

台灣特有亞種猛禽之空間潛在威脅度評估

Spatial assessments of potential threats to endemic raptor subspecies in Taiwan

呂明倫 黃靜宜*

Ming-Lun Lu Jing-Yi Huang*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集镇民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：lily@tesri.gov.tw

*Corresponding author: lily@tesri.gov.tw

摘要

猛禽常出沒於人類活動範圍及周邊，為一種頗能適應人為環境的物種，但相對也承受著相當的人為干擾壓力。本研究選擇台灣特有亞種猛禽做為研究案例，包括鳳頭蒼鷹(*Accipiter trivirgatus*)、松雀鷹(*Accipiter virgatus*)、領角鴞(*Otus bakkamoena*)、黃嘴角鴞(*Otus spilocephalus*)及蛇鵂(*Spilornis cheela*)等，運用物種調查資料與最大熵(Maxent 模式)模擬各種猛禽之空間分布，另透過主成分分析整合人為干擾因子，即距離道路、建地及農地等最近距離，以及人口密度等變項，用以推估棲地威脅度，最終，再將以上結果進行套疊分析，可獲取各特有亞種猛禽所受到的潛在威脅度。研究結果顯示，領角鴞與鳳頭蒼鷹的分布面積，有超過 30%受到嚴重的潛在威脅，而本研究建構之流程，未來亦可應用於其他瀕臨絕種及珍貴稀有之生物，以提供物種的保育與經營管理之參考。

Abstract

Raptors are able to adapt to a human-dominated landscape, but are often sensitive to direct human disturbances. We used the maximum entropy (Maxent) software to generate species distribution models of

five endemic raptor subspecies using presence-only data for *Accipiter trivirgatus*, *Accipiter virgatus*, *Otus bakkamoena*, *Otus spilocephalus* and *Spilornis cheela* in Taiwan. We then combined anthropogenic disturbance factors such as distance to roads, built-up land, farmland, and population density to create a habitat threat map using principal component analysis. Finally, we mapped potential threats to each species through overlay analysis. The results showed that more than 30% of the distributions of *A. trivirgatus* and *O. bakkamoena* were located in ranges of a high threat level. Our methodology could be applied to any endangered and vulnerable species which requires impact assessment for future protection and management.

關鍵詞：干擾、最大熵、棲地威脅度、經營管理

Key words: disturbance, maximum entropy, habitat threat, management

收件日期：2017 年 04 月 24 日

接受日期：2017 年 08 月 11 日

Received: April 24, 2017

Accepted: August 11, 2017

緒 言

猛禽為鳥類 6 大生態類群之一，除了南極洲外，各族群蹤跡廣布於全世界，相較於其他鳥類群，其個體數量相對較少，且處於生態系中食物鏈的頂層，扮演著高級消費者的角色，因此，常被視為觀察環境變異與局部滅絕(local extinction) 的指標物種 (Simberloff 1998; Martinez 2003; Chace and Walsh 2006)，也正如此，猛禽的種群比較脆弱，世界各國多數都把猛禽視為應當保護的對象，國際上更訂定出保護猛禽的規範，如「生物多樣性公約(convention on biological diversity)」和「瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約(convention on International trade in endangered species of wild fauna and flora)」對於涉及猛禽貿易都有明確的保護條款。

台灣高山林立、森林密布，孕育了豐富的

生物多樣性，但因地狹人稠，生物賴以生存的棲地，也承受著相當的人為干擾壓力，對許多野生生物構成生命的威脅，尤其常出沒在人類活動範圍周邊的猛禽，對於都市地景的利用率頗高(林 2003; Hogg and Nilon 2015)，相對所遭受的威脅也會大的許多(Hager 2009; 何 2010)。台灣猛禽共有 46 種，分為 4 科 26 屬，其中有 8 種屬於特有亞種(參考台灣猛禽研究會公布之名錄)，為保護這些珍貴的自然資產，目前所有猛禽均名列「野生動物保育法」的保育類物種，而參與猛禽的調查與研究工作亦是日漸勃興(陳 2003)，由此顯示我國對猛禽保育的重視。

根據台北市野鳥學會所處理的日行性猛禽救傷紀錄，受理數量最多的前 4 種猛禽占了整體數量近 90%，其中 3 種即台灣特有亞種(何 2010)，有鑑於此，本研究選擇台灣特有亞種猛

禽做為目標種，利用地理資訊系統(geographic information system, GIS)整合物種及環境資料，並運用物種分布模式(species distribution model, SDM)與主成分分析(principal component analysis, PCA)等空間分析技術，建立推估模式，其目地包含：1. 模擬各特有亞種猛禽之空間分布範圍；2. 分析人為干擾下的棲地威脅度；3. 結合上述兩項結果，評估各猛禽之空間潛在威脅度。

