

科技與人力教育季刊

113年 12月號 第十一卷第二期

- ◎ 編者的話.....1-2

- ◎ 副責任編輯的話.....3-4

- ◎ AI提升公共治理能力—培養特定領域非資訊人員的AI素養..... 5-23

- ◎ AI與大數據的政府應用-財政部案例..... 24-35

- ◎ 人力資源管理的新挑戰—人機協作..... 36-53

- ◎ AI與空污及噪音管制的交會..... 54-69

編者的話

丁玉珍博士¹、張文熙博士²

勞動部秘書處處長¹

財政部財政資訊中心主任²

Yu-Jen Ting, Ph.D.¹, Wen-Hsi Chang Ph.D.²

Director of Department of General Affairs, Ministry of Labor, Taiwan¹,

Director General, Fiscal Information Agency, Ministry of Finance²,

本期主要以 113 年 9 月 10 日國立師範大學（科技應用與人力資源發展學系）舉辦，並由行政院人事行政總處、勞動部、環境部、財政部財政資訊中心及工業科技教育學會協辦的「AI 科技應用與人力資源發展研討會—公部門的實踐經驗」之相關簡報內容修改集結而成。本研討會肇因於我們觀察到人工智慧（Artificial Intelligence, AI）應用已在各行各業普及，甚至是優先要務，推測這些特定領域的成功關鍵因素，並非擁有更多資訊技術人員，而是透過深入培養非資訊人員的 AI 素養造成組織能加速 AI 採用。然而，公部門應用 AI 的普及率仍然十分有限，深究原因可能是公部門組織成員主力雖具備本業知識，但缺乏對 AI 技術的認知。如能有效培養擁有領域知識人員兼具 AI 素養，便能有能力跟資訊技術人員深化跨域協作；藉由組織建構共同語言的平臺，才能發揮跨域創新的預期功效。故期能藉由臺灣實證研究經驗了解不同專業領域人才，包括學術界及公部門如何培育特定領域非資訊人員 AI 素養，探討成功案例的成功關鍵因素，因此，本研討會區分由人力資源的發展應備妥運用 AI 的工作能力、臺灣公部門人力資源發展願景及專家觀點三大面向探討，概要如下：

有關 AI 對人力資源生產力的調查不勝枚舉，不論是實證研究或是調查的結果，已證實 AI 有巨大潛力引領人力資源生產力的飛躍，也被冀望可以有效協助人類解決因難的國際性議題。例如歐盟在 2021 年提出「數位歐洲計劃」，包括「雙軸轉型」（Twin Transformation），即永續轉型（Sustainability Transformation）與數位轉型（Digital Transformation），這兩種轉型對組織與人力資源的發展都至關重要。聯合國組織認為 AI 對落實聯合國「2030 永續發展目標(SDGs)」17 項核心目標的措施將發揮至關重要的作用，制定許多將 AI 與 SDGs 連結的創新計劃。2024

年聯合國未來高峰會通過「全球數位契約 (Global Digital Compact)」承諾到 2030 年將努力協助國家建立取得、開發、使用和管理 AI 系統的能力，再再說明具備 AI 素養的重要性。使公部門成員具備 AI 的運用能力，利用不同手段全力推動非資訊人員的 AI 素養普及化成為當務之急。臺灣在這一波浪潮並未落於國際進程之後與國際世界看法相似，故賴清德總統揭示全力推動臺灣成為「人工智慧之島」，2024 年行政院也啟動「行動創新 AI 內閣」，卓榮泰院長在行政院第 3907 次會議提示：「全體公務人員要有 AI 概念的養成」、「訓練充實符合 AI 環境條件的設備，將來可落實到所有公務系統，並推廣到人民生活中。」。行政院卓榮泰院長 2024 年 6 月核定「提升行政院公務人員人工智慧知能實施計畫」，採取全面性培訓策略，涵蓋了行政院各部會高階主管到基層公務員的全面培訓，除了建立各階層對 AI 的認知和共識，並且透過種子人才的培育，培養各機關負責推動 AI 應用的關鍵人才。

本研討會匯集不同領域專家從不同角度剖析非資訊人力的 AI 培育觀點，國立臺灣師範大學副校長陳焜銘表示每一個人幾乎都在談 AI，足見 AI 已經變成各行各業的核心驅動力，包括世界各國公部門都有很多 AI 科技的發展與應用。本期內容包括四篇文章：

- 一、AI 提升公共治理能力—培養特定領域非資訊人員的 AI 素養：本文分析 AI 有潛力解決長久以來公共治理的挑戰，接續從 AI 科技應用與人力資源的視角論述，組織內特定領域非資訊人員具 AI 素養，才能負責任的開發、部署、管理及使用 AI。
- 二、AI 與大數據的政府應用—財政部案例：本文探討稅務行政應用 AI 檢測異常交易和潛在的稅務異常行為，帶來縮小人工查核範圍及顯著治理效益的實證案例；並強調因應 AI 與大數據技術的需要，機關要能善用 AI 潛力的關鍵是必須妥善處理數位轉型必要工作的挑戰，包括重塑作業流程、提升公務員相關技術認知等。
- 三、人力資源管理的新挑戰—人機協作：當 AI 同事成為不可或缺，人機協作成為職場常態，本文從人力資源管理角度探討公務員如何透過人機協作提升公部門的行政效能。
- 四、AI 與空污及噪音管制的交會：空氣污染和噪音污染是影響居民生活品質的兩大主要問題，本文探討環境部使用 AI 監測與管制空氣品質和噪音，帶來顯著的公共治理效益以及對公務員職能轉型的機運與挑戰。

副責任編輯的話

張軒寧

臺師大科技系博士生

PhD student, Dept. of Technology Application & HRD,
National Taiwan Normal University

在國立臺灣師範大學和平校區 I 禮堂舉行的「AI 科技應用與人力資源發展—公部門的實踐經驗」研討會於 113 年 9 月 10 日順利落幕，作為此次活動的負責人，我懷著感激與興奮的心情回顧這場充滿智慧碰撞與創新啟發的盛會。

【聚焦 AI 與人力資源的前瞻議題】

本次研討會旨在探索 AI 如何賦能人力資源發展，特別聚焦於公部門的實踐經驗與挑戰。AI 的發展不僅改變了私部門的運營模式，也正深刻影響著公部門的治理效能。此次活動吸引了來自學界、政府機構與業界的跨領域專家，共計 428 位參與者，其中 236 位為公務員。這樣的規模與參與度，充分顯示出 AI 議題的廣泛關注與實踐價值。

【多元視角的致詞與演講】

活動開始，陳焜銘副校長的開場致詞為我們揭示了 AI 在第四次工業革命中的重要角色。他提到，全球各國正在推動 AI 發展，而其與數位與永續發展轉型的結合，對人力資源的未來意義深遠。

爾後，行政院能源及減碳辦公室副執行長林子倫教授強調了 AI 在公部門中的應用，從數據管理到政策制定，AI 正成為提升公共服務的關鍵驅動力。

緊接著，賴飛熊名譽教授以「AI 的歷史演進與最新發展」為題，帶領我們回顧 AI 的發展脈絡，並深入探討生成式 AI 等技術的應用潛力。透過這些致詞與專題演講，與會者對 AI 在各領域中的實踐價值有了更加全面的認識。

【專題演講的深刻啟發】

本次研討會的專題演講內容豐富且極具啟發性。例如，國立臺灣大學林子倫教授探討了 AI 如何提升公共治理效能，並強調在應用過程中需注意的隱私保護與公平性挑戰。而國立臺灣師範大學孫弘岳副教授則展示了 AI 在面試與人才招募中的應用，透過行為分析與 HRDA 系統

的引入，大幅提升了人力資源管理的效率與精準度。

此外，財政部張文熙主任介紹的 AI TRiSM 框架與環境部蔡孟裕主任秘書分享的智慧判煙系統，讓與會者深刻體會到 AI 技術在公共服務與環境治理中的實際應用。最後，勞動部丁玉珍處長對「人機協作」的深入探討，為 AI 技術在勞動場域的應用提供了更多思考方向。

【跨領域對話的火花】

專題演講後的論壇環節由臺師大科技應用與人力資源發展學系丁玉良主任來主持，跨領域專家針對 AI 應用於非技術領域的人才培訓進行了熱烈討論。這一環節不僅促進了學術與實務界的深度交流，更為未來 AI 在組織中的應用方向提出了具體建議。

與會專家一致認為，AI 技術的普及應用需仰賴跨領域合作，特別是在非技術專業的教育與培訓方面。未來，組織應以系統化的方式推動 AI 技能教育，同時結合法律與倫理框架，確保應用的透明性與公平性。

【未來展望】

此次研討會的圓滿成功，標誌著 AI 科技與人力資源發展的結合邁入新階段。透過跨界合作與實踐經驗的分享，我們深刻認識到 AI 對於人力資源發展的潛在價值與挑戰。未來，國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系將持續推動相關議題的研究與討論，期望為 AI 技術的應用提供更多創新洞見。

做為負責人，我要感謝每一位參與者，正因為大家的共同努力，此次研討會才能如此成功地舉行。我要特別感謝臺師大科技系丁玉良主任對本次研討會的全力推動，以及對於工作團隊大力支持。同時，特別感謝臺師大團隊成員徐翊堯、陳筠婷、周家如、林鈺庭、莊孟喬、洪晨綾，以及勞動部協辦團隊丁玉珍處長、簡敏珊科員等人的辛勤付出與無私奉獻，正是因為大家的合作，此次研討會才能如此圓滿成功。我相信，AI 在公私部門的應用將持續深化，並為我們的社會帶來更多可能性與發展。

AI 提升公共治理能力

—培養特定領域非資訊人員的 AI 素養

Enhancing AI Public Governance Capabilities

— Empower Non-IT Professionals in Specific Fields to be AI-Literate

林子倫

國立臺灣大學政治學系副教授

Tze-Luen Lin

Associate Professor, Department of Political Science

National Taiwan University

摘要

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 於公私部門中具有巨大的發展潛力，本研究旨在剖析 AI 在應對當代重大社會挑戰，諸如氣候變遷、淨零排放目標、勞動力供給不足與人口結構高齡化等複雜議題上的潛在貢獻，並闡明其解決長期以來公共治理困境之可能性。

AI 技術的發展亦伴隨著諸多嚴峻挑戰，包括其日益增長的能源消耗、AI 專案相對較高的失敗率，以及可能衍生之非預期性後果 (unintended consequences)。AI 技術的導入對公部門而言，實為機遇與挑戰並存之雙重局面，故其應用與推展必須秉持極度審慎之態度。

本文接續從 AI 科技應用與人力資源配置的視角論述，組織內部專業領域之非資訊科技背景人員若能具備充分的 AI 素養 (AI literacy)，亦即宏觀且系統性地理解 AI 所帶來的機遇與潛在風險，則能更負責地參與 AI 系統的開發、部署、管理及應用。此不僅是提升 AI 專案成功率的關鍵因素，更是有效降低 AI 系統產出非預期性結果的策略。

最後，本文提出以下政策建言。首先，需採取分層次與差異化的人才培訓策略，針對不同任務屬性與職能需求規劃適切的 AI 技術與倫理培訓課程，以建構符合需求的人力資本。其次，系統性建置 AI 公共應用案例資料庫，藉由政策學習 (policy learning) 了解成功與失敗經驗，加速公部門的 AI 轉型進度。最後，應推動淨零轉型與 AI 技術之深度整合，將 AI 的

數據分析、預測優化等技術應用於能源效率提升、再生能源發展及碳足跡管理，以因應嚴峻的永續發展挑戰。

關鍵詞：人工智慧、公共治理、淨零排放、人力資源管理、AI 素養

壹、前言

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 作為第四次工業革命的驅動力，正促使各工業化國家積極擴大投資，競逐全球 AI 領域的領導地位。伴隨資源的持續挹注，公私部門採納與部署 AI 系統之速度正急遽提升 (Merhi, 2023)。搭載 AI 技術的設備，每秒執行數以百萬計的決策，深刻影響個人生活、工作模式乃至整體組織與商業運作，其未來影響規模預期將更為深遠且廣泛。然而，公眾乃至專業社群對於 AI 的全面性認知與深度理解仍存在顯著的落差 (Casal-Otero et al., 2023)。

由於其便捷性與隱蔽性，AI 正滲透至人類生活、經驗及環境之中，扮演「隱形促進者」(invisible facilitator) 的角色 (Taddeo & Floridi, 2018)，易導致個人在未明確認知的情況下形成「被動採用」(passive adoption) 的現象。此種模式潛藏高度風險，因為可能剝奪社會共同討論導入 AI 之必要性及評估其對人類發展影響的機會 (Truby, 2020)。因此，積極提升全民 AI 素養至關重要，藉此主動掌握 AI 潛能，以增進福祉、應對氣候變遷、淨零排放、勞動力短缺與高齡化等挑戰，最終裨益於永續發展目標之實現 (Taddeo & Floridi, 2018; Truby, 2020)。

因此，個人、組織和政策制定者除了必須對利用 AI 提供巨大的利益和公共價值做好準備及回應 (House, 2019)，更必須強化 AI 培訓 (Casal-Otero et al., 2023)，並且以負責任的方式開發、部署和使用 AI (Van Noordt & Misuraca, 2022)，即使是單純的使用者，也應該是負責任且深思熟慮 (responsibly and thoughtfully) 地使用 AI (Piñeiro-Chousa et al., 2024)。

貳、臺灣發展 AI 的優勢與機會

全球各國政府，以美國與中國為代表，正積極探索運用 AI 提升公共服務品質與效率 (Mikalef et al., 2022)。賴清德總統於 2024 年就職宣言中，揭櫫將臺灣打造為「人工智慧之島」的國家級目標。行政院亦提出「行動創新 AI 內閣」之構想，並於行政院院會中強調，全體公務人員應具有 AI 知能的養成與訓練，以及持續完備 AI 基礎設施，並將推廣落實 AI 技術普及於公務系統運作及民眾生活 (行政院, 2024)。本文後續將深入分析臺灣於 AI 領域的國際競爭力與發展戰略。

一、臺灣的 AI 國際競爭力

AI 的部署正值軍備競賽階段，國際上針對不同國家、地區或國際組織的 AI 發展有不同的評比，本文列舉幾項 AI 競爭力指標，說明臺灣 AI 發展現況：

1. 英國牛津觀點組織 (Oxford Insights) 2024 年發布的「政府 AI 準備度指數 (Government Artificial Intelligence Readiness Index 2024)」，針對政府的 AI 整備程度提出 3 個評分基準 (pillar)：(1) 政府 (Government)：政府發展與管理 AI 的戰略願景，並輔以適當的法規制度與倫理風險考量，以及面對新興科技所需的數位能力；(2) 技術部門 (Technology Sector)：國內科技產業提供充足 AI 服務的能力、是否具有支持創新能力的商業環境和優質人力資本；(3) 數據和基礎設施 (Data and Infrastructure)：AI 工具所需的大量高品質、高可得性、具代表性數據，以及支援 AI 工具用於提供公民服務時必要的基礎設施。針對 188 個國家評比結果如下：美國排名第 1、新加坡排名第 2、南韓排名第 3，臺灣排名第 16 名 (Oxford Insights, 2024)。
2. 英國新聞媒體 Tortoise Media 的「全球 AI 指數 (Global AI Index)」：2024 年研究全球 83 個國家或地區的 AI 競爭力，評估標準包含 3 大指標「投資」、「創新」、「實踐」，共包括 7 個子項目；「實踐」指標包含人才 (Talent)、基礎設施 (Infrastructure)、操作環境 (Operating Environment)；「創新」指標包含研究 (Research)、發展 (Development)；「投資」指標包含政府策略 (Government Strategy)、商業 (Commercial)。2024 年的研究結果美國排名第 1、中國排名第 2、新加坡排名第 3，臺灣排名第 21 名 (Tortoise, 2024)。

由上述分析數據觀之，臺灣 AI 的能力在全球評比中屬於前段班。而另外一項值得關注的重要特色，在於臺灣企業的 AI 模型部署率，也就是開發的模型用於實際生產比例在 50-75% 之間，較全球平均部署率 20% 為高 (葉哲良、李育杰，2022)。因此可證明臺灣有實力及能力展開負責任的 AI 開發、部署、管理與使用，並與 AI 領先國家分享使用 AI 的經驗及建立合作關係，並積極參與全球 AI 治理或國際 AI 政策的研究，提升臺灣 AI 的國際影響力。

二、臺灣的 AI 戰略：人工智慧之島

AI 發展所帶來的挑戰，為確立可信賴之 AI 發展路徑，臺灣至今已實踐 AI 風險管控策略。

為建構完善之 AI 生態系統，並確保 AI 技術之發展與應用符合倫理、法治與社會福祉，也已提出相關政策與戰略，相關內容說明臚列如下：

1. 臺灣 AI 元年與 AI 行動計畫：2017 年被定為臺灣 AI 發展元年，並於 2018 年啟動為期四年的「臺灣 AI 行動計畫」。此計畫將以鬆綁、開放及投資的精神，全力推動 AI 發展，促使產業 AI 化，打造臺灣的 AI 生態系統（行政院，2018）。
2. 臺灣 AI 行動計畫 2.0: 延續前述基礎，2023 年至 2026 年期間推動「臺灣 AI 行動計畫 2.0」（行政院，2023）。此階段之重點為持續深化 AI 人才培育、強化 AI 倫理與法制規範、建構可信任 AI 之發展環境。同時，此計畫亦強調將 AI 應用於解決臺灣所面臨之關鍵社會挑戰，例如勞動力短缺、高齡化社會以及淨零碳排等議題，讓全民皆能受益於 AI。此外亦重視與國際規範及標準之接軌、積極參與國際相關組織，並與 AI 領先國家建立策略性合作關係。
3. 生成式 AI 參考指引：為因應生成式 AI 技術之快速發展與應用，行政院於 2023 年通過國家科學及技術委員會（國科會）所擬定之「行政院及所屬機關（構）使用 AI 生成式參考指引」。該指引之核心精神包括，運用生成式 AI 所產出之資訊應進行適當揭露，並須由承辦人員就風險進行客觀專業之判斷。
4. 人工智慧基本法（草案）：國科會於 2024 年 7 月 15 日預告「人工智慧基本法」（草案）。該草案揭示七大基本原則，包括永續發展、人類自主、隱私保護、資安與安全、透明可解釋、公平不歧視以及問責等，旨在引導 AI 技術之負責任發展與應用。此外，該草案亦明定四大推動重點，涵蓋創新合作及人才培育、風險管理及應用負責、權益保障及資料利用、法規調適及業務檢視，為我國各機關發展與促進人工智慧應用提供指導性原則。

從國家人力資源的政策面觀察，「臺灣 AI 行動計畫 2.0」及「人工智慧基本法」（草案），不僅著重於培養具備 AI 專業技能的人才，更以培養整體 AI 國力的角度，提升全體國民之 AI 素養，顯示人力資源具備 AI 素養已成為國家重要政策方針與職場核心職能。

