

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：PBM1135829

學門專案分類/Division：商業及管理

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

我的 AI 學伴—生成式人工智慧融入物聯網課程
之教學模式建構與學習成效評估

計畫主持人(Principal Investigator)：魏春旺

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

高雄醫學大學／醫務管理暨醫療資訊學系

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 9 月 18 日

我的 AI 學伴—生成式人工智慧融入物聯網課程 之教學模式建構與學習成效評估

一、本文(Content)

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

1. 物聯網課程對於健康醫療領域的重要性

隨著醫療產業自動化與智慧化的趨勢，物聯網(IoT, Internet of Things)與人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術已逐漸成為推動健康醫療革新的核心動能。物聯網係指透過感測器、嵌入式裝置、通訊網路與雲端平台，實現跨裝置間的數據交換與即時回饋(Kopetz & Steiner, 2022)，而人工智慧物聯網(Artificial Intelligence of Things, AIoT)，則進一步整合機器學習、影像辨識與深度學習演算法，讓系統具備主動分析、預測與決策能力(Manickam et al., 2022)。

IoT 技術已廣泛應用於健康醫療領域，涵蓋健康監測、健康促進、公共衛生、臨床照護、居家照護、藥品管理、復健輔助、診斷輔助、手術協助、遠距醫療等層面，充分展現智慧科技用於提升醫療效能與健康福祉的潛力。因此，培育具備 IoT 素養的跨域人才，已成為醫學大學的重要任務之一。為了因應此趨勢，高雄醫學大學積極推動智慧醫療教學發展，包含於醫務管理暨醫療學系碩士班設置「智慧醫療組」、醫學研究所設立「人工智慧組」、健康科學院開設「人工智慧健康產業應用碩士學位學程」，並於學士後醫學系招收具資訊專長之學生。此外，亦設置多項人工智慧與健康醫療科技整合的學分學程或微學程，並加入 TAICA 臺灣大專院校人工智慧學程聯盟，以期提升未來健康醫療從業人員的資訊應用與創新能力。

在此情境下，末學所開設的「物聯網應用實務」(大學部)與「智慧物聯網特論」(碩士班)兩門課程，成為學生了解 IoT 理論與實務應用的重要場域，經常有資訊、醫療、管理等不同背景的學生選修，透過異質性分組合作，能啟發多元創意，促使學生在整合知識、技術與臨床需求的過程中，發展出符合實際應用的創新解決方案，更進一步提升學生解決實務問題的能力。

2. 「擇英才而教之」或「教之而成英才」

物聯網系統架構涵蓋感測層、網路層與應用層，涉及的技術層面相當廣泛，包括感測裝置部署、訊號擷取與處理、網路通訊協定、資料儲存與雲端整合、前後端程式設計、資料視覺化、人工智慧演算法等(Kopetz & Steiner, 2022)。上述知識與技能往往需要學習過多門資訊課程才能建立，對於資訊相關科系的學生而言，這些能力可以透過課程規劃中的必修或選修課程陸續習得。然而，對於醫療、管理或其他非資訊背景的學生而言，IoT 所需的先備知識即成為高度門檻。

末學在設計並教授「物聯網應用實務」與「智慧物聯網特論」這兩門課程時，便面臨一個重要抉擇：「擇英才而教之」或「教之而成英才」。若以「擇英才而教之」為準則，僅招收已具備基礎程式設計、網路通訊與 AI 背景的學生，教學將更為順暢，學習成果亦將更為理想。然而，這樣的做法將排除許多具備醫療實務經驗但資訊技能不足的學生，使其無緣透過 IoT 技術解決實際場域問題，亦難以成為未來推動智慧醫療的中堅力量。

末學一貫秉持美國實用主義(Pragmatism)教育家 John Dewey 「做中學(Learning by Doing)」的理念，強調知識應透過實作與情境互動建構，方能對學生產生真正的意義(Kiess, 2022)。因此，課程設計採取包容性原則，不設先備知識門檻，並積極鼓勵非資訊背景學生選修，透過課中實作引導、異質性分組合作與即時學習支援，協助學生跨越技術障礙，有能力將 IoT 技術用於解決實務問題。末學認為，若因學生欠缺資訊或 AI 知識，而使其錯失學習與應用 IoT 於健康醫療之機會，將不僅是學生的損失，更是醫療科技人才培育的缺憾，甚至可能影響未來公共健康創新的推動。因此，本研究的教學實踐精神，即在於建構一個「成就每一位學生」的學習環境，使 IoT 教育不再僅為資訊技術菁英的專利，而能惠及來自不同領域的學生。

3. 生成式人工智慧輔助教學的可行性

在過往的課程設計與教學實踐中，末學已積極導入多元的輔助學習機制，包括：於數位學習平台上提供補充教材、進行課前預習與形成性評量、設立開放式討論區鼓勵提問、安排異質性分組以平衡組內資訊專長成員、課堂實作中提供即時指導，以及規劃與課程主題相關的平時作業。這些策略確實能有效提升學生的課程參與和學習成效。

然而，在實際教學經驗中亦發現，當學生缺乏足夠先備知識(特別是程式設計概念)時，仍可能面臨學習困難而產生焦慮或挫折感，進而削弱學習動機。即使教學設計已盡可能周延，仍難以滿足部分學生對先備知識與個人化學習支援的需求。因此，探索更具靈活性與即時性的教學輔助工具，成為物聯網課程教學革新的重點方向。

近年興起的生成式人工智慧(Generative Artificial Intelligence, GenAI)技術，建立於大型語言模型(Large Language Model, LLM)與多項深度學習架構之上，包括生成對抗網路(Generative Adversarial Networks, GANs)、循環神經網路(Recurrent Neural Networks, RNNs)、轉換器模型(Transformer Models)與自動編碼器(Autoencoders)等(Baidoo-Anu & Ansah, 2023)。其關鍵特徵在於能根據語言結構與知識脈絡，自主生成符合語意邏輯的內容，而不僅限於資訊檢索或簡單回答。生成式 AI 已廣泛應用於自然語言處理、創意內容生成、圖像影片生成與教學領域

(Cordero et al., 2024; Pavlik, 2023)。

已有研究指出，生成式 AI 能快速回應學生問題、提供具體且易於理解的解釋內容，協助學生釐清概念、建構知識脈絡，並有助於強化學習成效與信心 (Bahroun et al., 2023; Cooper, 2023)。因此，本研究嘗試將生成式 AI 導入物聯網相關課程中，作為學生在課前預習、課後複習、自主學習與小組討論過程中的即時學伴。在教學實踐層面，本研究不僅著眼於工具使用，更關注於如何將生成式 AI 與課程內容、教學策略與學習目標進行整合的教學模式。因此，計畫之核心目標之一，即為建構一套結合生成式 AI 之輔助教學架構，並透過量化與質性資料，評估其對學生學習成效與學習感知的實質影響。

目前雖已有研究探討生成式 AI 於教學場域之應用，但較少結合具體教學理論與課程設計進行實際教學場域驗證。本研究期望能夠填補此一研究落差，提供具實證基礎的教學模式發展參考，進而推動生成式 AI 於物聯網課程中之深化應用。

4. 本教學實踐研究計畫之主題與目的

俄國心理學家 Vygotsky (1978)所提出的「近側發展區(Zone of Proximal Development, ZPD)」理論，對於理解學生的知識建構歷程具有深遠影響。依其觀點，學生的能力可區分為「實際發展層次(Actual Level of Development)」與「潛在發展層次(Potential Level of Development)」(如圖 1)。前者指學生已能獨立完成的任務，後者則代表在適切指導或協助下可達成的能力。兩者之間的差距即為 ZPD，而學生若能在教師引導、同儕協作、科技支持等鷹架(scaffolding)策略下逐步累積經驗，其 ZPD 將隨之擴展，以達成學習之目的。

在此脈絡下，「先備知識(Prior Knowledge)」成為影響 ZPD 擴展的關鍵因素。先備知識不僅是學生已具備的知識與技能基礎，也是其進入新學習任務的重要門檻(Simonsmeier et al., 2022)。若學生擁有充分的先備知識，便能更順利地吸收新知，拓展其潛在發展層次；反之，若先備知識不足，學習進展容易受到限制，需要額外支援以縮短落差。這種現象在跨域課程中尤為顯著，資訊背景不夠充分的學生在面對 IoT 課程時，將面臨較大程度的學習挑戰。

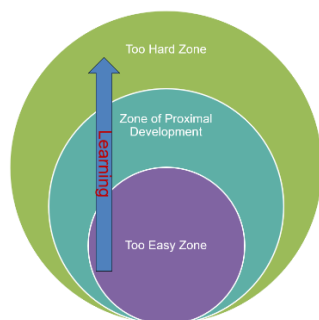


圖 1、近側發展區的概念圖(Vygotsky, 1978)

因此，本教學實踐研究試圖導入生成式 AI 作為學習輔助夥伴。與傳統教材或課堂指導不同，生成式 AI 可即時回應學生問題，依其知識背景與需求提供個人化的解釋或範例，扮演「動態鷹架」的角色，協助學生跨越知識門檻。生成式 AI 不僅是資訊檢索工具，更是一種支持學生在 ZPD 內逐步進階的輔助鷹架，有助於提升跨域學生在 IoT 學習上的自信與效果。

在課程實踐方面，本研究持續秉持「做中學」的理念，透過實務議題討論、範例程式觀摩與進階專題作業，讓學生在實作過程中積極建構知識，並藉由同儕協作與問題解決，讓學生逐漸內化 IoT 的核心概念並擴展其 ZPD，即使未來未必直接投入系統開發工作，仍具備規劃、管理與應用 IoT 於健康醫療領域的能力。這不僅有助於學生職涯發展，更可推動健康醫療產業智慧化的長遠目標。