材料與方法

一、研究區概述

台灣本島位於亞洲東部、太平洋西北側，西側緊鄰台灣海峽，土地面積約 36,000 km²，現今的行政區劃共分 6 個直轄市、11 個縣及 3

個市(圖 1)。島內人口約 2,300 萬人；地形陡峭，多為山地與丘陵，平原及都市用地主要集中於西部沿海，形成東高西低的地勢，主要山脈有中央、玉山、阿里山、雪山及海岸等 5 大山脈，其中，玉山主峰為最高峰，標高 3,952 m；河川多發源於中央山脈，水系密布，大多分布於西半部，流域長度最長的為濁水溪，面積最廣的為高屏溪；據中央氣象局資料顯示，年均溫約 21°C，年雨量約 2,500 mm，冬季有來自西伯利亞的大陸冷高壓，以東北季風為主，夏季則有來自太平洋的海洋高壓，以西南季風為主；據林務局第 4 次森林資源調查報告，土地覆蓋型態以森林為主，占全島近 61%，依海拔與溫度的差異，可將林相劃分為高山植群、冷杉林、鐵杉及雲杉林、櫟林、楠櫟林與榕櫟林等(蘇 1992)。

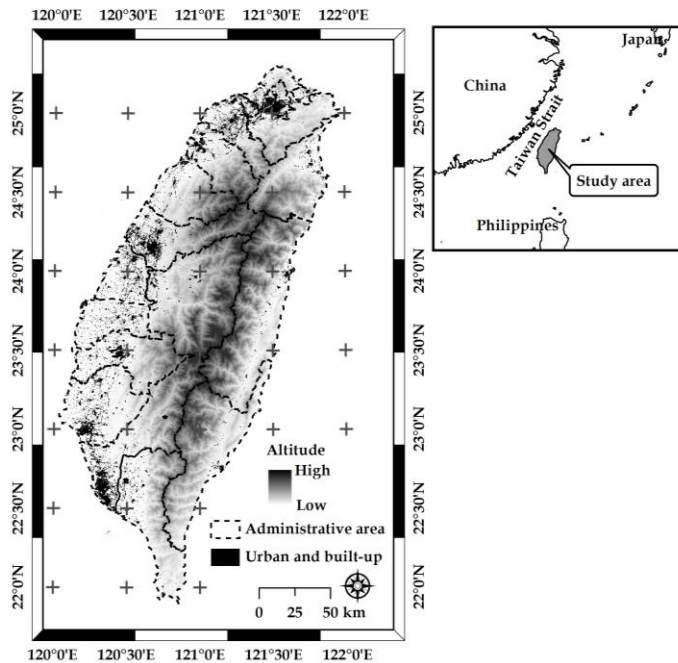


圖 1. 研究區地理位置圖，背景為數值高程模型(海拔高)。

Fig. 1. Location of study area whereby the background is a digital elevation model (altitude).

二、研究方法

(一) 物種資料

台灣猛禽中屬於特有亞種共計 8 種，各物種之點位資料蒐集，乃源自林務局跨單位物種查詢平台、台灣生物多樣性資訊網及台灣生物多樣性網絡等政府開放資料，所蒐集的資料調查期間為 1999~2013 年，座標格式為經緯度，本研究僅保留 3 位小數之資料，並統一將格式轉換為 1997 台灣大地基準座標系統(Taiwan Datum 97)及橫麥卡托二度分帶座標格式，後續

所採用之相關環境資料也以此系統與格式儲存，網格基本運算單元設定為 $1 \times 1 \text{ km}^2$ ，若一個網格內有同一物種重複記錄者將之剔除，若發現點位數量不足 10 筆者，即不適用於物種分布模擬(Papes and Gaubert 2007; Wisz *et al.* 2008)，經篩選後計有鳳頭蒼鷹(*Accipiter trivirgatus*)、松雀鷹(*Accipiter virgatus*)、領角鴞(*Otus bakkamoena*)、黃嘴角鴞(*Otus spilocephalus*)及蛇鵰(*Spilornis cheela*)等 5 種猛禽被選進分析(表 1)。

表 1. 本研究分析之物種名錄與出現網格筆數

Table 1. Study species and their number of occurrence grids in this study

| Scientific name | English name | Grid number |
|------------------------------|------------------------|-------------|
| <i>Accipiter trivirgatus</i> | Crested goshawk | 216 |
| <i>Accipiter virgatus</i> | Besra | 64 |
| <i>Otus bakkamoena</i> | Otus lettia glabripes | 111 |
| <i>Otus spilocephalus</i> | Mountain scops owl | 560 |
| <i>Spilornis cheela</i> | Crested serpent eagles | 837 |

(二) 環境資料

環境資料為建構 SDM 之預測變項，包含氣候、地形、地物、生態與位置等 5 類因子(Estrada *et al.* 2011; Moreno *et al.* 2011; Arcos *et al.* 2012; Botero-Delgadillo *et al.* 2015)，其中，氣候類乃從台灣氣候變遷推估與資訊平台申請 1960~2012 年全台 5 km 區間的月均溫與雨量點位資料，本研究藉此產生月最大溫與最大雨量，以及四季之月均溫、雨量、最大溫與最大雨量，另參考 Hijmans *et al.* (2005)產生常適用於物種分布模擬的均日潮差(mean diurnal range)、季節溫(temperature seasonality)與季節雨量(precipitation seasonality; Hijmans and Graham 2006)等，共計 23 個變項，再利用克力金(kriging)內插，產生 1 km^2 的氣候網格圖。地

