

養殖魚類體長 2D 視覺動態 影像融合辨識技術

王郁峻、林志遠

水產試驗所企劃資訊組

前言

依據聯合國糧農組織的報告，2014 年起養殖漁業供給人類直接食用數量已超過捕撈漁業且持續快速生長，臺灣有水產養殖王國的美名，但隨著養殖病害、其他周邊國家的競爭、氣候變遷所導致的環境變因、農村勞動力老化及臺灣養殖成本逐年提高等因素，導致近年來臺灣養殖業國際競爭力衰退。隨著世界各國爭相競逐第 4 次工業革命，大數據、物聯網、AI 影像技術蓬勃發展，本所推動智慧養殖技術研發，將臺灣先進之科技導入水產養殖產業，以突破現有養殖瓶頸。本研究透過影像辨識技術，針對水下魚隻進行標的物確認與魚體體長量測。期望藉由數位化輔助紀錄魚隻生長過程，結合水質感測、智能化投餌等技術，打造臺灣成為智慧養殖王國。

水下生物相關的偵測技術國內亦有諸多研究。計數應用方面中山大學發表簡易魚苗自動點算系統，系利用影像中圖元的色階資料做為指標，辨別出 1 尾魚苗所佔平均圖元後，再利用所有魚苗的面積推算魚苗數，避開傳統點算系統需辨識出個別的目標後，才加以計數的方法，其有助於針對魚苗培育輔

助計算數量（黃等，2002）及機器視覺方式自動計量（林等，2006）。底床固定型掃描式聲納系統，針對水下小型動態目標物（泰國蝦）的監測技術，該聲納系統掃描半徑 7.5 m 具有解析場域環境特徵（水域面積、水深、水質與池體底床狀態等）的功能，可用以分析目標物數量、位置、移動狀態與行為模式等。對於釣蝦池池底環境與蝦隻狀態能夠達到描繪與有效掌握的目的（田等，2017）。魚隻長度研究方面，過去曾有利用紅外光魚隻大小自動量測之模擬研究，其使用陣列式紅外線感測元件，以魚體於水中潛游經感測器的節點概念作為魚隻長度大小的分析判斷（楊等，2005），另有以商用之影像處理軟體進行魚體體長量測之試驗（吳等，2008）。

生物體長辨識系統量測硬體架構

實驗採用多組 CCD 隨機取樣量測架構，以 CCD、照明光源、鋁擠型支架與強化底板為基礎組合，可依空間配置多組量測機構，CCD 採用高解析度水下攝影機，照明光源以白光/自然光為主，鋁擠型支架便於組裝拆卸，並可依照實際應用場域調整量測位置與高度（圖 1）。

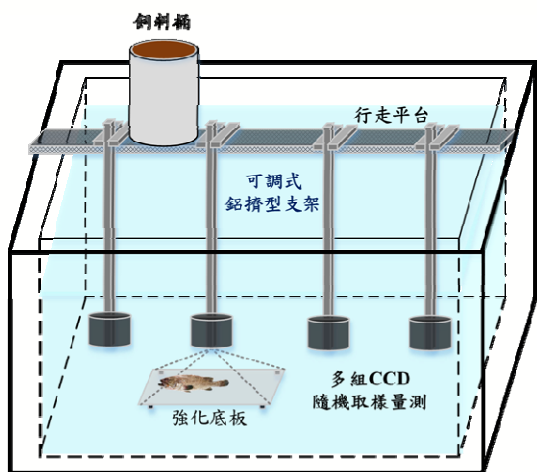


圖 1 隨機取樣量測架構

強化底板則作為影像背景強化對比度使用，可有效區別背景與魚體的差異（圖 2），此量測架構並不限定魚隻游動的方向，採取開放式空間隨機取樣以進行量測，配合飼料桶投餵位置，如投餌於量測機構附近可增加魚隻入鏡之機會，本研究量測標的物以底棲型魚隻為主。

