

人爲干擾對南仁山生態保護區地景之影響

陳朝圳¹ 陳正華² 吳守從³

【摘要】本研究以南仁山生態保護區爲範圍，探討地景排列與變遷。利用 1976、1989、1997 年之航空照片爲材料，以立體鏡判釋出 21 種土地利用類型，並轉繪成 1:5000 之土地利用型圖，爲利於地景參數之計算，本研究以地理資訊系統進行土地利用型圖數化，並分析各項地景指標包括 Shannon 多樣性、最大多樣性及均勻度指標。不同時期及不同干擾狀況之地景指標，以 t 值檢定其間之差異，結果顯示三期土地利用及不同干擾狀況對地景多樣性及地景組成皆有顯著的影響，1976 年具有較高的地景多樣性，而至 1997 年其地景多樣性有下降之趨勢，其下降程度干擾區大於天然地區。

【關鍵詞】地景多樣性、地景變遷、地理資訊系統、人爲干擾

Human Disturbances on Landscape in Nanjenshan Reserve Area

Chaur-Tzuhn Chen¹ Cheng-Hua Chen² Shou-Tsung Wu³

【Abstract】 Landscape pattern and dynamic changes were studied in Nanjenshan Reserve Area. Land use maps of three representative years (1976, 1989 and 1997) with a scale of 1:5000, derived from interpreted aerial photographs, were collected. Using digital instruments with the assistance of a Geographic Information System digitized eleven land use categories. Landscape pattern and dynamics analyses, which were quantified by a series of structural indices including Shannon diversity, maximum diversity, and evenness index. T-value as a rule to test the difference of landscape in different periods and disturbances. The results demonstrated that the landscape diversity and component change significantly during the period 1976, 1989 and 1997. Landscape pattern of 1976 had higher diversity. Up to 1997, the declining trend of diversity has been displayed. From the degree of declining trend, we found that the diversity of disturbed area was larger than the natural area.

【Key words】 Landscape diversity, Landscape change, GIS, Human disturbance.

-
1. 國立屏東科技大學森林系教授
Professor, Department of Forestry, NPUST.
 2. 國立屏東科技大學森林系研究生
Graduate student, Department of Forestry, NPUST.
 3. 國立台灣大學森林系研究生
Graduate student, Department of Forestry, NTU.

一、前言

近年來由於生態環境急速惡化，國際間對於全球環境變遷與生態系相互間的影響極為重視，而國內在國科會的經費支援下，成立全球環境變遷研究中心，並設置長期生態研究站，擬藉由長期監測生態現象與過程了解生態系的動態變化，並提供生態環境變遷之基本資料，以利評估及緩和自然干擾與人類活動所造成的衝擊。在長期生態研究中，如何尋求一標準方法，進行長期性的監測與研究，以判定環境變遷的幅度與影響機制實為當務之急。地景生態學 (landscape ecology) 是一宏觀的生態研究，它將整個地景視為研究的對象。而地景是由地貌過程及各種干擾作用所形成，具有特定結構 (structure)、功能 (function) 與變化 (change) 的宏觀系統。其中地景變遷 (landscape change) 的研究加入時間尺度的考量，將有助於瞭解整個生態系統的穩定性與動態變化 (Forman and Godorn, 1986)，而未來不論是土地使用計畫或生物多樣性保存皆要考慮到地景生態的觀點 (Hobbs, 1997)，另因生態系的變遷具有方向性，唯有透過監測地景變遷的時間序列，才能瞭解其變化的自然機制 (Antrop, 1998)，因此在大尺度的長期生態研究中，藉由地景變遷之時間、空間分析及干擾影響探討生態系相關問題，為一重要方向 (Marcucci, 2000; Kadmon and Harari-Kremer 1999; Reed *et al.*, 1996; 鄭祈全, 1999; 馮豐隆、黃志成, 1997)。

