

棲息地適宜度指標模式

文：王駿樓 / 國立中興大學森林研究所研究生

馮豐隆 / 國立中興大學森林系教授

棲息地適宜度指標模式 (Habitat Suitability Index Model, HSI) 是美國漁業、野生動物署發展來評估棲息地適宜度與環境評估的利器。係量化、數值化某特定野生動物的棲息地因子與環境變數的評估方法。並且結合地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 製作物種適宜分佈區域的圖層。HSI的中心觀念為以量化數值來評定物種所需的棲息地的狀況與品質。將某物種對所偏好的環境變數量化為一適宜度指標 (suitability index, SI)，而各量化數值的範圍都由0 (不適宜的棲息地) 至1 (適宜的棲息地)。偏好的環境變數與適宜度指標可以依據物種文獻或是野外調查而得知。

因此，HSI為具有時間性質的棲息地評估方式，可以結合GIS技術應用於整個生態系或地景層名及的棲息地發展與分析模式，可應用於多尺度的時間與空間棲息地評估，並且可以與資源經營管理方案、規劃、效率評價整合。應用GIS建立的棲息地適宜度評估模式，可以將分析結果或假設情境 (Scenario) 的模擬結果，以地圖或表格形式表示，充分展現模擬棲息地分佈型態的能力。可以提供野生動物棲息地2種不同型態的比較資訊：(1)為相同時間、不同地點的相對價值；(2)為相同地點、不同時間或未來的相對價值。結合此兩種型態的評估結果，及適宜棲息地範圍及其他可能的狀況，可作為野生動物棲息地對土地利用改變的衝擊評估 (U.S.Fish and Wildlife, 1980)。

1. HSI模式

藉由影響物種的分佈及其族群數量的棲

息地變數 (S_{li})，將其環境變數加以量化計算，定義出適合此物種分佈的棲息地變數指標，再將這些量化的棲息地變數進行幾何平均數計算，以得棲息地適宜度指標值 (habitat suitability index) 介於0 (最不適) ~ 1 (最適) 之間如圖2。其模式型態：

$$HSI = \left[\frac{\sum_{i=1}^n S_{li}}{n} \right] \quad 1 \leq HSI \leq 0$$

式中的：

S_{li}：為影響物種分佈、豐多度的環境變數的適宜度指標：1 ≤ S_{li} ≤ 0

n：權重

HSI：為棲息地適宜度指標值：1 ≤ HSI ≤ 0

若以圖形表示，則如圖1所示：

引用 Monaco, M.E. 1997.

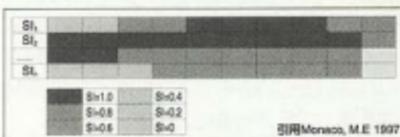


圖1：棲息地變數以適宜度指標SI (suitability index) 的分佈型態

2. HSI評估過程

HSI模式其分析程序為連續的資料收集、物種偏好的棲息地變數的決定、分析及模式修正之過程，以獲得最佳的評估模式，其評估過程與形式如圖2所示。

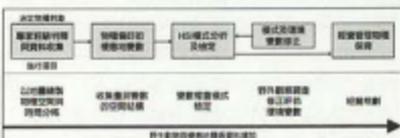


圖2：HSI評估模式分析過程

3. 棲息地變數之探討

相關研究探討 (Miller, R.I., S.P.Brattton, and P.S.White.1987; Jenkins, R.E.1978) 均認為森林鳥類群聚結構與森林的植群種類和結構有關, 各不同植群間鳥類群聚亦具有明顯的差異。整體而言, 海拔高越相近之植群, 其鳥類相似度越高, 且可以顯示鳥類群聚主要的環境需求, 大致與海拔高、喬木樹冠層覆蓋度、喬木枝葉覆蓋度及森林冠層之高度之相關性較高 (許、李, 1995)。由棲息地使用的資訊、棲息地變數和野生動物種類數量分布的關係得知, 不同的物種其對棲息地變數需求也不同。然而針對森林鳥類而言, 棲息地變數大至可分類為: (1)冠層植生 (over-story vegetation); (2)下層植生 (under-story vegetation); (3)空間排列 (spatial arrangement) (4)植群結構 (vegetation structure) 為主要的考量因子 (Michael L.1992)。