形類由 WorldClim database v1.4 取得數值高程模型(digital elevation model)，利用 ArcGIS 10.0 軟體製作海拔高、坡度與坡向，並參考 Gessler *et al.* (1995)與 McCune and Keon (2002)的方法，產生表示環境濕度的複合地形指標(compound topographic index, CTI)與表示太陽輻射強度的熱負荷指標(heat load index, HLI)，共計 5 個變項。地物與生態類依據瑞竣科技公司之雲端服務平台(RiChi GIS Cloud)數化主要河流，並製作離河流距離圖資，此外，由 Land Processes Distributed Active Archive Center 取得 2000~2013 年的 MODIS 衛星影像產品「MOD17A3」與「MOD44B」，各別表示年均淨初級生產力與樹木鬱閉度，另從 Numerical Terradynamic Simulation Group 取得

同時距的 MOD16A3，表示年均蒸發散量，共計 4 個變項。位置類計有經度與緯度兩個變項，係記錄每一運算單元中心點的座標，最小單位為秒，累計全部預測變項共有 34 個。

除模擬物種分布所需之預測變項外，另蒐集有關威脅棲地之變項，建構棲地威脅度(habitat threat, HT)推估模式，包括建地、農地、道路與人口密度，利用 GIS 產生離建地、農地與道路最短距離(m)圖資，其中，建地與農地分布範圍係根據內政部國土測繪中心的國土利用調查成果取得；道路參考 RiChi GIS Cloud 數化全台道路；人口密度(人/km²)則取自社會經濟資料庫共通平台，統計 2000~2015 年之平均值。

(三) 物種分布模擬

物種分布模式建立前，先以 Spearman 相關分析進行預測變項篩選，確保各變項的相關係數小於 0.7，可避免共線性問題，隨後各物種逢機選取 75%的資料做為訓練資料集，利用 Phillips *et al.* (2006)所開發的最大熵(maximum entropy)「Maxent 3.3.3k」，做為模擬物種分布之預測模式，該工具係將有限的訓練集資料，透過機械學習(machine learning)理論建立機率分布函數，進而模擬物種的分布，為現今最廣泛使用，也被認證過優於其他 SDM(Elith *et al.* 2006; Kumar and Stohlgren 2009)。

為模擬各物種的分布機率，每一物種重複運算 10 次，取其平均值，輸出結果設定邏輯斯分布，使預測的值域介於 0~1，愈接近 1 者，代表該網格的物種出現機率愈高，依據 Maxent 所提供的門檻值計算法「10th percentile of training presence」，萃取各物種的分布範圍(Pearson *et al.* 2007; Graham *et al.* 2010; Brambilla *et al.* 2012; Escalante *et al.* 2013; Botero-Delgado *et al.* 2015)。另一方面，將剩

餘 25%的物種資料做為驗證資料集，並依接受者操作特徵(receiver operating characteristic)所產生之曲線面積(area under the curve, AUC)，評估模式的有效性，AUC 值域介於 0.5~1，當值愈高代表模式預測出來的準確性愈佳，而高於 0.7 以上則達優良之標準(Fielding and Bell 1997; Pearce and Ferrier 2000)。所建立的預測模式則可透過 Jackknife 檢驗，瞭解各預測變項對模式的貢獻比。

(四) 主成分分析

PCA 所構成之統計模型具線性組合特性，除可運用於抽取資料的主要成分外，亦能整合各種變項，建立空間推估模式。本研究將建地、農地、道路與人口密度等威脅棲地之變項，透過 IBM SPSS 20.0 統計軟體進行 PCA，可求取每一變項之解釋變異量，並依此賦予權重(呂及謝 2013；黃 2016)，經累加後可產製 HT 空間分布圖，進一步以 Jenks 自然間斷分類法(Jenks natural break method)由高至低進行分級(Jenks 1967)，並與各物種分布範圍推估結果進行套疊，計算各物種在不同威脅級別下的面積分配情形，以評估受威脅程度。

結 果

將 34 個預測變項運用 Spearman 相關分析進行簡化，在相關係數小於 0.7 的標準下，各類因子均有變項被採納，氣候類包含年均溫、日均潮差、季節雨量、秋季最大雨量與年雨量等 5 個；地形類有坡度、坡向、CTI 與 HLI 等 4 個；地物類為河流；生態類有樹木鬱閉度、蒸發散量與淨初級生產力等 3 個；位置類為經度，總共選出 14 個預測變項，並以此建立 Maxent 物種分布預測模式，由運算結果可知，

所有物種的 AUC 皆大於 0.9，平均值為 0.94，標準偏差為 0.02。所選出的預測變項中，本研究針對各物種模式前 3 高貢獻度之變項(累計皆超過 60%)加以呈現，如圖 2 所示，坡度對

