

[研究新領域報導]

氣候智慧水資源服務之數位基礎建設研究

臺灣大學生物環境系統工程學系 童慶斌 吳淑涵

一、前言

14 世紀的中世紀溫暖時期結束，過渡到小冰河期的氣候變化，促進了歐洲大陸經濟轉型，並加速文藝復興(Renaissance)的誕生。在全球二氧化碳濃度已超過 400ppm 的現代，近年屢創最熱年均溫紀錄，台灣更在 2019 年創下自 1947 年有較完整觀測紀錄以來的 73 年新高，全年均溫約為 24.56°C (氣象局，2019)；而在降雨方面，短延時強降雨與長時間不雨的極端化現象，所帶來之危害日益漸增，21 世紀勢必會興起一番以科技為基礎以解決氣候相關問題的科技文藝復興浪潮(Technology Renaissance)。

地表的組成有 71%是水，水資源是支持地球生命之重要元素，不論是維持生態環境保育或人類社會經濟持續發展，水資源均扮演重要的角色。氣候變遷為水資源帶來新的挑戰，同時也產生新的機會，如何提供系統性數位服務來協助政府機構、學術界、產業界與一般民眾評估或認知氣候風險與發展調適能力，成為極重要之課題。國際科學理事會(International Science Council, ISC)推動未來地球(Future Earth)之研究架構，目的在建立科學與政策的橋樑，協助考量環境變遷下，仍能採取適當科學基礎的行動以趨向全球永續(Global Sustainability)。全球水夥伴組織(Global Water Partnership)也結合科學力量，確保全球水資源利用安全(Water Security)。世界銀行(World Bank)將氣候智慧發展(Climate-Smart Development)的概念作為推動氣候變遷決策之重要精神(Akbar *et al.*, 2014)，目標在有智慧地於適當時機採取準確作為以處理氣候影響，並於規劃未來發展的過程中，了解氣候變遷所帶來的風險與益處，進而降低風險並掌握機會。呼應世界研究發展趨勢，智慧水資源系統則為結合人工智慧與物聯網等之新型態科技之水資源管理系統。

當前數位基礎建設(E-Infrastructure)與數位服務的潮流漸襲捲各研究領域，在資通訊科技(Information and Communication Technologies, ICT)發展下，知識可於很短時間內以極小成本進行資訊傳輸，此類技術之改進大幅提升知識的有效傳播與使用，也直接影響各領域在知識經濟時代之發展，不同領域的開放資源及科學技術將可更有效地整合運用。國際上如全球變遷政府基金聯合會(The International Group of Funding Agencies for Global Change Research, IGFA)的決策機構—貝蒙論壇(Belmont Forum)即積極推動數位基礎建設(e-Infrastructure)相關研究項目，並透過每年召開至少一次的論壇，加強科學研究承辦機關與研究團體之間的溝通，推動各會員國間的全球變遷研究相關大型計畫。我國亦以科技部身分參與其中，在國內此亦為「數位國家·創新經濟發展方案」的發展重點之一。不論是氣候智慧科技或智慧水資源管理均需透過妥善之數據整合與傳遞架構，並結合適當工具以發揮作用。

國內雖有許多開放資料平台，然提供的服務項目與資料格式不盡相同，也缺乏各領域系統整合，因此，本研究目的為應用數據建模(Data Modeling)技術研發氣候智慧水資源之數位基礎建設，藉系統整合服務以協助不同使用者強化智慧功能(Systematic Service to Enable Smart)，並進一步發展以水資源議題為核心之整合數據中心(Data Hub)。藉由 DIKW (Data, Information, Knowledge and Wisdom) 知識管理架構，並透過結構化與邏輯化產生實體應用程式介面(Application Programming Interface, API)，將水資源 DIKW 訊息與建模工具進行連結，以達智慧建模(Wisdom Modeling)之服務系統，如圖一。

2015 年 9 月，聯合國開發計畫署 (United Nations Development Programme, UNDP) 以 2030 年為目標，提出 17 項永續發展目標(Sustainable



