

「2020 中華民國營建工程學會第十八屆營建產業永續發展研討會」

## 顆粒性材料孔隙率之影像分析

吳政原 (Cheng-Yuan Wu)  
國立聯合大學土木與防災工程學系  
鄭孟雄 (Meng-Hsiung Cheng)  
經濟部水利署水利規劃試驗所

何冠蓉 (Kuan-Rong He)  
國立聯合大學土木與防災工程學系  
王承德 (Cheng-Te Wang)  
國立聯合大學土木與防災工程學系

### 摘要

本文使用影像編輯軟體 (Photoshop) 將原始圖片做影像上的修正, 再利用影像辨識軟體 (ImageJ) 來進行分析, 當影像分析完成後, 假設三種不同的比重值 ( $G_s$ ) 來推估顆粒性材料之孔隙率與灰階值, 藉由現地乾密度計算出孔隙率, 並調整閾值以取得此現地乾密度之灰階值。

**關鍵字:** Photoshop、ImageJ、顆粒性材料、孔隙率、灰階值。

### Abstract

Utilizing Photoshop to correct the original images, and use ImageJ to analyze them, after these works have all been done, then, we assume three different  $G_s$  to estimate the porosity and Grayscale value of the granular materials. Finally, the porosity is calculated by the *in situ* dry density value, and the threshold is adjusted to obtain the Grayscale values.

**Keywords:** Photoshop, ImageJ, Granular material, Porosity, Grayscale value.

### 一、前言

#### 1.1 研究目的

「相對密度試驗」為針對濾層、排水層、以及墊層之粒料進行檢驗, 其中部分墊層料最大粒徑是 75 mm 以上之級配料, 此無法用傳統砂錐法來施作, 所以, 必須配合工地密度充水法來進行, 然, 為減少實驗的不便與誤差, 遂以本題材 (顆粒性材料孔隙率之影像分析) 作為研究之內容。

#### 1.2 研究動機

比起洪水氾濫, 潰堤對生命與財產更具威脅。1975 年 8 月, 中國河南省板橋水庫及其下游其餘水壩連帶的潰決事件是當今中國史上造成最多傷亡的水壩潰決事件。這起事件估計共造成 24 萬人罹難和一千一百萬人失去家園。2005 年該事件被美國《探索頻道》評為世界歷史上最重大的人為技術災難第一名 (<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E5%A3%A9%E6%BD%B0%E6%B1%BA>, 2020/11/1 瀏覽)。

臺灣卵礫石分佈遍及北部西側邊緣與中央部分, 局部分佈於西部丘陵地、台地、切割台地、以及沖積平原中, 包括東部主要河川溪口之沖積扇地區, 除了佔有相當廣大的面積外, 其覆蓋深度也極為渾厚; 臺灣許多河川的河床粒料為卵礫石, 亦是填築堤防工程之最佳材料 ([http://epaper.wra.gov.tw/Article\\_Detail.aspx?s=E12EFE38305687A](http://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=E12EFE38305687A), 2020/11/1 瀏覽)。

當最大粒徑 75 mm 以上之級配料，現場密度值因尺度之問題，無法以傳統的砂錐法來進行，需配合大尺寸工地密度充水法來施作。由於材料盡可能使用現地土石為原則，為控管得以抗震、防滲等營建管理之關鍵因子，於填築中土壤的夯實、最佳含水量、夯實度、相對密度等品質管制試驗便成為非常重要之品質檢驗方式，然而，當顆粒性材料粒徑大於 75 mm 者，無法使用最大及最小指標密度試驗來求取合理且正確的相對密度值，因此，本研究利用現地之乾密度以及合理假設的比重來推估孔隙率再匯入 Image J 中求取灰階值。

## 二、文獻回顧

在**水土保持局（2018）**的報告中，將研究架構分成四大項目，分別為影像修正、影像萃取、影像分割、以及粒徑量測。首先，影像修正係將讀入的影像進行幾何及亮度方面的修正，而影像萃取則分別利用基於面及基於線的萃取方法萃取出影像中塊石之本體、背景、與邊界，至於，萃取影像後仍可發現部分的塊石相互連通，因此，利用分水嶺法對萃取完的塊石進行物件分割。

