

「先進人工智慧技術與應用」專題介紹

Special Issue on “Advanced AI Technologies and Applications”

客座主編—丁川康 博士

國立清華大學資訊工程學系教授

歡迎閱讀本期專題「先進人工智慧技術與應用」。在現今人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 蓬勃發展的時代，這些技術正逐步走出實驗室，進入醫療影像、材料研發、智慧製造與日常工作流程。然而，技術能否發揮價值，關鍵不只在演算法和模型表現，更在於它能否理解領域問題、運用可靠資料，並提出可供檢驗的結果。本人受邀擔任《科儀新知》248期「先進人工智慧技術與應用」專題客座主編，很榮幸邀請到國內頂尖學者與專家團隊，從 Agentic AI 的自主決策與治理邊界、半監督多倍率病理影像精準分割、跨尺度晶粒物理與雙尺度材料成型模擬、以及智慧製造外檢的異常理解與可信部署，進行極具深度與前瞻性的剖析，也透過這些研究與實務經驗分享，呈現 AI 落地所需的技術基礎與工程判斷。

在自主決策與人機分工方面，張嘉惠教授於〈Agentic AI 的三年：從工作流到自主決策系統——我們該把哪些判斷交出去？〉一文中，回顧了 Agentic AI 近三年的演進脈絡，從作者以程式代理人處理行政流程的經驗，說明人與電腦的分工如何改變。文章串聯工具介接、脈絡工程、技能檔與執行框架，指出「成果能否驗證」是代理人可靠運作的關鍵，也解釋程式代理人何以率先成熟。作者進一步討論工作重組、人才養成與法律責任，提醒組織及早界定哪些判斷可以授權，以及哪些步驟必須由人確認，為 Agentic AI 的實務導入提出清晰的思考框架。

在醫療影像應用方面，邱建毓教授與詹寶珠教授共同撰寫〈人工智慧半監督式數位病理影像分割方法〉，針對臨床數位病理全幅影像 (WSI) 尺寸龐大、醫師人工標註極為耗時的痛點，提出結合多倍率特徵與半監督學習的精準分割方案。研究團隊設計了包含 MSUnetFusion 與 MSUSegFormer 的多倍率異質 AI 模型，分別運用 CNN 擷取高倍率細胞細節，並以 Transformer 擷取低倍率全域組織關聯，再透過特徵中央融合模組整合雙倍率特徵。為了大幅減少標註需求，團隊提出異質模型交互監督機制，讓兩個不同架構的子模型互相為無標註影像生成偽標籤並計算損失函數，有效避免錯誤偽標籤累積的陷阱，並於肝癌與大腸癌 WSI 實證中，以極低標註量取得優於既有半監督方法的腫瘤區域分割準確率。

人工智慧也為材料研發與製程模擬提供了新的方法，李國碩博士生、魏廷儒博士、以及陳俊杉教授，共同於〈深度材料網路：讓金屬成形模擬看得見晶粒組織〉一文中，提出以深度材料網路 (DMN) 為核心的雙尺度製程模擬技術，解決了傳統 FE^2 雙尺度模擬計算量過大而無法擴展至工業應用的難題。團隊研發的方位感知深度材料網路 (ODMN) 解耦幾何拓撲與晶體方位，僅需線彈性資料即可訓練並直接外插非線性晶體塑性；作者進一步提出的 TACS-GNN-ODMN 框架更能將 EBSD 量測直接推論為材料代理模型，免除換料重新訓練的成本。結合 MPI 平行求解器，團隊嵌入 27,676 個多晶代理模型的全雙尺度深抽與鍛造模擬，實現較傳統 FE^2 等效計算加速三個數量級，且無須任何異向性擬合參數即可精準預測凸耳、回彈與全場極圖組織構演化。

在智慧製造檢測領域，林士智博士候選人與賴尚宏教授，於〈從異常偵測走向理解與行動：人工智慧於智慧製造檢測的技術演進與可信部署〉一文中，全面梳理自動光學檢測 (AOI) 從傳統人工規則、正常資料學習、合成異常，演進至少／零樣本檢測、視覺基礎模型與跨域統一模型的發展歷程。文章指出，檢測技術正從單純劃分正常與異常，邁向結合視覺語言模型 (VLM) 與強化學習 (如 GRPO/EGVLR) 的「異常理解與主動取證」，後者能產生包含影像定位、類型與說明等可驗證的推理證據。作者並強調可信部署不能只看整體準確率，必須分別評估任務準確度、空間定位、因果視覺依賴與部署安全，並依據誤報與致命漏檢的不同單位成本劃定操作點與風險平面，結合決策追溯鏈支援風險決策。

本專題文章的研究對象雖各異，卻共同回應一項重要課題：如何讓 AI 的執行結果成為值得信任的行動依據。作者們皆指出驗證機制與領域知識的重要性，AI 將持續擴展我們的觀察、預測與處理問題能力，而明確的責任分工與持續的實證，則是將這些能力轉化為科研發展與產業效益的基礎。盼透過本專題，邀請讀者一同思考 AI 在各專業領域下一步可應用的空間與待解決的問題。