圖一 數位基礎建設與服務系統之示意圖

Development Goals, SDGs), 本研究倡議發展知識服務之數位基礎建設, 符合目標「SDG9: 產業、創新與基礎建設」中的一環, 倘若將其運用於水資源關聯領域, 進一步建構氣候智慧水服務系統, 則與「SDG6: 潔淨的飲用水與衛生、SDG11: 永續城市與社區、SDG13: 氣候行動」三個 SDGs 密切聯結, 這也是未來在水資源領域發展趨勢之共識。

二、研究架構

本研究希望轉換傳統僅止於提供開放資料之思維, 進而建置氣候智慧水服務系統以供使用者取用, 故此服務系統主旨簡稱為「Water TRANSITIONS」。本研究逐步建構氣候智慧水資源服務系統之概念型模型基本架構, 完成資訊服務系統之地面、地下、農業與公共水資源專業知識方法論建構、服務對象界定、以及水資訊服務之需求彙整; 基於服務對象類型分析、使用者服務需求盤點、資料來源盤點及服務系統原型初步開發等步驟, 本研究擬將對外發布氣候智慧水資源資訊服務系統, 並依據使用者回饋來優化、深化, 建立系統整合聯盟 (Domain Focused System Integrator Alliance, 簡稱 DFSIA), 升級資訊系統主要的輸入/輸出, 同時也建置後續維護程序的教育訓練, 以期後續能夠持續營運, 自強不息。

以氣候智慧水服務系統的角度而言, 產官學

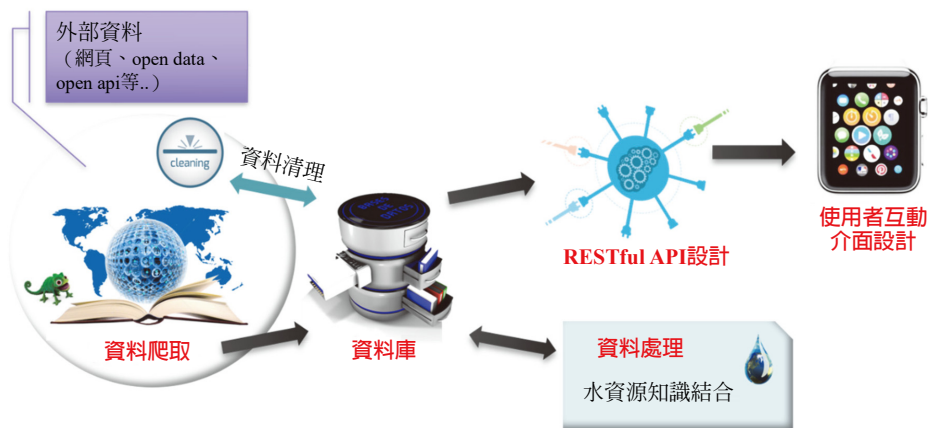
研各界乃至於一般大眾, 都可能成為需獲得「服務」的潛在對象。然這些「服務」往往以開放資料為基礎, 再配合專業知識或工具, 才能讓基礎資料昇華為資訊、知識, 甚至提供有智慧的運用。因此, 要提供氣候智慧水服務, 必須導入整合性水資源管理(Integrated Water Resources Management, IWRM), 再透過跨領域整合與由下而上發展社區尺度的分散式調適, 完整實踐服務價值。結合外部開發資料、資料庫、網路框架與使用者互動式介面, 形成完整資訊服務系統, 不僅能達到機器對機器專業知識溝通, 更讓使用者能自由串接資訊流, 創造更多價值。氣候智慧水資源服務系統架構如圖二所示, 包含五個主要的區塊: 資料爬取、資料庫建置、資料處理、Restful API 設計與使用者互動介面設計。