**謝世鴻（2015）**研究以屏東縣境內萬安溪為例，探討以數位拍照法研究河床粒徑分布變化之可行性及適用性。在長、寬各 1 公尺之框架內以數位相機拍照取得數位影像。處理技術利用 Paint Shop Pro 9 予以先灰階化，再除雜訊，凸顯出顆粒輪廓之邊界，接著將顆粒邊界化後之資料，利用 Surfer 軟體予以量化，使其成為可供計算之數量資料。至於，在數位影像原理上，係採(1)數位影像由像素(Pixel)所組成，典型的像素為正方形，像素排列成長方形陣列，而影像大小為像素陣列之規模。影像寬度為欄數，高度為列數，像素之座標為 x、y。X 為欄位，由左向右增加，0, 1, 2, ..., M; Y 為列位由上向下，0, 1, 2, ..., N;(2) 解析度：為像素之空間尺度(spatial scale)，又稱為像素密度，如每英寸像素(pixels per inch)，每毫米像素(pixels per mm)。從解析度可算出像素邊長，每像素英寸(inch per pixel)或每像素毫米(mm per pixel);(3) 強度(intensity)或亮度(brightness)：由位元組(byte)來表示，位元組由元(Bit)所組成，其值為 0 或 1。位元組可能是一位元組(1-bit byte)、四位元組(4-bit byte)、以及八位元組(8-bit byte)。典型位元組為八位元組，其強度範圍為 256 個值(0-255);(4)彩色影像由紅綠藍(RGB)三組顏色(channel)所組成;(5)灰階影像由黑白一組顏色組成。依 NTSC(National Television System Committee)標準，彩色影像強度轉換為灰階影像強度為：Y、R、G、B 分別為灰階、紅、綠、藍強度。

**張逸群（2013）**採用影像處理方法，包刮映射投影法(projective mapping)、顏色轉換法(color transform)、以及門檻閾值法(Threshold)等。用映射投影法解決影像變形之問題，用顏色轉換法凸顯顏色之差異，而利用門檻閾值法來判定門檻值獲得之分割影像與目標訊息。影像分割的處理方式用顏色轉換方法來凸顯物體的影像特徵；用門檻閾值法，藉灰階顯示出顏色特徵之訊息，判定目標所涵蓋的灰階範圍，達成針對目標影像作定性或定量分析之目的。然而，為了從影像處理軟體ImageJ提供的顏色模型與門檻閾值法中，客觀地評價與篩選出最佳影像之分割方法，透過以下的評價方式來進行篩選：(1)在室內不同拍攝條件下，統計分析裸土影像灰階值之標準差，依據標準差之大小，評價顏色模型分量對於不同品質的裸土影像，其辨識裸土顏色特徵的可靠度；(2)在室內固定拍攝條件下，統計分析植草影像灰階值與植草生長天數的相關係數，依相關係數的大小，評價顏色模型分量對於辨識植草生長影像的綠度變化，其辨識草坪綠顏色特徵的敏感度；(3)最後以影像處理軟體ImageJ分析計算的植草存活率結果，與點框法調查

計算值作比較，依據絕對誤差、平均絕對誤差 (MAPE)、以及影像分割質量等，評估影像處理分析系統和影像分割法之可行性與準確性。經過客觀的統計評價與篩選後，發現在顏色模型Lab中，顏色模型分量a具有最低的標準差與最高的相關係數，顯示顏色模型分量a在辨識草地顏色特徵上具有一定的可靠度與敏感度；至於，用顏色模型分量a與門檻閥值法Yen的組合，進行戶外草地存活率的估算工作，絕對誤差介於0.057%~6.052%，而平均絕對誤差小於5%，其顯示所建立的影像處理方法具備一定程度的準確性，在實務上具有實用價值。

