

應用 ImageJ 於估算綠美化工程之植草存活率

張逸群^[1] 鍾文貴^[2*]

摘 要 綠美化工程為各項環境工程應用與改造不可或缺的項目，其中植草是工程執行中之基本元素。本文主要的目的在於使用一般市售數位相機與免費影像分析軟體 ImageJ，建立一套簡易的植草存活率估算分析法，作為綠美化工程品質管理與驗收之參考。首先使用一般數位相機對裸土拍攝影像，用 ImageJ 檢定相機參數如 ISO、光圈、焦距與快門等的影響，以 ImageJ 提供的顏色模型(RGB、HSB、XYZ、Yxy、YUV、YIQ、Luv、Lab、Yuv、YQ1Q2、HIS、HSV、HSL、LCH-Luv、LSH-Luv、LCH-Lab 等)分析影像之各顏色模型分量的灰階值，進而統計篩選出能穩定辨識裸土與草坪特徵的顏色模型，作為影像背景分割的依據，並採用映射投影法來校正影像的扭曲變形問題，最後以最大限度利用取樣法分析估算影像中的植草存活率。試驗結果顯示 LCH-Luv 顏色模型中的 H 分量具有穩定的灰階值，適用於植草影像之辨識與分割，且在裸土特徵辨識上較不受 ISO、光圈、焦距、快門、灑水量、角度與高度等因素變化的影響。用來分析草的生長情況時，顯示顏色分量 H 與植草生長的相關係數達 0.89。當採用相機的自動模式照相取樣，並以顏色分量 H 分析植草存活率，所得結果與傳統點框法計算值比較，絕對誤差介於 0.04%~5.77%之間，顯示本文所建立的植草存活率估算分析法具備一定程度的準確性，在實務上具有實用價值。

關鍵詞： ImageJ、植草存活率、顏色模型。

Using ImageJ for estimating the survival rate of green grass

Yi-Chun Chang^[1] Wen-Guey Chung^[2*]

ABSTRACT The green landscaping works for the environmental engineering applications, and the transformation of an integral part of the project, which grass is the basic element in the project execution. The main purpose of this paper is to use generally commercially available digital camera and image analysis software ImageJ establishing a simple analysis method for estimating the grass survival rate, as the greening project quality management and acceptance of reference. First use a camera shooting images of bare soil and the ImageJ for calibrating camera parameters such as ISO, aperture, focal length and shutter etc. Then, several color models (RGB, HSB, XYZ, Yxy, YUV, YIQ, Luv, Lab- YUV, YQ1Q2, HIS, HSV, HSL, LCH-Luv, LSH-Luv, LCH-Lab, etc.) provided by ImageJ were used for analysis of the grayscale value of the image color model component, thereby statistics screened stable color identification bare soil and lawn characteristics component, as the background of an image segmentation basis. In order to maximize the use of the sampling method analysis estimates image in the grass survival, map projection method was finally used to correct the image deformation. Test results show that LCH-Luv color component in the color component H with a stable of grey scale values, suitable for planting grass identification and segmentation of images, and less on the bare soil characteristics identification of ISO, aperture, focal length, shutter, the amount of water, the effects of changes in factors such as angle and height. When using the color component H for analyzing lawn growth, the results shown that the component H of the practice on the growth of the correlation coefficient of 0.89. Using auto mode of the camera photo sampling, analysis and color components H for estimating grass survival rate, the results compared with the traditional point-box method are approaching the absolute error value between 0.04%~5.77%, which concludes that the analysis method of estimation of survival rate of planting grass on the establishment here has a confidence in accuracy. It has practical value on the application.

Key Words: ImageJ, Grass survival rate, Color model.

[1] 國立屏東科技大學土木工程研究所碩士生

Graduate student, Dept. of Civil Engineering, National Pingtung University of Science & Technology, Pingtung 912, Taiwan.

[2] 國立屏東科技大學土木工程研究所副教授 (* 通訊作者 E-mail: wenguey@mail.npust.edu.tw)

Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, National Pingtung University of Science & Technology, Pingtung 912, Taiwan.

一、前言

綠美化工程(*greening and esthetic engineering*)，係以人類視覺感受與身心保健為考量的植栽工程(林信輝，2009)，而綠美化工程執行中，草植栽的存活率是養護管理與品質驗收中很重要的一個指標。傳統植草存活率的估算方式，是以肉眼目測估算為主，章文波等(2001)的研究指出，目測估算的最大絕對誤差達 40.4%，其統計 20 人目測估算的結果發現平均絕對誤差達到 10%以上。隨著數位相機的普及化與影像處理技術的提升，數位相機應用在各領域的近景攝影檢測上，已逐漸受到廣泛的討論(雷星松等，2008；張學霞等，2008；路炳軍等，2007；江介倫等，2009；支克廣等，2007；季玥秀等，2007)。因此，本文以一般市售數位相機與免費影像處理分析軟體 ImageJ 等為研究工具，探討與建立一套簡易快速、經濟與可靠的植草存活率估算法。

馮文灝(2002)、張學霞等(2008)和雷星松(2008)等人用現地照相法分析植生覆蓋率，他們的研究指出依此法產生的影像，容易受到地面坡度與照相角度等的影響，而發生幾何上的扭曲變形導致影像失真，此現象稱為影像變形(*image deformation*)，可藉擷取影像中心變形量較少的部分或以垂直照相方式來減少影像扭曲變形的影響。但是前者會減少取樣的範圍並增加取樣的工作量，後者用垂直照相則須設置適當的腳架，通常會影響照相取樣的效率與便利性。為了改善拍攝影像的扭曲變形問題，並能以最大取樣面積及增加照相取樣的效率與便利性，本文參考張學霞等(2008)的照相法與馮文灝(2002)的近景攝影測量技術，並透過映射投影法的幾何運算方式來校正影像失真問題。

