

合歡山地區玉山箭竹分布與地形的關係探討

鄭絜鈺¹ 馮馨瑩^{2*}

摘要

合歡山區有大面積玉山箭竹覆蓋，鄰近山區相近海拔高度區域則不一定有大面積玉山箭竹分布。因此利用福衛五號衛星影像進行合歡山區地表覆蓋的非監督式分類及分類結果評估，結合 20 m 數值地形模型，進行地形分析。發現玉山箭竹所在的高度與前人研究所述一致，主要在 3100 m 至 3600 m，研究並發現箭竹分布區較針葉林的坡度緩。另從分析結果發現研究區的玉山箭竹主要分布於東坡及東南坡，與前人提出玉山箭竹多分布在南坡有差異。本研究整理出合歡山區的玉山箭竹從海拔 1800 m 以上即有分布，但 3000 m 以上箭竹林分布的面積比例大幅提高，且主要出現在山頭、山脊線等較為緩的區域。綜合上述，除了高度影響，坡度是影響合歡山區玉山箭竹分布的重要因素。

關鍵詞：合歡山、玉山箭竹、衛星影像、地形、非監督式分類

1. 前言

1.1 研究動機

筆者於 2023 年 11 月前往合歡東峰步道登山途中，觀察到該區域山頭呈現不同植被分布的現象，其中部分山頭為玉山箭竹覆蓋，而相似高度的其他山頭則主要為針葉林。此發現引發了對於這一現象的好奇：為何在高度相近的區域會出現不同的植被類型？由此，本研究希望釐清合歡山區箭竹與針葉林的分布範圍差異，並進一步探討箭竹分布區的海拔、坡度、坡向等地形特徵，以及這些特徵與針葉林分布區的差異。本研究透過衛星影像，結合數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM)，進行地形特徵分析，以回答上述問題，期望能夠增進對該區植被分布規律的理解。

1.2 研究目的

根據以上研究動機，擬定下列兩項具體研究目的：

(1)以福衛五號衛星影像判釋合歡山區玉山箭竹與

針葉林的分布範圍。

(2)分析比較合歡山區玉山箭竹與針葉林分布區之高度、坡度、坡向特徵。



圖 1 筆者登合歡東峰時拍攝之合歡山區植被景觀 (2023/11)

2. 研究區概況

2.1 玉山箭竹的分布地區

徐國士等(2001) 指出，高山地被植物有玉柏、玉山石松、玉山佛甲草、等高山草本植物，唯以玉

¹ 臺中市立大里高級中學二年級學生

² 臺中市立大里高級中學地理科教師

* 通訊作者, E-mail: sponge@dlsh.tc.edu.tw

收到日期：民國 113 年 11 月 12 日

修改日期：民國 113 年 12 月 12 日

接受日期：民國 113 年 12 月 30 日

山箭竹佔絕對優勢，且玉山箭竹灌叢分布區域多為山頂及土地瘠薄區域，受氣候區域之影響，低溫乾旱樹木不易侵入。就臺灣而言，玉山箭竹最低可分布至海拔 1100 m 左右，但在 2800 m 以上常形成大面積而較穩定的玉山箭竹群團。臺灣山林復育協會(2023) 指出，高山玉山箭竹草原主要分布於冷杉林帶海拔帶(中部地區約 3100~3600m)。3000 m 以下的高海拔地也有零星的玉山箭竹草原分佈，但大範圍的玉山箭竹草原只出現在 3000 m 以上高山地帶(臺灣山林復育協會，2023)。玉山箭竹除了可在開闊地形成高山草原外，也可與雲杉、冷杉、鐵杉等林木混生(徐恩揚，2015)，其中開闊地形成之高山草原的植株高度大致小於 2 m，而在冷杉、鐵杉等林木下生長之玉山箭竹，植株高度則大於 2 m(吳昆松，2017)。

綜合以上文獻可知，合歡山研究區高山草原得植物群落應該不只有玉山箭竹，且玉山箭竹除生長於高山草原外，也會在森林底部生長。考量衛星影像由上至下之拍攝特性，無法清楚表現生長於針葉林下的玉山箭竹群落，故本研究僅評估生長在草原之玉山箭竹分布與地形因子之關聯。而高山草原中可能與箭竹一起生長的其他草本植物，其光譜特性應與箭竹類似，與冷杉針葉林有較大差異。因此，本研究仍以合歡山區玉山箭竹草原稱之，探討與山箭竹分布與地形的關係。

2.2 玉山箭竹與針葉林的分布關係

臺灣山林復育協會(2023) 也提到，臺灣高山地區冷杉林帶之下，主要有雲杉和鐵杉分布，這兩種樹種也屬於針葉林。此外，玉山箭竹主要分布於冷杉林帶，與冷杉分布海拔大致重疊。但同一地區箭竹大多生長於山脊稜線，而冷杉則分布於谷地。生態學者認為箭竹可耐強風，森林大火後迅速生長回復，故能生長於山頭、稜線；而不耐強風的冷杉，則生長於避風的谷地。因此，同一地區箭竹分布海拔高於冷杉。林茂克等(2012) 研究玉山箭竹與冷杉林下層的地被植物組成，發現合歡東峰地被植物社

會可區分為玉山箭竹草地區的高山芒型植物社會、臺灣冷杉森林邊緣的假石松—臺灣冷杉型植物社會，以及臺灣冷杉森林內為裂葉樓梯草型植物社會等三型。而位於森林邊緣的假石松—臺灣冷杉社會型可視為玉山箭竹草地及臺灣冷杉森林的推移帶。

臺灣省特有生物研究保育中心(1998) 指出，高山草原大都生長在南向、地勢較為平緩且乾燥的山坡。由以上可知，玉山箭竹草原在中高海拔地區皆可見，但主要分佈在高海拔的冷杉林帶，常生長於山頭與稜線，且南向坡度平緩的山坡更容易出現。因此，本研究將利用衛星影像判釋研究區植被覆蓋，並配合 20 m DTM 分析其地形特徵，分析玉山箭竹分布。

2.3 研究區地形、地質及地表覆蓋概況

圖 2 為研究區植被、地標圖，研究區內多為 3100 m 以上之高山，最高的山峰為海拔 3422 m 的合歡北峰，研究區最低海拔則為 1834 m。圖 2 中淺綠色植被為玉山箭竹，主要分布在山頂及山脊線；深綠色植被分布區為針葉林，為研究區內主要地表覆蓋。另外，顏色最淺的白色、灰色地區則為崩塌地以及道路。圖 3 為研究區地質圖，圖 3 中黑框內為本研究區範圍，約 95 km²。研究區西半部地層為中新世廬山層，東半部則為中新世大禹嶺層，本區地層走向大約成東北西南向，岩層向東傾斜，傾斜角度約為 40 至 50 度(經濟部地質調查及礦業管理中心，2019 之地質資料整合查詢網頁)。

