

# 地景異質性演變之研究—以南仁山生態 保護區為例

## Changes in Landscape Heterogeneity of Taiwan: A Case Study at the Nanjen Mountain Ecological Reserve

鍾玉龍 陳朝圳 呂明倫\*

Yuh-Lurng Chung, Chaur-Tzuhn Chen and Ming-Lun Lu\*

國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路1號

Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

\*通訊作者

\*Corresponding author

### 摘 要

本研究以南仁山生態保護區為例，應用航測與地理資訊系統技術，結合傳統生態學之定量表示方法，探討地景異質性之演變過程。採用1976與1997年之航空照片為材料，判釋出9種土地利用型，並繪製成1/5,000之向量式圖層。為利於地景類型之分析，則以像片基本圖為基礎，將研究區劃分為15個樣區，並繪製地景優勢度之網格式分布圖，再利用相對優勢度與相對頻度，分別探討各樣區地景類型之變異，結果顯示南仁山森林生態系之演替已趨於穩定之現象。除此之外，本研究結果亦可提供生物多樣性相關研究之參考資訊，進而促進國家自然保育與永續發展之規劃。

### Abstract

This paper presents a case study of changes in landscape heterogeneity of Taiwan conducted at the Nanjen Mountain Ecological Reserve. The techniques of photogrammetry, geographic information system (GIS), and traditional ecology analyses were used. According to the aerial photographs (1/5,000) of 1976 and 1997, the study area was divided into 15 plots, and landscape patterns were identified with nine land-use categories. For each plot a distribution of landscape patterns was established with a grid map, and relative dominance and relative frequency of land use categories were calculated. The result of this study suggested that the forest ecosystem succession is stable at the Nanjen Mountain Ecological

Reserve. It also provided information useful for biodiversity related studies, natural conservation, and sustainable development of Taiwan.

**關鍵詞：**地景類型、地理資訊系統、航空照片、土地利用

**Key words:** landscape pattern, GIS, aerial photograph, land use

收件日期：94年4月8日

接受日期：94年7月7日

Received: April 8, 2005

Accepted: July 7, 2005

## 緒 言

生態系統在長期間的演替過程中，常導致空間結構產生異質性(heterogeneity)的演變，近代科學研究中多以地景類型(landscape pattern)的組成、大小及排列等觀點，敘述空間之異質性，其有助於瞭解整個系統的穩定性與動態變化(Gustafson 1998)。地景類型係空間異質性的具體表現，可反映出自然、生物及社會各種生態過程在不同空間尺度上相互影響之結果，如族群遷移、動物行為、生物多樣性等(肖及李 1997)。目前，地景類型的研究基礎主要集中在兩大層面，其一為空間的異質性問題；其二為時間的異質性問題，即地景變遷(Forman and Godron 1986)，若透過時間的動態分析更能夠詮釋地景類型的演變規律。

國內外之研究結果顯示，植群對生態衝擊具有較高之敏感度且易於觀測，更經常被用來做為衝擊監測上之指標(Graefe *et al.* 1986; 蘇 1987)。一般用來描述植群衝擊的介量(parameters)(劉及蘇 1983)並不多，常見者如計算優勢度與均勻度之表現方法(Fujihara and Kikuchi 2005)，且這些介量所需的植群生態學知識簡單易懂，因此植群衝擊之研究在整個生態學的領域裡占有非常重要的地位

(Hammitt and Cole 1998)。本島環境崇山峻嶺，傳統的生態調查尚需仰賴取樣技術，以取得較具代表性之林分介量，但先決條件須顧慮到諸多事項，如林分之等質性(homogeneity)、重現性(reoccurrence)等，欲徹底瞭解整個林分的空間結構，尚須花費許多人力、物力，且取樣分析之結果實有加以評估之必要性。遙感探測(remote sensing)與地理資訊系統(geographic information system, GIS)的興起，有助於生態學家與地理學家迅速地瞭解錯綜複雜的地表特徵，在大尺度的地景研究中，土地利用型可藉由航空照片判釋技術，以獲得較高的準確度(Olson 1998)，此基礎可更進一步探討空間結構與異質性的演變(Turner and Carpenter 1998)。

