

人工智慧於農業領域的應用

蔡耀全、周瑞祥

國立中興大學 生物產業機電工程學系

yctsaii@dragon.nchu.edu.tw

摘要

番茄的果實數量眾多且密集，難以藉由人工計數得知產量，因此本研究提出自動化的番茄產量與成熟度評估系統，番茄成熟度演算法首先基於影像處理技術，將影片轉換為涵蓋整排番茄的照片，接著偵測模型能夠辨識出六個分級的番茄，並利用Grad-cam輸出模型關注的區域，根據熱力圖優化模型，準確度達76%。建立LINEBOT伺服器，讓農民能夠利用AI技術進行耕作策略的調整。

關鍵詞：深度學習、影像處理、番茄、成熟度、產量

前言

番茄是一種重要的農作物，在臺灣年產量達93,131公噸，產值42.5億元，本研究將針對大果番茄的成熟度與產量進行研究。番茄生長與種植周期如圖1所示，大約從第13週便會開始陸續有成熟的番茄可以採收，收成期會持續約兩個月，在這段時間內，每天可採

收的番茄數量會被氣候、耕作策略所影響，農民需要根據數量及成熟度規劃銷售管道，避免滯銷，因此番茄的產量對農民來說非常重要，但由於番茄的果實數量龐大且密集，難以人工計數得知準確的番茄產量，因此本研究設計自動化番茄成熟度與產量預測系統 [1]，提供農民精準的番茄產量指標。