3. 研究方法

3.1 研究流程

本研究流程如圖 4，主要透過福衛五號衛星影像判釋研究區地表覆蓋，再結合 20m 解析度 DTM，分析研究區箭竹分布面積與地形特徵的關係，討論影響箭竹分布面積的主要影響因素。

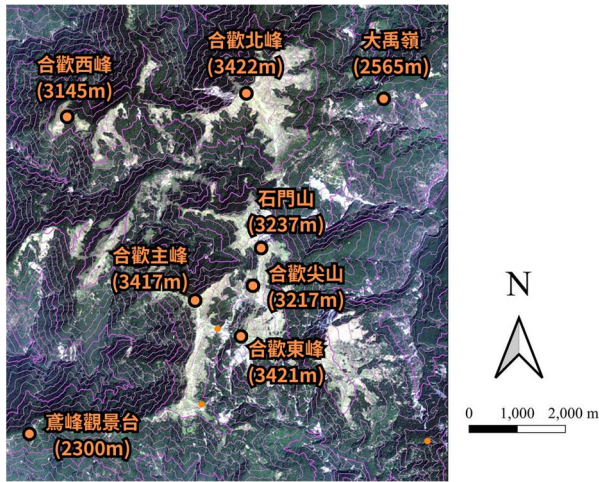


圖 2 研究區植被、地形、地標圖 (底圖為 2023 年 3 月 12 日福衛五號衛星影像，等高線以內政部 2022 年版 DTM 繪製，地標參考 google 地圖標示)



圖 3 研究區地質圖 (整理自經濟部地質調查及礦業管理中心, 2019 之地質資料整合查詢網頁)

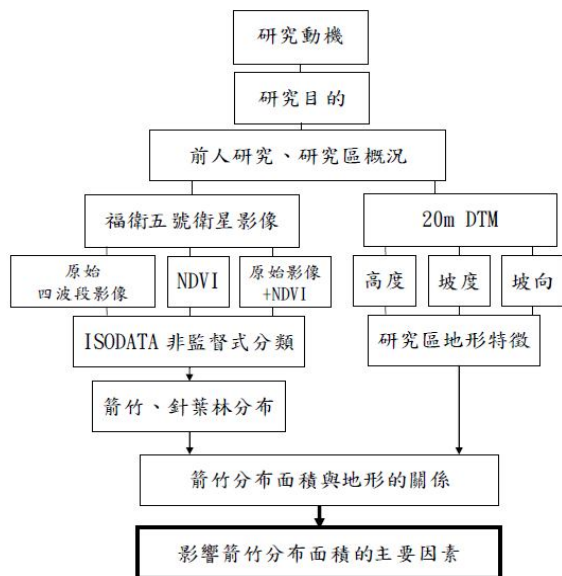


圖 4 研究流程圖

3.2 福衛五號衛星影像蒐集

本研究衛星影像資料蒐集過程如下：首先，透過國家太空中心網站的「福衛影像申購」系統線上申請影像資料，進入「資料市集」選擇 2023 年福爾摩沙衛星五號 L4 南投資料夾，並填寫申請單，經主管單位核准後即可下載影像。下載後的影像檔名為 FS5_G058_MS_L4TWD97_20230312_024912.zip。將此檔案解壓縮並裁切後，便可取得 2023 年 3 月 12 日拍攝的研究區多光譜衛星影像，包含紅光(B1)、綠光(B2)、藍光(B3) 及近紅外光(B4) 四個波段，且空間解析度為 4 m (劉小菁等, 2014)。

3.3 植生指標計算與影像合成

3.3.1 標準化植生指標(NDVI)的計算

本研究區主要的地表覆蓋為針葉林與玉山箭竹，因此採用標準化植生指標來協助地表覆蓋的判釋。標準化植生指標 (NDVI) 為利用衛星影像判釋植被覆蓋時常用的指標 (黃麗娟等, 2008)，其計算方式為：

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \dots\dots\dots(1)$$

公式(1) 中，NDVI 為標準化植生指標，NIR 為近紅外光波段數值，R 為紅光波段數值。NDVI 數值介於-1~1。

3.3.2 福衛五號衛星影像+NDVI 圖層的製作方式

前人研究指出以像元為基礎的影像分類法，效果常不令人滿意 (謝漢欽等, 2017)，部分學者嘗試加入其他技術輔助影像判釋，如謝漢欽及黃俊元 (2020) 使用以物件為基礎的影像分割技術，進行森林覆蓋地的 NDVI 影像判釋，獲得不錯的判釋成果。考量合歡山研究區的植被覆蓋相對單純，因此仍採用像元為基礎的分類方法，但嘗試在福衛五號衛星影像原有的紅光、綠光、藍光及近紅外光四個波段外，加入 NDVI，成為一個五波段的影像，期能提高 QGIS 外掛軟體 Semi-Automatic Classification

Plugin (SCP) 非監督式分類之精度。上述五波段影像資料處理的程序如下：

(1) 福衛五號衛星影像各波段資料的抽取

利用 Raster Calculator 可分別抽取福衛五號衛星影像的四個波段，使其成為單獨紅光、綠光、藍光及近紅外光波段圖層。以抽取紅光波段為例，其做法為：在 QGIS 中打開研究區福衛五號衛星影像，開啟 Raster Calculator，以滑鼠點選紅光波段並將抽取後的檔案命名、存檔，即可獲得單獨的紅光波段圖層 (圖 5)。

(2) NDVI 資訊放大的方式

觀察圖 5 可發現，NDVI 數值明顯小於其他四個波段，為了避免 SCP 進行非監督式分類時因 NDVI 數值過小權重太低，而影響分類結果，本研究在 Raster Calculator 以下列公式將 NDVI 波段數值放大：

$$\text{NDVI intensify} = (\text{NDVI} + \text{NDVImax}) * \text{NIRmax} / (\text{NDVImax} - \text{NDVimin}) \dots\dots\dots (2)$$

公式(2) 中，NDVI intensify 為放大後的 NDVI 數值，NDVImax 為該 NDVI 圖層中的最大數值，NDVimin 為該圖層中的最小值，NIRmax 為近紅外光圖層中的最大數值，該數值會依據實際分類需求做適當調整，以獲得精度更高的分類結果。

(3) 紅光、綠光、藍光、近紅外光波段與 NDVI 資料的結合

本研究利用 QGIS 中的 Raster / Miscellaneous / Build Virtual Raster 功能、將上述獨立的紅光、綠光、藍光、近紅外光及 NDVI 波段結合成一個五波段影像圖層。

