

### 一、前言

隨著物聯網及後疫情時代的衝擊，帶動智慧產業創新、數位基建和資安環境建構以及全球供應鏈重組等議題，數位工作模式已逐步改變企業的組織運行文化。為了因應接踵而至的數位轉型浪潮，行政院智慧國家推動小組於 2017 年頒布第一階段 DIGI<sup>+</sup>計畫，並於 2020 年執行完畢，經過全面性通盤考量後，於 2021 年接續啟動「智慧國家計畫」，並規畫執行至 2025 年。智慧國家計畫的目標是到 2030 年實現創新、包容和永續的智慧國家，並將資源聚焦於四個核心領域：數位基礎建設、數位創新、數位治理和數位包容，重點在於促進社會準備，推動全面的數位轉型，打造智慧國家的新典範(行政院智慧國家推動小組簡介，2024)。

其中，飛速發展的 AI 人工智慧技術，為不同產業類型的職業安全衛生管理提供了頗具潛力的工具，透過機器學習演算法、預測分析和即時監控等系統，在工作場所安全、潛在風險預測和法規符合性方面等應用方面，皆可輔助職業安全衛生管控並展現潛在危害降低的主動績效。

依據資料顯示，AI 人工智慧能夠分析多重來源的複雜資料庫，包括物聯網感測器、作業人員的動作及生理反應和歷史事件數據記錄，並產生對應的回饋方案。主要包括風險評估與危害預測、智能即時監控與反應、作業人員行為監控、安全培訓輔助工具、數據分析、智能化安全設備、優化作業流程與督促遵循規範等應用。AI 人工智慧輔助管理的益處已體現在製造業、石油天然氣和營造業，包括減少工作場所事故、提高法規合規性和節省成本，亦代表職業安全衛生管理的模式，可能會逐步朝向數據分析並驅動後續決策發展，透過減少人為因素失誤，藉以創造了更積極主動的組織安全文化。

## 二、人工智慧於職安衛管理之運用面向

隨著科技發展步調，AI 人工智慧已經在各個層面中發揮了巨大的作用，職業安全衛生管理部分亦不例外，不僅在提高工作場所安全性及減少事故發生率等方面具有潛力，甚至作業人員的健康管理也逐漸佔有一席之地，本段簡略說明 AI 如何輔助職業安全衛生管理及其應用領域與範例。

### (一)風險評估與危害預測

- 歷史數據批量分析
- 即時識別潛在安全隱患
- 預測潛藏職業傷害風險

危害分析及風險評估是職業安全衛生管理的核心概念之一，既有的風險評估方法學，仰賴與會人員的經驗分享、事故發生頻率及危害度進行分析，若參與評估的人員對危害看法不一，則風險評估結果便會受到主觀判斷影響，且作業人員泰半熟悉自身工作範疇，但對於跨部門之間複雜的介面分工較為生疏，但此處往往是作業風險衍生之所在。憑藉 AI 利用巨量數據庫進行解析的特點，能夠發現作業中潛在的風險隱患及提供預防方案，例如，藉由統整過往的事故數據、作業工序以及工作環境的各項參數（如設備溫度、空氣濕度、異常聲響等），AI 會根據這些數據進行彙總，從中發現規律並建模及預測某些高風險情境，提前發出警報或建議相應的預防措施，從而降低風險或事故發生的可能性。

### (二)智能即時監控與反應

- 感測器整合分析
- 即時監控工作環境
- 快速偵測異常並發出警報

監控回報及處理是確保現場實際作業安全的關鍵之一，現有方式主要是指派安全人力巡檢發現後再行回報處理，藉此降低異常或不安全狀態發生。目前，AI 可透過結合物聯網(Internet of Things, IoT)技術，進化為 AIoT 智慧聯網(AI+IoT)，

