

山坡地土地可利用限度分類模式-以南投縣信義鄉豐丘段 為例

翁志成⁽¹⁾ 王兆文^{(2)*} 許靖男⁽³⁾ 沈哲緯⁽⁴⁾ 鍾佩蓉⁽⁵⁾

摘 要

依據山坡地土地可利用限度查定工作手冊規定，山坡地土地可利用限度分類之各項查定因子量測係查定人員依據地政單位所提供之地籍圖及土地清冊，赴現場手持各項儀器判定各項查定因子等級後完成土地查定類別，由於現場查定受限於地形複雜度而判定不易，實有必要以客觀且量化之方法建立山坡地土地可利用限度分類模式，輔助查定人員現地判定之參考準則。

本研究以南投縣信義鄉豐丘段為區域，地籍資料共計 1,251 筆，扣除不屬查定範圍土地及無查定資料後，已辦理查定土地分類有宜農牧地計 695 筆及宜林地計 277 筆，選取坡度、地形曲率、降雨沖蝕指數、土壤沖蝕性指數、土地覆蓋與管理指數、坡地岩體強度、常態化差異植生指數等 7 項因子，透過羅吉斯迴歸統計方法進行山坡地土地可利用限度查定分類分析得知，宜農牧地準確率 76.9% 及宜林地準確率 88.6%，總體準確度達 85.3%，故本研究建立之山坡地土地可利用限度分類模式，冀以區域性模式輔助查定人員現場判定之參考，並進而提升查定人員之行政效率。

(**關鍵詞**：山坡地土地可利用限度分類、羅吉斯迴歸)

Classification mode of Slopeland Utilization Limitations - take Fengchiu section of Sinyi Township of Nantou County as an example

Chih-Cheng Weng⁽¹⁾ *Chao-Wen Wang*⁽²⁾ *Ching-Nan Hsu*⁽³⁾ *Che-Wei Shen*⁽⁴⁾ *Pei-Jung Chung*⁽⁵⁾

Doctoral candidate student⁽¹⁾ Doctoral candidate⁽²⁾, Master student⁽³⁾, Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung, 402, Taiwan, R.O.C.

(1)國立中興大學水土保持學系博士班研究生

(2)國立中興大學水土保持學系博士(通訊作者 e-mail: wangjw@ms30.url.com.tw)

(3)國立中興大學水土保持學系碩士生

(4)財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心副研究員

(5)財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心助理研究員

Associate researcher⁽⁴⁾, Assistant researcher⁽⁵⁾, Disaster Prevention Technology Research Center,
Sinotech Engineering Consultants, INC., Taiwan.

ABSTRACT

According to the regulations in the manual of investigation of slopeland utilization limitations, the measurement of all factors of slopeland utilization limitations classification refers to investigation personnel conducting onsite determination of levels of all factors by using all kinds of hand-held instruments in accordance with cadastral map and cadastre provided by the land office before completing proper land classification. The verifications may be limited by terrain complexity thus leading to difficulties in determination. Therefore it is necessary to establish the slopeland utilization limitations classification mode based on objective and quantitative methods as reference for on-site determination by the verifications.

The target area of this study is the Fengchiu section of Sinyi Township of Nantou County, where there are a total of 1,251 cadastral data. By eliminating those outside the scope of investigation and those without investigation data, the verified land classification include 695 lands suitable for agriculture or animal husbandry, and 277 lands suitable for forestry. By selecting 7 factors (slope, terrain curvature, rainfall erosivity index, soil erodibility index, land cover and management index, strength of rock mass, and normalized difference vegetation index) for conducting analysis on investigation of slopeland utilization limitations classification through the logistic regression statistical method, we have identified the accuracy of lands suitable for agriculture and animal husbandry at 76.9% and the accuracy of lands suitable for forestry at 88.6%. Thus the overall accuracy is at 85.3%. Therefore we have established the classification mode of slopeland utilization limitations as the regional mode for assisting verifications in conducting on-site determination and for improving the administrative efficiency of verifications.

