

重視STEM教師的AI人機協作 專業發展需求

林坤誼*

國立臺灣師範大學
科技應用與人力資源發展學系
特聘教授

摘要

在面對人工智慧快速發展的時代，科學—科技—工程—數學（STEM）教師應該如何妥善因應此一衝擊，提早透過專業發展強化與人工智慧進行人機協作的的能力，應該是未來十分值得關切的重要課題。本文主要引用幾篇重要的系統性文獻回顧分析文章，介紹生成式人工智慧與STEM教育的現況與趨勢、AI人機協作的迷思與挑戰，並據此研提面對AI人機協作挑戰的可能因應策略。期能藉此提醒STEM教師重視培養AI人機協作的重要性。

關鍵詞：人工智慧、人機協作、專業發展、科學—科技—工程—數學

* 通訊作者：林坤誼，通訊方式：linkuenyi@ntnu.edu.tw
DOI:10.6249/SE.202606_77(2).0009

在面對未來快速變遷的社會與科技發展衝擊，跨領域人才的培育愈來愈受到重視，許多國家皆希望培育跨領域的人才，以因應未來的挑戰。教育部高等教育司於 2024 年推動彈性學制，鼓勵各大學規劃校學士以培養更多的跨領域人才。面對此一發展趨勢，中小學所重視的科學、科技、工程、數學教育（Science, Technology, Engineering, & Mathematics Education, STEM Education）除了培養跨領域能力之外，在面對人工智慧（Artificial Intelligence, AI）的衝擊，該如何進行因應，便十分值得關切。本文主要引用多篇系統性文獻回顧分析的重要結果，並據此剖析 STEM 教師的 AI 人機協作專業發展需求，期能藉此協助關心 STEM 教育的教育工作者，能夠妥善的規劃適切的因應策略，以提早準備 STEM 教師未來所需的重要關鍵能力。

壹、生成式人工智慧與 STEM 教育的現況與趨勢

生成式人工智慧（Generative Artificial Intelligence, GAI）的迅速發展已成為當代教育領域最具轉型力量的發展之一。隨著 ChatGPT 等 GAI 工具的出現，教育界開始探索 GAI 在支持個別化學習、創意表達與課堂互動中的潛力（Edwards et al., 2025, Marzano, 2025）。根據 2022 至 2025 年間 Web of Science 與 Scopus 期刊的研究成果，可見此領域正在快速發展與結構化，相關文獻涵蓋從 K-12 到高等教育的多個層級（Marzano, 2025）。此外，Xu 和 Ouyang（2022）針對 2011 年至 2021 年的文獻進行系統性文獻回顧分析，針對人工智慧應用在 STEM 教育領域的做法，歸納出以下幾個重要的類別：（1）學習預測：學習表現預測、學生風險預測；（2）智能教學系統：教學內容傳遞、個別化學習路徑建議、資源建議；（3）學生行為偵測：學生行為分析、學生行為監控；（4）自動化：自動化評量、自動產生問題；（5）教育機器人：程式設計機器人、社交機器人；（6）其他：AI 教科書、群體形成。Xu 和 Ouyang 所切入的重點，比較偏向在以學生為主體，但較無法確實反應 AI 應用在 STEM 教師培訓的觀點。

倘若從師資培育的角度切入，在 K-12 教育體制與師資培育體制的脈絡中，GAI 的應用展現出多重面向的潛力。Marzano（2025）進行迄今最全面的系統性回顧，整合 2016 年至 2024 年間近 200 篇研究。其分析指出，GAI 具有高度潛力可促進個別化教學、強化形成性評量並提升教育包容性；然而，這個研究同時也揭露教師訓練不足、機構政策缺乏與倫理議題未被妥善解決等重大挑戰（Gomez et al., 2025; Marzano, 2025）。在具體應用方面，Lee 等人（2024）探討 ChatGPT 在混成學習中的應用，發現基於 GAI 的對話能促使學生反思其推理歷程，使評量轉變為更具互動性與回饋導向的過程。

