

以景觀生態學觀點探討棲地模擬模型  
—以台中市大坑地區為例

The Habitat Simulation Model Through Landscape Ecological  
Approach—A Case Study on Takeng Scenic Area in Taichung City

王小璘\*      林沛毅\*\*  
Hsiao-Lin Wang\*      Pai-Yi Lin\*\*

\* 朝陽科技大學都市計畫與景觀建築系

\* Department of Urban Planning and Landscape Architecture, Chaoyang University of Technology  
e-mail:hlwang@mail.cyut.edu.tw

\*\* 東海大學景觀研究所

\*\* Department of Landscape Architecture, Tunghai University  
e-mail:psnail@kimo.com.tw

設 計 學 報

第九卷，第二期 2004年06月夏季號

中華民國設計學會出版

# 以景觀生態學觀點探討棲地模擬模型 —以台中市大坑地區為例

王小璘\* 林沛毅\*\*

\* 朝陽科技大學都市計畫與景觀建築系  
e-mail:hlwang@mail.cyut.edu.tw

\*\* 東海大學景觀研究所  
e-mail:psnail@kimo.com.tw

(收件日期:92年03月07日；接受日期:93年04月23日)

## 摘要

台中市擁有優於其他都市之公園綠地，並具有生物棲息之潛力。本研究之主要目的，在於建構生物棲地模擬模型，進行生物棲地搜尋分析，並根據實證結果，探討景觀生態環境對生物造成之影響，進而求得台中市大坑地區適宜生物棲地之區域。本研究以赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)為實證研究生物，根據景觀生態學原理，應用 AutoCad 與 GIS 軟體建構生物棲地模擬模型。模擬包括領域圈模式模擬及生物棲地模式模擬，前者可推論模擬模型之可行性，後者可觀察實證生物與景觀生態環境之間的關連。自生物棲地適宜分佈區位選定之分析，可推論大坑地區具有赤腹松鼠較自生之優勢之區域，包括：1. 東南部闊葉林區。2. 山坡地中北部區域。3. 山坡地西南部邊緣闊葉林環境。4. 北部闊葉林區。5. 中部零星闊葉林及各類型作物區。6. 山坡地西部零星闊葉林及各類型作物區。

關鍵詞：景觀生態、模擬模型、滲透率、景觀元素、生物棲地

## 一、前言

台中市平均每人綠地面積約為 2.58 m<sup>2</sup>(包括鄰里公園、兒童遊戲場、綠園道及綠地)，若加上屬於都市地區的大坑風景區(3300ha)，則平均每人享受綠地面積高達 38.55 m<sup>2</sup>/人[5]，居全省之冠。這些綠地既有較為自然之環境，可作為休閒遊憩之用，又可提供生物棲息所需之環境。景觀生態學將基質、嵌塊體及廊道視為景觀環境的主要元素，其對生物種的棲息、保護、覓食、遷移乃至物種流、能量流、物質流及信息流的交換，皆具有舉足輕重的作用。其中，嵌塊體扮演著生物棲息與保護的功能，線性廊道如林蔭道、園道、水岸藍帶等則具有延續、串連和保護的作用；但部分線形空間如河流、道路等，對物種卻造成阻隔。滲透理論可用來描述物種在景觀中的棲息和遷移，嵌塊體中的資源愈多，生物穿越的機會亦愈大。如何藉由環境元素、土地利用與生物之間相互影響的關係，找出台中市最為重要之生物棲地，發揮其潛在生態的功能，並進一步針對重要棲地加以保護管理，是為本研究之重要課題。

以往進行土地利用規劃或生態規劃，多半透過土地合成方法，根據規劃目標，藉由土地利用類型及景觀環境現況分析，尋求適宜之土地規劃方案，其規劃過程往往缺乏對景觀生態問題之考量，致對生物棲地的保護與營造缺少有效的措施。模擬模型可透過 GIS 資料分析及電腦技術將區域中景觀生態元素與生物間的關係，各種交互作用，以及人文對自然環境的影響加以呈現，同時預測未來可行的管理與發展方案。本研究將以景觀生態學理論及滲透理論為基礎，透過棲地模擬模型之應用，探討環境中適宜生物生存之棲地。其目的如下：

