

# 以多光譜陰影去除模型校正衛星影像崩塌地判釋

李岳穎<sup>(1)</sup> 王咏潔<sup>(2)\*</sup>

## 摘 要

常態化差異植生指數(NDVI)在植被多光譜反射研究中具有重要地位，當太陽照射角度低時，其使用上存在陰影問題使影像出現偏差。本研究使用 Sentinel-2 衛星影像，利用多光譜陰影去除模型 NSEE(NDVI Shadow-Effect-Eliminating Model)對影像的 NDVI 進行校正，並使用陰影校正後 NDVI，配合像元值二值化方法，進行大甲溪中上游區域崩塌地判釋，並與行政院農委會提供之衛星判釋全島崩塌地圖進行比較。研究結果中，校正後的 NDVI 更趨近真實影像，陰影區域的 NDVI 回到正常值，且光照區的 NDVI 變化幅度小，減少陰影造成 NDVI 值過小而誤判為崩塌區域之問題。以像元值二值化分析，以 0.35 為 NDVI 閾值，可明顯判斷裸露區與植被區。相較於使用校正前 NDVI 之崩塌地判釋結果，使用校正後 NDVI 分析之崩塌地判釋區域準確率、精確率上升。本研究使用之陰影校正及崩塌判釋方法可作為僅有衛星影像時判釋崩塌地與非崩塌地之方法。

(**關鍵字**：NDVI、NDPI、陰影、崩塌地判釋、NDVI 陰影影響去除模型)

## Correction of Interpreted Collapse Area Using Satellite Image with a Shadow-Effect-Eliminating Model

Yue-Ying Li<sup>(1)</sup> Yung-Chieh Wang<sup>(2)\*</sup>

## ABSTRACT

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) plays an important role in the research of multispectral reflection of vegetation. However, the application of NDVI has a common problem of shadow effect especially at low sun exposure angles, which makes the interpreted NDVI values biased. In this study, Sentinel-2 satellite imagery was used to apply the shadow effect correction method of the NDVI values of the image by using the NDVI Shadow-Effect-Eliminating Model (NSEE). The judgment of the collapsed area in the middle and up stream areas of the Dajia River basin was compared

---

(1) 國立中興大學水土保持學系碩士生

(2) 國立中興大學水土保持學系副教授(通訊作者 e-mail : wangyc@nchu.edu.tw)

with the satellite judgment of the collapsed maps of the whole Taiwan island, provided by the Council of Agriculture, Executive Yuan in Taiwan. In the results, the corrected NDVI is closer to the real image, the NDVI in the shadow area returns to the normal value, and the NDVI in the illuminated area has a small change range. Therefore, the issue of NDVI underestimations and misjudgments of collapsed areas caused by shadows can be alleviated. Based on the image binarization method, the threshold of NDVI is 0.35, which can clearly determine the bare area and the vegetation area. Comparisons between the collapsed area identification results by using the before- and after-corrected images indicate that the accuracy and precision of the after-corrected identification results are higher than those of the before-corrected ones. The methodology proposed in this study can serve as an alternative of collapsed area identification method when only satellite images are available.

**(Keywords:** NDVI, NDPI, shadow, collapse area interpretation, NDVI shadow-effect-eliminating model)

## 前言

台灣山坡地分布廣泛約占全台面積 70%，山坡地地形陡峭、地質脆弱、河川短急，加上台灣地狹人稠開發往山坡地移動，使原本不穩定的地形受到更多擾動。當豪雨、颱風來臨常造成嚴重的崩塌、土石流等災害，而這些變動常分布於深山內不易調查，因此如何利用遙測技術與影像進行崩落地判釋，作為山坡地保育規劃與治理依據尤為重要。隨遙測技術進步，土壤沖蝕估算與崩塌量計算可藉由影像輔助，減少經費與人力，且具有即時性，傳統的調查方式逐漸被地理資訊系統與遙測技術取代，或成為輔助方法。

常態化差異植生指數(NDVI)是目前應用最廣泛的植被指數，最早由 Rouse et al. (1973) 提出，利用植物對紅外光(波長介於 580-680 nm)及近紅外光(波長介於 730-1100 nm)的典型特徵在光譜上有明顯差異；當兩者差距較小時表示植物稀疏，當兩者相差較大則表示植物茂密。有效反應現地植被狀況，為多光譜遙感中的重要技術。NDVI 為最常使用之植被指數之一，但仍有無法避免的干擾導致 NDVI

在估計精度上受影響，其中以陰影最為明顯。

陰影在影像中特殊且明顯，受到太陽、地表反射及衛星接收三者之間角度差異所引起的相對反應，使衛星影像存在大量、連續且不穩定的陰影，尤其在山區地形起伏較大常常使背光面受到阻擋，而導致同一片山體有兩種不同的植被反射信息出現。台灣因為地形變化大，使山區影像 NDVI 常出現陰影區與光照區兩極化之問題。由於陰影的存在使 NDVI 呈現非線性特徵，大幅降低 NDVI 在應用上的精度 (Jiang et al., 2006)。這是因為太陽直射少，而陰影區的近紅外光反射率會大量減少，近紅外光又是對植被信息非常敏感的波段，因此 NDVI 受陰影的影響尤為敏感。

