

李達生帶領 AI 節能， 推動產業與城市能源革新

文字 / 鸞九辰 攝影 / 許宏偉

談 到節能，多數人仍停留在隨手關燈、更換燈泡或升級高性能空調，這些措施雖有幫助，卻難以實現淨零碳排。

為此，總統賴清德推動「深度節能」(Deep Energy Saving) 政策，核心在於導入「智慧能源管理系統」(Energy Management and Information System, EMIS)，而 AI 正是將能源管理從節約提升到主動優化的關鍵引擎。

第八屆國家產學大師、臺北科技大學能源與冷凍空調工程系終身特聘教授李達生，正是這場革命的先行者。相較於多數海外的 AI 節能研究僅停留在理論模擬，他的每項研究皆在真實場域中得到驗證。例如：他與空調大廠台灣日立合作長達七年，將 AI 導入商用空調；另將 AI 結合燃燒控制，讓宜蘭焚化廠營運效率高達九二%，連年獲得環境部績優評鑑，並設立新創公司，將 AI 燃燒控制技術商業化，可提升鍋爐燃燒率達一五%，將 AI 節能研究轉化成實際商業價值。

AI 空調主動優化，舒適與節能同步提升

導入 AI 的節能有何不同？李達生以臺灣夏秋高濕環境為例，民眾習慣將空調設定在攝氏二十八度以為省電；經 AI

分析發現，在高濕度下即使是攝氏二十八度，室內仍感悶熱。因此，系統會提升送風速度改善濕度，不僅單純降溫，還兼顧舒適與節能。

「更進階的 AI 還能主動預判情境。」他指出，每到夏季，學生一進教室就把冷氣調至強冷，未來，AI 空調可依課表、人數及日照，在學生進教室前預冷，下課前逐步調升溫度，使舒適與效率同步提升，其核心祕訣在於 AI 能處理「近似」或「可能」等模糊條件，有別於傳統運算只提供「大於」、「等於」或「小於」三種絕對答案，讓 AI 擁有近似推理的能力，可基於當前數據推斷最優方案，從被動回應走向主動預判。

推廣節能多年，李達生發現許多建築或中小企業廠房，雖有心導入 AI 節能，卻在過去未安裝數位監控系統，因為缺乏歷史數據而無法訓練模型。

為此，他提出「無模型預測控制」(Model-Free Predictive Control, MFPC) 架構：「不同於傳統 AI 需要大量歷史數據建模，MFPC 利用『強化學習』(Reinforcement Learning, RL) 技術，在即時環境中邊做邊學，猶如棋手下棋般，透過試錯和

李達生

工程領域

第八屆國家產學大師獎

臺北科技大學能源與冷凍空調工程系終身特聘教授



獎勵函式回饋，逐步摸索出最佳控制模式。」這項MFC曾在人潮眾多的南港展覽館之空調箱和送水幫浦馬達上面驗證成功，今年更將與工研院合作，組織產業聯盟，開發相關技術應用於便利超商的冰凍冷藏設備控制。

李達生曾以冷凍機內的「智能閥」(Smart Valves)進行「強化學習」實驗，這些閥門用於調節冰水流量。他將「智能閥——無模型預測控制」系統應用於醫院、辦公大樓、工廠等三個截然不同的場域，結果均可節省約三〇%電能。

不過，「強化學習」也帶來令人不安的一面。李達生坦言：「由於AI是自主決策，很難確切知道它做下一步決策的依據，因此形成難以窺探的黑箱。我們現正積極開發安全性的強化學習(Safe RL)。」由北科大衍生新創企業——旭鴻智能(GasolineAI)計畫明年推出鍋爐用的安全性強化學習控制器，讓AI決策過程可被看見。

標準化萬用AI，有望解決節能痛點碎片化

李達生主持過五十五件產學合作，簽約金額近三億元、技轉逾千萬元。他不僅謙稱：「學術僅占產品成功的一%，其餘九九%都是合作廠商的努力。」同時，還要求每位研究生至少執行一項產學專案。這些豐碩的合作經驗，使他萌生了這個想法：「能否設計一套標準化的AI節能方式，既能對應不同產業場景，也能達到同樣的節能效果？」

這個想法源自二〇〇四年李達生與中華電信合作開發智慧節能網路 (Intelligent Energy Network, IEN) 的經驗。他回憶：「過程中，我們發現每個廠房的節能難點各不相同。有的著眼於照明，有的聚焦空調，還有空壓機、冰水主機、加熱鍋爐、馬達等五花八門的設備，導致每個案場都需動員不同領域的專家和廠商技術人員，成本高昂，利潤微薄，難以推廣。」

