

QPESUMS於水利署FEWS_Taiwan平台的應用

張哲豪¹ 沈志全¹ 吳祥禎² 連和政² 許至璦² 謝孟益³ 蕭健雄³
土木工程系¹ 國家高速電腦與計算中心² 水文技術組³
國立臺北科技大學 國家實驗研究院 經濟部水利署

摘要

水利署在進行各種政策與流域治理規劃的過程當中，需透過長期水文資料的收集與分析，才能評估政策的可行性與推估可能發生的水文狀況。而隨著QPESUMS資料於2003年開始在水利署供應之後。水利署在降雨資料來源的應用上，由傳統只應用測站點降雨資料，逐漸轉換成為QPESUMS面狀的降雨資料。而在雷達降雨量的應用也由早期只應用於洪水預報過程中，現階段廣泛應用於不同之水文水理分析作業流程中。因此本文將說明水利署透過FEWS_Taiwan平台完成QPESUMS資料處理的自動化作業流程與應用於各流域降雨分空間布資訊內容。並且提出後續應用建議方案。使得後續雷達降雨可以更有效應用於水利署各單位的作業流程之中。

關鍵字：QPESUMS、自動化、水文水理分析、降雨空間分布

一、前言

在水資源政策與源管理中最重要的工作為水文氣象監測資料的收集與分析與供應服務，唯有透過完整的環境資料收集與數據之彙整，才能有效提供政府與學者進行模擬分析工作。隨著模式與監測技術不斷發展，高解析度的水文氣象產品應用在水利署的分析作業流程中日益頻繁。

而水利署為了將各種水文氣象資料與不同的水文水理模式，經由標準流程進行銜接與計算，自2001年開始評估利用共同的資料交換方式與標準檔案格式，作為水文氣象資料與模式運算銜接的方法。目前已經透過此方法完成全台25條河川作業化水情預報與資訊供應的服務。同時在水文氣象資料的使用上也由單資料與單一模式，朝著多資料與多模式的系集預報發展。

在水文氣象資料來源中最常被應用的資料來源為降雨量資料來源。在水文分析流程中，水利工程師在傳統上只會利用雨量測站作為水文分析的資料來源，透過不同空間內插方式推估流域或集水區可能之降雨量與降雨分布情況。但所推估出來的降雨資料內容會因為由於測站分布位置與降雨時間與空間分布關係及選用的空間內插方式及參數由有所差異。因此如何有取得較佳或較合適之降雨空間分布資訊與降雨量資訊，也是水利工程師在進行水文分析過程中需要處理的問題。

降雨量資料在水利署應用過程中主要可以區分為兩個領域，一個是水資源政策管理應用領域，另一個在防災應變過程中使用。而隨著氣象雷達觀測技術的不斷提昇，水利署在2003年與氣象局合作引

進QPESUMS。經過學界與相關單位持續的測試與驗證後，逐漸將QPESUMS提供的降雨資由單純的研判分析參考資料轉換成為模擬分析資料來源。在2005年開始作為研究單位使用之水文模擬分析資料來源，在2014年成為水利署各河川局洪水預報共同使用之降雨資料來源。此外世界各國紛紛開始利用雷達降雨量高空間解析度與空間關聯性作為降雨量來源之研究(Li-Pen Wang et al. 2013)。以下將說明水利署應用FEWS_Taiwan平台針對QPESUMS降雨資料應用於水資政策評估與防災應變的成果。