歸一化暗像元指標(NDPI)由 Wang et al. (2016)提出，用於改進落葉生態系統植被在雪地的監測，使用了深藍光(波長介於 450-520 nm)及 SWIR2 波段(波長介於 2038-2356 nm)。由於植物對這兩波段的反應在陰影區與光照區變化不顯著(反射率變化極小)，兩者相對於 NDVI 所使用之紅外光與近紅外光相關性小，因此可以透過兩者在光照區與陰影區的分布，

作為 NDVI 陰影影響去除的依據(焦俊男等人，2020)。

由於台灣山區地形起伏大，受山體變化影響，當太陽照射角度低時，背光面的陰影可能造成光學影像判釋誤差。故此，一般挑選受干擾最少之影像進行地表判釋與分析，但隨面積增大或時間尺度變小，可用且干擾少的衛星影像不易取得，需透過校正方法去除干擾，如：影像補償法、多元衛星補償法及 NDVI 影像替換法等。上述方法都可能有計算量龐大、異元數據整困難及造成額外誤差等缺點。因此，本研究僅針對 NDVI 與光照強度進行 NDVI 值修正，以減少誤差產生，並提供在未能取得政府正式公開之崩塌地範圍資料時，初步判斷影像之崩塌範圍。本研究透過多光譜陰影去除模型 (NDVI Shadow-Effect-Eliminating Model, NSEE)，對研究試區進行多陰影影像的 NDVI 校正，並提高植生區域與裸露地之辨視度，提高 NDVI 在水土保持應用上的準確度。

## 研究區域與材料

### 1. 研究區概述

本研究以大甲溪上游發源地至石岡壩主體為研究區域(圖 1)。大甲溪位於台灣台中市，屬中央管河川，為台中市重要河川之一，為大台中地區提供給水、發電及灌溉水源；流域內山坡地占比高達 90%，且坡度陡峭(坡度 30% 以上占 90%)，降雨豐富集中(年均雨量達 2500mm)。

本研究以 NSEE 校正之 NDVI 與 NDPI 關係，並判釋出崩塌地與裸露地之範圍，應用政府資料開放平台中，行政院農委會林務局委

託成功大學，以各年度一月至七月全島鑲嵌福衛二號衛星影像，建立自動判釋標準之結果，2016 至 2017 年所產出之崩塌地圖作為驗證依據，將本研究所判釋之崩塌地區域與農委會崩塌地圖農委會進行比較，計算重疊面積。2016 至 2017 年之歷史資料指出，全台發生之崩塌事件數分別為 993 及 1335，區域內崩塌面積分別為 2016 年 1312 公頃、2017 年 1948 公頃。農委會崩塌地圖之研究區域 2016、2017 崩塌地分布如圖 2 所示。

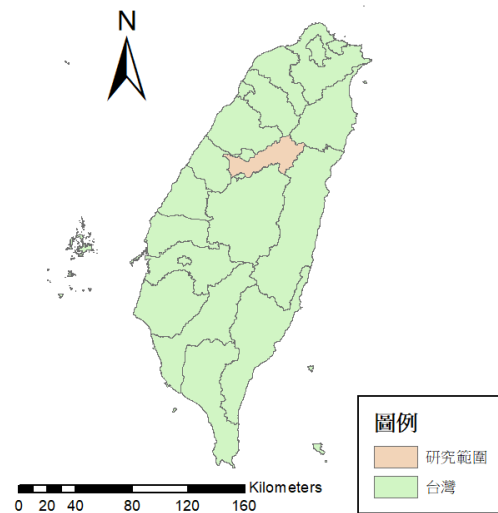


圖1 研究區域

Figure 1 Study area

### 2. 衛星影像

本研究所使用之衛星影像為 Sentinel-2，由歐洲哥白尼開放存取中心(Copernicus Open Access Hub)下載，下載波段需有：綠光、藍光、紅光、近紅外光、及波段 12 之短波長紅外光 (SWIR2)。選取 2016 年間 2017 年間所拍攝之影像，每年選出一張區域內雲覆率最少的影像，避免雲層所帶來的不穩定性，將研究區域

