

研製 LED 輔助電腦視覺檢測農作物的系統

蔡志仁、黃景東、徐振濤、吳冠澤

摘要：

發光二極體(Light Emitting Diode, LED)問世後，隨著半導體製程技術與材料科學不斷突破，至今亮度已達到原先的一千倍以上，齊全的紅、綠、藍三原色光可隨心所欲調配出各種顏色，將 LED 在顯示與照明上的應用推向極致。可以預期的，LED 的應用技術將日益重要，逐漸成為我們生活中不可或缺的一部分。全球環保節能意識抬頭，帶動 LED 綠能產業的崛起；將 LED 導入戶外及室內照明，不但能優化光環境，更能讓照明更舒適、更符合人體需求。LED 的應用跨越各種領域，結合了相關的電源與驅動控制、微處理器與邏輯設計、光學物理、機構設計等各項技術；智慧照明之創新應用不僅帶來商機，更將深度新意帶入。本作品以 LED 為主題發揮深度創意及巧思，將科技與高價農作物品質檢測方法融合，設計製作出具有特色之 LED 光電創意作品，在讓民眾更了解科技發展趨勢的同時，也達到了對農業的貢獻。

現在台灣的農產業現在除了自給自足之外，也有外銷至國外的趨勢；以花卉來說蘭花在國際市場上佔了絕大部分，也有逐漸成長的趨勢，但是各個外銷國中要如何有效脫穎而出，就要從如何篩選品質良好的蘭花開始，除了從栽培開始的培育方式，到最後出貨前的把關篩選，都是相當重要的環節，傳統中如果需要做篩選的動作，通常的是以人力來進行這項工作，但是這樣卻相當消耗人力，如果能以一個不複雜容易控制的檢測系統，就可以替代不必要的消耗，可以讓這些人力進行別種工作。

所以，在本文當中利用了影像處理與人工智慧的方式，再配合白光 LED 調光電路，結合出一種簡易的蘭花品質檢測系統，透過影像處理當中形態學以及搜尋邊界的方式，找出適當可以檢測出蘭花其葉片的厚度、葉片的數量以及其葉片邊緣的破損度，也同時利用人工智慧當中的基因演算法來尋找適當的篩選值，藉由這些方法進而實現了蘭花品質的檢測系統。

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

現在台灣的農產業現在除了自給自足之外，也有外銷至國外的趨勢；以花卉來說蘭花在國際市場上佔了絕大部分，又以蝴蝶蘭為外銷的大宗，根據 2011 年由「社團法人台灣蘭花產銷發展協會」所統計的 2003 年至 2010 年台灣蝴蝶蘭主要市場分析，如表 1.1 所示，台灣蝴蝶蘭外銷美國市場逐年增加，美國業者估計 10 年內年需求量將達 7000 萬株，另外由表 1.2 所示，台灣的蝴蝶蘭外銷佔有率在 2010 年的時候達到了 70.7% 之多，由此可知台灣蘭花尤其是蝴蝶蘭，外銷所收益的價值上相對也會增加。

因此，蘭花的品質檢測也相對變得非常重要；要如何有效率的檢測蘭花品質呢？在傳統的方法中，大部分是以人力以目測的方式來進行，但是這樣卻大大的增加檢測的時間，而也同時也會利用大量的人力資源，所以本文想要進行一種可以快速且有效的品質檢測系統，除了可以縮減人力資源外還可以降低成本，在檢測的時間上也可有效路的縮短，以幫助於國內蘭花外銷市場的成長。

在本文中利用了白光 LED 調光電路，再藉由影像處理的方式，透過色彩的轉換與形狀與邊緣的搜尋，可以有效的計算出葉厚度、葉片數量以及破損程度，同時可以透過人工智慧演算法中的基因演算法，重新訓練原本所選定的篩選值，進而達到篩選值的最佳化；也可以藉由蘭花品值的人工智慧檢測系統縮減大量的人力，經由檢測系統的方式，達到快速的檢測。

地區/年份	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
加州	778.0	643.7	650.9	758.4	877.9
佛羅里達	620.2	457.8	692.4	525.7	558.9
夏威夷	268.8	274.9	279.2	218.2	175.0
紐澤西	7.2	11.9	11.6	22.8	16.9
紐約州	27.3	10.9	11.2	23.0	26.1
德州	0.4	0.8	0	9	4.8
全國總計	1800.2	1495.5	1731.6	1610.4	1947.3

表 1.1 2003-2010 年美國蘭花植株進口來源國進口金額[10]

	2003(千美元)	2003 佔有率	2004(千美元)	2005(千美元)	2006(千美元)
台灣	11696	42.3%	12215	13479	17481
加拿大	1083	3.9%	620	2014	2234
荷蘭	4319	15.6%	3773	3199	3441
泰國	4937	17.9%	2838	3099	4611
中國	803	2.9%	918	1325	1508
韓國	2009	7.3%	1602	2775	874

日本	759	2.7%	620	428	344
哥斯大黎加	679	2.5%	555	395	258
德國(*)	64	0.2%	74	210	198
其他	1290	4.7%	1461	1403	1531
TOTAL	27639	100%	24676	28327	32480

表 1.2 2003 年至 2010 年各國蘭花市占率調查 (1) [10]

	2007(千美元)	2008(千美元)	2009(千美元)	2010(千美元)	2010 佔有率	成長率
台灣	24594	25670	32230	41516	70.7%	22.4%
加拿大	3763	3989	6259	3126	5.3%	-100.2%
荷蘭	2468	2634	3103	8143	13.9%	61.9%
泰國	3655	3465	2835	2847	4.9%	0.4%
中國	1496	1358	1604	1063	1.8%	-50.9%
韓國	1591	1937	960	1105	1.9%	13.1%
日本	335	359	299	246	0.4%	-21.5%
哥斯大黎加	527	255	211	104	0.2%	-102.9%
德國(*)	453	457	161	92	0.2%	-75.0%
其他	1547	959	531	439	0.7%	-21.0%
TOTAL	40429	41083	48193	58681	100%	17.9%

表 1.2 2003 年至 2010 年各國蘭花市占率調查 (2) [10]

H0602902000 ORCHID PLANTS LV YES MT ORICHRD PLANTS, LIVE

資料來源：USDA-Foreign Agriculture Servic

1.2 內容大綱

本論文主要分為五個章節，第一章為緒論，主要介紹論文的研究目的與動機；第二章為文獻探討，主要介紹基本影像處理相關理論、可調式白光 LED 電路基本介紹，以及所使用的人工智慧演算法—基因演算法基礎理論；第三章為可調式白光 LED 電路架構與蘭花品質檢測系統之架構，以及環境架構來說明整個品質檢測系統；第四章為以蘭花做為實際檢測對象，來實做品質檢測系統與其結果；第五章為結論與未來展望。

第二章 文獻探討

在本章節當中主要分為幾個部份來做介紹，第一個部份為基本影像處理中的影像的特徵擷取[16]~[18]，其中包含影像的色彩，除了「RGB」三原色之外，會再介紹本論文所使用的色彩空間「CIE LAB」，以及影像中形狀輪廓的擷取，第二個部份為可調式白光 LED 電路中所用來進行調光部分的 Arduino Simple I/O 面板；最後一部份為說明人工智慧 (Artificial Intelligence, 簡稱 AI) 的簡單概要。

在本文中所利用的 CIE LAB 色彩空間[19]~[21]轉換的使用上已經相當普遍，因為它可以在影像色彩分割上面得到相當好的效果[1]~[5]，也可以應用於醫學影

像當中[3]以及臉部特徵擷取上面[4]，與 RGB 色彩比較上 CIE LAB 在顏色的分割上更為廣大，可以辨別更多的色彩，因為本文中會以白光 LED 做為燈具，在有光線照射下對於影像色彩辨別程度有相當大的差別，RGB 色彩也較容易受到光線影響，而 CIE LAB 可以將亮度與色彩分離，色彩上面也更接近於自然界色彩，所以對於色彩的分析有很大的幫助。

人工智慧演算法目前在各大領域都有相當好的成就效果，除了應用於機器控制之外，也可以拿來用於影像分類與系統最佳化上面[5]~[8]、[19]、[23]，在數學上面可以用來尋找複雜系統上的最佳解[6]，甚至於可利用在遊戲上面[7]；在眾多的人工智慧演算法當中，本文採用了**基因演算法**（Genetic Algorithms），基因演算法是較為容易使用的方法，而且可以有效率的根據所需要的條件訓練出最佳解，透過這個演算法可以讓本文中所使用的參數，經過訓練後達到最佳化。

2.1 影像特徵擷取

2.1.1 影像色彩

在數位影像的類型當中，基礎的影像類型共分成四種：**二元數位影像**、**灰階影像**、**全彩或 RGB 影像**以及**索引影像**[12]。

二元數位影像（binary）：

在這種影像當中，每一個像素（pixel）不是黑色就是白色，因為像素只有兩種可能值（不是 0 就是 1），因此每個像素只佔 1 位元，而且這種影像的儲存效率很高。

灰階影像（grayscale）：

灰階影像的每個像素都皆為灰色，只在於深淺的不同，而它的範圍值通常是從 0 到 255；而這樣的範圍也代表其每個像素點都是由 8 個位元剛好一個位元組來表示，在影像檔案中是比較容易處理的範圍。

全彩或 RGB 影像（true color / red-green-blue）：

每一個像素都有相對應的顏色，這個顏色是由不同比例的紅色、綠色或是藍色調配而成，每個原色深淺範圍也是由 0 到 255，也就是說影像中便有可能有 255 的三次方 16,777,216 種不同的顏色，如此多種的顏色足以讓任何影像使用，因為每個像素需要 24 個位元，所以又被稱為 **24 位元彩色影像**（24-bitcolor image）。

索引影像（indexed）：

在大多數的彩色影像都只會用到那 1600 萬種可能顏色的一小部分而已，為了方便儲存及處理，建立了相對應的**色譜**（colormap）或**調色盤**（color palette），僅僅列出該影像中使用的顏色，每個像素的值不代表像素的顏色，而是代表色譜上對應的顏色**索引**（index）。

在本文裡針對蘭花的檢測當中也包括了針對葉片顏色的分析，藉由葉片的色彩來判定蘭花生長的情況，所以在這裡也提出色彩的基本概念，色彩研究包括：

- 1、賦予色的光線物理性質。
- 2、人類眼睛的特性偵測色彩的方式。

3、人類腦部視覺中樞的特性及眼睛感知色彩資訊的方式。

光線是影像中最主要的能量來源，因為這是人類最能夠直接觀察到的能量，雖然光線隨手可得、使用也相當方便，但是人類所能看到的光線頻率波長主要分佈於 4×10^{-7} 至 8×10^{-7} 之間，我們稱這個區間為可見光，所謂的可見光是屬於電磁光頻譜 (electromagnetic spectrum) 的一部份，其主要顏色為藍、綠與紅三種顏色，而這三種顏色的波長是在 1931 年由制定色彩標準的國際照明協會 (Commission International de l'Eclairage, 簡稱 CIE) 所制定。

以人類視覺系統來說，會將色彩視為不同份量的紅、綠、藍混合起來的結果；這也說明了人類的視覺對於這三種顏色特別敏感，因此紅色、綠色、藍色又被稱為**三原色** (primary colors)，然後將任兩個原色混合後得到的顏色稱之為**第二次色** (secondary colors)；經由對色實驗可以知道這三種顏色在色彩中所佔的份量，在 1931 年 CIE 已經做過這個實驗，其結果如圖 2.1 所顯示的，在某些波長中的紅色、綠或藍色值為負數，但是實際情況上是不可能發生。

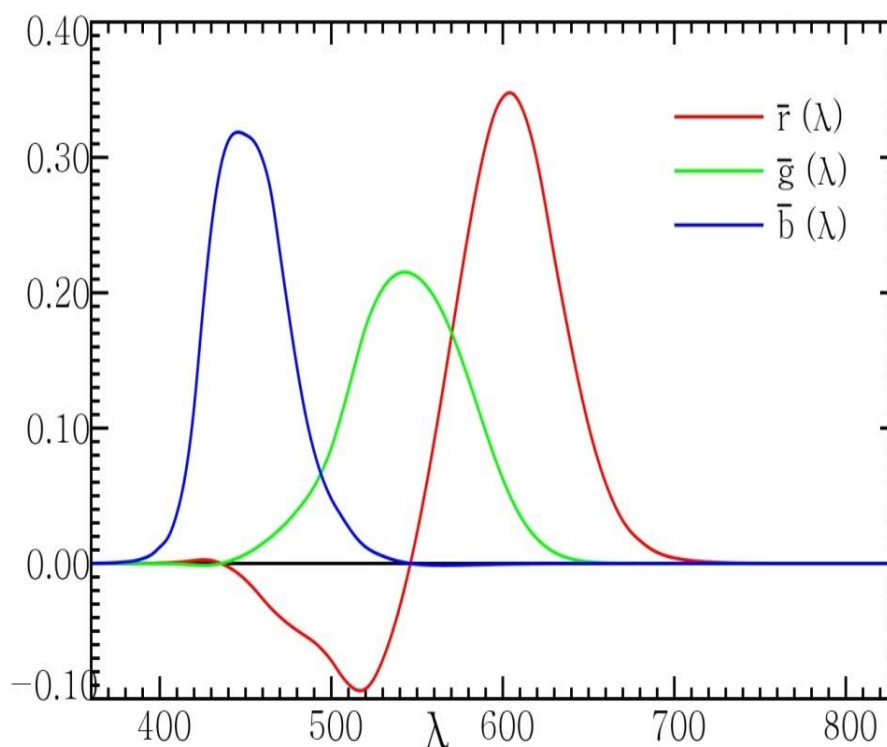


圖 2.1 RGB 對色函數 (CIE, 1931)

為了除去色彩資訊中的負數值，CIE 採用了 XYZ 色彩模型；X、Y、Z 的數值可以透過線性轉換與從對應的 R、G、B 數值得到，因為轉換過程較為複雜，在這裡就不多加詳述，已結果而言可以由下面的方程式 2.1 得到 X、Y、Z 的數值，而對應圖 2.1 RGB 曲線的 XYZ 對色函數如圖 2.2 所表示；CIE 規定 Y 部分必須對應到**亮度** (luminance)、或是顏色的明暗。

RGB 轉換 CIE XYZ 方程式：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.431 & 0.342 & 0.178 \\ 0.222 & 0.707 & 0.071 \\ 0.020 & 0.130 & 0.939 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

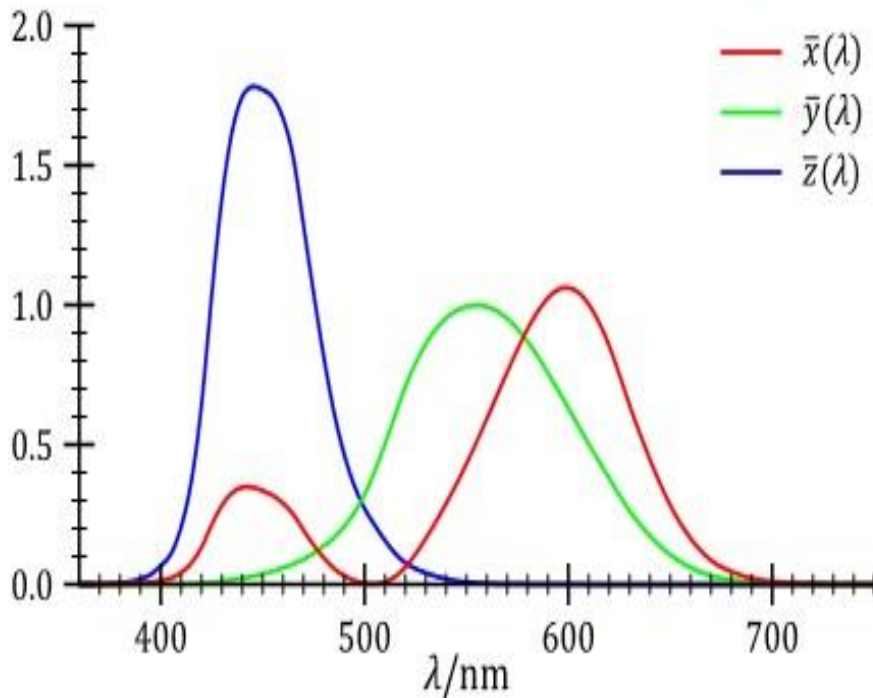


圖 2.2 XYZ 對色函數 (CIE, 1931)

2.1.2 LAB 色彩空間

LAB 是國際照明協會 (Commission International de l'Eclairage, 簡稱 CIE) 根據人眼的視覺特性將光線波轉換成亮度與色相的技術，其色彩空間比 RGB 還廣大，自然界中大部份的色彩都可以用 LAB 色彩空間來表達；因此並不像 RGB 色彩空間，LAB 的色彩比較接近於人類視覺也較於傾向感知均勻性，帶有維度的 L 代表著亮度，則 A 和 B 表示顏色對立維度，因此可以通過修改 A 和 B 分量的輸出色階來做精確的顏色平衡，或使用 L 分量來調整亮度對比。

因為 CIE LAB 是有 CIE XYZ 色彩空間衍生而出，所以在轉換 CIE LAB 時有兩個步驟：首先 RGB 經由線性轉換 (Linear Transform) 後轉換成 CIE XYZ 色彩空間，接著再將 XYZ 色彩空間轉換成 LAB，而 XYZ 轉換 LAB 方法如下方程式 2.2。

CIE XYZ 轉換 CIE LAB 方程式：

$$L = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$A=500 \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (2.2)$$

$$B=200 \left[\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

其中 X、Y、Z 是由物體 RGB 轉換 CIE XYZ 的三個刺激值，而 X_0 、 Y_0 、 Z_0 為 CIE 標準照明體的三個刺激值，在 CIE LAB 當中 L 代表色彩的亮度，A 和 B 則是表示色彩的範圍；如圖 2.3 所示，L 以 0 到 100 做為表示色彩亮度 0 表示為黑色則 100 表示為白色，它介於 A 與 B 之間，其中正 A 表示為紅色而負 A 表示為綠色，而正 B 表示為黃色負 B 表示為藍色

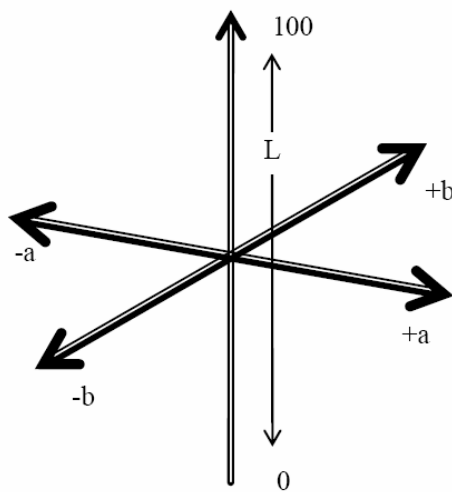


圖 2.3 Lab 色彩空間[17]