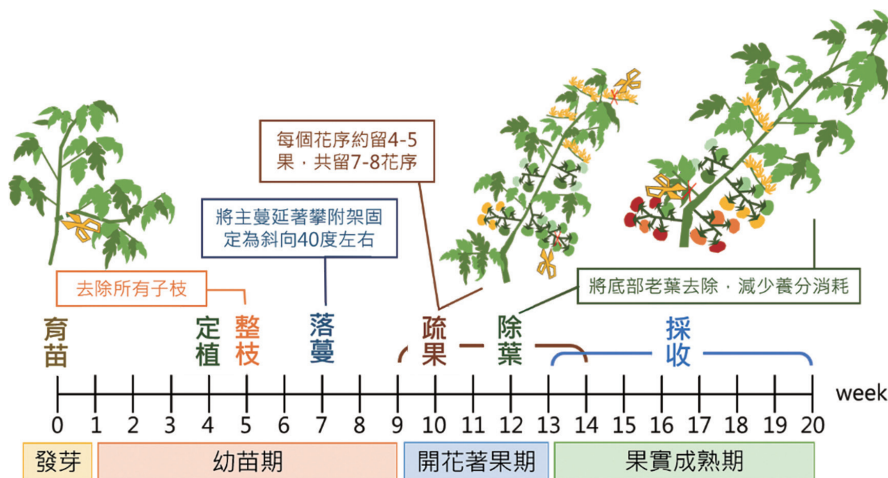


圖1. 番茄種植周期



材料與方法

(一) 研究架構

本研究將建立一套系統如圖2所示，農民

利用手機沿著一排番茄拍攝影片並上傳，伺服器將下載影片，並於伺服器裡進行番茄成熟度的運算，而後再將結果回傳至農民的手機。

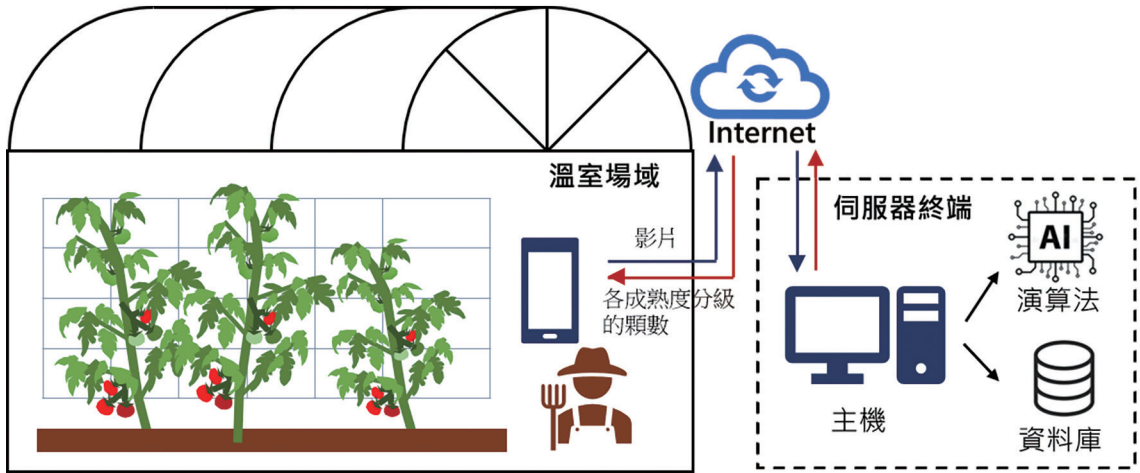


圖2. 系統架構圖

(二) 番茄分級介紹

根據美國農業局發布的番茄分級標準，番茄依照顏色被分為六類Green, breaker, turning, pink, lightred, red本研究參考美國農

業局提供的分級顏色標準如圖3所示，將番茄標註為六個分類，以進行後續偵測模型的訓練。

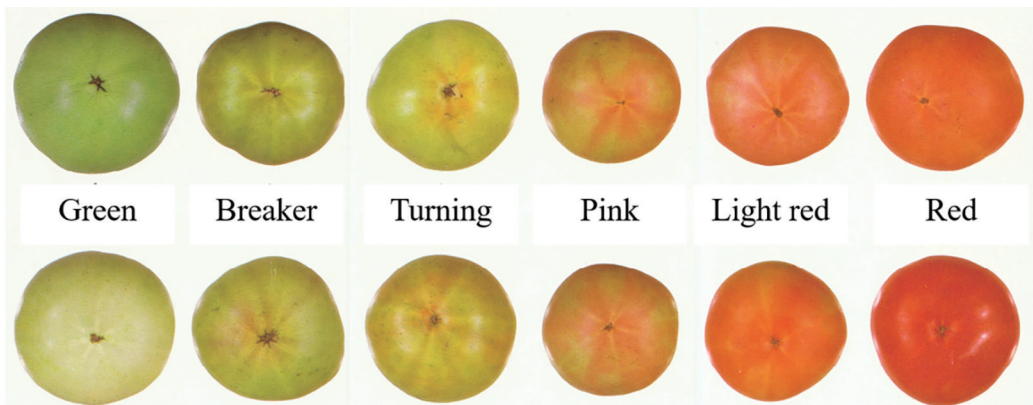


圖3. 番茄分級標準[2]

(三) 影像前處理

在進行番茄偵測前，需要進行前處理，流程如圖4所示，首先先將農民的影片逐幀轉

為照片，接著利用特徵比對的方式，將照片縫合成一張涵蓋一整排番茄的照片如圖5所示。

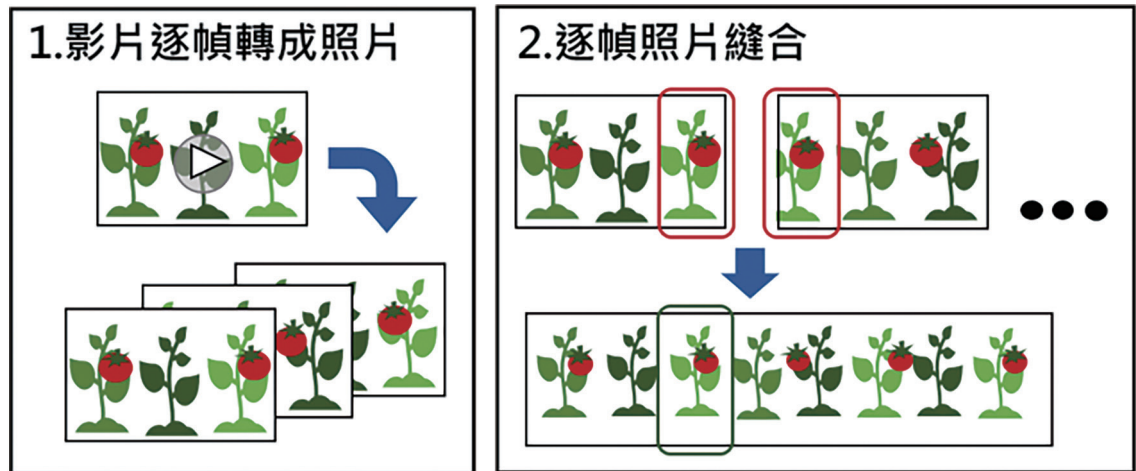


圖4. 影像前處理流程

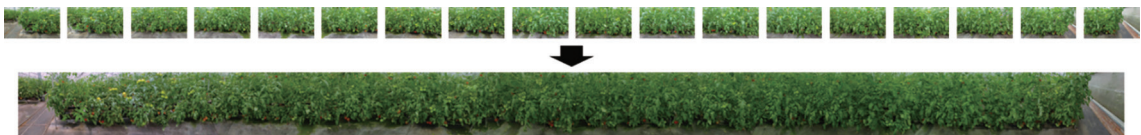


圖5. 影像拼接完成圖

(四) 圖像裁切

由於番茄在畫面中很小，統計圖如圖6，隨機取樣10張圖片進行評估，原始標註框平均寬度大約為18 pixels，最小達到約8 pixels，不適合深度學習模型偵測，因此本研究將圖資裁切並放大，提高標註框於圖片中的大小，調整後的平均大小約34 pixel。

