

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

蘇政宇⁽¹⁾ 鄭旭涵⁽²⁾ 林家榮⁽³⁾ 林昭遠⁽⁴⁾

摘要

台灣地區之坡地及高山佔了超過全島三分之二的面積，加以本島先天條件不良且後天開發過當，導致自然界的反撲，災害區位逐年增加已嚴重影響本島居民之安全，使土地應有其使用程度限制的觀念以及土地利用合宜與否的調查隨之而生。本研究應用地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）分析技術配合數值地形模型（Digital Terrain Model, DTM）與遙感探測（Remote Sensing, RS）之衛星影像，以較巨觀之方法幫助判定土地可利用限度分類，並藉由 U/L ratio 評估法分析土地利用之適宜性。研究結果顯示：(1)利用衛星影像可快速幫助土地可利用限度劃定，但衛星影像之品質將大幅影響其分析結果，故須審慎挑選之；(2)製作土地條件值（L）與土地利用值（U）兩參數，以 U/L ratio 法於土地利用適宜性之判定結果，顯示評估土地條件時，加入越多因子或將多項因子合併計算，可有助於土地條件之完備性，因此應用此法評估不同土地利用時，應視各因子對其重要程度予以建立不同之土地條件，以提高評估之結果。

（**關鍵詞**：地理資訊系統、土地可利用限度分類、U/L ratio 法）

Application of Geographic Information System for Land Use Capability Classification and Land Use Suitability Evaluation

Zheng-Yu Su⁽¹⁾ *Jero-Hertz Jeng*⁽²⁾ *Chia-Rung Lin*⁽²⁾

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

Chao-Yuan Lin⁽³⁾

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

(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博士生

(3) 國立中興大學水土保持學系教授

ABSTRACT

This study is to ①classify the land use capability by using geographic information system (GIS), remote sensing (RS) images and digital terrain model (DTM) and ②apply U/L ratio approach to evaluate the suitability of land use. The results indicated that careful selection of the satellite phantoms facilitates the classification of land uses. The quality of the phantoms will have great influences on the land use capability classification. The U/L ratio on the land use suitability shows that when more factors are combined together into an individual part will improve the condition of land use (L).

(**Keywords:** Land use Capability Classification, U/L Ratio, GIS)

前言

台灣地區總面積約為 36,000 平方公里，地勢陡峭多山，坡地及高山地形超過 2,650,000 公頃，佔了全島面積的 70%以上(蕭惠聲，1990)，而平地地區開發漸趨飽和，社會經濟與人口不斷成長，使的開發區位逐漸朝著山坡地延伸，並造成許多環境破壞。本島氣候也與過去迥異，多次暴雨引發重大災害，尤以五至九月份等梅雨與颱風活躍時期所帶來之豐沛雨水對台灣所造成的創傷最為嚴重，且台灣先天位於環太平洋地震帶，地處歐亞板塊和菲律賓海板塊之反衝地帶，地層活動十分頻繁，破碎地質以及後天之長期以來人為的開發過當與超限利用等不良條件影響下，導致山坡地土砂災害事件層出不窮，使土地使用限度以及土地利用適宜性調查的觀念隨之而生，面對如何取得與環境間和諧共存之道，山坡地的保育以及健全的管理制度即為刻不容緩的議題。

為因應與限制開發所造成的環境破壞，兼顧開發與保育，環境敏感區規劃之理念隨之而起 (Kusler,1980)，「環境敏感區」一詞

最早出現的是在加拿大安大略省環境報告書 (Eagles, 1981)，意指因人為因素而導致環境負效果之地區。在台灣地區方面，山坡地保育利用條例施行細則中之山坡地土地可利用限度分類標準、內政部營建署的環境敏感地劃設原則、濱水區緩衝帶以及其他相關法規的敏感地劃設條件，都屬於環境敏感區位的劃定範疇。

現行各類環境敏感區位因地政管理機關與各目的事業管制管理機關業務功能因素，相關法規限制有所落差或互有重疊，但若只依天然災害的觀點而著手分類，則可針對地質、土壤等自然環境因子給予劃設條件，本研究以山坡地保育利用條例中的土地可利用限度分類標準為主要研究目標，其劃定上主要由坡度、土壤深度、母岩性質以及表土沖蝕程度，分別編訂劃設各種使用區與使用地，由於表土沖蝕程度的調查包括表土和底土的流失量估算與比較，以及地面溝蝕跡象的嚴重情形，需要人為實際的野外調查；若樣區過大，地毯式的野外調查耗費人力財力，而選定較小的多個區域範圍卻有該區是否具有代表性之疑慮，而且表土與底土流失量之比例難以估算。本研究希望利用土壤流

失量估算其可容許土壤流失量，將其結果與本研究室自行開發之 USLE 泥砂生產量評估模組進行比較，並以地理資訊系統（GIS），依土地可利用限度分類標準劃設管理區位，並配合多項土地條件因子比之評估，以探討試區內土地利用之合理性。

文獻回顧

（一）相關研究

近年來許多專家從事敏感地與土地利用關係相關之研究，如：張石角(1980)由工程地質觀點，以「土地單元」為製圖單位，並利用坡度，地質動力狀況和工程地質等三者為坡地土地資源參數繪製成「環境地質條件區分圖」，再轉繪成「土地利用潛力區分圖」，作為改善及維護工程規劃和設計之參考；又於1986年分析並綜合各種山崩類型之地形與地質條件作為繪製工程環境地質圖之參數，評定山崩之潛在災害區，並探討其在山坡地開發之應用。陳子淳等(1985)將環境敏感地劃設觀念應用於公路建設之方案評估工作。方金鳳(1987)曾依環境敏感地之觀念，探討國內山坡地敏感地區開發對自然環境之衝擊，並建議以績效標準管制山坡地敏感地區之開發。黃麗津（2003）則就坡地崩塌、土石流發生，應用 GIS 與 DTM 之室內分析，了解某地區之潛在坡地敏感區的基本特性，並配合野外實察相互印證，以得出坡地敏感度評估之架構。陳志彰（2005）以較宏觀之做法應用地理資訊系統強化土地可利用限度之判定，並加入土石流潛勢溪流與崩塌地進行山坡地土地利用合理性評估。李偉銘（2006）

以山坡地土地之基本特性作為土地條件之評估因子，並以 U/L ratio 之土地利用適切性評估法，利用地理資訊系統與優化分析技巧擬定最適化的土地管理方案。

（二）環境敏感區位相關法規彙整

整理關於環境敏感區位之各種現行法規，可分為陡峭、濱水區、禁止建設、崩塌地及土石流潛勢等區位，依劃設條件及法源依據可彙整成表 1。

（三）法規依據

依山坡地保育利用條例施行細則之土地可利用限度分類標準。

土地可利用限度分類上除了以坡度、母岩性質、土壤深度為考量因子外，土壤沖蝕程度與崩塌、地滑亦為加強保育地之主要考慮之對象。其劃設流程如圖 1。

- 1.坡度：指一坵塊土地之平均傾斜比，以百分比表示之，其分級如表 2。
- 2.土壤有效深度：指從土地表面至有礙植物根系伸展之土層深度，以公分表示之，其分級如表 3。
- 3.土壤沖蝕程度：依土地表面所呈現之沖蝕徵狀與土壤流失量決定之，其分級如表 4。
- 4.母岩性質：依土壤下接母岩之性質對植物根系伸展及農機具施工之難易決定之，其分類如表 5.及表 6。
- 5.山坡地土地之可利用限度分類標準如表 7。

表 1. 環境敏感區位法規
 Table 1. The regulations of environmental sensitive areas

環境敏感區位	劃設條件	法源依據	備註
陡峭區位	坡度 55%以上	山坡地保育利用條例施行細則及水土保持規範	限制農業使用
濱水區	水系兩側 30m~100m	特定水土保持區劃定與廢止準則	湖泊 水道兩岸保護區
禁止建設區位	斷層兩側 50m (歷史規模 7 以下)	山坡地建築管理辦法 實施區域計畫地區建築管理辦法	建築使用
土石流潛勢區位	溪流下游 沖積扇	特定水土保持區劃定與廢止準則	建築使用
崩塌區位	周圍 30m	山坡地開發建築管理辦法 特定水土保持區劃定與廢止準則	加強保育地

