



工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

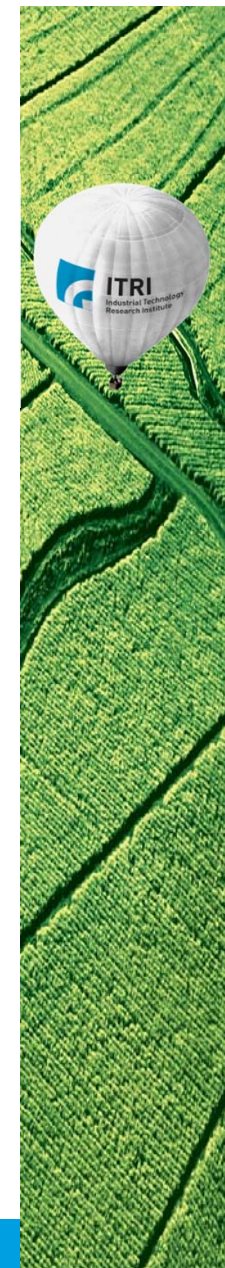
水質感測大數據分析及智慧預警平台

陳范倫 經理

工業技術研究院 綠能與環境研究所

致謝：環保署監資處-水質感測物聯網精進、情境運用及數據展示應用計畫

108年06月18日



摘要



• Objectives

- 補足傳統水質監測取得數據時空解析度不足，透過跨域技術合作創新研發，輔以機構整合技術，開發國產化「水質連續監測設備」
- 跨域加值環境及物聯網技術領域，解決過去環境掌握及應變時效性差，開創新世代環境管理解決方案
- 結合大數據資料與AI 智慧分析，解析「時間x空間」水質污染足跡
- 以具備商品化浮動式水質監測設備，同步結合數據加值、跨域應用服務，整案包裝以滿足末端使用特定需求，促進產業開展

• Scope

- 適用場域：養殖埤塘、農田灌溉渠道、穩定河川水體、自然水體
- 感測項目：酸鹼值、溫度、導電度、溶氧、CODs、重金屬..等

• Benefits

- 新創產業及服務模式：提供廣布連續水質監測設備及智慧分析預警，以IoT解決環境監測瓶頸，開創新產業服務模式
- 重大社會效益：協助中央及地方政府即時掌握排放污染源，提升應變效率改善環境品質

大綱

1.研究背景

2.研究目標

3.實施方法

4.場域驗證與效益

5.結語

背景

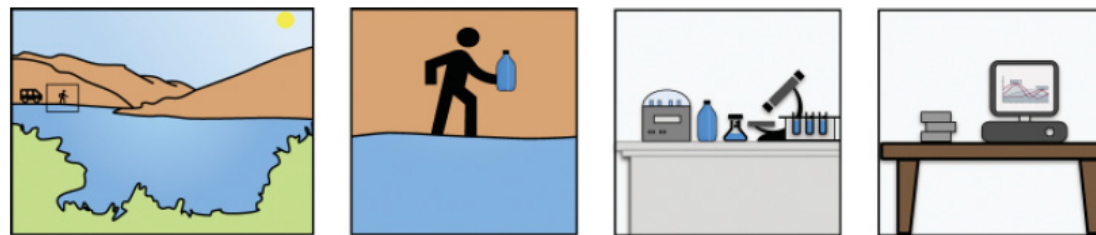
傳統水質監測管理以人工方法進行水質採樣分析，確認有異常污染情形時，再透過環境整治單位治理環境，但利用傳統流程取得之監測數據有以下問題：