基於上述理念，本研究之主要目如下：

- (1) 建構生成式 AI 輔助物聯網課程的教學模式：讓生成式 AI 成為建構學習鷹架的輔助策略，以推動教學模式的創新，改善學生先備知識不足的問題。
- (2) 評估生成式 AI 鷹架策略對學生學習成效與學習感知的影響：學習成效的評估主要為本研究教學模式導入之前中後三個階段，學生先備知識評量成績的差異。學習感知則包含溝通、合作、學習鷹架以及認知、情意與技能等多個面向的主觀感受。

(二) 研究問題(Research Question)

末學教授的「智慧物聯網特論」課程中，最大的挑戰來自於學生資訊技能的落差。以前一個學期為例，15 位碩士班學生中，有 12 位並無程式設計或網路通訊基礎，其專業領域多為醫務管理、醫學、護理、呼吸治療與醫學放射，其中包含兩位教學醫院的主治醫師。由於學生對人工智慧在健康醫療領域的應用發展充滿期待，因而選擇跨足 AIoT 領域進修。雖然他們在學習過程中須付出更多努力，但因具備高度興趣與學習動機，這些學生最終仍展現了良好的學習成果。

隨著 ChatGPT、Copilot、Gemini、Claude、Grok 等生成式 AI 工具的出現，末學嘗試引導學生先行使用這些工具處理如程式錯誤訊息、基礎知識查詢與創新概念發想等問題。實務經驗顯示，生成式 AI 確實能解決部分問題，並提升學生對課程內容的理解，然而，這些工具在專業領域的準確度仍有限制，偶爾會出現錯誤或不完整的回應。因此，在教學過程中，會一再強調 AI 工具的侷限性，提醒學生保持批判性思維，以避免誤用錯誤知識。

儘管如此，如何將生成式 AI 導入教學現場，目前仍處於探索階段，尚未有完整的教學理論與策略導入。因此，本研究進一步聚焦於以下核心問題：

- (1) 如何建構一套結合理論基礎與實務策略的生成式 AI 教學模式，以作為未來跨域課程的應用參考？
- (2) 生成式 AI 鷹架策略對於學生的先備知識學習成效及學習感知是否具有正向顯著影響？

(三) 文獻探討(Literature Review)

1. 以學習鷹架擴展近側發展區

在教育心理學領域，Vygotsky (1978)提出的「近側發展區(Zone of Proximal Development, ZPD)」概念對後續教學理論發展產生了深遠影響。ZPD 指的是學生目前可以獨立完成的任務(實際發展層次)與在協助下能完成的任務(潛在發展層次)之間的差距。要讓學生逐步擴展這個區間，適當的教學輔助便成為重要關鍵。後續有學者引用 Wood 等人(1976)所提的「鷹架(Scaffolding)」理論，進一步詮釋了教學輔助的運作模式。鷹架是一種由教師或同儕提供的臨時性學習支援，目的在於協助學生突破當下的限制，並逐漸建構出自己能夠獨立掌握的新知識與技能(Wass et al., 2011)。相關學者將 ZPD 與鷹架理論加以整合，發展出更具體的教學方法。Warford (2011)則將 ZPD 區分為四個階段(如圖 2)，第一階段為學生需要在引導協助或鷹架支持下進行學習，透過教師、同儕或工具的幫助才能理解與操作；在第二階段時，學生能在較少協助下完成任務，外部支持逐漸撤除，學生開始展現更高的自主性；到了第三階段，學生已能獨立完成學習，內化知識與技能，並自行解決問題；最後第四階段，學生進入自主學習階段，能熟練而快速地應用所學，並將其靈活遷移到不同情境中。這四個階段顯示出學習是一個逐步由他律走向自律，最終達到自主學習的過程。

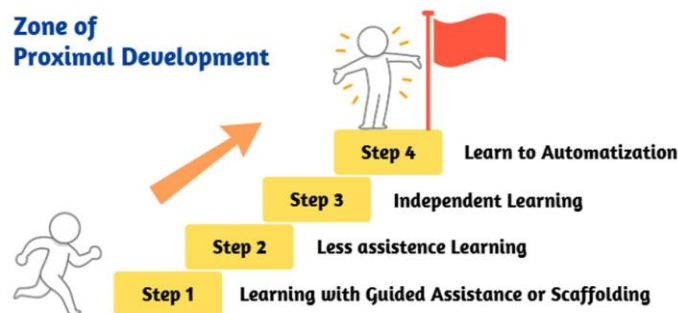


圖 2、ZPD 的四個階段(Warford, 2011)

Wood 等人(1976)將鷹架策略分為以下六種：

- (1) 引發動機和參與(Recruitment)：教師或具能力的同儕應主動引導學生對學習內容產生興趣，透過有意義的情境與策略激發其內在動機，進而提升參與意願，促使學生主動投入學習歷程。

- (2) 降低學習負荷(Reduction in degree of freedom)：將複雜的學習內容加以分解、簡化與結構化，使學生能專注於重點概念與技能的學習，減輕認知負荷，提升學習效率與理解深度。
- (3) 持續性的指導(Direction maintenance)：教學過程中需針對學生的目標持續提供明確的指引與回饋，協助其掌握學習方向，避免偏離預定軌道，確保學習歷程的連貫性與目的性。
- (4) 強調關鍵特徵(Making critical features)：教師應透過多元方式凸顯學習內容中的核心概念與關鍵特性，幫助學生辨識學習重點，縮短理解與目標之間的落差。
- (5) 挫折的控制(Frustration control)：在學生面臨挑戰與困難時，適時的協助其管理情緒、減少挫折感，逐步建立自我解決問題的信心與能力。
- (6) 示範(Demonstration)：教師應從學生的視角出發，理解其學習需求與困難，並透過具體、模組化的示範過程，展示問題解決的方法與策略，以促進學生的模仿、內化與應用。

在實際教學中，鷹架的應用並非靜態，而是隨著學生能力的提升逐步撤除，目的在於將外部協助內化為學生自身的能力，進而促成自主學習(Doo et al., 2020)。因此，ZPD 的發展過程常被解釋為「責任的遷移(Transfer of responsibility)」(Wilson & Weinstein, 1996)。當學習任務過於簡單，學生易感無聊；若挑戰過高，則可能陷入焦慮、挫折或習得性無助(Learned helplessness)。最佳的學習情境即是維持於 ZPD 之內，既具有挑戰性，又能在鷹架支持下完成學習任務(Warford, 2011)。

傳統的鷹架多依賴教師或同儕的協助，但在教學場域中，教師很難給予每位學生都提供即時且個人化的指導，而同儕合作學習亦常因互動品質差異而影響支持效果。因此，在生成式 AI 技術日益成熟的情況下，有機會成為不受時間與空間限制的工具，能夠長時間、即時地回應學習需求，具備作為「全天候學習鷹架」的潛力。然而，教師與同儕的角色仍不可或缺，生成式 AI 應被視為輔助性工具，與老師和同儕相輔相成，共同建構完整的鷹架系統。本研究正是基於此契機，嘗試探索生成式 AI 在物聯網課程中的鷹架功能，並評估其對先備知識學習成效與學習感知的實質影響。

2. 先備知識對學習的影響

先備知識(Prior Knowledge)是指學生在接觸新知識或技能之前，已具備的相關經驗與理解。這些知識可能涵蓋特定學科的基礎概念、對事物的既有認知模式，或個人過往累積的學習策略與經驗。先備知識的充分程度，往往直接影響學生在後續學習歷程中的理解力、應用能力與整體學習成效(Simonsmeier et al., 2022)。Vygotsky 的 ZPD 則強調，學生能夠在外部支持下完成原本無法獨立達成的任務。

兩者之間存在密切的關聯，亦即，充分的先備知識能拓展學生的 ZPD，因為知識基礎越完整，越容易將新概念與既有理解連結，進而促進更進階的學習(Gehlot, 2021)。

當學生擁有充足的先備知識時，他們在教師引導或同儕協助下，更能迅速進入學習狀態，並成功完成 ZPD 範圍內的挑戰任務。相對地，若先備知識不足，則可能限制學習的廣度與深度，更需要額外的鷹架支援來彌補落差。因此，本研究將生成式 AI 視為補足物聯網課程先備知識的工具，結合教師與同儕的互動支持，協助學生跨越學習障礙，提升學習表現。

相關實證研究也指出，先備知識是學習成效的顯著預測因子，不僅能解釋學生在新任務中的學習表現，還能影響其動機、理解深度與學習策略的運用(Dong et al., 2020; Simonsmeier et al., 2022; Yenilmez et al., 2006)。Dochy (1996)亦強調先備知識具有動態性與多樣性，不僅包括明確的學科知識，還涵蓋學生的認知架構與思維模式，並會隨著學習歷程不斷演變。Portier 與 Wagemans (1995) 從教學設計與評量觀點，將先備知識歸納為三大類：

- (1) 學科導向的先備知識：指學生在接觸特定學習材料之前，已經具備與該學科高度相關的知識與經驗。這類先備知識通常直接影響學生對新內容的理解與應用，並與課程內容在知識結構上具有高度連結。
- (2) 理想必備的知識：指學生在進入特定課程或單元前，應具備的基礎性與關鍵性知識。這些知識不僅幫助學生建立起學習所需的認知基礎，也可作為自我評估的依據，以判斷自己是否已準備好進入新學習階段，進而提升學習成效與自我調節能力。
- (3) 特定領域的先備知識：指學生對某一特定學科或知識領域的既有認識與理解，包括相關背景知識、基本概念及核心原則的掌握程度。這類先備知識不僅影響學生在該領域的學習速度與深度，也反映其跨域整合與推理潛力。

這三種類型的先備知識，能協助教師評估學生的準備狀態，進而設計更合適的鷹架策略。對跨域學生而言，若能在課程開始前獲得生成式 AI 工具的輔助，先行彌補不足的基礎知識，便能更快擴展 ZPD，並在學習過程中透過教師與同儕的協助逐步理解學習內容。

