

監視系統應用於都市區域水情及災情評估之研究(2/2)

Research of urban area floods by using monitoring system(2/2)

主管單位：經濟部水利署

黃詠暉²

杜維昌¹

張進鑫³

陳泰賓²

Huang, Yung-Huang² Du, Wei-Chang¹ Jang, Jin-Shin³ Chen, Tai-Been²

¹義守大學資訊工程學系

²義守大學醫學影像暨放射科學系

³社團法人台灣省水利技師公會

摘要

本計畫利用交通、警政單位在路口或主要道路之監視器、防災社區設有即時監視錄影器同時能以其自有網路(ADSL)設備傳輸至監測系統，由自動化淹水監視系統，即時接收遠端影像資料，篩選合適影像，藉由影像分析技術暨處理方法，進行淹水辨識，判斷是否發生積淹水與淹水深度，並將初始積淹水情況即時傳送資料至GIS監測網站並能主動發送簡訊及通報單，供相關防救災人員判斷及使用之參考。

對於利用都市CCTV影像進行自動化淹水監控與導覽技術之測試，目前已完成16站實際測試，每站至少1700張影像，判斷準確率約為 $89.8\pm 18.9\%$ 。完成水深警戒燈號測試、即時影像及歷程測試及歷史影像及歷程查詢測試。未來將本計畫所開發之技術推廣或應用於防災相關事務。

關鍵詞：自動化淹水監控與導覽系統、CCTV、GIS

Abstract

The automatic monitoring and navigated system of urban flooding by CCTV images (AFIS) was developed for early alert and informing to governor. The receiving images were come from CCTV which was built by traffic affiliations or police agency via ADSL connection. AFIS is a real-time and on-line system to monitor and navigate for urban flooding by CCTV images. AFIS had successfully combined techniques of image processing, geography information system (GIS), short message system, database, structured query language, and quantitative analysis of image for CCTV. The water levels were sent via mobile devices to people by SMS. The historical flooding images and water levels could be navigated by WebPages with GIS.

AFIS had been tested by 16 CCTV sites. At least 1700 images were collected for each CCTV sites. The accuracy of estimated water depth for tested image is about $89.8\pm 18.9\%$. The alert of color changing, real-time navigation of CCTV images, on-line monitoring the images and water level, and sending short messages and informing reports

were tested successfully. This developed approach will be applied to provide related information of CCTV images for the field of water flooding.

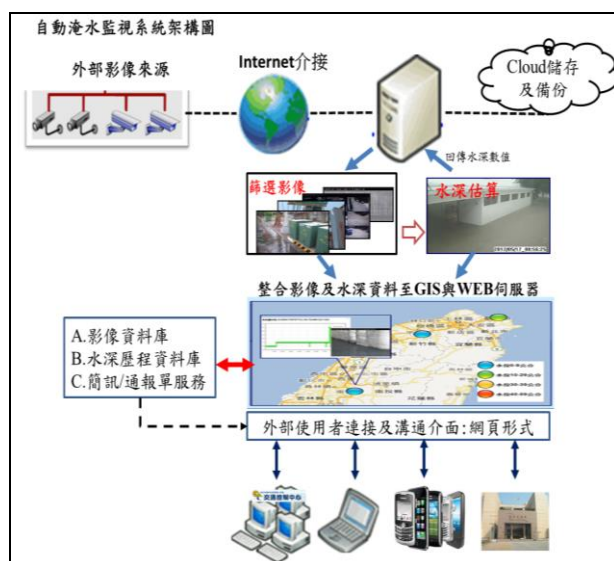
Keywords : AFIS, CCTV, GIS.