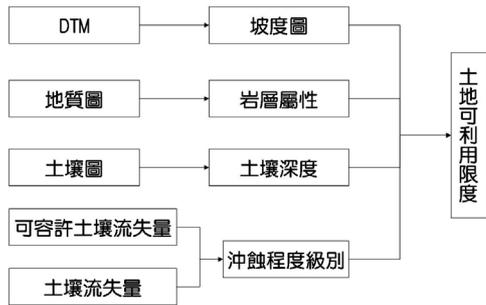


圖 1. 土地可利用限度分類標準劃設流程圖
 Figure 1. Flow chart of land use capability classification

表 2. 坡度分類
 Table 2. Classification of slope

坡度級別	分級範圍
一級坡	坡度 5%以下
二級坡	坡度超過 5~15%
三級坡	坡度超過 15~30%
四級坡	坡度超過 30~40%
五級坡	坡度超過 40~55%
六級坡	坡度超過 55%

表 3. 土壤有效深度分類
 Table 3. Classification of soil depth

有效深度級別	分級範圍
甚深層	超過 90 公分
深層	超過 50~90 公分
淺層	超過 20~50 公分
甚淺層	20 公分以下

表 4. 土壤沖蝕分類
 Table 4. Classification of soil erosion

沖蝕程度級別	土地沖蝕徵狀及土壤流失量
輕微	地面無小沖蝕溝跡象, 表土流失量在 25% 以下。
中等	地面有蝕溝系統之跡象, 礫石、碎石含量在 20% 以下, 表土流失量超過 25~70%。
嚴重	地面沖蝕溝甚多, 片狀沖蝕活躍, 土石顏色鮮明, 礫石、碎石含量超過 20~40%, 底土流失量在 50% 以下。
極嚴重	掌狀蝕溝分歧交錯, 含石量超過 40%, 底土流失量超過 50%, 甚至母岩裸露, 局部有崩塌現象。

表 5. 母岩分類
Table 5. Classification of rock

母岩性質類別	母岩特性
軟質母岩	母岩鬆軟或呈碎礫狀，部分植物根系可伸入其間，農機具施工無大礙者。
硬質母岩	母岩堅固連接，植物根系無法伸入其間，農機具施工有礙者。

表 6. 地層強度分類
Table 6. Strength classification of layer

地層	地質	世紀	母岩性質	單壓強度 (MPa)
桂竹林層	砂岩及頁岩互層	中新至上新	硬	50~100
大桶山層	硬頁岩夾泥質砂岩	漸新世	硬	50~100
紅土地堆積層	紅土、礫石、砂及粘土	更新世	軟	0.078~0.44
石底層	砂岩及頁岩互層，含煤層	中新世中期	硬	25~50
沖積層	礫石、砂及粘土	全新世	軟	0.078~0.33
南莊層	玄武岩質凝灰岩及岩流	中新世晚期	軟	1~25
大寮層	塊狀砂岩及頁岩	中新世早期	硬	50~100

註：上表中單壓強度係參考 Federal Highway Administration (1989)

山坡地有下列情事之一者，中央或直轄市主管機關得查定為宜林地，不受前二點規定之限制：

1. 必須依賴森林或林木以預防災害，保育水土資源，維護公共安全之土地或林業試驗用地及重要母樹或紀念性林木生育之土地。
2. 保護自然文化景觀、生態環境、名勝、古蹟、公共衛生之用地。
3. 水庫集水區或河川保護地帶。
4. 區域計畫擬定機關配合山坡地多目標發展之保育利用，所擬整體發展計畫之區域。

(三) 可容許土壤流失量

土壤為一隨先天母質與自然環境影響而逐漸化育的動態自然體，影響土壤生成的主要因子包括了氣候、母岩性質、地形、時間及生物等。各家對土壤生成速率的界定不一，但一般而言，生成一公分厚度的土壤約需至少 100 年的時間。Zachar (1982) 則認為地球表面土壤的自然生成速率每年約在 0.1mm 左右。根據研究調查的結果顯示，當土地受到人為擾動候，土壤生成的速率可由原先生成 1 公分厚土壤約需 200 年的時間縮減為僅需 20 年，雖然能讓我們能在較短的時間內有豐富表土可資利用，但也增加了土壤受沖蝕的機會。因此，在不造成土壤生產力長期受損的前提下，「土壤的流失速率需控制在土壤的生成速率之下，此時的土壤流失量稱之為可容許土壤流失量 (Soil loss tolerance)，或簡稱 T 值」。

表 7. 山坡地土地之可利用限度分類
Table 7. Landuse capability classification of slopeland

土地可利用 限度類別	土地等級		土地特性	備註
宜農 牧地	一級地		甚深層之一級坡。 深層之一級坡。	依中央主管機關規定之水土保持技術規範實施水土保持。
	二級地		甚深層之二、三級坡。 深層之二級坡。 淺層之一級坡。	同上
	三級地		甚深層之四級坡。 深層之三級坡。 淺層之二級坡。	同上
	四級地	1	甚深層之五級坡。 深層之四、五級坡。 淺層之三、四級坡。 甚淺層之一、二、三級坡。	同上
	四級地	2	淺層之五級坡。 甚淺層之四級坡。	1. 土地利用僅限於種植常年地面覆蓋不須全面擾動土壤之多年生果樹或牧草。2. 如必須栽種勤耕作物，應由主管機關指定其水土保持設施。
宜林 地	五級地		甚深層、深層、淺層之六級坡。 甚淺層之五、六級坡。	應行造林或維持自然林木或植生覆蓋，不宜農耕之土地，初期造林有沖蝕嚴重現象時，應配合必要之水土保持。
			淺層之五級坡，土壤沖蝕嚴重者。 甚淺層之四級坡，土壤沖蝕嚴重或下接硬質母岩者。	
育地 加強 保	六級地		沖蝕極嚴重、崩坍、地滑、脆弱母岩裸露等，應加強保育處理，減免災害發生之土地。	依主管機關指定方式實施水土保持。

1. 國外可容許之土壤流失量

影響可容許土壤流失量的四項決定因子分別是(1)土壤深度、(2)母質種類、(3)表土與底土之相對生產力、(4)先前的土壤沖蝕量。一般而言，土壤深度越深，植株可穿透的厚度就越大；就母質種類而言，鬆散、肥沃的母質應可迅速轉變成為土壤，因此在合理的經營管理模式下，可以允許較高的土壤流失而不至於嚴重影響土地的生產力。但當表土較底土具有顯著的肥力與生產力時，少量的表土損失也會嚴重的降低土壤生產力。如果某一土地之先前土壤沖蝕已非常嚴重，應不能容許更

多的土壤流失，此時的可容許土壤流失量應隨之降低，以確保土壤生產力不再繼續惡化。

世界各地到目前為止，對於可容許土壤流失量的訂定意見參差不齊。在同一地區經常發現可容許土壤流失量差異懸殊的現象，而造成土地開發利用方式及程度上不同的限制，產生許多爭議。為了評估適用於台灣地區的可容許土壤流失量，盧光輝(1995)首先蒐集國外可容許土壤流失量之訂定相關文獻、論文資料。並由文獻得知，在溫帶地區最大可容許土壤流失量平均為 11t/ha，若遇土層淺且易沖蝕之土壤時，可允許土壤流失量則須降低至 2~

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：蘇政宇、鄭旭涵、林家榮、林昭遠

5t/ha。熱帶地區因風化作用加速，可容許土壤流失量可提升至 15t/ha。Morgan(1980)更指出，在自然沖蝕量非常高的多雨山區，引用溫帶地區的最大可容許流失量是不切實際的，此時容忍限度應調高至 25t/ha 比較合理。