Hailikari 等人(2007)提出了一個結構化模型，作為評估與預測學業表現的理論基礎。該模型融合了 Krathwohl (2002)對教育目標中的知識層次分析、Dochy (1992)關於知識維度的研究，以及 Biggs (1996)的結構性發展理解理論。不同於關注知識發展歷程的觀點，此模型更側重於知識的結構樣態，旨在協助研究者與教師釐清學生所具備的知識組成，進而作為診斷與設計教學的依據。該模型將先備

知識劃分為描述性知識(Declarative Knowledge)與程序性知識(Procedural Knowledge)兩大類。前者強調「知道是什麼」,屬於學生能夠記憶與陳述的知識,例如對事實、定義、概念或理論的理解。在物聯網課程中,這可能表現為學生能夠解釋感測器的功能、區分不同感測器類型,或敘述物聯網的三層架構。相較之下,程序性知識則對應「知道如何做」,即學生是否能運用技能完成任務,例如設計與操作 IoT 裝置,或以程式語言撰寫控制與管理的程式碼。兩者之間具有密切的互補關係,描述性知識提供概念理解的基礎,而程序性知識則是將這些概念轉化為具體行動的能力(Wang et al., 2013)。因此,課程設計若能兼顧兩種類型的知識,便更能有效促進學生的整體發展。

隨著 LLMs 的快速發展,生成式 AI 逐漸展現出在教育領域的潛力。其一大特點在於能夠根據學生的需求,即時生成具體的學習內容與解釋,並提供個人化的學習支持。在基礎知識層面,生成式 AI 能協助學生理解計算機概論、程式語言、資料結構等內容;在網路學習方面,則能提供有關網路拓樸、通訊協定與資訊安全的說明;於程式設計領域,它能即時產生範例程式碼、提供除錯建議,甚至解釋程式運作邏輯;在資料庫學習上,生成式 AI 可輔助學生理解 SQL 指令、資料庫建構原理與連線操作。此外,對於人工智慧相關主題,如機器學習、深度學習與影像辨識等基礎概念,生成式 AI 同樣能給予初步的說明與指導。這些特性使得生成式 AI 成為補足學生先備知識不足的重要工具。

然而,現階段的生成式 AI 仍存在限制,無法完全取代教師或同儕的鷹架角色,尤其是在專業判斷、知識驗證及高層次批判思維的培養。因此,將生成式 AI 視為「輔助鷹架」更為恰當。它能在學生學習過程中填補基礎知識的落差,並即時回應其提問,但仍需透過教師的引導與同儕的互動,來確保知識的正確性與可用性,進一步達成 IoT 知識與技能的學習目標。

3. 生成式 AI 在教學之應用與限制

隨著 ChatGPT 等生成式 AI 工具的興起,越來越多研究指出其在教育領域的潛在價值。Trust 等人(2023)透過探索性研究整理出二十項應用建議,顯示生成式 AI 對於教師與學生皆能提供多元支持。對教師而言,它可用於課程設計、評量輔助、教學改進建議,甚至促進師生與家長之間的溝通;對學生而言,則能提供個人化的學習引導、閱讀與寫作的輔助、創造性思維的啟發以及學習成效的自我檢核。

生成式 AI 的優勢在於自然語言處理能力與「全年無休」的可用性,使其能成為學生隨時可使用的輔助資源(Kuhail et al., 2023)。然而,若要發揮其最大效益,學生與教師皆需具備「提示工程(prompt engineering)」的能力,透過精準提問引導 AI 模型產生更正確且具意義的回應(Lo, 2023)。在本研究的教學場域中,學生

將學習如何設計適切提示，以獲得正確的知識，進而完善先備知識。

在學習內容的支持上，生成式 AI 可依據學生需求，提供涵蓋多種資訊領域的知識，包括計算機原理、程式設計、資料結構、網路協定與資訊安全、資料庫操作，甚至是人工智慧、深度學習與影像辨識的說明。儘管目前的技術尚不足以處理所有專業學習挑戰，但在基礎學習支援上已展現高度可行性。對於無法由生成式 AI 有效回應的部分，教師引導與同儕合作仍是不可或缺的關鍵。

然而，生成式 AI 的使用也引發一系列限制與挑戰。由於 AI 模型是基於大量既有語料進行訓練，缺乏即時存取最新資料的能力，因而可能生成錯誤或不存在的資訊，稱之為 AI 幻覺(Sallam, 2023; Surameery & Shakor, 2023; Temsah et al., 2023)。雖然微軟與 Google 已嘗試將 AI 與搜尋引擎結合，以降低此限制，但使用者仍需保持批判性思維，以避免誤用錯誤或不存在的資訊。再者，模型在與學生互動時可能蒐集敏感資料，並被用於模型的持續訓練，進而引發隱私外洩疑慮(Bozkurt & Sharma, 2023)。由於模型的訓練資料本身可能存在偏見與歧視，生成內容也可能反映出道德或價值偏差(Aydin & Karaarslan, 2023)。這些既有的問題目前仍無法有效透過技術來解決，教師與學生在使用生成式 AI 要時時保持警惕。

此外，教育現場亦觀察到學生將生成式 AI 的回應直接作為作業或報告繳交的情況，進而導致學習態度與學術誠信問題(Sallam, 2023)。這不僅削弱了學生自主思考與知識建構的能力，也可能損害其批判性思維的養成。因此，教師的角色不僅在於引導生成式 AI 的有效使用，更須協助學生建立責任感與正確使用規範。

(四) 教學設計與規劃(Teaching Planning)

1. 教學目標與方法

由於資訊技術的日新月異，物聯網逐漸被應用在各種領域，包含醫療、照護、教育、服務、社交、娛樂、居家、工業、軍事等等。基本的物聯網架構包含感知層、網路層與應用層等三個層次，再結合雲端資料庫、數據分析技術及人工智慧演算法，便能打造多元形式的應用，例如，智慧醫療、智慧居家、智慧照護、智慧工廠、智慧物流、智慧販售、智慧監控、無人駕駛等等(Al-Fuqaha et al., 2015)。本學系學生畢業後多在健康醫療產業服務，亦有部分會到資訊或服務產業，若能熟悉人工智慧與物聯網的整合應用，將有助於開創遼闊的就業機會和競爭優勢。

配合本研究之課程有兩門。碩士班一年級的「智慧物聯網特論」，課程目的為學習智慧物聯網的原理、技術與應用，進而培養學生具備將 IoT 技術應用在智慧健康醫療領域的創新設計與開發之實作能力。課程主要內容包含：物聯網架構與智慧醫療應用、樹莓派與感測器裝置、Python 程式語言與開發套件、機器學習與深度學習、智慧醫療創新發想與系統整合實作，以及智慧物聯網學術論文研討

與評論。由於學生專業較為廣泛，如醫療資訊、醫務管理、臨床醫學、護理、醫學檢驗、呼吸治療等，目前或未來工作不一定是系統開發或資訊服務，因此，課程重點會放在智慧物聯網的整體架構、技術原理、醫療應用、論文研讀及創新發想，只要學生具備基本概念，便有機會把智慧物聯網應用在健康醫療場域，增進全民健康福祉。

課程主要目標包含：

- (1) 能夠瞭解智慧物聯網的基本原理與相關應用；
- (2) 能夠熟悉 Python 程式語言、樹莓派、各種感測器與輸出裝置的系統開發；
- (3) 能夠發揮創造力與想像力，將物聯網技術整合應用在智慧醫療場域；
- (4) 能夠善用生成式 AI 輔助課程學習；
- (5) 能夠閱讀、理解與評論智慧物聯網學術論文；
- (6) 能夠發展良好的自學精神，以及承擔自身的學習責任。

另一門課程為大學部三年級的「物聯網應用實務」，本課程以樹莓派開發板和各式感測器為基礎，結合 Mosquitto MQTT 與 MySQL 資料庫進行物聯網應用實作。課程主要內容包含：物聯網架構與智慧醫療應用、樹莓派與感測器裝置、Python 程式語言與開發套件、物聯網整合實作，以及醫療創新發想與系統開發。本課程之目的在於學習物聯網的原理、技術與應用，進而培養學生具備將物聯網技術應用在健康與智慧醫療領域的創新設計與開發之實作能力。計算機概論、程式語言、資料結構、資料庫原理及資訊網路、資料探勘皆是本學系大學部必修課程，而且會來修課的學生都是對資訊技術比較有興趣的，通常也會額外選修進階程式設計、網站設計實務、動態網頁與資料庫、系統分析與設計、資訊安全技術、人工智慧與機器學習、作業系統原理與實務等課程。因此，學生會有比較好的資訊能力，本課程對於學生的物聯網系統開發與應用能力會比較要求，讓學生藉由這門課強化與整合這三年所學習到的資訊技術，以因應未來的職場環境。

課程主要目標包含：

- (1) 能夠瞭解物聯網的基本原理與相關應用；
- (2) 能夠熟悉 Python 程式語言、樹莓派、各種感測器與輸出裝置的系統開發；
- (3) 能夠發揮創造力與想像力，將物聯網技術整合應用在醫療場域；
- (4) 能夠善用生成式 AI 輔助課程學習；
- (5) 能夠發展良好的自學精神，以及承擔自身的學習責任。

本研究兩門配合課程主要採用原理講解、互動討論、系統實作、論文研討與專題製作等教學方法，學生必須善用生成式 AI 補充先備知識，以擴大自己的 ZPD。

雖然兩門課程的學習目標相近，碩士班課程有多元領域學生參與，會更強調人工智慧與物聯網的整合、臨床實務系統的建構，以及學術論文研讀與探討。而大學部課程修課學生多為本學系學生，特質相近而且比較沒有臨床實務經驗，學生修讀過程式設計、資訊網路、資料庫、資料探勘、人工智慧等課程，然而缺乏整合應用的經驗，因此，課程的重點會放在既有習得知識的整合，學生必須提出一個醫療場域實際需求的議題，完成分組專題報告並且分享心得，從中學習團隊合作精神與溝通協調能力。