3.4 非監督式分類的操作與地表覆蓋之判釋

依據研究目的將研究區地表覆蓋分為針葉林、玉山箭竹及崩塌地與車道三大類，資料處理及判釋程序如下：

3.4.1 非監督式分類的操作

利用 SCP 外掛程式的 Band Set 載入上述五波段影像圖層，接著用 Band Processing / Clustering 進行非監督式分類，選擇 ISODATA 模式。因研究區地表覆蓋大致為玉山箭竹、針葉林、崩塌地及車道等類型，相對單純，因此將非監督式分類的項目數設定為五類，其餘參數皆採用軟體預設值，執行後即可獲得一幅研究區五類地表覆蓋分布圖 (圖 6)。

3.4.2 分類結果的判釋

以人工判斷編號 1 到 5 類分別是何種地表覆蓋，依本研究的操作經驗發現，其中三類可對應針葉林，一類為玉山箭竹，其餘一類為車道與崩塌地的地表覆蓋。因此後續操作會將三類針葉林合併，並針對針葉林、箭竹、崩塌與地車道三大類地表覆蓋進行分類結果評估。

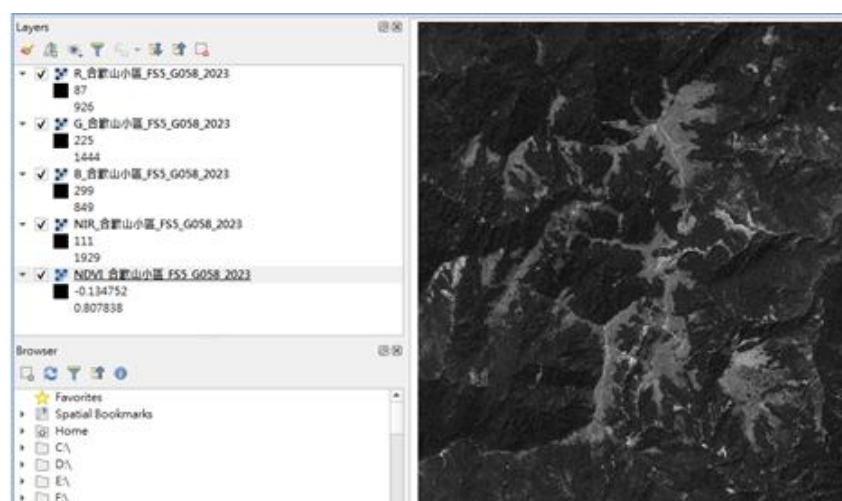


圖 5 以 QGIS 操作福衛五號衛星影像波段抽取與疊合

3.4.3 三類地表覆蓋影像圖層的建立

使用 Raster Calculator 將上述圖層的針葉林、玉山箭竹、車道及崩塌地分類結果影像，分別抽取成獨立的影像圖層，如圖 7 底圖即為玉山箭竹分布圖。

本研究應用以上影像分類方法，分別進行研究區福衛五號原始 4 波段影像、NDVI 影像、原始 4 波段加 NDVI 影像等三種影像的地表覆蓋分類，並做分類結果的評估比較，選出最佳分類結果進行後續的分析。

3.5 地表覆蓋非監督式分類結果的評估

3.5.1 三類地表覆蓋驗證區域的圈選

運用 Google 衛星影像為底圖，以人工判釋方式，分別圈選玉山箭竹、針葉林及崩塌地與車道等三類地表覆蓋，各 20 個樣本。並將圈選好的樣本圖層，以 kml/kmz 格式匯出，做為非監督式影像分類成果的評估標準。

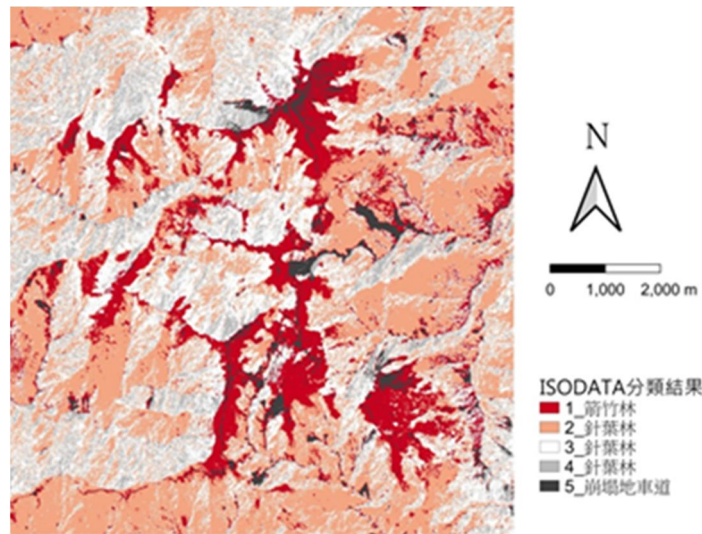


圖 6 非監督式分類分類結果

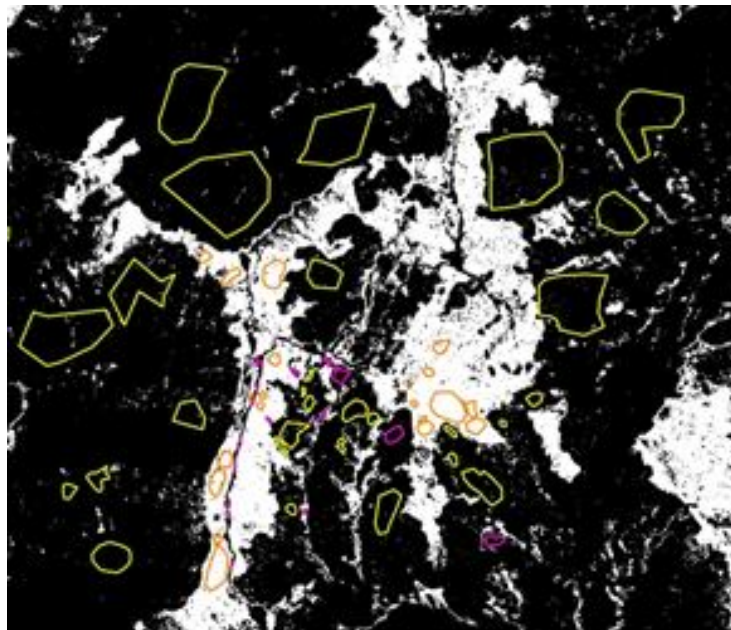


圖 7 箭竹林分類精度評估，白色區域為分類為箭竹林地區，多邊形區域為實際地表覆蓋類型驗證區範圍，黃色為針葉林，橘色為箭竹林，紫色崩塌地車道

3.5.2 誤差矩陣關係表的製作與生產者精度、使用者精度、整體精度及 kappa 係數的定義及計算

誤差矩陣關係表(表 1)是評估影像分類精確程度的基礎,利用誤差矩陣關係表,可以進一步計算各類地表覆蓋分類成果之生產者精度與使用者精度,也可計算影像分類之整體精度以及 Kappa 係數,本研究用以下步驟製作誤差矩陣關係表:

