

即時雨量觀測應用於淹水預警系統之研究

Flood Warning System with Applying Real Time Observed Rainfall

許銘熙
台大生物環境系統工程學系教授
防災國家型科技計畫辦公室
防洪研究群召集人

鄧慰先
防災國家型科技計畫辦公室
博士後研究

黃成甲
防災國家型科技計畫辦公室
研究助理

連宛渝
防災國家型科技計畫辦公室
研究助理

摘要

本文之主要目的在應用即時降雨觀測資料於淹水預警工作，針對水災防救實務上之需要，建立適當之關聯機制與操作介面，以適時提供水災相關資訊，進行防救災作業。本文整合中央氣象局即時降雨觀測資料、濟部水利署水情查報訊系統、以及國科會開發之淹水潛勢相關研究成果，說明應用之邏輯與方法，並配合中央災害應變中心之運作，提供各級應變小組淹水預警資訊，有效強化執行水災相關應變作業之能力。

本文詳細說明如何引用中央氣象局之降雨觀測資訊，以及整合應用現有淹水潛勢相關研究成果之關聯機制。並介紹本文建立之防災水文資訊展示系統，此防災水情資訊展示系統可在最短時間內提供最新且可靠之洪水與淹水動態資訊。本文研發之防災水文資訊展示系統乃以即時連線方式，串接降雨觀測資訊與淹水預警資訊於一整合之操作介面，以作為水災防救相關單位，研擬颱洪災害減輕對策及救災作業決策之參考依據。

一、前言

台灣各流域即時觀測降雨資訊能順利完成彙整蒐集，是淹水預警作業能否成功的關鍵。若沒有即時降雨資訊的提供，則將無法對可能淹水區域進行正確之研判，以降低淹水災害損失。目前國內對於流域集水區設有降雨監測系統之單位，計有經濟部水利署、中央氣象局、農委會、台灣電力公司及各縣市政府等，分別因其水災防救業務需求或特別目的而監控轄屬區域之降雨狀況，所以各單位所觀測之降雨資訊常不一致，例如觀測儀器、監控區域、觀測時間尺度及觀測資料格式等。圖 1 為降雨資訊與水災防救系統之架構圖，圖中顯示若能將上述各單位之降雨監測系統資訊整合在一起，則能強化各層級防救災單位之水災緊急應變能力。

本文之主要目的在應用即時降雨觀測資料於淹水預警工作，針對水災防救實務上之需要，建立適當之關聯機制與操作介面，以適時提供水災相關資訊，進行防救災作業。本文整合中央氣象局即時降雨觀測資料、濟部水利署水情查報訊系統、以及國科會開發之淹水潛勢相關研究成果，說明應用之邏輯與方法，並配合中央災害應變中心之運作，提供各級應變小組淹水預警資訊，有效強化執行水災相關應變作業之能力。

二、降雨資訊整合及資料庫建置

中央氣象局近年來已致力於各單位降雨監測系統之整合工作，並對各層級防救災單位於整點時刻提供「點對點氣象防災資訊服務」系統，但此服務系統目前觀測時段最短資訊僅提供小時資料，對於氣候環境變遷改變降雨趨勢日益嚴重而言，已逐漸不符合水災預警功能需求，因此中央氣象局在水災防救災工作需求之下，將降雨資訊從整點縮短至 10 分鐘提供一筆資料，提供資料包含各雨量站過去 1、3、6 小時之累積雨量，目前已將全台雨量觀測站共有 386 個，並建置降雨資料查詢系統，其中包含氣象局所屬傳統氣象站 25 個、自動氣象站 105 個、雨量站 256 個（其中包含：石門水庫 9 個、水利局 8 個、翡翠水庫 6 個、曾文水庫 8 個）詳如表 1，雨量觀測站分佈圖如圖 2 所示。另 921 地震災區新近增設之 37 個雨量站現正連線測試中；台北市政府養工處 27 個雨量站現與氣象局連線，然尚未註冊取得站碼，若完成測試或註冊手續，則全省即共有 441 個雨量觀測站。

透過網路連線傳輸蒐集各項即時觀測記錄，包括中央氣象局實測降雨資料、經濟部水利署之實測水位資料、各河川沿岸抽水站與閘門操作資訊等，整合輸入水文資訊資料庫中，再經由系統整合展示界面輸

