

114學年度科學教育專案年度期中報告綱要

計畫編號：44

計畫名稱：AI 素養導向的機器人課程發展之研究

主持人：張容君、鄭子善、詹予緻

執行單位：臺南市安定區安定國民小學

壹、計畫目的及內容：

一、AI 素養導向的課程

素養一詞意指每個公民須具備的能力，因此 AI 素養被學者定義為在現今的科技時代，知識型社會的每個公民必須具備與 AI 相關的基本能力，才能在工作場所享有平等機會(Bawden, 2008)。Long & Magerko (2020)將 AI 素養分為 AI 知識、AI 技能與 AI 態度三個維度；AI 知識旨在讓學生具備理解 AI 核心概念的能力，像是，AI 的定義與類型、問題解決與搜索、推理、數據與機器學習和應用；AI 技能是指使學生具備計算思維和編程技能，包括使用 AI 工具、和計算思維與編程；AI 態度是指使學生能夠全面考慮 AI 在社會中的各種影響，包括社會影響和與 AI 合作，甚至讓學生理解 AI 對社會的正面和負面影響，以及對使用 AI 技術的批判性看法(Kim et al., 2021)。依此，美國“AI for K-12”團隊，針對現今 AI 的發展，決定出從幼稚園到小學階段所應具備 AI 五大理念(5 big ideas)做為綱領發展的指引，茲簡述這些理念如下(Touretzky et al., 2019)。

1. 電腦會利用感應器去感知世界。
2. 智能體(agents)能維持(maintain)世界的模型或表徵(representations)並用於推理。
3. 電腦可通過數據進行學習。
4. 使智能體能與人類進行自然互動，是 AI 開發者的一大挑戰。
5. AI 應用可能會對社會產生正面和負面的影響。

針對 AI 五大理念和150篇的文獻回顧，Long & Magerko (2020)將這些理念轉落實詳細的五大核心主題和17項 AI 能力指標。綜合上述，可發現 AI 素養、核心主題和能力指標的相關研究提出，能讓課程設計者有所依循，提綱挈領；而當學生能設計智能體(agent)且對數據資料進行歸納、統整、推理，學習對真實世界的感知建構等，將極具潛力提升學生的 AI 素養。根據近期 AI 於各領域的發展，機器人已成為當前國際間競相發展的重要的智能體之一，因此，研究團隊擇取上述合適的能力指標，對應本研究課程的關鍵能力，再依據此 AI 能力指標逐步發展課程內容，接著進行實測、修訂與反思後，逐步完善此類型課程，並展現其可能的樣貌。

二、AI 素養導向的機器人課程之教學架構

由於機器人設計課程深具潛力，成為發展 AI 素養的助力，基於此，學者 Yue et al. (2025) 發展一個名為「具備 AI 素養的學生設計者」(students as AI literate designers, [SAILD]) 之教學架構，藉以說明在機器人設計活動中，學生 AI 素養是如何被提升。SAILD 框架包含設計與研究的二個互動部分(圖1)。