各物種模式的貢獻度最高，鳳頭蒼鷹、松雀鷹及蛇鵟均超過 60%，領角鴉與黃嘴角鴉則分散較多比例在經度(高於 13%)與年均溫(高於 11%)。

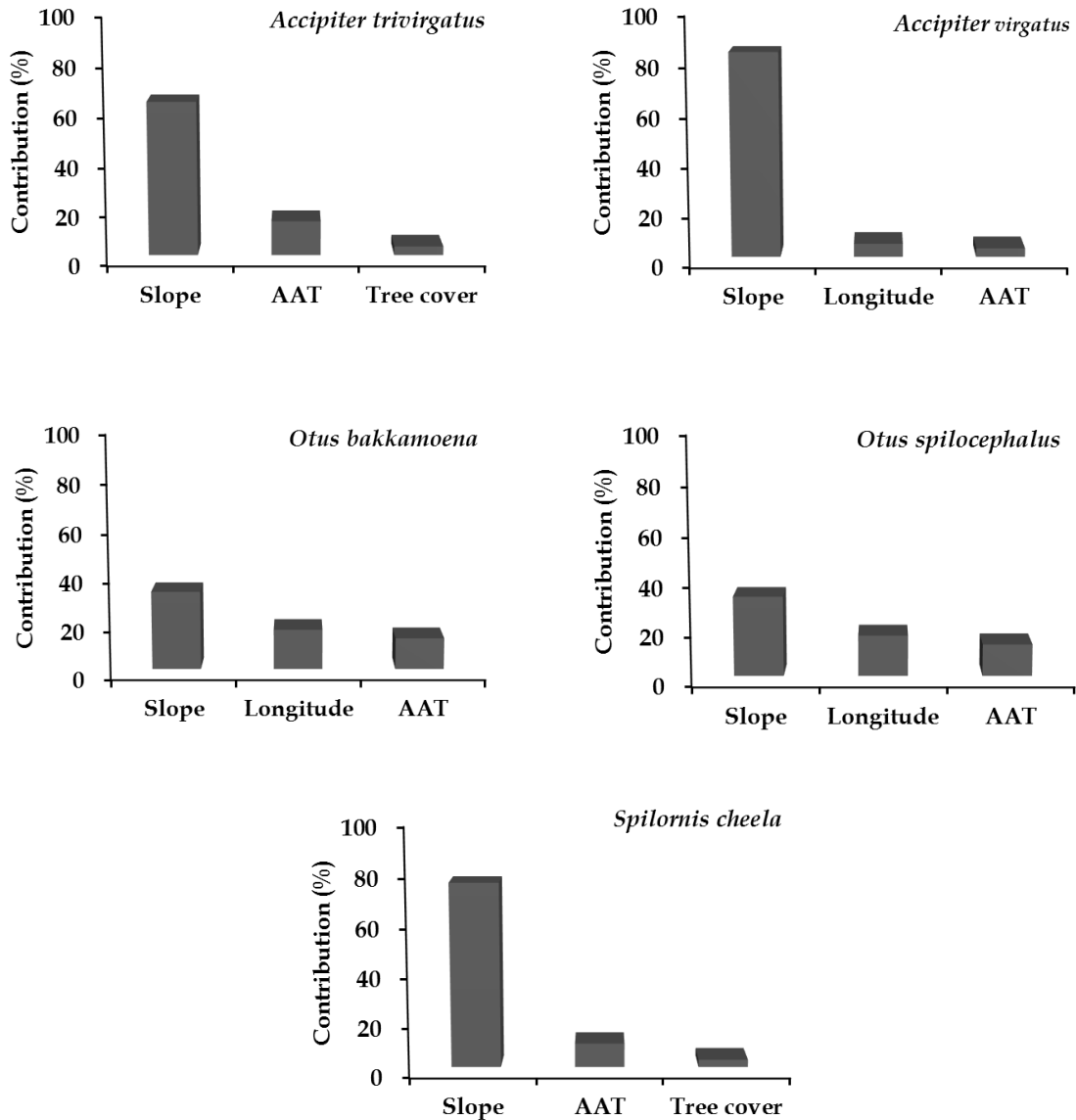


圖 2. 以 Maxent 模擬所採用之前 3 高預測變項與貢獻度(AAT 為年均溫)。

Fig. 2. The top three predictors and their average percent contribution reported for the Maxent model (AAT: average annual temperature).

物種分布模擬結果如圖 3 所示，5 種猛禽之空間分布型多少有些差異，以鳳頭蒼鷹、松雀鷹與蛇鵂呈現全台廣泛分布，又以松雀鷹的網格數量最多，且密度較高的區域(群聚分布)亦最明顯，尤其南半面的分布密度高於北半面，多數坐落在高雄市及屏東縣地區，另接近中高海拔地帶亦可見到少許的面積(圖 3b)；網

格數量次多者為蛇鵂，相較於松雀鷹，其分布零散但涵蓋範圍較廣，就北台灣的台北、新北及基隆市而言，數量為所有物種最多(圖 3e)；鳳頭蒼鷹的數量略少於蛇鵂，惟分布型與其相似(圖 3a)；領角鴞與黃嘴角鴞數量明顯少於其他物種(圖 3c 與圖 3d)，又以領角鴞最少，密度較高處僅出現在花東地區(圖 3d)。

