

使用彩色機器視覺選別落花生仁

Peanut Kernels Sorting by Color Machine Vision

國立中興大學農機所碩士
許 獻 成
Shiann-Cheng Sheu

國立中興大學農機系副教授
李 芳 繁
Fang-Fan Lee

摘 要

本研究使用影像處理技術分析靜態落花生仁影像，並使用機器視覺選別動態落花生仁。選別機之主要設備包括兩部攝影機、影像擷取卡、影像處理加速卡以及電腦；並以微處理器介面技術控制取像及吹氣時間。

研究過程是：首先分析靜態落花生仁影像，建立去除不良落花生仁之方法。然後分析動態影像，探討靜態與動態選別分劃值之差異。最後使用兩部攝影機擷取與分析落花生仁不同兩面之影像，進行動態選別試驗。

由靜態影像分析之結果得知：重度顏色不正常落花生仁可以損壞比率值做為選別參數；輕微顏色不正常落花生仁可以損壞比率值及平均色相值做為選別參數；皺皮落花生仁可以平均一次差分值得為選別參數；發芽落花生仁可以細密度值做為選別參數；破粒落花生仁可以平均色相值及損壞比率值做為選別參數。

動態選別時，不良落花生仁之判別方法與靜態選別者相同，惟動態選別時之樣品不包括皺皮及發芽落花生仁。每一顆落花生仁動態選別所需之時間為0.44秒；動態選別之選別正確率為94.8%。

關鍵詞：機器視覺、影像處理、落花生仁、選別。

ABSTRACT

This study analyzed the images of the stationary peanut kernels by using image processing and sorted the moving peanut kernels by machine vision. The main equipment of the sorting machine are two CCD cameras, a color frame grabber, a high speed frame processor, and a microcomputer. Furthermore, the technology of micro-processor interface was used to control the image grabbing time and the air blowing time.

In this study, images of the stationary samples were analyzed first to establish the methods to remove bad kernels. Then, the images of the moving samples were analyzed to investigate the difference between the thresholds of the static and dynamic sorting tests. Finally, the dynamic sorting test was conducted by using two cameras to grab two different sides of the sample and analyzing these two images immediately.

The results of the stationary images analyses reveal that the damage ratio can be used as the sorting parameter for the seriously abnormal-colored kernels; the damage ratio and the average hue have to be used as the sorting parameters for slightly abnormal-colored kernels; the average first difference can be used to remove the shrunk kernels; the compactness can be used to remove the kernels with sprout; and the average hue and the damage ratio are needed to sort out the broken samples.

In dynamic sorting test, the sorting parameters used were the same as those used in static sorting test; however, the shrunk samples and samples with sprout were not included in dynamic test. In dynamic test, it took about 0.44 seconds to sort a sample and the sorting accuracy rate is 94.8%.

Keywords : Machine vision, Image processing, Peanut kernels, Sorting

一、前言

落花生是本省主要的雜糧作物之一，也是一種富含營養成份的農產品。脫殼後的種仁若受機械損傷或是貯存不當，將導致黴菌滋生與黃麴毒素污染。為確保落花生仁品質，以維護人體健康，有必要剔除不良品，其次予以大小分級，供直接食用或加工製成各種食品。

目前國內關於不良落花生仁的去除，主要是採用光電選別方式；對於大小分級，則另外以振動篩網裝置達成。我們知道，良好與不良的落花生仁在顏色上具有差異，這個現象使機器視覺技術適合於落花生仁選別。本研究於是構想使用機器視覺進行落花生仁影像的分析判斷，非但自動剔除不良品，並且於同時間內，完成影像面積計算，將良好之落花生仁做大小分級。

二、文獻探討

(一)表色法

一般常用之表色法有下列四種系統：

1. RGB表色系統

在RGB表色系統中，每一色彩均由三原色—紅、綠、藍以不同之成份組成。於是在卡式直角座標（如圖1）中，紅、綠、藍色是三個主軸之基底。空間上任一點（色彩）之紅、綠、藍色成份（分量），由對應之X、Y、Z軸截距得到。

2. HSI表色系統

色相（Hue）是觀察者所感知的顏色；彩度（Saturation）是顏色的純度，與混入的白光成反比。色相與彩度合稱為色品（Chromaticity），與亮

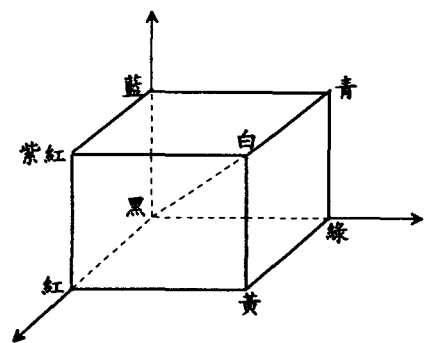


圖 1. RGB表色系統

度（Intensity）構成色彩。

3. YIQ表色系統

若將RGB表色系統經(1)式轉換之後，即得到YIQ表色系統（Jain,1989）。其中Y代表亮度，I和Q共同表示了色相與彩度。

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.50 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

4. Lab表色系統

Lab表色系統中，L值表示亮度，L值愈大，表示物體的亮度值愈高；a值表示紅綠成份，正的a值表示顏色偏紅，負的a值表示顏色偏綠；b值表示黃藍成份，正的b值表示顏色偏黃，負的b值表示顏色偏藍。

(二)機器視覺系統

由於機器視覺技術不斷地進步，其在農業機械上的應用持續地增加，謹就與本研究相關之文獻加以探討。

Miller和Delwiche(1991)以機器視覺方式偵測桃

子缺失。其處理分成腐敗（嚴重瘀傷）桃子的去除與缺陷（如瘀傷、蟲洞、割傷）桃子的去除兩部份。處理流程首先是對於腐敗桃子的去除，其去除的標準是：當桃子表面低於平均灰度值15%的影像點面積超過25%時，則判定該受測桃子為腐敗。其次偵測缺陷桃子，當掃描整張桃子影像時，若出現低於平均灰度值8%的影像點時，該點便極可能是缺陷區域內的一點。再進一步利用區域成長方法，對於與該點相鄰的影像逐一做檢測：當與缺陷點的灰度值差在分劃值內，則將該點併入缺陷區域。如此將缺陷區域找出。值得注意的是：瘀傷狀況的影像點與正常影像點二者的灰度值差並非明顯，必須選用小的分劃值才能將瘀傷區域劃分出來。使用機器視覺檢測的結果，在近紅外線系統下，誤判率是31%，而由彩色系統的分析，其誤判率則為40%。