自然資源的保育，為政府近年來積極推動的政策，因此如何掌握保護區內生態環境之狀況與變化，並針對可能威脅區內生物多樣性健全之因素加以妥善處理，是保護區達成資源維護所不可或缺的要件。本研究之目的即嘗試利用近代航測與GIS技術，結合傳統生態學理論中的定量表示方法，用以描述南仁山生態保護區之地景類型，並探討在不同時期(1976與1997年)生態環境之演變過程，期望能提供更多空間性資訊，做為日後研究自然資源保育與規劃之參考依據。

## 材料與方法

### 一、研究區地理生態環境

本研究區位於墾丁國家公園所轄，地理位置於屏東縣滿州鄉境內，範圍介於九棚溪以南、港口溪以北、東瀕太平洋、西以港口溪為界，占地面積約5,800 ha，為一天然熱帶季風林雨林，是國內少數僅存之低海拔原始林。由於位置偏僻交通不便，罕見人跡，大部分地區均屬國有林班地，小部分地區為濫墾地或人工造林地外，多為濃密原始林所覆蓋，其間孕育著上千種植生與各類野生動物，因此於1984年劃定為南仁山生態保護區，其地理位置如圖1所示。海拔526m之萬里得山為本區之最高點，次高點則為479m高之南仁山，每年10月至隔年3月盛行之東北季風，對於南仁山區的植物生態，造成極大的

影響。在東北季風與地形等環境因子的影響下，南仁山地區之植群社會大致可分為向風坡型、背風坡型及溪谷型等3群植物社會，其樹種組成、歧異度、密度、高度等均不同(謝等 1991)。

### 二、研究材料

#### (一) 航空照片

蒐集林務局農林航空測量所出版之航空照片，拍攝日期為1976/11/13(共25張)與1997/10/25(共39張)，用以判釋研究區之土地利用型。

#### (二) 像片基本圖

林務局農林航空測量所於1997年繪製，南仁山生態保護區之像片基本圖涵蓋範圍共計15張，採用之比例尺為1/5,000，用以輔助航照判釋。

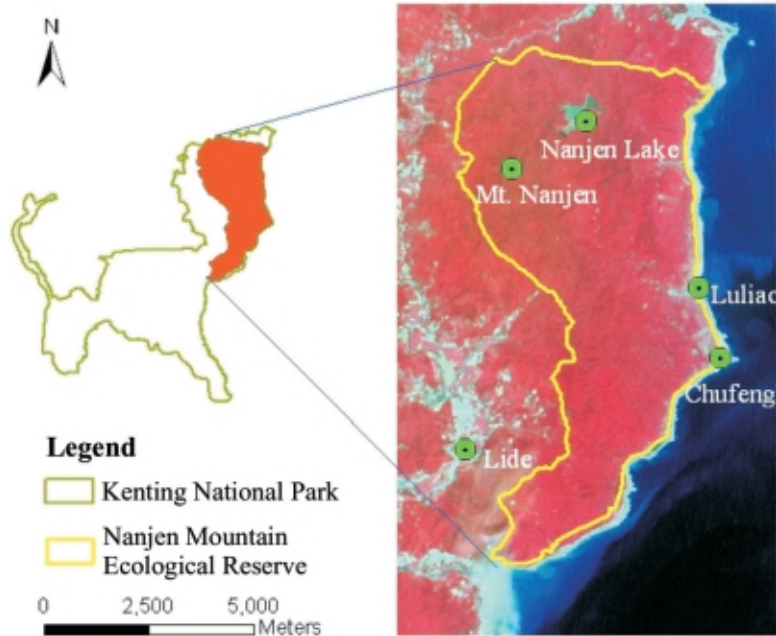


圖1. 研究區—南仁山生態保護區。

Fig. 1. The study area- the Nanjen Mountain Ecological Reserve.

### 三、研究方法

林型圖之產生可利用航照判釋技術予以達成，本研究以1976與1997年兩時期航空照片(共64張)輔以像片基本圖，使用立體鏡判釋不同種類之林型與人為土地利用型，可藉由航空照片立體像對結果，參照影像之大小、形狀、陰影、色調、結構、型態等6項因子判釋之(吳 1986)，若對判釋結果有疑慮之處，則進行野外校對與GPS定位，予以修正更新，判釋之結果再經由GIS軟體進行數化建檔，產生兩期1/5,000之不同土地利用型向量式圖層。

為探討南仁山生態保護區之地景異質性演變，本研究蒐集涵蓋研究區範圍之15張1/5,000像片基本圖，將其擬定為15個樣區(A至O，如圖2所示)，並以每一個樣區為單元，

