

基於影像分析技術之自動化水位偵測警戒系統

曾建濤 羅世璋 陳倫奇 吳志泓 林芳邦

國家高速網路與計算中心

{c00how00, c00sw100, casper, jhwu, fplin}@nchc.narl.org.tw

摘要

近年來全球受極端氣候變遷的影響下，災害規模不斷擴大、災害事件也急遽攀升，因此，防災議題便顯得受到重視。傳統監視系統（Surveillance System）已逐漸導入，以期可遠端掌控災情。雖然功能不斷地更新，但是隨著災害安全事件的日趨攀升，監視系統數量不斷增加，透過人工監看方式已經趕不上災情變化速度。另一方面，傳統監視系統，在面對惡劣環境下，經常因光影變化、雨水、霧氣等影響因素，造成影像模糊或是物件資訊損毀，使得後端防災應變延誤或是誤判之可能性。

本篇論文提出使用影像分析偵測技術，運用經濟部水利署所提供全台灣主要河川的影像監測資料進行自動化水域及水位即時偵測分析。影像分析技術主要利用區域成長法（Region Growing）與直線擬合法（Line Fitting）之應用，可以有效地克服惡劣環境所造成的影像光影變化之影響。因此，利用前端影像分析技術所得之偵測結果，分別導入防災資料計算模組，並基於經濟部水利署委託國家高速網路與計算中心所發展之水情監控平台，以達到自動化即時偵測通報之成效。

關鍵詞：監視系統、影像分析、區域成長、直線擬合、防災

Abstract

In recent years, the global under the influence of extreme climate change, disaster scale expands unceasingly, disaster events are rising sharply, and therefore, disaster prevention issues appear. Traditional monitoring system function while constantly update, but with the growing number of cameras and disaster safety events, surveillance system function has not apply the use by human beings. Traditional disaster monitoring devices, while operating in a harsh environment, often influence by changes of light, rain, fog, etc. As the result, the monitor images are often blurred or damaged, which increase the possibility of error judgment or delay of hazard mitigation process.

In this paper, we propose the detection technology for image analysis in hazard mitigations, the use of the ministry of economic affairs water conservancy office provided by Taiwan main rivers automated image monitoring data of water and water

level real-time detection analysis. The image analysis technologies are mainly using two methods including: Region Growing and Line Fitting that can effectively overcome the bad environment caused by the image with the change of the light and shadow effects. Therefore, the detection results of the front-end image analysis technology, disaster prevention information calculation module, and the flood monitoring platform developed by National Center for High-performance Computing are used to achieve the automation of real time hazard detection and notification.

Keywords: Surveillance system, Image analysis, Region growing, Line fitting, Hazard mitigations

1. 前言

在 2009 年 8 月，莫拉克颱風為台灣各地帶來豪雨，尤其是中部山區阿里山氣象站測得之總雨量高達 2,748mm（連續 72 小時），並造成台灣各地受到巨大的災害[1]。然而，每年五月至十月正是台灣的梅雨季節，該期間因受到對流雲系之影響，常會引發短時間所造成的劇烈豪雨，導致部分河川或鄰近沿海的低窪地區河水氾濫，造成人民傷亡與財產損失。因此，如何在這些主要河川及具低窪災害潛勢區域導入各項前瞻技術之自動化監測系統、偵測通報系統及防災應變系統等，將傳統的人工水情監測作業進化成自動化即時監控平台，已成為近年來各界對於水情災害防治的重要發展課題之一。

經濟部水利署目前已在台灣主要河川、水庫、抽水站及中下游的低窪地區等，建置高達 400 多個影像監測站，透過人力進行 24 小時輪班監視[2]。然而，對於監控人員在面對如此巨量之監測影像，無論是資料比對、災害通報等作業，將造成人力負擔或人為判讀之主觀性誤差。目前傳統對於水情監測預報作業，大多皆以大範圍區域的分析與預報為主，但是對於地方性河川的自動化即時水位偵測與警戒回報機制仍較為缺乏[3, 4]。倘若能進行地方性河川的水情監測系統，並透過監測資料的影像分析技術，導入防災資料計算模組，使得有效提升地方區域性之河川防災應變行動。

