

應用DEM於山坡地土地可利用限度分類查定之研究

陳文福⁽¹⁾ 宋文彬⁽²⁾ 馮正一^{(3)*} 陳啟天⁽⁴⁾

摘要

山坡地分類查定工作是一種法定工作，政府藉由山坡地分類查定，達到山坡地開發利用及保育並重原則，使得山坡地國土資源得以永續利用及維護國土保安。數值高程模型(DEM)已成爲資源調查普遍應用的技術，如果能再應用地理資訊系統(GIS)即可在室內快速地瞭解坡度環境的區域特性。現行查定工作皆以現場野外調查爲主，所以應用 DEM 在輔助坡度因子之判定與查定上以增加速度與正確性，自有其必要性。本研究係以數化完成之山坡地地籍圖資料庫與 DEM，利用 GIS 所提供應用模組之分析功能，處理大量地籍與地形資料，進行每一地籍坵塊坡度分析，進而對不同解析度 DEM 所產生的平均坡度差異性進行比較，並和實際完成查定之資料加以比對，探討最切合現況之 DEM 解析度。本研究之成果可爲進行更合理化山坡地土地利用分類與查定之參考。

(**關鍵詞**：數值高程模型、山坡地、土地可利用限度、分類查定)

A Study of Applying DEM on Slopeland Land Use Classification and Identification

Wen-Fu Chen⁽¹⁾

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung, 402 Taiwan

Wen-Bin Sung⁽²⁾

Section Manager, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Taiwan.

Zheng-Yi Feng⁽³⁾

Assistant Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing
University, Taichung, 402 Taiwan *Corresponding author

Chi-Tien Chen⁽⁴⁾

Chinese Taipei Society of Photogrammetry Remote Sensing, Taiwan.

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2) 行政院農委會水土保持局科長

(3) 國立中興大學水土保持學系助理教授 *通訊作者

(4) 中華民國航空測量及遙感探測學會工程師

ABSTRACT

Sloped land use classification and identification is a statutory task. The government enforces sloped land use classification and identification to balance the utilization and conservation of sloped land, and also for sustainable usage and protection of sloped land resources. Digital elevation model (DEM) has become a popular tool in resource investigations. With application of geographical information system (GIS), local environmental characteristics can be rapidly understood in office. Current practice of sloped land use classification and identification is based on in-situ field examination. Therefore, application of DEM in sloped land judgment and identification is necessary to increase correctness and speed. This study use digitized cadastral database and DEM in a GIS with analytical modulus to handle large amount of cadastral and topographical data. Each cadastral unit is analyzed for its sloping classifications. In addition, differences were evaluated among the results made from several different resolutions of DEM. The results were also compared with the actual field identification results. Discussions are made on what resolutions of DEM is the most suitable to be analyzed in fitting field identification results. Results of this study can be a reference of a more rational approach for sloped land use classification and identification.

(Keywords: Digital elevation model, sloped land, limits of land use, classification and identification)

前 言

大地是人類生活的搖籃，推動自然農法的原則是與生態共生、並與自然界取得平衡發展。所以，順應台灣頻繁之天災地變與崩塌、土石流，大地早已建立一套繁複之自我查定機制在運作。水和土決定農業生產和林業生產的根本因素。如果某個地區發生水土流失，就是那裡的土地利用有了問題，那裡的生產面積一定會逐年減少，並且把水利變成水害，更嚴重的是引起水災、旱災，影響所有的生產事宜。

為使山坡地土地利用、水土資源保育及自然生態環境保護求得平衡點，需做好山坡地土地可利用限度查定工作。山坡地保育利用條例第十六條明定：「山坡地供農業使用者，應實施土地可利用限度分類，並由中央或直轄市主管機關完成宜農、牧地、宜林地、加強保育地查定」。本研究係以山坡地保育利用條例第 3 條所規定之山坡地(台灣省部分)為對象，查定結果依山坡地保育利用條例施

行細則第 12 條規定，完成查定結果公告通知作業後，提供地政單位辦理非都市土地編定使用地類別之參考依據，及各縣市政府辦理宜農牧地農業輔導、宜林地、加強保育地輔導造林之土地資料。

山坡地土地可利用限度分類標準係依山坡地之平均坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等條件，將山坡地查定區分為 6 等級：(一)1 級地至 4 級地為「宜農牧地」，可供農耕或畜牧經營利用；(二)5 級地為「宜林地」，應實施造林或維持自然林木及植生覆蓋；(三)6 級地為「加強保育地」，應加強保育處理之土地。

我國現行的「山坡地土地可利用限度分類標準」，宜農牧地用到的 55% 坡度，已是最世界上最陡的坡度之一。各國宜農地之最大坡度情形為：美國及南非為 12%，菲律賓 25%，以色列 35%，韓國 40%，日本為 30° (57.7%)，大陸為 25° (46.6%)。

水土保持與山坡地管理有其重要性、急

迫性及複雜性，而水土保持工作的成效有其『有限性』，並非『萬靈丹』，必須要有整體性、持續性、預防性和防災性的推動，並作必要的保育治理與維護措施，始能見效。惟此項工作目前以現場及圖面作業為主，需耗費相當多之時間、人力及財力去從事土地查定工作。

地形是地理環境的自然特徵，而等高線 (Contour Lines) 是地形圖表現地形最常被使用之方法。在環境分析的應用領域中，使用地形圖上的等高線進行坡度 (Slope)、坡向 (Aspect)、視域分析 (Viewshed Analysis) 等地形測計工作時，等高線是常用之高程參考數據來源。自 1970 年以後，使用電腦數位的方式儲存地形高程資料，已成為資源調查普遍應用的技術，這種方法被稱作數值高程模型 (Digital Elevation Model, 以下簡稱 DEM)。地理資訊系統 (Geographic Information System, 以下簡稱 GIS) 可自動生產相關地形資訊。利用 GIS 與 DEM 有助於查定之室內工作進行，亦可快速瞭解區域性的坡度環境特質，目前查定工作大多以現場野外調查為主，因此利用 GIS 與 DEM 輔助判定查定坡度因子有其必要性。

現場查定工作中之坡度量測工作，必須先確認土地界址位置及範圍，按土地自然排水方向之傾斜比以百分率表示之。一般山坡地之坡面並不一定是單純一致之坡面，其地形變化，在同一筆土地內可能有多種不同變化起伏、凹凸、高低之坡面，所以一般所言之土地坡度皆採平均坡度表示之。

本研究利用已數化之山坡地地籍圖資料庫與 DEM，利用 GIS 軟體提供之 Spatial Analyst 及 3D Analyst 應用模組的分析功能，處理大量地理資料，進行每一地籍坵塊之坡度分析，進而對不同解析度 DEM 產生平均坡度之差異進行比較，並和實際完成查定資料之坡度及土壤因子加以比對，探討最切合實際現況之 DEM 解析度。