出，提供中央防救災委員會經由 Intranet 內部網路連線方式，或其他相關水利、防災單位經由 Internet 網際網路方式，進行即時資訊查詢。資訊傳輸網絡涵括中央氣象局、經濟部水利署、中央防救災委員會及防災國家型科技計畫辦公室系統等單位。

三、降雨資料分析及應用

水利工程單位常需要利用降雨量觀測資料來進行不同重現期不同降雨延時之雨量頻率分析，以作為流域防洪工程規劃設計或治理方案檢討之參考依據。透過中央氣象局所提供各流域 10 分鐘即時降雨觀測資料，經與經濟部水利署公佈之各雨量站頻率分析資料查對，可得知目前流域累積雨量接近於多少重現期之降雨量，當累積雨量接近於河川防洪設施保護標準時（如基隆河汐止上游集水區防洪工程設計標準為 10 年重現期降雨量），防救災應變指揮中心可即時通知防救災人員採取適當之緊急應變措施。

四、淹水潛勢資料

為減輕台灣地區颱風豪雨所造成之淹水災害，須了解及掌握在何種颱風暴雨強度下，台灣地區之可能淹水區域及淹水深度，進而評估水災所造成之損失及危險程度，經由電腦進行颱風境況模擬分析，作為災害防範對策、災害應變措施及救災作業之根據，以先進科學技術充分掌握防災資訊並使其落實於防災體系，期能減輕災害之有形與無形損失。

防災國家型科技計畫辦公室防洪研究群已完成台灣地區淹水潛勢圖之分析與製作。淹水潛勢資料經防災國家型科技計畫辦公室邀請學者專家、水利主管機關及地方政府代表辦理之初審及行政院災害防救專家諮詢委員會之複審程序，並於 90 年 6 月 20 日送交行政院中央災害防救會報備查，目前目前台灣本島 22 縣市淹水潛勢資料已完成公開相關作業，圖 3 為台北市於一日降雨量 600 公厘條件下之淹水潛勢圖。

五、淹水預警作業應用即時降雨觀測資料之關聯機制

當流域淹水潛勢模擬分析完成，並建置成淹水災害資料庫以供查詢，因此進一步介紹如何利用即時降雨資訊查詢相對應之淹水潛勢圖，其兩者間之關聯機制分述如下：

- (一) 首先對淹水潛勢模擬分析時所使用之降雨資料進行統計分析，定義 $N_{D,T}$ 為在總降雨量 T 下不同降雨延時 D 之累積降雨量，其中：
 D ：降雨延時（ $D=1、2、3、4$ ，小時）

T ：總降雨量（ $T=150、300、450、600$ ，公厘）
圖 4 為台北市一日降雨 150 公厘之降雨組體圖，由圖可看出總降雨量 T ，降雨延時 D 及累積降雨量 $N_{D,T}$ 的相對關係。而由已知降雨量與雨型分析成果可得 $N_{D,T}$ ，以表 2 為例，當總雨量 150 公厘，延時為 3 小時， $N_{3,150}=49.93$ 公厘。

- (二) 由中央氣象局之即時傳輸雨量記錄，可以得到流域內各雨量站之過去 1、2、3、4 小時最新累積雨量，再配合徐昇氏面積加權值法，則可得到流域各分區之過去 1、2、3、4 小時平均降雨量，以台北市為例，雨量站徐昇氏控制分區如圖 5 所示。由觀測資料得到四種延時累積降雨量為 O_D （單位：公厘），如 $O_3=90$ 公厘表示過去 3 小時累積降雨量為 90 公厘。
- (三) 由中央氣象局獲得四種延時累積降雨量 O_D 值後，先將降雨實測值正規化，求出 4 種不同降雨延時之正規化降雨實測值 P_D ， P_D 計算如下式：

$$P_D = \frac{O_D}{N_{D,150}}$$

依前例得

$$P_3 = \frac{O_3}{N_{3,150}} = \frac{90}{49.93} = 1.8$$

- (四) 接著定義各種降雨延時之潛勢圖選用權重參數 W_D 及淹水潛勢圖選用值 IP^*
$$IP^* = \sum_{D=1}^4 P_D \times W_D$$

