



數值地形模型 與 SPOT 衛星影像研究

黃國楨* 焦國模**

一、緒 言

森林資源遙測包括林區之調查、災害之評估、森林管理及森林再生等。林區調查包括材積調查、生長調查，災害之評估如火災之控制、蟲害、空氣污染、或風暴災害等，森林管理有林地利用、林區監視及伐木區規劃等（陳哲俊，1984）。其中以林地分類在森林資源經營上為最重要之工作，也就是說針對林地資源管理而言，首先必須了解林地被覆分佈情況，方能再進一步規劃經營。

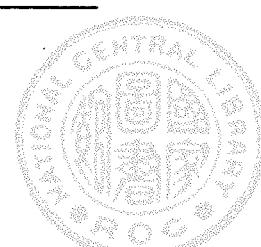
遙感探測（Remote Sensing）是一門利用儀器，不需與目標物、地區及物體接觸便能獲得分析資料的藝術與科學，目前國內利用遙感探測可以蒐集到衛星影像包括了大地衛星（Landsat）、法國 SPOT 衛星及氣象衛星等。遙感衛星收集到的資料是一種數值資料，它本身具有空間特性、時間特性以及光譜特性等。就空間特性而言，它適於大面積的資源監測，整合遙測、航測及地面調查等不同解析力可大幅提昇環境、資源經營與管理所需效率和經濟性；在時間方面，以法國發射衛星為例，因具有傾斜拍攝特性，平均2.5天即可取得同一地區之衛星資料

，對於地被物變化監測甚為快速；在光譜特性方面目前資源衛星之光源涵蓋包括可見光、反射紅外線、熱紅外線，而氣象衛星甚至包括了微波（唐莎莉，1991）。臺灣地形特殊中央山脈縱貫南北，地形險峻，森林工作者在佔臺灣總面積52%，七十八達1,864,700公頃林地中，從事森林的經營，若擬收集所需資訊，採用傳統人力赴現場調查的方法，將是費時、費力與費錢工作，有時亦可能因交通因素無法獲取（張榮欽，1994）。遙測衛星具有上述空間特性、時間特性及光譜特性優點，前人研究報告利用遙測衛星影像研究林地分類報告，如利用空載多譜掃描研究臺大實驗林溪頭地區林地分類（謝漢欽，1985）、使用多譜掃描資料在臺大實驗林土地自動分類上研究（羅華娟，1984）、利用了類神精網路應用於 SPOT 衛星影像林地分類（陳繼藩、陳鋐山，1993）、使用地形資訊在大地衛星影像森林林地分類（邱麗香，1986）。

數值地形模型（DTM）是一種用以描述地形資料的資料模式，40公尺 × 40公尺，其記錄方式採用二度分帶座標系統，分為X,Y,Z 三個資料欄位，分別記錄了平面位置及高程座標。DTM 資料來源主要來自

*臺灣大學森林所研究生

**臺灣大學森林系教授



地面測量成果，數化現有圖籍及自航測立體模型取樣三種。地面測量方法可利用電子經緯儀配合自動化記錄設備，由地面沿地形線及地形要點測量，錄存數化現有圖籍可利用數化儀沿等高線數化取樣，獲取網格點或隨機點數化錄存。航測取樣方式可利用立體圖儀，或解析測圖儀直接由航測立體模型上選點數化錄存，亦可利用影像關聯技術（Image Correlation）自動判識數化錄存。數值地形模型發展，凡有他可以提供許多地形上資訊，如高度、距離、面積、體積、坡度、坡向、稜線、谷系、集水區、視區域等（陳永寬，1986）。前人研究指出 DTM 與遙感探測數據合用，在森林分類上其精度由 68% 提高到 81%（陳述彭，趙英時，1992）。

SPOT 影像祇有三個波段，在影像判釋上仍無法達到理想效果，由於 SPOT 影像三度段中紅光段與綠光段之反射強度灰度值，對樹種分辨不強僅近紅外光具有較佳分辨能力（鄭祈全，1991），因此必須加入輔助因子以提高判釋的精確度。

本文主要動機利用遙測影像為工具，加入數值地形模型因子輔助判釋資訊來做林型分類，其目的冀能提高分類準確度。

最後並討論處理過程中一些技術上問題，並冀利用遙測技術辨認林型分佈有所助益。

二、前人研究

(一) 數據分析理論

数据分析之主要目的乃在分析影像灰度值之特性，茲將其過程分述如下：

1. 樣區選取

(R. M. Hoffer, M. D. Fleming, 1983) 指出選取樣區方式包括有手工的 (Manula) 、地面資料 (Field Data) 、系統性 (Systematic) 及數位展示 (Digital Display) 。手工的是利用空中照片以及將影像直接印出文字資料兩種，地面資料方法是直接收集地面資料，數位化展示是將影像轉換成數位值並配合照片選取樣區。

2. 樣區分類依據標準

訓練樣區選定抽取，爲了要提高分類處理的速度和精確度，其所選定訓練樣本應是最具有代表性，訊息雜訊應最小，在選擇訓練樣區時光譜值必須單峰分佈，樣區變異數應該愈小愈好，且避免選各組類樣區交接處，若選取訓練樣本變異數大，且不屬於單峰分佈則應棄之。要選擇具有代表性訓練樣區，是一種主觀性決定並沒有什麼理論或法則可以依據，主要是靠經驗或者是反覆試驗。不過有一些用之於分類法則，做爲訓練樣區選定參考準則（焦國模，1987）。如分散度（Divergence）、J-M 距離（Jeffries-Matusita Distance）或轉換分散度（Transformed Divergence）、訓練樣區特徵組類判別（Ellipse）(ERDAS, 1990)。

(1) 分散度 (Divergence)

分散度乃形象辨任上常用之一分離度，其與 i 級及 j 級之相似比 (Likelihood Ratio) 有關，可以以下式(3)表示。

若 a 愈大，則 XO 愈切入 i 級之中。但 a 之大小，受在 XO 處相似比影響， a 愈大，相似比愈大。但兩機率濃度函數相交之處， $a=0$ ，則相似比為 1。

