

### 第三章 研究方法

本研究目的主要在應用遙測技術監測與劃設棲蘭山林區之崩塌潛在敏感區，提供棲蘭山林區林地規劃和災害預防之參考，為達成此目的，研究方法包括：(一)利用數值地形模型萃取崩塌潛在敏感區所需之分析單元如集水區；(二)針對集水區單元，應用統計方法，根據坡度與蝕溝指數二因子，完成崩塌潛在敏感區圖；以及(三)利用遙測影像分類技術產生土地覆蓋分類圖(包括檜木老林區和崩塌區)，並藉助地理資訊系統之空間分析技術，評估崩塌潛在敏感區與檜木老林區之空間區位關係及其影響效應，其詳細流程如圖 5。

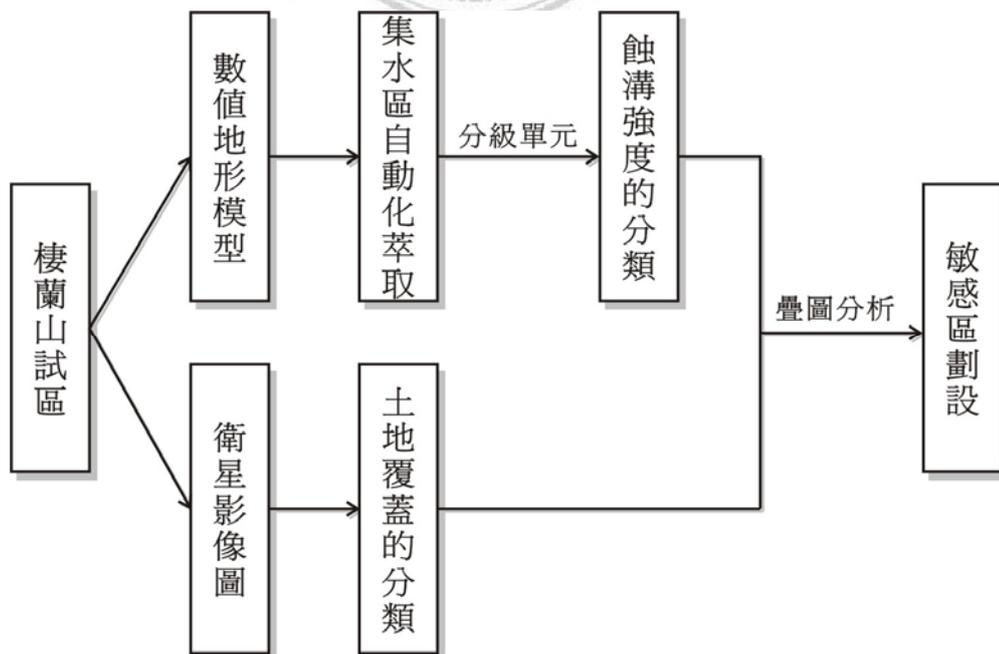


圖5 研究方法流程圖

## 第一節 研究試區與材料

### 一、研究試區範圍

棲蘭山林區面積 45,851 公頃，位於森保處管轄範圍內（如圖 6），範圍含括大溪事業區的林班及太平山事業區 5 個林班，地跨宜蘭、桃園、新竹及台北縣的四縣份交界之深山集水區，自喀拉業山主脊稜線向東北延伸，經馬惱山、眉有岩山、唐穗山、棲蘭山直至拳頭母山之雪山山脈主脊稜線兩側大片山區皆屬其範圍。而北橫公路與中橫宜蘭支線的交叉口，為前往梨山、太平山必經之地。亦是北部乃至台灣維生生態系的保育中樞地域之一。本研究以棲蘭山林區內含檜木老林區域，作為本研究的試區，其研究範圍約 8.3×12.7 平方公里。

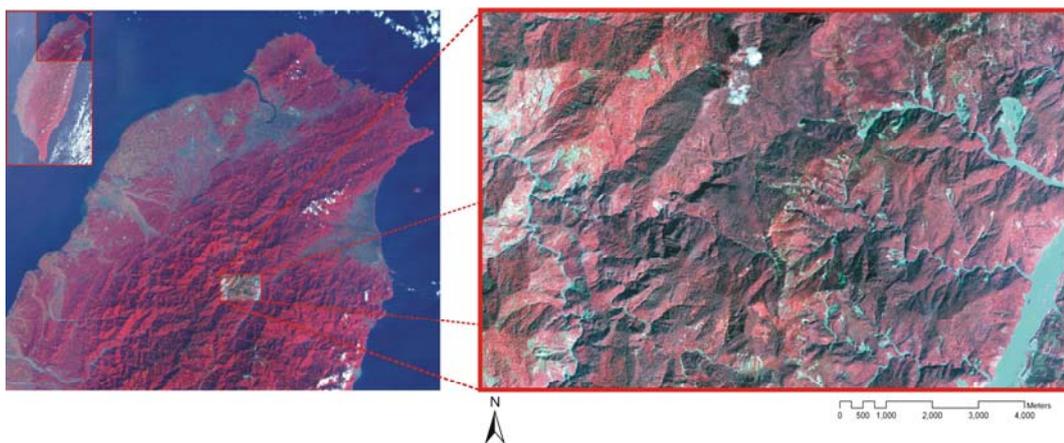


圖6 研究範圍圖

## 二、研究試區概況

棲蘭山林區位處雪山山脈北段區域，為大壩尖山、桃山、眉有岩山(2,328 公尺)、唐穗山(2,090 公尺)、棲蘭山(1,918 公尺)、拳頭母山(1,551 公尺)、達觀山等所圍繞成的山域，處於中高海拔 500~2,000 公尺的闊葉林帶，為充滿水氣之高濕度霧林帶山區，此山域因峰高、谷深、雨霧足，形成孤島式的封閉性生態環境，氣候溫暖、濕度高及土壤肥沃，因此此地區植物茂盛且種類繁多的森林，主要構成分子為樟櫟群叢 (Lauro Fagaceae Association) 等落葉及常綠闊葉樹 (劉業經等，1994)，亦使得生於檜木林帶之珍稀裸子植物，常見如紅檜及扁柏分佈，皆因長期隔離演化，而形成台灣僅有的特有種，而這些特有種針葉類珍稀裸子植物群，歷經數千萬年至上億年的演替，堪稱「活化石樹」，在生態演化上具有指標地位，合乎世界自然遺產認定標準 (文建會文化資產入口網站)。