的陰影產生控制為太陽入射角-地形起伏-衛星接收角三者所造成，經篩選後所使用之影像為：2016/11/17、2017/02/15，將 2016、

2017 年的資料校正後與農委會所判釋結果進行混淆矩陣分析。

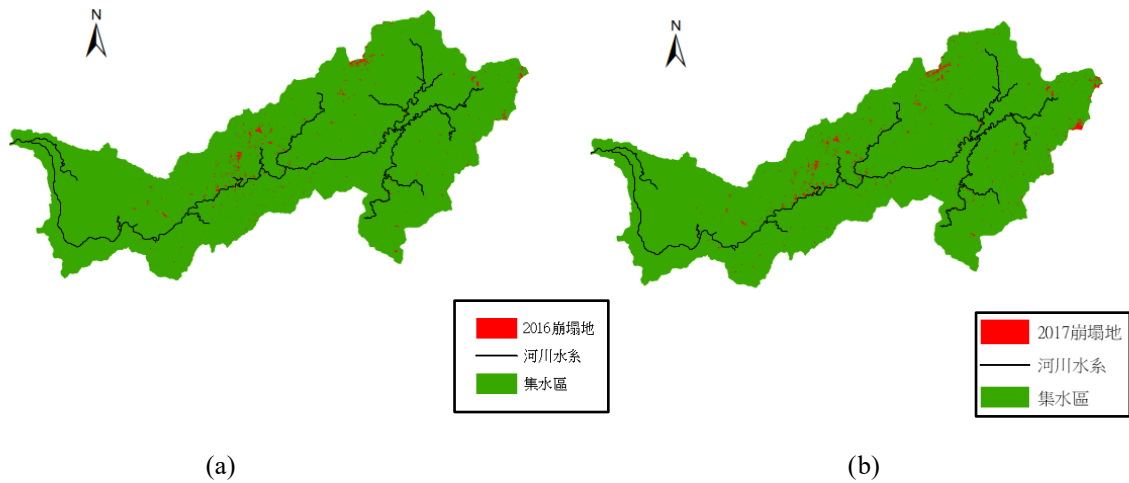


圖2 農委會崩塌地圖中研究區崩塌地。(a)2016 崩塌區域、(b) 2017 崩塌區域

Figure 2 Collapse area maps released by Council of Agriculture , Executive Yuan. (a) 2016 collapse area and (b) 2017 collapse area,

## 研究方法

本研究使用 Sentinel-2 衛星影像及農委會委託成功大學辦理之崩塌地圖作為對照組，將 Sentinel-2 衛星影像製作成原始 NDVI 檔案在經由 NSEE 模型 (NDVI Shadow-Effect-Eliminating Model)，以剖面線方式將資料像元值萃取出並提取參數所需因子，進行全圖 NDVI 校正，透過將校正前後 NDVI 進行二值化區取出裸露地並與農委會崩塌地圖比較重疊面積，驗證經校正後之 NDVI 是否更準確提取出崩塌地與裸露地，最後使用實際衛星

影像疊圖比對本研究結果與對照組何者更趨近於真實狀況，詳細之流程圖如圖 3 所示。

### 1. 常態化差異植生指標(NDVI)及閾值

常態化差異植生指標(NDVI)為近紅外光及紅光差值與和的比值，可以用來辨別植生反射量之多寡並監測植生變化，公式如下：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad \text{式-1}$$

其中， $NIR$ =近紅外光反射值； $R$ =紅光反射值。

NDVI 植生指標指數界於-1~1 間，通常當 NDVI<0 之影像，屬於非植生區域如：雲層、水域、人工構造物及裸露地，當指數越大則代表植生茂密，因此透過將 NDVI 可將試區分為植生區域與非植生區域(含上述可能)，而本研究僅討論受陰影影響誤判為崩塌地之誤差。上述表示植生與非植生區域可藉由閾值(通常為 0)加以區分，但 NDVI 受到太陽光強度、氣溫及反射率等複雜因素影響，閾值是否為 0 開始受到質疑，因此國內外學者針對不同地區進行調查，並訂定不同的閾值；透過自動選取影像二值化臨界值法，利用統計方法提出兩個最佳臨界條件，應滿足(1)兩項變異數總和為最大，(2)兩像變異數總和分別為最大及最小(Otsu, N., 1979)；亞洲遙感協會(AARS)及日本千葉大學(1997)利用亞洲土壤覆蓋數據及地面真實信息，根據 NDVI 分類亞洲區域的植生，當時閾值使用 0.15；林基源(2003)使用 STOP 衛星多光譜態影像分析陳有蘭溪流流域之土石流，在影像軟體 ERDAS IMAGINE 中進行影像分類，將台灣植生區域與植生不良地區分，所謂植生不良地包括：崩塌地、露頭、水體、裸露地及人工墾殖區，經分析對比萃取 NDVI 後發現所定義之植生不良地之 NDVI 均低於 0.35。本研究以台灣大甲溪中上游流域作為研究區域，故利用林基源(2003)對台灣中部山區植生狀況與 NDVI 分析結果，將閾值定為 0.35 並進行二值化。

## 2. 歸一化暗像元指標(Normalized Dark Pixel Index, NDPI)

Wang et al. (2016)利用 NDPI 建構比值陰影指數(RSI)，來判別 Landsat 8 OLI 影像水體與雲層陰影的差異，實現雲陰影的提取，NDPI 公式建構如下：

$$NDVI = \frac{B - SWIR2}{B + SWIR2} \quad \text{式-2}$$

其中， $B$ =藍光反射值； $SWIR2$ =短波長紅外光反射值。

NDPI 介於-1~1 間，經由比較光照區與陰影區的光反射率可以發現，變化率最小的出現在藍光波段(波長 400-500nm)，變化率最大發生在短波長紅外光波段(2000-2400nm)，也藉就是對光照強度最敏感的波段為短波近紅外光，反之最不敏感的為藍光；透過與 NDVI 相同的設計巧思利用最敏感波段與最不敏感波段通過差分比值來標準化光反射強度的差異(Wang et al., 2016)。NDVI 與 NDPI 差異及敏感因子如表 1 所示，由於 NDVI 可以藉由非植生區的分類判別水體、崩塌地與建物，可發現兩者對於上述地形能很明顯的指示性。