一、前言

隨著氣候變遷、降雨型態改變，其中短延時、強降雨的降雨型態可能造成都市地區短時間內無法排除多餘雨量，而造成區域排洪不及而淹水，如99年凡那比颱風在高雄地區、梅姬颱風在宜蘭地區均造成嚴重淹水災情。當低窪地區淹水威脅到人民生命安全時，所需動員疏散、撤離之人物力，將使救災作業更為困難，故提早預警作業系統實為重要。本計畫目的係利用交通、警政單位在路口或主要道路之監視器、防災社區設有即時監視錄影器同時能以其自有網路設備傳輸至監測系統，由自動化淹水監視系統，即時接收遠端影像資料，藉由影像分析技術暨處理方法，進行淹水辨識，判斷是否發生積淹水與淹水深度，並將初始積淹水情況即時傳送資料至GIS監測網站並能主動發送簡訊及通報單，供相關防救災人員判斷及使用之參考。

二、研究區域影像之接收暨方式

本計畫研究區域定義為防災社區。於研究區域內協調收集交通、警政、防災社區、超商、及加油站或其他設有相關監視器影像之單位，能利用該單位現有之網路設備傳輸影像至固定網址或雲端資料庫，再由自動化淹水監視系統透過資料庫下載當前影像進行水深分析。同時利用影像特徵包含有平均值、標準差、熵值、飽和度、與訊雜比等五種條件，進行影像畫面分類及篩選出適合做為水深或淹水深度判釋之監視影像。於影像判識時，利用具有明顯標的物(如:白色牆面、柱子)的監視站所接收之影像，透過影像像素值與實際比例尺換算，得到該張影像之影像比例尺，做為淹水水深高度估算，其影像比例尺單位為公分/像素(cm/pixel)。影像比例尺換算方式如下：(1)利用影像上可辨識之標的物，如白色牆面、電信箱、電線杆等，進行影像比例尺換算；(2)對於無固定且明顯標尺之影像，進行現勘標訂影像畫素與實際尺寸之比例換算。最後規劃與建置具有時序檢索功能之基本影像資料庫，圖一為自動化淹水監視系統架構圖。



圖一、自動化淹水監視系統架構圖

2.1 影像篩選方法

在開始判定影像水深前，應確保監視系統之影像品質，因為監視器所錄製之影像品質好壞往往直接影響分析的結果。本系統整理 14 種常見的監視影像不正常情形（表 2-2-1），包括完全沒有影像資料、隱約可見的形體，但模糊不清、攝影機裝了一段時間後變模糊、顏色錯亂、白色或黑色的波紋影像、色彩飽和度不均勻、畫面出現多條黑色橫線、黑白、上下跳動、曝光、產生水波紋、產生斜紋、及產生雜訊等。因此針對現有影像進行分析有其必要性，故找出適合分析之影像參數[20-23]，包括影像解析度、影像對比度、影像灰階梯度變化和影像飽和度等，用以篩選可分析影像，作為後續開發之依據。

表一、各類無法分析影像整理

項次	不正常情形
1	完全無影像
2	隱約可見形體，但模糊不清
3	攝影機裝上一陣子後變模糊
4	顏色錯亂
5	白色或黑色波紋
6	色彩飽和度不均
7	畫面出現多條黑色橫線
9	畫面曝光畫面產生水波紋
10	畫面產生斜紋
11	產生雜訊紋
12	呈現黑白畫面，且面中出現粗橫條
13	光線集中在中間
14	光線亮暗不平均畫面偏暗且多雜點

由於各單位提供之 CCTV 監視器，其架設方式、位置、數位或類比機型、是否有夜視功能及輸出影像解析度不盡相同，所以必須透過篩選，才能進行分析，此篩選方法主要於影像中萃取五種特徵值，包含熵（Entropy）、飽和度（Saturation）、灰階平均值（Mean）、標準差（Standard Deviation, SD）及訊噪比（Signal to Noise Ratio, SNR）等。在影像篩選上一開始採用 k-means 分類方法由於準確率稍低，固採用 logistic 分類器做分類，篩選影像演算法如圖二。