而有關 GAI 應用在 STEM 教育的範疇中，GAI 也呈現其關鍵的價值。例如 Zeeshan 等人（2024）提出一個以 ChatGPT 支持探究式理工科教學的實務框架。他們的研究發現，學生

在與 AI 進行結構化對話時，不僅對複雜概念的理解更深刻，也發展出更高層次的後設認知覺察。El Fathi 等人（2025）進一步展示生成式 AI 如何在 STEM 教育中提升學生概念理解、減少迷思概念與增進接受度。Ahmed 等人（2024）評估 ChatGPT 作為初階程式設計課教學助理的有效性，結果顯示使用 AI 工具的學生相較於使用傳統教學支援的學生展現更高的學習投入與問題解決能力。Hsu 與 Hsu（2025）則將生成式 AI 繪圖融入遊戲化學習環境，發現此方法能有效強化學生的運算思維。這些實證研究共同指出，GAI 在 STEM 教學支援上具有顯著優勢，但其有效性高度依賴教師的教學設計與引導能力（Ahmed et al., 2024）。

貳、AI 人機協作的迷思與挑戰

在師資培育領域的相關研究中，透過協作、社群以進行專業發展已是重要的趨勢。而在 STEM 教學中，如何透過協作以培養學生的關鍵能力，同樣受到重視，例如 Ong 等人（2026）在針對整合 STEM 學習設計進行探討時，並提出透過協作審議的方式，培養未來跨領域人才所需要的協作、溝通、批判思考以及創造力。亦即，在 STEM 教學過程中，學生間以及學生與 STEM 教師之間如何進行協作，便是重要的課題。然而，在面對 AI 人機協作時，STEM 教師在進行教學設計的過程中，更容易面對以下的迷思與挑戰，值得 STEM 教師進行反思。

一、人機協作的迷思：人機協作必然產生效益

許多人普遍人為，若能將人類的創造力、直覺與 AI 的速度、分析能力進行整合，那麼勢必會帶來突破性的成果，換言之，人機協同效益（Human-AI Synergy）應該是必然的現象。然而，這是真實的現象？抑或者是迷思概念呢？Vaccaro 等人（2024）在 *Nature Human Behaviour* 發表一篇系統性的文獻回顧研究，他們綜合分析 2020 年至 2023 年間，探討有關人機協同研究的 370 個效果量之後，提出一個令人訝異的研究結果：「平均而言，人機協作團隊的表現，顯著差於人類或者 AI 中表現最佳的一方。」然而，此一人機協同效益的迷思，並不代表人機增益（Human Augmentation）的失敗，他們更深入探究之後發現，若同時檢視協同效益與人機增益兩個指標，那麼 AI 的加入確實能夠顯著提升人類的表現。因此，依據 Vaccaro 等人（2024）以及相關研究（Gomez et al., 2025; Hemmer et al., 2025）的研究結果，現階段的關鍵課題是：「人機協作該如何發揮真正的效益？」、「如何實踐人機真正的雙向、動態對話功能？」以及 STEM 教學團隊教師該如何妥善與 AI 進行協作，才能發揮真正的效益？

二、人機協作的任務類型是決定成敗的分水嶺

在 Vaccaro 等人（2024）的研究中發現：「任務的性質對於人機協同效益有顯著的影響。」

在決策型任務（Decision Tasks）中，例如研究對象需要做分類、診斷、預測等選擇時，協同效益會有顯著的績效損失（ $g = -0.27, p = 0.002$ ）；然而，在創造型任務（Creation Tasks）中，研究對象需要創造開放式的內容（如寫作、設計、生成圖像）時，協同效益則會展現績效增益（ $g = 0.19, p = 0.18$ ）（Vaccaro et al., 2024）。因此，若透過前述的研究結果，協同效益在創造型任務中更有可能出現，而在決策型任務中則普遍存在挑戰。依據此一重要的研究結果，在 STEM 教師的專業發展模組中，不同任務類型的人機協作專業發展課程是否也會具備類似的成果？以決策型任務而言，當 STEM 教師與 AI 協作進行學生在 STEM 專題的表現進行評量，抑或者預測學生在 STEM 專題評量的表現時，是否反而會有績效損失的情形？而以創造型任務而言，當 STEM 教師與 AI 協作一起設計 STEM 專題的學習情境、學習經驗時，是否能夠展現績效增益的情形？便十分值得進行深入的探討。