參、AI 應用領域潛力分析

AI 於公私部門的各領域都有無窮應用潛力，已有實證研究顯示 AI 可支持政府治理職能

的各個面向，並展現卓越績效 (Van Noordt & Misuraca, 2022)。其應用範圍廣泛，從簡單行政管理庶務，例如分派工作、改善運送貨物，到日益複雜的資訊安全、治安、醫學、國防、社會關懷 (Van Noordt & Misuraca, 2022)。甚至以往諸多文獻反對使用的司法領域 (Mehr et al., 2017; Agarwal, 2018; Bullock, 2019)，AI 亦能於維持審判獨立原則之下，協助法官加速審判速度 (De Sousa et al., 2022)，以避免「遲到的正義非正義 (Justice delayed is justice denied)」等問題。更甚者，AI 被認為具有解決當前社會重大挑戰之潛力，例如氣候變遷、淨零排放、勞動力短缺、高齡化社會等議題。

於使用 AI 應對氣候變遷、淨零排放議題面向，聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC) 指出，氣候變遷是未來百年人類面臨的最大挑戰 (IPCC, 2021)，全球溫室氣體 (Greenhouse Gases, GHGs) 排放，特別是碳排放，必須於 2030 年之前降低至少 45%，並於 2050 年達成淨零排放。世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 2023 年強調現有的 ESG 計畫並不足以因應目前氣候變遷的議題，並明確指出：「沒有 AI，我們就無法實現 ESG 目標並應對氣候變遷」(Without AI, we won't meet ESG goals and address climate change) (World Economic Forum, 2023)。

在具體應對氣候變遷之策略上，AI 可應用於提升廢棄物回收比率、預測氣候災害、協助產業停止或減少二氧化碳排放等 (Masterson, 2024)。在提升能源效率面向，AI 可以即時監控和分析用電趨勢，動態調整供電以滿足電力需求，促進改善能源管理、降低成本和排放，提高能源效率和永續性 (Biswas et al., 2024)。在 AI 驅動的演算法和預測分析，即「綠色演算法 (green algorithms)」之面向，AI 可以用於預測和精簡風電場物流成本，提升風電場運營效率 (Piñeiro-Chousa et al., 2024; Nieto-Rodriguez & Vargas, 2023)。最後於交通運輸減碳層面，民眾長期依賴使用的 Google Maps 自 2021 年 10 月啟動節能路線功能，截至 2023 年 9 月，預計已減少 240 萬噸二氧化碳當量排放 (2.4 million metric tons of CO₂e emissions)，相當於減少了一整年 50 萬輛燃油汽車的使用 (Boston Consulting Group, 2023)。

其次，於勞動力短缺、高齡化社會之面向，人口迅速老化、醫療及照護預算有限、醫療及照護專業人員短缺等挑戰，使得醫療及照護系統面臨的壓力日益增加，OECD 建議需進行徹底的政策變革 (OECD, n.d.)，而 AI 有機會貢獻於醫療及照護領域。健康未來 (The Future of

Health, FOH), 這個由全球醫療健康領域資深領袖組成的國際社群, 在研究中指出 AI 具有改變醫療及照護服務提供方式之潛力, 包括改善健康、促進病患安全、提升高品質照護服務的可負擔性與可及性 (Silcox et al., 2024)。2025 年第二屆歐洲健康的未來年會 (2nd annual Future of Health Europe) 亦將焦點放在健康領域的 AI 應用。

此外, 有研究以「提高政府公共治理能力」分類, 指出 AI 有利於提高公部門績效評估與營運管理、提升公民服務品質、精進管制性政策、強化公共政策決策的品質、提高透明度、公民參與等面向的應用潛力 (丁玉珍、林子倫, 2020)。例如 AI 可以提高效率, 協助人類處理繁文縟節, 亦即大量、重複、例行、庶務的工作等, 使人類能夠降低對於繁瑣任務的關注 (Ting et al., 2023), 更能專注於創造性工作。AI 可以比傳統調查技術更準確、更快速、更有效率地發現社會問題和公民偏好 (Höchtel et al., 2016), 或基於「事實 (facts)」檢測數據中異常並做出預測 (Vydra & Klievink, 2019; Van Noordt & Misuraca, 2022), 比過往方法更迅速、更有效地識別人類依據經驗難以察覺的重要關聯或異常點。AI 可以提高一致性 (consistency) 和可靠性 (reliability), 降低人類偏見的風險 (Taddeo & Floridi, 2018)。AI 可以使一般行政流程自動化, 提高效率和效能。AI 的建議可增強 (augmented) 和賦能 (empowered) 工作人員 (Mehr et al., 2017); AI 的脈絡感知推薦技術系統 (Context-Aware Recommender Systems, CARS) 可以幫助人類快速搜尋資料 (Adomavicius & Tuzhilin, 2010)。AI 可以協助政府提升決策品質, 藉由提高公民對政策選擇的參與度, 透過分析公民對各種政策選項的情緒、幫助所有利害關係人形成共識, 使政策過程更具包容性 (Desouza & Jacob, 2017; Kolkman, 2020)。AI 亦能協助草擬採購文件, 識別採購風險, 提高採購效率 (Van Noordt & Misuraca, 2022)。最後, AI 更可以為複雜問題提供新的解決方案同時降低「解決任務」成本 (Taddeo & Floridi, 2018)。

綜上分析, 在不同議題面向皆可舉出 AI 應用的案例。但於公共治理與公共服務面向, 目前主要問題是政府職能應用領域過於集中、進展分散且不平衡, (Dunleavy & Margetts, 2023), 舉例來說, 歐盟使用 AI 的經驗主要是公共服務提供 (public service delivery), 佔了 46%, 其中提供政府資訊的聊天機器人佔了絕大多數, 臺灣公部門的經驗亦是如此。可能原因是公部門使用 AI 相當保守且謹慎 (Mikalef et al., 2022), 且公部門較私部門更重視課責, 若沒有政策學習的對象不敢貿然實施。雖然有應用領域過度集中的現象, 然而進一步分析歐洲各國運

用 AI 於治理之經驗，有助於反饋至後續 AI 應用於公共服務之規劃。

Van Noordt 與 Misuraca (2022) 從政府三個主要治理職能：政策制定、公共服務提供、內部管理，分析歐洲 30 個國家，包括歐盟全部 27 個成員國、挪威、瑞士與英國 250 個基於機器學習的系統案例，AI 主要用於改善公共服務的提供，佔 46%；其次是加強內部管理，佔 30%；只有少量直接或間接協助政策決策，約佔 24%。以下依序說明 AI 於三大主要治理職能的角色：

1. 政策制定：AI 在此領域的應用涵蓋加速社會問題辨識、提升公共政策決策品質、評估政策潛在影響、監督政策實施與評估既有政策執行成效，以及強化公民參與政策制定的廣度與深度。
2. 公共服務提供：此為 AI 應用最廣泛的領域，其中以聊天機器人的部署最為普遍。此外，AI 亦用於提升資訊服務的提供方式、改善公共服務的傳遞機制，以及開發創新性的公共服務模式。
3. 內部管理：AI 在政府內部管理中的應用主要為簡化與改善行政程序和組織結構。其他應用範疇包括調整人力資源配置、提升公部門的服務效率、精進組織財務管理、偵測詐欺及貪腐行為、設施維護與資產管理、精進公共採購流程的精進，以及強化組織網路安全。

肆、AI 應用的挑戰

AI 的應用和挑戰是彼此密切相關且可能產生協同效應，使得探討 AI 風險的文獻相當多，不同文獻會從不同角度探討 AI 風險，例如 AI 在政府治理應用的挑戰 (Wirtz et al., 2019; Zuiderwijk et al., 2021)。本文則從近期較受關注的三個面向分析：

一、AI 的電力需求

國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 2024 年 1 月發布 2026 年全球能源使用預測，首度納入資料中心、加密貨幣和 AI 相關領域的電力消耗預測，並指出到 2026 年，資料中心、AI 與加密貨幣領域的電力消耗可能會翻倍 (IEA, 2024)。此外，亦有研究指出 2030

年 ICT 產業能源消耗總量可能超過全球能源供應的 20% (Zhang et al., 2023)。

AI 的訓練和操作需要大量高能耗計算資源 (Piñeiro-Chousa et al., 2024), 使得 AI 雖然可以做為氣候變遷解決方案的一部分, 但也可能惡化氣候變遷效應 (Sustainability Magazine, 2023), 目前 AI 研究和模型開發的趨勢既不環保, 又極為昂貴。因此, 必須妥為因應以避免碳排放考量影響 AI 的採用 (House, 2019), 若未妥善處理 AI 的風險, 可能反而會削弱聯合國永續發展目標 (SDGs) 在許多關鍵目標領域的進展 (Truby, 2020) 以及淨零排放的全球倡議 (Zhang et al., 2023)。有研究已經著手開發減少碳排放的 AI 模型 (Zhang et al., 2023)。

二、AI 演算法偏誤

演算法偏誤 (algorithmic bias) 是 AI 發展中的關鍵議題, Panch, Mattie 和 Atun (2019) 將演算法偏誤界定為:「演算法的應用會加劇社會經濟地位、種族、民族背景、宗教、性別、身心障礙、性別或性傾向等現有的不平等, 並放大健康系統中的不平等。」此定義揭示了演算法在特定社會脈絡下, 如何潛在性地複製甚至強化既有的社會不平等。

針對電腦系統中偏誤的類型, Friedman 和 Nissenbaum (1996) 提出三種主要類別:

- 既存偏誤 (pre-existing bias): 此類偏誤源於社會態度與實踐, 反映了資料集在蒐集過程中可能內含的社會偏見, 例如歷史上的歧視性政策或文化刻板印象。
- 技術偏誤 (technical bias): 此類偏誤源於技術自身的限制, 例如演算法設計上的缺陷、資料取樣不均或模型訓練過程中的不完善。
- 新興偏誤 (emergent bias): 此類偏誤在使用電腦系統的過程中逐漸顯現, 可能與系統的互動方式、使用者行為或應用場景的變化有關。

儘管可透過文字嵌入 (Word embeddings) 等技術來進行偏誤緩解 (bias mitigation), 減少系統中的技術偏誤, 但 O' Connor 和 Liu (2024) 指出, 欲徹底解決 AI 偏誤, 僅依賴技術層面的修正仍有不足, 根本之道在於「應該嘗試消除社會偏見」。社會偏見通常與「公平 (fairness)」概念緊密相關, 因此, 在 AI 偏誤的緩解工作中, 亟需各類領域知識的介入, 協助識別與緩解既存偏誤與新興偏誤, 以期建構更為公正與公平的 AI 系統。

三、AI 專案的失敗率

近年來，人工智慧（AI）專案的導入與實施面臨顯著挑戰，其高失敗率已成為業界與學術界關注的焦點。《財富》雜誌（Fortune）於 2022 年指出，企業導入 AI 專案的失敗率介於 83%至 92%之間，甚至提出「投資 AI 可能比賭博還不划算」的觀點，並建議不應將 AI 專案全權交予資料科學家負責（Sengupta, 2022）。

Merhi（2023）的研究亦佐證此一現象，其指出高達 87%的 AI 與大數據專案最終未能成功部署，在此研究中 Merhi 同時歸納出影響 AI 實施成功的 19 項關鍵因素，包括：高層支持度、戰略願景模糊、組織文化、組織架構、缺乏可見效益、專案管理強度、員工對變革的抗拒、AI 技術專長不足、倫理議題、責任與問責歸屬、AI 系統與現有系統及資料庫整合的複雜度、低數據品質、數據量不足、IT 基礎設施匱乏、數據安全與保密、數據治理議題（如法律法規與政策）、系統的可擴展性與靈活性、廠商選擇，以及 AI 成本高等。

Deloitte（2024）的調查結果亦顯示，僅有 18%至 36%的組織實現預期效益，AI 專案 80%的預計失敗率幾乎是十年前 IT 專案失敗率的兩倍，甚至高於新產品開發（NPD）。這些數據源均一致指出「AI 專案的失敗率驚人」。

《哈佛商業評論》的一篇文章則深入分析了 AI 專案失敗的根本原因，指出幾乎所有失敗案例皆源於對 AI 理解不周全的「愚蠢原因」（Cooper, 2024）。文章歸納出七項導致大多數專案失敗的關鍵原因：

1. 不了解使用者需求，缺乏明確目標：許多組織陷入「新奇事物症候群」，為導入 AI 而導入。若未能深入了解使用者痛點、工作流程與應用場景，AI 專案恐難以有效整合至現有業務流程。故應優先釐清特定使用者問題，再尋找適用的 AI 工具，而非反其道而行。
2. 不切實際的期望：對 AI 技術的限制與迭代本質缺乏理解，導致對 AI 專案抱持過於樂觀的不切實際期望。當期望值過高時，試驗階段即可能面臨失望、利害關係人支持喪失，乃至專案被取消的風險。
3. AI 解決方案成效未如預期：AI 模型產出不準確結果的原因繁多，包含數據品質不足、演算法限制、未能囊括的邊緣案例、模型不穩定、缺乏透明度等。儘管如此，僅有 3%的企業嘗試減緩 AI 的不準確性問題。
4. 數據品質不佳：高品質數據始終供不應求。缺乏足夠的訓練資料是 AI 專案失敗的關鍵原

因，AI 領域約 80% 的時間用於數據收集與清理。

5. AI 團隊組成過於技術化：資料科學家若不具備業務流程或領域知識，獨立執行 AI 專案恐難以成功。AI 專案需要跨職能領域的協作，包括資料科學、資訊科技（IT）以及相關業務職能。因此，建立跨領域或職能團隊的合作模式，或標準化、結構化合作流程，方能將 AI 解決方案有效整合至現有業務流程。
6. 人才短缺：約 29% 的組織將缺乏 AI 專業知識人員視為專案失敗的主要原因。考量到招募數據科學人才的高昂成本與耗時，組織內部自行培育 AI 人才或許是更為務實的策略。
7. 缺乏變革管理決心：實施 AI 代表一種全新的工作方式，需要重大的組織、心態與文化變革。若未能採納全面的 AI 變革管理策略，妥善處理倫理、隱私與潛在失業等議題，並培養數據驅動的文化，AI 計畫將面臨阻力，最終難以充分發揮其潛力。因此，評估公司採用 AI 的準備程度，包括數據準備度、跨職能協作以及支持數據驅動決策的文化，至關重要。

綜上所述，AI 專案的非預期結果與失敗，主要根源於 AI 的組織轉型與人才培育議題，更精確地說，與特定領域非資訊專業人員的 AI 素養密切相關。這呼應了 Patel 等人（2021）的觀點：成功實施 AI 的主要障礙並非技術本身，無論在公私部門皆然。演算法僅佔專案成功的 10%，技術與工程環境（technology and engineering environment）佔 20%，而高達 70% 的成功要素取決於人員與流程（people and processes）（Patel et al., 2021）。

伍、強化特定領域非資訊人員的 AI 素養

對公部門而言，培養特定領域非資訊人員 AI 素養之重要性可分為兩個面向說明：

一、避免 AI 專案出現非意圖結果

2024 年諾貝爾獎三個獎項緊密扣合人工智慧議題，其得獎者對 AI 發展提出多方觀點，彰顯了此領域的複雜性與潛在影響。例如，物理學獎得主霍普菲爾德（John J. Hopfield）與辛頓（Geoffrey Hinton）對 AI 的「失控風險」提出警告。辛頓指出，AI 可能發展出超越人類智慧的系統，並憂心若 AI 智慧程度凌駕人類，恐反向控制人類，甚至認為此威脅較氣候變遷更為

迫切。相較之下，化學獎得主，同時也是 Google AI 部門執行長哈薩比斯 (Demis Hassabis) 則展現出樂觀願景，預言未來 AI 預測蛋白質技術將成為抗體篩選與藥物設計的主流，甚至預期在 10 至 20 年內，人類多數疾病可望透過 AI 設計藥物而獲得治癒 (傅莞淇, 2024)。

然而，經濟學獎得主阿西莫格魯 (Daron Acemoglu) 與約翰遜 (Simon Johnson) 則從制度經濟學視角審視 AI。他們在著作《權力與進步：科技變革與共享繁榮之間的千年辯證》(Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity) 中呼籲，新技術設計應著重於「機器的有用性」，旨在增強而非取代人類能力。阿西莫格魯對 AI 的發展持較不樂觀預測，認為未來十年內僅有 5% 的工作適合被此項技術取代或形成極端依賴。這些觀點差異凸顯了 AI 技術的雙面性與潛在風險，特別是公部門在政策制定與服務實施上，更需避免因對此類技術理解不足而導致的非預期後果。若缺乏對 AI 風險的認知與管理能力，可能導致政策失誤、資源浪費，甚至加劇社會不平等。因此，提升非資訊人員的 AI 素養，使其能識別、評估並預防專案可能產生的負面效應，是確保公共利益的重要環節。

雖然諾貝爾學獎得主們對於 AI 的未來影響有不同的預測，一言以蔽之，是如何避免其產生非意圖的結果，特別是公部門使用此項技術時必須比私部門更加謹慎。實務上較具可行性的作法，公部門特定領域非資訊人員必須具備 AI 素養，能有效與模型程式開發人員溝通，參與管理相關智慧系統，甚至設計風險緩解機制，避免系統產出的結果含主觀偏見或歧視，達成以合法、負責任的設計和實施 AI。

二、提高 AI 專案成功率

以美國聯邦政府導入 AI 經驗，53% 的 AI 應用程式是由內部機構技術人員開發的；33% 是透過政府採購程序從私部門購買的；14% 是非商業合作，包括與研究型大學的合作夥伴關係和機構主辦的競賽 (Bignami, 2022)。新加坡星展銀行有 80% 的關鍵人才是內部人員，只有 20% 人才是外包 (拉瑪爾 [Lamarre] 等, 2023/2024)。

考量到公部門場域對人工智慧 (AI) 應用的特殊性，其人才策略與技術來源選擇顯得至關重要。參照美國聯邦政府的 AI 導入經驗，其 AI 應用程式的開發模式呈現多元化趨勢：約有 53% 的應用是由內部機構技術人員自行開發；另有 33% 透過政府採購程序自私部門獲得；

其餘 14%則源於非商業合作，包含與研究型大學的夥伴關係以及機構主辦的競賽（Bignami, 2022）。此數據揭示了內部技術能力建構在公部門 AI 發展中的主導地位。

另一方面，亦可借鑒私部門的案例。以新加坡星展銀行為例，該機構高達 80%的關鍵 AI 人才為內部培育人員，僅有 20%仰賴外部委託（拉瑪爾 [Lamarre] 等，2023/2024）。這項數據強調了在關鍵 AI 領域，建立並強化組織內部核心能力的重要性。綜合兩者經驗，公部門在推動 AI 應用時，應審慎權衡內部能力建構與外部資源引進的比例，尤其在涉及敏感數據、國家安全或長期策略性發展的 AI 專案中，培養特定領域非資訊專業人員的 AI 素養，並提升內部技術自主性，將是確保 AI 專案成功、避免非預期結果的關鍵策略。

為有效駕馭人工智慧（AI）的巨大潛力，規避其技術應用中可能出現的非預期結果，並顯著提升 AI 專案的成功率，關鍵要素在於由被動採用轉為主動出擊，即透過培育特定領域非資訊專業人員具備 AI 素養（AI literacy）。

AI 素養的確切意涵為何？Long 和 Magerko（2020）將其定義為：「一系列能力，使個人能夠批判性地評估 AI 技術；與 AI 有效溝通和協作；並在網路、家庭和工作場所使用 AI 作為工具」。此定義強調了 AI 素養不僅止於技術層面，更包含批判性思考與協作能力。