 IP^* 以無條件消去法取整數得淹水潛勢圖選用指標 IP ，若 $IP > 4$ 則為 4。
- (五) 在獲得淹水潛勢圖選用指標 IP 後，即可判定選用淹水潛勢圖總降雨量為 150 公厘乘以 IP ，以 $IP=2$ 為例，則應選用總降雨量 300 公厘之淹水潛勢圖。

六、水文資訊展示系統

本文在經濟部水利署的計畫補助下，目前初步整合氣象、水文及地文等資訊，包括各雨量站即時雨量、水文站流量、抽水站及閘門操作情形等，搭配淹水潛勢模擬結果建置水文資訊展示系統，於汛期來臨時，提供防救災指揮中心各項水文、水情及淹水潛勢等各項資料，以達到救災及減災之目的。其主要功能為接收、處理即時觀測資料，並結合已建置之相關資料庫，進行一整體性之展示。

(一) 系統說明

水文資訊展示系統所使用之資料庫細部內容如圖 6 所示，進行資訊展示時，直接連結水文資訊資料庫，根據展示內容與紀錄資料間之相關性，整合並擷取資料展示所需之資料進而產生圖層，並進行套疊分析。

(二) 展示界面

在展示系統的界面設計上，應用 Microsoft 公司之 Visual Basic 程式，配合 ERSI 公司之 Map Object 模組，初步建立水文資訊展示系統，期能於颱風期間，能更準確掌握各項資料，並提供可能洪氾區域及範圍，以即時提供政府決策機關進行相關防災、緊急應變措施及防洪疏散之參考。

圖 7 為進入展示系統後之主要展示界面，在展示內容部份，目前規劃有 1、3、6、24 及 72 小時累積雨量及降雨量前一百大雨量站之即時資訊展示、可分別由流域來查詢降雨分布情形，並可直接查詢雨量站之降雨組體圖及流域之淹水潛勢圖。

淹水潛勢圖則根據所建立之關聯機制，以目前的實測雨量資料查詢得到之可能淹水範圍，可搭配建物、道路及鄰近避難場所等地理資料庫圖層進行套疊，提供淹水預警及應變之決策參考。

(三) 應用實例

在水文資訊展示系統的設計上，目前已初步建立全台雨量站之實測雨量展示功能，圖 8 為全台 24 小時累積雨量展示圖，由圖上可看出目前降雨集中在淡水河、後龍溪及烏溪流域，圖 9 為全台 24 小時降雨量前一百大的雨量站展示畫面，可了解目前全台降雨量最大的雨量站分布情形。由流域分區選項點選流域名稱，則可將展示圖放大至該流域，圖 10 為淡水河流域之 24 小時累積雨量展示圖，在左方選擇區中雨量組體圖選項中，點選大尖山雨量站後，可得到大尖山雨量站 24 小時降雨組體圖，如圖 11 所示，由組體圖便可知大尖山雨量站之前 24 小時的降雨情形，深藍色代表小時降雨超過假設警戒值 30mm/hr，並可看出前 24 小時累積降雨歷線，點選淹水潛勢圖 icon 後，模式可依實際雨量挑選出淹水潛勢圖，圖 12 為淡水河流域之淹水潛勢圖，圖 13 為放大至台北市之淹水潛勢圖，由淹水潛勢圖上可看出台北市的淹水情形，台北市政府可依此研擬相關防災、緊急應變措施及防洪疏散之對策。

七、未來發展方向

- (一) 目前中央氣象局已將每十分鐘一筆雨量資料，即時已網際網路傳至中央災害應變中心，對於基層災害防救單位如各地區河川局、縣市政府、甚至鄉鎮公所，如何有效獲得降雨即時監測資訊與作合理的判讀，仍有需要作充分之溝通，與進行淹水預警系統應用即時降雨觀測資料相關防災教育訓練，以提升水災防救與預警效率。
- (二) 降雨資料之整合工作與資料庫之建立，未來應依據中央氣象局相關規定與參考經濟部水利署「水文資訊流通作業規範」，針對淹水預警系統之需求，結合現有水文資料庫內容及系統，完成與中央氣象局與經濟部水利署現有資料庫系統與資訊環境整合方式之評估。
- (三) 本文初步完成之防災水情資訊比對展示系統，此防災水情資訊展示系統可在最短時間內提供最新且可靠之洪水與淹水動態資訊，故本系統應將分散在各處之預報與即時監測等資料，以即時連線方式串接在一整合之操作介面，作為經濟部水利處與所屬各河川局之水災應變小組，研擬颱風災害減輕對策及救災作業決策之參考依據。