參、面對 AI 人機協作挑戰的可能因應策略

透過前述的剖析，不難發現 STEM 教師需要透過專業發展，才能培養 AI 人機協作的的能力，進而設計出培養學生未來所需的 AI 人機協作能力，以解決更複雜的跨領域問題。以下主要點出幾點重要的策略，以作為未來參考的依據。

一、建構AI支援的人機協作之STEM教師專業發展的理論模式迫在眉睫

綜觀系統性文獻回顧之研究趨勢，STEM 教育研究之未來重點應致力於多元化之拓展（Takeuchi et al., 2020），尤當面對人工智慧（AI）科技的迅速崛起與衝擊，如何將 AI 與 STEM 教育進行深度融合，已成為當前學術界與教育現場之核心課題。針對有關 2011 年至 2021 年間將 AI 科技導入 STEM 教育之相關研究結果，亦明確指出未來仍需持續探究如何透過人工智慧科技之有效應用，以進一步提升 STEM 教育之轉化潛力（Xu & Ouyang, 2022）。由於 Vaccaro 等人（2024）點出人機協作效能的迷思，以及未來應該更進一步設計創新的人機協作流程，因此如何建構 AI 支援的人機協作之 STEM 教師專業發展的理論模式迫在眉睫（Gomez et al., 2025; Gupta et al., 2025）。此外，此一觀察亦與 Surahman 及 Wang（2023）之系統性文獻分析結果不謀而合，顯示當前研究與實務之間確實存在顯著缺口。

二、設計創新的「人機協作流程」以培育STEM教師的AI人機協作能力

依據前述的剖析，未來如何設計創新的「人機協作流程」，以讓 STEM 教師和 AI 在各自擅長的子任務中發揮作用，應該是確保人機協同效益的關鍵（Jarrahi, 2018; Vaccaro et al., 2024）。現階段的許多人機協作模式為：「AI 建議、人類決策。」然而，這樣的模式經常會導致績效下降，因此如何探索與設計更智慧的流程，例如依據任務特性進行人類與 AI 的任務

分工，或者依據動態決策讓能力更強的一方來主導任務的分配和流程，便是未來應該深入探討的關鍵課題（Wilson & Daugherty, 2018）。以 STEM 教師在進行團隊導向的課程設計或教學創新而言，便迫切需要設計一套創新的人機協作流程，以讓 STEM 教師和 AI 能夠各司其職，並發揮人機協作的最大效益，以據此培育 STEM 跨領域人才。

肆、結論

透過前述的剖析，本文期望勾勒出未來重視 STEM 教師培養 AI 人機協作的重要性，期待在進行 STEM 教師的專業發展培訓時，能夠妥善納入此一課題，並規劃適切的專業發展活動，以引導 STEM 教師針對不同的任務類型，設計不同的 AI 人機協作任務，以藉此培養學生未來所需的重要關鍵能力。