(Keywords: Classification of slopeland utilization limitations, logistic regression)

前言

行政院農委會於 1976 年訂定「山坡地保育利用條例」(行政院農業委員會, 1976、1977)以規範山坡地範疇。該條例第

16 條規定,山坡地供農業使用者,應實施土地可利用限度分類,供人民遵守以達到合理的土地利用。

現行「山坡地土地可利用限度分類標準」(行政院農業委員會, 1995) 所訂定坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度和母岩

性質等四個因子係參酌美國農業部自然資源保育署(USDA-NRCS)補助各州訂定農地土地能力評估因子(Edmonds et al.,1998; Herbert, 2007; Holly, 2008; NRCS, 2008)略如表 1。但目前山坡地土地可利用限度查定工作(水土保持局, 1995)由查定人員需攜帶儀器赴現地判定, 惟往往受地形複雜度影響判定, 故實有必要訂定簡易之量化分類方法。

土地合理性分類分析發展至 1970 年代初期, 過多資料疊合困難加上電腦運算技術進步, 於是土地合理性分類分析便進入電腦演算的時代(Collins et al., 2001)。地理資訊系統即被視為是應用於土地適宜性分析中最有效的方法之一, 透過資料的輸入、儲存、管理、操作、分析、輸出與展示, 再藉由如人工智慧、專家系統或統計

方法等技術結合, 呈現出土地適宜性分析結果(Malczewski, 2004; Kuwari et al., 2011; Lin et al., 2012), 目前台灣已有相關研究應用於集水區或山坡地的土地利用分析上, 以瞭解集水區開發利用的適宜性, 達到有效運用土地資源之目的(陳志彰, 2005; 蘇政宇, 2007; 林俐玲, 2011)。

本研究選取坡度(Wilson, 2000)、地形曲率(Heimsath et al., 1999)、降雨沖蝕指數(Wischmeier, 1959; 黃俊德, 1981; 盧光輝, 1999; 盧昭堯, 2005)、土壤沖蝕指數(萬鑫森, 1989; 林俐伶, 2000)、土地覆蓋與管理指數、常態化差異植生指標(Rouse, 1973)、坡地岩體強度等七項因子進行統計分析, 以建立山坡地土地可利用限度分類模式。

表 1 美國內華達州、佛羅里達州、華盛頓州及維吉尼亞等之農地判定因子標準
Table 1 The standards of farmland in the Nevada, Florida, Arkansas, Washington and Virginia state, United States

州名	農地土地判定因子										
內華達州	土壤質地	土壤深度	表土滲透率	坡度	土壤沖蝕	土壤排水與濕潤	岩石率	鹽度	有效水份	洪水	氣候
佛羅里達州	土壤質地	土壤深度	滲透性	坡度	土壤沖蝕	土壤排水	有機物				
華盛頓州	土壤質地	土壤深度	滲透性	坡度	洪水	岩石	季節性高水	土壤收縮膨脹			
維吉尼亞州	土壤質地	土壤深度	滲透性	坡度	洪水	岩石	土壤沖蝕	地表逕流	土壤濕度		

研究區域

南投縣信義鄉豐丘段位於濁水溪流域且在陳有蘭溪東岸，位置如圖 1 所示，地段內大部分屬高山地區，居民主要居住在新中橫公路豐丘路段邊的小丘陵地及河階地，並在陳有蘭溪流域平坦地段或河川沖積地耕作。

依據水土保持局資料得知豐丘段之地

目包含林、原、道、旱及建，土地區分為國有地及私有地 (Lin et al., 2010)。其中國有地之管理機關為財政部國有財產局及行政院農業委員會林務局等。依據「山坡地土地可利用限度查定工作要點」規定，扣除「不屬查定範圍之土地」及「無查定資料」之情形，經統計需辦理查定資料共計 972 筆，其中宜農牧地計 695 筆及宜林地計 277 筆，作為本研究分析模式，空間分布圖如圖 2。