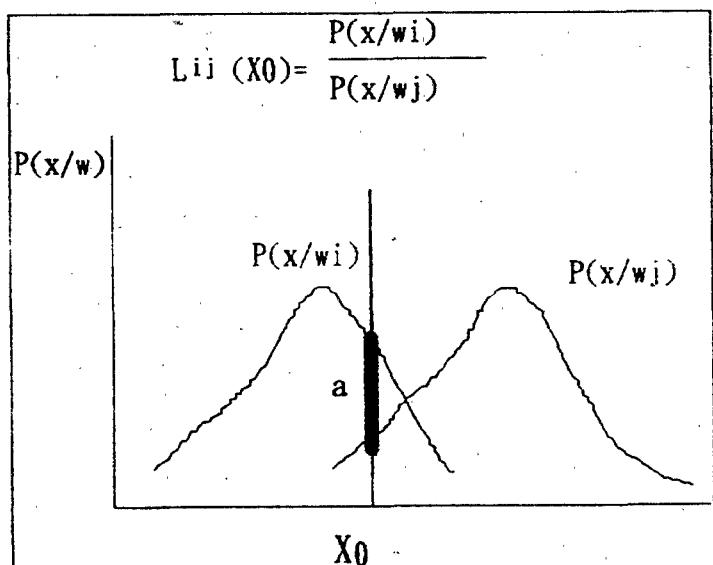


圖1 分散度相似比

分散公示爲

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \text{tr} [(\Sigma_t - \Sigma_j)(\Sigma_j^{-1} - \Sigma_t^{-1})] + \frac{1}{2} \text{tr} [\Sigma_t^{-1} + \Sigma_j^{-1}] (U_t - U_j)(U_t + U_j)^t \dots (2)$$

$\text{tr}(a)$ 矩陣對角線之合

Σ_i : i 組類共變數矩陣

U_i : i 組類平均向量

i 與 j 為兩組類

(2) J-M 距離

J-M 距離 (Jeffries-Matusita Distance) 與分散度相似，也是測定兩級級間統計分離度之準則。由兩級間平均之差異而推知其分離度。假設分類數據爲常態密度函數，則其 J_{ij} 以表示。

$$J_{ij} = [2(1 - e^{-\alpha})]^{1/2} \dots (3)$$

其中 α 為下式：

$$\alpha = \frac{1}{8} (U_i - U_j)^T \left(\frac{C_i + C_j}{2} \right)^{-1} (U_i - U_j) + \frac{1}{2} \log \left[\frac{|(C_i + C_j)/2|}{(|C_i| \cdot |C_j|)^{1/2}} \right] \dots (4)$$

i 與 j 為兩個特徵組類

C_i 是 i 特徵組類共變數

U_i 是 i 特徵組類平均數

爲計算方便一般使用轉換分離度 (Transformed Divergence) 其公式如(7)式如下：

$$D_{ij}^T = 2 [1 - \exp(-D_{ij}/8)] \dots (5)$$

其中 D_{ij} 為下式：

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \text{tr} ((C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1})) + \frac{1}{2} \text{tr} ((C_i^{-1} - C_j^{-1})(U_i - U_j)(U_i - U_j)^T) \dots (6)$$

i 與 j 為兩個特徵組類

C_i 是 i 特徵組類共變數

U_i 是 i 特徵組類平均數

tr 是跡 (trace)

T 是轉置矩陣 (Transposition Function)

通常分離度越大，則訓練之訊號統計距離越大，並且分辨的機率也愈大，分離度值矩陣之一例子爲表1，在表中轉換分散度例

子，分離度值小於1500表示有相似的波譜組類存在 (Lillesand, 1979) 。

表 1 分離度矩陣，用以計算訓練分類之波譜分離程度

種類a	1	2	3	4	5	6
1	0					
2	1998	0				
3	1996	1994	0			
4	1953	898	1882	0		
5	1997	1938	1812	1823	0	
6	1992	1976	1628	1938	1362	0

1-水，2-沙，3-森林，4-都市，5-草原，6-乾草

(3) 特徵訓練樣區評估

特徵訓練組類樣區評估分離 (Ellipse Evaluation of Signature Distinct) 是計算各組類平均數與標準差並將其結果以橢圓形圖繪出，我們可由任二波段橢圓分佈圖形看出那個特徵值容易在那一波段分辨出來。以圖2我們可以從(a) 圖中看出 a 與 b 組類重疊，圖(a) 分類時混淆情形比例大，而(b) 圖中 a 與 b 組類分離出來因此在判釋上容易區分。

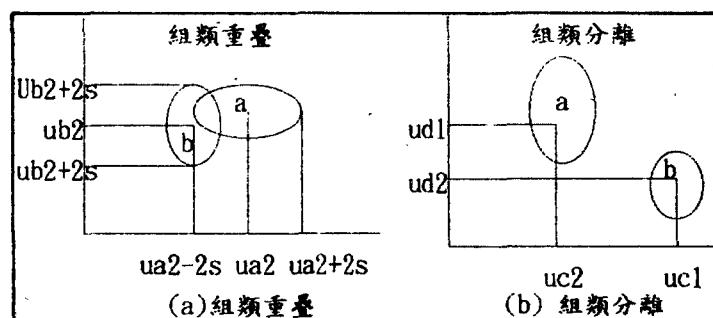


圖 2 特徵訓練樣區評估

(二) 影像分類之方法

影像分類也稱爲影像識別，它是屬於模式模式識別範疇。模式識別方法和應用十分廣泛。從數學理論上講，識別模式大致上有三大種類：統計模式識別、結構模式識別、模糊集識別。統計模式識別輸入模式按規定的項目選擇抽取特徵，然後在特徵空間按一



定的統計準則判定它屬於那一類（焦國模，1987）。

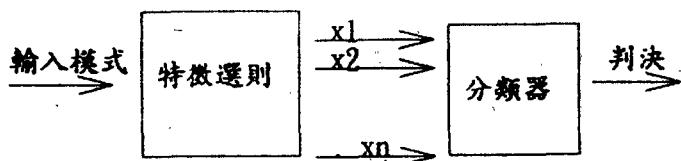


圖 3 統計模式識別過程

統計模式是別的數學基礎是機率統計理論，以其決策理論為基礎，建立統計模型，設一個樣本向量 X 表示一個模式，向量中 X 各項 x_1, x_2, \dots, x_n 為要取的目標特徵參數，其向量形式為： $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 假定要分類為 M 個 W_1, W_2, \dots, W_n 。那麼就要確定了 M 個判別函數 $D_i(x)$ 。