本論文使用經濟部水利署於高雄市田寮區崇德橋河段與楠梓區典寶溪河段的監視站影像資料作為驗證，主要選其中下游低窪地區作為測試案例，透過前端的監測資料進行影像分析與物件偵測技術，分別利用區域成長法（Region Growing）來進行河川水域之範圍偵測、直線擬合法（Line

Fitting) 用於水位之高度偵測。利用該影像分析技術，可以有效地克服惡劣環境所造成的影像光影變化之影響，並精確地進行水位偵測之辨別。因此，藉由前端提出之影像分析與偵測技術，所得之水位辨別結果，導入後端防災資料計算模組，並透過國家高速網路與計算中心所發展出針對全國河川、水利設施及易淹水地區的水情影像監控系統平台作為災害警戒之決策[5, 6]，藉以提升自動化水位即時偵測通報之成效。

經由實例測試結果顯示，透過前端影像分析技術於水情監控平台，可以精確地偵測水位狀態，並有助於提升自動化預警系統之成效與降低監控人力之負擔。

2. 數位影像分析

自動化影像監測系統中，首要問題是環境光源的影響。在面對惡劣環境下，造成前端監測影像光影的劇烈變化，如果採用傳統的背景相減法 (Background Subtraction)，將無法有效地偵測前景水位之高度變化，導致後端監控系統誤判之可能性。為了進一步解決環境光源變化之監測影像，本論文將採用以下兩種影像分析處理技術，分別為區域成長法 (Region Growing) 來進行河川水域之範圍偵測、直線擬合法 (Line Fitting) 用於水位之高度偵測。

2.1 區域成長法

本節採用之區域成長法有兩個特點，第一為多點成長：可採用一個以上的起始點最為種子；第二為反向刪除種子：用以過濾背景中的自然物件如天空、白雲、建築等[7, 8]。因此，影像分割中的區域成長法可將監視影像中的水域物件分離出來，並以水域範圍作為自動監控程序的目標物件，加入可調控之預設虛擬水位警戒點，當水位擴大到警戒點時會自動計算出警戒程度值 (以百分比%呈現)，預設超過 80% 則發出報告。水域偵測流程如圖 1 所示。

河川監控影像首先經過影像前處理器轉換為灰階影像，接著以影像分割技術，將水域物件分離出來，本文所使用的分割方法為區域成長法，其處理流程如下式(1)至(4)所示。

$$\bigcup_{i=1}^n R_i = R \quad (1)$$

where R_i is a connected region, $i = 1, 2, \dots, n$

$$R_i \cap R_j = \Phi, \text{ for all } i \text{ and } j, i \neq j \quad (2)$$

$$P(R_i) = TRUE, \text{ for } i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$P(R_i \cap R_j) = FALSE, \text{ for any adjacent region } R_i \text{ and } R_j \quad (4)$$

其中 R 為整張影像總和， R_i 為各個可能的分割區

域，且各個分割區域不可與其他分割區域重疊如式(2)，當鄰近點滿足分割區預設條件則加入式(3)；反之則計算停止，如式(4)。區域成長計算流程如圖 2 所示。

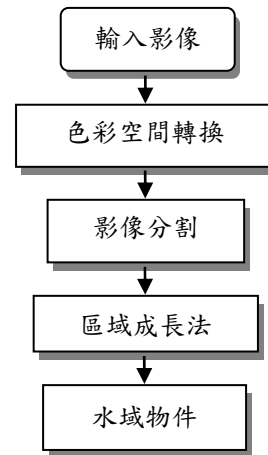


圖 1 水域物件分割之影像分析流程

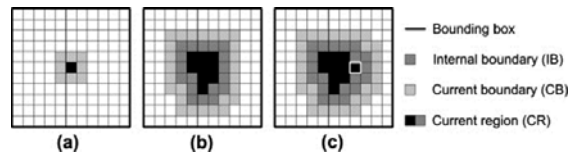


圖 2 種子起點的區域成長法[9]

