影像處理與統計分類器應用於玫瑰切花分級之研究

李芳繁 1)

（接受刊載日期：中華民國 85 年 11 月 23 日）

摘要： 本研究使用影像處理技術及統計分類器進行玫瑰切花品質分級。品質分級是依據花莖的直度、花莖的粗細以及花苞的開度。花莖直度的描述參數是花莖最大偏移距離和花莖彎曲角度；花莖粗細的描述參數是花莖中間直徑及花莖底端直徑；花苞開度的描述參數是花苞投影面積。所使用的統計分類器有最小距離分類器、Fisher 線性分類器及 Bayes 分類器。經使用不同的描述參數和不同的分類器進行分級，以 Fisher 線性分類器的分級正確率 69% 爲最高。

關鍵詞：統計分類器，玫瑰，影像處理，分級。

一、前言

由於花卉具有藝術氣質，可以美化生活，以及國人生活水準的提高，民衆對花卉的消費日增，使花卉成爲極具潛力的高經濟價值農產品。其中以切花類爲台灣地區栽培面積及消費市場最大之花卉，年產約 10 億支，占花卉總生產面積之 51% ，在 82 年栽培面積已達 4729 公頃。傳統上最主要的切花爲菊花、唐菖蒲及玫瑰三種，栽培總面積合計 2787 公頃，占 82 年切花總生產面積之 59% 。

花卉的質地嬌嫩，需要嚴格的分級及妥善的包裝方能維持良好的品質。而現今花農多以人工做分級，不但耗時、費力，且易因人工疲勞而產生分級的誤判，在人工昂貴的今日是花農生產成本的一大負擔。

切花分級標準包括花莖及花苞的綜合品質評斷。市面上現有的花卉分級自動化機器有長度及重量的分級機器，而尚未有機器能對花卉的外觀做分級。本研究擬以影像處理技術發展辨認玫瑰切花外觀的方法，也就是使用影像處理技術萃取切花的外觀特徵參數，然後使用統計分類器進行分級，用來取代人工分級，促進玫瑰切花生產的自動化。

影像處理技術可以代替人類視覺判斷物品外觀，近年來此技術不斷發展，價格逐漸降低，執行速度更快，在農產品選別上有不錯的成績。謝等 (1992) 使用影像處理技術進行蔬果大小選別之研究。彼等採用白蘿蔔

1) 國立中興大學農業機械工程學系副教授

、番茄及番石榴爲實驗材料，應用區域成長及合併理論、梯度差分理論、遞迴填佈理論進行實驗。實驗結果顯示，在良好的打光之下，三種理論均有良好之精確度，而在打光不良時，線段填佈理論有較高的信賴度。

賴與林 (1992) 建立一套種苗移植作業之機器視覺系統，以偵測育苗箱中種苗缺株情形。彼等使用常態分佈法、三角分佈法、判斷區域設定方法和數位遮罩處理，以得到代表各苗格內種苗之有效像素。根據苗格內之有效像素數目，再利用變異數判斷法或統計圖判斷法，判斷出育苗箱中之缺株苗格。彼等以西瓜和甘籃種苗進行偵測試驗，影響判斷準確率之因素爲育苗箱背景、種苗葉片面積、苗格中生長位置和照明之均勻程度。

林 (1995) 將機器視覺技術應用在魚苗計數之研究上。爲了滿足線上計數作業的要求，使用了較便宜的硬體，配合高效率的影像處理軟體。所應用的技術有二值化、開運算、閉運算及遞迴計數。試驗結果爲魚苗在 70 隻內時，計數準確率可達 99% 以上。

李 (1990) 使用影像處理系統量測檸檬之長度、寬度、投影面積與投影之邊界長。檸檬以任意方位放置於背光檯上進行取像，將所取影像二值化以便進行影像分析。他使用間隙追蹤法找出位於邊界上之像素，以計算投影邊界長。使用 Hotelling 轉換法與旋轉法來量測檸檬之長度和寬度。李 (1991) 亦應用彩色影像處理系統建立檸檬顏色的分級方法，將檸檬分成綠色、黃綠色及黃色三級。他使用色相和彩度做爲分級參數。

楊與李 (1994) 應用影像處理進行番茄顏色分級之研究。使用彩色影像處理系統配合分級機構及平行出料處理，批次處理小番茄。共使用三種顏色系統：RGB 、HSI 及 YIQ ，建立了三個適合分級小蕃茄的顏色模式，將小番茄分成紅色、紅綠色及綠色三個等級。三個顏色模式分級結果與人工分級結果近似，作業速度最快爲每分鐘 380 個番茄。

McFarlance (1991) 發展出一種機器視覺演算法用來導引植物苗的自動收穫。此演算法可以找出植物苗的細長莖，用來定位機器手臂收穫植物苗時的夾取點。首先將攝影機取得的數位影像二值化，然後依植物苗莖的特徵定義其莖的影像形態集合，再依此定義，對整張影像進行逐行搜尋，以分割出植物苗莖，機器手臂即可根據影像處理結果的導引收穫植物苗。

Shearer 與 Payne(1990) 依甜椒的顏色及損傷情況以機器視覺做分級。將色度圖近似成以標準白色的等能量點爲中心之三角形，以等間隔 π /4 角度劃分成 8 個區域分別代表 8 種顏色。再以統計分析的方法計算出甜椒的色相頻率分佈，以甜椒顏色的分佈情形來辨識其顏色及損傷程度。分級結果對顏色辨識的準確度爲 96% ，損傷判定的準確度則爲 63% 。