1. 判別函數

使用判別函數 (Discriminant Function) 由遙測資料之訓練樣區中所誘導出來一組數學函數，用以判定將觀測值適當決定在那一個區域。

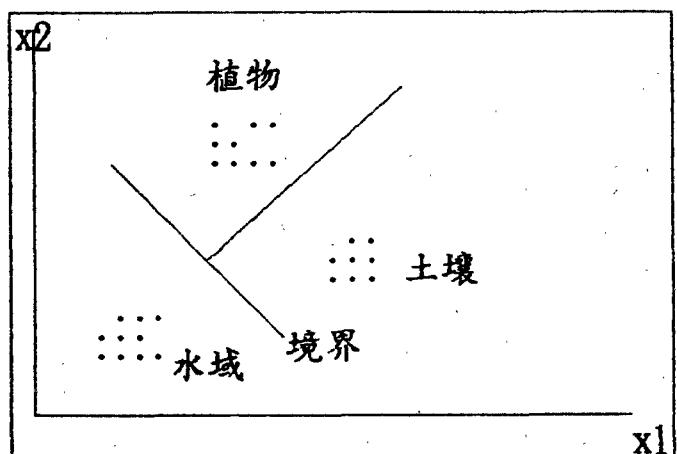


圖 4 判別函數圖

判別函數 $D_i(x), D_j$ 兩判別函數若下式 $D_i(x) > D_j(x), j=1, 2, \dots, m, i \neq j$ 成立， x 則判別樣本 X 為 i 類，這就是判別函數。

判別函數之用途乃再建立規範，將測定值分入適當之決定區域中。在 i 形象之特性空間中， i 級之判別函數具有最大值。如有 m 個級目標物， $P(x/\omega_i)$ 乃測定值 X 之機率濃度函數， X 由 i 級中取出來， $P(\omega_i)$

乃 i 級之先驗機率，若擬定決定 $X \in \omega_i$ 則常用之分級方法為最大概似決定法則 (The maximum-Likelihood Decision Rule)，其條件為若且為若

$$P(X/\omega_i)P(\omega_i) \geq P(x/\omega_j)P(\omega_i) \quad \dots(7)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, m$$

依上述之法則對 X 分類時，計算每集中目標物之 $P(X/\omega_i)P(\omega_i)$ ，凡是最大值者，即將其歸入該級中。在此法則中之 $P(X/\omega_i)P(\omega_i)$ ($i=1, 2, \dots, m$)，即為判別函數。假若樣本級之機率函數由多變值常態密度函數求得，則判別函數應為

$$d = \ln(ac) - [0.5\ln(|\text{cov } c|)] - [0.5(x - mc)^T (\text{cov } c^{-1})(x - mc)] \dots\dots\dots(8)$$

C 為某組類

Mc 樣本均數向量矩陣

ac 是先檢機率

Covc 是樣本共變數矩陣

Covc^{-1} 是樣本共變數矩矩陣

\ln 自然對數

T 是轉置矩陣

2. 影像分析

影像分類 (Classification) 的方法有兩種，一為非控制性分類，另一種為控制性分類。所謂非監督性分類法式指是利用同一類組光譜聚集特性，分析者指定數個群落，由程式根據所需的群落數加以計算分類之，再由分析者將各群落予以命名之；而監督性分類則是指藉由選擇已知的地面真實事像 (Ground Truth) 即為訓練樣本 (Training Samples)，組成組類多邊形座標檔 (.DIG)，計算各多邊形組類的基本統計值，評估組類統計值檔 (.SBD) 後，以判別函數如最大概似法計算每一個像元屬於各組類機率值，以具有最大機率值之組類為像元光譜值，而加以分類影像資料。

(三) 太陽入射角 (Relative Sun Incidence)

本研究使用了太陽入射角因子作為輔助

判釋資料。太陽入射角因子實際上由數值地形模形做出來，加入太陽角因子最主要目的，是限制所謂何種組類林型不可能出現在那一高程之上，其理論為相關太陽角因子計算是由比例尺 $1:34,000$ 數值地形模形，並且用 ERDAS 軟體程式中 RELIEF 以產生地形剖面圖，它相當於每一像元 cosine 角度。RELIEF 輸出值為 -1 到 +1 之間，並轉換成與影像相同具有 0 ~ 255 灰度值，經再從新將此 Popological Relief 值轉換 0 ~ 255 灰度值後，把它當成一個波段，利用近鄰法 (Nearest Neighbor) 再取樣轉成 12.5×12.5 公尺解析力，加入影像當成第四波段，做為影像分類參考資訊。太陽入射角模型，用以判釋所有植生是否屬於藍氏 (Lambertian Behavior) (Ripple 1993)。

(四) 分類準確度

利用 ERDAS 軟體中 RANDCAT 指令，以 3×3 像元為單元，在試區中逢機選取多個樣區，將比對分類結果組類與實際在航空照片或像片基本圖描述組類分別判別其準確度，並用 ERDAS 指令 CLASERR 計算分類準確度並構成一個混淆表（Confusion Table）如表2，混淆表是用無母數（Nonparameter）方式所描述之分類準確

表2 分類精度混淆表

資料判釋組影像組類								
影像組類	正確百分比	a	b	c	d	f	總計	誤授百分比
a	54%	337	17	0	13	70	437	22%
b	47%	203	50	0	60	12	325	84%
c	63%	0	0	101	110	0	211	52%
d	40%	0	3	0	172	2	177	2%
e	-%	0	0	59	3	0	62	-
f	%32	66	34	0	72	41	213	80%
g	-	14	2	0	1	2	19	-
資料判釋組像元數		620	106	160	431	127	1,444	
漏授百分比		45%	52%	36%	60%	67%		

全區分類準確度 = 48%

(五)同意度分析 (Measure of Agreement)

同時考慮實際同意度（全區準確度）和機會同意度（漏授及誤授）則應用 Kappa 意度係數觀念，Kappa 值是實際同意度（誤差矩陣的對角元素合）和機會同意度之差（誤差矩陣行與列乘積），而其表示方法通常是由 Kappa 值來計算如12式子。

$$\text{Kappa} = \frac{\left[N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \cdot X_{+i}) \right]}{\left[N^2 - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \cdot X_{+i}) \right]} \quad \dots \dots \dots (12)$$

N：評估用總像元數

n：誤差矩陣之列數（組類數）

X_{ii} ：誤差矩陣第 i 列第 i 行之值

+：總合

X_i ：第 i 列之非斜線之像元數 (Row i)

X_{+i} ：第 i 行之非斜線上之像元數 (Column i)

此 Kappa 值（介於 0 與 1 之間）其值愈大，即表示分類結果與實際在航空照片或像片基本圖描述組類調查判別之資料越吻合。Kappa 值是在遙測上被廣泛使用的分類準確度評估指標，尤其是比較不同分類法的效力時可用 Kappa 值為評估指標。