地景變遷研究是地景生態研究主題之一，討論地景結構與功能隨著時間的變化，其變化源於地景要素 (element) 的干擾，包含了自然環境、生態系組成及人類活動等綜合性因子的相互作用，使地景要素的穩定性與空間結構發生改變。而地景變遷之主要原因在於基質的改變；主要地景要素的面積比例產生顯著變化；出現新地景要素並佔有相當面積。地景變遷研究的範圍包括地貌過程、氣候變遷、嵌塊體的

發育與空間排列型態轉變、生態系統的干擾、人類活動的過程等因子對地景變化的影響 (Forman and Godorn, 1986)。

南仁山生態保護區為五個台灣長期生態研究站之一，其設立之主要目的即為了長期監測生態現象與過程，作為提供生態環境變遷之基本資料。本研究利用南仁山生態保護區 1976、1989、1997年三個時期的航空照片為材料，分別代表人為干擾時期 (1976年保護區設立前)、人為干擾停止 (1989年保護區設立後)、人為干擾減緩後森林地景的自然變化 (1997年保護區設立後) 等不同階段的森林地景，進行地景變遷研究，探討人為干擾對南仁山生態保護區之地景生態所造成的衝擊。

二、材料與方法

(一) 研究區域

南仁山生態保護區位於恆春半島東側，為中央山脈南段餘脈之延伸，範圍在九棚區以南，港口溪以北，東西各以太平洋及港口溪為界。1982年劃定廣達五千多公頃的南仁山生態保護區，因為該地保留了台灣僅存的低海拔原始森林。南仁山生態保護區海拔最高處為 526 m 的萬里得山，次為 479 m 的南仁山，雖然位處熱帶氣候，但每年 10 月至翌年 3 月盛行的東北季風對本區生態的影響很顯著。此區位於北方域及古熱帶域兩植物區系的交接，再加上位於中央山脈南段，沿海拔梯度變化大，環境的異質性和優越的植相潛力 (floristic potential)，使得亞熱帶或溫帶的樹種群集於此區域中 (謝長富等, 1991)。依據劉棠瑞、劉儒淵 (1977) 及謝長富等 (1991) 針對南仁山生態保護區所作之植群調查發現，此植物社會大致可分為四種，即強風坡型、向風緩坡型、背風型及溪谷型等四種植物社會。其中強風坡型位於東北向，坡面坡度 30 度以上，平均樹高 4.63 ± 0.88 m，平均胸徑 5.2 m，每公頃株樹約 20,065 株，層次分化不明顯；向風緩坡型位

於東、北及東南向，平均樹高 6.13 ± 1.45 m，平均胸徑 6.6 m，每公頃株樹約 12,219 株，層次分化不明顯；背風型位於西、西南向，平均樹高 8.41 ± 1.73 m，平均胸徑 8.4 m，每公頃株樹約 7,505 株，層次分化明顯；溪谷型位於溪流兩岸 50 m 附近，平均樹高 9.45 ± 1.35 m，平均胸徑 8.54 m，每公頃株樹約 4,257 株，層次分化明顯（劉棠瑞、劉儒淵，1977；謝長富等，1991）。

本區年均溫約為 21.16°C ，最冷月均溫為 1月 17.7°C ，最暖月均溫為 7月 25.55°C ，冬夏溫差在 $4\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。每年的 5 月到 9 月盛行西

南季風，10 月至翌年 3 月盛行東北季風，夏季有颱風。年雨量約為 2,144 mm，75% 集中於夏季 5~8 月間，主要來源為梅雨期的滯留鋒面、熱帶低氣壓、颱風和由颱風所引進的西南氣流；冬季則由東北季風帶來少量的降雨。本區濕度極高，全年變化不大，平均相對濕度約 75% 左右。

(二) 研究方法

1. 土地利用型檔之建立

本研究使用南仁山生態保護區 1976、1989、1997年之航空照片，經判釋後劃分如表 1 之 21 種土地利用型，而植被覆蓋則依據

表 1. 南仁山生態保護區之土地利用型類別
 Table 1. Landuse type of Nanjenshan Reserve Area.