二、水利署FEWS_Taiwan平台發展

2.1 國內發展與應用

水利署在2001年開始與和荷蘭 Deltares (原 Delft_Hydraulics) 合作共同利用Delft_FEWS平台(Werner et al. 2004)開發水利署FEWS_Taiwan水文氣象觀測整合平台。首要目標是協助水利署整合降雨量、水位、潮位、地下水等不同資料來源與不同時間頻率及不同檔案格式的水文氣象資料內容。同時透過平台將所需之水文氣象資料格式轉換成為模式或水利工程師可以處理的資料進行模擬分析工作。並且經多年國內學術單位進行模式銜接的測試與標準流程的訂定，使得不同模式在銜接過程中可以依照標準的流程與方法進行銜接與驗證工作。在2003年完成淡水河流域模式與QPESUMS降雨量銜接測試工作後陸續在2004年~2014年陸續完成全台25條流域模式與QPESUMS集水區降雨量銜接建置工作(國立臺北科技大學, 2013, 2014)，並且將平台與銜接技術應用在水利署不同作業單位中。同時並且測試國內不同水文與水理模式之銜接可行性，將模式銜接的步

驟與流程加以標準化，讓後續模式開發團隊或開發者可以參考標準作業流程，順利將模式銜接到平台中進行運算。並且在2015年開始進行多資料來源與多模式的運算效能最佳化與成果進行驗證與測試。使後續的水文作業流程，可作朝向作業化方式完成自動系集預報流程。

2.2 國際發展與應用

水文氣象與模式之整合平台的概念，在世界各國的研究單位有相當多的研究成果。其目的皆是希望可以透過共同的資料交換格式有效應結合水文氣象資訊與模式，同時提供完整時間與空間資訊給工程師進行研判與分析工作。其中目前被使用量較多的是Delft-FEWS平台，由早期主要應用在洪水預報模擬的作業平台，隨著不同氣象資料的應用與模式的整合，逐漸發展成為水文氣象與模式整合之平台(Werner et al. 2013)。該平台在荷蘭Deltares與學術及政府單位與聯合國的推動下，陸續在非洲、歐洲、美洲、大洋洲與亞洲完成不同應用之平台之建置與合作計畫。目前在荷蘭、英國、德國、瑞士、西班牙、奧地利、義大利、美國、加拿大、巴西、印尼、新加坡、泰國、韓國等，超過四十個國家作以該平台作為水情分析的主要系統(NOAA, 2007)。

2.3 通用模式銜接架構應用

由於水文氣象資訊及模式內容，主要為時間與空間的上的物理資料交換的過程。因此在資料銜接過程中需要處理時間與空間的轉換。將不同時間與空間解析度的資料轉換成為所需的資料型態。在平台中需要支援不同時間解析度與空間解析度資料的內插與轉換功能。

為了有效銜接不同模式與模式所需之水文氣象資料內容，水利署應用FEWS_Taiwan 平台的通用轉換元件技術 (General Adapter) 來和各種模式進行資料交換與運算模擬工作。模式運算過程中資料傳遞的流程概念如圖3所示，在啟動模式運算流程後平台會將模式所需的輸入格式轉換成為XML檔案格式提供給模式。而模式則透過模式轉換元件Model Adapter 將平台所提供的xml格式轉換成為模式所需的原始輸入檔案格式。接著啟動模式進行運算，當運算完成後會再將模式輸出之檔案各式轉換成為平台可以讀取的xml檔案格式。此時平台會經由通用轉換元件將模式計算完成之成果匯入平台之中。目前在水利署應用此架構已經完成多種水文水理模式之銜接工作。由於每一種模式都可以透過各別的模式銜接元件與平台進行銜接，因此在這一個架構下模式開發者可以只需要持續針對模式進行效能之調整，而不需要處理其他資料轉換程序，同時Model Adapter可以由模式開發者撰寫。因此模式開發者對於模式開發內容與元件可以保留較完整的自主性。