這就是「萬用人工智慧節能 workflow」(Universal AI workflow) 的由來，其核心概念是：與其為每個客戶客製化，不如將標準化的 AI 決策流程上傳雲端，讓不同企業都能從中受益，無需每年組建專家團隊。

過去十年，李達生團隊與超過一百二十四間不同類型的辦公室、大樓及工廠合作，涵蓋晶圓封裝、生技、鋼鐵、食品等領域，並於二〇二四年論文中發表針對十間工廠的三年實證研究。結果顯示：AI 節能效果雖略遜硬體升級，但投資成本極低，投資報酬率更優，對資本受限的中小企業極具吸引力。

「目前的挑戰在於數據孤島和資安疑慮。」李達生坦言，首先是冰水主機、生產線等不同設備的數據各自獨立；再者，部分業者不願將公司內部資料庫或伺服器數據提供給外部團隊，如同企業人士想使用 ChatGPT 的便利，卻又擔心商業機密被上傳雲端。

目前，李達生嘗試結合地端與雲端模型，讓敏感數據保留在

企業內部，「未來再加上少量樣本學習 (Few-shot learning) 與生成虛擬訓練資料技術，業者只需提供少量樣本便能獲得節能效益，降低導入門檻。」

但他更看好視覺語言模型 (Vision-Language Model, VLM)，「傳統電腦只知道傳感器數據，根本不曉得發生什麼事！透過 VLM，AI 能看見設備與場域，理解真實世界的物理狀況，進而破除孤島效應，實現整合管理。」

高雄燈塔計畫，運用 VLM 實現智慧城市治理

「智慧高雄燈塔計畫」打造城市數位孿生模型 (Digital Twins)，就是視覺語言模型的最新實踐，李達生與合作多年的中華電信數據分公司，在此計畫初期便已展開相關討論，去年起更與該計畫核心企業，在二〇二五年年底獲得輝達 (NVIDIA) 投資的鑫蘊林科 (Linker Vision) 公司展開產學合作，希望將研究重心從單一工廠節能，擴展至整個城市智慧治理與節能減碳的 AI 應用研究。

燈塔計畫利用 VLM，對全高雄市監視器影像進行實時分析。李達生解釋：「不同於傳統監控系統的被動記錄，VLM 採取主動預判，能識別一百零八類異常狀況，如：交通擁堵、即將發生的車禍、鷹架傾倒或違法傾倒垃圾。一旦判定異常，系統即時通知市府相關部門，由人員進行確認與應對。」

VLM 訓練所需數據規模驚人，內含兩千TB 監視器影像、

十萬張罕見異常案例和四百萬組VLM訓練數據；其中十萬張罕見案例，即運用「少樣本學習」，透過舉一反三能力，對未來可能發生的類似狀況進行預判。

「當初是透過中華電信參與燈塔計畫討論，並協助該公司規劃AI2.0架構。現在，則與負責語言模型開發的廠商開始討論進一步產學合作，預計將VLM進一步延伸實現通用人工智能（AGI）。」李達生坦言，身為臺北智慧城市推動辦公室（TPMO）計畫主持人，他的終極目標是把這套VLM體系落實臺北應用，「輝達（NVIDIA）已在臺北落腳，臺北更應該借力使力，除以技術應用來創造近萬個工作機會之外，更由此在通用人工智能領域成為全球應用之先驅城市。」

以建築節能，抵銷「吃電巨獸」AI的高耗能

當年為研發「萬用人工智能節能 workflow」，李達生梳理了一百六十多篇論文；如今他發現，AI至少掌握五千四百多種AI邏輯程式：「我們怎麼跟它拚！」只是隨著AI進化神速，預估二〇三〇年AI將占全球5%的能源消耗。

李達生從容提出解方：「現今，建築能耗占全球總能耗四〇%，其中空調占二〇%。從過往的實驗案例，AI在建築節能可發揮三〇%效果，若真的實現，AI將為全球節省六%電力，這個數字足以平衡AI本身的能耗增長。」

他強調，AI節能的最終目標不只減碳，還包括建築「韌

性」。當極端氣候來臨、電力吃緊時，AI將協助建築度過難關，「尤其當人類善用AI打造建築韌性後，AI會反過來優化自身能源效率，這將是AI與人類協作達到的永續共生。」