針對山坡地土地可利用限度之分類分級

查定基準規定。本研究選定雲林縣古坑地區之數位地籍圖及不同解析度高程值資料，利用 ArcGIS 9.0 的 Spatial Analyst 及 3D Analyst 模組，所提供的坡度分析模組進行分析，計算每一個網格的坡度值，以供比對山坡地土地可利用限度查定之資料。

文獻回顧

一、查定坡度計算方式

查定坡度計算方式有坵塊法、等高線法、自動化方法等三種，前兩種為水土保持技術規範第二十五條之平均坡度之計算方法，各方法如下所述：

(一) 坵塊法-適用於未有「地形均質區分佈圖」時

平均坡度計算公式：在實測地形圖上每十公尺或二十五公尺畫一方格坵塊，每方格 (坵塊) 各邊與地圖等高線相交點之點數，註於各方格邊上，再將四邊之交點數總和註在方格中間。依交點數與方格邊長，以下列公式求得坵塊內平均坡度 (S) 或傾斜角 (θ)。求出其平均坡度 (S) 百分比。其求法如下：

$$S(\%) = \frac{n\pi h}{8L} \times 100 \quad (1)$$

式中，

S ：坡度 (方格內平均坡度百分比)

h ：等高線間距 (公尺)

L ：方格 (坵塊) 邊長 (公尺)

n ：方格內等高線與方格邊線交點總和數

π ：圓周率 (3.14)

(二) 等高線法-適用於已有「地形均質區分佈圖」時

依地形圖上等高線之疏密程度劃「坡度均質區」。以每一坡度均質區之最高與最低等高線間 (兩點間高差 h) 之垂直線長度 (兩間點之水平距離 L) 計算該區之平均坡度：

$$S(\%) = \frac{h}{L} \times 100 \quad (2)$$

式中，

S ：平均坡度（百分比）。

h ：兩點間高差（公尺）。

L ：兩點間之水平距離（公尺）。

以「等高線法」求得之平均坡度，其分佈態勢較接近於實際情況；而以「坵塊法」求得之平均坡度則較實際為緩。當坵塊之邊長酌予縮短時，精度可相對提高，但作業也趨於繁瑣。例如，建築技術規範的山坡地建築是以比例尺大於 1/1,200 的實測地形圖為基本圖，在地形圖上畫上正方形的坵塊之邊長不大於 25 公尺。本研究如要採用坵塊法判定則需使用 1/1,000 地形圖才能達到法規中的精度要求，惟欲進行數值分析前需先進行圖資的清繪，而圖資的清繪需耗費龐大的人力與時間成本。

（三）自動化方法

利用 ArcGIS 的 Spatial Analyst 及 3D Analyst 模組，所提供的坡度分析對數值地形模型(DTM)圖層進行分析：

1. Spatial Analyst

以 ArcGIS Spatial Analyst 中的坡度分析功能，自動計算每個網格點的坡度值。

2. 3D Analyst

以 ArcGIS 3D Analyst 中的 Raster 轉 TIN 功能，將 DEM 圖層轉換成 TIN 格式，即自動產生坡度坡向資料。

綜合以上四種坡度計算的優缺點可得表 1。本研究採用不同解析度的 DEM 資料，以 ArcGIS Spatial Analyst 中的地形分析功能，使用 3×3 子矩陣 (sub matrix) 自動計算每一網格點的坡度並分級，如此可以加快自動化作業程序。

二、地理資料模型

地理資料是空間資料的一種，包含點、線、面所有代表地理資料個體的圖徵 (features)。在資料格式方面，有向量式及網格式。採用網格式的 DEM 作數值地貌分析，最適用於大範圍區域性之地理研究。

（一）數值地形模型

數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 和數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 的概念易混淆。DEM 僅含有 X 座標、Y 座標、Z 高程值，而利用高程值作所須之分析與應用。DTM 則除了高程以外，還隱含著地形地表上景觀的屬性資料及地表高度，如水系、流域或山谷等他項資訊，目前使用較廣泛的是 DEM；台灣地區所使用的亦都為 DEM 資料 (周天穎，2000)。

DEM 的生產方式有三種：第一種是航空測量法與遙感探測測量法，靠雙眼立體視覺，從立體製圖儀的共軛立體像對上直接算出高度；第二種是應用大比例尺的像片基本圖上的等高線資料，須先由人工數化等高線再由 ArcGIS 軟體轉換；第三種是由野外調查測量製作 DEM。

（二）數值地形資料格式

現今最常被採用的數值地形模式有規則網格 (Regular Grid)、不規則三角網 (Triangulated Irregular Network, TIN) 及數值等高線 (Digital Contour)。前兩者屬於點模式，後者屬於線模式。他們都是以有限樣本點來表現地表空間現象，網格越大，資料之解析度越差，抽樣點就越少。反之，抽樣值越高的數值地形模型，越能表現真實地表起伏狀態。三者間的差異 (見表 2)，他們特性分述如下：

1. 規則網點 (Regular Grid)：沿著一組垂直正交的網格上，量取每一網格交點上的高度，點與點間的距離就是資料解析度的大小。沿著固定距離登錄地面高度，形成一規則矩陣的高度資料結構。但此種抽樣紀錄的方式，在地形崎嶇的地方容易忽略重要的地形特徵，在平地則容易造成資料的累贅 (賴進貴，1994)。

2. 數值等高線 (Digital Contour)：數值等高線是由一連串的離散點所組成，與傳統類比式的連續曲線的等高線地圖不同。等高線是以垂直地面固定高度紀錄，當某一地

的高差小於一個等高線的間距時，則此點不會被登錄，不論水平方向的起伏有多長。

3. 不規則三角網 (Triangulated Irregular Network)：以鄰近點所圍成的三角面代表地形起伏，它包含節點 (node)、線段 (segment) 和面 (facet)。節點在空間位置上呈現不規則的形狀，可能在山谷、稜線或邊坡轉折的地方，線也在同一地方，因此可以表現地形架構的脈絡。根據不同的地形複雜度作為樣本點的取舍。這樣的樣本點應是最具彈性及合理性。賴進貴 (1994) 以原始的 DTM 資料為基礎，比較由 DTM 轉出的 TIN 在資料量及坡度、坡向、高度的準確度，他認為 TIN 在資料儲存的精簡性非必然，對於坡度、坡向、高度量測的精準性則持保留態度。

三、以不同網格數值地形解析度和計算方法的探討

(一) 黃誌川、徐美玲 (2001) 探討不同的坡度計算方式在不同解析度 (5, 10, 20, 40 公尺) 的 DEM 下的量度穩定性，得到由 DEM 所計算出來的結果，各種演算法在解析度越粗的條件下確實有低估坡度的趨勢而且有坡度平滑化的現象；在緩坡的條件下，如台地及河谷，由 DEM 所計算出來的不同坡度演算法結果之變化較陡坡的變化大，而在陡坡部分的坡度變化則較小。在不同計算坡度的方法與 DEM 解析度的對應中，大約在解析度 20 公尺的條件下會與 1/5,000 等高線地形圖的地勢分析結果最為吻合 (黃誌川、徐美玲, 2001)。