2.2 基因演算法

所謂的演算法 (Algorithms) [13] 是指一種經過規則性的數學運算或是邏輯判斷之後可以完成某特定工作之方法；而基因演算法 (Genetic Algorithms, 簡稱 GA) 則是根據了達爾文的進化論中物競天擇、強者生存，而弱者會被自然淘汰的生存競爭原則所發展出來的演算法；而基因演算法是一種尋找最佳化的有效方法，因為透過類似生物繁衍過程，透過選擇較佳的父母代再利用交配 (Crossover) 以及突變 (Mutation) 的方式，使得基因演算法可以逐漸找尋最佳解的方法；在使用基因演算法的時候，可以分成下面幾個步驟：

- 隨機選擇初始族群 (Initial population)
- 計算適應函數 (Evaluate fitness function)
- 選擇 (Select)
- 交配 (Crossover)
- 突變 (Mutation)
- 保留最佳基因 (Elitism)

在上述的步驟中不停的重複或是有規則的重複，直到找出我們所需要的最佳值或是最佳解；基因演算法從 1975 年由 John Holland 教授提出後，發展到現在

已經在各方面有相當不錯的應用，例如：工程方面的控制、物理方面的雷射技術、影像處理以及醫學和機器人學。在第三章會再詳細介紹基因演算法中各個步驟與方法。

2.3 影像應用於蘭花檢測

影像處理上除了應用於蘭花之外，也在各個農業產品上有相當好的結果，在這裡提出針對於機械視覺對於蘭花研究上前人的結果。

在 2000 年由黃國益博士與林聖泉教授在農業機械學刊上提出以機械視覺對蝴蝶蘭在大苗期幾何特徵之估算[26]，以影像處理方式分別估算蝴蝶蘭苗影像之最上層兩葉片端點之距離、夾角、葉片長度、葉片長寬比及葉片數等主要幾何特徵。

在 2003 年由翁聖澤所提出的研究”機械視覺與模式分析於蘭花瓶苗物性量測之研究” [25]利用底部打光的效果針對單株蘭花進行瓶苗特徵擷取，計算葉片之寬度、葉片之面積以及葉根之面積，並且利用類神經系統不同訓練次數與方法之下計算收斂值與相對誤差。

當然除了上述兩個研究之外還有許多相關於影像處理與機械視覺應用於農業產品的好結果，根據這些前人的結果可以知道影像處理在農業產品上的極大幫助；在這些農業產品的研究中可以發現，在針對農業產品的研究上葉片上的特徵值可以算是在檢測農業產品的品質上有相當的幫助，所以在蘭花還未成長完成時針對葉片的檢測也可以說是相當重要

另外根據上述兩個的研究他們是利用 RGB 色彩空間進行研究，但是在有光線的照射之下會對於 RGB 色彩空間有影響，所已在本文中利用 CIE Lab 色彩空間的方式，進行亮度與色彩的分離，藉由這個方式可以在色彩上有更多的變化與選擇，以及最後再利用基因演算法的方式改變訓練值達到更好的顏色篩選。

第三章 系統架構與方法

在本章節當中，將介紹蘭花檢測系統的系統整體架構，其中可以分為兩個部分，第一個部份是硬體架構與 Arduino 介面板，第二個部份為軟體系統架構，在第一部分中會說明第二章所提到的可調式白光 LED 電路，藉由 Matlab 來控制 Arduino 介面板以達到控制白光 LED 的明亮度，以及在拍攝蘭花時所用的環境；第二個部份會說明整體系統流程。

3.1 硬體架構

3.1.1 硬體架構

在本文中所使用的可調式白光 LED 電路是使用”應用光敏電阻於 PWM 白光 LED 調光電路”[14][15]所設計出來的電路，是經由光敏電阻來做為調光媒介，根據外部光線的大小來改變白光 LED 的光線強度，因此可以將光敏電阻上面覆蓋 LED 並由 Arduino Simple I/O 介面板還控制該 LED 的光線強度，藉此就可以調整在實驗環境中的白光 LED 中型燈具的所有光線強度，由於白光 LED 中型燈具

中擁有 90 顆的白光 LED，為避免供電不足以點亮所有的 LED，因此使用了 6 塊調光電路分別控制 15 顆的白光 LED，來降低負擔。

接下來會針對調光電路做說明，主要介紹在電路中所使用的 NE555 振盪器 [27]、LM358 [28] 放大器以及 2N6660 [29]，在這邊會將這三個主要特性做進一步的說明，圖 3.1 為白光 LED 調光電路的電路圖。

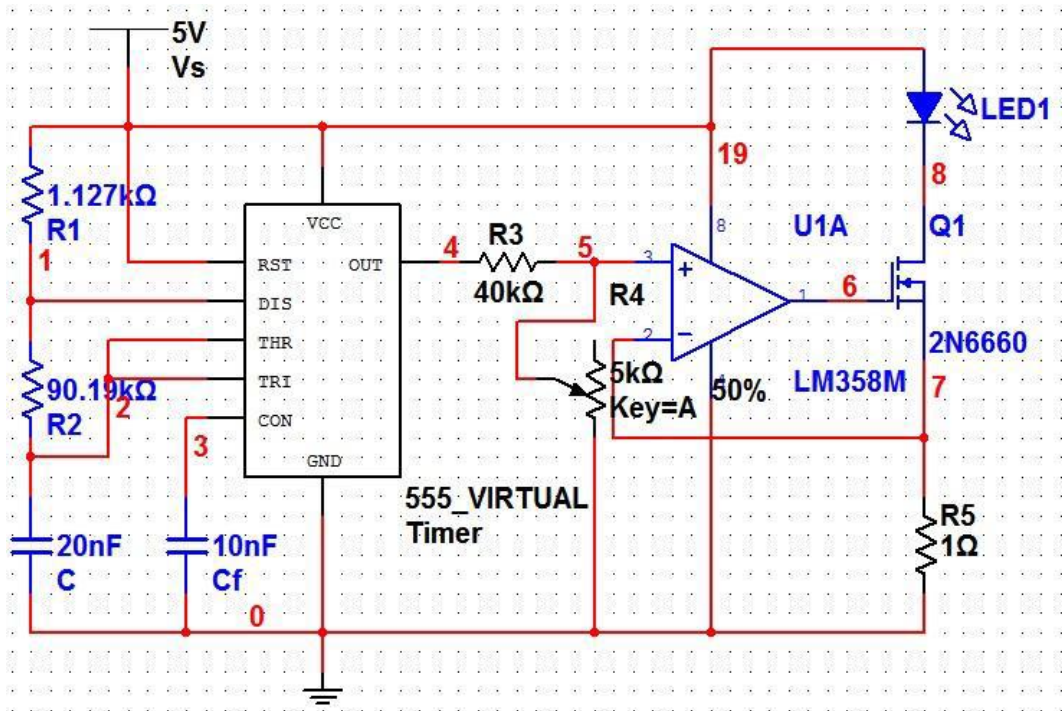


圖 3.1 白光 LED 調光電路圖

NE555 振盪器

NE555 振盪器 [27] 是一個高穩定度的控制器，它能夠精確的產生時間脈衝，而在於單穩態運作與延遲時間控制時只需一個外部電阻與一個外部電容即可；而在非穩態控制頻率與工作週期也只需要兩個外部電阻器與一個外部電容即可。其特性為：

- ◆ 高電流驅動能力 (200mA)。
- ◆ 可調整工作週期。
- ◆ 0.005%/°C 的溫度穩定性。
- ◆ 定時可從 μsec 至小時。
- ◆ 關閉時間少於 $2\mu\text{sec}$ 。

圖 3.2 為 NE555 振盪器腳位圖，接下來會對腳位做簡單的說明：

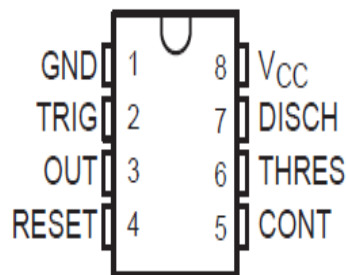


圖 3.2 NE555 振盪器腳位圖

- 1、PIN1 (接地, Ground) : 接地腳位。
- 2、PIN2(觸發, Trigger): 當 PIN2 電壓低於 $1/3V_{cc}$ 時會使 PIN3 為 Hight, 且對 PIN7 為開路。
- 3、PIN3 (輸出, Output) : 為 555 輸出腳位, 其輸出電壓維 Hight 或 Low 是由 PIN2、PIN4 以及 PIN6 控制。
- 4、PIN4 (重置, Reset) : 當 PIN4 之電壓小於 0.4V 時, 會使 PIN3 輸出為 Low。
- 5、PIN5 (控制電壓, Control Voltage) : 允許由外界電路改變 PIN1 與 PIN6 之動作電壓, 平時大多接一個 $0.01 \mu F$ 以上的電容後接地, 以避免受到雜訊干擾。
- 6、PIN6 (臨界, Threshold) : 當 PIN6 電壓高於 $2/3V_{cc}$ 時, 會使 PIN3 輸出為 Low, 同時令 PIN7 對地短路。
- 7、PIN7 (放電, Discharge) : 與 PIN1 同步動作, 當 PIN1 輸出為 Hight 時, PIN7 對地開路; 當 PIN1 輸出為 Low 時, 則 PIN7 對地短路。
- 8、PIN8 (正電壓, Vcc) : 其工作電壓維 4.5V 至 16V。

LM358 放大器

LM358 放大器[28], 見圖 3.3, 其中包括了兩個獨立的高增益頻率補償運算放大器, 適用於電壓範圍很寬的單電源或是雙電源工作方式; 這些設備包括兩個獨立的, 高增益, 頻率補償運算放大器從單電源的寬電壓範圍設計工作; 其應用範圍包括了傳感放大器、直流放大模組或是其他傳統可用單電源供電的地方使用。

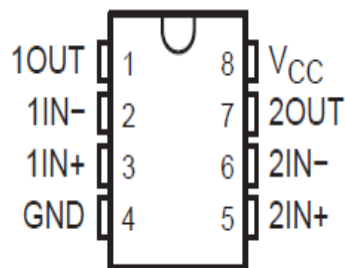


圖 3.3 LM358 放大器腳位圖

LM358 放大器特性為：

- ◆ 內部頻率補償。
- ◆ 直流電壓增益高 (約 100dB)、單位增益頻帶寬 (約 1MHz)。
- ◆ 電源電壓範圍寬：單電壓 (3V 至 30V)、雙電壓 ($\pm 5V$ 至 $\pm 15V$)。
- ◆ 低電源電流消耗, 與電壓無關... 等等。

2N6660

Supertex 公司的 2N6660[29]為 N 通道增強型場效應電晶體,採用垂直 DMOS 結構,具有雙極電晶體的功率處理能力、高輸入阻抗與正溫度係數的特性,可避免受熱失控導致二次擊穿;非常適合在低輸入電容、高輸入阻抗、擊穿電壓高與快速開關速度的應用。

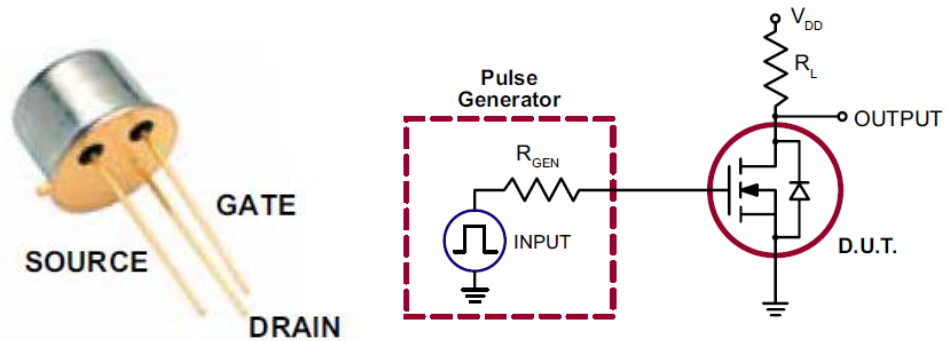


圖 3.4 2N6660 (左)、2N6660 測試電路 (右)

2N6660 其特點與應用為：

- ◆ 無二次擊穿
- ◆ 低功率驅動需求
- ◆ 高輸入阻抗與高增益
- ◆ 優異的熱穩定性
- ◆ 雙極電晶體的功率處理能力

可應用於：

- ◆ 馬達控制
- ◆ 轉換器
- ◆ 放大器
- ◆ 開關
- ◆ 電源電路...等等

光敏電阻

光敏電阻 (CDS Photo Resistor) 簡稱光電組又名光導管,如圖 3.5 所示,是一種常用硫化鎘製成的薄膜型態的電子元件,其電阻值與光線的強弱有直接的關係,當有光線照射時,電阻內穩定狀態的電子會受到激發成為自由電子,所以當光線增強時,產生的自由電子就越多,則電阻值就會減小;光線減弱時,產生的自由電子就越少,則電阻值就會增大;不同型號的光敏電阻電子特性如圖 3.6 所示。

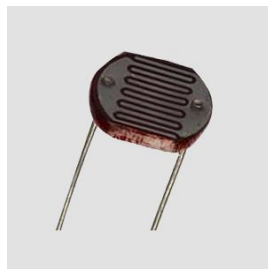


圖 3.5 光敏電阻

PGM5**** series 電子特性									
型號	最大電壓 (VDC)	最大功率 (mW)	環境溫度 (°C)	光譜峰值 (nm)	亮電阻 (10Lx)(KΩ)	暗電阻 (MΩ)min	γ min	響應時間(ms)	
								上升	下降
PGM5506	100	90	-30 ~ +70	540	2 ~ 6	0.15	0.6	30	40
PGM5516	100	90	-30 ~ +70	540	5 ~ 10	0.2	0.6	30	40
PGM5526	150	100	-30 ~ +70	540	8 ~ 20	1.0	0.6	20	30
PGM5537	150	100	-30 ~ +70	540	16 ~ 50	2.0	0.7	20	30
PGM5539	150	100	-30 ~ +70	540	30 ~ 90	5.0	0.8	20	30
PGM5549	150	100	-30 ~ +70	540	45 ~ 140	10.0	0.8	20	30
PGM5616D	150	100	-30 ~ +70	560	5 ~ 10	1.0	0.6	20	30
PGM5626D	150	100	-30 ~ +70	560	8 ~ 20	2.0	0.6	20	30
PGM5637D	150	100	-30 ~ +70	560	16 ~ 50	5.0	0.7	20	30
PGM5639D	150	100	-30 ~ +70	560	30 ~ 90	10.0	0.8	20	30
PGM5649D	150	100	-30 ~ +70	560	50 ~ 160	20.0	0.8	20	30
PGM5659D	150	100	-30 ~ +70	560	150 ~ 300	20.0	0.8	20	30

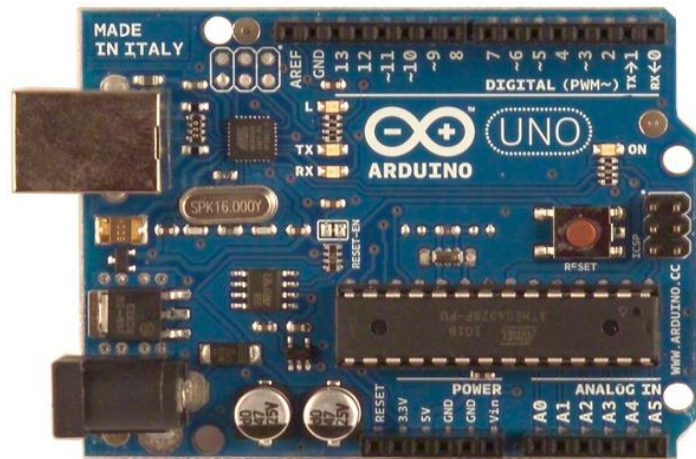
圖 3.6 光敏電阻電子特性[14]

3.1.2 ARDUINO

在本文中所使用的可調式白光 LED 電路[14]採用了 Arduino Simple I/O 介面板，在這裡會先簡單的介紹 Arduino，關於可調式白光 LED 電路會再第三章更詳細的介紹。

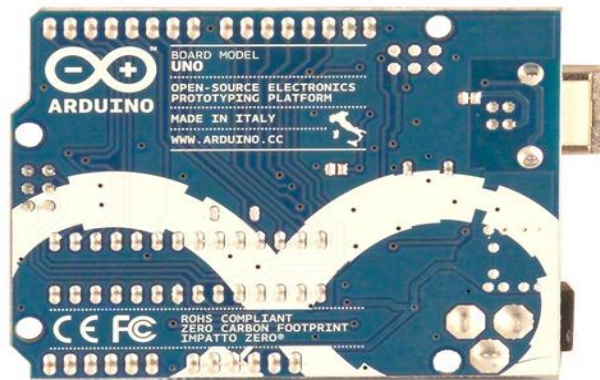
ARDUINO 特性

Arduino 是一塊基於開放原始碼的 Simple I/O 介面板[9]，是由義大利一個團隊所開發出來的單晶片控制版。如圖 3.7、3.8；Arduino 具有使用類似 Java、C 語言的開發環境，讓您可以快速學習使用 Arduino 語言與 Flash 或 Processing... 等軟體；也可以使用開發完成的電子元件如本文所使用的白光 LED 或是其它控制器、步進馬達或其他輸出裝置；同時也可以獨立運作成為可以跟軟體溝通的介面。由於 Arduino 可以成為跟軟體溝通的介面，這樣我們在除了在使用 Matlab 控制攝影機的同時，也可以藉由 Matlab 的指令來調整白光 LED 光線的強度。



Aroboto Studio

圖 3.7 Arduino 正視圖



Aroboto Studio

圖 3.8 Arduino 背視圖

在這裡將簡單說明 Arduino 本身的特性[9]，如下：

- ◆ 開放原始碼的電路圖設計，程式開發介面
- ◆ 免費下載，也可依需求自己修改
- ◆ Arduino 可使用 ISCP 線上燒入器，自我將新的 IC 晶片燒入「bootloader」
- ◆ 可依據官方電路圖，簡化 Arduino 模組，完成獨立運作的微處理控制。
- ◆ 可簡單地與感測器，各式各樣的電子元件連接，如：白光 LED、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達等等。
- ◆ 支援多樣的互動程式，如：Flash、Max/Msp... 等
- ◆ 使用低價格的微處理控制器(ATMEGA8-16) NT\$120~NT\$150
- ◆ USB 介面，不需外接電源，另外有提供 9VDC 輸入
- ◆ 應用方面，利用 Arduino，突破以往只能使用滑鼠，鍵盤，CCD 等輸入的裝置的互動內容，可以更簡單地達成單人或多人遊戲互動。