1. 根據景觀生態學相關文獻，建構棲地模擬模型。
2. 研擬模擬模型中景觀元素之滲透率及因子。
3. 研究台中市大坑地區現有陸地哺乳動物與景觀元素之關係。
4. 透過上述架構、理論及實證，針對台中市大坑地區生物棲地適宜之分佈情形，提出具體建議及後續研究之方向。

## 二、相關理論與文獻回顧

### 2-1 景觀生態學

景觀生態學的研究已發展到一定的程度，它是地理學及生物學、景觀學與生態學間的交叉學科。其透過能量流、物質流、物種流及信息流在地球表層的交換，研究景觀的空間結構、內部功能、時間與空間的相互關係及時空模型的建立。學習 Forman 等指出(1986)[17]，景觀環境的三元素包括嵌塊體(patch)、廊道(corridor)及基質(matrix)。其中，嵌塊體扮演著生物棲地之角色，對本研究而言，嵌塊體之屬性及其類型、大小及數量對生物的移動，甚為重要。嵌塊體有干擾嵌塊體、殘存嵌塊體、利基嵌塊體、環境資源嵌塊體及引進嵌塊體等類型。都市棲地大多為都市計畫分區劃設，因此，多屬引進嵌塊體，少部分為殘存及環境資源嵌塊體[3]。張俊彥針對公園綠地所作之研究指出[9]，透過景觀生態學角度，可視台中市的公園綠地為景觀中之嵌塊體，若以景觀生態學對嵌塊體之定義來看，除了公園綠地外，亦可將上述生物棲地視為景觀環境中之嵌塊體。嵌塊體之大小則和物種豐富度有所關連，例如，大島嶼的物種比小島嶼的物種多，而若將大型的嵌塊體分割成 2 個較小之嵌塊體後，可能形成較長之邊緣，及分散之內部物種，可形成較豐富之生物分佈及邊境間之生物活動[17](圖 1)。在景觀環境中，若擁有較大之嵌塊體，則可以維持更多內部物種之生活需求，同時對於各式之干擾亦擁有較高之容忍度(圖 2)[16]。嵌塊體之數目與景觀破碎度有直接之關連，嵌塊體愈多，對於干擾(disturbance)而言愈容易擴展，而干擾愈擴展，嵌塊體就愈少；嵌塊體愈少，干擾愈不易擴展，由於干擾不易擴展，嵌塊體就更加發展。一般而言，兩個大型的自然嵌塊體是保護深層物種所必須的最低嵌塊體數目，而 4~5 個同類型的嵌塊體則對維護生物的長期健康與安全較為理想[6]。

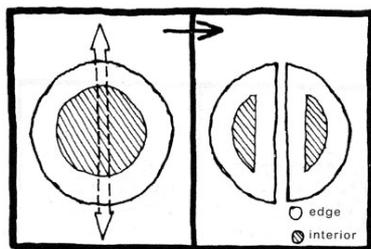


圖 1 嵌塊體切割圖

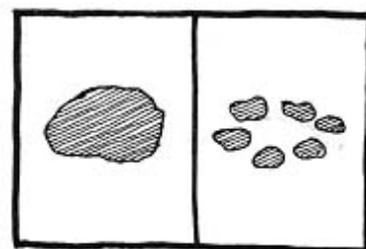


圖 2 大小嵌塊體圖

廊道是景觀生態學架構中的一項重要元素，它具有多種功能，如：提供物種多樣性之保護、促進水資源之經營管理、線形狹帶(linear strips)能促進農林生產、提供休閒娛樂以及物種分散之機會[6]。在本研究中，無論是河流廊道抑或是道路廊道，其在模擬模型之建構中均扮演重要的角色。河流廊道是指沿河流分佈不同於周圍基質之植被帶，其各部分均有適宜生物之生物將之作爲導管(conduit)。而河流廊道的寬度變化具有重要之意義。一些生物能順利沿河漫灘的濕地遷移，但許多生物卻不適應其定期洪泛及含水量高之環境。另有研究指出[4]，交通廊道對於生物而言是相當危險的，大部分區域的交通廊道所佔面積約在百分之十至百分之二十之間，但對其周圍之生態衝擊範圍卻往往高達百分之十至百分之二十。高速公路或高壓線路對於人類的活動而言，是重要之運輸通道，但對於生物卻是危險之障礙。一般而言，不同大小的動物對於可穿越之道路廊道寬度有著不同的穿越能力。

