

運用台灣氣候變遷資料與機器學習 模擬西南部海岸林地景結構變遷趨勢

曾俊偉 副研究員 林業試驗所福山研究中心 a1211@tfri.gov.tw

簡睿怡 研究生 國立宜蘭大學無人機應用暨智慧農業碩士學位學程 R1037202@niu.edu.tw

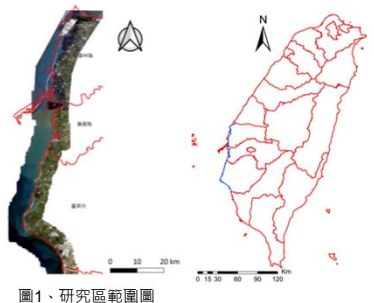
鍾智昕 副教授 國立宜蘭大學森林暨自然資源學系 chchung@ems.niu.edu.tw

摘要

海岸林具有防風、安定飛砂、減輕鹽霧侵蝕及保護農作物功能，是臺灣沿海地區抵抗天然災害之重要綠色防線。近年來因氣候變遷影響導致缺水與高溫日曬等環境壓力增強，更不利海岸林的生長，對海岸林的經營管理形成高難度挑戰，應透過科學方法，對海岸林應有的配置區位及其壓力來源予以釐清。本研究應用多時序衛星影像結合環境指標、氣候網格資料、IPCC之AR5報告中之RCP情境及隨機森林模型，分析臺灣西南部之雲林縣、嘉義縣及臺南市的海岸林衰退及變遷原因並進行變遷趨勢模擬，探討氣候變遷對海岸林環境各層面的影響，提供擬訂因應策略之依據。研究結果顯示，3縣市之海岸林帶面積均明顯不足，因應氣候變遷衝擊能力有限。以隨機森林模型推估結果，在考量人為與氣候因子模型中，NDBI為最重要影響因子，而溫度與降雨是重要特徵因子。在IPCC之AR5中的RCP情境模擬中，模擬推估2020年至2050年之海岸林衰退及變遷結果，3縣市總體的密生森林面積，在氣候變遷的狀態下是呈現增加趨勢，灌木、草地或農作物面積則是呈現下降的趨勢。

材料與方法

本研究選定臺灣西南部之雲林縣、嘉義縣及臺南市海岸線為中心，東西各延伸10公里範圍作為研究區域(圖1)作為研究區域。



衛星影像取得及篩選

- 本研究利用Taiwan open datacube資料庫中所蒐集自1984年以來，由美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)所提供的Landsat系列的影像數據，影像解析度為30公尺(Giuliani et al., 2017)。
- 本研究取得自2000年至2019年共608幅ARD(Analysis Ready Data, ARD)衛星影像，其中包含Landsat 7影像457幅與Landsat 8影像151幅。臺灣地區遙測影像極易受到雲層遮蔽，因此先以視覺判釋方式對影像資料進行篩選，以無雲層遮蔽影像為主要的分析對象，篩選後獲得無雲遮蔽之Landsat 7及Landsat 8影像各為108幅與62幅，共計170幅影像。

海岸林環境指標建立

利用衛星影像光譜計算出研究區域之常態化差異建物指標NDBI(Zha et al., 2003)、常態化差異濕度指標NDMI(USGS)、常態化差異水體指標NDWI(Xu, 2006; McFeeters, 1996)及常態化差異植生指標NDVI(Rouse et al., 1974)等4項衛星影像光譜指標作為環境指標，用以描述海岸林與周遭地景的變遷，並藉由空間統計技術、機器學習之隨機森林等統計方法進行海岸林多時相的環境偵測。

各指標的公式如下：

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (1)$$

其中，NIR為近紅外光波段、SWIR為短波紅外光。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。

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (2)$$

其中，NIR為近紅外光波段、SWIR為短波紅外光。NDMI主要反應地表上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。

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (3)$$

其中，Green為綠光波段、NIR為近紅外光波段。NDWI反應植被含水量多寡，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分析結果。

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (4)$$

其中，NIR為近紅外光波段、RED為紅光波段。NDVI為評估地表植生狀況之常用指標，其對植物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。

海岸林時空變化與植生回復力分析

本研究為瞭解海岸林隨著周遭環境的空間分布變化情形，結合TCCIP的氣候時間尺度與空間尺度，計算自2000年至2019年之Landsat影像的NDVI資料，先區分為NDVI > 0.6的密生森林與NDVI數值介於0.6到0.1的灌木、草地或農作物等2種土地利用類型，以TCCIP的氣候網格範圍(2.5 km × 2.5 km)進行2種土地利用類型占有面積的計算，並將NDVI面積做為反應變數與時間進行迴歸分析，所呈現的斜率可以代表該區植生變化的情形，當斜率為正值顯示該區植生面積為增加的趨勢，植生回復力良好，當斜率為負值顯示該區植生面積呈現減少的趨勢，可能存在環境壓力。