三、關鍵議題

本研究之重點議題規劃主要根據臺灣主要面臨的問題與參考 Future Earth 中 Global Water System Project (GWSP) 所提出的關鍵研究課題, 如表一所示。具體之研究目標可分為兩面向: 對內整合國內水資源領域研究, 對外推動跨領域與國際合作, 確保維持水資源的永續利用。本研究擬推動下表列之關鍵議題, 包含供水與需求之穩定性、跨領域水資源影響、知識整合與支援決策、跨領域間橫向溝通機制等。我國政府擬定了多元

表一 水資源主要研究議題與課題

議題項目	研究課題	政府實務策略			
		多元開發	節約用水	彈性調度	有效管理
議題一、 發展整合性水資源管理與決策支援系統	1.1 發展整合性水資源永續管理系統	○		○	○
	1.2 發展多元水資源管理系統	○			○
	1.3 發展水資源知識萃取技術與支援決策系統				○
議題二、 發展社區尺度韌性水資源科技	2.1 推動需求管理與研發適合社區發展之新興供水科技	○		○	
	2.2 發展社區尺度韌性水資源系統規劃與評估工具				○
	2.3 發展納入權利相關者之水資源決策機制	○			○
議題三、 水資源跨領域研究	3.1 發展水資源跨領域分析與決策工具			○	○
	3.2 建立水資源、能源、糧食連結關係之研究	○		○	○
	3.3 建立水資源與健康關係之研究				○
	3.4 發展全球與區域水資源情勢掌握機制				○
議題四、 智慧水服務	4.1 建立數位基礎建設之服務系統架構			○	○
	4.2 建立跨領域氣候智水資源服務			○	○
	4.3 開發應用程式以促進開放資料之應用	○	○	○	○

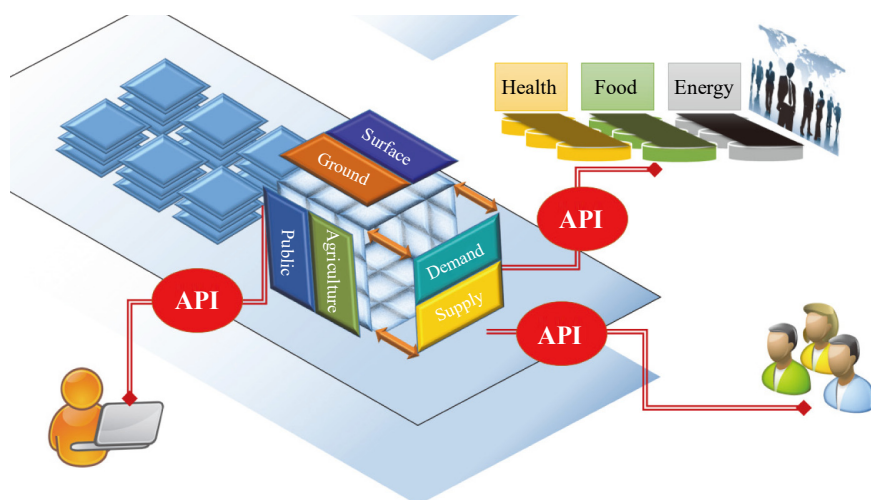


圖二 氣候智慧水資源服務系統之整體架構圖

開發、節約用水、彈性調度與有效管理四大策略，需針對各項策略開發行動方案來解決物理環境上的限制，而本研究的重點議題即能與實務需求相互支援。

水資源管理有賴系統性整合與建立知識轉移、累積之機制，以發展整合性決策系統，確保自然環境生態及水資源供給系統穩定，提升生活品質。而考量氣候變遷衝擊之下，調適措施應兼顧縱向（跨層級）和橫向（跨領域）之串接，並採分散性措施以因應不同尺度之治理單位需求。