參考文獻

- (一) 台灣省政府台北地區防洪計畫工程執行中心，“台北地區防洪計畫”，台灣省水利處，台中市，民國 85 年 8 月。
- (二) M. H. Hsu, S. H. Chen, T. J. Chang, 2002.3, Dynamic Inundation Simulation of Storm Water Interaction between Sewer System and Overland Flows, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 25, No. 2, 171-177.
- (三) M. H. Li, M. H. Hsu, L. S. Hsieh and W. S. Teng, 2002, Inundation Potentials Analysis for Tsao-Ling Landslide Lake Formed by Chi-Chi Earthquake in Taiwan, Natural Hazards, Vol. 25, 289-303.

表 1 台灣地區各縣市氣象站及雨量站統計分析表

縣市	傳統氣象站	氣象站	雨量站	總站數
基隆市	2	0	1	3
台北縣	1	20	19	40
台北市	3	9	5	17
桃園縣、市	0	1	14	15
新竹縣、市	1	2	12	15
苗栗縣	0	6	15	21
南投縣	1	7	29	37
台中縣、市	2	2	12	16
彰化縣、市	0	3	7	10
雲林縣	0	5	8	13
嘉義縣、市	3	2	21	26
台南縣、市	1	7	22	30
高雄縣	0	4	29	33
高雄市	1	0	1	2
屏東縣、市	1	12	20	33
宜蘭縣、市	2	5	15	22
花蓮縣、市	1	11	20	32
台東縣、市	4	9	6	19
澎湖縣、市	2	0	0	2
小計	25	105	256	386

表 2 台北市各延時之最大累積雨量(單位：公厘)

設計降雨量 延時	設計降雨量			
	150	300	450	600
1 小時	23.25	46.51	69.76	93.01
2 小時	37.85	75.71	113.56	151.41
3 小時	49.93	99.86	149.79	199.72
4 小時	57.42	114.83	172.25	229.66