ARDUINO 規格與開發環境

由圖 3.9 可以看到 Arduino 基本結構，在這裡將介紹 Arduino 的規格與它的開發環境。

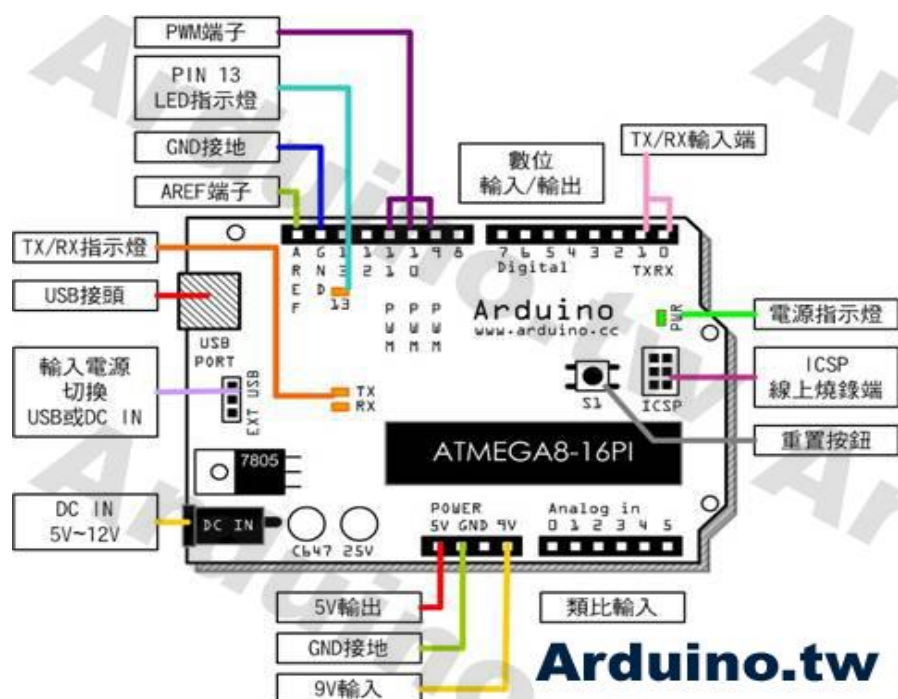


圖 3.9 Arduino 介面板 (圖片來源：Arduino.TW[9])

Arduino 規格如下：

- ◆ Digital I/O 數位式輸入/輸出端共 1~13。
- ◆ Analog I/O 類比式輸入/輸出端共 0~5。
- ◆ 支援 USB 接頭傳輸資料及供電(不需額外電源)。
- ◆ 支援 ICSP 線上燒錄功能。
- ◆ 支援 TX/RX 端子。
- ◆ 支援 AREF 端子。
- ◆ 支援三組 PWM 端子(Pin11,Pin10,Pin9)。
- ◆ 輸入電壓：接上 USB 時無須供電。5V~12V DC 輸入。
- ◆ 輸出電壓：5V DC 輸出
- ◆ 採用 Atmel Atmega8-16PI/PU 單晶片。
- ◆ Arduino 大小尺寸：寬 70mm X 高 54mm。

因為 Arduino 是開放原始碼的 Simple I/O 介面板，所以也可以在 Arduino 的官方網站裡免費下載到 Arduino 開發環境；Arduino 的語法結構與 Processing、Java、C 語言相當類似，所以只需要有基礎的程式設計能力就可以快速上手；圖 3.10 為 Arduino 開發環境。

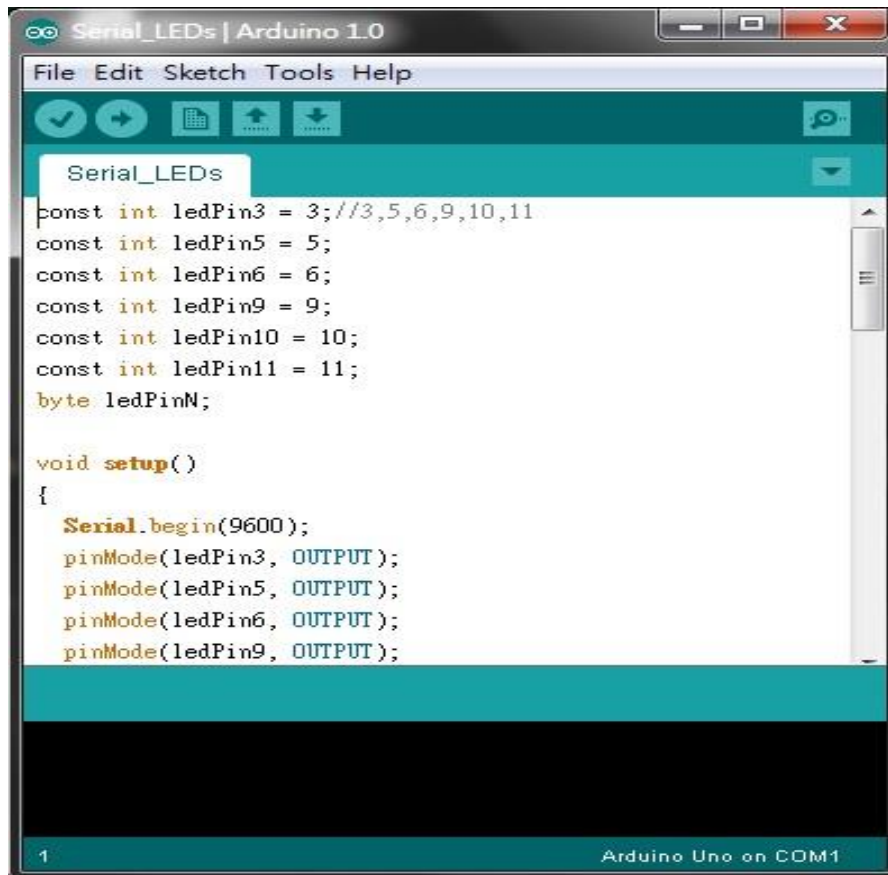


圖 3.10 Arduino 開發環境

3.1.3 Arduino 介面控制

在前面的章節中，介紹過了 Arduino Simple I/O 介面板，在這裡由於需要利用白光 LED 去針對光敏電阻的照射來進行白光 LED 的調光，為了在 LED 照射光敏電阻時避免光線外露，利用了黑色熱縮套管與絕緣膠帶來固定，在這裡除了避免光線外露之外，還可以避免外界光線的干擾以及強化用來調整控制訊號的 LED 之效率，讓元件轉換更為有效率，如圖 3.11 紅框處所示。

在做完調整控制用的 LED 與光敏電阻結合的前置作業後，就可以將調控用的 LED 接置 Arduino Simple I/O 介面板，就可利用 Arduino 來控制 LED 的光線強度，在 Arduino 介面板上總共有 6 之接腳可以用來控制 LED，因為本文在調光電路上為避免負擔過於沉重，使用了 6 個調光電路各外接 15 顆白光 LED，也充分的利用了 Arduino 上面的 6 個接腳，圖 3.12 為調控用 LED 與 Arduino 介面板示意圖。

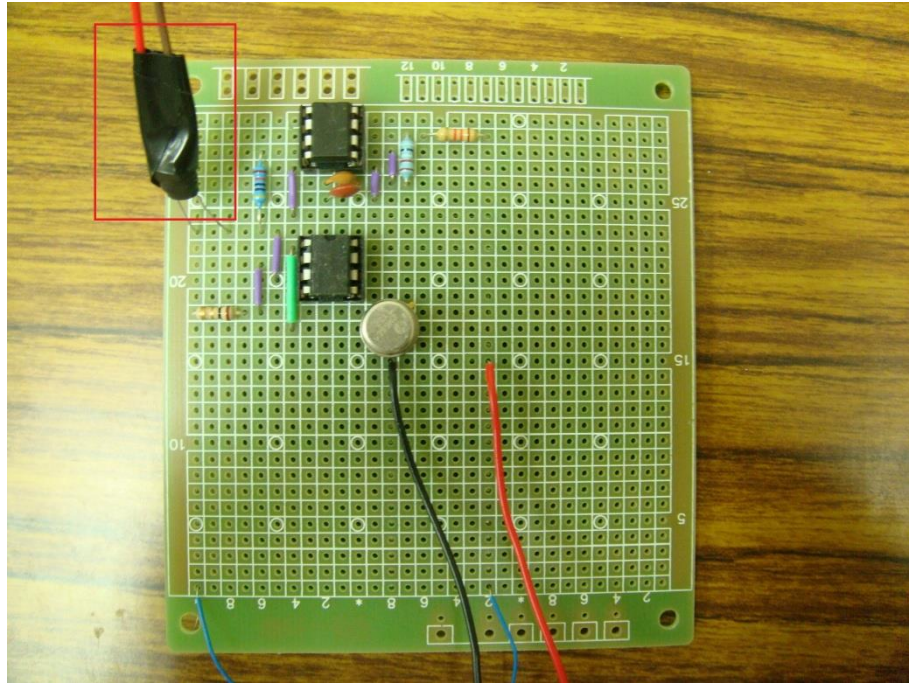


圖 3.11 光敏電阻與 LED 結合示意圖

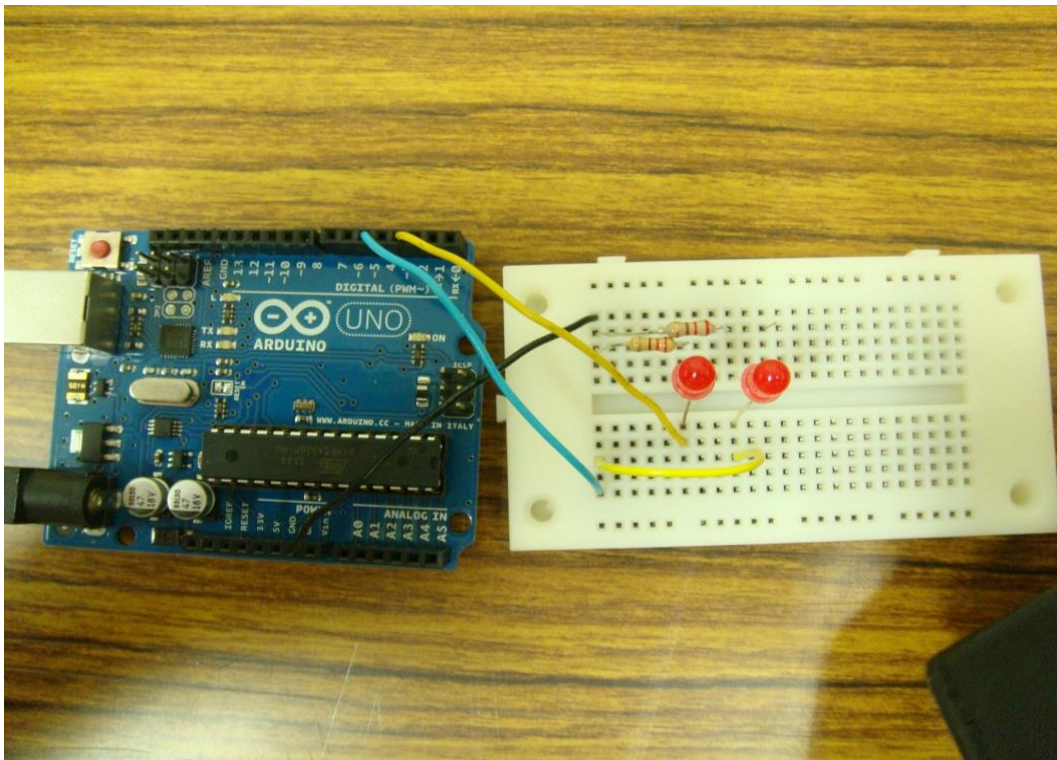


圖 3.12 調控用 LED 與 Arduino 連接示意圖

除了使用 Arduino 本身自己所擁有的開發軟體外，本文還利用了 Matlab 來做外部軟體控制 Arduino，利用了 Matlab 來做為亮度與時間的控制，在這裡本文將亮度分為 0 至 100，是以人的肉眼辨別程度來區分，在轉換至中型白光 LED 燈具時，在亮度 50 與 100 所拍攝出來的影像亮度並沒有差距相當的多。

3.2 軟體系統架構

在這裡將說明種個系統的流程與架構，在做蘭花檢測系統，本文利用了遺傳演算法(GA)以及利用形狀與邊界的方法，透過由中型白光 LED 燈具的照射下，結合上訴的方法與 Lab 色彩空間，並且藉由各種影像處理之方法[12]，來檢視蘭花葉片的厚度、形狀以及面積；而系統架構的整體流程如圖 3.13：

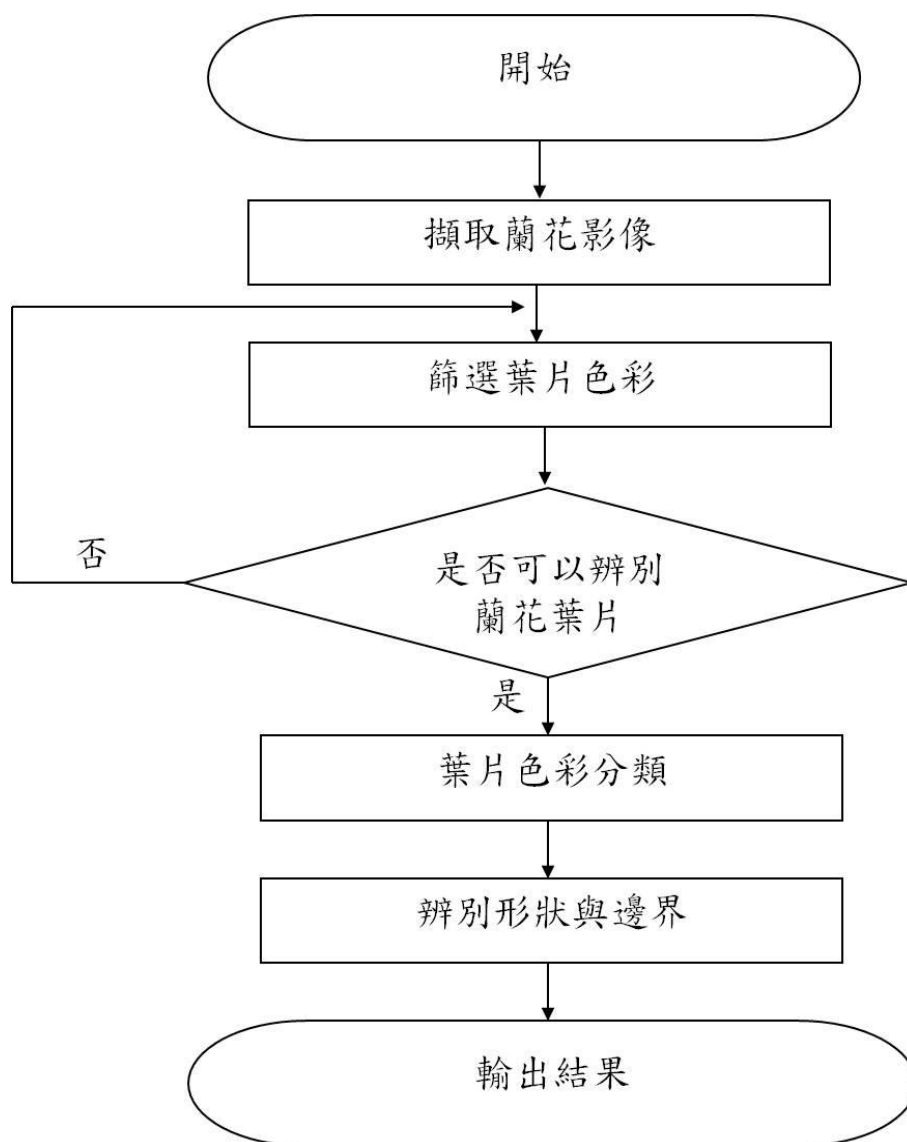


圖 3.13 系統流程圖

3.2.1 數學形態學

數學形態學 (Mathematical morphology) [12]，簡稱形態學 (morphology)，是專門用來處理與分析影像中的形狀，為影像處理的其中一環；接下來將說明形態學中十分重要的兩種基礎形態學運算，其他大多是以這兩種運算組合變化而成，分別為膨脹 (Dilation) 與侵蝕 (Erosion)。

膨脹 (Dilation)

膨脹有放大物體之效果，原物體 A 可以通過與形狀 B 來進行膨脹，可以記為 $A \oplus B$ ，其定義為：

$$A \oplus B = \bigcup_{w \in B} A_w \quad (3.1)$$

代表每個點 $w \in B$ ，都使用其座標點來對 A 進行平移，全部的平移結果取聯集，根據 B 的座標不同，也會有不同的結果，下圖 3.14 為膨脹示意圖。其另一個相等的定義為：

$$A \oplus B = \{(x, y) + (u, v) | (x, y) \in A, (u, v) \in B\} \quad (3.2)$$

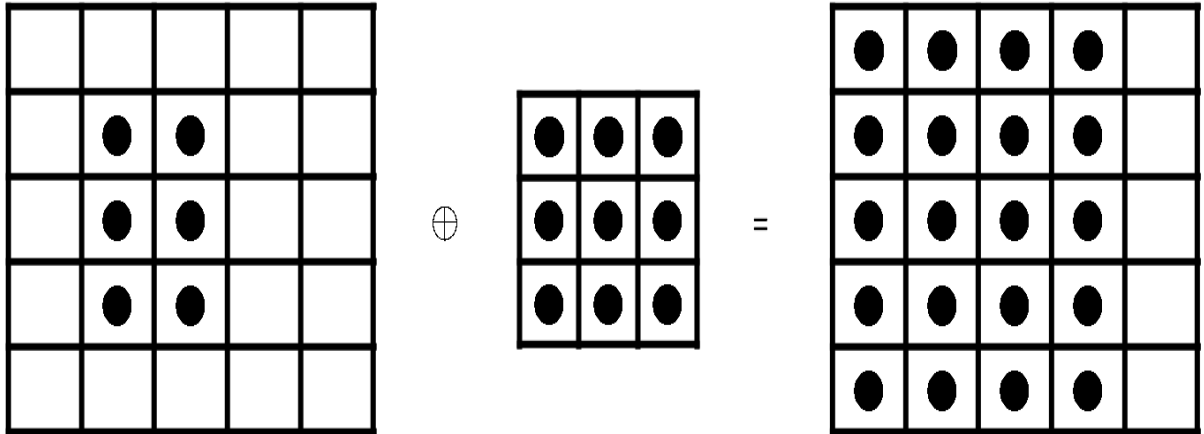


圖 3.14 膨脹

侵蝕 (Erosion)

而侵蝕與膨脹相反有收縮之效果，一個物體 A 以通過與形狀 B 來進行侵蝕，其定義為：

$$A \ominus B = \{w | B_w \subseteq A\} \quad (3.3)$$

當使用 B 侵蝕 A 的結果，是由像素點 $w=(x,y)$ 所建築而成的，首先將 B 放入 A 之中，找到其相符的位置並且標記對應 B 的原點，如圖 3.15 所示