各自劃分為100個小網格(10 x 10)，產生之圖層則依據研究區實際地理座標位置，以GIS軟體之螢幕數化繪製而成。各期土地利用圖層透過GIS之套疊(overlay)分析結果，即可瞭解1976與1997年時期，各土地利用型在15個樣區內之優勢度分布，判別方法係以每一小網格中各類型面積占最大比例者，將其視為優勢類型，以利後續地景類型之變遷分析。進一步則利用定量表示方法，分別計算各個樣區土地利用型之相對優勢度(relative dominance, RD)、相對頻度(relative frequency, RF)，其計算過程分述如下：

#### (一) 相對優勢度

相對優勢度意指每一樣區內各土地利用型優勢度之相對比值，可用以表示南仁山生態保護區之地景優勢度，其演算方法如下：

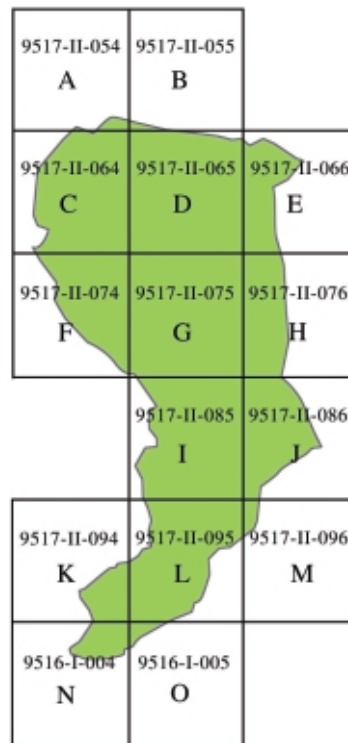


圖2. 以1/5,000像片基本圖劃分為15個樣區圖。

Fig. 2. The study area divided by 15 plots (A to O) based on 1/5,000 photo base map.

$$RD(\%) = \frac{\text{某一土地利用型之優勢度}}{\text{所有土地利用型優勢度之總和}} \times 100$$

(二) 相對頻度

相對頻度意指每一樣區內各土地利用型頻度之相對比值，可用以表示南仁山生態保護區之地景均勻度，其演算方法如下：

$$RF(\%) = \frac{\text{某一土地利用型之頻度}}{\text{所有土地利用型頻度之總和}} \times 100$$

上述指標之演算結果將用以討論1976至1997年間南仁山生態保護區之地景異質性演變情形。

## 結 果

一、建立土地利用型資料庫

本研究利用航照判釋技術與野外校對，將研究區分為1976與1997年兩期土地利用型，在林型判釋部分，據劉及劉(1977)、謝等(1991)對於南仁山區之植群調查指出，此區林型可利用平均樹高，進行樹冠層次分化程度之劃分，因此將樹高歸納為5m以下之矮叢、5-10m之中喬木、10m以上之3種等級加以判

釋(陳及陳 2003)，而竹林之判釋原則，即針對航空照片上樹冠小、層次不明顯、排列不整齊之特徵加以區別，林型之判釋結果可獲得4種類型，另劃分5種其他天然與人為構成之土地利用型，此5種類型之形狀、結構、色調較易辨識，因此除航照判釋外則配合GPS定位得知分布位置，各類型之定義如表1所示，經由GIS進行數化建檔，產生兩期不同土地利用型之1/5,000向量式圖層資料庫，其結果如圖3所示，共可分為9種土地利用型。

二、繪製地景優勢度分布圖

為利於瞭解南仁山生態保護區之地景異質性演變，即利用航照判釋所建立之土地利用型資料庫，配合GIS之套疊分析技術，繪製研究區內9種土地利用型於15個樣區之優勢度分布圖，結果如圖4所示，1976與1997年時期，A、B、C、D、F、G等6個樣區之地景類型變異最為明顯。圖中顯示1976年A、B、C、D樣區內有多處網格為農耕地與矮叢占據，該時期南仁山地區尚未規劃為生態保護區，因此人為干擾之情形頻傳，如農耕地開墾、森林砍伐等行為，至1997年南仁山生態保護區設立後15年，由於人為干擾受限制，