(二) 財團法人台灣營建研究院 (2004)，探討有關坡度因子驗證結果，數值地形模型是依規則的網格點，記載其間的高程值，不會因圖徵的存在而缺漏高程資料。惟這種將地

形特徵簡化以規則網格來計算高程的坡度計算方式也有其問題，一但計算的單元 (地籍單元) 之邊小於解析度的兩倍時，其坡度值會受鄰近地形的影響而有些許偏差 (如圖 1，地籍單元之坡度值會受鄰近地區的坡度影響)。

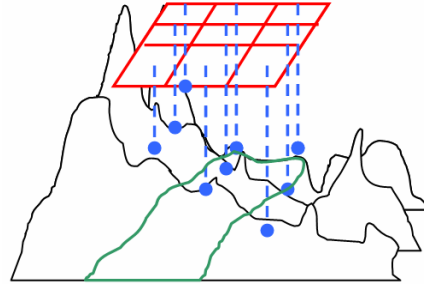


圖 1. DEM 的坡度計算問題

Figure.1 Problem in slope calculation using DEM

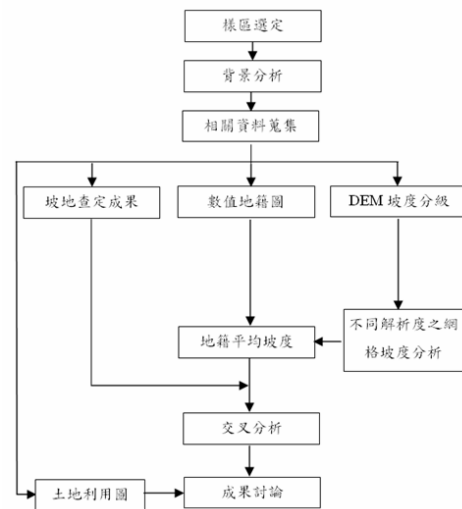


圖 2. 研究分析流程圖

Figure.2 Procedures of this study

表 1. 各坡度分析方法優劣比較表

Table .1 Comparison between various slope calculation methods

| 坡度計算法 | 基本資料 | 優點 | 缺點 |
|----------------------------|---------------------------|--|---|
| 坵塊法 | 1/1,000 地形圖 | <ul style="list-style-type: none"> • 坵塊之邊長酌予縮短時，精度可相對提高。 • 利於傳統的人工判定方式。 | <ul style="list-style-type: none"> • 求得之平均坡度則有較實際為緩的情況 • 資料取得不易 • 自動化作業較繁瑣 |
| 等高線法 | 1/1,000 地形圖 | <ul style="list-style-type: none"> • 求得之平均坡度，其分佈態勢較接近於實際情況。 | <ul style="list-style-type: none"> • 資料取得不易 • 自動化作業趨於繁瑣 |
| Spatial Analyst (子矩陣分析) | DEM 圖層 | <ul style="list-style-type: none"> • 隨 DEM 網格縮小，精度可相對提高。 • 資料取得較容易 • 作業可自動化 | <ul style="list-style-type: none"> • 較難展示地形的特徵點 |
| 3D Analyst | DEM 圖層或 1/1,000 地形圖 | <ul style="list-style-type: none"> • 隨 DEM 網格縮小，精度可相對提高。 • 資料取得較容易 • 作業可自動化 | <ul style="list-style-type: none"> • 求得之平均坡度，其分佈態勢較不連續，與實際情況差異較大。 • 較適用於坡向分析 |

(資料來源：財團法人台灣營建研究院，2004)

材料與方法

一、樣區概述

本研究樣區主要為行政轄區雲林縣古坑鄉永光村及桂林村(台灣地區基本圖圖號 9520-III-054)，大湖口溪流貫其中，地籍地段分屬古坑鄉崁頭厝段及苦苓腳段、大湖底段、古坑段古坑小段，因此考慮資料之完整性，作業範圍界定於 9520-III-054 圖幅範圍內之崁頭厝段及苦苓腳段、古坑段股坑小段、大湖底等四個地段地籍坵塊，如有跨圖幅之坵塊則予以剔除。

(一) 地理位置

樣區位於雲林縣之東南隅，屬大湖口河流域，子集水區屬於崁頂溪集水區，在行政劃分屬古坑鄉所轄。集水區之地理位置大約為：橫座標 2,609,000~2,616,000 與縱座標 201,000~211,000 間；也就是最北與石牛溪相鄰，最南為嘉義縣梅山鄉之界山，最東為大尖山，西與斗南鎮相接鄰。

(二) 地形

樣區位於低海拔丘陵地與平原區交界處，地勢東高而向西逐漸趨緩，海拔從 185 公尺至 630 公尺之間，主要河川為大湖口溪，於丘陵區時由東向西流，但是於丘陵與平原交界時突然轉 90 度向南流入平原區，隨後又向西流入下游，顯示本溪流可能受地質構造所控制。

(三) 地質

崁頂溪集水區屬台灣西部麓山帶地質區，由中新世南莊層、桂竹林層、更新世頭料山層、卓蘭層及全新世之階地等沉積岩層所構成。由大尖山斷層可將本集水區再分為二個單斜型態之地質區：西側分區主要以為大尖山斷層以西區域，主要由更新世之卓蘭層及頭料山層所構成之向東傾斜單斜構造，階地堆積以不整合方式覆蓋於上。東側分區為大尖山斷層以東區域；由中新世南莊層及桂竹林層之關刀山砂岩等所構成向東傾之單斜構造。