圖 2 顯示 IB 為區域內部邊界，CB 為邊界，CR 為目前所成長之區域。圖 2 (a) 利用設定一個或二個以上的種子作為區域成長的起始位置，與該種子相鄰之像素會依照預設條件進行擴張，直到相鄰的像素都無法滿足條件為止，最終的成長範圍即是所分割的區域。

設置種子點作為區域分割之起始點如圖 3 所示，分別設定了水域分割種子與背景分割種子，分別為紅色與藍色箭頭所指。綠色實線所框範圍為初步分割出來的水域物件。

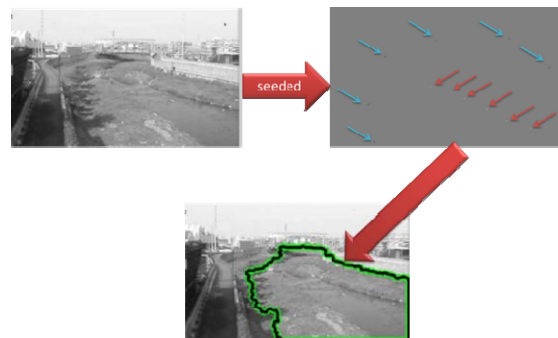


圖 3 典寶溪監測影像畫面為例，紅色箭頭所指為水位分割起點，藍色箭頭所指為背景分割起點

2.2 直線擬合法

本節使用直線擬合法主要應用於楠梓區典寶溪河段之測試案例，偵測流程分為以下四個步

驟：影像前處理、影像增強、ROI 擷取、偵測計算。圖 4 為本案例之水位偵測與方法流程。

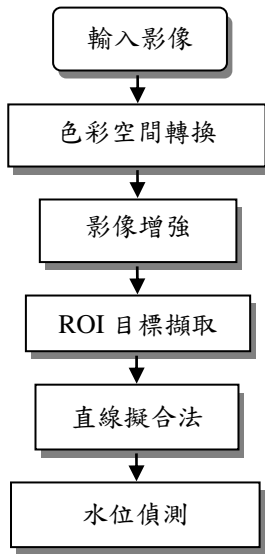


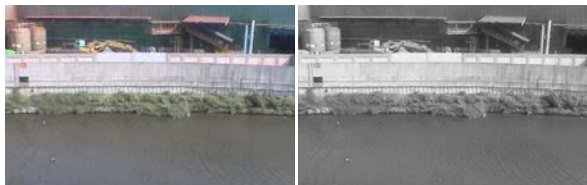
圖 4 水位高度偵測之影像分析流程

一、影像前處理

一般影像可表示為一個二維的數學連續函數關係 $I(x, y)$ ，其中變數 x 與 y 為空間座標 (Region Growing)， I 則是表示任意一對空間座標 (x, y) 的振幅，稱為影像資料在該點的亮度 (intensity) 或是灰階 (gray-level) [10]。然而，為了提升影像計算之分析效率，茲將本影像測試案例由 RGB 色彩影像轉換為灰階影像，如圖 5 所示。一般而言，人類視覺對於綠色最為敏感，其次依序為紅色與藍色，故定義出 RGB 色彩影像轉灰階影像之計算公式，如式(5)所示：

$$\text{Grayscale value} = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (5)$$

其中 R、G、B 分別為監測影像中紅色、綠色及藍色的像素深度值。



(a) 原始影像 (b) 灰階影像

圖 5 色彩空間轉換

二、影像增強

由於影像監測站所架設之攝影裝置皆位於戶外，易受到自然雜訊、光源不穩定、陰影干擾等因素，而影響監測影像品質。因此，在進行影像處理時，常會利用濾波器過濾雜訊或是強化影像對比度，使得增強後之影像會比原始影像更適合進行物件分析。本研究將採用直方圖等化 (Histogram Equalization) 之時域影像增強方法，

