

應用大地衛星8號多光譜指標偵測 臺灣全島海岸防風林生長狀況

◎林業試驗所森林經營組·謝漢欽(mickey@tfri.gov.tw)、潘巍中

前言

臺灣四面環海，位處熱帶至亞熱帶海洋季風氣候區，一年四季均受到海風所帶來鹽分、強風和飛砂所影響，因此在人口聚集的沿岸地區，常有種植海岸防風林以保護居民生活與農業活動。然而海岸防風林長期在濃鹽、強風、揚塵與海岸線侵蝕等不利環境條件下，有生長衰退與天然更新不易的問題，目前仍需定期進行人工補植、造林與管理，方能持續維持海岸防風林的功能。

應用光學遙測衛星影像有利於大範圍環境與地貌的監測，透過電腦影像處理技術可客觀地對衛星的多光譜影像進行輻射及幾何校正，結合已建立的相關地理資訊圖層，針對需要探討的地景資料進行篩選與萃取，可於很短時間內偵測目標區的地景特徵與變化，是許多國家應用於國土規劃、資源管理的重要方法。

為了建立快速監測大尺度海岸防風林生長狀況監測的方法，期能提升大面積海岸防風林的管理效率。本研究使用美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)2015年11月16日拍攝的大地衛星8號(Landsat 8 Operational Land Imager, OLI)多光譜開放使用的衛星影像，使用四個雙光譜組合的常態化差異指標：(1)NDVI植生指標、(2) NDWI植生含水量指標、(3)NDMI濕度指標，以及(4)NDBI建物指標。透過主成分轉軸分析(Principal components analysis, PCA)排除指標間的相關性，應用非監督影像群集分類法(Iso cluster unsupervised classification)針對全臺海

岸防風林地的植生覆蓋生長狀況進行分類及分級偵測。結果顯示透過本研究的簡易分析流程，能在節省勞力及資料成本下，快速地監測全島空間尺度的海岸防風林綠覆生長狀況，能適時提供海岸林管理單位有關防風林地空間治理的有力資訊。

研究材料與方法

從圖1顯示本研究方法的流程圖，詳細方法依序說明如下：

【使用的空間資訊】

從2013年以來USGS將歷年Landsat衛星所拍攝的多光譜影像資料公開下載，免費提供使用。本研究使用大地衛星8號OLI光學多光譜遙測影像，該影像從可見光至中紅外光波段具有9個波段，空間解析度為30 m，其中第8個波段為具有15 m空間解析度的全色影像。經挑選海岸林林地無雲覆蓋影像，選定涵蓋臺灣全島2015年11月16日冬季拍攝，受水氣及雲霧影響較少的大地衛星8號多光譜影像，影像軌道及圖幅編號分別為(117, 43)、(117, 44)、(118, 43)、(118, 44)，其中在恆春半島地區(117, 45)當日雲層覆蓋嚴重，另選擇2015年3月5日拍攝的影像(如圖2)。有關地理資訊圖層則使用林務局2016年於臺灣地理資訊雲政府資料公開網站所提供的全臺保安林分布圖。

