

Final Project Report (A4 size)

Jiun-Wei Yi R12631015

摘要

所謂的植物表型體分析為觀察植物的外觀特徵像是顏色、株高、葉片面積或數量...等來監測植物的生長情形亦或者是健康狀態。傳統植物表狀調查是人工的方式進行調查，耗時大量的時間以及人力。如今在電腦視覺甚至是人工智慧的輔助下，我們得以高效率的同時也以高精準度的方式記錄植物的生長狀態。本次專題為利用非人智慧的方式製作出植物表型體分析的應用，並期望未來能夠持續改進以用在實驗室未來的相關研究中。

Keywords: 植物表型分析、SLIC 演算法、分水嶺演算法、Convexhull

1. 簡介

1.1 研究背景

在現今電腦視覺以及人工智慧等技術蓬勃發展的時代下，能夠快速地分析出植物的表型特徵使作物監控以及管理紀錄不再是一個費時費力的工作。植物表型分析目前主要被運用在 1. 逆境壓力檢測 2. 植物生長及健康管理 3. 作物基因型篩選等任務上。檢測方式除了使用常見的彩色相機外，也可利用各種波長的光譜儀以及葉綠素螢光檢測儀來檢測植物[1]。不同的檢測方式都有其優缺點。以彩色相機造價便宜，因此目前已經有許多相關研究為利用彩色相機來檢測植物的表徵[2]。但在不使用機器學習的情形下，彩色相機就容易受到背景的其他物品或者是光源影響，同時植物有些特徵(ex: 光合作用效率)利用彩色相機檢測並無法檢測出異狀，此時就需要利用其他儀器的輔助。

1.2 研究動機

目前本實驗室所進行的其中一項研究為利用螢光壽命週期檢測牛番茄對水分逆境的反應，目前該研究還在儀器架設階段。未來規劃將植物放入一台可控溫控濕度的培養箱中，藉由調整澆水的頻率來設計出水分逆境，再由螢光壽命週期來持續偵測植物的狀態。目前已經有一些相關研究皆指出，使用螢光強度以及螢光生命週期皆能比使用高光譜感測較快感測到在逆境環境壓力下植物的異狀[3][4]。而本人也向教授提議在培養箱內架設一台相機，除了能夠監測及記錄植物的生長過程外，在進行逆境實驗時也能夠將彩色相機與螢光壽命週期進行感測比較。

2. 材料與方法

本章提出該研究使用到的材料及方法。主要可以分為硬體架設及軟體影像處理兩大部分。

2.1 硬體材料

由於目前培養箱與植物生長系統等架構尚未架設完全，因此目前相機平台的部分為先利用鋁脊簡單組裝而成。拍照系統為樹莓派 4 搭配樹莓派 module v3 相機，該相機支援自動對焦功能，因此可以跟隨著植物生長而調整焦距。本拍照系統目前是直接放在實驗室的地板上(Fig 1.)，直接利用實驗室的光源對植物進行拍照，因此會有光源不均勻的現象。之後隨著培養箱正式啟動，將會另外設計光源。

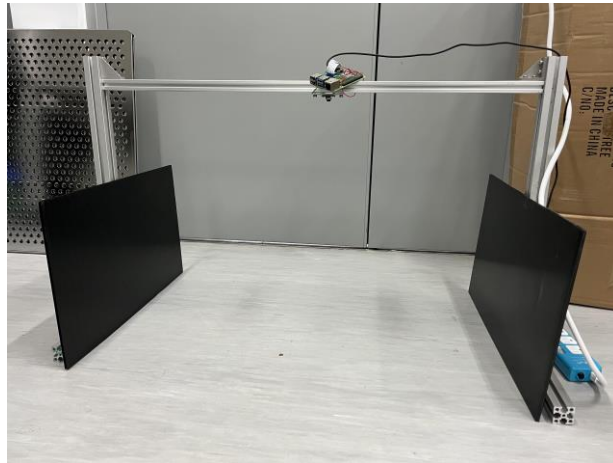


Fig 1. 拍照平台

2.2 番茄植株

目前總共有兩株植株，由於培養箱尚未建置完成，先前是將其中一株直接養在影像平台下。但過幾天就出現枯萎的現象，因此現階段是將兩株一起培養在實驗室的窗邊(Fig 2.)。等要拍照時再將植株至於拍照平台下拍照。