其目的乃是將灰階分佈集中於某微小區間的影像均勻展開，以增強影像之對比度 (詳圖 6)。直方圖等化的轉換函數定義如下：

$$s_k = T(r_k) = \frac{\sum_{j=0}^k n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j), \quad k = 0, 1, 2, \dots, 255 \quad (6)$$

其中， r_k 是輸入影像灰階； s_k 為經直方圖等化後的輸出影像灰階； n_j 是第 j 種灰階的像素數目； n 是整張影像的像素數目； $p_r(r_j)$ 是影像灰階 r_j 的離散機率密度函數。



圖 6 直方圖等化影像

三、ROI 擷取

藉由上述影像增強，將測試影像中的河面或是主建物等相關特徵變得更為明顯，尤其是主建物圍牆與河面交界處之陰影，影像對比度提升不少。這些特徵對於擷取 ROI 區域之目標物件與物件分析過程 (詳圖 7)，將有助於提高物件偵測之精確度。

本測試案例之水位交界面，利用影像增強後，可以發現主建物圍牆與河面交界處會有明顯的陰影，因此，可以藉由設定一灰階門檻值，將 ROI 目標區域篩選出水位交界處之可能點。然而，被保留的像素位置將落在主建物圍牆與河面交界處附近。



圖 7 ROI 目標區域擷取

四、水位偵測

本章節將應用直線擬合法做為水位偵測之決策。因此，利用 ROI 區域求得位於主建物圍牆與河面交界處之各點像素位置，透過直線擬合方程式 [11, 12]，使得這些像素點位置到這條水位線的距離平方和為最小。然而，為了達到最佳水位線，本論文執行兩次直線擬合 (詳圖 8)，使得計

算結果更能趨近於實際水位高度。



(a) 一次直線擬合 (b) 二次直線擬合

圖 8 應用直線擬合法於水位偵測結果

3. 實驗結果

本論文使用經濟部水利署於高雄市田寮區崇德橋與楠梓區典寶溪兩河段處的影像監視站，利用此中下游易淹水之低漥地區的實例影像資料作為前端影像分析技術的應用測試與驗證範例。然而，所選用之影像資料將挑選惡劣環境所造成監視畫面因光影變化、雨水、霧氣等影響因素，而易造成人為誤判之條件。以下測試案例將分別利用區域成長法 (Region Growing) 來進行河川水域之範圍偵測與直線擬合法 (Line Fitting) 用於水位高度之警戒偵測來做說明。

3.1 水域物件分割

本驗證案例使用 2010 年 9 月 19 日，凡那比颱風期間於田寮區崇德橋河段所拍攝的監測畫面。輸入畫面的整體時間為中午 12 點至下午五點，紀錄崇德橋下方水位逐漸升高之完整過程 (如圖 9)。

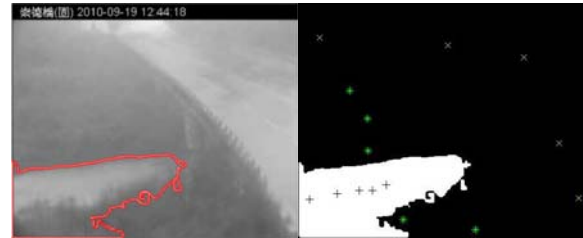
圖 10 中經過使用者給予的 5 個成長起始點與 5 個刪除點分別以紅色與藍色箭頭指出。圖 11 展示了區域成長法對崇德橋水域的分割結果，分別取中午與下午兩個時間點進行測試，影像中的水域取出後以紅色輪廓表示。



