

## 石化廠突發排放追蹤 AI 儀表板之開發與驗證

余雅芳，中國醫藥大學健康風險管理學系助理研究員  
吳勇興，中國醫藥大學健康風險管理學系研究員  
吳承諺，中國醫藥大學健康風險管理學系研究助理  
江舟峰，中國醫藥大學健康風險管理學系教授

計畫編號：

### 一、前言

McCoy et al. (2010) 指出德州煉油廠總產量約占全美之 26%，其廠房周界 5 英里內人口有 2 百萬人，統計開俾、停俾、歲修、故障及燃燒事故等造成 CO、NO<sub>x</sub>、PM、SO<sub>2</sub> 及 VOCs 之突發排放量 (upset emission)，於 4.75 年間累計達 1,482 件，大於常規排放量，占總突發排放件數之 20%，且 VOCs 最大突發量為平均常規量之 50 倍，顯示突發事件排放不可忽視。石化產業為臺灣的重要優勢產業，占年出口產值 25%，惟因臺灣地狹人稠，突發排放更會影響週邊居民，如何兼顧經濟與環保為當前重要環境議題 (陳，2016)。

近年石化廠附近居民之健康風險備受關注，當廠外敏感受體點監測到危害空氣污染物 (Hazard Air Pollutants, HAPs) 時，廠方必須檢視是否有異常管道排放或元件逸散。管道上可以安裝連續監測設備，隨時掌握污染物排放。但是，針對、數以萬計且種類繁多之設備元件，則難以快速確認洩漏點位置。而且，即使找到洩漏點並確認洩漏濃度之後，不管是採用環保署 (2016) 公告的係數法或 USEPA (2015) 公告的 Method 21 方程式法，都會明顯高估元件逸散量。此外，由於廠方通常為設置決策支援系統 (Decision Support System, DSS)，無法於事件發生時，即時推估洩漏量進而評估廠外受體點之可能影響。

有鑒於此，本研究開發可追蹤突發排放源之專屬 AI 儀表板，介接線上質譜儀及氣象監測數據，協助定位洩漏源，並自動推估且校正管道排放量及元件逸散量，完成空污擴散模擬，確認區外敏感點異常濃度與廠內突發排放之關係 (江，2018)。

### 二、工作方法

**軟硬體配置：**本研究所開發之 AI 儀表板稱為 TrkDIS (Tracking for Decision)，採用雙伺服器配置 (Server I 及 Server II)，分別處理模擬程式及資料庫需求，以確保資料之安全性及系統運作之穩定性。Server I 安裝 Win2012R2 64-bit Server OS，用於介接線上資料及執行主要模組程式。Server II 則安裝 Win2008 32-bit Server OS，用於儲存資料庫及執行空污擴散模擬 (ISC3)。由於環保署釋出之 ISC3 模式僅能於 32-bit 作業環境中執行，因此將 Server II 降階使用。TrkDIS 之作業環境採用 Windows OS，程式語言採用 Visual basic.net，資料庫採用 SQL，地圖繪製採用 ChartDirector，防火牆採用 Firewall 及 AntiVirus 等防毒軟體。

**空污擴散模擬：**本研究採用環保署「空氣品質決策支援中心」公告之工業污染源複合模式 (Industrial source complex model, ISC3) 進行空污擴散模擬，其亦為美國環保署認可之空模式，適用於惰性空氣污染物之模擬。ISC3 為地區性小尺度穩態之高斯煙流擴散 (Steady-state Gaussian plume dispersion)，假設連續排放之污染源，在大氣中經過擴散、稀釋、沉降等作用，到達穩定的狀態。適用：點、面、線排放源之平坦簡單地形、鄉村或都市地區，可預測受體點之時均至年均之著地濃度 (環保署，2017)。

### 三、結果與討論

本 AI 儀表板有 3 種即時介接資料庫：當地氣象、管道排放及廠區質譜儀，結合 3 種演算法：風花圖、管道排放趨勢及廠區洩漏熱點，2 種模式模擬：短期空污擴散及元件洩漏量推估，圖 1 為本研究開發 AI 儀表板之功能架構圖。