土地利用類型	內 容
草地	包含草地、牧草地
農耕地	包含水稻田、旱作及墾荒地，形狀規整
裸露地	崩塌地、裸露地，形狀不規整
河床沙灘	位於水體旁
水體	包括溪流、湖泊、魚池、水塘
建築用地	形狀為規則之矩形
檳榔、椰子	排列整齊，層次不明顯，樹冠小
竹林	排列不整齊，層次不明顯，樹冠小
果園	排列整齊，層次不明顯，樹冠大
溪流	
散生中喬木	樹冠鬱閉度 0~10%；樹高 5~10 m
散生矮叢	樹冠鬱閉度 0~10%；樹高 5 m 以下
疏生大喬木	樹冠鬱閉度 10~40%；樹高 10 m 以上
疏生中喬木	樹冠鬱閉度 10~40%；樹高 5~10 m
疏生矮叢	樹冠鬱閉度 10~40%；樹高 5 m 以下
中密度大喬木	樹冠鬱閉度 40~70%；樹高 10 m 以上
中密度中喬木	樹冠鬱閉度 40~70%；樹高 5~10 m
中密度矮叢	樹冠鬱閉度 40~70%；樹高 5 m 以下
密生大喬木	樹冠鬱閉度 70~100%；樹高 10 m 以上
密生中喬木	樹冠鬱閉度 70~100%；樹高 5~10 m
密生矮叢	樹冠鬱閉度 70~100%；樹高 5 m 以下

前人調查資料，以樹冠鬱閉度及樹高等級將其區分為 11 種植群型。將其結果轉繪至透明紙上，再經地理資訊系統 (Geographic Information System; GIS) 軟體 Arc/Info 數化建檔，產生土地利用型圖。

2. 地景生態指數之求算

將已建立之土地利用型檔，分別以地理資訊系統的空間運算、分析功能，擷取各種地景要素 (即土地利用類型，其在空間上的排列組合被判釋為嵌塊體) 之基本屬性，包括地景要素之種類、地景要素出現之頻度、地景要素之面積。並參考 McGarigal and Marks (1994) 所提之地景結構量化方法，求算各項地景指數，包括：

(1) 嵌塊體豐富度 (PR)

$$PR = S \dots\dots\dots (1)$$

其中 S 表示嵌塊體種類的數目。

(2) 地景多樣性指數 (H)

以 Shannon-Weaver 多樣性指數描述南仁山生態保護區之地景多樣性，其值越大則表示地景之多樣性越高。

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \times \log_2 P_i \dots\dots\dots (2)$$

P_i : 第 i 類地景要素之面積比

n : 表示地景要素之數目

(3) 最大多樣性指數 (H_{max})

$$H_{max} = \log_2 S \dots\dots\dots (3)$$

(4) 地景均勻度指數 (E)

在一個地景系統中，土地利用越豐富，破碎度化程度越高，其計算出的多樣性和均勻性指數也就越高。

$$E = \frac{H}{H_{max}} \dots\dots\dots (4)$$

3. 地景變遷

(1) 地景變遷分析

南仁山生態保護區在未劃設為自然保護區前為一農耕地景，人為干擾嚴重，直至保護區設立禁止任何人為開發行為後，人為干

擾的影響才趨於緩和，並逐漸轉變為森林地景，因此本研究將利用 1976 年 (保護區設立前)、1989 年 (保護區設立後) 及 1997 年 (人為干擾減緩後) 三個時期的航空照片為材料，判釋各時期之土地利用型圖，分別求算其地景生態指數，進行不同時期森林地景之分析與比較，以探討人為干擾對南仁山生態保護區地景變遷之影響。

