

數值氣象預報應用在水庫水位預測系統建置

周儷芬¹、張志榮¹、謝煊諺¹、盧莘源¹、劉演鎮²、呂藝光³

台灣電力公司綜合研究所¹

台灣電力公司大甲溪發電廠²

國立臺灣師範大學電機工程學系³

摘要

德基水庫是大甲溪流最上游水庫，除了提供大甲溪流一連串電廠的發電用水，也是大台中地區民生、工業與農業用水的來源。然而因台灣氣候特性降雨量變化懸殊，水資源有季節性的豐、枯現象，因此大甲溪電廠最上游德基分廠的運轉操作，攸關整個大甲溪流各電廠發電以及下游供水，其重要性不可言喻。本文係結合高解析之降雨量數值氣象預報、德基水庫水文觀測及電廠運轉監控資訊，應用類神經網路技術建置一領前48小時的德基水庫入流量與水位預測系統，並以視覺化網頁呈現未來2日水庫入流量與水位變化趨勢及集水區的降雨量數值預報資訊，供電廠人員運轉操作之參考。尤其在豪雨/颱風來臨前，藉由調節水庫水位除可保留庫容供蓄納洪水、減低洪峰、穩定供應下游用水，並可增加可發電量。

關鍵字：數值氣象預報、降雨量、水庫入流量、水位預測、類神經網路

一、前言

水力發電為潔淨、非耗竭性的能源，也是台灣目前最主要的自產能源，相對於太陽能及風能等再生能源水力發電量相對穩定，台灣水力電廠於104年底已建置完成之慣常式水力發電廠，總裝置容量208.93萬瓩(2089.3MW)，年發電量約44億4,753萬度(4.44753TWh)。因水力機組的運轉具有快速啟停、操作靈活，能隨負載瞬時變化以調節系統的電壓與頻率，在電力系統中一直扮演確保供電安全及維護電力品質的重要角色。德基水庫位於台中縣和平鄉，為大甲溪最上游的水庫。德基水庫設有大甲溪電廠德基分廠，為台電公司在在大甲流域電力開發6座電廠之樞紐，德基水庫的蓄水量經德基分廠發電後可再放流至青山、谷關、天輪(含新天輪)、馬鞍、社寮等5座水力發電廠逐步發電，並於石岡壩引取供給水與灌溉使用。因此，德基水庫除具發電功能外亦兼具大台中地區給水、灌溉、防洪等多種功能，為一多目標用途的水庫。

然而，水力電廠發電量受制天候及季節水量影響，隨著全球氣候變遷日益加劇，近年來極端暴雨及急降雨區域分歧的現象愈來愈頻繁，如何有效率地發電同時兼顧防洪及供水任務是一大挑戰。目前水力電廠運轉人員是以水庫水位高低依經驗判斷進行發電運轉操

作，在考慮多目標與多條件的用水需求下，如能提供未來數日水庫水位的預報資訊，對於運轉人員在水庫操作將有很大的幫助。

考量大甲流域4至9月期間降雨量多約佔全年降雨量80%，10月至翌年3月為乾早期約佔20%，且隨著全球氣候變遷日益加劇，突發性暴雨事件愈來愈頻繁，若僅依歷史資料進行推估德基水庫水位變化，不易精確預測水位的變化，因此本研究引入臺灣颱風洪水研究中心(簡稱颱洪中心)每6小時發布一次的德基水庫集水區在大甲溪電廠7個雨量站區域(德基水庫、思源、平岩山、松茂、梨山、松峰與合歡山，如圖1所示)的領前1至78小時(有效值為72小時)的降雨量預報資料，以增加預測準確度。

近年來，智慧型預測模型中之類神經網路在系統識別領域扮演重要角色，主要是因類神經網路能夠在不需提供數學轉換函式的條件下，學習資料輸入與輸出間的關係，來完成複雜的非線性映射、聯想、資料分類、知識處理等工作[1-2]，因此也廣泛地應用於水文領域及相關之預測研究[3-6]。因此，本研究將結合德基水庫集水區7個雨量站的觀測降雨量、發電量與排洪量，與颱洪中心發布的7個雨量站領前預報降雨量值等即時且大量資訊，應用類神經網路技術，透過其強

