。



激勵函數 (activation function) : ReLU函數

試算: 當使用此model輸入值為 -1, 2 時，輸出為: \_\_\_\_\_  
(數字順序由上到下)



圖四、實境解謎遊戲紀錄 1 連線迷宮網路 – 正向傳播的計算。玩家會透過解謎紙上的神經網路，練習正向傳播的計算過程。遊戲中，可以互相幫忙。後續教學可以透過互動網頁版來檢查自己的計算與理解是否正確。

教學遊戲紀錄 2 實境解謎遊戲 – 應用 LLM 輔助解謎。本遊戲透過 LineBot、Ollama (llama3-vision) 視覺語言模型、檢索增強生成 (Retrieval-augmented generation, RAG) 、mySQL 資料庫技術開發的視覺對話機器人 (圖五 左)。在海洋大學校園附近設計一條介紹基隆歷史遺跡的解謎路線。學生必須透過與這個 LineBot 進行對話與解謎，找到終點最後一個關卡 (圖五 右)，全程約需 45 分鐘。這個實境解謎遊戲雖然沒有直接進行數學教學，而是讓學生體驗由本地端執行的 LLM LineBot 的應用技術。

使用 LLM 作為 LineBot 的核心好處是，解謎上可以用自然語言對話，不會因為關鍵字錯誤而過不了關。另外除了解謎本身，玩家也可以與 LineBot 進行聊天，LineBot 則會基於 LLM 的背景角色設定進行回答 (圖六)。

Linebot + Ollama 的技術開源網址：<https://github.com/LBK888/Zebrafisher>



**圖五、戶外實境解謎遊戲 - LLM 應用示範的 LineBot 解謎設計與規劃。由本計畫開發的本地端視覺語言模型與 RAG 資料庫技術，讓學生體驗戶外解謎。**



**圖六、實境解謎遊戲紀錄 - 應用 LLM 幫助解謎。玩家會透過 LineBot 機器人的導引，利用 LLM 與 vLLM 的功能由海大的教室開始與解謎機器人對話，一邊探索和平島周邊的文化資產，一邊在對話中獲取後面七個關卡的地點提示。**

## (2) 教師教學反思

在人工智慧概論課程設計與實施中，面臨的核心挑戰時常在於如何因應人工智慧技術的快速發展，同時確保學生能夠掌握不易因時代變遷而失去價值的核心知識。人工智慧領域的進展速度極為迅速，從演算法架構到應用場域，皆呈現持續且高頻率的更新。若課程內容僅依循既有教材，極有可能在短時間內顯得陳舊。因此，課程設計必須具備高度的動態性與適應性，使學生得以接觸最前沿的發展，並培養持續學習與自我更新的能力。

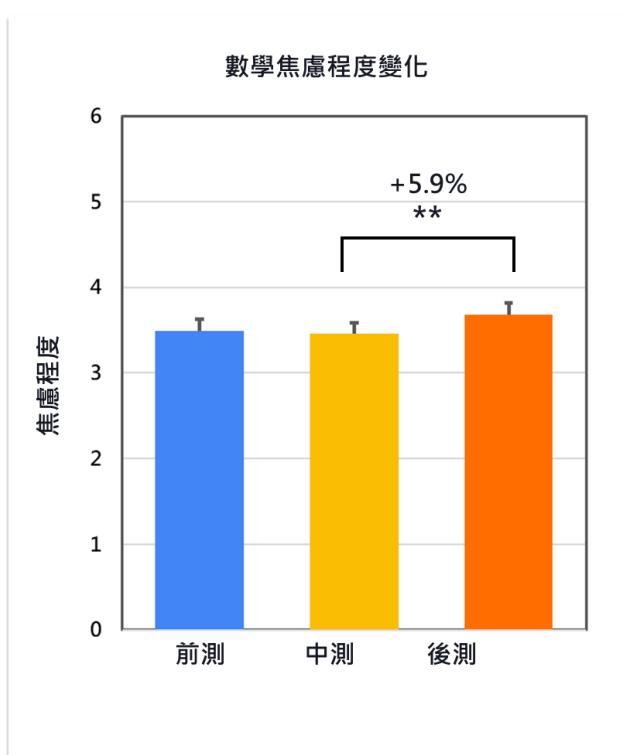
然而，僅僅追求技術更新並不足以確保學生的長期競爭力。人工智慧的核心價值在於其數學基礎，包括線性代數、機率統計與最佳化方法等。這些數學原理不僅構成神經網路與機器學習演算法的理論根基，更能使學生在面對新工具與新方法時，具備批判性思維與獨立分析的能力。例如，對梯度下降法的理解若僅停留於操作層面，則學習效果將受限；唯有掌握其收斂條件與限制，學生方能真正理解其應用邏輯。同樣地，卷積運算的數學本質，不僅是演算法的技術細節，更是理解其在影像特徵擷取中發揮效能的關鍵。從長期發展的角度來看，數學原理才是避免學生在快速變動環境中被淘汰的關鍵要素。