由上述可知，嵌塊體及廊道對生物的影響並非單一進行，應爲彼此互爲作用；而交通廊道及溪流廊道對於大多數之陸地生物具有阻絕之作用，其寬度、連繫性及結構屬性對生物移動或穿越皆造成影響。本研究除將生物棲地視爲景觀環境中的嵌塊體外，亦視河流、道路以及小徑等景觀元素爲阻斷性之廊道。

## 2-2 模擬模型

Lewis 等人認爲模型(model)是真實世界中物理的、社會的或其他系統的抽象呈現，而模擬(simulation)是一個被控制的統計樣本技術，和模型連結使用，以獲得對複雜的、多樣的、可能問題的近似答案[21]。亦是藉由系統模型的架構或實驗，在真實時間、壓縮時間及擴張時間中，模仿系統行爲的重要觀點的歷程[18][22]。

景觀生態學研究利用模擬模型爲工具，探討許多都市發展和景觀生態上之問題[19]，共包括三種類型，一爲 geographic models(地理模型)可評估文化、社會、人口或族群及經濟之改變。此類模型有 demographic models、network models 及 geometric models，分別用於預測都市發展、解決交通運輸和人口流動問題，以及檢測距離及空間。二爲 Landscape models(景觀模型)：可繪出能流及信息、標明源、槽及可接受區域、預測連續的二維及三維空間。相關的研究則有：Ziv 使用 C++ 程式語言建立 SHALOM 模型，探討棲地及物種多樣性之關係[30]。Saura 等人提出中性景觀模型，建立集合空間格局的格點基礎模型[26]。Bellmann 提出一個整合生態、水文、經濟及社會構成的模型，來探討都市受干擾區域的發展[15]。Pimat 使用 GIS 系統分析，透過桌面地圖系統翻譯 4.0(DMS)程式，1:5000 的基本航照圖影像資料，探討郊區景觀的森林嵌塊體及廊道的保育及管理[23]。Swenson and Franklin[25]以 GIS 取得都市土地之資料如土地所有權、植被類型、土壤、坡度、高程等，透過 3 種模擬情形的模擬模型，瞭解都市發展對棲地破碎之影響。張俊彥[9]利用七種不同圖形，但相同面積之塊區進行變項數值間的關係與對照說明。以比例尺 1:1000 之航照圖搭配現地調查及紀錄，作爲數化及判圖的基礎資料。進行公園綠地評估之應用研究，最後計算可能之數量關係。Boone and Hunter[14]使用分散模型以符合分子代表棲地嵌塊體，每個嵌塊體中分子假定爲一變數，模擬土地使用對於散佈於洛磯山脈的灰熊的效果。Tucker 等人[27]結合 GIS 和 Bayesian 基本法則方法建構模擬系統，以棲地選擇、棲地變數，預測物種之分散。馬可夫鏈[13]描述族群的再生產力、死亡率及分散情形。透過 GIS 建構格點，參數有棲地品質、居住時間、死亡率，分析荷蘭的獵。Tischendorf [29]透過模擬模型之建立探討景觀指標及生態歷程之間的關係。俞孔堅[6]以最小累積阻力模型 MCR 建立阻力面，根據阻力面來判別安全格局。Tang 等人[28]利用數位高程模型 DEM，模擬人類在森林中的砍伐面積大小、形狀和自然營力(如風及水流)等的交互作用。郭林洵[8]以景觀模型進行景觀異質性對干擾傳播的影響及其預測。其研究指出，預測模擬中干擾的傳播是易受干擾地佔景觀比例(P)及干擾本身的頻率(f)和強度(I)的函數，佔主導地位的棲地也很容易被強度中等而頻率較低的干擾分割離破碎。

在景觀生態學的領域中，模擬模型之應用是一趨勢，透過 GIS 資料分析、研究目標之導向以及電腦技術之應用，可進行以往無法實現之模擬，透過此方法，可呈現研究區中潛在的各種交互作用、景觀元素與生物間之關係以及人文對於自然環境之影響，進而預測未來可行之管理方案以及發展對策。而本研究主要採用 Boone and Hunter 所使用來預測個體生物移動之模擬模型架構。茲進一步說明如下：