Fig 2. 實驗番茄植株

2.3 軟體架構

在樹梅派端撰寫拍照的程式(Fig 3.)，之後再由 ssh 將影像傳回電腦進行影像處理的動作。電腦本端的影像分析程式由 Python 撰寫，利用 Opencv、numpy 等常用套件，之後期末報告時還會再加上 Qt5 以設計程式介面。

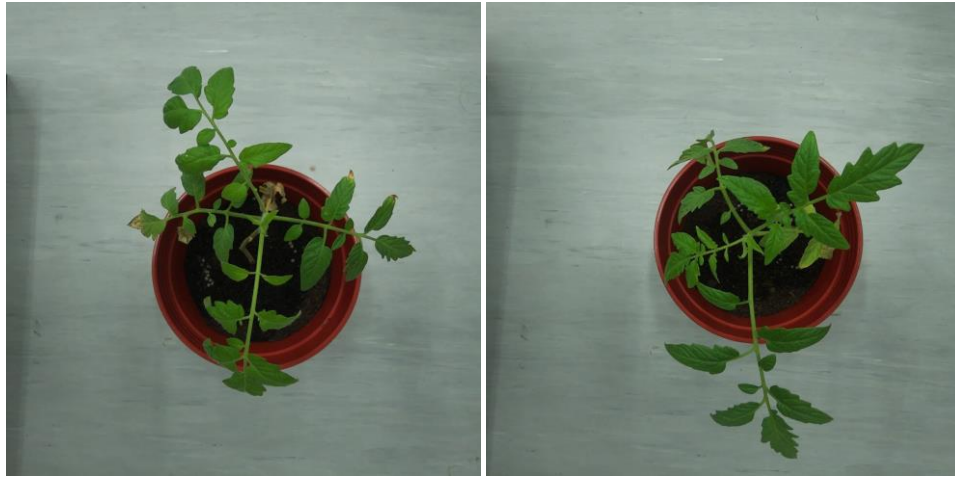


Fig3. 由樹梅派所獲取的兩株番茄植株的影像

2.4 影像處理分析

取得影像後的第一步為將植物與其他背景分割出來，如此一來才能分析植物表型的參數。目前已經成功將影植物與背景分離，並且進一步的區分不同的葉子。接下來將會大致講解上述兩者的流程:

背景分離:

使用的手法為先將影像的色彩空間轉換至 CIELAB 空間，其色彩空間如 Fig 4.。並單獨分析其中的 A 通道，A 值越大，顏色越紅，反之則顏色越綠。累計出 Fig 3.兩張影像在 A 通道的直方圖(Fig 5.)後可以發現主要可以分成三個區域，值由小到大分別代表影像中的植株、背景、以花盆。為了能夠在影像中自動找出一個閾值使植株被分離出來，本人使用了三角演算法，其方式為找出第一個數值不為零的強度值 x_1 以及最多數值的 x_2 ，將其兩點連成一條線後再找出位於 x_1 及 x_2 間的值 x ，使其所對應的數量點到值線的距離最長，則該 x 值就訂為影像的閾值(Fig 6.)。

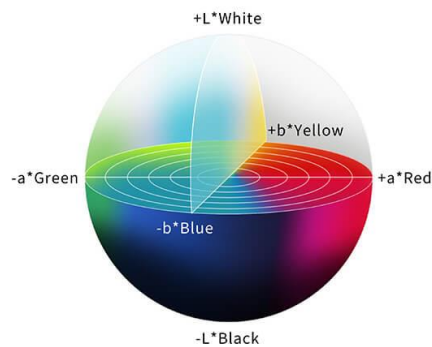


Fig 4.[5]