Gunasekaran et al(1988)利用電腦視覺系統評定玉米的外部損傷、發霉污染、粉狀對透明性比，以及大豆的發霉污染。由於這些影響品質的因子在適當的光源照射下，會有不同的反射強度，因此當選用適當的分劃值時，便可以將這些因子予以區分出。在白色光源的照射下，玉米外部損傷和發霉污染在影像中所呈現的灰度值分別是23和25。而在紅色光源照射下，大豆發霉污染的灰度值為27。至於玉米的粉狀對透明性比則是計算粉狀與透明部份的影像點數比。其中粉狀部份的影像點數是灰度值為63總點數，而透明部份的數目則是利用總點數減去粉狀部份的數目之後得到。實驗結果：偵測玉米粒斷裂、碎裂、粉狀現象和發霉污染的正確率分別是100%、83%、88%和84%，而判定大豆發霉污染的成功率則為80%。

李（1991）藉著建立各級檸檬顏色的標準值，來達成檸檬顏色分級之目標。其方法是先以人工將檸檬分成黃、黃綠、綠三級。其次讀取各個檸檬的R、G、B值，經由公式轉換成爲Y、 θ 、 ρ 值。最後將各級各個檸檬的Y、 θ 、 ρ 值平均之後，當作各級檸檬的Y、 θ 、 ρ 標準值。在建立了各級檸檬的Y、 θ 、 ρ 值之後，將所要測試顏色的檸檬同樣先讀取R、G、B(即Y、 θ 、 ρ)值，接著分析各個像素在 $\theta - \rho$ 平面上與三個標準值之距

離，若與某個顏色等級最爲接近時，即將該點像素標記成該顏色。在各個像素所屬的顏色完成之後，接著計算各個等級所佔有之像素數目。所佔像素數目最多的等級即該受測檸檬所屬之顏色等級。

謝等人（1992）將數位影像處理應用於蔬果大小選別。其實驗應用了影像處理技術的三個理論來達成蔬果面積的量測：一是應用梯度差分理論尋找蔬果之邊界；二是應用區域成長與合併理論做爲區域內的計數與成長；三是在二值化（0與1）的影像中，應用遞迴填佈理論由某一種子點開始發展，填佈至邊界，配合著計數器之計數而將面積予以求出。實驗所得，在良好的採光下，三種理論均有良好之精確度；而在採光不良時，遞迴填佈理論則可獲得較高的信賴度。

Dowell(1992)利用黑白機器視覺系統、接觸與非接觸式色差計及光譜反射分析等四種不同方法檢驗受損及非受損之落花生仁。關於機器視系統方面，其方法是首先建立受損與未受損落花生仁的分劃值。紅膚色的落花生仁，其分劃值是15，而偏白色的落花生仁，其分劃值是103。取像時以最黑的一面爲主，並記錄所觀測的面積。在影像經分劃值的分劃掃描之後，若發現有50%以上的面積消失，則判定該受測的落花生仁爲受損。利用此方法檢測的結果，對於受損落花生仁的判斷正確率爲62.7%，而對於未受損落花生仁的判斷正確率則可達100%。

林與黃（1993）以育苗箱中西瓜與甘藍種苗的原始影像爲基礎，首先建立其標準影像，接著探討原始影像與標準影像二者間之差異。同時報告中也討論了各種遮罩對於差異（背景雜訊）的去除能力。所謂的標準影像，是指沒有包含任何雜訊點且影像中苗葉部份無中空點之二元影像。標準影像是利用電腦程式將雜訊除去並補全中空點之後獲得。研究中以十二種遮罩進行背景雜訊的處理分析。各遮罩對於西瓜種苗的雜訊去除能力在60.6%至78.1%之間；對於甘藍種苗的處理效率則在65.5%至79.3%之間。同一遮罩對於種苗處理效率的變異數，甘藍較西瓜種苗爲大。

Wigger等（1988）使用彩色影像處理選別發黴

的大豆。其用來做為選別的參數有三：1.大豆影像的灰度值。2.大豆表面的顏色。3.大豆影像的乾癟(皺褶)或粗糙程度。關於檢查乾癟程度的方法是以綠色影像為主，首先將灰度值由0到255等分成10個區間。接著沿水平及垂直方向，每隔十行(垂直方向每隔十列)觀察其灰度值變化。若灰度值不在同一區間內，則記錄「改變一次」。如此經掃描完整張影像後所得到的總改變次數，定義為「變化係數」。由變化係數的大小可以得知大豆乾癟的程度。使用影像處理分辨正常與損壞大豆的成功率為98%；而分辨四種不同損壞情形的成功率則為77-91%。

楊與李(1994)以彩色影像處理系統配合分級機構與平行出料處理，發展出一套批次處理小蕃茄之顏色分級系統。此系統分別以HSI顏色系統的H，YIQ顏色系統的Q與RGB顏色系統的G來做為三個分級小蕃茄的顏色模式，將小蕃茄分成紅色、紅綠色與綠色三個等級。分級時首先藉由學習的程序建立分級標準的左值與右值，當小蕃茄的顏色由機器視覺系統計算出來的值小於左值即判定為紅色等級，大於右值就判定為綠色等級，而介於兩者之間則判定為紅綠色等級。分級結果以位元組形式輸入分級電路，在經解碼與訊號放大之後，控制分級機構產生動作，使其能夠同時處理四個小蕃茄之分級。三個顏色模式分級之結果與人工分級結果相符的程度分別是95.3%、93.9%與88.9%。分級作業速度最快為每分鐘380個小蕃茄。

三、試驗設備

本研究研製之落花生仁選別機與介面電路示意圖如圖2所示。使用之儀器設備包括：

(1)彩色CCD攝影機(XC-711, Sony)

可輸出NTSC複合視訊及RGB視訊。本實驗為擷取樣品不同兩面的影像，使用兩部彩色CCD攝影機。

(2)十三吋彩色影像監視器(PVM-1342Q, Sony)