本課程基於 Vygotsky (1978) 的近側發展區概念，採用生成式 AI 作為學習輔助鷹架，協助學生擴展近側發展區以開發潛在發展層次。具體策略包含指導學生使用 ChatGPT、Gemini、Claude、Copilot、Grok 等生成式 AI 進行個人化學習規劃、學習資源推薦、應用案例提供、學習評估與回饋、同儕合作學習、即時問題解答，以及先備知識共構。

2. 各週課程進度與教學空間

兩門課程將在本學系專業電腦教室上課，空間可容納 36 位學生，電腦效能可供學生完成人工智慧與機器學習運算，資料庫和各式程式語言將使用開源軟體。雖然有多種開發板可供物聯網課程實用，基於價格與實用考量，本研究主要採用樹莓派，其為一款廣泛用於教育和創客工程的小型單晶片電腦，能夠與 python 程式語言和人工智慧套件緊密結合，課程上會用到各式各樣的感測器和輸出裝置，諸如溫溼度、超音波、人體紅外線、光線、心率、土壤濕度等感測器，以及 LED 燈、蜂鳴器、伺服馬達、沉水馬達、繼電器等輸出裝置，並配合學生專題製作需求，適時添購物聯網設備，以利創新思維的實踐。由於 IoT 是相對新興的領域，尚未找到完全符合本課程規劃所需要的已出版教材，因此，本研究課程會使用逐年更新的自製教材，以符合教學的需求。

3. 學生成績考核與學習成效評量工具

本課程對於學習成效評量以及學習輔助措施，主要區分為課程開始之前、課程前期、課程中期、課程後期，以及課程結束之後等五個階段。

- (1) 課程開始之前：發展物聯網先備知識測驗，讓學生自我評估和瞭解課前的基礎資訊知識，並在學校網路學習平台放置教學影片、自製教材，或線上開放式課程的連結，讓有興趣選課的學生可以補充他們的先備知識。
- (2) 課程前期階段：由於無法預期所有選課學生都完成課前評量和先修課程。因此，會在第一周上課的時候正式測量學生的基礎資訊知識概念，並且讓學生撥空補足必要的先備知識。這些先備知識多為程式設計、資訊網路、資料庫原理、人工智慧、機器學習等基本概念。在第四周以後會讓學生熟悉生成式 AI 的使用，以及瞭解與應用個人化學習規劃、學習資

源推薦、應用案例提供、學習評估與回饋、同儕合作學習、即時問題解答，以及先備知識共構。

- (3) 課程中期階段：學生必須完成與報告專案構想與進度規劃，以及評估其創新性與可行性。此外，還需要完成期中考試，以了解學生的學習狀況，並調整教學方式。
- (4) 課程後期階段：在課程後半階段，學生必須展示與報告物聯網專案系統，並在互相交換測試後，給予改善建議。此外，還要進行期末考試，以評估本研究教學模式的實質成效，並且衡量教學模式對於學生主觀感知的影響。最後進行質性深度訪談，瞭解學生對於教學模式的實質意見與建議，以作為未來課程改善依據。
- (5) 課程結束之後：學習不會因為課程結束而中斷。在學期結束之後，會依照學生的興趣和需求，指導學生完成專利申請、國科會大專生計畫、創新創業競賽、專題競賽或系統開發驗證等任務。這些因修課延伸出來的項目並沒有學分或成績要求，純粹是學生自我理想的實現，學習成就是最好的回饋。當學生願意不斷挑戰自我時，對於他們未來的就業和發展將會有很大的幫助。

兩門課程之學生成績考核方式一致，包含課堂參與(20%)：上課出席率、課堂表現與討論；平時作業(20%)：課間練習、課後作業；階段評量(30%)：期中考試、期末考試；專案實作(30%)：期中專案構想與進度規劃、期末作品展示與成果分享。由於本研究搭配之課程以實作為主，因此，減少階段評量(期中考、期末考)的占分比重。

(五) 研究設計與執行方法(Research Methodology)

1. 教學模式設計

當 ChatGPT、Gemini、Claude、Copilot、Grok 等生成式 AI 陸續開放使用後，末學在上一個學年的課程中，已嘗試讓學生在課堂上遇到不能理解的問題時，先詢問這些生成式 AI，包含資訊基本知識的問題、程式碼錯誤訊息的處理、創新概念的發想等，通常可以先行處理掉一小部分的問題，提高對上課內容的理解，只是還沒有使用系統性的策略和方法來建構生成式 AI 的教學模式，及評估其實質效用。

基於研究目的，本研究提出以下七大策略讓生成式 AI 能夠成為擴展學生 ZPD 的即時輔助鷹架：

- (1) 個人化學習規劃：配合課程進度，會提早三周給予學生先備知識的評量和補充建議，例如，即將上到資料儲存時，會在網路學習平台進行資料

庫建置、SQL 語法、PHP 程式等概念的測驗，讓學生盡早知道自己還有什麼先備知識不足的部分，再請學生利用生成式 AI 協助完成學習規劃，以利後續物聯網的學習。例如，學生詢問「我要在六天中，每天花 2 小時學會 SQL 語法，請協助規劃學習內容進度。」ChatGPT 的部分回答如下，學生可以再依據自己的程度進行學習規劃的調整，以符合個人化的學習需求。

📅 六天 SQL 查詢速成規劃

Day 1：SQL 查詢入門

- 觀念
 - `SELECT ... FROM ...`
 - 選取特定欄位 vs. 全部欄位 (`SELECT name, age` vs. `SELECT *`)
 - 欄位別名 (`AS`)
- 練習
 - 查詢所有學生資料
 - 只顯示學生姓名與年齡，並設定中文欄位別名

Day 2：WHERE 條件過濾

- 觀念
 - `WHERE` 條件
 - 比較運算子 (`=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`, `<>`)
 - 邏輯運算子 (`AND`, `OR`, `NOT`)
- 練習
 - 查詢年齡大於 20 的學生
 - 查詢「年齡大於 20 且科系是 CS」的學生
 - 查詢「不是 CS 科系」的學生

Day 3：進階篩選

- 觀念
 - `BETWEEN ... AND ...`
 - `IN (...)`
 - `LIKE` (模糊查詢)
 - `IS NULL` / `IS NOT NULL`
- 練習
 - 找出年齡在 18 到 22 之間的學生
 - 查詢科系屬於「CS」或「EE」的學生
 - 找出名字中帶有「an」的學生

Day 4：排序、限制與聚合

- 觀念
 - `ORDER BY` + 升冪 `ASC` / 降冪 `DESC`
 - 限制筆數 `LIMIT` (或 `TOP`)
 - 聚合函數：`COUNT()`, `SUM()`, `AVG()`, `MIN()`, `MAX()`
- 練習
 - 找出年齡最大的前 3 位學生
 - 計算學生總人數
 - 計算每個科系的平均年齡

Day 5：分組與 JOIN

- 觀念
 - `GROUP BY` + `HAVING`
 - `INNER JOIN`
 - `LEFT JOIN` / `RIGHT JOIN`
- 練習
 - 統計每個科系的學生數
 - 找出學生人數大於 5 的科系
 - `students` 與 `courses` 表格連接，查詢學生修課清單
 - 找出沒有修課的學生

Day 6：綜合應用實戰

- 觀念
 - 結合 `SELECT`、`WHERE`、`ORDER BY`、`GROUP BY`、`JOIN`
 - 撰寫稍微複雜的查詢
- 練習
 - 查詢每門課程的學生數，並顯示前 3 名最多人的課程
 - 查出 GPA 最高的學生 (排序或子查詢)
 - 查詢「修過兩門以上課程的學生」

(圖片來源：ChatGPT)

- (2) 學習資源推薦：依據學習規劃，除了可自行尋找線上教材或學習資源外，亦可讓生成式 AI 根據學生的學習規劃和需求，推薦相關的學習資源，將有利學生擴展他們學習物聯網時的知識基礎。
- (3) 應用案例提供：除了課程作業之外，學生也可以請生成式 AI 提供實際應用案例的說明。例如，學生詢問「智慧物聯網如何被應用在需要低溫保存藥品的物流過程？」ChatGPT 回答如下，雖然有使用詞彙上的差異，但是已經很接近實際低溫藥品的運送原則。學生還可以依據這個案例要求生成式 AI 出題目給學生進程式設計自主練習，甚至讓生成式 AI 提供解答給學生參考。

1. 即時監測 (Real-time Monitoring) - 在運輸車輛、貨櫃、冷藏箱中裝設 溫度、濕度感測器，即時監測藥品的保存環境。 - 感測器資料會透過 LoRa、NB-IoT、4G/5G 或 Wi-Fi 傳送到雲端平台。 - 若溫度超出藥品標準範圍 (例如 2-8°C)，系統能立即發出警示通知給物流人員。	4. 異常預警與風險管理 (Alerts & Risk Mitigation) - IoT 系統設定 臨界值警報：一旦溫度過高/過低，會透過 簡訊、APP、Email 立即通知管理人員。 - 可結合 AI 預測模型，在設備可能故障或溫控異常前，先行預測並派遣維修或調度。 - 減少因冷鏈中斷造成藥品損壞的風險。
2. 自動化控制 (Automated Control) - 冷鏈車輛或倉庫內的 IoT 系統可與 冷卻裝置連動。 - 當溫度偏離範圍時，系統會自動啟動或調整冷氣機、製冷設備，避免人工干預延誤。 - 結合 能源管理，也能在保護藥品的同時，優化能源使用。	5. 法規遵循與稽核 (Compliance & Audit Trail) - 智慧物聯網能自動記錄全程環境數據，生成 不可篡改的數據日誌。 - 這些數據可作為 藥品管理法規 (如 GDP, GSP) 稽核的依據。 - 保證藥品在正確條件下運輸與保存，降低責任風險。
3. 位置追蹤與可視化 (Tracking & Visibility) - 搭配 GPS 模組，IoT 系統可追蹤藥品的運輸位置與狀態。 - 物流管理平台能提供 全程可視化：顯示藥品在哪裡、溫度是否穩定、何時抵達目的地。 - 有助於醫療機構或藥廠即時掌握供應鏈狀況。	6. 延伸應用 - 與 區塊鏈 結合，確保冷鏈數據不可篡改，提升藥品溯源透明度。 - 與 雲端大數據分析 結合，找出物流流程中的潛在問題，提升效率。 - 與 邊緣運算 整合，讓感測器能在本地端先做快速反應 (例如自動調整冷卻設備)，再上傳雲端。