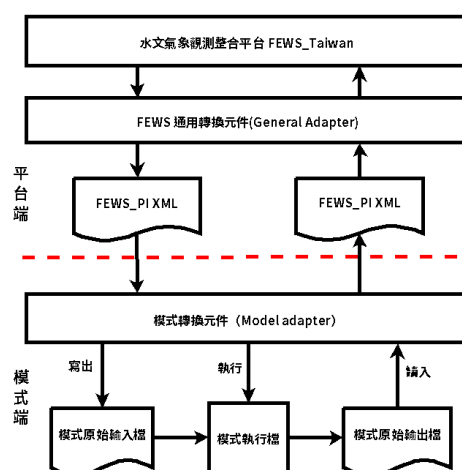


圖1 模式銜接架構

三、QPESUMS降雨量應用

目前水利署取得氣象局QPESUMS降雨網格為解析度0.0125度 * 0.0125度，維度為441*561共有247401網格點，保留台灣本島與離島陸地之可能影響範圍共有24828網格點。其資料為每10分鐘一筆單位為mm/hr。其範圍如圖2所示。

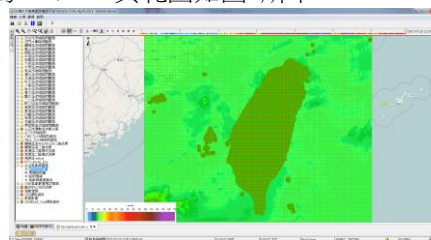


圖2 QPESUMS降雨網格與使用範圍網格分布

3.1 流域集水區降雨量推估

降雨量資訊會影響各流域水文站之水位流量，同時降雨量空間分布會隨著時間與空間分布有所不同。因此為了有效監測與評估水資源的分布情況，首要工作為進行長期監測與評估各流域的降雨量與水位資訊，並且了解降雨量與水位流量的可能關聯性，以作為後續可能之工程建設參考與應用。如圖3所示為水位站上游集水區降雨量與水位變化之關聯性。

目前水利單位在傳統上進行集水區的降雨量資訊方法，主要透過徐昇多邊形、等雨量線法(搭配使用如克利金法或反距離權重法等不同空間內插)進行流域平均降雨量計算。在計算過程中由測站的點位型態資料轉換成為面狀集水區平均降雨量，過程中會因為選擇的雨量測站、空間內插方法與參數而產生不同之數值。如圖4所示為利用QPESUMS降雨量搭配雨量站使用兩種不同空間內插演算法進行的集水區平均降雨量計算之統計成果。由於QPESUMS提供之降雨量分布資料在時間與空間的關連性較於現有雨量站為佳。

水利署在2005年開始擴大應用QPESUMS降雨量的流域範圍。但由於目前QPESUMS降雨量的觀測技術與方法在處理過程中需要透過地面雨量站之觀測值進行修正，主要因為雷達觀測降雨量是屬於空中可能的降雨量，並非地面的實測值。同時雷達回波仍會受到地形與突然發生的電磁波或物體產生一定程度的影響。因此目前水利署在應用QPESUMS進行降雨量計算過程中，仍會搭配地面雨量站之降雨同時進行運算。以避免在即時作業過程上因突發狀況或地形限制產生之雨計算誤差。如5圖所示為三地門雨量站分別利用1~3倍QPESUMS網格大小，進行環域分析的可能降雨影響範圍及徐昇多邊形對應多邊形鄰近QPESUMS網格分布情況。而將圖4的邊界範圍與QPESUMS降雨量進行計算後推求其累積降雨量成果如圖6所示。其中徐昇多邊形範圍之平均降雨量較其他三種多邊形雨量計算成果為低，也表示降雨量在該區域雨量變化較大的狀況。

除了利用測站降雨量的評估外也會進行流域集水區降雨量的評估工作，在全台灣各流域及子集水區的計算過程中，使用QPESUMS降雨量同時搭配雨量站進行IDW及Kriging不同空間內插方法，應用相同空間解析度大小的網格進行集水區平均降雨量計算。讓水利工程師可了解流域內可能之降雨量差異性。如圖7所示為QPESUMS降雨量網格與流域集水區範圍套疊示意圖。