2. 台灣可容許之土壤流失量的訂定

在不考慮土壤沖蝕對不同作物生產量與水質影響的條件下，盧光輝(1995)依據(1)年降雨量、(2)表土與根系深度、(3)排水、(4)底土黏盤層是否存在、(5)表層土壤堆積作用、(6)母岩質地等條件，訂定了台灣的可容許土壤流失量。用於評定台灣可容許土壤流失量的簡易方程式，可以式 1 表示，各因子分級如表 8、9、10 所示(吳嘉俊等，1996)：

$$T = \frac{DP \times RA}{6PM + 4DR} \quad \dots \text{式 1.}$$

其中：

T：可容許土壤流失量 (t/ha-yr)

DP：土壤有效深度 (cm)

RA：年降雨量等級

PM：母岩性質等級

DR：排水能力等級

表 8. 母岩性質等級表

Table 8. Rank of rock properties

PM 等級	母岩性質
1	鬆散
2	堅固

表 9. 年降雨量等級表

Table 9. Rank of annual rainfall

RA 等級	年降雨量 (mm)
0.5	<1000
1	1000~1499
1.5	1500~1999
2	2000~2499
2.5	2500~2999
3	≥3000

表 10. 排水能力等級表

Table 10. Rank of drainage

DR 等級	排水能力
1	良好
1.5	中等
2	不良

材料與方法

一、試區概述

(一) 區域位置

本研究選定大東河集水區為試區，其位於中港溪上游，居苗栗縣之東北側南庄鄉境內，如圖 2 所示。試區範圍主要涵蓋東河村、東村、南江村以及蓬萊村等村。

(二) 地形與水系

本集水區面積為 82.216 平方公里，平均高程為 1102.78 公尺，表 11 為本集水區各項地文之特性，地形上西北端較低緩，向南部地勢漸高，海拔高度集中在 400 m 至 1200m 之間，佔了 54% 超過總面積的一半(圖 3)。全區平均坡度 62.79%，其中六級坡面積佔集

水區之 53.89% 為最多，五級坡 20.13% 次之，而全區僅有小部分坡度小於 15% (圖 4.)。坡向之分布 (圖 5.) 以西、西北、北向最多，各約 17% 左右。

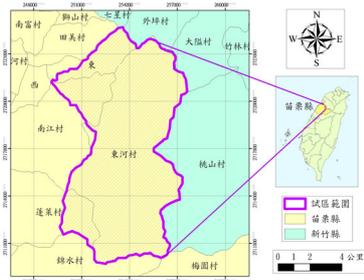


圖 2. 研究試區位置

Figure 2. Site of the study area

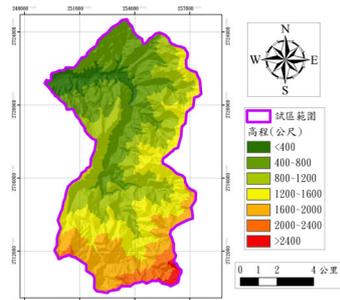


圖 3. 高程分佈圖

Figure 3. Elevation distribution map

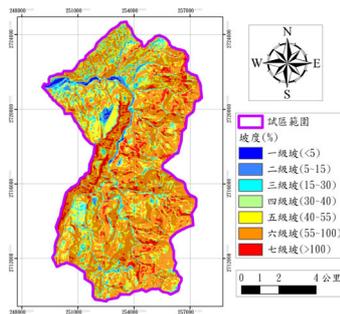


圖 4. 坡度分佈圖

Figure 4. Slope distribution map

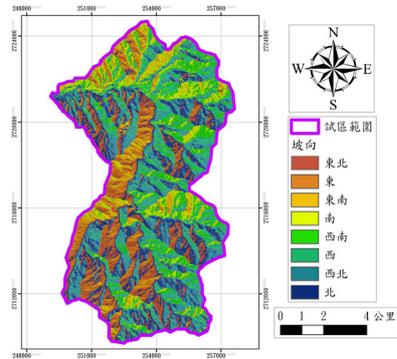


圖 5. 坡向分佈圖

Figure 5. Aspect distribution map

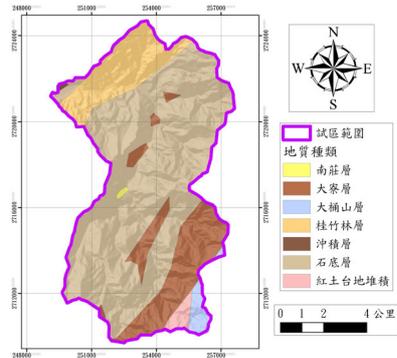


圖 6. 地質分佈圖

Figure 6. Geology distribution map

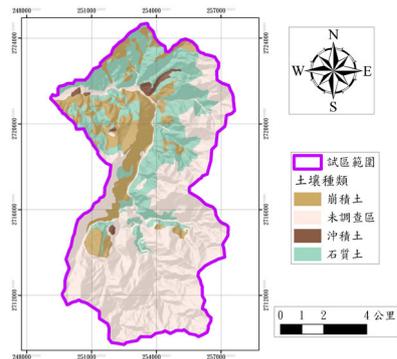


圖 7. 土壤分佈圖

Figure 7. Spatial distribution of soil type

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：蘇政宇、鄭旭涵、林家榮、林昭遠

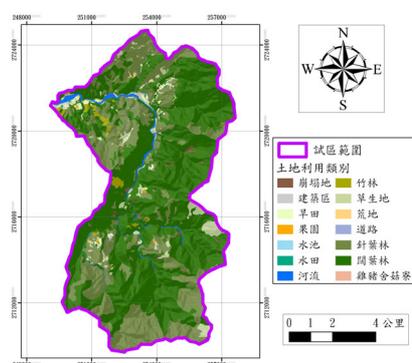


圖 8. 土地利用類別分布圖

Figure 8. Land use distribution map

(三) 地質與土壤

大東河集水區之地質主要為石底層，石底層

主要由深灰色的頁岩和炭質頁岩、淡灰色到灰白色的砂岩和頁岩—粉砂岩—砂岩的條紋狀薄葉層組成；其次為大寮層為單調的厚層塊狀砂岩和不同層厚的頁岩或粉砂質頁岩的互層構成；南莊層以塊狀到厚層白色中粒砂岩為主、夾有深灰色頁岩、淡青色泥岩、以及砂岩和粉砂岩及頁岩的緻密薄頁層形成；沖積層主要由粘土、粉砂、砂和礫石構成；紅土台地層由未經膠結的礫石及夾在其中呈平緩的砂質或粉砂質為主；桂竹林層以青灰色砂岩、暗灰色頁岩、及淺灰色至灰色砂岩、頁岩與砂質頁岩之互層組成，主要分布於集水區地區北緣，地質分布如圖 6.所示。

表 11. 集水區地文特性

Table 11. The geomorphologic information of the watershed

尺度類因子								
集水區面積	集水區周長	集水區長度	河川主流長度	河川總長度	河川數量	平均高程	起伏量	
(km ²)	(km)					(m)		
82.216	61.2	12.9478	23.1591	75.8929	32	1102.78	2400	
梯度類因子		形狀類因子				網路類因子		
平均坡度 (%)	起伏比	集水區寬度 (km)	形狀因子	密集度	圓比值	細長比	水系密度	河川頻率
62.7914	0.183	3.55	0.1533	0.5245	0.2758	0.7899	0.9231	0.3892

土壤主要分布於上游地區之山嶺區，全區有超過一半為未調查區，而其餘部分以石質土以及崩積土面積最多，主要分布於試區中部與北部地勢較低之河道兩旁，分別佔全區之 26.22%、16.19%，其次為沖積土，其所佔面積不到 2%，土壤分布如圖 7 所示。

(四) 土地利用

本集水區土地分布類型中，闊葉林約佔 61.44%、針葉林 30.71%、草地 3.09% 及少許竹林；人為開發僅佔 1.68%，顯示本集水

區開發程度極低，其中大部分為旱田，其次為建築區、道路及果園則各佔 0.35%、0.24% 及 0.11%，統計分布情形如表 12.及圖 8.所示。

(五) 氣象及水文

本研究蒐集大東河集水區附近之雨量站，包含清泉、太閣南、南庄(1)、大河、橫龍山及和興等 6 站（表 13.及圖 9.）。本區集水區豐水期為 2~9 月，雨量多集中於集水區南部上游處，經等雨量線法計算平均年雨量約 2,411.33 mm。