結果

氣候變遷下之海岸林未來生長趨勢變化模擬，本研究依據IPCC在AR5評估報告中所定義之4組代表濃度途徑(Representative Concentration Pathway, RCP)情境，提供氣候模式進行數值模擬(未來氣候推估)的規範。4種RCP代表不同溫室氣體排放、空氣污染排放和土地使用條件下的情境，分別為RCP 2.6是極低輻射強迫的減緩情境；RCP 4.5與RCP 6.0是中等穩定化的情境；RCP 8.5是溫室氣體高度排放的情境。

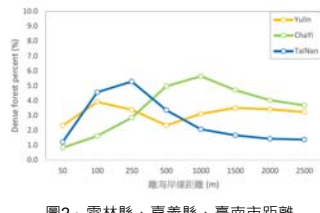


圖2、雲林縣、嘉義縣、臺南市距離海岸線NDVI > 0.6之百分率

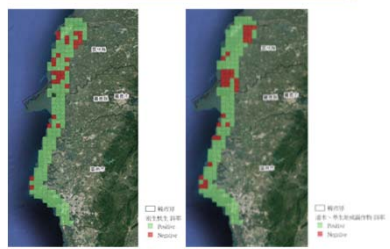


圖3、密生森林與灌木、草地或農作物之斜率變化空間分布(2000年至2019年)

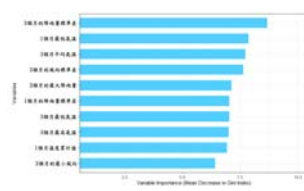


圖4、僅考量氣候因子的影響NDVI的隨機森林模型因子重要性

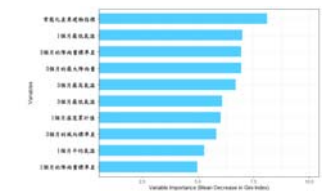


圖5、考量人為與氣候因子之隨機森林模型因子重要性

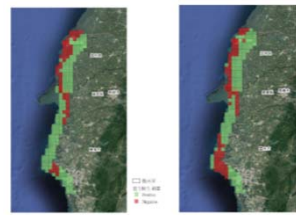


圖6、RCP2.6(左)與RCP8.5(右)情境模擬密生植生面積變化

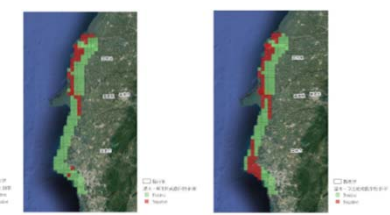


圖7、RCP2.6(左)與RCP8.5(右)情境模擬灌木、草地或農作物面積變化趨勢

結論

本研究應用多時期衛星影像資料配合長期氣候網格資料分析海岸林環境變遷獲得良好成果，以整體成果而言，不同縣市之海岸林植生生長趨勢各有不同，研判主因可能是受到慣行風與地形的影響，研究成果如下：

- 利用空間統計技術依海岸林區位距離海岸線50m、100m、250m、500m、1000m、2000m與2500m分析雲嘉南海岸密生植生空間分布結果，在雲林縣平均僅占有土地的3.1%、嘉義縣為3.5%、臺南市為2.6%，顯示海岸林帶在3個縣市皆相當不足，對於減風、減鹽效果有限，需加強造林以厚實因應氣候變遷之調適能力。
- 以2000年至2019年的2.5km × 2.5km逐日氣候網格資料配合植生指標計算值，以隨機森林(random forest)模型區分為人為與氣候因子與僅氣象因子2種模型，分別建立估計NDVI、密生植生與灌木、草地或農作物之面積結果，在考量人為與氣候因子模型中，NDBI為影響植生指標最重要的因子，而溫度與降雨是重要的特徵因子。
- 以IPCC在AR5之RCP情境模擬分析自2020年至2050年間海岸林衰退及變遷結果，3縣市總體的密生植生面積，在氣候變遷的狀態下呈現增加的趨勢，灌木、草地或農作物面積則是呈現下降的趨勢。
- 根據氣候變遷之模擬結果，在溫室氣體高度排放的情境下，由於氣候呈現高溫與降雨空間分布不均，推論可能導致海岸林植生受到影響，而促使變遷朝向產生空間分布不均的趨勢。