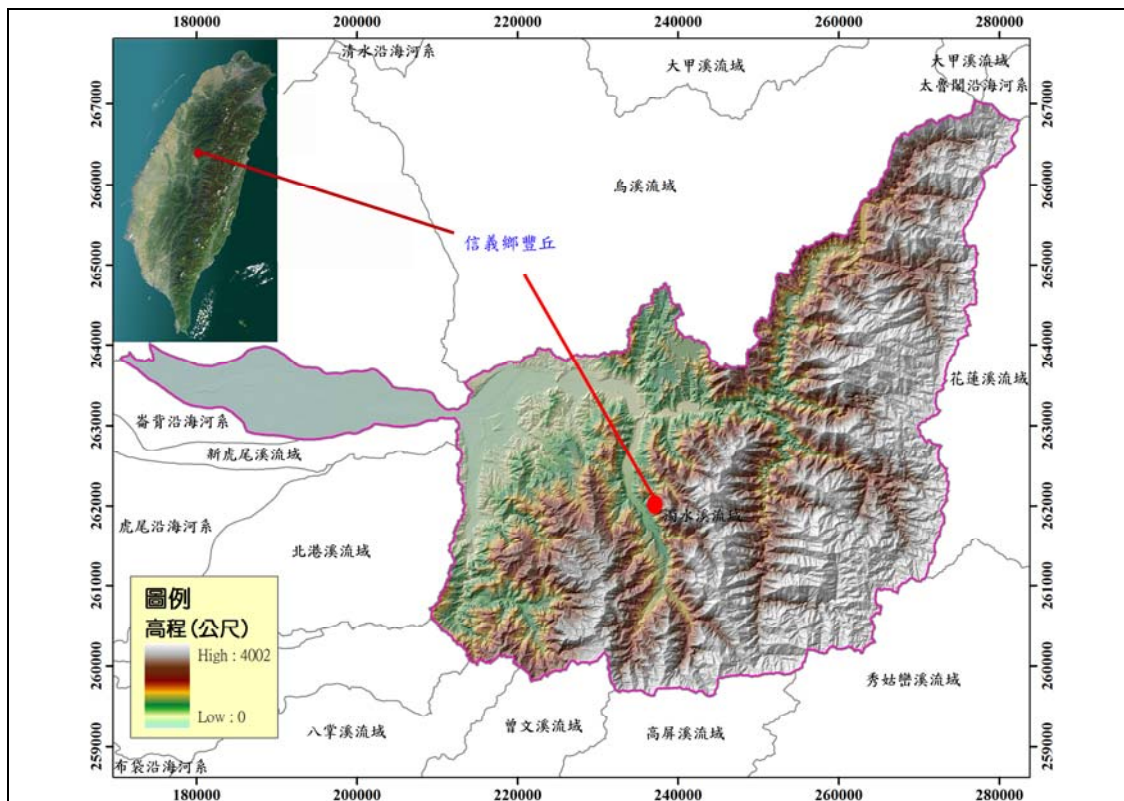


圖 1 研究區域位置圖

Figure 1 The location of study area

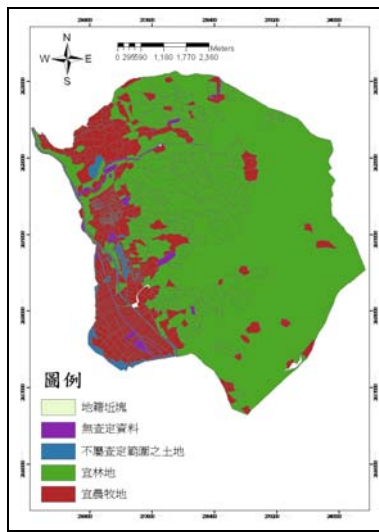


圖 2 研究區山坡地土地可利用限度查定
分類資料空間分布圖

Figure 2 Distribution of classification of
slopland utilization limitations in the study
area

研究方法

羅吉斯迴歸模型(logistic regression model)是對數線性模型的一種特殊形式(Feinberg, 1985; Agresti, 2002)。當對數線性模型中的一個二元變數被當作應變數並定義為一系列自變數的函數時即屬之，其形式如下式(1)：

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta x_i)}} = \frac{e^{\alpha + \beta x_i}}{1 + e^{\alpha + \beta x_i}} \quad (1)$$

其中， P_i 為第*i*個案例發生事件的機率，它是一個由變數 x_i 構成的非線性函數(non-linear function)，此非線性函數可以被轉換為線性函數， α 和 β 分別為迴歸截距

和迴歸係數。本研究將此發生事件的機率定義為山坡地土地可利用限度分類指標，分類上以 $P_i=0.5$ 為分類門檻。若該分類指標大於0.5，可被歸類為宜農牧地，反之，則被歸類為宜林地。

查定分類因子處理

本研究蒐集整理之基本資料包括：5m × 5m 數值地形模型(digital terrain model, DTM)、福衛二號衛星影像圖(莫拉克颱風前)、坡地岩體強度圖、1/5000 地籍圖、降雨沖蝕指數圖、土壤沖蝕性指數、1/5000 土地利用現況圖及行政區域圖。

根據查定基準及統計檢定結果，篩選坡度、地形曲率、土壤沖蝕性指數、降雨沖蝕指數、土壤覆蓋與管理指數、NDVI 及坡地岩體強度等 7 項因子，供作山坡地土地可利用限度分類分析，為避免兩兩因子相依性過高，則進行相關係數分析，如表 2。