圖二、篩選監視器影像流程圖

2.3 影像比例尺定義與定義估算準確度

對於適合判釋影像 CCTV 監視站提供之影像，進行比例尺換算，水深單位為公分/像素(cm/pixel)。影像比例尺換算方式如下：(1)利用影像上可辨識之標的物，如電信箱、電線杆等，進行影像比例尺換算[24]；(2)對於無固定且明顯標的物之影像，進行現勘標訂影像畫素與實際尺寸之比例換算。以車城國小影像(圖三)為例，已知窗戶與地板相距 130 公分，影像分析時以 pixel 為單位，可得窗戶下緣座標為(X:165,Y:85)，另於同一垂直高度之地板位置，可得座標(X:165,Y:148)，因此可得知兩點相差 63 個 pixel，且已知高度 130 公分，則可計算出一個像素代表高度為 2.06 公分。



圖三、影像比例尺定義與估算示意圖

針對選定之測站 CCTV 影像，進行影像水深估算準確度(P_a)之定義如公式(1)。

$$P_a = P(W < 5 | \text{No Flooding}) = \frac{m}{N} \quad (1)$$

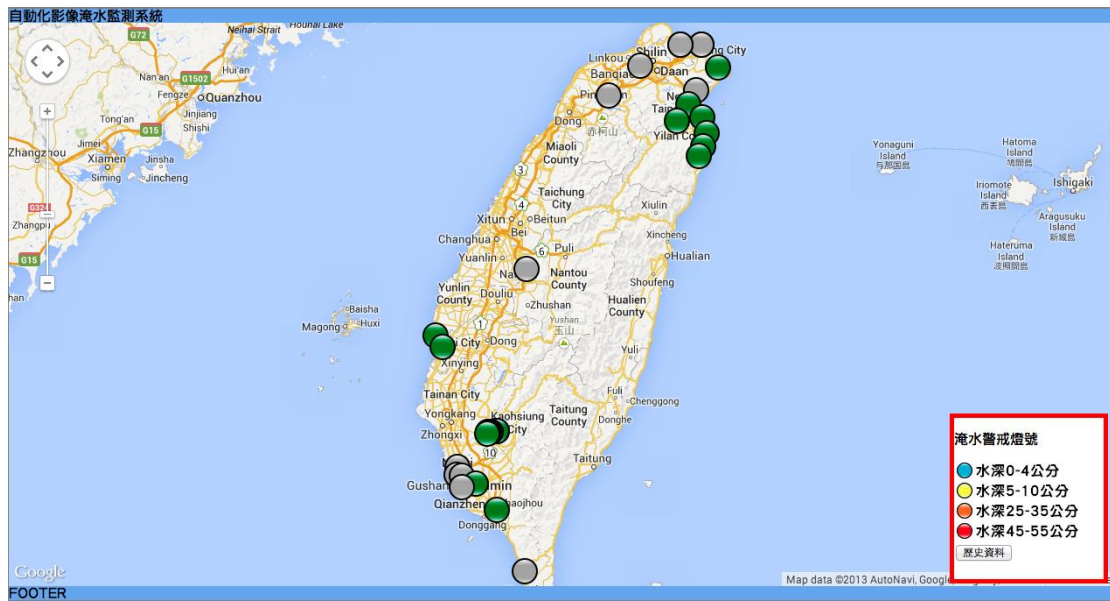
其中 W 代表影像水深估算， $P(W < 5)$ 表示在沒有淹水條件下，當估計水深小於 5 公分即代表估計正確； N 代表所有受測影像張數； m 代表估計水深小於 5 公分之總影像張數。