表1. 研究區之土地利用型

Table 1. Land use categories in the study area

Land use categories	Definitions
Big tree	Tree higher than 10m
Middle tree	Tree between 5-10m
Shrub	Tree lower than 5m
Bamboo	Bamboo forest
Orchard	Coconut, betel nut
Farmland	Rice field, dry land, and pasture
Building	Human exploitation
Riverbed	Sandy beach
Water	Stream, lake, fishpond, and pool

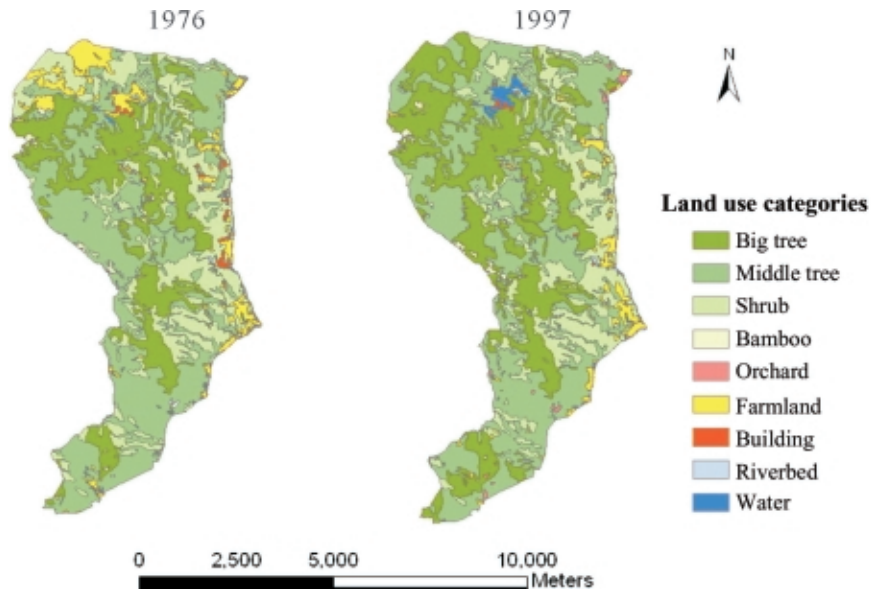


圖3. 研究區1976與1997年土地利用型圖。

Fig. 3. Land use map of the study area in 1976 and 1997.

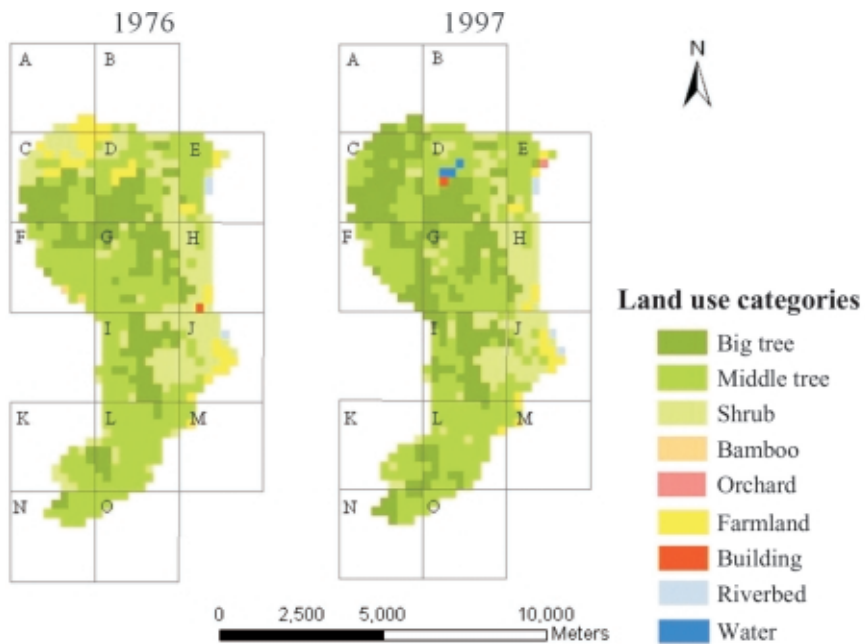


圖4. 研究區土地利用型優勢度分布圖。

Fig. 4. Distribution patterns of the dominant land use categories in the study area.