(1) 誤差矩陣表的製作

分別開啟三類地表覆蓋驗證區之向量圖層以及分類成果影像圖層。如圖 7,以玉山箭竹為例:使用 Processing / tool box / Zonal Statistics 功能計算三類地表覆蓋驗證區域內被分類為玉山箭竹之網格數量,即可填寫表 1 中 A 行之數據。將圖 7 底圖依序換成針葉林、崩塌地車道分類成果圖層,重複以上步驟,即可獲得表 1 中 B 行和 C 行的數據。

(2) 分類精度的評估指標

- A.生產者精度:指某類別被正確分類佔所有分類結果之比例,計算方式如表 1 直行。
- B.使用者精度:指地表覆蓋物經分類後,得被正確歸類的比例,計算方式如表 1 橫列。

C.整體精度:正確分類量佔總資料量的比例,計算方式為表 1 對角線數值加總除以總資料量。

D.Kappa 係數:可表示分類成果較隨機分類結果好多少。計算公式如下:

$$Kappa=(\text{整體精度}-\text{期望精度})/(\text{1}-\text{期望精度})\dots\dots(3)$$

3.6 箭竹林及針葉林區的高度、坡度、坡向分析方式

本研究針對玉山箭竹與針葉林的分布進行地形特徵分析,主要步驟如下:首先,在 QGIS 中利用 20m DTM 影像圖層生成坡度圖(使用 Raster / Analysis / Slope 功能)和坡向圖(使用 Raster / Analysis / Aspect 功能),其中坡度以角度表示,坡向以方位角表示。接著,通過 QGIS 的 Vector / Research / Grid 功能建立研究區 20m 網格系統,並透過 Processing / Tool Box / Zonal Statistics 功能,利用網格系統逐一擷取每個網格的高度、坡度、坡向值。此外,同樣使用 Zonal Statistics 功能擷取玉山箭竹林和針葉林分布區的植被覆蓋資料。以獲取研究區 20m 解析度的高度、坡度、坡向與植被覆蓋(箭竹林或針葉林)資料,詳如表 2、圖 8 所示。

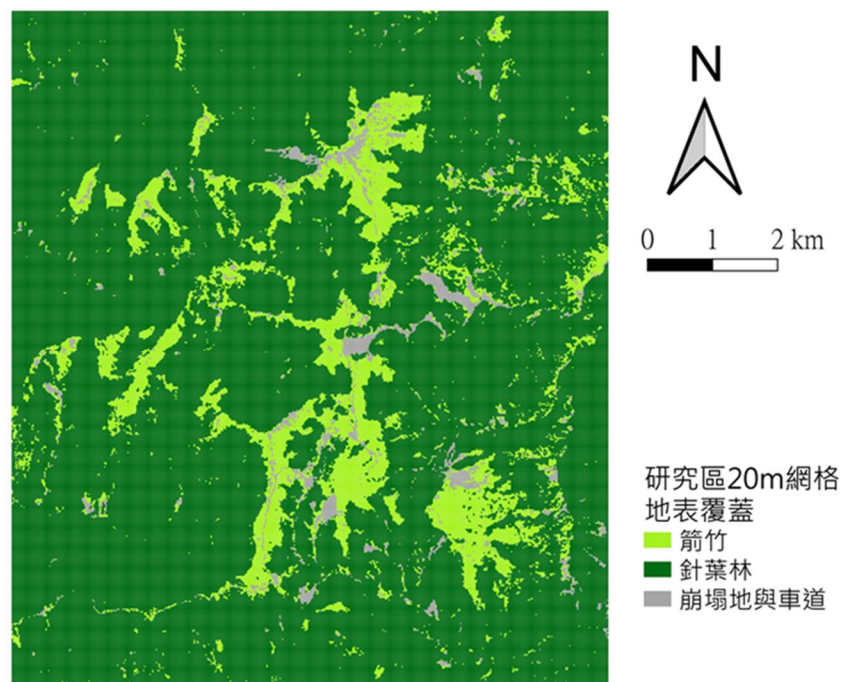


圖 8 研究區 20 m 網格地表覆蓋分布圖

4. 研究結果與討論

4.1 衛星影像地表覆蓋分類結果

4.1.1 福衛五號原始四波段影像之分類結果

表 3 為研究區福衛五號衛星影像原始 4 波段 ISODATA 分類成果精度評估表。由表 3 可發現，以原始 4 波段影像的 ISODATA 分類成果已可達一定水準。其中整體精度達 98.2%，Kappa 係數為 0.913，針葉林區的生產者精度及使用者精度達 99.9%，玉山箭竹的生產者精度達 87.7%，使用者精度為 93.8%，但崩塌地及車道的生產者精度與使用者精度略低，為 72.5%而其使用者精度更低，只有 52.9%。

4.1.2 福衛五號 NDVI 影像之分類結果

表 4 為研究區 NDVI 影像 ISODATA 分類成果精度評估表，由表 4 可發現，分類成果精度偏低。整體精度為 86.5%，Kappa 係數只有 0.541，其中，玉山箭竹與車道崩塌地的使用者精度分別只有 44.8%及 38.6%，顯示誤判情況頗為嚴重。

4.1.3 福衛五號衛星影像配合 NDVI 影像之分類結果

表 5 為研究區福衛五號衛星影像配合 NDVI 影像 ISODATA 分類成果精度評估表，由表 5 可知，此為三種組合中，精度最佳者。整體精度達 99.2%，Kappa 係數為 0.961，各類別地表覆蓋之生產者精度與使用者精度皆達 92%以上。

表 1 誤差矩陣關係表示意

分類成果(classification)	地面參考資料 (reference data)				
	種類	A(箭竹林)	B(針葉林)	C(崩塌地)	列總計
a(箭竹林)	XAa(1)	XBa(2)	XCa(3)	(1)+(2)+(3)=asum	(1)/asum
b(針葉林)	XAb(4)	XBb(5)	XCb(6)	(4)+(5)+(6)=bsum	(5)/bsum
c(崩塌地)	XAc(7)	XBc(8)	XCc(9)	(7)+(8)+(9)=csum	(9)/csum
行總計	(1)+(4)+(7)=Asum	(2)+(5)+(8)=Bsum	(3)+(6)+(9)=Csum	(1)+(2)+...+(9)=All sum	
生產者精度	(1)/Asum	(5)/Bsum	(9)/Csum		