三、自動化淹水監視系統與地理資訊系統結合

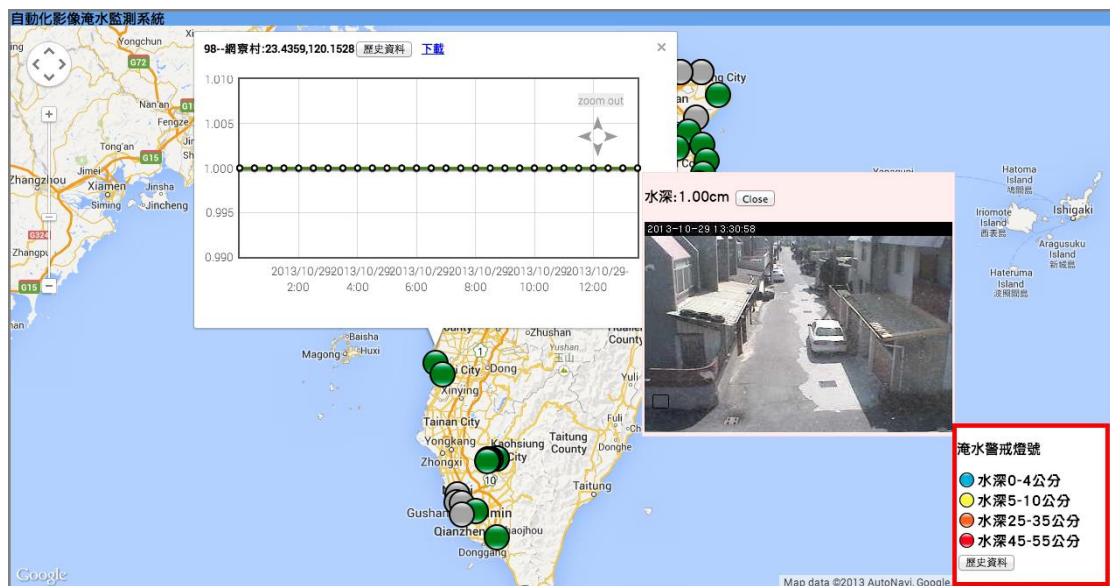
本計畫將系統估算之水深深度，透過地理資訊系統呈現並結合自動發送簡訊及通報單功能進行防災相關作業。自動發送簡訊與通報單設計有兩種模式，分別為管理者和一般使用者，並以不同網址區別所檢視之簡訊及電子郵件內容，且每次分析結果皆會紀錄於系統資料庫中，且透過定時自動更新圖片及水深歷程圖，獲得即時分析結果與影像資料。

另外，本系統之監控網畫面如下圖四，主要結合 Google Map 顯示各個測站地理位置，並配上燈號做為警示，當使用者點擊地圖上的警示燈號時，將彈出水深歷程

圖，而點擊歷程圖上任一點，則會顯示該時間點的影像畫面(如圖五)，同時，該監控網亦提供歷史查詢功能，紀錄各測站之水深歷程。



圖四、監視系統與地理資訊系統結合網頁



圖五、顯示水深歷程圖及各分析點之影像

四、自動化淹水監視系統應用

利用已取得影像包含有車城國小、羌園村、員山子分洪兩處、石門水庫、永安抽水站、牛稠溪旁等，進行應用測試與檢討；同時，測試過程為避免單一 ROI(region of interest)受遮蔽物干擾，採用雙 ROI 進行水深估測。

