

氣象水文資料於 旱象與水資源監測預警資訊 之應用

朱容練／國家災害防救科技中心副研究員

李正國／國家高速網路計算中心副研究員

劉俊志／國家災害防救科技中心助理研究員

林士堯／國家災害防救科技中心專案研究助理

詹景良／國家高速網路計算中心專案佐理研究員

楊鈞宏／國立清華大學工業工程與工程管理學系博士班研究生

朱吟晨／國家災害防救科技中心專案研究助理

陳永明／國家災害防救科技中心副研究員

林李耀／國家災害防救科技中心研究員

摘要

本文利用各部會氣象水文資料進行旱象與水資源平台建置。平台整合資訊包含各縣市水情、水庫水情、降雨統計量以及多重尺度之氣象預報等氣象水文監測及預警資料。嘗試利用儀錶板的設計概念與視覺化網頁設計技術，將各種水情資訊呈現與平台上並與使用者進行互動。搭配自動化的資料轉譯，幫助非氣象水文專業領域使用者對於水文監測與氣象預測資訊的理解，大幅提高了資訊整合的使用效率。此外，即時累積降雨演算模組的設計，則可提供進階使用者在乾旱應變時作為水資源調度時之參考。

前言

台灣早期，農業是主要的經濟命脈，也是主要的水資源需求產業，台灣受地形影響，大部分地區乾濕季分明，若無水利設施的支援，旱季一來，勢必影響農業的施作。1930年嘉南大圳以及烏山頭水庫的完工，為台灣的農業奠定了良好的基礎。嘉南大圳與烏山頭水庫的完工，為嘉南平原耕作面積增加30倍。1964年石門水庫以及1973年曾文水庫的相繼啟用，更提升了台灣

稻米產量與灌溉效率，也為日後旱象與水資源的科技研發，累積了長期且寶貴的水文觀測紀錄。此外，中央氣象局根據「臺灣地區氣象與水文站網調查規劃」研究結論，自1985年起，分年分區在台灣各地建置蒐集雨量資料的自動雨量站及蒐集溫度、風向、風速、日照（或氣壓）、雨量等資料的自動氣象站，建置初衷，雖然是以加強颱風及豪雨之觀測為主，但相關的長期觀測資料，亦可用來進行水資源議題之應用。

然而，隨著社會人口結構與經濟活動的轉變，水資源的供需對象開始起了變化。降雨一旦偏少，台灣就會出現缺水甚至乾旱的情形，例如2002/2003年的乾旱事件。自此之後，經濟部水利署便著手啟動一系列的技術研發計畫，以因應日趨頻繁的台灣旱象。其中包含了前端的人工增雨技術以及後端應用的套裝式緊急淨水設備研發等，此外，也在乾旱歷史事件收錄及彙整工作上不遺餘力。另一方面，在氣象預報技術上，中央氣象局也自2002年起，啟動「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，計畫中發展了「動力統計氣候預報系統」，此系統主要設計是以短期氣候預報為主，主要的預報時間為未來一季。

雖然過去數十年來，許多人已從氣象與水文的角
度，針對水資源進行研究，並已有豐碩成果，但缺乏
氣象水文資訊整合的部分。有鑑於此，本研究即針對
氣象、水文資料於旱象與水資源的應用進行資訊整合
與平台的建置。

本篇文章第一部分為前言，第二部分為設計理論
與資料來源說明，第三部分介紹平台整合內容，最後
則是結論與討論。

設計理論與資料來源

資訊視覺化

水情資料的種類繁多，觀測旱象的指標多元，因
此在目前水情相關組織資訊傳遞及整合的應用上仍存
在進步的空間。當面臨應變時

決策單位必須從各部會署，綜整大量資料再透過
系統進行轉換及分析，在處理大量資料上相當花費時
間，在資料的判讀及正確性的疑慮下，導致水情單位
容易延誤決策時間（蔡孟涵、黃詩閔、康仕仲、賴進
松，2013）。許多研究指出，設計良好的使用者介面可
以增加使用者在使用上的績效，並且可以降低人為失
誤發生的機率（Wickens, 2000; Jou et al., 2009; Hwang et
al., 2009; Ponsa et al., 2011; Salvendy, 2012）。因此為了
使決策者能夠更有效的使用系統監控水情資訊，系統
的介面設計則顯得非常重要。