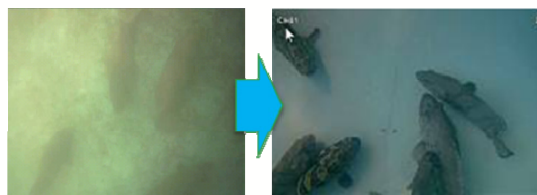


圖 2 底板投入水中前後對照

光源測試

環境加裝光源測試，測試光源包含可見光（白、紅、黃、藍、綠）與不可見光（紅外光），目的在於檢視不同波長光源於水下被吸收的程度，經由實測後選用最佳的光源種

類，其結果：(1)紅/黃/藍/綠光影像易使整體色調趨於一致，且陰影與魚隻交錯，反而不利於演算法後處理 (圖 3)；(2)紅外光影像呈現灰階色調，雜訊、陰影與魚隻易交錯而難以處理 (圖 4)；(3)白光較易凸顯魚體與背景顏色的差異，為較佳的光源種類 (圖 5)。

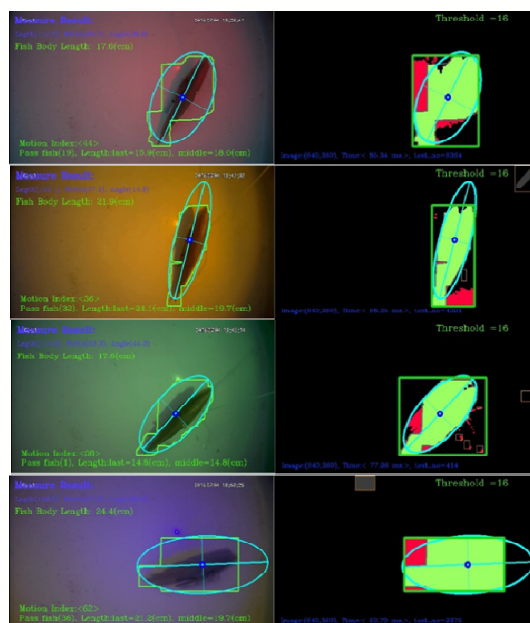


圖3 紅/黃/綠/藍光源影像，色調一致解析不易



圖 4 紅外光影像，灰階夾雜干擾多



圖 5 白光影像，影像品質較為穩定

生物體長辨識演算法

水中生物影像辨識，基本假設在單一固定鏡頭取像，可視範圍內可完整看到魚隻條件下，主要目標物為池底游動的魚隻，當完整形體之魚隻出現在攝影鏡頭下時，系統辨識演算法必需能夠即時抓住魚隻游動的瞬間(凍結)影像，應用影像處理方法將目標物(魚隻)分割出來，接著核心魚體長度演算法需在此分割區域內定義出魚的外型輪廓進而量測頭尾間的魚體長度。

基於上述的功能描述，影像處理步驟包含影像前處理、標的物偵測與編碼、物件追蹤、輪廓比對估算等步驟。魚隻辨識計導入機器學習技術，以快速標記初始位置，並藉由物件追蹤技術避免重複取樣，最後透過自適應性輪廓比對找出最佳魚體量測區間(圖6)。

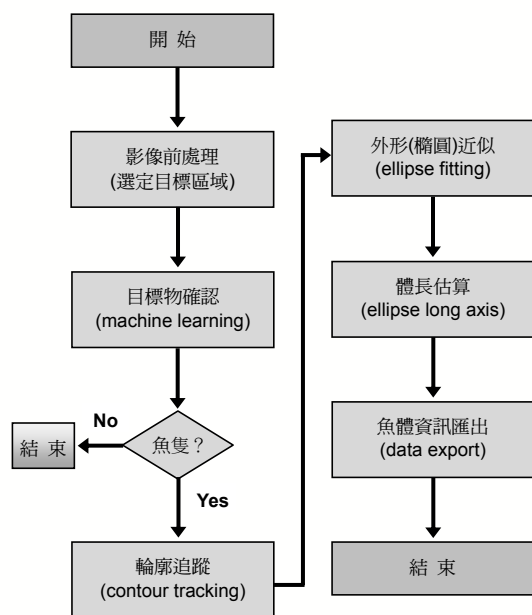


圖6 影像辨識流程圖

在影像前處理中，傳統作法之差異去背景 (Difference Matting)，適用於非純色背景但仍需為固定場景影像，惟水下環境易受擾動、雜物干擾而造成光影變化，致使影像雜訊區域大，無法判別魚隻位置。傳統作法之移動偵測法 (Motion Detection)，可藉由連續影像變化萃取出移動中的物體，惟此法當標的物移動量不足時，易使影像萃取效果降低導致標的物影像破碎。