由於山坡地土地可利用限度查定土地係以地籍坵塊為查定對象，故進行分析則採用地籍分析為單元，並轉為點陣式(Raster)資料，再以地籍坵塊進行平均值計算，求出研究區各地籍坵塊之因子平均值。各查定因子處理介紹如后：

1. 坡度：利用 ERDAS IMAGINE 軟體以 3×3 格網計算格網中心坡度，如圖 3。
2. 地形曲率：曲率是一種對地形二次微分的概念，代表其坡度或坡向的相對變化程度，即邊坡的凹凸程度。本研究所使

用之曲率係以 3×3 格網之相對關係運算，如圖 4。

3. 降雨沖蝕指數：本研究採用盧昭堯 (2005)分析中部台中、南投地區及北部陽明山、台北市區、東半部基隆、宜蘭、花蓮、台東等地區及西半部新竹、嘉義地區實測天然雨滴粒徑分佈，修正 USLE 降雨動能公式，並依據歷年有效降雨記錄，計算其年降雨沖蝕指數及月分佈。同時，參考吳嘉俊等推導之屏東老埤地區降雨動能公式，配合高雄氣象站之歷年有效降雨記錄，計算其 R 值，再透過克利金推估方法建立完成降雨沖蝕指數圖，如圖 5。
4. 土壤沖蝕性指數：本研究採用萬鑫森、黃俊義 (1989) 依據 Wischmeier and Smith 之土壤沖蝕性線解圖推算得臺灣 280 處土壤臺灣省農業試驗改良所出版之土壤報告書中，針對各土系之土壤質地分析成果(粘粒、粉粒及砂粒之

百分比)及土壤有機質含量等研究數據，所建立之臺灣坡地土壤沖蝕指數值，再透過克利金推估方法建立完成土壤沖蝕指數圖，如圖 6。

5. 土地覆蓋與管理指數：本研究採用水土保持局委託中華民國航空測量及遙感探測學會辦理全省山坡地土地利用型態調查報告(水保局，2010)，針對山坡地土地利用判釋分類建議土地覆蓋與管理因子結果，如表 3，其分析結果如圖 7。
6. 常態化差異植生指數(NDVI)：原理為利用綠色植物具吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，以可見光與近紅外光來判別植生反射量之多寡，其計算方式如下式(2)：

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (2)$$

表 2 土地查定因子間相關係數分析表

Table 2 Correlation coefficient between land classification factors

因子	坡度	地形曲率	降雨沖蝕指數	土壤沖蝕性指數	土地覆蓋與管理指數	NDVI	坡地岩體強度
坡度	1.000	-0.05	-0.126	0.118	0.408	-0.003	-0.088
地形曲率	-0.05	1.000	0.001	-0.001	0.001	-0.017	-0.002
降雨沖蝕指數	-0.126	0.001	1.000	0.054	-0.039	0.026	0.136
土壤沖蝕性指數	0.118	-0.001	0.054	1.000	0.170	0.006	0.011
土地覆蓋與管理指數	0.408	0.001	-0.039	0.170	1.000	0.006	0.103
NDVI	-0.003	-0.017	0.026	0.006	0.006	1.000	0.023
坡地岩體強度	-0.088	-0.002	0.136	0.011	0.103	0.023	1.000

其中， IR 為近紅外光輻射值； R 為紅光輻射值。計算所得的 $NDVI$ 值域分佈介於-1~1 之間。值越大表示植生越茂密，故吸收之紅光愈多，紅外光之反射愈強，其差異也愈大。本研究利用莫拉克颱風前之衛星影像資料，透過 $ERDAS\ IMAGE$ 軟體進行萃取分析，如圖 8。

7. 坡地岩體強度：本研究採用中央地質調查(2007)所建立之坡地岩體強度作為母岩性質之因子，岩體強度分級以岩石單壓強度及岩體結構類型作為判斷因子，岩石強度

的分級係參考「國際岩石力學協會」(ISRM, 1981)，並配合 Franklin(1975)之岩體分級方法，分為 EW (極弱岩)， VW (甚弱岩)又分為 $VW1$ 、 $VW2$ 和 W (弱岩)又分為 $W1$ 、 $W2$ ，及 MS (中強岩)、 S (強岩)及 VS (甚強岩)等八級，再以兩萬五千分之一環境地質圖資料為基礎，建立臺灣坡地岩體強度分級值，由於坡地岩體強度係屬類別型資料型態，則轉換成數值輸入以利分析。其分析結果如圖 9。