本研究首先使用一般數位相機對裸土拍攝影像，用 ImageJ 檢定相機參數如 ISO、光圈、焦距與快門等對拍攝影像品質的影響，再以 ImageJ 提供的顏色模型(RGB、HSB、XYZ、Yxy、YUV、YIQ、Luv、Lab、Yuv、YQ1Q2、HIS、HSV、HSL、LCH-Luv、LSH-Luv、LCH-Lab 等)討論分析不同影像的灰階值變化，再藉此找到一個能穩定辨識區分影像中土壤與草坪顏色特徵的顏色模型，作為分割出影像中植草覆蓋範圍的依據。影像分割(*image segmentation*)是藉由影像中物體所具有的某種同一性，將一整幅影像劃分為若干子區域，而每一區域對應於某一物體的某一部份。因此，可利用這種物體的同一性，從影像背景中分離出目標物體，獲得目標物體的輪廓特徵，再針對影像中目標物體作定性或定量分析(吳健康，1992)。按影像處理技術的標準，可將識別影像中目標物體特徵的方式，分為顏色、形狀、紋理與光譜等四類。本文採用顏色特徵來識別區分拍攝影像中的草坪與裸土。影像顏色特徵的識別，通常是採用一套顏色模型(*color model*)，依不同領域上的應用，其大致分為三種類型：(1)印刷用顏色模型(如 CIEXYZ, CIELab, CIELuv 等)：偏重於純色彩學之理論計算；(2)工業用顏色模型(如 YUV, YIQ 等)：偏重於電視傳訊與彩色重現的應用；(3)視覺顏色模型(如 RGB, HSV 等)：偏重於與人眼視覺相吻合的方式描述顏色的訊息。這些顏色模型之間可以透過線性或非線性的數學方法作相互轉換，進而定量分析影像的顏色特徵(張學羽等，2008；馬燕滿等，2006；王豐等，2001；Weatland et al；2004)。本研究以 ImageJ 軟體提供的顏色模型，分析篩選出能穩定辨識區分拍攝影像中土壤與草坪顏色差異的顏色模型。

由於各顏色模型是根據不同的量化標準與定義所建立，所以影像中同一物體在不同顏色模型中的灰階直方圖峰值分布亦會有所不同。因此，欲獲得較為客觀與理想的識別結果，必須選擇適當的顏色模型。本文先設定照相條件，獲取不同品質的植草坪影像，藉由選取直方圖上的灰階級峰值範圍作為影像分割的門檻閾值(*threshold*)，將植草覆蓋範圍從影像中分離出來。根據 Bayes 的判決理論，直方圖呈現明顯雙峰值分布是實施影像分割最為理想的情況，此種情況的門檻閾值，應選取在兩峰值之間的谷點，其判決誤差最小也較為客觀(吳健康，1992)。但實際上，拍攝影像的品質常會受到景深(焦距、光圈等)、曝光量(快門、感光度等)、照相方式(角度、高度等)、光源、土壤性質等因素的影響，而造成直方圖的峰值相互重疊，無明顯的峰值呈現(馮文灝，2002；張學霞等，2008；雷星松等，2008)。對於影像直方圖不同峰值分布情況門檻閾值之選定，雖已有許多文獻探討，但大多數的研究方法僅針對某一種峰值分布的情況作處理，至今尚未有可適用於任何峰值分布情況的門檻閾值選定準則。因此，

本研究採用 ImageJ，根據 Bayes 理論的雙峰法選定門檻閾值，作為影像分割處理的依據，藉此分析不同影像品質的灰階值變化與顏色特徵分量差異，據此選擇適當的顏色模型。最後結合所篩選的顏色模型與映射投影法，依據優選門檻閾值分別計算得拍攝影像的顏色特徵分量，據此分析與估算植草存活率，達到客觀且快速計算之功效，提供一套簡易的植草存活率估算分析法，作為綠美化工程品質管理與驗收之參考。

二、試驗材料與方法

2.1 材料與工具

本文依據水土保持技術規範，以草本層最小調查樣區 1m^2 的面積，作為試樣設計的標準面積，其試樣容器之設計圖，如圖 2-1 所示，而試樣的室內照相配置，如圖 2-2 所示。

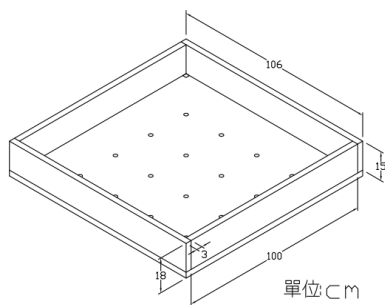


圖 2-1 試樣容器設計圖

Fig.2-1 Design of Sample container.

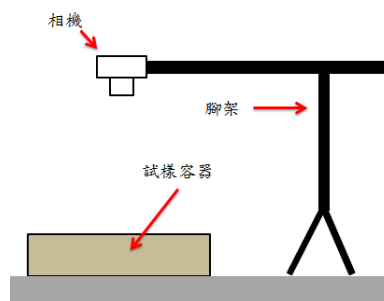


圖 2-2 照相配置示意圖

Fig.2-2 Camera setting configuration.

表 2-1 土壤基本理化性質

Table 2-1 Physical and Chemical Properties of Soil.

顆粒密度(g/cm ³)	2.55
總體密度(g/cm ³)	1.51
砂粒(%)	31.67
黏粒(%)	56.67
粉粒(%)	11.66
質地	黏土
pH 值	5.6
電導度(mS/cm)	0.53

2.1.1 試驗材料

1. 試樣容器：面積為 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。
2. 植草試樣：草種為百喜草。
3. 裸土試樣：理化性質如表 2-1 所示。

2.1.2 試驗設備

1. 個人電腦一台。
2. 三腳架一支(如圖 2-3)。
3. Nikon Coolpix P510 數位相機一台(如圖 2-4)，其規格如表 2-2 所示。



圖 2-3 三腳架

Fig.2-3 The tripod of Camera.



圖 2-4 Nikon Coolpix P510 數位相機

Fig.2-4 Digital Camera of Nikon Coolpix P510.

表 2-2 數位相機規格

Table 2-2 The specifications of digital camera.

有效像素	1605 萬
影像感應器	CMOS
感光度	ISO 100 至 ISO 6400
焦距	24mm 至 1000mm
光圈	F3.0 至 F8.4
快門	4s 至 1/4000 s

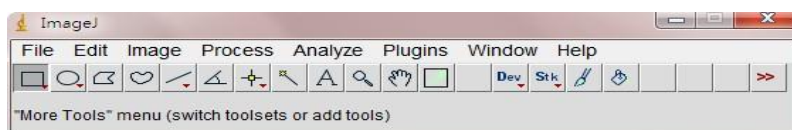


圖 2-4 ImageJ 操作介面

Fig.2-4 User interface of ImageJ

2.1.3 分析工具

本文使用的影像分析軟體為 ImageJ，該軟體是由美國國立衛生研究院(National Institutes of Health)的 Wayne Rasband 以 Java 語言所開發的軟體，已被廣泛應用於醫學、生物、航空等領域。ImageJ 軟體具有以下優點：(1)為一套的免費軟體，無需註冊費用；(2)軟體開放原始程式碼，使用者可用 Java 程式設計完善該軟體並實現該領域的特殊需求，具有極大的靈活性；(3)軟體支援外掛插件技術，可免費由官網(<http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>)下載擴充功能(如本文使用的映射投影與顏色轉換等插件)，插件資源可相互分享。ImageJ 啟動後的操作介面如圖 2-4 所示，其中包括以下菜單選項：