數位素養（digital literacy）是 AI 素養的先決條件，因為個體需具備操作電腦的基礎能力方能理解 AI。然而，電腦素養（computational literacy）則不必然是 AI 素養的必要前提。儘管了解程式編寫對於理解 AI 有所助益，且對 AI 開發人員而言是不可或缺的能力，但對於日常生活中與 AI 互動的大多數使用者而言，並不需具備程式設計的知識。因此，數位素養與數據素養（data literacy）分別為 AI 素養的先決條件與重要相關能力，而一般使用者並不必然需要具備 AI 程式開發人員所需之電腦素養（Long & Magerko, 2020）。

陸、結論

本文從 AI 科技應用的角度，探討組織若要加速 AI 科技應用以及善用 AI 潛力提升組織績效，協助特定領域非資訊人員具備 AI 素養勞動力（AI-ready workforce）（Giest & Klievink, 2022）的重要性，並提出政策建議：

一、 AI 人才培訓

雖然 Long 和 Magerko (2020) 已提出 AI 素養的概念，但偏向於對用 AI 的建議。實際上，可根據 AI 運用族群之能力層次進一步區分為「AI 系統的使用者（用 AI）」、「AI 系統的規劃者（做 AI）」、「AI 系統的管理者（管 AI）」（王宏仁，2024），組織應針對使用層次與目的差異性，量身訂做適合的 AI 素養、技術與能力之培訓課程：

1. 用 AI：具備 AI 技術基礎知識能高工作效率與效能

在訓練對象上，建議組織全員參訓。公務員具有領域知識，才能與 AI 共存，避免受到 AI 的負面影響，甚至可以擔任 AI 模型檢驗員（Chen & Das, 2023）等。以生成式 AI 為例，生成式 AI 的應用範圍廣泛，人沒有辦法在任何領域都能判斷真偽，此時，未接受 AI 技能訓練的公務員使用 AI 行使行政裁量權時，將會產生更糟（Barth & Arnold, 1999）的結果，甚至因為 AI 的雙重用途（dual use）產生權力差距擴大的風險（Floridi, 2018）。

2. 做 AI：提高 AI 專案成功率

在訓練對象上，以具有特定領域知識的 AI 系統規劃者參訓，具備資料治理及 AI 技術基礎知識為目標。

理解 AI 運作原理以及具有組織脈絡化的領域知識，有能力與 AI 技術人員或 AI 系統廠商協作，開發可信任和以人為本的 AI 系統，包括參與 AI 系統的設計、檢驗 AI 模型、執行驗收作業（丁玉珍，2024）。

3. 管 AI：強化組織的 AI 能力

在訓練對象上，管理階層參訓，使渠等具備資安、資料治理、演算法治理、法規、倫理規範管理為目標。

在技術上，即使有最佳的 AI 解決方案，也可能無法產生好的結果，原因之一是組織的「AI 能力（AI capabilities）」。Mikalef 與 Gupta (2021) 將 AI 能力定義為「企業在選擇、協調和利用其 AI 專用資源方面的能力」，即組織有能力有效部署 AI 資源實現優先目標所需的技術和組織要素。因此，組織在將 AI 部署到營運之前必須先克服許多挑戰，不僅解決技術挑戰很重要，組織也必須能夠適應 AI 帶來的變化（Mikalef et al., 2022），甚至重新逐步推動組織文化轉型，例如訂定組織變革分階段成果，階段包括前置及整備期、部署及發展期、執行及應用期、成熟及運作期。其次，降低組織路徑依賴，如果原來的工作方式就能辦理

業務，且學習 AI 新技術很困難時，會使員工抗拒改變。建立人與 AI 協作的工作環境、重新訂定工作流程、工作方式與績效指標等。

二、建立案例資料庫，利用政策學習與政策擴散加速組織 AI 轉型

目前文獻對於政府實施 AI 後的實際效果仍然知之甚少 (Bailey & Barley, 2020)，AI 會產生正面或負面影響，很可能取決於 AI 的時間、功能、技術種類、使用的數據和許多其他環境因素 (Van Noordt & Misuraca, 2022)。建立以國家或部會為基礎的 AI 案例資料庫，可提供政策學習；亦即藉由汲取其他政府機關或組織的經驗，加速掌握部署 AI 策略路徑圖。舉例來說，每個機關或組織都會有政府運作必要之惡的繁文縟節，例如公文分文、檔案管理、財產管理等非核心職能，適合採用「政策學習」加快組織導入 AI 的速度。

三、淨零轉型和 AI 結合；利用 AI 推動淨零排放的願景，因應人類挑戰

聯合國政府間氣候變遷專門委員會 2021 年指出，氣候變化是未來百年人類面臨的最大挑戰，聯合國也制定許多將 AI 與 SDGs 連結的創新計劃 (Efthymiou et al., 2023)，AI 具有在推動永續發展和應對氣候變遷方面的潛力 (Olawade et al., 2024)，淨零轉型和 AI 結合，AI 可讓淨零的效果大幅提高 (Wang et al., 2024)，利用雙軸轉型加速達成 SDGs。

聯合國 2024 年未來高峰會通過了「未來盟約 (Pact for the Future)」，其中包含兩份附件「全球數位契約 (Global Digital Compact)」與「未來世代宣言 (Declaration on Future Generations)」。未來盟約是史上第一次針對 AI 這種新型數位科技，具體提出對人類永續發展的定位，這也是對數據治理的首個全球承諾，將其列入聯合國議程，並要求各國在 2030 年之前採取具體行動，並在聯合國內部建立一個具有均衡地理資源的跨學科「獨立國際人工智慧科學委員會 (Independent International Scientific Panel on AI)」。未來盟約的附件全球數位契約有五大目標，其中第五項是「加強 AI 國際治理，造福人類」，提出平衡、包容和基於風險的 AI 治理方法，讓所有國家，特別是發展中國家擁有充分且平等的代表性，並讓所有利害關係人能有意義地參與、鼓勵國際夥伴建構 AI 教育和培訓計劃 (United Nations, n.d.)。

當 AI 的教育和培訓計劃已列入聯合國的議程，要負責任且深思熟慮地使用 AI，最重要的關鍵之一就是組織內特定領域非資訊人員具備 AI 素養。

柒、參考文獻

- 丁玉珍、林子倫 (2020)。人工智慧提升政府公共治理的應用潛力探討。《檔案半年刊》，19(2)，24-41。
- 丁玉珍 (2024)。《公共治理與人工智慧的交引纏繞-行動者網絡理論分析途徑》[未出版之博士論文]，國立臺灣大學政治學系。
- 王宏仁 (2024)。臺灣AI人才缺口年增7%，臺灣人工智慧學校年底前開辦工程級AI認證，要吸引技術和非技術人培養AI場域問題解決能力，iThome，<https://www.ithome.com.tw/news/165223>。
- 行政院 (2018)。臺灣AI行動計畫。
- 行政院 (2023)。臺灣AI行動計畫2.0 (2023-2026年)。
- 行政院 (2024)。行政院第3907次院會決議，<https://www.ey.gov.tw/Page/4EC2394BE4EE9DD0/e1297864-73d0-4bf4-8beb-5055785336bf>。
- Lamarre, E., Smaje, K., & Zimmel, R. (2024). 麥肯錫教企業這樣用AI：第一本AI數位轉型全書 (李芳齡譯)。商業周刊。
- 葉哲良、李育杰 (2022)。臺灣AI國力調查。國家科學及技術委員會。
- 傅莞淇 (2024年10月15日) 諾獎化學得主預言：AI設計藥物若可行，20年內多數疾病可治癒，《遠見雜誌》，<https://www.gvm.com.tw/article/116347>。
- Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2010). Context-aware recommender systems. In *Recommender systems handbook* (pp. 217-253). Boston, MA: Springer US.
- Agarwal, P. K. (2018). Public administration challenges in the world of AI and Bots. *Public Administration Review*, 78(6), 917-921.
- Bailey, D. E., & Barley, S. R. (2020). Beyond design and use: How scholars should study intelligent technologies. *Information and Organization*, 30(2), 100286.
- Barth, T. J., & Arnold, E. (1999). Artificial intelligence and administrative discretion: Implications for public administration. *The American Review of Public Administration*, 29(4), 332-351.
- Bignami, F. (2022). Artificial Intelligence Accountability of Public Administration. *The American Journal of Comparative Law*, 70(Supplement_1), i312-i346.
- Biswas, P., Rashid, A., Biswas, A., Nasim, M. A. A., Chakraborty, S., Gupta, K. D., & George, R. (2024). AI-driven approaches for optimizing power consumption: a comprehensive survey. *Discover Artificial Intelligence*, 4(1), 116.
- Boston Consulting Group. (2023, November). *Accelerating climate action with AI*. <https://web-assets.bcg.com/72/cf/b609ac3d4ac6829bae6fa88b8329/bcg-accelerating-climate-action-with-ai-nov-2023-rev.pdf>
- Bullock, J. B. (2019). Artificial intelligence, discretion, and bureaucracy. *The American Review of Public Administration*, 49(7), 751-761.
- Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI literacy in K-12: a systematic literature review. *International Journal of STEM*

- Chen, P.-Y., & Das, P. (2023). AI Maintenance: A Robustness Perspective. *Computer, 56(2)*, 48-56.
- Cooper, R. G. (2024). Why AI Projects Fail: Lessons From New Product Development. *IEEE Engineering Management Review*.
- Deloitte. (2024). Now decides next: Getting real about Generative AI. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/consulting/us-state-of-gen-ai-report-q2.pdf>.
- De Sousa, W. G., Fidelis, R. A., de Souza Bermejo, P. H., da Silva Gonçalo, A. G., & de Souza Melo, B. (2022). Artificial intelligence and speedy trial in the judiciary: Myth, reality or need? A case study in the Brazilian Supreme Court (STF). *Government Information Quarterly, 39(1)*, 101660.
- Desouza, K. C., & Jacob, B. (2017). Big data in the public sector: Lessons for practitioners and scholars. *Administration & Society, 49(7)*, 1043-1064.
- Dunleavy, P., & Margetts, H. (2023). Data science, artificial intelligence and the third wave of digital era governance. *Public Policy and Administration, 09520767231198737*.
- Efthymiou, I. P., Alevizos, A., & Sidiropoulos, S. (2023). The Role of Artificial Intelligence in Revolutionizing NGOs' Work. *Journal of Politics and Ethics in New Technologies and AI, 2(1)*, e35137-e35137.
- Floridi, L. (2018). Soft ethics, the governance of the digital and the General Data Protection Regulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 376(2133)*, 20180081.
- Friedman, B., & Nissenbaum, H. (1996). Bias in computer systems. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS), 14(3)*, 330-347.
- Giest, S. N., & Klievink, B. (2022). More than a digital system: How AI is changing the role of bureaucrats in different organizational contexts. *Public Management Review, 1-20*.
- Höchtel, J., Parycek, P., & Schöllhammer, R. (2016). Big data in the policy cycle: Policy decision making in the digital era. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, 26(1-2)*, 147-169.
- House, W. (2019). 2016–2019 Progress Report: Advancing Artificial Intelligence R&D. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport_small.pdf
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Electricity 2024*. <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>
- Kolkman, D. (2020). The usefulness of algorithmic models in policy making. *Government Information Quarterly, 37(3)*, 101488.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Masterson, V. (2024, February 12). *9 ways AI is helping tackle climate change*. World Economic

- Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2024/02/ai-combat-climate-change/>.
- Mehr, H., Ash, H., & Fellow, D. (2017). Artificial intelligence for citizen services and government. *Ash Center for Democratic Governance and Innovation Harvard Kennedy School*, no. August, 1, 12.
- Merhi, M. I. (2023). *An evaluation of the critical success factors impacting artificial intelligence implementation. International Journal of Information Management*, 69, 102545.
- Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. *Information & Management*, 58(3), 103434.
- Mikalef, P., Lemmer, K., Schaefer, C., Ylinen, M., Fjørtoft, S. O., Torvatn, H. Y., Gupta, M. & Niehaves, B. (2022). Enabling AI capabilities in government agencies: A study of determinants for European municipalities. *Government Information Quarterly*, 39(4), 101596.
- Nieto-Rodriguez, A., & Vargas, R. V. (2023, October 27). *The opportunities at the intersection of AI, sustainability, and project management*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2023/10/the-opportunities-at-the-intersection-of-ai-sustainability-and-project-management>.
- O'Connor, S., & Liu, H. (2024). Gender bias perpetuation and mitigation in AI technologies: Challenges and opportunities. *AI & Society*, 39(4), 2045-2057.
- OECD. (n.d.). *The future of health systems*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/en/topics/the-future-of-health-systems.html>
- Olawade, D. B., Wada, O. Z., David-Olawade, A. C., Fapohunda, O., Ige, A. O., & Ling, J. (2024). Artificial intelligence potential for net zero sustainability: Current evidence and prospects. *Next Sustainability*, 4, 100041.
- Oxford Insights. (2024). Government AI Readiness Index 2024. <https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/>
- Panch, T., Mattie, H., & Atun, R. (2019). Artificial intelligence and algorithmic bias: implications for health systems. *Journal of global health*, 9(2), 020318.
- Patel, J., Manetti, M., Mendelsohn, M., Mills, S., Felden, F., Littig, L., & Rocha, M. (2021). AI brings science to the art of policymaking. *Boston Consulting Group*, 5.
- Piñeiro-Chousa, J., Cabarcos, M. Á. L., Romero-Castro, N., & González-López, I. (2024). Artificial Intelligence and Sustainability. *Artificial Intelligence and Business Transformation: Impact in HR Management, Innovation and Technology Challenges*, Springer: 61-81.
- Silcox, C., Zimlichmann, E., Huber, K., Rowen, N., Saunders, R., McClellan, M., Kahn III, C. N., Salzberg, C. A., & Bates, D. W. (2024). The potential for artificial intelligence to transform healthcare: perspectives from international health leaders. *NPJ Digital Medicine*, 7(1), 88.
- Sengupta, A. (2022, July 26). *The key to A.I. success is business sense*. Fortune. <https://fortune.com/2022/07/26/a-i-success-business-sense-able-sengupta/>.
- Sustainability Magazine. (2023, November 30). *Google and BCG report on accelerating climate action with AI*. <https://sustainabilitymag.com/tech-ai/google-and-bcg-report-on-accelerating->

- Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). How AI can be a force for good. *Science*, 361(6404), 751-752.
- Ting, Y. J., Huang, H., Lin, T. L., & Chang, W. H. (2023). Expanding Governance Capabilities: The Experience of AI Implementation in Taiwan. *East Asian Policy*, 15(02), 44-62.
- Tortoise, (2024). The Global Artificial Intelligence Index 2024. Tortoise Media. <https://www.tortoisemedia.com/2024/09/19/the-global-artificial-intelligence-index-2024>.
- Truby, J. (2020). Governing artificial intelligence to benefit the UN sustainable development goals. *Sustainable Development*, 28(4), 946-959.
- United Nations. (n.d.). Summit of the Future. United Nations. <https://www.un.org/en/summit-of-the-future>
- Van Noordt, C., & Misuraca, G. (2022). Artificial intelligence for the public sector: results of landscaping the use of AI in government across the European Union. *Government information quarterly*, 39(3), 101714.
- Vydra, S., & Klievink, B. (2019). Techno-optimism and policy-pessimism in the public sector big data debate. *Government Information Quarterly*, 36(4), 101383.
- Wang, Q., Li, Y., & Li, R. (2024). Ecological footprints, carbon emissions, and energy transitions: the impact of artificial intelligence (AI). *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-18.
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector—Applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596-615.
- World Economic Forum. (2023, January 9). *Without AI, we won't meet ESG goals and address climate change*. <https://www.weforum.org/stories/2023/01/ai-can-help-meet-esg-goals-and-climate-change/>.
- Zhang, P., Xiao, Y., Li, Y., Ge, X., Shi, G., & Yang, Y. (2023). Toward net-zero carbon emissions in network AI for 6G and beyond. *IEEE Communications Magazine*, 62(4), 58-64.
- Zuiderwijk, A., Chen, Y. C., & Salem, F. (2021). Implications of the use of artificial intelligence in public governance: A systematic literature review and a research agenda. *Government information quarterly*, 38(3), 101577

AI 與大數據的政府應用-財政部案例

Government Applications of AI and Big Data - A Use Case of the Ministry of Finance

張文熙博士

財政部財政資訊中心主任

Wen-Hsi Chang, Ph.D.

Director General, Fiscal Information Agency, Ministry of Finance, Taiwan

摘要

財政部財政資訊中心（下稱財資中心）是為我國公部門大規模發展人工智慧(AI)應用與大數據分析具代表性的行政機關。財資中心自 109 年起提出財政部「運用人工智慧技術提升稅務行政效能作業計劃」形成跨機關發展人工智慧應用的基礎。由建立人工智慧應用基本條件為啟始，並大規模進行核心人才培訓，使業務同仁建立基本模型應用特性認知。同時，建置資料治理機制樹立正規化、標準化資料品質概念以維持資料正確性及一致性，做為數據分析與人工智慧應用前提，開展財政部人工智慧應用策略，具體規劃財政應用範圍。由國稅核心業務智慧選案查詢開始發展，依重要優先順序逐年完成各稅目線上智慧客服，導入生成式人工智慧結合稅務行政輔助系統簡化各類文字生成應用，落實資通訊設備智慧營運監控及測試環境節省管理人力，自動開列工單及後續追蹤，進而應用於資安偵測工作及根因分析等輔助。截至 113 年 9 月底，各項重點均已有初步應用雛型及架構規模，並因應生成式人工智慧技術演進持續動態修正發展內容。

關鍵詞：公部門人工智慧應用、數位轉型

壹、前言

藉數位轉型提昇政府效能長久以來一直是各界的期望，近年人工智慧技術高度發展與其潛力成為眾所關注的焦點，故如何應用人工智慧使得公部門成功轉型成為各級執政者的重要政策。然而，公部門執行任何業務都必須符合組織架構與當責等政治框架，因此公部門應用AI與數據分析等新興技術發展解決方案都必須考慮建立信任、瞭解風險、安全管理及風險控管等四大支柱基礎(Perri, 2023)，方具可行性。

取得人民信任是政府機關使用新興技術施政的必要條件。所以，政府機關導入人工智慧技術前，必須先了解技術可能風險，設計安全管理機制才能控制風險，公部門始得信任結果投入實務應用。目前各級政府人工智慧應用普遍處於初起步階段，多數成果仍以小規模應用專案為主，尚缺廣泛全面應用案例。大多數公務人員並不瞭解人工智慧技術原理，導致經常無法判斷執行條件限制與細節，並存在過多不可行的期待，故成功相對困難。人工智慧理論內容複雜，不僅非技術人員不易理解，資訊人員也未必能夠深入，人工智慧應用專案產出結果，就常被視作黑箱作業，違反前述四大支柱的概念。此外，現階段人工智慧工具建置成本高，也是造成目前公部門推動速度緩慢的重要因素。因此，普及人工智慧認知教育，設計鼓勵推動的誘因機制才有助提高成功機率，否則失敗機會非常高。為根本解決推動問題，財政部於109年起即開始成立專案計畫推動人工智慧結合大數據分析資源，目前在稅務應用情境內已經有所成果，以下以針對財資中心執行策略及思考重點提供各界參考。