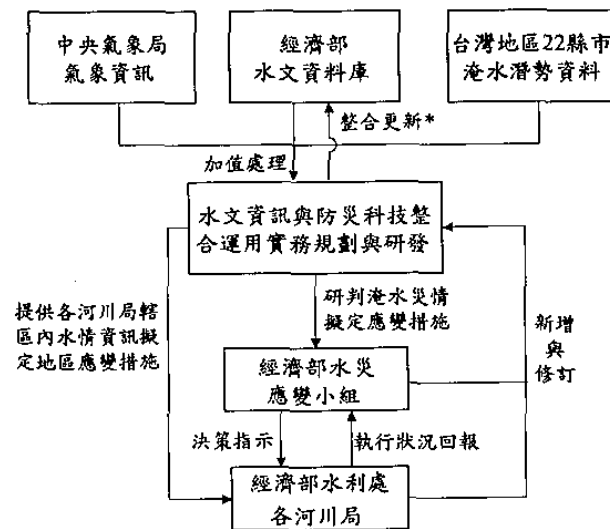


圖 1 降雨資訊與防災科技整合運用之研究系統架構

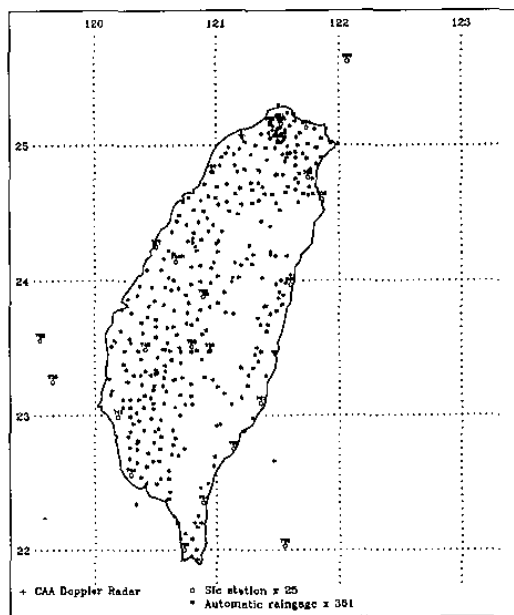


圖 2 台灣地區雨量觀測站分佈圖

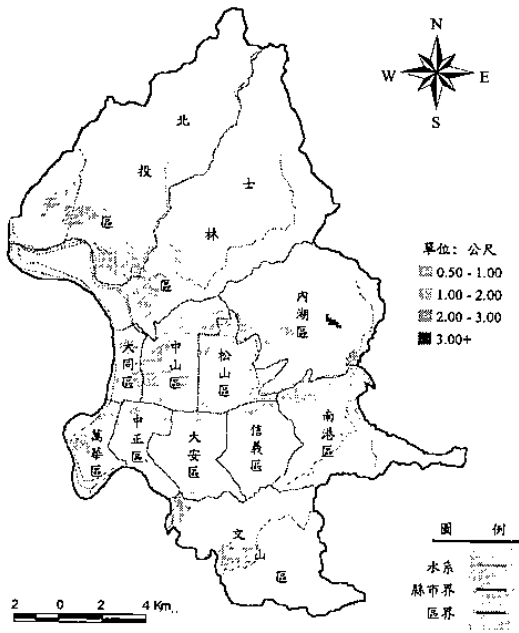


圖 3 台北市淹水潛勢圖(600 公厘/日)

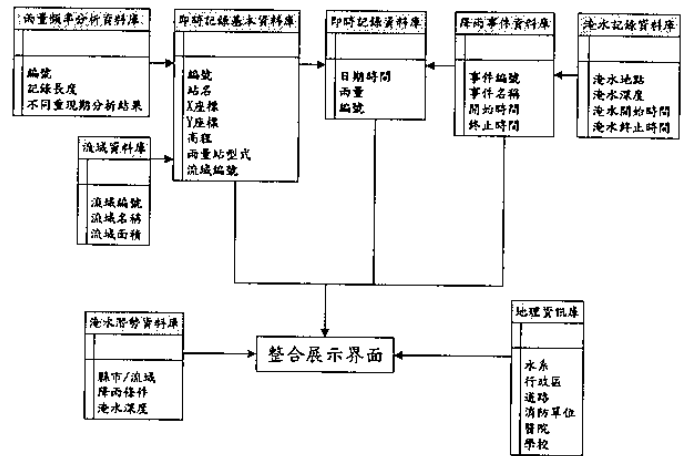


圖 6 水文資訊展示系統資料庫內容

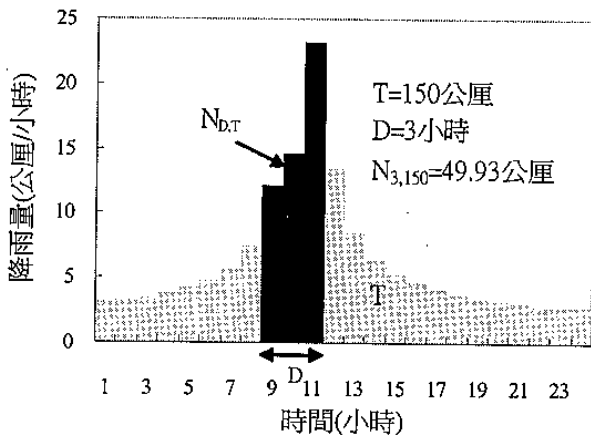


圖 4 台北市降雨組體圖(一日降雨量 150 公厘)

