



應用 AI 科技數位分析地下水抽用行爲

經濟部水利署水利規劃試驗所（以下簡稱水規所）為精進我國地下水水資源掌控與分配，以達在豐水期蓄水、枯水期調豐濟枯之目標，水規所持續推動應用 AI 與大數據分析方法推估地下水抽用行為之研究，已有效提升對大區域抽水量之掌握。本文分享 109 年應用 AI 科技數位分析方法於濁水溪沖積扇區域推估地下水抽用行為之經驗，供為參考。

郭穎彰（經濟部水利署水利規劃試驗所工程員）

壹、前言

臺灣天然地形地貌複雜，河川坡陡流短，洪枯流量差異懸殊，不利於水資源之開發利用，故穩定供水一直以來為政府施政之重要課題。惟近年來，氣候變遷與氣候異常正嚴重影響水文循環，降雨型態改變與旱澇頻繁使豐枯水期差異愈加明顯，也加重原本臺灣水資源在時間及空間上分配不均之問題，使水資源調度壓力倍增，

尤其今年枯水期尚未結束，枯旱程度卻已經幾乎確定將創下歷史最嚴重紀錄，致缺水困境仍將持續惡化。受限天然地形及國土保育等因素，目前地面水源之開發備受壓力，為減緩嚴重枯旱對民生經濟帶來之鉅大影響，政府如何調配現有水資源，以地面水及地下水多元水源聯合有效運用方式來穩定供水已成為當前首要之務。

地下水長久以來在我國許多地區被當作一穩定且豐沛

之水源，以水文地質條件而言，濁水溪沖積扇又為我國地下水相對豐沛地區，然而，過度抽取地下水結果，已導致地下水位下降造成地層承載應力減小、地盤沉陷，致濁水溪沖積扇長期以來面臨嚴重地層下陷問題。根據成功大學地層下陷防治服務團網站資料及經濟部水利署 2017 年報告，在過去 1970 至 2000 年間，彰雲地區地層下陷區域主要於彰化鹿港、大城及雲林金湖、臺

西沿海一帶，主要原因為養殖漁業發展需要大量淡水，及農田灌溉渠道支渠末端取水不易，兩縣最大下陷速率各曾高達 17.1 公分 / 年（彰化大城，1992）、16 公分 / 年（雲林麥寮，1992）；近年沿海地區地層下陷明顯趨緩，而彰化溪湖、溪洲及雲林虎尾、土庫、元長等內陸地區下陷問題則有相對明顯之趨勢。2013 至 2017 年彰化最大下陷速率發生於溪州（3.4~4.1 公分 / 年），雲林分別發生於虎尾（4.5 公分 / 年）、元長（6.1 公分 / 年）及土庫（5.6~7.1 公分 / 年），此四鄉鎮為高速鐵路沿線行經地區，地層下陷問題已然威脅高鐵營運安全，若持續惡化導致高鐵無法安全營運，將造成難以估計之經濟損失。為滿足地面水與地下水聯合運用以穩定供水之目標及有效控制地下水過度使用對環境之影響，探討地下水系統勢在必行。

貳、地下水抽水行為研究契機

水資源為國家財產，取

用地面水及地下水皆須要依法申請與妥善控管，相較於地面水，因地下水抽水井數量龐雜，又因缺乏全面之量水設備，無法對地下水抽用水量進行完整監測，欲管理各產業抽水量備受挑戰。雖然歷年已有許多研究計畫針對濁水溪沖積扇進行用水調查或以數值模型模擬等方法評估，然而，以普查方式調查用水須花費大量成本，調查結果亦無法完整地反映各種型態之抽水行為，此類一次性調查以統計樣本方式估計之結果，僅能作為參考無法用以管理；另一常用之評估方法則為建立區域地下水流數值模型，惟缺乏實際抽水量數據，故僅能預先假設抽水量並以觀測水位與模擬水位進行擬合與試誤調整，無論是假設不同產業抽水型態，或將抽水量作為模型調整參數，兩法皆具強烈之主觀假設，均無法客觀反映實際抽水行為。

近年來，電腦運算效能以及網路速度大幅成長，快速發展之大數據分析技術與人工智慧提供科學研究一個契機，

有鑑於此，水規所利用本文介紹之方法，運用人工智慧嘗試自大量資料中找出隱藏資訊，並連結跨域資料找出其相關性，此種以資料分析為出發點客觀進行科學研究之方式，為地下水研究提供新方向。雖然目前尚缺乏完整之抽水量測資料，但抽水行為對於地下水系統產生擾動將影響地下水水位變化，若能由臺灣已累積超過二十年之地下水水位觀測數據進行資料辨識，便有機會在地下水抽水量推估方法上尋求突破。