然而，實際教學經驗顯示，生命科學院學生普遍對數學學習缺乏興趣，甚至存在焦慮與排斥感。若教師僅透過抽象的推導與符號演算傳遞知識，往往難以引發學生的學習動機。因此，課程設計需引入多元化與創新的教學策略，以提升學生對數學基礎的接受度與參與度。遊戲化教學即為一種可行的方式，透過任務設計、視覺化工具與模擬競賽等手段，將數學學習轉化為具象且互動的過程。此類策略可能助於降低學生對數學的抗拒，或是較不焦慮。

### (3) 學生學習回饋

#### A. 研究結果與討論

本研究首先針對數學焦慮的變化進行分析。結果顯示，隨著課程數學教學內容的增加，若採用實境解謎教學法，學生的數學焦慮並未因此顯著提高（圖七）。此一發現可能代表著互動性與情境導向的教學方式，可在提升學習挑戰的同時，避免加劇學生的焦慮感。然而，值得注意的是，在期末以計算為主的測驗之前，學生的數學焦慮感有顯著上升的現象，平均增加約 6%。此結果與過往認為的「考試情境會加劇焦慮」的推測相符，顯示考試型評量仍是引發學生數學焦慮的主要來源之一。



圖七、數學焦慮量表分析結果。學生在數學考試前焦慮感會顯著上升。

在學習成效與綜合表現方面，研究結果顯示數學焦慮與數學測驗表現呈現低度負相關，驗證了焦慮對數學測驗表現的抑制作用（圖八）。然而，數學焦慮與整體課程表現之間並未呈現顯著相關性，推測原因可

能在於課程中包含多元的學習評量方式，如專題討論、實作任務與小組合作，能夠部分中和數學焦慮對學生綜合表現的負面影響。進一步分析亦顯示，適度或短期的焦慮上升可能具有正向驅動效益，能促使學生提升專注力與投入程度，進而改善其在特定任務中的表現。

此外，本研究亦觀察到數學焦慮具有高度的個人特質（圖八 前中後測之關聯性），其在整個學期中呈現相對穩定的狀態，高焦慮者會持續相對高焦慮。此發現說明，數學焦慮不僅是情境觸發的暫時性情緒反應，更是學生成長學習歷程中的心理特徵之一。值得注意的是，數學測驗表現與全學期綜合表現之間呈現中度正相關，顯示數學基礎能力仍然是人工智能相關課程中影響學習成果的重要因素。

相關係數交叉比對				
	數學測驗表現	綜合學習成就	中測 非數遊戲後	後測 數學測驗前
前測 首次遊戲後	-0.17	-0.05	0.66	0.73
中測 非數遊戲後	-0.22	-0.10		0.82
後測 數學測驗前	-0.13	0.04		
前到中 上升幅度	-0.10	-0.04		
中到後 上升幅度	0.15	0.20		
數學測驗表現		0.33		

圖八、學習成效與綜合表現與數學焦慮相關性交叉分析。數值為相關係數R，綠色為正相關結果，紅色為負相關。數學測驗表現為期末考之成績。綜合學習成就則為全學期之成績

## 學生學習回饋

從學生的學習回饋來看，多數學生認為實境解謎與互動式教學活動能有效降低其對數學的排斥感，並增加參與課程的動機。部分學生表示，遊戲化學習情境不僅提供了正向的學習體驗，也使數學概念的理解更具體而直觀。另一方面，亦有學生指出，在期末測驗前的焦慮感無可避免，但若課程能提供更多非傳統考試的評量方式，將有助於減輕其焦慮壓力。整體而言，學生回饋支持了研究結果，即數學焦慮對測驗表現具有負面影響，但適度焦慮亦可能成為提升學習動力的契機。

## 7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本研究的發現顯示，數學焦慮更接近一種個人特質，且其對於整體學習成就的影響雖為負相關，但程度並不高。此一結果提醒大學教師在教學設計中，不需要只將數學焦慮視為學習障礙，而可以積極尋找替代方案，以協助學生建構數學信心。

若能在課程中導入適當規劃的遊戲化學習活動，將有助於減緩長期數學焦慮的累積，並提升學生的學習參與度。更進一步地，本研究與前人的研究亦指出，數學焦慮並非全然負面，適度的短期焦慮甚至可能成為促進學習表現的動力。此結果對教師具有啟示意義，即在教學設計時可適度安排具挑戰性的學習任務，以激發學生的專注與投入。