本研究試區內的原生物種相當豐富，如維管束植物有 100 種，種類相當豐富。在以霧林帶為主要生育環境的種類中，屬於臺灣特有種佔 38.5%，明顯高於臺灣維管束植物之特有比例 (27%)，可見霧林帶物種之特殊性。試區內植物有 62 種屬於稀有植物，其

中棲蘭杜鵑及鴛鴦湖細辛為本區特有之植物。此外，本區之森林植被主要可分為檜木林、鐵杉林及松林等三種類型，其中又以檜木林為最主要類型，尤其是扁柏林為全球唯一殘存最大面積的天然純林（文建會舊站提供，台灣世界遺產潛力點--狀況陳述）。

本研究之試區環境概況，就地理位置而言，本區位於雪山山脈的北段區域，是分屬蘭陽溪水系及大漢溪水系上游地區。標高在 2,500 公尺以下，所呈現的地勢走向是由西南至東北，山脈多呈東北走向，使得東北季風順谷流動，故氣候濕潤。七、八月氣溫最高平均 27°C 左右，最低一至二月平均在 13°C 左右，年雨量在 1,700~2,500 公釐，屬重濕型氣候，常年雲霧瀰漫。本區土壤以腐植壤土分布最廣，土壤呈暗灰色，團粒構造疏鬆通氣良好，適宜林木生長，其次為砂質壤土、石礫土、腐質土等，而在急斜地及山稜線上之表土，因土壤淺薄易使林木不易生長，多為箭竹地、草生地或岩石地等（阮筱雯，2005）。就地質分佈而言，本地形區位於中央山脈東斜面，由第三紀亞變質岩層所組成，主要分布地層為廬山層，其次發育於雪山山脈地域的地層，即四稜砂岩及乾溝層（如圖 7），大部分之岩層由硬頁岩、板岩、變質泥質沉積物及砂岩所組成。其主要地層及岩性如表 8：

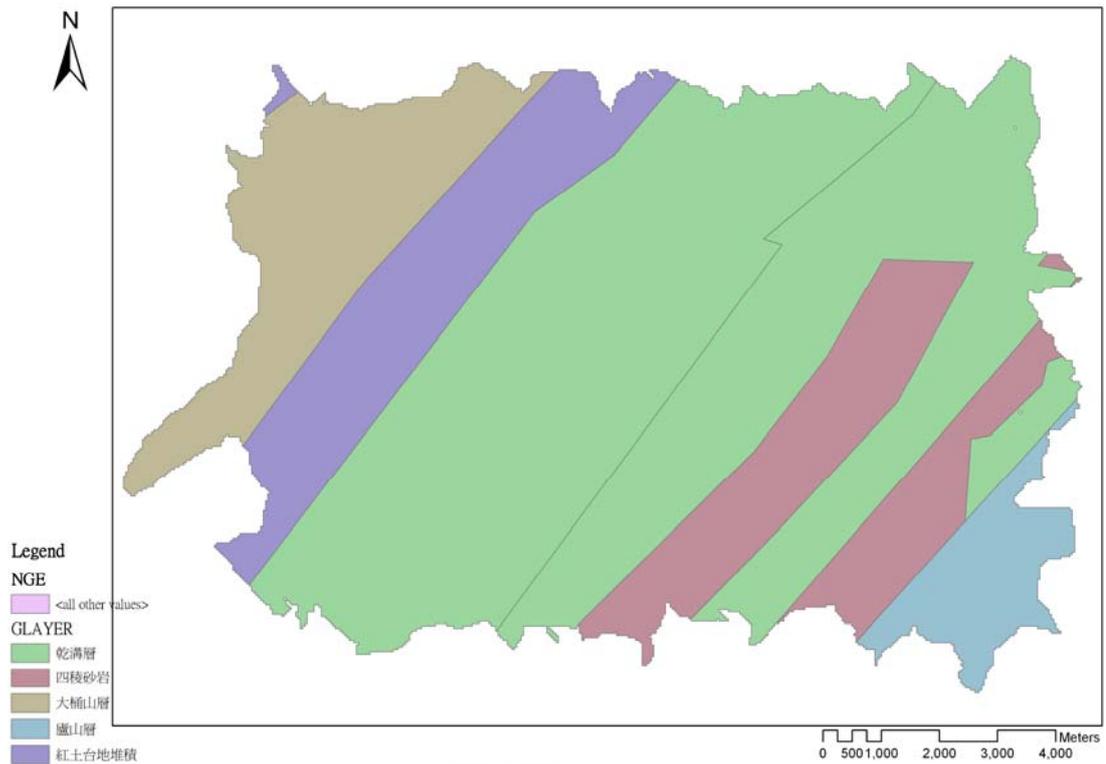


圖 7 試區岩層之分布圖

(資料來源：中央地質調查所全球資訊網，本研究製作)

表 8 地層及岩性關係表

地 層	岩 性
廬山層	本層大部分由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩互層組成，含有零星散布的泥灰岩團塊，厚度約在數千公尺左右。
乾溝層	本層受了變堅作用成為硬泥岩或是受了變質作用成為半板岩的黑色到深灰色泥質沉積物為主。硬泥岩和半板岩相當的緻密，通常形成陡壁。岩石風化後常見表面剝落產生長條狀裂片稱鉛筆構造。乾溝層中所含砂岩與粉砂岩夾層不多，但較粗粒的成分由下而上逐漸增加，所以慢慢的就由乾溝層遞變為粗窟層。