對工作周邊的風險因素(如吊舉物超出額定荷重限制、危險性氣體濃度超過標準、機械元件故障、非常態的噪音或震動等)和員工狀況進行即時監控，並做出預測性分析及提供建議方案，例如，安裝在工作場所的感測器可用來監測氣體濃度、溫度、震動等指標；AI 系統可以根據這些數據即時判斷工作環境的安全狀況，並自動向管理層或員工發出警告，甚至若給予其足夠高的權限，甚至能夠自主啟動安全防護措施，譬如主動關閉危險設備或啟動通風系統將有害氣體排出等。

### (三)員工行為監控與特點式培訓

- 分析行為模式
- 識別安全盲點
- 安全培訓建議

人工智慧不僅能夠監測工作環境及設備，還能對作業人員的行為進行查檢與指導，透過影像辨識技術，AI 可以覺察作業人員是否按照安全規範佩戴安全防護裝備，如安全帽、安全帶、護目鏡等，若發現違規行為，系統可以即時發出提醒確保員工遵守安全規範，並提供必要的安全教育或培訓建議；同時藉由動作捕捉技術，可以根據員工的行為模式，分析其可能存在的安全盲點，並提出對應的建議。此外，AI 技術可協助規劃更加個人化的安全培訓計劃，根據員工的工作崗位、過往事故記錄及風險評估結果，提供針對性的培訓內容，從而提高員工的安全意識和應對能力。

### (四)提升事故調查效率

- 迅速分析影像資料
- 協助推估可能根因
- 提供防止再發策略

近來影像辨識和數據處理能力已大幅進步，對於事故現場的分析效率能夠有效提升，藉由對事故現場的影像、以及事故發生前的各項數據（如環境監測、設備運行狀況等）進行分析，系統可以識別出事故發生的概略情況，包括作業環境

因素、設備元件故障、人員操作不當等，幫助事發單位及調查人員了解事故根本原因，進而針對根因制定改進措施，預防類似事故的重演。例如：當事故發生時，人工審閱監視器的影像，除了費時費力外，更可能因為注意力不集中、主觀判斷等人為因素，導致關鍵線索的遺漏，此時利用 AI 輔助查閱所有監視器的影像紀錄，有助於縮小查檢範圍進而提升調查效率。

#### (五)智能化監控及安全教育設備

- 即時管控作業人員生理狀態
- 提升高風險性作業熟稔度
- 提升安全認知及意識

AI 與穿戴式設備（如智能安全帽、安全帶、智能手套、手環等）結合，可以即時監控作業人員的生理狀況和工作環境。舉例而言，如果從心率、血氧或定位點等資訊偵測到作業人員疲勞、健康狀態或作業姿態異常，AI 系統可以立即對該作業人員或後台管理人員發出警示，降低疲勞或身體不適引發的安全隱患。

此外，針對時常執行的高風險作業或難以複製、久久才遇到一次的特殊作業，例如開啟桶槽進行維修作業或超高空鋼纜更換作業，在現有安全教育上，往往只能夠透過圖片或影片等方式進行說明，作業人員往往無法透過手做增加實際經驗；透過 VR、AR、MR 或 XR 等沉浸式互動視覺技術，結合 AI 的數據分析和模式辨別特性，可以讓作業人員更加身歷其境，並且能夠提前熟悉作業環境及工序，及練習應變對策以因應緊急情況，使該項作業的風險降至最低，亦有助於整體作業順利進行。系統也能將作業人員在虛擬實境中的動作及行為進行回饋分析，更深一層地彙整未來可能出現的風險點。

#### (六)數據驅動決策

- 整合多元數據進行綜合分析
- 提供客觀的安全管理建議
- 優化整體資源配置

透過風險危害分析、環境即時監控、職災事故分析、人體健康監控和數位安全培訓等手段，可提升職業安全衛生方面的管理效率及品質、確保工作者的健康與安全和降低事故發生的機率，並可協助企業將許多安全管理流程進行優化，如安全巡檢、風險評估品質、減少工作排程衝突、培訓內容等，從而提高工作體制的守規性及全面性，透過 AI 輔助，企業可以減少人為主觀的影響，從而更客觀有效地確保各項決策符合安全規範。