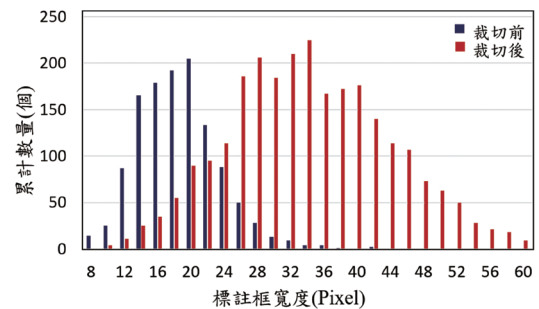


圖6. 標註框寬度統計

(五) 圖像增強

圖像增強能夠提高模型的泛化程度，對於新辨識資料集的辨識效果提升，本研究將訓練集圖資進行多種圖像增強效果，分別是

旋轉15度、垂直與水平翻轉、加入噪點、剪切15度等，如圖7所示，最終資料集大小為：訓練集582張，驗證集55張，測試集55張。

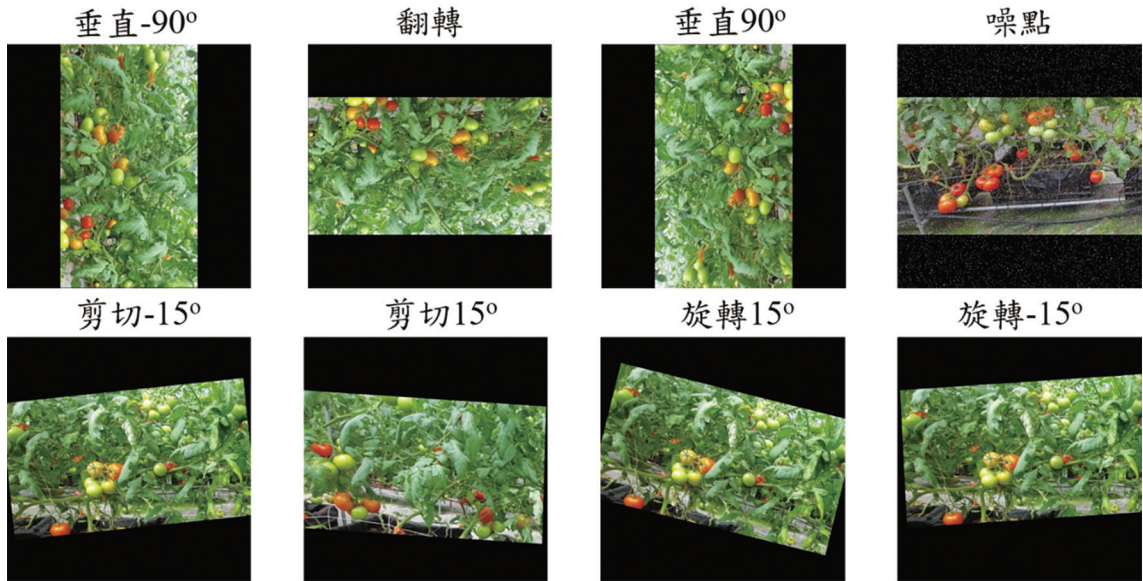


圖7. 圖像增強

結果與討論

(一) 番茄偵測模型

本研究使用3種較新穎的物件偵測模型進行訓練，分別為YOLOv7, GELAN, YOLOv9，並且搭配三組不同資料集，分別為原始圖資、優化1: 裁切放大標註框圖資、優化2: 經過圖像增強的圖資，進行訓練，以下將討論訓練結果，並探討模型專注度。

(二) 訓練結果

經過兩種優化處理後的訓練結果如表1所示，原始資料集的準確度，yolov7為0.39，Gelan為0.58，Yolov9為0.60；而經過優化1，裁切使標註框放大後，yolov7的準確度提升了0.3，Gelan與yolov9提升了0.15，大幅提高了偵測準確度；最後經過優化2，圖像增強後，三種模型準確度只有些微的提升約0.02最終訓練結果，Yolov7為0.71，Gelan為0.76，Yolov9為0.76。