續下頁

大桶山層	<p>本層是由覆於乾溝層上之變質泥質沉積物所組成，由暗灰色到黑色硬頁岩、顏色相近的灰色細粒砂岩和泥砂岩互層構成，沒有明顯的界線。硬頁岩與砂岩或粉砂岩彼此漸變，兩者間難作明顯劃分。堅硬緻密的泥質粉砂岩抗蝕力強，常沿著河床形成陡壁，地形上和砂岩的豚背狀地貌很相似，這是大桶山層一個最明顯的特徵，分布在雪山山脈帶的主要皺曲構造中間。</p>
四稜砂岩	<p>四稜砂岩是一個很重要的岩性層準，其特徵就是以厚層淺灰色到灰白色石英岩質砂岩或石英岩為主，夾有暗灰色硬頁岩或板岩，砂岩混有炭質頁岩時常呈現暗灰的色調。砂岩是中粒到粗粒，甚至可以達到礫石般大的粗粒石英岩，砂岩中常見交錯偽層和波痕。在這個背斜的東南翼，四稜砂岩厚約三百五十公尺，大部分由白色石英岩構成；但是到同一背斜的西北翼，四稜砂岩被一層厚約一百五十公尺的硬頁岩分為二部，其全部厚度可以增加到七百餘公尺。</p>

改編自 林俊全、陳培源，2006

棲蘭山林區轄內包含有台灣扁柏、紅檜所組成的檜木林等原生豐富珍貴稀有的物種，但經過百年伐木營林之後，目前僅存以扁柏為主的檜木原始林區，該天然檜木林以巨大的生立木、為數眾多的白化枯立木以及優美林相所著稱，在經過自然演化而形成特殊適應生存方式，長期進化過程形成天然龐大的基因庫，這些演化之基因不但是遺傳改良中所需要的原料（蔡正一，2006），同時為全球冰河子遺，世界級國寶活化石生態系。此外，棲蘭山林區因地處全台最大降雨帶，亦受到天然災害的破壞，使得植物林區資源逐日減少，不但降低國土保安、水源涵養與提供棲息地等功效，更直接使許多物種基因有流失之疑慮，特別如華盛頓公約注意到全球珍貴稀有植物種保護，並將引發資源危機的物種列為重要課題（何坤益，2005）。因此本研究區域為台灣水土保持、國土保安最重要的林帶（森保處，2003；台灣研究網路化網站），同時這些台灣稀有及瀕危的物種亟需進行必要的保護及經營措施，故國家森林主管機關應如何建立監測、分析與檢討全國森林資源的調查資料，以及應如何有效的更新森林資源和敏感區之劃設等（如永續指標、國民綠色帳、生物多樣性指標），將關係到台灣對生態保育工作上之成就，故本研究以棲蘭山林區之檜木老林做為主要的研究對象。

### 三、研究材料

#### (一) SPOT 衛星影像

本研究所使用的衛星影像是屬於法國人造衛星 SPOT5 之多光譜影像，係購自於國立中央大學太空及遙測中心 (CSRSR)，該衛星於 2002 年 5 月 4 日發射升空，擁有 3 種光學儀器分別為兩個 HRG、VI(Vegetation Instrument)、以及 HRS 等。其中 VI 與 SPOT-4 相同，是專用於地表植被分析研究的儀器。每一個 HRG 儀器分別擁有兩個全光譜影像(HM)、一個多光譜影像(HI)、以及一個短波紅外線波段(SWIR)影像。其中 HM 有 12000 個 CCD，空間解析度為 5 公尺；HI 有 6000 個 CCD，空間解析度為 10 公尺；而 SWIR 則有 3000 個 CCD，空間解析度為 20 公尺。若利用兩組 HRG 感測器同時拍攝 HM 資料，再經過影像融合處理，可以提昇其空間解析度到 2.5 公尺，稱為超解像模式(Supermode)影像，而像幅寬度仍維持為 60 公里，是目前中高解析度衛星中幅寬最廣之衛星資料。

在定位精度方面，過去 SPOT-1~4 衛星利用載體軌道參數所得到之絕對定位誤差約為 1000 公尺，而 SPOT-5 衛星利用 Start Tracker 與 DORIS 系統進行姿態與軌道位置之定位，在未使用地面控制點且為平坦地形之絕對定位精度已可提高到 50

公尺。另外，HRS 為立體觀測感測器，專為製作數值地形模型而設計，其拍攝範圍為 120 公里(寬)×600 公里(長)，拍攝方式為同軌立體，以便獲取相同大氣狀況之立體影像，其空間解析度為 10 公尺(Across Track)×10 公尺(Along Track)，並且在沿軌道方向重複取樣(Over Sampling)。由於此感測器之觀測視角固定為 40 度，使得基線航高比(B/H)可高達 0.84，加上高精度之軌道參數，在平坦地形且未使用地面控制點之情況下，所製作之數值地形模型其定位精度約可達 15 公尺。(國立中央大學太空及遙測中心；曾聖權，2005)。