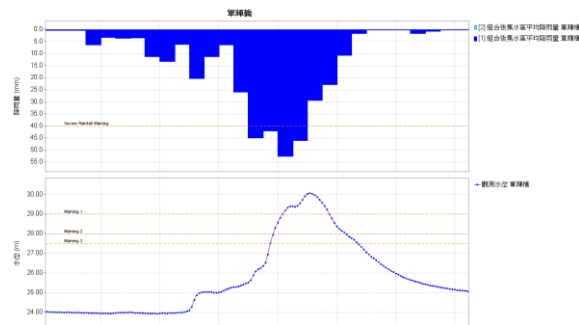


圖3 集水區降雨量與水位變化關聯性

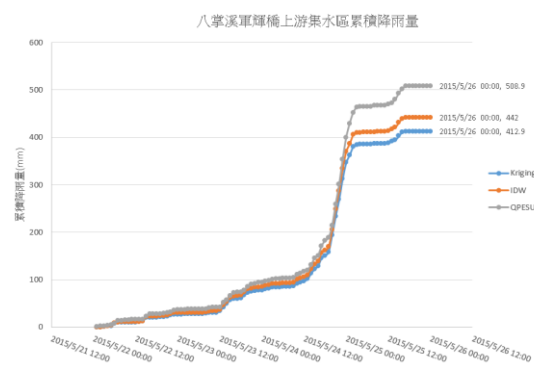


圖4 流域集水區使用不同資料與內插方法平均累積降雨量

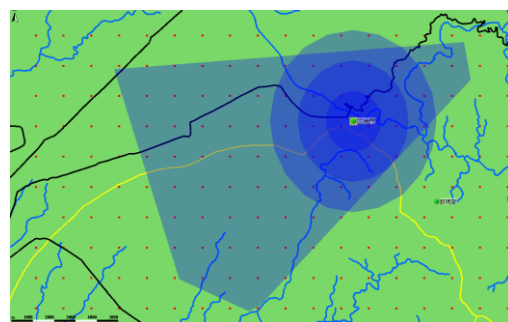


圖5 QPESUMS網格與雨量站影響範圍計算面積套疊

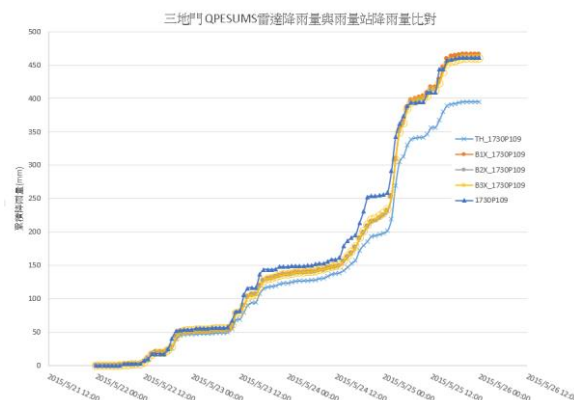


圖6利用QPESUMS計算不同影響範圍平均降雨量與測站降雨量累積差異

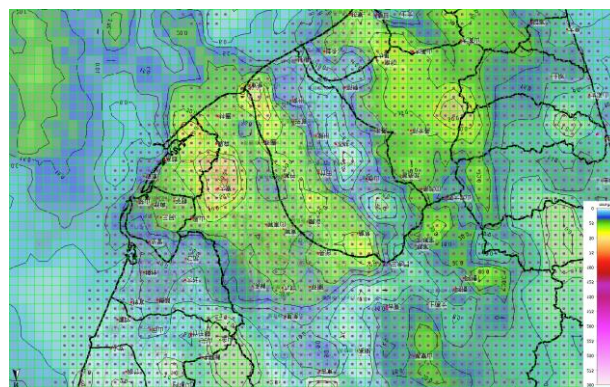


圖7 QPESUMS 降雨網格與流域集水區套疊示意

3.2 降雨量資料成果比對

上述除了針對集水區範圍平均降雨量進行累積降雨量之比對外數值的差異性外，同時也利用數值統計方式找出資料中可能之趨勢。因此在計算過程中將雨量資料區分為兩種資料分別為地面雨量站觀測資料與利用雷達降雨量推估之降雨量資訊。由於降雨量會隨時間與空間而產生不同的變化，在不同延時下有不一樣的數值。因此在數值上利用Bias, RMSE(Root Mean Square Error), NS (Nash-Sutcliffe efficiency) 等時序列數值統計比對方式搭配3,6,12,24,48,72小時等不同延時進行比較，提供工程師有效了解不同資料間的差異性。如圖8-圖9所示為利用徐昇多邊形範圍所計算QPESUMS降雨與地面