### 三、研究方法

先用影像編輯軟體 (Photoshop) 對現地影像修圖使顆粒分析更精確，接下來匯入影像辨識軟體 (ImageJ) 求出顆粒性材料粒徑之孔隙率與灰階值。

1. 先將圖片在 Photoshop 中做修圖處理，使分析結果更加精確。
2. 將修圖後之圖片匯入 ImageJ 分析後，得到孔隙率與灰階值。

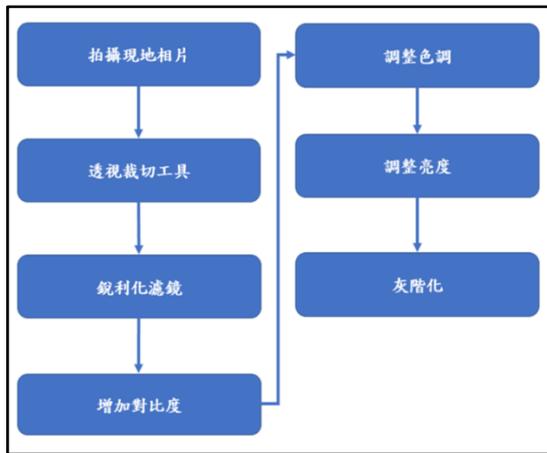


圖 1 Photoshop 流程圖

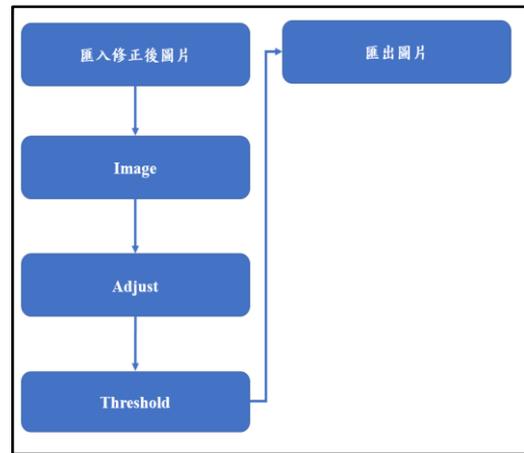


圖 2 ImageJ 流程圖

### 四、研究結果

如圖 3，當現地乾密度為  $2.304 \text{ g/cm}^3$  時，以下列其模擬之結果。

#### 4.1 Photoshop 軟體分析之成果

1. 現地乾密度為  $2.304 \text{ g/cm}^3$  時之原圖。
2. Photoshop 影像編輯完成後。



圖 3 原圖

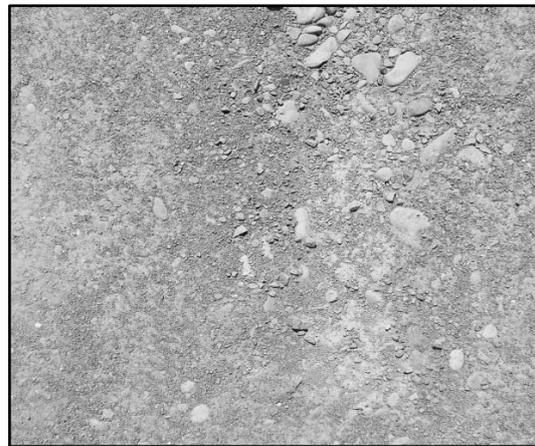


圖 4 原圖經修圖後

#### 4.2 ImageJ 軟體分析之成果

1. 假設  $G_s=2.6$

(1) 已知現地乾密度等於  $2.304 \text{ g/cm}^3$   
乾單位重= $2.304*9.81=22.6 \text{ kN/m}^3$ 。

$$e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2.6 * 9.81}{22.6} - 1 = 0.129$$

$$n=e/1+e=11.4\%$$

(2) 匯入後得孔隙率為 11.4%及灰階值為 108。

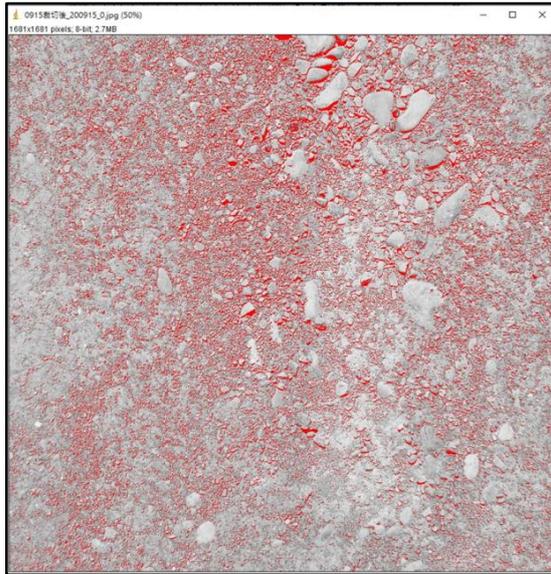


圖 5 調整閾值進行分析成果 ( $G_s=2.6$ )

