

# 陸域動物多樣性熱點評估之建議— 台灣野生動物資料庫之應用

## Suggestions on Developing an Investigation Scheme for Identifying Terrestrial Animal Biodiversity Hotspots of Taiwan with the Wildlife Database

方懷聖<sup>1</sup> 林宗岐<sup>2</sup> 楊耀隆<sup>1</sup> 鄭錫奇<sup>1</sup> 楊育昌<sup>1,\*</sup>

Huai-Hseng Fang<sup>1</sup>, Chung-Chi Lin<sup>2</sup>, Yaw-Long Yang<sup>1</sup>,  
Hsi-Chi Cheng<sup>1</sup> and Yu-Chang Yang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

<sup>2</sup> 國立彰化師範大學生物學系 彰化縣彰化市進德路1號

<sup>1</sup> Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Biology, National Changhua University of Education, Changhua, Taiwan

\* 通訊作者: ycyang@tesri.gov.tw

\* Corresponding author: ycyang@tesri.gov.tw

### 摘要

近年有科學家聲稱以集中資源、保護特定「生物多樣性熱點」地區的方式可更有成效地運用保育資源，而這些位於危急狀況之下的熱點則可經由諸如物種豐富度、特有物種比例和原生植被喪失百分比等條件來加以確認。由於找出及保護這些熱點被認為是一帖防止全球相當比例物種處於危險之中的特效藥，因此「就台灣陸域及海域生物多樣性可能的熱點進行普查並確認之」也被列為台灣「永續發展行動計畫」的主要項目之中，而發展作業程序來確認熱點地區亦相對重要。本研究將國際間對於生物多樣性熱點的定義套用於台灣地區後，提出在找尋生物多樣性熱點過程中的重要條件並架構其流程，再以行政院農業委員會特有生物研究保育中心(ESRI)野生動物資料庫中的蝶類、兩棲類和蝙蝠類分布數據為樣本進行試作。由於目前尚無法就「未來受威脅程度」

與「現有保育措施」進行評估與排序，我們建議未來應根據鏈結完善的資料庫架構，如政府的國家地理資訊系統(NGIS)配合若干資料品質原則來達到這個目標。我們同時建議為滿足此作業程序，將來宜有一套使用現況—壓力—反應(SPR)架構之指標系統來加以配合，如此方能有充分的資訊及合宜的方法來確認熱點位置，並對需要優先保護的區域立即採取行動。

## Abstract

It has been generally considered to be more efficient in biodiversity conservation by concentrating its management resources on “biodiversity hotspots”, the areas where conservation management is urgently needed. The hotspots can be identified by species richness, endemic species ratio, and percentage loss of primary vegetation. To identify such spots and to protect their biodiversity have been regarded as a “silver bullet” strategy that would prevent a risk of many of the species of the world to become endangered in a high proportion. Accordingly, to identify marine and terrestrial biodiversity hotspots and to census their species composition and conservation status are listed in the “Taiwan Sustainable Development Action Plan” as its main working tasks. Therefore, it has been becoming increasingly important to identify the hotspot areas. This study was intended to develop an investigation scheme to identify terrestrial biodiversity hotspots of Taiwan, and to determine primary factors and conditions for the identification, with using the inventory database of butterflies, amphibians and bats deposited at Endemic Species Research Institute (ESRI). Because at present there is a lack of information on threatening (or endangered) levels of species available for the conservation status assessment and for establishing an order of their conservation importance, we suggested achieving the objective by using a perfect-linked database frame, such as the National Geographic Information System (NGIS) of Taiwan government, with proper data quality control. We also suggested that the investigation scheme should be developed based on present biological data, future ecological threats, and available conservation measures. It was highly recommendable to build the State-Pressure-Response (SPR) framework by combining it with the investigation scheme of the biodiversity hotspots in the future. The biodiversity hotspots should be given priority over the present wildlife reserve areas in the conservation management. Its immediate action is required.

**關鍵詞：**生物多樣性、熱點、保育、台灣

**Key words:** biodiversity, hotspot, conservation, Taiwan

收件日期：99年6月17日

接受日期：99年11月12日

Received: June 17, 2010

Accepted: November 12, 2010

## 緒 言

「生物多樣性熱點(biodiversity hotspot)」是近年興起的生態保育概念，緣於有些學者認為當一地區較其鄰近區域擁有較高的生物多樣性，尤其特有種或受威脅物種所占比例較高，且原有生態系受到嚴重破壞威脅時，可選定其為熱點，優先投入保育資源。因為與其將人力、物力及經費分散於林林總總的工作項目，倒不如優先集中在這些重點地區，以求達到最大的保育功效。近年來由於科學家發現生態系統的作用極為複雜，特別在諸多因素交互作用時，影響物種存續的關鍵原因並非單一危害。尤其在現今全球環境變遷的背景之下，原生棲地破壞、過度開發利用，以及入侵生物威脅等影響程度更是不易評估(Brook *et al.* 2008)，而生物多樣性保育的尺度也由「特定物種」保育提升成為「棲地及生態系」的完整保存。在此世界潮流中，「如何在有限的人力、財力及時間內最有效地劃設保護區域，以達到現地保育的目標」已成為保育策略中的重要環節。雖然長久以來世界各國已設立了國家公園及各式各樣的生態保護(留)區，但這些區域面積是否已足夠維護全球生物多樣性？是否另有其他生物多樣性高，屬於特有種、稀有物種重要棲地正面臨開發壓力卻尚未納入保護區域範圍中？為了能夠在有限資源下達到最佳保育效果，便產生了尋找生物多樣性熱點來積極進行保育的想法。

早在 1988 年 Myers 即已提出當一地區較其鄰近地區擁有較高生物多樣性且面臨開發破壞時，可將其選為熱點並作為優先保育的重點區域。隨後其研究團隊根據他們所回顧的各類科學文獻，指定了全球 25 個生物多樣性熱點；這些地區雖然只占全球陸地面積 1.4%，卻包含 44%維管束植物與 35%陸域脊椎動物，特別是有許多特有或族群遭受威脅的種類(Myers *et al.* 2000)。另一方面，這些地區多位處開發中國家，遭受人為破壞的可能性相對較大(Cincotta

*et al.* 2000)，若列為保育重點便可保有原始棲地環境。故尋找生物多樣性熱點的目的，是在保育前提下選出包含最多物種、最符合經濟效益，以達最大保育功效之地區。

物種豐富度(species richness)為選定生物多樣性熱點最普遍的方式，可將所有地區依其物種豐富度高低排列，取其中出現物種最多的部分為熱點候選地區後，再以特定原則(例如如此地區遭受威脅程度，或已有保育措施)逐一檢視這些地區的實際狀況來決定是否選為熱點。而依照生物族群狀況的不同，主要可以分為下列 4 類物種豐富度(呂 1999)：所有物種(total species)、特有種或狹布種(endemic species or limited-ranged species)、稀有種(rare species)及瀕危種(endangered species)。而計算豐富度以選取熱點的途徑亦包括所有物種豐富度(total species richness)、狹布種豐富度(limited-ranged species richness)、瀕危種豐富度(endangered species richness)及互補法(complementary method)等(何 2005)。