4.1 利用已取得影像進行應用測試與檢討

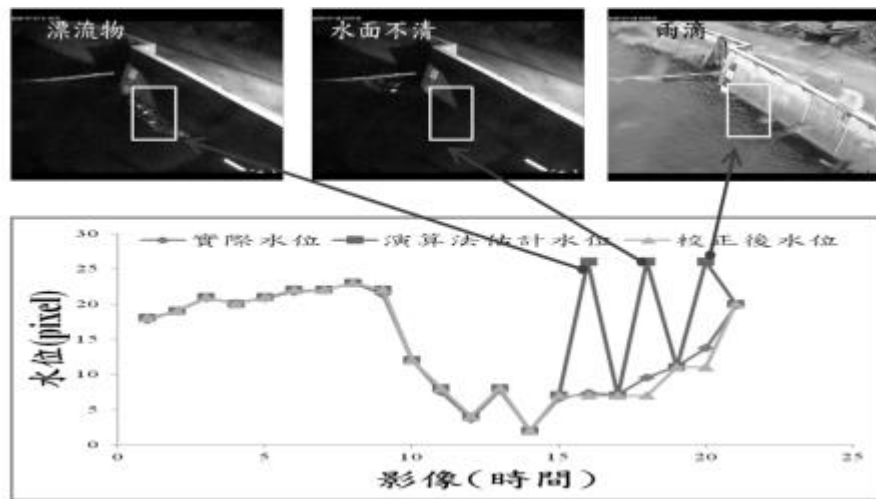
本測試內容包含有車城國小、羌園村、員山子分洪兩處、石門水庫、永安抽水站、及牛稠溪旁等七站。經多次測試，所開發出之演算法對於單純背景能順利進行判斷，且該演算法能成功算出淹水深度變化。測試時將上述七個測站分成兩群資料，根據測試影像比例尺2.2~4.6 cm/pixel，其測試誤差小於1cm的平均準確度約為37%，測試誤差小於2cm的平均準確度約為65%，測試誤差小於3cm的平均準確度約為87%。再者，根據測試影像比例尺0.6~4.4 cm/pixel，測試誤差小於10cm的平均準確度約為56%，測試誤差小於20 cm的平均準確度約為73%，測試誤差小於30cm的平均準確度約為76%(如表二)。

表二、七站測站結果整理

地點	影像解析度	影像比例尺 ROI1/ROI2 (cm/pixel)	平均誤差小於 1、2、3 公分之準確率			平均誤差小於 1、2、3 公分之 標準誤差準確率		
			<1cm	<2cm	<3cm			
車城國小	320×240	2.2/2.4	0.4	0.8	1	0.17	0.1	0.12
羌園村	704×480	3.8/4.1	0.2	0.6	0.9			
員山子分洪	640×480	3.5/3.0	0.6	0.6	0.7			
國網員山子分洪	352×240	4.6/4.1	0.3	0.6	0.9			
			平均誤差小於 10、 30、50 公分之準確率			平均誤差小於 10、30、50 公分 之標準誤差準確率		
國網石門水庫	352×240	0.6/0.6	0.5	0.9	0.9	0.3	0.28	0.23
牛稠溪旁	640×480	4.1/3.9	0.3	0.4	0.5			
永安抽水站	640×480	2.4/2.5	0.9	0.9	0.9			

4.2 多個可辨識之參考標的設計

為了避免單一ROI發生遮蔽或是估測錯誤的情形發生，且一張影像內可以用來辨識的ROI也可能不只一個，因此採取多個ROI來避免此問題的發生。主要的方法是各個ROI先分別做水深偵測以及水深校正後，當水深被校正過大時，就設定為不可信，當有多個可信任的水深時，取其中空間比例尺單位最小的水深為最後的輸出水深，這是因為離鏡頭最近且與實際水深高度的誤差值為最小。



圖六、鳳凰颱風永安抽水站監視影像及分析結果

當監視影像出現遮蔽物情形，導致水深無法估計或誤差過大時，將利用前一點之歷程水深進行誤差校正（圖六）。校正方法如下：若當前（ t ）估計水深（ W_t ）大於系統所設的閾值（ thr ），則進行影像估計水深校正，最後獲得校正水深值（ \hat{W}_t ）如（2）式：

$$\hat{W}_t = \begin{cases} W_t, & W_t < thr \\ W_{t-1}, & W_t \geq thr \end{cases} \quad (2)$$

4.3 自動化淹水監視系統之運算效能測試

對於系統之運算效能測分為接收CCTV影像極大值測試及演算法估算效能測試兩大項目，測試結果在影像接收部分，為避免因對方伺服器過載、擁塞、頻寬不足、及封包丟失等影響畫面接收，經測試後合理之影像擷取時間為每10分鐘取像一張。另外，本演算法進行單一影像分析平均花費時間為每張影像0.2秒(影像解析度為320×240)，如影像解析度增大，平均於1秒內皆可完成分析(如表三)。