雨量站之數值在過去72小時與48小時之時序列之NS效率係數差異與RMSE。其中NS效率係數月接近1表示兩種時序列資料越相似。而RMSE數值較大時，表示地面雨量站與雷達觀測降雨量在數值上有較大的差異性。

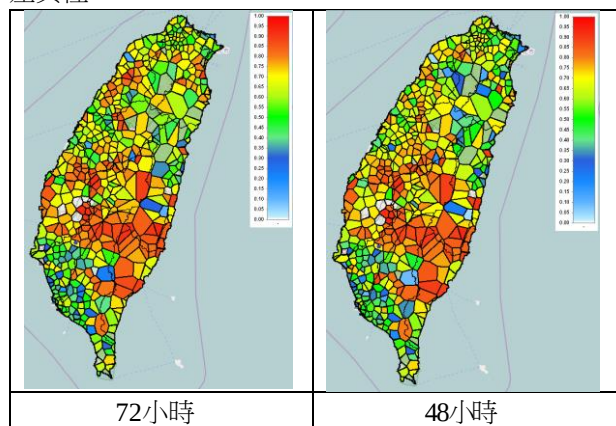


圖8 降雨量資料在不同延時NS效率係數分布情況

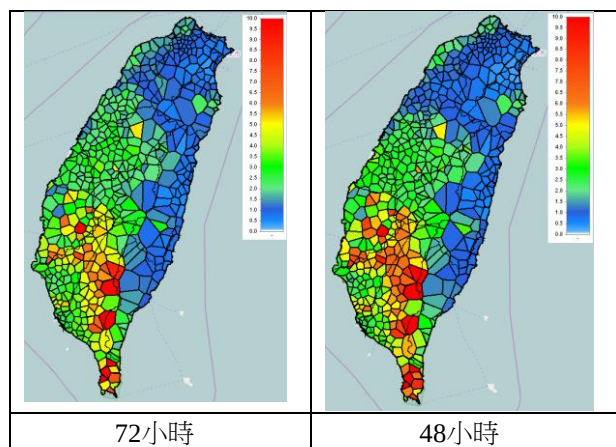


圖9 降雨量資料在不同延時RMSE成果

3.3 水文水理模式銜接

當前述水文氣象資料可以經由作業化流程，在每天每小時自動供應後。接著將水利署計畫研究成果所開發之模式，透過General Adapter技術撰寫各模式Model Adapter與平台進行銜接。同時搭配模組化的作業流程如圖10所示，將模式所需之水文資料來源與計算過程中對應之輸出、輸出格式加以確認。水利工程師就可以透過自動化作業流程完成模式上下游水文資料來源取得、集水區降雨量空間內插、集水區平均降雨量計算、模式啟動運算模擬與成果輸出等作業流程。而其計算成果如圖11所示，圖形上半部為水位站上游集水區平均降雨量，下半部為觀測水位與對應之模擬水位成果。模式銜接工作配合水利署洪水預報模式參數檢定與警戒水位檢討與訂定等計