大的資料學習與塑模能力來進行資料的整合與學習，進而推估未來1至48小時(間隔1小時)的水位變化。

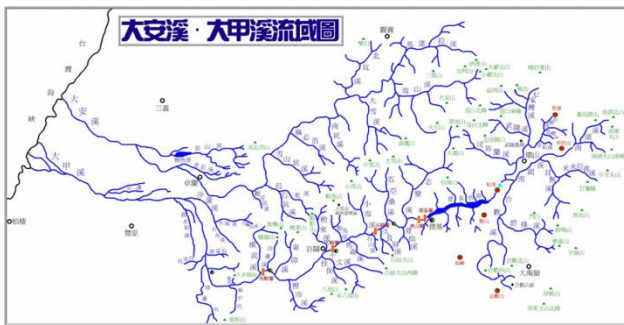


圖1 大甲溪流域及德基水庫集水區7個雨量站分布圖

二、系統建置

影響水庫水位變化主要因素有集水區的降雨量(入流量)、發電量與排洪(出水量)。因此本研究整合德基水庫即時資訊包含:集水區7個雨量站(德基水庫、思源、平岩山、松茂、梨山、松峰與合歡山)、德基水庫水位站、德基電廠3部發電機組發電量(總裝置容量234MW)以及排洪資訊,同時引入颱洪中心7個雨量站領先1至78小時的降雨量預測資料;利用類神經網路的架構設計以發電量為基礎之水庫水位預測機制,來即時預測德基水庫未來1至48小時(時間間隔為1小時)的水位變化,同時並建置一網頁提供遠端網路查詢集水區7個雨量站、發電量與水庫水位預測值與歷史資料等功能,水位預測系統架構圖如圖2所示。

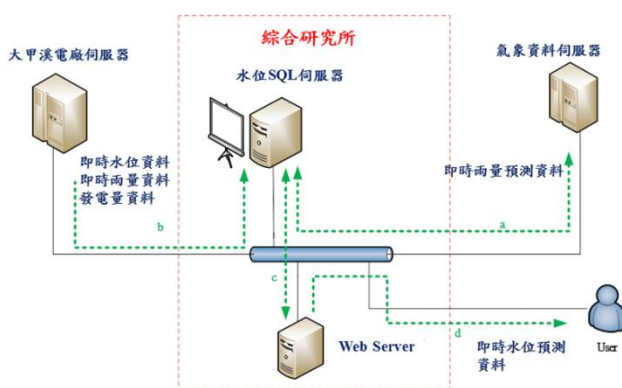


圖2 水位預測系統架構圖

2.1 資料分析

在引入預報資料之初,為了解德基水庫集水區降雨量預報資訊與雨量站觀測值的相關性,首先針對

2013年4月至9月德基雨量站觀測資料與颱洪中心預報降雨量的關係進行比較分析,如圖3a所示,其中紅色曲線表示德基雨量站的觀測資料,藍色表示颱洪中心所預報的德基區域的降雨量資料,兩者呈現相似的降雨趨勢。若利用相關係數來進行水庫集水區氣象即時雨量預報資料與集水區雨量站觀測資料相關性分析,同樣以2013年4月至9月資料為例,表1顯示颱洪中心即時雨量預報資料與集水區雨量站觀測資料的相關係數值,圖3b則表示德基水庫7個雨量站降雨量和與颱洪中心氣象預報降雨量資料相關性;由表1與圖3b可知相關係數約為0.45,相關係數值並不高,可能是因為以「時」降雨量來計算相關性,而不是以「天」為單位之累積降雨量來評估其相關性所致,不過仍可觀察到相似的降雨趨勢,其延遲現象也不明顯,應可提供做為長領前預測水庫水位的參考依據;圖4a至4b中同時也顯示水庫水位與氣象預報和觀測降雨量間都有一定延遲的現象(4-6小時);而參考水利署研究報告[7]的分析亦顯示在德基水庫集水區的降雨逕流約有5-10小時的延遲現象,視各雨量站所在位置而異;因此透過這些評估分析我們可以尋找出水位預測系統的特徵,有助水位預測機制的設計。