Kappa 值同時可用來計算，統計上單位常態分佈 (Unit Normal Distribution) 的 Z 值，Z 值是來測驗兩種分類方法是否有真正統計上的差別 (Signification Difference) 其表示如18式子：

$$Z \sim \frac{k_1 - k_2}{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}} \quad \dots \dots \dots (13)$$

其中 δ_i 即為 Kappa 之標準差

$$\delta_i = \frac{1}{N} \left\{ \frac{\theta_1(1-\theta_1)}{(1-\theta_2)^2} + \frac{2(1-\theta_1)(2\theta_1\theta_2-\theta_3)}{(1-\theta_2)^3} + \frac{(1-\theta_1)^2(\theta_4-4\theta_2^2)}{(1-\theta_2)^4} \right\} \quad \dots \dots \dots (14)$$

$$\theta_1 = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \quad \dots \dots \dots (15)$$

$$\theta_2 = \frac{\sum_{i=1}^r X_{i+} \cdot X_{+i}}{N} \quad \dots \dots \dots (16)$$

$$\theta_3 = \sum_{i=1}^r \frac{X_{ii}}{N} \left(\frac{X_{i+}}{N} + \frac{X_{+i}}{N} \right) \quad \dots \dots \dots (17)$$

$$\theta_4 = \sum_{j=1}^r \frac{X_{ij}}{N} \left(\frac{X_{i+}}{N} + \frac{X_{+i}}{N} \right)^2 \quad \dots \dots \dots (18)$$

三、研究區域與材料

(一)研究區域

臺灣大學實驗林位於東經 $120^{\circ}45'16''$ 至 $121^{\circ}59'15''$ ，北緯 $23^{\circ}28'10''$ 至 $23^{\circ}48'49''$ 。地跨南投縣信義、水里、鹿谷等三鄉，面積總計為 33,522 公頃，全境劃分為 42 個林班，分屬溪頭、清水溝、水里、內茅埔、和社及對高岳等營林區，其中對高岳營林區所屬之 28、29 及 31 個林班，5,902 面積公頃，現仍由嘉義林區管理處暫管經營。實驗林外觀呈狹長形，南北長約 37 公里，東西寬自 6 自 14 公里不等，地勢上為北高南低之走向，最低處為濁水溪南岸之桂子頭（海拔 220 公尺），最高點為南端境界上之玉山（海拔 3,952 公尺），包括了熱帶林、暖帶林、溫帶林、寒帶林。全區山勢大多陡急，僅局部山麓地帶有少許之斜地。林區內之主要河川為北勢溪、清水溝溪、濁水溪、陳有蘭溪等，依其流域分成四大集水區。實驗林區內各地土壤，其差異性頗有顯著，大體言之：濁水溪沿岸以粘土為主；北勢溪擊陳有蘭溪沿岸多屬砂質壤土；和社營林區一帶則為石礫土。險峻地區，土壤深度較淺，緩斜坡地區則土層深厚尚存有腐植質。區域內之氣候，據實驗林之氣象記錄，年平均氣溫以一、二月為最低，七、八月為最高，視各地之海拔高而有不同；海拔 1,000 尺以下地區，甚少降至冰點以下；2,000 公尺以上之地帶，入冬則降霜頻繁且多結冰。區域內之雨量尚稱豐沛，平區年雨量在 2,000 公厘左右，尤以海拔在 2,200 公尺以上地區，年雨量平均達 3,600 公厘以上；溪頭營林區次之，平均在 2,700 公厘

（臺灣大學實驗林經營計畫，1988）。

(二)研究材料

1. SPOT 影像資料

本次實驗所採用影像為法國 SPOT 資源衛星多譜影像資訊，由中央大學購得多譜



資訊，於民國83年4月7日臨空掃描之HRV(High Resolution Visible)多譜影像，空間解析力為 $20m \times 20m$ ，並再取樣做成 $12.5m \times 12.5m$ 。座標以TM2度分帶，其位置為左上221587.5, 2636424.9左下221587.5, 2592425.0。三個絕對校正係數(Absolute Calibration gain)為0.92473、1.35500、1.18680。衛星軌道參考位置號：299—303，感測當時之太陽方位角為193.1347693，太陽高度為66.5560169度，太陽入射角為14.0822815度，天頂角為134.4485500度，影像品質為10 Level。所用之多譜波段屬性如表3、SPOT原始影像圖5。

表3 SPOT 資源衛星影像資訊

波段別	波長(μm)	解析力	屬性	再取樣
XS1	0.50~0.59	20公尺	綠光	12.5公尺
XS2	0.61~0.68	20公尺	紅光	12.5公尺
XS3	0.79~0.89	20公尺	紅外光	12.5公尺

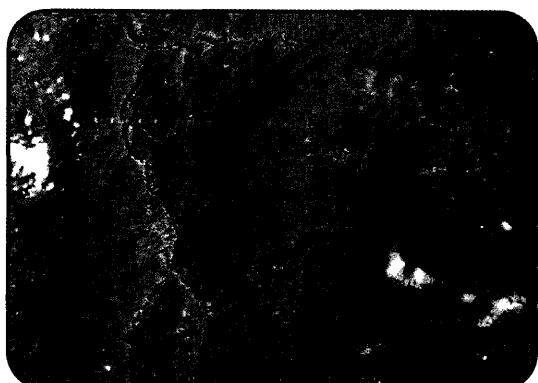


圖5 SPOT 原始影像

2. 圖籍資料

本研究所用之相片基本圖：比例尺(1:10,000及1:5,000)，涵蓋9520-Ⅱ-06溪頭等圖號總共51張。另有臺大實驗林造林地圖：比例尺(1:5,000)，包括第一到三十二林班等。另加林相圖：比例尺1:100,000及林班界圖：比例尺(1:1000,000)等。

3. 數值地形資料(Digital Terrain Model)

研究使用DTM由農林航空測量所提供的，採用 40×40 公尺網格資料，座標系統為二分帶TM座標。左上座標：224480, 263560最小值為0最大值為3,842，平均數為470.5039，標準差為795.4092，影像大小 1032×635 像元，儲存以16bit格式之影像。