由於農耕、建築、森林砍伐等人為開發行為皆須有道路之開闢，因此道路之開闢與否可表示人為干擾的程度，而本研究為了解不同人為干擾程度對森林地景變遷之影響，利用 GIS 之套疊及空間分析功能，套疊 1976、1989、1997 年三時期之土地利用型圖與道路分布圖，並將有道路通過之嵌塊體定義為受道路開闢影響之道路干擾區，將南仁山自然保護區分為人為干擾程度不同的區域，分別求算其地景生態指數，以了解道路開闢與否即人為干擾程度對森林地景變遷之影響。

(2) 地景變遷檢定

為了解人為干擾對森林地景變遷之影響，本研究採用 Magurran (1988) 所提出之 t 檢定法，以檢定 Shannon 多樣性指數，測驗研究區地景變遷之差異程度。有關 t 檢定之關係式如下：

$$t = \frac{(H_1 - H_2)}{(\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (5)$$

式中之 H_i 為 i 地景或 i 時期之 Shannon 多樣性指數，VarH_i 為 Shannon 多樣性指數之變異數。其計算式與自由度 (degree of freedom; df) 分別為：

$$H_i = - \sum_{i=1}^n P_i \times \ln p_i - \frac{si-1}{ni} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Var}H_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times (\ln p_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n P_i \times \ln p_i \right)^2}{ni} + \frac{si-1}{2ni^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$df = \frac{(VarH_1 + VarH_2)^2}{\frac{(VarH_1)^2}{n_1} + \frac{(VarH_2)^2}{n_2}} \dots\dots\dots (8)$$

三、結果與討論

(一) 南仁山生態保護區不同時期之土地利用

1976、1989、1997 年航空照片所判釋之土地利用型，經轉繪數化建立土地利用型圖如圖 1。

以圖 1 計算三期土地利用面積比例其結果如圖 2。由圖 2 可知，1976 年之嵌塊體主要是由中密度大喬木、中密度中喬木及中密度矮叢所組成，而面積高於地景中其他任何嵌塊體類型的中密度中喬木，可視為此森林地景中的基質；而保護區設立之後（1989），主要嵌塊體轉變為密生大喬木、密生中喬木及密生矮叢，所佔面積比例較高的密生中喬木成為此森林地景中的基質；21 年後（1997），地景之基質仍是密生中喬木，但其主要嵌塊體轉之面積組成比例已由 1989 年的

67.85% 增為 82.41%，而 1976 年之主要嵌塊體面積組成比例也由 59.42% 降低為 8.01%。這些現象即說明地景系統已產生巨幅的改變。

(二) 地景生態指數

為研究人為干擾對地景變遷之影響，利用三時期土地利用型圖代表不同經營方式之結果，以公式(2)、(3)、(4)、(5)分別計算其嵌塊體豐富度、地景多樣性指數、最大多樣性指數、地景均勻度指數。進一步探討不同人為干擾程度的影響，以有道路通過之嵌塊體為範圍將研究區劃分為道路干擾區與非道路干擾區二種類型，求算各項地景生態指數，其結果表 2 所示。由於地景生態指數能反應地景空間排列的變遷方向與大小，因此由表 2 可得知，全區隨著人為干擾之趨緩，其地景多樣性有逐漸降低之趨勢，有道路干擾之地景其地景多樣性指數皆大於無道路干擾之地景，人為干擾會增加地景之多樣性。而藉由不同時期的比較可知，地景之均勻度亦呈現