畫成果，持續將更新全台各流域水文水理模式於平台中，以獲得全台較佳之水文水理計算模擬成果。

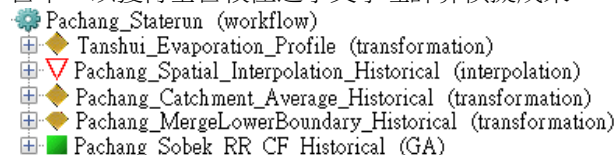


圖10 八掌溪SOBEK模式作業流程

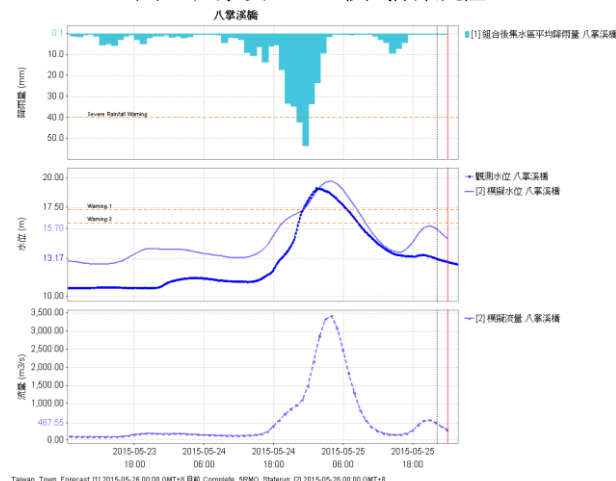


圖11 八掌溪SOBEK模式八掌溪橋水位站計算成果

3.4 資料轉換與供應

當越多使用者應用或使用水文氣象資料，將有助於相關技術的發展與推動。而水文氣象資料的使用量的提升需要透過開放的檔案格式與良好的供應機制。為了減少水利署水利工程師在應用資料過程中可以資料處理與轉換的時間。因此透過平台將工程師所需的資料內容進行自動化的轉換與供應服務。工程師可以在最短的時間獲得所需資料內容，以便盡快進行分析與評估作業。

目前透過平台提供的水文氣象資料內容可以區分為雨量與水位資訊。透過平台將降雨量資訊轉換成為流域範圍之平均降雨量或累降雨量資訊，並且提供空間網格資料展示方式。如圖12~14所示分為利用相同空間解析度網格應用QPESUMS與雨量站使用不同內插方法所提供流域累積降雨量分布資訊(QPESUMS,雨量站IDW,雨量站Kriging)。並且同時提XML,CSV與ESRI ascii網格等檔案格式。讓工程師各自照需求進行資料的應用。如圖15~圖18分別為使用不同檔案格式輸出之水文氣象時序列資料內容。