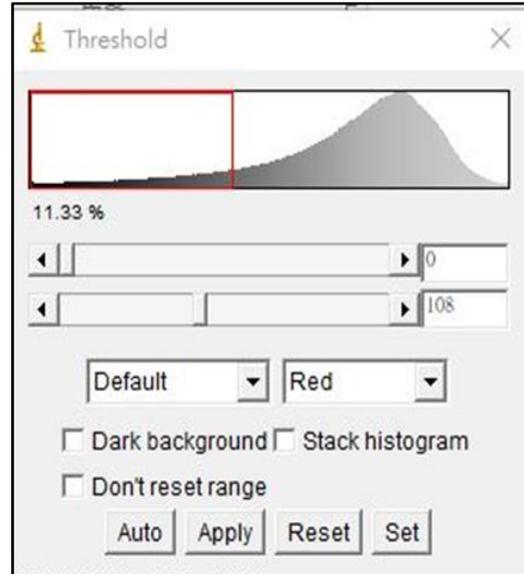


圖 6 灰階值與孔隙率數據  
( $G_s=2.6$ )

2. 假設  $G_s=2.7$

(1) 乾單位重= $2.304*9.81=22.6 \text{ kN/m}^3$ 。

$$e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2.7 * 9.81}{22.6} - 1 = 0.172$$

$$n=e/1+e=14.67\%$$

(2) 匯入得出孔隙率為 14.51%及灰階值為 121。

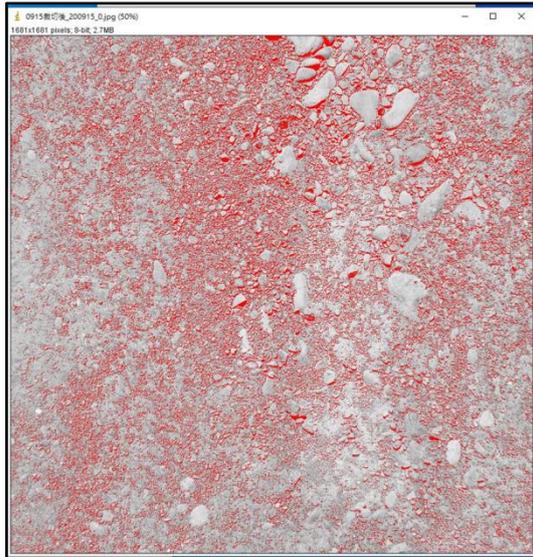


圖 7 調整閾值分析之成果 (Gs=2.7)

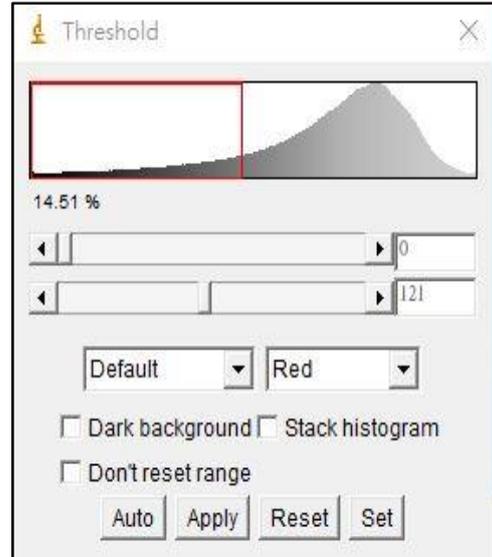


圖 8 灰階值與孔隙率之數據 (Gs=2.7)