可連接微電腦、攝影機或錄放影機，便於影像之觀察。

(3)微電腦(精英486)

(4)彩色影像擷取器(DT2871, Data Translation)

系統內含四個Buffer，分別儲存R、G、B(或H、S、I)影像與Overlay資料。每一個Buffer的記憶容量為 $512 \times 512 \times 8$ 位元。

(5)高速影像處理器(DT2868, Data Translation)

加速DT2871處理旋積(convolution)、統計(histogram)、數學運算與其它操作。

(6)八通道視訊多工器(DT2859, Data Translation)

此多工器最多可連接八台攝影機。經由程式控制，可以選擇不同的攝影機。

(7)解碼器

可將複合視訊分解為R、G、B視訊進入彩色影像擷取器。

連接本解碼器的R、G、B值為可調整式，因此使用之前必須先做校正。

(8)PC多功能實驗卡(第三波出品)

(9)紅外光感測器(IPIN, Nippon Takenaka)

(10)照度計(TL-1, Minolta)

照度量測範圍由0至20000lux。

(11)打光室

打光室使用黑布遮光，避免打光室內之照度受到外界環境影響。打光室的中央位置設置兩個黑色背景，落花生仁即由兩個黑色背景之間通過。每一黑色背景的前方兩側位置各裝置一個40W鎢絲燈泡。

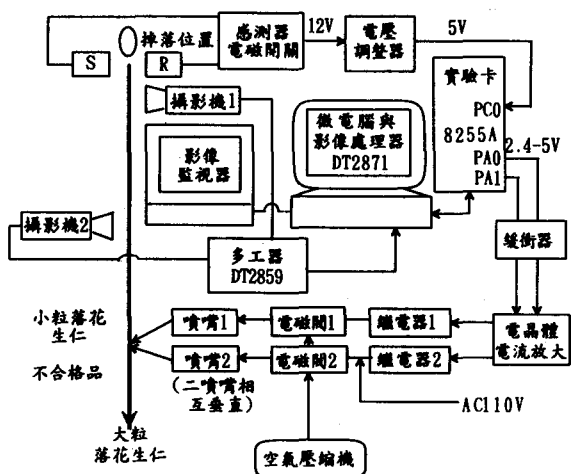
(12)選別機構

包括繼電器、電磁閥、空氣壓縮機、兩個同一高度且方向相互垂直的噴嘴。

四、研究方法

(一)攝影機鏡頭、快門速度及照度

本研究使用焦距25mm, f1.4電視攝影機鏡頭。為了增加樣品影像的大小，鏡頭加裝了一個厚度2mm之延長管。此時鏡頭至樣品的距離為20cm。為了減低掉落中樣品的影像之模糊程度，使用1/500秒之快門速度。在此快門速度，動態影像之品質



注：S為感測器發射端，R為感測器接收端。

圖 2. 落花生仁選別機與介面電路示意圖

與靜態影像之品質相當接近。為了保持一定之照度，使選別準確度不受外界光線之影響，影像之擷取均在打光室內進行。樣品處之照度為5000 lux，此時攝影機之光圈為1.4。

(一) 靜態落花生仁影像之分析

靜態落花生仁樣品共150顆(台農五號)，依編順序是：(1)1-25號：正常落花生仁；(2)26-50號：重度顏色不正常落花生仁；(3)51-75號：輕微顏色不正常落花生仁；(4)76-100號：發芽落花生仁；(5)101-125號：皺皮落花生仁；(6)126-150號：破粒落花生仁。圖3是樣品之一部份。

每一張靜態落花生仁影像均分析：(1)紅、綠、藍色影像平均灰度值。(2)平均亮度、彩度及色相值。(3)影像總點數與損壞比率值。(4)平均一次差分值。(5)細密度值。

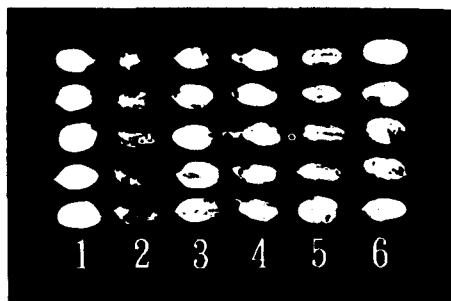
因為落花生仁之顏色較接近紅色，所以落花生仁影像以R值(紅色影像)最為明顯。於是關於影像總點數、損壞比率值、平均一次差分值與細密度值之計算，均根據紅色影像。

(1) 紅、綠、藍色影像平均灰度值

在計算落花生仁影像平均灰度值之前，必須先將樣品與背景分離。本研究使用二值化方法將樣品與背景分離。圖4是重度顏色不正常落花生仁之紅色影像；綠、藍色影像則與紅色影像類似。圖5是紅色影像經分劃值19予以二值化後所得之影

像。圖6與圖7則分別是以分劃值10與45予以二值化後所得之影像。從圖6可以看出，當分劃值取得過低時，影像產生雜訊，這是由於背景中的較亮點被誤認為落花生仁影像所產生。若是分劃值取得過高時，則將有部份屬於物體的像素被歸類為背景，造成物體影像失真(圖7)。紅、綠、藍色影像最適當的背景分劃值並不同，紅色影像為19；綠色影像為20；藍色影像為21。所有樣品的三個影像均採用這三個分劃值，不因為樣品種類不同而異。

落花生仁影像之平均灰度值的求法是：大於分劃值之所有像素的灰度值之總和被大於分劃值之所有像素之個數所除而得。本研究利用統計圖法(Histogram)，使用此方法可以即時算出紅色、綠色與藍色影像之平均灰度值。



- 1: 正常落花生仁
- 2: 重度顏色不正常落花生仁
- 3: 輕微顏色不正常落花生仁
- 4: 發芽落花生仁
- 5: 皺皮落花生仁
- 6: 破粒落花生仁