視覺化圖示是重要的資訊和訊息接收方式。知名
心理學家 Treicher 通過大量的實驗，證明人類接收到的
信息中，83%是經由視覺化的圖示，其餘則是透過表
格，文字獲得。資訊視覺化的技術主要在 1981 年由學
者 Bertin 所提出，透過圖形來吸引人類的感官，提升
大量數據判讀及提升決策檢索效率的圖表。

Highcharts 是一款純 javascript 編寫的圖表庫，能
夠很簡單便捷的在 Web 網站或 Web 應用中添加交互
性的圖表，支援直方圖、曲線圖、面積圖、柱狀圖、
圓餅圖、散點圖等多種圖表，已成功運用在許多表現
視覺性圖表的領域，包括水文及大氣科學領域之應用
（Demir, 2010, Tarboton et al., 2009 and Williams et al.,
2009）。此外，Bruls、Huizing 與 Wijk（2000）開發
的 TreeMaps11、Robertson 等人開發的 Cone Tree 以及
Mackinlay、Robertson 與 Card 得研究等，也都是利用
視覺化方法來呈現資料的網頁設計。反觀國內外相關的

水情系統，雖然有共享水資源的相關數據及資訊（eg,
NOAA River Flood Outlook, UK Environment Agency
Flood Warnings, and USGS Flood Information），但大多
以靜態研究報告為主，在使用者互動的層面相對較少。
因此學者建議，水情資源的監控及資源整合的管理及分
析，透過視覺化技術的呈現，更能有效進行水資源的管
理（Guzzetti and Tonelli, 2004 and Holz et al., 2006）。

在資訊的統整部分，儀表板的設計是一種有效
解決資訊視覺化及空間與時間分布資料互動問題的方式，
透過資料的整理與適當的組織，可發掘資料之間的
關聯性（Andrienko, 2011）。此外，透過儀表板的設
計也更能有效地展示數據之間的關聯性（Hurter et al.,
2012）。將相關水情判讀的資訊呈現於單一介面中，使
用顏色、大小以及形狀來呈現不同屬性資料，並允許
使用者與資訊模組互動，將可有效強化使用者對資料
的認知與資訊的了解（Sorenson, 2002）。

本平台將應用資訊視覺化的技術以及儀表板的呈
現概念進行水情資料的展示。期望能藉由視覺化及以
使用者為中心的設計理念，讓決策者能快速掌握旱象
與水資源的重要訊息。

監測指標

● 水庫基本監測

水庫乾旱基本監測指標部分包括石門水庫水情資
料以及水文乾旱監測。石門水庫水情資料包含入庫旬流
量、水庫水位、農業、民生以及工業計劃需水量與實際
給水量、水庫操作規線、HAV 曲線資料、庫區雨量資
料以及水庫供需分析資料等。水文乾旱監測則包含各旬
之水位歷線、流量歷線以及有效蓄水量歷線等資料。

● 標準降雨指數（Standard Precipitation Index，簡稱 SPI）

乾旱主要源自於非常態性降雨量不足所引起的持
續性災害。而乾旱指標的功用在於提供早期乾旱預警
的指示，以及在乾旱發生時可靠地評估乾旱影響情況
與其未來的發展潛勢，作為緊急乾旱應變措施施行
的重要依據。在「旱災潛勢定義及其分析方法之建立」
水利署委辦計畫中比較各種乾旱指標，以及考慮台灣
地區乾濕季節特性分明，仰賴水庫蓄水以供乾季時民
生、農工業等使用特性後，選用標準化降雨指標（SPI,
standardized precipitation index）為乾旱監測指標。其詳
細過程可參考 McKee et al.（1993）。

● KRID 觀測降雨資料

KRID 資料是為取得無雨量站設置的未知點雨量估計之時間與空間分布情況，由中央氣象局所研發之 QPESUMS 系統雷達估計降雨資料，在林等（2006，2007）之研究顯示，逐時雷達估計降雨資料與地面雨量站觀測資料之相關係數可達到 0.9 以上，惟降雨估計精度仍不足，所以運用雷達／雨量站降雨整合估計技術，以 Chen et al.（2007）所使用之數值內插方法整合雷達估計及測站觀測值，取得更為精確的整合雨量資料作為乾旱發生時的即時雨量監測參考資料。