表三、二種擷取影像之系統效能分析表

影像大小 (pixel)	320×240		352×240	
影像讀取 (秒)	0.00749		0.00772	
ROI 大小 (pixel ²)	41×41	49×38	22×17	34×10
水深偵測 (秒)	0.01686	0.01088	0.01142	0.00702
水深校正 (秒)	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
多個水深校正 (秒)	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
寫入資料庫 (秒)	0.01579		0.01577	
發送簡訊 (秒)	0.15347		0.15307	

五、防災社區淹水監視系統應用

本系統實際選用高雄 5 站、宜蘭 7 站及水利署 3 站進行測試與準確度評估，以下針對該三處影像站進行說明與分析結果整理(如表四)。

表四、高雄、宜蘭及水利署各測站分析結果統整

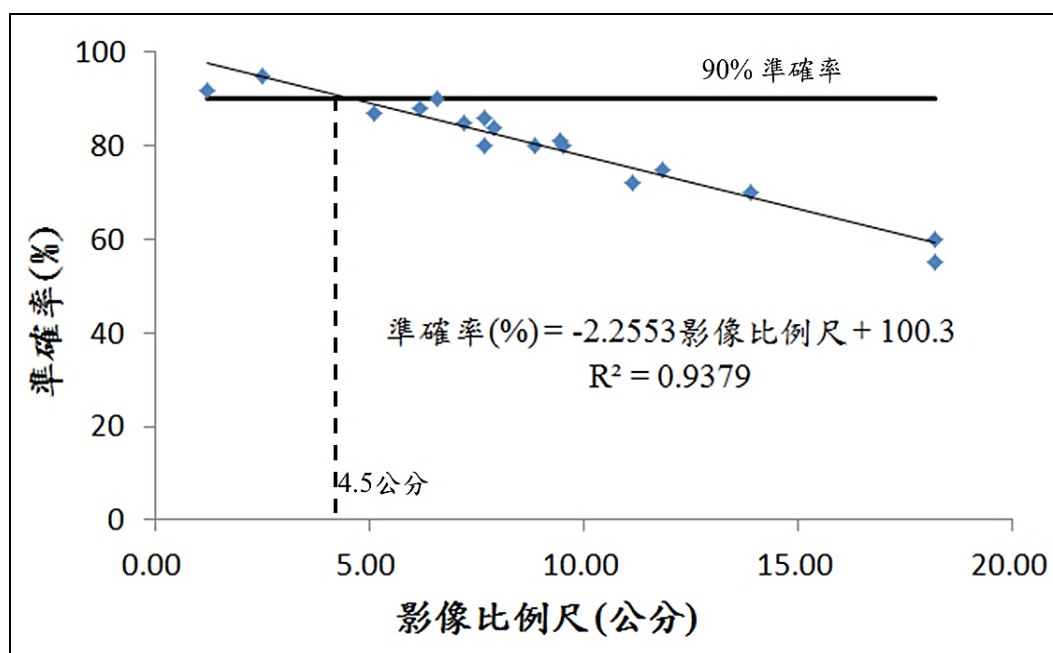
影像站	影像站個數	影像解析度 (pixel)	影像比例尺範圍 (cm/pixel)	水深估算準確率範圍 (%)
宜蘭	8	320x240	7~18	20~99
高雄	5	352x240	5~18	86~99
水利署	3	352x240	2~7	77~99

由上表得知宜蘭監視站最低為 20%，主要原因是因為該站監視站攝影鏡頭容易偏移或旋轉，造成測量位置也跟著錯位；高雄監視站最低 86%，主要是因為該監視站影像解析度不夠大，相對比例尺過大，容易造成測量值的誤差；水利署監視站最低是 77%，該監視站有著和前兩者一樣的問題。經過測試，整理出準確率偏低之幾項主要原因以及期望的解決方法，如表五所示，表格中之比例為上述 16 站之測站(高雄、宜蘭、水利署)出現鏡頭偏移、光線不足、影像解析度不足及失效(無影像、黑、白畫面)佔總分析影像數之比例。