一、建立應用基本條件

生成式人工智慧對話式介面使得多數人認為人工智慧系統導入門檻降低，但實際所涉及理論門檻仍舊頗高，在未充分理解技術內容的情況下，應用人工智慧可能帶來的風險也無從想像。基於前述考量，財政部導入人工智慧與大數據分析應用時，先挑選有資訊技術背景及有熱情的同仁，進行基礎理論教育。同時開放視訊直播，讓所屬機關同仁也同步參與。藉由教育訓練傳達可能隱藏的風險所在，當同仁開始意識存在風險可能性後，便會引發如何主動識別風險存在與否，進而採取減輕風險或轉移風險的手段。同仁逐漸體會某一個高度可行性人工智慧模型，同時也存在高度風險，勢必需要適當妥協，避免上線服務時，造成的困擾高

於功能便利性，使得建置與應用更行謹慎。

二、AI 應用核心人才培訓

人才訓練分成資訊技術專業訓練及通識型應用訓練。建立人工智慧應用系統必須有一定的資料基礎；針對議題解決能力，要有一定程度的自我調適及學習功能。由於這是傳統資訊系統沒有的功能，也是之所以形成革命性進步的原因。培訓內容包括如何在適當情境下應用人工智慧工具，需要學會跟 AI 怎麼溝通問出適當的問題，讓 AI 可以理解；具體而言問出可以更容易用數學描述問題，使得人工智慧解答更精準，接近預期的結果。同仁理解人工智慧應用核心概念，將所要解決的議題透過數學函數呈現，並使用電腦以適當演算法求出最適解或範圍，有助選出真正合適可行的議題，提高人工智慧應用成功率。由於大多數公務員而言人工智慧系統是神秘的黑箱，不論預測、偵測或生成內容，若其結果可能存在高度不可確定性時，公務員便無法進行適當行政處置。例如傳統機器學習模型可能因演算及參數過於複雜，造成人為難以解釋；或例如決策樹分枝過度，導致過度適配(overfit)(Dietterich, 1995)造成模型失效，又無法用人為解釋來修正而導致失敗。又如生成式 AI 可能會發生無中生有的幻覺(hallucination)(Byrne, 2023; Zablocki & Gajewska, 2024)，但外行人又看不出破綻，成為人工智慧推動障礙。因此，公務員了解前述四大支柱的概念，以答案要落在一定可信度範圍內取捨，避免演算法的先天不足，才能上線作業。

人工智慧模型上線應用後，仍必須持續監控模型運行狀態，避免因時間形成模型漂移(drift)失準的現象(Bayram et al., 2022)。一旦產生有意識或無意識的模型偏誤時，可能影響裁決或後續處置手段，若導致其他政治性炒作，勢必不可接受的負面結果。許多公部門業務資料處理都高度依據個人相關資料，無論前處理、塑模過程以及應用分析時都要先應用適當資料隱私保護機制，避免資料外洩。對於服務事項是否屬於機關核心業務，系統機密性、完整性及可用性，均須在應用系統上線前確認。整體來說，政府機關應用對於人工智慧之結果產生過程公平性要求，相對其他類型組織更為嚴格。

三、模型應用的特性

生成式人工智慧的對話介面與功能，有助於一般使用者理解輸出入限制，但無法改變人

工智慧功能背後數學的本質。具人工智慧功能的電腦，對民眾具體意義是可帶來更聰明善解人意的操作體驗，而非其使用什麼技術。因此，人工智慧應用的意義在於反映應用內容特殊性，進而建立更好的使用體驗。對於非技術人員而言，人工智慧的應用障礙在於形成模型的條件，相同問題的解法經常可以有多種，但成效並非完全一樣，評估演算法對於非技術人員有相當大的困難。日前許多公部門開始重視人工智慧應用，主要來自 ChatGPT 風行的影響，操作門檻下降更具公務執行實用性。但不是所有議題都適合生成式人工智慧可以處理，同時，不同業務要求標準也有差異，導致通用性解決方案經常不能發揮功能。所以正確定義人工智慧對業務改善目標，影響後續對人工智慧的投資、運營及選商條件甚巨。機關內部應先達成應用人工智慧的共識，才能聚焦討論，並進一步建置適合的應用系統。

例如人工智慧模型透過交易行為資料呈現結果，但交易行為改變導致資料隨著時間發展改變，使用舊資料所建出的模型，經常無法反應新興行為，此時必須定期評估資料及模型的有效性。往往時間一久，許多資料都存在效期問題，造成模型失效。因此，要維持模型可用性，必須要有配套機制。適時檢核模型構成有效性，所面臨的就是模型維護問題。實務上模型只是應用系統的一部分，當應用系統呼叫外部程式時，可能存在不同程度的安全問題(Du et al., 2023)。例如，API 傳遞管道加密協定未及時更新，可能造成隱私資料外洩疑慮，將影響應用意願。以財稅資料為例，隱密性需求相對較高，大多數人介意被公開或外洩稅額實際數及財產內容；繳稅帳戶及金流移轉流向也存在隱私性，都必須在智慧化前完成評估保護機制。因此，提供較佳的評比依據，是各級政府導入人工智慧應用的重要課題。

四、資料治理機制的必要性

公部門應用人工智慧最大的優勢在於，相較民間機構具備相對完整的資料保存制度，歷史性資料因應法規要求保存較多。數據分析應用實務中，往往通常單一機關資料無法解決所有的問題。以所得稅申報資料估算為例，無法僅依賴財政部資料解決，需要戶籍資料、健保資料、勞保資料、新式外來人口身分判定、出入境資料等等。所以需要內政部、衛福部、勞動部、移民署等共同協力，產生跨部會搜集資料需求。然而，不同資料來源，原始產生及應用目的不同，導致資料欄位定義都不太一樣，大多數情形並而無法直接使用。搜集資料後通

常必先經過整理才能應用，這些工作統稱為資料治理。資料治理系統的目的是建立前處理自動化，藉助可自助式管理的介面，將資料管理妥善，確認一致性、正確性及完整性。由於，實務人工智慧建模時，80%以上時間都耗費在資料前處理，資料治理系統可以簡化前處理過程，讓一般業務人員不必花費太多時間在進行資料前處理，便可以快速進入建模以及結果分析。資料治理系統必須在資料量超過一定程度之後，才有建置治理系統需要。資料治理系統成本很高，當只有少量議題模型建置時，各別進行個案資料前處理作業，經費比較節省。待應用成熟後，需要擴大人工智慧範圍時，治理系統的功效才會比較顯著。

財稅資料因為資料量大，管理不易，資料治理系統成為必備的功能，且因財稅資料高度機敏性，優先考量保護資料，並對學術及研究機構應用限定不能直接進行原始資料分析。財資中心依稅目不同、功能不同建立多種抽樣資料庫，以少量資料兼顧母體特性，保持資料原始特徵。由於過程複雜麻煩，因此必須自動化。藉建置資料治理平台，簡化假名化及遮罩處理，讓分析人員不需要花過多時間在資料前處理。以性別資料為例，就有採 0/1; M/F; 1/2; 男/女等方式，資料治理系統便是解決資料一致性的重要措施。治理功能除讓資料標準化，檢查它的一致性跟完整性外，同時解決資料正確性，以及資料遺漏值等問題。資料應用的前處理程序：加密或假名化勢必提高分析作業難度，但是政府機關必須考量的重點。

五、財政部的應用策略

財資中心針對傳統機器學習應用策略包含財政部抽樣資料庫及資料治理平台，所有可能人工智慧建模資料所需算力及貯存空間進行總體發展評估。生成式人工智慧應用部分，則以封閉型大語言模型為原則建立財政專屬模型基礎為目標。早期人工智慧技術多以學術性質為多，距離政府機關實務太遠，導致只有資訊人員投入關注。傳統需求分析開發過程，因為業務人員不了解人工智慧的本質，可能天馬行空提需求，也無法提出合適的應用。在財政部執行經驗中，由資訊人員及業務人員共同協作是最成功的開發方式。例如，以偵測營業稅短漏報議題建立偵測模型為例，應蒐集何種資料，只有處理營業稅的承辦人才能識別。不同議題稅務異常行為特徵並不相同，因此資料搜集範圍差異很大。又如，瓦斯業逃漏稅行為樣態和補習班不同，當然所需資料類型就有顯著的差異。財政部以發展通用性人工智慧工作台為方

法，預期未來所有業務人員都具備操作通用性 AI 分析平台的能力，任可業務人員都可以在此平台上完成所需偵測模型之功能驗證。一旦經過驗證證明有效後，模型才會部署上線提供服務。

財政部推動人工智慧應用，策略上將定位所有業務人員都是人工智慧系統的開發者及使用者，而非傳統資訊技術人員。因為只有業務人員可以清楚盤點業務痛點所在，並點出解決現存業務痛點的核心，這些是資訊人員無法透過短期訪談，或以資訊技術所獲知。過去許多機關發展 AI 應用時，往往僅有資訊人力投入，勢將無法解決系統不符合需求的問題。人工智慧系統更需要業務人員提供業務知識，才能使電腦模擬出專家的判斷能力，形成人工智慧系統的價值。換言之，人工智慧應用演算法的精華，有賴業務人員提供經驗並驗證。業務內涵重點，當然只有真正的業務執行者才有充分能力驗證。同時，業務所需的資料，也只有業務執行者能夠掌握可能的來源。

財政部應用人工智慧重要策略方向是在解決人力不足，提高工作效率，並找到行為盲點。透過資料分析呈現業務未曾發現的特殊關係，產生新的洞見進而改善執行方式。因此，財政部成立「運用人工智慧技術提升稅務行政效能作業計劃」，分成資料搜集、智慧客服、資料科學工作坊、智能專案行政組四大組，將財政部國稅局與財資中心的資訊人力及稅務人員，依專長混合編組。這也反應在人工智慧應用訓練，對業務人員而言，結合現有工作性質了解人工智慧工具操作最為重要。訓練目標是每一個核心業務承辦人都可了解是項議題相關工具如何使用，透過技術人員以工作坊方式，手把手實作，業務人員也藉此將人的稅務專案判斷準則回饋至演算法設計或解釋，使資訊人員得利用適當的演算法歸納或推論轉譯成電腦可執行的模型提供解決方案，才能達到預期的成效。

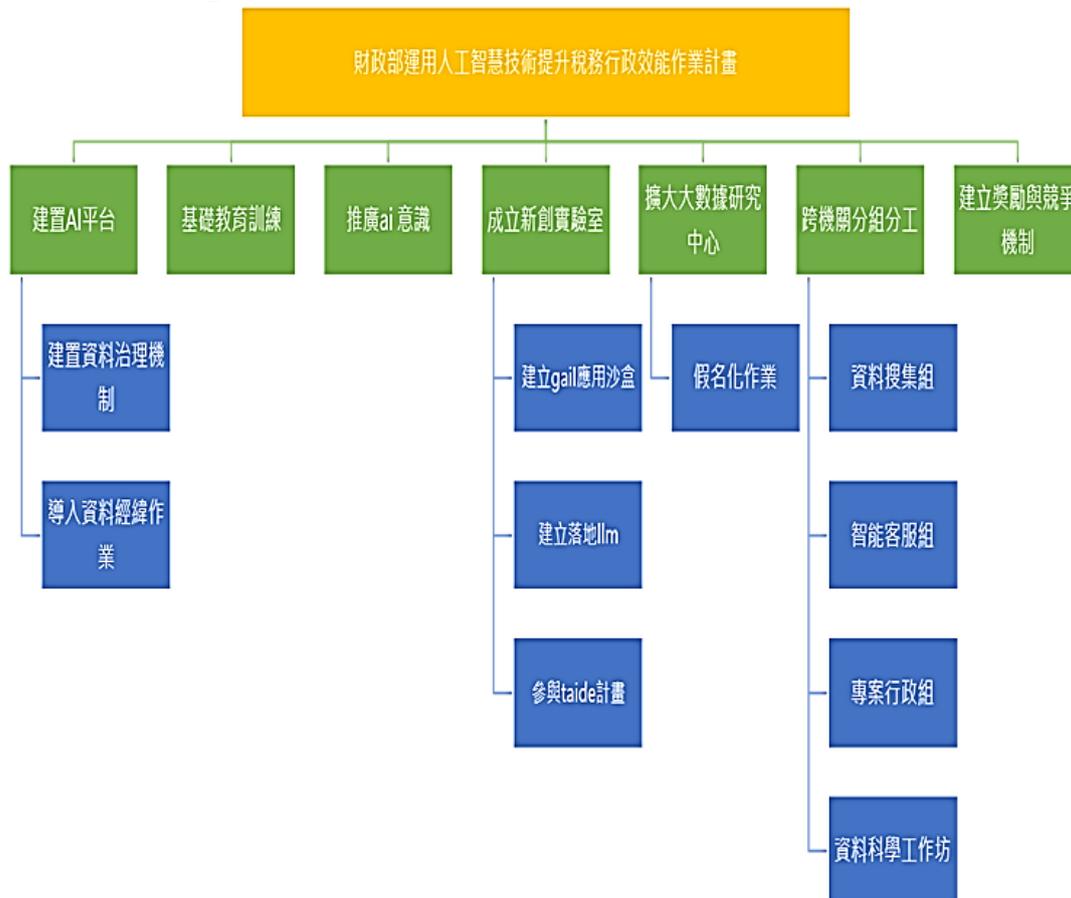


圖 1 財政部「運用人工智慧技術提升稅務行政效能作業計畫」分組及主要任務

資料來源：財政部財政資訊中心

六、人工智慧財政應用的範圍

財政部分成兩階段進行應用規劃，第一階段為現有系統增加 AI 功能，藉以提升現行運作效能；第二階段則是以人工智慧分析平台為核心，共享基礎功能延伸需要的特定功能。應用範圍依業務性質分為五大類如下:智慧選查、智慧客服、稅務輔助、智慧營運、資安偵測等。



圖 2 財政部人工智慧分析平台五大核心應用

資料來源：財政部財政資訊中心

(一) 智慧選查

智慧選查是針對不同類型短漏報稅務案件縮小人工稽查範圍，提高補稅率及罰款收入。由於，原始查核方式係為人工閱讀資料，篩選疑似案件再行派員稽核。人力成本高，資深和資淺人員選案查核後之補稅命中率差距很大。透過人工智慧模型將資深人員經驗轉成可計算的行為特徵，結合演算法給予風險計算及條件分析，如此，所選出待查案件平均命中率高於6成，營業稅案例可以高達9成，節省相當多人力成本。

電子發票提供實質的金流及資訊流紀錄，金流中有進價跟銷售金流，透過圖型理論追蹤是否有循環交易的情形佐證銷售存在與否，對營業稅選查也十分有幫助。此外，跨稅目資料混合發揮更大的效益。傳統人力查核，稅務員很少有餘力進行跨稅目的資料流動，個人所得與營業資料及財產異動的結果，都有助於理解是否有逃漏稅風險及條件存在。從111年起陸續上線的各類選查模型之後，至113年7月，總計營業稅及綜合所得稅查補金額就高達新台幣45.6億。

(二) 智慧客服

智慧客服對於財政部稅務服務佔有重要角色，解決臨櫃上班時間之外的民眾諮詢需求，包含稅務法規諮詢及稅務相關軟體操作指導兩大部分。自110年起陸續上線，目前僅土地增

值稅尚未完成，預計 114 年上線。現階段均以文字客服為主，利用傳統規則庫方式由國稅局同仁配合法令法規修定，定期整理更新知識點。條目的準確率高於 99%。但由於正確率和民眾滿意度並不相等，民眾經常對條文的解釋並沒有興趣，多半關注是自身的個案問題是否能被有效解釋？例如，民眾在意的是有沒有機會免罰？或是要補多少錢？是否有確實的依據？而不在於陳述法規內容的細節。但稅務員則不同，稅務員在意法令解釋的正確性及一致性。所以，現有功能對稅務員足夠，但對民眾親和性不足。因此，目前朝向導入生成式人工智慧，讓回答結果更口語，如非必要就以摘要方式呈現，可能較現狀理想。目前財政部財資中心正進行議題沙盒測試，預期 114 年度應有初步成果可以上線。

(三) GAI 試作主題

生成式人工智慧現階段發展仍以輔助行政為重心，尚未成為業務核心判斷。現階段公部門應用生成式 AI 仍處於摸索階段未對成熟。ChatGPT 問世後，影響大眾對於應用介面的需要。政府機關擔心對話機器人後面大型語言模型資料來源，以及內部資料外洩的疑慮，大型語言模型規模巨大，政府機關尚沒有能力自建，所以國科會所提「可信任人工智慧對話引擎 (Trustworthy AI Dialog Engine, 簡稱 TAIDE)」系統便是政府機關應用模型的首選。TAIDE 系統可提供機關封閉式運算環境，對於政府應用發展應是比較可行的模式。但是封閉式成本高，是否容許部分接受公有雲解決方案；但部分限制似乎較可行。但因為生成式 AI 的內容生成創意的優勢，限於公部門作業必須依據法令法規而執行，過於關注內容精確性，造成生成內容不容許太多創意的空間。但生成式人工智慧不論哪一家的產品都存在幻覺的副作用，雖然有時幻覺是創新思維的來源，但使業務應用範圍變窄。稅務機關同仁已經大幅使用生成式人工智慧，處理非機敏性業務，例如產生致詞稿、撰寫報告、製作投影片、製作賀卡等，這些雖然不是核心業務，但是可能占據同仁相當多處理時間，未來業務應用以增強檢索 (RAG) 強化內部業務知識庫功能優先導入，功能上同時以可以支援智慧客服。目前財資中心與高雄國稅局合作，以增強檢索結合 AWS 生成式人工智慧改善營業稅法規內部知識查詢初具成效，預計在 114 年可以擴大應用，這類內部知識庫對新人培訓及業務經驗傳承有重要的功能，也解決資深人員不足的問題。財資中心最終目的是建立專屬的模型，才能解決所有財政需要的專業問題。表 1 是財政部生成式人工應用的沙盒應用主題，集中在以自然語言生成

SQL 查詢語言，以及利用增強檢索(RAG)技術改善 FAQ 應用的可行性，從主題可以得知目前財資中心使用生成式人工智慧具體應用方向，維持以業務輔助為主。

表 1

財政部生成式人工應用的沙盒應用主題

主題名稱	主題類別
應用 AI 於跨稅目需求進行問答與產製 SQL	NL-SQL
應用 GAI 於營業稅相關資料進行問答與 SQL 產製	NL-SQL
應用 GAI 於欠稅管理系統進行問答與 SQL 產製	NL-SQL
以經費結報系統操作文件建立問答機器人	RAG
以房地合一文件建立問答機器人	RAG
綜所稅申報小幫手	RAG
以貨物稅節稅手冊建立問答機器人	RAG
以經費結報系統 QA 資料集建立問答機器人	RAG
以國民旅遊卡相關事項 QA 建立問答機器人	RAG
以遺產稅節稅手冊建立問答機器人	RAG
以稅務行業標準分類文件建立問答機器人	RAG

資料來源：財政部財政資訊中心

(四) 智慧運營

傳統資通訊系統維運僅依賴人工監控作業，缺乏事前預警能力，當監控到異常行為時，再行人工研判處置方式。因為資通訊設備越來越多，人力並未增加時，形成處理量能短缺。導入人工智慧是希望監控系統可以對監控結果直接開單派工、自動維修，或請求外部人力支援。運營功能除了基礎設施也包含應用軟體。對使用者而言，服務中斷或異常，監控人員並不一定有能力判斷故障原因，也無從更換元件或設備零件的能力。運營中心包含技術客服、環境控制、計算資源、通訊線路等狀態資訊的彙集，當故障發生時若可以自動化處理根因分