四、研究方法

研究方法中提出影像階層分類、最大概似法(SPOT三波段與太陽角因子複合影像)分類流程，最後將兩者分類結果作成比較。其方法分述如下：

(一)影像階層分類

影像階層分類往往與分類精確度有關，參考美國地質測量所(USGS)由James R.Anderson發表適合遙測資料的土地使用與土地覆蓋分類系統USGS專業報告964號)(Anderson, 1976)來說，將影像階層共分成四級，第一級能將森林地分出，第二級分出闊葉樹林地、針葉樹林地及混合林地，等級越高分類越細。例如參考圖中區分離線(User-Defined Group Delineation Line)往左移分類組類更細，但是精確度會降低，如往右移時分類結果較粗，但是精確度會提高，因此定義區分離線是非常慎重的。本研究之描述林型定義是；針葉樹佔總立木材積或林木株樹至少80%，而經濟性竹類佔林冠50%以下之森林稱為針葉樹林；闊葉樹佔總立木淨材積(或林木株數)至少80%以上而經濟性竹類佔全林冠之50%以下者為闊葉樹林型；竹林為分佈於海拔1,200公尺以下，均為人工栽培，常見而且大面積者有桂竹、孟中竹及麻竹；草生地為各種高度的草類；崩壞地(裸露地)為無草木之裸露地及經嚴重沖蝕之地。

本實驗所分出六個組類分別為針葉樹、闊葉樹(中海拔)、闊葉樹(低海拔)、竹林、草生地、崩壞地。低海拔闊葉樹為0至999公尺，中高海拔闊葉樹為1,000公

尺以上。崩壞地與草生地應屬於第一階層。

本實驗定義被覆型林分以及草生地、崩壞地區分可分為圖 6；由圖中說明可確定此次研究所要分類組類分級。

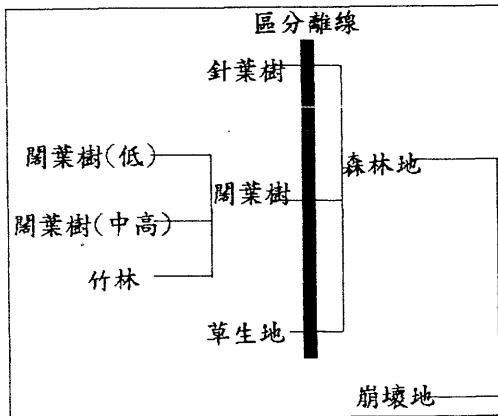


圖 6 研究使用階層分類圖

(二) 最大概似法 (SPOT 三波段與太陽角因子複合影像) 分類流程

本研究皆使用 PC ERDAS 軟體處理，開始時先讀入 SPOT 影像並做訓練樣區挖取，並加以評估所選取樣區精度，再者使用最大概似法則加以分類，DTM 複合影像亦採相同步驟。流程圖如圖 7。

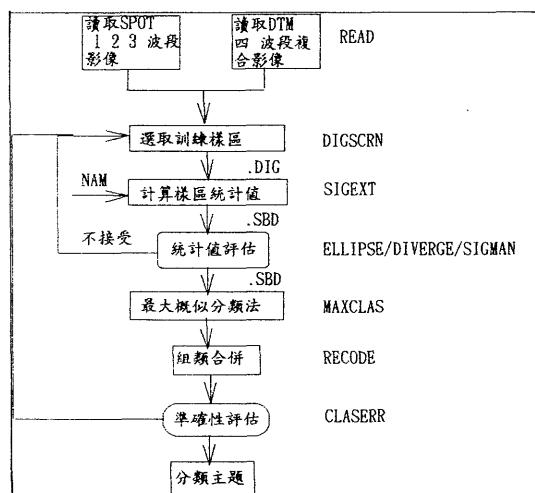


圖 7 控制性分類法 (林金樹, 1994)

1. 林區圖層萃取

臺大實驗林影像邊界層萃取，萃取圖層影像方式可分為兩種形式，第一種方式利用影像相乘套取臺大實驗林分佈多譜影像，方法是臺大實驗林區套層因與其各波段影像對位，屬於臺大實驗林區域依屬性欄內賦予值 1，非臺大實驗林區域設其值為零，形成二值化影像 (Binary Image)，將其與各波段值影像利用 ERDAS 指令 ALGEBRA 將其相乘去除影像中零值區域，即可得萃取臺大實驗林區域。第二種方法利用數化完成臺大實驗林邊界，利用 ARC/INFO 先在指令 POLYGRID 轉換成圖層檔，再者利用 ERDAS 軟體 ARC VECTOR/ERDAS CONVERSION 模組將圖層轉成 ERDAS 檔之 DIG，稱之 BOUNDARY.DIG。接著利用 ERDAS 中 CUTTER 指令將所購衛星影像資料，粹取下來以作為本實驗研究。

2. 地理資訊套合 (OVERLAY)

茲研究先數化臺大實驗林水系、道路、行政區域及林班界圖層檔分別命名為 WATER、ROAD、ADMIN 及 COMP 四個圖層。建立好的圖層必須修改地理座標，使與粹取後影像能夠對位相同的座標系統。經過座標對位後在 ARCVIEW 軟體先加入影像展示在螢幕上，然後依先後次序在分別以 ADD 指令輸入，各個圖層檔分別套入影像內，並做成 BMP 影像檔，以利於本實驗樣區選取等往後分析。道路與影像套疊圖 8，林班界與影像套疊圖 9，行政區域與影像套疊圖 10。

3. 選取訓練樣區

本研究在選取訓練樣區時，參考了臺大實驗林造林地圖冊，及照片基本圖及林相圖在 SPOT 影像中選取 9×9 像元大小共計八個組類，每個組類各選區 10 至 20 個樣區，直接以 ERDAS 指令中 DIGSCRN 選取，並以 SIGEXT 指令計算各組類的灰度值之平均數、最大值與最小值。若選取樣區