- File:開檔、存檔和創建新的圖像。
- Edit:編輯和繪製圖像。
- Image:修改和轉換圖像、幾何操作。
- Process:圖像處理，包括二值化(make binary)、多幅圖像間計算等。
- Analyze:對圖像數據進行統計測量、直方圖分析等。
- Plugins:編輯、編譯、執行與管理用戶插件。

2.2 試驗場地

本研究的試驗場地位於國立屏東科技大學土木工程系轄屬水利工程實驗室。

2.3 試驗方法

季玥秀等(2007)和馮文灝(2002)的研究指出,景深(焦距、光圈等)、曝光量(快門、感光度等)、照相方式(角度、高度等)、光源與土壤性質等是影響拍攝影像品質的主要因素。由於戶外光源與土壤性質的影響過於複雜,本文不列入討論,僅針對照相的焦距、光圈、快門、感光度、照相角度與高度等進行試驗分析討論。為便於試驗分析比較,除了現地的拍照取樣外,其他取樣工作均在固定光源及相同土壤條件下的試驗室內進行。照相取樣時間均固定於於晚間 21:30~22:00;植草時間自 2012 年 7 月 7 日至 9 月 1 日。整體的研究工作流程如圖 2-5 所示。

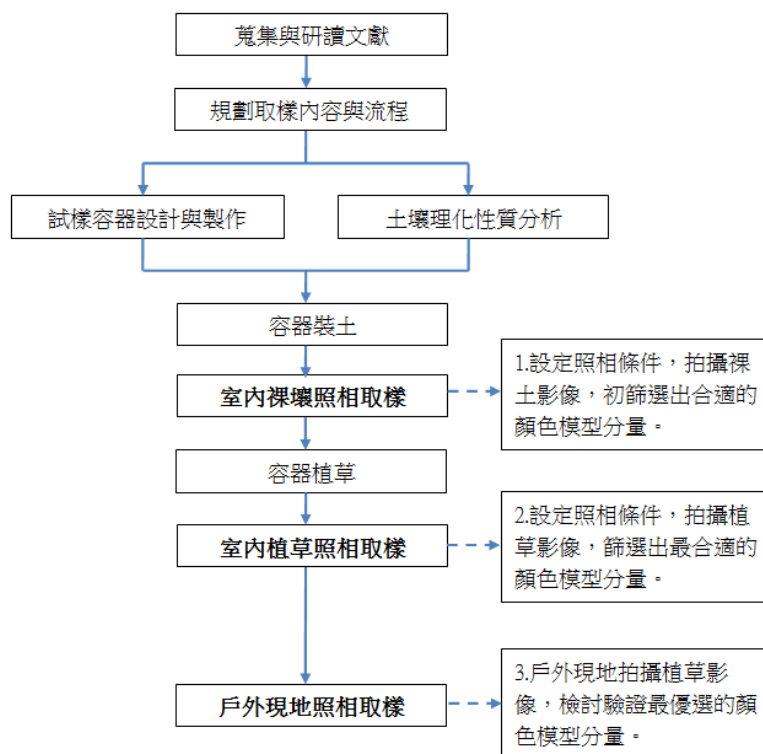


圖 2-5 整體研究工作流程圖

Fig.2-5 The whole procedure of this study.

由於顏色模型的選擇會影響到顏色特徵的識別與灰階直方圖峰值的分布,選擇合適的顏色模型有助於識別估算影像中的植草覆蓋面積。ImageJ 軟體提供 18 套顏色模型(RGB、XYZ、Yxy、YUV、YIQ、Luv、Lab、AC1C2、I1I2I3、Yuv、YQ1Q2、HSB、HIS、HSV、HSL、LCH-Luv、LSH-Luv 與 LCH-Lab 等),共 54 個顏色模型分量(R、G、B; H、S、B; X、Y、Z....等),若一一採用分析試樣影像的灰階值與直方圖,不僅浪費時間且增加工作量。為了便於快速篩選出合適的顏色模型,本文先分析各顏色模型的分量,在不同裸土影像的灰階值,並以 excel 統計其標準差。當灰階值標準差越大,表示此顏色模型分量,識別區分裸土顏色特徵的穩定性越低;反之,若標準差越小,則表示此顏色模型分量識別裸土顏色特徵的穩定性越高。藉此方式從各顏色模型中,先初步篩選出 18 個合適的顏色模型分量,據此再進一步地以植草影像篩選出優選的顏色模型分量。篩選方式說明如下:

1. 設定照相條件, 拍攝裸土影像, 初篩選出合適的顏色模型分量

將相機拍照條件設定為焦距(24mm、28mm、35mm),光圈(F3.0、F 4.2、F 6.6),快門(1/4S、1/6S、1/13S),感光度(ISO400、ISO 800、ISO 1600),拍照角度(300、600、900),高度拍

照(130cm、160cm、190cm)，土壤灑水量(0kg、1kg、2kg_等(列如表 2-3)，據此對 1m×1m 面積的裸土試樣進行照相取樣，獲取不同影像品質的裸土影像，藉此影像計算各顏色模型分量的標準差，據此篩選出 18 個合適的顏色模型分量(RGB 之 B、HSB 之 H、XYZ 之 Z、Yxy 之 x、YUV 之 V、YIQ 之 I、Luv 之 u、Lab 之 a、AC1C2 之 C2、I1I2I3 之 I3、Yuv 之 v、YQ1Q2 之 Q2、HIS 之 H、HSV 之 H、HSL 之 H、LCH-Luv 之 H、LSH-Luv 之 H 與 LCH-Lab 之 H 等)。

表 2-3 取樣拍照設定條件

Table 2-3 The conditions of shutting sample photos.

設定條件	其他條件	焦距	光圈	快門	感光度	角度	高度	土壤灑水量
焦距	24mm 28mm 35mm	×	F4.2	1/6S	ISO800	90°	160cm	0kg
光圈	F3.0 F4.2 F6.6	24mm	×	1/6S	ISO800	90°	160cm	0kg
快門	1/4S 1/6S 1/13S	24mm	F4.2	×	ISO800	90°	160cm	0kg
感光度	ISO400 ISO800 ISO1600	24mm	F4.2	1/6S	×	90°	160cm	0kg
角度	30° 60° 90°	24mm	F4.2	1/6S	ISO800	×	160cm	0kg
高度	130cm 160cm 190cm	24mm	F4.2	1/6S	ISO800	90°	×	0kg
土壤灑水量	0kg 1kg 2kg	24mm	F4.2	1/6S	ISO800	90°	160cm	×