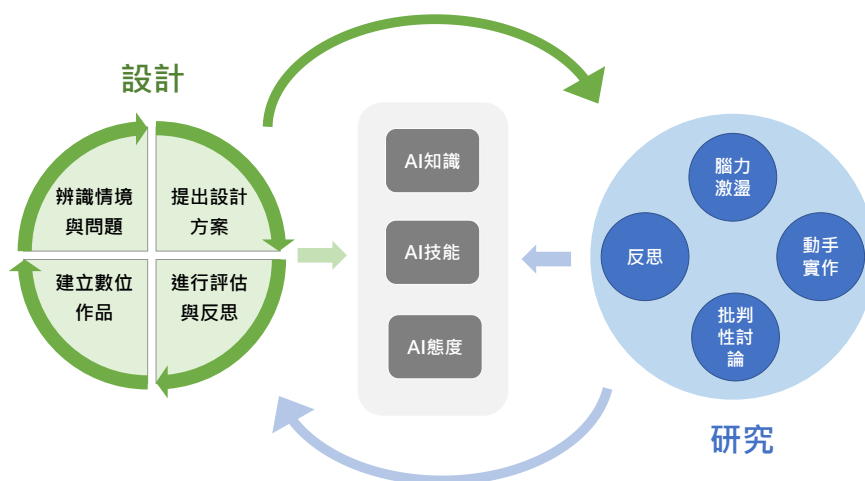


圖1:SAILD 教學架構

設計部分包括引導學生參與設計循環，涵蓋問題辨識、設計方案產出、數位作品創作與評估；而研究部分包括學生會參與腦力激盪、動手探索實作、批判性討論與反思。在此教學架構中，兩邊的活動以反覆迭代的方式交替進行，進而達到學習者 AI 素養的提升。

本研究中的機器人課程的教學便依據 SAILD 架構，藉由讓學生先受到激勵去辨識真實生活中的問題，根據所學的機器人設計知識簡介，提出初步的設計方案，嘗試解決該問題。接著，教師提供指導，幫助學生理解設計過程中遇到的困難概念。學生將藉由這些新獲得的知識更進一步完善他們的設計。然後，教師再引介更進階的知識，以利後續的設計迭代，學生便能據此調整並優化自己的方案，再對設計方案進行反思，學生也會在教師的引導下進行評估。

三、研究計畫目的

(一)研究方法

奠基於 SAILD 教學架構，本研究團隊擇取和統整 AI 素養、AI 核心主題和 AI 能力指標(Long & Magerko, 2020)，以及，十二年基本國教的和跨課程指標，進行於小學階段的 AI 素養導向的機器人課程發展。據此，本研究目的為：1. 探討 AI 素養導向的機器人設計課程內容；2. 分析 AI 素養導向的機器人設計課程對學習者的學習成果，包含此課程對學習者 AI 知識、技能、態度和動機的影響。文末的表1呈現 AI 素養、AI 核心主題與能力指標，以及和跨領域課程目標的關聯。依據該表，研究團隊選擇出合適的 AI 能力指標，進行機器人課程單元的發展。

(二)研究步驟

首先，通過文獻分析，探討 AI 素養導向的機器人設計課程之理論及研究，瞭解 AI 素養、核心主題和能力指標，以及 AI 素養導向教學架構等，進而提出本研究的研究問題與課程內容的初步計畫。其次，在文獻研究的基礎上，進行課程發展的質性研究，通過實際課程實施所收集到的多元性質性資料，歸納和分析 AI 素養導向的機器人設計課程的內容。同時，也對學習者的學習成果進行整理和總結，並完成資料分析工作，以探討學習者參與 AI 素養導向的機器人課程可能展現的成果。

(三)預定進度

1.課程計畫

本研究計畫初步規劃的學習任務進度與課程內容，詳見本計畫末的圖2和表2。圖2呈現課程計畫團隊初步規劃出的學習任務進度；表2則呈現初步規劃的課程內容及其相對應的學習資源、評量方式、AI 素養指標。整個教學期程涵蓋二個學期，共計十次學習單元，每個單元均有相對應的學習資源和評量方式。

2.教學精進

教學期程涵蓋二個學期，共計十次學習單元(第十單元:學習歷程分享)，每個單元在教學前，內外聘講師針對教學單元內容辦理教師增能研習，共計辦理講座9場次，每場次3節，參加對象為校內數位學習社群的教師。另在上下學期末，邀請專家學者針對研究計畫的進程與內容、資料收集的方法與分析，給予諮詢輔導建議。

年月次 單元	114學年度第一學期						114學年度第二學期					
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
一、樂高史派克機器人												
二、樂高史派克APP												
三、跳舞機器人												
四、神奇繪圖機												
五、仿生機器人												
六、小小建築師												
七、大指揮家												
八、我是燈控師												
九、平交道模擬												
十、學習歷程檔案展示與回饋分享												
教學作品分享												
成果彙編成冊												
付印與成果報告												