● 海溫（Sea Surface Temperature；簡稱 SST）

網站海溫監測使用美國 National Oceanic and Atmospheric Administration（NOAA）所提供之 Optimum Interpolation Sea Surface Temperature（OISST）資料。空間解析度上，其涵蓋範圍 89.5°N ~ 89.5°S，0.5°E ~ 359.5°E；資料網格為 1° × 1°。時間解析度上為每週一筆資料，一週的定義為週日至週六。詳細資料內容可參閱 Reynolds et al.（2002）。

預測指標

● 中央氣象局七天預報

資料使用中央氣象局（CWB）官方網頁上開放資料平台提供之「一般天氣預報／七天天氣預報」，該資料編號為「F-C0032-003」。網站呈現 CWB 七天預報資料中全臺各縣市的白天與晚上天氣狀態，並每日統計與更新水庫集水區所在縣市未來一週預測的降雨日數。

● NCEP GEFS 準雙周預報

為研發之「臺灣準雙週預報降雨指標」。資料介接為使用美國 National Centers for Environmental Prediction（NCEP）Global Ensemble Forecast System（GEFS）全球系集預報的 2.5° × 2.5° 網格雨量。網站使用此指標預測未來兩週內，全臺天氣系統通過的可能性與次數，該部分資料每日更新。

● CWB 季長期展望

資料使用 CWB 官方網頁上開放資料平台提供之「長期天氣預報／季長期天氣展望」，該資料編號為「F-A0013-002」。網站呈現未來三個月，臺灣北、中、南、東四大分區的降雨機率預測，以三分法（偏多、正常、偏少）表現，資料每月更新。

旱象與水資源平台

首頁設計如圖 1 所示，利用儀錶板的概念將資料分監測與預報兩部分進行視覺化呈現，系統從氣象局、水利署每日更新的水情監測資料中，自動判斷目前各監測標的（如限水狀況、水庫水情、聖嬰現象、全台月降雨、SPI 等）變化狀況，並依照嚴重程度，以燈號顯示於網頁，系統更進一步將研判結果加以文字說明。

預報的部分，則是考量乾旱具多重時間尺度的特性，提供未來一周、雙周以及未來一季的氣象預測資訊。為提高使用者對於氣象預測資訊的理解程度，系統會自動將水庫集水區附近之初步氣象研判結果以文字方式顯示於平台之上。惟受限於目前預報極限，準雙周預報是以未來可能通過台灣之天氣系統個數與時間點詮釋；季節預報則是以相較於歷史同期，該季降雨為正常、偏多或是偏少的方式呈現。



圖 1 應科平台旱象與水資源首頁

水庫水情監測

從首頁點選水庫水情監測之燈號即可進入水庫水情監測的網頁，可進一步了解全台各主要水庫的蓄水情形與逐日水位變化。平台水庫監測網頁的視覺化設計，引導使用者能輕易了解全台目前主要水庫蓄水量與水位變化（圖 2）。

網頁左半部則採用 Google Map 展示出 6 個水庫的位置以及集水區的範圍，引導使用者進一步檢視蓄水量可能有狀況的水庫水位逐日變化。以石門水庫為例，如圖 3 所示，相關該水庫的嚴重下限、下限、上限、五年歷史均線、2013 年水位線、2014 年水位線、2015 年水位線等均可呈現於圖上，使用者除了可以了解目前水庫水位的嚴重程度以及與歷史同期的差異之