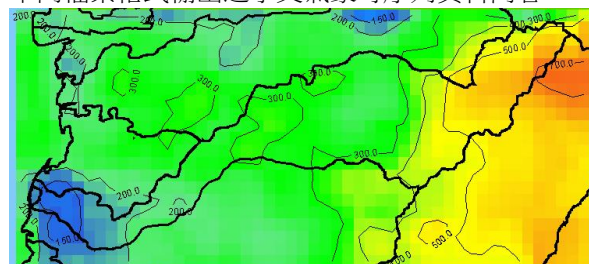


圖12 八掌溪QPESUMS累積降雨量

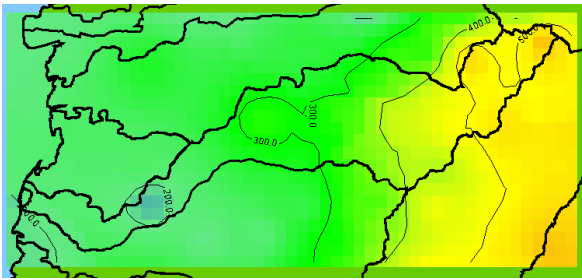


圖13 八掌溪雨量站IDW法累積降雨量

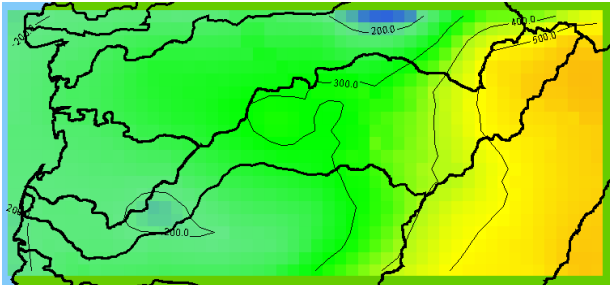


圖14 八掌溪雨量站 Kriging法累積降雨量

檔名	副檔名大小	日期	屬性
QPEsSumsObs	xml	708 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	432	4,237 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	431	4,172 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	430	4,234 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	429	4,158 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	428	3,991 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	427	3,892 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	426	3,799 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	425	3,818 2015/06/01 08:40	-a--
C1580_Grid0000	424	3,880 2015/06/01 08:40	-a--

圖15 ESRI ASCII GRID ASC格式時序序列網絡

```
ncols 51
nrows 21
xllcenter 120.10625
yylcenter 23.26875
cellsize 0.0125
NODATA_value -999.0
2.8 3 2.8 2.8 3.5 4 3.5 2.8 2.5 3 3.8 3.8 3.5 3.3 3.8 4.8 5.5 6.3 9.8
2.3 1.3 1.3 1.3 1.8 2.8 2.8 3.5 4.8 6.8 7 7 6.8 7.5 8.8 10.3 11.3 12.
2.3 1.5 0.8 0.5 1 2 2.8 4 5.8 7.8 7.8 8 8.3 9 10.3 12 12.8 13.5 14
2 2 1.5 0.8 0.5 0.5 1.8 3.3 5 6.5 8 8.3 8.5 8.8 9.5 10.5 12.3 13.3 14
2.3 2 1.5 0.8 0.5 0.5 2.3 4 5.8 7 8.3 8.5 8.8 8.8 9.3 10.3 11.8 13 14
2 2 1.3 1 1.3 1.8 3.8 5.3 7 8.3 9.3 9.3 9.3 9.5 10.3 11.8 12.8 14
1.5 1.8 1.5 1.3 1.5 2 4.3 5.8 7.3 8.5 9.5 10 10 10 10.3 11 12 12.8 13
1.3 1.5 1.8 1.8 2.3 3 5 6 7.3 8.3 9.8 10.5 10.8 10.8 10.8 11.5 12.3 1
1.3 1.5 1.8 2.8 3.5 4.5 6 6.8 7.5 8.5 10 10.8 11.3 11.3 11.3 11.8 12
```

圖16 ESRI ASCII GRID ASC格式時序序列網絡內容

```
3MT+8,1580P002,1580P041,1590P043,1630P064,C0M530,C1M551,C1M490,C:
,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.obs,P.o
2013-08-19 00:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 01:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 02:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 03:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 04:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 05:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 06:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 07:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 08:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 09:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 10:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 11:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 12:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
2013-08-19 13:00:00,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
```

圖17 雨量站 CSV檔案格式

```
<series>
<header>
<type>instantaneous</type>
<locationId>1580H001_H</locationId>
<parameterId>H</parameterId>
<timeStep unit="second" multiplier="3600"></timeStep>
<startDate date="2015-05-21" time="16:00:00"></startDate>
<endDate date="2015-05-25" time="16:00:00"></endDate>
<missVal>-999.99</missVal>
</header>
<event date="2015-05-21" time="16:00:00" value="222.9389" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="17:00:00" value="222.9388" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="18:00:00" value="222.9438" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="19:00:00" value="222.964" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="20:00:00" value="222.9795" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="21:00:00" value="222.9847" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="22:00:00" value="222.9888" flag="2"></event>
<event date="2015-05-21" time="23:00:00" value="223.0225" flag="2"></event>
<event date="2015-05-22" time="00:00:00" value="223.0831" flag="2"></event>
<event date="2015-05-22" time="01:00:00" value="223.1719" flag="2"></event>
```