Shimizu 與 Heins(1995) 建立一套以機器視覺爲基礎的系統用來分析植物的生長情形。以 CCD 攝影機及紅外線爲光源之電腦視覺系統，發展非接觸式、三維的分析植物生長的方法。在暗室內攝取植物影像後，以發展出來的演算法擷取植物的外型輪廓、節點及莖的細化線。彼等以灰階臨界值法分割影像，然後使用梯度運算尋找影像邊界，標記出植物的輪廓線，再以莖的寬度搜尋節點。

謝等 (1995) 應用影像處理技術及類神經網路辨認不同生長階段之甘藍苗。彼等考慮大量作業之經濟性，以整盤穴盤苗影像進行研究，應用影像處理技術中之紋理分析方

法辨認種苗的不同生長階段。其主要原理爲利用影像本身之灰度值及其空間相對位置會因其影像結構粗細、均勻或對稱否等特性而有顯著差異，故只要找出合適的描述影像紋理之描述子或特徵值，即可利用此原理判別不同的紋理影像。

Simonton 與 Graham(1996) 先應用機器視覺方法擷取天竺葵之幾何參數，再以 Bayes 分類器和模糊邏輯就影像點之顏色與幾何參數進行分析，以區別天竺葵之莖部、葉柄及葉片。Slaughter 與 Harrell(1989) 亦使用 Bayes 分類器來辨別柑橘園影像之影像點是否屬於柑橘，以尋找柑橘果實。Howarth 與 Searcy(1991) 使用機器視覺萃取破裂及彎曲胡蘿蔔之特徵，再比較 Bayes 分類器和類神經網路的分類正確率。黃 (1995) 則以修改式矩來描述胡蘿蔔的形狀特徵，並使用最小距離分類器及 Fisher 線性分類器判定是否分叉，再以交叉梯度差分法輔以 4 相連標記法偵測胡蘿蔔是否破裂，被檢測出未破裂及無分叉者進行分級處理。

Steinmetz 等 (1994) 以影像處理系統分級玫瑰切花，並以類神經網路做花莖直度的分析。對每支玫瑰切花攝取兩張彩色影像。取其紅色影像以灰階分界值分割花苞與莖葉部分，使用定位莖演算法 (McFarlance, 1991) 尋找莖部。Ikeda 與 Motohori(1995) 也使用類神經網路評斷切花的品質，將切花分成優級、良級和不良品。先以中間值濾波器除去影像之雜訊，再以群聚分析 (Cluster Analysis) 法則將影像分割成背景、花苞、花莖及葉子。彼等以遺傳演算法加速類神經網路學習時的收斂速度。最佳模式之分級正確率約爲 69% 。

二、材料與設備

㈠材料

本研究所採用的樣品爲南投縣埔里鎮李俊發先生所栽培的玫瑰，係紅色莎曼莎品種，總數爲 329 枝，採集時間爲民國八十四年 11 月至 12 月間。

㈡實驗設備

本研究使用彩色 CCD 攝影機對每一枝玫瑰切花攝取兩張影像，一爲整枝切花影像，另一則爲花苞部分影像。彩色 CCD 攝影機從打光室內攝取影像輸出至個人電腦內之影像擷取器，將影像數位化後儲存於光碟中，處理過程之影像可由影像監視器顯示出來。所使用設備詳列於下：

1. 彩色 CCD 攝影機 (XC-711, SONY)，拍攝整枝切花影像的鏡頭焦距爲 8.5mm，拍攝花苞部分影像的鏡頭焦距爲 25mm。
2. 即時彩色影像擷取器 (DT2871, DATA TRANSLATION)
   內含四個 Buffer，可分別儲存 R、G、B（或 H、S、I）影像與 Overlay 資料。
3. 高速影像處理器 (DT2868, DATA TRANSLATION)。
4. 13 吋彩色影像監視器 (PVM-1342Q, SONY)。
5. 微電腦（精英 486/66 MHz），撰寫 C 語言程式，控制影像之擷取、處理及運算。
6. 照度計 (TL-1, MINOLTA)，量測範圍由 0 至 20000Lux。
7. 可讀寫光碟機 (LF-1094)。
8. 翻拍燈架組，具有一取像平台、兩組照明燈，和長 100cm 可改變高度及旋轉任意角度的攝影機固定架。照明燈四支，爲

60cm 長的晝白色燈管。

9. 打光室，長 135cm 、寬 96cm 、高 119cm 。

三、研究方法

本研究先以影像處理技術辨別玫瑰切花的外觀，擷取數個分級參數，再使用統計分類器進行分級。擷取的外觀參數有花莖最大偏移距離、花莖彎曲角度、花莖中間直徑、花莖底端直徑、花苞投影面積大小及花苞顏色。其中花苞顏色係供花苞影像分割用。本研究的分級標準是依據台北花卉產銷股份有限公司編印的花卉分級包裝手冊中（鄭振宏，1994）所定之分級原則。表 1 是玫瑰切花等級標準。

表 1. 玫瑰切花等級標準

Table 1. Grading standards for cut roses.

等級	花　　部	莖　　部
A	成熟度佳	粗細一致，長直
B	成熟度微硬或開	粗細一致， 較細軟枝無嚴重彎曲
C	成熟度太開或太硬	細短，軟枝，彎曲

㈠取像環境及照明

照明不良的環境會影響影像灰階的正常分佈，使影像不易分割，並且會影響彩色影像色彩的量測結果，所以從事影像處理時，必須選擇一照明均勻且強度適當的取像環境。本實驗之打光室外覆黑色壁報紙，以阻絕外界光線的干擾，內側則覆以白色壁報紙，藉著光線的反射及漫射作用使照明更均勻。內部照明採用二組共四支 60cm 長的晝白色燈管，從翻拍架兩側向下約傾斜 45° 打光，打光室內的平均照度介於 2500-3200lx 之間。取像時以黑色絨布作背景，可以增加物體與背景的對比度，並將反光現象降到最低。