圖 2 全台主要水庫蓄水量與水位

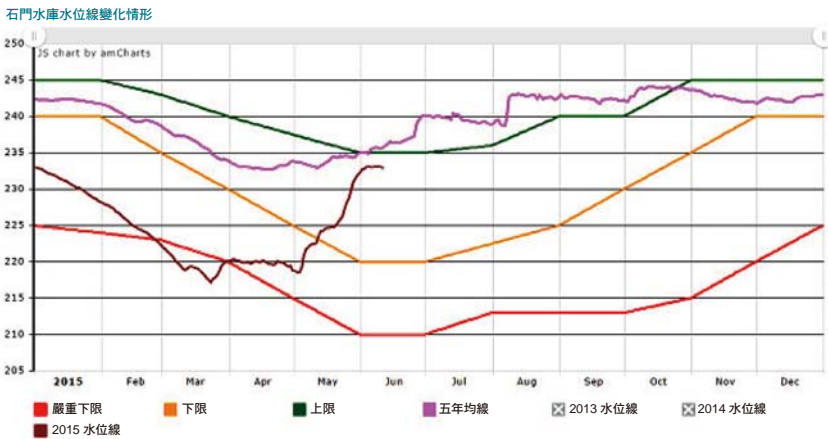


圖 3 石門水庫逐日水位變化圖。圖中綠色、黃色與紅色線分別代表該水庫水位之上限、下限以及嚴重下限；粉紅色為五年歷史平均水位；褐色則為 2015 年之水位。

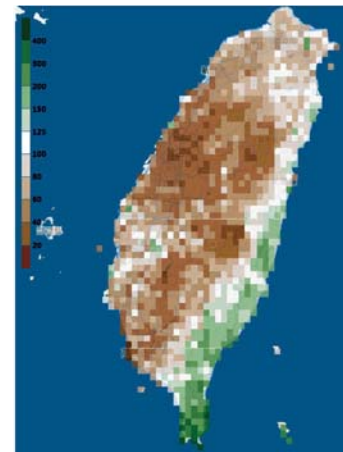


圖 4 2015 年 4 月台灣降雨百分比圖

外，還能與過去某一年的水情進行比較，搭配氣象預報資訊評估未來旱象可能的發展方向。

降雨統計量

本平台針對前一個月的台灣降雨統計特性進行分析與監測。分析統計量有月平均降雨、月降雨百分比、月降雨百分位、降雨距平以及 SPI 等。圖 4 為計算 2015 年 4 月，台灣降雨相對於過去 30 年歷史同期雨量的比例。由圖可知，2015 年 4 月西半部地區降雨僅為歷史平均值的 20% ~ 40%。水情嚴峻程度由此可見一斑。另外如降雨百分位則是提供該月份降雨量於歷史同期降雨之排名。由於該平台監測重點以旱象為主，因此百分位數值越低，代表其乾旱情形越明顯。

透過對前一個月降雨統計量的監測，可幫助使用者了解目前的氣候降雨情形，進而評估乾旱事件的發生與否以及旱象後續可能的演進。

KRID 計算模組

該模組主要針對進階使用者之使用目的而設計。資料使用中央氣象局劇烈天氣監測系統 (QPESUMS) 逐時雨量結合測站雨量與數值內插技術而得。乾旱應變過程中，評估一波天氣系統所帶來雨量以及降雨是否降在水庫集水區是很重要的參考資訊。本平台即提供了線上累積雨量即時演算的功能，如圖 5 所示，使用者只須設定開始日期與結束日期，系統自動將逐時資料進行累計，以 Google Map 為底圖套疊累積雨量，並自動將每個水庫在使用者查詢期間內逐日降雨量顯示於雨圖右側，全台降雨空間分布以及水庫集水區降雨延時變化一目了然。