4. 棲息地資料庫

GIS可於應用於野生動物種類數量的資料與棲息地經營的分析, 以獲得有效的棲息地評估方法, 吾人可以利用GIS配合遙感測 (Remote sensing, RS)、衛星定位系統 (Global position system, GPS)、永久樣區樣線 (Permanent sampling plot, PSP) 所獲得之野生動物種類、數量與森林資源調查的林木、林分、生態系、地景等層級之圖層與屬性資料整合編輯為多尺度地理資料庫 (Multi-scale geo-referenced database), 由林木位置圖、樣區位置圖、植生圖、土地利用型圖、林型圖等圖層以進行棲息地的空間格局分析。GIS技術可應用於發展與分析棲息地模式, 連續的空間考量與資源經營方案的整合。應用GIS建立棲息地模式, 可將分析結果以地圖或表格形式表示, 也增加吾人說明、解析、測驗、評估、模擬棲息地元素的能力。GIS亦可應用於環境模擬測驗, 為事先評估各種

不同假設情景 (scenarios) 與經營方案的好方法, 其結果可以提供資源經營與環境保育參考依據。

5. 物種族群數量估測

直接將HSI的數值作為推算族群數量是有困難的, 但若將物種的活動範圍 (home range) 當作適合該物種分布的棲息地範圍, 可以依HSI模式來評估某棲息地條件下物種的活動範圍。那麼, 每個網格單元的HSI值, 可以反應每一物種活動範圍的棲息地條件, 物種最適棲息地之區域視為物種最大的移動範圍, 則其族群數是可被預測的。(Lai 1998)

6. 模式測驗

對於HSI評估模式的測驗, 因HSI模式是依據物種偏好的棲息地變數所進行的評估模式, 因此迄今無一標準化的驗證方式, 所以模式之, 驗證將與專家學者或與民間組織如各地鳥會, 以實際觀測資料來驗證, 並共同協商、評估、修正模式, 使其更具實用性。

7. HSI評估可行之因素及生態系經營運用

針對森林野生動物保育進行評估, 其棲息地變數主要為森林植群組成、結構與分布, 其資料皆可藉由遙測 (航照及衛星影像) 與地面樣區資料 (現有植群調查資料) 調查獲得、量化。亦可利用GAP Analysis data、長期調查資料及其他資料, 產生HSI值, 以應用於更大空間、地景範圍。利用棲息地適宜度指標與物種豐富度指標 (species richness indices), 配合地理資訊系統來發展生態系經營中多物種經營 (multi-species management) 的監測評估模式, 不但符合重視生物生態、社會經濟的生態系經營層面, 且提供科學明晰的量化資訊, 更可以提供合理經營管理決策之重要參考。

8. 未來研究方向及方法

HSI為單一物種導向, 適用來針對某一特定地點、單一物種的棲息地評估模式, 但若用



於生態系經營，則需考慮多物種同時於一大尺度範圍內，因此(1)如何發展多物種的HSI模式，解決HSI模式過去只針對單一物種考量，無法全面多物種評估的缺點，進而提供多物種指標來表示野生動物棲息地之地景歧異度，並提供生態系經營之整體性與永續性之評估指標。(2)考慮物種競爭與棲息地因子的交互作用之野生動物經營機制模式。(3)結合GIS、空間分析、展示之功能，可以有效評估變遷衝擊的影響及供作業規劃。方法上可以考慮由以下方向著手：