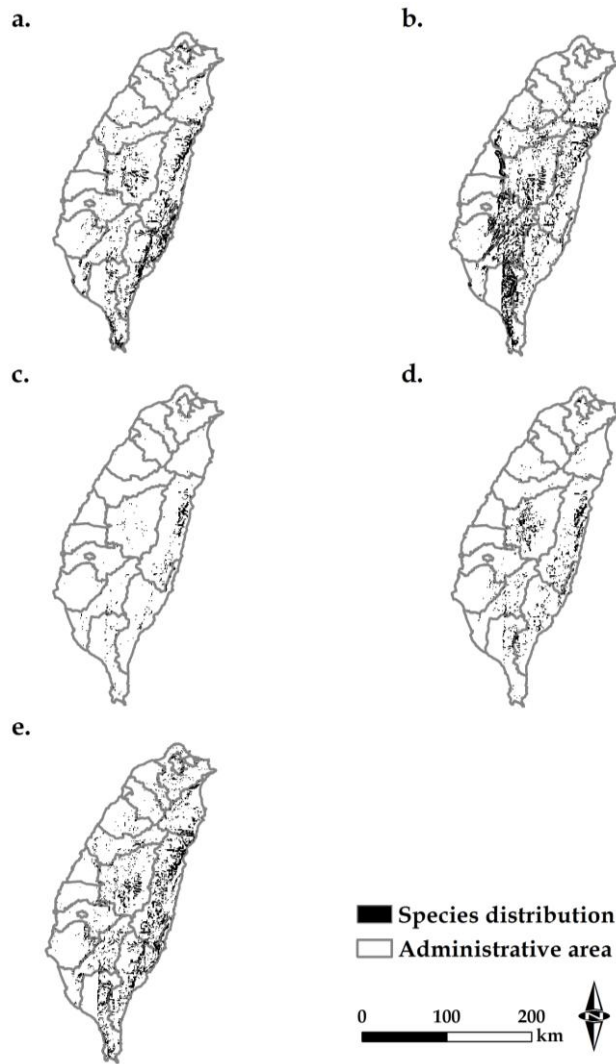


圖 3. 5 種台灣特有亞種猛禽之分布圖，(a)鳳頭蒼鷹；(b)松雀鷹；(c)領角鴞；(d)黃嘴角鴞與(e)蛇鵂。
Fig. 3. Modelled distributions of five endemic raptor species in Taiwan. (a) *Accipiter trivirgatus*, (b) *Accipiter virgatus*, (c) *Otus bakkamoena*, (d) *Otus spilocephalus* and (e) *Spilornis cheela*.

經由 PCA 計算 4 種威脅生物棲地變項之解釋變異量，分別為建地 0.613、人口密度 0.238、農地 0.082 及道路 0.068，將各變項之解釋變異量做為權重，賦予後累加便可產生 HT 分布範圍，利用 Jenks 自然間斷分類法可將 HT 由高至低區分成極度、嚴重、中度、輕微及不明顯等 5 個級別(圖 4)，再與各物種分布範圍進行套疊，獲得不同威脅級別下的物種面積比例分配情形。圖 5 顯示，各物種有坐落於極度級的面積雖不超過 1%，然而，有相當的比例位處嚴重級，領角鴞有最多的比例(超過 40%)受到嚴重威脅(圖 5c)，另鳳頭蒼鷹也有超過 30%同屬嚴重級(圖 5a)，其餘 3 種皆低於 30%，松雀鷹雖分布廣泛且網格數量最多，可受威脅情形最不明顯(圖 5b)。

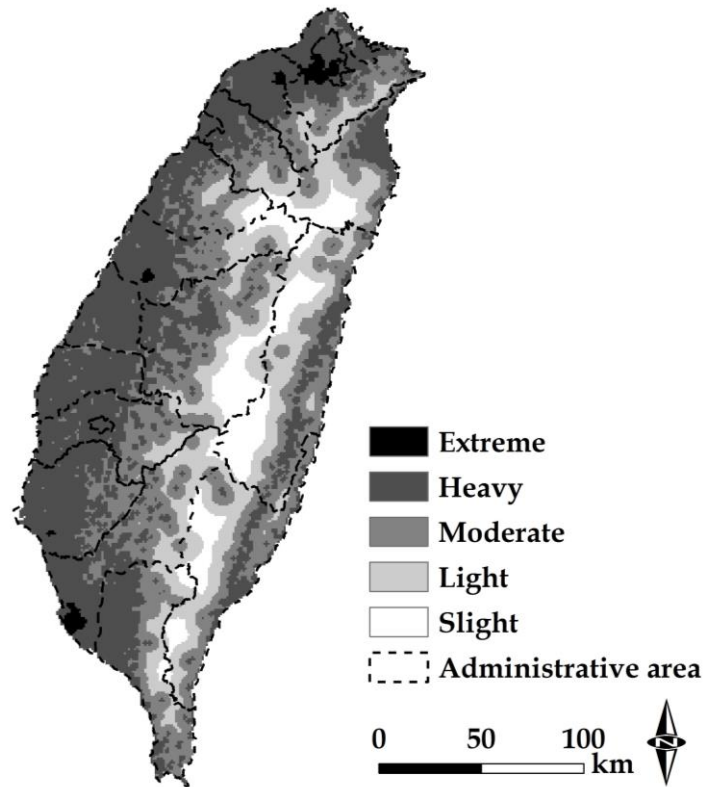


圖 4. 棲地威脅度級別之分布範圍。

Fig. 4. Ranges of habitat threat levels.