圖 3. 落花生仁樣品

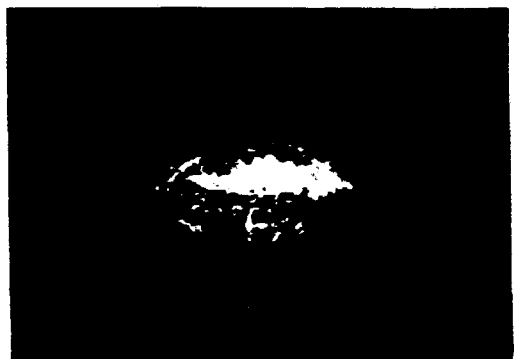


圖 4. 重度顏色不正常落花生仁之紅色影像

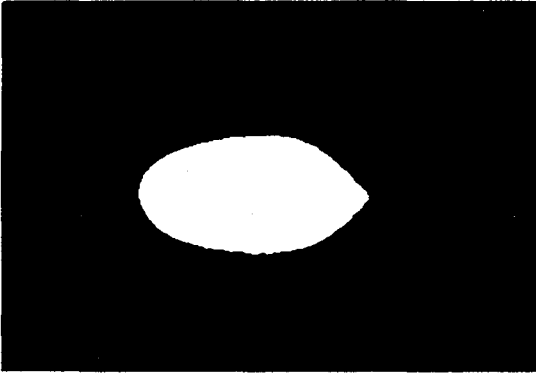


圖 5. 以分劃值19將圖4之影像二值化後所得結果

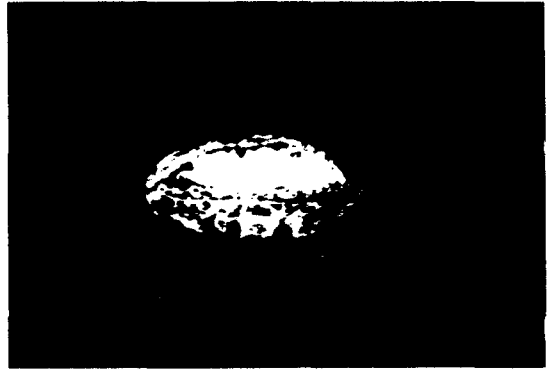


圖 8. 圖4樣品之亮度影像

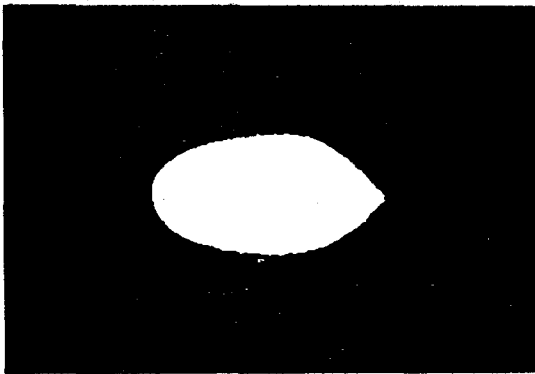


圖 6. 以分劃值10將圖4之影像二值化後所得結果

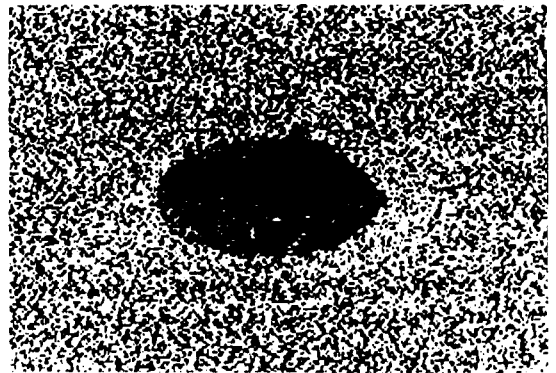


圖 9. 圖4樣品之彩度影像

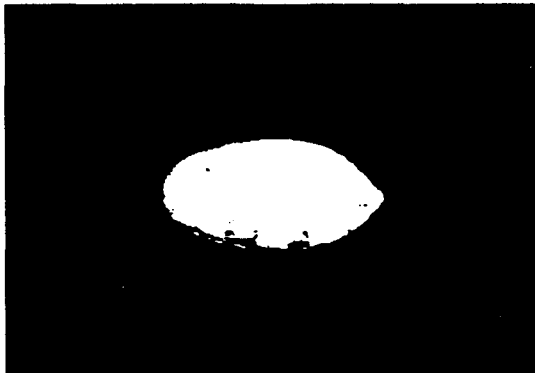


圖 7. 以分劃值45將圖4之影像二值化後所得結果

(2)平均亮度、彩度及色相值

圖4樣品之亮度 (I)、彩度 (S) 及色相 (H) 影像分別如圖8、圖9、與圖10所示。亮度影像與紅色影像一樣，可以經由適當之分劃值分割並計算平均亮度值。而彩度與色相影像並無法使用分劃值將背景與落花生仁分離。

由於彩度及色相影像無法用適當的分劃值將落花生仁與背景分離，所以在計算平均彩度與色相值時必須藉助於亮度。一張彩色影像是由R、G、B (或I、S、H) 三張影像所組合而成。因此，只要先藉由亮度影像找到屬於物體的像素 (I值大於分劃值的點)，那麼就可以根據這些像素的位置讀取像素之彩度及色相值。將屬於物體像素的所有彩度或色相值相加後，除以物體像總點數，便得到平均彩度或色相值。以上是計算平均彩度及平均色相值的第一個方法。第二個計算平均彩度及平均色相值的方法是使用下列三個公式 (Gonzalez and Wood, 1992) 將R、G、B轉換成爲I、S、H值：

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B) \dots\dots\dots (2)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min (R+G+B)] \dots\dots\dots (3)$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{1/2 [(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

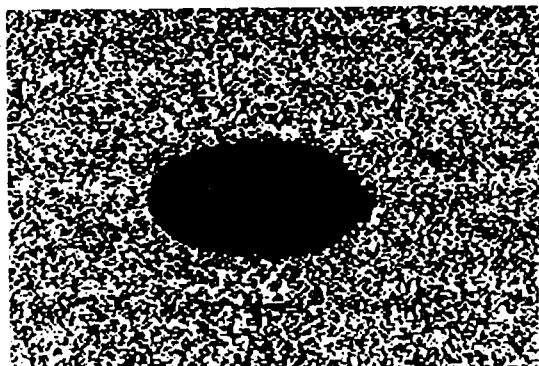


圖 10. 圖4樣品之色相影像

(3) 影像總點數與損壞比率值

屬於樣品的所有像素之總和即為影像總點數。至於損壞比率值的求法，是先以「損壞分劃值」將落花生仁的所有像素區分為「正常像素」與「損壞像素」。損壞分劃值是將所有顏色不正常落花生仁的平均灰度值予以平均，所得之值再降低10%而得，凡像素灰度值大於或等於此分劃值者為「正常像素」，小於此分劃值者為「損壞像素」。損壞總點數除以影像總點數，即得到損壞比率值。