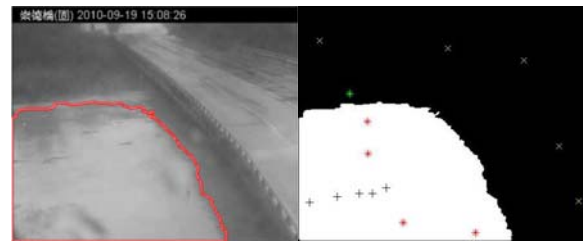
圖 9 凡那比颱風期間，崇德橋下方河流隨時間淹漲之情形。(由上至下、由左至右依序排列)



圖 10 區域成長之起始點與刪除點



(a) 中午時段監測畫面



(b) 下午時段監測畫面

圖 11 分別於中 12 點 44 分 (上圖) 與 15 點 08 分 (下圖) 所做的水域偵測結果。(十字標記為起始點，x 為刪除點，* 為預設參考點)

測試結果顯示，本案例使用區域成長法可以針對不同場景做最佳化的種子點配置，強化水域分割的正確性。本方法同時增加了刪除背景的功能，減少以往背景容易被前景所過度成長的問題，並亦可有效去除水滴、水痕的雜訊，解決以往豪大雨造成畫面散滿水珠而發生錯誤分割之問題。

3.2 水位高度偵測

本驗證案例同為使用 2010 年 9 月 19 日，凡那比颱風期間於楠梓區典寶溪河段所拍攝的監測畫面，輸入畫面時間為下午 4 點左右。該日監測畫面因受颱風及豪雨影響，而造成影像嚴重受到雨水、霧氣干擾 (如圖 12)，然而，經由影像前處理包括色彩空間轉換與影像增強，將物件資料的特徵強度提高，使得豪雨而造成河面連起的波紋與主建物圍牆有明顯之對比。圖 13 則是透過灰階門檻值，將 ROI 目標區域篩選出水位交界處之可能分佈點。



圖 12 典寶溪河段暴漲之原始影像



圖 13 ROI 目標區域可能分佈點

將 ROI 目標區域篩選出可能的像素位置，運用直線擬合求得一條距離平方和為最小的直線。為了達到最佳水位線，本論文執行兩次直線擬合，使得計算結果更能趨近於實際水位高度(如圖 14)。圖 15 為二次直線擬合最小值之結果，標示出目前偵測的水位高度。結果顯示，利用二次直線擬合法可近似於實際水位之高度。



(a) 一次直線擬合 (b) 二次直線擬合

圖 14 兩次直線擬合於水位偵測結果



圖 15 直線擬合於水位偵測結果

3.3 系統架構

目前現有的水情監測平台主要整合多重影像來源與多重串流技術與 GIS (Geographic information

system)，水情監測平台上可快速的找出預觀測的監測站。本論文提出的影像分析技術導入於運行中的水情監控平台，其架構如圖 16 所示，影像伺服器擷取所有監測站影像後，將影像資料先備份於影像資料庫，水位偵測模組則不斷地撈取影像資料進行水位偵測，由於影像監測站數量龐大，且水位偵測須即時的產出水位辨識結果，故水位偵測模組採用高速平行計算技術實作，以快速即時地提供使用者端即時與方便的研判作業[13, 14]。

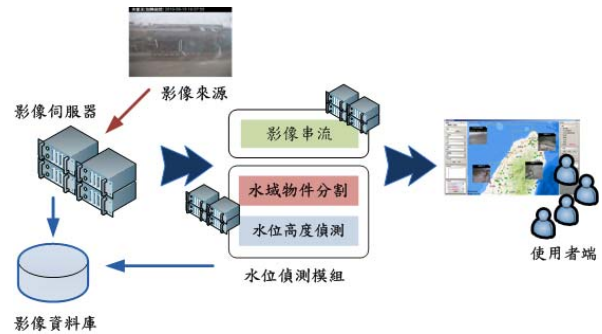


圖 16 基於水位偵測之水情監測平台架構

4. 結論與未來研究

針對傳統監控裝置，在面對惡劣環境下之影像處理技術，常常會因影像受到破壞或是光影變化等因素，而造成後端防災應變延誤或是誤判之可能性。為了有效處理惡劣環境所造成影像計算誤判之結果，因此，本篇論文提出使用影像分析偵測技術，運用經濟部水利署所提供全台灣主要河川的影像監測資料進行自動化水域及水位即時偵測分析。