㈡樣品整理

自花農處取回之玫瑰切花，由具有多年經驗的專業人員，根據台北花卉產銷公司編印的分級手冊為本研究進行分級；同時記錄下每一枝切花的外觀情形，以做為研究時的參考和檢驗研究結果的資料。由於切花乃有生命的農產品，必須即刻進行影像擷取，方能得其分級時的原貌。

㈢影像校正

在打光室內，與玫瑰切花相同的取像參數下，攝取一已知直徑的圓形白色平面物體影像，撰寫影像程式讀取其像素點總數，再依下列的計算公式分別求出在此取像環境下所擷取影像在水平方向、垂直方向、對角線方向的校正係數 C_h 、C_v 、C_d ，及像素面積解析度 C_A 。

C_h ＝直徑／水平方向直徑的像素點數　(1)

C_v ＝直徑／垂直方向直徑的像素點數　(2)

$C_d = (C_h^2+C_v^2)^{1/2}$　(3)

C_A ＝實際面積／像素點總數　(4)

㈣影像擷取

將玫瑰切花置於打光室內的取像平台上，每一枝切花各擷取兩張影像，一為整枝切花影像，一為花苞部分的影像。在取像過程中，由於不同的校正參數會影響取像的結果，所有取像參數在調至最佳值後，均需予以固定，使每一張影像皆控制在相同的取像條件下。

使用 Microsoft C++ 7.0 語言撰寫的影像程式，控制影像擷取器從彩色攝影機擷取切花影像訊號，所得之影像顯示在影像監視器上，可以監控執行過程及確保擷取影像的品質。

㈤影像分割

1. 花莖影像分割

在整枝切花影像中，所要分析的外觀特徵爲花莖部分。首先，選擇合適的臨界值，將切花影像自背景影像中分割出來，然後定義出花莖的影像形態集合，再依據此集合對影像進行逐行搜尋，標記出可辨認的花莖，使其與葉子及花苞分離。

由於切花大部分由綠色的葉子及莖組成，所以採用G影像，選取合適的臨界值，將玫瑰切花自背景中分割出來。分割花莖影像的步驟如下：

⑴由上而下，由左而右，逐行搜尋，找出切花影像的最左端點（花苞端）。

⑵由最左端點向右15個像素點，找出此位置的物體影像中點，做爲第二個左端點。

⑶依據花莖起始點對判斷條件，由右至左逐行搜尋，尋找花莖起始點對。

⑷依據花莖影像形態判斷條件，以第3步驟中找到的花莖起始點對爲參考點，開始由右至左逐行搜尋花莖，直至第二個左端點時停止。

最左端點用來做爲花莖長度量測的端點，第二個左端點用來做爲判斷花莖彎曲度的參考點，可避免花苞傾斜時，因使用最左端點所產生的彎曲度判斷誤差。

花莖起始點對判斷條件如下：

⑴影像寬度小於12個像素點，大於2個像素點。

⑵至少有2個以上合於條件1的點對與之相鄰。

至於花莖影像形態判斷條件爲：

⑴影像寬度小於10個像素點，大於或等於2個像素點。

⑵影像長度（水平方向）大於4個像素點。

⑶除了第一段花莖外，所搜尋到的花莖前後皆應有物體影像存在。

⑷花莖寬度大於前段花莖的0.5倍。

⑸若與前段花莖在水平方向的距離在10個像素點之內，則兩段花莖的高度差小於20個像素點。

⑹同一段花莖首尾的寬度差小於6個像素點。

影像寬度設定爲小於10個像素點，以將玫瑰花刺排除在外，不計入花莖影像中，避免影響花莖直徑的量測。由觀察得知花莖影像前後皆會有物體影像存在（被葉片覆蓋），若搜尋到的影像爲近似花莖影像的葉片影像，則此影像的前後爲背景影像，不會有物體影像的存在，藉此可避免葉片的瘦長部分被誤認爲花莖。

2. 花苞影像分割

花苞的顏色組成複雜，從鮮紅、暗紅、褐紅、黑紅至黑色皆有，花莖及葉子部分的顏色組成則有鮮綠、褐綠及暗綠等，而花萼部分有白色、綠色及摻雜一點點紅色，故無法以單一種顏色灰階的臨界值做分割。且由於其顏色聚類分布甚廣並多聚集在RGB顏色座標的左下角位置，不適合以球形空間來包含其影像點的分布。因此使用色彩空間做分割時無法將花苞分割完全。本研究綜合臨界值法及改良色彩空間分割方法的原理做爲花苞的分割方法，依分割條件逐一去掉背景部分。分割條件如下：

⑴ $G <= 90$ 。

⑵ $R >= 1.5G$ ，且 $G <= 2B$ 。

⑶ $R >= 80$ ，且 $G <= 65$ 。

⑷ $R > 10$ 。

同時滿足上述條件之影像點屬於花苞影像。

影像分割後，仍餘留部分的花萼細線，可以使用收縮膨脹的方法將花萼細線去除，同時可除去一些微小的雜訊。先進行影像收縮一次將花萼細線與花苞相連部分斷開，並將花萼細線侵蝕掉，再經由一次的膨脹復原花苞影像。

在處理完花萼細線後，必須將影像再經過四次的膨脹處理及四次的收縮處理。因爲有些花苞影像在經過以上步驟的分割後會在內部留下一些小空洞，這些小空洞可以經由數次的膨脹將其填滿，再經由同樣次數的收縮復原花苞影像。

㈥花莖特徵擷取

花卉具生物特性，所以雖是來自相同品種、相同生長環境的玫瑰切花，其花莖長度和粗細並不齊一；而花莖雖大致筆直，但仍視各別情況而有不同程度的彎曲。一般而言，較長較粗的花材，吸水性好、保鮮期限較長、品質較佳，且利於插花、製作花籃花圈等各種應用上的處理，具有較高的經濟價值，在分級標準上屬於較優的等級；而花莖越筆直者，賣相好、又利於花材應用上的處理，其等級也越高。