【影像的前期處理】

將Landsat 8衛星影像9個波段先經灰度值轉換成輻射值後，再進行PCI全色銳化(Pan-

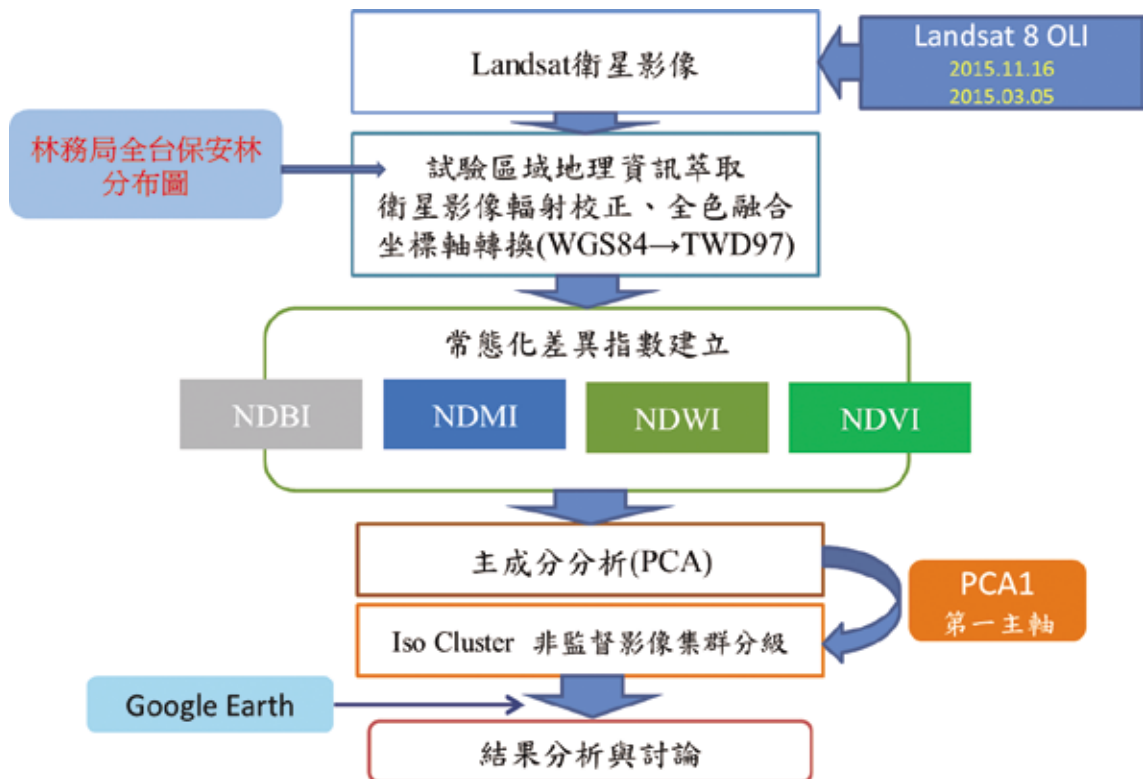


圖1 研究方法流程圖。

sharpening)影像融合處理，使多光譜影像空間解析度由原先 30×30 m提升至 15×15 m，且保有原先光譜特性。再將涵蓋全島的5幅多光譜影像接合(mosaic)成一幅完整多光譜影像(如圖2)。由於影像座標為WGS84全球座標系統，為利於與地理資訊圖層套疊分析，再將接合後影像轉換為適用於臺灣的TWD97座標系統。

有關全島海岸防風林地的萃取，係以林務局所公開之全臺保安林分布圖層中，選出屬於全島海岸林分布的多邊形，以多邊形向外延伸150公尺範圍做為研究試驗區域(包含主要研究目標的海岸防風林，周圍沿岸地帶、以及部分建物分布與濱海沙灘等區域)。

【常態化差異指標的建立】

基於Landsat 8號具有8個多光譜波段，其中有利於植生監測的近紅外光波段外，尚有兩個中紅外光(SWIR)波段，可以組合成以下

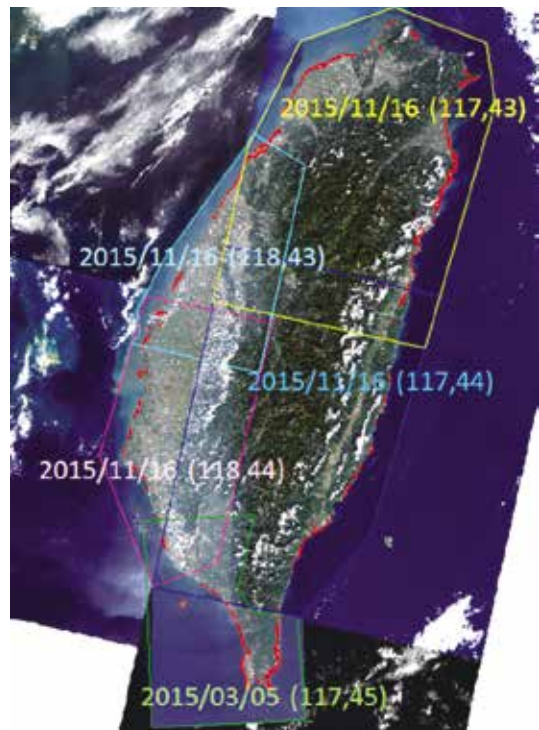


圖2 本研究選用的Landsat 8衛星影像拍攝日期及其接合影像，海岸邊緣的紅色區塊為全臺海岸林分布圖。(潘巍中製圖)