表 2. 三種主要數值地形資料模式特性之探討

Table.2 Discussion of the data mode of three major digital terrain models

| 資料模式 特性 | 規則網格 DEM (Regular Grid DEM) | 數值等高線 (Digital Contour) | 不規則三角網 (TIN) |
|------------|--|---|--|
| 資料模式 | 沿一組垂直正交的網格上，量取每一網格交點上的高度，點與點之間的距離即為資料的解析度。 | 由一連串離散點 (X,Y 座標值加上它們的高度值) 來表現地形。非地形圖上類比式的連續曲線。 | 以鄰近點所組成的三角面來代表地形起伏，包含節點 (node)、線段 (segment)、面 (facet)。 |
| 抽樣方法 | 沿固定平面距離取樣，並記錄地面高度。 | 以垂直地面方向固定高差取樣。 | 依地面複雜度作樣本點的取捨，取特殊地形點。 |
| 資料量 | 在開頭紀錄 X、Y 值為其起始點，而後各點僅記錄 Z 值即可。 | 一條線由一連串點所組成，以 VIPs (Very Important Points) 來表示一線，記錄每點的 X、Y 值，而在線端點記錄 Z 值。 | 先要記錄各點的 X、Y、Z 值，再記錄各點間連結關係，node 資料必存，但 segment 與 triangle 為互補，可選一儲存。 |
| 資料生產及其難易度 | 產生的方法最容易。可從立體像對之航照測量所得由電腦自動生產。 | 產生難易度中等。不能由電腦自動生產。 | 產生方法最困難。無法自動生產，需由現成 DEM 轉檔或是野外實測 (成本高) 產生。 |
| 資料供應 | 台灣全區為 40m×40m (基隆市、台北市、台中市為 4m×4m)；美國全國 30m×30m。 | 台灣目前沒有專職生產該資料的單位；美國 USGS 於 1983 年開始生產與發行。 | 台灣與美國目前沒有權責單位負責生產及供應。 |
| 分析、地形量度之難易 | 最簡單。點與點之間的相對位置明確記錄在矩陣型資料結構中，方便從事地形分析。 | 最困難。相鄰關係不能直接呈現在資料庫中，造成資料查詢及分析的不便，目前沒有 GIS 現成軟體採用此資料作為地形分析。 | 難易中等。其演算法複雜，運算也較慢，不如規則網格地形分析功能多且普遍。 |
| 應用實例 | 「數值高程模型之地形複雜度量度指標研究」採用此方法計算坡度。 | 坵塊法 | 工研院曾數化台北市山坡地 1/5,000 像片基本圖上的等高線，計算不規則三角網的坡度。 |

(資料來源：整理自許秋玲，2002)

二、資料蒐集

(四) DEM：水保局民國 92 年所製作之基本圖圖號 9520-III-054 之 5x5m ASCII 數值地形資料。

(五) 數值地籍圖：水保局製作數值化地籍圖檔案。樣區界定的範圍中有地籍資料者共有 2,459 筆。

(六) 山坡地查定成果：水保局之山坡地查定成果，在樣區界定的範圍中，有查定資料的地籍共有 1,826 筆(無資料者 633 筆)，其中宜農牧地 1,661 筆(佔 90.96%)、宜林地 139 筆(佔 7.61%)及加強保育地 26 筆(佔 1.42%)。加強保育地因係直接判定與地籍坡度等級無關，因此在以下的查定分類中將不予討論。

(七) 土地利用圖：水保局 93 年製作之土地利用圖，樣區主要使用別有旱田、果園、建築區、荒地、草地、道路、竹林、闊葉林、檳榔、灌木林、河川等類。

三、研究與分析流程

本研究之步驟與分析流程如圖 2 所示：

四、土地可利用限度分級流程

本研究之土地可利用限度分級流程如圖 3 所示：

五、平均坡度分析

應用 ESRI ArcGIS 9.0 之 GIS 套裝軟體及其擴充模組 3D Analyst、Spatial Analyst，將 5x5m 規格網格之 ASCII DEM 檔案轉為 TIN 後，依序產生 5M 方格、10M 方格、20M 方格、40M 方格等四種坡度分析網格。再以各種網格計算結果計算每一地籍坵塊各坡度網格所佔的面積權重得到該地籍單元的平均坡度值。

結果與討論

一、分析結果

本研究樣區水保局山坡地之查定資料中宜林地及宜農牧地分佈如圖 4 所示，坡度等級顯示圖例如圖 5，坡度等級分佈如圖 6，經統計宜林地五級之地籍坵塊坡度均為六級坡；另以 DEM 計算產生的 5M 方格、10M 方格、20M 方格、40M 方格等四種網格解析度之分析結果如圖 7。整個 9520-III-054 圖幅應用各種解析度 DEM 網格以地籍邊界所計算之平均坡度結果如圖 8 所示。以崁頭厝地段 23-343 地號地籍為例，地籍坵塊套疊各種 DEM 解析度的分析結果如圖 9，此地籍單元坡度以各種解析度 DEM 的計算結果均為四級，而比對此地籍之查定作業中的坡度亦為四級。

以 GIS 之空間分析方式，套疊查定成果與 DEM 計算結果交叉比對如表 3，另以樣區整個坡度等級數量統計如表 4。以宜林地(含加強保育地)及宜農牧地加以分類，如前述樣區中宜林地五級之地籍坵塊坡度均為六級坡，因此本研究中土壤有效深度之因子可不加以考慮。四種解析度之分析網格所套疊分析之結果如表 5，另以 5*5m DEM 計算分類數量並與查定成果分類數量比較結果如表 6。

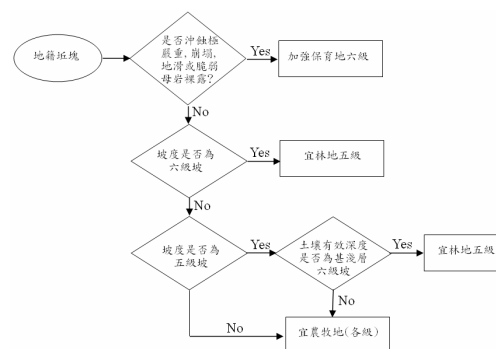


圖 3. 土地可利用限度分級流程圖
Figure.3 Slopeland land use classification flow chart



圖 4. 樣區水保局山坡地查定資料之宜林地及宜農牧地分佈

Figure.4 Distribution of slopeland identified by SWCB as appropriate for forest and agricultural land