- 時間及空間解析度不足
- 容易耗費成本及人力

➔ 難以有效掌握水質變化趨勢

國際間開始利用無線感測網路技術(WSN)發展

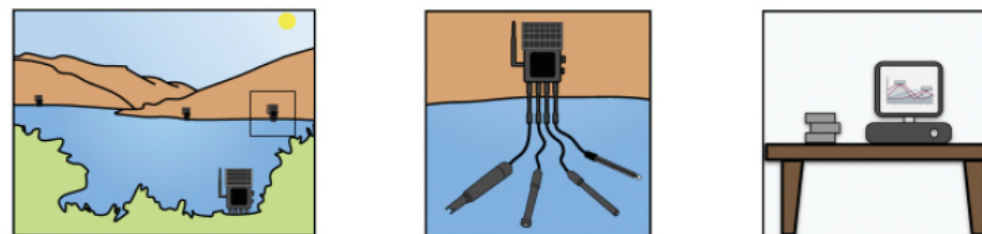
即時連續水質監測系統



(a) TMLB WQM approach

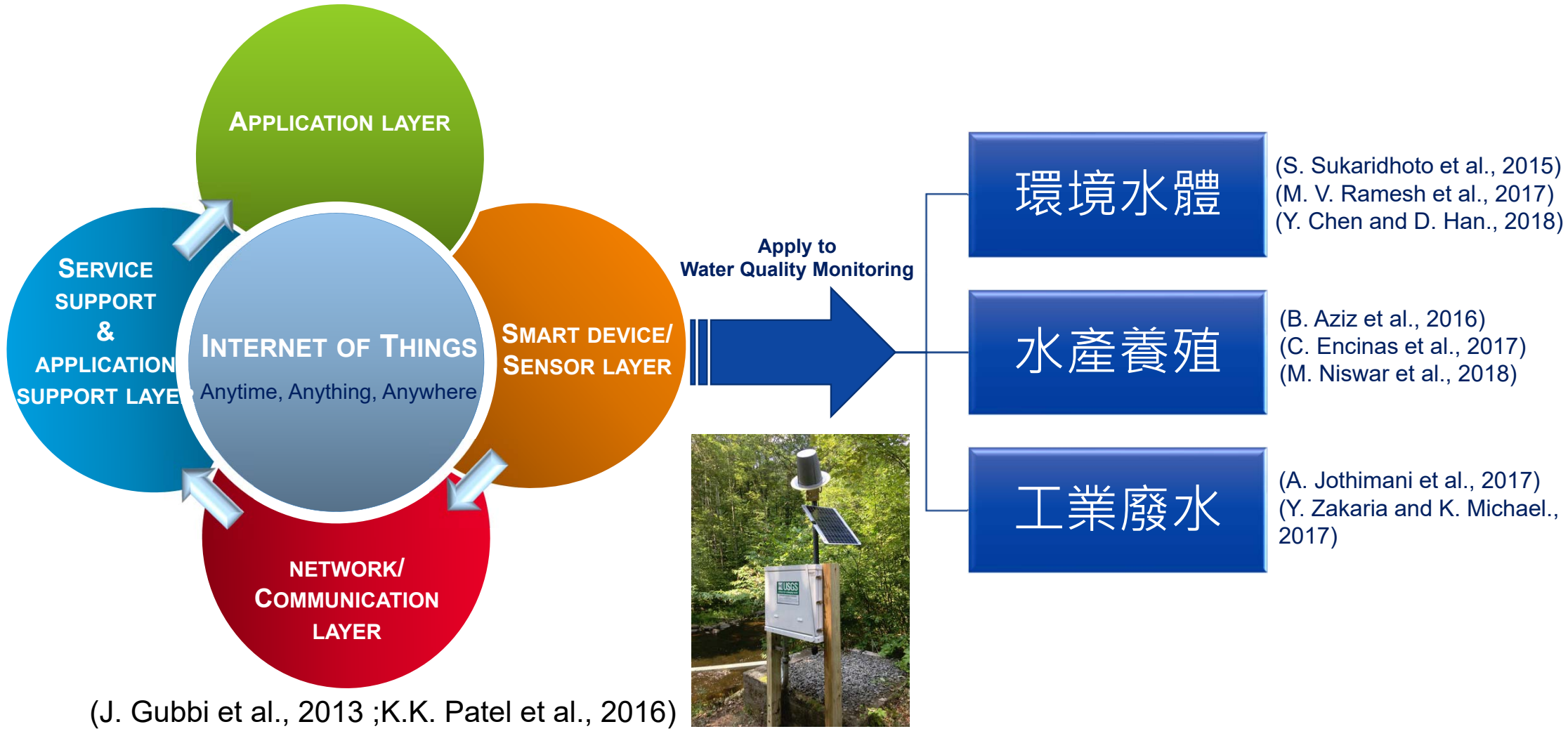


(b) TMIS WQM approach



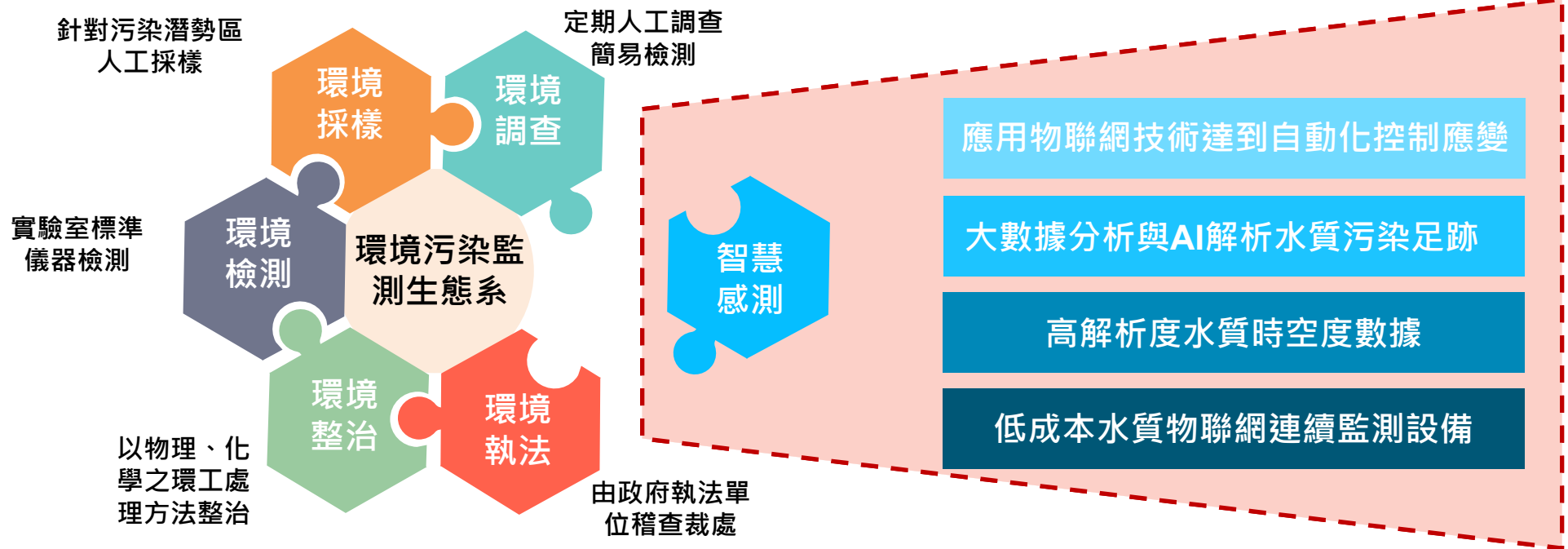
(c) Wireless sensor network-based WQM approach
(K.S. Adu-Manu et al., 2017)