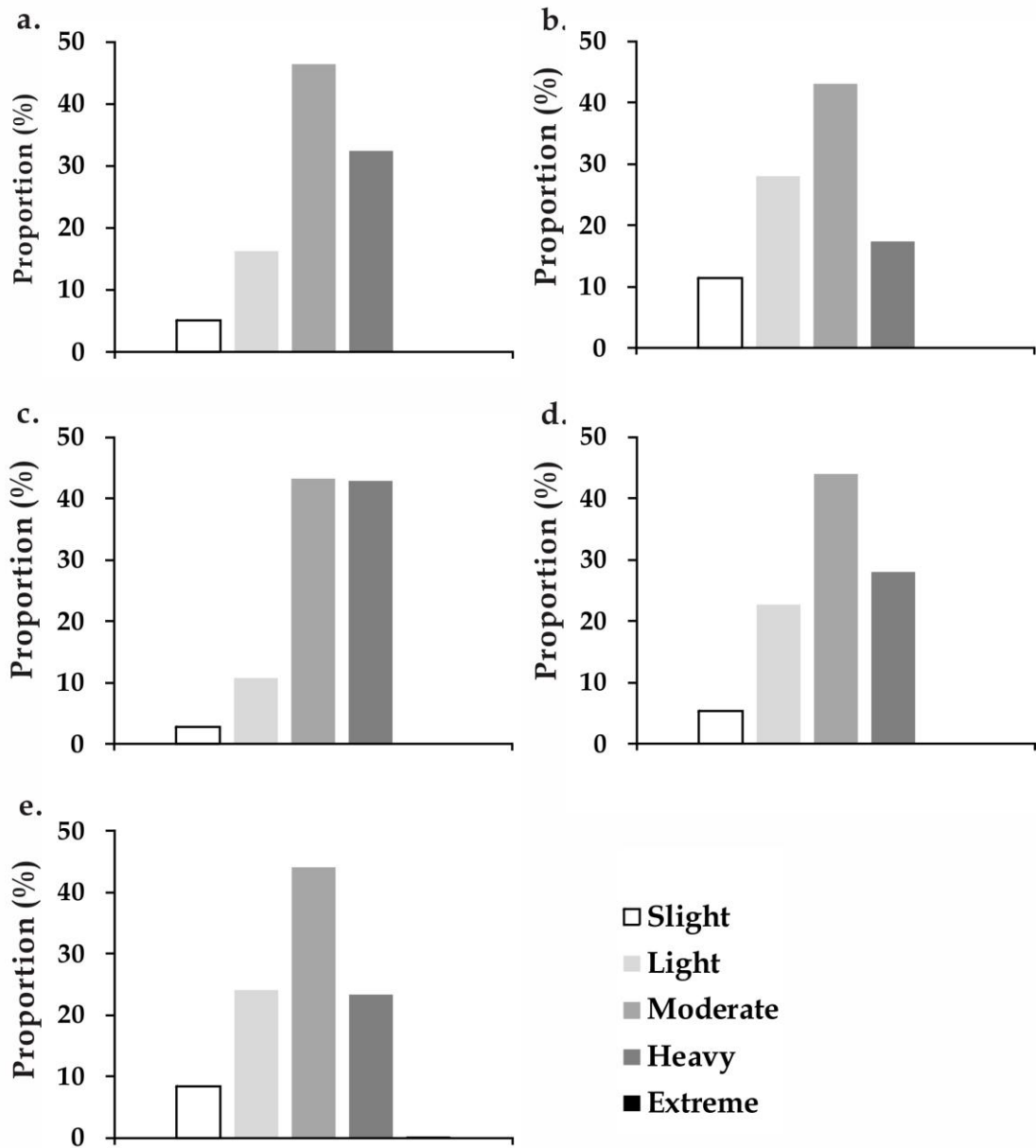


圖 5. 5 種台灣特有亞種猛禽在不同威脅級別下的面積比例，(a)鳳頭蒼鷹；(b)松雀鷹；(c)領角鴞；(d)黃嘴角鴞與(e)蛇鵂。

Fig. 5. Proportions of different threat levels for five endemic raptor species in Taiwan. (a) *Accipiter trivirgatus*, (b) *Accipiter virgatus*, (c) *Otus bakkamoena*, (d) *Otus spilocephalus* and (e) *Spilornis cheela*.