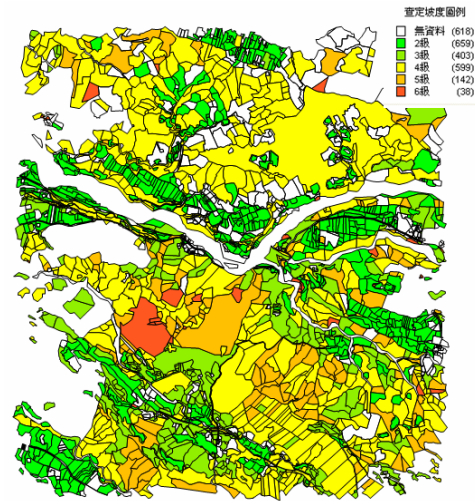


圖 6.樣區水保局山坡地查定資料之坡度等級分佈

Figure 6. Distribution of slope grade of slopelands identified by SWCB

坡度圖例

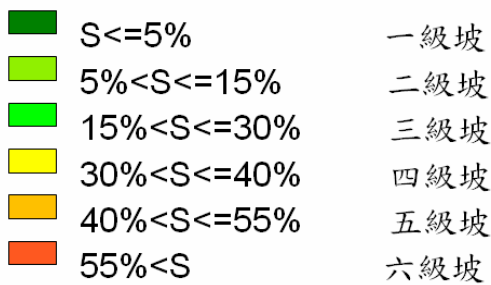


圖 5.本研究中之坡度等級顯示圖例

Figure.5 Legends of slope grade in this research

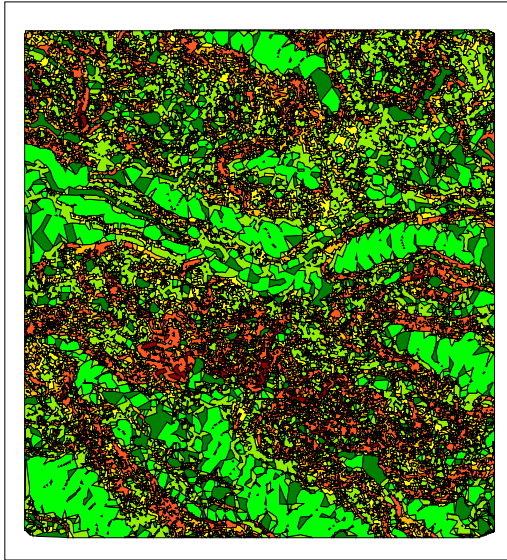
二、討論

(一) 經分析結果，不同解析度的 DEM 均無法得到較接近實際查定的坡度(如表 3)，因查定作業採用 1/5,000 像片基本圖，而在研究文獻中大約在解析度 20 公尺的條件下會與 1/5,000 等高線地形圖的地勢分析結果最為吻合(黃誌川、徐美玲，2001)，但在本研究中看不到此結果。

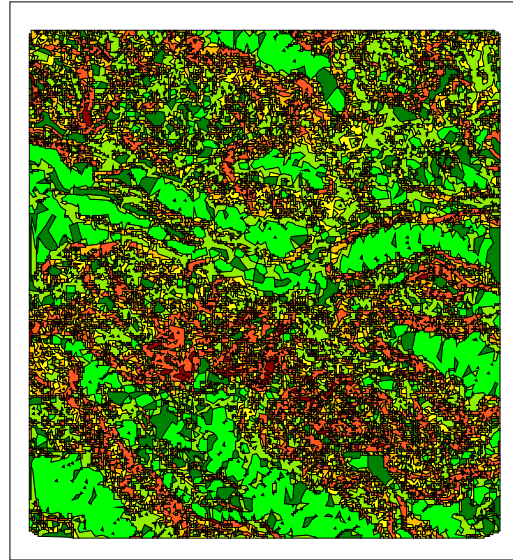
(二) 以各種解析度 DEM 計算之坡度統計，以 5 級的標準差(1.4)最小，其餘依次為 1 級、6 級、4 級、3 級、2 級標準差最大(22.6)(如表 4)。

(三) 以地籍坵塊查定成果分類數量及以各種解析度 DEM 計算之統計數量比較，其間差異不大，以 5*5m 之計算較接近宜農牧地查定成果，但以 40*40m 之計算較接近宜林地查定成果(如表 4)。

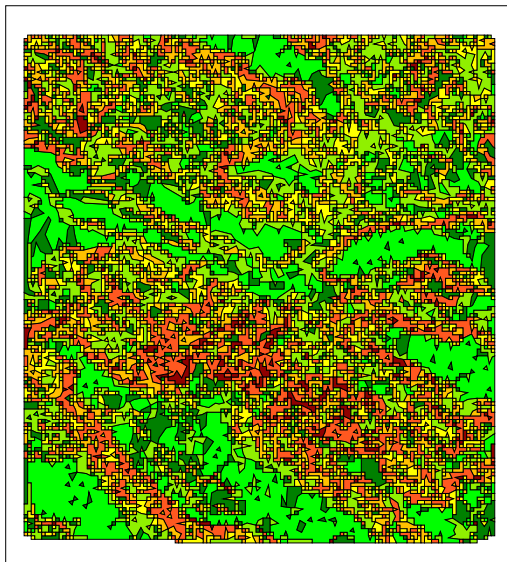
(四) 數量統計：在查定資料中，宜農牧地佔 1,661 筆(92.3%)、宜林地(不含加強保育地)佔 139 筆(7.7%)；5m 之 DEM 計算結果宜農牧地佔 1,677 筆(93.17%)，宜林地數量為 123 筆(6.83%)。宜農牧地以查定資料比較少、宜林地則 DEM 計算結果比較少。