實例測試結果顯示，藉由前端影像分析技術進行兩種河川環境之應用：區域成長法進行崇德橋河段水域之範圍偵測、直線擬合法進行典寶溪河段水位之高度偵測，可以有效地克服惡劣環境所造成的影像光影變化之影響。因此，利用前端影像分析技術所得之偵測結果，分別導入防災資料計算模組，並基於國家高速網路與計算中心所發展之水情監控平台，以達到自動化即時偵測通報之成效。

未來將持續加強影像計算之判斷法則，例如定義草木與水域之模糊邊界、太陽眩光與車燈等光線之散射等影響因素，將有助於影像計算的物件識別及目前正在開發的整合行動計算防災監控的決策應變。另一方面亦將整合高速計算相關技術，可透過影像分析於眾多監視影像中自動找出可能淹水之畫面，進而結合 GIS 自動找出可能淹水之地點，減少人工判讀，有助於防災應變之即時性。

參考文獻

- [1] Y. F. Wang, "Enhanced Actions for Water Disaster Warning System and Evacuation," Southeast Asia International Program(SEAIP), 2009.
- [2] 經濟部水利署防災應變格網作業平台, [Online]. Available: <http://fmg.wra.gov.tw/>.
- [3] V. Bacu and D. Gorgan, "Resource Measurements for Water Detection Algorithm in MedioGrid Architecture," 6th International Symposium on Parallel and Distributed Computing, Hagenberg, pp. 1-17, July 2007.
- [4] E. Cheng, R. X. Zhang and F. Yuan, "Automatic Detection and Assessment System of Water Turbidity based on Image Processing," Journal of Electrical Engineering, vol. 11, pp. 1506-1513, March 2013.
- [5] 國家高速網路與計算中心－防洪減災格網, [Online]. Available: <http://www.floodgrid.nchc.org.tw/>
- [6] 經濟部水利署水情影像監控中心, [Online]. Available: http://hmerg.nchc.org.tw/sensornet/sensornet_center
- [7] W. Cui, Z. Guan and Z. Zhang, "An Improved Region Growing Algorithm for Image Segmentation," International Conference on Computer Science and Software Engineering, pp. 93-96, Dec. 2008.
- [8] M. M. S. J. Preetha, L. P. Suresh and M. J. Bosco, "Image segmentation using seeded region growing," International Conference on Computing Electronics and Electrical Technologies (ICCEET), Kumaracoil, pp. 576-583, March 2012.
- [9] J. P. Monaco, J. E. Tomaszewski, M. D. Feldman, I. Hagemann, M. Moradi, P. Mousavi, A. Boag, C. Davidson, P. Abolmaesumi, A. Madabhushiemail, "High-throughput detection of prostate cancer in histological sections using probabilistic pairwise Markov models," Medical Image Analysis, vol. 14, pp. 617-629, 2010.
- [10] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, Digital Image Processing, 3rd ed. Prentice Hall, 2008.
- [11] H. Qjidaa and L. Radouane, "Robust line fitting in a noisy image by the method of moments," IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 21, pp. 1216-1223, 1999.
- [12] R. Hanek and M. Beetz, "The Contracting Curve Density Algorithm: Fitting Parametric Curve Models to Images Using Local Self-adapting Separation Criteria," International Journal of Computer Vision, pp. 1-38, 2004.
- [13] 吳志泓, 鍾德霖, 常若愚, 游輝宏, 林芳邦, 蔡惠峰"行動通訊於防救災作業之應用－以 J2ME 為開發平台," TANET2007, 2007。
- [14] 陳倫奇, 吳志泓, 林詠彬, 林芳邦"行動計算於防災之應用," TANET2012, 2012。