圖 8 為本研究棲蘭山林區之 SPOT-5 衛星影像，拍攝於 2005 年 3 月 16 日。

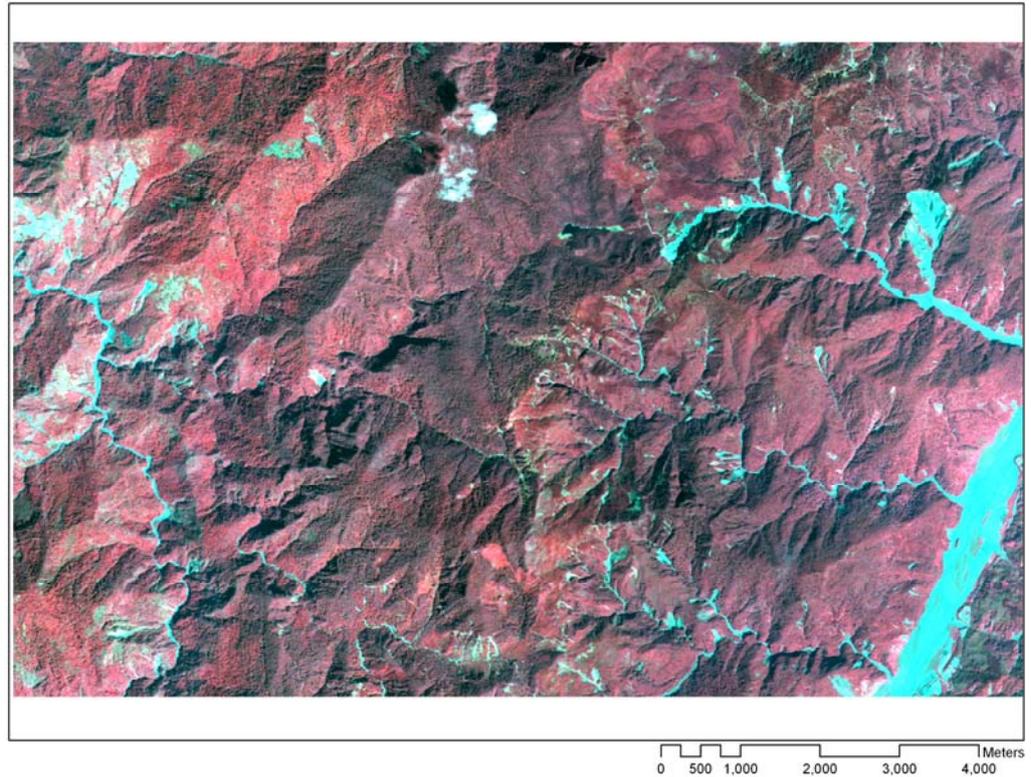


圖 8 SPOT-5 衛星影像

## (二) 數值地形模型

本研究所使用的數值地形模型（如圖 9）來自林務局農林航空測量所，該資料係利用立體解析製圖儀在航空照片立體繪製，以每 40 公尺×40 公尺的網格間距數化高程點，然後以 X、Y、Z 三維座標方式，經地形點內插法計算處理加密後，形成具有高程值之規則網格來傳達地表空間型態的空間關係，除了用來產生研究所需之坡度圖（如圖 10）、等高線圖（如圖 11）及坡向（如圖 12）等相關資訊之外（陳文福、鄭新興，1997），亦提供自動化粹取河川網路和集水區單元之用，供後續潛在敏感區劃設之用。