## 3. NDVI 陰影影響去除模型 NSEE(NDVI Shadow-Effect- Eliminating Model)

焦俊男等人(2020)利用實際影像建立 NDVI 與 NDPI 散點圖，發現光照區與陰影區的 NDVI 差值 0.2，由於陰影的影響空間散點圖會呈現兩個聚類，如圖 4 所示。ENVI(The Environment for Visualizing Images)標準光譜庫建立 8 種不同植物的 NDVI，分別計算植被在光照區與陰影區的 NDVI、NDPI，透過擬合斜率差值，發現光照區與陰影區的 NDVI、NDPI 呈現類線性特徵，因此利用同一植被在光照區與陰影區的 NDPI 差值來校正 NDVI，並建立 NSEE 模型將陰影區的 NDVI 校正到正常值，如圖 5 所示，NSEE 模型公式如下：

$$NDVI_{Correct} = NDVI_{Original} - k(NDPI_{Original} - NDPI_{(min,NDVImax)}) \quad \text{式-3}$$

其中， $NDVI_{Correct}$  = 校正 NDVI； $NDVI_{Original}$  = 原始 NDVI； $k$  = 散點圖斜率； $NDPI_{Original}$  = 原始 NDPI； $NDPI_{(min,NDVImax)}$  = 散點圖中原始 NDVI 最大值對應之 NDPI。透過散點圖(圖 4)可以觀察到：(1)NDVI 與 NDPI 大致上呈現反比關係，當 NDPI 越大該區越暗，則 NDVI 較小；(2)部分散點呈現 NDVI、NDPI 兩者皆較小的數值，代表此地區雖然光照強度已很強，但仍保持植生不茂密之區域，這些點位就是植生不良區域(水體、裸露地、建物等等)。

#### 4. 崩塌判釋與評估-混淆矩陣

本研究判釋之植生不良區扣除國土測繪中心調查之國土利用調查圖層之水域、河道及人為活動區域(住宅、大樓、道路及農地)，作為本研究之崩塌面積，將農委會判釋之崩塌地為對照，繪製混淆矩陣(Confusion Matrix)，比較校正前後與農委會判釋差異，進行全試區之分析，方法如下：

$$A = \frac{TP + TN}{A_{all}} \quad \text{式-4}$$

$$P = \frac{TP}{TP + NP} \quad \text{式-5}$$

其中， $A$  = 準確率(Accuracy)(%)； $TP$  = 是崩塌且判釋為崩塌之區域 ( $m^2$ )； $TN$  = 非崩塌且

判釋為非崩塌之區域( $m^2$ )， $A_{all}$  = 總面積( $m^2$ )； $P$  = 精確率(Precision)(%)； $NP$  = 崩塌區但判釋為非崩塌之區域。

為判定本研究之判釋模型與政府公開資料兩者對於崩塌是否具有準確性及精確性，將面積縮小至一大規模崩塌區內，利用人工編修之方式以衛星影像繪製出手繪崩塌區，與建立(1)政府公開資料之崩塌區、(2)校正前判釋之崩塌區、(3)校正後判釋之崩塌區，三者與手繪崩塌區為對照之混淆矩陣並進行分析。

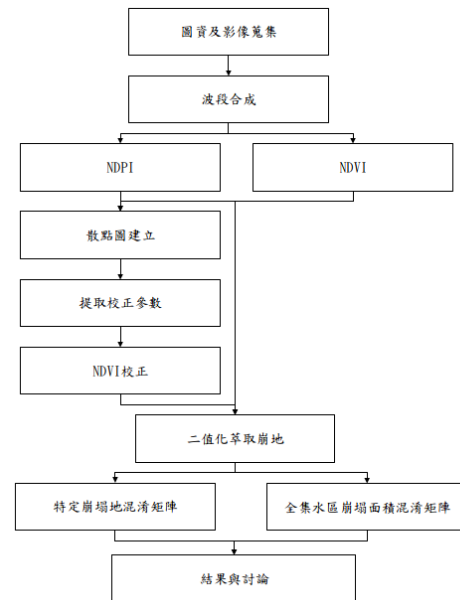


圖3 研究流程圖

Figure 3 Research flowchart

表1 NDVI 與 NDPI 說明

Table 1 Descriptions of NDVI and NDPI

指數	使用波段	敏感參數	代表意義
NDVI	紅光、近紅外光	光照強度、植物覆蓋度	介於-1~1，越大代表植生覆蓋度高，反之為植生不良區域。
NDPI	藍光、短波長紅外光	光照強度、水體、裸露地、建物	介於-1~1，越大代表光照強度越低即陰影區，反之為光照區或土壤。