另一方面，由於物種豐富度的判斷有賴於足夠且正確的野外調查資料及完備的物種名錄；而調查資料內容則會隨著實際調查頻度、所用設備及方法、該地點可到達程度、資料格式與項目、調查者經驗及嚴謹度而有差異。如何從各方提供的調查資料中篩選出可作為判斷生物多樣性熱點依據的有效資料，則是生物多樣性熱點評估過程中另一個極基礎且重要的課題。

生物多樣性熱點概念提出後，便有許多科學家開始針對過去已設置的保護區域進行熱點調查與檢討，例如開始嘗試找出評估熱點的條件(Grelle 2002; Hobohm 2003; Werner 2005; Garcia 2006; Gjerde *et al.* 2007; Traba *et al.* 2007)與確認的方法(Fattorini 2006; Jennings *et al.* 2008)。由於其所牽連的層面甚廣，學者們大致從幾個不同方向著手進行：例如部分學者研究造成生物多樣性流失的原因(McKee *et al.*

2003; Hoekstra *et al.* 2005)；有些科學家探討全球生物多樣性熱點與該地區生物特有性、物種豐富度之間的關係(Orme *et al.* 2005; Lamoreux *et al.* 2006)；亦有人針對全球的保護區與保育政策設計研究方法(Brooks *et al.* 2006; Wilson *et al.* 2006; Rodriguez *et al.* 2007)；還有科學家針對某些地區現有的生物多樣性狀況，來推測其未來發展的趨勢(Lee and Jetz 2008)。

雖然各國近來陸續設立許多保護區域(呂1999)，但保育學家們依舊針對世界上各種不同棲地環境而規劃出不同生態功能的保護區域(Rouget 2003; Gjerde *et al.* 2004; Kati *et al.* 2004; Bergerot *et al.* 2008)，或找出更多應該被保護的區域(Cavieres *et al.* 2002; Bonn and Gaston 2005; Tchouto *et al.* 2006)。此外，包含所有脊椎動物(Burgess *et al.* 2002; Benayas and Montaña 2003)、爬蟲及兩棲類(Benayas *et al.* 2006; Chen and Bi 2007)、哺乳類(Joly and Wayne 2001; Andelman and Willig 2003)、蝴蝶(Gutie´rrez and Mene´ndez 2007)等不同的生物類別也各有學者進行追蹤調查，以求評估這些生物的棲息地是否已有合宜的保護措施，這些也都屬於評估生物多樣性熱點的範疇。

當面對生物多樣性議題時，不能不考慮到人類生活中各類活動或多或少地影響著周遭環境的生物多樣性，故包括人口密度(Cincotta *et al.* 2000; Fjeldsa 2007)、政策(Myers and Mittermeier 2003)，與其他人口的動態變化(Harcourt *et al.* 2001)等，也成為世界各地的學者們在研究生物多樣性熱點時會討論的主題。

近幾十年國內各研究機關、保育團體及學術單位亦基於各種目的，而在台灣許多區域進行生物資源調查，這些調查成果及累積的物種資料，可進一步地加以運用、整合分析成為選定國內生物多樣性熱點之基礎資訊，惟目前不僅大部分政府委託研究計畫或學者、民間團體自行蒐集之資料仍各自為政，未加以整合、交流或公開分享(林 2009)，國內亦尚無任何標準

化之程序來進行資料分析、排序與熱點選定。特別是在既有的各類保護區域(包括國家公園、自然保留區、野生動物保護區、野生動物重要棲息環境等)之外，可能尚有許多容易遭受干擾，且破壞後可能導致大量物種急遽消失而亟需保育的地區，更需要這類的程序來進行分析與篩選。本研究參考國內外進行生物多樣性熱點評估時所使用的方法，並以現有陸域動物調查成果資料為基礎，發展出一套可供選定生物多樣性熱點的程序，目的在協助分析資料、找出現有保護區域外的生物多樣性熱點，據以建議主管機關採取合宜保育措施、進行適當的經營管理。

## 生物多樣性熱點評估方法與流程

### 一、國內外文獻彙整及參考

本研究彙整近年來有關生物多樣性熱點之定義、所選用生物類別、物種豐富度計算、資料篩選與分析、地理區域尺度、選出熱點之方法等各類文獻，以作為作業程序建置之參考。有鑒於許多學者們對「熱點」看法各異，導致欲應用在我國陸域動物多樣性熱點選定的過程時勢必進行某些特定評估的定義規範，故本研究在文獻彙整工作告一段落後，再根據其中具代表性之定義加以修正來符合我國現況，以利後續工作得以繼續進行。

此外，考量到現有各類動物調查資料狀況不同，野外資料蒐集之難易度及完整性各有差異，加上與調查地點的相關程度亦不全然相符，在初步建立作業程序的架構之後，需經過一系列討論，並徵詢相關領域專家意見，以決定具代表性之動物類別，並以其作為熱點選定過程中的基礎資料。

### 二、對資料品質管控的建議

在熱點選定的過程中，資料品質之良窳將是影響選定結果的重要因子。特別是在蒐集現

有動物調查資料後，需以一定的標準來進行篩選、去蕪存菁，再將其格式統一以利進行標準化作業。初步以該筆調查資料內容之物種名稱、數量、日期時間、地點及座標、調查者為基本項目，再研擬是否加入其他如海拔高度、天氣狀況、棲地環境等輔助資料。另外，資料登錄者是否具備足夠的專業背景，或是經由一定程度的野外調查及資料登錄訓練，亦是資料品質是否可靠的重要因子。

因為資料的正確性及資料庫的完整性影響研究結果甚鉅，故基礎調查資料必須符合特定規範，方能納入資料庫中供科學研究運用。在本研究中對於所使用之野生動物調查資料進行下列查核，以維持資料的品質。

(一)該物種調查資料是否包含所需之基本紀錄項目？

這些項目包括物種名稱、學名、所記錄之數量、日期時間、地點及座標、調查者、其他輔助資料(如照片、證據標本等)。

(二)資料之取得方式是否有系統、符合科學過程？

包括下列各項目：

- 1.各地生物資源調查、研究計畫等系統性調查。
- 2.標本採集紀錄(標本館資料)。
- 3.引用文獻報告(如學術期刊、調查報告)。
- 4.現有野生動物調查資料庫。
- 5.有證據佐證之其他來源(例如附照片、資料完整之網路資料)。