背景



挑戰、改變與機會

基於近年來線上國際水質分析及採樣技術日益精進，且資料分析、大數據處理與無線傳輸技術的進步，本研究期建立一套運用於水質連續監測物聯網之整體解決方案，以環境物聯網技術補足最後一塊「智慧感測」版圖



目 標

建立水質物聯網整體解決方案

1

高解析度水質數據

應用小型化低成本水質感測器獲取大量水質數據

2

智慧布建維運體系

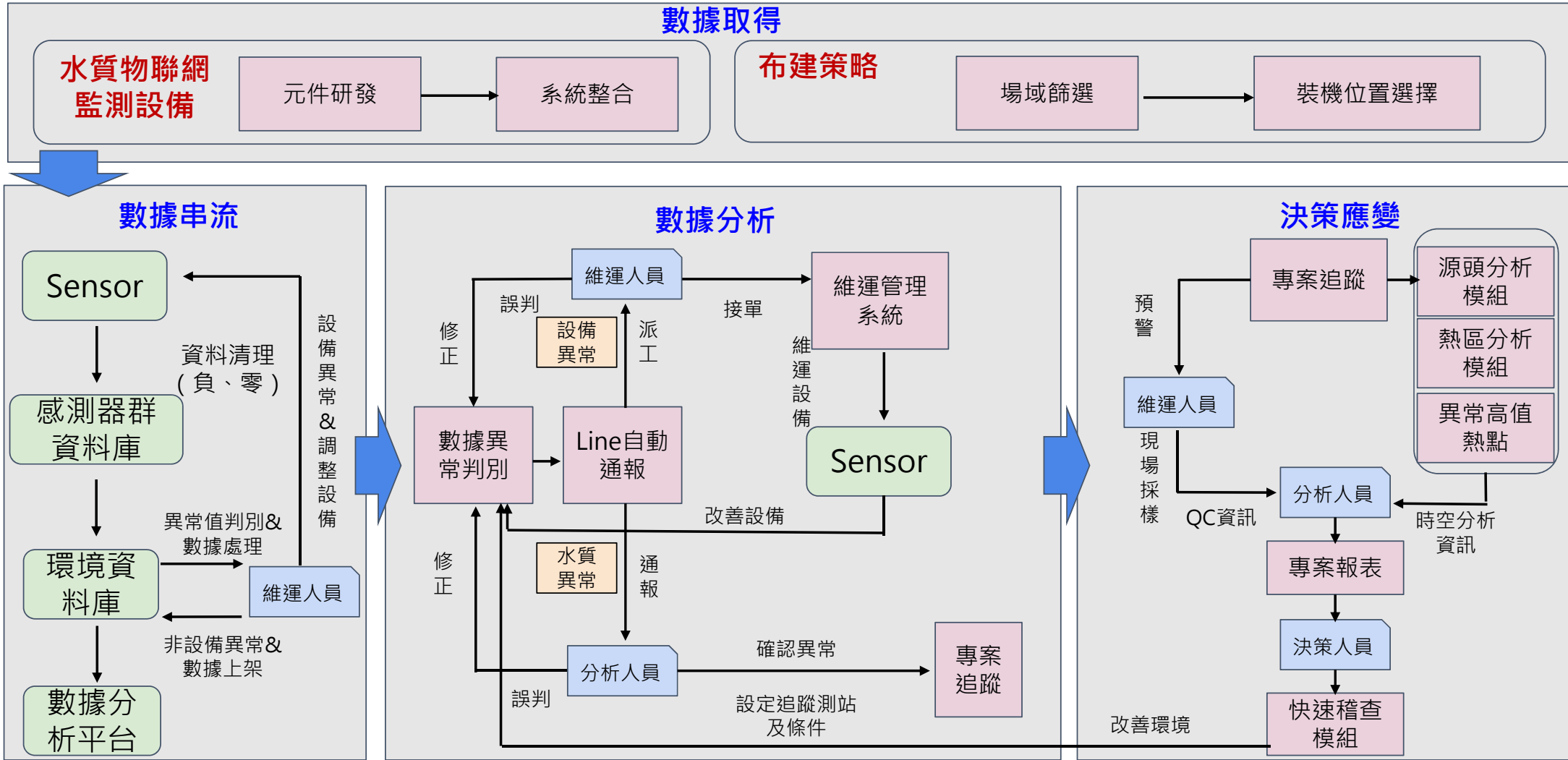
建立智慧布建優化選址準則，輔以感測器監控模式達到提前預警、自動通報管理功能

3

數據加值分析模式

解析水質數據特徵，結合跨域資訊分析判別水質異常時空熱區，並達到上游溯源及下游預警功能

研究架構



實施方法_水質感測設備

偵測原理：

- 晶片式感測技術
- 剝除伏安法
- 多成分定性定量演算法

規格(含偵測極限)及大小：

- 無線傳輸模組：GSM/LoRa
- 酸鹼(pH)測量範圍：pH=3 - 13(± 0.2 pH)
- 電導度(EC)測量範圍：300-4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\pm 15\%$)
- 溫度(Temp)精確度： $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- 銅離子偵測極限：1 mg/L(誤差 $< 20\%$)
- CODs：0-300 mg/L(誤差 $< 30\%$)