2. 設定照相條件，拍攝植草影像，篩選出最合適的顏色模型分量

在固定焦距(24mm)、光圈(F4.2)、快門(1/6S)、感光度(ISO 800)、角度(60°)和高度(160cm)的照相條件下，對 1m×1m 面積的植草試樣進行照相取樣。採用上述的 18 個辨識裸土顏色特徵的顏色模型分量，分析生長至一定程度(第 56 天)的植草試樣影像直方圖。若直方圖出現明顯 Bayes 理論的雙峰分布，即表示此顏色模型是適合識別分割影像中植草覆蓋面積。據此分析不同影像的直方圖峰值變化情況，進而討論(1).顏色模型分量與峰值變化的關聯性；(2).峰值分布的穩定性；(3).確定可能的裸土峰值；(4).分析植草生長(0 至 56 天)的峰值變化，藉直方圖峰值變化，以及顏色模型分量與植草生長的相關性。根據所有分析結果，篩選出最為合適的顏色模型分量及分割門閥值，作為識別分離影像中植草覆蓋輪廓的依據，據此估算植草存活率。

3. 戶外現地拍攝植草影像，檢討驗證最優選的顏色模型分量

相機以自動化模式(即不考慮焦距、光圈、快門、感光度、角度與高度等因素)在戶外對 1m×1m 面積的框架內的植草地照相取樣。由於戶外自然光照的位置會隨時間變化，而影響拍攝影像的品質。因此，為減少光照方向造成的誤差，本研究分別在框架的三個方向各照相取樣 1 次，一個調查樣地共照相取樣 3 次。將取樣影像透過前述的影像處理與估算分析方式，將所得的結果與點框法(point-frame method)的估算結果作比較驗證，以確保本文所提分析方法的可行性與可靠性。

三、結果分析與討論

3.1 影像幾何變形校正

數位相機估算植草存活率的第一步是影像的幾何變形校正，該工作可在 ImageJ 影像處理軟體中實現。校正過程是先選取影像中 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 框架的 4 個頂點為校正點，將 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 、 (x_4, y_4) 等影像座標，校正為 (\bar{x}_1, \bar{y}_1) 、 (\bar{x}_2, \bar{y}_2) 、 (\bar{x}_3, \bar{y}_3) 、 (\bar{x}_4, \bar{y}_4) 等座標(如圖 3-1)，並將校正完的影像按框架的範圍進行裁剪，擷取的影像用於辨識與存活率估算。

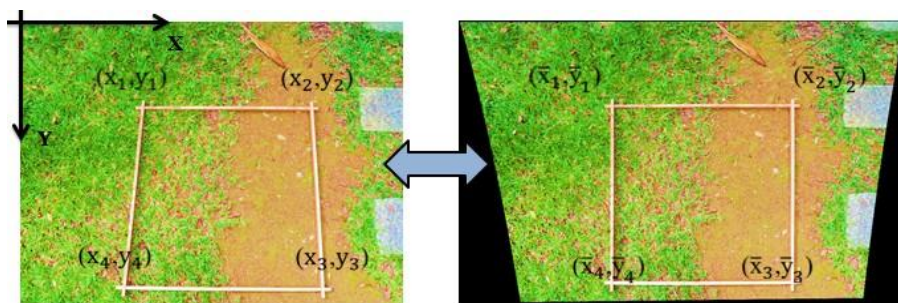


圖 3-1 影像校正前、後比較圖

Fig.3-1 Image correction before and after comparison chart.

表 3-1 不同影像品質之裸土試樣比較表

Table 3-1 The original images of bared soil samples.

不同 ISO 值		不同光圈值			
ISO400	ISO800	ISO1600	F3.0	F4.2	F6.6
不同焦距值		不同快門值			
24mm	28mm	35mm	1/4s	1/6s	1/13s
不同灑水量		不同照相角度			
0kg	1kg	2kg	30°	60°	90°
不同照相高度					
130cm	160cm	190cm			

3.2 檢定與篩選顏色模型

首先在焦距(24mm、28mm、35mm)，光圈(F3.0、F 4.2、F 6.6)，快門(1/4S、1/6S、1/13S)，感光度(ISO400、ISO 800、ISO 1600)，拍照角度(300、600、900)，拍照高度(130cm、160cm、190cm)，土壤灑水量(0kg、1kg、2kg 等 21 項的照相條件下，對裸土試樣進行照相取樣，獲取 21 張不同裸土試樣影像，列如表 3-1 所示。

1. 穩定識別不同影像品質的顏色模型分量

統計分析這 21 張裸土試樣影像之各顏色模型分量灰階值之標準差，列如附表，結果顯示 RGB 之 B、HSB 之 H、XYZ 之 Z、Yxy 之 x、YUV 之 V、YIQ 之 I、Luv 之 u、Lab 之 a、AC1C2 之 C2、I1I2I3 之 I3、Yuv 之 v、YQ1Q2 之 Q2、HIS 之 H、HSV 之 H、HSL 之 H、LCH-Luv 之 H、LSH-Luv 之 H 與 LCH-Lab 之 H 等 18 個顏色模型分量，彙整列如表 3-2 所示，表中灰底文字代表在各顏色模型中具有較高顏色特徵識別性之分量。

表 3-2 不同影像用 ImageJ 各種顏色模型分量統計灰階值之標準差比較表

Table 3-2 The comparison of statistical standard deviation of image gray values using ImageJ color models.

模型	分量	標準差	模型	分量	標準差	模型	分量	標準差
RGB	R	27.041	Luv	L	10.630	HSI	H	0.009
	G	26.902		u	2.411		S	0.046
	B	24.924		v	3.940		I	0.102
HSB	H	2.056	Lab	L	10.640	HSV	H	0.008
	S	15.778		a	1.433		S	0.062
	B	27.042		b	2.780		V	0.106
XYZ	X	9.244	AC1C2	A	5.364	HSL	H	0.008
	Y	9.725		C1	0.740		S	0.031
	Z	7.860		C2	0.697		L	0.101
Yxy	Y	9.725	I1I2I3	I1	0.102	LCH-Luv	L	10.584
	x	0.012		I2	0.014		C	4.190
	y	0.008		I3	0.005		H	0.078
YUV	Y	0.106	Yuv	Y	0.102	LSH-Luv	L	10.647
	U	0.028		u	0.037		S	87.300
	V	0.013		v	0.011		H	0.078
YIQ	Y	0.104	YQ1Q2	Y	0.102	LCH-Lab	L	10.584
	I	0.012		Q1	0.010		C	2.747
	Q	0.040		Q2	0.023		H	0.762