表 3 坡地土地利用現況與土地覆蓋與管理因子(C 值)對照表

Table 3 Land use against C value

地表及植被狀況	C 值	地表及植被狀況	C 值	地表及植被狀況	C 值
水田	0.1	竹林	0.01	建築區	0.01
旱田	0.25	雜木林	0.01	墓地	0.01
檳榔	0.1	鐵路	0	遊憩景觀區	0.01
茶園	0.15	道路	0	礦業	1
常綠果樹	0.2	橋樑	0	土石採取場	1
落葉果樹	0.25	交通設施	0	裸露地	1
農業設施	0.01	河流	0	緻密草生地	0.01
闊葉林	0.01	水庫	0	草荒地	0.05
針葉林	0.01	水池	0	空地	0.01
混淆林	0.01	堤防	0		

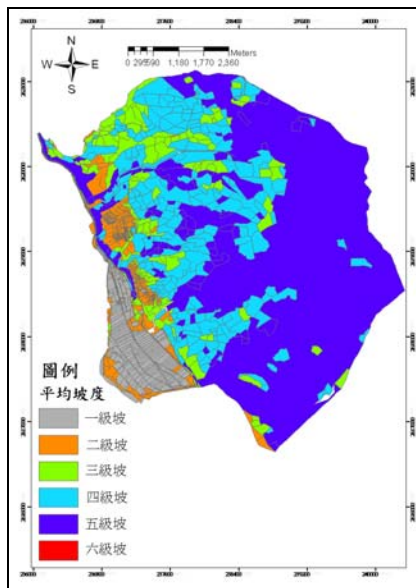


圖 3 研究區域各地籍坵塊平均坡度圖
Figure 3 Distribution of average slope overlay
with cadastral maps of study area

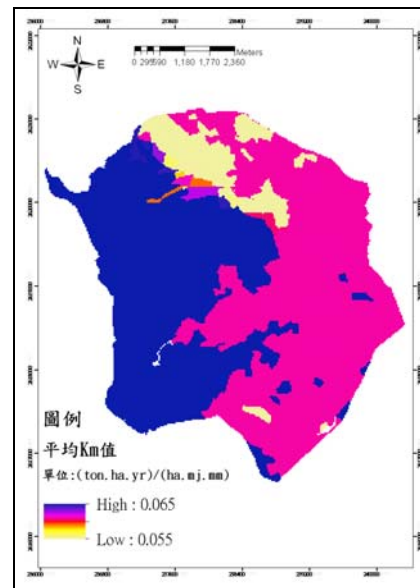


圖 5 研究區域土壤沖蝕性指數圖
Figure 5 Distribution of soil erodibility index
overlay with cadastral maps of study area

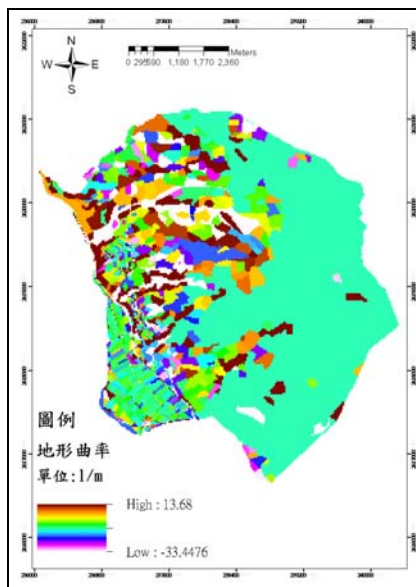


圖 4 研究區域地形曲率圖
Figure 4 Distribution of terrain curvature
overlay with cadastral maps of study area

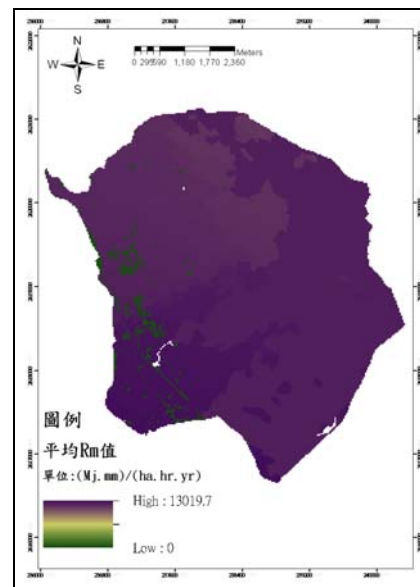


圖 6 研究區域降雨沖蝕指數圖
Figure 6 Distribution of rainfall erosivity index
overlay with cadastral maps of study area