- (1) 選擇調查範圍、樣線與樣點，並利用數位遙測影像繪製地覆圖、樣線與樣點位置圖、林木位置圖、樹冠投影圖。
- (2) 選擇物種棲息地變數，蒐集相關調查資料彙整，以利於物種棲息地變數篩選。
- (3) 建立物種生物生態資料庫、物種分布資料庫、生育地資料庫。
- (4) 探討權重方法來結合多物種HSI值可能的方法，進而提供多物種棲息地指標來表示潛在野生動物物種種類與物種族群數量分布，並提供生態系經營物種與地景歧異度之永續性評估。
- (5) 以GIS、RS、GPS、PSP等4S資源技術結合模擬模式系統(Simulation Modelling System, SMS)成5S，可用於發展與分析棲息地的空間分佈，並將影響納入資源經營方案。整合4S應用GIS來建立具空間、時間性質的評估模式，且將分析結果以地圖、統計圖表表示，更可增加吾人說明、解析、測驗、評估、模擬棲息地元素的能力。

9. 引用文獻

許皓捷、李培芬、許嘉恩 台灣中部中海拔山區鳥類群聚與景觀之關係 第一屆鳥類研討會論文集pp.339-360

Boyce, M. S. 1991. Natural regulation or the control of nature? Pages 183-208 in R. B.

Keiter and M. S. Boyce, editors. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.

Boyce, M. S. 1992. Population viability analysis. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23: 481-506.

Boyce, M. S. 1997. Population viability analysis: adaptive management for threatened and endangered species. Pages 226-236 in M. S. Boyce and A. Haney, editors. *Ecosystem management: applications for sustainable forest and wildlife resources*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.

Cissel, J. H., F. J. Swanson, W. A. McKee, and A. L. Burditt. 1994. Using the past to plan the future in the Pacific Northwest. *Journal of Forestry* 92(8): 30-31,46.

Hansen, A. J., S. L. Garman, B. Marks, and D. L. Urban. 1993. An approach for managing vertebrate diversity across multiple-use landscapes. *Ecological Applications* 5: 535-554.

Hansen, A. J., J. J. Rotella, M. P. V. Kraska, and D. Brown. 1999. Dynamic habitat and population analysis: an approach to resolve the biodiversity manager's dilemma. *Ecological Application* 9(4): 1459-1476.

Jenkins, R. E. 1978 Heritage classification: the element of ecological diversity. *Nature Conservancy News* 28: 24-25,30

Lai Yu-Chang 1998 Assessing Wildlife Diversity Using Habitat Indices and Spatial Analysis for Ecosystem Management Miller, R. I., S. P. Bratton, and P. S.

White 1987. A regional strategy for reserve design and placement vases on an analysis of rare and endangered species' distribution patterns. *Biological Conservation* 9(4) 225-268 Monaco, M.E., and J.D. Christensen. 1997.

Coupling Species Distributions and Habitat. In

Changing Oceans and Changing Fisheries:
Environmental Data for Fisheries Research and
Management (G.W. Boehlert and J.D.
Schumacher, eds.) NMFS Technical
Memorandum

Masters, L. L. 1991. Assessing threats and setting priorities for conservation. *Conservation Biology* 5(4): 559-563.

Millsap, B. A. 1995. Wildlife conservation priorities for Florida: the State's perspective.

Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference 60: 466-47.

Michael L. Morrison, Bruce G. Marcot, and R. William Mannan 1992 Wildlife-Habitat RelationHSIps Concept and Application

Noss, R. F., and A. Y. Cooperrider. 1994. Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. Island Press, Washington, D. C., USA.

Schroeder R. L. 1982 USDT Fish and Wildlife FWS/OBS-82/10.27

Scott, J. M., B. Csuti, J. D. Jacobi, and J. E. Estes. 1987. Species richness: a geographic approach to protecting future biological diversity. *Bioscience* 37: 782-788.

Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'Erichia, T. C. Edwards, J. Ulliman, and R. G. Wright. 1993. GAP Analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* 123: 1-41. 