(三)所包含之資料，根據以下條件來進行分級：

- 1.學術期刊所刊載之論文。
- 2.未於學術期刊發表之資源調查報告。
- 3.經過審慎驗證之其他來源。

### 三、建立生物多樣性熱點分析作業流程

本研究係以資料庫為基礎加以運用，並以「熱點選定項目」的方式來查核並輸出結果。藉著生物資料、區域資料、面臨威脅、土地管

制狀況、現有保育措施及未來可能之開發壓力等各類選單，提供不同目的之使用者依其需要加以選取並加權部分資料重要性，最後輸出其結果經過排序後選出生物多樣性高、特有種比例大且目前面臨威脅亟需進行保育之熱點。為使此過程簡單明瞭，並將每個重要步驟納入作業程序之中，我們利用建立流程圖的方式作重要步驟之控管，並建議若干準則(criteria)進行各類生態資料參數的選定、運算與分析過程，以使得最後成果可以確實找出台灣的生物多樣性熱點。

(一)依使用者需求劃分區域

雖然生物的物種資料是建構生物多樣性熱點的基本條件，但單參考物種數目及族群量不僅無法完全反映當地面臨開發威脅的狀況，且無從評估現有保育措施是否足以防止當地生物多樣性流失。雖然資料庫中已累積了相當數量的野生動物資料，但如何加以劃分，選出合宜的「熱點區域」以進行未來的保育措施，才符合使用者需求呢？本研究採用下列方式來製作熱點選定項目，讓使用者依不同目的進行選取。

- 1.特定大小網格：如 1x1、5x5、10x10 km<sup>2</sup> 之方格。
- 2.河川之集水區：河川流域。
- 3.行政區域：縣市、鄉鎮、村里。
- 4.地政系統之地段、地號。
- 5.國有林地之林班、小班。
- 6.地理氣候區及植群型態：依據蘇(1992)的研究基礎。
- 7.土地利用類型：
  - (1)依都市計畫法劃分之「都市區」、「非都市區」。
  - (2)依水土保持法劃分之「山坡地」。
  - (3)依非都市土地使用管制規則之各種分區及用地別。
  - (4)其他：如天然林、次生林、農業用地。

(二)選定生物與環境資料

建立「生物類別」以及「特殊狀況物種」

兩組熱點選定項目。其中「生物類別」除了依動物的分類地位區分外，尚可依其習性、活動能力、生活範圍來加以區隔，以配合所選擇之區域尺度。

此外，依據調查資料進行各地區物種豐富度計算時，為突顯該部分特殊物種，使其地位不同於一般動物種類(每一種類計算數值為 1)之目的，建議將其權重進行增減(權重數值將隨諮詢學者結果及修正過程而有所調整)。在計算過程中分別採用所有物種法、狹布種法、稀有種法、瀕危種法及互補法等各種不同方式以比較個別方法的優缺點。將結果依序排列並確認某一類動物以何種方式較為恰當；或是針對某類經營目標應採取何種方法來進行「物種豐富度指數」或「生物多樣性指數」之計算。

#### 1. 各種陸域野生動物類別：

- (1) 哺乳類(地棲性小型哺乳類、中大型哺乳類、蝙蝠類)。
- (2) 鳥類(留鳥、候鳥)。
- (3) 爬蟲類及兩棲類。
- (4) 淡水魚類。
- (5) 昆蟲及其他無脊椎動物。

#### 2. 部分物種依其特殊地位而增、減其權重：

- (1) 特有種或特有亞種(增加權重)。
- (2) 生態需求或生活史特殊種(增加權重)。
- (3) 分布區域侷限物種(增加權重)。
- (4) 非侷限分布之稀有種(增加權重)。
- (5) 保育類物種(增加權重)。
- (6) 外來種、歸化種及入侵種(減少權重)。

#### (三) 評估未來生態可能面臨威脅狀況

目前台灣生物多樣性所面臨的問題種類繁多，對於生物多樣性造成影響之規模各異，故各地區所受的威脅不容易加以量化。本研究就開發之期程、開發規模、是否有相關管制措施、造成威脅之類型以及破壞狀況來製作熱點選定項目，以期建構出足供量化且合於邏輯性的指標系統。若威脅類型對於當地而言急迫性

高、生態影響程度大或所涵蓋範圍較廣，將得到較高的積分。

1. 中、長期開發計畫：國土綜合開發計畫、區域計畫、特定開發計畫。
2. 造成威脅之類型：天災、污染、盜獵、濫墾、外來入侵種。
3. 威脅狀況：
  - (1) 類別：污染、人為捕捉、土地開發、棲地劣化、天災、競爭或掠食。
  - (2) 程度：依破壞面積、嚴重程度、所需回復時間加以區分。

#### (四) 該地區現有保育措施

##### 1. 現行法規及保護區域：

- (1) 依國家公園法所劃設之「國家公園」。
- (2) 依文化資產保存法所指定之「自然風景」。
- (3) 依森林法設置之「自然保護區」或「保安林」。
- (4) 依野生動物保育法劃定之「野生動物保護區」及「野生動物重要棲息環境」。
- (5) 依漁業法劃設的「水產動植物繁殖保育區」。
- (6) 依水土保持法劃設之「特定水土保持區」。
- (7) 都市計畫法中之都市計畫用地「保護區」。
- (8) 依區域計畫法施行細則劃定之非都市土地「山坡地保育區」。

##### 2. 由主管機關或民間進行之法令與保育措施：

- (1) 主管機關：自治條例、行政命令、封溪護魚措施、執法人員。
- (2) 民間：保育團體、社區自組之巡守隊。

#### 四、作業程序之試作及修正

在作業流程建立後，我們以野生動物資料庫中部分類別陸域動物為試作對象，來初步評

估這套流程的妥善程度。因為動物移動能力與其分布範圍、劃分網格大小相關，在現有資料庫中以筆數較多、物種完整性高的動物類別為基礎，並考量各類動物的移動能力後，本研究選擇了無脊椎動物中的蝶類(移動能力中等)和脊椎動物中的兩棲類(移動能力弱)、蝙蝠(移動能力強)資料進行試作。在目前尚無集水區、行政及地政分區、林班及小班等各類圖層的狀況下，試作過程僅能以邊長各為 1、2、5、10、20、50、100 km 之方格分別進行，試作使用之軟體為 SuperGIS Desktop 2.2 版(崧旭資訊股份有限公司)。我們將依試作結果建議各類動物可進行熱點分析的方格尺度，以供將來實際操作時之參考。若在試作過程中發現某些區域有動物調查資料不足的情形，亦可作為日後加強調查、補足資料的參考。

最後將透過「熱點選定準則」計算出之各地區的生物多樣性數值(如物種豐富度、Shannon 多樣性指數)，讓使用者依其需求進行排序，進而選出特定數量、特定比率，或是特定數值之地區作為生物多樣性熱點，以供未來主管機關據以評估劃設保護區，投入資源進行經營管理，或是作為開發案環境影響評估之參考。在本研究中先以物種豐富度、總個體數、Simpson 多樣性指數、Shannon 多樣性指數和均勻度指數作出方格大小與指數間關係圖，嘗試據以建議選取該類動物熱點的合適尺度，再取以評量個體—物種關係為主的 Shannon 指數從所有方格選出一定比例之熱點候選地區。雖然以目前國內國家公園、保護(留)區面積約占總面積 10-15% 來看，以此比例選出熱點方格較能對目前已有受保護區域是否合適進行評估，但由資料庫中現有資料無法涵蓋上述國家公園與國有林區，加上比例太低恐造成方格分布過於零星而無法達到區域保護效果，故本研究在試作時先取 Shannon 指數值前 25% 之區域作為初步的「熱點方格」，以便進行後續更為深入的討論。