表 12. 土地利用型態統計

Table 12. Areas of land use patterns

土地利用類別	面積(ha)	比例(%)
水田	3.46	0.04
水池	2.01	0.02
竹林	93.69	1.14
旱田	76.70	0.93
果園	9.10	0.11
河流	108.16	1.32
建築區	29.14	0.35
荒地	12.02	0.15
草生地	254.23	3.09
針葉林	2524.90	30.71
崩塌地	36.48	0.44
道路	19.38	0.24
闊葉林	5051.28	61.44
雞豬舍菇寮	1.03	0.01

表 13. 大東河集水區雨量站分布

Table 13. Spatial distribution of rain stations

站號	中文站名	X	Y	標高(m)	平均年降雨(mm)
01D110	清泉	260128	2719641	565	2378
01D100	太閣南	264118	2724075	940	2286
01E170	南庄(1)	249184	2721730	215	2404
01E380	大河	245021	2722253	103	2228
01E030	橫龍山	244932	2708563	550	2471
01E370	和興	241360	2714072	203	2306

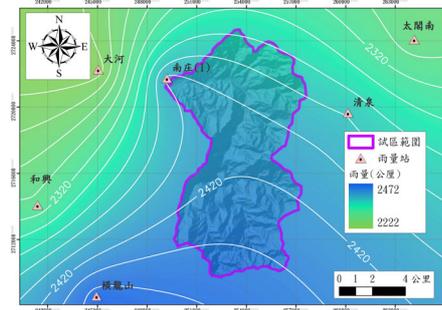


圖 9. 年雨量分布圖

Figure 9. Yearly rainfall distribution map

二、分析學理與步驟

本研究利用兩期衛星影像，利用影像相減法與變遷門檻值判定崩塌區位，並利用影像配合研究室 USLE 模組，加上可容許土壤流失量 (Soil Loss Tolerance) 計算出各區位土壤沖蝕程度級別，以利土地可利用限度之判別，並與 U/L ratio 分析法做比較，評估土地利用之適宜性。本研究之研究流程如圖 10. 所示。

(一) 土壤流失量 (USLE) 之估算

依據水土保持技術規範 (2003) 第 35 條第一款之規定，山坡地土壤流失量之估算，得採用通用土壤流失公式，其公式如下 (式 2.)：

$$A_m = R_m \times K_m \times L \times S \times C \times P \quad \dots \text{式 2.}$$

式中：

A_m ：土壤流失量(tons/ha/yr)

R_m ：降雨沖蝕指數(Mj-mm/ha-hr-yr)

K_m ：土壤沖蝕指數(tons-ha-hr-yr/Mj-mm-ha-yr)

L：坡長因子 S：坡度因子

C：覆蓋與管理因子 P：水土保持處理因子

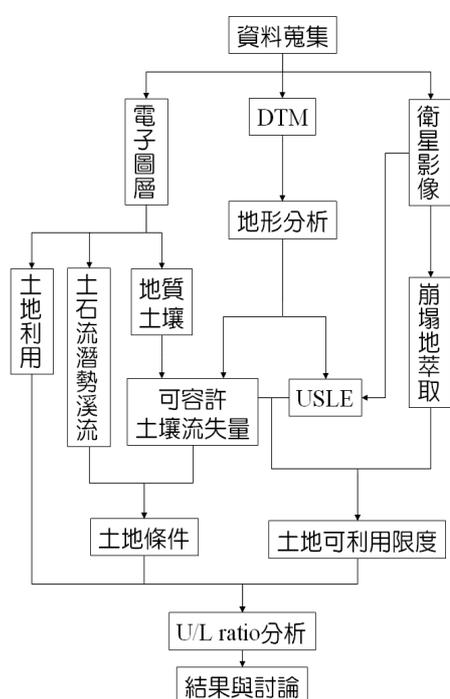


圖 10. 研究流程圖

Figure 10. Flow chart of the study

降雨沖蝕指數 (Rm) 係由黃俊德 (1979) 分析本省八個氣象站 (基隆、新竹、台中、日月潭、高雄、恆春、台東及花蓮) 20 年的自記日雨量記錄，並以全台灣 200 個雨量站的月雨量資料為輔，利用這些氣象站之記錄以非線性迴歸方程式求算各地雨量與年降雨沖蝕指數的關係，建立臺灣本島的年平均降雨沖蝕指數。土壤沖蝕指數 (Km) 係採用萬鑫森、黃俊義 (1981、1989) 所調查之台灣坡地土壤沖蝕指數值。利用地理統計可求算台灣地區年平均降雨沖蝕指數等值圖與土壤沖蝕指數等值圖。

(二) 崩塌地萃取

1. 崩塌區位分析

利用植物對於不同光譜吸收特性不同，

以可見光及近紅外光之比值建立常態化差異植生指標 (NDVI)，NDVI 值介於 -1~1 之間，小於零的值，通常屬於非植生之雲層、水域、道路和建築物等；而指數愈大時，代表地表植物生育愈旺盛、植被覆蓋佳 (Burgan and Hartford, 1993)，針對常態化差異植生指標進行線性反轉後得到 C 值，以前後期衛星影像相減法 (Image Differencing Method) 配合變遷門檻值 (Change Threshold) 進行崩塌區位判釋，可節省以往大區域傳統調查或人工判釋航照圖上所需之人力、時間及經費。

2. 崩塌地分類結果之精度檢定

依照馮臻傑 (1995) 進行遙測影像分類誤差度量之研究中指出，在國內外遙測影像誤差度量的評估，主要可以採用直接測量的方式，並運用統計分析方法來計算影像判釋誤差；另一種則是採用誤差模式的方法來評估。目前最常用的遙測影像判釋研究是以 Kappa 值之統計分析的方法來做影像判釋結果的驗證。Kappa 值之統計法是 Cohen (1960) 所提出，主要用於表示一分類法與完全隨機分類比較，其所減少錯誤的百分比，後來被廣泛的應用於遙測影像分類的精確度評估中，其統計分析方法是在分類過後的影像中抽取樣本資料，再與實際的資料相比對，計算出判識的精度。例如一分類法之分類結果 Kappa 值 0.70，表示其分類法與隨機分類比較，避免了 70% 的錯誤，因此 Kappa 值越高時精確度越高。雖然 Kappa 統計分析的方法沒有辦法像誤差模式一樣去探討判釋誤差造成的原因，但是在影像分類研究中，目的在得到各地物類別判釋的準確性，以便驗證判釋方法的適用性。

(三) 土地利用適宜性評估

本研究以 U/L ratio 評估法為基礎，採任文助(1996) 對土地利用的評估方法以及陳信雄(1991)對土地條件的分析方法，並參考黃以方 (2003) 自行研擬的一套新方法 (U/L' ratio)，製作土地條件值 (L 值) 與土地利用值 (U 值) 兩個參數，針對研究試區土地利用狀態進行分析探討。茲將本法及相關內容分述如下：

1.U/L ratio 評估法

在調查分析中，有關土地條件與土地利用的評估是利用縱橫方格網為基本單位進行的；開發評估的方法有很多種，必須考慮到地形、地質、地下水位、水文特性及潛在地質災害等等因子，由於其研究之區域屬於小型集水區，地形為起伏不大的丘陵地，地質種類分布也較為簡單，而坡度分析是山坡地規劃開發中重要的評估項目，其影響土地的區分和建築型態的配置，且又須較能反應地形及地質的狀況，因此在研究中選取坡度為評估土地條件因子。以現行山坡地保育利用條例施行細則中所劃分之坡度級別範圍為基準，並參考陳信雄 (1991) 台北市近郊土地條件與土地利用現況評估之研究中的評估分類，訂定出評估表。其中土地條件的等級是根據山坡地保育利用條例施行細則中的坡度分類，共分為六個階段評估給予的等級 L 從 1 到 6，坡度越大給予的等級越小，而在土地利用型態亦以六個階段來評估開發的適宜性，給予的等級 U 同樣從 1 到 6，人口越集中利用度越高的地區等級越大 (任文助，1996)。