擷取花莖特徵時係使用整枝切花的影像，對其分割出來的花莖影像部分作分析。由於部分花莖被葉子遮住，影像分割所得的花莖影像爲一段一段，無法得到完整花莖全貌，但已足夠影像分析用。

1. 花莖直徑

由於植物生長的特性，花莖底部靠近根部處較粗，向上越接近花苞處越細，所以本研究在判斷花莖粗細時，選取二個部位做量測，即花莖底端及中間處的直徑。底端直徑選取花莖分割程式搜尋出來的第一段花莖，中間處直徑選取最靠近花莖中點的一段花莖。求取一段花莖中所有點對的平均寬度，將此平均寬度 (A_w) 乘以垂直校正係數 (C_v) 而得到花莖直徑 d ，如下式。

$$d = A_W \times C_V \qquad (5)$$

2. 花莖彎曲角度

花莖彎曲角度大的切花，其賣相差，不利於花材應用上的處理，經濟價值較低，在分級時屬於較差的等級。本研究採用二個數值來表示花莖的彎曲情形，此二個數值之求法如下：

⑴求取同一張影像中各段花莖間中心線的夾角，最小的夾角即爲此花莖的最大彎曲度，如下式及圖 1 所示。夾角越小表示花莖的彎曲度越大。

$$\alpha = \min(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots, \theta_n) \qquad (6)$$

式中 θ 爲花莖中心線夾角，n 爲夾角數目，α 則爲代表彎曲度的最小夾角。

⑵連接花莖首尾的點成一直線，求取每段花莖的起始點及終點至此直線的距離，如圖 2 ，選取其中的最大值做爲代表彎曲度的參數，此花莖偏移距離越大，則表示花莖彎曲的情形越嚴重。

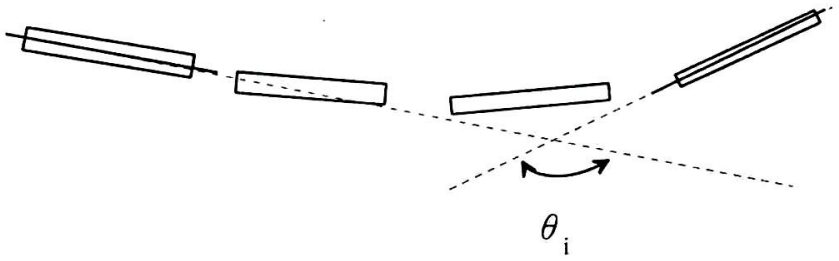


圖 1. 花莖中心線夾角

Fig. 1. The angle formed by the center lines of the stems

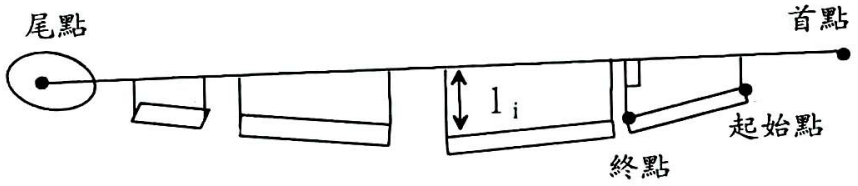


圖 2. 花莖偏移距離

Fig. 2. The deviated distances of the stems.

㈦花苞特徵擷取

花型完整、花色鮮明帶光澤、成熟度佳的切花，品質好，屬於較優良的等級。一般花農多選擇花苞開度在三分左右時剪取切花，因爲開度太小者，花苞太硬，剪下後不易盛開；而花苞太開者，花朵很快就會盛開，不耐久藏及運輸，所以三分乃爲最適宜的開度，太開或太硬者屬於較差的等級。通常花商在承銷切花時，會視其需要，選擇開度在三分或開度略大的切花。

在進行花苞特徵分析時，使用花苞部分的影像，針對分割出來的花苞影像做影像處理。使用間隙追蹤法 (Rosenfeld and Kak, 1982) 來尋找影像邊界，以免受雜訊的影響及便於花苞影像投影面積的求取。

1. 花苞開度

一般而言，開度越大的切花，投影面積越大，所以本研究使用花苞投影面積來代表花苞的開度。花苞投影面積的求法如式 (7)，撰寫影像處理程式讀取花苞投影面積總點數，即可以得到花苞投影面積 A。

$$A=N_p*C_A \qquad (7)$$

式中 N_p 爲花苞投影面積總點數，C_A 爲像素面積解析度。

2. 花苞顏色

分析花苞顏色組成，可以辨別玫瑰切花

的色澤，並可做爲影像分割時的參考。

採用 RGB 顏色座標系統做爲顏色座標，繪成灰階統計圖 (Histogram)，以了解玫瑰切花色彩灰階的分佈情形。

㈧統計分類方法

本研究使用最小距離分類器、Fisher 線性分類器及 Bayes 分類器等統計方法，以影像處理萃取之玫瑰切花特徵參數爲描述子，進行玫瑰切花分級。本方法先使用各等級（A 級、B 級和 C 級）之切花各 30 枝做爲訓練樣本，然後再以另外的 239 枝做爲測試樣本。