(4) 平均一次差分

首先定義相鄰兩像素灰度值之差的絕對值為一次差分。若將落花生仁影像所有像素的一次差分相加後，除以影像總點數，則是該落花生仁影像的「平均一次差分」。由於微電腦必須逐一讀取落花生仁每一像素的灰度值以做像素間的差分計算，因此平均一次差分的計算比較費時。我們可以設定較小的掃描範圍以節省時間，不過必須注意落花生仁須於設定掃描範圍之內。由平均一次差分可以了解落花生仁紋路的深淺程度。

(5) 細密度值

細密度值等於周長的平方除以面積，形狀不同的樣品，它們的細密度值將不一樣。在落花生仁影像的周長之求法方面，本研究係先使用間隙追蹤法 (Rosenfeld與kak, 1982) 求出影像邊界上之像素，然後沿著邊界求出周長。圖11是一顆發芽落花生仁與其邊界。

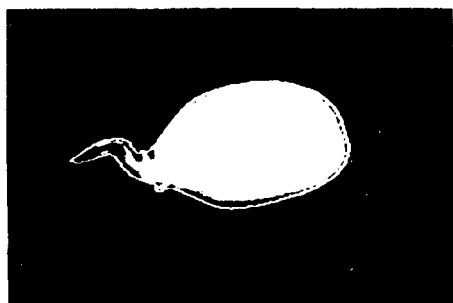


圖 11. 發芽落花生仁與其邊界

(二) 動態落花生仁影像之擷取

(1) 由不同攝影機取像之方法

每一顆落花生仁表面之顏色並非完全均勻，因此有必要分析其不同兩面的影像，達到整顆落花生仁的觀察。為擷取兩張影像，必須使用多工器達成控制兩部攝影機取像與傳輸影像進入影像卡之目的。多工器與影像卡及解碼器之連接方法如圖12所示。多工器可控制八部攝影機，在本研究僅使用兩部。

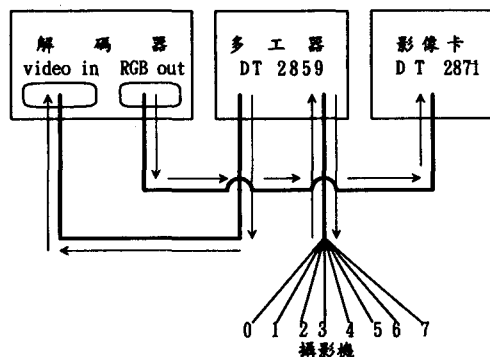


圖 12. 影像卡、多工器、解碼器與攝影機之連接示意圖

圖中箭號表示訊號的進行方向。當進行取像時，微電腦經由多工器上不同的埠口控制多部攝影機取像；所擷取的影像，再經由多工器、解碼器送至影像卡做處理。

(2) 影像擷取時間之控制

為達正確擷取掉落中的落花生仁影像，於第一部攝影機上方設置紅外光感測器。當落花生仁掉落至感測器位置時，與感測器配合之電磁開關產生遮斷電壓12V。此時我們利用電壓調整IC將其

轉換成5V，並使此高單位訊號經由8255A規劃為輸入狀態的PCO進入微電腦。當微電腦得到這個訊號後再經過一定的時間，即通知第一攝影機取像。因為第二部攝影機至第一部攝影機之距離係固定不變的，所以第二部攝影機是在第一部攝影機取像後一定之時間取像。

四 動態選別

(1) 動態選別之樣品

動態選別共使用250顆不同種類之落花生仁。其中，編號1-50是正常大粒落花生仁；編號51-100是正常小粒落花生仁；編號101-150是輕微顏色不正常落花生仁；編號151-200是重度顏色不正常落花生仁；編號201-250是破粒落花生仁。因為選別皺皮落花生仁需要計算平均一次差分値，選別發芽落花生仁需要計算細密度値。而計算平均一次差分値與細密度値比較費時，不適合用於動態選別。所以，動態選別樣品不包括皺皮與發芽落花生仁。

(2) 動態選別分劃値之決定

因為動態選別之樣品不包括皺皮與發芽落花生仁，所以動態選別使用之參數僅有損壞比率値和平均色相値。用以建立選別參數分劃値之樣品與靜態落花生仁影像分析所使用之樣品相同，惟不包括皺皮與發芽落花生仁。實驗時樣品係自由落下，由攝影機取像，接著計算損壞比率値與平均色相値及樣品影像總點數。樣品影像總點數係用以再將正常落花生仁分級為正常大粒及正常小粒。大小粒之分劃値為影像點10000點（相當於13 2.6mm²之投影面積），影像點數大於或等於10000點之樣品被歸類為大粒，否則即為小粒。

(3) 選別訊號之輸出

受測的落花生仁經計算並與選別分劃値比較之後，將不良的落花生仁予以去除；判別為良好之落花生仁，再經由影像總點數與判別大小的分劃値做比較，將良好之落花生仁做大小分級。

判別為「不良」的落花生仁，自PA0埠口輸出高單位訊號；判別為「正常小粒」的落花生仁，自PA1埠口輸出高單位訊號以控制電磁閥吹出氣體做選別動作。判別為「正常大粒」的落花生仁則不做訊號輸出，在此情況，落花生仁自然掉

落，達到第三個選別動作。

五、結果與討論

(一) 靜態落花生仁影像分析結果

(1) 平均R、G、B與I、S、H值

① 平均R、G、B值

不同落花生仁之紅、綠、藍色影像平均灰度値如圖13、14、15所示。紅色影像平均灰度値以正常落花生為最高。破粒落花生仁之平均灰度値分佈最廣。正常與重度顏色不正常落花生仁之平均灰度値具有明顯差異；正常與皺皮落花生仁之平均灰度値略為接近；破粒、輕微顏色不正常及發芽落花生仁則無法以平均灰度値與正常落花生仁分離。