參考文獻

- Ahmed, Z., Shanto, S. S., & Jony, A. I. (2024). Potentiality of generative AI tools in higher education: Evaluating ChatGPT's viability as a teaching assistant for introductory programming courses. *STEM Education*, 4(3), 165-182. <https://doi.org/10.3934/steme.2024011>
- Edwards, J., Nguyen, A., Lämsä, J., Sobocinski, M., Whitehead, R., Dang, B., Roberts, A.-S., & Järvelä, S. (2025). Human-AI collaboration: Designing artificial agents to facilitate socially shared regulation among learners. *British Journal of Educational Technology*, 56, 712-733. <https://doi.org/10.1111/bjet.13534>
- El Fathi, T., Saad, A., Larhzil, H., Lamri, D., & Al Ibrahim, M. (2025). Integrating generative AI into STEM education: Enhancing conceptual understanding, addressing misconceptions, and assessing student acceptance. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7(6), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00125-z>
- Gomez, C., Cho, S. M., Ke, S., Huang, C.-M., & Unberath, M. (2025). Human-AI collaboration is not very collaborative yet: a taxonomy of interaction patterns in AI-assisted decision making from a systematic review. *Frontiers in Computer Science*, 6, 1521066. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1521066>
- Gupta, P., Nguyen, T. N., Gonzalez, C., & Woolley, A. W. (2025). Fostering collective intelligence in human-AI collaboration: Laying the groundwork for COHUMAIN. *Topics in Cognitive Science*, 17(1), 189-216. <https://doi.org/10.1111/tops.12679>
- Hemmer, P., Schemmer, M., Kühn, N., Vössing, M., & Satzger, G. (2025). Complementarity in human-AI collaboration: concept, sources, and evidence. *The European Journal of Information Systems*, 34(6), 979-1002. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2025.2475962>
- Hsu, T.-C., & Hsu, T.-P. (2025). Teaching AI with games: The impact of generative AI drawing on computational thinking skills. *Education and Information Technologies*, 30, 21499-21518. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13624-3>
- Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577-586. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>
- Lee, H.-Y., Chen, P.-H., Wang, W.-S., Huang, Y.-M., & Wu, T.-T. (2024). Empowering ChatGPT with guidance mechanisms in blended learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(16), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00447-4>

- Marzano, D. (2025). Generative artificial intelligence in teaching and learning processes at the K-12 level: A systematic review. *Technology, Knowledge and Learning*, 1-41. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09853-7>
- Surahman, E., & Wang, T.-H. (2023). In-service STEM teachers professional development programmes: A systematic literature review 2018–2022. *Teaching and Teacher Education*, 135, 104326. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104326>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M.-C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213-253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Vaccaro, M., Almaatouq, A. & Malone, T. (2024) When combinations of humans and. AI are useful: A systematic review and meta-analysis. *Nature Human Behavior*, 8, 2293-2303. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-02024-1>
- Wilson, H. J., & Daugherty, P. R. (2018). *Collaborative intelligence: Humans and AI are joining forces*. *Harvard Business Review*, 96(4), 114-123. <https://hometownhealthonline.com/wp-content/uploads/2019/02/ai2-R1804J-PDF-ENG.pdf>
- Ong, Y. S., Koh, J., Tan, A.-L., & Ng, Y. S. (2026). Productive transdisciplinary. engagement: A framework for integrated STEM learning design. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-026-10331-y>
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9, 59. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>
- Zeeshan, K., Hämäläinen, T., & Neittaanmäki, P. (2024). ChatGPT for STEM education: A working framework. *International Journal of Learning and Teaching*, 10(4), 544-548. <https://www.ijlt.org/articles/2024/IJLT-V10N4-544.pdf>

Emphasizing STEM Teacher's Professional Development Needs in Human–AI Collaboration

Kuen-Yi Lin*

National Taiwan Normal University
Department of Technology Application and Human Resource Development
Distinguished Professor

Abstract

In an era marked by the rapid advancement of artificial intelligence, how Science–Technology–Engineering–Mathematics (STEM) teachers can effectively respond to its impact and proactively enhance their capacities for human-AI collaboration through professional development has become a critical issue warranting increasing attention. This article draws upon several influential systematic literature review studies to examine the current status and emerging trends of generative artificial intelligence in STEM education, as well as the misconceptions and challenges associated with human-AI collaboration. Based on these discussions, potential strategies for addressing the challenges of AI-supported human collaboration are proposed. It is hoped that this article will further raise STEM teachers' awareness of the importance of developing competencies in human-AI collaboration.

Keywords: Artificial Intelligence, Human-AI Collaboration, Professional Development, Science-Technology-Engineering-Mathematics (STEM)

* **Corresponding author: Kuen-Yi Lin**, E-mail: linkuenyi@ntnu.edu.tw
DOI:10.6249/SE.202606_77(2).0009