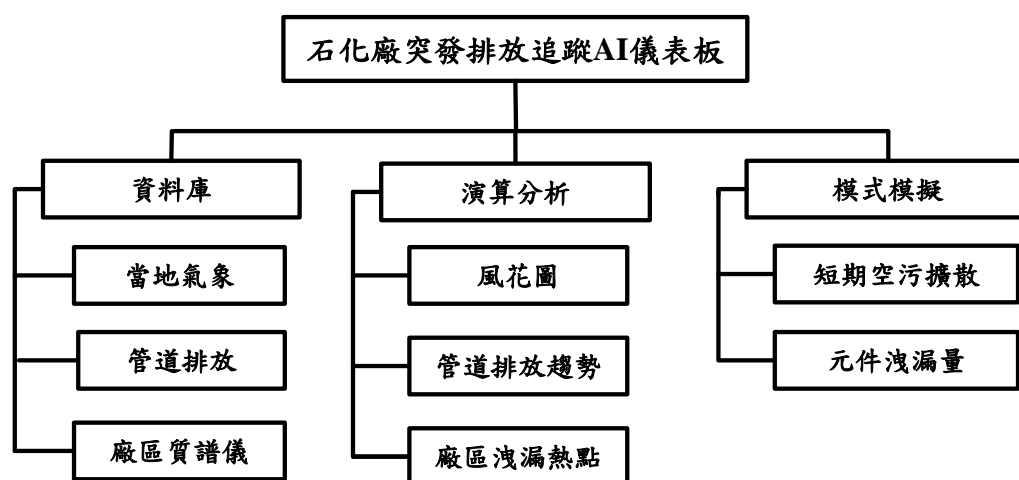


圖 1. 突發排放追蹤 AI 儀表板功能架構圖

圖 2 為儀表板示意圖，包含五個區塊：管道排放濃度趨勢圖、五分均風花圖、元件區等濃度焦點圖、元件洩漏量時序圖、受體點著地濃度等濃度圖、著地濃度趨勢圖等。TrkDis 線上介接逐分氣象資料及每 5 分鐘質譜儀濃度資料，具有 3 種追蹤方式，詳述如下：

1. 以關切風向 (Concerned Wind Direction) 風花圖，確認上下風關係。本研究使用 ISC3 模擬該基地近 3 年管道及元件突發排放，統計於特定敏感點產生著地濃度值之風向，即定義為關切風向。當風向進入該範圍時，儀表板可發出聲響或警示，以提醒廠內人員需注意。
2. 以元件區等濃度熱點 (contour hotspot) 及風扇圖縮小巡檢範圍。本研究規劃介接元件區質譜儀濃度，以空間內插法 (Interpolation)，繪製等濃度熱點圖，以 1/16 分度代表風向，半徑長度代表風速之風扇圖，套疊至檢出點上，可精確推估上風處洩漏源位置。
3. 以格點通量 (grid flux) 推估元件區逸散量，據此模擬區外敏感點著地濃度，並以實測濃度校正洩漏量。本研究以質譜儀測點為中心，將空間分割為數個網格，再將每個網格視為面源 (Area source)，假設空間風場具連續性，推估其質量通量 (mass flux) 即為洩漏量 ( $J = C \times V \times A$ )，A 為

網格面積，C 為監測濃度。再使用受體點實測濃度  $C_m$  進行機械學習 (machine learning) 校正，如圖 3 所示，詳述如下：

- (1) 檢視風花圖，以確認事件發生時之風向是否落於關切風向，若否，則予以排除。
- (2) 檢視廠區質譜儀，確認元件區是否檢出  $C_c$ ，若否，假設所有格點以某分數之 MDL 代入運算  $q_c$ ；若是，則僅代入該值運算。
- (3) 查詢管道排放資料庫，獲得所有管道排放量  $q_s$ ，分別進行管道及元件排放之短均期 ISC3 擴散模擬。
- (4) 獲得管道及元件排放之著地濃度  $C_{ss}$  及  $C_{sc}$ ，轉換一致均期之模擬與實測  $C_m$  (USEPA, 1974)。
- (5) 以某洩漏事件之受體點實測濃度  $C_m$  扣除管道模擬  $C_{ss}$ ，求得元件區貢獻受體點之濃度  $C_{m-ss}$ 。
- (6) 以元件區擴散模擬濃度  $C_{sc}$  除以  $C_{m-ss}$ ，求取校正係數  $f_i$ 。
- (7) 持續校正平均值  $f$ ，以求解元件區洩漏量。