此外，教學策略上應從「強調記憶」轉向「強調理解」，以降低學生對數學的抗拒心理。透過實境解謎、互動遊戲或專題導向學習，教師能在大班制課程中仍維持學生的學習動機與參與度。這樣的方式不僅能改善學生在困難課程中的挫折感，更能使其在理解抽象概念的過程中，逐步建立數學自信心。

本研究的貢獻與影響力主要體現在三個層面。首先，在學習成效與興趣方面，適當的教學調整能夠降低數學焦慮，強化學生對數學基礎的理解，並進一步激發其對人工智慧課程的學習動機。其次，在應對人工智慧技術快速更新方面，藉由將數學基礎與最新技術相結合，課程能夠同時維持理論深度與實務前瞻性，為學生未來職涯發展提供長遠助益。最後，在跨領域教學效果方面，數學與資訊科學、生命科學等領域的結合，能培養學生的跨領域思維與問題

解決能力，對未來學術研究與產業創新具有關鍵意義。

基於以上發現，本計畫提出以下粗淺的建議：未來人工智慧概論課程的設計不應侷限於單一知識傳授，而應追求「應用知識的即時更新」與「數學基礎的穩固建構」之間的平衡。教師除了提供最新技術的知識外，更應運用遊戲化與多元化的教學策略，使抽象數學原理能夠以具體而吸引人的方式呈現。如此可培養學生兼具專業素養、批判思維與持續學習能力，以應對快速變動的人工智慧時代。

## 二、參考文獻 (References)

- 何東興. (2005). 國二學生理化學習焦慮之探討. [碩士論文。國立臺灣師範大學]
- 蔡文標、許天威、蕭金土 (2003)。影響國小數學低成就學生數學成就的相關因素之研究。特殊教育學報，17 卷，1-37。
- 張芳全、辛怡璇 (2020)。澎湖縣九年級生背景變項對英語學習成就影響之研究：英語學習焦慮為中介變項. 臺北市立大學學報, 2020, 51: 1-33.
- 黃俊程. (2011). 合作學習對國中七年級學生的數學學習成就與數學焦慮的影響. [碩士論文。國立臺灣師範大學]
- 黃燕萍. (2018). 融入 UbD 設計架構與成果導向教育理論於課程教學成效之研究. 大學教學實務與研究學刊, 2(1), 1-24.
- 游佳穎. (2020). 遊戲式學習融入高中地理實察課程培養核心素養之研究. [碩士論文。國立臺灣師範大學]
- 謝碧慧 (2006)。國小低年級學童數學焦慮量表建立與理論模式驗證。[碩士論文。國立臺北教育大學]
- 魏麗敏 (1988)。國小學生數學焦慮、數學態度與數學成就之關係暨數學學習團體諮詢之效果研究。國立台北師範大學教育心理與輔導系碩士論文，未出版，台北市。
- Cemen, P. B. (1987). The nature of mathematics anxiety. (ERIC Document Reproduction Service No ED287729) .
- Chipman, S. F., Krantz, D. H., & Silver, R. (1992). Mathematics anxiety and science careers among able college women. *Psychological science*, 3(5), 292-296.
- Drdger,R.M.,& Aiken,L.R.Jr.(1957). Identification of number anxiety, *Journal of Educational Psychology*,47,344-351.
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L., Fuchs, D., Schatschneider, C., Hamlett, C. L., ... & Changas, P. (2013). Effects of first-grade number knowledge tutoring with contrasting forms of practice. *Journal of educational*

*psychology, 105(1), 58.*

- Lippmann, S., & Aldrich, H. E. (2016). A rolling stone gathers momentum: Generational units, collective memory, and entrepreneurship. *Academy of Management Review, 41*(4), 658-675.
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). Mathematics anxiety: Separating the math from the anxiety. *Cerebral cortex, 22*(9), 2102-2110.
- Meece, J. L. (1981). *Individual differences in the affective reactions of middle and high school students to mathematics: A social cognitive perspective* (Doctoral dissertation, University of Michigan).
- Park, D., Ramirez, G., & Beilock, S. L. (2014). The role of expressive writing in math anxiety. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 20*(2), 103.
- Pletzer, B., Kronbichler, M., Nuerk, H. C., & Kerschbaum, H. H. (2015). Mathematics anxiety reduces default mode network deactivation in response to numerical tasks. *Frontiers in human neuroscience, 9*, 202.
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology, 19*(6), 551.
- Spielberger, C. D. (1972). Conceptual and methodological issues in anxiety research. In C. Spielberger, (Ed.). *Anxiety : Current trends in theory and research*. New York : Academic Press.
- Wiggins, G. P., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design*. Ascd.
- Wu, C. H., Lin, W. T., & Shih, S. C. (2018). Confirmatory Factor Analysis and Construct Validity of the Chinese Math Anxiety Rating Scale-Revised for Undergraduate Calculus Learners. *測驗學刊, 65*(3), 291-313.
- Young, C. B., Wu, S. S., and Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychol. Sci. 23*, 492–501. doi:10.1177/0956797611429134