表1. 模型準確度

	原圖	裁切圖像		圖像增強	
Yolov7	0.39	0.69	+0.30	0.71	+0.02
Gelan	0.58	0.74	+0.15	0.76	+0.02
Yolov9	0.60	0.75	+0.15	0.76	+0.01

(三) 模型專注度熱力圖探討

本研究使用Grad-CAM分析辨識模型的專注度如圖8所示，在經過優化1後，可以看到三種模型的專注度，都更加集中在標註框

內，紅色的區域也更小，經過優化2後，雖然準確度僅僅提升了2%，但在熱力圖中可以明顯看到，淺綠色的噪點降低許多，表示圖像增強對於模型的穩定度有顯著提升。

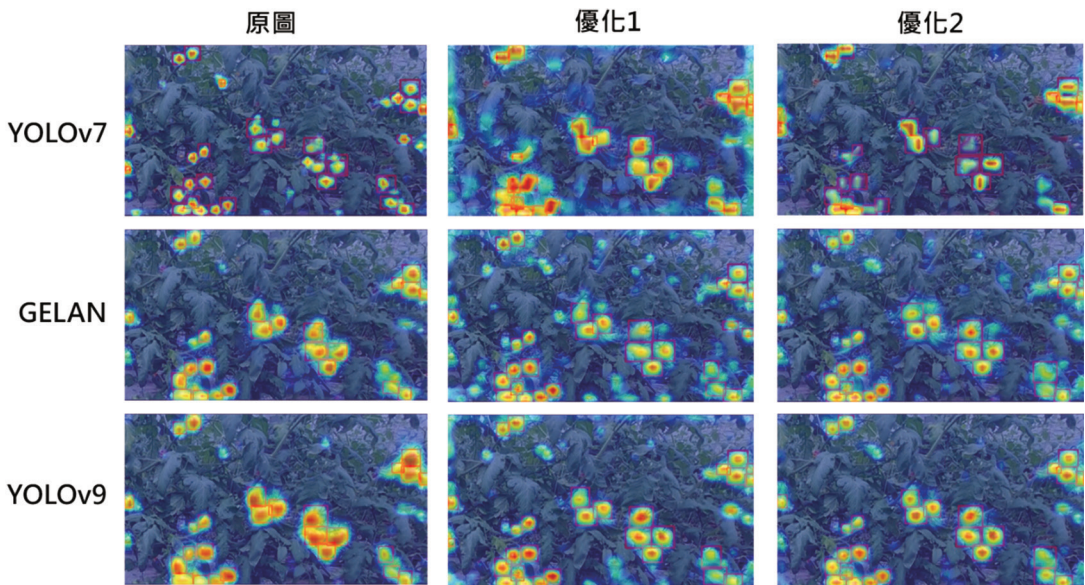


圖8. 模型專注度熱力圖

(四) Line-BOT系統

本研究最後設計LineBOT系統如圖9所示，建立伺服器並將演算法嵌入其中，農民只需錄影後經由常見的通訊軟體LINE上傳，

伺服器將自動接收影片並進行運算，最後將結果回傳給農民。這套系統能夠讓農民能夠使用AI演算法預測番茄的產量與成熟度，降低產銷規劃錯誤造成的滯銷損失。

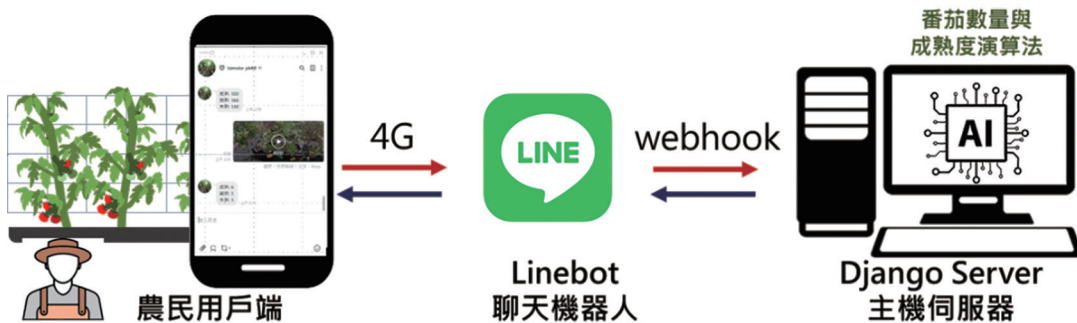


圖9. Line-BOT系統



參考文獻

1. J. Chen, B. Ma, J. Hao, J. Zhang, Q. Feng d, X. Liu, Y. Li, “Apple inflorescence recognition of phenology stage in complex background based on improved YOLOv7,” *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 211, 2023, pp. 108048
2. <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/tomato-grades-and-standards>