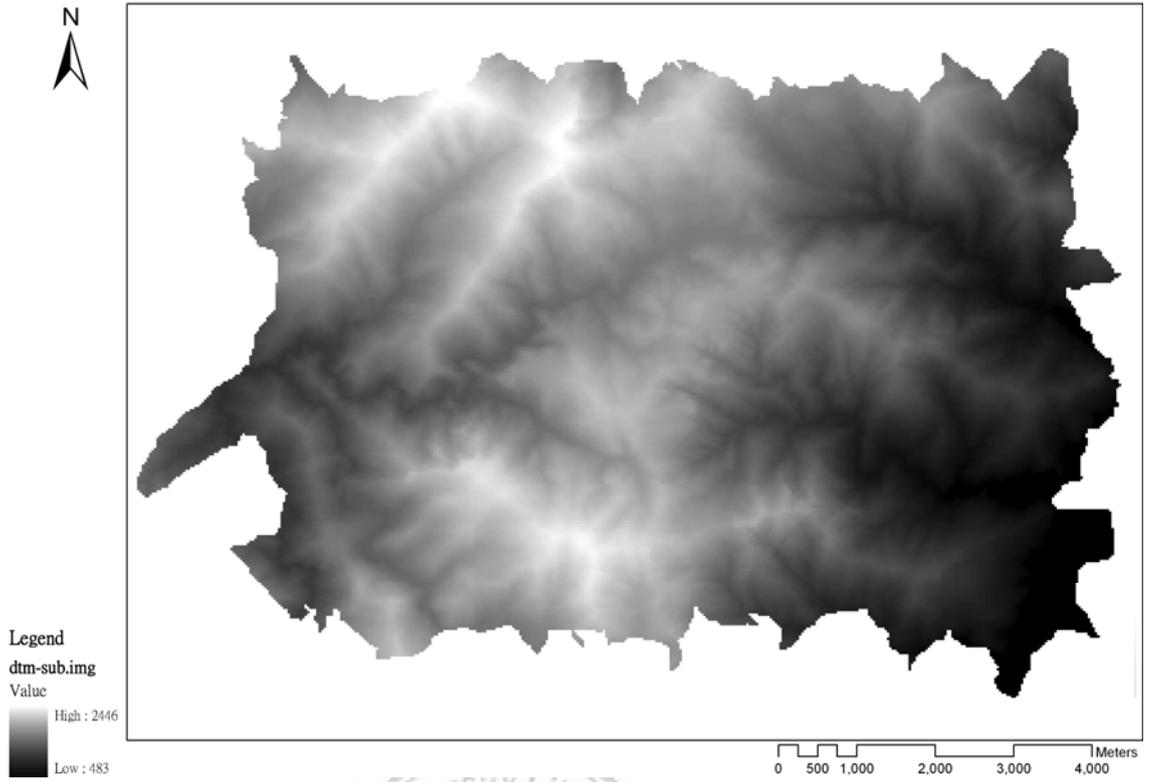


圖 9 數值地形模型

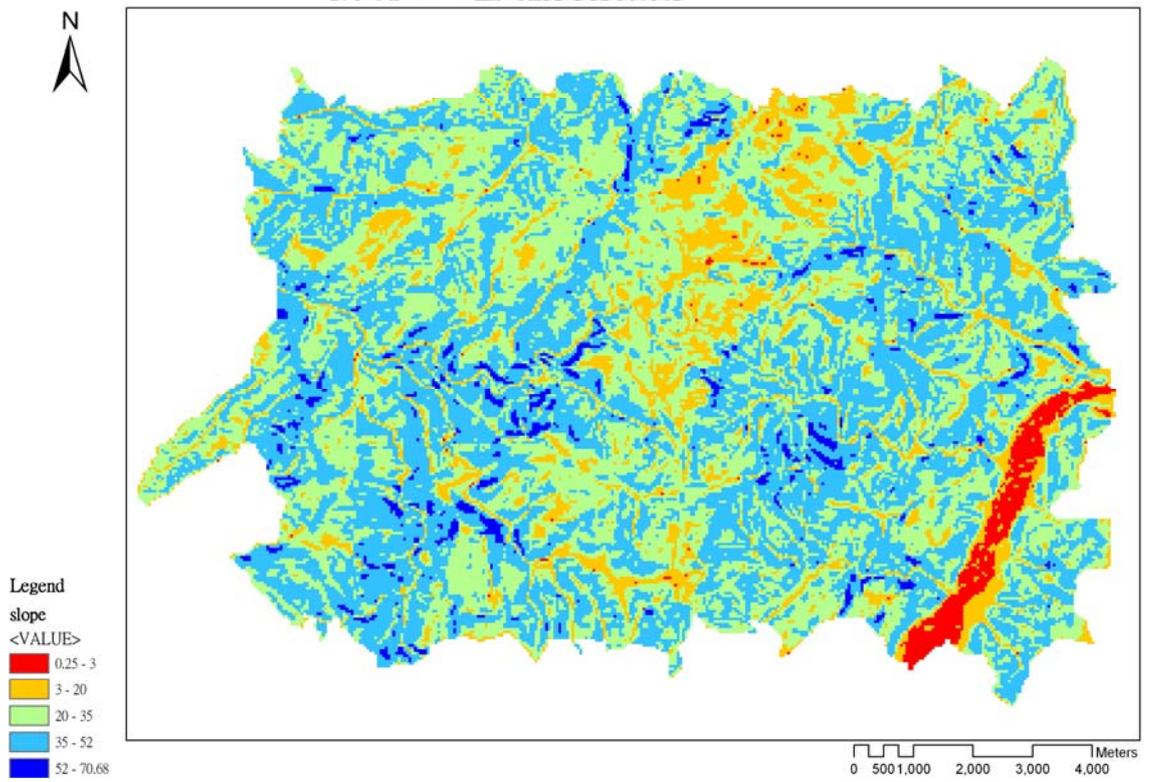


圖 10 坡度圖

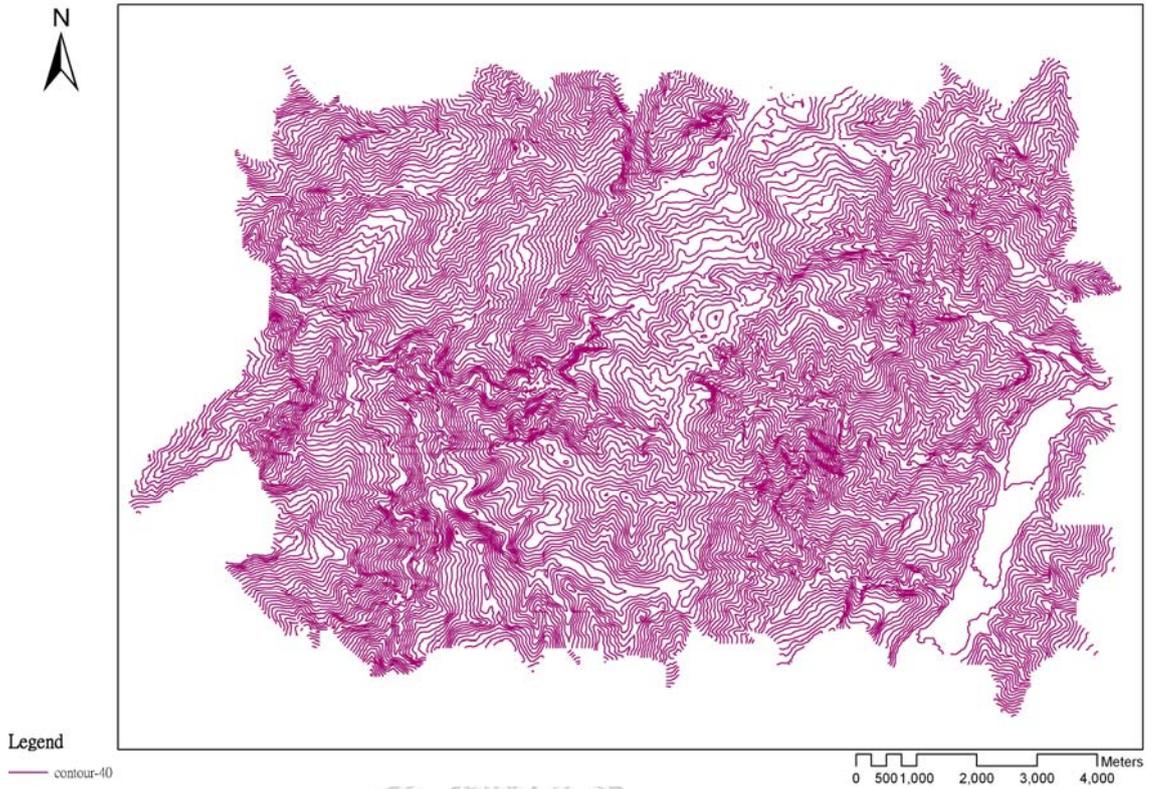


圖 11 等高線圖

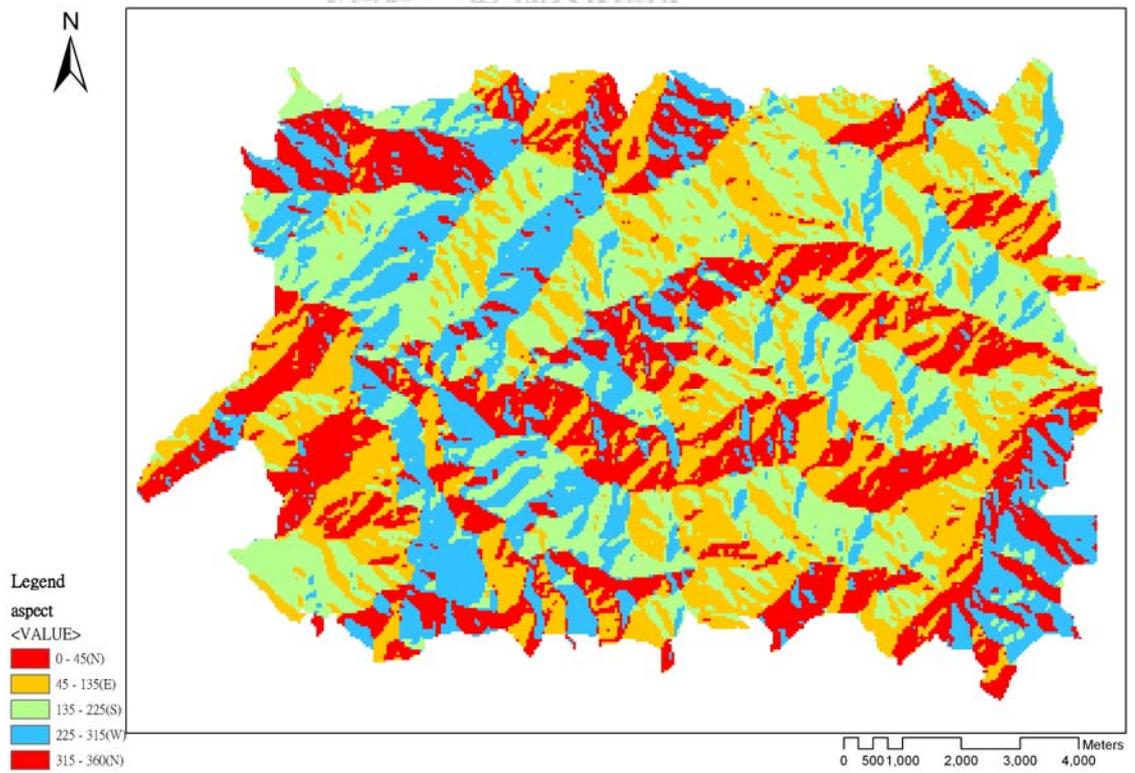


圖 12 坡向圖

### (三) 地質圖

地質圖來自中央地質調查所全球資訊網站，係經地理資訊系統數化而得。