圖2:學習單元的預定進度

表1:AI 素養、能力指標、跨領域課程目標的關聯表

AI 素養	核心主題	AI 能力指標	跨領域課程目標
AI 知識	AI 是什麼	能力 1: 認識 AI 能力 2: 了解智能 能力 3: 跨學科性 能力 4: 廣義與狹義的 AI 定義	藝-J-A2 嘗試設計思考，探索藝術實踐解決問題的途徑。
	AI 能做什麼	能力 5: AI 的優勢與劣勢 能力 6: AI 的未來想像	
AI 技能	AI 如何運作	能力 7: 表徵 能力 8: 決策	科-J-A3 利用科技資源，擬定與執行科技專題活動。
		能力 9: 機器學習的步驟 能力 10: 人類於 AI 的角色 能力 11: 數據素養 能力 12: 從數據中的學習 能力 13: 批判性的解釋資料 能力 14: 行動和反應 能力 15: 感應器	科-J-A2 運用科技工具，理解與歸納問題，進而提出簡易的解決之道。
AI 態度	AI 應如何被使用	能力 16: 倫理	國-J-B2 運用科技、資訊與各類媒體所提供的素材，進行檢索、統整、解釋及省思，並轉化成生活的能力與素養。
	人們如何看待 AI	能力 17: 可編程性	

四、預期效益

依據研究計畫實施結果，本研究擬具以下預期效益：

- (一)透過 AI 素養導向的機器人設計課程內容，增進學生對 AI 知識的理解。
- (二)透過 AI 素養導向的機器人設計課程內容，培養學生使用 AI 工具、訓練模型、設計解決方案的技能。
- (三)透過 AI 素養導向的機器人設計課程內容，讓學生產生理解 AI 對社會的影響、可能產生的道德議題、理性看法。
- (四)透過 AI 素養導向的機器人設計課程內容，讓學生產生對 AI 的興趣與學習動機。

表2:AI 素養導向的機器人設計課程之內容規劃

學習單元	AI 能力指標	工作項目	學習資源	評量方式
一、樂高史派克機器人	能力1: 認識 AI 能力2: 了解智能 能力3: 跨學科性	1.介紹積木零件的類型與功能 2.介紹派克應用程式的操作方式	樂高史派克機器人	學生能說出積木零件的類型與功用 學生能理解派克應用程式能可能的功能 學生能結合各領域知識，發想出不同類型的派克機器人
二、樂高史派克 APP	能力7: 表徵 能力8: 決策	介紹基本程式概念、感知與行動，並能調試與問題解決。	樂高史派克 APP	學生能將文字、符號、數據等轉化為程式概念
三、跳舞機器人	能力9: 機器學習的步驟	指導學生結合馬達與程式迴圈進行跳舞機器人的設計。	馬達、程式迴圈	學生能針對製作智能體時遇到的問題，提出解決方案 學生能理解派克應用程式邏輯
四、神奇繪圖機	能力11: 數據素養 能力12: 從數據中的學習	指導學生組裝繪圖機並透過程式積木進行編程以控制馬達。	繪圖機、程式積木、馬達	學生能透過編程與數據資料，分享數據代表的意義 學生能理解程式邏輯與動力結構關係
五、仿生機器人	能力14: 行動和反應 能力15: 感應器	指導學生搭建仿生機器人使其能正確行走並避開障礙物。	連桿機構、超音波感測器	學生能透過程式邏輯進行智能體控制 學生能利用不同感應器，做出智能體(如:跳舞機器人、繪圖機、仿生機器人等)
六、小小建築師	能力1: 認識 AI 能力2: 了解智能 能力3: 跨學科性	介紹 NKNU Block 介面與各式積木功能	NKNU Block 公版教具	學生能介紹 NKNU Block 介面 學生能分享 NKNU Block 的積木功能 學生能結合各領域知識，發想出各種 NKNU Block 的智能體
七、大指揮家	能力7: 表徵 能力8: 決策 能力9: 機器學習的步驟	1.介紹 NKNU Block 介面與各式積木功能 2.指導學生操控超音波感測器及 RGB LED	超音波感測器、RGB LED、搖桿、8*8 點矩陣、蜂鳴器、伺服馬達、減速馬達	學生能將文字、符號、數據等轉化為程式概念 學生能針對模擬情境，提出智能體設計的解決方案
八、我是燈控師	能力11: 數據素養 能力12: 從數據中的學習	指導學生模擬旋鈕開關的情境，探討所需的感測元件；並透過元件控制實驗，了解搖桿、RGB LED 及 8*8 點矩陣的操控及限制。		學生能理解 NKNU Block 的程式邏輯 學生能透過編程與數據資料的展現，理解數據呈現的意義
九、平交道模擬	能力14: 行動和反應 能力15: 感應器	指導學生模擬平交道情境，探討所需的感測元件；接著引導學生選擇合適的感控元件，並透過元件控制智能體。		學生能理解程式邏輯與動力結構關係 學生能透過程式邏輯進行智能體控制 學生能利用不同感應器，做出智能體(如:光感音樂播放器、旋鈕燈控、平交道模擬等)
十、學習歷程檔案展示與回饋分享	能力3: 跨學科性 能力13: 批判性的解釋資料	學生透過報告分享與展示成果		學生能通過欣賞同儕作品，進行各種智能體創意發想 學生能分享智能設計的要領和遇到問題的解決之道