Boone and Hunter(1996)[14]之研究方法係研究位於美國蒙塔那南部的 Trail Creek 流域，研究對象為灰熊(grizzly bear)。在此區域，收成區及道路對於灰熊之遷移及生育具有影響力，而研究區內各種不同之植被對於其移動亦具備不同之滲透率。其研究步驟為 1.文獻回顧：取得研究區之相關資料，包括棲地類型以及其對灰熊之滲透率、道路形式及收成區域等。2.獨立基礎模型：取得研究區之資料後，給定滲透率參數(0~99)，隨後投入個體物種，令其隨機往八個基本方向移動，物種移動與否決定於隨機參數( $\geq 0$ 且 $<100$ )之選取比較，如果隨機數小於滲透率，則物種進入該分子單元，若大於則轉而由其他方向重複比較。3.區域層級分析：透過 ARC/INFO 軟體整合區域資訊，並將研究區劃分成  $440 \times 440$  個單元，每一單元為 1.02 平方公里，進行領土類型之分析，並依據其自然程度加以劃分。4.分水嶺層級分析：訂定灰熊距道路之距離為 200 公尺，模擬灰熊進入各收成區之機率。

本研究應用模擬模型理論，結合景觀生態學原理，建構實證研究之架構，除可進行較為周詳之研究外，更能透過模擬之程序，設定符合研究需要之影響因子，在較短之時間內獲得到以往需耗費大量人力及時間之結果。

### 2-3 滲透理論

滲透(percolation)理論最早是一種應用於研究液體通過介質隨機傳播方式的理論。物理學家採用滲透理論來描述諸如玻璃類物質之物理特性[24]。景觀生態學中也有類似的現象，如森林火災的蔓延、病蟲害的爆發、外地物種大量侵入等，以滲透理論來解釋有重要之指標意義。80 年代以後，滲透理論在中性模型(neutral models)中被廣泛應用，藉以比較真實景觀和物流隨機滲透系統的結構和行為特性，驗證景觀格局與過程之間的關係之假設。Stauffer[24]以圖示(圖 3)說明滲透理論之概念，圖中(A)表示網格部分；(B)為某些方格被黑點佔領；(C)為當群簇由單一 方格組成，可預期其相鄰近的群簇將被圍塑為一團體，若  $p$  為某地被黑點佔領的可能性，意味如果有  $N$  個方格，而  $N$  是一個相當大的數字，且方格群中有  $pN$  個方格被佔領，則方格中依然有  $(1-p)N$  個方格是空的。

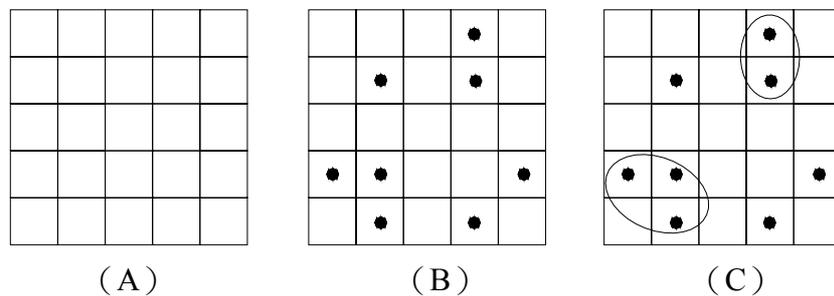


圖 3 滲透理論群簇圖

資料來源：Stauffer, 1992

Stauffer[24]並認為在隨機矩形網格中有兩類基本的滲透歷程可被模擬：結合(bond)滲透及某地滲透。無論何種類型，隨機聚合嵌塊體的數目、尺寸及形狀皆隨著  $p$  函數改變。當最大之群簇體積完成從地圖一端至另一端之擴張時，嵌塊體的尺寸及形狀快速的改變而接近標準或然率  $cp$  (critical probability)。相關研究亦指出[13]，滲透理論適合用來描述生物在景觀中的棲息、遷移，如果一種生物

欲在特定某種土地覆蓋類型 (i) 內，則該土地類型 (i) 至少須隨機佔據所屬景觀面積的 59.28% 以上，才能保證該生物能自由穿越景觀並獲得資源。可知在景觀嵌塊體中，應具備對生物有利之資源，才能提供其穿越之機會，換言之，資源愈多，生物穿越之機會愈大。