翁志成、王兆文、許靖男、沈哲緯、鍾佩蓉：
山坡地土地可利用限度分類模式 - 以南投縣信義鄉豐丘段為例

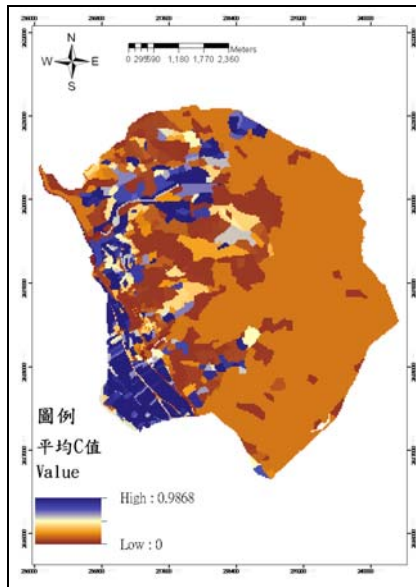


圖 7 研究區域土地覆蓋與管理指數圖
Figure 7 Distribution of land cover and management index overlay with cadastral maps of study area

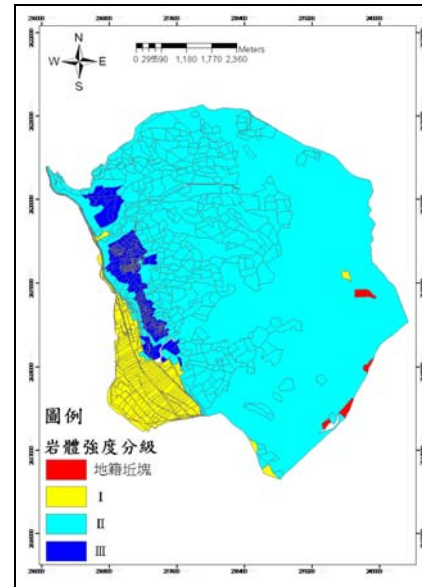


圖 9 研究區域坡地岩體強度圖
Figure 9 Distribution of rock mass strength overlay with cadastral maps of study area

結果與討論

山坡地土地可利用限度查定分類之羅吉斯迴歸分析結果如下式(3)：

$$P = \frac{1}{1 + e^{-\left(-0.118 \times Slope - 0.015 \times CRUV + 0 \times R + 116.899 \times K + 2.529 \times C \right) - 1.917 \times NDVI + 0.6 \times Rock - 3.550}} \quad (3)$$

其中， P 為土地利用分類指標(為條件機率，值域 0~1)； $Slope$ 為平均坡度； $CRUV$ 為地形曲率； R 為降雨沖蝕指數； K 為土壤沖蝕性指數； C 為土地覆蓋與管理指數； $NDVI$ 為常態化差異植生指數； $Rock$ 為坡地岩體強度分級。

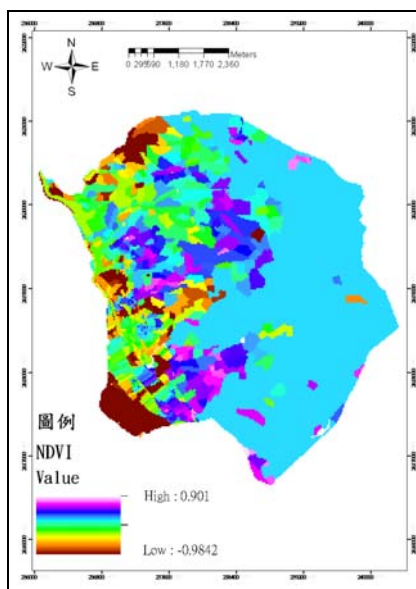


圖 8 研究區域 NDVI 分布圖
Figure 8 Distribution of NDVI overlay with cadastral maps of study area

本研究將樣本區分為宜林地與宜農牧地，利用羅吉斯迴歸式將樣本進行預測分類其結果得知，宜農牧地準確率 79.8%及宜林地準確率 89%，總體準確度達 86.4%，如表 4 所示，模式預測成效尚稱良好。利用上述迴歸式再以不同顏色區分不同查定類別，產生山坡地土地可利用限度分類結果圖，如圖 10。