資料來源：本表參考方彥凱 (2004) 繪製

表 2 以研究區 20m 網格擷取獲得高度、坡度、坡向及覆蓋植被種類示意表，其中植被影像像元數超過該網格總像元數 1/2 以上者，則判定該網格為該類植被覆蓋區，如 id：894 即為玉山箭竹林覆蓋區

id	海拔高度 (m)	坡度	坡向	坡向八方位	20m 網格總像元數	箭竹林像元數	針葉林像元數
374	1834	0.0	0.0	N	16	2	13
893	1834	5.4	273.8	W	16	6	9
373	1835	0.0	0.0	N	16	2	9
1413	1838	7.3	330.9	NW	16	7	9
1412	1838	14.0	241.5	SW	16	2	14
892	1838	19.6	210.6	SW	16	6	10
375	1839	0.0	0.0	N	16	3	13
894	1839	14.1	2.9	N	16	14	2
1933	1841	6.6	319.4	NW	16	7	9

表 3 研究區福衛五號衛星原始 4 波段影像 ISODATA 分類成果精度評估表

分類成果(classification)	地面參考資料 (reference data)					
	種類	箭竹林	針葉林	崩塌地車道	列總計	使用者精度
箭竹林		7520	63	431	8014	93.8%
針葉林		94	80703	0	80797	99.9%
崩塌地車道		958	52	1134	2144	52.9%
行總計		8572	80818	1565	90955	
生產者精度		87.7%	99.9%	72.5%		

表 4 研究區 NDVI 影像 ISODATA 分類成果精度評估表

分類成果 (classification)	地面參考資料 (reference data)					
	種類	箭竹林	針葉林	崩塌地車道	列總計	使用者精度
箭竹林		7456	9173	18	16647	44.8%
針葉林		662	69635	0	70297	99.1%
崩塌地車道		454	2010	1547	4011	38.6%
行總計		8572	80818	1565	90955	
生產者精度		87.0%	86.2%	98.8%		

表 5 研究區福衛五號衛星原始四波段加入 NDVI 影像 ISODATA 分類成果精度評估表

分類成果 (classification)	地面參考資料 (reference data)					
	種類	箭竹林	針葉林	崩塌地車道	列總計	使用者精度
箭竹林		8447	549	29	9025	93.6%
針葉林		20	80248	0	80268	100.0%
崩塌地車道		105	21	1536	1662	92.4%
行總計		8572	80818	1565	90955	
生產者精度		98.5%	99.3%	98.1%		

4.2 玉山箭竹與針葉林分布區的地形特徵

4.2.1 研究區玉山箭竹與針葉林分佈面積比例

圖 9 為研究區玉山箭竹與針葉林分布面積比例圖，由圖 9 可知，研究區大部分地表覆蓋皆為針葉林，玉山箭竹覆蓋區域則為 12.2%。

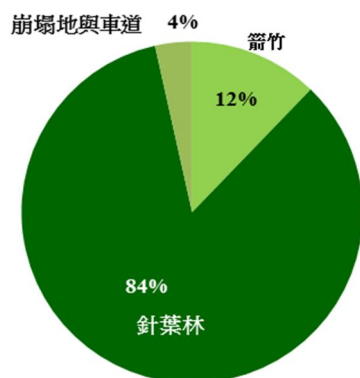


圖 9 研究區玉山箭竹與針葉林分布面積比例

4.2.2 玉山箭竹與針葉林分佈面積與高度的關係

因前人研究提及大面積玉山箭竹分布主要位於海拔較高的冷杉林帶 (臺灣山林復育協會, 2023)，因此本研究將研究區依據海拔高度每 200 m 為一組，由 1800 m 至 3422 m 共分為 8 組，觀察不同海拔高

度玉山箭竹分布是否有所差異。圖 10 為研究區以每 200 m 海拔高度分組之玉山箭竹與針葉林分布面積比例圖。由圖 10 可發現海拔 3000 m 以下的玉山箭竹分布面積比例偏低，大致小於 18%，而海拔 3000 m 以上區域，玉山箭竹分布面積比例則有顯著提升，尤其 3200 m 以上區域，玉山箭竹分布面積達 50% 以上。

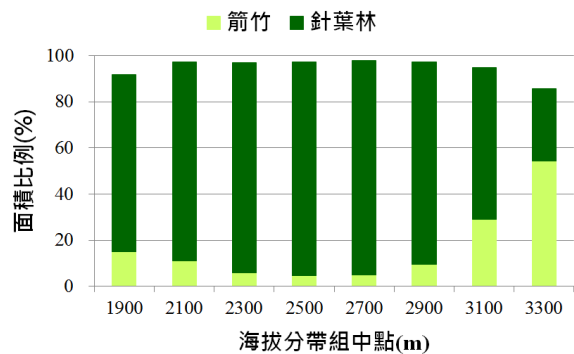


圖 10 研究區每 200 m 海拔高度分組之箭竹林與針葉林分布面積比例

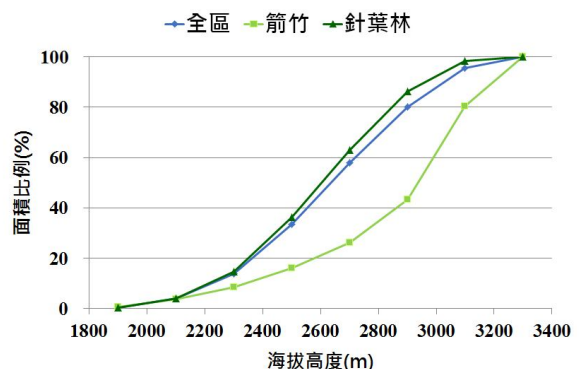


圖 11 研究區箭竹與針葉林隨高度累計面積比例

圖 11 為研究區箭竹與針葉林隨高度累計面積比例折線圖，由圖 11 可發現，研究區內生長在海拔 3000 m 以上地區的的箭竹，佔總箭竹面積的 57%。而生長在 3000 m 以上地區的針葉林，只佔總針葉林面積的 14%。

4.2.3 玉山箭竹與針葉林分佈面積與坡度的關係

圖 12 為研究區各坡度帶箭竹與針葉林面積比例柱狀圖，由圖 12 可發現，研究區內坡度低於 30 度的區域，箭竹生長面積占地表面積的比例大致都在 20% 以上，而坡度 30 度以上的區域，箭竹面積則不到 10%，顯示研究區箭竹多分布在坡度較平緩的地區。