2.U/L' ratio 評估法

在土地利用評估方面，與 U/L ratio 法相同；但在土地條件方面，考慮到僅以坡度來進行評斷似乎稍嫌不足，因此相關研究比較討論之後，歸納影響土地條件的因素為坡度、岩性及植生覆蓋率。基於此，在土地條件的評估上，除了原有的坡度因子外，再加上岩性及植生覆蓋率因子以綜合評估土地條件的優劣，並健全土地條件的評估標準 (黃以方，2003)。表 14. 為前人研究之土地條件因子綜合表。

表 14. 前人研究之土地條件因子綜合表
Table 14. Review of land condition factors

項次 作者	1	2	3	4	5
FAO (1976)	地形	土壤	植生	氣象	
中央地質調查所 (1985)	岩性	構造	坡度	環境	
山口伊佐夫 (1985)	地質狀況	森林狀況	開發地狀況	河道	
張石角 (1986)	坡度	沖蝕現象	土壤厚度	地質構造	岩性
黃書禮 (1988)	土地使用	自然環境			
黃瓊彪 (1990)	坡度	土壤深度	邊坡穩定性	資源保育性	
陳信雄、楊蔚宇 (1991)	地形	土壤	地質	開發情形	植生
莊志宏 (1999)	坡度	土壤厚度	沖蝕程度	母岩性質	
黃以方 (2003)	U/L 值	坡度	植生覆蓋	母岩性質	
工業技術研究院能資所	坡度	地質災害	斷層		
陳志彰 (2005)	坡度	岩性	土壤深度	土石流潛勢溪流	崩塌地
李偉銘 (2006)	坡度	岩性	植生覆蓋率	崩塌地	

3. 本研究土地條件 (L 值) 評估值之製作

本研究將土地條件針對不同土地因子分為土地條件一 (L_1) 與土地條件二 (L_2)，分別進行評估。在參考相關文獻之後，歸納出前人研究中主要影響土地條件之因素為坡度與地質 (包括岩性與斷層帶) 二者，再加入可允許土壤流失量與土石流潛勢溪流綜合評估本研究土地條件的優劣，以期健全土地條件的評估。

(1) 坡度：指一坵塊土地之平均傾斜比，以百分比表示，本研究將坡度因子視為 L_1 與 L_2 之共同條件；在 L_1 上，依照台灣現行「山坡地土地可利用限度分類標準」規定，坡度級序 L_2 上則參考「山坡地土地可利用限度分類標準」中之坡度分類標準，將其範圍稍加變更，因為考慮到林地比山坡地稍陡，因而向上調整一級並增加 55%~70% 之範圍 (黃瓊彪，1990)。宜農牧地之坡度上限為 55% (28.7°)，這已是最世界上最陡的坡度之一，因此稍加改變坡度級序。如表 15. 所示。

(2) 地質：在此作為 L_1 之因子，地質條件上大致上與前人研究相同，考慮母岩性質並將其區分為軟岩及硬岩，岩性愈弱，可開發的土地愈少，在土地條件優劣的區分上級序為 1，級序越大所對應的土地條件之岩性則越佳，土地之利用度也越高；另外多加入地質斷層帶兩側 50 公尺 (內政部營建署，1992) 為評估項目，但受限於網格大小之限制 (40x40 公尺) 調整為斷層兩側一格網格。再者，為能凸顯三類岩性之差異與優劣性。將其級序各遞增一級，形成 1、3、5 之級序加以區別 (黃以

方，2003)。如表 16.。

(3) 可容許土壤流失量：可容許土壤流失量在此視為 L_2 之因子，其在計算時已考慮雨量、母岩、土壤深度、土壤排水性，其中母岩性質同樣分為軟硬岩兩種性質，軟質母岩較易風化，可較快形成土壤，並且部分植物根系較易入侵，農機具施工無大礙者，硬質母岩則為連接堅固，植物根系無法伸入其間，農機具施工有礙者 (山坡地保育利用條例施行細則，2003)；在合理的土地利用經營管理模式下，可以允許較高的土壤流失量而不至於嚴重影響土地的生產力，在此將可容許土壤流失量分成五個級序，可允許較高流失量者給予較高分數。考慮本因子的好處是由於可容許土壤流失量在推估時已考慮土壤、母岩等因素納入計算，因此可保留土壤深度、母岩性質等因子，同時把雨量、與土壤排水能力加入評估因子。如圖 11. 及表 17.。

(4) 土石流潛勢溪流：由於在任何土地利用上，位於或是鄰近於土石流潛勢區位之土地都具有高度危險性，因此本因子為 L_1 以及 L_2 之共同因子，將土石流潛勢溪流兩側 50 公尺範圍 (受限於網格大小以兩側一格網格劃定之) 以及其下游沖積扇內劃考慮進去，下游沖積扇範圍由現地坡度及集水區面積等資料，利用池谷浩 (1982) 提出之土石流沖積扇公式，估算土石流可能淤積的最大長度 L ，(如式 3. 所示)，並以谷口為中心，以最大拓展角度 105 度最大淤積長度為半徑，繪製土石流扇狀地範圍。依此所繪定之區域，將可作為數值計算範圍之基礎評估 (如表 18. 所示)。

$$\log L = 0.42 \log(V \tan \theta_d) + 0.935 \dots \text{式 3.}$$

其中：V=土砂流出量 (m³)

θ_d =下游坡度 (deg)

L=淤積長度 (m)

式中之土砂流出量 (V) 引用我國及日本歷年土石流流出土方量與集水區面積之迴歸關係，以土砂流出量累積機率為 90% 之迴歸方程式，如式 4. 來作為土砂量之推估標準。

$$V = 70,992A \dots \text{式 4.}$$

其中：V：土砂流出量 (m³)

A：集水區面積 (km²)

(5) 土地條件因子總和分級與範圍

將各網格之各土地條件級序相加，得到之總分最小值為 3 最大值為 17。將所有 15 種總分簡單分為六個評分等級；其中為了凸顯最佳土地條件得到之不易與最惡劣之土地條件較不易出現，分別給予總合最高值 (17) 與最低值 (3) 最大與最小之級序 (6 與 1)，其餘值則依級序總合由大到小分為 4、4、3、2 之範圍，各給予級序 5、4、3、2 (如表 19. 所示)。

(6) 土地利用 (U) 評估因子

基本上以陳信雄 (1991) 台北市近郊土地條件與土地利用現況評估之研究中的評估分類為參考訂出土地利用評估因子，在此亦以六個階段來評估土地利用型態開發的適宜性，給予的等級 U 同樣從 1 到 6，人口越集中且土地利用度越高的地區等級越大 (任文助，1996) (如表 20.)。

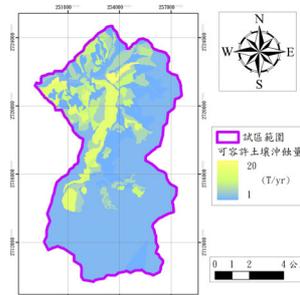


圖 11. 可容許土壤流失量

Figure 11. Soil loss tolerance

表 15. 坡度因子分級級序表

Table 15. Grade of slope classification factor

土地條件級序一	坡度範圍 (%)	土地條件級序二	坡度範圍 (%)
9	0~5	9	0~15
8	5~15	8	15~30
7	15~30	7	30~40
5	30~40	5	40~55
4	40~55	2	55~70
2	55~70	1	>70
1	>70		