四個常態化差異指標，可將常態化指標的領域限定於-1.0至1.0之間：

- (一) 常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)， $NDVI = (NIR-Red)/(NIR+Red)$ 。其中，NIR為近紅外光波段、Red為紅光段。NDVI為評估地表植生狀況之常用指標，其對植物行光合作用吸收紅光變化敏感，可以反應綠色植生的生長與覆蓋程度。
- (二) 常態化差異含水量指標(Normalized Difference Water Index, NDWI)， $NDWI = (NIR-Green)/(NIR+Green)$ 。其中，NIR為近紅外光波段、Green為綠光段。NDWI反應植被冠層含水率多寡，當地表為土壤、裸露地或缺水狀態的植被時，其呈現指標數值越低，常用於強化NDVI的分析結果。
- (三) 常態化差異濕度指標(Normalized Difference Moisture Index, NDMI)， $NDMI = (NIR-SWIR1)/(NIR+SWIR1)$ 。其中，NIR為近紅外光波段、SWIR1為第一中紅外光段。NDMI主要反應地表上的水體與高含水量區域，特別是水體，如河川湖泊或海洋，其數值越小則表示較乾燥的區域。
- (四) 常態化差異建物指標(Normalized Difference Building Index, NDBI)， $NDBI = (SWIR2-NIR)/(SWIR2+NIR)$ 。其中，NIR為近紅外光波段、SWIR2為第二中紅外光段NDBI主要反應地表上的人造建築，裸露土壤與道路等地景，常用來區分人造地物的常態化差異指標。

【指標的主成分分析】

由於上述四個常態化差異指標，彼此間有高度相關性，應用主成分轉軸分析，可以得到彼此獨立正交的主成分，可將四個指標的主要變異量集中在第一主軸(PCA1)及第二主軸(PCA2)上，其餘兩軸的極少數變異量，可視為雜訊而不列入分析。此外以四個指標的特徵向量分量當作四個指標線性組合的加權數，依此加權計算，所得綜合指標值從低到高，可作為植生生長狀況的分級標準值。

【非監督式群集分類與分級】

經由主成分分析的所得的四個轉軸中，以PCA1所占的變異量往往高達95%以上，因此以PCA1當作綜合指標值。針對PCA1達有效客觀從低到高分級，本研究採用Iso Cluster群集分類法，將PCA1影像分為7個級序，依此偵測海岸防風林植生生長與綠覆狀況。將全島海岸防風林的分級成果影像檔轉成向量格式，再轉換成Google Earth(GE)的KML檔，可在GE平臺上以不同視角3D快速展示，也可據大地衛星影像拍攝日期與在GE平臺上選取與拍攝時間相近的空拍影像作為海岸防風林地植被生長狀況的比對。