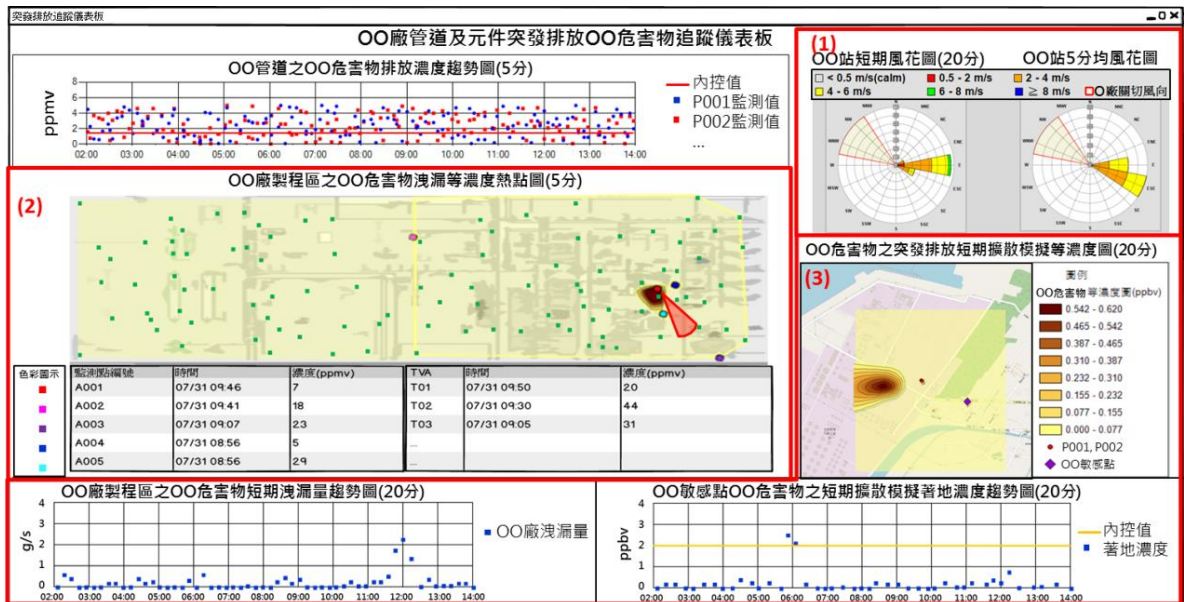


圖 2. 突發排放追蹤 AI 儀表板示意圖

#### 四、結論

本研究以國內某石化廠某洩漏事件為例，驗證本 AI 儀表板之預測能力，結果顯示，關切風向風花圖可確認上下風關係，等濃度熱點圖及風扇圖可大幅縮短巡檢範圍與時間，以某突發排放進行格點通量擴散模擬，結果顯示校正係數為 1.27 倍。

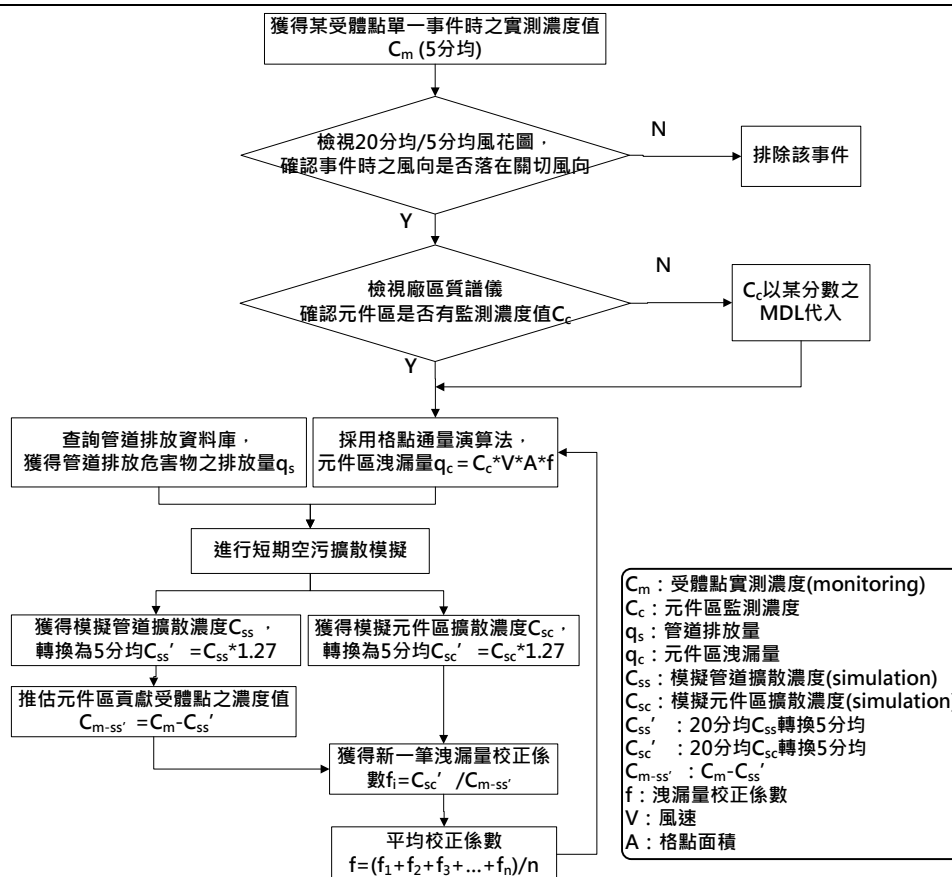


圖 3. 元件區洩漏量機械學習校正演算流程圖

## 參考文獻

1. Britney J. McCoy et al., "How big is big? How often is often? Characterizing Texas petroleum refining upset air emissions." Atmospheric Environment, Vol. 44, pp.4230-4239 (2010)
2. 陳兆裕, "台灣石化產業對經濟的貢獻", 科學月刊, 525 期, 48-54 (2016)。
3. 行政院環境保護署, "公私場所固定污染源申報空氣污染防制費之揮發性有機物之行業製程排放係數、操作單元(含設備元件)排放係數、控制效率及其他計量規定", 臺北, 臺灣 (2016)。
4. United States Environmental Protection Agency (USEPA), "Emissions Estimation Protocol for Petroleum Refineries." (2015)
5. 江舟峰, 石化廠設備元件危害空氣污染物逸散量推估之研究, 技術報告, 中國醫藥大學風險分析中心, 臺中, 臺灣 (2018)。
6. 行政院環境保護署, "高斯類擴散模式 ISCST3 技術文件", 臺北, 臺灣 (2017)。
7. United States Environmental Protection Agency (USEPA), "Work of atmospheric dispersion estimates." Office of Air Programs Publication No. AP-26. 7th printing January (1974).