## 生物多樣性熱點評估架構研擬與試作結果

由我們所閱讀、歸納的文獻中，雖然大致可以勾勒出世界各地的生物多樣性議題研究潮流，但針對台灣地區的生物多樣性保護區設置與生物多樣性熱點的探勘，還需經過現在各個資料庫之資料內容的整合與資料不足地區之補充調查後，熱點評估架構才能初步成型並進行更進一步的內容調整。

### 一、熱點評估參考標準之決定

國際上「生物多樣性熱點」的概念初次提出時，是以「物種密度大、特有種比例高」和「面臨相當程度的威脅」等條件初步選出 10 個熱點，其面積約占全球的 0.2%，卻包含了 34,000 種特有植物及 700,000 種特有動物(由於這些地區生物資源調查未臻完善，實際特有種數目可能高達數倍)；另外在地區所遭受的威脅方面，這些熱點地區原生植被破壞的程度約在 90% 以上(Myers 1988)。

而在之後的相關研究中，科學家們逐漸擴充生物多樣性熱點的適用範圍，並增加新的熱點地區，到 2001 年為止，全球熱點區域已達 34 個之多(Olson *et al.* 2001)，它們被選定時考慮的因素主要依據以下條件(Mittermeier *et al.* 1998; Cincotta *et al.* 2000; Myers *et al.* 2000)：

- (一)該地區民眾高度依賴當地生物多樣性而生活。
- (二)該地區較其他地區有特別高的生物多樣性。
- (三)該地區有特別高的特有種比例。
- (四)處於嚴重的威脅狀況(人口密度、受破壞原始林比例)。
- (五)必須重點投入資源以保全最多物種及多樣性。

在本研究中考量我國國土面積、特有種比例、原始森林破壞程度並不符合全球尺度之熱點地區選擇條件，無法將原有選定程序全盤套用而必須另定條件進行熱點區域選定。我們建

議參考先前國內學者們於「永續台灣的評量系統」、「永續台灣 2011」等相關研究中採用之聯合國 S-P-R (State-Pressure-Response) 架構模式進行，將各資料庫中之可用資料指標納入下列類別，並對各地區(或網格)所得數值進行整體分析作為評估之依據：

1. 狀態(state, S)－該地區的生物及生態多樣性狀況。

包括生物物種數及數量、特有種數、珍貴稀有物種、保育類動物，以及生態環境狀況等。

2. 壓力(pressure, P)－該地區受到天然或人為威脅的程度。

我們建議從下列三種面向來進行評估，分別為：

(1) 棲地本身易受破壞：如生態系本身較為脆弱、屬於地質災害敏感地區、易受颱風、火災、洪水等天然災害侵襲等。

(2) 該地區有正進行之破壞：如都市化、農業開墾、大規模的開發案、環境污染或地層下陷等。

(3) 未來可能面臨的威脅：如「國土綜合開發計畫」中或區域計畫預備於 5 年內(短期)、5-10 年間(中期)或 10 年以上(長期)進行大規模開發的區域。

3. 回應(response, R)－該地區現有生態保育法令及制度等回應措施。

包含現有保育相關法令、政府所進行的行政措施、該地所設之保護區域類型，以及非政府組織或其他民間相關措施等。

## 二、生物多樣性熱點分析作業流程圖

流程圖結果如圖 1 所示，其內容共分為「資料庫建構」及「熱點選定項目」兩大部分。其中「資料庫建構」的生物多樣性資料部分以農委會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心)之「野生動物資料庫」為主，但在

土地基本資料、國土規劃及開發、環境品質及破壞、保護區域與災害敏感地區等各項資訊仍不完備的情況下，未來若需要進行下一步的研究計畫時，則可以透過同屬「國土地理資訊(NGIS)計畫」的其他政府機關資料庫之連結來提供足夠的地理資訊。

熱點選定過程係先由使用者依其需求確認運用範圍，並依次選出生物類別、區域、地區所面臨威脅、土地管制狀況、現行法令及保育措施等各類準則之後產生結果。再依此結果進行內部檢討，並進行專家諮詢以對於每一步驟不盡完善之項目進行修正，以完成最後的結果，並據以作出報告供未來訂定相關保育策略。本研究根據以上所述的生物多樣性熱點評估依據與分析作業流程圖，再參考已研究完成之「台灣永續發展指標系統」(黃 2002)來建立評估架構，以期所建立之生物多樣性熱點評估程序在日後政府進行生物多樣性保育及劃設保護區域時，可作為政府參考的選項之一。至於此評估架構的詳細內容及範例介紹，將在之後的段落中繼續討論。

## 三、陸域動物多樣性熱點試作結果

如前述，本研究選擇蝶類、兩棲類、蝙蝠類(資料庫中各類動物調查地點分布如圖 2)並依照所建立初步評估進行試作。在以不同邊長之方格呈現試作之下多樣性熱點候選區域後，所呈現各類動物生物多樣性數值(包括物種數目、總調查隻次、Simpson 多樣性指數、Shannon 多樣性指數與均勻度指數)與方格大小關係圖如圖 3，我們依據此結果來判斷何種大小的方格是該類動物生物多樣性熱點選定時的較佳選項。雖然各類動物的生物多樣性數值均在 20×20 km<sup>2</sup> 達飽和，選用這個尺度以上的方格可包含較高比例的種類、數量、物種多樣性與均勻度，但考量各類動物移動能力不同，加上因方格大小所呈現之熱點候選區域在地區分布上的連貫性可能影響未來保護區之劃設或相關