技術特色

- 反應時間短，分析迅速
- 微型化，體積小，低耗電量(5W)
- 具通訊模組易與物聯網架接
- 價格合理，適合大量布建

應用情境

- 河川/水體水質監測
- 灌溉/養殖用水安全
- 緊急應變/即時稽查/預警通知

機台有進行內部設計，分主副箱體以應因應不同機型：

- 基配版(僅有主箱)：pH、導電度、溫度
- 選配版(主箱+副箱)：pH、導電度、溫度、CODs或銅離子
- 頂配版(主箱+副箱)：pH、導電度、溫度、CODs、銅離子

- 檢測頻率：每20分鐘檢測一次(3次/1小時)
- 單次檢測試劑/清洗液用量： ≤ 65 mL
- 每次檢測耗電量為5W

布建機台內部



農田溝渠布建



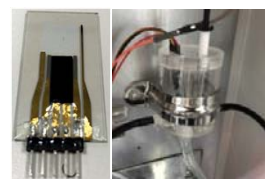
CODs光機模組



Cu²⁺檢測模組



PET檢測模組



實施方法_優化布建選址

場域篩選準則

1. 歷史監測數據經常超標

2. 民眾陳情/重大污染事件

3. 周遭/下游有敏感受體

4. 布建維運較容易地區

選址準則

能代表該監測環境水質，如重要取水口、農田渠道

以解決問題為導向，設置於疑似污染源頭附近

區別性

代表性

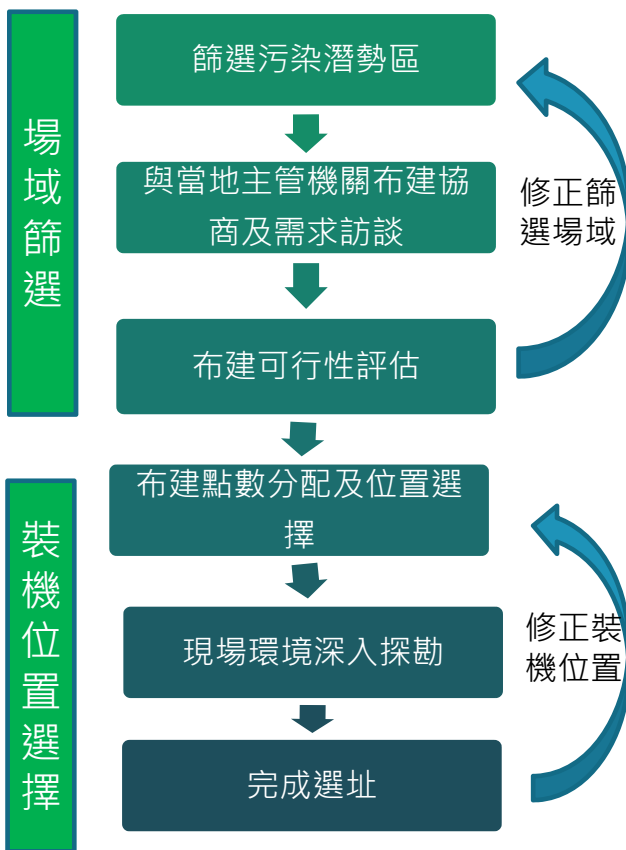
完整性

目的性

各監測點要有區別性，代表不同分支流水域

對於流域掌握度應完整，涵蓋上中下游整體場域

水質感測器選址作業流程



實施方法_優化布建選址

布建應用情境

潛勢污染源監測

- 特定河川、工業區監測
- 時空異常分析
- 污染源篩選
- 智慧環境執法應用

灌溉用水監測

- 取水口、農渠水質監測
- 水質異常預警
- 水門開關、用水時段決策應用

工業

農業

民生

未來應用

飲用水監測

- 監測原水及清水水質
- 結合ORP等測項可控管消毒效率
- 二次供水之用戶端水質監測

智慧養殖

- 民間養殖埤塘監控
- 魚缸監測及智慧環境調控

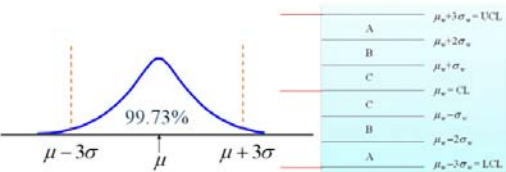
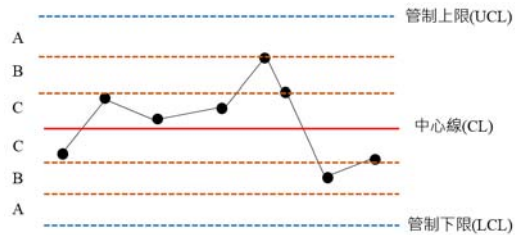
實施方法_異常預警模式