貳、研究方法及步驟：

(一)AI 知識的評量

由大學教師、小學資訊老師、小學行政主管等共3位計畫執行者，依據表1的 AI 能力指標編擬每個單元2題試題，共計20題。透過三位計畫執行者共同修改三次後，確認可行後施測；根據施測後的結果，進行成對樣本 t 檢定，以釐清課程成效。

(二)AI 技能的評量

擬透過學生的作品、開放式晤談與課室觀察(詳見表2的質性評量方式)等進行多元資料的蒐集，並藉由主題分析進行課程效益於 AI 技能的評量。藉由三位執行者和多元資料的三角校正進行研究結果分析；在分析過程中，倘有分析不一致的狀況，會隨時再返回原始資料再行討論與確認，直至分析結果一致為止。

(三)AI 態度的評量

擬透過對 AI 的態度量表(General Attitudes Towards Artificial Intelligence Scale, [GAAIS])(Schepman & Rodway, 2020)等進行資料蒐集，並藉由成對樣本 t 檢定、主題分析進行課程效益於 AI 態度的評量。前述 AI 知識和 AI 態度的問卷的分值設計和分析解釋標準，具體如下表3.1所示。

表3.1：問卷分值和分析解釋標準

學生的回答	分數	分值間區	分析解釋 (Interpretation)
非常同意	5	4.51 ~ 5.00	非常高
同意	4	3.51 ~ 4.50	高
中立	3	2.51 ~ 3.50	中等(Moderate)
不同意	2	1.51 ~ 2.50	低(Low)
非常不同意	1	1.00 ~ 1.50	非常低

參、目前研究結果：

依據研究計畫實施目的，本研究當前研究結果如下。

(一)學習者在課程實施前的 AI 知識

利用 SPSS 23.0軟體，對參與學生的 AI 知識進行統計分析並整理如表4.1。根據表4.1的結果，Lego 系列課程的平均數為 $M=2.43$ ，標準差為 $SD=0.91$ ，其分值介於1.51-2.50之間，處於低水平；NKNU Block 系列課程的平均數為 $M=2.30$ ，標準差為 $SD=0.90$ ，得分介於1.51-2.50之間，處於低水平。

在對 AI 知識的兩個系列課程中，Lego 的得分略高於 NKNU Block。這表明在未接受任何課程前，學習者在 Lego 課程的知識略高於 NKNU Block 課程的知識。整體對 AI 知識的平均數為 $M=2.37$ ，標準差為 $SD=2.37$ ，得分介於1.51-2.50之間，這一結果反映出小學生對 Lego 或 NKNU Block 的認識處於低水平。

表4.1 學習者在課程實施前的 AI 知識(Descriptive Statistics of AI Knowledge)

維度(Dimension)	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	分析(Interpretation)
Lego	53	2.43	0.91	低(Moderate)
NKNU Block	53	2.30	0.90	低(Moderate)
Total	53	2.37	0.73	低(Moderate)