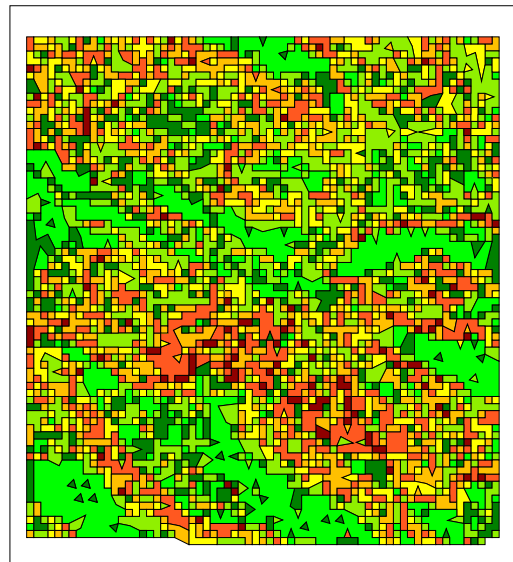
5m 網格



10m 網格

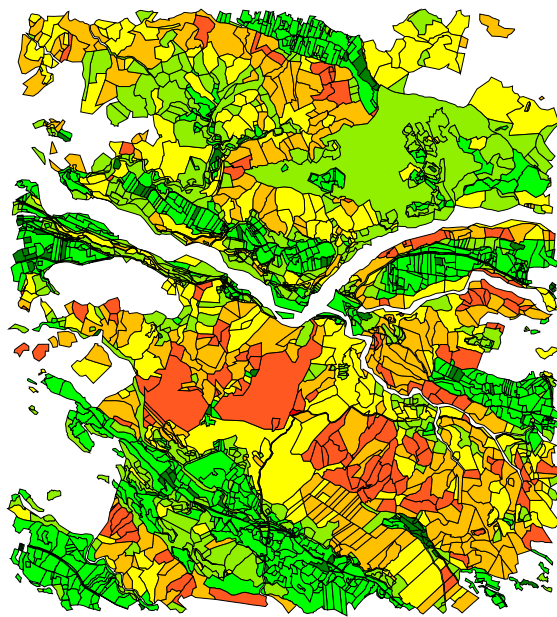


20m 網格

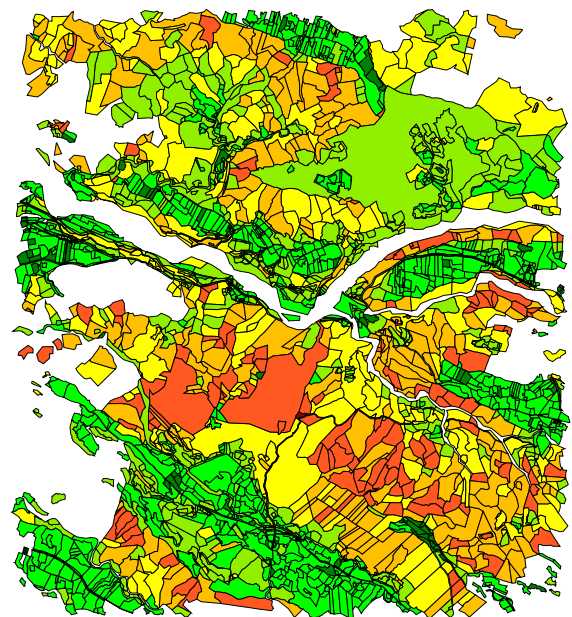


40m 網格

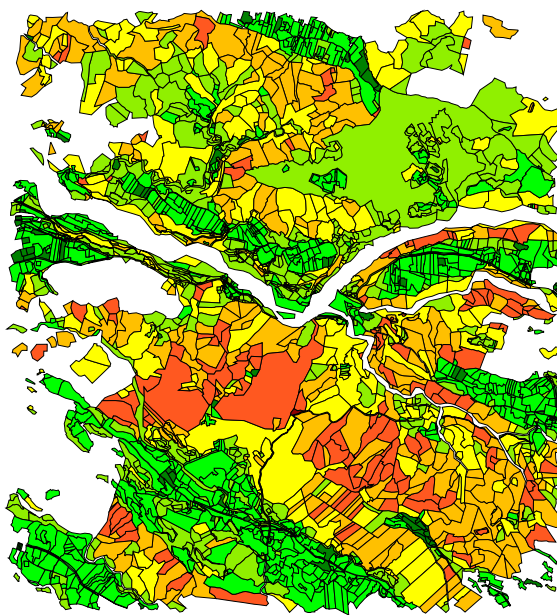
圖 7. 樣區以各種解析度 DEM 計算的坡度分級 - 以 DEM 網格為單元
 Figure 7. Slope grades calculated using various resolutions of DEM - by grid unit



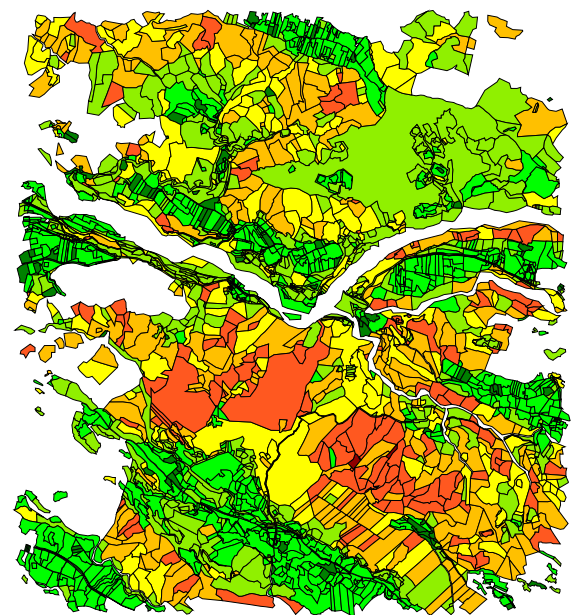
5m 網格



10m 網格



20m 網格



40m 網格

圖 8. 樣區應用各種解析度 DEM 所計算出的坡度分級 - 以地籍邊界為單元
Figure.8 Slope grades calculated using various resolutions of DEM - by cadastral unit)

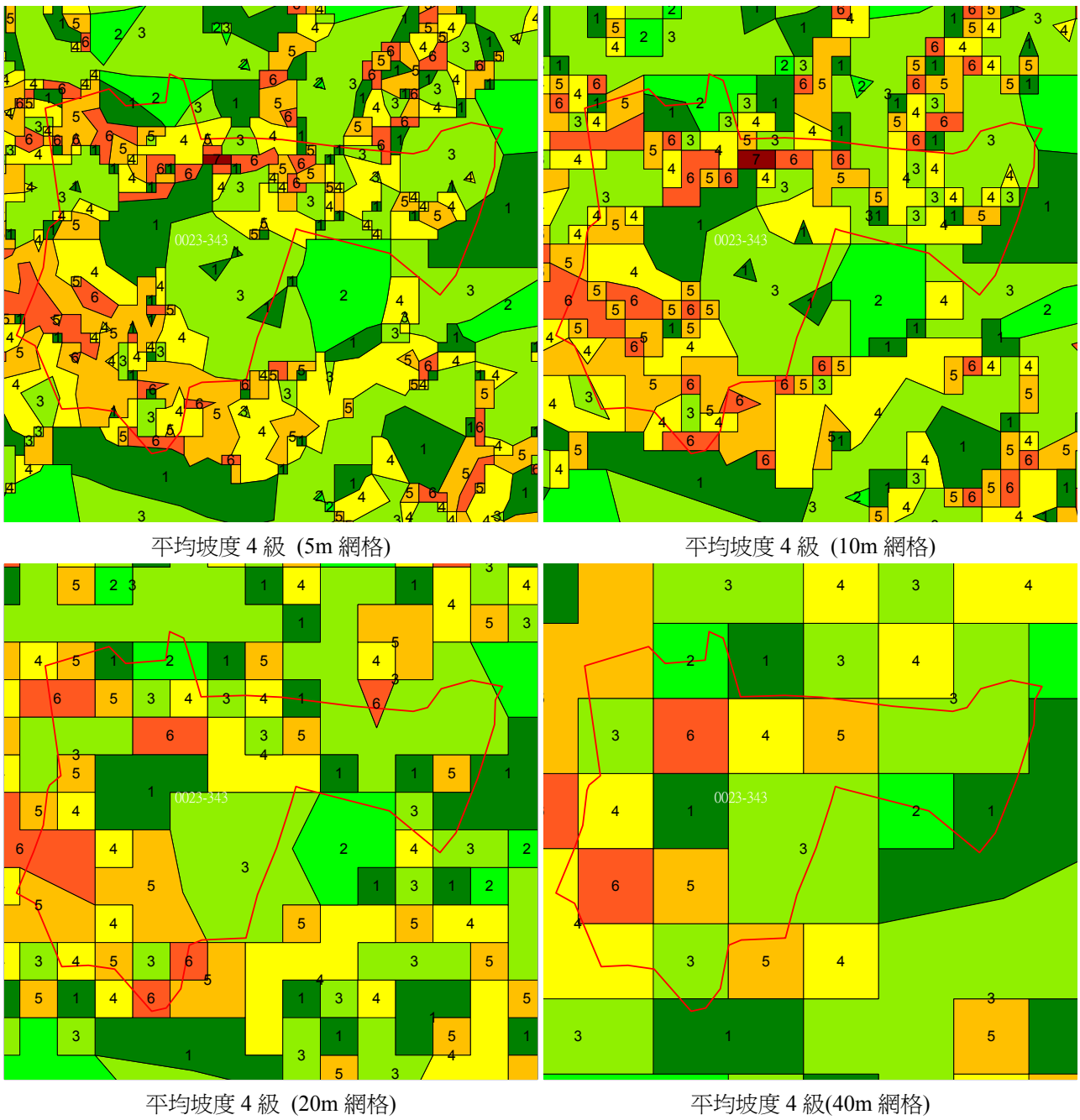


圖 9.以單一地籍坵塊套疊各種解析度 DEM 網格計算單一地籍坵塊平均坡度成果 (崁頭厝段地號 23-343)
Figure .9 Slope grade calculated by various resolutions of DEM in a single cadastral unit.