利用上述各站監視影像所得之影像比例尺進行水深分析準確率探討。以宜蘭 8 站、高雄 5 站，及水利署 3 站，共 16 站之測試樣本，測試時間為氣象局發布颱風警報時取得之影像，透過迴歸分析得知，影像篩選應以辨識區(ROI)之影像比例尺為主，每個像素所代表之實際高度理想值為 2.5 公分，則預估準確度約 95%；利用影像比例尺與準確率(%)之迴歸方程式分析得知，當準確率 90%條件下，影像比例尺約為 4.5 公分(圖七)。

表五、誤差來源及解決之建議方式

誤差來源	測站來源	比例	建議方式
鏡頭偏移	宜蘭市(8支) 水利署(3支) 高雄市(5支)	46%	測試期間宜固定鏡頭
光線不足	宜蘭市(5支) 高雄市(2支)	26%	進行補光措施
影像解析度不足	高雄市(1支) 宜蘭市(1支)	20%	提高影像解析度至 640x480
失效(無影像、黑、白畫面)	宜蘭市(3支) 高雄市(2支)	8%	系統提供告知



圖七、影像例比尺與準確率(%)之迴歸線

六、結論與建議

6.1 結論

- 一、經由實際影像資料測試結果，CCTV 影像站應以易淹水區域具有明顯參考標的物之判釋區(ROI) 為主；再者影像解析度須達 640x480 以上，同時判釋區影像比例尺 2.5 公分/像素以下，具有較好辨識率。
- 二、根據實際測站影像接收方式建議如後；(1)直接連線至電腦影像目錄或(2)透過遠端網路介接影像等方式。
- 三、透過事先定義影像辨識區塊(Region of Interest, ROI)，每 5 分鐘接收所有影像，每 6 秒估算影像水深。發布颱風或豪大雨為啟動測試事件，預估整年影像儲存空間:每事件周期 3 天、每年 50 事件、研究區域介接 100 影像站、影像解析度為 1024x768、每 5 分鐘估算一次為條件，約需 1TB 硬碟空間。
- 四、社區應用方法，應以以縣市為單位，利用配置含網路(IP)之個人電腦，進行單位內 CCTV 影像測站分析，再將結果傳送至雲端資料庫，水利署再透過網路整合各縣市之 CCTV 影像站之情資。
- 五、淹水事件通知方式，透過簡訊發送含網址以及 E-mail 方式發送含網址與即時影像。

6.2 建議

本技術對於未來後續淹水災情之應用，包括包含：

- (1) 建立日夜間影像分析標準條件與影像判釋演算法。
- (2) 精進自動化影像水深估計演算法，提升估計準確度以及加強影像去除雜訊之能力。
- (3) 攝影鏡頭因水滴、失焦、光線不足等失效因素時，系統能主動提供警訊。
- (4) 設計淹水影像監控網站圖形化操作介面，具有即時水深數據顯示功能，協助值班人員進行即時通報及掌握各監測站淹水情資。
- (5) 規畫淹水影像雲端資料庫，具有儲存、查詢、以及共享使用之功能。
- (6) 以縣(市)為應用單位，評估單位內監視影像條件、數量及使用方式。進行單位內高解析度之路口影像實測，以利後續進行積淹水影像監控及歷史影像查詢。
- (7) 與自主防災社區及重大水災災情蒐集結合，以及其他相關計畫之橫向連結運用，發揮整體防災效能。

- (8) 本計畫產出之淹水影像監控技術，後續可透過技術轉移給保全業、CCTV 鏡頭設備商、監控開發(代理)商作為推廣應用；亦或者委由晶片業者開發本技術之商品化產品等方向，創造未來新興科技運用於防救災之方向。