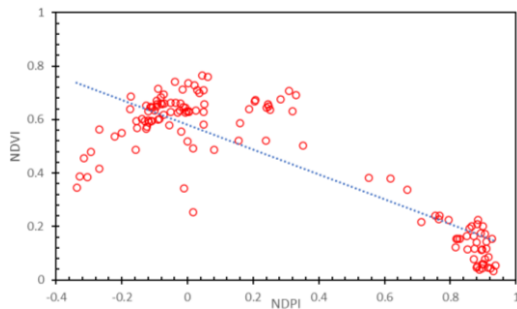


圖4 NDVI 與 NDPI 散點示意圖

Figure 4 Schematic diagram of NDVI and NDPI scatter points

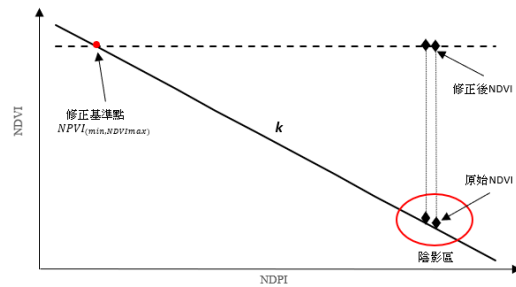


圖5 NSEE 模型示意圖示意圖

Figure 5 Schematic diagram of NSEE

## 結果與討論

### 1. NSEE 模型參數

本研究於每年之影像中取一條剖面線，此剖面線符合下列條件：(1)無雲層遮蔽；(2)無水體；(3)有明顯光照區與陰影區；(4)包含植生茂密與裸露地。使用合乎上述條件之剖面線像元值，繪製校正前 NDVI-NDPI 散點圖，如圖 6a-6d 所示，並選取出使用參數，每年之參數結果受光照強度與光照角度影響而有所不同，結果如表 2 所示。將表 2 之結果帶入

的參數成果代入 NSEE 模型(式-3)，將剖面線像元值進行校正重新繪製散點圖，成果為圖 6b、6d，比較校正前後可以發現，陰影區(圖中右側群體)的 NDVI 與光照區(圖中左側群體)落在相同值域內；圖 6b、6d 左下角之 NDVI 與 NDPI 皆很小的值也符合剖面線中裸露地座標。

校正前 NDVI 平均分別為 0.646 和 0.604，校正後分別為 0.732 和 0.666；每年的數值皆有上升幅度平均在 0.086~0.062 間，整體更趨近於真實情況，說明對陰影校正成功。

表2 NSEE 模型參數與 NDVI 值

**Table 2 NSEE model parameters and values of NDVI**

年度	$k$	$NDVI_{(max)}$	$NPVI_{(min,NDVI_{max})}$	校正前 NDVI 平均值	校正後 NDVI 平均值
2016	0.468	0.836	0.0802	0.646	0.732
2017	0.357	0.768	0.0422	0.604	0.666