社區尺度是調適治理的最小單元，以社區為本的調適(Community-based Adaptation)可為分散式調適政策推動的良好案例(Ayers & Forsyth, 2009)。而跨領域間為因應環境變遷的衝擊所採取之調適措施間會有互斥或互利現象，因此須探討措施間的協同合作(synergy)與折衷協調(tradeoff)。透過網路建立知識平台有助達成前述目的，整合既有研究之標準流程、評估工具、資料來源、資訊、知識產出與主要研究結論等，強化支援決策之能力。UNEP 即於 2014 年發表的調適缺口報告中



圖三 以 API 串接服務核心，建立實體性模式

明確指出，讓所有階層的利害關係人獲得整合與轉譯後的資訊是首要要務，藉以促發公民參與契機(Schaeffer, 2014)，消除學術研究與政策推行間之藩籬。

四、氣候智慧水服務

近來國內積極推動高能量的開放資料資源，若能使用現成的政府開放資源，不只能增強服務效能，更能鼓勵政府對開放資料推行之決心，甚至回饋改善開放資料的品質及廣度。Vaughan (2016)統計各地區與領域的氣候服務研究議題，其中以水資源為近年度氣候服務研究的重點。本研究之服務核心即為透過 API 串接（圖三），參考 Connolly and Begg (2005)資料庫系統的設計、落實與管理之資料建模流程，從概念性模型的建置到實體性模型的應用以及資料庫與前端網頁的整合架構。若延伸資料建模的概念，在定義系統元件時了解系統中使用端與供給開發端的需求，即是完成概念性模型；若將使用端、開發端與服務核心做供需整合的串接，即是完成邏輯性模型；最後以 API 的方式確認需求傳輸接口規格，就是完成實體性模型。

五、結語

將資訊科技整合應用於各傳統領域已是國際趨勢，本研究探討與研發將其整合於水資源專業知識，期盼藉此拋磚引玉帶起國內此類型研究，並擴展甚至跨領域整合；對政府的開放資料服務進

行整合應用，也可反饋提供政府具體建議，改善未來開放資料服務；數位基礎建設研發目標在以使用者為導向之數位服務，可進一步結合商業模式，發展數位服務產業；也期盼透過本研究，可協助提供一般民眾都可簡易取得需要之資訊、知識、與解決問題之智慧，有助於公私部門進行風險溝通。

水資源與自然系統及人類系統關係密切，是生態環境永續性與經濟社會持續發展之關鍵。解決水資源問題須要良好的系統整合，並提供整合工具以協助規劃評估。另一方面，水資源問題不可避免地屬於跨領域之議題，在分析水資源問題時，須考量其他領域之直接或間接影響；提出解決方案時也須考量不同領域間之協力合作(synergy)與折衷協調(tradeoff)。尤其是複雜系統問題(complex system)，需系統整合工具的協助，方能完整分析問題的癥結點與提出可行的措施。如何以跨領域思維考量水資源領域和不同領域之相互影響十分關鍵。另外，多年來水資源研究已有相當之研究基礎，有必要發展知識整合與支援決策工具，以做為相關工作推動決策參考、研究成果交流與跨領域發展，提高水資源管理效率。

參考文獻

- [1] Akbar, S., Kleiman, G., Menon, S. and Segafredo, L. Climate-smart development: adding up the benefits of actions that help build prosperity, end poverty and combat climate change. (2014).

- [2] Ayers, J. and Forsyth, T. Community-based adaptation to climate change. *Environment: science and policy for sustainable development*, 51(4), 22-31. (2009).
- [3] Connolly, T. M. and Begg, C. E. *Database systems: a practical approach to design, implementation, and management*. Pearson Education. (2005).
- [4] Schaeffer, M. *Africa's Adaptation Gap Technical Report: Climate-change Impacts, Adaptation Challenges and Costs for Africa*. UNEP. (2014).
- [5] Vaughan, C., Buja, L., Kruczkiewicz, A. and Goddard, L. Identifying research priorities to advance climate services. *Climate Services*, 4, 65-74. (2016).
- [6] 交通部中央氣象局新聞稿，中象 108 字第 33 號。
<https://www.cwb.gov.tw/Data/service/Newsbb/CH/20191231press.pdf>