備註：灰底文字代表，顏色模型中，識別不同影像品質較為穩定的顏色分量。

2. 直方圖呈現雙峰分布的顏色模型分量

以 RGB 之 B、HSB 之 H、XYZ 之 Z、Yxy 之 x、YUV 之 V、YIQ 之 I、Luv 之 u、Lab 之 a、AC1C2 之 C2、I1I2I3 之 I3、Yuv 之 v、YQ1Q2 之 Q2、HIS 之 H、HSV 之 H、HSL 之 H、LCH-Luv 之 H、LSH-Luv 之 H 與 LCH-Lab 之 H 等 18 個顏色模型分量，分析植草試樣影像的直方圖。結果顯示 LCH-Luv-H、LSH-Luv-H 及 LCHLab-H 等三者顏色模型分量的直方圖，均出現明顯的雙峰值分布，如表 3-3 所示。由於未確定雙峰值的左、右峰值是否可以區別為裸土與草坪，因此，需進一步地進行以下的分析與確認。

3. 驗證顏色模型分量與直方圖峰值變化識別裸土影像之穩定性

以前述 LCH-Luv 之 H、LSH-Luv 之 H 與 LCHLab 之 H 等顏色模型分量，分析 21 張不同裸土試樣影像，結果顯示用 LCH-Luv 之 H 與 LSH-Luv 之 H 兩者顏色模型分量的直方圖，均呈現穩定的左峰值分布，見表 3-4。採用 LCH-Lab 之 H 顏色模型分量，其直方圖則呈現不穩定的左、右峰值分布，見表 3-5，可知採用 LCH-Luv 之 H 與 LSH-Luv 之 H 兩者的顏色模型分量較用 LCH-Lab 之 H 分析裸土影像的直方圖顯得更為穩定，其左峰值判定為裸土峰值的關聯性也較高。

表 3-3 植草試樣影像用各顏色模型分量之直方圖比較表

Table 3-3 The comparison of image histogram of grass samples using various color models.

模型分量	直方圖	模型分量	直方圖	模型分量	直方圖
RGB 之 B		Luv 之 u		HIS 之 H	
HSB 之 H		Lab 之 a		HSV 之 H	
XYZ 之 Z		AC1C2 之 C2		HSL 之 H	
Yxy 之 y		I1I2I3 之 I3		LCH-Luv 之 H	
YUV 之 V		Yuv 之 V		LSH-Luv 之 H	
YIQ 之 I		YQ1Q2 之 Q1		LCH-Lab 之 H	

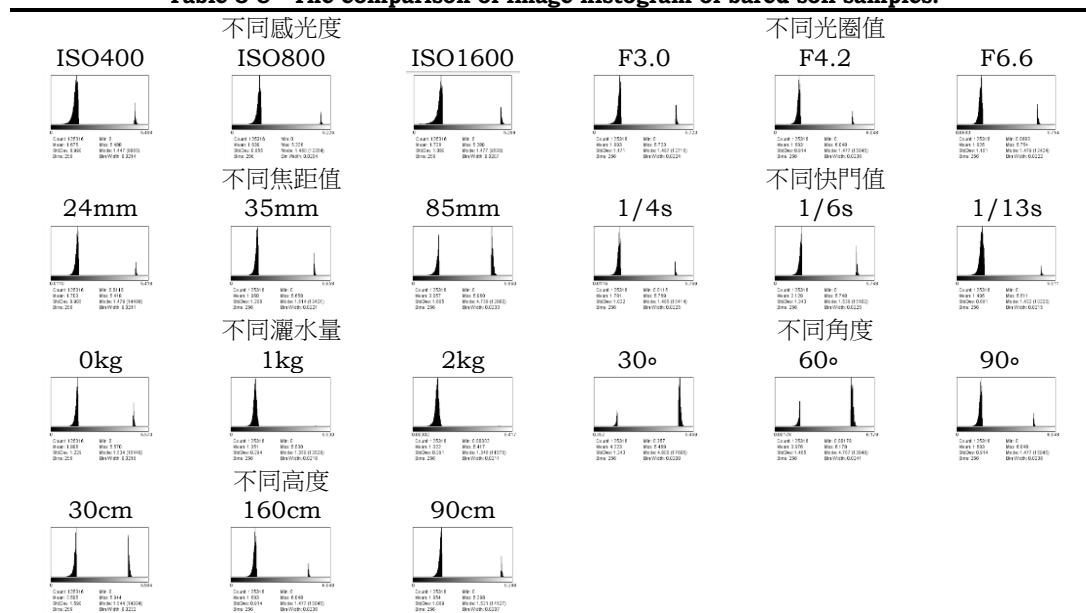
備註:灰底文字代表,顏色模型分量的直方圖呈現雙峰分布。

表 3-4 裸土試樣影像用 LCH-Luv 或 LSH-Luv 之 H 分析之直方圖比較表

Table 3-4 The comparison of image histograms of bares soil samples using LCHLuv-H or LSHLuv-H.

不同感光度			不同光圈值		
ISO400	ISO800	ISO1600	F3.0	F4.2	F6.6
不同焦距值			不同快門值		
24mm	35mm	85mm	1/4s	1/6s	1/13s
不同灑水量			不同角度		
0kg	1kg	2kg	30°	60°	90°
不同高度					
30cm	160cm	90cm			

表 3-5 裸土試樣影像用 LCH-Lab 之 H 分析之直方圖比較表
 Table 3-5 The comparison of image histogram of bared soil samples.



4. 以顏色模型分量與峰值變化識別植草影像之穩定性

用前述 LCH-Luv 之 H、LSH-Luv 之 H 與 LCH-Lab 之 H 等顏色模型分量，分析植草生長期間的直方圖變化。結果顯示這三個顏色模型分量的直方圖，右峰值均呈現穩定的變化，見表 3-6。而採用顏色模型分量 LCH-Luv 之 H 與 LSH-Luv 之 H 等顏色模型分量與植草生長的相關係數均為 0.89，見圖 3-2A；LCH-Lab 之 H 顏色模型分量與植草生長的相關係數為 0.79，見圖 3-2B，由以顏色模型分量與植草生長的相關性分析顯示，LCH-Luv 之 H 與 LSH-Luv 之 H 相較於 LCH-Lab 之 H 的右峰值為植草峰值分布的關聯性較高。

表 3-6 植草生長與直方圖比較表

Table 3-6 The comparison of image histograms of growing grass with various color models.

天數	植草試樣	LCHLuv-H 或 LSHLuv-H	LCHLuv-H
0			
21			
42			
49			
56			

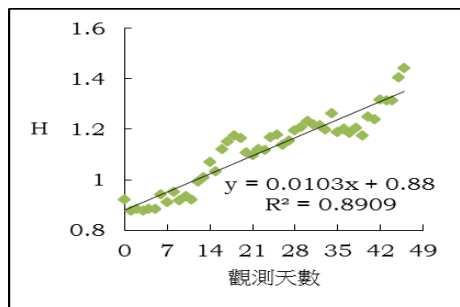


圖 3-2A LCH-Luv 之 H 與植草生長的相關性
Fig.3-2A The LCHLuv-H correlation with grass growth.