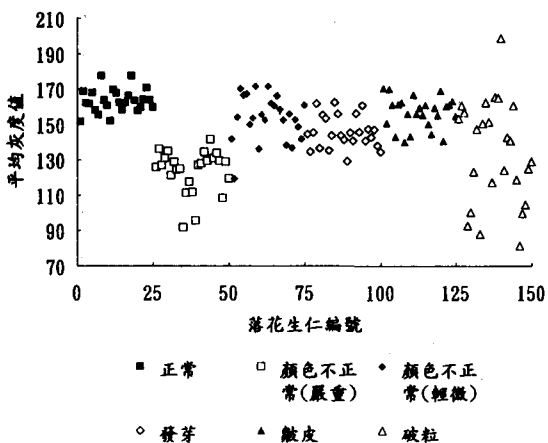


圖 13. 不同落花生仁紅色影像平均灰度値

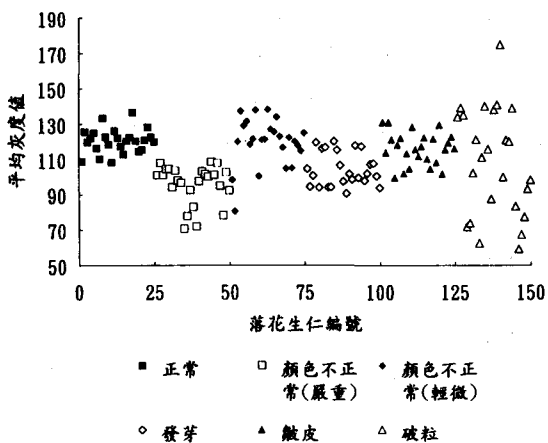


圖 14. 不同落花生仁綠色影像平均灰度値

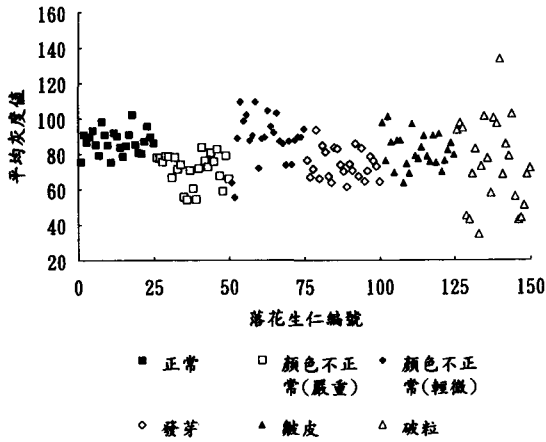


圖 15. 不同落花生仁藍色影像平均灰度值

比較紅、綠、藍色影像平均灰度值變化(圖13、14、15)得知綠、藍色影像分離正常與不正常落花生仁之效果較差。平均灰度值以R值為最高，G值次之，B值最低。

②平均I、S、H值

不同落花生仁之平均亮度值如圖16所示。平均亮度值變化與紅色影像平均灰度值變化相似，可將正常與重度顏色不正常落花生仁予以分離，但其效果較紅色影像稍差。如同紅色影像一樣，正常與其他種不正常之落花生仁亦無法經由適當之平均亮度值分離。

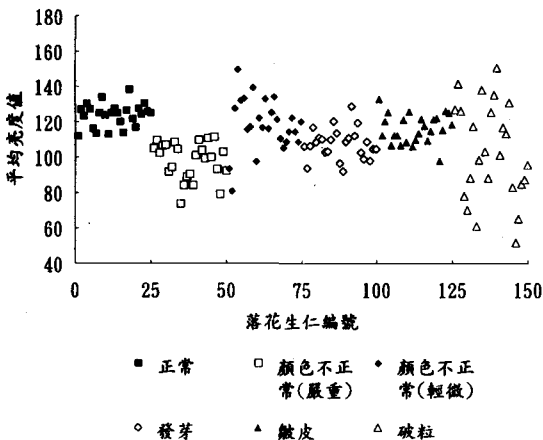


圖 16. 不同落花生仁平均亮度值

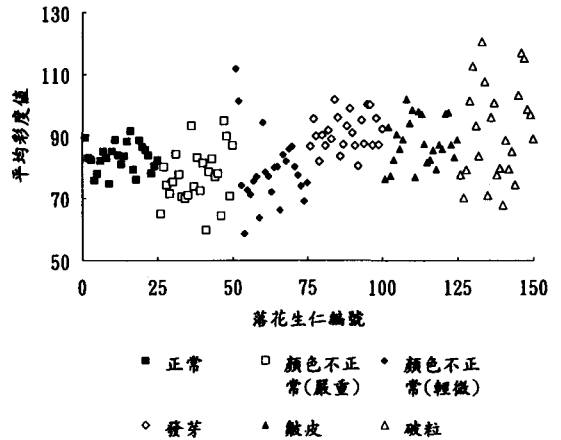


圖 17. 不同落花生仁平均彩度值

圖17是不同落花生仁之平均彩度值。正常與發芽落花生仁，其平均彩度值之分佈較為集中，顯示平均彩度值變化較為穩定，觀察正常與各種不正常落花生仁之平均彩度值變化，均無明顯差異，因此無法使用平均彩度值選別落花生仁。

不同落花生仁的平均色相值如圖18所示，由圖中看出一般破粒落花生仁之平均色相值均較正常落花生仁為高，但編號第146及147顆落花生仁之平均色相值則低於正常落花生仁平均色相值之最大值。檢視這兩顆落花生仁，發現其表面略附著泥土，而由圖13得知其平均R值均低於正常落花生仁平均R值之最小值。一般輕微顏色不正常落花生仁之平均色相值亦較正常落花生仁為高，但編號第51、52、55、60及68顆落花生仁之平均色相值則低於正常落花生仁平均色相值之最大值。檢視這五顆落花生仁，根據圖13之平均R值，發現第1、2及10顆落花生仁之平均R值低於正常落花生仁平均R值之最小值。觀察各種不同落花生仁之平均色相值變化，除了破粒落花生仁外，平均色相值之變化不大，均在17.49與24.41之間。

③色相與彩度之關係

若將色相與彩度分別置於X-Y座標圖的兩個座標軸上，那麼此時X-Y座標圖上的每一個點，就可以表示出該落花生仁之色品。圖19是不同落花生仁之色相與彩度關係圖，從圖中看出，破粒落花生仁之色品分佈區域與其餘種類的落花生仁之色品分佈