### 三、附件 (Appendix)

a. 數學焦慮量表，修改自 Meece(1981)及魏麗敏(1988)所編定之數學焦慮量表。除最後一題外，其餘為 6 點式量表設計，並採隨機題目順序。

1. 我有信心學好人工智慧課程中的數學
2. 考數學的時候，我常想起過去的成績表現而感到緊張
3. 數學考試時，我越想考好，我越覺得慌亂
4. 不管我如何用功準備人工智慧課程，我仍然對其中的數學感到害怕
5. 考試中出現數學的時候，我常緊張得手心出汗
6. 我真希望擺脫人工智慧課程中數學的壓力
7. 人工智慧課程中，我喜歡被老師叫起來問問題
8. 我會因為明天要考人工智慧課程的數學原理而睡不著覺

9. 我覺得人工智慧課程中的數學很艱深，難以理解
10. 在考試中出現數學的時候，我常因過度緊張而把應該會的都忘記了
11. 當老師在人工智慧課程中講解數學時，我常感到心跳加快
12. 我喜歡老師發表數學部分的成績
13. 即使我這次數學科考得很好，但是我仍然對下次考試沒有信心
14. 上數學課的時候，我一直盼望下課的鐘聲趕快響
15. 我最討厭補上數學相關的課
16. 我覺得自己比其他同學更害怕數學
17. 當別人看著我寫數學作業時，我會覺得很緊張
18. 我擔心父母對我的人工智慧課程成績感到失望
19. 吃飯時，如果想到數學，我會有吃不下飯的感覺
20. 在本課程開始前，我已經具備人工智慧軟體的使用經驗
21. 在本課程開始前，我已經具備人工智慧軟體的相關知識
22. 到目前為止，我可以理解課程的大部分內容
23. 我預期將來會繼續用到人工智慧課程教到的知識
24. 考試中若數學題目，考後我的心情仍然無法放鬆
25. 當要做數學題目時，我的頭腦就一片空白
26. 只要看到「數學」這兩個字，我就感到緊張
27. 我害怕碰到課程會教數學的老師
28. 不管我再怎樣努力，我的數學總是學不好
29. 我對人工智慧課程中的數學頗有好感
30. 同學在討論數學時，我會感到緊張
31. 我一看到數字就感到頭昏腦脹
32. 在人工智慧課程中的數學時，我常感到輕鬆愉快
33. 在所有科目中，我最害怕有數學教學的課程
34. 我希望每次都在人工智慧課程中講解數學
35. 這個問卷的正確性，對於本研究相當重要，如果前面的回答是有誠心作答的，並且同意我們作為研究使用，請選是。如是亂填的請選否

b. 參考量表：MARS-R 中文版數學焦慮量表。文字取自 Wu et al. (2018) 學者翻譯作為微積分課程使用。

1. 翻閱數學教科書
2. 走進數學課教室
3. 必須使用數學教科書後面的表格
4. 閱讀化學公式
5. 購買一數學教科書
6. 考前一天，想到即將到來的數學考試
7. 看老師在黑板上寫的代數方程式

8. 被教如何解釋機率的陳述
9. 拿起數學教科書，開始寫作業
10. 參加數學課考試
11. 閱讀和解釋圖形或圖表
12. 求解平方根的問題
13. 選修微積分課
14. 準備數學考試
15. 看到「微積分」這個詞
16. 下次上課前要交一份有很多難題的作業
17. 聽數學課
18. 有一次數學考試覺得考得不錯，在等成績公布
19. 做一題抽象的數學問題
20. 在數學課忽然隨堂測驗
21. 參加數學期末考
22. 讀數學書籍的新章節
23. 聽其他同學講解數學公式
24. 走在校園裡時，想著數學課

c. 揭露：本計畫成果報告撰寫之部分文字內容有使用大型語言模型 AI 進行文法、錯字檢查、文字潤飾與英文翻譯之分析與建議。AI 所生成之文字皆再由計畫主持人進行確認或修正以確保內容的正確性。