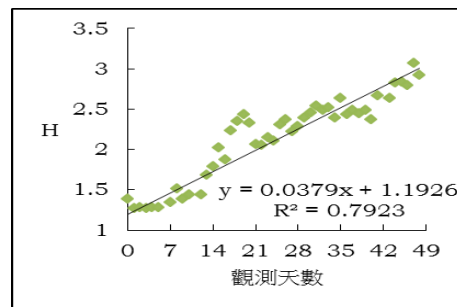


圖 3-2B LCH-Lab 之 H 與植草生長的相關性
Fig.3-2B The LCHLab-H correlation with grass growth

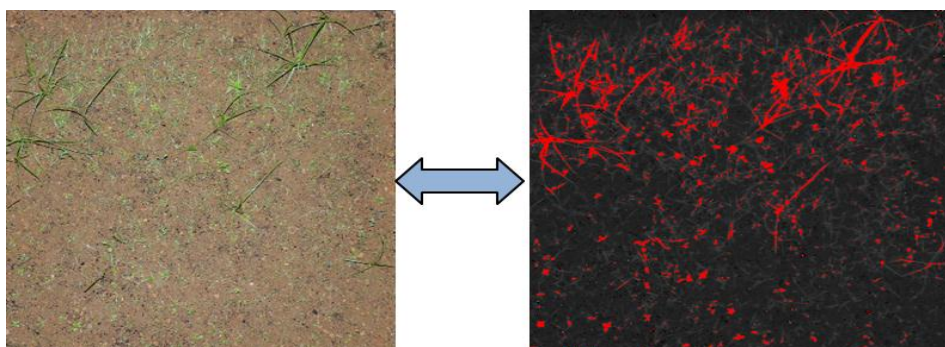


圖 3-3 LCH-Luv 之 H 分割草坪影像
Fig.3-3 The segmentation of Grass images using LCHLuv-H.

5. 影像分割的顏色模型分量與門檻閾值

綜合前述的分析結果顯示，顏色模型分量 LCH-Luv 之 H 與 LSH-Luv 之 H 兩者相較於 LCH-Lab 之 H，具有較穩定的直方圖分布與較高的相關性；其左峰值判定為裸土，而右峰值則為草坪。因此，本研究選擇顏色模型分量 LCH-Luv 之 H 或 LSH-Luv 之 H 作為主要的影像分割顏色模型分量。另外，LCH-Luv 之 H 與 LSH-Luv 之 H 兩者無論是灰階值、直方圖分布與相關性的結果幾乎都完全相同，所以擇一作影像分割顏色模型分量即可。最後將植草試樣影像透過 ImageJ 軟體換為顏色模型分量 LCH-Luv 之 H，並取右峰值作為影像分割的門檻閾值，其影像分割前後對照結果如圖 3-3 所示。

3.3 戶外實地之植草存活率估算

為了驗證前述分析方法可應用於戶外現地估算植草存活率，在現地以相機之自動模式(即不考慮光圈、快門、焦距、ISO 等因素的變化)，對調查樣地以 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 框架範圍進行照相取樣。拍照時考量光照方向的變換會影響到影像的品質，因此，在框架的三個不同方向各照相取樣 1 次，每個調查樣地共照相取樣 3 次。先將取樣影像透過映射投影法作幾何校正，再將影像顏色轉換為 LCH-Luv 之 H 的顏色模型分量，以前述方法識別影像中的裸土與植草之顏色特徵；取直方圖右峰值範圍的門檻閾值，獲得分割影像，如表 3-7 所示；最後根據草坪像素佔總像素的百分比 = $\frac{\text{草坪像素}}{\text{總像素}}$ ，分析估算出植草的存活率(或覆蓋率)，並與點框法計算值作比較，其絕對誤差在 0.04%~5.77%之間，如表 3-8 所示。

表 3-7 ImageJ 影像處理的步驟

Table 3-7 The image processing steps under ImageJ.

樣地編號	步驟 1 照相取樣	步驟 2 變形校正	步驟 3 顏色轉換	步驟 4 取門現值	步驟 5 影像分割
1					
2					
3					
4					

表 3-8 植草存活率之點框法計算值與 ImageJ 分析值比較表

Table 3-8 Grass coverage for Analysis method of point-frame method and ImageJ was compared.

樣地編號	ImageJ 分析		點框法	絕對誤差
	分析結果	平均存活率		
1		94.23%	100%	5.77%
2		40.06%	40%	0.06%
3		6.86%	4%	2.86%
4		0.04%	0%	0.04%

四、結論

本研究之試驗結果顯示，ImageJ 軟體提供的 LCH-Luv 與 LSH-Luv 兩種顏色模型之 H 分量，在辨識影像中裸土的顏色特徵上，較不受數位相機 ISO、光圈、焦距、快門、灑水量、照相角度與照相高度等因子變化的影響。採用這兩種顏色模型分量分析影像中綠色植被與裸土的顏色特徵，其灰階

直方圖呈現穩定的雙峰值分布，顯示具有穩定性的辨識能力，易於將影像中的植草與土壤範圍分離出來。統計分析顏色模型分量灰階值與植草生長的相關性，發現其相關係數達 0.89，顯示本研究採用顏色模型分量灰階值分析估算植草存活率的可行性。以數位相機的自動模式在戶外實地照相取樣，應用所提出的分析方法作影像處理與分析，估算得到的植草存活率，與傳統點框法計算值相比較，絕對誤差介於 0.04%~5.77%之間，顯示本文所建立的植草存活率估算分析法，具備一定程度的準確性。

參考文獻

1. 章文波、符素華、劉寶元(2001)，「目估法測量植被覆蓋度的精度分析」，北京師範大學學報，37(3):403-408。
2. 雷星松、阮智星、劉素紅(2008)，「照相法在植被覆蓋度測量中的誤差分析」，閩江學院學報，29(5):121-124。
3. 張學霞、朱清科、吳根梅、孫丹珠(2008)，「數碼照相法估算植被覆蓋度」，北京林業大學學報，30(1):165-169。
4. 路炳軍、劉洪鵠、符素華、章文波、袁愛萍(2007)，「照相法結合數字圖像技術計算植被覆蓋度精度研究」，水土保持通報，27(1):79-80。
5. 江介倫、黃國禎、邱宏彬、黃靜瑩(2009)，「台灣常用覆蓋草類覆蓋率之研究」，農業工程學報，55(4):90-99。
6. 支克廣、涂鋼、王琪、陳宏俊(2007)，「使用圖像分析法測量葉面積指數和植被覆蓋率」，氣象水文海洋儀器，(1):6-8。
8. 季玥秀、張立猛、林衫(2007)，「數碼照相技術用於評價草坪顏色的參數研究」，草業科學，24(5):94-98。
9. 馮文灝(2002)，「近景攝影測量」，中國武昌，湖北新華。
10. 吳健康(1992)，「數位影像分析」，台灣台北，儒林圖書。
11. 張學雨、陽宜民(2008)，「彩色圖像工程中常用顏色空間及其轉化」，計算機工程與設計，29(5):1210-1212。
12. 馬燕滿、劉浩學、劉昕(2006)，「數碼相機的顏色特徵化研究」，北京印刷學院學報，14(6):9-12。
13. 王豐、丁明驕、周曉春、曹準梁、朱鈺(2001)，「不同顏色空間在地磚顏色評價中的應用與比較」，計算機應用，21(2):39-41。
14. Westland S. and Ripamonti C. (2004)，「Computational colour science using Matlab」，John Wiley & Sons, New Jersey, USA。