結果與討論

【四個指標的主成分分析結果】

圖3顯示桃園縣觀音工業區海岸防風林地的四個常態化差異指標。表1顯示全島海岸林防風林區四個常態化差異指數之間的相關性，從彼此間的相關係數得知NDVI與NDWI具有

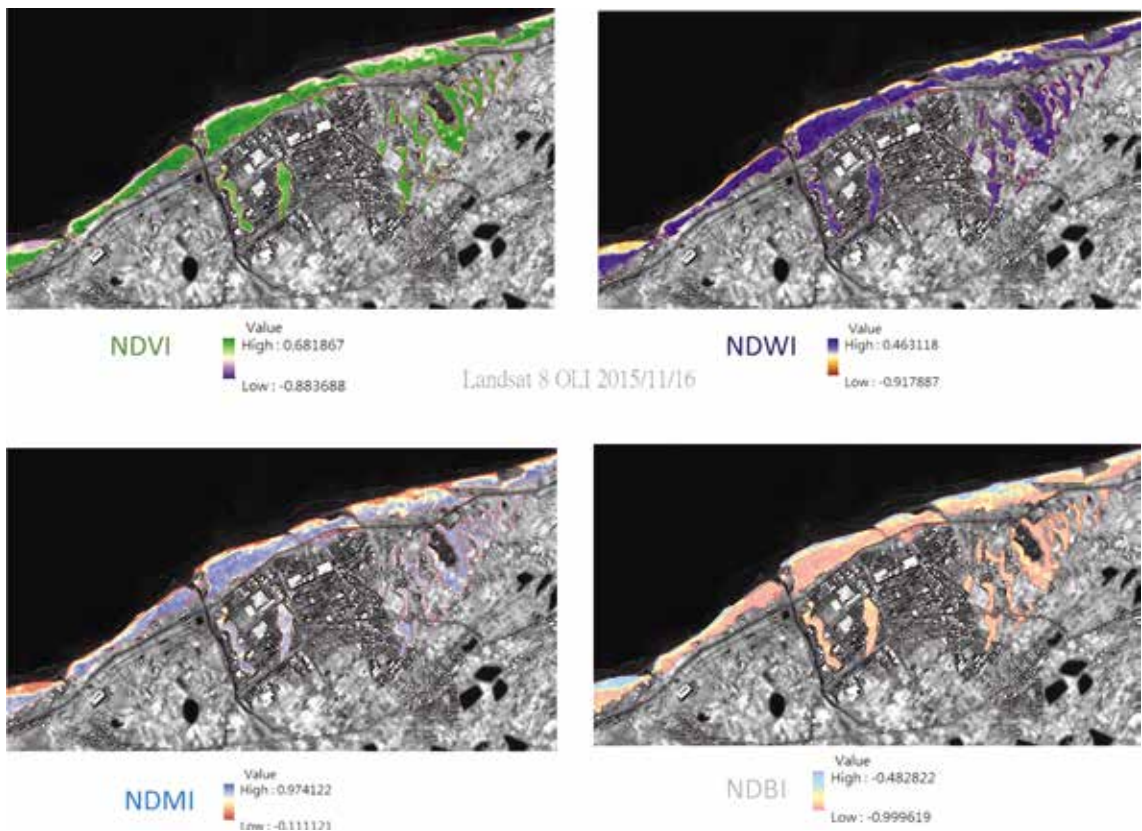


圖3 桃園縣觀音工業區海岸防風林地的四個常態化差異指標。(謝漢欽製圖)

表1 全島海岸林防風林區四個常態化差異指數之間的相關係數矩陣

指標	NDVI	NDWI	NDMI	NDBI
NDVI	1.000	-	-	-
NDWI	0.991	1.000	-	-
NDMI	0.247	0.163	1.000	-
NDBI	-0.419	-0.347	-0.924	1.000

高度正相關，NDMI與NDBI具有高度負相關。四個指標經過主成分分析得到四個相互正交獨立的轉軸，其中以第一主軸(PCA1)佔有整體特徵值變異量97.12%，第二主軸(PCA2)則只有2.58%，第三(PCA3)與第四(PCA4)主軸兩者的總和不到0.3%(詳如表2)。表3顯示PCA1的特徵向量，從向量的分量得知PCA1主要貢獻

為與植生覆蓋度相關NDVI和NDWI的指標；意即 $PCA1=0.734 NDVI+0.678 NDWI+0.032 NDMI-0.025 NDBI$ 的線性組合。因此本研究只要選取PCA1進行後續影像分級即可。

【PCA1非監督式群集分級結果】

全島海岸防風林區PCA1透過Iso cluster非

表2 四個主成分特徵值百分比及累積值

PCA	特徵值	百分比(%)	累積特徵值(%)
PCA1	0.00141	97.123	97.123
PCA2	0.00004	2.579	99.702
PCA3	0.00000	0.262	99.964
PCA4	0.00000	0.036	100.000

表3 轉軸後四個主成分特徵向量

特徵向量	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4
指標				
NDVI	0.734	0.170	-0.657	0.011
NDWI	0.678	-0.239	0.695	-0.029
NDMI	0.032	0.894	0.261	-0.363
NDBI	-0.025	-0.339	-0.131	-0.931



圖4 左圖淡水河關渡紅樹林區Landsat 8可見光彩色影像，黑色線為紅樹林區界；右圖為分成七級，以第四級黃色為植被覆蓋淺薄、有土壤裸露反應，其中有植生分布區域多為淺綠色至深綠色，綠色顏色越深代表綠色植生覆蓋程度越高；非植生覆蓋如土壤裸露、道路、建物、設施等則為黃色至淡紫色，屬於水域依其深度從淺到深對應為紫色至深紫色。(謝漢欽 製圖)

監督影像群集分類，設定分成七個級數，按照其四個常態化差異指標線性組合的特性，可依照其綠色植生分布的程度由低到高分成七個等級，每一分級賦予的顏色對應到一個從低到高深紫色至深綠色的漸進色譜。其中有植生分布區域多為淺綠色至深綠色，綠色顏色越深代表綠色植生覆蓋越茂密；非植生覆蓋區如土壤裸露地、道路、建築等則為黃色至淡紫色，屬於