1. 最小距離分類器

若一幅影像以一 n 維的模式向量 $x=(x_1,x_2,\ldots,x_n)^T$ 來表示，其中每個分量 x_i 表示第 i 個描述子。若將一組模式向量區分成 M 個模式類，以 $W_1,W_2,\ldots,W_M$ 表示，則定義每個模式類的平均向量爲

$$m_j=\frac{1}{N_j}\sum_{x\in W_j} X \tag{8}$$

其中 $j = 1,2,\ldots,M$，N_j 爲第 j 個模式類的模式向量數。

決定一個未知模式向量 x 的所屬類別，是將它指定給最靠近它的那一類平均向量的類別，利用歐幾里得 (Euclidean) 距離來決定靠近的程度，其距離量測爲

$$D_j(x)=\| x-m_j \| = [(x-m_j)^T(x-m_j)]^{1/2} \tag{9}$$

其中 $j = 1,2,\ldots,M$。式 (9) 的決策方法：如果 $D_i(x)$ 是最小距離，則將 x 指定給 i 類。因此就上述定義，欲將玫瑰切花分爲三級，則 M = 3, j = 1,2,3 分別代表 A 級、B 級及 C 級，所以分級的決策方法爲：計算式 (9) 之值，那一類之 D(x) 值最小，則該切花即歸類爲那一級。

2. Fisher 線性分類器

此分類器定義第 j 類模式的共變異矩陣爲

$$C_j=\frac{1}{N_j}\sum_{x\in W_j}(x-m_j)(x-m_j)^T \tag{10}$$

其中 m_j 爲每個模式類的平均向量。類內分散矩陣 (Within-class scatter matrix) 定義爲

$$S=\frac{1}{N}\sum_{j=1,2\ldots M} N_jC_j \tag{11}$$

其中

$$N=\sum_{j=1,2\ldots M} N_j \tag{12}$$

其決策函數爲

$$d_j(x)=(x-m_j)^TS^{-1}(x-m_j) \tag{13}$$

其中 S^{-1} 爲 S 的反矩陣。式 (13) 的決策方法：如果 $d_i(x)$ 得出最小值，則將 x 歸爲 i 類。

3. Bayes 分類器

對 n 維之模式而言，屬於第 j 個模式類之向量的高斯機率密度函數爲：

$$p(x/w_j)=\frac{1}{(2\pi)^{n/2}\,|C_j|^{1/2}} \exp\left[-\tfrac{1}{2}(x-m_j)^TC_j^{-1}(x-m_j)\right] \tag{14}$$

式中 m_j 與 C_j 分別是第 j 個模式類之平均向量及共變異矩陣，它們可以下列二式表示：

$$m_j=\frac{1}{N_j}\sum_{x\in W_j} X \tag{15}$$

$$C_j=\frac{1}{N_j}\sum_{x\in W_j} XX^T-m_jm_j^T \tag{16}$$

式中 N_j 是第 j 個模式類，即 W_j 之模式向量數目。將式 (14) 代入下面之決策函數

$$d_j(x)=\ln p(x/w_j)+\ln P(w_j) \tag{17}$$

可得

$$d_j(x)=\ln P(w_j)-\frac{1}{2}\ln|C_j|-\frac{1}{2}[(x-m_j)^T C_j^{-1}(x-m_j)] \quad (18)$$

式中 j = 1,2,...,M 。M 是模式類的數目。式 (18) 就是 Bayes 分類器之決策函數，如果 $d_i(x)$ 之值最大，則將向量 x 歸爲 i 類模式。

四、結果與討論

㈠整枝切花影像分割結果

配合二值化影像的觀察及調整，得到整枝切花影像的最佳臨界值爲 40 ，可用以分割出整枝切花的影像，以便進行花莖的搜尋。圖 3 所示爲以 CCD 攝影機取得的整枝切花影像，而圖 4 即爲圖 3 中之切花影像使用臨界值法分割後的結果。

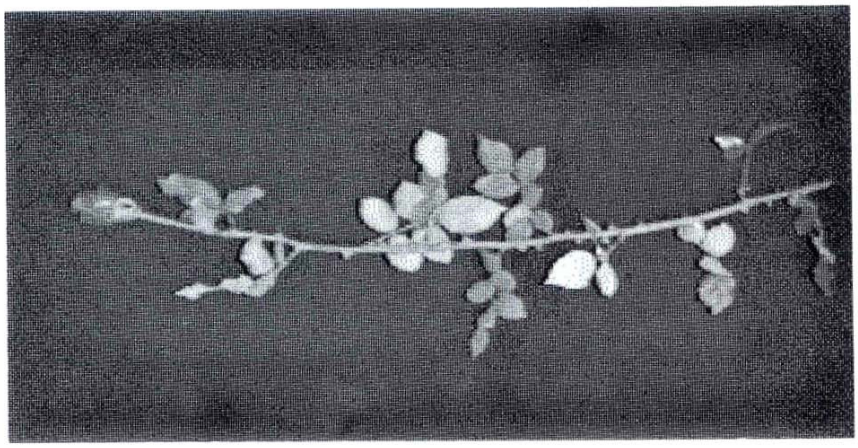


圖 3. 切花的原始影像
Fig. 3. The original image of the cut rose.

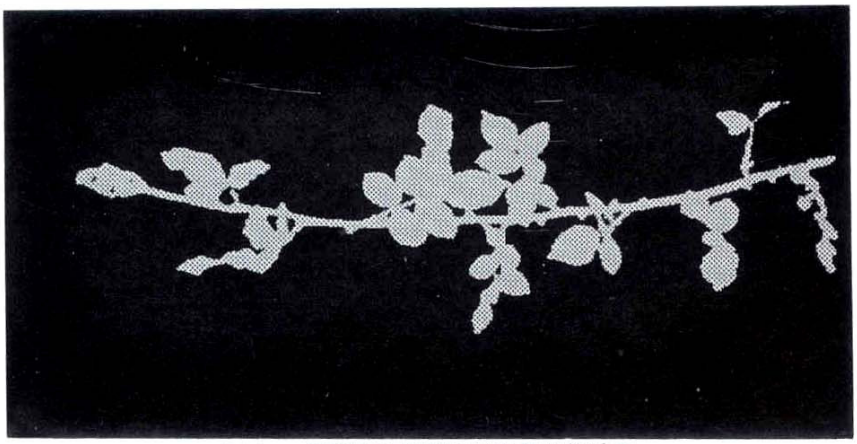


圖 4. 切花影像以臨界值法分割的結果
Fig. 4. The segmented image of the cut rose by using thresholding.