(圖片來源：ChatGPT)

- (4) 學習評估與回饋：利用生成式 AI 提供即時的評估和反饋，以讓學生了解與改善自己的學習問題。例如，學生寫了一支 Python 的資料庫連結程式，但是出現了不可預期的程式碼錯誤提示如下：

```
Traceback (most recent call last):
  File "C:\Users\CWWei\PycharmProjects\qq\main.py", line 1, in <module>
    import mysql.connector
ModuleNotFoundError: No module named 'mysql'
```

此時，將錯誤提示貼給 ChatGPT，它會提供並說明解決方案如下，雖然有時候仍會有無法解決程式碼的問題，這時候就可以透過同儕協助的方式來做為鷹架輔助策略。

解決方式

1. 安裝 MySQL Connector

在命令列 (cmd/PowerShell/Terminal) 執行：

```
bash
pip install mysql-connector-python
```

或是如果你在 PyCharm，建議在專案的 專屬虛擬環境 裡安裝：

```
bash
pip install mysql-connector-python
```

(可以在 PyCharm → File → Settings → Project: xxx → Python Interpreter 裡確認安裝)

2. 檢查 Python 環境是否正確

有時候你可能有多個 Python 版本，pip 安裝到別的地方了。你可以用這兩個指令確認：

```
bash
which python
```

或在 Windows 用：

```
bash
where python
```

然後再比對 PyCharm 使用的 Interpreter 是否一致。

(圖片來源：ChatGPT)

- (5) 同儕合作學習：教師亦能透過生成式 AI 更全面地了解和掌握學生所面臨的學習問題，以及促進同儕之間的合作學習。例如，ChatGPT 有一個分享連結的功能，它可以產生一個獨特的 URL，該網址對應到一個特定的 ChatGPT 對話，教師可以善用這個功能引發學生對特定議題的討論，或讓學生分享學習過程中對問題的理解。學生可以觀摩其他同學對生成式 AI 的提問方式、解決問題的最佳答案或增進任務小組的溝通效率。教師也可以透過分析學生對生成式 AI 的提問，掌握尚未被解決的進階問題，以提供適時的學習引導和支持。
- (6) 即時問題解答：雖然學生很認真的在課前補足先備知識，但是在上課過程仍會遇到新的學習問題，這時候便可以善用生成式 AI 提供即時的問答和指導，協助學生瞭解教師的上課內容，以避免先備知識不足而影響學習成效。由於目前生成式 AI 所提供的答案不一定正確，教師也要指

導學生善用網路查詢資源確認答案的正確性，以養成良好的自主學習素養。

- (7) 先備知識共構：本研究延伸醫學教育中常見的「共筆」模式，要求學生每週整理學到的先備知識，並將內容分享給同儕。透過集體筆記的建構與補充，學生能加深對課程內容的理解，並在討論中逐步建立知識體系。

2. 研究對象

本研究搭配之課程為 113 學年度上學期碩士班的智慧物聯網特論，以及下學期大學部的物聯網應用實務，皆為 3 學分，為期 18 周的選修課程。研究對象為高雄醫學大學的學生，修課人數分別為 7 及 25 人，共計 32 人，女性 23 位(72%)、男性 9 位(28%)，由於碩士班課程與其他系所有衝堂問題，因此，選修人數比原先估計的少 5 位，而大學部則多 5 位，總人數符合原先計畫的修課人數估計。大部分學生都期望在健康醫療體系或企業單位從事資訊或管理相關工作，並且希望具備良好的資訊能力，以獲取競爭優勢。

3. 研究方法與工具

由於本學系每屆只有一個班級，為確保每位學生都有公平的受教權益，無法採用較嚴謹的實驗組/控制組或隨機指派實驗。本研究採用準實驗設計研究法，在第四周導入本研究教學模式，並以量化與質性方式評估學生的學習成效。說明如下：

- (1) 學科測驗：於第 1、9、18 周實施與課程相關的先備知識與學科測驗，以了解學生的實際學習狀況，第 1 周尚未開始上課，以其測驗成績作為基線期，再分別與第 9 與第 18 周的測驗成績進行重複量測 ANOVA 檢定，以檢驗學習成績是否有顯著提升。雖然這個檢驗不具實質意義，因為有學習，成績就一定會有進步，但是從測驗結果可以看出學生的學習問題，大部分學生答錯的題目表示該知識可能無法從生成式 AI 獲得足夠的協助，需要老師加強指導。
- (2) 問卷調查：為了評估對於本研究教學模式的主觀感知，依據既有學術研究之相關量表加以修訂，並配合課程需求，設計出溝通感知、合作感知、學習鷹架感知，以及學習成效感知等四種量表。這些量表經過三位領域專家審查，以確保其內容效度。這些學習感知問卷於第 4 與第 18 周施測，再以成對樣本 T 檢定檢驗本研究教學模式介入後，學生的主觀感知是否有顯著提升。
- (3) 質性訪談：於學期末進行隨機抽樣，每門課訪談五位學生，以了解學生對於本研究教學模式的學習感受與意見回饋。主要問題包含：本課程之教學策略，是否有助於逐步引導你完成學習任務？哪幾個策略對你的學

習有所幫助？本課程使用生成式 AI 作為學習鷹架，是否有助於你建立或擴展物聯網的相關先備知識？對於以生成式 AI 作為輔助學習工具，你有什麼感覺或想法？生成式 AI 是否會讓你過度依賴？是否有助於提高你的想像力或創造力？對你是否造成學習行為的改變？

本研究使用四種量表以多元角度評估學生的學習歷程與感受，兼顧認知、情意、技能以及團隊互動等層面。這些量表不僅有助於分析生成式 AI 在物聯網課程中的學生主觀感受，也能為後續課程優化與教學模式改善提供實證依據。茲將各量表分別說明如下，皆採用李克特(Likert scale)五點量表進行評分，所有構面的 Cronbach's α 值皆在.70 以上，符合良好的信度水準。

- (1) 溝通感知量表：為評估學生在課程活動中，與同儕溝通互動的主觀感受，本研究根據 Parsell 與 Bligh(1999)提出的跨專業學習準備度量表(Readiness for Interprofessional Learning Scale, RIPLS)進行調整。該量表涵蓋團隊合作、角色與責任，以及團隊成效等三個構面，共計有 12 個題項，Cronbach's α 值分別為.780、.792、.805。
- (2) 合作感知量表：為深入了解學生在修課過程中，對於團隊合作學習的感受與評價，本研究改編 Hoegl 與 Gemuenden (2001)所提出的團隊合作品質(Teamwork Quality, TWQ)量表，從原始量表中擷取與本研究情境最具關聯之協調、貢獻、互助與努力等四項構面，共計 12 題，Cronbach's α 值分別為.851、.761、.823、.765，用以衡量學生的合作體驗。
- (3) 學習鷹架感知量表：為探討學生在接受生成式 AI 協助的學習過程中，對於學習鷹架設計的主觀感受，量表設計參考 Thuy 與 Huan(2019)、Sebbah (2021)之相關問卷，並融入鷹架理論後進行調整。整體分為四大構面，包括引發動機和參與、減輕學習負擔、學習目標管理，以及挫折的控制，總共設計 13 個題項作為測量依據，Cronbach's α 值分別為.759、.781、.779、.760。
- (4) 學習成效感知量表：為了解學生在透過生成式 AI 進行輔助學習後，對自身學習先備知識掌握程度的主觀評價。教育心理學家 Benjamin Bloom 博士於 1956 年提出了 Bloom's Taxonomy，將教學活動與學習評量分為認知(cognitive)、技能(psychomotor)與情意(affective)等三大類(Bloom, 1956)。本研究參考 Rovai 等人(2009)所發展的感知學習量表進行修改，共計 9 個題項，Cronbach's α 值分別為.839、.751、.720，用以反映學習成效的主觀感受。

4. 研究實施程序

第一週進行課程導論與研究實施說明，並讓學生簽署知情同意書，強調若未

參與實驗，將不會影響其任何受教權益，老師也不會有任何偏見，所有的學習資料皆不會進行分析與揭露。由於課程仍為正規課程，因此，所有的學生都必需要出席上課、繳交作業，以及參加考試，唯未參與實驗的學生可以不用填寫任何形式的問卷。如果學生想要中止實驗，可以在任何時間向老師表明意願，該生便可即刻中止實驗的參與。本研究實施規劃如表 1，未陳述實施項目內容的部分為僅有課程授課。

表 1、研究實施規劃

週次	實施項目	說明
1	-期初學科測驗 -教學實踐研究說明、知情同意書簽署	-評量學生上課前的智慧物聯網先備知識 -說明本研究目的與實施程序、可能帶給學生的效益、受試者權益保護，以及簽署知情同意書
4	-期初學習感知問卷 -生成式 AI 教學模式導入	-評量學生在使用生成式 AI 教學模式前，對於課程傳統教學方法的主觀感知 -讓學生熟悉生成式 AI 的使用，以及瞭解個人化學習規劃、學習資源推薦、應用案例提供、學習評估與回饋、同儕合作學習以及即時問題解答的鷹架策略
9	-期中學科測驗 -期中專案構想與進度規劃	-進行期中考試，以了解學生的學習狀況，並調整教學方式 -讓學生報告專案構想與進度規劃，以及評估其創新性與可行性
17	-期末作品展示與成果分享	-讓學生展示與報告物聯網專案系統，並在互相交換測試後，給予改善建議
18	-期末學科測驗 -期末學習感知問卷 -期末質性深度訪談 -期末課程滿意度問卷	-進行期末考試，以評估本研究教學模式的實質成效 -評量學生在使用生成式 AI 教學模式後的主觀感知，以衡量教學模式對於學生主觀感知的影響 -進行質性深度訪談，以瞭解學生對於教學模式的實質意見與建議，以作為下個學期課程改善依據 -實施學校官方版的課程滿意度問卷調查，以了解學生對於課程的滿意程度