參、應用 AI 與大數據分析評估濁水溪沖積扇各產業抽水量

水規所於 109 年針對不同用水標之地下水抽用水量建立評估方法，推估濁水溪沖積扇區域內未知地下水抽水量於時間與空間中之分布，並針對經過分類之抽水型態與跨域資料連結，包含農業種類、土地利用分類以及工廠分布等，建立不同產業抽水行為，最後結合人工智慧技術建立地下水預

論述》預算·決算

測模式，提供地下水調配與管理參考。

一、地下水水位資料清理

現今資訊科技已進入大數據時代，資訊發達與快速流動讓資料存取有全新方式，而大量資料生成連帶也產生資料可信度問題，因此須先進行資料清理，過濾可能異常與偏誤資料，以避免影響後續資料補遺與輔助決策分析之正確性。

水規所利用資料分析技術與頻率分析方法擷取時間與空間地下水水位變動特徵，其中包含地下水水位資料清理與

補遺工作，以及對於未知時空間位置的水位推估。因長期資料中含有機器失常產生之異常值，不屬於抽水造成水位擾動，故透過資料分析先將這些異常地下水數值資料移除，即可避免影響後續特徵分析與抽水量推估作業。濁水溪沖積扇區域地下水水位觀測資料之資料清理流程如附圖。

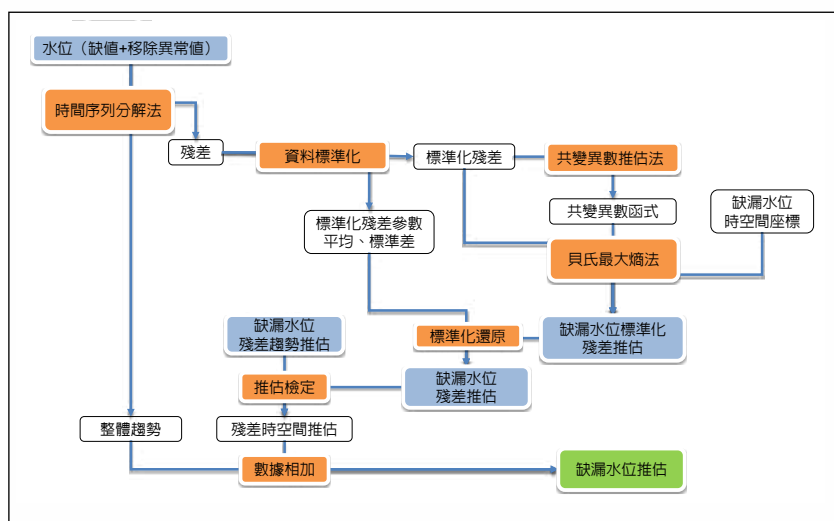
二、抽水行為特徵分析與抽水量推估

地下水水位變動是由各種不同外在因素擾動所產生，包含自然環境及人為活動擾動，

假設每種對地下水水位之擾動行為皆有規律性，根據人為抽水會造成地下水水位洩降之概念，透過頻率分析辨識可能屬於地下水抽水行為所造成水位變動特徵及顯著之變動週期，並剔除水位變動中屬於雜訊之訊號，以此取得抽水造成之水位洩降空間分布，其時間尺度為每小時，從中可萃取出地下水開始抽水與停止抽水的時間點。

將上述推估之平均地下水水位洩降時間序列乘上儲水係數以及與抽水行為對應參數之乘積，即能估算抽水量。其中，儲水係數之定義為單位「面積」之含水層方柱在水頭降低一單位高度時所流出之水體積。將總抽水量與歷年濁水溪沖積扇區域地下水抽水相關研究比對，以往各研究方法推估值平均約為 15 億噸 / 年，本方法推估結果之平均年抽水量為 16.3 億噸 / 年，可簡單驗證利用本方法能快速且有效推估抽水量，尤其時空間連續分布能更進一步應用於推算各個含水層與各鄉鎮級別之抽用水量，對

附圖 地下水水位值補遺工作流程



資料來源：應用 AI 與大數據分析評估各用水標的抽水量報告。

地下水管理業務具有高利用價值。各含水層地下水之抽水量如附表。

三、抽水行為分類與不同產業用水之辨別

由於各鄉鎮之抽水行為都有其不同特徵，且該特徵與各鄉鎮之產業型態息息相關，為瞭解其中關聯性，可利用機器學習或深度學習等技術，連結不同產業特性變數與地下水用

水類型之關係，辨識各用水標的地下水所屬用水類型。其中，分類演算法為機器學習核心項目，透過變數與標籤之間之分類關係，將資訊進行高效率之分類處理並可利用此分類關係連結強度之變化預測結果，此方式在農業上已被大量使用，像是植物生長預測、農作物疾病及作物辨識等。