### 三、人工智慧運用的反思

儘管 AI 人工智慧在職業安全衛生管理中具有極大的潛力，但需評估之處也實在不少。首先，每一個專業的 AI 模組開發與應用皆需要大量的數據庫在背後支持，這意謂著具備保護性、全面性及完整性的數據收集與處理系統必須先被建立起來，而且數據必須經過辨別、清洗及修正，以確保後續的資料分析或模組能夠正確對街，否則將導致投入的是垃圾，產出的也是垃圾之情況。再者，對於 AI 彙編的方案，準確性與可靠性也是迫切需要考量的部分，尤其是在高風險的作業中，AI 的輔助方案仍需仰賴具有足夠經驗的專家進行最後決斷，才能確保員工的安全。為此，在享受 AI 便利性的同時，仍需不間斷地思考下列相關面向，以避免引起誤解、爭議，或一味追求 AI 便利性而不自知已落入盲區。

- (一) 機敏及隱私風險：AI 技術在運行中需要大量的數據支持，而上傳的數據可能包括國家、企業、第三方或個人敏感信息，如何確保這些資訊的安全和隱私屏蔽，是當前應用中需要謹慎考慮的問題。
- (二) 倫理道德挑戰：許多 AI 系統模組依賴大量的歷史數據來進行訓練，如果這些數據庫本身帶有不同的社會觀點或學派，則對應的判斷亦會隨之複雜起來，例如輸入倫理學中的電車難題(Trolley problem)時，初階 AI 模組無法給予確切的答案，僅能夠依據各個觀點提供各項解決方案，無法直接定奪。

- (三) 技術局限性：目前的 AI 是在數據庫中尋找相關資訊，透過拼湊並彙整出對應的回覆，一旦使用端詢問的問題超出數據庫可支撐的範疇，或數據庫遭到刻意污染(下述)，AI 可能就無法正確回應，並提供錯誤的判斷或決策，
- (四) 實施成本：因應資訊的特性就是不停且快速的變動，專業的 AI 模組需要不停地提供正確且新穎的資訊數據，因此需要持續的系統維護及升級，相關人員的培訓也需要對應的時間及費用，這些是需要長期投入且無法避免的成本。
- (五) 對抗式機器學習(Adversarial machine learning, AML)：是一種透過對抗性樣本使得機器學習模型出現錯誤或不正確的判斷，這些對抗性樣本的變動幅度相當細微，普通人通常不易察覺，一旦這些細微的變動進入數據庫後，卻可能會影響後端模型的建立，導致最終結果的誤判，相關範例可參考延伸閱讀；目前 AML 可區分為資料污染或資料下毒 (Poisoning)、規避 (Evasion)、竊取 (Extraction) 與推斷 (Inference) 等類型，影響層面擴及安全性、隱私保護、個人及社會信賴等面向，例如利用 AML 影響車輛自動駕駛系統，誘導其視覺辨識系統將障礙物辨別為無礙物，導致車輛碰撞導致生命財產損失；AML 影響門禁人臉辨識系統，將非法入侵者視為常規人員，最終導致無形或有形的資產損失；AML 影響 AI 醫療模型，導致檢驗影像被錯誤解讀，給出不合理的診斷結果；創造或修改文本、圖像或影片，使得虛假訊息更逼真且易於廣泛傳播，從而操作社會輿論或影響目標族群。
- (六) 衍生的法律層面議題：當 AI 判斷出現誤差時，其所衍生的法律層面議題也是值得探究的一環，例如責任歸屬部分，應該由製造商還是使用者承擔責任，抑或是將 AI 視為類似法人的存在，部分肇責是否轉由 AI 承擔？綜上所述，除了技術面之外，法律層面的議題仍須仰賴立法機構及法律專業人員逐步建構管控框架，以保護使用人員的權益。