㈡花莖起始點對搜尋

花莖起始點對搜尋的方法，主要是以點對的寬度來判斷其是否爲花莖，寬度太寬者必屬於葉片；又由於葉片的尖端處較窄，易被誤認爲花莖，故再加上一條件，必需有3個以上合於寬度條件的點對相連，方確認所搜尋到的點對爲花莖起始點對。但由於有些葉片較細長，或因爲葉片恰好覆蓋了花莖起始點，所以仍有少數影像在搜尋時會產生錯誤的結果，而導致花莖長度、最大偏移距離及彎曲角度等特徵的擷取結果錯誤。

本研究起始點對搜尋錯誤率爲3.6%。其中錯誤情況較輕微的，對特徵擷取結果的影響也較輕微，若錯誤情形較嚴重，除了使長度量測不正確外，因爲花莖起始點爲花莖搜尋的參考點，會導致花莖搜尋不完全，甚至會搜尋不到任何花莖，而使得花莖直徑、彎曲角度及花莖偏移距離的量測產生嚴重誤差或無法進行。沒有花莖特徵參數，即無法進行分級；若分級參數有誤差，則會影響分級的正確性。

㈢花莖搜尋

進行花莖搜尋時，使用花莖起始點對做爲搜尋開始時的參考點，並依據影像點對的寬度、長度及相關位置判斷是否爲花莖。

紅色莎曼莎品種的玫瑰，葉子多，刺粗大，影像形態複雜，使得花莖影像形態的訂定不易，增加了花莖搜尋時的困難度。若影像寬度範圍定得太大，易將葉片較窄部分及花刺當成花莖，若範圍定得太小，則會將較粗的花莖排除在外而無法搜尋完全；影像最小寬度也不可定得太小，否則會找到葉柄的部分，且由於花莖有彎曲的情形，故無法以角度彎曲範圍做爲花莖影像的搜尋條件。此外，爲了避免葉子的細長部分被誤認爲花莖，必需再加上長度及相關位置的判斷條件，當寬度條件符合時，長度太短則可能爲葉片的一部分，而且水平距離相近的花莖，高度不會相差太多，如此一來長度及寬度都符合的葉柄及細長葉片才不會被計入；同一段花莖之內寬度不會相差太多，寬度變化太大者即可能爲葉片。在同一張影像的花莖搜尋過程中，由於互爲參考點的關係，每一個花莖點對的搜尋結果，都將影響下一個花莖點對的搜尋。

花莖的搜尋有嚴重錯誤者佔2.4%，然而搜尋的成功率並非97.6%，仍有部分影像花莖搜尋結果有輕微的誤差，或花莖搜尋不完全。若花莖搜尋結果嚴重錯誤，或搜尋出來的花莖數過少，以致不足以表現出花莖特徵，則將無法得到正確的花莖特徵參數，圖5爲花莖搜尋的結果，圖中黃色部分即爲搜尋到的花莖輪廓。

花莖搜尋失敗的原因有：⑴花莖起始點對搜尋錯誤。由於起始的參考點錯誤，導致後續的搜尋方向偏差過大而失敗。⑵花莖被葉子覆蓋的部分太多，以致合於條件可供搜尋的花莖太少；或足以表現花莖特徵的花莖部分恰好被葉子覆蓋，例如花莖彎曲度最大的部分恰好被覆蓋，進而影響特徵擷取的正確性。⑶細長的葉子，由於其形態與花莖相似而被誤認爲花莖。⑷搜尋到葉柄部分。葉柄的影像形態與花莖相似，但寬度多半較細，且與花莖呈一甚大的夾角，若搜尋到葉柄，會使得花莖後續的搜尋方向偏移，且會使影像處理計算出來的彎曲度變大。

若花莖搜尋的結果不佳，將影響後續花莖特徵擷取的處理。當搜尋到的花莖段數太少，或搜尋到的花莖段不具代表性，不足以表現花莖彎曲的情形時，將導致花莖彎曲度的判斷錯誤，例如彎曲的花莖，因爲搜尋到的花莖爲直的段落，所以被判定爲直的花

莖，或者直的花莖，因爲誤認葉片爲花莖，而使得計算出來的彎曲度及花莖偏移量變大；此外，在花莖段的前後，極易計入部分花刺及葉片，而此部分的寬度較寬，會使得花莖直徑的計算結果偏高，再加上本研究中整枝切花影像的解析度較低，不易表現出花莖直徑間微小的差距，因此偏高的花莖直徑值將造成切花品質的分級誤差。圖 6 爲花莖搜尋失敗的例子，其失敗的原因是將細長葉片誤認爲花莖。

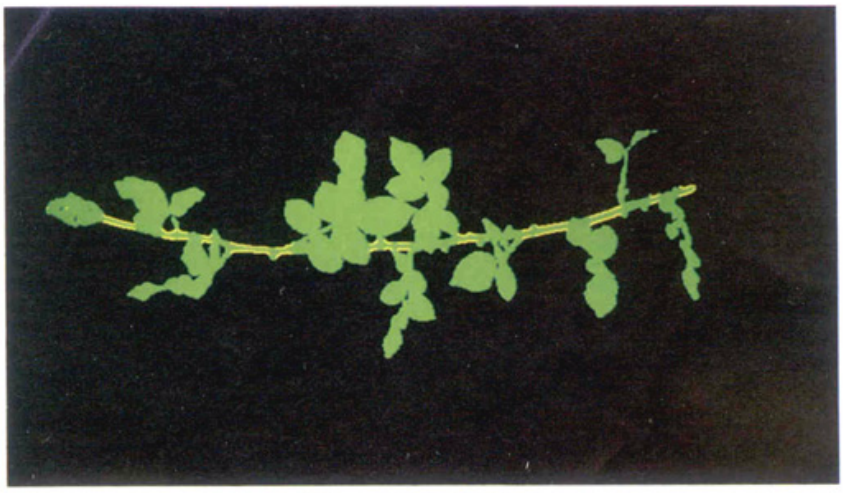


圖 5.　花莖搜尋的結果
Fig. 5. The result of stems searching.