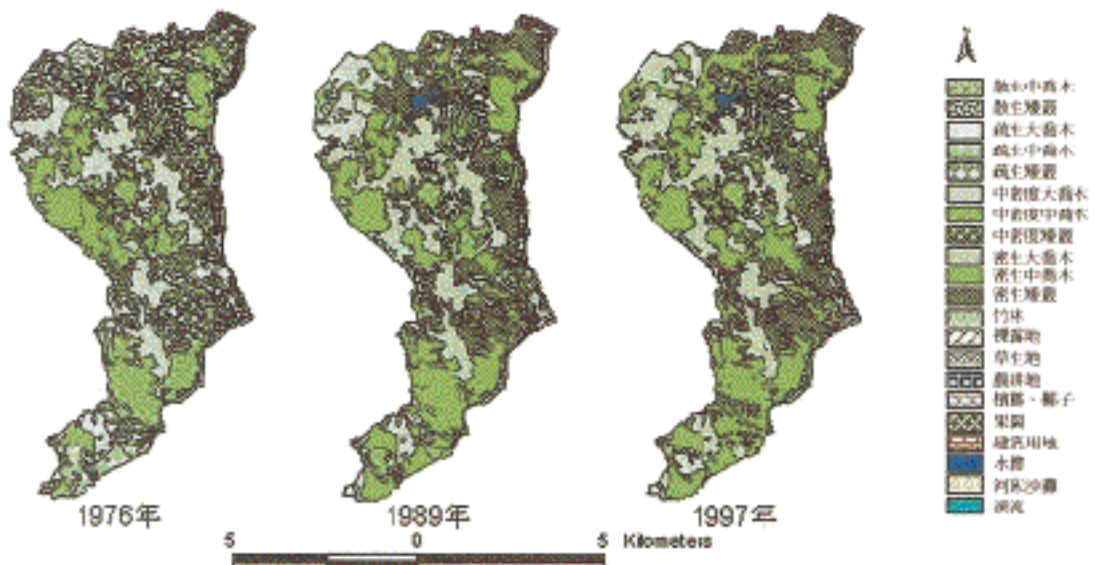


圖 1. 南仁山生態保護區 1976、1989、1997 年之土地利用型圖

Fig. 1. Landuse maps of Nanjenshan Reserve Area in 1976, 1989 and 1997.