附表 統計分析裸土試樣影像之各顏色模型分量灰階值標準差
Attached Table The Statistical standard deviation of Gray value of Different image quality.

相機 設定	顏色 模型	感光度(ISO)			光圈(F)			快門(s)			焦距(mm)			角度			高度(cm)			灑水量(kg)			標 準 差	
		400	800	1600	3.0	4.2	6.6	1/4	1/6	1/13	4.3	5.3	7.1	30°	60°	90°	130	160	190	0	1	2		
RGB	R	100.73	149.81	191.65	185.39	150.58	84.72	179.96	149.45	103.55	152.20	142.57	142.67	169.16	158.66	150.58	146.16	150.58	153.27	154.04	114.95	113.54	27.04	
	G	85.01	129.56	173.55	166.92	130.74	71.95	160.79	131.26	86.67	130.57	123.65	130.32	155.10	149.85	130.74	131.23	130.74	133.31	134.96	93.33	92.22	26.90	
	B	60.24	96.61	147.74	136.19	97.27	49.78	128.71	96.40	62.17	92.05	88.17	102.59	112.10	124.72	97.27	100.72	97.27	96.63	99.03	64.79	65.86	24.92	
HSB	H	25.28	25.69	26.43	26.21	26.07	26.26	26.11	27.29	24.46	26.54	27.05	29.11	31.58	31.25	26.07	28.09	26.07	26.88	27.11	23.49	22.77	2.06	
	S	105.58	92.98	59.08	68.90	92.53	107.70	73.97	92.96	105.29	103.14	99.98	74.23	86.80	55.12	92.53	81.49	92.53	96.42	93.16	112.68	108.94	15.78	
	B	100.73	149.81	191.65	185.39	150.58	84.72	179.96	149.45	103.55	152.20	142.57	142.68	169.17	158.69	150.58	146.16	150.58	153.27	154.04	114.95	113.54	27.04	
XYZ	X	10.68	24.26	43.56	40.14	24.44	7.32	37.08	24.36	11.06	24.43	21.69	23.61	31.92	29.83	24.44	24.02	24.44	25.21	25.77	12.92	12.77	9.24	
	Y	10.93	24.96	45.03	41.68	25.20	7.53	38.44	25.33	11.25	25.16	22.47	24.88	34.03	31.70	25.20	25.16	25.20	26.08	26.74	12.90	12.74	9.73	
	Z	6.60	15.97	35.70	30.82	16.08	4.49	27.52	15.96	6.90	14.76	13.54	17.76	20.98	24.78	16.08	17.09	16.08	16.01	16.75	7.32	7.55	7.86	
Yxy	Y	10.93	24.96	45.03	41.68	25.17	7.53	38.44	25.33	11.25	25.16	22.47	24.88	34.03	31.70	25.20	25.16	25.20	26.08	26.74	12.90	12.74	9.73	
	x	0.38	0.38	0.35	0.36	0.38	0.38	0.36	0.38	0.39	0.39	0.38	0.36	0.37	0.35	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.01	
	y	0.39	0.39	0.36	0.37	0.39	0.39	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.39	0.37	0.39	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.01	
YUV	Y	0.34	0.52	0.69	0.66	0.52	0.27	0.64	0.52	0.35	0.52	0.49	0.51	0.61	0.59	0.52	0.52	0.52	0.53	0.54	0.38	0.38	0.11	
	U	-0.05	-0.07	-0.05	-0.06	-0.07	0.06	-0.07	-0.07	-0.05	-0.08	-0.07	-0.05	-0.08	-0.05	-0.07	-0.06	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.06	-0.06	0.03
	V	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.01	0.06	0.06	0.05	0.07	0.06	0.04	0.05	0.03	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.01	
YIQ	Y	0.34	0.52	0.69	0.66	0.52	0.29	0.64	0.52	0.35	0.52	0.49	0.51	0.61	0.59	0.52	0.52	0.52	0.53	0.54	0.38	0.38	0.10	
	I	0.07	0.09	0.08	0.08	0.09	0.06	0.09	0.09	0.07	0.10	0.09	0.06	0.09	0.05	0.09	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.01	
	Q	-0.08	-0.12	-0.19	-0.18	-0.12	-0.06	-0.17	-0.13	-0.08	-0.12	-0.11	-0.14	-0.15	-0.02	-0.12	-0.13	-0.12	-0.12	-0.13	-0.08	-0.08	0.04	

附表 (續) 統計分析裸土試樣影像之各顏色模型分量灰階值標準差
 Attached Table (Continued) The Statistical standard deviation of Gray value of Different image quality.