3. 假設  $G_s=2.8$

(1) 乾單位重  $= 2.304 * 9.81 = 22.6 \text{ kN/m}^3$ 。

$$e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2.8 * 9.81}{22.6} - 1 = 0.215$$

$$n = e / (1 + e) = 17.69\%$$

(2) 匯入得孔隙率為 17.57% 及灰階值為 131。

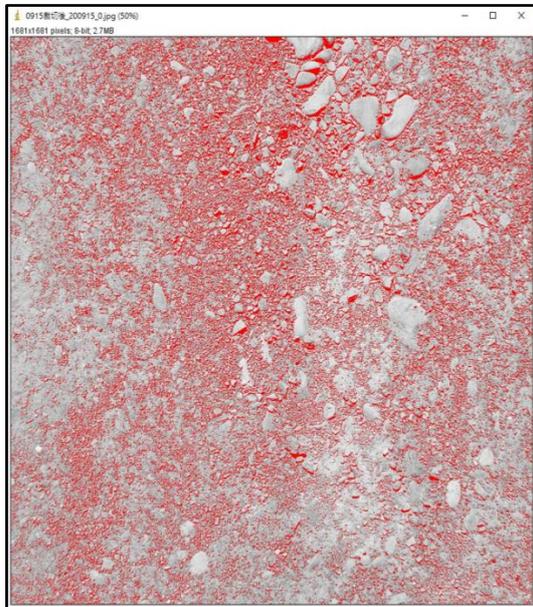


圖 9 調整閾值進行分析之結果 (Gs=2.8)

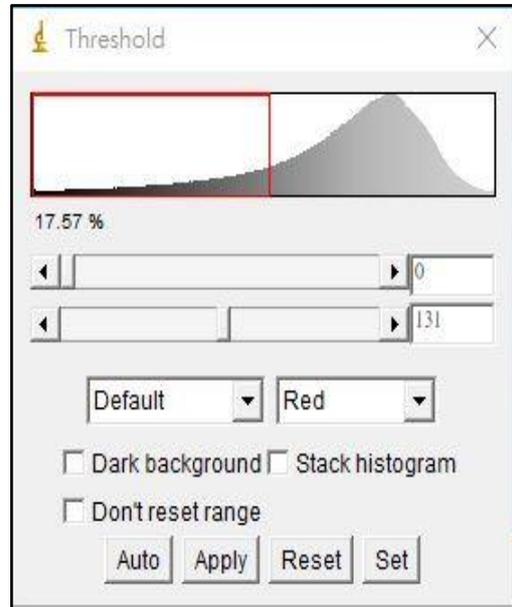


圖 10 灰階值與孔隙率數據 (Gs=2.8)

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

1. ImageJ 對解析度要求甚高，若單純使用 ImageJ，其辨識出來的結果會有誤差。若先利用 Photoshop 修正圖片，使圖像清晰再匯入 ImageJ 後，能使軟體更能準確抓取顆粒。

2. 當  $G_s$  越大，相對的灰階值與孔隙率也會變大；當比重越大，體積就越小，孔隙就越多，而孔隙多則陰影越多。所以，灰階值範圍和孔隙率會變大，符合實驗之結果。
3. 茲將當現地乾密度為  $2.304 \text{ g/cm}^3$  之三種不同的比重對分析所得的灰階值與孔隙率整理於表 1 中。

表 1 數據彙整 (現地乾密度 =  $2.304 \text{ g/cm}^3$ )

比重	灰階值	孔隙率
$G_s=2.6$	73~113	11.36%
$G_s=2.7$	84~125	14.6%
$G_s=2.8$	92~133	17.2%

## 5.2 建議

1. 未來可以增加 ImageJ 外掛 Java 插件，使用 Plugin 中的 3D Object Counter 與 3D ROI Manager 使軟體能成為三維分析，更貼近現地之狀況。
2. 未來可新增幾組現地乾密度之數值，以擴大實驗範圍，使數據統計出來的結果更具參考價值。

## 參考文獻

- [http://epaper.wra.gov.tw/Article\\_Detail.aspx?s=E12EFE38305687A](http://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=E12EFE38305687A)，2020/11/1 瀏覽。
- <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E5%A3%A9%E6%BD%B0%E6%B1%BA>，2020/11/1 瀏覽。
- 水土保持局 (2018)，107 年補助計畫坡地土砂災害特徵資訊加值分析與應用，成果報告書。
- 中華水土保持學報 (2019)，由 UAV 影像自動萃取河床表面粒徑分佈。
- 謝世鴻 (2015)，河床沉積物粒徑數位影像分析法之研究--以萬安溪為例，國立成功大學地球科學研究所在職專班碩士論文。
- 張逸群 (2013)，應用 Image J 於估算綠美化工程之植草存活率，國立屏東科技大學土木工程系碩士論文。