析、派工進度、資源調度等維持系統持續運作的手段。當網路及系統環境更行複雜時，智慧運營的效率將更為顯著。

(五) 資安偵測

資安偵測與預警應用機器學習機制甚早，目前駭客使用人工智慧生成新興詐騙手段的案例非常多，傳統監控偵測無法在第一時間因應新型攻擊或偽冒。使用人工智慧工具是反制人工智慧攻擊最有效的方式。建置共用監控平台，可隨時擴充、更新、抽換不同類型的偵測模型，增強應變能力與回應速度。現有財政部資安監控平台，已經提供三個主要模型，未來將逐步擴充模型的多元性，因應更多更複雜的攻擊手段變化。

貳、結語

人工智慧結合數據分析應用是財政部業務發展長遠計畫，未來將持續針對更多的稅務議題，建立偵測模型，提供不同稅務異常情形產生預警或計算風險，建立各多元指標評估或預測，以縮短稅務人員作業時程。財政部以共用方式提供本部所屬機關構同仁使用各類人工智慧工具及應用系統，一則符膺永續環境的減碳目標，一則擴大搜集資料來源。強調模型建構過程讓使用者參與對於功能學習除了參與感，第一線同仁直接使用系統，對於應用程式介面親和性的修正，有很大的幫助可加速功能進步及優化。

基本上，任何工作都離不開文字生成的需要，無論稅務行政作業、系統開發、資訊系統維運、資安監控等工作均需產生各式分析報告。連結生成式人工智慧撰寫文字，可以大幅節省文書處理時間提升工作效率。例如生成資安攻擊事件根因分析報告，除了可以生成內容，還要能檢核邏輯分析，應用生成式人工智慧工具，現階段足以提供一定程度的初稿，雖然內容尚不足以取代人力，但已可顯著節省許多撰寫時間。公部門大多期待應用生成式人工智慧是在可確保機敏資料不會輕易外洩的前題下執行，故財政部長期將以發展封閉式財政專業語言模型為目標，逐漸擴大應用範圍，本文藉財政部規畫發展人工智慧應用經驗，期能對有意推動人工智慧應用的公部門相關領域人士參考。

參考資料

- Bayram, F., Ahmed, B. S., & Kassler, A. (2022). From concept drift to model degradation: An overview on performance-aware drift detectors. *Knowledge-Based Systems, 245*, 108632.
- Byrne, M. (2023). The disruptive impacts of next generation generative artificial intelligence. *CIN: Computers, Informatics, Nursing, 41*(7), 479-481.
- Dietterich, T. (1995). Overfitting and undercomputing in machine learning. *ACM computing surveys (CSUR), 27*(3), 326-327.
- Du, H., Niyato, D., Kang, J., Xiong, Z., Lam, K.-Y., Fang, Y., & Li, Y. (2023). Spear or shield: Leveraging generative AI to tackle security threats of intelligent network services. *arXiv preprint arXiv:2306.02384*.
- Perri, L. (2023). *Tackling Trust, Risk and Security in AI Models*. Gartner. Retrieved Nov. 1 from <https://www.gartner.com/en/articles/what-it-takes-to-make-ai-safe-and-effective>
- Zablocki, P., & Gajewska, Z. (2024). Assessing hallucination risks in large language models through internal state analysis. *Authorea Preprints*.

人力資源管理的新挑戰—人機協作

The New Challenge for Human Resources Management: Human-AI Collaboration

丁玉珍

國立臺灣大學政治學系博士

勞動部秘書處處長

Yu-Jen Ting

Ph.D., Department of Political Science, National Taiwan University.

Director, Department of General Affairs, Ministry of Labor

摘要

當 AI 融入日常工作，AI 同事成為不可或缺的一環，人機協作將成為職場常態。理想上，人和 AI 合作的團隊是相互增強，產生更好的團隊績效；但實際上，人和 AI 合作的團隊也可能是相互減弱，甚至降低原本以人為主的團隊績效。因此，AI 對人可能產生促進或約束等截然不同的效果，人力資源管理必須及早因應 AI 與人共存的新職場。

本文從人力資源管理角度梳理公部門使用 AI 案例等文獻，顯示組織使用 AI 時，必須依據 AI 技術特性（例如自適應性等）、人的基本限制（例如有限理性等）規劃及管理人和 AI 合作的團隊，才能使人機協作朝向賦能人類的「H+」發展，而不是降低工作績效的「H-」發展。關鍵策略包括：1、關注認知層面的人機協作：避免只關注生理層面的人機協作；2、善用人和 AI 互相增強的因子，包括：(1) 管理 AI 同事：增強 AI 系統品質與功能；(2) 管理人類同事：引導人類員工以正向的認知態度和情感態度面對 AI 同事（AI 科技接受度）、(3) 強化人類對 AI 的理解和對 AI 的信任（AI 技能訓練）：通常可以達到最高的團隊績效；3、人與 AI 的協作的組織管理：包括把 AI 當成人來管理、管理 AI 產出的結果、權衡人類監督程度。

關鍵詞：人工智慧、人機協作、人力資源管理、AI 同事、賦能

壹、前言

「AI 不會取代人類，但使用 AI 的人會取代不會使用 AI 的人。」

—Adi Ignatius & Karim Lakhani

「這不是一場與機器的競賽。如果我們與他們競爭，我們就會失敗。這是一場人與機器合作的競賽。未來你將根據你與機器人的合作程度獲得報酬。你百分之九十的同事將是看不見的機器。」

— Kevin Kelly

以上分別是《哈佛商業評論》總編輯殷阿笛 (Adi Ignatius) 和哈佛商學院教授卡林·拉哈尼 (Karim Lakhani) (Ignatius 2023)、連線雜誌 (Wired Magazine) 主編凱文·凱利 (Kevin Kelly) 的觀點 (Kelly 2017, Haesevoets, De Cremer et al. 2021)，均同時指出人機協作是未來職場的主流，相較於單純的 AI 應用或單一人類組成的團隊，人機協作團隊的工作效率更高。

理想上，人和 AI 合作的團隊是相互增強，產生更好的團隊績效；但實際上，人和 AI 合作的團隊也可能是相互減弱，甚至降低原本以人為主的團隊績效，AI 對人可能產生促進或約束等截然不同的效果。因此，若單方面不斷提高 AI 系統的品質與效能，AI 系統的設計均朝向促進人與機器之間的協作 (Mills, Duranton et al. 2021) 而努力，增加 AI 同事或隊友的效果仍可能會出現好壞參半的結果 (Seeber, Bittner et al. 2020)，甚至「意料之外」的情況。特別是當 AI 自主學習 (self-learning)、自主開發系統 (self-developing systems) 功能越強與正確率越高，人類更加依賴 AI 時，AI 對人的影響越大。從演算法文化 (Karppi and Crawford 2016)、社交媒體平臺政治和倫理 (Gillespie 2010) 以及社交機器人干預 (Guilbeault 2016, Klinger and Svensson 2018) 的研究證明，AI 會對人產生約束和促進作用，衍生出「削減論點 (curtailment thesis) 或「賦能論點 (enablement thesis)」 (Buffat 2015, Busch and Henriksen 2018)。因此，人力資源的

管理策略必須要配合組織導入 AI 系統及人機協作的新工作型態而調整。

舉例來說，2023 年哈佛商學院、賓州大學華頓商學院、華威商學院聯合波士頓顧問集團對 758 名波士頓諮詢顧問使用 AI 的情況進行分析，知識工作者使用 AI 與不使用 AI 的工作表現比較，平均完成的任務多 12.2%，完成任務的速度提高 25.1%、品質提高 40%以上。然而，同一份調查也顯示，若知識工作者過度依賴 AI，將產生適得其反的效果，使用 AI 與不使用 AI 的工作表現比較，產生正確解決方案的可能性要低 19%(Dell'Acqua, McFowland III et al. 2023)。因此，人與機器之間的協作已浮現為一項關鍵的管理議題(周信輝, 方世杰 et al. 2022)，且往往是 AI 計畫執行成敗的關鍵因素，但卻是以往研究較少關注的部分。

當人機協作將成為未來的工作模式，未來的組織不可避免的必須整合人和 AI 協作來創造價值，從人力資源的角度觀之，必須妥善規劃及管理人與 AI 共存的新職場。然而，而過往探討政府文官人力資源體系的變革，著重於官僚、組織競爭力、策略性人力資源管理和能力管理等理論(施能傑 2006)，在 AI 時代已顯不足。人力資源管理應轉向，從「人—人」轉向「人—AI」共同工作的管理、評估人與 AI 合作的最佳工作狀態(Kaplan and Haenlein 2019)。

貳、AI 與人機協作的定義

AI 領域的快速發展，使得 AI 沒有普遍接受的定義(Wang 2019, Bignami 2022)，本文採用 Russell 與 Norvig 所著「人工智慧——一種現代方法(Artificial Intelligence: A Modern Approach)」(AI 領域排名第一的教科書)的定義：

「AI 是智慧代理人或軟體機器人 (intelligent agents) 的概念，從環境中獲得感知並採取行動的代理人 (agents)，每個代理人 (agents) 都能夠連續感知並採取行動。」(Russell and Norvig 2002)。

有研究選取 2014 年至 2020 年間發表 AI 學習的研究論文，最受認可的人工智慧學習系統 (AI-enabled learning systems) 是自適應性學習系統 (Adaptive Learning Systems) (Kabudi, Pappas and Olsen 2021)。自適應性系統 (Adaptive systems) 是在情境感知機制 (context-aware

mechanisms) 的驅動下自動改變其行為(Fischer 2023)。因此, AI 可以從數據中學習並隨時間自主適應(adapt autonomously), 也可以不需要人類下指令或操作就能自主決策(autonomous decision) 的技術特性, 與過往文獻所關注於物理系統中的人機協作, 探索人機互補性問題(Ansari, Hold and Khobreh 2020), 例如在工業機器人、製造業、營造業、服務業等領域蓬勃發展(林葳均, 余佩儒 and 陳佳珍 2021, 辛炳隆, 葉俊偉 et al. 2023)的人機協作不同。在 AI 領域的人機協作, AI 與人類的協作是雙向的(two-way)、自主的(autonomous)和自適應的(adaptive) (Huang and Rust 2022)。因此, 本文的人機協作意旨:

「人類與機器人互動, 同時執行相同的任務。人與機器之間透過經驗和工作的交流不斷改進工作流程的過程; 也就是說, 機器可以根據人類輸入的資訊和流程進行操作, 然後人類可以根據機器產生的結果進行調整。」(Costa, Petry and Moreira 2022)。

參、人機協作的管理

AI 可以自主學習、人類和 AI 相互協作實現共同的目標(Sadreddini et al., 2023), 尤其這個 AI 同事, 只要給它足夠數量且足夠多樣性的資料, 24 小時都能不停地學習, 不會耍廢、放空與偷懶, 比人類同事學習的速度快、範圍廣, 可以不斷地協助人類同事擴展認知邊界, 所以理論上, 人機協作是產生互利共生(mutualism)、互相增強的效果。透過人類的技能(例如智慧、創造力、適應力等)和 AI 的特性(例如靈活性、正確率、不會疲倦等)組合起來可以更好地執行各種任務(Proia et al., 2021), 產生人與機器是合作互利共生地工作來擴增(augment)和強化(enhance)彼此的能力(Miller, 2018)。換句話說, AI 協助人類更快速決策, 當 AI 有偏誤(bias), 人類運用自己的判斷力修正、反饋為 AI 訓練資料, 提高 AI 模型的正確率, 使 AI 以更高功能的表現協助人類擴增認知與生理能力。

舉例來說, 2018 年愛沙尼亞農業登記和資訊委員會(Agricultural Registers and Information Board, ARIB)開發 AI 圖像識別(image recognition) SATIKAS32 系統, 利用 AI 精準地找到補助對象。起初許多人公務員擔心失去工作而對 SATIKA 系統持懷疑態度, 在計畫初期的小

規模試驗 (project pilots) 和培訓之後，公務員知道該系統不是 100% 可靠，而是必須將現有專業知識與 AI 建議相結合；現場檢查員也意識到，他們的工作不會因為 AI 系統而消失，而是會發生變化。最後，檢查員利用 AI 有效率、正確找到符合規定補助對象，降低工作負荷同時提高檢查比例，產生正向循環後，對 AI 系統信任度增加，再進一步提高檢查比例也再進一步降低工作負荷 (de Vries et al., 2018; Misuraca & van Noordt, 2020; Boyle et al., 2021; van Noordt & Misuraca, 2022b)。

然而，人機協作也可能是彼此相互減弱的過程。人機協作可能產生的問題，首先是人和 AI 的價值判斷方式不同。人類不僅以工具理性 (instrumentally rationally) 行事，而且還具有影響或決定其決策和行為的其他特徵，例如意識 (consciousness) 或情感 (emotion) (Banerjee et al., 2018; Wirtz et al., 2019)。而 AI 系統缺乏人類這些特徵，AI 是使用訓練數據，利用「關聯學習」和「機率推理」等相關性 (correlations) 生成的預測模型。

其次是 AI 的可解釋性 (interpretability/explainability)。AI 必須可解釋的原因在於必須理解黑箱子 (black box) 是如何運作的，然而，受限於研究人員對 AI 神經網絡如何做出決策的理解還處於早期階段，學者們對於可解釋性的機器學習，以及如何衡量和評估仍然沒有達成共識 (OECD, 2019)。尤其當人類面對更複雜的演算法模型 (Engstrom et al., 2020)，無法理解 AI 決策的數據是如何產生的？模型結構解釋什麼功能？做出決策背後的理由？ (Escalante et al., 2018; Guidotti et al., 2018)，加上演算法輸出所呈現的數據關係，對人類而言是不直觀 (nonintuitive)，無法直接對應到一般人常識性理解。當 AI 決策難以挑戰時 (Van Noordt & Misuraca 2022a)，將會直接考驗人類對於 AI 的信任程度，產生不同的人在決策時可能會採取不同的態度和行動 (Mittelstadt, et al., 2016; Duan et al., 2019)，包括演算法趨避 (algorithmic aversion or algorithmic avoidance) (Bobadilla-Suarez et al., 2017; Araujo et al., 2020)、自動化偏誤 (autonomous bias) (Barth & Arnold, 1999; Bovens & Zouridis, 2002; Unver, 2018) 或選擇性遵守 (Selective Adherence) (Delfos et al., 2022; Alon-Barkat & Busuioc, 2023)：

一、演算法趨避

人機協作過程人類對 AI 決策的信任遠低於人類決策，傾向於低估 AI 潛在的效益

(Bobadilla-Suarez et al., 2017)，即使已實證顯示演算法判斷的績效優於人類判斷或直覺 (Bonnenfon et al., 2016; Awad et al., 2018; Longoni et al., 2019)，人們還是依靠自己的直覺做出決策，對 AI 的建議懷疑、刻意忽視 (Seeber et al., 2020)、完全忽略 (Bailey & Barley, 2020; Misuraca & van Noordt, 2020)，或是猶豫不決 (Haesevoets et al., 2021)。再者，人們對演算型決策 (Algorithmic Decision making, ADM) 的寬容似乎遠不如對人類的寬容：演算法犯了一個錯誤 (即使其總體性能優於人類)，人們仍傾向選擇人類的決策者 (Araujo et al., 2020)。

因此，公務人員可能以 AI 設計開發人員或管理人員無法想像的方式使用這些技術，例如以懷疑態度對待 AI 或完全忽略它的建議 (Bailey & Barley 2020; Misuraca & van Noordt, 2020)，或是公務員不信任他們「AI『同事』(AI “colleagues”)」而仔細重複檢查 (double-check) 所有機器的工作成果，反而可能會降低生產力 (productivity) 而不是增強 (enhancing) 能力。

二、自動化偏誤

縱然決策者知道 AI 演算結果有可能不正確、不完全或有偏誤，但對 AI 產出之 (參考) 結果，往往不會站在中立立場，傾向贊同 AI 所產生的決策，忽略與 AI 決策相反的資料或相衝突的人類決策，通常是直接接受計算機決策 (Skitka et al., 1999)。另一種情境是 AI 輔助偵測系統決策牽涉太多細節，以致難以覺察時，在快速檢查過程中，人類過度信賴、監控不足、盲目同意等 (王自雄、張腕純，2020)，導致機器決策的誤用。

舉例來說，2012 年波蘭勞動和社會政策部 (Polish Ministry of Labour and Social Policy, MLSP) 建立具有成本效益且個人化服務的「失業評分系統 (unemployment scoring system)」，最初構想是建議工具，同時保留諮詢人員對失業分類最終決定權。但基層官員信任 AI 提供的訊息，不會進一步搜索更多資訊，或他們開始害怕出現不一致的意見，只對案例做微小更改，結果是超過 99% 依據 AI 系統的推薦分類，導致 AI 系統變成實質決策者，AI 系統不僅無法發揮功能甚至導致歧視。2018 年底憲法法庭裁定 AI 失業評分系統違反波蘭憲法，2019 年被政府正式拆除 (Niklas, 2019; Misuraca & van Noordt, 2020)。

另一個案例，澳大利亞聯邦政府社會服務部 (Services Australia) 使用「債務機器人 (Robodebt)」判斷民眾是否溢領社會福利金，由於 Robodebt 未能依照法律規定執行、違反

行政程序相關規定 (Whiteford, 2021)，且行使公權力的效果超過法律對行政裁量權的授權範圍，從根本上改變政府制定的行政原則和公民權利 (Henman, 2017)，2019 年聯邦法院宣布債務「無效」，政府承認 Robodebt「非法」。

以上案例顯示，即使給予人類最終決定權，人類還是可能產生過於依賴這些 AI 機器，且產生的危險遠比機器本身自主學習還大 (Barth & Arnold, 1999)。使得人類的自動化偏誤與 AI 的自適應性合作產生非意圖結果，不僅破壞治理的合法性，甚至使 AI 系統設計師、AI 專家成為「意料之外」的官僚成員 (Bovens & Zouridis, 2002; Unver, 2018)。

三、選擇性遵守

與人類的建議類似，決策者可能會以有偏見、有選擇性的信任演算法決策，例如即使有與 AI 建議對立的證據，當 AI 建議符合決策者的刻板印象時，決策者仍會賦予 AI 建議更大的權重，選擇性地採用演算法建議，產生人類偏見與演算法偏見混合決策的風險 (Delfos et al., 2022, Alon-Barkat & Busuioc, 2023)。

因此，除了 AI 系統本身可能超過初始程式設計者或政策規劃者的預期，產生有意、無意或無法預期的結果；終端使用者使用 AI 系統的方式也可能會超過初始程式設計者或政策規劃者預期，這種認知層面產生的風險程度不亞於 AI 偏誤 (bias) 的風險。然而，以往 AI 研究主要集中在 AI 技術發展和應用，例如提高 AI 正確率來提升組織效能；或是從社會學、政治學或公共政策的角度，探討 AI 科技應用伴隨的倫理風險，例如 AI 偏誤造成非人為蓄意的歧視風險，均忽略人機協作的管理，更遑論人機協作過程中人類認知層面的管理。