表 16. 地質因子級序表

Table 16. Grade of geologic factor

級序	岩性
5	硬岩
3	軟岩
1	斷層帶及其左右 50 公尺

表 17. 可容許土壤流失量因子級序表

Table 17. Grade of soil loss tolerance factor

級序	可容許土壤沖蝕量 (T/每個網格)
5	>16
4	12~16
3	8~12
2	4~8
1	0~4

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：蘇政宇、鄭旭涵、林家榮、林昭遠

表 18. 土石流潛勢溪流因子級序表
Table 18. Grade of debris-flow potential rivers factor

級序	是否有土石流潛勢區位通過	備註
3	無通過	
1	有通過	包括其兩側一格網格及下游沖積扇

表 19. 土地條件評估表 (L1、L2)
Table 19. Grade of land conditions

等級	級序總和範圍	等級	級序總和範圍
6	17	3	6~8
5	13~16	2	4~5
4	9~12	1	3

表 20. 試區土地利用評估級序表
Table 20. Grade of land use in study area

土地利用類別	級序	土地利用類別	級序
水田	4	荒地	1
水池	1	草生地	3
竹林	3	針葉林	2
旱田	4	崩塌地	1
果園	4	道路	5
河流	1	闊葉林	2
建築區	6	雞豬舍菇寮	4

結果與討論

一、山坡地土地可利用限度分類標準

分析兩期衛星影像以及土地利用圖

C 值得到之 3 種 USLE 值與可容許土壤沖蝕量比較發現，以衛星影像得到之土壤沖蝕程度遠大於土地利用 C 值，經過反覆計算顯示衛星影像之亮度與陰影對土壤流失量 USLE 之估算影響極大，影像之陰影地區 C 值經計算後遠大於其他地區，造成整體 USLE 值與可容許土壤流失量值之比值過大，大部分土地皆成爲土壤沖蝕程度嚴重與級嚴重之地區，大大影響土地可利用限度之判定結果。因此在土壤沖蝕量方面改以土地利用地表覆蓋因素值 C 值計算。

崩塌區位分析則將前後衛星影像陰影補以整體影像平均 C 值修正後，利用相減法並給予崩塌門檻值而得到。劃設結果如圖 12.及表 21.所示，以宜林地爲最多，宜農牧地大約佔 23%，其中一、二、三級地僅佔本集水區之少數面積，顯示本集水區並不適合人爲開發之土地利用，而本集水區爲中港溪之上游集水區，與土地可利用限度分類標準之結果相比較可說明上游集水區之不適合開發性質，並應加強造林及森林保育之工作以保護集水區，另外加強保育地則佔了 5.47%，大部分爲兩期影像分析出之崩塌與地滑地。

本研究之衛星影像雖然因爲影像品質不佳陰影太多與亮度不足，但在崩塌地上之判釋可以藉著崩塌門檻值之改變與 kappa 精度檢算來彌補影像之缺陷；而在計算土壤流失量時則以土地利用 C 值代替之，由於土地利用圖之調查取得不易，受限於調查時間，且各種土地利用之 C 值不易歸類，須視情況給予修正及使用。

表 21. 土地可利用限度面積統計
Table 21. Areas of land use capability

土地可利用限度		面積(ha)	面積百分比(%)
宜農牧地	一級地	8.80	0.11
	二級地	136.64	1.73
	三級地	171.36	2.17
	四級地	1513.76	19.14
宜林地	五級地	5644.64	71.38
加強保育地	六級地	432.16	5.47

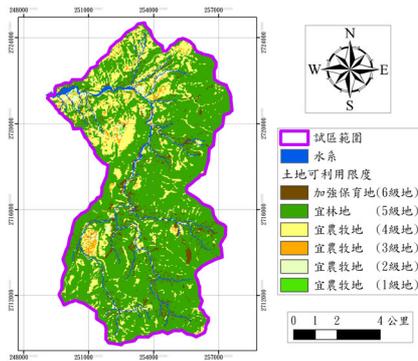


圖 12. 土地可利用限度
Figure 12. Land use capability classification

二、U/L ratio 土地利用評估

在此將 U/L ratio 評估值分為三個部分探討，第一部分為土地條件一 (L₁) 與土地利用(U)之 U/L₁ ratio(以下簡稱為 ratio₁) 評估值；其次為土地條件二 (L₂) 與土地利用 (U) 之 U/L₂ ratio (以下簡稱為 ratio₂) 評估值；最後則為土地可利用限度分類標準與土地利用之評估—以土地可利用限度分類標準劃設之六個級地，將其視為 6 個級序作為土地條件 (L_L)，並與土地利用評估值 (U) 作比較所得到之 U/L_L ratio (以

下簡稱為 ratio_L)。當 U/L ratio 值等於 1 時，顯示土地利用型態符合土地條件級序，意即此區位之開發程度正好達到土地之極限，若 U/L ratio 值>1 即代表此區位之開發狀況超過土地可負荷之條件，需要進行改善，反之若 U/L ratio 值<1，則代表此地區土地利用仍在土地條件可開發之範圍內。計算出之 U/L ratio 值組合共有 23 種，其分布範圍為 0.17~6，本研究將 U/L ratio 值分為 5 個範圍討論，分別為 U/L ratio ≤ 0.5、0.5 < U/L ratio < 1、U/L ratio = 1、1 < U/L ratio < 2、U/L ratio ≥ 2。

1. ratio₁ 土地利用評估值

本試區以土地條件一 (L₁) 評估出之結果為 ratio₁，其平均值為 0.65，其最大值及最小值分別為 0.17 與 3，評估結果顯示本區之整體之土地利用狀況尚在土地所能負荷之能力之內，其中以值 0.67 所佔面積最多，為全區之 58.91%，而值 0.5 所佔的 23.57%次之，其餘值除了 0.4、0.75、1 以外，皆佔不到 1%，如圖 13 與圖 14 所示。由各網格之 U、L 值來統計，可得知在 ratio₁ 小於等於 0.5 之範圍中之土地條件稍佳，土地利用以針葉林及闊葉林為主，超過此範圍面積之 95%；ratio₁ 介於 0.5 至 1 之間土地條件大多為中等，土地利用仍以林地為主；ratio₁ 等於 1 時土地條件屬於較差的情況，土地利用除了大部分林地還有草地佔本範圍之 15.80%、竹林 7.59%、旱田 3.89%；ratio₁ 介於 1 至 2 土地條件值 (L₁) 主要為 3、4，其次值為 2、5，為中等土地條件，土地利用主要有建築區、道路，其次為旱田、草地、竹林與果園等型態；ratio₁

大於等於 2 之地區則有將近一半之土地條件屬於不佳，土地利用則以建築區超過此範圍面積三分之一的土地為最多。

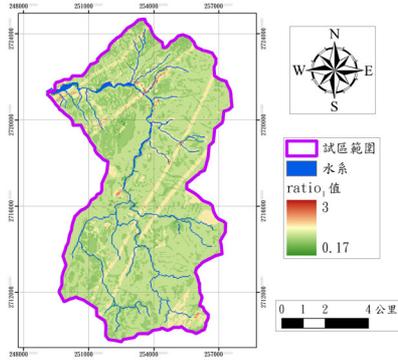


圖 13. ratio₁ 評估值分布圖

Figure 13. Spatial distribution of ratio₁

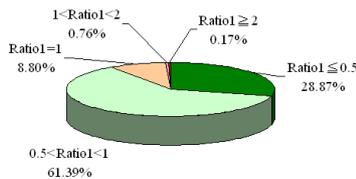


圖 14. ratio₁ 評估值所佔面積百分比圖

Figure 14. Area percentage of ratio₁

2. ratio₂ 土地利用評估值

由統計及計算結果得知，本試驗區土地利用 ratio₂ 評估值之平均值為 0.87，其中最大值為 3，最小值為 0.17，其整體值為偏小，由圖 15 與圖 16 可知其值分布並不平均，ratio₂ 等於 1 之值佔了本集水區超過 50%，其次為 ratio₂ 值 0.67 佔了大約四分之一，接下來是 ratio₂ 值 0.5 佔了 9.16%，其餘值僅共約佔不到 6%。從結果可得知本集水區大部分地區之土地利用狀況合乎土地條件，若從各網格之 U、L 值來統計，在 ratio₂ 小於等於 0.5 的區