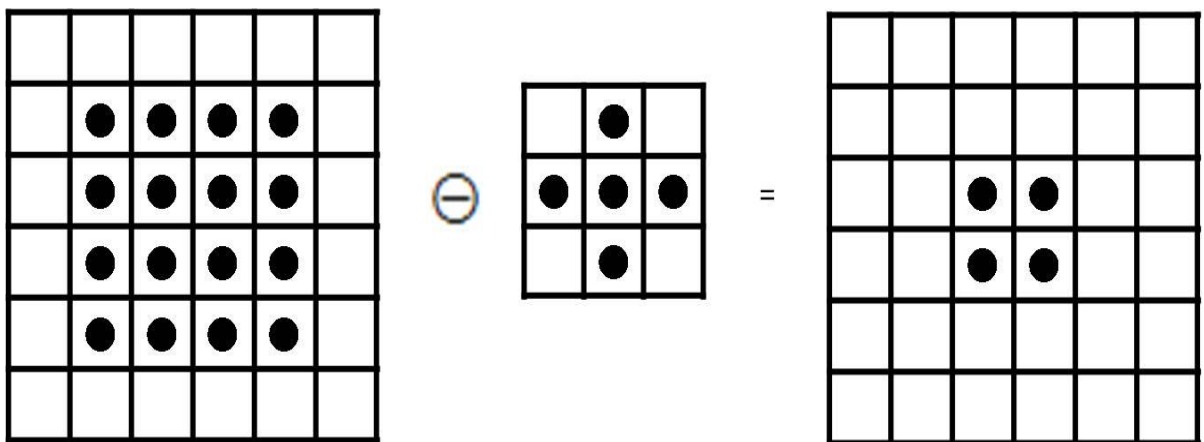


圖 3.15 侵蝕

透過形態學的方式，可以將影像當中部份的雜訊濾除、影像骨架化也可以應

用在邊緣的檢測上面，在接下來的部分將會介紹本文中所使用從這兩個膨脹與侵蝕中演化出來的方式開啟(open)與關閉(closing)。

3.2.2 開啟與關閉

在 3.2.1 中所提的數學形態學，其中兩個基本的方法膨脹與侵蝕，在這裡為了將蘭花葉片其邊緣平滑與某些細微的雜訊去除，使用了以膨脹與侵蝕為基礎所衍生出來的方法開啟與關閉。

接下來會以在實驗中所擷取出來的影像作為範例，透過經由開啟與關閉來達到去除細微雜訊，圖 3.16 為擷取出來的葉片轉為二元數位影像。



圖 3.16 蘭花葉片二元數位影像

開啟 (open)

開啟擁有平滑影像，去除細小連接點以及可以去除細微突出的部分，開啟的定義為：

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (3.4)$$

也就是先做侵蝕後再做膨脹，也可以定義為：

$$A \circ B = \cup \{B_w | B_w \subseteq A\} \quad (3.5)$$

在圖 3.16 的圖中可以看到當蘭花葉片的圖片擷取出來時，還是可以發現在影像中有些微的雜訊，在這裡利用開啟的方式後，就可以發現原圖片中部份雜訊以被去除，如圖 3.17 所示。

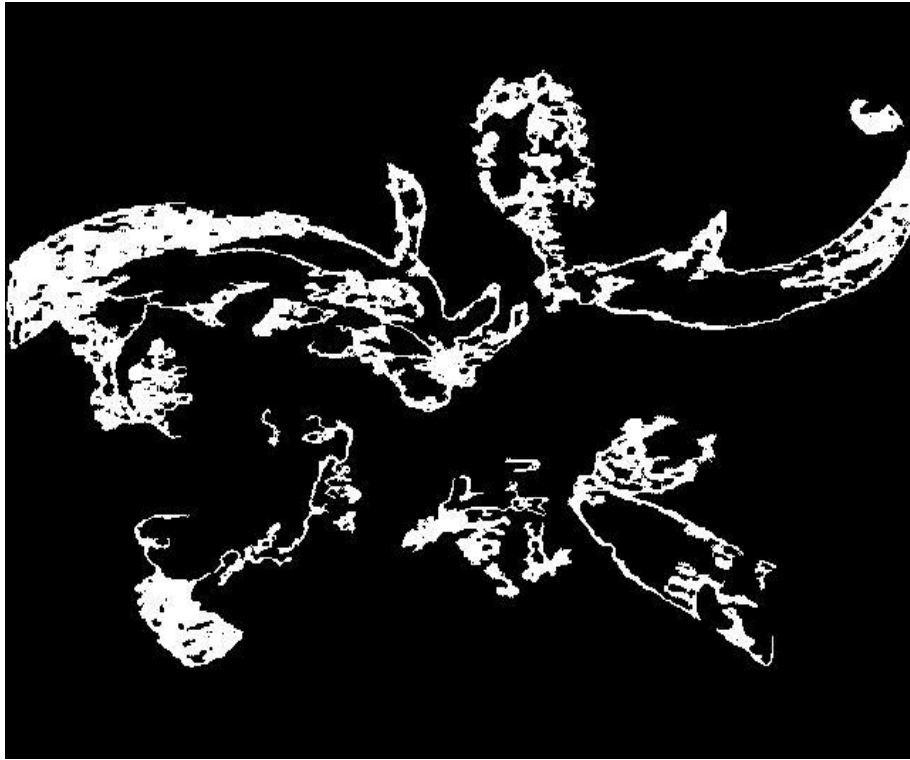


圖 3.17 開啟

關閉 (closing)

關閉也擁有平滑影像的效果，與開啟不同的是會將細微斷裂或紋路的地方連接起來，並且去除細小的空洞，其定義為：

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3.6)$$

也可以視為先膨脹後再做侵蝕所得的結果，而關閉的另外一個定義為 $x \in A \bullet B$ 在做完開啟後可以由圖 3.17 中可以看到一些細微空洞，這時再利用關閉的方式把空洞的部分補起來，可以讓圖片看起來更像葉片的形狀，如圖 3.18 所示。



圖 3.18 關閉

一開始所篩選的葉片色彩，可以經由程式將一張影像中，把不同的色彩或是所選定綠色葉片的色彩分離出來，再經由開啟與關閉的方式把葉片的形狀顯示出來，再將其所有分離葉片色彩所篩選的葉片形狀進行相加之後，可以看出整個蘭花的葉片的面積，接著再進行形狀與邊界判別葉片形狀，選擇適合或是完整的葉片做為基準，來計算葉片數量。

3.2.3 形狀與邊界

在進行影像中形狀與邊界的處理，必須先了解一些在處理影像時所用的基本工具，在這裡會先說明這些基本工具，再針對形狀與邊界方法做討論

數位拓撲學

在影像處理當中，通常會針對影像的基礎特性感興趣，例如：特定物體的數目、是否有空洞等等；這些基礎屬性的檢查就被稱為**數位拓撲學**(digital topology) 又或是**影像拓撲學**(image topology) [12]。

舉例來說，當我們設定影像閾值後，執行形態學的開啟與關閉之後，在影像中可以得到大部分葉子形狀。如上圖 3.18 所示，雖然葉片數目可以經由形態學的方法來確定，然而影像拓撲學提供了更有效的方法來計算物體數目；這邊會提出兩個較為基礎但是且相當有效的方法。

近鄰與相鄰

在進行計算物體數目前，要先定義其近鄰與相鄰，所謂的 4-近鄰就是針對像素點 I 九宮格區域的上下左右的四個位置，如圖 3.19 所示，而這樣稱為**4-近鄰**(4-neighbors)。

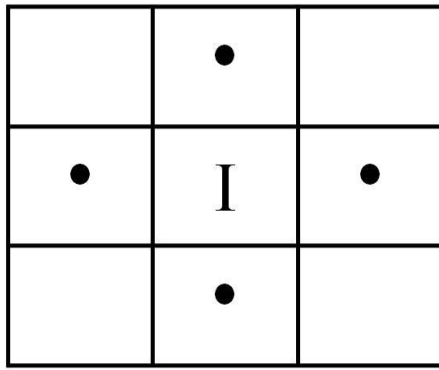


圖 3.19 4-近鄰

而 8-近鄰就是針對像素點 I 九宮格區域除原點之外其他 8 個位置，如圖 3.20 所示，而這樣稱為 **8-近鄰** (8-neighbors)。

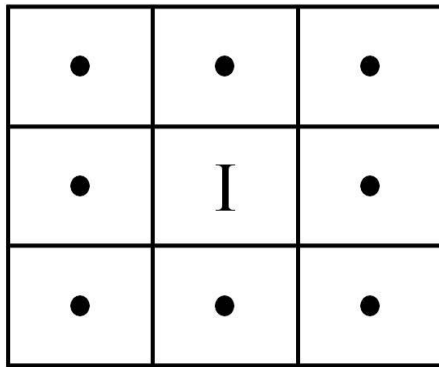


圖 3.20 8-近鄰

若是像素點 I 與像素點 P 互為 4-近鄰，則它們就被稱做為 **4-相鄰** (4-adjacent)；若互為 8-近鄰，則就被稱為 **8-相鄰** (8-adjacent)。

路徑與部分

假設像素點 I 與像素點 P 為任意兩個像素點，如果 I 與 P 可以通過某些像素點而相連在一起，如圖 3.21 所示：

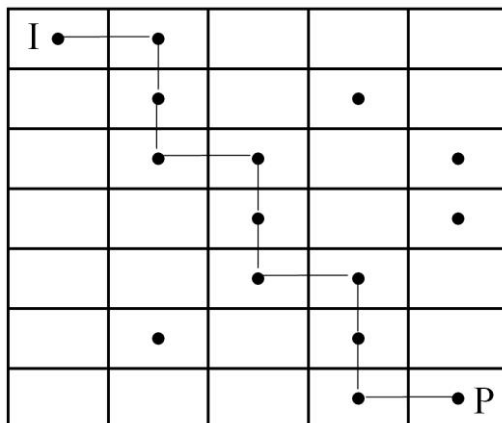


圖 3.21 4-連通

在此路徑中的像素點互為 4-相鄰，如圖 3.21 的路徑所示，則像素點 I 與像素點 P 稱為 **4-連通** (4-connected)，反之如果路徑中的像素點互為 8-相鄰，則像素點 I 與像素點 P 就稱為 **8-連通** (8-connected)；而一組互為 4-連通的像素點集合，就被稱為 4-部分 (4-component)，反之如果有一組互為 8-連通的像素點集合，就可以稱為 8-部分 (8-component)

鏈碼 (chain code)

鏈碼 (chain code)，順著影像中物體的邊界行進，並且記住其行進方向，而這些被記錄下來的方向就被稱為鏈碼，而在進行鏈碼時必須檢視兩種邊界，分別為 4-連通與 8-連通，如果選擇的是 4-連通則會可能有 4 種方向，若是選擇 8-連通則會可能會有 8 種方向，其方向圖如下圖 3.22 所示。

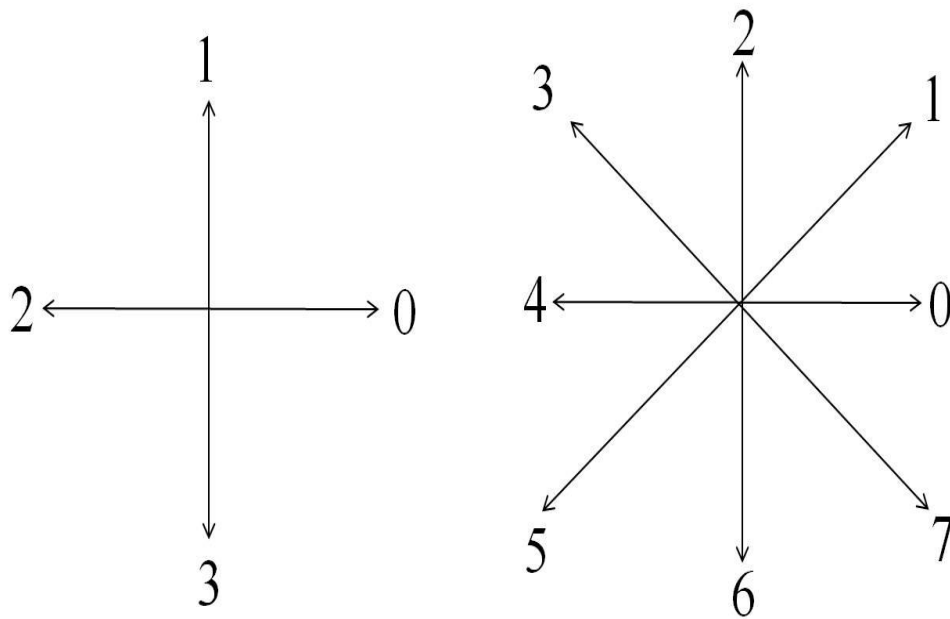


圖 3.22 鏈碼方向

接下來用簡易的物體形狀與其邊界為例，如下圖 3.23、3.24 所示，表示如何記下方向

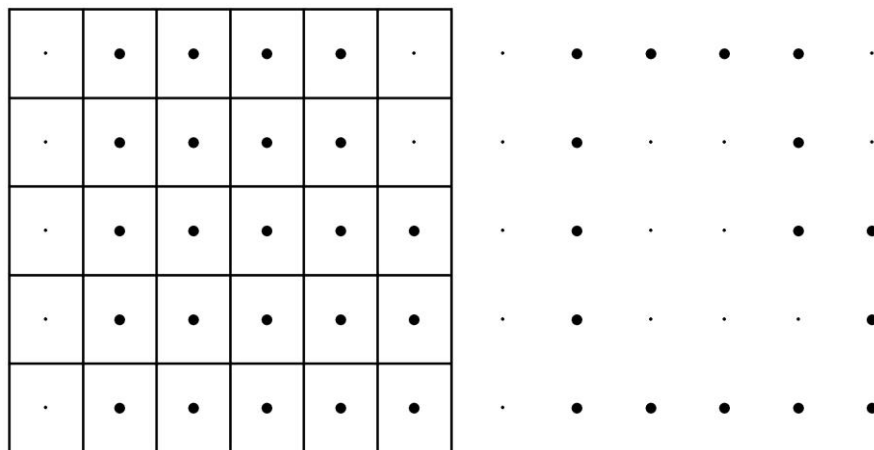


圖 3.23 簡易物體形狀與邊界

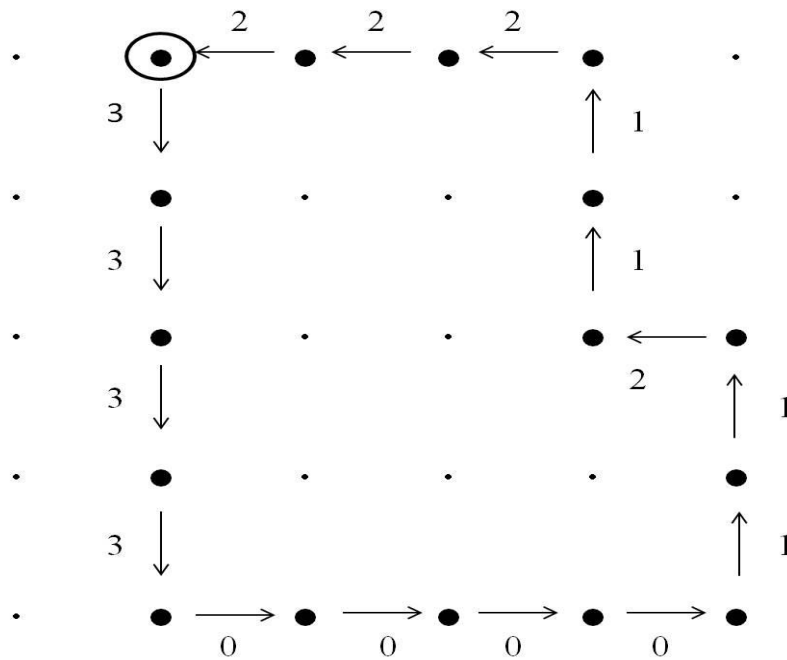


圖 3.24 物體鏈碼

由圖 3.24 可以看到，假設從物體最左上角的像素點開始，以逆時針的方向沿著其邊界記下方向，則可把鏈碼讀作：

3 3 3 3 0 0 0 0 1 1 2 1 1 2 2 2

而這就是鏈碼形成方式。

3.2.4 基因演算法

基因演算法（Genetic Algorithms，簡稱 GA）是根據了達爾文的進化論中**物競天擇、強者生存**，而**弱者會被自然淘汰的生存競爭原則**所發展出來的演算法；而基因演算法是一種尋找最佳化的有效方法，因為透過類似生物繁衍過程，透過選擇較佳的父母代再利用**交配**（Crossover）以及**突變**（Mutation）的方式，使得基因演算法可以逐漸找尋最佳解的方法；在使用基因演算法的時候，可以分成下面幾個步驟：

- 1、 隨機選擇**初始族群**（Initial population）
- 2、 計算**適應函數**（Evaluate fitness function）
- 3、 **選擇**（Select）
- 4、 **交配**（Crossover）
- 5、 **突變**（Mutation）
- 6、 **保留最佳基因**（Elitism）

而通常在進行實驗時會給予一個停止代數，在演化過程中達到最大代數時就會終止演算法，基因演算法，將所要搜尋的所有參數編碼稱為**染色體**，可以以一個二元的字串來表示，而隨機得到的二元字串會經過計算適應函數，將原本的二元字串解碼成十進位的時數碼。

透過計算適應函數之後，就可以利用選擇的方式來選擇父代與母代，選擇出

父代與母代後就可以進行交配之動作，再透過突變率在某一子代產生突變，最後則是篩選當代所有子代中挑選最佳基因值並且保留下來，以這樣的方式持續到最大代數為止；而整個流程如圖 3.25 所示

基因演算法流程圖：

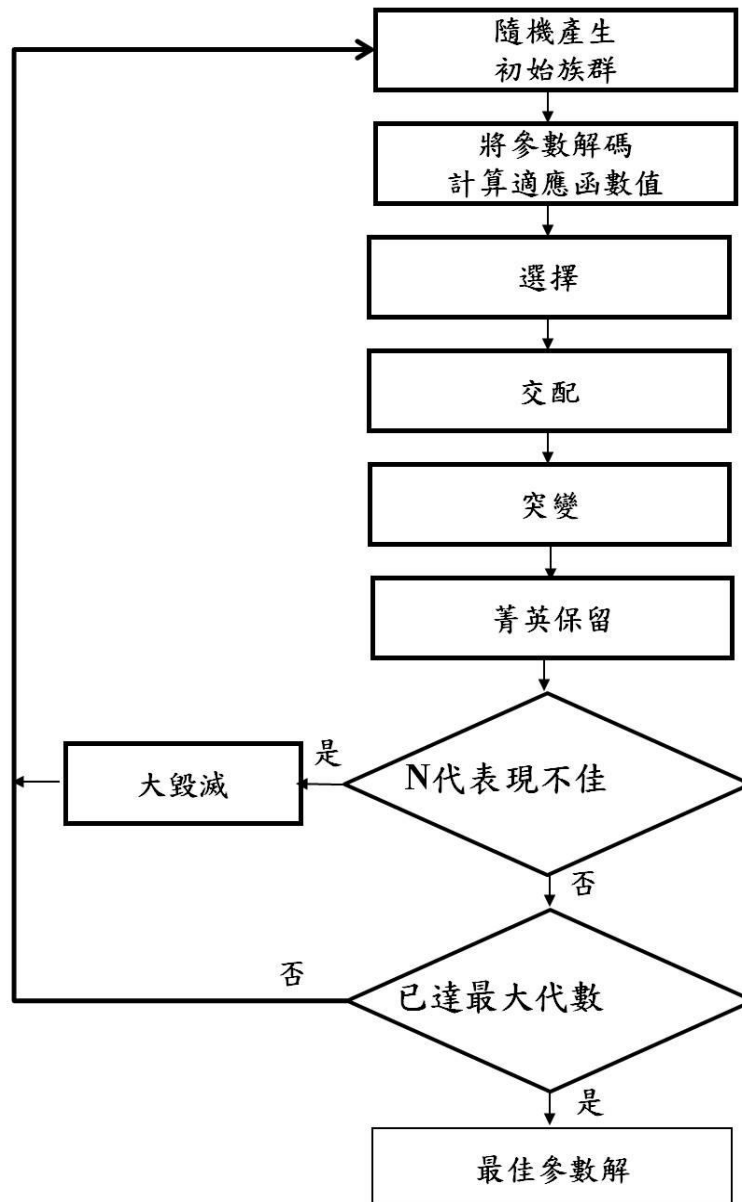


圖 3.25 基因演算法流程圖

接下來就會介紹基因演算法中的各種方法。

選擇 (Select)