肆、人機協作的理論與實踐困境

過往文獻對於 AI 的技術發展以及人類集體智慧的社會科學發展都取得重大進展，但對於人機系統的綜合性理解發展卻較為緩慢 (Jiang et al., 2023)。更甚者，人機協作也使既有理論也發生解釋力逐漸降低的現象。

一、人機協作的理論困境

本文將從社會科學和自然科學兩個面向進行分析：

(一)「社會科學」以人為中心的治理典範，缺乏人機協作的理論或框架

從組織管理或人力資源管理的角度分析，以往組織行為學多半的理論是著眼於組織內「人—人」的互動管理。雖然「工業 4.0」、物聯網 (internet of things, IOT) 已經開始討論「機—機」的互動管理，仍然缺少「人—機」互動下所衍生的種種心理、行為乃至管理問題。從美國的經驗發現，人機協作的職業傷害率是平均職業傷害率的兩倍，主要來自於人與機器人之構造本質的不同，例如人會累、機器人不會累；當「人」必須與「機」長時間且長期工作，將產生生理、心智，甚至是認知的負荷。因此，應重新檢視現有心理與行為理論，探討、解釋及解決「人—機關係管理」的問題 (許鉅秉, 2022)。

(二)「自然科學」著重生理或物理系統，人機協作理論缺乏對認知層面的關注

傳統多數人機協作研究奠基於機器扮演被動角色的思維，採用 Davis 在 1985 年提出科技接受模式 (Technology Acceptance Model, TAM) 中的「知覺有用性 (Perceived Usefulness, PU)」(相信使用特定系統可以增進工作績效的程度) 以及「知覺易用性 (Perceived Ease of Use, PEOU)」(相信使用特定系統不需體力或智力付出的程度) 的主要兩信念變數作為技術設計的關鍵指標 (Kelly et al., 2023)。

人機協作的模型極為複雜，大部分的人機協作研究關注生理層面的人機互補性 (Ansar et al., 2020)。例如從感知環境推斷協作策略、學習方法、感測器和執行器等完成實際的物理任務，包括協同組裝、物件移交、物件搬運和協作製造 (Semeraro et al., 2023) 等。另一個面向的研究是從機器人如何配合人的身心狀況自動調整其運作速度與效率的「智慧型機器人」(許鉅秉, 2022)，關注 AI 智慧代理人的特徵 (AI agent characteristics) 及使用者介面設計 (user-interface design) (Gupta et al., 2023)，透過瞭解和解釋使用者接受或拒絕資訊系統的原因，以及分析使用者接受新資訊科技的各項影響因素，例如友善性 (friendliness)、可用性 (usability)、透明性 (transparency) (Ren et al., 2023)，增加終端使用者的科技接受度。然而，針對認知層面的人機協作 (*cognitive human-robot collaboration*) 卻少有關注，例如人和 AI 互動過程中，決定要執行下一個動作時，主要考慮因素包括人的意圖、人類對 AI 的信任、AI 對場景 (the scene) 的認知等，亦即當前互動狀態的資訊評估要採取的行動，而不是從另一項行動中所獲得的資訊評估下一個動作 (Semeraro et al., 2023)。

二、人機協作的實踐困境

當官僚和 AI 結合，官僚擁有更多關於公民的資訊並控制資訊 (Busch & Henriksen 2018) 可以強化國家統治能力；或是 AI 成為實際決策者，將衍生課責性的論辯；或使 AI 行使公權力的效果超過法律對行政裁量權的授權範圍，可能會從根本上改變政府或人類制定的行政原則和公民權利 (Henman, 2017)；或 AI 回應甚至放大現有的人類偏見 (human bias) (O'Connor & Liu, 2024)。

從人力資源管理的角度，目前也沒有充分分析人類與 AI 共存和協同工作的最佳條件 (Seeber et al., 2020)、廣泛使用的測試工具來評估人機協作相對於單獨人類、單獨 AI 性能或品質的方法 (Malone et al., 2023)。

伍、邁向「H+」而不是「H-」的「人力」資源管理

當 AI 成為同事，以及對人類行為產生的影響，已超越我們今天人類中心世界觀，現有社會科學理論必須轉移到人與 AI 共存的社會世界觀。而組織的人力資源管理應如何轉向以產生「AI+」與「H+」的新組合，以及應如何避免「AI-」與「H-」的結果產生？

一、關注認知層面的人機協作

人機協作應區分生理層面和認知層面。從人力資源的角度，更應關注認知層面的人機協作 (Semeraro et al., 2023)，例如組織應透過 AI 技術訓練，強化終端使用者的 AI 素養，避免終端使用者誤用 AI 而產生演算法趨避、自動化偏誤或選擇性遵守；組織應使用人機協作的技術性干預方式，例如驗證能動性以改善人類對 AI 的信任度過高或過低所產生負面影響 (Okamura & Yamada, 2020; Schmidt & Biessmann, 2020)，透過監測使用者依賴行為，避免人機協作產生更高的認知負荷、誤解和低效率，導致 AI 系統的實施產生的不利結果，進而損害組織績效等。

二、人和 AI 認知層面的互相增強因子

從人力資源的角度，若欲設計人機協作的最佳化模式，需進一步理解人與 AI 互相增強

的因子，才能妥善管理 AI 與人的協作。梳理文獻影響人與 AI 互動關係的因素如下：

1. AI 系統品質：AI 系統品質的增強與人類依賴 AI 的程度有直接關係

由於 AI 智慧程度不同，其完成決策任務的能力也不同 (Ren et al., 2023)。研究顯示 AI 系統品質的增強與人類依賴 AI 的程度有直接關係 (Bullock, 2019; Prentice et al., 2020)。AI 系統品質包括正確性 (accuracy)、及時性 (timely)、時效性 (currency)、呈現方式 (presentation) 和完整性 (completeness) (Prentice et al., 2020)。

2. AI 科技接受度：正向的認知態度和情感態度強化人對 AI 的科技接受度

使用者接受 AI 的關鍵決定因素是人的認知態度，正向的認知態度 (cognitive attitudes) 和情感態度 (affective attitudes) 強化人對 AI 的科技接受度。其他因素包括 (Ma & Huo, 2023)：

- (1). 社會影響力：基於科技的功利主義和享樂主義價值觀，一個人感知到技術有新穎價值時，會以一種愉快、有正面影響的方式完成任務。
- (2). 新穎性價值：使用 AI 將幫助他們完成某項活動的程度。
- (3). 績效期望：一個人認為重要的其他人認為他/她應該採用新技術的程度。

3. 人類對 AI 的理解和對 AI 的信任：通常可以達到最高的團隊績效

由於人類和 AI 系統可能擁有不同的專業知識，高團隊績效不僅取決於 AI 系統的正確性，還取決於人類具有領域知識專業和 AI 技術基礎知識。當人類與 AI 相互理解，人類和 AI 都知道如何以及何時相互補充時，類似現實生活中的老師，不僅可以促進 AI 系統的更好採用和信任，通常可以達到最高的團隊績效 (Hsiao & Chan, 2023; Ren et al., 2023; 丁玉珍, 2024)。

三、管理人與 AI 的協作

當 AI 為團隊成員 (teammate) (Seeber et al., 2020)，AI 機器可以充當人類的同伴，並與人類合作完成決策任務，AI 機器與人協作的的能力成為 AI 機器智慧水準的指標 (Ren et al., 2023) 時，組織的人力資源管理必須包括「人」、「AI」，組織必須透過有效的管理，使人機協作，亦即人與 AI 的合作達到最佳工作狀態。

首先是應如何管理 AI？管理 AI 的概念如同管理人類，就是「把 AI 當成人來管理」。其實把 AI 當成人來管理並非新鮮事，最早期定義 AI 是軟體代理人 (software agent)，用一個軟

體來執行一個代理人的功能，主體是人，代理人就是仲介的功能，以特定功能或業務的代理人來思考最為直觀，接下來就是要管理仲介（智慧代理人）。因此，管理 AI 的方法也如同管理仲介，如同公共行政以人為主體，現有各種行政業務都有專業代理人，如報稅代理人、律師、代書等，業務均不同，接下來就是管理專業代理人。而管理專業代理人，也有多種方法，例如合法化，保險代理人有保險法及保險代理人管理規則、記帳士暨記帳及報稅代理人有記帳士法及相關管理辦法。因此，「把 AI 當成人來管理」，比較簡單務實的做法是「管理 AI 產出的結果」。

其次是應如何管理 AI 產出的結果？理論上，如果有足夠的數據，AI 可以發現數據本身的模式，達到高度預測的效果，甚至幾乎不需要人類監督（Van Noordt & Misuraca, 2022a）。然而，從社會科學領域的角度來看，基於 AI 風險的疑慮，若要負責任使用 AI，必須人類監督（Rahwan, 2018），由人進行客觀專業的最終判斷。

最後是如何權衡人類監督程度？有針對擔任管理職的參與者進行實證研究，首先，參與該研究的管理者指出「最佳」人機工作關係是人類的權重約 70%、機器佔 30%，並依不同的情況微調，但建議圍繞 70-30% 的黃金標準，並指出明確預設標準（例如機器權重 100% 或 50%）幾乎肯定會適得其反。其次，該研究還觀察到一個重要的觀點，很大一部分員工（約佔所有管理人員的 30%）對 AI 有強烈的反感，以及不同類型的人對機器參與的反應不同（Haesevoets et al., 2021）。

陸、結論

從人力資源的角度，人和 AI 合作的團隊，可能提高團隊績效，也可能降低原本以人為主的團隊績效，人力資源管理必須及早因應，以邁向「H+」而不是「H-」的「人力」資源管理，而關鍵策略包括：1、關注認知層面的人機協作：避免只關注生理層面的人機協作；2、善用人 and AI 互相增強的因子，包括（1）管理 AI 成員面向：增強 AI 系統品質與功能；（2）在管理人類成員面向：引導人類員工以正向的認知態度和情感態度面對 AI（AI 科技接受度）、（3）強化人類對 AI 的理解和對 AI 的信任（AI 技能訓練）：通常可以達到最高的團隊績效；3、管理人與 AI 的協作：包括把 AI 當成人來管理、管理 AI 產出的結果、權衡人

類監督程度。

柒、參考文獻

- 丁玉珍 (2024)。公共治理與人工智慧的交引纏繞：行動者網絡理論分析途徑（未出版之博士論文）。國立臺灣大學政治學系，臺灣臺北市。
- 王自雄、張腕純 (2020)。值得信賴的健康醫療 AI—從資料共享之治理論起。《法律與生命科學》，9(2)，1 - 28。
- 辛炳隆、陳秋蓉、林金玲、葉俊偉 (2023)。人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析（研究報告）。勞動部。
- 周信輝、方世杰、李慶芳、蔡馥陞、劉亭蘭 (2022)。與機器共舞：以交織理論探索人機協作的能動性。《中山管理評論》，30(5)，857 - 897。
- 林葳均、余佩儒、陳佳珍 (2021)。研析歐盟人機協作之研發策略。《經濟前瞻》，195，73 - 79。
- 施能傑 (2006)。文官體系能力與政府競爭力：策略性人力資源管理觀點。《東吳政治學報》，22，1 - 46。
- 許鉅秉 (2022)。從「人—機互動、人—機衝突、到人—機關係管理」看管理領域的翻轉。《人文與社會科學簡訊》，23(3)，25 - 29。
- Alon-Barkat, S., & Busuioc, M. (2023). Human–AI interactions in public sector decision making: “Automation bias” and “selective adherence” to algorithmic advice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 33(1), 153–169.
<https://doi.org/10.1093/jopart/muac007>
- Ansari, F., Erol, S., & Sihm, W. (2020). A knowledge-based approach for representing jobholder profile toward optimal human–machine collaboration in cyber physical production systems. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 28, 87–106.
<https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2019.11.005>
- Araujo, T., Helberger, N., Kruijemeier, S., & de Vreese, C. H. (2020). In AI we trust? Perceptions about automated decision-making by artificial intelligence. *AI & Society*, 35(3), 611–623.
<https://doi.org/10.1007/s00146-019-00852-7>
- Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., & Rahwan, I. (2018). The moral machine experiment. *Nature*, 563(7729), 59–64. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0637-6>

DOI: 10.6587/JTHRE.202412_11(2).0003

- Bailey, D. E., & Barley, S. R. (2020). Beyond design and use: How scholars should study intelligent technologies. *Information and Organization*, 30(2), Article 100286. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2020.100286>
- Banerjee, S., Mandal, J. K., & Dutta, P. (2018). A comparative study on decision-making capability between human and artificial intelligence. In *Nature Inspired Computing: Proceedings of CSI 2015*, 203–210. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6747-1_23
- Barth, T. J., & Arnold, E. (1999). Artificial intelligence and administrative discretion: Implications for public administration. *The American Review of Public Administration*, 29(4), 332–351. <https://doi.org/10.1177/02750749922064463>
- Bignami, F. (2022). Artificial intelligence accountability of public administration. *The American Journal of Comparative Law*, 70(Supplement_1), i312–i346. <https://doi.org/10.1093/ajcl/avac017>
- Bobadilla-Suarez, S., Sunstein, C. R., & Sharot, T. (2017). The intrinsic value of choice: The propensity to under-delegate in the face of potential gains and losses. *Journal of Risk and Uncertainty*, 54(3), 187–202. <https://doi.org/10.1007/s11166-017-9269-y>
- Bonnefon, J.-F., Shariff, A., & Rahwan, I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352(6293), 1573–1576. <https://doi.org/10.1126/science.aaf2654>
- Bovens, M., & Zouridis, S. (2002). From street-level to system-level bureaucracies: How information and communication technology is transforming administrative discretion and constitutional control. *Public Administration Review*, 62(2), 174–184. <https://doi.org/10.1111/0033-3352.00168>
- Boyle, D., Mačiulytė, E., & Moelder, K. (2021). A case study grassland monitoring in Estonia. *European Association of Remote Sensing Companies (EARSC)*.
- Buffat, A. (2015). Street-level bureaucracy and e-government. *Public Management Review*, 17(1), 149–161. <https://doi.org/10.1080/14719037.2013.771699>
- Bullock, J. B. (2019). Artificial intelligence, discretion, and bureaucracy. *The American Review of Public Administration*, 49(7), 751–761. <https://doi.org/10.1177/0275074019856123>
- Busch, P. A., & Henriksen, H. Z. (2018). Digital discretion: A systematic literature review of ICT and street-level discretion. *Information Polity*, 23(1), 3–28. <https://doi.org/10.3233/IP-170050>

- Costa, G. D. M., Petry, M. R., & Moreira, A. P. (2022). Augmented reality for human–robot collaboration and cooperation in industrial applications: A systematic literature review. *Sensors*, 22(7), Article 2725. <https://doi.org/10.3390/s22072725>
- de Vries, M., Moeller, I., Peralta, G., Morris, E., Stanica, A., Scriciu, A., van Wesenbeeck, B., & van der Wal, D. (2018). Earth observation and the coastal zone: From global images to local information. In European Commission, NEREUS, & European Space Agency (Eds.), *The ever growing use of Copernicus across Europe's regions: A selection of 99 user stories by local and regional authorities* (pp. 148–149). European Commission.
- Delfos, J., Zuiderwijk, A., Van Cranenburgh, S., & Chorus, C. (2022). Perceived challenges and opportunities of machine learning applications in governmental organizations: An interview-based exploration in the Netherlands. In *Proceedings of the 15th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 289–296. ACM. <https://doi.org/10.1145/3560107.3560124>
- Dell'Acqua, F., McFowland III, E., Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., Krayer, L., Candelon, F., & Lakhani, K. R. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality. *Harvard Business School Technology & Operations Management Unit*, working paper 24-013.
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data–Evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>
- Engstrom, D. F., Ho, D. E., Sharkey, C. M., & Cuéllar, M. F. (2020). Government by algorithm: Artificial intelligence in federal administrative agencies. *Public Law Research Paper No. 20-54. NYU School of Law*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3551505>
- Escalante, H. J., Escalera, S., Guyon, I., Baró, X., Güçlütürk, Y., Güçlü, U., van Gerven, M., van Lier, R. (Eds.). (2018). Explainable and interpretable models in computer vision and machine learning. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98131-4>
- Fischer, G. (2023). Adaptive and adaptable systems: Differentiating and integrating AI and EUD. In *Proceedings of the International Symposium on End User Development. Lecture Notes in Computer Science*, 3-18.
- Gillespie, T. (2010). The politics of “platforms.” *New Media & Society*, 12(3), 347–364. <https://doi.org/10.1177/1461444809342738>
- Guidotti, R., Monreale, A., Ruggieri, S., Turini, F., Giannotti, F., & Pedreschi, D. (2018). A survey of methods for explaining black box models. *ACM Computing Surveys*, 51(5), Article 93.

- Guilbeault, D. (2016). Automation, algorithms, and politics: Growing bot security: An ecological view of bot agency. *International Journal of Communication, 10*, 5003–5021. <https://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/6133>
- Gupta, P., Woolley, A. W., & Malone, T. W. (2023). Fostering collective intelligence in human–AI collaboration: Laying the groundwork for COHUMAIN. *Topics in Cognitive Science*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/tops.12708>
- Haesevoets, T., Cremer, D. D., Dierckx, K., & Van Hiel, A. (2021). Human-machine collaboration in managerial decision making. *Computers in Human Behavior, 119*, Article 106730. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106730>
- Henman, P. (2017). The computer says "DEBT": Towards a critical sociology of algorithms and algorithmic governance. *Data for Policy Conference Proceedings*.
- Hsiao, J., & Chan, A. (2023). Towards the next generation explainable AI that promotes AI-human mutual understanding. In *XAI in action: Past, present, and future applications*.
- Huang, M.-H., & Rust, R. T. (2022). A framework for collaborative artificial intelligence in marketing. *Journal of Retailing, 98*(2), 209–223. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.04.001>
- Ignatius, A. (2023). AI won't replace humans—but humans with AI will replace humans without AI. Harvard Business Review.
- Jiang, N., Wang, Y., Wang, H., & Wu, J. (2023). Beyond AI-powered context-aware services: The role of human–AI collaboration. *Industrial Management & Data Systems, 123*(11), 2771–2802. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2022-0697>
- Kabudi, T., Pappas, I., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, Article 100017. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons, 62*(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- Karppi, T., & Crawford, K. (2016). Social media, financial algorithms and the hack crash. *Theory, Culture & Society, 33*(1), 73–92. <https://doi.org/10.1177/0263276415583139>
- Kelly, K. (2017). *The inevitable: Understanding the 12 technological forces that will shape our future*. Penguin Books.
- Kelly, S., Noonan, C., & Horner, S. (2023). What factors contribute to the acceptance of artificial

intelligence? A systematic review. *Telematics and Informatics*, 77, Article 101925.

<https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.101925>

Klinger, U., & Svensson, J. (2018). The end of media logics? *On algorithms and agency*. *New Media & Society*, 20(12), 4653–4670. <https://doi.org/10.1177/1461444818779750>

Longoni, C., Bonezzi, A., & Morewedge, C. K. (2019). *Resistance to medical artificial intelligence*. *Journal of Consumer Research*, 46(4), 629–650. <https://doi.org/10.1093/jcr/ucz013>

Ma, X., & Huo, Y. (2023). *Are users willing to embrace ChatGPT? Exploring the factors on the acceptance of chatbots from the perspective of AIDUA framework*. *Technology in Society*, 75, Article 102362. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102362>

Malone, T., Rus, D., & Laubacher, R. (2023). A test for evaluating performance in human-AI systems.