表 4 研究區域誤差矩陣結果(訓練樣本)
Table 4 Error matrix of study area(training data)

預測實際		樣本數與準確率		
		宜農牧地 樣本數	宜林地 樣本數	準確率 (%)
土地 查定 類別	宜農牧地	221	56	79.8
	宜林地	77	621	89.0
總體準確度				86.4

根據農委會水土保持局土石流潛勢溪流調查結果，豐丘段有 3 條列為高潛勢土石流危險溪流，1 條為中潛勢，再套繪本研究山坡地土地可利用限度分類結果得知，如圖 11，有些零星宜農牧地位於高潛勢土石流危險溪流之中上游，農作時可能具有潛在性危害。

結論與建議

本研究選取坡度、地形曲率、降雨沖蝕指數、土壤沖蝕指數、覆蓋與管理指數、岩體強度、土壤有效深度及常態化差異植生指標等內在及外在影響因子，運用統計分析建立區域性山坡地土地可利用限度分類模式，未來可提供查定人員現場判定之參考依據，進而提昇中央或直轄市主管機關山坡地土地可利用限度分類查定效率，及建立完善山坡

地土地管理之國土保育規畫。

本研究主要以地籍分析為單元，研究發現針對地籍面積小或狹長型地籍坵塊，會因數值地形模型之解析度高低而影響山坡地土地可利用限度分類分析結果，未來若有解析度更好之數值地形資料，應對分析上有所助益。

現地查定資料公告時間會對有些具有時變性因子(如 NDVI、土地覆蓋與管理因子等)在分析上影響結果，若能蒐集到同一時期各項查定因子圖層及現地查定資料作分類分析，準確率應能提高，另查定結果發現豐丘地段有些宜農牧地位於高潛勢土石流危險區域內，以國土保育面來看，應提供政府適時滾動式檢討是否將該宜農牧地查定為加強保育地，以達到國土保安之目標。

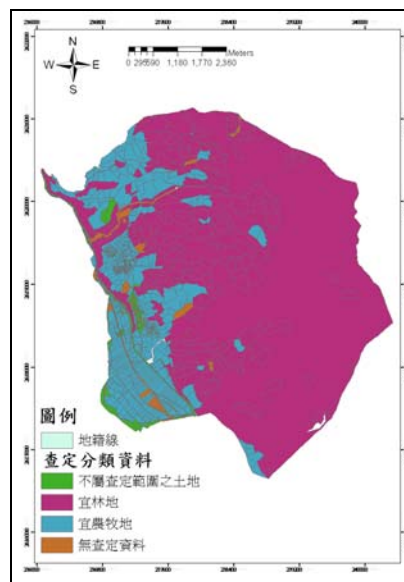


圖 10 研究區山坡地土地可利用限度分類結果圖

Figure 10 Classification of slopeland utilization limitations in the study area

翁志成、王兆文、許靖男、沈哲緯、鍾佩蓉：
山坡地土地可利用限度分類模式 - 以南投縣信義鄉豐丘段為例

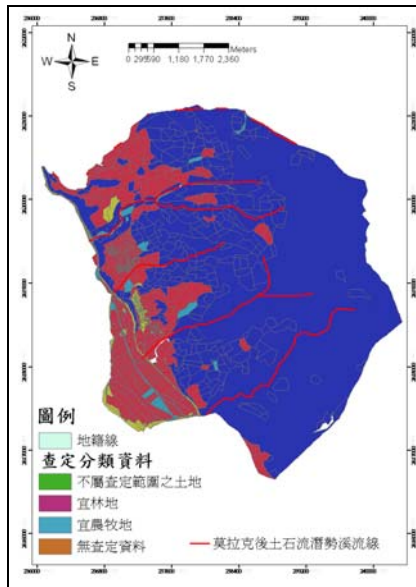


圖 11 土石流潛勢溪流套疊研究區山坡地土地可利用限度分類圖

Figure 11 Diagram of potential debris flow hazard torrent overlay with Classification of slopeland utilization limitations