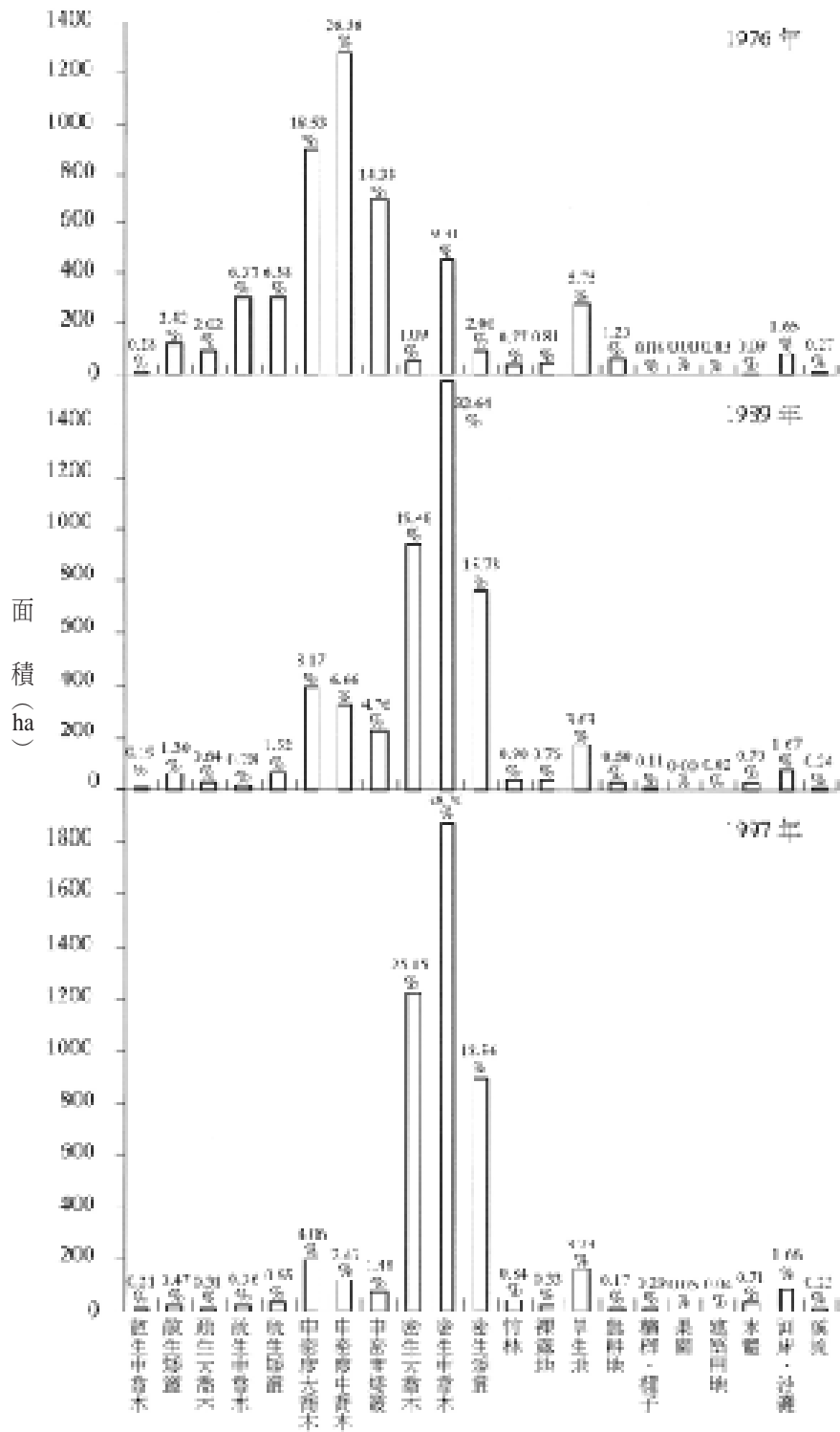


圖 2. 南仁山生態保護區在1976，1989，1997年之各土地利用型面積分布

Fig. 2. The area distribution of Landuse type of Nanjenshan Reserve Area in 1976, 1989, 1997.

表 2. 人為干擾對地景結構之影響

Table 2. The effect of human disturbance on landscape structure.

時 期	全區			道路干擾區			非道路干擾區		
	1976	1989	1997	1976	1989	1997	1976	1989	1997
嵌塊體豐富度	20.00	20.00	21.00	19.00	20.00	21.00	19.00	18.00	19.00
地景多樣性	3.20	2.95	2.55	3.02	2.96	2.63	3.00	2.72	2.40
最大多樣性	4.32	4.32	4.46	4.25	4.32	4.40	4.25	4.17	4.32
地景均勻度	0.74	0.68	0.57	0.71	0.69	0.60	0.71	0.65	0.56

表 3. 人為干擾對地景多樣性之影響

Table 3. The effect of human disturbance on landscape diversity.

	時期	全區	道路干擾區	非道路干擾區
	Shannon 多樣性	1976	3.20	3.02
1989		2.95	2.96	2.72
1997		2.55	2.63	2.40
t 值	1976-1997	6.98**	3.13**	4.86**
	1976-1989	3.00**	0.60 ^{NS}	2.36**
	1989-1997	-3.93**	-2.32**	-2.62**

註：t值：Shannon多樣性指數之 t 檢測值；*：達 5% 顯著差異水準；**：達 1% 顯著差異水準

下降之趨勢，即表示在人為干擾緩和的情況下，地景系統之複雜度及破碎度逐漸趨緩。另外，人為干擾程度較高之道路干擾區其嵌塊體豐富度與最大多樣性高於人為干擾程度較低之非道路干擾區，因此可知人為干擾會增加地景類型。

由於保護區的設立，區內的人為開發受到限制，使得原為人為經營所形成之地景類型，如竹林、農耕地、檳榔及建築用地等類型的面積逐漸減少、消失，因此整個地區之地景多樣性有逐漸下降之現象，而在道路干擾區因其受人為干擾之影響較嚴重，所以相較於非道路干擾區其下降幅度較小。而由國內外的研究可知，干擾的發生會使地景的多樣性有增加的趨勢，地景多樣性的增加也表