Miller, S. M. (2018). AI: Augmentation, more so than automation. *Asian Management Insights*, 5(1), 1-20. <https://ink.library.smu.edu.sg/ami/77>.

Mills, S., Zinder, E., Van Durme, Y., & Díaz, A. (2021). Are you overestimating your responsible AI maturity? Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com>

Misuraca, G., & van Noordt, C. (2020). AI watch—Artificial intelligence in public services: Overview of the use and impact of AI in public services in the EU. Joint Research Centre (Seville site). Retrieved from <https://publications.jrc.ec.europa.eu>

Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, 3(2), Article 2053951716679679. <https://doi.org/10.1177/2053951716679679>

Niklas, J. (2019). Poland: Government to scrap controversial unemployment scoring system. *Algorithm Watch*. Retrieved from <https://algorithmwatch.org>

O'Connor, S., & Liu, H. (2024). Gender bias perpetuation and mitigation in AI technologies: Challenges and opportunities. *AI & Society*, 39(4), 2045–2057. <https://doi.org/10.1007/s00146-023-01676-2>

OECD. (2019). *Artificial intelligence in society*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>

Okamura, K., & Yamada, S. (2020). Adaptive trust calibration for human-AI collaboration. *PLOS ONE*, 15(2), Article e0229132. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229132>

Prentice, C., Weaven, S., & Wong, I. A. (2020). Linking AI quality performance and customer engagement: The moderating effect of AI preference. *International Journal of Hospitality*

- Proia, S., Carli, R., Cavone, G., Dotoli, M., & Turchiano, B. (2021). Control techniques for safe, ergonomic, and efficient human-robot collaboration in the digital industry: A survey. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 19(3), 1798–1819. <https://doi.org/10.1109/TASE.2021.3130378>
- Rahwan, I. (2018). Society-in-the-loop: Programming the algorithmic social contract. *Ethics and Information Technology*, 20(1), 5–14. <https://doi.org/10.1007/s10676-017-9430-8>
- Ren, M., Ren, Z., Wang, Y., & Dong, H. (2023). Human-machine collaborative decision-making: An evolutionary roadmap based on cognitive intelligence. *International Journal of Social Robotics*, 15(7), 1101–1114. <https://doi.org/10.1007/s12369-022-00946-7>
- Russell, S., & Norvig, P. (2002). *Artificial intelligence: A modern approach* (2nd ed.). Pearson Education.
- Sadreddini, T. S., Safyari, M., & Sadreddini, Z. S. (2023). Human collaboration in self-learning systems. *Southeast Europe Journal of Soft Computing*, 12(2), 88 – 91.
- Schmidt, P., & Biessmann, F. (2020). Calibrating human-AI collaboration: Impact of risk, ambiguity and transparency on algorithmic bias. In *International Cross-Domain Conference for Machine Learning and Knowledge Extraction*, 431-449. Springer.
- Seeber, I., Bittner, E., Briggs, R. O., de Vreede, T., de Vreede, G.-J., Elkins, A., ... Merz, A. B. (2020). Machines as teammates: A research agenda on AI in team collaboration. *Information & Management*, 57(2), Article 103174. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103174>
- Semeraro, F., Bi, Z., & Reimer, P. (2023). Human–robot collaboration and machine learning: A systematic review of recent research. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 79, Article 102432. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102432>
- Skitka, L. J., Mosier, K., & Burdick, M. D. (1999). Does automation bias decision-making? *International Journal of Human-Computer Studies*, 51(5), 991–1006. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1999.0252>
- Unver, A. (2018). Artificial intelligence, authoritarianism and the future of political systems. *EDAM Research Reports*. Retrieved from <https://edam.org.tr>
- Van Noordt, C., & Misuraca, G. (2022a). Artificial intelligence for the public sector: Results of landscaping the use of AI in government across the European Union. *Government Information Quarterly*, 39(3), Article 101714. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101714>
- van Noordt, C., & Misuraca, G. (2022b). Exploratory insights on artificial intelligence for government in Europe. *Social Science Computer Review*, 40(2), 426–444.

DOI: 10.6587/JTHRE.202412_11(2).0003

<https://doi.org/10.1177/0894439320980449>

Wang, P. (2019). On defining artificial intelligence. **Journal of Artificial General Intelligence**, 10(2), 1–37. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>

Whiteford, P. (2021). Debt by design: The anatomy of a social policy fiasco—Or was it something worse? *Australian Journal of Public Administration*, 80(2), 340–360.

<https://doi.org/10.1111/1467-8500.12479>

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector—Applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42(7), 596–615. <https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103>

AI 與空污及噪音管制的交會

The Intersection of AI with Air Pollution and Noise Control

蔡孟裕博士¹ 謝仁碩² 丁培修³

環境部主任秘書¹

環境部大氣環境司科長²

環境部大氣環境司科長³

Meng-Yu Tsai, Ph.D.¹, Jen-Shuo Hsieh², Pei-Hsiou Ding³

Chief Secretary, Ministry of Environment¹

Section Chief, Department of Atmospheric Environment, Ministry of Environment²

Section Chief, Department of Atmospheric Environment, Ministry of Environment³

摘要

環境部自 98 年起推動「使用中機動車輛噪音妨害安寧檢舉辦法」，並建置檢舉系統，加強車輛噪音管制。110 年起導入聲音照相科技執法，透過儀器比測與噪音管制標準，累計處分 1.4 萬件，罰款逾 3,400 萬元，並取得專利。目前正提升多音源識別能力，未來將應用於營建機具管制。另環境部推動智慧影像判煙科技執法，透過智能分析煙霧不透光率，結合數位簽章確保執法嚴謹性，並制定檢測標準，已獲專利。該技術於 2024 年獲智慧城市創新應用獎，並持續推廣，成為環保稽查排放煙霧業者的重要工具。

關鍵字：車輛噪音、聲音照相、目測判煙、智慧判煙、科技執法

壹、前言

道路違規事件，除了常見的超速、違規停車等案件外，車輛噪音也是很大的問題。除了車輛老舊、設備故障所產生的噪音因素以外，許多噪音來自於駕駛人的不當行為，例如車輛改裝、拆除消音器，甚至不當操駕、急停急駛等行為，藉此獲取感觀上的刺激。噪音嚴重妨害安寧，特別在夜深人靜的時刻，噪音更是擾人清夢，影響情緒。為此，針對機動車輛的噪音問題，政府有關部門過去也都積極尋找各種方法加以改善，包含從新車車型檢驗把關、使用中車輛攔檢檢測噪音是否符合標準等措施，希望能遏止高噪音車輛的發生，不過由於噪音發生與駕駛習慣和車輛改裝有關，成效每每差強人意，因此利用「聲音照相」的技術進行科技執法遂成一項利器，可即時針對所產生的噪音大小進行監測，超過標準即予以處罰。為此，結合多種儀器裝置進行噪音採集，並搭配高解析度攝影機及後端的AI精準判斷聲音大小，讓違規車輛無所遁形，同時，可以結合深度學習辨識噪音違規的聲音音頻特性，提高正確執法率，杜絕車輛駕駛人缺少保養以及不當改裝而製造高噪音的擾寧問題。

另外，隨著生活品質的提升，為了滿足大量的產品生產，有許多的工廠在運作，將龐大的原物料轉換為人們所需的產品，而在轉換的過程中，大量化學物質的使用與燃料的燃燒就難以避免，以致於產生大量的粉塵與有害物質從工廠煙道排出，然後以煙霧型式擴散到空氣中，造成空氣污染。為減少空氣污染對人體健康的傷害，各國都對工廠排煙有嚴格的法令要求，相關工廠廢氣的處理，都要進行有效的管控才能符合環保標準，然而，工廠為了符合廢氣排放標準，勢必要花費大量的經費，因此造成營收的降低。為此，難免有少數業者為節省成本，違反法規偷偷排放廢氣，故不可避免需要執法單位來進行煙害監控。眾所周知，判斷廢氣的基本方式，就是看看煙霧是否遮蔽透視光線，俗稱黑煙或白煙，在科學上稱作「不透光率」，但是，光線的透視程度與周遭環境的自然亮度及天候狀況有密切的關聯。30年前，環保部門引進由受訓合格的人員以肉眼監控廢氣的「目測判煙」技術，然而，僅憑人力目視的結果，容易造成爭議，更難以長時間監控。近年來，環境部發現隨著科技發展，經由長期的研發與實作後，相機的解析能力大幅提升，足以作為判斷廢氣排放不透光度的依據，並且，結合人工智慧的發展，經由反覆的分析與學習，可以提高對於煙霧的不透光率有效判

斷，完成本件煙流不透光率數位影像辨識系統(智慧判煙)，希望後續環保單位在稽查不肖廠商時更有效率，減少爭議，最終減少空氣污染的產生。

貳、設備軟硬體

一、聲音照相科技執法（簡稱聲音照相）設備諸元

聲音照相設備集合了噪音計、攝影機、風速計及整合資料儲存模組等單元共同組成，圖1為組合後聲音照相設備各項單元。

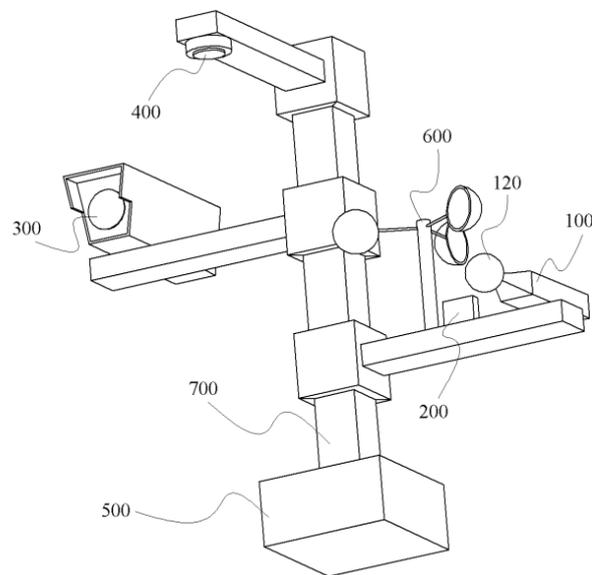


圖 1 聲音照相的各項單元

100：噪音計、120：防風罩、200：聲音校正器、300：車牌辨識攝影機、
400：環境攝影機、500：整合控制模組、600：風速計、700：伸展架

本設備為聲音照相系統，其可正確量測道路噪音，並精準辨識掌握違規車輛，以公正處罰違規人員，進而促進民眾守法，其結構堅固、輕巧，可在戶外長期架設使用，維持有效的執法。本系統主要包括有噪音計、聲音校正器、車牌辨識攝影機、環境攝影機，以及整合控制模組。

通過噪音計判斷是否為噪音；聲音校正器連接該噪音計，以校正而獲得正確的噪音資料；車牌辨識攝影機用來拍攝發出噪音的車輛，並且即時辨識該車輛的車牌號碼了解車主身分；環境攝影機，用來拍攝當時環境狀況；整合控制模組連接噪音計、聲音校正器、車牌辨識攝影機、環境攝影機，並根據噪音計、聲音校正器判斷當前的車輛有違規噪音的產生，啟動該車牌辨識攝影機進行該車牌號碼辨識，以及記錄環境攝影機所拍攝相關時間的該環境影像。

噪音計為Class1，設置有防風罩，以阻隔風聲干擾；環境攝影機為魚眼攝影機；整合控制模組連接有風速計，設置有AI處理單元，具備學習與強化噪音監測及排除干擾的能力；可有線或無線方式連接有後端伺服器，以獲得更大的記錄容量及強化計算能力。

系統設置伸展架，以固定該噪音計、該聲音校正器、該車牌辨識攝影機、該環境攝影機、該整合控二制模組，該伸展架可以設置在固定位置，或者設置在機動工具上以方便移動。

二、智慧影像判煙科技執法(簡稱智慧判煙)設備諸元

智慧影像判煙科技執法設備，主要包括有煙霧照相機、環境資訊接收盒、計算模組，以及箱體，如圖2，煙霧數位照相機用以對排放廢氣的目標拍攝相片，環境資訊接收盒連接風速、風向計及照度計等感測單元以獲得當前的環境資料，再搭配GPS系統定位觀測設備位置，最終根據相片上的煙霧計算不透光率以判斷是否超過不透光度之標準，箱體則用來固定該煙霧照相機、環境資訊接收盒、計算模組。

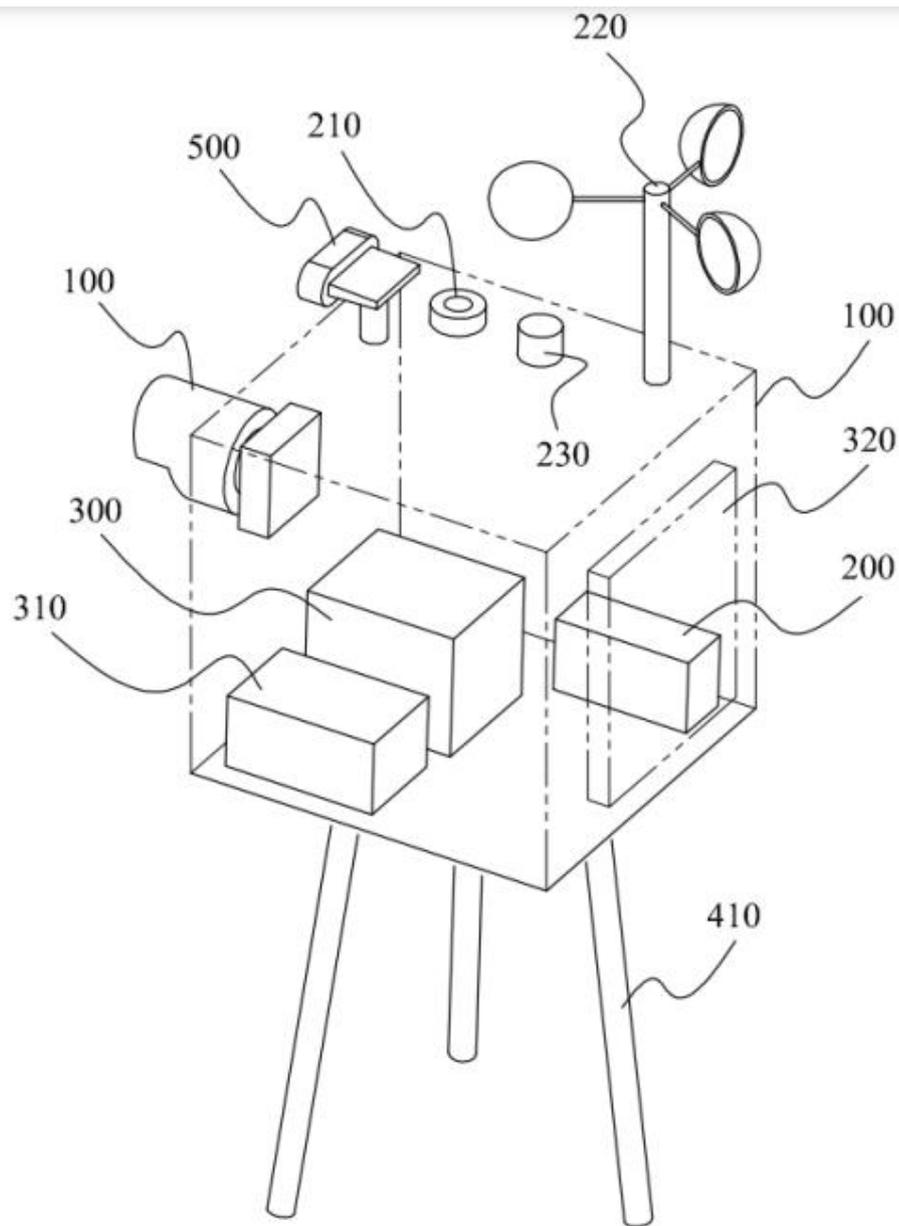


圖 2 智慧判煙的各項單元

圖之符號如下：

100：煙霧照相機、200：環境資訊接收盒、210：照度感測器、220：風向、風速感測器、
230：GPS接收器、300：計算模組、310：電池、320：控制面板、400：箱體、410：伸
展架、500：環境攝影機

執行時步驟大致如下：

1. 裝置設定，針對排煙的工廠、機關、區域等目標，於適當地點架設該箱體400，使該煙霧照相機100、該環境攝影機500對正該目標，同時打開該照度感測器210，該風向、風速感測器220，該GPS接收器230等收集環境資料，匯入該環境資訊接收盒200整合備用；
2. 拍攝相片，透過該控制面板320啟動該煙霧照相機100拍攝煙霧相片，同時該環境攝影機500即時錄製該目標周圍的環境影像；
3. 煙霧圈選，將拍攝的該相片傳回該計算模組300，透過其中的該AI處理單元，圈選該煙霧相片的煙霧部分，排除背景影響，取得正確的煙霧圖像；
4. 修正判讀，該AI處理單元配合該環境資訊接收盒200的該環境資料，判斷該煙霧圖像內的煙霧是否達到違規，並透過人工或自動回饋進行學習，以快速提高判讀的正確性；
5. 呈現結果，確認違規後，整合記錄該煙霧相片、環境影像、環境資料，並製作告發文件以供執行取締。

參、案例介紹

噪音及廢氣排放，會隨著天候及時間推移而消失，但是如處理成效不彰則容易導致民怨高漲，甚至還可能懷疑公部門與業者官商勾結，因此這是各國政府部門希望解決的長年問題，今天介紹二個案例，第一個叫聲音照相；第二個叫智慧判煙，都與導入 AI 科技解決環境污染陳情案件有關。

統計 107-111 年台灣各項環境污染陳情案，空氣污染與噪音平均受理件數每年高達 18.5 萬件，約占總案件數之 66.7%，如表 1，所以如何有效改善稽查效率，並節省行政資源是迫在眉睫。

表 1
各類環境污染陳情案件統

年度	空氣污染	噪音	環境衛生	廢棄物
107	105,382	87,995	69,515	8,732
108	100,665	85,457	72,580	8,908
109	99,500	91,928	69,846	10,262

110	93,514	96,806	70,765	10,148
111	74,445	91,081	62,341	8,606
平均	94,701	90,653	69,009	9,331

資料來源：環境部環境案件陳情系統

噪音的問題，像是講話或是放鞭炮，聲音很快就消失了；而空污的問題，經常會碰到的就是稽查員認為排放黑煙，可是廠商業者卻認為他的煙囪並沒有排那麼『黑』的煙，所以爭議很多，大概佔所有陳情案件的 2/3。

過去 30 年左右，我們環保單位稽查工廠排放黑煙最基本的工具就是「目測判煙」，就是以經過訓練的人用眼睛看，再進行目測判定，雖然人員有經過訓練，環境部門也訂了排放標準，但各種環境因素的變化皆會產生判定上的差異，比如說，在陰雨天時判定、或是判定黑煙時觀察者與太陽的角度、當時的風向及判定者與煙囪的距離、角度等，這些環境因子的影響，都會影響後續判定的結果，再者，煙的顏色大略分黑煙與白煙，是否有排除水蒸氣干擾？而且稽查人員沒有辦法長時間待在某一位置，持續進行目測監控，所以以上總總，導致現在各個縣市環保單位幾乎不用所謂的「目測判煙」這個工具，這個現象已經達 30 年之久了