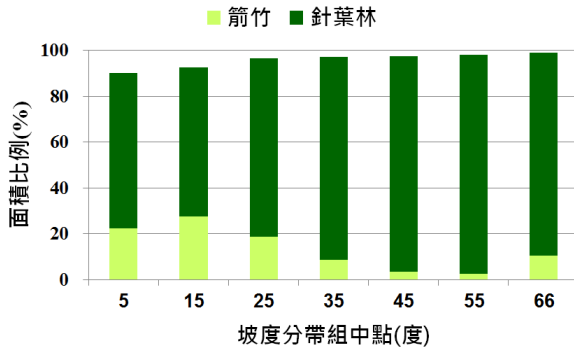


圖 12 研究區各坡度帶箭竹與針葉林面積比例

圖 13 為研究區箭竹與針葉林隨坡度累計面積比例折線圖，由圖 13 可觀察到，研究區內 66% 的箭竹都分布在坡度 30 度以下較平緩範圍，而坡度 30 度以下的針葉林面積只佔總針葉林面積的 34%。

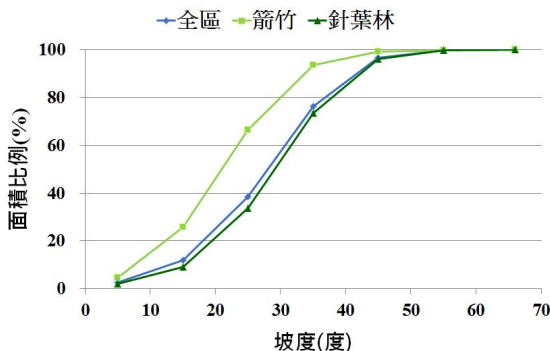


圖 13 研究區箭竹與針葉林隨坡度累計面積比例

4.2.4 玉山箭竹與針葉林分佈面積與坡向的關係

圖 14 為研究區各坡向帶箭竹與針葉林面積比例柱狀圖，由圖 14 可發現，箭竹在東北、東、東南及南四個方位生長面積比例較高，地表大致 16% 以上為箭竹覆蓋區；而其他四個方位（北、西南、西、西北），則不到 10% 的地表面積有箭竹覆蓋。

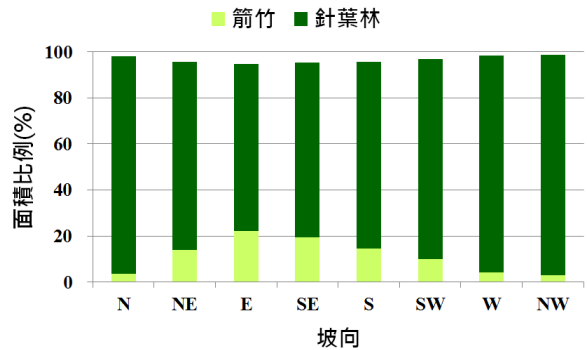


圖 14 研究區各坡向帶箭竹與針葉林面積比例

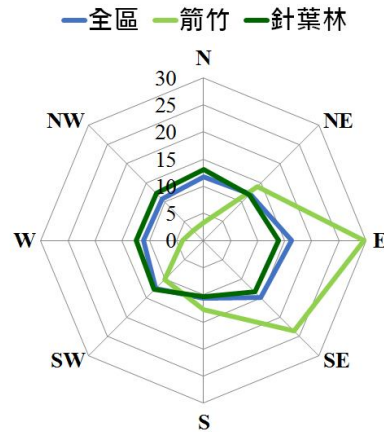


圖 15 研究區箭竹與針葉林各坡向面積比例

圖 15 為研究區箭竹與針葉林各坡向面積比例雷達圖，由圖 15 可知，生長在偏東（東北、東、東南、南）坡向的箭竹，佔總箭竹面積的 80%；而生長在偏東坡向的針葉林，其面積只佔總針葉林面積的 49%。

由圖 15 也可發現，偏東坡向的地表面積（圖 15 全區）範圍佔研究區總面積的 54%，佔比較偏西坡向的地表面積大，因此推測研究區偏東坡應較為平緩。

於是進一步計算偏東坡和偏西坡的坡度平均值及標準差，並進行 t 檢定，結果如表 6。由表 6 可發現，偏東坡的坡度確實較偏西坡平緩，而箭竹多

分布在偏東坡，有可能是因為該坡向地表的坡度較為平緩所致。

表 6 研究區兩組坡向的平均數、標準差及 t 檢定結果

坡向分組	坡度 平均值	坡度 標準差	t 檢定 p 值	f 檢定 p 值
偏東南坡	29.7 °	9.1 °	0.000000	0.000000
偏西北坡	35.6 °	11.0 °		

備註：偏東南坡包含東北、東、東南、南等坡向；
偏西北坡包含西南、西、西北、北等坡向。

4.3 玉山箭竹生長面積與海拔高度、坡度的關係

根據上述資料，可判斷研究區玉山箭竹的生長面積應與海拔高度、坡度、坡向有關。將研究區的地表依據海拔高度、坡度、坡向，分成 12 種地形組合，如表 7。分別計算出這 12 種地形組合的地表面積、箭竹面積、箭竹面積佔地表面積比例、平均高度及平均坡度 (表 7)。

接著以平均海拔高度為橫軸，平均坡度為縱軸，繪製 XY 散布圖，再將箭竹面積比例，以比例圓的方式標在散布圖中相對應的位置，如圖 16。由圖 16 可發現，海拔高且坡度平緩的區域，玉山箭竹的面積較大；而海拔高度低、坡度較陡的區域，玉山箭竹的面積則較小。

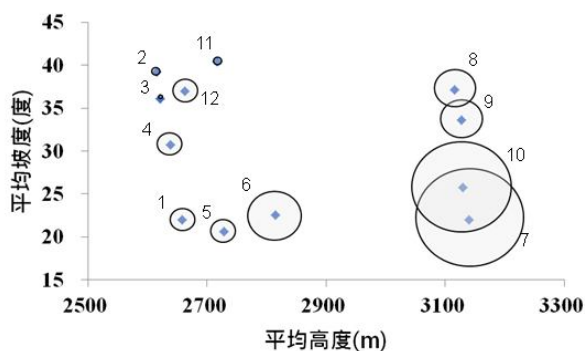


圖 16 研究區 12 組地形分區之平均高度、平均坡度與箭竹面積比例關係圖，圖中圓圈大小代表該地形分區的箭竹面積比例，圓圈旁的阿拉伯數字為地形分區編號，地形分區的高度、坡度特徵標準請參考表 7