水質/設備異常預警模式

以統計製程控制 (Statistical Process Control, SPC) 概念為基礎，訂定預警法則，解析時空異常熱區，達到自動化預警功能

參考SPC統計製程管制理論建模

本研究解析水質數據分布，參考SPC概念，進而調整為適用於水質預警規則



水質/設備異常判斷規則

透過時間/空間分析，解析感測器不同測項之連動關係，依據經驗累積及統計分析判讀，訂定**水質及設備預警規則**

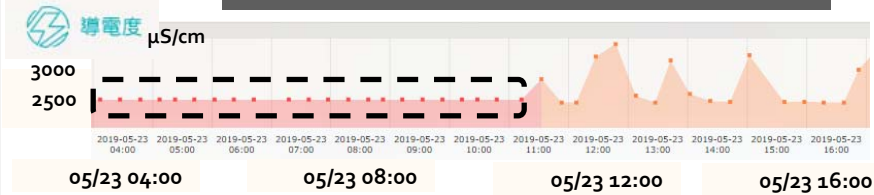
範例

- 設備異常
 - pH連續3點無變化
 - 導電度為0或超過5,000 $\mu S/cm$ 以上 (偵測極限)
- 水質異常
 - 離群值條件 (時間)：導電度連續3點超出80或低於20分位
 - 離群值條件 (空間)：上下游測站溫度同時超出80或低於20分位
 - 法規限值條件：pH低於6或高於9

預警結果

用程式自動化判斷及標示異常時間區段

導電度連續3點無變化



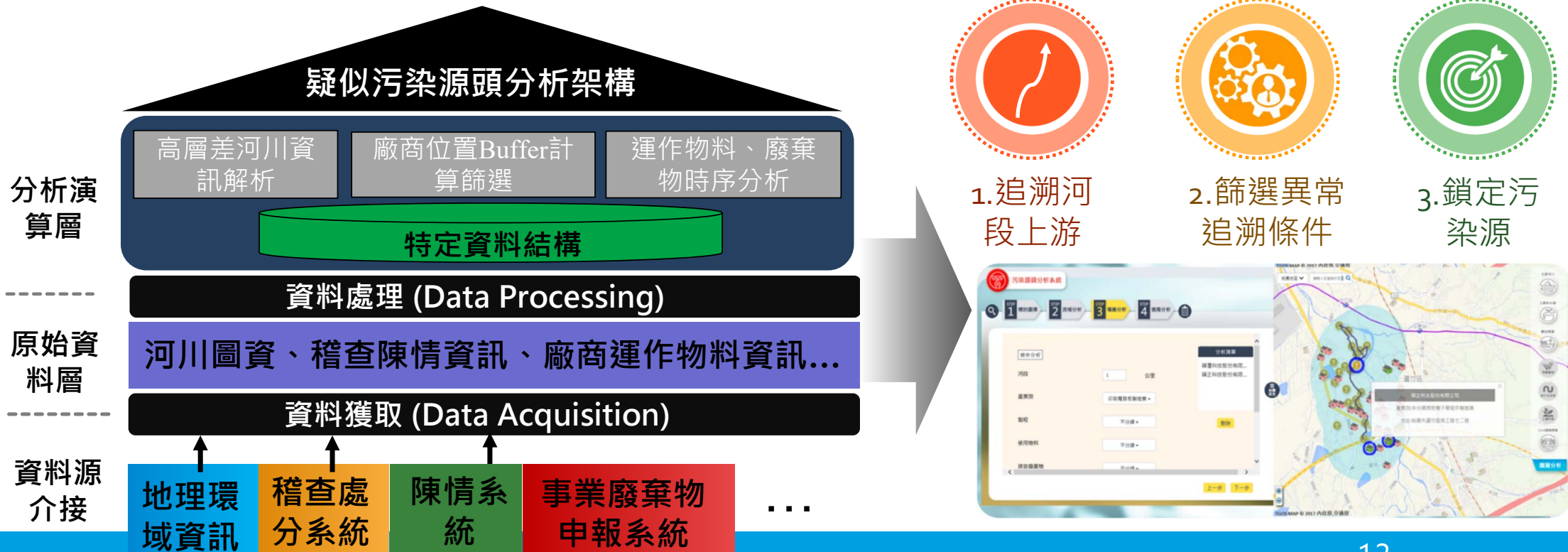
CODs超出80分位數，且超過法規限值



實施方法_源頭分析模式

疑似污染源頭分析模式

整合GIS跨域資訊，於水質異常時，快速篩選上游工廠，依據產業別、運作物料、過去稽查陳情資訊達到污染溯源



實施方法_熱區分析模式

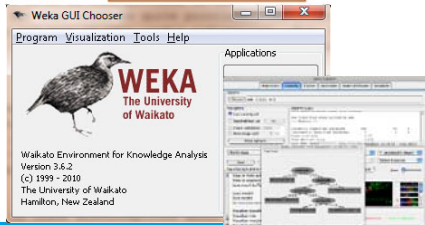
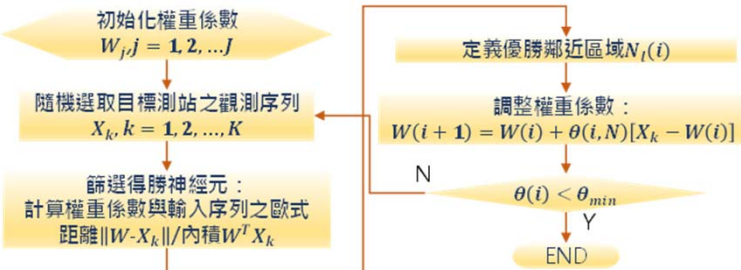
污染熱區分析模式