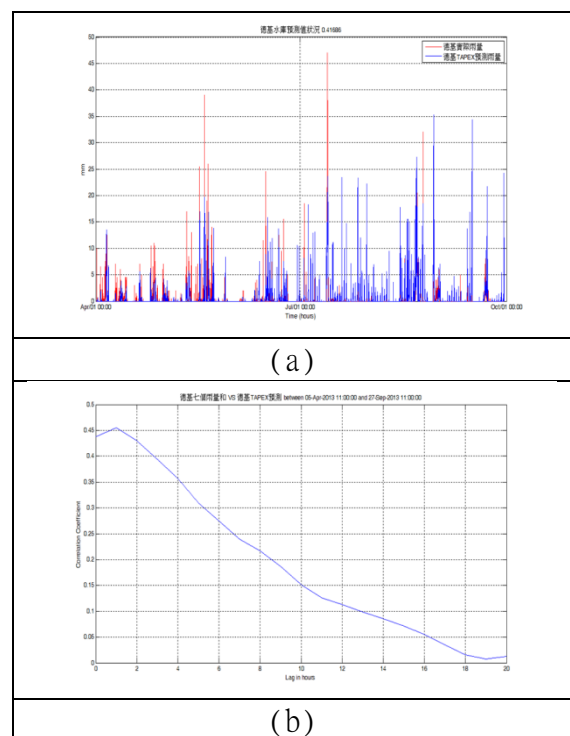


圖3 (a)德基雨量觀測站與預報降雨量之比較;(b)德基水庫7個雨量站降雨量和與預報降雨量資料相關性

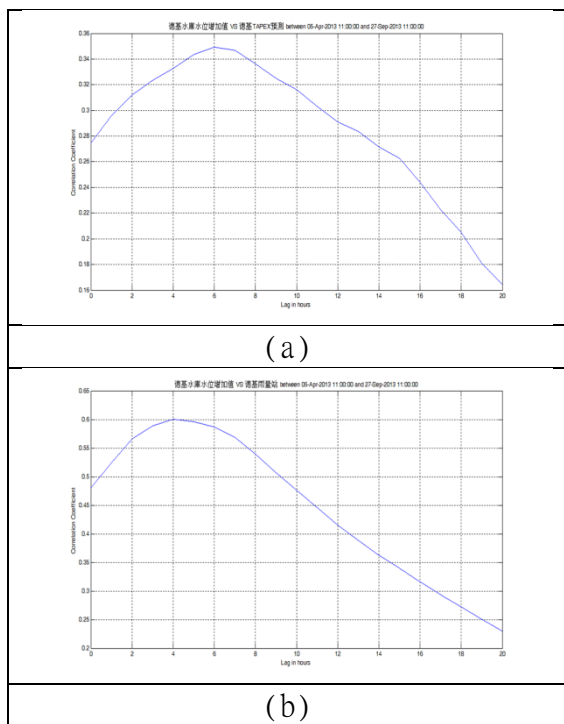


圖 4 (a)水庫水位增加值與氣象預報降雨量資料相關性；(b)水庫水位增加值與雨量觀測站資料相關性

表 1 雨量預報資料與雨量站觀測資料相關係數

TAPEX ^o	台電雨量站	德基 ^o	梨山 ^o	松茂 ^o	合歡山 ^o	松峰 ^o	思源 ^o	平岩山 ^o
武陵 ^o		0.2250 ^o	0.2687 ^o	0.2499 ^o	0.2516 ^o	0.2611 ^o	0.2836 ^o	0.2953 ^o
合歡山莊 ^o		0.3422 ^o	0.3216 ^o	0.3463 ^o	0.3981 ^o	0.3433 ^o	0.2465 ^o	0.3243 ^o
梨山 ^o		0.3623 ^o	0.3361 ^o	0.3557 ^o	0.3882 ^o	0.3502 ^o	0.2279 ^o	0.3152 ^o
大禹嶺 ^o		0.3075 ^o	0.3155 ^o	0.3234 ^o	0.3764 ^o	0.3178 ^o	0.2521 ^o	0.3262 ^o
德基 ^o		0.4169 ^o	0.3582 ^o	0.4009 ^o	0.4026 ^o	0.3832 ^o	0.2223 ^o	0.3237 ^o

2.2 水庫水位之預測機制規劃

本研究是建置以即時發電量來推估德基水庫水位的能力，預測領前時間為1至48小時，每隔1小時執行一次預測。若僅利用歷史資料進行長領前時間預測(48小時領前時間)時，其預測精確度會隨領前時間點愈長而變差，因此除考量水位、發電量、雨量站與排洪量歷史資料進行推估未來1至48小時德基水庫水位變化之外，若能有效地整合數值氣象預報資料，將可提高長領前時間的預測準確度。然而，當輸入變數過多也將導致學習效果變差，在有限的訓練資料情況下，不易塑模系統的真正特性，進而導致預測精確度變差。因此，本研究將以多層網路串接預測方式進行1至48小時共48個領前時間點的德基水庫水位預測。