參考文獻

1. 王鑫(1988)，地形學，聯經出版有限公司。
2. 水土保持局(1995)，山坡地土地可利用限度查定工作要點。
3. 行政院農業委員會(1976)，山坡地保育利用條例。
4. 行政院農業委員會(1977)，山坡地保育利用條例施行細則。
5. 行政院農業委員會(1995)，山坡地土地可利用限度分類標準。
6. 林俐玲、王兆文、沈哲緯、陳品岡、翁志成(2011)，應用支持向量機探討山坡地土壤沖蝕程度之研究，水土保持學報，43(1):49-68。
7. 林俐玲、王兆文、沈哲緯(2011)，運用羅吉斯迴歸分析山坡地土地可利用限度查定分類，水土保持學報，43(3):277-296。
8. 陳志彰(2005)，山坡地可利用限度之查定及土地利用合理性之研究，國立成功大學地球科學碩士論文。
9. 黃俊德(1981)，台灣降雨沖蝕指數之研究，中華水土保持學報，10(1):127-143。
10. 經濟部中央地質調查所(2007)，易淹水地區上游集水區地質調查與資料庫建置(第 1 階段 96 年度)集水區地質調查及山崩土石流調查與發生潛勢評估計畫。
11. 萬鑫森、黃俊義(1989)，臺灣坡地土壤沖蝕，中華水土保持學報，20(2):17-45。
12. 盧光輝(1999)，降雨沖蝕指數之修訂，中華水土保持學報，30(2)：87-94。
13. 盧昭堯、蘇志強、吳藝昀(2005)，台灣地區年等降雨沖蝕指數圖之修訂，中華水土保持學報，36(2)，159-172。
14. 蘇政宇、鄭旭涵、林家榮、林昭遠(2007)，地理資訊系統於土地可利用限度之劃定與土地利用適宜性之評估，水土保持學報，39 (4)：333-354。
15. Agresti, A. (2002), Categorical data analysis 2nd ed., John Wiley, 710.
16. Collins, A. E. (2001), "Land Degradation

- & Development“ Volume 12, Issue 3, 237–250.
17. Edmonds, W. J., Thomas, P. J., Simpson, T. W., and Baker, J. C. (1998), LAND JUDGING AND SOIL EVALUATION, Virginia Polytechnic Institute and State University Department of Crop and Soil Environmental Sciences.
18. Feinberg, S. (1985), The analysis of cross-classified categorical data(2nd.), Cambridge, MA:MIT Press, 198.
19. Franklin, J. A. (1975), "Safety and Economy in Tunneling, II Proc. 10th Canadian Rock Mechanics Symposium, Queens University, Kingston, Ontario, Vol. 1, pp. 27-53.
20. Hair, J. F., R. E. Anderson, R. L. Tatham and Black W. C. (1998), Multivariate data analysis, 5th Edition. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
21. Herbert, J. H., Brown, R. B. and Hanlon, E. A. (2007), Land Judging and Homesite Evaluation in Florida, University of Florida.
22. Holly, G., James G., Donald L. (2008), LAND AND HOME-SITE JUDGING IN NEVADA, University of Nevada Cooperative Extension.
23. ISRM (1981), Rock characterization, testing and monitoring. International Society for Rock Mechanics, Suggested Methods, PergamonPress, Oxford.Brown, E.T.
24. Kuwari, N. Y. and Kaiser, M. F. (2011), Impact of North Gas Field development on landuse/landcover changes at Al Khore, North Qatar, using remote sensing and GIS, Applied Geography 31:1144-1153.
25. Lin, L.L., Wang, C. W., Chiu, C. L., Ko, Y. C. (2010), "A study of rationality of slopeland use in view of land preservation." Paddy and Water Environment, Vol.9, No. 2, 257-266.
26. Lin, L. L., Weng, C. C., Wang C. W., Shen C. W., Chen, F. W. (2012), "SVM and BPN models for predicting Soil Erosion Degree in 921 Earthquake Slopeland Region in Taiwan." Disaster Advances, Vol. 5 (4), 278-284.
27. Malczewski, J. (2004), "GIS-based land use suitability analysis: a critical overview", progress in planning 62:3-65.
28. Natural Resources Conservation Service. (2008), "Soil Evaluations in Washington State. " Washington NRCS Website: <http://www.wa.nrcs.usda.gov>.
29. Wilson, J. P. and Gallant, J. C. (2000), Digital terrain analysis-principles and applications, New York, John Wiley & Sons.
30. Wischmeier, W. H. (1959), "A rainfall erosion index for a universal soil loss equation." Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:246-249.
-
- 102 年 04 月 30 日收稿
102 年 05 月 02 日修改
102 年 05 月 31 日接受