(二) 在 AI 素養導向的機器人設計課程內容中，學習者習得的 AI 技能

在進行單元一時，各組同學已能合作用各種磚塊(bricks)和板塊(plates)等積木零件，圖1與晤談資料呈現各組學生能共同合作並發想與創造出不同類型的樂高成品。

小瑜:我們用不同灰色、紫色、藍色、黑色這些不同種類的長條(磚塊)，以及，黃色的板子(板塊)去做成一個四層的高樓。(晤談20250901)

小玉:我們這組用了一些長條(磚塊)，加上方形的板子(板塊)和輪子，組成一個可愛的機器車。(晤談20250902)



圖1:學生依創意所發展的機器人

在單元二的活動裡，學生開始認識平板上的史派克（SPIKE）APP 應用程式的介面，以及，學習如何編輯程式。圖2呈現各組均能透過史派克 APP 編輯專案，以及，能理解經由程式邏輯的編輯與 Lego Spike 主機間的關係。在這單元中，學習者也首次學習將文字、符號等轉化為程式，並認識平板上的程式邏輯與功能。

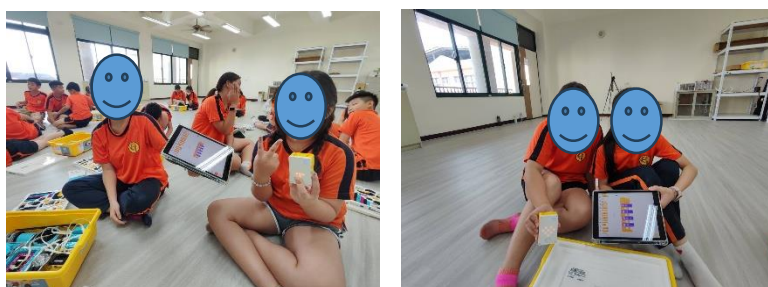


圖2:學生學習程式編輯和 Lego Spike 主機

在單元三的活動裡，學習者開始學習將積木、軸(Axles)、輪子(Wheels)、齒輪(Gears)類等結構元件，搭建成可靈活擺動或轉動的機器人。接著，再結合

馬達、可程式化的主機，完成跳舞機器人主體的搭建。另外，在程式編輯上學習使用迴圈程式，來造成跳舞機器人可以重複搖擺動作。單元四的學習，也是同樣利用馬達和積木去組裝繪圖機，以及，思考如何透過程式邏輯進行繪圖機的操控。圖3呈現學生在此單元裡的不同發展過程，根據完成的成品也顯示他們已能逐漸理解程式邏輯與動力結構關係，且能透過程式邏輯進行智能體的發展與控制。



圖3:學生透過程式所發展的跳舞機器人

在單元五的活動裡，學生們學習發展二足(圖4)與四足(圖5)的仿生機器人。在各個單元裡，他們認識了更多不同的感應器，像是超音波感應器和碰觸感應器的功用(晤談)。接著，藉由發展二足與四足機器人的差異，學習建構程式邏輯與動力結構的關係。最後，再透過程式邏輯進行仿生機器人的控制。

小名:我們用這個超音波感應器，可以使我們的機器人避開障礙物。若用另外這個(碰觸感應器)，可以讓它了解距離的關係。(晤談2025123)



圖4:學生討論如何搭建二足仿生機器人



圖5:學生搭建四足的仿生機器人

(三) 學習者在課程實施前的 AI 態度

利用 SPSS 23.0軟體，對參與學生的 AI 知識進行統計分析並整理如表4.3。根據表4.3的結果，正向態度維度的平均數為 $M = 2.59$ ，標準差為 $SD = 0.81$ ，其分數介於2.51-3.50之間，處於中等水平；負向態度維度的平均數為 $M = 3.41$ ，標準差為 $SD = 0.81$ ，得分介於2.51-3.50之間，也處於中等水平。

在對 AI 態度的兩個維度中，負向態度的得分略高於正向態度。這表明在未接受任何課程前，學習者在對 AI 的負向態度略高於正向態度。整體對 AI 的態度的平均數為 $M = 3.17$ ，標準差為 $SD = 0.46$ ，得分介於2.51-3.50之間，這一結果反映出學習者對 AI 的態度處於中等水平。