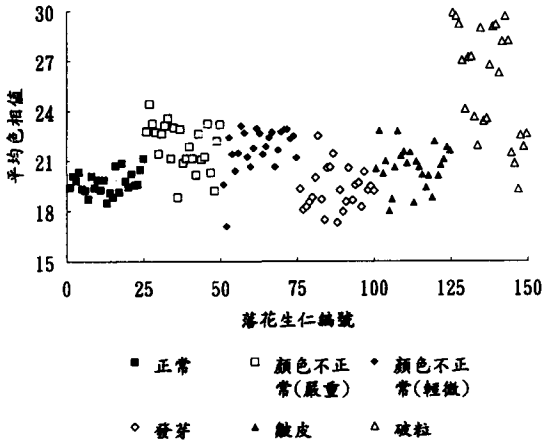


圖 18. 不同落花生仁平均色相值

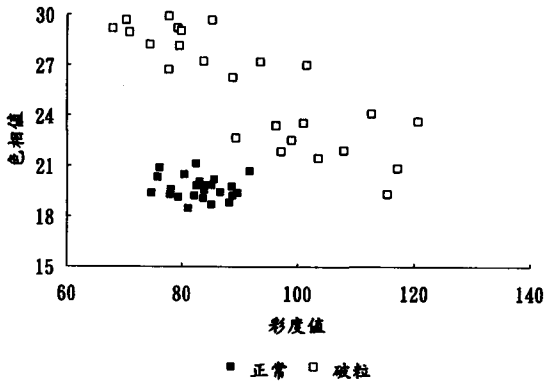


圖 20. 正常與破粒落花生仁之色相與彩度關係圖

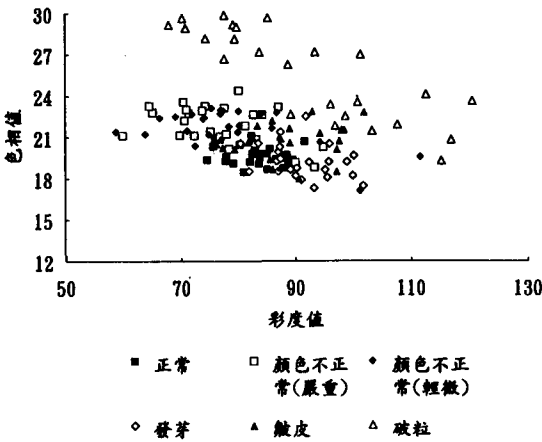


圖 19. 不同落花生仁色相與彩度關係圖

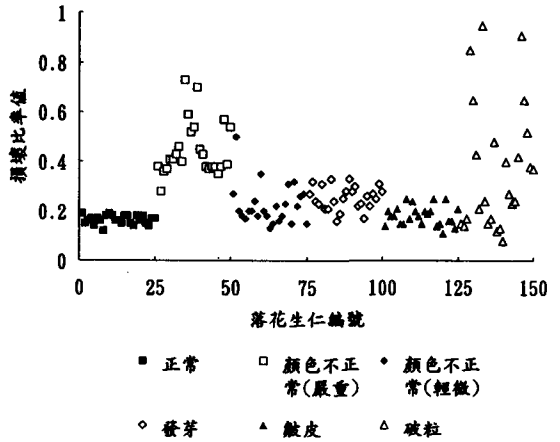


圖 21. 不同落花生仁損壞比率值

區域有顯著不同。

若簡化樣品種類，則得圖20：正常與破粒落花生仁之色相與彩度關係圖。從圖可知，正常與破粒落花生仁之色品具有明顯差異，可使用色品將此二種樣品分離；此外，正常落花生仁的座標點十分集中，顯示其色品變化少，色品極為穩定。

(2) 損壞比率值

圖21是不同落花生仁之損壞比率值。損壞比率值以正常落花生仁為最低。破粒落花生仁之損壞比率值分佈最廣。正常與重度顏色不正常落花

花生仁之損壞比率值具有明顯差異；正常與皺皮落花生仁之損壞比率值則略為接近；破粒、皺皮、輕微顏色不正常與發芽之落花生仁無法經由適當之損壞比率值與正常落花生仁分離。

使用損壞比率值與使用平均R值分離正常與不正常落花生仁之效果十分接近，同樣能將重度顏色不正常之落花生仁完全分離。而在分離輕微顏色不正常與發芽落花生仁的效果上，使用損壞比率值可以分離15顆輕微顏色不正常落花生仁（根據正常落花生仁損壞比率值之最大值0.19，凡損壞比率值大於0.19者，判別為不正常）；但使用平均R值則只能分離8顆輕微顏色不正常落花生仁（根據正常落花生仁平均R值之最小值151.56，凡平均R值

值小於151.56者，判別為不正常）。使用損壞比率值可以分離22顆發芽落花生仁；使用平均R值則只能分離18顆發芽落花生仁。根據上述討論得知，分離正常與不正常落花生仁之效果，使用損壞比率值較使用平均R值為佳。

(3) 平均一次差分值

不同落花生仁之平均一次差分值如圖22所示。根據平均值得知正常與破粒落花生仁之平均一次差分值較小，顯示該二種落花生仁表面之皺紋最少。平均一次差分值以皺皮落花生仁為最大；顏色不正常與發芽落花生仁之平均一次差分值亦均較正常落花生仁為大。

正常落花生仁平均一次差分值之平均值與最大值分別為5.14與5.92，而皺皮落花生仁平均一

次差分值之平均值與最小值分別為8.98與6.26，顯示正常與皺皮落花生仁之平均一次差分值具有明顯差異，可以使用適當之分劃值將其與皺皮落花生仁完全分離。其他種不正常落花生仁則不易使用平均一次差分值將其與正常落花生仁分離。

(4) 細密度值

不同落花生仁之細密度值如圖23所示。從圖中可以發現除了發芽的第一顆因為芽體彎曲貼在種仁上，致使其細密度較小之外，其餘發芽的落花生仁之細密度值均在17.84以上，正常落花生仁之細密度值則均在17.03以下。因此，使用細密度值可以將發芽落花生與正常落花生仁分離。