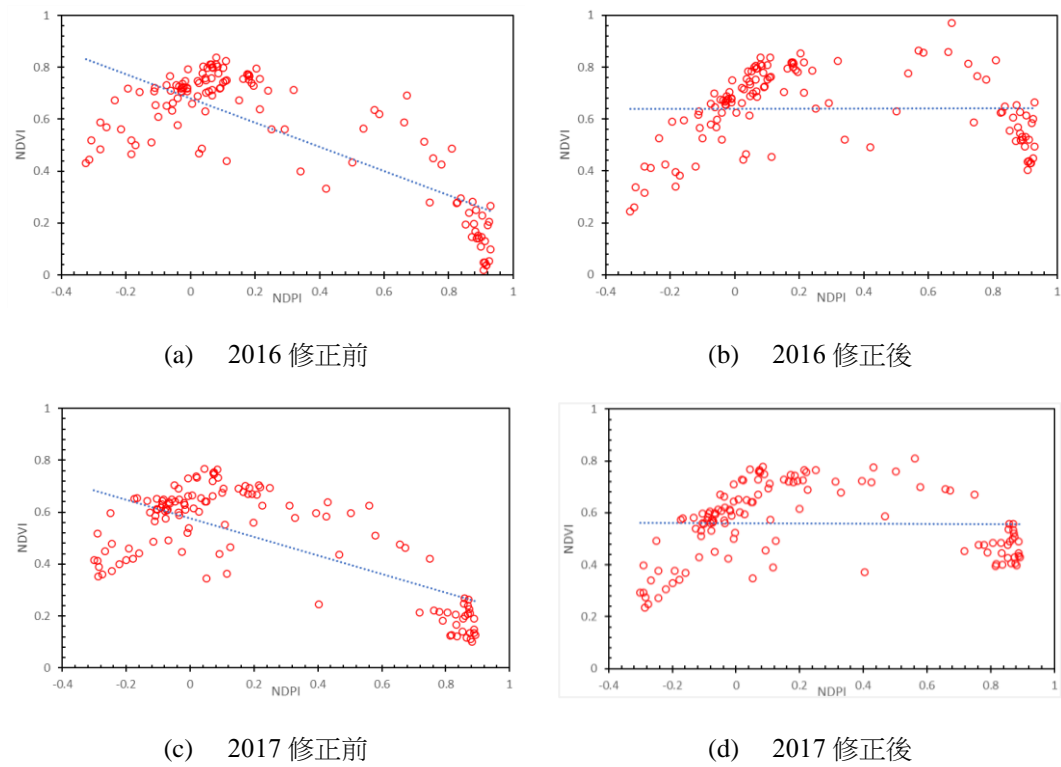


圖6 NDVI-NDPI 散點圖

Figure 6 NDVI-NDPI scatter plot

## 2. NSEE 校正成果與 ArcGIS 應用

綜合上節結果表明，此方法可以有效校正研究區域中陰影所導致的 NDVI 偏差，且對於植生不良區域能有效分辨，如圖 7 所示；圖中陰影位置於 1000m-1700m 處，在校正前

NDVI 有明顯的低於正常值，經過校正 NDVI 上升接近於正常值，且原本光照區的部分變動不大基本上保持原值，變動不大；圖 8 為 2016 年校正 NDVI 分布曲線，圖中數值 0.3-



0.4 區間有明顯的斷層，為植生區域與裸露地之過度帶，在此剖面線上，所有裸露地之 NDVI 皆 $<0.35$ ，符合 2003 年林基源所提出之閾值 0.35，以此值為崩塌地判釋之界。

本節將各年之剖面線所獲得的參數帶入式-3，並使用 ArcGIS 進行全試區校正，使

用 Raster Calculator 對各網格進行校正，校正結果如圖 9 所示。圖 9a 和 9c 為衛星影像原始之 NDVI，於中下位置有一大片偏紅色之區域，此區域受陰影影響，而導致 NDVI 偏小，在校正之後可很明顯地看出此區域以近似正常數值。

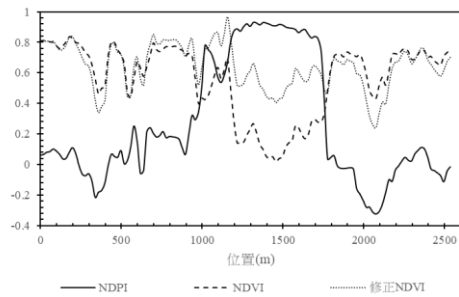


圖7 2016 年剖面線像元分布圖

Figure 7 Pixel distribution map of the profile line in 2016

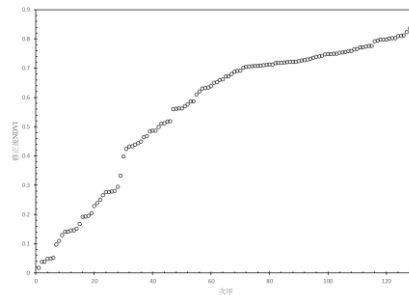


圖8 2016 年校正 NDVI 分布曲線

Figure 8 Revised NDVI distribution curve in 2016



(a)2016 原始 NDVI



(b)2016 校正 NDVI



(c)2017 原始 NDVI



(d)2017 校正 NDVI

圖9 NDVI 校正成果圖

Figure 9 NDVI correction results

### 3. 崩塌判釋結果與評估

全試區校正前後之混淆矩陣與部分試區之混淆矩陣分析結果如表 3 及表 4 所示，表中分為四種情況分別為：

1. 崩塌-成功：崩塌區且判釋為崩塌區之面積。
2. 崩塌-失敗：崩塌區但判釋為非崩塌區之面積。
3. 非崩塌-成功：非崩塌區且判釋為非崩塌區之面積。
4. 非崩塌-失敗：非崩塌區但判釋為崩塌區之面積。

由表 3 可看出，準確率分別提升了 3%與 2%，因為崩塌占總面積的部分不多因此準確率受非崩塌-成功部分影響很大，在崩塌區判釋上成功的面積反而減少，因整體 NDVI 上升判釋的條件更為嚴苛，但在非崩塌-失敗的面積也減少很多，代表經校正後許多原本受陰影影響或者雜點被消除，且此情況之面積非常多所準確率上升；精確率則表示了判釋為崩塌地的部分有多少正確，兩年經校正後分別上升 33%及 14%，在經過校正後整體判釋的準確度有所上升，但不論校正前後精確率皆低於 50%，主要可能如下：

1. 最小判釋面積不同，本研究精度為 0.04 公頃(影像分辨率為 20m×20m)而農委會判釋之結果最小崩塌地為 0.1 公頃。
2. 土地調查圖資過久未更新，許多建地與農地因人為開發面積變大但未被列入，造成判釋崩塌地時無法去除，如圖 10 及圖 11 所示。