圖18 水位資料XML 檔案格式內容

四、後續發展與推動

4.1 模式庫與參數資料庫的推動

隨著全台灣25流域水文水理模式建置工作陸續完成。在不同的模式版本的維護與更新工作，將是未來主要的工作項目之一。透過FEWS_Tawian平台可提供完整的水文氣象資料，讓模式開發者可以縮短模式輸入資料處理與評估時程。但模式技術發展與模式的成果，需要模式發展者不斷針對模式進行精進與改良使預測與模擬成果更加良好。同時模式所需要的水文與地文參數，在模式建置過程中會影響模擬之數值，唯有透過完整的參數資料庫來源才能有效提供模式架構中理想的參數設定依據。而後續不同年分的模式與不同年分參數若可以完整資料庫型態資訊，將可以提昇模式的模擬品質與成效。

同時透過QPESUMS降雨量資料持續累積，配合氣象局QPESUMS研發成果建立全台完整的雷達降雨資料品質資訊，搭配模式使用的參數資料庫作為後續水文氣象資料來源選擇的評估依據。同時模式庫的發展可以拓展水文水理系集預報之架構，使模式在多資料與多模式架構下可以獲得更多不同模擬成果。

4.2 平台與QPESUMS應用之推廣

目前資訊技術發展已經朝向開放合作的方式進行，透過眾人或社群的方式加快軟體與程式更新的時程。因此在水利署FEWS_Tawian平台的推動也朝向開放的方式。未來規劃朝向提供全台各單位有需要的工程師或軟體開發人員進行發展應用，並且經由模式應用單位舉行推廣與教育訓練工作。使工程師在分析水文氣象時序列資料時，可以使用共同平台來進行分析與運算。此外積極參與Delft-FEWS國際社群，持續與各國開發應用團隊接觸，推動後續合作與發展之機會。

在QPESUMS降雨量資料的推廣上，除了目前主要應用在防救災應變過程中外，將針對不同流域QPESUMS資料的品質與可靠度持續提供相關驗證資訊說明外，也將朝向水文分析作業流程上持續推

動。讓水利工程師可以使用到更完整的降雨資訊內容。使水文分析過程中對於降雨空間與時間變化有更進一步的探討與應用。同時也希望藉由平台供應與分析資料的成果，讓氣象單位可以了解目前水利單位對於氣象產品的應用與期望。

五、誌謝

本研究感謝經濟部水利署計畫『雷達觀測資料及多水文模式於水文氣象觀測整合平台之加值應用(2/2)』在經費上的補助。同時感謝中央氣象局衛星中心同仁在資料與技術的支援與協助。

六、參考文獻

Li-Pen Wang, Ochoa-Rodríguez, S., Simões, N. E., Onof, C., and Maksimovic, C. (2013). "Radar-raingauge data combination techniques: a revision and analysis of their suitability for urban hydrology." *Water Science & Technology*, 68(4), 737–747.

Micha Werner, Marc Van Dijk, and Jaap Schellekens. (2004). "Delft-fews: an open shell flood forecasting system." *Hydroinformatics*, World Scientific Publishing Company, 1205–1212.

NOAA. (2007). *Recommendation on the use of Delft-FEWS for Community Hydrologic Prediction System (CHPS)*. National Oceanic and Atmospheric Administration National Weather Service, Silver Spring, Maryland.

Werner, M., Schellekens, J., Gijsbers, P., Van Dijk, M., Van den Akker, O., and Heynert, K. (2013). "The Delft-FEWS flow forecasting system." *Environmental Modelling & Software*, 40, 65–77.

國立臺北科技大學. (2013). 雷達觀測資料及流域多水文模式於水文氣象觀測整合平台之建置與應用(2/2). 經濟部水利署.

國立臺北科技大學. (2014). 雷達觀測資料及多水文模式於水文氣象觀測整合平台之加值應用(1/2). 經濟部水利署.