研究亦指出[27]，景觀結構藉由景觀中的棲地群簇數、尺寸、最大群簇之型及邊緣之數量來測量，由圖 4 可知，敏感棲地被佔領少於景觀環境的 50%，則其對於干擾頻率是敏感的，但對於干擾強度只表現一部份之反應。而若敏感棲地被佔領大於景觀環境的 60%，則對干擾強度而言是敏感的，對於干擾頻率則較不敏感。本研究藉由景觀滲透率，探討景觀元素對生物個體移動散佈成分布之影響程度。

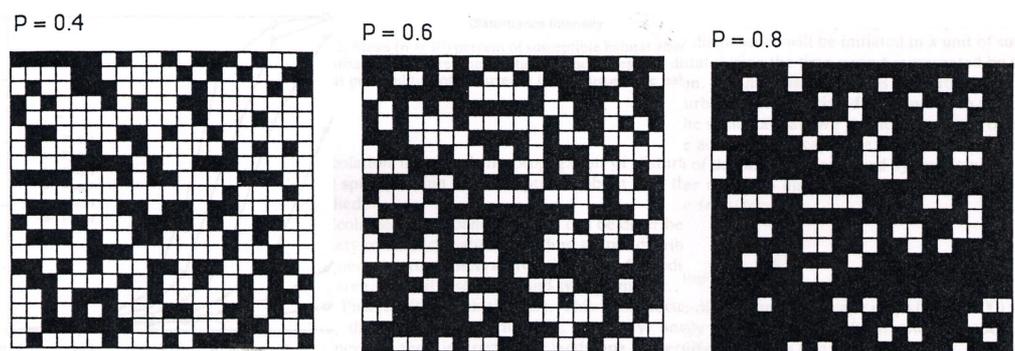


圖 4 干擾佔領域然率圖

資料來源：Turner et al.,1989

### 三、研究方法

#### 3-1 研究架構

本研究針對物種及研究區之相關文獻、都市棲地景觀元素及生態歷程，建立模擬模型之影響因子，據此建構模擬模型，以量化之結果呈現其對生物移動及棲地分佈之影響；進一步改變模型參數，探討相對之參數是否能維持模擬模型之一致性，最後建立生物棲地分級圖。其實證研究架構如圖 5 所示。其中，在「實證研究生物評選」階段，透過原則之設定以及相關資料之蒐集，選擇本研究所需之實證生物。而在「研究區景觀元素分析」階段，利用景觀生態學原理，將研究區土地利用資料加以分類，除將其依嵌塊體或廊道區分，並依其對於生物之影響再區分為正負因子，以利後續模擬之進行。最後，透過模擬模型之建構、研究區景觀及生物資訊導入，進行實證模擬，選定適宜之生物棲地。本研究之主要工具具有：1.ArcView3.1 2.AutoCAD2000 及 3.Auto Lisp。

#### 3-2 模擬模型建構步驟

本研究所建構之模擬模型架構如圖 6。茲將圖中各步驟說明如下：

##### 步驟 1. 景觀元素疊圖

藉由 AutoCAD 及 ArcView 等繪圖軟體，將遙測影像資料數化成為景觀地圖，依據林務局建立之台灣地區山坡地土地利用資料，取得各類農牧以及林業用地資訊。再定義及分類各類土地利用類型，進而將其整合，得到較為明確且有秩序之景觀元素類別。最後建構用以控制模擬之方向、座標，並與現有景觀元素資料相互相對應之依據。其劃分可依研究區現有之經緯線、橫麥卡脫投影座標系統或 TWD97 系統為方格劃設之依據。