在逐漸減緩情況下，地景類型產生自然演變，多處矮叢與農耕地之網格，已被中喬木與大喬木取代，此外南仁山屬低海拔的丘陵地，在部分較開闊的盆地因缺少出水口，易形成小型的湖泊，即所謂D樣區中的水體類型—南仁湖。陳等(2001)與陳及陳(2003)研究報告中皆指出，南仁山森林生態系於1976至1997年間，整體的地景系統演替產生巨幅轉變，有趨於穩定的現象。生態保護區的設立是為人類謀求健全穩定的自然環境與自然資源的供應，本研究結果對應前人研究，即驗證南仁山生態保護區已落實當初設立之宗旨。

### 三、地景類型變遷分析

植群生態學者在研究植物社會之特徵時，須對其加以定量表示，因此本研究計算1976與1997年兩時期，各樣區土地利用型之相對優勢度與相對頻度，用以表示地景類型之變異。圖5即每一樣區之相對優勢度計算結果，其顯示15個樣區中除M樣區外，其餘之森林回復皆呈現良好的狀態，又以A、B、C樣區回復狀態最佳，A、C樣區以大喬木最具優勢，B樣區以中喬木最具優勢，而M樣區中農耕地則有增加的現象；頻度意指某一族群在樣區間所出現之均勻度，通常被定義為觀察多樣性與最高多樣性之比率，圖6即每一樣區之相對頻度計算結果，其顯示E、K、O樣區至1997年時期，皆有不同土地利用型出現之疑慮，值得管理單位加以重視。

A、B、C樣區分別為分水嶺、九棚與南仁山，其中包含南仁山生態保護區之主要遊憩步道，研究結果雖顯示此3個樣區森林覆蓋有明顯的增加，但由1997年時期所判釋之道路分布圖(圖7)可知，這些區域與E、K、O等樣區皆有道路通過，且為本研究區道路密度較高之處。吳及陳(2004)應用數位航測技術探討南仁山林分高生長量之動態變化，研究結

果顯示，道路開闢所伴隨之人為活動行為，即便於生態保護區成立後，仍一定程度的影響林分高生長量。為滿足國人育樂之需求，墾丁國家公園管理處近年來積極提倡環境教育，並將南仁山生態保護區之遊客數維持一定之數量(每日400人)，此為妥善之有效措施，可避免生態環境遭受衝擊，以及生物多樣性的衰退，建議管理單位應繼續維持生態保護區之遊客數量管制。

## 討 論

生物多樣性為人類帶來各樣的福祉，同時也是當今環境保育與永續經營理念下，最重要的課題之一，有鑑於世界潮流之趨勢，國內目前正積極推動生物多樣性研究計畫，而建構一整合性之台灣生物多樣性資料庫，為自然資源保育發展之重要過程，但由於過去的調查與研究資料記錄方式較為籠統，不易確定生物之出沒地點，因此利用網格式的方法重新找出物種的分布位置，係一折衷可行之辦法(李等 1995)。本研究結合航測與GIS技術，利用網格式資料為基礎，探討各種林型與人為土地利用型在空間上之分布與時間上之演變，其結果可提供生態研究者進行取樣位置之參考訊息，並協助建立資訊交換機制，進而促進自然保育與永續發展之規劃。

廣大的森林孕育了豐富的生物資源，許多研究報告指出局部地區環境特性會隨空間產生變異，亦會造成物種分布之空間差異性(葛及李 2003; 林 2004; 許等 2004)，生物與環境間因而具有相互作用之關係，因此在生物多樣性研究中，研究區之林分型態與結構等空間資訊顯得格外重要，若能適時提供相關資料，勢必有助於監測野生動物之行為。利用航照判釋技術製作林型圖，雖可提升較精確之準確度，惟技術人員需有豐富的經驗累積，方可獲得理想之判釋結果，在人力與時