討 論

物種空間分布資訊是執行自然保育工作之重要依據，本研究利用氣候、地形、地物、生態與位置因子等 5 類環境資料，建立預測模式，模擬台灣特有亞種猛禽的物種分布，模擬的結果皆有達到理想標準，顯示該模式具備良好的預測能力(Fielding and Bell 1997; Pearce and Ferrier 2000)。各物種模式所採用預測變項中，以坡度、經度與年均溫為主，又以坡度的貢獻度最明顯(圖 2)，此乃台灣本島地形起伏複雜，形成的微氣候與微環境，可為鳥類提供多樣又豐富的棲地型態，整理相關的前人研究亦可發現相仿的結果(Amico *et al.* 2008; Moreno *et al.* 2011; Arcos *et al.* 2012)；經度方面，應為動物族群本身的空間分布型，抑或物種調查資料分布不均所致，如貢獻度較高的領角鴉與黃嘴角鴉，物種分布就較多集中於南投縣和花東地區(圖 3c 與圖 3d)；另氣溫方面也常主導著鳥類族群在區域空間上的移動(Barbet-Massin and Jetz 2014)。

運用 Maxent 模擬 5 種台灣特有亞種猛禽的分布範圍可知(圖 3)，所有物種的主要活動範圍落在中低海拔，介於人為與自然間的推移帶，此現象不若其他體型較小的台灣特有鳥種，主要分布於自然度高的雪山、中央及玉山山脈等地區(呂 2015; Ko *et al.* 2014)。由於猛禽屬食物鏈中的高級消費者，本身並不適合棲息於生物多樣性相對較低的高海拔環境。但也有例外之處，本研究結果發現，松雀鷹分布廣泛，有些許的族群甚至延伸至中高海拔的邊緣帶(圖 3b)，此乃該物種的食性傾向專一(黃等 2008)，以鳥類為主要，特別是中高海拔地區，攝食習性以五色鳥的比例最高(姚 2004)。除松雀鷹外，鳳頭蒼鷹及蛇鵰分布亦廣，甚至明顯

鄰近北部都會區，過去的研究曾於台北市近郊發現，鳳頭蒼鷹的獵物具多樣性，且有相當的食性寬度(黃等 2008)；蛇鵰整體的繁殖成功率則可達 75%(林 2005)，再再顯示該兩種猛禽確實相當適應人類的聚落環境。領角鴉與黃嘴角鴉之模擬結果，為數量最少之兩種物種(圖 3c 與圖 3d)，參考同樣以 SDM 推估之研究成果，該現象應有所低估(Wu *et al.* 2014)，從許多的野生物資源調查報告可知，這兩者為夜行性猛禽中較常見之物種(傅等 2003；姚等 2014)，因此，低估的結果可能是夜間調查工作本就不易進行，加上物種本身習性隱密，即便物種實際調查資料充足，但仍過於集中在少數特定的物理環境特徵，導致無法反映出實際情形。

本研究經由 PCA 產生 HT 分布範圍，進一步由威脅度高至低劃分 5 個級別(圖 4)，分別與 5 種特有亞種猛禽的空間分布套疊，結果可看出，領角鴉與鳳頭蒼鷹均有超過 1/3 的面積比例落在嚴重威脅級別(圖 5a 與圖 5c)。根據台北市野鳥學會 1992 至 2007 年間所處理的日行性猛禽救傷紀錄顯示，鳳頭蒼鷹的傷病案例最多(約占 39%；何 2010)；領角鴉誠如前段所述，物種分布雖有低估的現象，然卻有最多的族群身處嚴重的潛在威脅範圍，參考特有生物研究保育中心野生動物急救站近年間所有救傷猛禽的案例，即以領角鴉居冠，以上種種的急救資料正可與本研究評估結果相呼應。

結 論

本研究之目標是結合物種調查與環境資料，運用 SDM 模擬 5 種台灣特有亞種猛禽之空間分布，進而評估受人為干擾之潛在威脅度，研究成果可獲得以下重要結論：一、所建立的 SDM 可有效預測各物種的分布，而各環

境資料中，以坡度對模式提供的貢獻度最高；二、5種猛禽之空間分布範圍，主要坐落於有人為活動的半自然環境，各物種分布型上大都有所異；三、領角鴉與鳳頭蒼鷹的分布面積有超過 1/3 的比例，藏有相當程度的潛在威脅壓力。綜合以上之成果可知，5種台灣特有亞種猛禽之雖分布廣泛，然而，其生存棲地常與人類重疊，其中亦有物種可能正處在高度的威脅壓力。而除了鳥類外，本研究之分析方法未來可應用於其他法定保育類之生物，評估各物種受威脅之情形，作為制定保育優先順序之依據。