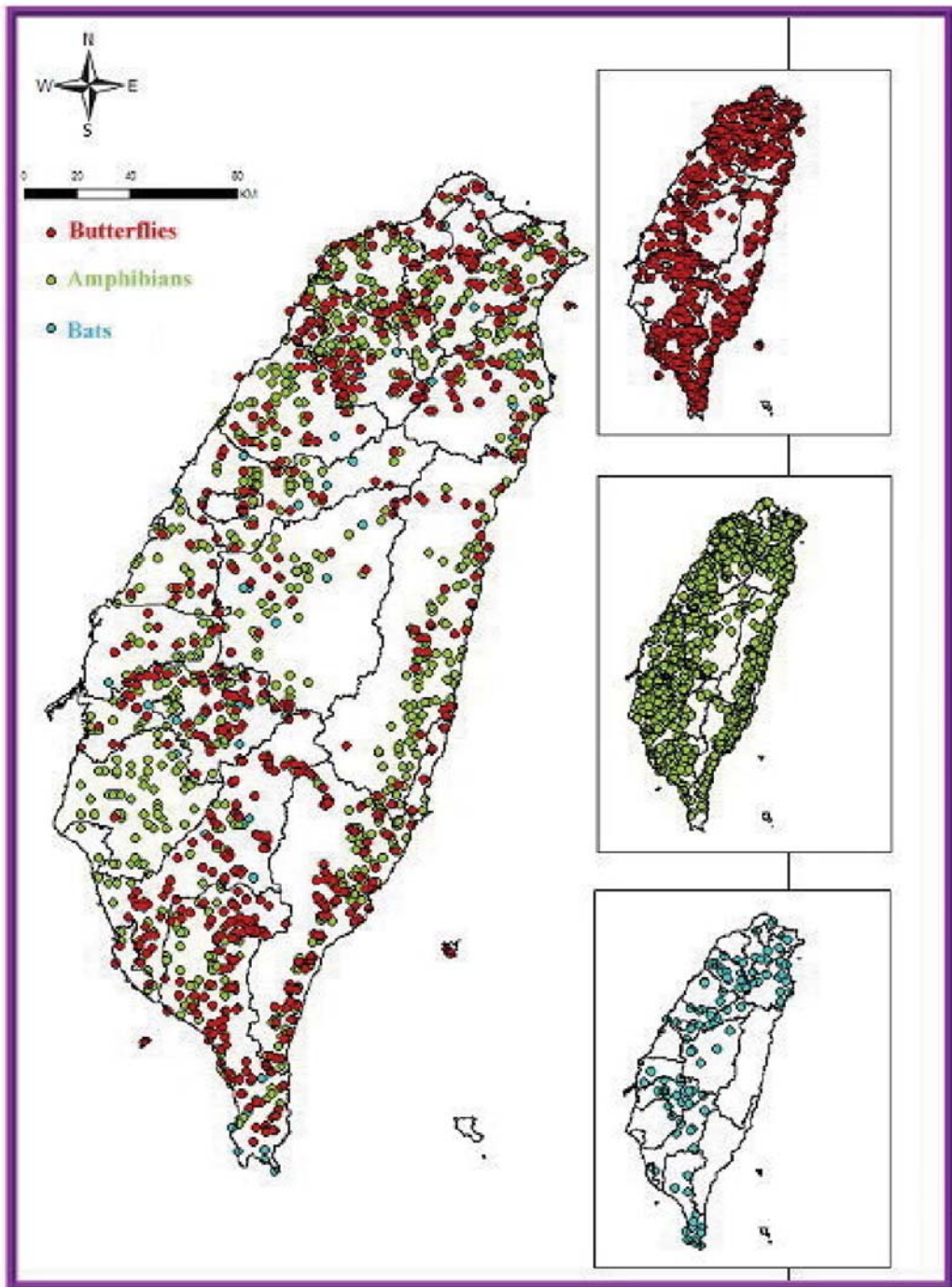


圖 2. 農委會特有生物研究保育中心台灣野生動物資料庫中，現有蝶類、兩棲類與蝙蝠類調查地點分布圖。

Fig. 2. Census sites of butterflies, amphibians and bats from ESRI's Taiwan Wildlife Database.

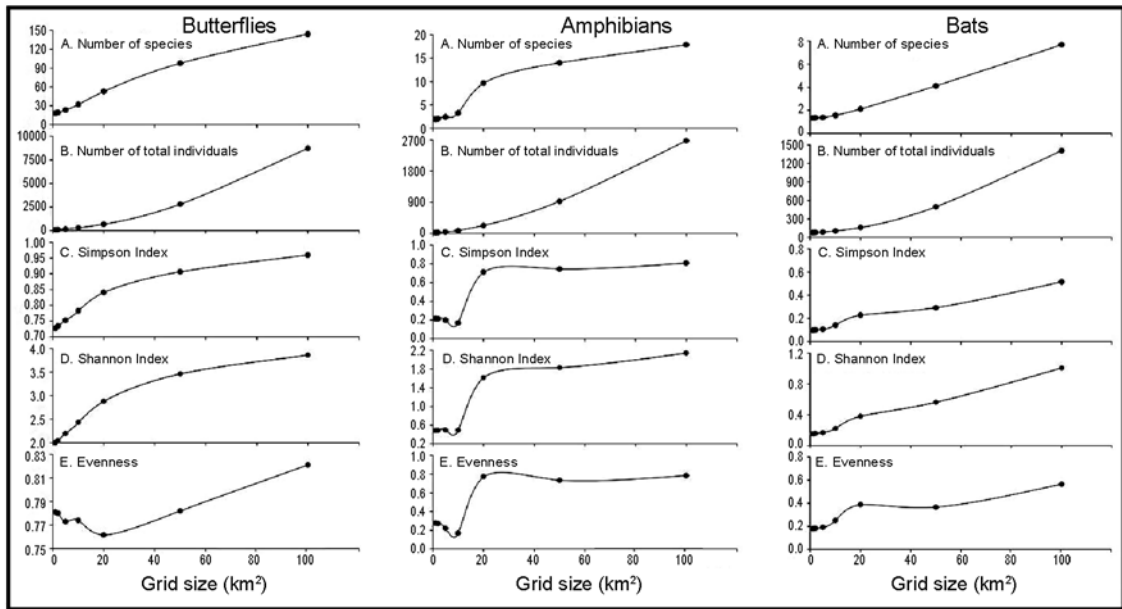


圖 3. 網格大小(X軸)與各類生物多樣性指數(Y軸)關係圖。因各類動物之遷移能力不同，在決定生物多樣性熱點時的網格大小可能對各類生物多樣性指數產生影響。

Fig. 3. Scales of grids of various animals with different dispersal abilities used in developing the investigation scheme to identify the biodiversity hotspots based on miscellaneous biodiversity indices.

資源是否能集中投入，我們在分析Shannon指數後建議以不同的方格尺度來設置生物多樣性熱點區域：例如蝶類採用5×5、10×10、20×20 km<sup>2</sup>等3種(圖4)，活動能力較弱的兩棲類採用5×5、10×10 km<sup>2</sup>等2種，活動能力較強的蝙蝠類則採用10×10、20×20、50×50 km<sup>2</sup>等3種尺度之方格；在上述動物種類互相結合下，則建議使用三者兼具之10×10方格來作為熱點選定尺度。

由於目前特生中心野生動物資料庫中的調查資料主要來自歷年執行動物資源調查計畫成果，這些調查所進行之區域多位於國有林地及國家公園以外，若欲改進本研究成果可以涵蓋的範圍，則需取得農委會林務局和各國家公園過去委託學術機關進行調查之資料內容，再加以整合方能達到上述目的。在完成整合各機關所擁有之調查資料後，研究人員也可以發現目

前尚有哪些方格缺乏調查資料，可建議列為日後的調查重點，以補原有資料之不足。

### 生物多樣性熱點評估問題及其解決之道

在熱點的評估過程中，科學家主要依據生物的特性、分布狀況、稀有性或保育程度來建立合乎特定目的之評估系統，在法國所發展出的綜合性魚類評估標準，便是綜合了物種稀有性、受保護地位和物種起源等參考依據，來判斷如何在保留區或保護區中依區域與群聚狀況的差異來給予不同的保育標準及管理方式(Bergerot *et al.* 2008)；在非洲西部的研究也利用人口數目、人類活動影響程度配合原有的物種—棲地模型來預測不同保護區內野生哺乳動物流失速率，藉此作為劃設保護區面積與管