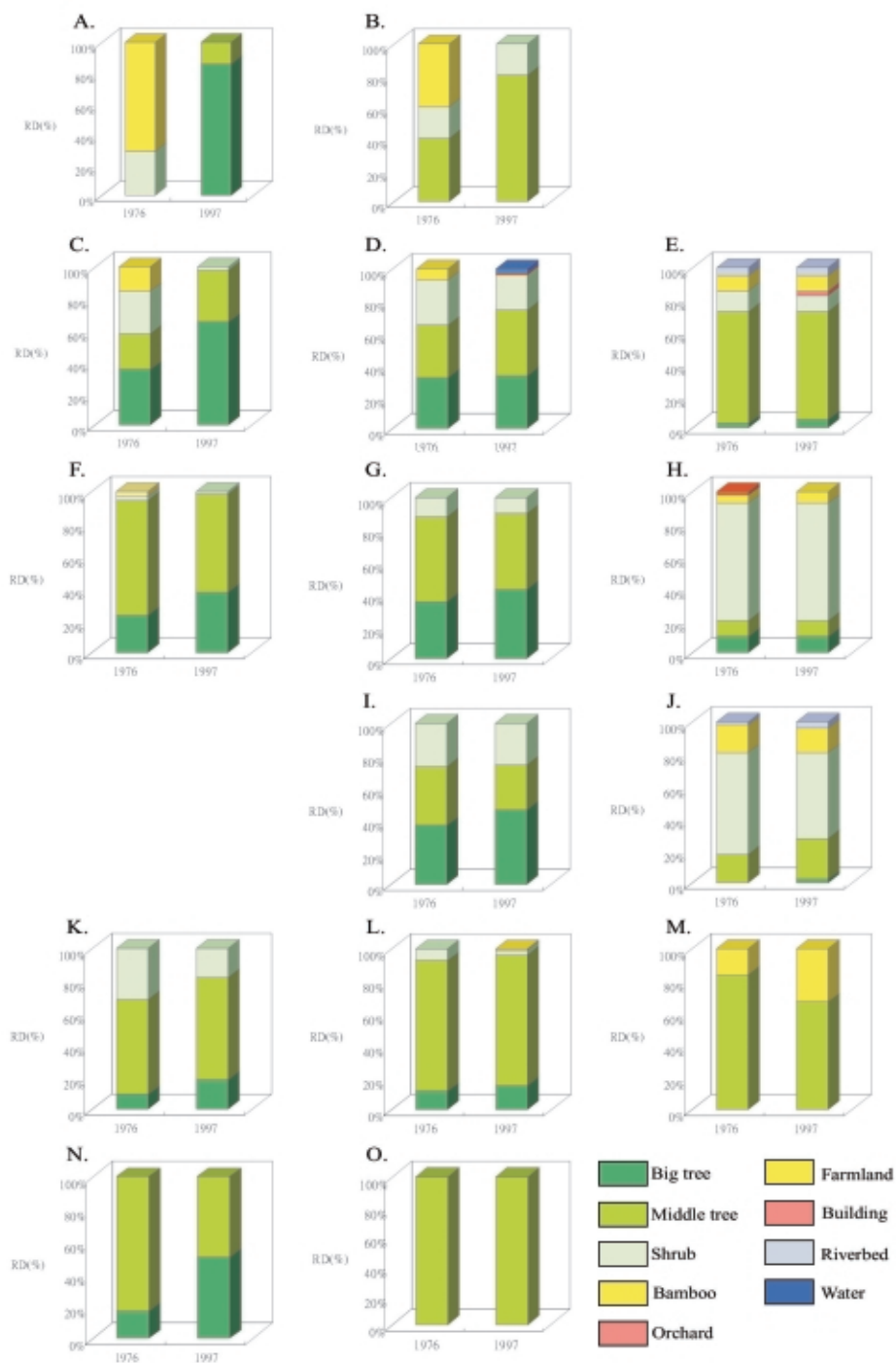


圖5. 1976與1997年15個樣區相對優勢度之計算結果。

Fig. 5. Relative dominance (%) of the land use categories in the 15 plots (A-O) of the study area in 1976 and 1997.