進一步利用表 7 數據，以平均高度為橫軸，箭竹面積比例為縱軸做線性迴歸，如圖 17，可發現平

均高度與箭竹面積比例呈正相關， R^2 為 0.67。而平均坡度與箭竹面積比例的線性迴歸，則呈現負相關， R^2 為 0.31 (圖 18)。

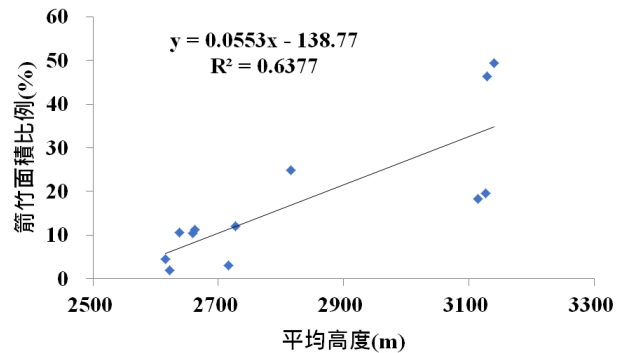


圖 17 研究區 12 個地形分區之平均高度與箭竹面積比例的關係

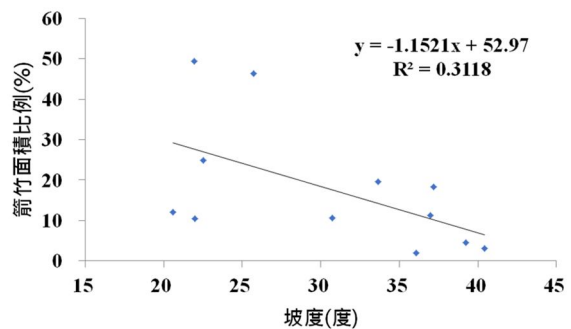


圖 18 研究區 12 個地形分區之平均坡度與箭竹面積比例的關係

再將海拔高度、坡度及箭竹生長面積比例做複迴歸分析，結果如表 8-10。由表 8 及表 9 可發現，海拔高度及坡度的確是影響研究區箭竹面積的重要因素，其中表 8B 中的 R^2 值顯示，研究區箭竹面積的大小，75%可由海拔高度與坡度兩個因素決定。而表 10 中海拔高度的 p 值較坡度的 p 值小，則可得知海拔高度應是影響研究區箭竹面積最重要的因素。此與前人研究提到的：大範圍玉山箭竹草原只會出現在海拔 3000 m 以上地區一致 (臺灣山林復育協會，2023)。由於本研究區海拔由 1834 m~3422 m，高度跨距較大，若只觀察 3000 m 以上區域，則會發現箭竹面積明顯受坡度的影響 (圖 16)。除了海拔高度與坡度，影響箭竹面積的其他因素，推測為受坡向影響而導致的雨量、日照量及土壤性質的差異。

表 7 研究區 12 組地形分區之平均高度、平均坡度與箭竹面積比例的關係

地形組合 編號	地形組合特徵	全區面積 (網格數)	箭竹面積 (網格數)	箭竹比例 (%)	平均高度 (m)	平均坡度 (度)
1	<3000m, <30 度	66512	6987	10.5	2659	22.0
2	<3000m, >=30 度	123888	5592	4.5	2616	39.3
3	<3000m, NW	88359	1675	1.9	2622	36.1
4	<3000m, SE	102041	10904	10.7	2638	30.7
5	<30 度, NW	26578	3217	12.1	2728	20.6
6	<30 度, SE	64886	16095	24.8	2815	22.5
7	>=3000m, <30 度	24952	12325	49.4	3140	22.0
8	>=3000m, >=30 度	22869	4202	18.4	3115	37.2
9	>=3000m, NW	21173	4157	19.6	3127	33.6
10	>=3000m, SE	26648	12370	46.4	3129	25.7
11	>=30 度, NW	82954	2615	3.2	2717	40.4
12	>=30 度, SE	63803	7179	11.3	2663	37.0

表 8 研究區 12 組地形分區箭竹面積比例與平均高度、平均坡度的複回歸分析結果之一

迴歸統計	
R 的倍數	0.89324
R 平方	0.79787
調整的 R 平方	0.75295
標準誤	7.77734
觀察值個數	12

表 9 研究區 12 組地形分區箭竹面積比例與平均高度、平均坡度的複回歸分析結果之二

ANOVA					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	2148.833	1074.416	17.76276	0.00075
殘差	9	544.383	60.487		
總和	11	2693.216			

表 10 研究區 12 組地形分區箭竹面積比例與平均高度、平均坡度的複回歸分析結果之三

	係數	標準誤	t 統計	P-值
截距	-96.1607	33.4992	-2.8705	0.0185
X 變數 1-平均高度	0.0494	0.0106	4.6519	0.0012
X 變數 2-平均坡度	-0.8442	0.3162	-2.6701	0.0256

5. 結論

環境條件 (如氣候、土壤、海拔、坡度和坡向) 是影響植物的分布的重要因素, 但植物在生態系統中對資源的需求和對環境的耐受性不同, 即便環境相似, 不同植物也可能在資源利用上有所差異, 導致相似的環境條件未必會有完全相同的植物分布, 具體分布情形仍依賴植物的生態適應、競爭關係以及環境的歷史和擾動等綜合因素決定。本研究透過福衛五號衛星影像分析合歡山區玉山箭竹與針葉

林之分布關係, 並結合 20 m DTM 資料分析其分布區之高度、坡度、坡向等特徵, 以討論玉山箭竹生長喜好的環境條件。

非監督式影像分類結果中, 研究發現將福衛五號原始四波段加上 NDVI 成為五波段影像, 並以 ISODATA 分類, 可獲得最佳分類成果。而分析地表覆蓋與地形間的關係, 則發現 3000 m 以上區域、整體坡度較平緩的東坡、東南坡, 是玉山箭竹主要分布區。玉山箭竹分布海拔高度則與前人研究提及的: 玉山箭竹在冷杉林帶等海拔較高區域, 才得以大面

積生長的說法一致 (臺灣山林復育協會, 2023)。而根據分析結果, 本研究認為坡度為影響玉山箭竹分布的另一重要因素。

參考文獻

方彥凱, 2004。常態化植生指數標準差於土地利用分類之應用—以美濃中壇為例, 國立屏東科技大學土木工程學系碩士論文。[Fang, Y.K., 2004. Application on land cover classification using normalized difference vegetation indices —A case study at Meinung Zhangtan area, Master Thesis, National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan, ROC. (in Chinese)]