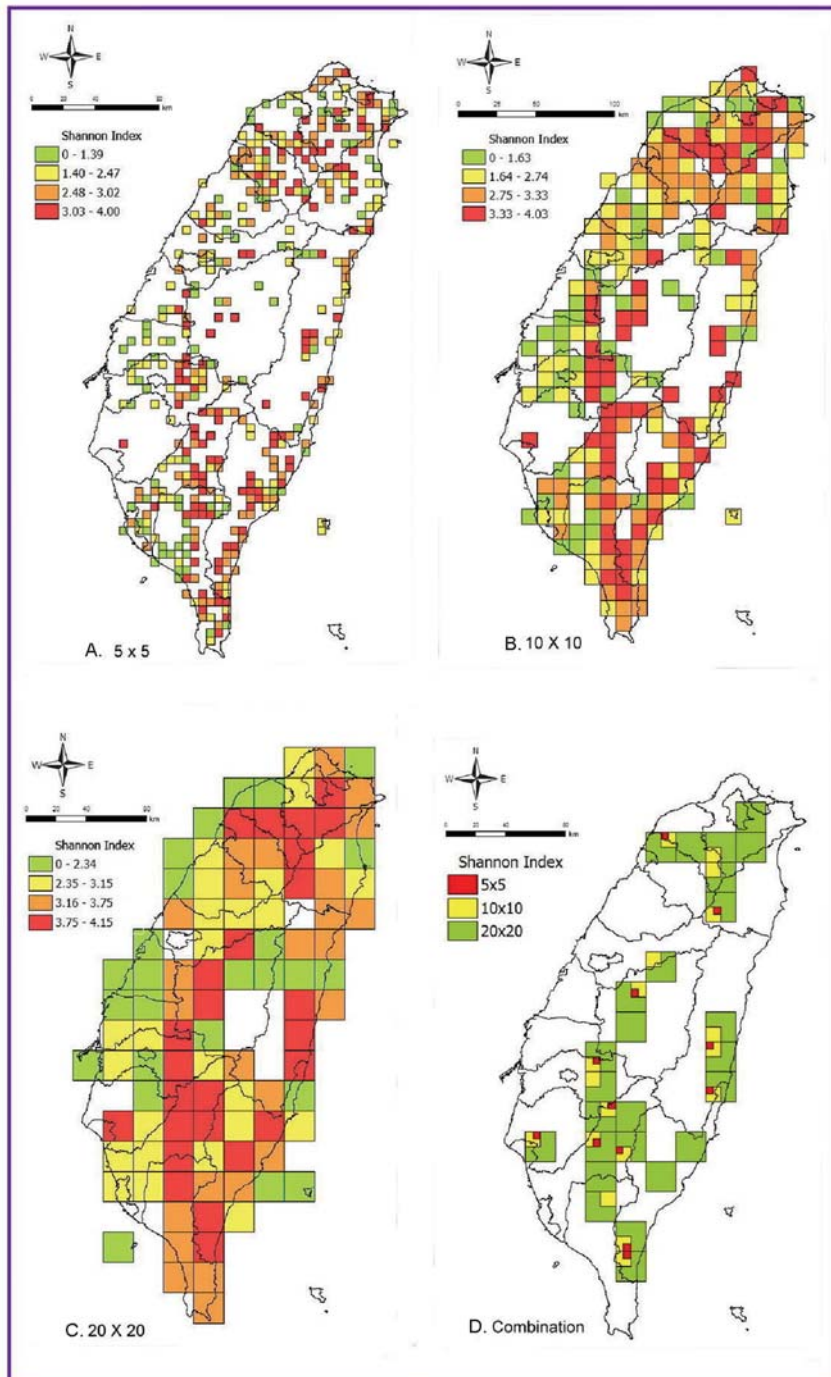


圖 4. 使用農委會特有生物研究保育中心台灣野生動物資料庫資料，以四分法在  $5 \times 5 \text{ km}^2$  (A)、 $10 \times 10 \text{ km}^2$  (B)、 $20 \times 20 \text{ km}^2$  (C) 及綜合尺度(D)下分析台灣地區蝶類 Shannon 生物多樣性指數而找出之熱點區域。

**Fig. 4.** Shannon's indices of butterflies based on ESRI's Taiwan Wildlife Database on the scales of  $5 \times 5 \text{ km}^2$  (A),  $10 \times 10 \text{ km}^2$  (B) and  $20 \times 20 \text{ km}^2$  (C), and overlaps of the highest-indices of the scales (D).

理狩獵行為之學術基礎(Brashares *et al.* 2001)；另一方面，研究人員亦運用資料庫內的生態環境資料與生物棲地需求之基本資訊，綜合分析出各地區之生態環境狀況及是否符合某種生物的棲地需求，來推估該生物的潛在可能分布地區，例如在挪威使用的互補式熱點清單(complementary hotspot inventory, CHI)，便是以此概念預測瀕臨絕種生物棲地，並在事後的調查中證實其效果顯著(Gjerde *et al.* 2007)；而國內亦運用此法來預測台灣黑熊的分布(黃等 2009)，惟其成效仍有待進一步野外資料加以佐證。

即使目前已建立了作業流程圖、熱點選定準則及在狀態－壓力－回應領域中的不同指標項目，在資料來源有限，以及在相關資料庫之間的連結尚未建立完成的現況下，要完整地藉由使用目前的作業程序來選出我國國土範圍內的陸域動物多樣性熱點，仍有相當的不足之處。特別是在僅有野生動物資料庫的情況下，所產出的熱點區域只能呈現出物種多樣性的狀況，至於這些區域是否真的是遭受壓力、需要集中投入人力與物力資源加強保育？則現有資料庫仍有未逮之處。

面對上述困境，我們在此提出兩種可能的解決之道：

首先，將來若可整合國內相關生物資源、地政、環境、氣象、水資源、地形地質等資料庫內容，或納入行政院經濟建設委員會目前正在進行之國土資訊系統(NGIS)計畫內各領域資料庫的應用中，可能可以蒐集到足夠資料加以運用，並進行下一步研究，以真正找出台灣地區生物多樣性熱點所在區域。

其次，目前雖然仍欠缺許多資料內容，但可以嘗試使用資訊軟體，配合現有模型，以模擬的方式進行試作，再將試作所產出之結果請益於各領域專家學者，依其建議去修改相關參數以符合多數專家建議。例如歐洲科學家便以 Core-Eriphery 模型(核心－邊際模型)持續預測部分保護區域之周遭人口變動趨勢及人為活動