圖 6.　花莖搜尋失敗的例子
Fig. 6. A failing example of stems searching.

四花苞影像分割結果

花苞影像分割的結果如圖 8 所示，圖 7 爲其未分割前的原影像。爲了加快影像處理的速度，縮小處理的範圍而不對整張影像做處理，因此由圖 8 中可見，範圍外的影像保持不變。在彩色影像分割完成後，將影像以臨界值法二值化，以方便後續的影像處理；圖中未分割完全的花萼細線，可使用一次的影像收縮將其去除。影像收縮之後，需再經一次的影像膨脹以復原花苞影像。

彩色影像分割後，有時會在花苞影像內部產生一些小空洞，這些小空洞有些是綠色的萼片所造成，有些是最外層經陽光曝晒而轉成黑色或紅黑色的花瓣，可經過數次膨脹，將這些空洞填滿，以避免花苞面積的計算誤差。在經過數次膨脹後，需以同樣的次數做影像收縮處理，以復原花苞影像。

⑸統計分類器之分級結果

本研究使用由影像處理系統萃取的玫瑰切花參數進行統計分類。萃取的參數包括花莖最大偏移距離、花莖彎曲角度、花莖中間直徑、花莖底端直徑及花苞投影面積。所使用的統計分類器有最小距離分類器、Fisher 線性分類器、及 Bayes 分類器。表 2 是使用不同參數的分級結果。由表 2 可知大部份的分級正確率均介於 56% 與 63% 之間，正確率最小爲 56.5% ，最大者爲 69% 。正確率最大者使用 Fisher 線性分類器，採用的參數是花莖最大偏移距離、花莖底端直徑和花苞投影面積。對最小距離分類器而言，分級正確率均很近似，在 61% 上下。由表 2 又可發現，這三種分類器均在使用花莖最大偏移距離、花莖底端直徑及花苞投影面積時得到最大的分級正確率。換言之，這三個參數最適合用以分級玫瑰切花。

表 2. 使用不同參數與不同分類器之分級正確率
Table 2. Grading results using different parameters and classifiers

參數種類	分類器種類		
	最小距離分類器	Fisher 線性分類器	Bayes 分類器
花莖最大偏移距離 花莖底端直徑 花苞投影面積	62.1%	69.0%	61.1%
花莖彎曲角度 花莖底端直徑 花苞投影面積	61.0%	63.6%	58.6%
花莖最大偏移距離 花莖中間直徑 花苞投影面積	61.6%	60.3%	59.4%
花莖彎曲角度 花莖中間直徑 花苞投影面積	60.4%	56.9%	56.5%

五、結論

⑴對於整枝切花的影像分割，使用臨界值法對綠色影像分割；對於花苞部分的影像分割，則使用紅、綠及藍色影像，且分割條件較複雜。

⑵花莖搜尋的正確性很重要，如果花莖搜尋有錯誤，將影響花莖直徑、花莖彎曲角度及花莖最大偏移距離的正確性。

⑶花苞投影面積適合用來做爲花苞開度大小的分級參數；花莖最大偏移距離及花莖彎曲角度則適合用來做爲判斷花莖彎曲情形的參數；花莖粗細的判斷，以花莖底端直徑或花莖中間直徑做爲分級參數。

⑷各分類器的最佳分級正確率爲 Fisher 線性分類器 69.0%，最小距離分類器 62.1%，Bayes 分類器 61.1% 。

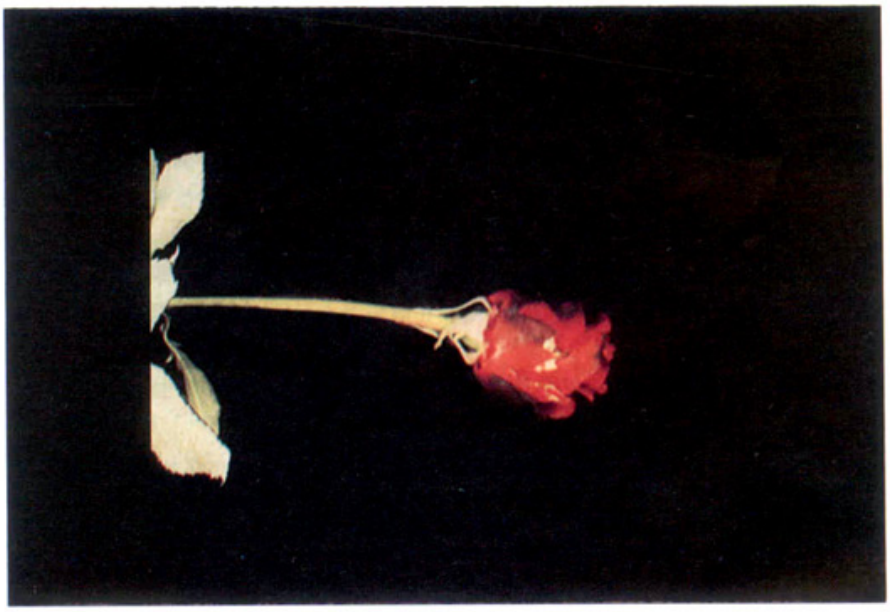


圖 7.　花苞原始影像
Fig. 7. The original image of the bud.