將5.1節之討論加以整理可得表1。此表列出欲去除不同損壞種類落花生仁應使用之參數。

表 1. 去除不同損壞種類落花生仁使用之參數

使用之參數 損壞種類	損壞 比率值	平均一次 差分值	細密 度值	平均 色相值
重度顏色不正常	●			
輕微顏色不正常	●			●
皺皮		●		
發芽			●	
破粒	●			●

(二) 計算各項數據所需時間

計算各項數據所需時間如表2所示。此外，擷取一張影像需時1/30秒。

表 2. 計算各項數據所需時間

項	目	時間
損	壞 比 率 值	0.09秒
平	均 一 次 差 分 值	0.66秒
細	密 度 值	0.55秒
平	均 色 相 值(方法一)	1.73秒
平	均 色 相 值(方法二)	0.28秒

計算平均色相值的第一個方法與第二個方法在4.2.2節中已有說明，不再重述。

(三) 靜態與動態影像實驗數據之差異

靜態與動態樣品影像之損壞比率值及平均色相值如表3所示。各種樣品之個數均為25，且靜態與動態試驗所使用之樣品完全相同。由表3可

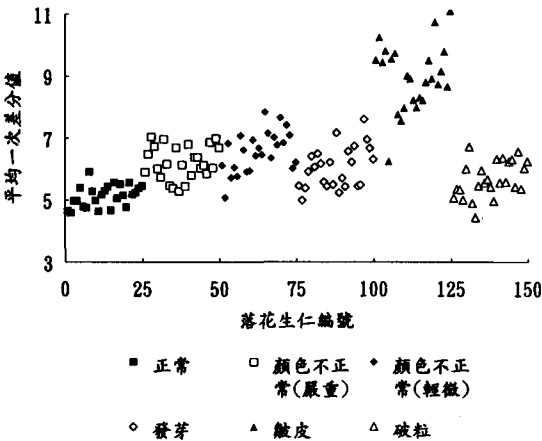


圖 22. 不同落花生仁平均一次差分值

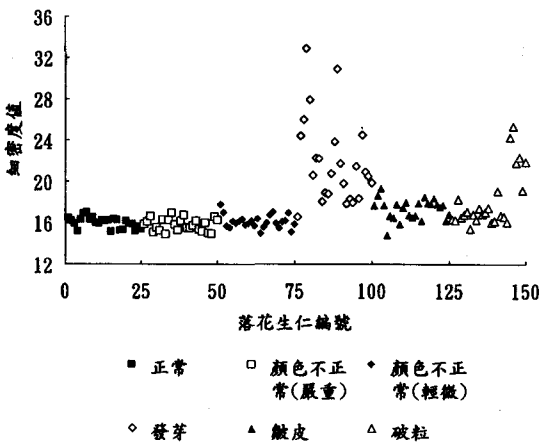


圖 23. 不同落花生仁細密度值

知，整體而言，靜態與動態之損壞比率值差異較大，靜態與動態之平均色相值差異較小。若單就損壞比率值而言，以正常樣品及輕微顏色不正常樣品之差異較大，其他兩種樣品之靜態值與動態值之差異則不明顯。

表 3. 靜態與動態影像實驗數據之差異

樣品種類		正常	重度顏色不正常	輕微顏色不正常	破粒
損壞比率值	靜態	0.16	0.45	0.22	0.37
	動態	0.27	0.46	0.34	0.34
平均色相值	靜態	19.7	21.93	21.72	25.68
	動態	19.22	22.04	21.24	26.31

表 4. 動態選別結果

樣品種類	樣品顆數	選別正確顆數	選別正確率
正常大粒	50	47	94%
正常小粒	50	50	100%
輕微顏色不正常	50	42	84%
重度顏色不正常	50	50	100%
破粒	50	48	96%
總計	250	237	94.8%

四、動態選別結果

表4是動態選別結果統計表。其中正常大粒落花生仁有3顆被誤判為小粒；正常小粒落花生仁的判別完全正確；輕微顏色不正常的落花生仁有8顆被誤判為正常；重度顏色不正常落花生仁的判別完全正確；破粒落花生仁則有2顆被誤判為正常。總計共有13顆落花生仁被誤判，237顆落花生仁被正確選別，平均選別正確率為94.8%。

每一顆受測的落花生仁，自感測器感應落花生仁通過，至上、下兩部攝影機所擷取的影像計算分析完成，所需時間為0.44秒。

六、結 論

1. 落花生仁影像以紅色影像最為明顯，因此關於影像總點數、損壞比率值、平均一次差分與細密度值之計算，均是根據紅色影像。
2. 使用損壞比率值與使用平均R值分離正常與不正

常落花生仁之效果十分接近；但使用損壞比率值使用平均R值之效果稍佳。

3. 正常落花生仁之間的色品變化最少，色品最為穩定。
4. 靜態正常落花生仁之損壞比率值、平均一次差分、細密度值與平均色相值之最大值分別是0.19、5.92、17.03與21.13。
5. 因為計算平均一次差分及細密度值需時較久，所以動態選別之樣品不包括皺皮及發芽落花生仁。
6. 靜態與動態落花生仁影像之實驗數據以損壞比率值差異較大，平均色相值差異較小。
7. 在動態選別，自感測器感應落花生仁通過，至兩部攝影機所擷取的影像計算分析完成，所需時間為0.44秒。
8. 動態落花生仁選別結果，平均選別正確率為94.8%。

七、參考文獻

1. 李芳繁。1991。檸檬顏色分級方法之建立。中國農業工程學報，37(2)：59-64。
2. 林達德、黃俊誠。1993。育苗箱種苗影像特性與背景雜訊之去除。中國農業工程學報，39(2)：65-77。
3. 許獻成。1994。使用彩色機器視覺選別落花生仁。國立中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。
4. 楊清富、李芳繁。1994。應用機器視覺進行蕃茄顏色分級之研究。農業機械學刊3(1)：15-29。
5. 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。
6. Brey, B. B. 1991. The Intel Microprocessors 8086/8088, 80186, 80286, 80386, and 80486 Architecture, Programming, and Interfacing. 2nd ed. Maxwell Macmillan.
7. Dowell, F.E. 1992. Identifying undamaged and damaged peanut kernels using tristimulus values and spectral reflectance. Transactions of the ASAE 35 (3)：1264-1271。
8. Gonzalez, R. C. and R. E. Woods. 1992. Digital

(文轉第45頁)