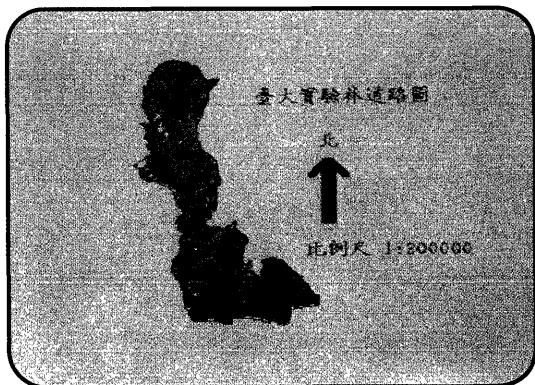


圖 8 道路與影像套疊

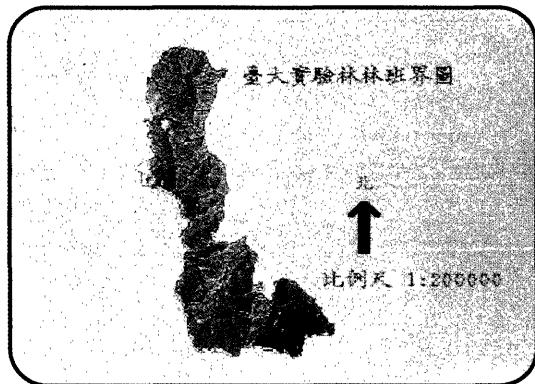


圖 9 林班界與影像套疊

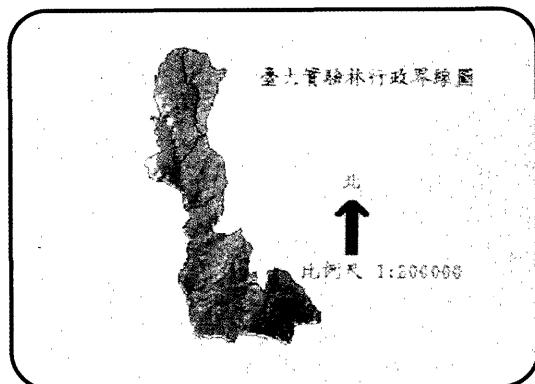


圖 10 行政區界與影像套疊

變異數過大則棄之，再從新選取直到選到最適合樣區。

4. 訓練樣區評估

訓練樣區評估本研究使用了轉換分散度

以及 ELLIPSE 處理兩種方法做為參考依據，轉換分散度作法事先將各組類的權重均成 0.167，並以二波段作配對並以轉換分散度公式計算其分散度。

5. 太陽角因子複合影像作法

本研究利用原先購買 DTM 數值地值模型解析力為 40×40 公尺，步驟以 ERDAS 指令 GCP 先在 DTM 影像選取十至二十點地面控制點座標，然後以 COORDN 指令並以第一度座標轉換式計算 RMS 誤差，經過理想 RMS 後再以 NRECTIFY 指令之利用近鄰法 (Nearest Neighbor Method) 從新再取樣為 12.5×12.5 公尺解析力。作成 12.5 公尺解析力後，再以 RELIEF 指令輸入高程、方位角及輸入亮度水平 50%，作成地形剖面圖，並將以 16bit 儲存格式改為 8bit 格式。做出成果如圖 11。

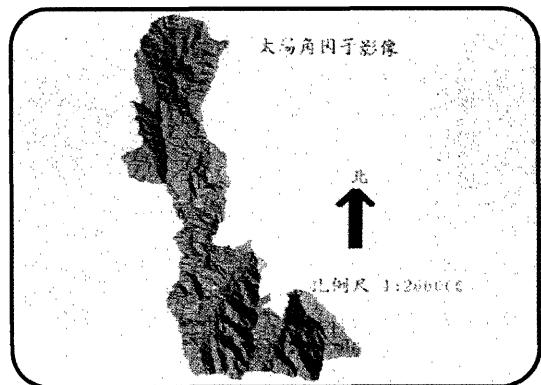


圖 11 太陽角因子地形剖面圖

本研究由於把 DTM 當成一個波段，因此，必須與 SPOT 影像作複合影像套合，其做法是將原先 SPOT 影像與太陽角因子利用程式轉換成去除檔頭影像 512BYTE，而後在 DOS 環境下做

C : COPY XS1/B+XS2+XS3+DTM

NEWFILE.LAN

產生新複合影像我們命名為 OK.LAN 檔。並計算各波段值與太陽角因子波段相關係值如表 4。



表 4 影像各波段相關係數值

波段數	波段 XS1	波段 XS2	波段 XS3	高程DTM
波段 XS1	1.000	0.98503	0.56006	0.04495
波段 XS2	0.98503	1.000	0.51115	0.04058
波段 XS3	0.56006	0.51115	1.000	0.02441
高程DTM	0.04495	0.04058	0.02441	1.000

6. 最大概似法則分類

獲取到 SPOT 影像與 DTM 複合影像後，分別做最大概似法則分類，ERDAS 軟體提供 MAXCLAS 指令，我們分別選擇了以兩個標準差和去除包含零值，選取最大概似法做分類 (Maximum Likelihood)，並把分類後結果作成 GIS 影像檔再以 COLORMOD 指令填入每一組類顏色。

7. 分類後準確性評估比較

研究分類產生的 GIS 檔，以 ERDAS

軟體 RANDCAT 指令各產生兩百個檢核點做檢，核並以 CLASERR 指令計算分類精確度作成混淆表評估。

(三)加入太陽角因子與非加入太陽角因子比較

將上述兩項所做研究結果加以比較，使用方法包括了全區精度混淆表評估和 Kappa 值評估並以 Z 測驗分類差異，並以顯著水準 95% 加以評估。

五、結果分析

(一)組類光譜分析

光譜圖案分析是一種簡單圖形技術，(Stenback and Congilton, 1991)提出使用光譜圖案分析，使用各組類灰度值平均數分佈，了解在那一光譜最適分合分類。圖 12 中可看出 SPOT 中第三波段與圖 13 太陽角因子