(五) GIS 空間統計：以 5*5m 之 DEM 計算結果加以統計，則查定中宜農牧地中有 86 筆(4.78%)計算結果應為宜林地，為宜林地中有 70 筆(3.89%)計算結果可為宜農牧地。顯示查定與 5*5m DEM 的計算結果若歸類為宜農牧地及宜林地兩種，在空間分佈上一致的有 1,644 筆(91.33%)，不一致有 86+70=156 筆(8.67%)；10m、20m、40m 解析度 DEM 計算結果之一致性，依序為 91.2%、90.8%、90.4%(如表 5、表 6)。

(六) 由前項分析，可知宜農牧地、宜林地在查定資料與 DEM 計算就宜農牧地及宜林地兩種分類結果而言，仍有 90%以上的一致性，且解析度愈高一致性愈佳。

三、查定與 DEM 計算結果不一致的原因探討

為了進一步探討約 10%地籍的查定與 DEM 計算結果不一致的原因，本研究就這些地籍坵塊(共 156 筆，分佈如圖 10)的分佈與土地利用、鄰近道路之垂直距離、位置高程等三項影響因子之關係加以探討。

三項影響因子分別以 GIS 軟體分析結果加以分析與統計；在土地利用因子中主要的類別包括竹林、闊葉林、檳榔、灌木林等佔 86.5%(如表 7)，顯示本研究坡地中會影響通視的土地利用類別確實會影響查定的結果判定；而鄰近道路因子分析上，39%地籍落在 100m 距離範圍內(如表 8)，並未因距離道路愈遠而產生愈多的不一致；就高程分佈位置因子分析，有 9%地籍位於 300m 以下範圍、300-400m 範圍佔 41%最多(如表 9)，其餘隨地勢愈高數量愈少，亦未因地勢的高低而有所影響。

所以在本研究中經探討可能影響人為查定的因子為土地利用的通視狀況，有較高的

遮蔽物則愈易發生坡度等級判定的誤差。

台灣之水土保持，經過近五十年的發展，已建立了適用的技術體系，從而建立了水土保持手冊及規範供水土保持工作參考。對山坡地之保育與利用、集水區治理及治山防災等均有殊多貢獻。但是台灣水土資源因自然災害的問題有惡化的風險，而且違規不當開發利用之破壞，似又有增無減。因此現階段之水土保持查定工作，需配合政策、社會、經濟環境變遷及科技發展作調適。

結論與建議

一、本研究旨在應用 DEM 與地理資訊系統來輔助與比對分類查定工作，以達到快速與正確的坡度分級判定。經過分析與比對的統計分析，本研究雖然在坡度的級距判定有某些程度的誤差(約 10%)，但就宜農牧地、宜林地的歸類而言仍有不錯之準確性。

二、本研究且再就不一致之地籍區位，進一步分析其影響查定不準確的原因。土地利用類別經判斷為影響查定準確性的最可能因子。因此，針對某些可能會產生誤差的土地利用類別，在現地查定時應增加其他的輔助工具。

三、山坡地土地使用之編定，係依照山坡地可利用限度分類查定結果，註記土地使用地類別，此為法定程序。如果提高或放鬆限制，勢必重新全面清查、更正及通知土地所有權人，需耗費相當時間、人力及財力，同時亦可能損及政府威信。但在目前無法全面清查及更正已查定的結果之下，建議未來亦可應用內政部地政司之 DEM 資料進行坡度因子分析，輔以土壤有效深度、母岩性質及沖蝕程度等資料，以核對查定資料之正確性。

表 3. 「查定之坡度等級」與「以 DEM 計算的地籍坡度等級」交叉比對
 Table.3 Comparison of the slope grade between by statutory identification and by DEM calculation

| 查定坡度等級 | 計算的坡度等級 | 以 DEM 計算的地籍坵塊數 | | | |
|--------|---------|----------------|--------|--------|--------|
| | | 5*5m | 10*10m | 20*20m | 40*40m |
| 1 | 1 | 32 | 35 | 33 | 39 |
| | 2 | 259 | 260 | 251 | 233 |
| | 3 | 92 | 87 | 97 | 101 |
| | 4 | 27 | 28 | 25 | 29 |
| | 5 | 13 | 14 | 16 | 17 |
| | 6 | 6 | 5 | 7 | 10 |
| | 小計 | | 429 | 429 | 429 |
| 2 | 1 | 31 | 27 | 32 | 39 |
| | 2 | 276 | 280 | 275 | 259 |
| | 3 | 172 | 172 | 175 | 182 |
| | 4 | 78 | 72 | 65 | 60 |
| | 5 | 33 | 37 | 35 | 36 |
| | 6 | 10 | 12 | 18 | 24 |
| | 小計 | | 600 | 600 | 600 |
| 3 | 1 | 7 | 7 | 5 | 7 |
| | 2 | 73 | 75 | 79 | 62 |
| | 3 | 50 | 46 | 42 | 51 |
| | 4 | 36 | 38 | 37 | 44 |
| | 5 | 47 | 44 | 55 | 52 |
| | 6 | 19 | 22 | 14 | 16 |
| | 小計 | | 232 | 232 | 232 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 6 |
| | 2 | 26 | 22 | 23 | 27 |
| | 3 | 59 | 62 | 64 | 68 |
| | 4 | 39 | 42 | 41 | 32 |
| | 5 | 29 | 28 | 24 | 21 |
| | 6 | 9 | 8 | 10 | 12 |
| | 小計 | | 166 | 166 | 166 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| | 2 | 14 | 14 | 11 | 20 |
| | 3 | 53 | 50 | 53 | 50 |
| | 4 | 51 | 55 | 51 | 46 |
| | 5 | 89 | 86 | 86 | 84 |
| | 6 | 26 | 28 | 32 | 30 |
| | 小計 | | 234 | 234 | 234 |
| 6 | 1 | 4 | 3 | 4 | 2 |
| | 2 | 11 | 9 | 10 | 11 |
| | 3 | 22 | 25 | 25 | 24 |
| | 4 | 17 | 15 | 17 | 15 |
| | 5 | 50 | 51 | 47 | 50 |
| | 6 | 61 | 62 | 62 | 63 |
| | 小計 | | 165 | 165 | 165 |
| 總計 | | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 |