三、預測結果與展示

本研究利用類神經網路技術開發水庫水位預測系統，每隔1小時執行一次即時領前1至48小時德基水位與入流量預測，以2013年蘇力及潭美颱風為例，說明預測結果。以2013年7月13日蘇力颱風上午06:00為預測時間點，圖5為水位(a)與入流量(b)預測結果。以2013年8月21日潭美颱風上午00:00為預測時間點，圖6為水位(a)與入流量(b)預測結果。以上結果顯示預測值與未來實際值有相似趨勢。因此，本研究設計的類神經網路模型對於水位預測結果可得到好的預測效能。圖5在蘇力颱風7.14 AM 9:00可以看到入流量有一突降趨勢，此乃因水位計的異常變化導致入流量數值的跳動。另在颱風或豪雨期間的入流量相較於一般期間的入流量可能相差數百倍，對水庫容量而言水位變化可達數十公尺，假設在颱風期間入流量預測百分比誤差與非颱風期間相似，水位也可能產生數公尺誤差。此外，在進行推估水位預測值時，預測入流量誤差值會在1至48小時不斷累積，而使預測水位值在未來第48小時產生較大誤差。

本研究的另一項重點工作是建置一水庫水位動態資訊網頁，提供水力電廠運轉人員操作之參考。預測系統網頁的設計是利用PHP程式語言來開發。網站的首頁可即時呈現網頁載入當時最新的預測結果，並可每小時自動更新預測結果，圖7為2016/7/15 15:00:00即時預測結果呈現頁面，歷史資料查詢頁面則顯示於圖8。每個頁面具有水庫水位、水庫入流量、發電量、集水區氣象即時雨量預報資料，集水區雨量站資料(包括德基、松茂、思源、梨山、松峰、合歡山及平岩山)等查詢功能。本視覺化設計的預測系統網頁，除了能清楚呈現水位、入流量及觀測、預報雨量等各項資訊，特別之處是在預測首頁嵌入模擬發電量及排洪的輸入項設計，運轉人員可以即時模擬出未來不同的發電量值及排洪量對水位變化的影響，簡化以往使用試算表來推算水位的變化，是一項以運轉人員操作考量的設計，尤其是在暴雨或颱風時期，透過視覺化的網頁清楚呈現各項水情趨勢與變化，讓運轉人員能專注在水庫的運轉操作及決策工作。