一開始經由隨機亂數決定多組的二元字串，經過計算適應函數之後就可以得到其十進位的時數，就可以開始基因演算法的第一個步驟**選擇** (Select)，而選擇的方式最常見的就是**輪盤法** (Roulette wheel selection)，所謂的輪盤法顧名思義就是將所得的十進位以比例分成若干扇形，再以隨機的方式挑選編號，當分成

扇形時每個比例都不盡相同，扇形面積愈大者愈容易被選中，反之扇形面積愈小時就較不容易被選中，如圖 3.26 所示，紅色面積較容易選中，則藍色面積較為不容易被選中；而在挑選完兩個父代與母代之後，就可以進行交配的動作。

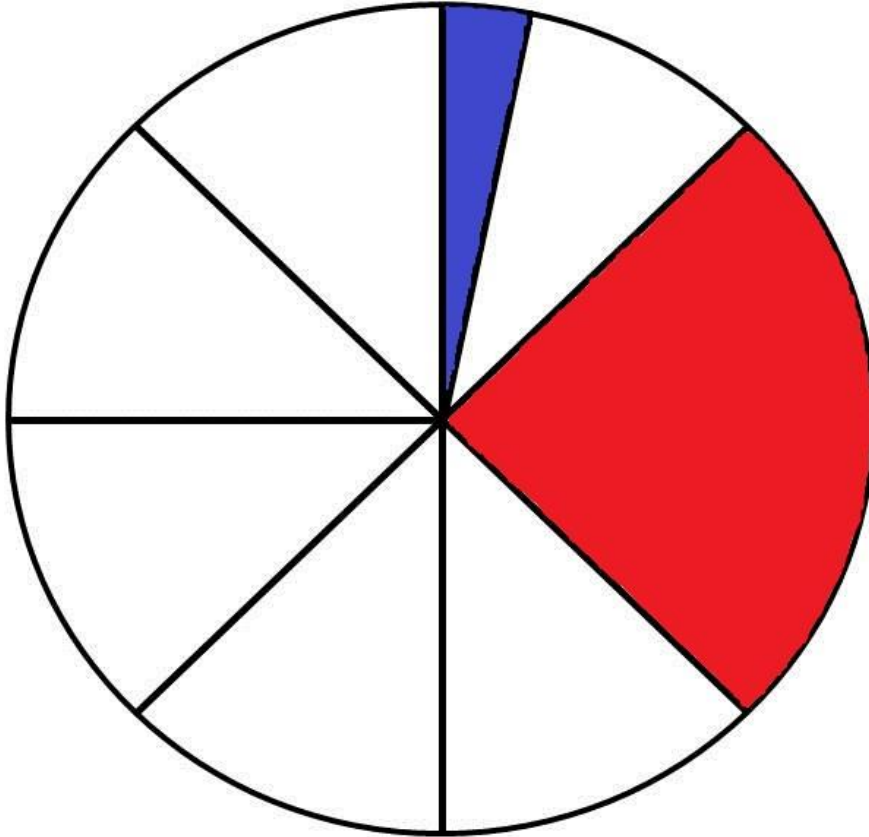


圖 3.26 輪盤法

交配 (Crossover)

在上述的輪盤選擇法之後，就可以開始進行父代與母代的交配(Crossover)，而交配的方法最常用的有三種，再來會對這三種方法一一的說明，其方法分別為單點交配 (Single-point crossover)、雙點交配 (Double-point crossover) 以及均等交配 (Uniform crossover)。

單點交配 (Single-point crossover)

所謂的單點交配，是在所選出的兩個字串中，隨機選取一個交配點，並交換兩字串中此交配點後的所有位元，舉例來說，我們所選取兩個染色體的字串如圖 3.27 之內容，交配點在隨機選擇的第五個基因作為交配點的選擇，結果如圖 3.27 所示

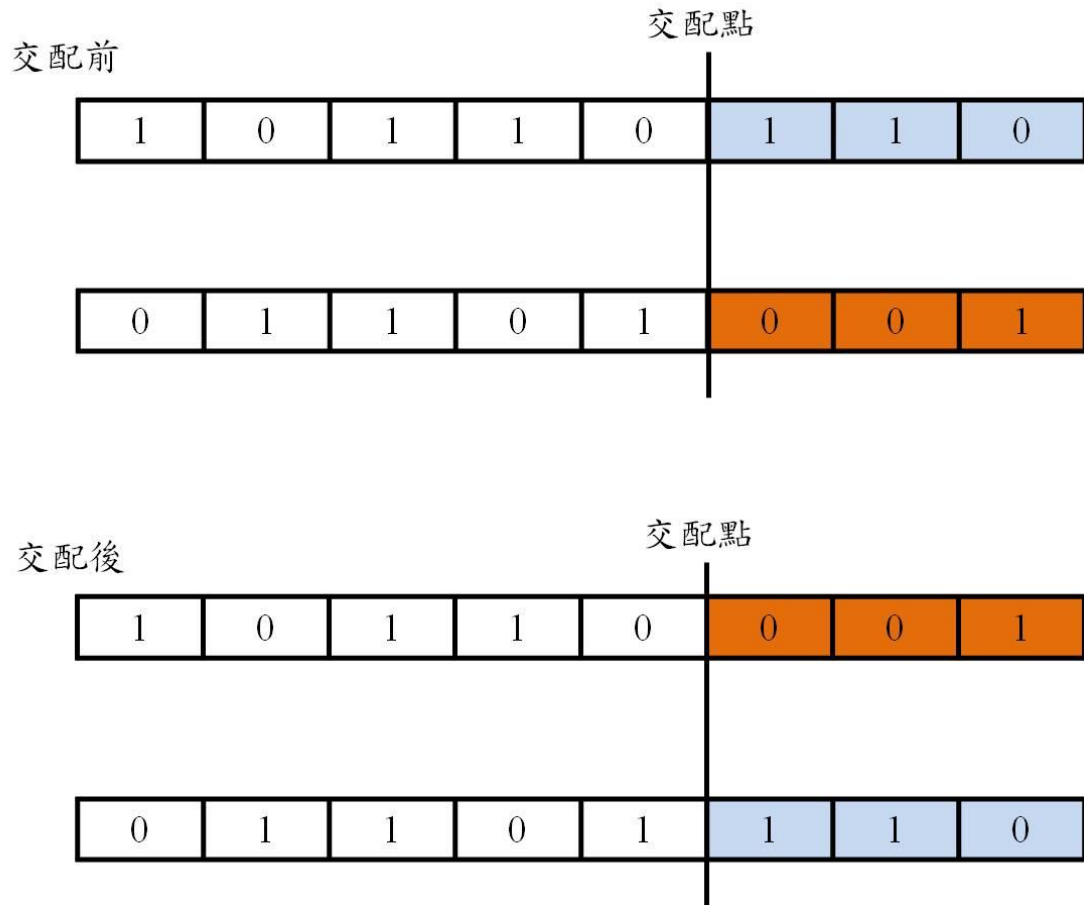


圖 3.27 單點交配

雙點交配 (Double-point crossover)

所謂的雙點交配，是在所選出的兩個字串中，隨機選取兩個交配點，並交換兩字串中此交配點中的所有位元，舉例來說，我們所選取兩個染色體的字串如圖 3.28 之內容，交配點在隨機選擇的第 1 個與第 5 個基因作為交配點的選擇，結果如圖 3.28 所示

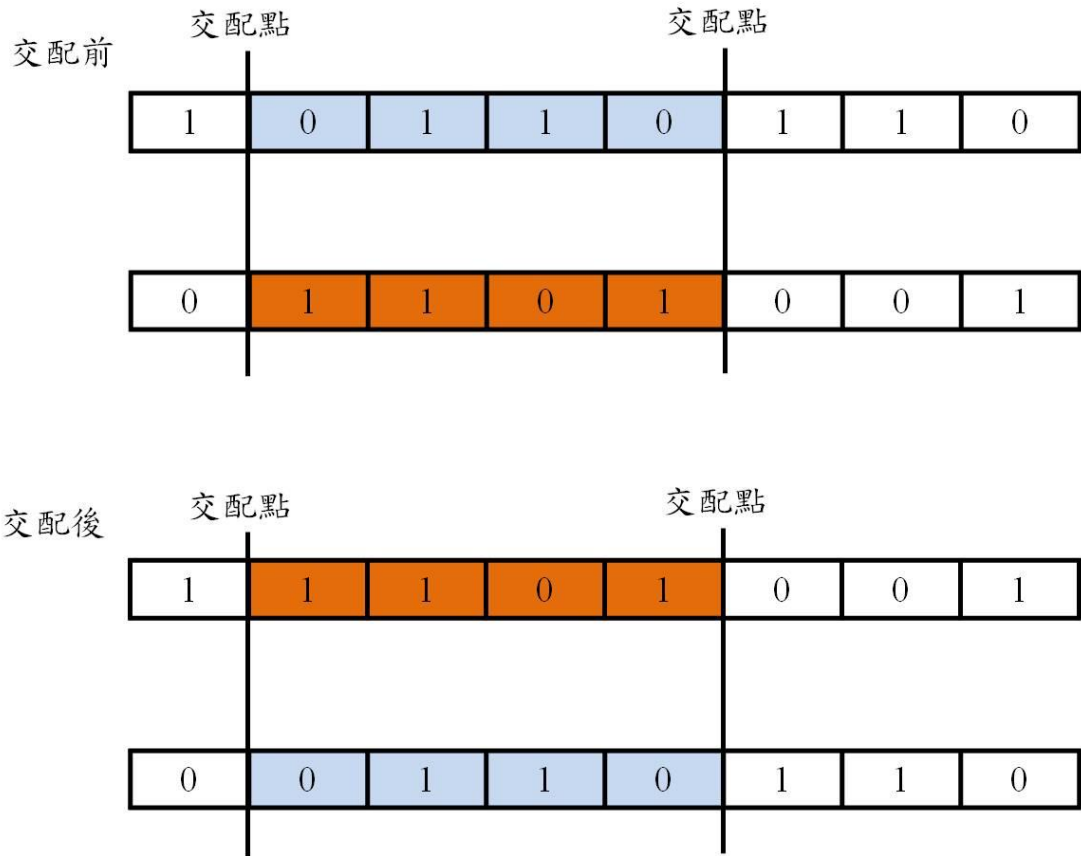


圖 3.28 雙點交配

均等交配 (Uniform crossover)

所謂的雙點交配，是在所選出的兩個字串中，隨機產生相同長度的二元字串做為遮罩 (Mask)，則在交配時如果位元為 1 時所對應到的父母代位子互相交換，反之如果位元為 0 時所對應到的父母代位子則保留原來的值，如圖 3.29 所示

交配遮罩



交配點

交配前



交配後



圖 3.29 均等交配

突變 (Mutation)

突變 (Mutation) 則是為了在尋找最佳值的時候，不會陷入局大值或是局小值，然而突變的發生率非常的低，通常以 0.01 至 0.08 之間，如果設為 0 則會使得基因演算法無法得到最佳值，而如果設定值過大則會使基因演算法無法收斂，假設有 100 個染色體，當突變率為 0.06 時則平均有 6 個染色體會產生突變，而突變的方式又分為單點突變與遮罩圖變。

單點突變

單點突變的原理在於當發生突變時，會隨機在位元字串裡面挑選出一個位元，如果位元值為 0 則變為 1，反之位元值為 1 則變為 0，假設突變位元為第 7 個，結果如圖 3.30 所示

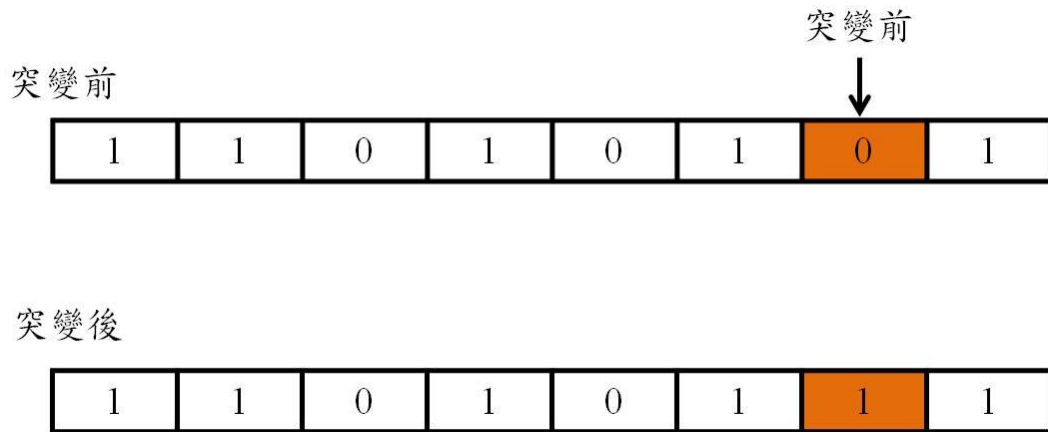


圖 3.30 單點突變

遮罩圖變

遮罩突變的原理在於當發生突變時，隨機產生一串二元數字串之後，再與要突變的對象進行 XOR 轉換，相較於單點突變之下遮罩突變的好處在於，可以均等的做出突變，比起針對某一位元的突變會有更多的變化；結果如圖 3.31 所示。

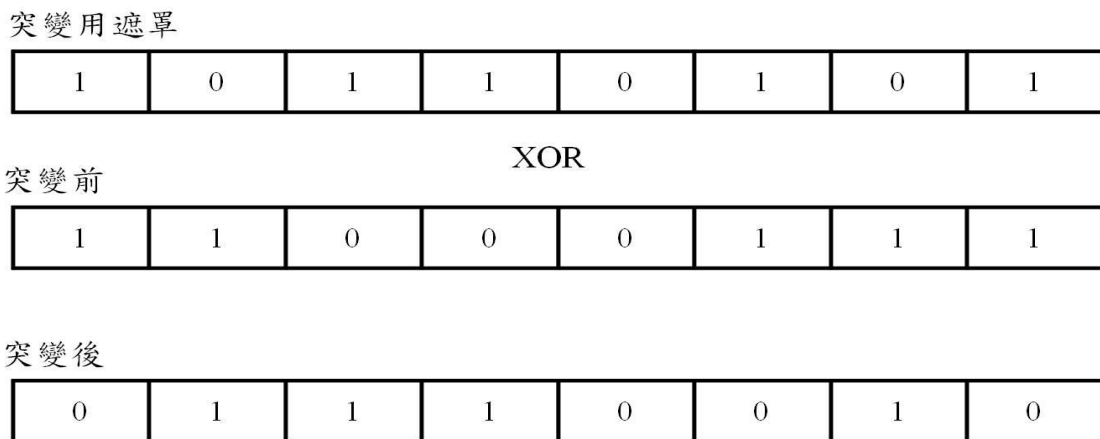


圖 3.31 遮罩突變

保留最佳基因 (Elitism)

在經過選擇、交配以及突變之後，會產生出最佳的基因，但是到了新一代最佳基因又會被送入下一次交配中，再一次經過交配之後不一定會留在子代，也會因為經過新的突變之後而有所改變，所以最佳基因很容易不見，被避免這種情況發生，所以必須保留最佳基因；在選擇法時使用的是輪盤法，而另外一種方法就是**競爭法** (Tournament selection) 這個方法概念並不困難，它會隨機取得兩個亂數並且馬上加以比較，把適應函數較為優秀的基因保留到新的族群，而較差的基因即刻淘汰，這樣的程序會一直到新的族群被調滿為止。

3.3 蘭花品質檢測之方法

在進行完前置的影像處理之後，就可以進行蘭花品質的檢測，其中包括了顏色之篩選、葉片面積與周長之計算、葉片數量之估算。

3.3.1 顏色之篩選

一開始經由手動圈選的方式選定原始感興趣之區域，透過 CIE Lab 轉換的方式，尋找出所圈選出來區域的 a 值與 b 值並且記錄下來，在上個 3.2 節中所提出

利用基因演算法隨機產生一組或多組的初始族群，就是為了透過隨機的方式產生新的 a 值與 b 值，再經由計算之後就可以新的篩選值，而這些篩選值就是為了進行顏色篩選所選出來的，藉由畢氏定理的方式找出每一個像素點最接近的篩選值之後進而分類，原始畢氏定理公式如下：

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (3.7)$$

經過轉換後

$$\sqrt{(a - Filter\ a)^2 + (b - Filter\ b)^2} = c \quad (3.8)$$

其中：

a ：檢測圖片經由 CIE Lab 轉換後的 a 值

b ：檢測圖片經由 CIE Lab 轉換後的 b 值

c ：所需要尋找的距離

$Filter\ a$ ：藉由手動圈選感興趣之區域的 CIE Lab 的 a 值

$Filter\ b$ ：藉由手動圈選感興趣之區域的 CIE Lab 的 b 值

再計算完後尋找出最小值也就是最短距離，藉此就可以將感興趣之區域分別分類出來。

3.3.2 葉片面積與周長之計算

在計算葉片面積時，是利用將所有篩選並分類後的區域進行二值化轉換，再將所有感興趣的區域（葉片區域）做加總，因為進行二值化轉換後影像上只會遺留黑色區域與白色區域，而黑色區域等於 0 也就是所謂背景的部份，而白色區域等於是 1 也是代表影像上的光點也是所謂的前景部份，接著再計算影像中白色區域的所有像素點數目做為葉片總面積，其原理如下[25]：

$$I_A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \quad (3.9)$$

其中：

I_A ：為單張葉片影像面積

$i = 1、2、\dots、n$ ：為影像中橫軸之座標，由影像中最左上角開始為 1

$j = 1、2、\dots、m$ ：為影像中縱軸之座標，由影像中最左上角開始為 1

P_{ij} ：為像素值，經過二值化轉換後只剩 0 和 1

最後計算完各個單張分類後葉片影像之面積，再將其做加總即為整體葉片總面積，其原理如下

$$Area = \sum_{x=1}^y I_A \quad (3.10)$$

其中：

$Area$ ：為葉片總面積

$x = 1、2、\dots、y$ ：為顏色分類後葉片影像之總數

I_A ：單張影像之面積

在尋找葉片中厚度最高之影像時，在手動篩選時可以透過圈選時由淺至深排列，計算厚度最高的葉片面積時，只需透過上述之方法計算葉片顏色分類後最深的單張影像之面積即可；而在計算周長時，也是以相同的方式，但是必須先經由邊界搜尋的方式，先將影像之邊界尋找出來，而邊界尋找出來後會有大小不一的變界形狀，計算邊界總數之後尋找出最大值，即為周長之像素點。