參考文獻

- [1] 經濟部水利署，2003，水災災情即時影像通報及水利設施災害防救決策支援系統整合建置計畫
- [2] 經濟部水利署，2004，水情即時影像監視及其應用系統之建置
- [3] 經濟部水利署，2005，水災災害行動偵測、監測機制及即時通報系統之建立(1/2)
- [4] 經濟部水利署，2006，水災災害行動偵測、監測機制及即時通報系統之建立(2/2)
- [5] 經濟部水利署，2007，抽水機於淹水地區布置效能之評估
- [6] 經濟部水資源局，2001，淹水災害即時觀測之規劃研究—以淡水河為例
- [7] 內政部警政署，2007，台北市社區鄰里監視系統在犯罪預防上成效評估之研究
- [8] 鄭雯隆，2001，結合通訊科技構建社區聯防體系應用性之探討，東海大學企業管理所碩士論文
- [9] 國科災害防救科技中心，2011，2010-2011 澳洲水災事件探討，災害防救電子報
- [10] 國家科學委員會自然科學發展處，2011，臺灣氣候變遷科學報告
- [11] 刑事雙月刊 第 41 期 2007
- [12] ANSI/UL 268, American National Standards Institute, Underwriters Laboratories, Smoke Detectors for Fire Protective Signaling.
- [13] ANSI/FM 3260, American National Standards Institute, Radiant Energy-Sensing Fire Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling, 2004.
- [14] D. Hughes, P. Greenwood, G. Coulson, G. Blair, F. Pappenberger, P. Smith, and K. Beven, GridStix: Supporting Flood Prediction using Embedded Hardware and Next Generation Grid Middleware, International Workshop on Wireless Mobile Multimedia, 621–626, 2006.
- [15] E. Harwood, DIGITAL CCTV - A Security Professional's Guide, Butterworth-Heinemann, Elsevier Inc, 2008
- [16] EN 54, Fire Alarm System.
- [17] E. W. Forgy, Cluster analysis of multivariate data: efficiency vs interpretability of classifications. Biometrics, 768–769, 1965.

- [18] F. Pappenberger, K. Beven., N. Hunter et al., Cascading model uncertainty from medium range weather forecasts (10 days) through a rainfall-runoff model to flood inundation predictions within the European Flood Forecasting System (EFFS), published in *Hydrology and Earth System Science*, 9(4), 381-393, 2005.
- [19] J. A. Hartigan, M. A. Wong, A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics*, 100–108, 1979.
- [20] J. MacQueen, Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, eds L. M. Le Cam & J. Neyman, 281–297, 1967.
- [21] J. Sun, Dongbing Gu. Bayesian image segmentation based on an inhomogenous hidden Markov random field *Pattern Recognition*, 2004. ICPR 2004. *Proceedings of the 17th International Conference*, 596 – 599, 2004.
- [22] J. S. Lim, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 469-476, 1990.
- [23] J. Canny, A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 679-698, 1986.
- [24] J. R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, New York, John Wiley & Sons, Inc., 23-29, 1997.
- [25] NFPA 72, National Fire Protection Association, National Fire Alarm Code, 2007.
- [26] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, *Digital Image Processing Using MATLAB*, New Jersey, Prentice Hall, Chapter 11, 2003.
- [27] R. Adams, Seeded region growing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 641-647, 1994.
- [28] S. P. Lloyd, Least squares quantization in PCM. Technical Note, Bell Laboratories. Published in 1982 in *IEEE Transactions on Information Theory*, 128–137, 1982
- [29] S. C. Zhu, Region competition: Unifying snakes, region growing and bayes/MDL for multiband image segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 884-900, 1996.
- [30] S. Ghosal, Range surface characterization and segmentation using neural networks. *Pattern Recognition*, 711-727, 1995.
- [31] T. Rodden, C. Greenhalgh, D. DeRoure, A. Friday, Extending GT to Support Remote Medical Monitoring, in the proceedings of UK e-Science All Hands Meeting, Nottingham, UK, 2005.