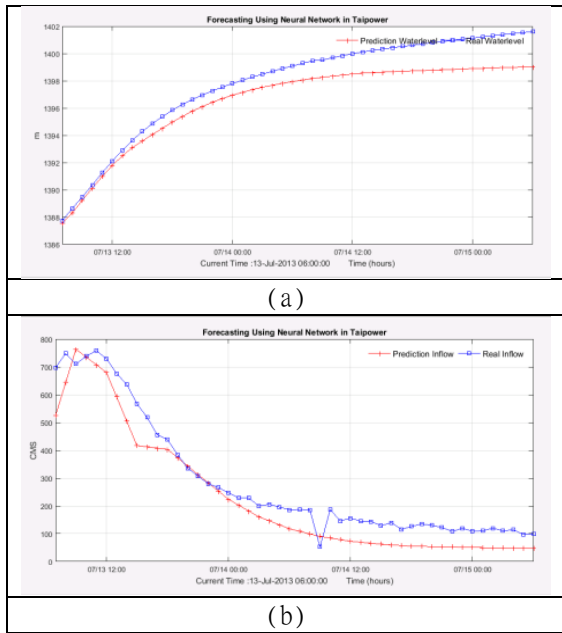


圖 5 蘇力颱風期間(2013.7.13 AM06:00)，(a)水位與 (b)入流量預測結果

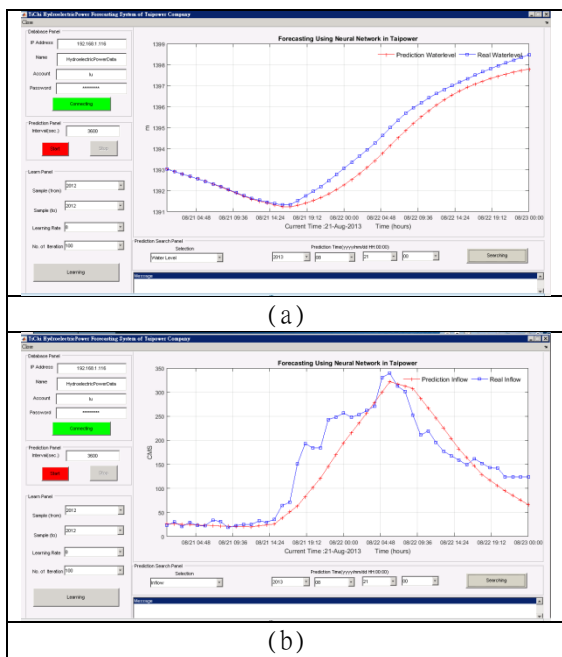


圖 6 潭美颱風期間(2013.8.21 AM00:00)，(a)水位與 (b)入流量預測結果

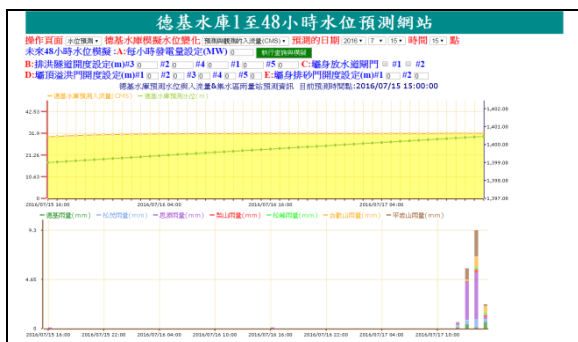


圖 7 德基水庫水位預測頁面

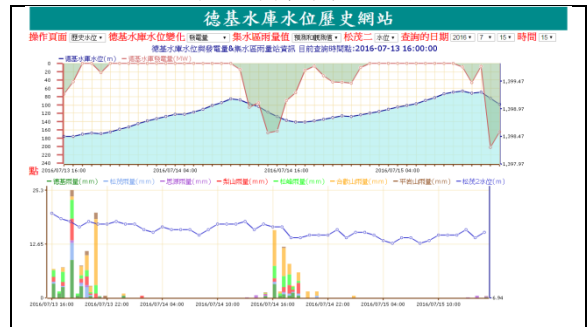


圖 8 德基水庫水位歷史查詢頁面

四、結論

本研究係針對德基水庫，結合了水庫集水區雨量預報資訊及集水區雨量站、水庫水位、排洪量與發電量之即時監控及操作資訊，運用類神經網路技術開發未來 1 至 48 小時(間隔 1 小時)水庫水位的預測系統，其目的是希望電廠的運轉人員透過視覺化的水庫水位動態資訊，進行水庫水位調節以增加發電量，同時也能兼顧保留庫容供蓄納洪水減低洪峰，穩定供應下游民生、農漁業與工業等用水。目前本套系統已於 2016.3 上線供大甲溪電廠運轉人員使用，隨著夏季颱風期的到來，正是本套系統測試其預測效能的最佳試驗場。

五、未來工作

由於預測系統尚在建置初期，每年德基水庫集水區下雨天數有限，預測系統學習的有效資料量仍不足，而且輸入參數中任何一項異常的學習資料都會影響類神經預測模型學習效能，未來宜再取得更多有效的學習資料量以增進學習效能。同時本系統是線上進行水位的即時預測，任何感測資料的誤差或通訊中斷都會影響水位預測的準確度，因此，確保感測資料的正確性與通訊的穩定度是後續可以再改善的工作。而目前颱風中心提供每6小時的降雨量預報資料，若於颱風或豪雨期間增加每天預報次數，應可改善預測準確度。

六、Acknowledgements

本研究感謝颱洪中心提供即時數值氣象預報之降雨量資訊，以利本研究能達成未來48小時之德基水庫水位預測系統的建置。

REFERENCES

- [1] Leu, Y. G., Lee, T. T., & Wang, W. Y. (1999). Observer-based adaptive fuzzy-neural control for unknown nonlinear dynamical systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 29(5), 583-591.
- [2] Wang, W., & Zhao, X. (2004, June). A new model of fuzzy neural networks and its application. In *Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004. Fifth World Congress on* (Vol. 3, pp. 2022-2024). IEEE.
- [3] Maier, H. R., & Dandy, G. C. (2000). Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: a review of modelling issues and applications. *Environmental modelling & software*, 15(1), 101-124.
- [4] Termite, L. F., Todisco, F., Vergni, L., & Mannocchi, F. (2013). A neuro-fuzzy model to predict the inflow to the guardalfiera multipurpose dam (Southern Italy) at medium-long time scales. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(s1), e158.
- [5] Nohara, D., & Hori, T. (2014). Real-Time Reservoir Operation For Drought Management Considering Ensemble Streamflow Predictions Derived From Operational Forecasts Of Precipitation In Japan.
- [6] Ishak, W. W., Mahamud, K. R. K., & Norwawi, N. M. (2012). Modelling reservoir water release decision using temporal data mining and neural network. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(8), 422-428.
- [7] 台灣大學生物環境工程學系 2013 融合多重雨量資訊於水庫集水區即時雨量推估及入庫流量預報技術之研究初版，經濟部水利署