引用文獻

- 何一先。2010。台北市野鳥學會 1992-2007 年 日行性猛禽救傷資料分析。台灣猛禽研究 8: 1-9。
- 呂明倫、謝漢欽。2013。鰲鼓海岸地區之生態 環境脆弱度評估。作物、環境與生物資訊 10: 34-43。
- 呂明倫。2016。生物多樣性熱點之推估：以台 灣特有鳥種為例。台灣生物多樣性研究 18: 231-245。
- 林秀麗。2003。松雀鷹在人類活動頻繁環境下 的繁殖案例。台灣猛禽研究 1: 46-50。
- 姚正得、林明璋、黃秀珍、張義榮。2014。台 9 線蘇花公路沿線猛禽資源調查。台灣生 物多樣性研究 16: 117-134。
- 姚正得。2004。台灣松雀鷹的繁殖習性觀察。 台灣猛禽研究 2: 11-19。
- 陳理恩。2003。台灣歷年來猛禽研究文獻整 理。台灣猛禽研究 1: 15-28。
- 傅木錦、陳嘉芬、郭世杰、蕭淑玲、陳忠應、張 浚銘、賴哲賢、陳淑芳、金磊、顧芝寧、謝 佳宏、蕭豪青。2003。陽明山天母古道及 周邊步道野生動植物資源調查研究。華岡 理科學報 20: 27-70。
- 黃光瀛、劉小如、林曜松。2008。鳳頭蒼鷹 (*Accipiter trivergatus*)於鑲嵌森林地景中 之食性及與共域台灣松雀鷹(*A. vergatus*) 之區隔。林業研究季刊 30: 45-56。
- 黃靜宜。2016。棲蘭野生動物重要棲息環境之 脆弱度評估。台灣生物多樣性研究 18: 93-108。
- 蘇鴻傑。1992。台灣之植群：山地植群帶與地 理氣候區。中央研究院植物研究所專刊 11: 39-53。
- Amico, G., D. García and M. A. Rodríguez-Cabal. 2008. Spatial structure and scale dependent microhabitat use of endemic tapaculos (Rhinocryptidae), in a temperate forest of southern South America. *Ecología Austral* 18: 169-180.
- Arcos, J. M., J. Bécáres, D. Villero, L. Brotons, B. Rodríguez and A. Ruiz. 2012. Assessing the location and stability of foraging hotspots for pelagic seabirds: an approach to identify marine Important Bird Areas (IBAs) in Spain. *Biological conservation* 156: 30-42.
- Botero-Delgado, E., N. Bayly, C. Gomez, P. C. Puldarin-r and C. A. Paez. 2015. An assessment of the distribution, population size and conservation status of the Santa Marta foliage-gleaner *Automolus rufipectus*: a Sierra Nevada de Santa Marta endemic. *Bird Conservation International* 25: 451-465.
- Brambilla, M. and G. F. Ficetola. 2012. Species distribution models as a tool to estimate reproductive parameters: a case study with a

- passerine bird species. *Journal of Animal Ecology* 81: 781-787.
- Brito, J. C., A. L. Acosta, F. Álvares and F. Cuzin. 2009) Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African Canids. *Biological Conservation* 142: 3020-3029.
- Chace, J. F. and J. J. Walsh. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and urban planning* 74: 46-69.
- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudik, S. Ferrier, A. Guisan, et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Escalante, T., G. Rodríguez-Tapia, M. Linaje, P. Illoldi-Rangel and R. González-López. 2013. Identification of areas of endemism from species distribution models: threshold selection and Nearctic mammals. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 16: 5-17.
- Fielding, A. H. and J. F. Bell. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.
- Gessler, P. E., I. D. Moore, N. J. McKenzie and P. J. Ryan. 1995. Soil-landscape modeling and spatial prediction of soil attributes. *International Journal of Geographical Information Systems* 9: 421-432.
- Graham, C. H., N. Silva and J. Velásquez-Tibatá. 2010. Evaluating the potential causes of range limits of birds of the Colombian Andes. *Journal of Biogeography* 37: 1863-1875.
- Hager, S. B. 2009. Human-related threats to urban raptors. *Journal of Raptor Research* 43: 210-226.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* 25: 1965-1978.
- Hogg, J. R. and C. H. Nilon. 2015. Habitat associations of birds of prey in urban business parks. *Urban Ecosystem* 18: 267-284.
- Jenks, G. 1967. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography* 7: 186-190.
- Ko, C. Y., S. C. Murphy, T. L. Root and P. F. Lee. 2014. An assessment of the efficiency of protection status through determinations of biodiversity hotspots based on endemic bird species, Taiwan. *Journal for Nature Conservation* 22: 570-576.
- Kumar, S. and T. J. Stohlgren 2009. Maxent modelling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment* 1: 94-98.
- Martinez, J. A., J. E. Martinez, I. Zuberogoitia, J. T. Garcia, R. Carbonell, M. de Lucas and M. Diaz. 2003. Environmental impact assessment on raptor populations: difficulties in implementation and a search for solutions. *Ardeola* 50: 85-102.

- McCune, B. and D. Keon. 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load index. *Journal of Vegetation Science* 13: 603-606.
- Moreno, R., R. Zamora, J. R. Molina, A. Vasquez and M. A. Herrera. 2011. Predictive modeling of microhabitats for endemic birds in South Chilean temperate forests using Maximum entropy (Maxent). *Ecological Informatics* 6: 364-370.
- Papes, M. and P. Gaubert. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions* 13: 890-902.
- Pearce, J. and S. Ferrier. 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling* 133: 225-245.
- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura and A. T. Peterson 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passe in the landscape era? *Biological Conservation* 83: 247-257.
- Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan and NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14: 763-773.
- Wu, T. Y., B. A. Walther, Y. H. Chen, R. S. Lin and P. F. Lee. 2014. Reassessment of the conservation status and protected area coverage of Taiwanese birds: How distribution modelling can help species conservation. *Bird Conservation International* 24: 223-238.
- Hijmans, R. J. and C. H. Graham. 2006. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global change biology*: 12: 2272-2281.
- Estrada, A., R. Real and J. M. Vargas. 2011. Assessing coincidence between priority conservation areas for vertebrate groups in a Mediterranean hotspot. *Biological conservation* 144: 1120-1129.