### (四) 像片基本圖

係向林務局農林航空測量所價購最近一期拍攝的彩色像片基本圖，由於試區範圍內近期像片基本圖不完全，因此選擇第一版(1983年3月)的資料作為對照比較及分析之用(如圖13)。

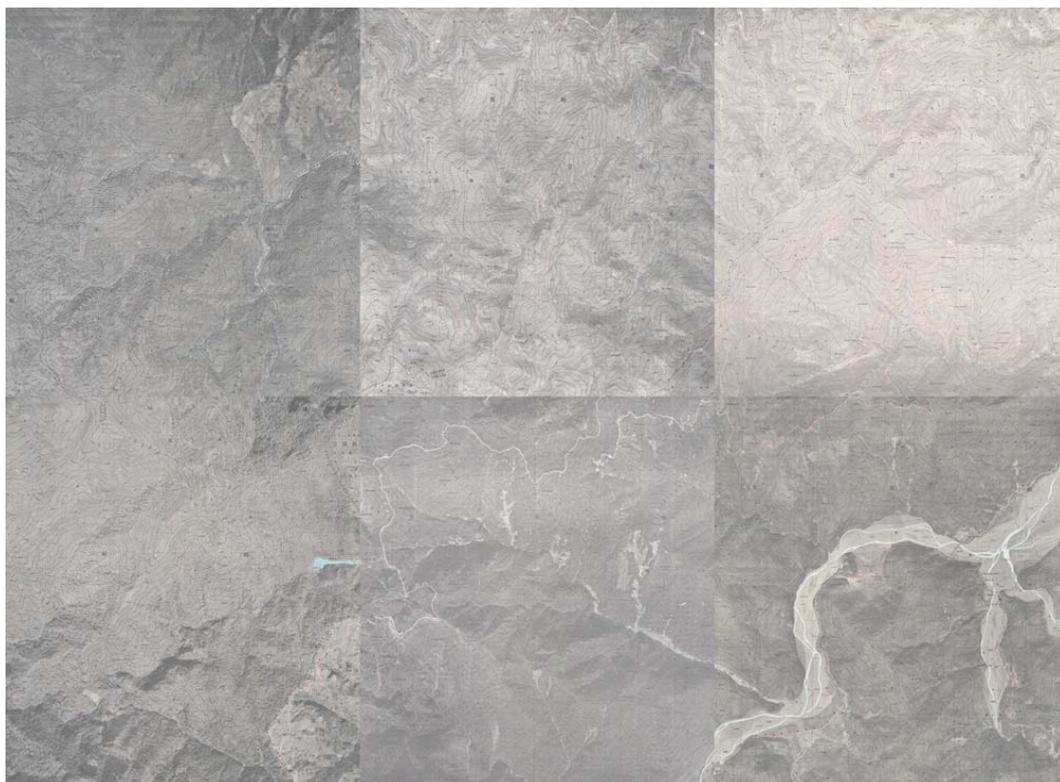


圖 13 像片基本圖

### (五) 設備

採用的設備在硬體方面主要有繪圖機、彩色雷射印表機及個人電腦；軟體部份為 ESRI (Environmental Systems Research Institute)所發展之 ArcGIS 9.1 地理資訊系統軟體、ERDAS IMAGINE 8.7 遙測影像處理系統以及 SAS 統計軟體，作業系統為 Microsoft Windows。