以歷史水質參數建置神經網路，透過RNN機器學習，以WEKA工具建立類神經網路預測模式，並預警數小時後下游警戒區之可能濃度與與水門開關閉之預警功能

使用類神經網路建構模型

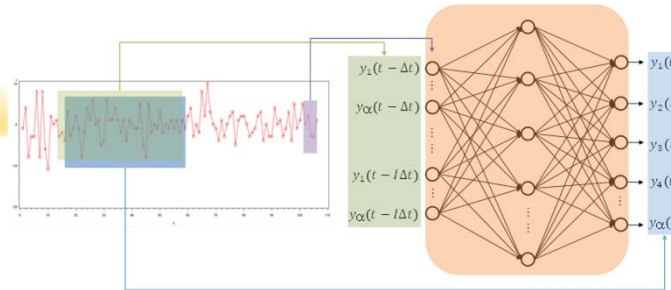
Weka是以JAVA程式語言開發的資料探勘軟體，以上游工廠之量測資料為輸入；灌溉區域量測資料為輸出，進一步迴歸出預測模型

自組織特徵映射神經網路



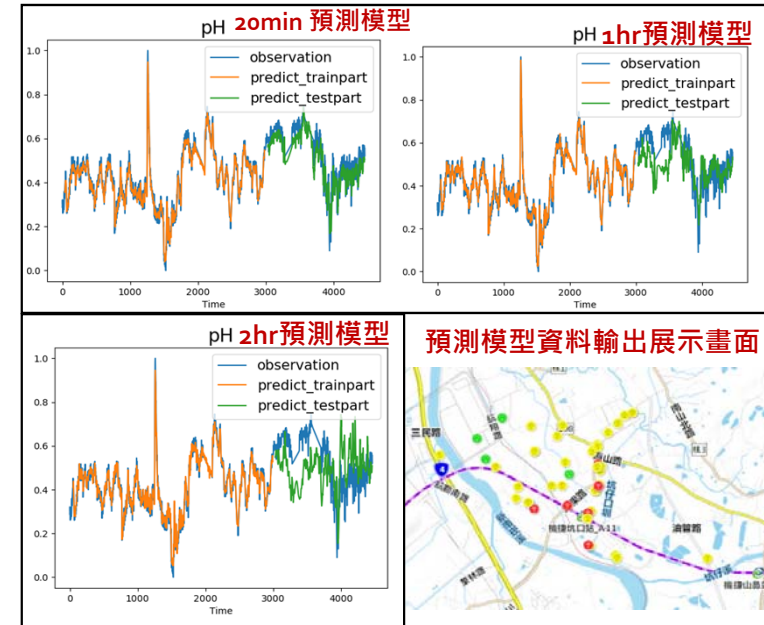
熱區模擬關鍵之步驟

決定污染熱區之量測節點，並設定預測模型之輸入參數，以建立節點間關聯性預測



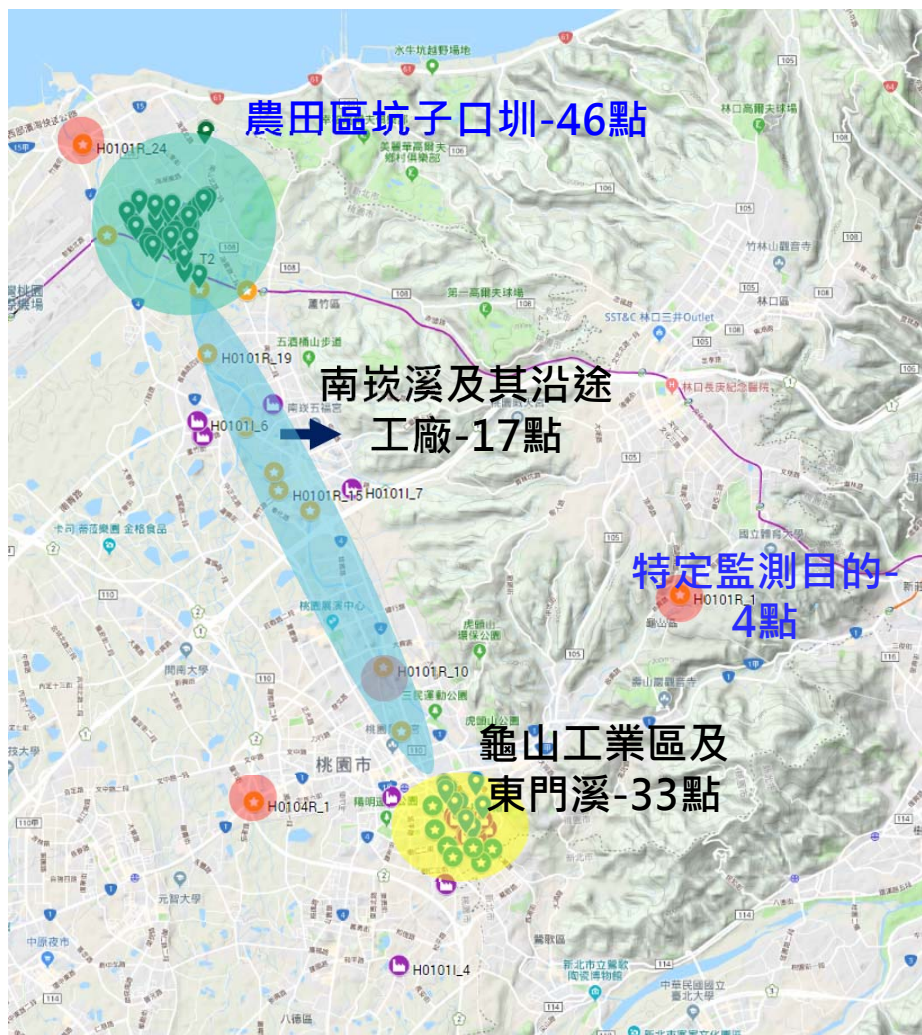
熱區模擬準確性與數值展示畫面

以pH為例，預測準確度可達80%，若隨季節或氣候變化而預測模型之準確度可能降低，因此，當模型預測準確度持續低於某一個門檻值，則可考慮重新訓練預測模型



場域驗證與效益