所帶來威脅狀況，藉此找出生物多樣性的重點區域(即本研究稱之「熱點」)且有相當成效(Araújo *et al.* 2002)，我國亦可參考其作法加以運用。

由於熱點區域所取用的網格規模愈大，該方格內所容納之生物物種、數量也就愈多，生物多樣性指數亦隨之增高。由生態系保育的觀點來看，熱點或保護區域愈大愈有利於基礎生態功能之保存，但在台灣地區土地有限、人為活動頻繁及相關資源或預算編列等現實考量下，若大尺度方格無法完全納入未來的保護區規劃之中，則建議以其範圍內生物多樣性較高的次一尺度方格取代之，以期達到最大可能保育的效果。

評估生物多樣性熱點之目的，主要在於將有限的人力、物質與經費投入於最受破壞性威脅、亟需進行保育之區域，以達到事半功倍的保育成效。除了了解這些熱點區域的生物多樣性現況與正在遭受的威脅種類與程度外，亦可作為政府在政策規劃與經營管理上之重要參考，甚至可以透過社會教育與觀念推廣，讓更多民眾願意投入保育工作。例如在巴西的研究成果顯示，民眾願意支付每年超過 200 萬美元的代價來保護 Morro do Diabo 國家公園，而這個公園位於全球生物多樣性熱點之一的亞馬遜雨林之中(Adams *et al.* 2008)。

近年有國內學者指出，IUCN 物種生存委員會(SSC)打算發展全球性的評估體系，以多種指標來監測生物多樣性；2007 年聯合國啟動「2010 生物多樣性指標夥伴關係」，也是要開發生物多樣性綜合指標，以便對各國生物多樣性狀況和保護工作進行評估(林 2009)。其中除了保護(留)區數量及面積、森林覆蓋度、瀕臨絕種清單等傳統指標項目之外，還將增列諸如「對森林、農田和漁場進行管理以維護生物多樣性」、「生物多樣性改變對於人類影響程度」等指標。有鑒於此，建立國內的生物多樣性評估準則與指標系統，進而架構出生物多

樣性監測網路不但有助更審慎且持續地蒐集基礎資料，亦有助於我國在生物多樣性保育上與國際接軌及交流。

## 指標系統架構未來發展之探討及結論

我們所建議的狀態－壓力－回應(S-P-R)評估架構，目前在國內已有若干指標系統加以採用。除了自然保育業務中央主管機關行政院農業委員會在幾年前曾建立之「生物多樣性指標 PSR 系統架構」當中所列舉出的 57 個統計項目外([http://www.coa.gov.tw/files/web\\_articles\\_files/7839/11925.xls](http://www.coa.gov.tw/files/web_articles_files/7839/11925.xls))，國內已發展多年且已具備相當成熟度之「永續發展評量系統」和依其架構建立之「台灣永續發展指標」，也是值得參考的範例。其原因不僅在於「永續發展評量系統」參考聯合國及國外其他相關永續指標，可以和國際接軌、相互切磋比較，自 2000 年完成基本架構後仍不斷改善以符合台灣地區之特殊自然生態、人文社會與法令制度狀況。至 2008 年為止仍有 42 個指標項目持續提供資訊，有助了解目前發展方向是否合乎永續原則(<http://sta.epa.gov.tw/nsdn/ch/development/index.htm>)。加上行政院台灣永續發展委員會與研究發展考核委員會每年均會更新此評量系統之相關指標資料內容，探討其變化趨勢並重新加以評估，對於制度的實質回應較為直接且有效率。

依此架構來進行生物多樣性熱點之選定，例如未來可在「生物及生態多樣性狀況(S)」類別中列入與物種多樣性和環境條件之指標(如物種豐富度、溫濕度及年降水量、坡度與海拔高度)；在「受到天然或人為威脅的程度(P)」類別中列入開發壓力、外來入侵種和環境破壞有關指標；在「生態保育法令及制度等回應措施(R)」類別中列入現有相關法令措施、公部門執法能力和民間重視程度等項目來作為生物多樣性熱點評估準則，不僅能使未來熱點

的評估架構與現有相關資源結合，且評量系統中許多資料定期更新，更可幫助熱點地區選擇所參考之資料能有較為新穎及正確的來源。

我們並建議在評估架構的 S-P-R 3 個領域中，可以先使用「永續發展評量系統」中生物多樣性相關指標來作為熱點之選項，未來再根據本研究的熱點選定條件，研究並找尋出適合有整全資料的新指標(舉例而言，在「回應(R)」類別中以「環保及保育相關違法案件起訴率」指標來反映公部門執法能力)。在每個指標項目下容許未來的使用者可依據現有科學研究基礎與其專業素養，來設定該指標是否要予以增加或減少權重，以符合此指標在該領域所占之重要程度。在確保資料的取得無虞與隨時更新的主題上，我們則建議應有一個鏈結完善、內容正確性高並時時更新的資料庫架構，如未來發展健全後之國家地理資訊系統(NGIS)，來配合達到實際可以運用的目標。

我們省思「生物多樣性熱點」之所以成為「熱點」的重要原因之一，常常是人們在使用該地區自然資源時無法考量到永續利用的緣故，希望我們這個初具雛形的作業程序可以配合我國永續發展評量系統，繼續發展到真正可應用於熱點的選擇及決定，使國內自然生態保育的思維不只侷限於物種與環境，而能擴及到國家與社會的每個面向之中。

## 謝 誌

本研究蒙行政院國家科學委員會 NSC 97-2321-B-329-001 計畫經費補助，謹致謝忱。

## 引用文獻

- 呂光洋。1999。生物多樣性熱點如何選定？生物多樣性研討會論文集 159-165 頁。行政院農業委員會。
- 何麗君。2005。東亞鳥類生物多樣性熱點之選

- 擇與分析。國立台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。
- 林曜松。2009。以科學方法評估與推動生物多樣性。第八次全國科學技術會議子題6.4.4。行政院國家科學委員會。
- 黃美秀、吳尹仁、姚中翎、李培芬、王穎、吳海音。2009。台灣黑熊棲息地利用及分布預測模式。特有生物研究 11(2): 1-20。
- 黃書禮。2002。建立台灣永續發展指標系統。行政院經濟建設委員會。
- 蘇鴻傑。1992。台灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。台灣生物資源調查及資訊管理研習會論文集 39-53 頁。中央研究院植物研究所專刊第 11 號。
- Adams, C., R. S. da Motta, R. A. Ortiz, J. Reid, C. E. Aznar and P. A. de Almeida Sinisgalli. 2008. The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: Economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil). *Ecological Economics* 66: 359-370.
- Andelman, S. J. and M. R. Willig. 2003. Present patterns and future prospects for biodiversity in the Western Hemisphere. *Ecology Letters* 6: 818-824.
- Araújo, M. B., P. H. Williams and A. Turner. 2002. A sequential approach to minimize threats within selected conservation areas. *Biodiversity and Conservation* 11: 1011-1024.
- Benayas, J. M. R. and E. de la Montaña. 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation* 114: 357-370.
- Benayas, J. M. R., E. De La Montaña, J. Belliure and X. R. Eekhout. 2006. Identifying areas of high herpetofauna diversity that are threatened by planned infrastructure projects in Spain. *Journal of Environmental Management* 79: 279-289.
- Bergerot, B., E. Lasne, T. Vigneron and P. Laffaille. 2008. Prioritization of fish assemblages with a view to conservation and restoration on a large scale European basin, the Loire (France). *Biodiversity Conservation* 17: 2247-2262.
- Bonn, A. and K. J. Gaston. 2005. Capturing biodiversity: Selecting priority areas for conservation using different criteria. *Biodiversity and Conservation* 14: 1083-1100.
- Brashares, J. S., P. Arcese and M. K. Sam. 2001. Human demography and reserve size predict wildlife extinction in West Africa. *Proceedings Royal Society of London: B* 268: 2473-2478.
- Brook, B. W., N. S. Sodhi and C. J. A. Bradshaw. 2008. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution* 23: 453-460.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim and A. S. L. Rodrigues. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58-61.
- Burgess, N. D., C. Rahbek, F. W. Larsen, P. Williams and A. Balmford. 2002. How much of the vertebrate diversity of sub-Saharan Africa is catered for by recent conservation proposals? *Biological Conservation* 107: 327-339.
- Cavieres, L. A., M. T. K. Arroyo, P. Posadas, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodriguez, F. A. Squeo and G. Arancio. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: Application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation* 11: 1301-1311.
- Chen, Y. and J. Bi. 2007. Biogeography and hotspots of amphibian species of China: Im-