3. 受時間影響，部分崩塌地可能以有植生入侵而未被正確判釋。

表 4 將判釋區域縮小至位於小雪溪上游一大規模崩塌，並以人工方式將崩塌區域手繪出來，如圖 12 所示，此範圍內鮮少人為活動且崩塌面積大(總面積 402 公頃，崩塌地 101 公頃，崩塌率約為 25%)，驗證較小面積且不受國土資料調查影響下農委會與本研究判釋之崩塌地是否準確率及精確率。

由表 4 可看出，不論何者在準確率皆大於 86%，又以本研究之修正後判釋成果為 89%最佳。因非崩塌部分判釋成功率相較為校正前有所提高，判釋準確率上升 3%；精確率同樣表示判釋為崩塌地的部分有多少正確，校正前成果僅 79%，表示校正前雖然判釋為崩塌地的面積較大，但有多數的面積將非崩塌區域誤判了，經過校正之誤判面積減少精確率上升 12%。

相較於未校正且之判釋成果，校正後不論準確度及精確度皆有所上升，因此本研究去除陰影對崩塌判釋的影響正確，此方法在小面積且不受國土調查圖資之影響下，本研究判釋的準確率與農委會之準確率相近且略大於 88%，精確率也達 90%以上，表示本研究對於崩塌判釋具有一定的準確性與精確性，在沒有政府公開資料知情況或需要進行時間尺度較小(公開資料之時間為每年一次)，如單月、單季等情況下，可採用本方法進行崩塌地範圍判釋。

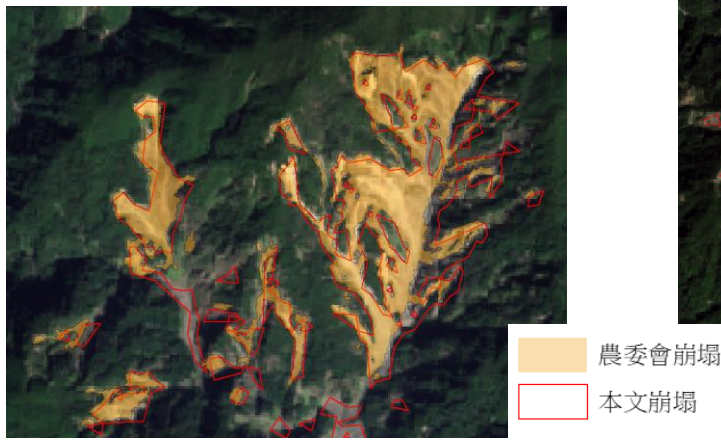


圖10 衛星影像比較圖(中游)  
Figure 10 Satellite image(midstream)

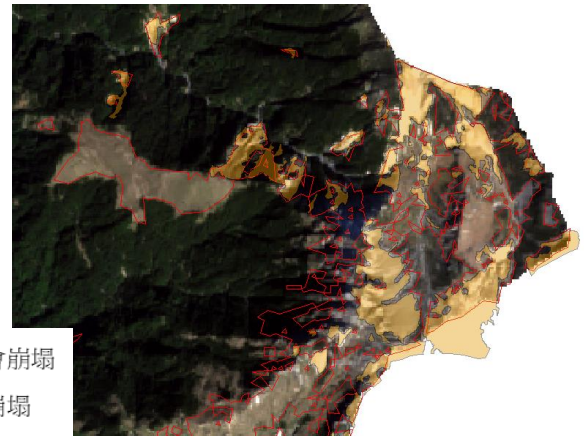


圖11 衛星影像比較圖(上游)  
Figure 11 Satellite image(upstream)

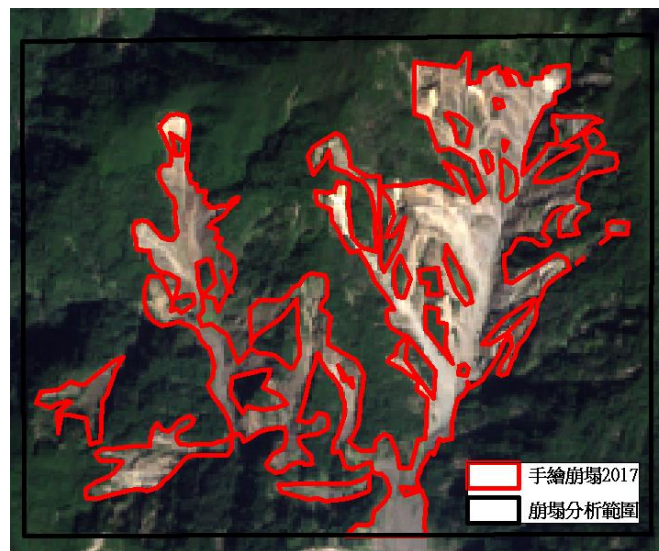


圖12 人工編修崩塌區域圖  
Figure 12 Collapsed area determined by manual editing

表3 全試區崩塌判釋結果混淆矩陣

Table 3 **Confusion matrix of the whole region collapsed area interpretation**

判釋結果 資料來源	崩塌-成功	崩塌-失敗	非崩塌-成功	非崩塌-失敗	準確率	精確率
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)		
2016 校正前	757	426	103926	4389	96%	15%
2016 校正後	708	475	107539	775	99%	48%
2017 校正前	854	329	104055	4260	96%	17%
2017 校正後	760	424	106647	1668	98%	31%