桃園市 南崁溪流域

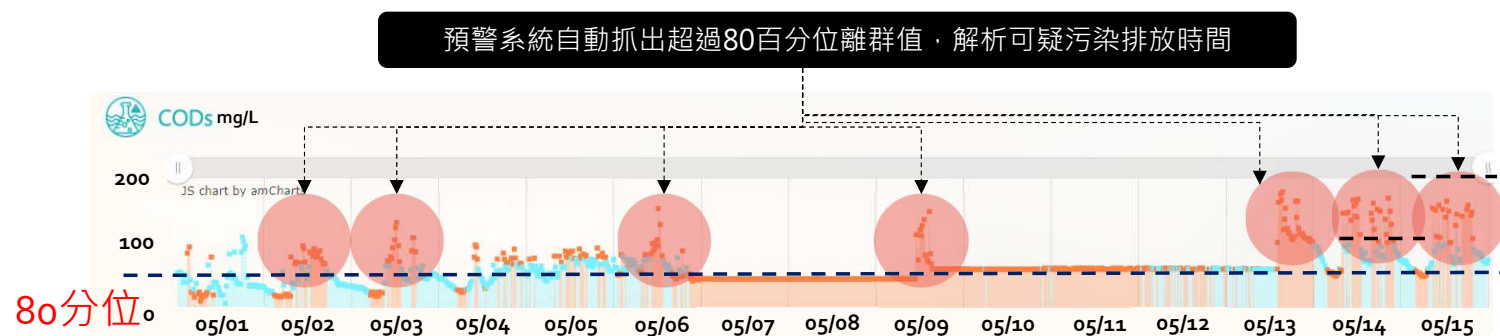


布建場域	場域型態	裝機位置	目的	感測器型號
龜山工業區 及東門溪	工業區/工廠 排水道	<ul style="list-style-type: none"> ● 污水排水道節點及工廠放流口 ● 雨水下水道節點及放流口 ● 區外流入水體 	監測工廠超排及偷排廢水、釐清東門溪污染來源	頂配版33台
南崁溪主流 及其支流 (含特定監測 目的4點)	河川流域	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川沿岸 ● 橋樑 	監測南崁溪主流沿線污染源排放廢水及背景水質監測	基配版4台 頂配版17台
坑子口圳	灌溉渠道系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 灌溉水路支線 ● 小給水路 ● 取水口 ● 出流口 	監測引灌南崁溪之農渠水質	基配版46台