- plications to reserve selection and conservation. *Current Science* 92: 480-489.
- Cincotta, R. P., J. Wisnewski and R. Engelman. 2000. Human population in the biodiversity hotspots. *Nature* 404: 990-992.
- Fattorini, S. 2006. A new method to identify important conservation areas applied to the butterflies of the Aegean Islands (Greece). *Animal Conservation* 9: 75-83.
- Fjeldsa, J. 2007. The relationship between biodiversity and population centres: The high Andes region as an example. *Biodiversity Conservation* 16: 2739-2751.
- García, A. 2006. Using ecological niche modeling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation* 130: 25-46.
- Gjerde, I., M. Sætersdal and H. H. Blom. 2007. Complementary hotspot inventory-A method for identification of important areas for biodiversity at the forest stand level. *Biological Conservation* 137: 549-557.
- Gjerde, I., M. Sætersdal, J. Rolstad, H. H. Blom and K. O. Storaunet. 2004. Fine-scale diversity and rarity hotspots in northern forests. *Conservation Biology* 18: 1032-1042.
- Grelle, C. E. V. 2002. Is higher-taxon analysis an useful surrogate of species richness in studies of Neotropical mammal diversity? *Biological Conservation* 108: 101-106.
- Gutiérrez, D. and R. Menéndez. 2007. Regional hotspots of butterfly diversity in a protected area: Are they indicators of unique assemblages and areas with more species of conservation concern? *Acta Oecologica* 32: 301-311.
- Harcourt, A. H., S. A. Parks and R. Woodroffe. 2001. Human density as an influence on species/area relationships: Double jeopardy for small African reserves? *Biodiversity and Conservation* 10: 1011-1026.
- Hobohm, C. 2003. Characterization and ranking of biodiversity hotspots: Centres of species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation* 12: 279-287.
- Hoekstra, J. M., T. M. Boucher, T. H. Ricketts and C. Roberts. 2005. Confronting a biome crisis: Global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8: 23-29.
- Jennings, M. D., J. Hoekstra, J. Higgin, T. Boucher. 2008. A comparative measure of biodiversity based on species composition. *Biodiversity Conservation* 17: 833-840.
- Joly, K. and L. M. Wayne. 2001. Patterns of mammalian species richness and habitat association in Pennsylvania. *Biological Conservation* 99: 253-260.
- Kati, V., P. Devillers, M. Dufrenoy, A. Legakis, D. Vokou and P. Lebrun. 2004. Hotspots, complementary or representativeness? Designing optimal small-scale reserves for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 120: 471-480.
- Lamoreux, J. F., J. C. Morrison, T. H. Ricketts, D. M. Olson, E. Dinerstein, M. W. McKnight and H. H. Shugart. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* 440: 212-214.
- Lee, T. M. and W. Jetz. 2008. Future battlegrounds for conservation under global change. *Proceedings of The Royal Society* 275: 1261-1270.
- McKee, J. K., P. W. Sciulli, C. D. Foote and T. A. Waite. 2003. Forecasting global biodiversity threats associated with human population growth. *Biological Conservation* 115: 161-164.

- Mittermeier, R. A., N. Myers, J. B. Thomsen, G. A. B. da Fonesca and S. Olivieri. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: Approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12: 516-520.
- Myers, N. 1988. Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *Environmentalist* 8: 187-208.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonesca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Myers, N. and R. A. Mittermeier. 2003. Impact and Acceptance of the Hotspots Strategy: Response to Oviada and to Brummitt and Lughadha. *Conservation Biology* 17: 1449-1450.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao and K. R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth. *BioScience* 51: 933-938.
- Orme, C. D. L., R. G. Davies, M. Burgess, F. Eigenbrod, N. Pickup, V. A. Olson, A. J. Webster, T. S. Ding, P. C. Rasmussen, R. S. Ridgely, A. J. Stattersfield, P. M. Bennett, T. M. Blackburn, K. J. Gaston and I. P. F. Owens. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436: 1016-1019.
- Rodriguez, J. P., A. B. Taber, P. Daszak, R. Sukumar, C. Valladares-Padua, S. Padua, L. F. Aguirre, R. A. Medellín, M. Acosta, A. A. Aguirre, C. Bonacic, P. Bordino, J. Bruschini, D. Buchori, S. González, T. Mathew, M. Méndez, L. Mugica, L. F. Pacheco, A. P. Dobson and M. Pearl. 2007. Globalization of Conservation: A View from the South. *Science Policy Forum*. p.317.
- Rouget, M. 2003. Measuring conservation value at fine and broad scale: Implications for a diverse and fragmented region, the Argulhas Plain. *Biological Conservation* 112: 217-232.
- Tchouto, M. G. P., M. Yemefack, W. F. De Boer, J. J. F. E. De Wilde, L. J. G. Van Der Maesen and A. M. Cleef. 2006. Biodiversity hotspots and conservation priorities in the Campo-Ma'an rain forests, Cameroon. *Biodiversity and Conservation* 15: 1219-1252.
- Traba, J., E. L. G. de la Morena, M. B. Morales and F. Suarez. 2007. Determining high value areas for steppe birds in Spain: Hotspots, complementarity and the efficiency of protected areas. *Biodiversity Conservation* 16: 3255-3275.
- Werner, U. and J. Buszko. 2005. Detecting biodiversity hotspots using species-area and endemics-area relationships: The case of butterflies. *Biodiversity and Conservation* 14: 1977-1988.
- Wilson, K. A., M. F. McBride, M. Bode and H. P. Possingham. 2006. Prioritizing global conservation efforts. *Nature* 440: 337-340.