示地景系統的不安定性較大，相對的地景生態系統較不穩定 (Reed *et al.*, 1996; Trani and Giles, Jr., 1999; Nagaike and Kamitani, 1999; 鄭祈全, 1999; 馮豐隆、黃志成, 1997)，因此就地景生態觀點而言，保護區整體的地景系統演化有逐漸趨於穩定。

(三) 地景變遷分析

本研究所採用之 Shannon-Weaver 多樣性指數，指數值越高表示地景要素之組成越複雜，可指出地景之異質性，Shannon-Weaver 指數無最大固定值，但地景中若有 S 種地景要素，要求這些種類處於最大均勻分布條件時，每個要素之面積比為 1/S，此時多樣性指數稱為最大多樣性指數；均勻度指數是以 Shannon-Weaver 多樣性指數為主，將變域控

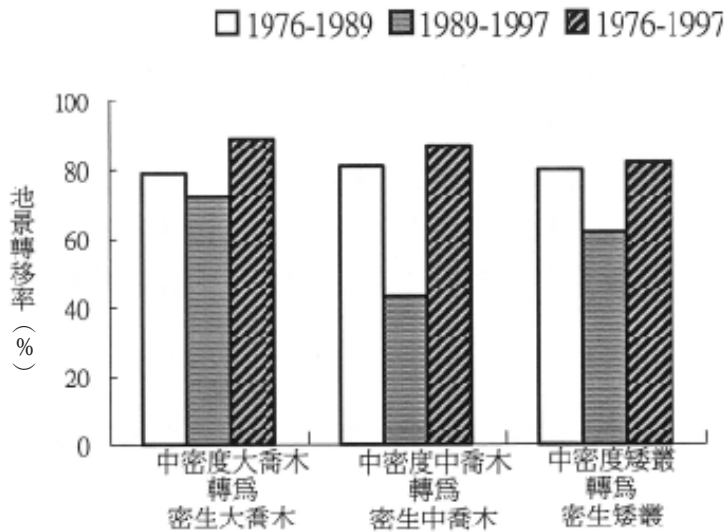


圖 3. 不同時期之地景轉移率變化

Fig. 3. The transition ratio variation of landscape in different period.

制在 0~1 之間，與多樣性指數有相同意義，因此檢定地景之 Shannon-Weaver 多樣性指數的變化，便能說明整個地景異質性的改變。表 3 為 1976、1989、1997 年不同時期、道路開關的 Shannon 多樣性指數變遷之檢定結果。

由表 3 之 t 檢定結果可知，除 1976、1989 年間道路干擾區之地景多樣性無顯著的差異外，不同時期及道路開關之地景多樣性有顯著的差異，為了探討變化的程度與方向，本研究以不同時期及是否有道路開關為變數，將地景轉移率加以統計，其結果如圖 3。

由圖 3 可知，南仁山生態保護區之主要嵌塊體在 1976 年時，其組成為中密度大喬木、中密度中喬木及中密度矮叢 3 種地景要素，而到了 1989、1997 年主要嵌塊體則轉變為密生大喬木、密生中喬木及密生矮叢 3 種地景要素，因此為探討自然環境及人為干擾程度對自然地景的影響，可藉由主要地景要素轉移率的比較來分析地景的變化。人為干擾時期（1976 年保護區設立前）與人為干擾停止（1989 年保

護區設立後）期間，其地景轉移率大於人為干擾停止（1989 年保護區設立後）與人為干擾減緩後森林地景的自然變化（1997 年保護區設立後）期間。即人為干擾對地景產生決定性的影響，在保護區設立前後期間，主要嵌塊體的轉移率為 84.02%，而在保護區設立後森林地景的自然轉移率 65.66% 相較之下是減緩了，尤其是屬於地景基質之中密度中喬木之轉移率，由 81.46% 降為 42.35%，降幅最為明顯。而為進一步說明人為干擾對地景之影響，將保護區依不同道路開關情形分別計算其主要地景要素之轉移機率，其結果如表 4 所示。