表4.2 學習者在課程實施前的 AI 態度(Descriptive Statistics of Toward AI Attitude)

維度(Dimension)	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	分析(Interpretation)
正向態度(Positive Attitude)	53	2.59	0.81	中等(Moderate)
負向態度(Negative Attitude)	53	3.41	0.81	中等(Moderate)
Total	53	3.17	0.46	中等(Moderate)

(四) 學習者在課程實施前的 AI 動機

利用 SPSS 23.0軟體，對參與學生的 AI 動機進行統計分析並整理如表4.5。根據表4.5的結果，學習者在 AI 動機的期望($M = 2.70$, $SD = 0.74$)、成就($M = 2.77$, $SD = 0.84$)、效用價值($M = 2.99$, $SD = 0.87$)、成本($M = 2.94$, $SD = 1.03$)、內在價值($M = 2.61$, $SD = 0.96$)五個維度上，得分均介於2.51-3.50之間，均屬於中等水平。從得分的表現可觀察出，在對 AI 動機的五個維度中，以效用價值、成本較高；以內在價值的得分最低。這表明在未接受任何課程前，學習者在 AI 的動機上，較偏向效用價值和成本。

表4.3 小學生在課程實施前的 AI 動機(Descriptive Statistics of AI Motives)

維度(Dimension)	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	分析(Interpretation)
期望	53	2.70	0.74	中等(Moderate)
成就	53	2.77	0.84	中等(Moderate)
效用價值	53	2.99	0.87	中等(Moderate)
成本	53	2.94	1.03	中等(Moderate)
內在價值	53	2.61	0.96	中等(Moderate)
Total	53	2.80	0.71	中等(Moderate)

整體對 AI 動機的平均數為 $M = 2.80$ ，標準差為 $SD = 0.71$ ，得分介於2.51-3.50之間，這一結果反映出小學生的 AI 動機處於中等水平。

肆、目前完成進度：

課程進度:第五單元。

已完成 AI 知識、對 AI 的態度、AI 的動機三項前測，前五個單元的質性分析，並完成階段性的統計分析與結果撰寫。

伍、預定完成進度：

課程進度:第一單元至第五單元。

已完成 AI 知識、對 AI 的態度、AI 的動機三項前測，並完成階段性的統計分析與結果撰寫。

陸、建議與討論：尚無。

柒、參考資料：

- Bawden, D. (2008). Origins and concepts of digital literacy. *Digital Literacies: Concepts, Policies and Practices*, 30, 17–32.
- Fetzer, J. H. (1990). What is artificial intelligence? In *Artificial intelligence: Its scope and limits* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
- Trinter, C. P., Moon, T. R., & Brighton, C. M. (2015). Characteristics of students' mathematical promise when engaging with problem-based learning units in primary classrooms. *Journal of Advanced Academics*, 26(1), 24–58.
- Kim, S., Jang, Y., Kim, W., Choi, S., Jung, H., Kim, S., & Kim, H. (2021, May). Why and what to teach: AI curriculum for elementary school. In *proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 35, No. 17, pp. 15569-15576).
- Long, D., & Magerko, B. (2020, April). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-16).
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. London: Pearson.
- Schank, R. C. (1987). What is AI, anyway? *AI magazine*, 8(4), 59-59.
- Schepman, A., & Rodway, P. (2020). Initial validation of the general attitudes towards Artificial Intelligence Scale. *Computers in human behavior reports*, 1, 100014.
- Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019, July). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI?. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 33, No. 01, pp. 9795-9799).
- Yue, M., Jong, M. S. Y., Dai, Y., & Lau, W. W. F. (2025). Students as AI literate designers: a pedagogical framework for learning and teaching AI literacy in elementary education. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-22.
- Yurt, E. & Kasarci, I. (2024). A Questionnaire of Artificial Intelligence Use Motives: A contribution to investigating the connection between AI and motivation. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 7(2), 308-325. <https://doi.org/10.46328/ijte.725>