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

1. 教學過程與成果

由於配合課程各學期修課人數皆少於 30 人，因此，為了符合母數統計的原則，以下皆以總人數 32 人的數據進行分析。

(1) 先備知識學習成效分析結果與討論

表 2 顯示三個不同階段之先備知識學習成效的重複量數 ANOVA 分析結果，從平均數可以看出，期初階段為課程尚未導入生成式 AI 鷹架策略之評量結果，其平均分數遠小於期中與期末，三個階段之間的整體測驗分數差異達顯著水準 ($F(2, 62) = 327.67, p < .001$)。進一步以 Bonferroni 校正事後比較顯示，期初與期中($t = -18.11, p < .001$)、期初與期末($t = -26.52, p < .001$)，以及期中與期末($t = -4.78, p < .001$) 之間皆存在顯著差異。結果指出學生的先備知識測驗表現隨著生成式 AI 鷹架策略的導入而顯著提升。

在課程期初階段的測驗中，學生的物聯網先備知識平均分數為 42.81 分，顯示大部分學生在程式設計、網路通訊、資料庫等相關知識仍有明顯不足。經過 18 週的課程學習與生成式 AI 鷹架策略的應用後，期末先備知識的平均分數提升至 78.28 分，相較於期初測驗有顯著進步，證實本研究設計的教學模式對於學生的先備知識學習成效具正向影響。

表 2、先備知識學習成效之重複量數 ANOVA 分析結果

階段	平均數	標準差
期初	42.81	7.61
期中	71.56	6.41
期末	78.28	7.41

先備知識測驗的顯著進步顯示生成式 AI 能有效扮演學習鷹架，特別是在學生面對程式除錯或資料庫操作等實作挑戰時，提供即時且個人化的支援，使其能快速補足先備知識不足的落差。這與 Vygotsky 的近側發展區理論相呼應，說明在適當的學習支援下，學生能跨越原本無法獨立完成的學習門檻。再者，本研究觀察到不同專業背景的學生在學習過程中皆受惠於生成式 AI 的輔助，尤其非資訊背景的學生能透過生成式 AI 的引導，降低學習焦慮感並逐步建立對技術知識的理解，進而縮小跨域學習的差距。

然而，也必須注意生成式 AI 雖然能夠顯著提升先備知識的掌握，但學生若過度依賴，可能忽略批判性檢視與深度思考。因此，在課程設計中，教師仍須透過專案實作、問題導向學習與同儕合作等方式，引導學生將所學知識內化並靈活應用，避免流於單純依賴工具獲取答案的狀況。

(2) 溝通感知分析結果與討論

本研究透過成對樣本 t 檢定分析學生於期初與期末在溝通感知構面之變化，結果如表 3 所示，學生在修課後於所有構面均呈現顯著進步，顯示生成式 AI 鷹架策略對於學生的團隊互動經驗具正向影響。團隊合作構面由期初的平均數 3.30 提升至期末的 3.99 ($t = 5.483$)，反映本研究教學模式促進了學生之間的互動與共學行為，特別是在分組實作與案例研討中，生成式 AI 提供即時輔助與資源補充，

讓學生更願意參與溝通。Caratozzolo 等人(2025)的研究結果亦指出，在以生成式 AI 導向的跨領域課程中，AI 不僅作為任務自動化的工具，更扮演促進個體深度參與和跨知識背景互動的橋樑，亦強化了團隊中成員間的資訊交換、問題探究意願與共同知識建構歷程，進而有效提升整體學習動力與協作品質。

角色與責任構面從期初的 3.26 顯著提升至 4.14 ($t=6.358$)，顯示學生在溝通過程中對個人任務的覺察與承擔程度提高。Kasneci 等人(2023)亦發現，當學生使用生成式 AI 輔助任務規劃與回饋自我任務表現時，角色自覺顯著提升，有助於培養主動承擔的態度。在團隊成效構面上，從期初的 3.22 顯著提升至 4.20 ($t=6.044$)，說明學生認為團隊整體表現有所提升。Farshad 與 Fortin (2025)在工程設計課程中發現，透過生成式 AI 即時回饋機制，學生能更有效地修正溝通落差與誤解，提高協作任務效率，這與本研究觀察相符。

綜合來看，整體溝通感知平均由 3.27 顯著上升至 4.10 ($t=8.760$)，證實本教學模式可有效改善學生在跨領域合作中的溝通品質。此結果亦與 Law 等人(2025)針對真實問題解決中之合作學習所指出的觀點一致，他們認為生成式 AI 能做為溝通媒介強化器，提升問題陳述、觀點整合與共同決策的效率。

表 3、溝通感知之成對樣本 T 檢定分析結果

構面	期初		期末		t 值	p 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
團隊合作	3.30	.657	3.99	.400	5.483	< .001
角色與責任	3.26	.577	4.14	.479	6.358	< .001
團隊成效	3.22	.626	4.20	.610	6.044	< .001
全部	3.27	.380	4.10	.312	8.760	< .001

(3) 合作感知分析結果與討論

本研究分析學生在課程前後對於合作歷程之感知變化，如表 4 所示，結果顯示學生在所有構面皆呈現顯著提升，整體平均值由期初的 3.45 提升至期末的 4.27 ($t=7.183$)，驗證生成式 AI 於教學活動中有助於強化學生合作意識與品質。協調構面之提升($t=4.454$)顯示生成式 AI 可作為中介工具，促進學生之間的任務分配。Loo 等人(2025)在嵌入式系統設計課程的研究中也指出，生成式 AI 可提升學生在挑戰導向任務中的協作調整能力，強化團隊互補。在貢獻構面，學生從期初平均 3.33 提升至 4.06 ($t=4.054$)，反映生成式 AI 輔助環境能激發個體積極表現與自我角色認同。Tummala 等人(2025)指出，在團隊任務中導入生成式 AI，不僅提升了學生的任務參與度，更讓學生能清楚理解自身在團隊中的價值角色，進而增強學習投入與主動性。

而互助構面($t=7.403$)亦有顯著增長，說明生成式 AI 不僅支援個人學習，也促成學生之間的知識交換與策略互補。Farshad 與 Fortin (2025)亦發現，生成式 AI

所提供的即時回饋機制，有效提升工程設計學生的團隊互助與共創能力。在努力構面的提升($t=4.422$)則顯示生成式 AI 能減輕學習壓力，使學生更願意專注於任務執行與目標達成。Zhao 等人(2025)指出，透過生成式 AI 促成的人機對話式程式學習模式，能有效提升學生的計算思維能力與學習態度，並促進主動參與和任務投入，展現生成式 AI 在複雜問題解決中的輔助學習潛力。整體而言，這些結果呼應 Law 等人(2025)指出的 AI 合作模型，在學生面對複雜任務時，生成式 AI 不僅提供內容支援，更建構出具反思性與情境化的合作場域，有助於促進更深層次的知識建構與同儕關係建立。

表 4、合作感知之成對樣本 T 檢定分析結果

構面	期初		期末		t 值	p 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
協調	3.36	.780	4.35	.657	4.454	< .001
貢獻	3.33	.678	4.06	.596	4.054	< .001
互助	3.41	.747	4.38	.485	7.403	< .001
努力	3.43	.668	4.26	.713	4.422	< .001
全部	3.45	.432	4.27	.397	7.183	< .001

(4) 學習鷹架感知分析結果與討論

為探討生成式 AI 在課程中是否能作為有效的數位學習鷹架，本研究採用成對樣本 T 檢定，分析學生於本教學模式導入前後對於生成式 AI 做為學習鷹架的感知變化。結果如表 5 所示，整體學習鷹架感知平均由期初的 3.36 顯著提升至期末的 4.18 ($t=7.760$)，證實本教學模式在促進自主與自律學習扮演正向角色。在引發動機和參與構面($t=5.106$)，學生顯示出更積極的學習投入，與 Hilliger 等人(2025)的研究一致，他們發現生成式 AI 所建構的蘇格拉底式對話設計能刺激學生批判性思考與自我提問，進而提升動機與參與感。減輕學習負擔構面($t=5.611$)之提升，顯示生成式 AI 所提供的即時範例、錯誤診斷與操作建議，有效降低學生在面對高技術門檻任務時的認知負荷。Huang 等人(2025)於 Python 課程實驗中證實，使用生成式 AI 提供的多層次鷹架提示，可顯著降低學生認知負擔，並提升其程式表現。

在學習目標管理構面中($t=5.828$)，學生更能有效規劃與追蹤學習進度，這與 Mittler (2025)的個案研究結果一致，該研究指出生成式 AI 可幫助高教學生調整時間管理與任務拆解策略，有助於克服執行功能困難。挫折控制構面亦有顯著提升($t=5.327$)，說明生成式 AI 的自然語言互動情境，使學生在遭遇失敗或困難時，更傾向於採取修正策略而非逃避。Rezai 等人(2024)則指出，在 English as a Foreign Language (EFL)學習情境中，使用生成式 AI 能促進學生的語言學習互動，並透過情緒調節歷程提升其信心與情緒福祉，進一步增強其自我調節能力。總而

言之，生成式 AI 在本研究兩門課程中已不僅僅是資訊查詢工具，更實質扮演學習鷹架提供者重要角色。

表 5、學習鷹架感知之成對樣本 T 檢定分析結果

構面	期初		期末		t 值	p 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
引發動機參與	3.28	.724	4.17	.529	5.106	< .001
減輕學習負擔	3.29	.649	4.12	.593	5.611	< .001
學習目標管理	3.56	.589	4.33	.506	5.828	< .001
挫折控制	3.23	.631	3.94	.614	5.327	< .001
全部	3.36	.395	4.18	.353	7.760	< .001