而在尋找破損程度時，一開始先將影像中破損填補完整並計算其周長，在與未填補破損之影像的周長計算相對誤差，當誤差值愈大也就表示破損程度可能愈高，反之如果誤差值愈小表示破損程度愈小，而相對誤差[11]之公式如下：

$$\text{相對誤差} = ((\text{預估值} - \text{實際值}) / \text{實際值}) * 100\% \quad (3.11)$$

3.3.3 葉片數量之估算



圖 3.32 基準值採樣圖

在計算葉片數量實需要一個基準值，而基準值的計算是利用圖 3.32 尋找葉片面積最大的前三名取平均值，再將總面積與基準值相除，即可以估算出葉片數量，最後利用相對誤差的方式計算估算值與實際值的誤差。

第四章 蘭花品質檢測系統之實作

在本章節中將進行蘭花品質檢測系統的實作實驗分為兩個部份，在第一個部份是對於 Arduino 的 LED 燈做控制的實作測試，而第二部份分為兩個實驗測試，其中第一個實驗為檢測蘭花葉數計算、葉厚度計算與判別葉片破損度；第二個實驗為將基因演算法套用置蘭花檢測系統上面，根據最終期望雜訊值進行收斂；再進入實驗前首先簡單介紹整個蘭花品質檢測系統的實驗環境。

4.1 實驗環境

這裡為了方便擷取蘭花照片，本文中設置了一個簡易的實驗環境，做出一個

可以放置攝影機與燈具的簡易型支架，整個實驗環境是由幾個部份所構成，由圖 4.1 至圖 4.7：

- 1、四腳木架，做為支撐燈具與攝影機，中空的下方面可以放置本文的實驗品：蘭花。
- 2、攝影機 Logitech C120，可以軟體控制開啟或關閉其亮度與曝光度...等等，由攝影機下方有腳架可以直接固定於四角木架上。
- 3、白光 LED 中型燈具，由 90 顆超亮白光 LED 所組成，固定於壓克力板上再連接至可調式白光 LED 電路。
- 4、可調式白光 LED 電路，有 6 個可調式白光 LED 電路，分別可以各控制 15 顆白光 LED 亮度。
- 5、Arduino Simple I/O 介面板，分別另外控制 6 個白光 LED 分別來做為調整可調式白光 LED 電路上的 15 顆白光 LED 亮度。



圖 4.1 蘭花檢測系統實驗環境



圖 4.2 四腳木架



圖 4.3 攝影機 Logitech C120

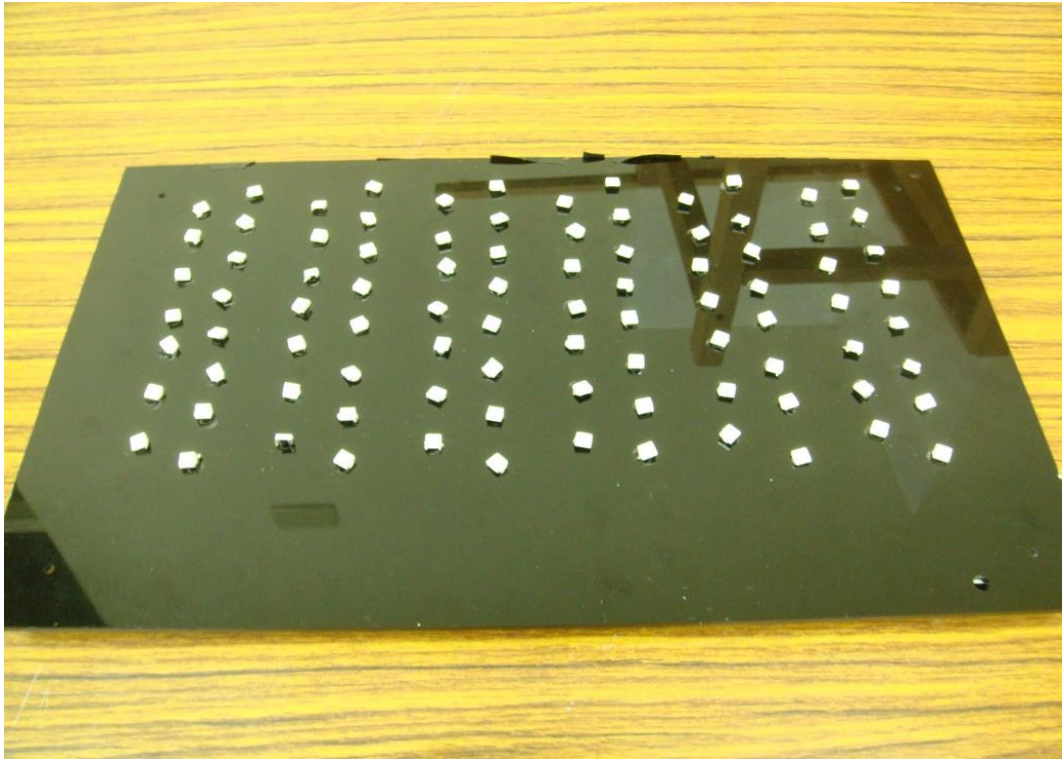


圖 4.4 白光 LED 中型燈具（正面）

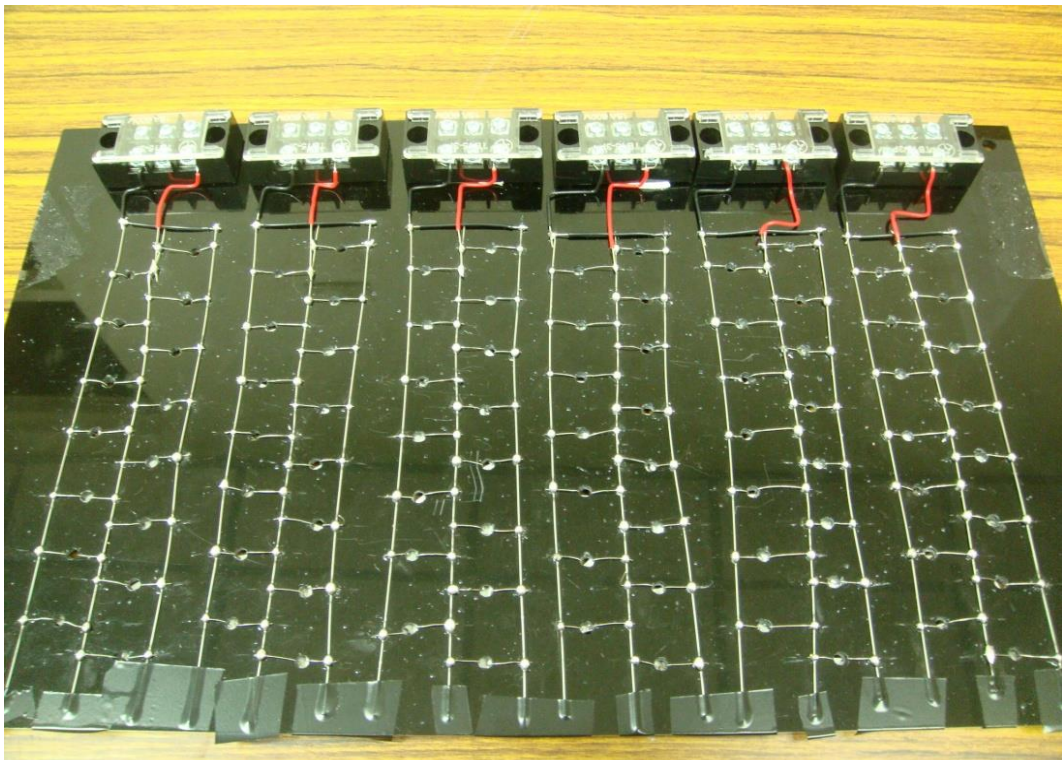


圖 4.5 白光 LED 中型燈具（背面）

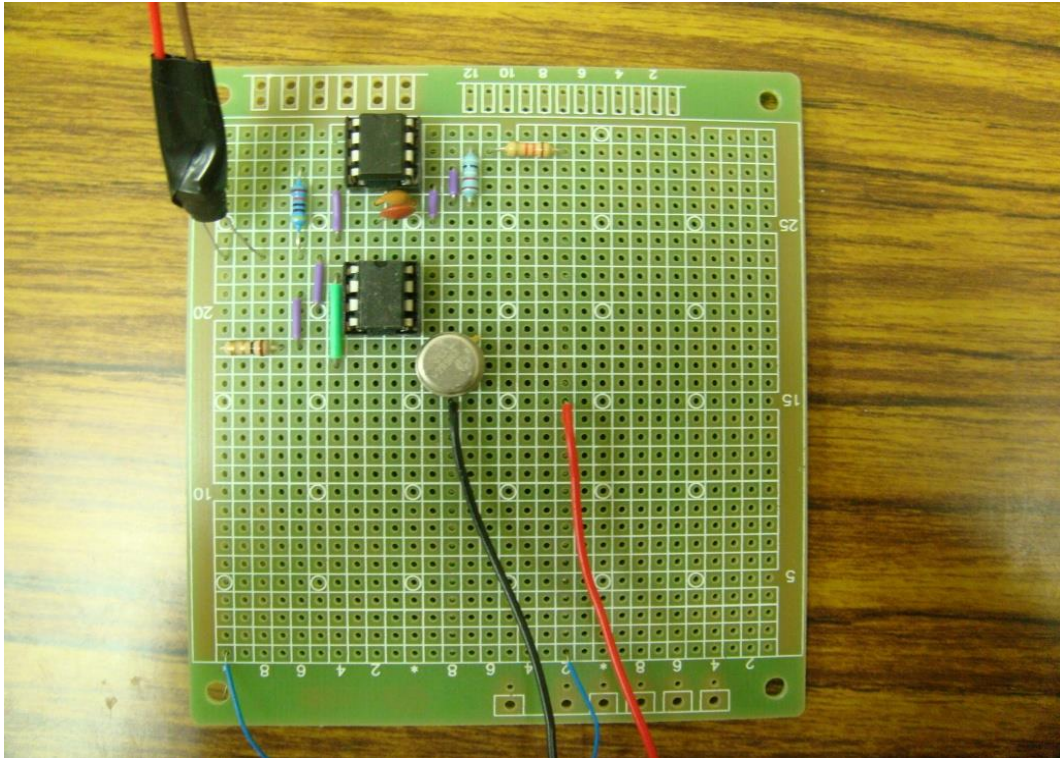


圖 4.6 可調式白光 LED 電路

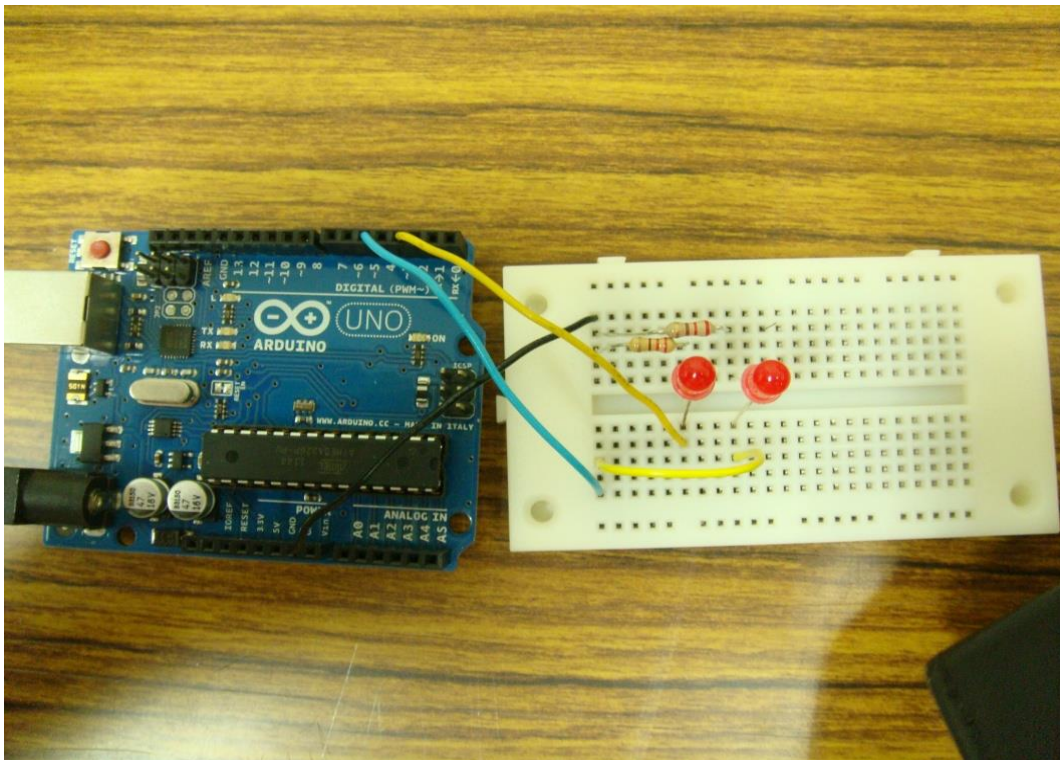


圖 4.7 Arduino Simple I/O 介面板

在說明完實驗環境後，接下來要說明的是本文中所使用的可調式白光 LED 電路與使用在調整白光 LED 亮度的 Arduino Simple I/O 介面板。

4.2 Arduino Simple I/O 介面板實作測試

在這裡個別針對 Arduino 介面板進行 LED 調光控制，透過 Matlab 經由 USB 傳輸線連接電腦與 Arduino 介面板做控制，確定可以達控制 LED 明亮的變化之後以便可以控制整個白光 LED 調光電路的 LED 照明度，在這個測試中先使用一個 LED 做為測試對象，在可以控制 Arduino 介面板上的 LED 之後就可以用並聯的方式同時應用於 6 顆 LED，在下一頁中的圖 4.8 至 4.10 為測試 LED 由完全關閉的狀態在至 LED 為微亮，最後則是 LED 亮度為最高。

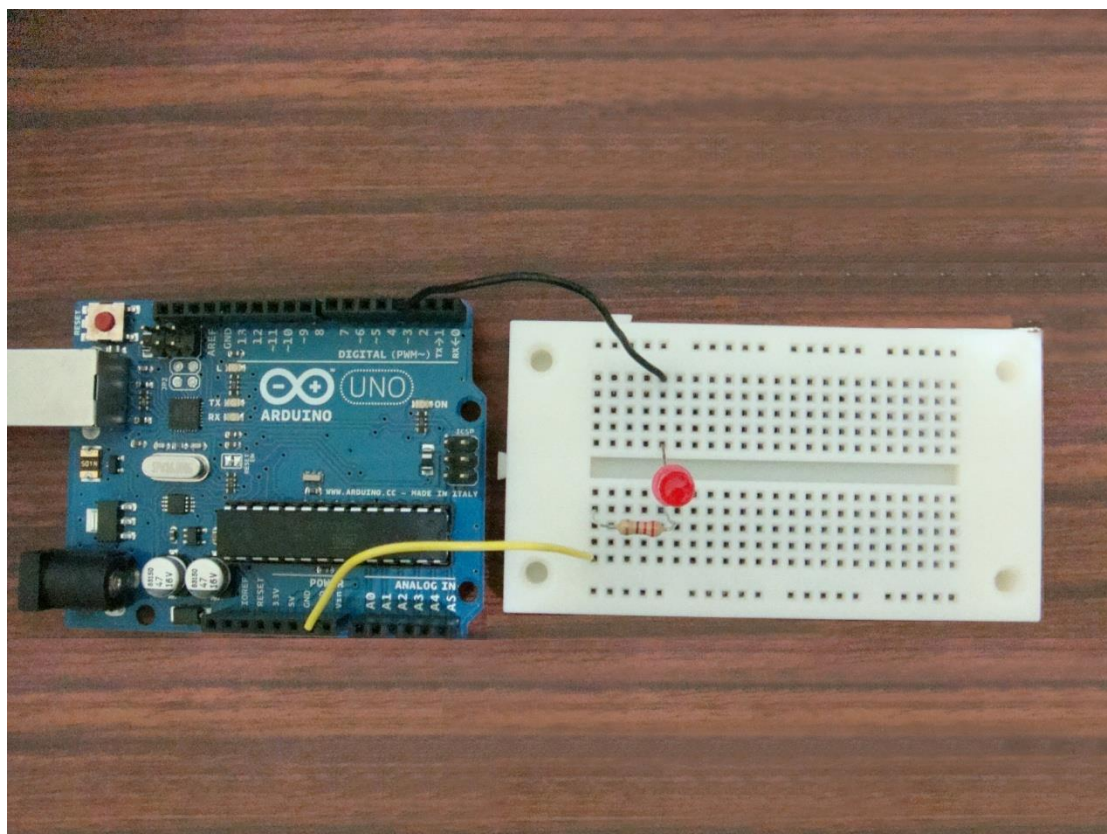


圖 4.8 Arduino 介面板時做測試 (1)

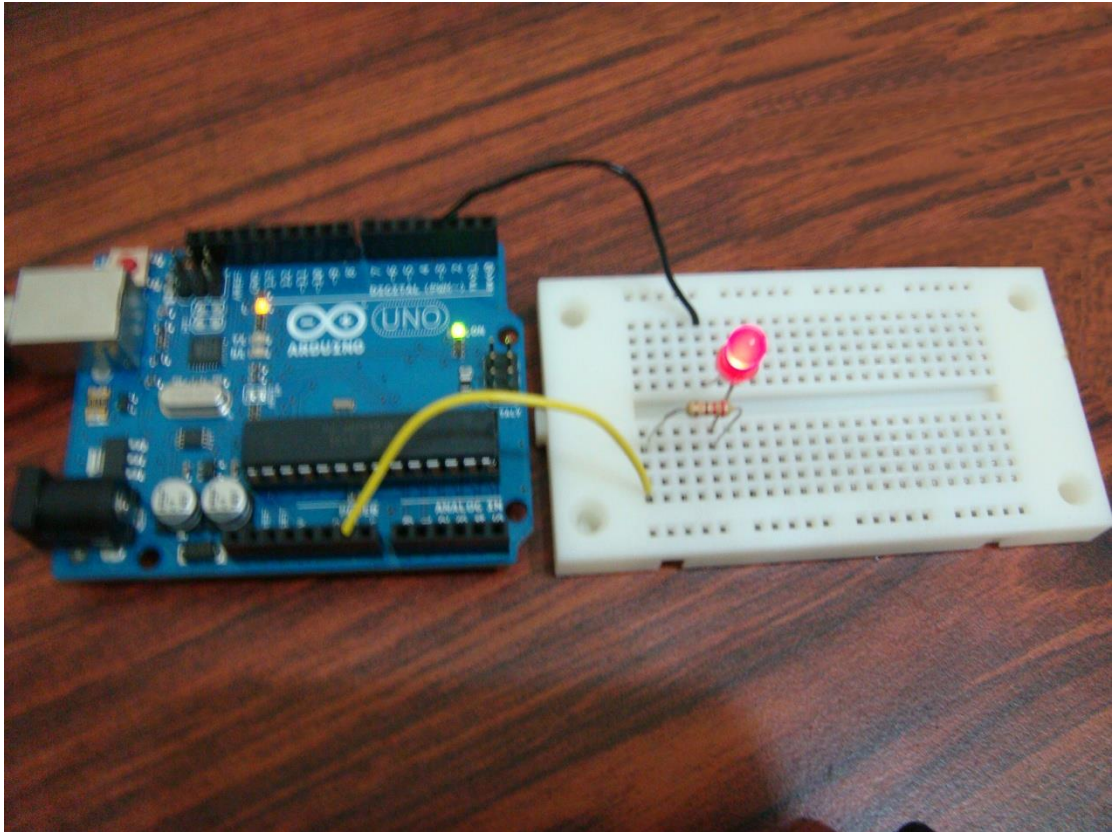


圖 4.9 Arduino 介面板時做測試 (2)