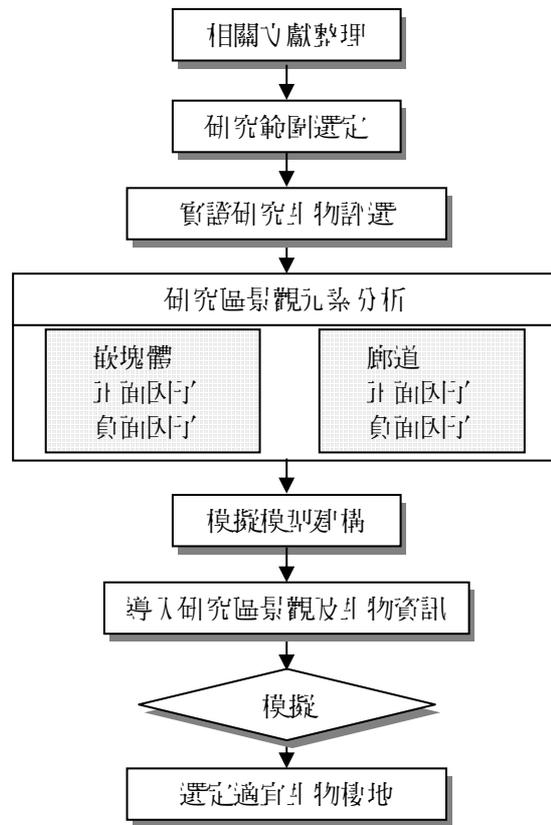


圖 5 實證研究架構圖

### 步驟 2. 滲透率疊合

1. 景觀元素滲透率給定：依現有文獻給定滲透率，評估研究區中景觀元素對於生物個體移動散佈或分布之影響程度，正面影響程度愈大者，對於生物移動而言，將具有愈高之滲透率。

(1) 嵌塊體：對於無法飛行之生物而言，樹林、綠地及果園等較自然之景觀環境，具有正面之影響，可歸類為正面之因子，而建築區、建物等人工物，則屬於負面之因子。根據嵌塊體之屬性（如棲地類型或土地所有權），給予對等之滲透率，其範圍從 0 到 99%，數字愈大，滲透機率愈高。假使某網格單元被給予之滲透率為 80%，則物種進入之機率為 80%。

(2) 線性廊道：對於陸地生物移動而言，河流及道路是相當難以穿越之障礙，某些動物甚至無法接近道路兩側之緩衝空間。線狀之景觀元素依其對生物之衝擊大小訂定緩衝帶寬度，而由此緩衝寬度內之網格單元應給定極低之滲透率。

2. 網格單元滲透率疊合：得到網格單元中個別景觀元素滲透率及其權重，經由統計分析得出各個網格單元所代表之綜合滲透率。

### 步驟 3. 投入搜尋點

根據研究之需求於研究區中之景觀環境隨機投入一定數量之搜尋點，投入之數量依據研究之需求訂定之。

### 步驟 4. 生物棲地搜尋

在模擬中，將搜尋點放置於網格單元中，設定其可隨機往 8 個方向移動，並且，需考量生物進入鄰近網格中嵌塊體之滲透率，因此，隨機由 0~99 隨機選出一數，若此隨機數小於鄰近嵌塊體之滲透率，