氣象預報

在乾旱應變的過程中，乾旱來臨前強調預測何時不下雨；乾旱發生時則轉而預測何時下雨。這是乾旱與其他自然災害較為不同之處。另一為乾旱緩慢變化

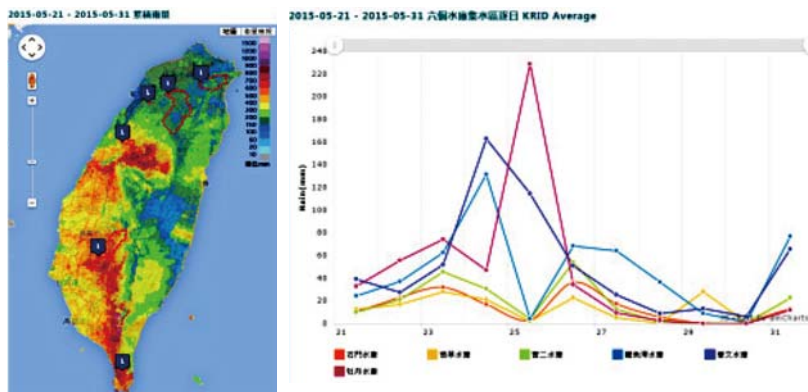


圖 5 KRID 累積雨量即時演算。圖中為所選取時期之累積雨量空間分布；圖右則為該時期主要水庫之日降雨延時，其中黃色代表翡翠水庫、橘色代表石門水庫、綠色代表寶二水庫、藍色代表鯉魚潭水庫、紫色代表曾文水庫、紅色代表牡丹水庫。

度。在季節預報的部分，則是以中央氣象局季長期天氣展望之三個月預測結果為主。

結語與討論

本研究為針對台灣旱象與水資源議題，進行平台建置，建置過程包含資料介接、整理以及展示等部分。呈現訊息主要可分為監測與預報資訊兩大部分。此平台介接氣象局、水利署以及 NCEP 等每日氣象與水文監測及預報資料，透過系統進行第一階段之

的跨時間尺度特性，國內乾旱從發生到結束平均大約為期三個月的時間。為此，平台即針對此一特性與使用者需求進行氣象預報資訊之整合。

本平台依照目前氣象預報產品的特性與限制，使用中央氣象局政府開放資料與 NCEP GEFS 雙周預報資料，規劃了日預報、雙周預報以及季預報等加值產品。日預報部分提供未來七天各縣市可能之降雨天數，準雙周預報則是以機率的方式呈現台灣地區整體未來二周的降雨趨勢以及標示可能有天氣系統通過的時間點。如圖 6 所示，NCEP GEFS 雙周降雨資料由 21 組系集成員組成，系集成員之算術平均值為圖中之紅色線走勢，背景灰色曲線則為各系集成員之預報結果，如此的資訊轉譯方式，除了能提供使用者未來二周天氣系統的主要變化趨勢外，從各系集成員預報結果的歧異度中，亦能傳達雙周預報結果的不確定性程

資料轉譯工作，將主要監測標的如水情燈號、水庫水情、降雨以及未來天氣預測等資料，依照嚴重程度，以不同燈號方式呈現於平台首頁，並輔以文字描述，讓使用者能快速掌握目前乾旱現況。

透過儀錶版的設計概念與視覺化的操作介面，搭配自動化的資料轉譯，幫助非氣象水文專業領域使用者對於水文監測與氣象預測資訊的理解，大幅提高了資訊整合的使用效率。此外，即時累積降雨演算模組的設計，則可提供進階使用者在乾旱應變時作為水資源調度時之參考。

本研究已將大部分之水資源監測與預測資訊進行整合與視覺化呈現，然而從 2015 年的乾旱事件應用中發現，平台中月尺度的降雨統計分析，似乎不易滿足乾旱應變需求，後續如提高降雨統計分析時效、即時訊息主動通報、APP 之製作等皆可作為日後之研發參考方向。