域中，土地條件值 (L₂) 有 87.16% 為 4，在 ratio₂ 介於 0.5 至 1 之區域土地條件值 (L₂) 有 94.48% 為 3，以上兩者土地利用皆約為針、闊葉林各半；在 ratio₂ 等於 1 時土地條件值 (L₂) 有 96.80% 為 2，其土地利用則有約四分之三為闊葉林，四分之一為針葉林；當 ratio₂ 介於 1 到 2 之間之區域時，土地條件值 (L₂) 平均為 2.44 屬稍差，土地利用方面有超過一半為草地，近 20% 為竹林，建築區、旱田與道路各佔 19.52%、11.38%、7.06%、6.98%；ratio₂ 大於等於 2 之地區土地條件值 (L₂) 較差，平均僅為 1.23，土地利用除了針闊葉林佔了超過 83% 最多外，其次為建築區、道路、旱田分別為 7.37%、5.58%、2.90%。綜觀以上，由於試區大部分土地屬於針葉林與闊葉林區，且位處上游源頭集水區土地條件大多屬於較差之不宜開發狀況，使的整體 ratio₂ 之分析結果相當不錯，但若將焦點放在非林區之部分，除了荒地與雞豬舍菇寮外，有不少地區 ratio₂ 值是屬於大於 1 的區位顯示為超限利用，因此在其他土地利用的部分還是有施行水土保持措施與改善的進步空間。

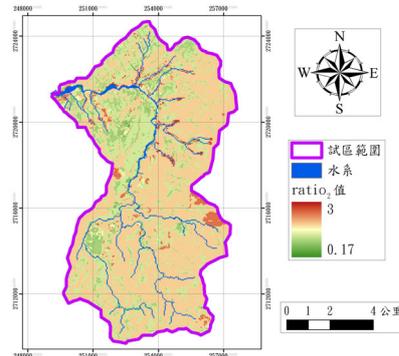


圖 15. ratio₂ 評估值分布圖

Figure 15. Spatial distribution of ratio₂

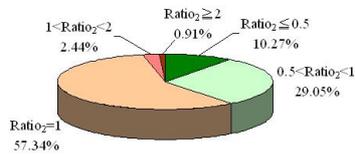


圖 16. ratio₂ 評估值所佔面積百分比圖

Figure 16. Area percentage of ratio₂

3. ratio_L 土地利用評估值

在這部分將土地可利用限度分類標準之 6 種級地一樣視為是土地條件 (L_L)，分別為一級地級序為 6，二級地級序為 5，依此類推至六級地級序為 1，並將其與土地利用評估值 (U) 進行值評估。以此方法得到之 ratio_L 土地利用評估值最大值為 6，最小值為 0.17，而平均值則為 0.999507，將近為 1。由圖 17.與圖 18.推敲其原因，可知其值為 1 佔有本試區總面積之 70.59%，並有 18.24%之值集中在 ratio_L 介於 1 至 0.5 的範圍內，而更有 93.61%之值集中在 0.5 ≤ ratio_L ≤ 1.5 之範圍內，導致平均值趨近於 1 之結果。由以上敘述可知本區之土地利用狀況僅有少部分屬於利用不當，原因為本區之土地可利用限度分類標準分析結果有 71.38% 的土地是為宜林地，而將宜林地 (五級地) 視為土地條件評估時，其級序則為 2，對照本集水區土地利用大部分為針葉林與闊葉林林地時，其土地利用評估值 (U) 級序也正為 2，而 ratio_L 等於 1 之區域即有約 97%之 L_L 值等於 2 且皆為針、闊葉林區之土地利用類型。若只觀察針、闊葉林以外之土地利用，除了旱田、果園、雞豬舍菇寮 ratio_L 小於等於 1 之面積較大於

1 之面積多之外，剩餘土地利用類型之 ratio_L 小於等於 1 之面積皆少於 ratio_L 大於 1，顯示還是有許多地區有人為開發過當之虞，與 L₂ 之分析結果相近，而其中建築區多屬於超限開發之區域，其可能原因為在做土地利用調查時，將農田附近之農舍判定為建築區，以致於在適合農地之土地條件下出現建築區之土地利用，導致 ratio_L 值大於 1。

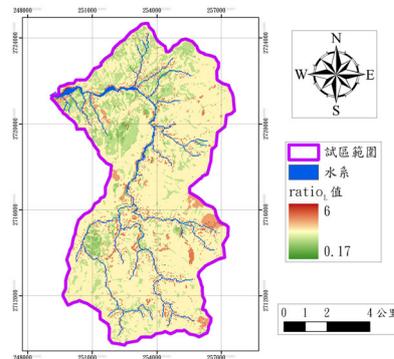


圖 17. ratio_L 評估值分布圖

Figure 17. Spatial distribution of ratio_L

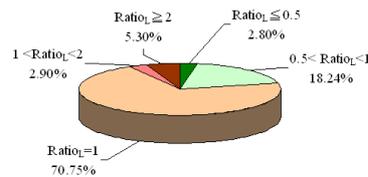


圖 18. ratio_L 評估值所佔面積百分比圖

Figure 18. Area percentage of ratio_L

4. 綜合比較

將各種評估法所得到之土地條件各級序所佔面積百分比整理如表 22.：

表 22. 土地條件比較表

Table 22. Comparison of land conditions

土地級序	土地條件一		土地條件二		土地可利用限度	
	網格數	比例 (%)	網格數	比例 (%)	網格數	比例 (%)
6	125	0.25	53	0.11	55	0.11
5	2993	6.06	764	1.55	854	1.73
4	12619	25.53	5234	10.59	1071	2.17
3	30404	61.52	14488	29.32	9461	19.14
2	3241	6.56	28493	57.65	35279	71.38
1	39	0.08	389	0.79	2701	5.47
平均 L 值	3.32		2.55		2.24	

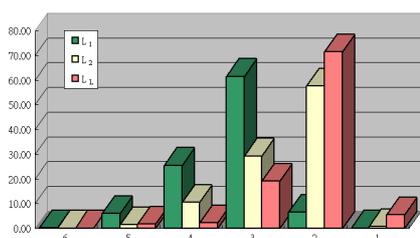


圖 19. 各土地條件分布百分比之比較圖
Figure 19. Distributed percentage of each land conditions

從圖 19 與表 21 中可觀察到 L_1 在土地條件評估時可得到較高之分數，主要集中在 L_1 等於 3，其值等於 1 或 2 僅為少數，而 L_2 與 L_L 均以值等於 2 為最多， L_1 平均為 3.32，而其次為 L_2 平均為 2.55， L_L 平均則為 2.24；若取 L_1 與 L_2 相比較，兩著考慮因子各為 L_1 ：坡度、地質、土石流潛勢溪流，而 L_2 為：坡度、可容許土壤流失量、土石流潛勢溪流。兩者同樣因子有坡度與土石流潛勢溪流，土石流潛勢溪流分級方式相同而坡度之級序分級上有稍微之差異，在坡度範圍 55~70% 前

之級序除了 5~15% 外， L_1 均有較高分數，可能為造成 L_1 整體評估值較高之原因之一，而其另外一項原因即可能為兩者相異之因子：地質與可容許土壤流失量。在 L_2 土地條件評估前，須先估算出可容許土壤流失量，在其估算時依照土壤流失量估算手冊中用於評定台灣可容許土壤流失量的簡易方程式可知，其考慮到土壤深度、年降雨量、母岩性質與土壤排水狀況，顯示在估算可容許土壤流失量時已將 L_1 之地質因子也一起併入，且已與其他因子經過混合計算，而降低其單一因子在做土地條件評估時之影響力；而從另一方面來說，在做 L_2 之評估時，也同時將土壤深度、年降雨量與土壤排水狀況視為影響 L_2 之因子內。

從 L_1 與 L_L 來看， L_L 在前四級地主要考慮因素為坡度與土壤深度，僅在針對五級地之後作劃定時將土壤沖蝕程度級別與母岩性質考慮進去，而六級地基本上已屬一些山崩、地滑地等自然災害區，與本集水區位處中港溪上游相比， L_L 分析出之宜林地佔了絕大多數面積，符合本區該有之土地利用類型。 L_1 、 L_L 相比較可發現 L_1 值在 3、4、5、6 時皆比 L_L 值所佔之面積多並集中在 3、4，在 1、2 時則相反，可得知 L_L 在山坡地之土地條件評估方面考慮之因子較 L_1 多因此也較嚴謹。