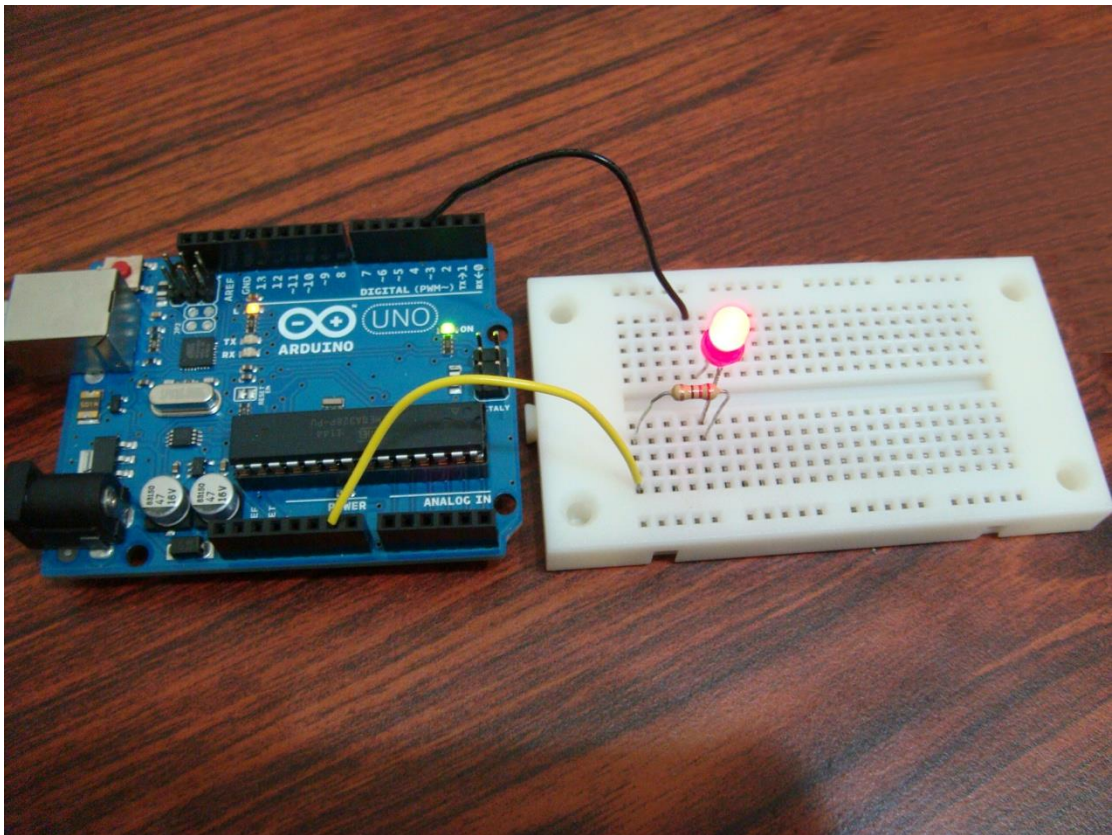


圖 4.10 Arduino 介面板時做測試 (3)

4.3 蘭花品質檢測

在這裡本文針對蘭花葉片品質的檢測做實作測試，其中檢測的部分包括葉片厚度、葉片數量以及葉片破損程度，在進行實驗的時候只要分為幾個階段：

- 1、感興趣之顏色圈選
- 2、葉片顏色分類篩選
- 3、搜尋葉片總面積
- 4、搜尋總葉片面積之邊界
- 5、計算顏色最深之葉片所占面積
- 6、計算葉片數量
- 7、計算破損度

本實驗的對象有兩個如圖 4.11、4.12，首先一開始必須選擇感興趣的區域，也是針對葉片顏色由淺至深排列，而選擇的方式是由手動圈選感興趣之區域，選擇了 7 種深淺不同的葉片，另外選擇了 3 種不屬於葉片該有綠色的其他色系，以在不同光線下所攝影出來的影像可以，判別在各種光線強度下葉片的透光性（即為葉片厚度）、葉片的數量與葉片破損程度。



圖 4.11 蘭花盆栽 A



圖 4.12 蘭花盆在 B

根據盆栽 A 與 B 再利用我們所選定的感興趣區域，接著以白光 LED 調光電路調整光線強度來做不同光線下所篩選出來的結果，由於在實驗中亮度是以 Matlab 所給的參數之後以目測方式來確定亮度，由 0 開始採用亮度差別最為明顯的參數值做為依據，光線強度分別有 25、50、75 以及 100 由暗到亮，在無光線底下會影響整個判斷品值，所以實驗避免在無燈光底下拍攝影像；接下來會針對個步驟進行說明。

4.3.1 感興趣之顏色圈選

在上一部份已經說明過，本文利用手動的方式首先做第一次的圈選，圈選的是在一開始從攝影機中所拍出來的盆栽影像，也是未經過處理的影像，在這裡可以圈選 10 個甚至於更多的感興趣區域，在這裡本文只圈選 10 個感興趣區域，由於避免圈選顏色過於相近，所以選取 7 個蘭花葉片深淺度不同之顏色以及 3 個相較於蘭花葉片顏色之外的顏色；圖 4.13 為圈選感興趣之顏色的示意圖。

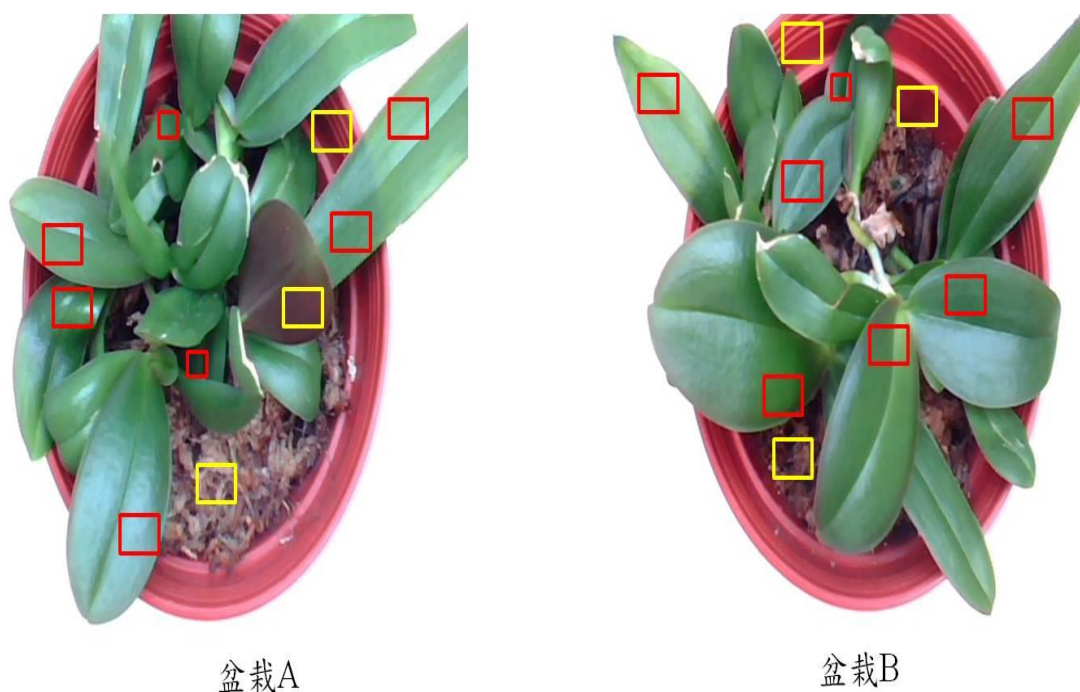


圖 4.13 圈選感興趣之顏色示意圖

4.3.2 顏色分類篩選

在 4.3.1 中已經進行感興趣之顏色的圈選，接下來要進行的就是要將所圈選出來的顏色進行分類篩選，而篩選分類之方法則是使用 3.3 節中的方程式 3.7、3.8 來計算分類，接下來會呈現在各個亮度下所篩選分類出來區域之結果。

亮度 25：

盆栽 A 與盆栽 B 篩選出來的區域



圖 4.14 亮度 25，盆栽 A、B 篩選區域第 2 區（左 A、右 B）



圖 4.15 亮度 25，盆栽 A、B 篩選區域第 6 區（左 A、右 B）

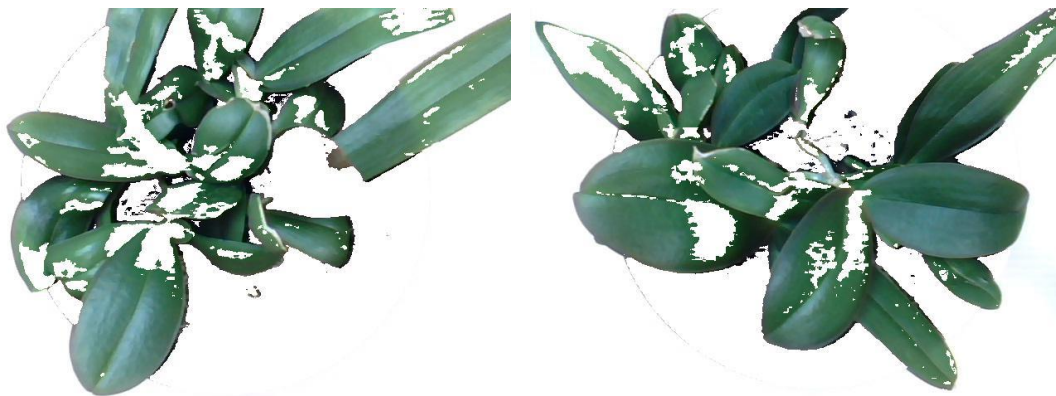


圖 4.16 亮度 25，盆栽 A、B 篩選區域第 7 區（左 A、右 B）



圖 4.17 亮度 25，盆栽 A、B 篩選區域第 9 區（左 A、右 B）



圖 4.18 亮度 25，盆栽 A、B 篩選區域第 10 區（左 A、右 B）

亮度 50：

盆栽 A 與盆栽 B 篩選出來的區域



圖 4.19 亮度 50，盆栽 A、B 篩選區域第 2 區（左 A、右 B）

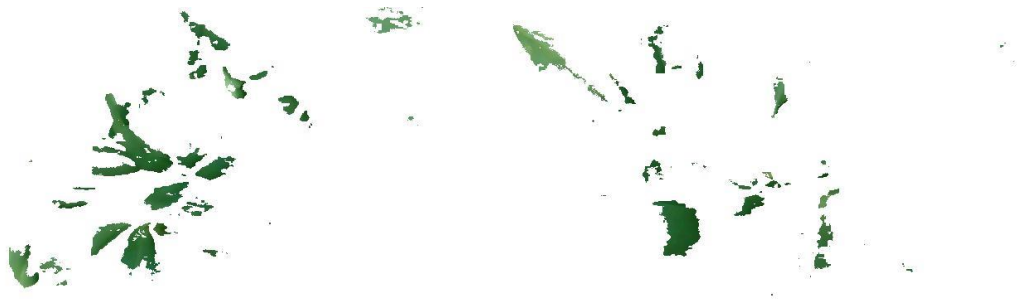


圖 4.20 亮度 50，盆栽 A、B 篩選區域第 6 區（左 A、右 B）



圖 4.21 亮度 50，盆栽 A、B 篩選區域第 7 區（左 A、右 B）



圖 4.22 亮度 50，盆栽 A、B 篩選區域第 9 區（左 A、右 B）



圖 4.23 亮度 50，盆栽 A、B 篩選區域第 10 區（左 A、右 B）

亮度 75：

盆栽 A 與盆栽 B 篩選出來的區域



圖 4.24 亮度 75，盆栽 A、B 篩選區域第 2 區（左 A、右 B）

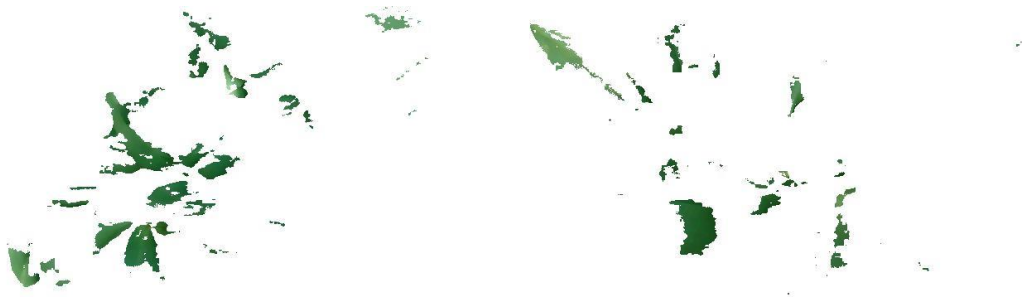


圖 4.25 亮度 75，盆栽 A、B 篩選區域第 6 區（左 A、右 B）



圖 4.26 亮度 75，盆栽 A、B 篩選區域第 7 區（左 A、右 B）



圖 4.27 亮度 75，盆栽 A、B 篩選區域第 9 區（左 A、右 B）



圖 4.28 亮度 75，盆栽 A、B 篩選區域第 10 區（左 A、右 B）

亮度 100：

盆栽 A 與盆栽 B 篩選出來的區域

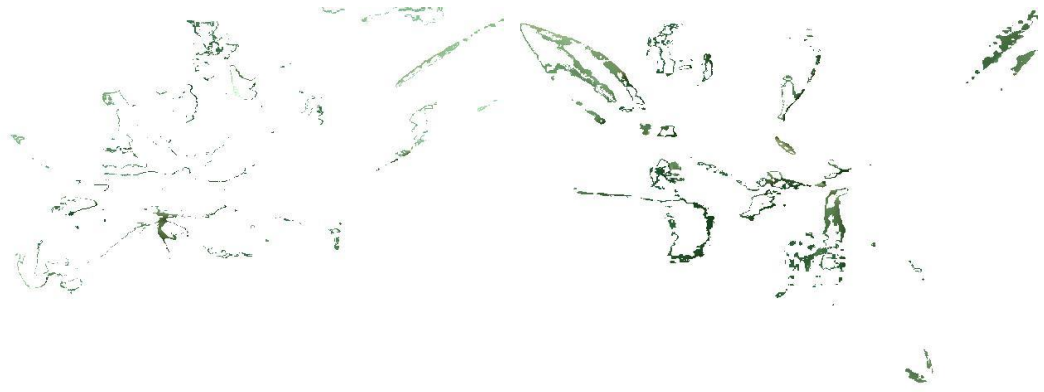


圖 4.29 亮度 100，盆栽 A、B 篩選區域第 2 區（左 A、右 B）

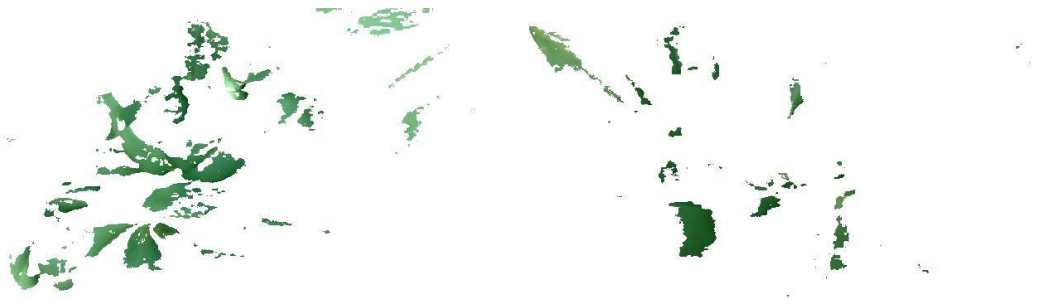


圖 4.30 亮度 100，盆栽 A、B 篩選區域第 6 區（左 A、右 B）



圖 4.31 亮度 100，盆栽 A、B 篩選區域第 7 區（左 A、右 B）



圖 4.32 亮度 100，盆栽 A、B 篩選區域第 9 區（左 A、右 B）



圖 4.33 亮度 100，盆栽 A、B 篩選區域第 10 區（左 A、右 B）

在上面影像皆為經由篩選過後所呈現的影像，某些區域未呈現影像意旨在以當光照射下，該原本所選擇的區域是沒辦法呈現或是不在選擇內，因為透過光線所呈現的影像也會有些為不同。