#### 四、結論

AI 技術在職業安全衛生管理應用中是一項相當具有潛力的技術，不僅能提供事故預防的策略，還能增進安全文化及培訓的深度，更有機會可以減少職業災害及職業病的發生。隨著技術的逐漸發展與普及，AI 未來可能在各個層面中扮演舉足輕重的角色，整體而言，人工智慧在職業安全衛生管理中的應用前景十分廣闊，尤其在風險預測及管控、即時監控、事故輔助分析和安全教育培訓等領域，AI 技術對於安全標準管理執行效率具有正面意義。儘管仍然面臨一些尚未完備之處，但隨著技術的成熟與應用，AI 可能是未來職業安全智能化管理，甚至是生產管理的關鍵輔助工具。

另一方面，即便 AI 技術的強大能力有目共睹，但同時也帶來了惡意濫用的風險，在某些情況下，AI 技術還是可能被用於不正當的目的，例如範圍性非法監控、個人隱私騷擾、特定社會工程操控等等。美國國家標準暨技術研究院（National Institute of Standards and Technology, NIST）亦強調 AI 系統本質上具社會技術性質（socio-technical），即其受社會動態活動與人類行為所影響，因此 AI 系統之風險可能因技術層面與社會因素之相互作用而生。由於上述之獨特風險本質，AI 系統需要適當之管控，以避免其放大、加劇或延續對於個人及群體之不公平及不當之結果(劉汶渝，2024)。

與此同時，AI 逐步導入並與具備感知、運動、操作和執行任務能力的自動化生產設備相結合之未來似乎並不遙遠，但 AI 的結合應用應該建立在一定的制度框架之下，藉以確保 AI 工具生成的相關策略及措施具備足夠正確性及妥善度，並由專業人員依據實際情況做必要的修正後再行實施。故此，對於企業或組織而言，可逐步思索設立、提升專業管控人員能力或建構對應機構，避免非常態性或者人為性等因素影響，導致系統誤判進而造成整體生產、安全或其他體系崩潰，如此方能將人工智慧妥善納為所用，為工作者的效率、安全與健康保駕護航。

## 參考資料及延伸閱讀：

1. 香港職業安全健康局(2024)。生成式人工智能(GenAI)在職安健的應用。
2. 洪為璽(2024)。AI 的雙面刃與管理，CIO Taiwan 專欄。
3. GOOGLE(2024)。台灣 AI 發展與治理。
4. 劉汶渝(2024)。人工智慧風險管理框架，中央研究院台灣人工智慧行動網。
5. 工研院產業學習網(2023)。對抗式機器學習：公開破壞 AI 與 ML 系統的手法。
6. 國防部(2024)。結合 AI 輔助和 VR 虛擬實境，擬真戰場救護訓練！
7. 財團法人人工智慧法律國際研究基金會(2023)。AI 來了 LAW 變了，元照出版有限公司。
8. 闕妙如黃德琪(2023)。運用新興科技強化職業安全衛生之新契機，台灣勞工季刊，第 73 期。
9. 李孟杰(2023)。AI 與傳統門禁對營造業職場安全管理，2023 工程永續與土木防災研討會。
10. 勞動及職業安全衛生研究所(2023)，職場危害智慧監測及防護技術。
11. 林妍臻(2023)。防止圖片遭擷取，新工具讓創作者對 AI 模型下毒，iThome
12. 財團法人台灣網路資訊中心(2023)。機器學習的軍備競賽：對抗式機器學習的攻擊與防範
13. 工研院產業學習網(2022)。什麼是 AIoT 智慧聯網？AIoT 的發展與趨勢。
14. 勞動及職業安全衛生研究所(2021)，為勞工設計！勞安所開發機械操作 VR 教育訓練。
15. Open AI
16. Pomin Wu(2017)。運用對抗例攻擊深度學習模型。
17. 行政院智慧國家推動小組。