表4 2017 人工編修之特定崩塌區域判釋結果混淆矩陣

Table 4 **Confusion matrix of the manual edited specific region collapsed area interpretation**

判釋結果 資料來源	崩塌-成功	崩塌-失敗	非崩塌-成功	非崩塌-失敗	準確率	精確率
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)		
農委會	57.41	44.39	295.82	4.66	88%	92%
校正前	66.19	38.39	280.53	17.18	86%	79%
校正後	64.45	37.35	293.87	6.61	89%	91%

## 結論與建議

本研究以 Sentinel-2 衛星影像進行植生異化指數估算，並應用焦俊男等人於 2020 所提出之 NDVI 陰影影響去除模型 NSEE(NDVI Shadow-Effect-Eliminating Model)進行陰影校正，考慮相同地點在不同時間、太陽入射角與太陽輻射能量所產生的陰影對 NDVI 的影響，由分析結果可知陰影會使研究區域的 NDVI 下降約 0.06~0.08 間，受到陰影影響的區域越

多，整體的植生狀況會被誤判，透過此方法可以將計算的結果與真實地物情況更加相似，對於裸露地的判釋精度為 20m×20m，由於土地利用圖資老舊及判釋標準不同，導致準確率上升不明顯，但以衛星影像比較仍可以看到本研究所判釋之植生不良區域較合乎現況。

本研究只討論太陽角度、地物起伏與感光元件所造成的陰影影響，在應用上有幾點須注意及更深入的研究：

1. 本研究挑選無雲影像，避免雲層所帶來的影響，若影像中有雲層是否能準確校正仍需要後續研究。
2. 由於藍色物件(水體)之 NDPI 值較低，應先加以去除或者不可在剖面線內，避免影響校正。
3. 由於對照組與判釋結果有所異，但單就衛星影像上本研究判釋結果更精確的分
- 出邊界，仍需要找到另一種方法來數值化檢視成果準確度。
4. 本方法是利用 NDVI 與 NDPI 在光照區與陰影區的線性差異進行校正，若全區域影像皆為陰影或光照就無法使用，需擴大區域範圍。

### 參考文獻

1. 尹孝元、梁隆鑫、陳錕山、黃珮琦，(2010)，衛星影像於國土變異監測之應用，*Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*，15(1)，65-78。
2. 行政院農業委員會，(retrieved in 2022)，衛星判釋全島崩塌地圖，政府開放資料平臺，<https://data.gov.tw/>。
3. 林基源，(2003)，陳有蘭溪流域土石流發生潛勢判定模式之研究，國立中興大學土木工程系，碩士論文。
4. 連惠邦、楊雯丞、詹子瑩，(2014)，石門水庫上游集水區土砂生產量推估模式之建立，*水保技術*，9(4)，25-33。
5. 焦俊男、石靜、田庆久、高林、徐念旭，(2020)，多光譜影像 NDVI 陰影影響去除模型，*遙感學報*，24(1)，53-66。
6. 廖泰杉，(2019)，植生指標之單/雙影像模組發展探討科儀新知，(220)，62-73。
7. 鄭仁傑，(2013)，衛星影像在山坡地管理之應用研究，台北科技大學土木與防災研究所，碩士論文。
8. 歐洲太空總署 (European Space Agency)，(retrieved in 2022)，*Copernicus Open Access Hub*，<https://scihub.copernicus.eu/>。
9. Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1-6.
10. Jiang, Z., Huete, A. R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., & Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote sensing of environment*, 101(3), 366-378.
11. LCWG.(1997), 『CD The Land Cover Working Group(LCWG) of the Asian Association on Asia 30-second Land Cover Data Set with Ground Truth Information』; Chiba University, Japan.
12. Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62-66.
13. Rouse, J.W., Haas, R.H., Deering, D.W., and Schell, J.A. 1974. Monitoring the vernal advancement and metro gradation (Green wave effect) of natural vegetation. Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station
14. Tian, Q., & Min, X. (1998). Advances in study on vegetation indices. *Advances in earth science*, 13(4), 327-333.
15. Wang, C., Chen, J., Wu, J., Tang, Y., Shi, P., Black, T. A., & Zhu, K. (2017). A snow-free vegetation index for improved monitoring of vegetation spring green-up date in deciduous ecosystems. *Remote sensing of environment*, 196, 1-12.
16. Xu, D., Wang, C., Chen, J., Shen, M., Shen, B., Yan R. (2021). The superiority of the normalized difference phenology index (NDPI) for estimating grassland aboveground fresh biomass. *Remote Sensing of Environment*, 264, 112578.

水土保持學報52 (2)2959-2972 (2022)

Journal of Soil and Water Conservation, 52 (2) 2959-2972(2022)

111 年 5 月 12 日收稿

111 年 5 月 29 日修改

111 年 6 月 14 日接受