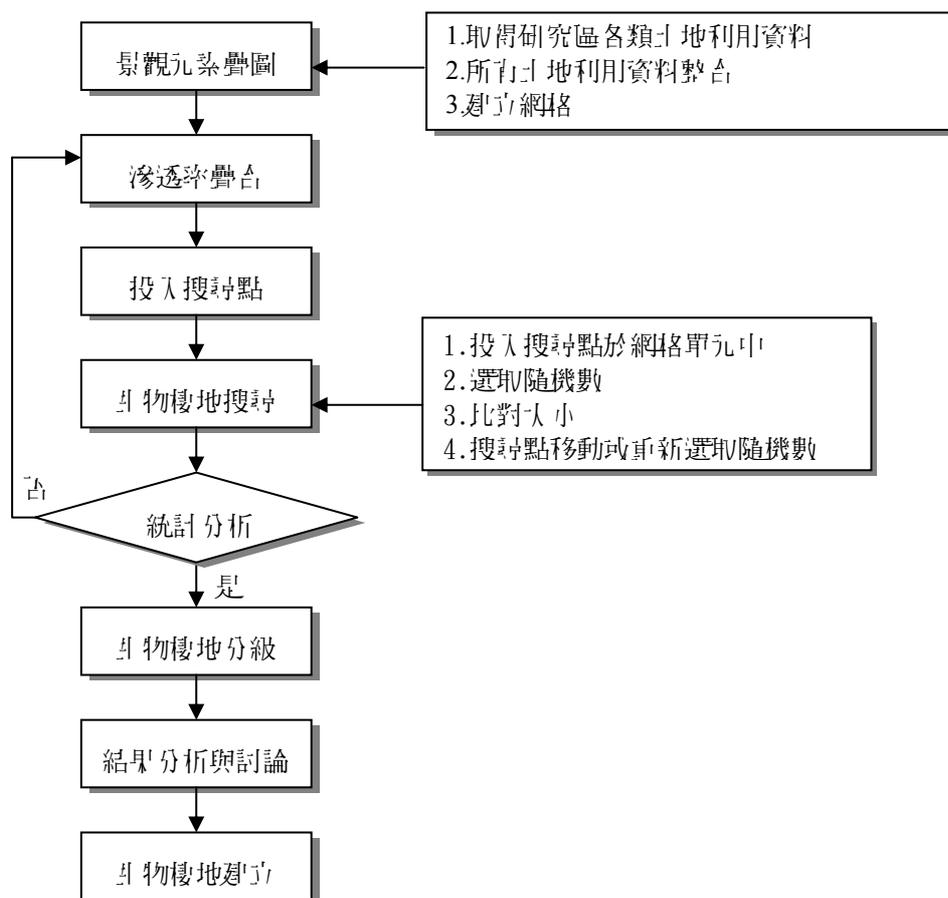


圖 6 模擬模型架構圖

則此搜尋點可以順利移動至其中，假使嵌塊體之滲透率為 50，則搜尋點移動進入之機會為 50%。隨機數大於鄰近嵌塊體之滲透率，則此搜尋點無法移動至鄰近嵌塊體之中，必須重新選擇方向，並重複上述之移動流程。若搜尋點順利移動進入鄰近之網絡單元，則視為一次成功之移動，並重複重新選擇方向之程序，繼續進行移動之模擬，直到達成模擬前設定之移動次數。搜尋點移動之次數應依研究之目的及需求而定。根據上述論述，模擬出之生物棲地搜尋流程如圖 7：

#### 步驟 5. 統計分析

統計所有研究區網絡單元經搜尋點移動模擬後所被穿越之次數，同時加以標記。網絡單元被穿越之次數愈多，代表其為生物滲透之機會愈高，可知其對生物之響應為較重要之棲息環境。

#### 步驟 6. 生物棲地分級

得到所有網絡單元被搜尋點穿越之次數後，在本階段加以分級，並繪製成圖以利判別。

#### 步驟 7. 結果分析與討論

本階段主要探討搜尋點之數量及投入位置造成之影響，同時，對模擬建立之適宜生物棲地加以分析，針對其成因及嵌塊體單元加以檢討，並提出修正之建議。

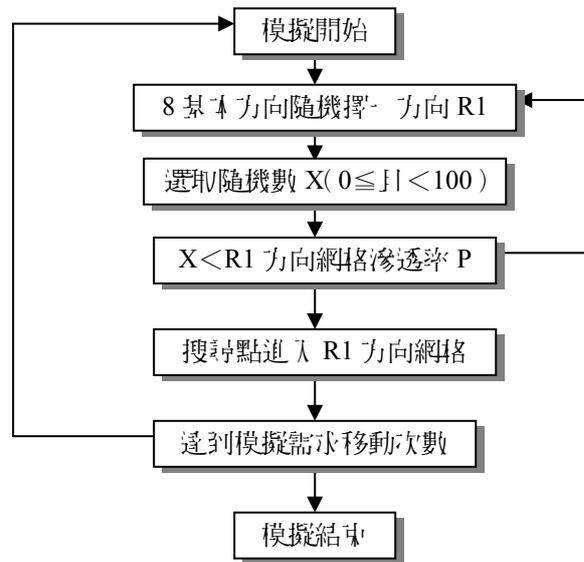


圖 7 動物棲地搜尋流程圖

## 四、實證研究

### 4-1 實證生物

#### 4-1.1 實證生物評選原則

根據行政院農業委員會特有生物研究保育中心之調查[12]，台中市目前有 10 種哺乳動物，本研究根據前述之研究動機、目標及範圍，訂定實證生物之評選原則後，由現有的物種中選定適宜之實證生物，其評選原則如下：

1. 相關文獻較豐富者：為瞭解生物之習性及生活環境，需有足夠之資料佐證，因此文獻之豐富程度將對本研究造成影響。
2. 非為群居生活物種：本研究所建構之模擬模型牽涉之生物移動部分屬於個體基礎模型[14]之應用，其對象主要為個體生物。