吳昆松, 2017。玉山箭竹在不同光環境下葉片形態與生理特性的比較, 國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。[Wu, K.S., 2017. The comparisons of leaf morphological and physiological traits of *Yushania niitakayamensis* growing under different light environments, Master Thesis, National Taiwan University. (in Chinese)]

林笈克、黃江綸、黃建陸、許秋容、楊國禎, 2012。臺灣中部合歡東峰玉山箭竹草地與臺灣冷杉林地被植群之研究, 國家公園學報, 22(4): 21-33。[Lin, J.K., Huang, C.L., Huang, J.L., Sheue, C.R., and Yang K.C., 2012. A study of the ground vegetation of *Yushania niitakayamensis* grassland and *Abies kawakamii* forest in the eastern peak of Hehuanshan, Central Taiwan, Journal of National Park, 22(4): 21-33. (in Chinese)]

徐恩揚, 2015。玉山箭竹, <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=63540>, 引用 2024/12/15。[Hsu, E.Y., 2015. *Yushania niitakayamensis*, Available at: <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=63540>, Accessed December 15, 2024. (in Chinese)]

徐國士、宋永昌、呂勝由, 2001。臺灣植被類型圖說, 國立臺灣科學教育館, 台北市。[Hsu, K.S., Sung, Y.C., and Lu, S.Y., 2001. Illustration of

vegetation in Taiwan, National Taiwan Science Education Center, Taipei. (in Chinese)]

黃麗娟、莊智璋、何世華、林昭遠, 2008。衛星影像植生指標優選之研究, 水土保持學報, 40(1): 39-50。[Huang, L.C., Chuang, C.W., Ho, S.H., and Lin C.Y., 2008. Selection of optimum vegetation index from SPOT satellite image, Journal of Soil and Water Conservations, 40(1): 39-50. (in Chinese)]

經濟部地質調查及礦業管理中心, 2019。地質資料整合查詢, <https://geomap.gsmma.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8a/t3/index1.cfm>, 引用 2024/12/15。[Geological Survey and Mining Management Agency, MOEA, 2019. National Geological Data Warehouse, Available at: <https://geomap.gsmma.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8a/t3/index1.cfm>, Accessed December 15, 2024. (in Chinese)]

臺灣山林復育協會, 2023。臺灣的植群分布與植物多樣性第八章冷杉林帶植群, <https://www.reforestation.tw/?p=14303>, 引用 2024/12/14。[Taiwan Reforestation Association, 2023. Distribution and diversity of vegetation in Taiwan, Chapter 8 *Abies kawakamii* forest zone, Available at: <https://www.reforestation.tw/?p=14303>, Accessed December 14, 2024. (in Chinese)]

臺灣省特有生物研究保育中心, 1998。台灣的高山草原, https://www.tbri.gov.tw/redirect_file.php?theme=web_structure&id=2254, 引用 2024/06/30。[Taiwan Endemic Species Research Institute, 1998. Highland grassland in Taiwan. Available at: https://www.tbri.gov.tw/redirect_file.php?theme=web_structure&id=2254, Accessed June 30, 2024. (in Chinese)]

劉小菁、曾世平、林喆、張和本, 2014。福衛五號遙測酬載系統工程經驗, 航測及遙測學刊,

- 18(1): 29-38, DOI: 10.6574/JPRS.2014.18(1).3。
[Liu, C., Tseng, M., Ling, J., and Chang, H.P., 2014. The system engineering experience of FORMOSAT-5 remote sensing instrument, *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 18(1): 29-38, DOI: 10.6574/JPRS.2014.18(1).3 (in Chinese)]
- 謝漢欽、黃俊元，2020。應用 NDVI 與地景指標評估林地利用的衝擊地以苗栗獅潭地區多期福衛二號影像為例，*台灣林業科學*，35(2): 73-91，DOI: 10.7075/TJFS.202006_35(2).0005。[Hsieh, H.C., and Huang, C.Y., 2020. Using NDVI and Landscape Metrics to Assess Impacts of Forest Land-Use in Shitan, Miaoli with Multi-Temporal FORMOSAT-2 Images *Taiwan Journal of Forest Science*, 32(3): 203-222, DOI : 10.7075/TJFS.201709_32(3).0003. (in Chinese)]
- 謝漢欽、鍾智昕、黃俊元，2017。應用 NDVI 植生指標與平均值調整影像分割法於崩裸地萃取—以六龜試驗林地區多期福衛二號影像為例，*台灣林業科學*，32(3)：203-222，DOI：10.7075/TJFS.201709_32(3).0003。[Hsieh, H.C., Chung, C.H., and Huang, C.Y., 2017. Using the NDVI and mean shift segmentation to extract landslide areas in the Lioukuei Experimental Forest region with multi-temporal FORMOSAT-2 images, *Taiwan Journal of Forest Science*, 32(3): 203-222, DOI: 10.7075/TJFS.201709_32(3).0003. (in Chinese)]

Discussion on the Relationship between the Distribution and Topography of Yushan Cane in Hehuan Mountain Area

Chieh-Fang Cheng¹ Hsin-Ying Feng^{2*}

Abstract

The Hehuan Mountain area has extensive coverage of Yushan Cane, while neighboring areas at similar altitudes do not exhibit widespread distributions of Yushan Cane. Therefore, an unsupervised classification of surface cover was conducted on the Hehuan Mountain area using Formosat-5 satellite images, and the classification results were evaluated. This process was combined with a 20m DTM for terrain analysis. The study found that the altitude range where Yushan Cane is located aligns with previous research, primarily between 3100-3600m. It also revealed that areas with Yushan Cane have gentler slopes than those with Abies Zone. Furthermore, the analysis showed that Yushan Cane in the study area is mainly distributed on eastern and southeastern slopes, differing from previous studies that indicated a southern slope preference.

This study found that Yushan Cane is distributed at elevations above 1800m in the Hehuan Mountain area, with a significant increase above 3000m, primarily on mountain peaks, ridges, and other gentler terrain. In summary, besides altitude, slope is a key factor influencing the distribution of Yushan Cane in the Hehuan Mountain area.

Keywords: Hehuan Mountain, Yushan Cane, Satellite Images, Digital Terrain Model, Unsupervised Classification

¹ Senior Student, Dali Senior High School, Taichung Municipal

² Geography Teacher, Taichung Municipal Dali Senior High School

* Corresponding Author, E-mail: sponge@dlsh.tc.edu.tw

Received Date: Nov. 12, 2024

Revised Date: Dec. 12, 2024

Accepted Date: Dec.30, 2024