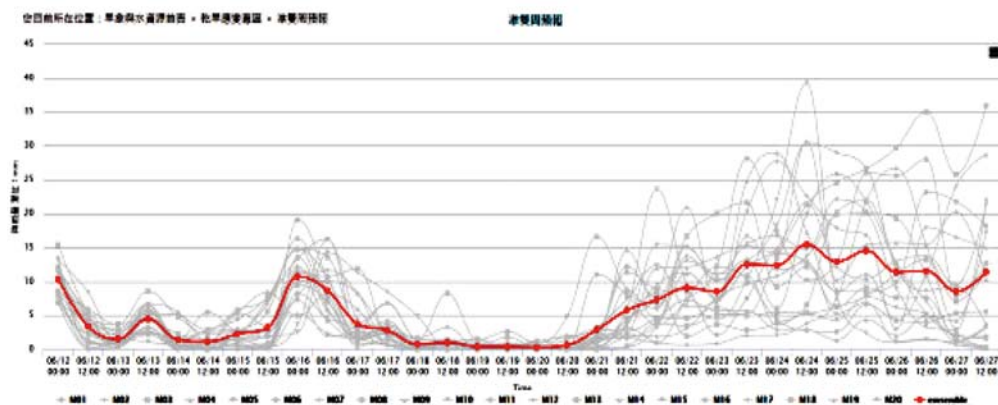


圖 6 NCEP GEFS 準雙周預報降雨趨勢圖。圖中紅色線代表預報資料系集平均之結果；灰色部分則為各系集成員之預報結果。

參考文獻

1. 林李耀、王安翔，2007：雷達降雨應用在洪水及淹水預報之研究（1/3）。國科會研究計畫報告書，第 1-48 頁。
2. 林李耀、王安翔、黃麗蓉、張智昌、林聖琪、李清勝及周仲島，2006：雷達雨量資料在土石流預警之應用。天氣分析與預報研討會，5-11 ~ 5-16。
3. 蔡孟涵、黃詩閔、康仕仲、賴進松，2013，〈防災決策支援系統〉，《災害防救科技與管理學刊》，第 2 卷第 2 期：第 21-33 頁。
4. Andrienko, N., & Andrienko, G. 2003. Informed spatial decisions through coordinated views. *Information Visualization*, 2: 270-285.
5. Bertin, J. 1981. *Graphics and graphic information-processing*. Berlin, Germany: Walter de Gruyter.
6. Bruls, M., Huizing, K., & Wijk, J. van. 2000. Squarified TreeMaps. Paper presented at the Joint Eurographics and IEEE TCVG Symp. on Visualization (TCVG 2000), Amsterdam, Netherlands.
7. Chen, C.-Y., L.-Y. Lin, F.-C Yu, C.-S Lee, C.-C Tseng, A.-H Wang, and K.-W. Cheung, 2007: Improving debris flow monitoring in Taiwan by using high-resolution rainfall products from QPESUMS. *Nat. Hazards*, 40, 447-461.
8. Demir, I., Beck, M.B., 2009. GWIS: a prototype information system for Georgia Watersheds, Paper 6.6.4. In: *Proceedings Georgia Water Resources Conference: Regional Water Management Opportunities*, April 27e29, 2009. UGA, Athens, GA, US.
9. Guzzetti, F., Tonelli, G., 2004. Information system on hydrological and geomorphological catastrophes in Italy (SICI): a tool for managing landslide and flood hazards. *Nat. Hazard Earth. Sys.* 4 (2), 213e232.
10. Holz, K.P., Hildebrandt, G., Weber, L., 2006. Concept for a web-based information system for flood management. *Nat. Hazards* 38, 121e140.
11. Horsburgh, J.S., Tarboton, D.G., Maidment, D.R., Zaslavsky, I., 2008. A relational model for environmental and water resources data. *Water Resour. Res.* 44 (5), W05406
12. Jou, Y.-T., T.-C. Yenn, C.-J. Lin, C.-W. Yang, and C.-C. Chiang., 2009. Evaluation of operators' mental workload of human-system interface automation in the advanced nuclear power plants. *Nuclear Engineering and Design.* 239(11): 2537-2543.
13. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration of time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Anaheim CA, pp.179-186.
14. Ponsa, P., R. Vilanova, and B. Amante., 2011. Human intervention and interface design in automation system. *Int. J. of Computers, Communications & Control.* 6(1): 166-174.
15. Richard W. Reynolds, Nick A. Rayner, Thomas M. Smith, Diane C. Stokes, and Wanqiu Wang, 2002: An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. *J. Climate*, 15, 1609-1625.
16. Salvendy, g. 2012. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 4th Edition. John Wiley & Sons Inc.
17. Sorenson, M. 2002. Dictionary definition of dashboards, SearchCIO.com. Retrieved March 20, 2014, from <http://searchcio.techtarget.com/definition/dashboard>

隨手關緊水龍頭 珍惜寶島水資源

● 珍惜水資源·節水36計

臺灣是個缺水的地區，尤其南部地區為缺水高風險區域，請珍惜有限水資源，您每一個節水動作都可避免缺水危機。節水有撇步，你我這陣做！節水36計請參照經濟部水利署【節約用水資訊網】<http://www.wcis.org.tw/>

● 隨時隨地珍惜水資源

洗澡節水/洗衣節水/馬桶節水/廚房節水