4.3.3 搜尋葉片總面積

再以這些影像進行開啟、關閉以及填補空洞的方式把部分雜訊值去除，再進行區域 1 至區域 7 的二維影像相加，即可以得到完整的葉片形狀影像。

亮度 25：

盆栽 A 與盆栽 B 所呈現的葉片形狀圖



圖 4.34 亮度 25，盆栽 A、B 葉片形狀圖（左 A、右 B）

亮度 50：

盆栽 A 與盆栽 B 所呈現的葉片形狀圖

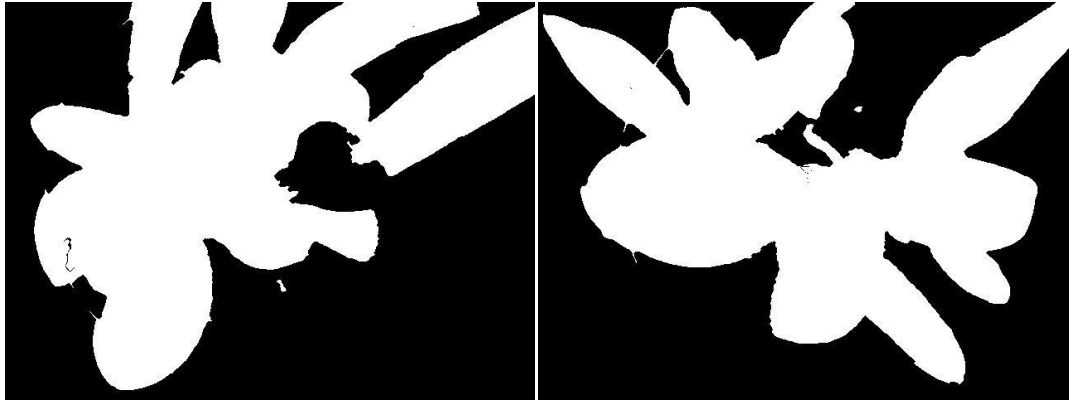


圖 4.35 亮度 50，盆栽 A、B 葉片形狀圖（左 A、右 B）

亮度 75：

盆栽 A 與盆栽 B 所呈現的葉片形狀圖

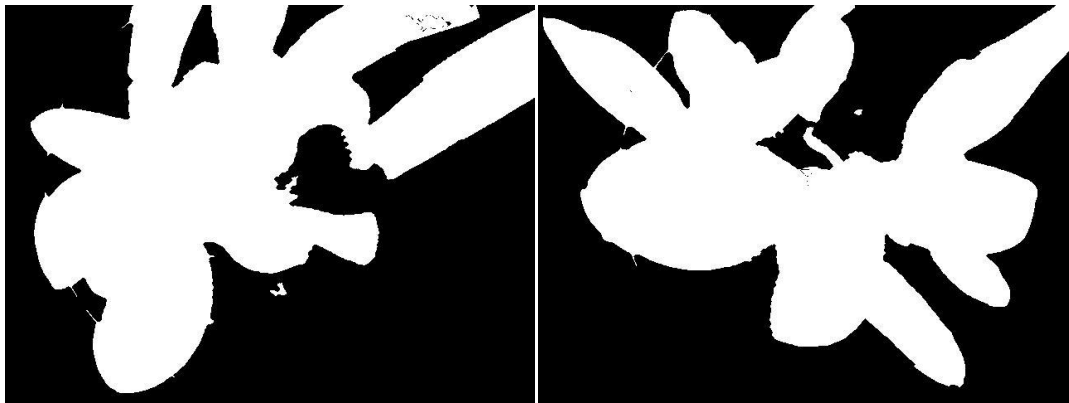


圖 4.36 亮度 75，盆栽 A、B 葉片形狀圖（左 A、右 B）

亮度 100：

盆栽 A 與盆栽 B 所呈現的葉片形狀圖

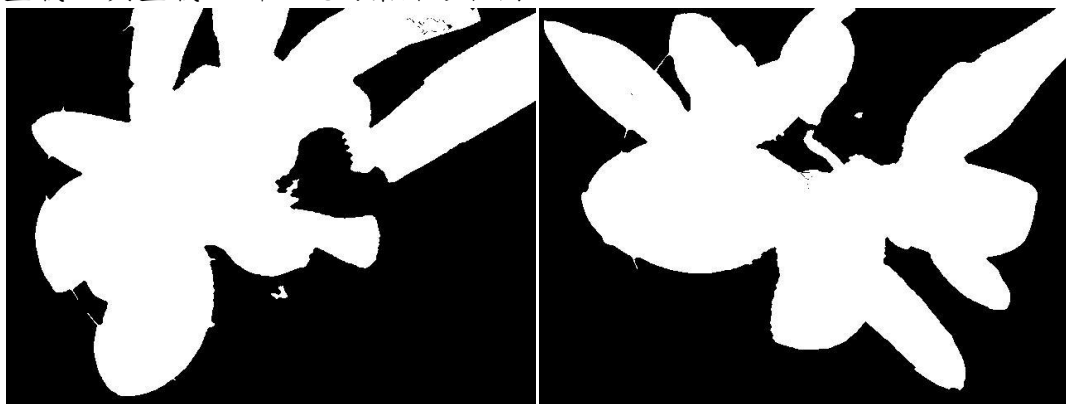


圖 4.37 亮度 100，盆栽 A、B 葉片形狀圖（左 A、右 B）

4.3.4 搜尋總葉片面積之邊界

再進行完葉片總面的搜尋之後，最後則是將這些頁面的邊緣描繪出來。

亮度 25：

盆栽 A 與盆栽 B 葉片邊緣圖



圖 4.38 亮度 25，盆栽 A、B 葉片邊緣圖（左 A、右 B）

亮度 50：

盆栽 A 與盆栽 B 葉片總面積邊緣圖



圖 4.39 亮度 50，盆栽 A、B 葉片邊緣圖（左 A、右 B）

亮度 75：

盆栽 A 與盆栽 B 葉片總面積邊緣圖



圖 4.40 亮度 75，盆栽 A、B 葉片邊緣圖（左 A、右 B）

亮度 100：

盆栽 A 與盆栽 B 葉片總面積邊緣圖



圖 4.41 亮度 100，盆栽 A、B 葉片邊緣圖（左 A、右 B）

4.3.5 蘭花品質檢測

根據第 3.3 節中所介紹的計算葉片面積、葉片數量與葉片破損程度之方法後，在這裡透過圖表的方式來說明測試後的結果，結果如下表 4.1 至 4.4，其中亮度表示由白光 LED 調光電路所調整出來 4 種就容易看的出變化的 4 種亮度值，而角度則是因為在拍攝影像時因為無法將所有葉片全部照入影像當中，藉由旋轉盆栽的角度將所有的葉片都完整拍攝，所以在計算結果上會有些微的誤差，接下來會說明其他部份。

面積

在這裡的面積並不是計算所有分類之後所有葉片面積之總和，在這裡是表示藉由篩選與分類之後所得到顏色最深之部份（即為綠色最深之部分），因為當顏色愈深代表此葉片的厚度愈厚透光性愈小，表示得到之養分也愈好，當計算出來數值愈大也就代表厚度愈厚所占的面積愈大；藉由 3.3.2 節中所介紹的方程式 3.9、3.10 計算方法，計算出顏色最深影像之二值化後的光點數量。

葉片數量與相對誤差

而葉片數量是藉由 3.3.3 節中所選出來的基準值之採樣圖來做數量計算，利用原本所分類出來的所有葉片之總面積，去除以所選出來採樣圖中三個最大區域之平均值進而估算出葉片之數量，接著透過人工計算的方式來計算兩個盆栽葉片的實際數量，盆栽 A 與盆栽 B 分別為 16 片與 18 片，接著透過方程式 3.11 計算相對誤差的方式來計算出預估出來的葉片數量與實際葉片數量的相對誤差並且以百分比的方式來做為表示。

破損程度

在這裡一樣利用 3.3.2 節中方程式 3.10 計算光點數量的方式來做計算，不同是在這裡先利用填補的方式把原本有破損的部分先填補起來並儲存，接著透過搜尋邊界之方法將有破損之影像與填補後之影像的邊界，在影像當中一定會有雜訊的存在，在尋找邊界後有可能將雜訊的邊界也搜尋出來，不過只要找出最大邊界值就可以找到實際葉片影像的邊界，將有破損之影像的邊界光點數量與填補後之影像的變界光點數量分別加總，再透過方程式 3.11 計算相對誤差的方式計算雙方誤差值，當誤差值愈小也就表示破損程度愈小。

蘭花品質檢測實測表

亮度 100	角度	面積	葉片數量	相對誤差	破損程度
盆栽 A	1	139829	15	0.0623%	0.1094%
	2	143666	17	0.1593%	0.0143%
	3	144201	16	0.124%	0.0117%
盆栽 B	1	113552	16	0.0588%	0.0570%
	2	132657	15	0.1176%	0.0094%
	3	145117	16	0.0588%	0.0880%

表 4.1 亮度 100，計算結果總表

亮度 75	角度	面積	葉片數量	相對誤差	破損程度
盆栽 A	1	140254	15	0.0625%	0.0360%
	2	158652	18	0.125%	0.0163%
	3	144778	16	0	0.0195%
盆栽 B	1	144284	16	0.0588%	0.0849%
	2	132172	16	0.0588%	0.0215%
	3	148256	17	0	0.0462%

表 4.2 亮度 50，計算結果總表

亮度 50	角度	面積	葉片數量	相對誤差	破損程度
盆栽 A	1	136784	15	0.0625%	0.0190%
	2	157973	18	0.125%	0.0245%
	3	143936	17	0.0625%	0.0120%
盆栽 B	1	141667	16	0.0588%	0.0131%
	2	134543	16	0.0588%	0.0015%
	3	148347	17	0	0.0648%

表 4.3 亮度 75，計算結果總表

亮度 25	角度	面積	葉片數量	相對誤差	破損程度
盆栽 A	1	137321	15	0.0625%	0.0203%
	2	157968	18	0.125%	0.0177%
	3	144404	17	0.0625%	0.0309%
盆栽 B	1	144284	16	0.0588%	0.0193%
	2	132172	16	0.0588%	0.0091%
	3	148256	17	0	0.0705%

表 4.4 亮度 25，計算結果總表

4.4 基因演算法實際測試

在這裡希望以透過基因演算法的方式，可以達到完全去除雜訊的效果，利用原始的所圈選的篩選值，減去基因演算法中隨機產生的篩選值，在進行影像篩選時可以去除該影像之雜訊，所要去除的雜訊影像如圖 4.42，希望經過基因演算法後所得結果如圖 4.43。



圖 4.42 需去除雜訊之影像



圖 4.43 期望結果之影像

在透過基因演算法的計算之後，希望可以將原本影像中之雜訊去除，計算訓練出來後的雜訊值減去期望結果的雜訊值，可以逐漸減少，其結果如圖 4.44、4.45 由這兩張圖可以看出來，確實經過基因演算法後可以達到雜訊漸減之效果。

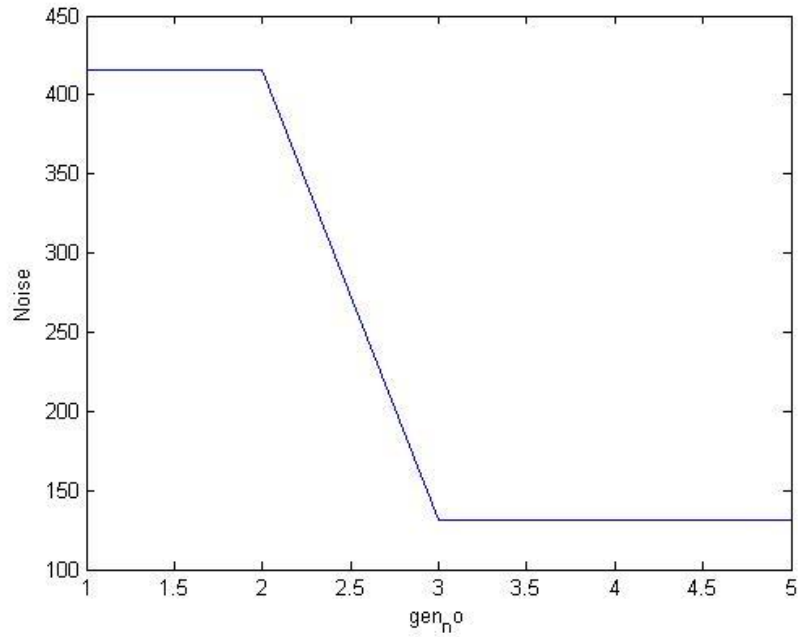


圖 4.44 去除雜訊值之結果 (1)

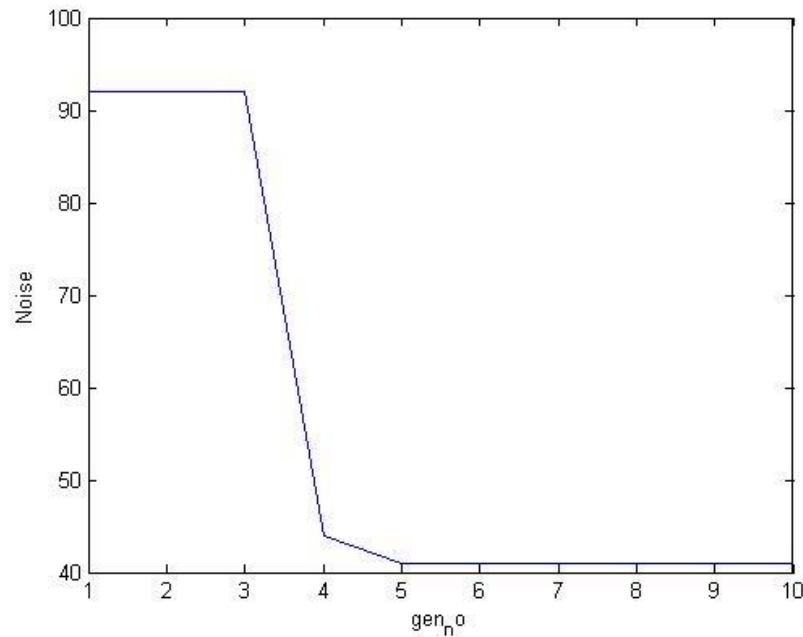


圖 4.45 去除雜訊值之結果 (2)

第五章 結論與未來展望

在農產品外銷競爭激烈的現在，蘭花也可以成為外銷的主力之一，要如有效的栽培蘭花以及有效的檢測蘭花品質，都是一個可以研究的課題，本系統是針對放置於盆栽內多株蘭花的品質作檢測，在本系統中利用了白光 LED 調光電路，調整拍攝時亮度的變化，藉由這些變化觀察葉片的透光性，檢測出葉片厚度中較為深厚葉片之面積。

再來本系統藉由 CIE Lab 色彩空間轉換之方法，將原始影像透過轉後可以得到更多的顏色分類，對於在篩選以及顏色分類上有相當大的幫助，雖然在實驗中只篩

選 10 種色彩分類，但是卻有相當顯著的效果，相較於使用 RGB 色彩空間可以達到較好效果，因為 RGB 色彩空間容易受到外在因素的影響，由其是燈光所造成的影響，較為不容易分類出比較好的結果；轉換 CIE Lab 後再透過分類的方式將所需要之葉片顏色做分類後，也可以縮短在搜尋葉片的時間與複雜度，而且 CIE Lab 會將亮度與色彩關係分開，在不調整 L 的情況下，也可以藉由基因演算法的方式調整 a 值與 b 值，進而達到更有效的篩選效果，透過這些方法有效找出葉片並且可以計算出葉片面積、葉片數量以及葉片受損程度。

在未來希望可以提升蘭花品質檢測系統的品質，在本實驗中透過是以手動篩選以及目測的方式篩選 10 個色彩分類，在未來也許可以利用修改 CIE Lab 轉換矩陣的方式可以達到更多的色彩分類，也可以更精確的計算葉片的品質，在計算葉片數量上也可以透過更好的基準值估算出更精準的葉片數量，除此之外在未來或許可以在蘭花之外的產品上，也可以利用別種產物上面。

參考文獻

- [1] Hernandez-Gomez, G ; Sanchez-Yanez, R.E ; Ayala-Ramirez, V ; Correa-Tome, F.E , “**Natural Image Segmentation Using the CIELab Space**” , *IEEE Conference Publications, 2009* , Page(s) : 107 – 110
- [2] Mandic, L. ; Grgic, S. ; Grgic, M. , “**Comparison of Color Difference Equations**” , *IEEE Conference Publications , 2006* , Page(s) : 107 – 110
- [3] Anari, V. ; Mahzouni, P. ; Amirfattahi, R. , “**Computer-aided detection of proliferative cells and mitosis index in immunohistochemically images of meningioma**” , *IEEE Conference Publications , 2010* , Page(s) : 1-5
- [4] Lajevardi , S. M.; Wu, H. R. , “**Facial Expression Recognition in Perceptual Color Space**” , *IEEE Journals & Magazines , 2012* , Page(s) : 3721 – 3733
- [5] Jacobson, N.P. ; Gupta, M.R. ; Cole, J.B. , “**Linear Fusion of Image Sets for Display**” , *IEEE Journals & Magazines , 2007* , Page(s) : 3277 – 3288
- [6] Ali, M.O.; Koh, S.P. ; Chong, K.H. ; Yap, D.F.W. , “**Hybrid Artificial Immune System-Genetic Algorithm optimization based on mathematical test functions**” , *IEEE Conference Publications , 2010* , Page(s) : 256 – 261
- [7] Xiao-Lei Tong ; Yan Li ; Wen-Liang Li ; Lei Zhang , “**Optimization methods for resources allocation in real-time strategy games**” , *IEEE Conference Publications , 2011* , Page(s) : 507 – 513
- [8] Yen-Wei Chen ; Mimori, A. ; Chen-Lun Lin , “**Hybrid particle swarm optimization for 3-D image registration**” , *IEEE Conference Publications , 2009* , Page(s) :1753 – 1756
- [9] Arduino.TW : <http://arduino.tw/index.php>
- [10] 台灣蘭花產銷發展協會 http://www.toga.org.tw/familiar_1.php
- [11] 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:%E9%A6%96%E9%A1%B5>
- [12] Alasdair McAndrew 著、徐曉珮 翻譯，**數位影像處理**，高立圖書有限公司出版，2007
- [13] 周鵬程 著，**遺傳演算法原理與應用活用 Matlab**，全華圖書股份有限公司出版，2005
- [14] 吳宗曄，**應用光敏電阻於 PWM 白光 LED 調光電路**，碩士論文，光電與通訊學系，亞洲大學，2012

- [15] 何宗祐、賴薦安，**BS2 研發 PWM 無線白光 LED 調光**，光電與通訊學系，亞洲大學，2012 電子工程技術研討會
- [16] 陳慶翰，**具跟隨系統的自走車之實現**，碩士論文，機械與自動化工程學系，義守大學，2011
- [17] 藍又宗，**基於影像處理之晶圓探針檢測方法**，碩士論文，電子工程研究所，國立高雄應用科技大學，2007
- [18] 楊仲丞，**影像處理器系統層級設計與高階合成**，碩士論文，電機工程學系碩士班，義守大學，2005
- [19] 戴文曦，**植基於類神經網路之影像分類方法研究：以軍事圖資為例**，碩士論文，國防資訊研究所，國防管理學院，2007
- [20] 詹振綸，**機器魚之視覺影像處理及遠端監控系統**，碩士論文，電機工程學所，2008
- [21] 林志豪，**以亮度、彩度與對比為權重之顯示器影像色彩品質評估**，碩士論文，資訊管理學系碩士班，世新大學，2008
- [22] 曹家銘，**清潔機器人室內定位**，碩士論文，機電整合研究所，北台灣科學技術學院，2008
- [23] 陳嘉偉，**應用基因演算法於模糊控制器設計之研究**，碩士論文，機械工程研究所，國立中央大學，2005
- [24] 江集祥，**MA4:使用 Android MID 與 Arduino 平台之行動式動作分析**，碩士論文，資訊工程研究所，大同大學，2010
- [25] 翁聖澤，**機械視覺與模式分析於蘭花瓶苗物性量測之研究**，碩士論文，機械工程系，屏東科技大學，2003
- [26] 黃國益、林聖泉，**應用機器視覺於蝴蝶蘭在大苗期幾何特徵之估算**，農業機械工程學，國立中興大學，農業機械學刊，2000
- [27] NE555P_DataSheet
- [28] LM358P_DataSheet
- [29] 2N6660_DataSheet