## 第二節 集水區分級單元之自動化萃取

參考前人研究 (Lai et al.,1997；鄭祈全等，2000)所提的方法，利用數值地形模型自動萃取崩塌潛在敏感區所需之河川網路及集水區的方法，萃取過程係使用 ARC/INFO 巨集語言 AML(ARC Macro Language)完成河川網路及集水區的自動化萃取，圖 14 為利用數值地形模型自動化萃取河川網路和集水區單元之流程圖。

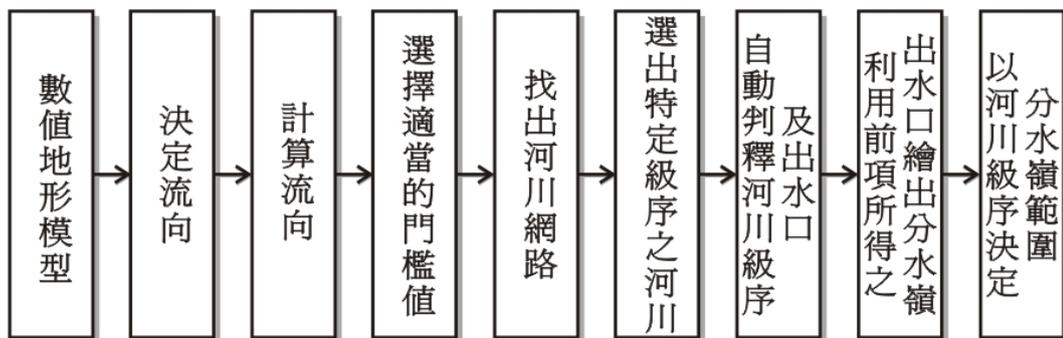


圖14 自動化萃取河川網路及集水區之流程圖

有關河川網路及集水區之自動化粹取步驟分述如下：

#### 一、河川網路之粹取

集水區單元之粹取與河川網路累積流量門檻值(Threshold value)之設定具有密切的關係(鄭祈全等，2000)。本研究有關門檻值的設定係參考前人研究成果(Cheng, 1993；Lai et al, 1997)，利用數值地形模型自動化粹取河川網路，之後將所得之河川網路予以編號，並分析其河川級序，供萃取集水區單元之用。

#### 二、集水區單元之粹取

集水區之自動化粹取可依據研究目的，選擇適當之河川級序作為劃分集水區之基礎。本研究係參考鄭祈全等(2000)所提的方法，利用 ARC/INFO 巨集語言自動分析河川網路，並判釋河川級序和搜尋出水口，然後根據所設定的河川級序自動粹取出集水區，提供本研究劃設潛在敏感區單元之用。

### 第三節 蝕溝強度之分類

本研究有關崩塌潛在敏感區的劃設主要是以河川造成的崩塌為探討對象，所使用的參數是以造成河川崩塌之坡度與蝕溝指數二項因子為主，因此研究過程中除了利用數值地形模型萃取崩塌

潛在敏感區所需之分析單元之外，仍需計算河川兩岸的平均坡度與蝕溝指數，供判定蝕溝強度之用。

### 一、河川兩岸平均坡度之計算

由於本研究採用網格式數值地形模型，每一像元的解析力為 40 公尺×40 公尺，因此在坡度計算時，以河川兩岸各 40 公尺的範圍做為計算平均坡度之基礎，其作業方式係利用 ArcGIS 之空間分析系統，將每一集水區單元內之河川兩岸各 40 公尺處劃設為緩衝區(buffer)，然後根據數值地形模型所產生的坡度圖和劃設的緩衝區做套疊，分別計算其平均坡度，並將該平均坡度視為集水區單元之平均坡度，最後將這些緩衝區編號，作為後續判定河川蝕溝強度之依據。

### 二、蝕溝指數

將數值地形模型產生的等高線圖和上述劃設的緩衝區做套疊切割，再判定每一緩衝區內之等高線夾角角度，然後參考張石角教授（1987）所提出之「地表沖蝕現象分級表」（如表 9）來評估每一緩衝區的平均蝕溝指數，作為後續評估崩塌潛在敏感區之蝕溝強度之依據。

表9 地表沖蝕現象分級表

等級	地表現象	現象描述
1	小沖蝕溝	同一等高線轉折兩段延長線之交角大於 90 度
2	中沖蝕溝	60~90 度
3	大沖蝕溝	小於 60 度
若坡度大於 45% 時，等級必須再加一級		

改編自 張石角(1987)

### 三、迴歸分析

在求得河川兩岸平均坡度和蝕溝指數之後，另以簡單直線迴歸分析二者間的關係，其目的主要是因蝕溝指數的判定，作業上係以人為判讀為主，此方法耗費較多的人力與作業時間，因此若能透過模式，以自動化方式快速求取坡度後，再直接推算蝕溝指數，將是本研究應用遙測技術劃設崩塌潛在敏感區之另一重要突破。為達成此目的和提高作業的可行性，本步驟先採用隨機抽樣方式選取部份的集水區單元作為樣本，然後透過簡單直線迴歸分析，探討平均坡度和蝕溝指數之間的關係，若二者無顯著關係，則代表蝕溝指數無法藉由平均坡度換算而得，反之則代表蝕溝指數可藉由容易取得的平均坡度直接推估求得，如此便可進一步用該迴歸式求得所有集水區的蝕溝指數。