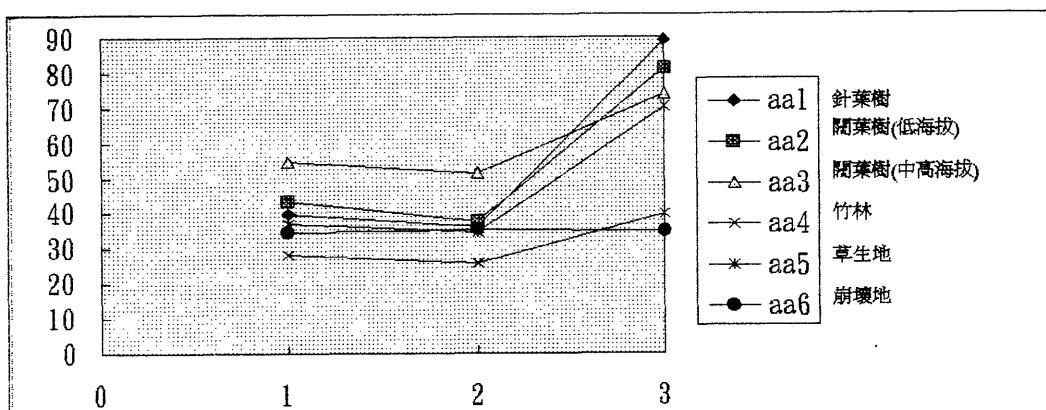


圖 12 SPOT 影像各波段最適組類分析圖

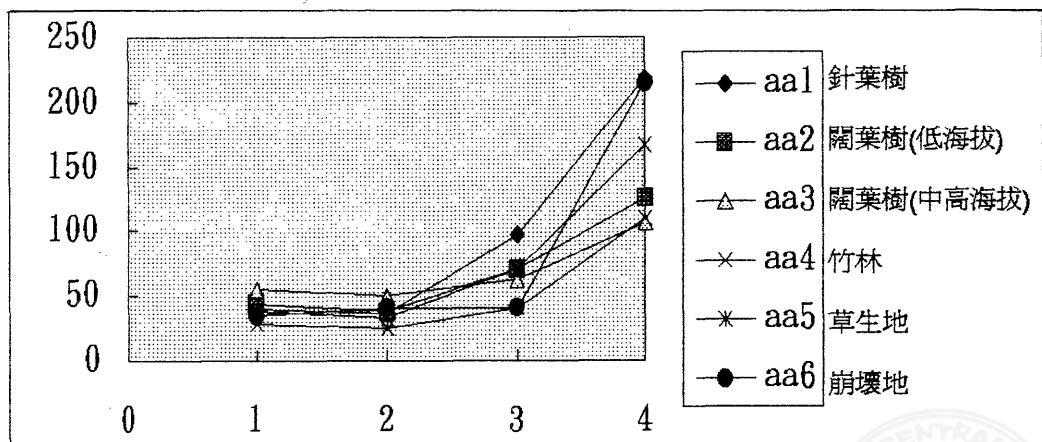


圖 13 各組類在太陽角複合影像各波段灰度值平均數分佈圖

複合影像中第三與四波段最適宜分析組類，唯太陽角因子波段是各組類間分離程度最大。

(二)組類分離度

本實驗中計算轉換分離度，將各組類取其相同的權重數為0.16計算各組類離距離，由樣區選取計算評估由上表中一般分離度為2000。闊葉樹（低）與闊葉樹（中，高）分離度為1860在分類上易同意造成混淆。

(三)結果

1. SPOT 影像

SPOT 影像經最大概似法則計算判別後，並將每個像元歸到各組類計算各組類歸屬像元數，計算全區分類準確度為52.5%，而 Kappa 為0.4067，並分別計算生產者精確度與使用者精確度且做成誤差矩陣結果如表 5。

表 5 最大概似法 (SPOT 影像) 分類混淆表

分類資料	參考						參考總計	正確數目	生產者精確度	使用者精確度
	aa1	aa2	aa3	aa4	aa5	aa6				
aa1	40	0	5	6	0	0	51	68	40	58.8%
aa2	8	20	7	1	0	0	36	23	20	87.0%
aa3	7	2	35	0	0	0	44	74	35	47.3%
aa4	0	0	2	2	0	0	4	26	2	7.7%
aa5	13	1	22	16	4	0	56	5	4	80.0%
aa6	0	0	3	1	1	4	9	4	4	100.0%
列總計	68	23	74	26	5	4	200	200	105	

註：aa1：闊葉樹（低海拔）、aa2：竹林、aa3：針葉樹、aa4：闊葉樹（中高海拔）、aa5：草生地、aa6：崩壞地。

全區分類準確度 (Overall Classification Accuracy)

$$= (40+20+35+16+4+4) / 200 = 52.5\%$$

$$\text{Kappa 值} \times 100 = [200 \times 105 - (68 \times 51 + 23 \times 36 + 74 \times 44 + 26 \times 4 + 5 \times 56 + 4 \times 9)] / [200^2]$$

$$(68 \times 51 + 23 \times 36 + 74 \times 44 + 26 \times 4 + 5 \times 56 + 4 \times 9) \times 100 = 40.67\%$$

$$+ 4 \times 9)] \times 100 = 40.67\%$$

2. 最大概似法 (複合影像) 分類混淆表

最大概似法 (複合影像) 計算並做成誤差矩陣計算各組類歸屬分類，各組類生產者精度及使用者精度，全區分類準確度為60.50%，Kappa 值為0.484，計算結果如表 6。

表 6 太陽角因子複合影像分類混淆表

分類資料	參考						參考總計	正確數目	生產者精確度	使用者精確度
	aa1	aa2	aa3	aa4	aa5	aa6				
aa1	43	1	3	4	0	0	51	53	43	81.1%
aa2	3	7	2	0	0	0	12	13	7	53.8%
aa3	6	5	50	1	0	0	62	90	50	55.6%
aa4	0	0	5	2	1	0	8	22	2	9.1%
aa5	0	0	22	11	9	1	43	11	9	81.8%
aa6	1	0	8	4	1	10	24	11	10	90.9%
行總計	53	13	90	22	11	11	200	200	121	

註：aa1：闊葉樹（低海拔）、aa2：竹林、aa3：針葉樹、aa4：闊葉樹（中高海拔）、aa5：草生地、aa6：崩壞地。



全區分類準確度 (Overall Classification Accuracy)

$$= (43+7+50+2+9+10) / 200 = 60.5\%$$

$$\text{Kappa 值} \times 100 = [(200 \times 121) - (53 \times 51 + 13 \times 12 + 90 \times 62 + 22 \times 8 + 11 \times 43 + 11 \times 24)] / [200^2]$$

$$(53 \times 51 + 13 \times 12 + 90 \times 62 + 22 \times 8 + 11 \times 43 + 11 \times 24) \times 100 = 48.40\%$$

(四) 比較

1. 全區分類精確度及 Kappa 分析

經過混淆表我們計算每一種分類的全區分類準確度與 Kappa 值。全區分類準確度 SPOT 影像為 40.67%，DTM 複合影像為 60.50%。Kappa 值 SPOT 為 0.4067，複合影像為 0.484。其結果以表 7 表示。

表 7 最大概似法 (SPOT 與複合影像分類全區分類準確度與 Kappa 值比較表)