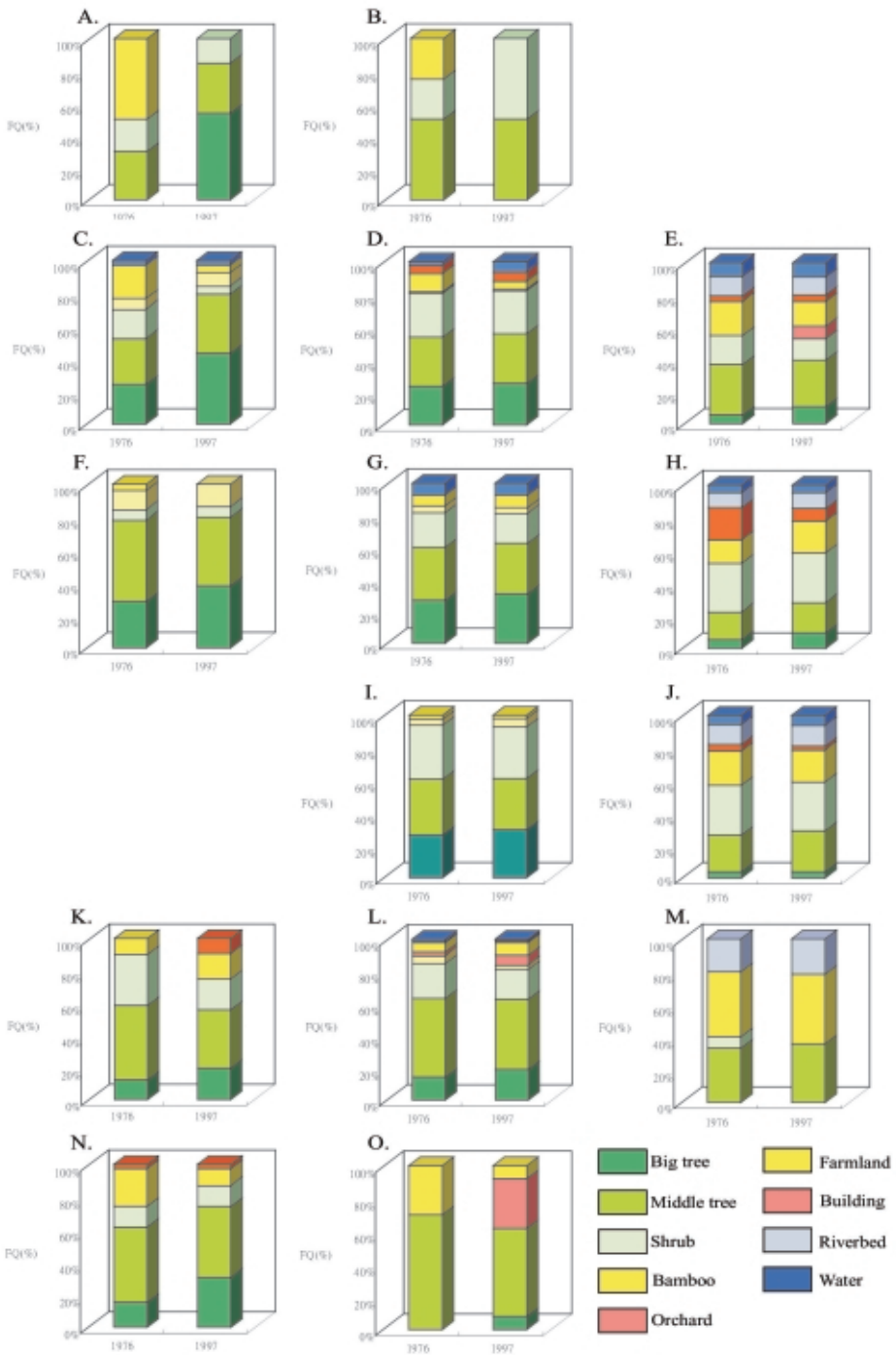


圖6. 1976與1997年15個樣區相對頻度之計算結果。

Fig. 6. Relative frequency (%) of land use categories in the 15 plots (A-O) of the study area in 1976 and 1997.

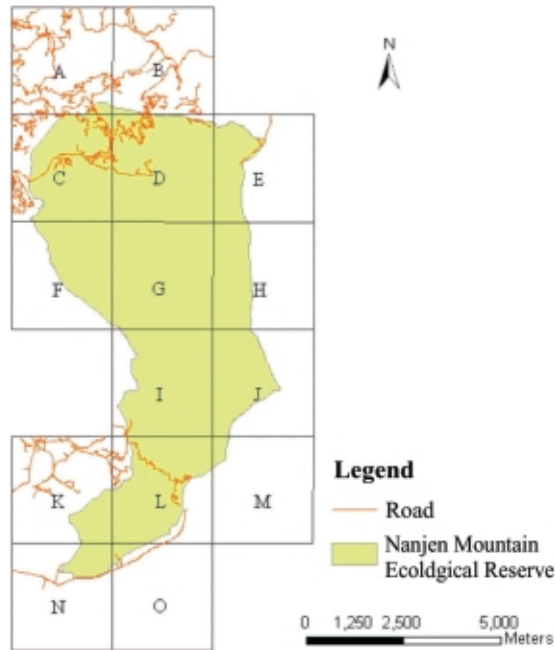


圖7. 1997年時期之道路分布圖。

Fig. 7. Distribution of roads in the 15 plots (A-O) of the study area in 1997.