本方法嘗試將前述推估之時空間地下水抽水量分布，

以階層式分類法（**hierarchical clustering**）進行濁水溪沖積扇各鄉鎮時間序列之抽水行為分類，並與各鄉鎮之產業分布之跨領域相關資料鏈結，包含農業種類、土地利用分類以及產值等，發現不同含水層之抽水量與產業分布息息相關，像是農作物、工業區和工廠分布，並以此評估與建立雲彰地區各鄉鎮產業地下水用水標的與抽水行為之參考。

此外，依據各鄉鎮每日輔助資料彙整，輔助資料包含氣象資料、農業需水量、工業單位需水量等資料，結合推估之時空間抽水量進行地下水用水標的比對判釋，可有效將推估之時空間地下水抽水量的空間解析度整合至鄉鎮尺度，時間尺度整合至日尺度，並依據濁水溪沖積扇區域農業、工業與民生需水量比例，以產業需水結合現地用水現況之概念推估建立濁水溪沖積扇產業地下水用水清冊，可快速提供農業用水、工業用水與民生用水等用水類型之用水量管理與調配參考。

附表 濁水溪沖積扇各含水層之地下水抽水量與總抽水量

單位：千萬噸/年

	第 1 含水層	第 2 含水層	第 3 含水層	第 4 含水層	合計
2008	134.73	29.08	23.92	2.90	190.63
2009	114.37	24.27	19.36	2.47	160.47
2010	97.28	24.11	17.71	2.33	141.43
2011	89.43	24.85	19.72	2.46	136.46
2012	134.38	25.78	20.96	2.17	183.29
2013	141.10	25.82	19.56	2.20	188.68
2014	108.67	23.85	18.56	2.25	153.33
2015	104.54	27.85	21.55	2.75	156.70
2016	100.95	21.71	15.45	1.83	139.94
2017	132.72	27.63	20.95	2.69	184.00
2018	110.12	28.96	22.23	2.85	164.17
2019	117.93	24.76	16.89	2.25	161.84

資料來源：應用 AI 與大數據分析評估各用水標的抽水量報告。

四、地下水抽水預測模式

由於我國尚未有完整之抽水量監測系統，對於不同產業之地下水抽水需求進行預先評估及管理，為主管機關之關鍵課題，而應用人工智慧技術鏈結地下水用水型態與產業間關係，以建立地下水預測系統為一深具潛力之發展模式，以人工智慧輔助調配地下水用水量將可節省大量時間與經濟成本。

本方法以人工智慧技術為基礎點，將產業類別、空間位置、農作物種類、降雨、不同季節之工業用水需求量與農作物生長週期等資料，經資料分析與訓練後，應用於探討其與地下水用水行為類型間之關係，並進行未來不同標的地下水抽水量之評估，以 2009 到 2016 年濁水溪沖積扇區域推估之抽水量為應變數，單位面積降雨距平、單位面積需水距平、鄉鎮市中心之位置、未侷限含水層單位面積比例和月份為自變數，結合 KNN、Decision Tree、Random Forest

和 XGboost 等方法進行空間尺度為鄉鎮市，且時間尺度為月之地下水抽水量預測模式之訓練，並以 2017 到 2019 年之自變數和訓練後的預測模式進行抽水量的預測。再根據預測模式評估指標 R-Square 判定採用 KNN 進行預測模式之迴歸與建立，其建立之預測模式的 R-Square 為 0.76（資料訓練）與 0.73（模式預測）。

最後，透過將數值模式推估之時空間地下水抽水量分布，套用不同產業用水模型架構，即能展示不同產業之用水型態，再結合國內外諸多大數據分析，與人工智慧技術於地下水抽用水行為及用水分類之相關研究，可作為後續地下水抽水與用水模型廣續發展之重要參考。

肆、結語

我們正處於資料量成長快速且龐大之時代，各領域都必須正面迎接數位轉型挑戰，我國地下水水位與相關之水文觀測，近年已積極發展自動傳輸與雙向溝通功能之智慧感測設

備，本方法有效利用經濟部水利署自動傳輸之地下水觀測站網資料，搭配資料分析技術，建立農、工業與民生之地下水用水清冊，再結合人工智慧與大數據分析技術，建置地下水抽水量預測模式，俾提供地下水資源管理中需求面之參考依據。希望此次水利結合科技之研究經驗能提供各機關數位轉型過程之參考，同時希望相關領域未來能持續發展，早日解決目前地下水過度使用情形，為我國水資源管理盡一份心力。

參考文獻：

1. 水規所（2017），用水調查統計暨地下水可用水量調查分析試辦計畫。
2. 中央地調所（2014），地下水補注地質敏感區劃定計畫書 G0001 濁水溪沖積扇。
3. 李心惟、葉振峰、李振誥、林宏奕和龔文瑞（2019），結合 HEC-RAS 與 MODFLOW 模式評估濁水溪沖積扇地下水位及地層下陷，台灣水利，67 卷 1 期。❖