#### 四、非階層式群落分析

當利用簡單直線迴歸求得所有集水區的蝕溝指數之後，接著利用多變量統計方法之非階層式群落分析(nonhierarchical cluster analysis)方法中的 K-means 方法進行群落分析，其主要優點在於能快速將大量資料分為不同群，使各群之間的差異最大（賴晃宇等，1997；阮筱雯，2005）再根據平均坡度和蝕溝指數二項因子，將所有的集水區分成蝕溝強度不同的群組，惟群落分析過程中需要決定最佳的群落組數，供建立崩塌潛在敏感區之組數依據。關於此部份，本研究利用 SAS 統計軟體，先假設組數為二、三或四等，然後分別執行群落分析，並根據 SAS 計算出的立方群落指數值(Cubic clustering criterion, CCC)來判定最佳的群落組數，而最佳群落數的判斷標準值位於 CCC 值域之劇變處。經群落分析法歸類後的群組，由其平均坡度和蝕溝指數即可看出群組的蝕溝強度，最後再以地理資訊系統展示整個試區的蝕溝強度圖，供做為崩塌潛在敏感區圖之用。

#### 第四節 檜木老林區於崩塌潛在敏感區圖之空間區位評估

評估檜木老林區於崩塌潛在敏感區之空間區位關係，除了需要上述崩塌潛在敏感區圖之外，還需要檜木老林分佈圖資料。本

研究為獲取檜木老林分佈圖資料，首先根據阮筱雯(2005)報告中之棲蘭山林區檜木老林分佈位置圖(圖 15)，切取 SPOT-5 衛星影像(圖 8)，再應用混合式影像分類方法產生檜木老林分佈圖，並選取數個檢核區供分類準確度評估之用。最後藉助地理資訊系統之空間分析技術，評估檜木老林區於崩塌潛在敏感區之空間區位關係及其影響效應。

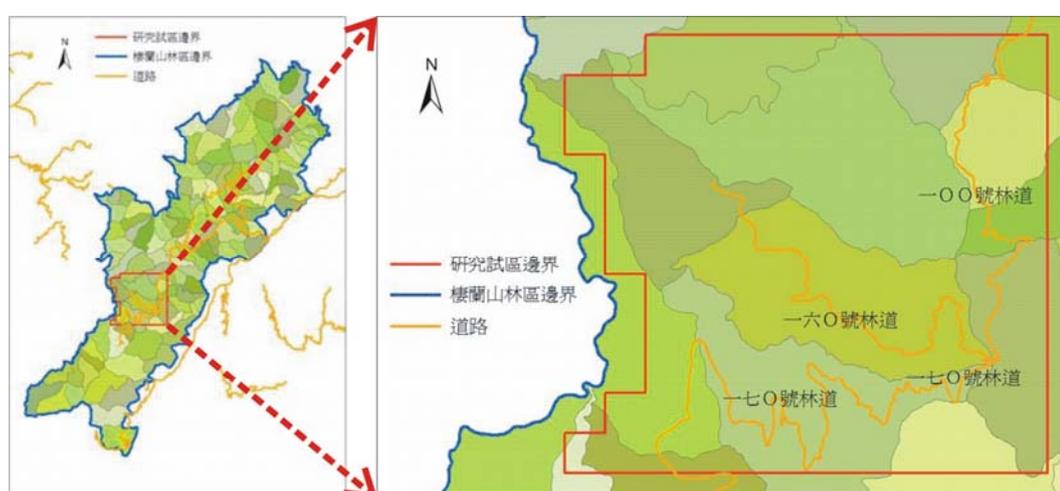


圖 15 檜木老林位於 160 和 170 林道附近之分佈圖 (阮筱雯, 2005)

至於應用遙測技術繪製檜木老林分佈圖(cover type map)的方法，基本上可分成監督式和非監督式二類，但本研究採用混合式分類法(hybrid classification)產生檜木老林和非檜木老林分類圖，供評估檜木老林區是否落在崩塌潛在敏感區內。採用混合式分類法的主要原因是因前人研究(Lillesand & Kiefer, 2000)指出，該方法係綜合監督和非監督的優點，可提高分類之準確度和速度。有關混

合式分類法的步驟分述如下：

- (一) 在研究地區不同地點處選擇一些區塊，每個區塊至少包含二種以上的土地覆蓋類型。
- (二) 利用群落分析法將這些區塊作非監督分類。
- (三) 檢查每一區塊執行非監督分類後之光譜類別，根據轉換分散度(transformed divergence, TD)如公式 1，決定刪除或合併光譜類別。

$$TD = 2000[1 - \exp(-D/8)] \quad \text{-----}(1)$$

$$D = \frac{1}{2} \text{tr}(\sum_i - \sum_j) \sum_i^{-1} - \sum_j^{-1} + \frac{1}{2} \text{tr}[\sum_i^{-1} - \sum_j^{-1} (m_i - m_j)(m_i - m_j)^T]$$

式中：

TD：轉換分散度，D：分散度

$\sum_i$ ：組類i之共變數矩陣

$m_i$ ：組類i之均數向量

$\text{tr}[A]$ ：A矩陣對角線元素總和

- (四) 針對區塊間的光譜類別，重複步驟三之合併和刪除作業，最後確定所要的光譜統計特徵值。

- (五) 利用步驟四之光譜統計特徵值，以最大概似分類法進行試區之監督分類，並完成老林與非老林分類圖，最後再利用檢核區評估分類準確度。