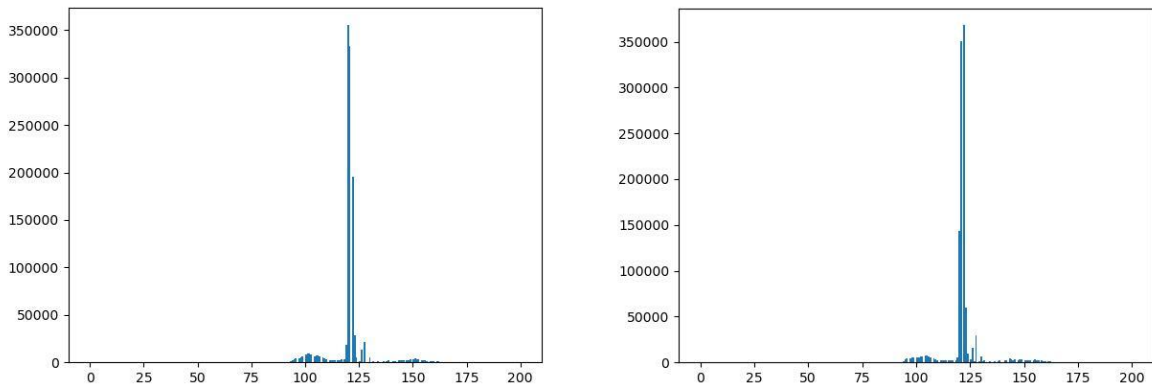


Fig 5.

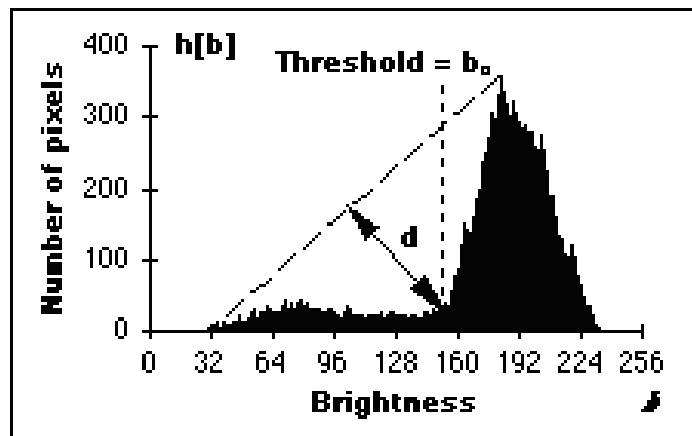


Fig 6.[6]

葉片分割:

葉片分割的方法主要是參考 Scharr 等人的研究[7]。在研究中，Scharr 等人提出了一種不需依靠深度學習就能夠分割出不同葉片的演算法。以下為其步驟:

1. 利用 SLIC[]演算法依據空間座標以及 CIELAB 的 A 通道灰度值將原先影像切成約 2000 塊小區間(Fig 7.)
2. 將上個階段所得到的二值化影響轉換為 distance map，其定義為計算出每個非零像素到最近的背景像素的距離，因此越接近葉片中心的值就會越大，反之則越小(Fig 8.)
3. 對利用 SLIC 得出的影像依據 distance map 進行篩選，使最終每片葉子最多就選出一個 superpixel 並且位置在葉片中心(Fig 9.)。
4. 依照 3.的結果對 A 通道的影像進行分水嶺演算法，最終得出結果。

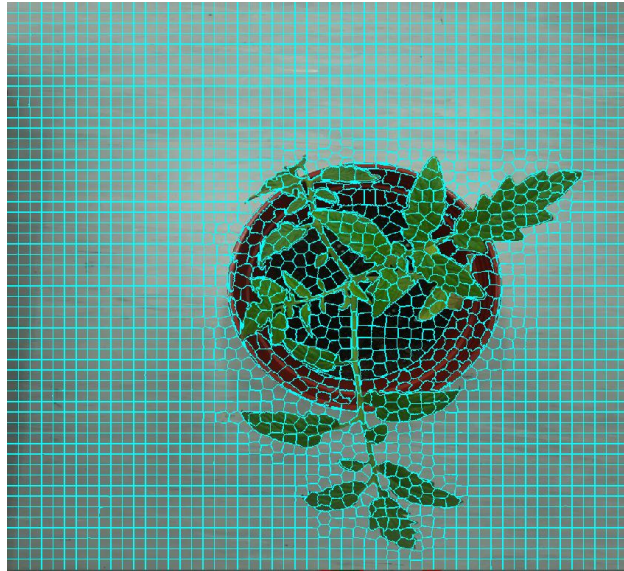


Fig 7.