(5) 學習成效感知分析結果與討論

本研究針對學生在完成課程後的學習成效感知進行量化分析，從認知、技能與情意三個層面探討學生自我學習評估的變化。根據表 6，整體學習成效感知由期初的 3.60 提升至期末的 4.26，且三個構面皆達顯著提升($p < .005$)，顯示本教學模式的導入對學生知識理解、技能應用與學習態度皆具正面效益。在認知構面中($t=3.115$)，學生於期末在生成式 AI 輔助下，對課程內容相關的先備知識理解更加深入。Heredia (2025)指出，生成式 AI 能促進學生的理解性學習，特別是在準備考試與內容統整上，能針對學生弱點提供個人化支持，有效強化高等教育中的認知成效。

技能構面亦是本研究中提升相當顯著的面向($t=5.364$)，顯示生成式 AI 能即時回饋學生物聯網操作建議與問題處理，提升其技術實作能力與錯誤修正效率。Zapata-Rivera 等人(2024)證實，生成式 AI 作為數位導師，不僅能提供技能輔導，亦能根據學習歷程個別調整任務挑戰度，有助於技術精進與技能熟練。而在情意構面($t=4.506$)，學生表現出更高的正向情緒經驗。Yang (2025)指出，生成式 AI 能有效提升學生對學習任務的控制感與參與感，並促進情緒調節與自信心建立，透過強化理論觀點展現其作為情意學習媒介的潛力。整體而言，生成式 AI 的導入不僅改善學生對於知識與技能層面的學習成效感知，更形塑積極的學習態度與意願，建構出一個良好的學習環境。

表 6、學習成效感知之成對樣本 T 檢定分析結果

構面	期初		期末		t 值	p 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
認知	3.51	.723	4.19	.799	3.115	.004
技能	3.66	.675	4.36	.511	5.364	< .001
情意	3.64	.619	4.26	.506	4.506	< .001
全部	3.60	.477	4.26	.429	5.202	< .001

(6) 本研究實質產出與對教學領域的貢獻

本研究在推動生成式 AI 輔助物聯網課程教學的過程中，主要產出以下成果，期望能在教學實踐與學術領域具有實質影響力。

- A. 學生競賽成果：學生團隊於校內外競賽中共獲得 4 項獎項，本研究不僅提升了學生的專業知識與技能，也強化了跨域整合與創新應用的能力。
- B. 教育期刊論文發表：本研究共發表 2 篇教育相關期刊論文，代表本研究在學術界獲得專業認可，為相關領域的後續研究提供了理論與實務基礎。
- C. 國籍學術研討會交流：本研究於研討會發表 3 篇論文，其中 2 篇榮獲最佳論文獎，也代表研究成果受到國際學界的高度肯定。
- D. 成果分享與專業社群推廣：研究成果已於 5 場成果分享會中公開發表，並成立 1 個教師專業成長社群，推動教師之間的經驗分享與教學革新，進一步擴散教學實踐研究對教育現場的影響力。

2. 教師教學反思

綜合本研究先備知識學習成效與四大學習感知構面的分析結果，顯示生成式 AI 在物聯網課程中的應用，已不僅侷限於工具層次的輔助角色，更能夠實質轉化為教與學歷程中的「即時互動學伴」與「策略性學習鷹架」。不論在溝通協作的促進、團隊合作的深化、學習策略的支持，或是學習成效的強化，皆極具潛力，本研究驗證了生成式 AI 輔助教學的潛力。

在兩門課程中，學生總共發展了 15 件醫療物聯網專案，包含用藥提醒與記錄、睡眠品質監測、空氣品質監測、自動化住院飲食分量記錄...等，再再都展現了學生對於物聯網技術的理解和掌握程度，亦能實踐在促進健康醫療環境的改善。尤其是在課程中結合生成式 AI 鷹架策略，讓學生更願意主動參與課程活動。過去 Vygotsky「近側發展區」理論的促成者是以教師和同儕為主，本研究證實 AI 工具亦可以成為良好的協作夥伴。

然而，生成式 AI 的輔助教學潛力仍需建立在良好的教學設計基礎之上，教師的引導角色與 AI 的技術支援方能形成互補關係，發揮最大效益。在本研究的基礎上，未來可以進一步發展特定專業領域的大語言模型、能記住學生能力與風格的個人化 AI，以及持續優化 AI 工具、教師與學生之間的教學協作關係。

3. 學生學習回饋

整體而言，學生的回饋呈現出課程對於資訊技術自信建立、跨領域合作學習、理論與實務結合，以及自我反思與精進具有正向回饋。顯示本課程在生成式 AI 融入物聯網課程教學中，不僅強化了知識習得，也促進了學生在情意與技能層面的發展，展現出課程設計與教學模式的實務價值。學生認為生成式 AI 的導入確實有助於彌補先備知識不足、強化自主學習、提升溝通合作與增進自我效能。然

而，他們同時也清楚意識到生成式 AI 的侷限性，並在教師的引導下學會將其作為輔助工具而非完全依賴的答案來源。這些回饋顯示本研究所建構的教學模式在支持學習的同時，亦培養了學生批判思考與自我反思的能力，有助於將運用生成式 AI 的良好能力運用到其他課程中。茲將學生回饋歸納出以下幾個主要層面：

- (1) 課程內容貼近生活與專業：學生回饋指出，教師在課程中不僅教授操作材料與方法，還能舉例說明其在日常生活與臨床醫療中的應用情境，並透過實際的程式撰寫與裝置操作，讓學生更容易理解物聯網技術的價值。當學生能夠成功完成任務時，會感受到高度的成就感與自信，顯示此課程有效連結了理論與實務，提升了學習動機。
- (2) 跨域合作促進學習成效：有學生特別提到，跨分組合作的設計，讓自己與不同背景同學共同學習與成長，這樣的合作不僅增強了知識交流，也培養了學生的團隊合作與跨領域溝通能力，符合本研究所強調的異質性學習小組價值。
- (3) 課程設計能引發反思與改進：學生提及影像辨識的學習經驗，讓其思考如何進一步完善期末報告，顯示課程中設計的挑戰性任務不僅能提供實作經驗，更能引發學生的自我反思與持續改進，這與近側發展區及鷹架理論相呼應。
- (4) 數位鷹架支持先備知識的補充：多數學生認為，生成式 AI 在學習過程中扮演了即時輔助工具的角色，特別是在程式設計、網路通訊與資料庫等先備知識不足的情況下，能迅速獲得基礎概念與程式範例的解釋。這降低了因先備知識不足所帶來的挫折感，讓學習動機得以維持，並有助於他們逐步將課堂內容與個人專業知識進行連結。
- (5) 自主學習與問題解決能力的提升：部分學生反映，雖然一開始會依賴生成式 AI 來解決程式錯誤或技術疑問，但在教師的引導下，他們逐漸學會如何提出更精確的問題，並進一步檢視 AI 回覆的正確性，而不是不加思索地照單全收。這樣的過程不僅提升了資訊檢索與批判性思考的能力，也讓學生意識到 AI 並非答案的終點，而是引導探索的起點。
- (6) 學習互動與合作經驗的擴展：在異質性分組的合作學習中，生成式 AI 成為小組討論的共同資源。學生會彼此分享與生成式 AI 的互動經驗，並將生成的解答轉化為討論素材。這種人機協作結合同儕互動的模式，促進了學生之間有更好的交流，並讓學習氛圍更具參與感與活力。
- (7) 學習信心與應用動機的提升：部分非資訊背景的學生表示，過去對於物聯網與 AI 技術存在畏懼感，而生成式 AI 的即時回應降低了學習的門檻。當他們能在課堂專案中成功應用所學，並整合生成式 AI 提供的資

源時，對自己具備跨域應用能力的信心大幅增加，也進一步啟發在健康醫療場域中應用 IoT 的興趣。

- (8) 對生成式 AI 侷限之認知：雖然整體回饋偏向正面，但學生亦指出，生成式 AI 的回覆有時存在錯誤、過度簡化或不符合邏輯的情況，若未經檢驗可能導致誤用。因此，他們認為教師在課堂上強調批判性檢視與正確性驗證的提醒是必要的，這也讓學生逐漸養成不依賴單一來源，而是多元參考與比較的良好習慣。

(七) 建議與省思(Recommendations and Reflections)

在本教學實踐中，末學深刻體認到，生成式 AI 在即時輔助與概念釐清上能夠提供學生很好的協助，然而過度依賴亦可能抑制學生的獨立思考與問題解決能力。教師需重新定位自身角色，由傳授者轉為引導者，設計跨域學習任務並培養學生的後設認知與批判思維。茲將末學的建議和省思說明如下：

1. 如何有效轉化基礎概念的理解到有意義的知識整合能力

本研究實施後，末學深刻體認到，學生雖然能逐步掌握物聯網的基礎概念，但如何將零散的知識內化並轉化為可應用於實務的整合能力，仍是一大挑戰。生成式 AI 在提供即時解釋與案例方面確實發揮了輔助功能，協助學生快速釐清基礎概念。然而，要使學生真正具備「舉一反三」的能力，教師仍需設計跨單元的學習任務，讓學生透過專案實作將基礎知識鏈結為更高層次的理解。末學認為教學設計不僅要著重於概念傳遞，更要關注知識轉化的過程與學習情境的建構，亦即讓學生具備有紮實的後設認知能力，才有助於自主學習能力的養成。

2. 生成式 AI 對學生獨立思考與解決問題能力的影響

在課程中，生成式 AI 的導入降低了部分學生的學習焦慮，使其能快速獲得程式除錯或知識補充。然而，末學也觀察到，若學生過度依賴 AI 工具，可能會減少自主推理與獨立解決問題的機會。因此，如何引導學生「善用」而非「依賴」AI 工具，並透過討論與批判性分析，讓學生學會辨別 AI 工具的回應品質和正確性，將有助於強化其獨立思考和判斷能力。此外，從查找文獻的過程中，也發現一些與本研究不一致的研究結果，顯然在不同的情境下，生成式 AI 導入教學現場會有不同的影響。因此，教師在使用 AI 工具時應當要特別小心其可能引發的不良效果。