由表 4 可知，道路干擾區其不同時期之地景轉移率高於非道路干擾區，即人為干擾較嚴重之區域其地景之變化幅度較大，是一較不穩定之地景系統。而透過不同時期之比較可知，非道路干擾區其地景系統之發展將漸趨穩定，而道路干擾區之地景轉移率其差異高達 62.47%，則是較不穩定之地景系統。

表 4. 人為干擾對主要地景要素轉移率之影響

Table 4. The effect of transition ratio of main landscape element by human disturbance.

地景要素	時期	道路干擾區 (%)	非道路干擾區 (%)
中密度中喬木	1976-1989	88.58	68.75
轉變為密生中喬木	1989-1997	26.11	59.38
	差異	62.47	9.37

四、結論

本研究利用 1976、1989 與 1997 年航空照片為材料，判釋三時期之土地利用型圖，並利用地景生態指數與地景之轉移率，探討南仁山生態保護區之地景變遷。研究結果可知 1976~1997 年間地景之嵌塊體組成及其面積比產生顯著的改變，且森林地景之基質由中密度中喬木轉變為密生中喬木，此現象符合地景轉變之條件，因此可判定此地景系統已產生巨幅的變化。藉由不同時期地景生態指數的比較可知，地景的多樣性有降低的現象，由於發育中的地景會有多樣性增加的現象，因此以地景生態的觀點來看，整體的地景系統演化逐漸趨於穩定。利用道路開闢為變數劃分出道路干擾區，並以地景生態指數評估森林地景之多樣性，結果可知人為干擾將增加森林地景的多樣性。透過地景轉移率之計算可知，道路干擾區即人為干擾較嚴重之區域其地景之變化幅度較大，且不同時期之地景轉移率差異大，相較於非道路干擾區屬於較不穩定之地景系統。

五、致謝

本研究承行政院國科會 (NSC89-2621-B-020-001) 補助，而土地利用型承農林航空測量所褚明洲先生協助判釋，特此致謝。

六、參考文獻

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。
 馮豐隆、黃志成 (1997) 惠蓀林場土地利用之地景排列和變遷。中華林學季刊 30(4):387-400。
 鄭祈全 (1999) 森林地景變遷之監測研究。台灣林業科學 14(4):493-507。
 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 (1994) 森林植物之物種多樣性。生物多樣性研討會論文集。中國生物學會。
 Antrop M. (1998) Landscape change: Plan or chaos? *Landscape and Urban Planning* 41:155-161.
 Forman, R. T. T. and M. Godorn. (1986) *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons.
 Hobbs, R. (1997) Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landscape and Urban Planning* 37:1-9.
 Kadmon, R. and R. Harari-Kremer. (1999) Studying long-term dynamic using digital processing of historical aerial photographs. *Remote Sensing of Environment* 68(2):95-192.
 Magurran, A. E. (1988) *Ecological diversity and its measurement*. London : Croom Helm. pp.1-179.

-
- Marcucci, D. J. (2000) Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning* 49: 67-81.
- McGarigal K. and B.J. Marks (1995) FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report PNW-GTR-351. p.118-119.
- Nagaike, T. and T. Kamitani. (1999) Factors affecting changes in landscape diversity in rural areas of the *Fagus crenata* forest region of central Japan. *Landscape and Urban Planning* 43:209-216.
- Reed, R. A., J. Johnson-Barnard, and W. L. Baker. (1996) Fragmentation of a forested rocky mountain landscape. 1950-1993. *Biological Conservation* 75:267-277.
- Trani, M. K. and R. H. Giles, Jr. (1999) An analysis of deforestation: metrics used to describe pattern change. *Forest Ecosystem and Management* 114:459-470.