分類法	全區分類準確度	Kappa 統計
最大概似法 (SPOT 影像)	52.50%	0.4067
最大概似法 (複合影像)	60.50%	0.4840

2. 分類 kappa 值 Z 測驗比較表

研究實驗計算各個分類之 Kappa 值然後計算每一個分類 Kappa 值標準差之參數 θ 值如表 8。

計算各 θ 值後，並算出各個分類間單位常態分佈 Z 值，由其結果 SPOT 與複合影像之間為 48.085，結果如表 9。

表 8 Kappa 標準差 θ 參數值

參數	(SPOT 影像)	(複合影像)
θ_1	0.5250	0.6050
θ_2	0.1993	0.2338
θ_3	0.26065	0.3285
θ_4	0.06660	0.0459
Kappa 標準差	0.001219	0.00104

註： θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 參考 (20、21、22、23 式)

表 9 最大概似法混淆表配對比較表

配對比較方法	Z 統計 結果 (95%)
最大概似法 (SPOT 影像) — 最大概似法 (複合影像)	48.085 極顯著

註：顯著水準 95%。

六、討論

1. SPOT 影像三個波段中，第一波段與第二波段做相關係數分析時， r 值達到 0.98。另外加入太陽角因子與其各波段相關係數計算分別 0.04495、0.04058 與 0.02441，係數低表示能做成另一因子來分析，在光譜圖案分析 (Spectral Pattern Analysis) 顯示各組類在太陽角因子分離程度最大如圖 15 亦證明表示能做成另一因子來分析。

2. 選取訓練樣區時應選取單一峰度均勻灰度值，如果選取樣區灰度值變異度過大，或不是單一峰度樣區應予棄之。

3. 最大概似法為全區分類準確度為 52.5%，Kappa 值為 0.4067，再者加入太陽角因子後最大概似法全區分準確度為 60.5%，Kappa 值為 0.484，加入太陽角因子分類較好。

4. 最大概似法分類 (SPOT 影像及加入太陽角因子複合影像) 比較 Z 統計，其關係值 48.05，顯示兩者之間分類方法有顯著性差異性存在。

七、結論

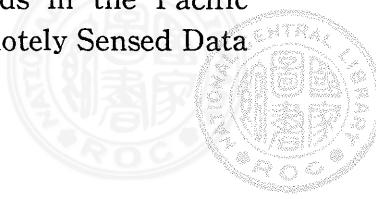
本研究僅對遙測影像資料做初步探討分類，引用 DTM 高程因子作為分類輔助因子可以提高分類準確度，另外把它當成複合影像在與 SPOT 影像疊合時，做出結果和原先數化好水系圖與道路圖套合程度良好。以 DTM 做成太陽入射角因子本研究證明可提高分類之準確度。

參考文獻

- 邱麗香、1986，地形資訊在大地衛星影像森林分類上功用之研究，臺大森林研究



- 所碩士論文。
2. 周朝富、鄭祈全、陳燕章，1991，SPOT 資料應用於林地被覆型分類之研究，林業試驗所研究報告季刊，6(3)：283—297。
 3. 林金樹，1994，遙測數值資料轉換法在環境變遷檢測上之比較，國立臺灣大學專題討論。
 4. 唐莎莉、梁隆鑫，1991，多光譜影像資料分類與地理資訊系統—蘭嶼實例，遙感探測，pp1~17。
 5. 陳哲俊、林俊中，1984，遙測技術展望，遙感探測，pp16—18。
 6. 陳繼藩、陳鋐山，1993，類神精網路應用於 SPOT 衛星影像土地分類之研究，第十二屆測量學術及應用研討會論文集，pp331—348。
 7. 陳永寬，9186，交談式數值地形資料處理系統設計，國立臺灣大學農學院實驗林印行。
 8. 張榮欽、焦國模，1994，應用 SPOT 影像測定林分鬱閉度之研究。
 9. 國立臺灣大學農學院實驗林經營計畫，1988。
 10. 焦國模，1987，森林航空測計學，國立編譯館，pp468—473。
 11. 陳述彭、趙英時，1992，遙感地學分析，中國文化大學出版部。
 12. 謝漢欽，1985，空載多譜掃描資料在林地被覆型分類上之研究，臺大森林研究所碩士論文。
 13. 羅華娟，1984，多譜掃描資料在土地自動分類上之應用，國立臺灣大學森林系碩士論文。
 14. Andrew K.Skidure An 1985 Expert System Classifies Eucalypt Forest Types Using Thematic Mapper Data and a Digital Terrian Mode PE&RS vol. 55 , no. 10 pp1449~1464。
 15. Anderson J.R.,E.E.Hardy, J.T. Road, and R. E. W. tma, 1976 A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data, professional paper 964 , United Ststes Geological Survey, Washington. D. C., 28p 。
 16. Cebrian, J. A & Mark, D, M& Lazon, J. P 1989 Quadtree-Based geographic information systems Estudios Geograficos, v50 n194 , pp11~33 。
 17. Congalton, R. G., 1991, A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data, Remote Sensing of Environment 37 : pp35~46 。
 18. Congalton, R. G. Oderwald, and R. A. Mead, 1983. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 49 (12) : pp1671~1678 。
 19. ERDAS Field Guild 1990 Version 7.4
 20. Maria Fiorlla and William Ripple 1993 Determining Successional Stage of Temperate Coniferous Forests with Landsat Satelliate Data PE&RS pp239~246 。
 21. Michel Godard. James Gray and Jean Poitevin 1990 The Relative of SPOT HRV and Landsat TM Images Forest Cover Change Detection in Forillon National Park, Quebec, Canada Ieee Transactions on Geoscience and Remote sensing. VOL. 28. NO4PP745~746 。
 22. R G. Congalton etl., 1993 Mapping Old Growth Forests on National Forest and Park Lands in the Pacific Northeast from Remotely Sensed Data



PE&RS pp529~535。

- 23.R. M. Hoffer, M. D. Fleming, L. A. Bartonlucci, S. M. Dauis and R. F. Nelson, 1979 Digital Processing of Landsat MSS and Topographic Data to Improve Capabilities for Computerized Mapping of Forest Cover Types, LARS Techniques Report 011579.

24.Stenback, J., and R. Congalton, 1990

24. Stenback, J., and R. Congalton, 1990

Using Thematic Mapper Imagery to Examine Forest Understory, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 56(9) ; 1285~1290。

25. Thomas. M Lillesand and Ralphw.
Kiefer 1979 Remote Sensing and
Image Interpretation section
edition John Weley & Sons New York
pp683~684。 ☆

☆

到森林遊樂區旅遊，

請勿丟棄廢物以保持環境衛生與整潔；

保護美麗森林，

不盜伐、不濫墾、不放火、維護森林、

保護野生動物。