另外由 L_2 、 L_L 相比較，兩者變化趨勢相近，但 L_2 分布不像 L_L 大部分值等於 2，分布較平均，原因為在土壤深度方面， L_2 是以包括在可容許土壤流失量因子中之方式一併估算，而 L_L 則將其直接視為一因子直接做級序評分。因此在土地可利

用限度分類標準分析時，受山區之淺層土壤之影響，會使得分析為四、五級地的土地增加，而視為 L_L 評估時也會使得值為 4、5 級序的分布較多。各種土地條件在每個級序上互相比較大致的結果 L_2 皆介於 L_1 與 L_L ，此一結果也大致顯示在將多項因子合併於一起計算時，與其各別做土地條件評比時相比較，對整體土地條件影響較小。

結論

一、本研究利用 USLE 模組與可容許土壤流失量作土地可利用限度分類標準，分別運用衛星影像估得土地利用 USLE，再與可容許土壤流失量比較後發現，衛星影像的亮度與其陰影之多寡，對土壤流失量估算的結果有嚴重的影響，進而影響土壤沖蝕程度級別之判定與土地可利用限度各級地之劃定。雖然衛星影像之好壞將大為影響劃定結果，但若取得品質良好之影像，便可發揮其具有時間性、大範圍性之特點與快速分析之優點，建立各期土地利用限度分布狀況，觀察以便採取洽當之管理措施。惟除了衛星影像外，土壤、地質、土地利用等各圖層需耗費大量時間調查，建立不易，圖資往往跟不上土地性質與土地利用之變化，而土地利用調查之判別如水、旱田、果園週遭之建築區是否為建地或為一般農舍，也將影響分析之結果。

二、大東河集水區位處中港溪之上游，進行各種 U/L ratio 之土地條件評估後，僅有 L_1 由於考慮因子較少顯示土地條件為中等，而 L_2 與土地可利用限度分類標準 (L_L)

分析之結果均顯示本試區土地條件不佳，較不利於開發，與上游集水區不適宜開發並應施予造林及加強保育等觀念相符合；在經過 U/L ratio 評估後亦顯示除了針葉林、闊葉林之土地利用型態外，其他土地利用 U/L ratio 大於 1 之開發區位尚有改善空間，並可參考以作為治理優先順序之依據。

三、本試區屬位處山區，土地利用狀況較為單調且多屬農林業型態，本研究之 U/L ratio 值雖然皆小於或等於 1，但在管理層面是否小於 1 之地區就可多加進行開發利用，而等於 1 之部分是否就該放任其土地利用類型繼續經營，亦有再討論之空間。而本研究認為評估各種土地利用型態時，土地條件之選取應取其對該類型土地利用影響較大之土地因子，給予加權或直接給予土地條件評估而不併入某項因子之計算，如評估都市區或建築用地時應較重視地質條件之硬岩，農業類型之利用則應較重視軟質母岩及土壤深度，而山坡地或上游集水區開發則要考慮如坡度、可容許土壤流失量與崩塌地等更多因子使評估條件更為嚴謹，並將各種評估結果綜合討論。

四、因近年來經濟發展快速，對於土地的開發需求也日益殷切，使得土地可利用限度分類之審核查定工作量也漸漸上升，以防止土地之不當利用以及過度開發，在此工作上若能配合衛星影像資料之時間性、大範圍空間的優點，加上地理資訊系統對龐大資料庫的處理能力，可直接快速的分析出土地可利用限度標準各級地之區位，但對於分析前蒐集之資料卻必須小心謹慎，因錯誤之資料對分析產生之結果有相

當之誤差。因此，在分析土地可利用限度時若能得到影像品質良好之各期衛星影像，或是改善影像品質，不但可建立各時期之土地可利用限度之資料，更可觀察各時期各級地分部改變之情形，並參考 U/L ratio 頻估之結果，根據各區位需要或是災害程度研擬對策與水土保持處理。

參考文獻

1. 內政部營建署(1992) 「台灣地區環境敏感地劃設與土地使用適宜性分析」，內政部營建署。
2. 方金鳳(1987) 「土地使用績效管制之研究-以山坡地開發為例」，國立中興大學都市研究計畫研究所碩士論文。
3. 池谷浩、水山高久(1982) 「土石流の流動と堆積に関する研究」，土研報，第157號，pp.88~153。
4. 任文助(1996) 「指南溪集水區土地利用適切性評估之研究」，國立台灣大學森林研究所碩士論文。
5. 李偉銘(2006) 「優化模式與地理資訊系統在土地規劃與管理上之應用-以德基水庫集水區為例」，朝陽科技大學環境工程與管理研究所碩士論文。
6. 吳嘉俊、盧光輝、林俐伶(1996) 「土壤流失量估算手冊」，國立屏東科技大學。
7. 林昭遠、林文賜(2001) 「集水區資訊系統(WinGrid)入門」，暉帥股份有限公司。
8. 張石角(1980) 「都市山坡地利用潛力調查與製圖-方法論與實例」，中華水土保持學報，11(1)：pp.22-34。
9. 陳子淳(1985) 「區域性運輸規劃與環境分析方法之研究-以北部區域第二高速公路為例」，國立中興大學都市計畫研究所。
10. 陳誌焜(1990) 「曾文水庫集水區山地農村環境敏感區位劃定之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
11. 陳信雄(1991) 「台北市近郊土地條件與土地利用現況評估之研究」，台大實驗林研究報告 5(1)：33~64。
12. 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研究所碩士論文。
13. 黃俊德(1979) 「台灣降雨沖蝕指數之研究」，中華水土保持學報，10(1)：127~144。
14. 黃俊義、萬鑫森(1981) 「台灣西北部土壤沖蝕性及流失量之估算」，中華水土保持學報，12(1)：57~67。
15. 黃俊義、萬鑫森(1989) 「台灣坡地土壤沖蝕」，中華水土保持學報，20(2)：17~45。
16. 黃書禮(1987) 「應用生態規劃方法於土地使用規劃之研究」，行政院國家科學委員會專題研究報告。
17. 黃瓊彪(1990) 「台灣森林集水區土地評鑑模式初步研究」，中華水土保持學報 21(1):12~24。
18. 黃麗津(2003) 「應用地理資訊系統與數值地形模型於坡地敏感區劃設之研究-以花蓮清水溪流流域為例」，國立台灣師範大學地理研究所碩士論文。

19. 黃以方 (2003) 「應用山坡地地文條件評估土地利用之研究」, 國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
20. 廖進雄 (1985) 「環境敏感地使用規劃與管制之研究」, 國立中興大學都市研究計畫研究所碩士論文。
21. 董倫政 (2002) 「台北市近郊崩場地調查及其附近地區土地利用適切性評估」, 國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
22. 盧光輝 (1995) 「台灣容許土壤流失量之訂定」, 中美陡坡土壤流失量推估技術研討會論文集, pp ; 53~70。
23. Cohen, J., (1960) “A coefficient of agreement for nominal scales,” Educational and Psychological measurements. 20, 37-46.
24. Eagle, P.F.J. (1981) “Environmentally sensitive area planning in Ontario,” Canada Journal of American Planning Association, 313-323.
25. Federal Highway Administration (1989) “Rock Slopes: Design, Excavation, Stabilization”, Publication No. FHWA-TS-89-045, U.S. Department of Transportation.
26. Kusler J. A. (1980) “Regulating Sensitive Lands, Washington D. C.,” Environmental Law Institute Press.
27. Lin C.Y., W.T. Lin , W.C. Chou (2002) “Soil erosion prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience,” Soil & Tillage Research 68:143-152.
28. Zachar D. (1982) “Soil Erosion,” Amsterdam: Elsevier Scientific Pub. Co., 164-166.

96 年 10 月 13 日 收稿

96 年 11 月 20 日 修改

96 年 11 月 26 日 接受