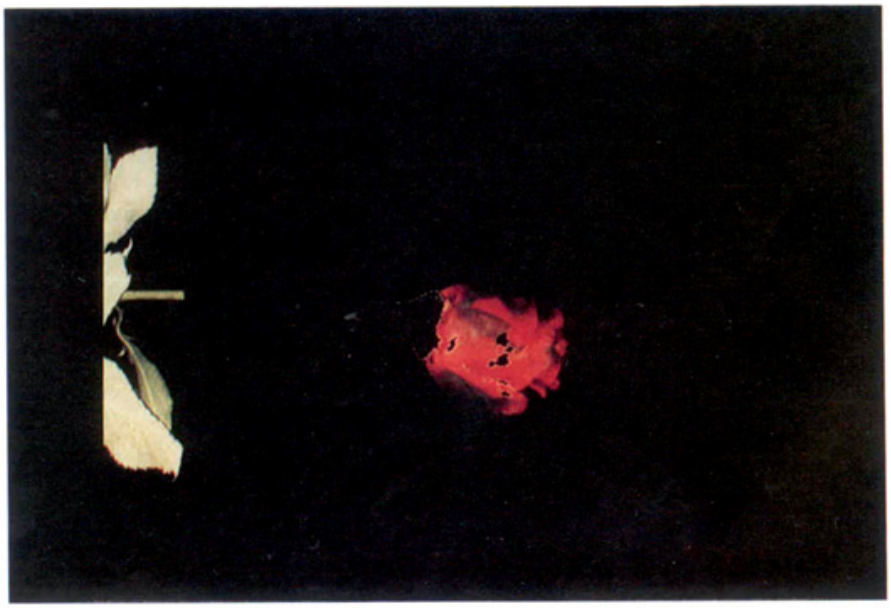


圖 8.　花苞影像分割結果
Fig. 8. The segmented image of the bud.

參考文獻

1. 李芳繁。1990。以影像處理量測檸檬之幾何性質。農業工程學報。36(3):36-42。
2. 李芳繁。1991。檸檬顏色分級方法之建立。農業工程學報。37(2):59-64。
3. 林宜弘。1995。機器視覺應用在魚苗計數之可行性研究。農業機械學刊。4(2):37-45。
4. 黃膺任。1995。使用影像處理與類神經網路分級胡蘿蔔之研究。國立中興大學碩士論文。
5. 楊清富、李芳繁。1994。應用機器視覺進行番茄顏色分級之研究。農業機械學刊。3(1):15-29。
6. 鄭振宏。1994。花卉分級包裝手册(三)。台北花卉產銷股份有限公司。
7. 賴天明、林達德。1992。應用於種苗移植作業之機器視覺系統。農業工程學報。38(4):91-110。
8. 謝青霖、馮丁樹、陳世銘。1992。數位影像處理在蔬果大小選別之應用。農業機械學刊。1(1):28-41。
9. 謝清祿、鄭聖夫、林達德。1995。應用影像處理技術及類神經網路辨認不同生長階段甘藍苗之研究。八十四年度農業機械論文發表會論文摘要集。111-112。
10. Howarth, M. S. and S. W. Searcy. 1991. Comparison of Bayesian and neural network classifiers for grading carrots. ASAE paper NO.91-7012.
11. Ikeda, Y. and T. Motohori. 1995. Quality evaluation of cut flower with neural network and genetic algorithm. 八十四年度農業機械論文發表會論文摘要集。69-70。
12. McFarlance, N. J. B. 1991. A computer-vision algorithm for automatic guidance of microplant harvesting. Computers and Electronics in Agriculture. 6:95-106.
13. Rosenfeld, A. and A. C. Kak. 1982. Digital Picture Processing. 2nd ed. Academic Press.
14. Shearer, S. A. and F. A. Payne. 1990. Color and defect sorting of bell peppers using machine vision. Transactions of the ASAE 33(6): 2045-2050.
15. Shimizu, H. and R. D. Heins. 1995. Computer-vision-based system for plant growth analysis. Transactions of the ASAE 38(3):959-964.
16. Simonton, W. and D. Graham. 1996. Bayesian and fuzzy logic classification for plant structure analysis. Applied Engineering in Agriculture 12(1):89-97.
17. Slaughter, D. C. and R. C. Harrell. 1989. Discriminating fruit for robotic harvest using color in natural outdoor scenes. Trans. of the ASAE 32(2):757-763.
18. Steinmetz, V., M. J. Delwiche, D. K. Giles and R. Evans. 1994. Sorting cut roses with machine vision. Transactions of the ASAE 37(4):1347-1353.

CUT ROSES GRADING USING IMAGE PROCESSING AND STATISTICAL CLASSIFIERS

Fang-Fan Lee[1)]

(Accepted for publication : Nov 23, 1996)

ABSTRACT

Image processing techniques and statistical classifiers were used to grade cut roses. Grading was based on the straightness of the stem, the diameter of the stem, and the maturity of the bud. The descriptors of the stem straightness were the maximum deviated distance, and the crooked angle; the descriptors of the stem diameter were the middle diameter, and the bottom diameter; for bud maturity, the descriptor was the projected area of the bud. The statistical classifiers were the minimum distance classifer, the Fisher's linear classifier and the Bayesian classifier. Different descriptor combinations were utilized for grading, and the best grading accuracy rate was 69%, compared with manual grading results, using the Fisher's classifier.

Keywords: Statistical classifier, Roses, Image processing, Grading.

---

1) Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, National Chung-Hsing University.