3. 樣本數受到限制無法採用進階統計分析

由於班級人數有限，本研究無法採用更嚴謹的研究設計(如實驗組、控制組設計)和統計方法(如進階的回歸或結構方程分析)，研究設計因此存在一定限制。雖然透過重複量數 ANOVA、成對樣本 T 檢定，以及質性訪談仍能獲得有價值的

觀察，但仍無法將研究結果概化至更大範圍的群體。未來，若教學實踐研究計畫能開放跨校或跨系合作，有可能彌補樣本數不足的問題，並讓研究結果更具概化性。

4. 教師角色重新定位與挑戰

生成式 AI 的介入不僅改變了學生的學習方式，也迫使末學重新思考教師的角色定位。過去教師多扮演「知識傳授者」，而現在更像是「學習引導者」與「思維促進者」。如何在生成式 AI 提供大量訊息的情境下，協助學生辨別資訊真偽、深化知識理解，並建立自主學習的態度，是末學在教學實踐中面臨的新挑戰。這種角色的轉變也讓我重新思考教學的核心價值，即讓學生認識 AI 工具的優勢和局限，讓 AI 工具成為強而有力的協作夥伴，進而發展更高層次的後設認知能力與跨域專業素養。

二、參考文獻(References)

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE communications surveys & tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- Aydin, Ö., & Karaarslan, E. (2023). Is ChatGPT leading generative AI? what is beyond expectations?. *Academic Platform Journal of Engineering and Smart Systems*, 11(3), 118-134.
- Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, 15(17), 12983.
- Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. O. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, 7(1), 52-62.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347-364.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Handbook I: cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2023). Challenging the status quo and exploring the new boundaries in the age of algorithms: Reimagining the role of generative AI in distance education and online learning. *Asian Journal of Distance Education*, 18(1). DOI: 10.5281/zenodo.7755273
- Caratozzolo, P., Chans, G. M., & Dominguez, A. (2025,). Continuing engineering education

- for a sustainable future. In *Frontiers in Education* (Vol. 10, p. 1629507). Frontiers Media SA.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444-452.
- Cordero, J., Torres-Zambrano, J., & Cordero-Castillo, A. (2024). Integration of generative artificial intelligence in higher education: Best practices. *Education Sciences*, 15(1), 32.
- Dochy, F. (1992). *Assessment of prior knowledge as a determinant for future learning*. Utrecht: Uitgeverij Lemma B.V.
- Dochy, F. J., Moerkerke, G., & Martens, R. (1996). Integrating assessment, learning and instruction: Assessment of domain-specific and domaintranscending prior knowledge and progress. *Studies in Educational Evaluation*, 22(4), 309-339.
- Dong, A., Jong, M. S. Y., & King, R. B. (2020). How does prior knowledge influence learning engagement? The mediating roles of cognitive load and help-seeking. *Frontiers in Psychology*, 11, 591203.
- Doo, M. Y., Bonk, C., & Heo, H. (2020). A meta-analysis of scaffolding effects in online learning in higher education. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(3), 60-80.
- Farshad, S., & Fortin, C. (2025). AI-driven feedback for improving teamwork and learning in collaborative engineering design. *Proceedings of the Design Society*, 5, 459-467.
- Gehlot, L. (2021). Cognitive Development by Zone of Proximal Development (ZPD). *The Journal of Education, Culture, and Society*, 12(2), 432-444.
- Hailikari, T., Nevgi, A., & Lindblom-Ylänne, S. (2007). Exploring alternative ways of assessing prior knowledge, its components and their relation to student achievement: A mathematics based case study. *Studies in Educational Evaluation*, 33(3-4), 320-337.
- Heredia, J. (2025). Enhancing Student Exam Preparation with Generative Artificial Intelligence. In *6th International Conference on Artificial Intelligence in Education Technology*.
- Hilliger, I., Pérez-Sanagustín, M., Villalobos, E., Ferreira, R., & Gonzalez, C. (2025). Scaffolding learning scenarios with a socratic chatbot: insights from educators. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 155-161). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Huang, A. Y., Lin, C. Y., Su, S. Y., & Yang, S. J. (2025). The impact of GenAI-enabled

- coding hints on students' programming performance and cognitive load in an SRL-based Python course. *British Journal of Educational Technology*, 56(5), 1942-1972.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
- Kiess, J. (2022). Learning by doing: The impact of experiencing democracy in education on political trust and participation. *Politics*, 42(1), 75-94.
- Kopetz, H., & Steiner, W. (2022). *Internet of things*. In *Real-time systems: design principles for distributed embedded applications* (pp. 325-341). Cham: Springer International Publishing.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218.
- Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., et al. (2023). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technology*, 28, 973-1018.
- Law, N., Wang, N., Ma, M., Liu, Z., & Lei, L. (2025). The role of generative AI in collaborative problem-solving of authentic challenges. *British Journal of Educational Technology*. DOI: 10.1111/bjet.70010
- Lo, L. S. (2023). The CLEAR path: A framework for enhancing information literacy through prompt engineering. *The Journal of Academic Librarianship*, 49(4), 102720.
- Loo, J., Chen, Y., & Chai, K. K. (2025). Transforming embedded systems design course: GenAI-empowered CDIO-based authentic assessment with challenge-based learning. In *2025 6th International Conference on Information Technology and Education Technology (ITET)* (pp. 30-35). IEEE.
- Manickam, P., Mariappan, S. A., Murugesan, S. M., Hansda, S., Kaushik, A., Shinde, R., & Thipperudraswamy, S. P. (2022). Artificial intelligence (AI) and internet of medical things (IoMT) assisted biomedical systems for intelligent healthcare. *Biosensors*, 12(8), 562.
- Mittler, S. (2025). Harnessing generative AI to overcome executive dysfunction in higher education: A case study. In *Proceedings of the 11th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'25), Valencia, Spain, June 17–20*. Universitat Politècnica de València.
- Pavlik, J. V. (2023). Collaborating with ChatGPT: Considering the implications of generative artificial intelligence for journalism and media education. *Journalism & Mass Communication Educator*, 78(1), 84-93.

- Portier, S. J., & Wagemans, L. J. J. M. (1995). The assessment of prior knowledge profiles: A support for independent learning?. *Distance Education*, 16(1), 65-87.
- Rezai, A., Soyooof, A., & Reynolds, B. L. (2024). Disclosing the correlation between using ChatGPT and well-being in EFL learners: Considering the mediating role of emotion regulation. *European Journal of Education*, 59(4), e12752.
- Rovai, A. P., Wighting, M. J., Baker, J. D., & Grooms, L. D. (2009). Development of an instrument to measure perceived cognitive, affective, and psychomotor learning in traditional and virtual classroom higher education settings. *The Internet and higher education*, 12(1), 7-13.
- Sallam, M. (2023). ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: Systematic review on the promising perspectives and valid concerns. *Healthcare*, 11(6), 887.
- Sebbah, L. (2021). Assessment in blended learning: EFL students' perceptions of continuous formative assessment in writing class. *Aleph*, 8(2), 291-312.
- Simonsmeier, B. A., Flaig, M., Deiglmayr, A., Schalk, L., & Schneider, M. (2022). Domain-specific prior knowledge and learning: A meta-analysis. *Educational Psychologist*, 57(1), 31-54.
- Surameery, N. M. S., & Shakor, M. Y. (2023). Use ChatGPT to solve programming bugs. *International Journal of Information Technology & Computer Engineering (IJITC)*, 3(01), 17-22.
- Temseh, O., Khan, S. A., Chaiah, Y., Senjab, A., Alhasan, K., Jamal, A., ... & Senjab, A. M. (2023). Overview of early ChatGPT's presence in medical literature: Insights from a hybrid literature review by ChatGPT and human experts. *Cureus*, 15(4), e37281
- Trust, T., Whalen, J., & Mouza, C. (2023). Editorial: ChatGPT: Challenges, opportunities, and implications for teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 23(1), 1-23.
- Tummala, V. S., Burris-Melville, T. S., & Eskridge, T. C. (2025). AI as a Team Member: Redefining Collaboration. *Journal of Leadership Studies*, 18(4), 67-80.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, X., Su, Y., Cheung, S., Wong, E., & Kwong, T. (2013). An exploration of Biggs' constructive alignment in course design and its impact on students' learning approaches. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 38(4), 477-491.
- Warford, M. K. (2011). The zone of proximal teacher development. *Teaching and Teacher*

Education, 27(2), 252-258.

- Wass, R., Harland, T., & Mercer, A. (2011). Scaffolding critical thinking in the zone of proximal development. *Higher Education Research & Development*, 30(3), 317-328.
- Wilson, A., & Weinstein, L. (1996). The transference and the zone of proximal development. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 44(1), 167-200.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Yang, H. (2025). Harnessing generative AI: Exploring its impact on cognitive engagement, emotional engagement, learning retention, reward sensitivity, and motivation through reinforcement theory. *Learning and Motivation*, 90, 102136.
- Yenilmez, A., Sungur, S., & Tekkaya, C. (2006). Students' achievement in relation to reasoning ability, prior knowledge and gender. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 129-138.
- Zapata-Rivera, D., Torre, I., Lee, C. S., Sarasa-Cabezuelo, A., Ghergulescu, I., & Libbrecht, P. (2024). Generative AI in education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1532896.
- Zhao, G., Yang, L., Hu, B., & Wang, J. (2025). A generative artificial intelligence (AI)-based human-computer collaborative programming learning method to improve computational thinking, learning attitudes, and learning achievement. *Journal of Educational Computing Research*, 07356331251336154.

三、附件 (Appendix)

無。