另外一個案例是聲音照相，當然聲音是沒辦法拍起來的，但是可以利用分貝計偵測聲音大小，搭配控制器，在聲音超過設定值時，再啟動攝影機而將違規的車輛拍攝起來，後續再根據車牌資料，尋找行為人，據以處罰，其實就是利用現在電腦科技的快速進步，尤其是運算速度的提升，在各感測系統中進行整合，把路上的一些不當產生噪音的車子，在它正產生噪音的當下，把他篩別出來，做為稽查高噪音車輛的工具。

一、聲音照相

車輛會有噪音，其實來自二個原因，第一個是駕駛人「不當的操駕」、第二個是車輛「不當的改裝」，所以不全然都是不當改裝產生「炸街」的問題，過去是無法可管，只要車主在市面上所購買的零件、排氣管，皆可改裝，但現在環境部已經與交通部協調，對於車輛已經改裝者，各縣市環保單位都會配合進行噪音檢驗，檢測符合標準後進行線上資料登錄，並由交通部修改「道路交通規則」，將線上登錄資料介接至監理車籍系統；準備改裝之車主，須購買

經環境部核可型號的零件或排氣管來改裝，然後再主動至車輛監理機關辦理登錄資料，方屬適法。未來，監理單位只要在道路上發現有改裝車未經登錄在監理資料中的狀況，即可依法處罰，基此，處理了「不當改裝」的惡習。

另外，不當地駕駛習慣所造成的噪音呢？過去的稽查工具是稽查人員在道路上發現了疑似噪音車，再通知回檢測站測車輛聲音大小，即所謂檢測原地噪音，其程序為一台車放空檔，發動後所測的聲音，不過這樣的程序與實際駕駛人在馬路上的操駕行為並不相同，所以並無法針對在馬路上的不當操駕行為去做任何管制，這就是我們開發「聲音照相」的動機由來。

在技術流程上，「聲音照相」的開發其實沒有什麼艱難，就是整合各項軟硬體，利用現今數據快速的運算速度及敏銳地反應時間，一步一步測試完成，其各項硬體及辨識流程設備如圖 3、4



圖 3 聲音照相實際拍攝硬體



圖 4 聲音照相的辨識流程

辨識車輛噪音時，把分貝計、攝影機、風速計整合在一起，後面連接到一個中央處理器，就是一台小電腦，所以很簡單的監測流程就是，當這個分貝計偵測在道路行駛的某一輛車子超過了我們所設定的一個標準值，就會立刻通知所連接的攝影機把它拍下來，由於這照片的解析度又很高，後續電腦就會很快介接車籍資料去辨識這輛車，從這輛車的車牌，了解誰是車主，再據以開立處分書。其實這樣的程序沒有什麼什麼艱深，它就是一個整合的系統而已，僅僅是完成創意，利用資訊系統及 AI 技術解決問題。雖然無特殊的技術原理，但卻可以讓我們環保機關即時稽查路上的炸街車。有這個發想已經將近 5 年了，一直到 110 年修正相關法規及校正程序後，將程序法制化後才開始實際運用實施。

「聲音照相」有 2 個啟動的噪音標準，以道路的速限作為區分，分別是速限每小時 50 公里以下為 86 分貝，50 到 70 公里為 90 分貝，這是我們經過很多次的測試及參酌實際車輛資料後的結果，我們發現如「不當」改裝或「不當」操駕所產生的噪音幾乎都是在這些數值以上，所以不會去影響到大部分奉公守法的良好用路者。

聲音照相的檢測結果要能夠有公信力，所以在法制化的過程中，要求監測儀器都要以環境部公告的校驗及檢測方法進行校正及檢測，人員也要熟練地操作檢測儀器，這些都有嚴格的規定，如圖 5

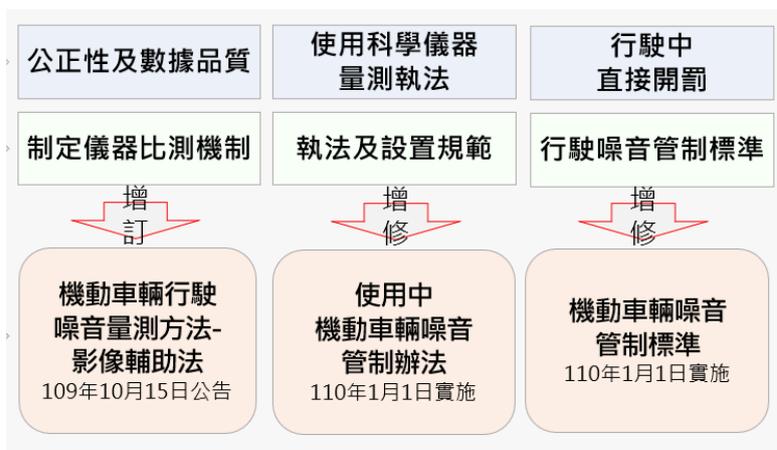


圖 5 聲音照相校驗及檢測方法

對於設備本身，更有嚴格的規定，像噪音計二年要送標準局檢定一次，每年整組儀器要與環境部的標準實驗室進行比測，實際檢測時，每三天要校正一次、每 5 分鐘要對時，而且都要有紀錄，如圖 6。最後，擔心天候問題，如下雨天或風速等，還要再做一些人工判別，比如說，有沒有其他車輛或其他外來音源的干擾，當然如下雨天，或是風很大的時候都會產生誤判，都必須予以剔除，不能作為執法開罰的依據，如圖七。

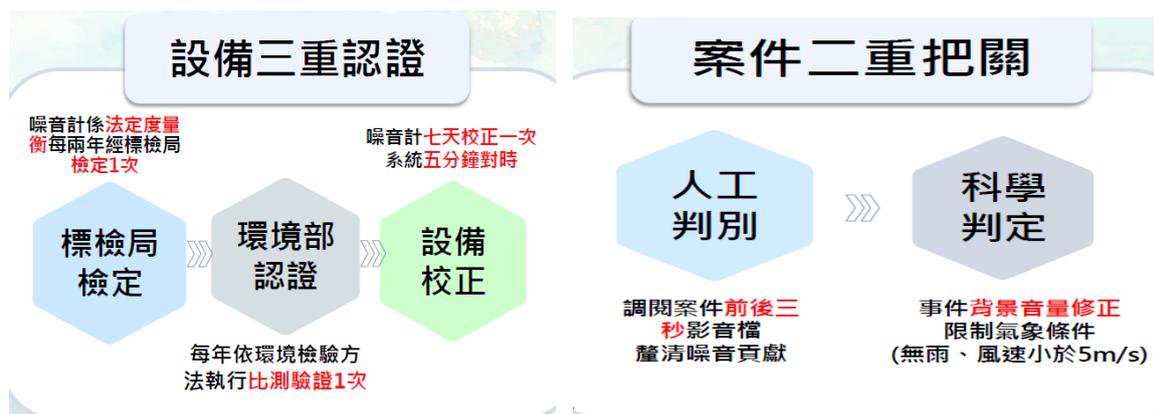


圖 6 聲音照相設備校驗頻率

圖 7 聲音照相案件最終判定

過去，車輛噪音的稽查，都是在道路上進行環警監聯合執法，進行路邊攔檢，再進行車輛原地噪音檢測，至少需要 20 分鐘檢測時間，勞民又傷財，甚至與民眾發生爭吵，雖然聲音照相這個方法有許多環境因子的限制，但使用聲音照相可以大幅減少稽查時間，大概僅需 6 秒而已。

聲音照相這個新的政策實施初期，要跟很多利害關係人溝通，因為要讓他們知道這個是有效的，有公信力且是準確的。現在我們就把它設置在馬路旁邊，變成是一個主動取締設備，經過的噪音車就無所遁形，未來我們是設定全國要設置到 600 套，目前全國已經設置了 211 套了，已經告發大概 1.4 萬件，處分金額約 3400 萬元，而民眾也都非常的支持這樣的政策，希望能持續設置，如圖 8。

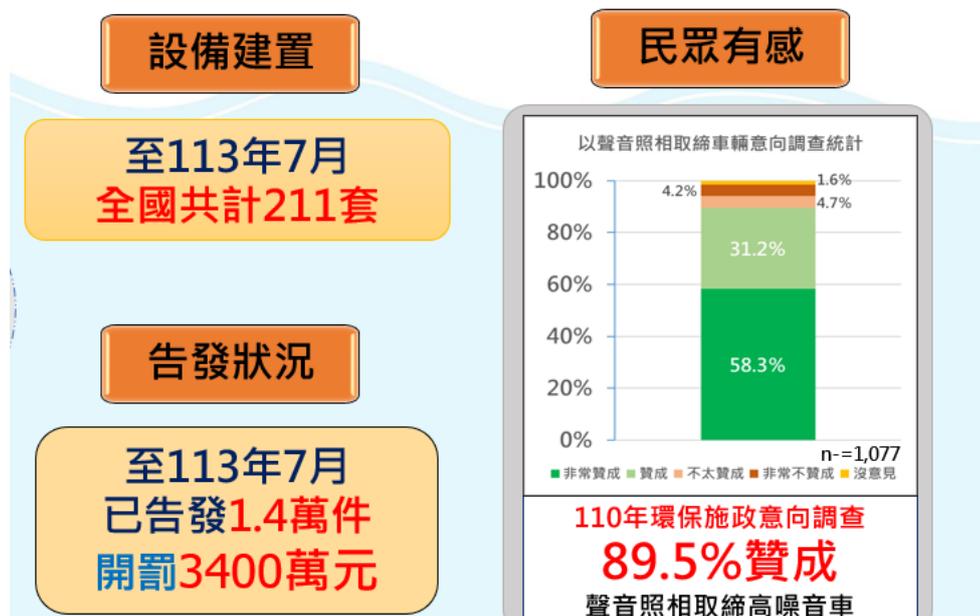


圖 8 全國聲音照相稽查處分狀況

車輛噪音稽查方式的改變，也獲得了第四屆的政府服務品質獎的鼓勵，雖然如此，仍然還有許多問題需要克服，比如說，如果同時有多輛車在馬路行駛，偵測器發現了巨大的聲響，超過了我們所設定的 86 或 90 分貝的標準值，以目前的設備，是沒辦法明確區分是那一輛車所造成的，這必須有賴陣列式噪音機的開發，另外，風速太大時，所造成的誤差，也需要好好地加以研究，後續如何排除其影響，我們正在進行更精確的研析。

二、智慧判煙

過去 30 年的目測判煙，都是由一些訓練合格的稽查人員進行工廠排放黑煙的稽查，然後這些人每年還要進行複訓，以維持判定的熟悉度，其管制標準為不透光率 20%，要求的環境限制因子如表 2 所示，但由於被批評太過主觀，而且稽查人員沒辦法長時間監控，所以各縣市的環保單位幾乎已不太運用，後來，第二代的判煙在 2016 年在美國開發出來，這技術把黑煙所拍得的影像以儀器進行比對，不再由肉眼決定不透光度，解決了一部分主觀判斷的誤差問題，但對於稽查地點的環境因子，如與煙囪的距離方位、太陽的角度、煙流的方向要與觀測點垂直及風速高低仍未做進一步的改進處理，還是必須全部由稽查人員現場來決定。

我們所開發的第三代判煙系統，即強調所有限制環境因子及後續的影像判斷都由儀器進行，不再由人員決定，以提升公信力，如表 3 所示。

表 2

目測判煙時之環境因子基本要求

太陽角度	背對太陽，左右各 702 度
觀測距離	至少距離 3 倍煙窗高度
煙流方向	與觀測位置約略垂直
背景比對	煙流與背景間有足夠的對比度
判煙點	煙窗頂部 1 倍直徑
環境照度	大於 1,000 lx
水蒸氣干擾	排除

表 3

各世代判煙系統

	第一代目測判煙	第二代影像判煙	智慧判煙
太陽角度			GPS
觀測距離			GPS
煙流方向		人	風向計
背景比對	人		
判煙點			硬體+軟體
決定不透光率		軟體	
水蒸氣干擾		人	以 AI 學習分析排除

在智慧判煙系統中，太陽與觀測儀器的角度與觀測煙窗的距離以 GPS 來做量測後決定，風速高低以風速計，背景光線以照度計，所以經由 GPS 跟煙窗的相對位置，還有風向，照度等可以檢核環境因子是不是符合所有的環境限制因子，搭配背景比對及以研析出的判煙公式進行計算所拍攝煙柱不透光率，運行一段時間後，再試著以 AI 技術排除水蒸汽的干擾。

智慧判煙其運行有 3 道程序，分別是「設定」、「圈煙」及「判煙」，如圖 9。「設定」決定相關環境因子；「圈煙」決定煙柱出口煙窗直徑距離的黑煙，最終「判煙」計算不透光度。



圖 9 智慧判煙三程序

判煙時，判煙位置由 AI 技術來做選擇，大約是煙囪出口煙囪 1 倍直徑距離，並與背景顏色進行比對，將顏色分解為顏色的三要素組合而進行判定，搭配我們所開發不透光度的圈煙的程式如圖 10 所示，

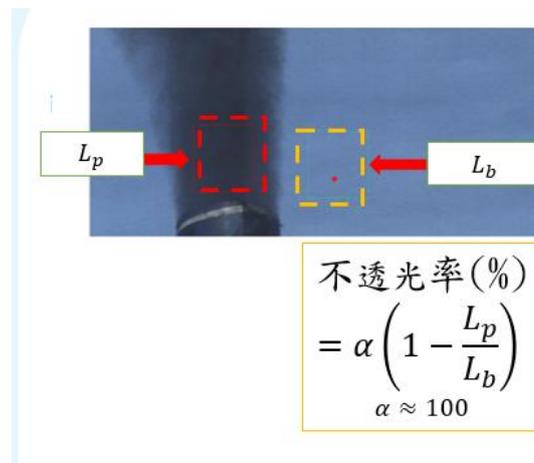


圖 10 智慧判煙圈煙程式

一般的煙，有分成黑煙跟白煙，如圖 11、12，所謂的設定值就是不透光率標準值，是以標準的「煙發生器」在理想的環境狀況之下而產生，而觀測值則是依照本判煙方法經過計算後所得，智慧判煙可接受的不透光率數據標準，單次誤差 < 15%，平均誤差 < 7.5%。

由圖中數據可知，智慧判煙所得到的數值，不論黑煙或是白煙，其測試結果都能符合數據標準的要求，觀測值與標準值相距並不大，每一次的誤差均小於 15%，平均小於 7.5%，黑煙的準確性相對白煙更高。

	設定值(%)	觀測值(%)	差值(%)
黑煙	15	18.57	3.57
	30	24.65	5.35
	45	38.58	6.42
	50	52.07	2.07
	55	46.94	8.06
	70	69.2	0.8
平均差值(%)		最大差值(%)	
4.378		8.06	

圖 11 黑煙觀測與標準值之差異

	設定值(%)	觀測值(%)	差值(%)
白煙	15	21.48	6.48
	30	42.46	12.46
	45	52.22	7.22
	50	50.12	0.12
	55	56.19	1.19
	平均差值(%)		最大差值(%)
4.766		12.46	

圖 12 白煙觀測與標準值之差異

最後，在法制化過程中，為了避免外界質疑照片或影片有被事後竄改，即加深或變淺的疑慮，亦導入了數位簽章，且判煙系統中的軟硬體都要定期進行校驗，避免產生系統性的偏移，以確保所得的數據正確性，如圖 13



圖 13 智慧判煙軟硬體的校驗

判煙時所涉及的法制化法規，其完成日期如圖 14，所以目前各及環保機關只要取得相關設備與軟體，人員再經過操作訓練後，即可直接的作為稽查各公私場所黑煙的有力工具。

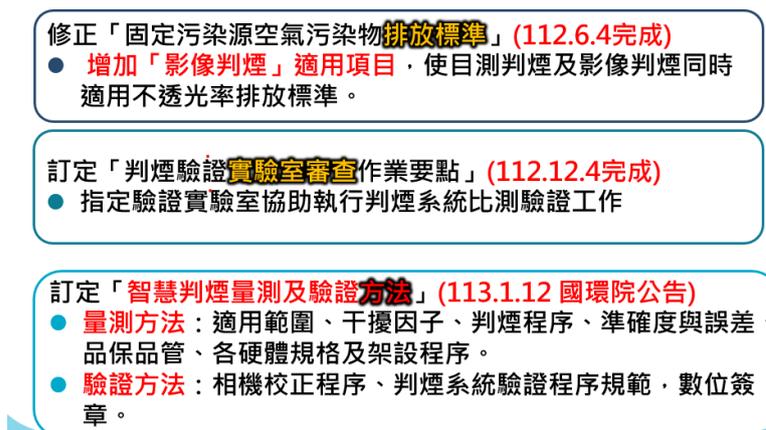


圖 14 智慧判煙相關法規完成日期

雖然智慧判煙系統可以取代運行已久的目測判煙，但是夜間時段由於背景光線的影響，並無法適用，現在正在開發的是紅外線系統，經由熱顯像的判斷，是否可做為夜間可以利用的稽查工具?實務上，煙囪排氣皆含有一定程度的水汽，有時候我們會誤判水蒸氣就是黑煙，其實水蒸氣不是污染物，過去經常要靠有經驗的稽查員將其排除，未來，我們希望 AI 可以取代。

肆、結論

聲音照相科技執法與智慧判煙系統已在各環保機關開始施行，聲音照相部分，未來可分別配合環警監聯合稽查作業、民眾檢舉妨害安寧車輛熱區，共同設立執行。而都會區聲音照相常見多車同時入鏡，基於噪音計所測得為整體音量，文獻中，尚無將陣列式照相系統直接應用在多音源情形，這是要克服的技術問題，因此，在無法釐清構成該整體音量的情況下，現階段可以人工檢視畫面，避免誤判為宜。而聲音照相後續累積經驗及收集各環保局意見，可作為評估管制標準加嚴的參考，以利推動整體科技執法運作。

而智慧判煙部分，該技術代表了將智慧監控系統應用於煙霧檢測的進步，尤其在提升環境安全、促進健康和改善空氣質量方面具有顯著潛力。其主要優勢在於能夠實現即時、遠程的煙霧監控，並根據煙霧的特徵（如濃度、煙霧方向、溫度變化等）進行智能分析，並即時提供反饋或警報，然而，煙囪智慧判煙系統仍面臨一些挑戰。因為煙霧的排放會受到多種外部因素的影響（如風速、天氣條件、煙囪設計等），仍然需要更強大的影像辨識能力，避免造

成誤判。未來可結合了先進的影像識別技術、物聯網 (IoT)、大數據分析和人工智慧 (AI) 等，通過監控煙囪排放的煙霧來實現更加精密的煙霧偵測和分析。

參考資料

環境部 (2021)。110 年使用中機動車輛暨營建工程噪音管制計畫 (受託單位：歐怡科技股份有限公司，110 年 7 月至 110 年 12 月)。

環境部 (2022)。111 年空氣污染源調查技術精進及支援計畫 (受託單位：振興發科技有限公，111 年 11 月至 113 年 6 月)。

環境部 (2023)。聲音照相科技執法系統專利申請說明書。

環境部 (2023)。煙流不透光率數位影像辨識系統專利申請說明書。