- 1.基配版：pH、導電度、溫度
- 2.頂配版：pH、導電度、溫度、CODs、銅離子

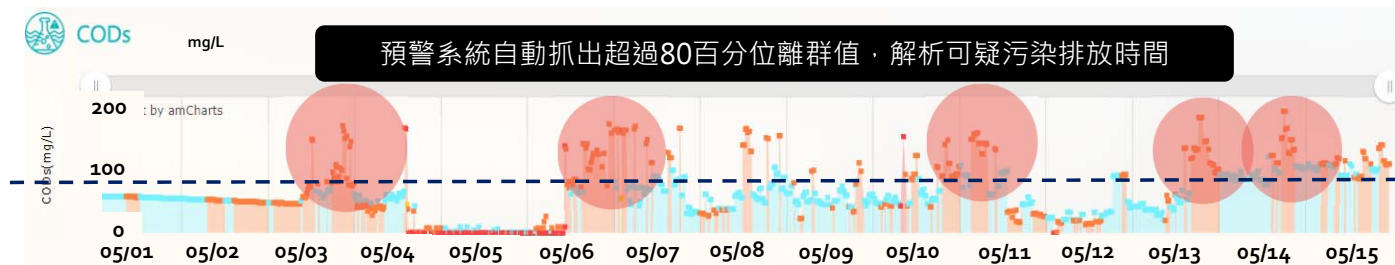
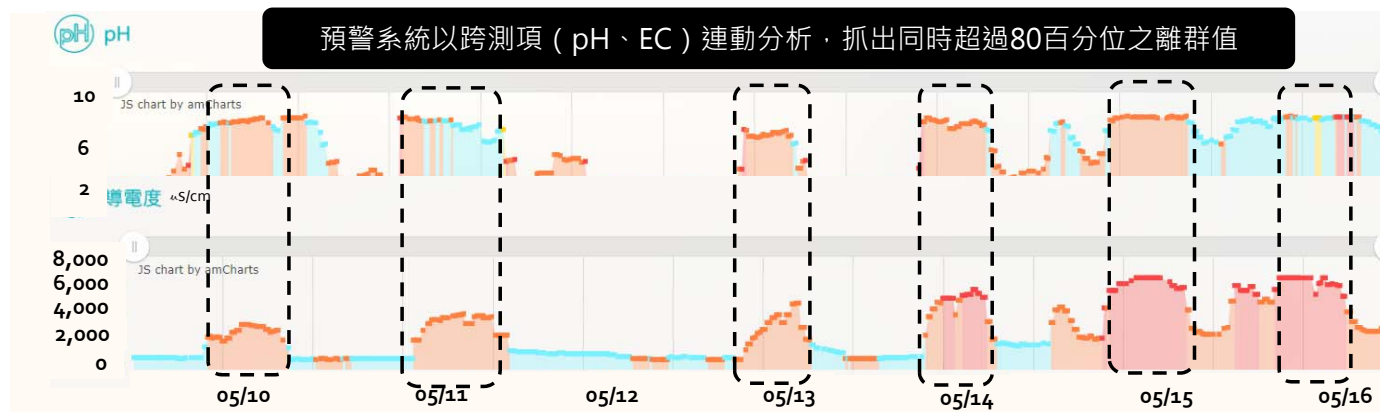
場域驗證與效益

- 此測站是某公司轉角巷口旁排水道，近期分析CODs容易出現超過100mg/L高值，異常時間為中午11點到下午3點，已超出法規標準值
- 透過流系分布追溯上游，已鎖定某製造業，作為後續密集監測追蹤



場域驗證與效益

- 此測站為加蓋排水道，於5月初發現平日上午9:00-10:00、下午16:00-18:00出現CODs超過100mg/L高值訊號維持2週，已針對此現象提出現場採樣證據保全需求
- pH與EC有明顯連動關係，時間為每日的上午10點到下午5時
- 已提供機關列為可疑稽查對象



結 語

- 本研究提供整體解決方案，可作為未來水質物聯網監測部署的一致性指引
- 布建策略及數據分析模式已應用於我國100台布建場域，並透過模式篩選出污染案例，驗證其可行性
- 未來跨域應用
 - 推廣至工業及民生應用：智慧污水處理廠、養殖用水監控及飲用水等
 - 開拓我國整體水質物聯網產業鏈

參 考 文 獻

1. Adu-Manu, K. S., Tapparello, C., Heinzelman, W., Katsriku, F. A., Abdulai, J. D. (2017). Water Quality Monitoring Using Wireless Sensor Networks: Current Trends and Future Research Directions. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 13, No.1, Article 4. doi: 10.1145/3005719
2. Aziz, B., Muchtar, E., Hariadi, F. I. (2016, November). Human-Machine Interface for Water Quality Monitoring System of White-Legged Shrimp Pond. International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), Bandung, Indonesia.
3. Chen, Y., Han, D. (2018). Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Automation in Construction*, 89, 307-316. doi: 10.1016/j.autcon.2018.02.008
4. Encinas, C., Ruiz, E., Cortez, J., Espinoza, A. (2017, April). Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in aquaculture. *Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*, Chicago, Illinois, USA.
5. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645-1660.
6. Jothimani, A., Edward, A. S., Gowthem, k. M., Karthikeyan, R. (2017). Implementation of Smart Sensor Interface Network for Water Quality Monitoring in Industry using IoT. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(6), Advance online publication. doi: 10.17485/ijst/2017/v10i6/108448
7. Niswar, M., Wainalang, S., Ilham, A. A., Zainuddin, Z., Fujaya, Y., Muslimin, Z., Paundu, A. W., Kashihara, S., Fall, D. (2018, November). IoT-based Water Quality Monitoring System for Soft-Shell Crab Farming. *International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoTaIS)*, Bali, Indonesia.
8. Patel, K. K., & Patel, S. M. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6, 6122-6131. doi: 10.4010/2016.1482
9. Ramesh, M. V., Nibi, K. V., Mohan, R., Kurup, A., Aiswarya, A., Arsha, A., Sarang, P. R. (2017, October). Water Quality Monitoring and Waste Management using IoT. *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, San Jose, CA, USA.
10. Sukaridhoto, S., Pramadihanto, D., Taufiqurrahman, Alif, M., Yuwono, A., Funabiki, N. (2015, May). A Design of Radio-controlled Submarine Modification for River Water Quality Monitoring. *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*, Surabaya, Indonesia.
11. Zakaria, Y., & Michael, K. (2017). An Integrated Cloud-Based Wireless Sensor Network for Monitoring Industrial Wastewater Discharged into Water Sources. *Wireless Sensor Network*, 9, 290-301. Advance online publication. doi: 10.4236/wsn.2017.98016

Thank you for your attention!