Fig 8.

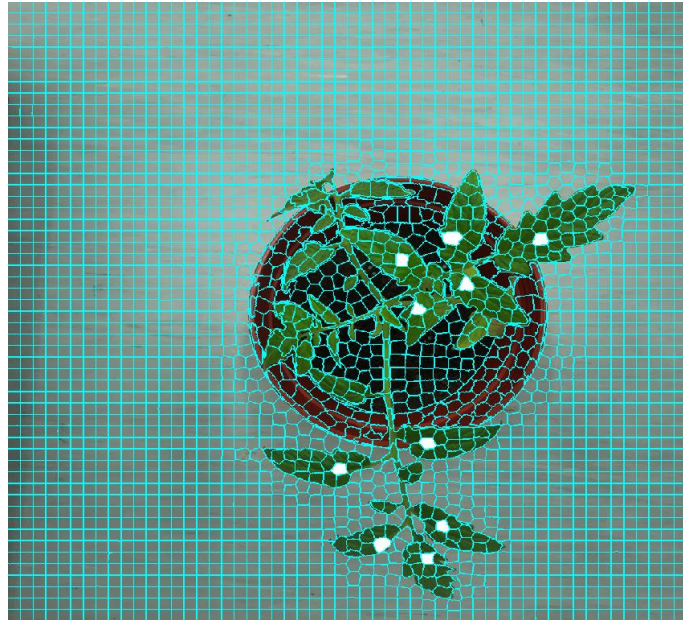


Fig 9.

3. 結果與討論

3.1 二值化影像

兩株植株莖二值化後的結果如 Fig 10.。在得到二值化影像後，期末報告時就可以進行投影面積、周長、Convex hull 等參數計算。



Fig 10.

3.2 葉片分割影像

葉子分割的影像結果如 Fig 11.，可以發現該演算法並無法清楚分割重疊到的葉片，但無互相彼此重疊到的部分，該演算法還是可以清晰地將葉子框出。有了個別葉片的分布範圍，也就同樣可以在期末報告時計算出葉片表型的一些特徵。若需要更提高葉片分割的準確率，在不使用機器學習的情況下是可以搭配像是”Stereo Vision”等影像處理技術，將像機具來葉片的距離算出來，進而區隔出植株的上下層葉片區隔開來。但黯於時間的因素，本次期末專題並不會做到算出葉片的距離的階段。



Fig 11.

4. 結論

REFERENCES

- [1] Yong ZHANG, Naiqian ZHANG. Imaging technologies for plant high-throughput phenotyping: a review. *Front. Agr. Sci. Eng.*, 2018
- [2] Nabwire S, Wakholi C, Faqeerzada MA, Arief MAA, Kim MS, Baek I, Cho BK. Estimation of Cold Stress, Plant Age, and Number of Leaves in Watermelon Plants Using Image Analysis. *Front Plant Sci.* 2022
- [3] Peng, Owen ; Akers, Walter ; Berezin, Mikhail Y. / Detection of cold stress in plants using fluorescence lifetime imaging (Flim). In: *Current Analytical Chemistry.* 2021
- [4] Wang H, Qian X, Zhang L, Xu S, Li H, Xia X, Dai L, Xu L, Yu J, Liu X. A Method of High Throughput Monitoring Crop Physiology Using Chlorophyll Fluorescence and Multispectral Imaging. *Front Plant Sci.* 2018
- [5] Linshang Technology: <https://www.linshangtech.com/tech/color-space-tech1439.html>
- [6] H. Zhou, J. Wu and J. Zhang, *Digital Image Processing: Part II*, (2nd edition). London:Bookboon. 2010
- [7] Scharr, H., Minervini, M., French, A.P. et al. Leaf segmentation in plant phenotyping: a collation study. *Machine Vision and Applications* 27, 585–606 (2016).