相機 設定 顏色 模型		感光度(ISO)			光圈(F)			快門(s)			焦距(mm)			角度			高度(cm)			灑水量(kg)			標 準 差
		400	800	1600	3.0	4.2	6.6	1/4	1/6	1/13	4.3	5.3	7.1	30°	60°	90°	130	160	190	0	1	2	
Luv	L	36.72	54.98	71.67	69.09	55.42	31.05	66.86	55.41	37.59	55.44	52.51	54.57	64.14	62.01	55.42	55.16	55.42	56.38	56.93	40.08	40.37	10.63
	u	11.12	14.85	12.69	13.66	14.62	8.91	13.91	13.59	11.91	16.22	14.16	9.21	11.30	6.80	14.62	11.10	14.62	14.92	14.26	15.58	15.17	2.41
	v	18.25	25.43	21.15	24.53	25.77	15.80	24.44	26.46	18.31	28.98	26.64	21.31	31.91	19.60	25.77	23.42	25.77	27.84	27.33	21.54	20.17	3.94
Lab	L	36.72	54.98	71.67	69.09	55.42	31.05	66.86	55.41	37.59	55.44	52.51	54.57	64.14	62.01	55.42	55.16	55.42	59.38	56.93	40.84	40.37	10.64
	a	2.65	2.52	2.47	1.97	2.56	1.82	2.10	1.69	3.16	2.70	2.03	0.23	-1.39	-0.97	2.56	0.90	2.56	2.16	1.86	4.62	4.79	1.43
	b	16.75	20.73	15.66	18.39	20.93	15.24	19.33	21.42	16.78	23.91	22.08	16.74	24.48	14.47	20.93	18.59	20.93	22.60	22.01	19.63	18.38	2.78
AC1C2	A	-25.68	-15.51	-8.61	-9.62	-15.24	-29.12	-10.43	-15.30	-24.92	-15.22	-16.65	-15.86	-11.32	-12.22	-15.24	-15.46	-15.24	-14.78	-14.57	-22.68	-23.05	10.64
	C1	3.70	3.09	1.96	2.18	3.01	3.52	2.34	2.85	3.79	3.31	3.13	2.09	2.05	1.32	3.01	2.40	3.01	3.01	2.87	4.23	4.22	0.74
	C2	4.07	3.41	1.90	2.33	3.40	4.20	2.55	3.49	4.00	3.96	3.84	2.68	3.36	1.93	3.40	2.96	3.40	3.63	3.48	4.30	4.07	0.70
I1I2I3	I1	0.32	0.49	0.67	0.64	0.50	0.27	0.61	0.49	0.33	0.49	0.46	0.49	0.57	0.57	0.50	0.49	0.50	0.50	0.51	0.36	0.36	0.10
	I2	0.08	0.10	0.09	0.10	0.11	0.07	0.10	0.10	0.08	0.12	0.11	0.08	0.11	0.07	0.11	0.09	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.01
	I3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00
Yuv	Y	0.32	0.49	0.67	0.64	0.50	0.27	0.61	0.49	0.33	0.49	0.46	0.49	0.57	0.57	0.50	0.49	0.50	0.50	0.51	0.36	0.36	0.10
	u	0.08	0.16	0.17	0.19	0.16	0.06	0.19	0.16	0.08	0.18	0.15	0.12	0.19	0.11	0.16	0.13	0.16	0.17	0.17	0.11	0.10	0.04
	v	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01
YQ1Q2	Y	0.32	0.49	0.67	0.64	0.50	0.27	0.61	0.49	0.33	0.49	0.46	0.49	0.57	0.57	0.50	0.49	0.50	0.50	0.51	0.36	0.36	0.10
	Q1	0.55	0.54	0.53	0.53	0.54	0.54	0.53	0.54	0.55	0.54	0.54	0.53	0.52	0.52	0.54	0.53	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.01
	Q2	0.64	0.61	0.57	0.58	0.61	0.64	0.59	0.61	0.63	0.63	0.62	0.59	0.60	0.56	0.61	0.60	0.61	0.62	0.61	0.64	0.64	0.02

附表 (續) 統計分析裸土試樣影像之各顏色模型分量灰階值標準差
Attached Table (Continued) The Statistical standard deviation of Gray value of Different image quality.

顏色模型	相機設定	感光度(ISO)			光圈(F)			快門(s)			焦距(mm)			角度			高度(cm)			灑水量(kg)			標準差
		400	800	1600	3.0	4.2	6.6	1/4	1/6	1/13	4.3	5.3	7.1	30°	60°	90°	130	160	190	0	1	2	
HSI	H	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.01
	S	0.28	0.24	0.14	0.17	0.24	0.29	0.18	0.24	0.28	0.28	0.27	0.19	0.23	0.14	0.24	0.21	0.24	0.25	0.24	0.30	0.28	0.05
	I	0.32	0.49	0.67	0.64	0.50	0.27	0.61	0.49	0.33	0.49	0.46	0.49	0.57	0.57	0.50	0.49	0.50	0.50	0.51	0.36	0.36	0.10
HSV	H	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.12	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.01
	S	0.42	0.37	0.23	0.27	0.37	0.42	0.29	0.37	0.42	0.41	0.39	0.29	0.34	0.22	0.37	0.32	0.37	0.38	0.37	0.44	0.43	0.06
	V	0.40	0.59	0.75	0.73	0.59	0.33	0.71	0.59	0.41	0.60	0.56	0.56	0.66	0.62	0.59	0.57	0.59	0.60	0.60	0.45	0.45	0.11
HSL	H	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.12	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.01
	S	0.27	0.26	0.29	0.30	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.29	0.27	0.20	0.27	0.17	0.26	0.22	0.26	0.27	0.27	0.29	0.28	0.03
	L	0.32	0.48	0.67	0.63	0.49	0.26	0.61	0.48	0.33	0.48	0.45	0.48	0.55	0.56	0.49	0.48	0.49	0.49	0.50	0.35	0.35	0.10
LCH-Luv	L	36.72	54.98	71.67	69.09	55.42	31.05	66.86	55.41	37.59	55.44	52.51	54.57	64.14	62.01	55.42	55.04	55.42	56.38	56.93	40.84	40.37	10.58
	C	21.55	29.62	25.02	28.11	29.78	18.24	29.14	29.91	21.99	33.37	30.32	23.41	33.94	20.87	29.78	25.91	29.78	31.73	30.98	26.69	25.36	4.19
	H	1.00	1.03	1.02	1.07	1.05	1.05	1.06	1.09	0.98	1.05	1.07	1.16	1.23	1.25	1.05	1.10	1.05	1.07	1.08	0.94	0.92	0.08
LSH-Luv	L	36.72	54.98	71.67	69.09	55.42	31.05	66.86	55.41	37.59	55.44	52.51	54.57	64.14	62.01	55.42	55.04	55.42	56.38	59.93	40.84	40.37	10.65
	S	273.15	378.03	318.46	28.11	380.12	229.98	371.82	381.77	278.80	426.62	387.01	297.39	434.07	264.49	380.12	329.75	380.12	405.36	395.59	339.94	322.64	87.30
	H	1.00	1.03	1.02	1.07	1.05	1.05	1.06	1.09	0.98	1.05	1.07	1.16	1.23	1.25	1.05	1.10	1.05	1.07	1.08	0.94	0.92	0.08
LCH-Lab	L	36.72	54.98	71.67	69.09	55.42	31.05	66.86	55.41	37.59	55.44	52.51	54.57	64.14	62.01	55.42	55.04	55.42	56.38	56.93	40.84	40.37	10.58
	S	17.14	21.08	16.18	18.67	21.22	15.45	19.57	21.62	17.22	24.19	22.30	16.92	24.58	14.60	21.22	18.77	21.22	22.82	22.21	20.26	19.12	2.74
	H	1.68	1.64	1.73	1.88	1.69	1.83	1.78	2.13	1.50	1.70	1.96	3.06	4.22	3.98	1.69	2.60	1.69	1.85	2.00	1.35	1.32	0.76