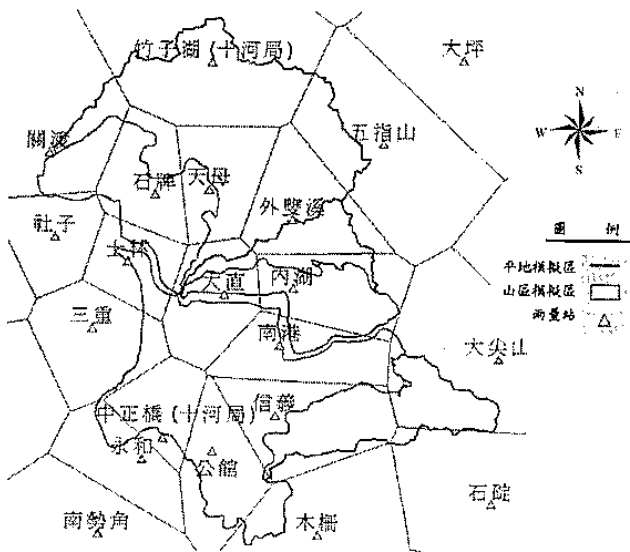


圖 5 台北市雨量站徐昇氏分區圖

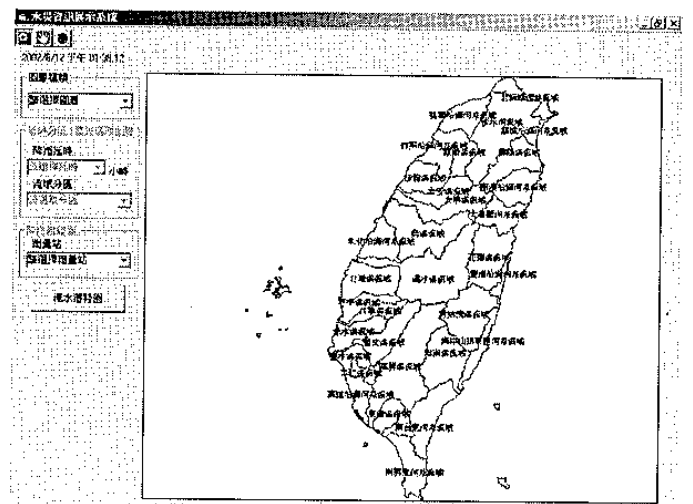


圖 7 水文資訊展示系統界面

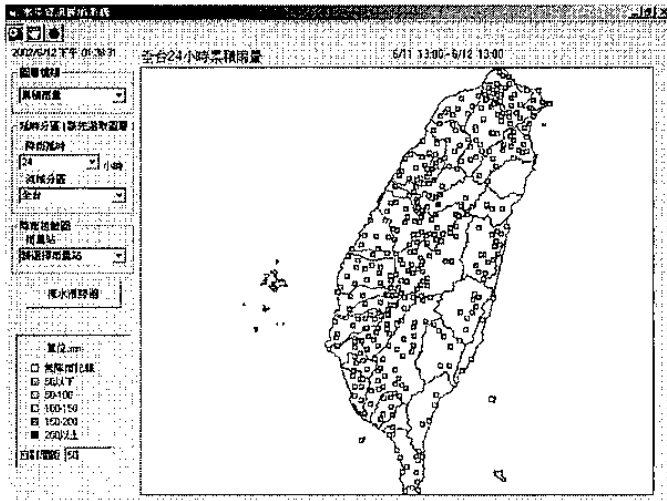


圖 8 全台 24 小時累積雨量展示圖

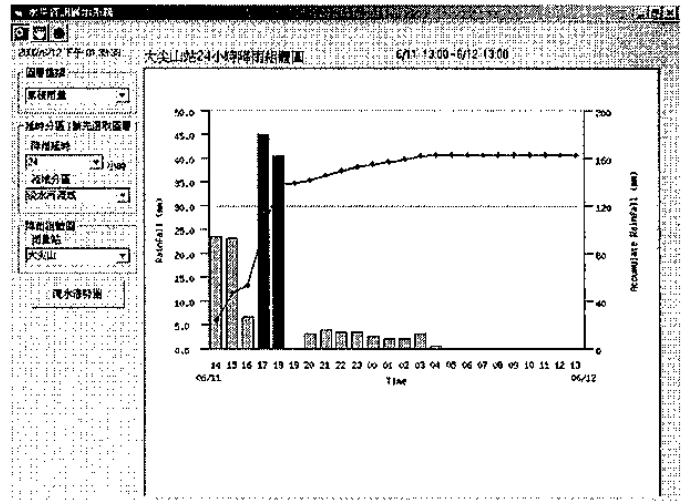


圖 11 大尖山雨量站 24 小時降雨組體圖