本研究因應魚體非持續活動特性，所造成的影像標的範圍缺陷與誤判，開發高適應性複合式像素融合技術，突破前述兩種傳統單一演算法的辨識極限，有效增進魚體偵測的完整性及可靠性。如圖7所示，背景影像因陰影變化無法保持色調一致性，使用差異去背會致使畫面中出現多區域白色標的物，無法有效區別魚隻位置。而移動偵測若因移動量不足則易出現輪廓破碎情形。結合移動偵測明確定義標的物位置並使用該位置的差異去背影像來補足破碎的輪廓，即可完成像素融合得到較完整的魚體影像(圖8)。

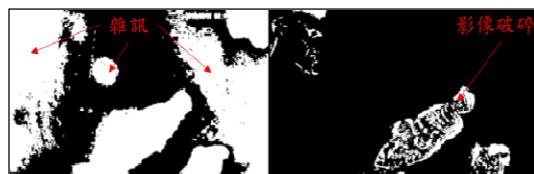


圖7 差異去背法(左)，移動偵測法(右)



圖8 複合式像素融合法

魚體體長量測與分級

在確認影像中標的物為魚隻後，將進行輪廓追蹤 (contour tracking) 以得到外形輪廓資訊。利用外型輪廓資訊做 ellipse fitting (近似魚體外型) 得到明確的長軸資訊並轉為公分作為量測值輸出。

本研究魚體長分級的標準，以兩參數設定值 middle_low (例如 20.0 cm) 及 middle_high (例如 25.0 cm) 作為魚體長分級判定，小於 middle_low 判定為小魚，大於 middle_high 判定為大魚，介於此兩值之間為中等魚 (圖 9)，此兩參數可於 MeasureSetting.ini 系統檔案中設定，以適應於不同魚種大小。現有研究成果其量測精度誤差約在 ± 2 cm。

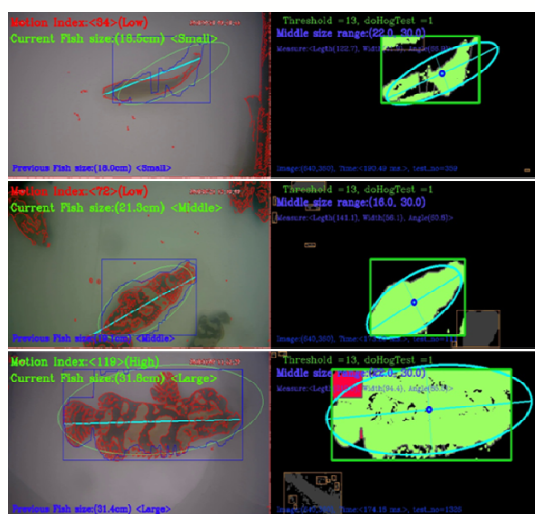


圖 9 三種不同大小魚隻量測結果範例

結論與展望

本研究運用水下攝影機搭配簡易空間機構設計建置之水中生物體長辨識系統，適用

於水產養殖底棲型魚種。其主要目的係透過長時間隨機取樣的型式，以不干擾魚隻生長為原則的被動式量測，以取得之魚體個體輪廓，分析魚體輪廓面積與輪廓邊界並配合預先放置的空間資訊，分析魚隻位置並推算出魚體長度、魚隻大小於養殖魚產業主要用於投餌量、成長速率、分級選別、收穫等應用。

本研究在機構建置上僅包含攝影機固定支架與白色底板兩部件，唯在實際應用時，因每個場域的環境條件皆不盡相同 (魚種、水深、底部樣貌、採光狀況等)，因此演算法參數無法以單一條件滿足所有的場域，仍然必須依照實際狀況進行參數調整。在精準度上，由於環境因子較無法控制 (水質、能見度、取樣時間)，故在判定條件上較為嚴格，以避免誤判率過高，但也因此會需要較長的時間方能蒐集具代表性的足夠量測資料。

本研究目前可應用在淺水的環境下，例如魚苗、蝦苗或是觀賞魚出貨前的盤點，未來研發 3D 量測系統輔助取得待測物深度資訊，再結合 2D 影像辨識手法便會有更大範圍的應用。

誌謝

本研究為農委會補助智慧科技農業計畫施政項下細部計畫「水產養殖聯網智能化感控與參數系統之開發與建置」(107 農科-14.2.8-水-A2) 之部分成果。