水域依其深度從淺到深對應為紫色至深紫色。以上以淡水河關渡紅樹林區為例說明如圖4。

【全島海岸防風林地生長狀況偵測分析】

為利於以全島海岸防風林區分級比較，本研究將臺灣全島海岸林分成北部(新北、桃園、新竹、苗栗)、中部(臺中、彰化、雲林、嘉義)、南部(臺南、高雄、屏東)，及東部(宜



圖5 左圖桃園縣觀音鄉大潭工業區附近的海岸防風林生長狀況分級圖，黑色線為海岸防風林區界，底圖為Landsat 8可見光彩色影像；右圖為Google Earth 2015年12月19日空照圖，可當作地真進行比對，紅色線為海岸防風林區界。(謝漢欽 製圖)



圖6 臺中港北方木麻黃防風林及高美溼地北方防風林生長狀況分級圖，黑色線為海岸防風林區界，底圖為Landsat 8可見光彩色影像。(謝漢欽 製圖)

新植的帶狀防風林帶舉例說明如圖5，以及在靠港口迎風面側常有植生覆蓋率低孔洞狀分布情形。

中部海岸防風林分布相對其他區域較呈破碎分散，林務局所提供之保安林地有許多區域已與衛星照片下的現況有所不同，部分已隨海岸線後退而消失或轉為農田、魚塢等用地，同時植被衰退情形較為嚴重，現存防風林地多為淺綠色至綠色(屬於第5、第6分級)，其中臺中港北方木麻黃防風造林地的植生分布情形為其中一個

代表，如圖6說明。

蘭、花蓮、臺東)四大區域進行分析：
 北部海岸林分布區域主要自淡水河出口開始，經過桃園、新竹、苗栗縣市連成一條完整的海岸防風林帶。透過分級分析海岸林植生長覆蓋狀況良好，也可在分級影像中看到

代表，如圖6說明。

南部海岸防風林帶分布主要以臺南縣、屏東縣沿岸為主，除海岸防風林以外亦有漁業保安林、風景保安林及潮害防止林等不同用途的海岸保安林地，與本島東岸相比，靠西岸的

海岸保安林狀況較差，部分區域亦可見到海岸林消失的狀況；屏東東岸的部分海岸防風林編制面積較廣，植生狀況相對也較好。以屏東半島臨海地區海岸防風林地說明(如圖7)。

東部海岸的防風林帶分布，主要以宜蘭至花蓮一帶較連續的海岸線，以及零星分布的南花蓮及臺東縣海岸居住區海岸為主，植生生長狀況屬於(第7分級)佳的深綠色面積比例較高，顯示當地海岸保安林的植生狀況良好。然從海岸林地理資訊圖層的邊界來看，花東部地區的海岸防風林有內縮的趨勢，長期面對由東部侵襲的颱風干擾，臨海地區的防風林地，有大半屬於沙灘地，如臺東縣太麻里溪出口海岸防風林及花蓮港北岸新城地區海岸防風林帶(如圖8)。

結論

為了建立快速監測大尺度海岸防風林生長狀況監測的方法，期能提升大面積海岸防風林的管理效率，本研究嘗試應用開放免費



圖8 上圖為臺東縣太麻里溪出口海岸防風林帶，下圖為花蓮港北岸新城地區海岸防風林帶生長狀況分級圖，黑色線為海岸防風林區界，底圖為Google Earth 2015年12月19日空照圖，兩圖在Google Earth以3D透視方式顯示。(謝漢欽 製圖)

下載的Landsat衛星8號影像結合簡易的遙測影像分析技術對全島大範圍海岸林地植生生長狀況偵測與分級，結果顯示透過本研究的簡易分析流程，能在節省勞力及資料成本下，快速地分級監測全島大空間尺度的海岸防風林綠覆生長狀況。對於受到地形影效應影響較少的平地森林覆蓋的林地進行定期監測與調查，是相當方便且可行的分法。未來可同時配合不同時間多期影像的分析，也能掌握長時間植被變化的趨勢和不同季節植被變化的狀況，若能再配合更高解析度影像，如福衛五號衛星影像、無人飛機正射影像、數位正射航空照片等，進行多尺度空拍影像的多尺度監測，再輔以少數地面樣區的現地生長核對及調查估計、可適時提供海岸林管理單位的防風林地空間區位治理的有力資訊。⊗



圖7 恆春半島海岸林生長狀況分級圖，黑色線為海岸防風林區界，底圖為2015年3月5日Landsat 8可見光彩色影像。(謝漢欽 製圖)