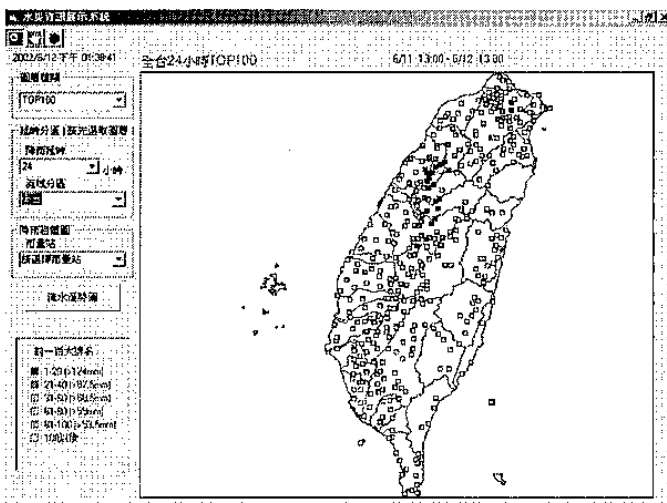


圖 9 全台 24 小時前一百大累積雨量展示圖

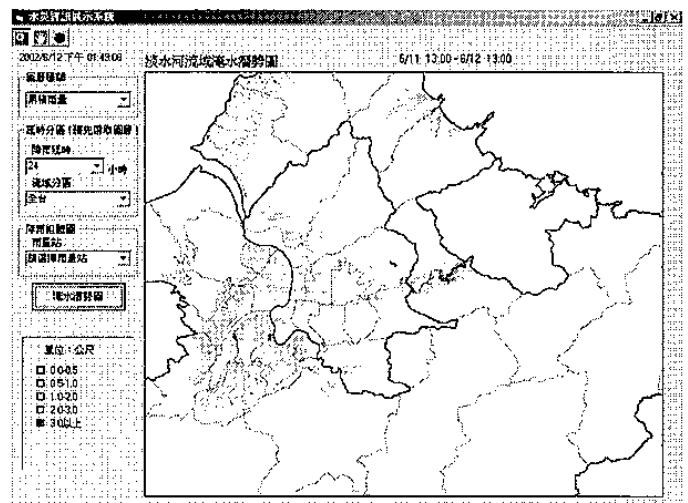


圖 12 淡水河流域淹水潛勢圖

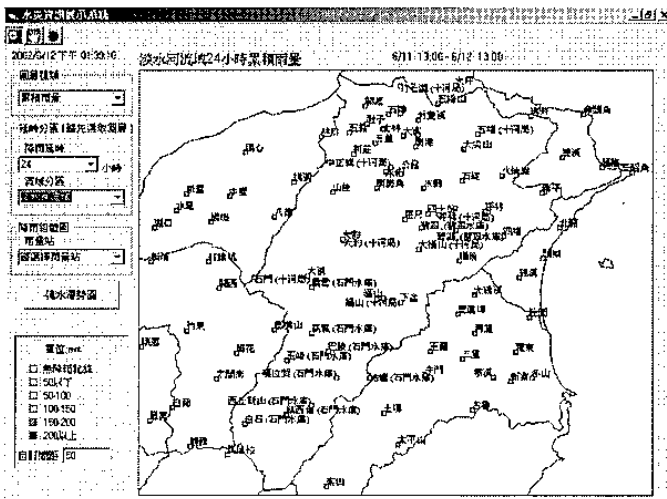


圖 10 淡水河流域 24 小時累積雨量展示圖

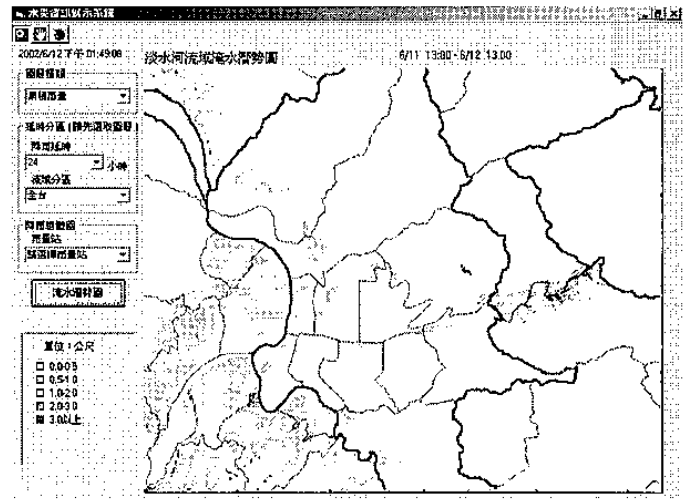


圖 13 台北市淹水潛勢圖