間成本上須予考量。本研究後續將著重於衛星遙測影像之應用，採用國內正積極推廣之產品—福衛2號衛星影像，克服以往進行衛星影像分類時，空間解析力不足之問題，期望能更迅速地製作詳細的林型圖，供應日後生物多樣性相關領域之研究。

## 結 論

台灣長期生態學研究，乃行政院國家科學委員會進行中之一項大型研究計畫，南仁山生態保護區為重要之研究站，因地理環境特殊，許多學者以此作為研究要項，因此本研究以該區為例，嘗試以航測與GIS空間套疊分析技術，結合生態學之定量表示方法，探討地景異質性之演變過程，結果顯示南仁山森林生態系之演替已趨於穩定之現象，由此

可知生態保護區之成立對自然資源的永續發展具積極正面之作用，惟少數道路密度較高區域仍有遊憩壓力與土地利用變遷之疑慮，因此管理單位維持南仁山生態保護區之遊客數量管制，為一可行之措施。此外依網格式資料計算之結果，除可監測研究區之地景類型外，亦可做為生物多樣性相關研究之參考資訊，進而促進國家自然保育與永續發展之規劃。

## 謝 誌

本研究承行政院國家科學委員會92年度(NSC 92-3114-B-020-001)、93年度(NSC 93-2625-Z-020-003)研究計畫、93年度內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究計畫之經費補助，以及國立中興大學森林學系博士班

陳正華小姐、林務局農林航空測量所褚明洲先生協助判釋土地利用型，特此致謝。

### 引用文獻

吳守從、陳永寬。2004。應用數位航測技術探討南仁山生態保護區林分高生長量。航測及遙測學刊 9(4): 21-34。

吳英陵。1986。林木資源航測調查及其規劃之探討。航空測量及遙感探測 6-20。

李培芬、林曜松、許嘉恩。1995。台灣地區國家公園脊椎動物分布資料庫建立。國家公園學報 6(1): 47-58。

肖篤寧、李秀貞。1997。生態空間理論與地景異質性。生態學報 17(5): 453-461。

林金樹。2004。應用GIS技術於野生動物物種多樣性空間分布型態之研究。航測及遙測學刊 9(1): 77-94。

許富雄、姚正得、林瑞興、楊吉宗、賴肅如。2004。台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。特有生物研究 6(2): 41-66。

陳朝圳、陳正華、吳守從。2001。人為干擾對南仁山生態保護區地景之影響。林業研究季刊 23(2): 25-34。

陳朝圳、陳正華。2003。以地景生態理論探討東北季風對南仁山森林生態系之影響。中華林學季刊 36(4): 389-396。

葛兆年、李培芬。2003。台灣北部繁殖鳥類之海拔分布型態。台灣林業科學 18: 349-361。

劉棠瑞、劉儒淵。1977。恆春半島南仁山區植群生態與植物區系之研究。台灣省立博物館科學年刊 30: 151-178。

劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。臺灣商務印書館。

謝長富、孫義方、謝宗欣、王國雄。1991。墾丁國家公園亞熱帶雨林永久樣區之調查研究。墾丁國家公園保育研究報告第

76號。

蘇鴻傑。1987。森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20(1): 1-14。

Forman, R. T. T. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York. 679 pp.

Fujihara, M. and T. Kikuchi. 2005. Changes in the landscape structure of the Nagara River Basin, central Japan. Landscape and Urban Planning 70: 271-281.

Graefe, A. R., J. J. Vaskey and F. R. Kuss. 1986. Visitor Impact Management- The Planning Framework. National Parks and Conservation Association Washington, DC.

Gustafson, E. J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? Ecosystems 1: 143-156.

Hammit, W. and D. Cole. 1998. Wildland recreation: Ecology and management. Second edition. John Wiley and Sons, Inc. 361 pp.

Olson, J. D. 1998. A digital model of pattern and productivity in an agroforestry landscape. Landscape and Urban Planning 42: 169-189.

Turner, M. and S. Carpenter. 1998. At last: A journal devoted to ecosystems. Ecosystems 11: 1-4.