註：單位為地籍坵塊數。

表 4. 樣區地籍坵塊 DEM 計算坡度等級結果
Table 4. Results of slope grade calculated using DEM

| 坡度等級 | DEM 計算坡度 | | | | | |
|------|----------|--------|--------|--------|------|---------------|
| | 5*5m | 10*10m | 20*20m | 40*40m | 標準差 | 平均值 |
| 1 | 79 | 77 | 79 | 97 | 9.4 | 83(4.55%) |
| 2 | 659 | 660 | 649 | 612 | 22.6 | 645(35.32%) |
| 3 | 448 | 442 | 456 | 476 | 14.8 | 455.5(24.95%) |
| 4 | 248 | 250 | 236 | 226 | 11.2 | 240(13.14%) |
| 5 | 261 | 260 | 263 | 260 | 1.4 | 261(14.29%) |
| 6 | 131 | 137 | 143 | 155 | 10.2 | 141.5(7.75%) |
| 合計 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | | |

註：單位為地籍坵塊數。

表 5. 樣區地籍坵塊查定成果分類數量與 DEM 計算分類數量比較表
Table 5. Comparison of classifications by statutory identification and by using DEM calculation

| 查定成果分類 | DEM 計算之分類 | DEM 計算資料 | | | |
|--------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 5*5m | 10*10m | 20*20m | 40*40m |
| 宜農牧地 | 宜農牧地 | 1591(88.39%) | 1586(88.11%) | 1580(87.78%) | 1569(87.17%) |
| | 宜林地 | 70(3.89%) | 75(4.17%) | 81(4.5%) | 92(5.11%) |
| 宜林地 | 宜農牧地 | 86(4.78%) | 84(4.67%) | 84(4.67%) | 81(4.5%) |
| | 宜林地 | 53(2.94%) | 55(3.06%) | 55(3.06%) | 58(3.22%) |
| | 小計 | 1800(100%) | 1800(100%) | 1800(100%) | 1800(100%) |

註：單位為地籍坵塊數(百分比)：統計內容不含加強保育地。

表 6. 樣區地籍坵塊 5*5m DEM 計算分類數量與查定成果分類數量比較表
Table 6 Comparison of classifications by statutory identification and by using 5*5m DEM calculation

| 5*5m DEM 計算之分類 | 查定成果資料 | | |
|----------------|--------|------|-------|
| | 查定成果分類 | 筆數 | 百分比% |
| 宜農牧地 | 宜林地 | 86 | 4.78 |
| | 宜農牧地 | 1591 | 88.39 |
| 宜林地 | 宜林地 | 53 | 2.94 |
| | 宜農牧地 | 70 | 3.89 |
| | 小計 | 1800 | 100 |

註：單位為地籍坵塊數；統計內容不含加強保育地。

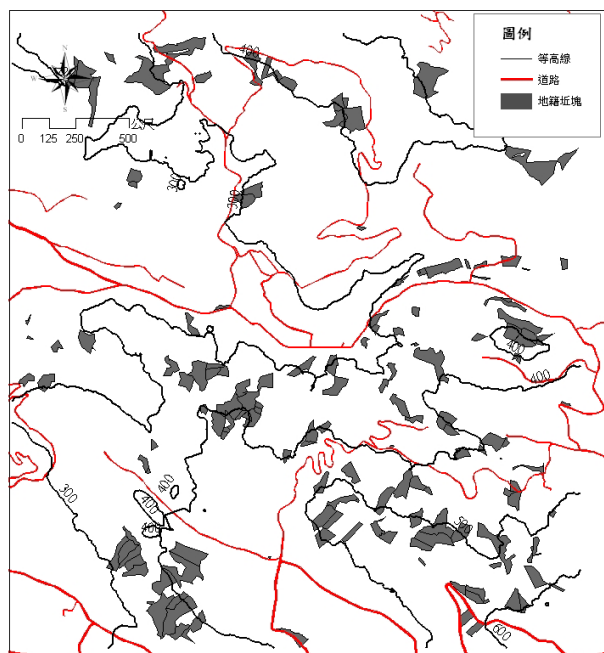


圖 10. 查定與 DEM 計算結果不一致地籍坵塊分佈圖

Figure 10. Distribution of the cadastral units that have discrepancy results between statutory identification and using DEM calculation

表 7. 查定與 DEM 計算結果不一致地籍坵塊之土地利用別統計表

Table 7. Utilization statistic for the cadastral units that have discrepancy results between statutory identification and using DEM calculation

| 土地使用別 | 坵塊數 | % |
|-------|-----|-------|
| 旱田 | 5 | 3.2 |
| 果園 | 6 | 3.8 |
| 建築區 | 1 | 0.6 |
| 荒地 | 1 | 0.6 |
| 草生地 | 7 | 4.5 |
| 道路 | 1 | 0.6 |
| 竹林 | 20 | 12.8 |
| 闊葉林 | 64 | 41.0 |
| 檳榔 | 27 | 17.3 |
| 灌木林 | 24 | 15.4 |
| 合計 | 156 | 100.0 |

表 8. 查定與 DEM 計算結果不一致地籍坵塊鄰最近道路之垂直距離統計表
Table 8. Statistic of perpendicular distance to the closest road for the cadastral

| 鄰最近道路之垂直距離 | 坵塊數 | % |
|------------|-----|-------|
| 100m 以下 | 61 | 39.1 |
| 100-200m | 38 | 24.4 |
| 200-300m | 36 | 23.1 |
| 300-400m | 18 | 11.5 |
| 400-500m | 3 | 1.9 |
| 合計 | 156 | 100.0 |

表 9. 查定與 DEM 計算結果不一致地籍坵塊之高程分佈統計表
Table 9. Statistic of elevation for the cadastral units

| 高程值 | 坵塊數 | % |
|-------------|-----|-------|
| 300m 以下 | 15 | 9.6 |
| 300-400m 以下 | 64 | 41.0 |
| 400-500m 以下 | 49 | 31.4 |
| 500-600m 以下 | 27 | 17.3 |
| 600-700m 以下 | 1 | 0.6 |
| 總計 | 156 | 100.0 |

參考文獻

- 財團法台灣營建研究院 (2004) 「山坡地土地可利用限度查定作業」報告書, 台北市政府建設局委託。
- 賴進貴 (1994) 「數值地形模型之比較研究」, *台灣大學地理學報*, Vol. 17, pp.87-100。
- 許秋玲 (2002) *數值高度模型之地形複雜度量度指標研究*, 台灣大學地理研究所碩士論文, 100p。
- 周天穎等 (2000) *地理資訊系統理論與實務*, pp.2-34, 儒林出版社。
- 行政院農業委員會水土保持局編印 (2003) *水土保持技術規範*, 第 23、25 條。
- 黃誌川、徐美玲 (2001) 「網格數值地形的解析度與不同坡度計算方法之比較」, *中華水土保持學報*, 32(3):199~205。