依據上述原則，本研究選定赤腹松鼠作為研究之實證生物。

#### 4-1.2 實證生物領域性及其相關文獻探討

1. 本研究選定之生物為赤腹松鼠，為台灣最常見的一種松鼠。隨著保育觀念抬頭及林業之目標轉向，松鼠之研究已從防治轉為與生態系共存為計。
2. 其棲息地本為天然林，而古台灣則為常綠闊葉林[7]，從平地平原至 3000m 之高山都有其蹤跡[1]。一般為單獨活動，其活動範圍大小受食物、水的供應及隱蔽場所而定。植被覆蓋度高的環境對於松鼠而言是利之生存環境[10]，較密之覆蓋度可提供其遷徙管道及延長松鼠於地表之活動時間。
3. 赤腹松鼠領域圈的大小有季節性的變化，就調節領域圈大小而言，食物的分佈與數量是較松鼠的族群密度更為重要的因素[2]。
4. 研究顯示[2]，赤腹松鼠之領域圈以 Distance(計 1)模式計算，平均值為 148m，以 Circular(計 2)模式計算，平均為 4.61ha，以 Elliptical(計 3)模式計算，平均為 2.7ha，而以 Nonparametric(計 4)模式計算，則為 0.7ha。

### 4-2 大坑地區景觀資料建構

4-2.1 取得研究區景觀資料

根據2000年大坑地區之1/25000經建圖、1984年「大坑地區山坡地土地利用圖」，透過ArcView3.1以及AutoCAD2000軟體數位化後，可得到各類土地利用類型之數位化資料，包括經建圖中大坑地區現有之建築區、獨立房屋、水田、綠地、樹林、果園、農場以及潛崩崩場地等12項土地利用資料(表1)以及29類農林牧土地利用類型資料(表2)。大坑地區之西部主要為建築區或水田，東部多樹林、農場及果園，偶而出現零星獨立房屋，環境較為自然。不過亦由於東部山坡地較多，坡度起伏變化大，潛崩崩場地因此多分佈於東部地區。而西部地區，除河流之外，道路及小管依建築區之分佈型態配置，而東部，道路及小管則順應河流及地形分佈。

表 1 大坑地區經建圖土地利用類型分類表

土地利用類型					
線性元素			面狀元素		
河流	小管		樹林	綠地	潛崩崩場地
道路	堤防		農場、果園	水田	水池
					建築區
					獨立房屋

資料來源：本研究整理

表 2 大坑地區山坡地土地利用類型分類表

土地利用型	土地利用類型分類			
	宜農地	宜牧地	宜林地	不分級地
牧草	農牧草	-----	林牧草	級外草
草地	農草地	牧草地	林草地	
竹類	農竹	牧竹	林竹	級外竹
闊葉樹林	農闊林	牧闊林	林闊林	-----
針葉樹林	-----	-----	-----	
混交林	農混林	-----	-----	
灌木林	農灌木	牧灌木	林灌木	
水面	-----	-----	-----	水面
崩場地	-----	-----	-----	崩
荒地	-----	-----	-----	荒
公園、球場地	-----	-----	-----	公園
一般建築地	-----	-----	-----	建
墓地	-----	-----	-----	墓
軍用地	-----	-----	-----	軍
河川地	-----	-----	-----	河
範圍外陸地	-----	-----	-----	區外地
洶泊	-----	-----	-----	-----
水稻田	農 稻	牧 稻	林雜作	-----
雜作	農雜作	牧雜作		
木薯	-----	-----	-----	
甘蔗	農 蔗	牧 蔗	-----	
茶	-----	-----	-----	
瓊麻	-----	-----	-----	
桑	-----	-----	-----	
其他作物	農他作	牧他作	林他作	
香蕉	農 蕉	牧 蕉	林 蕉	-----
鳳梨	-----	-----	-----	
柑桔類	農 柑	牧 柑	林 柑	
荔枝、龍眼	農 荔	牧 荔	林 荔	
檸檬	農 芒	牧 芒	林 芒	
梨、蘋果	農 梨	牧 梨	林 梨	
桃、李、杏	農 桃	牧 桃	林 桃	
葡萄	農 葡	牧 葡	林 葡	
枇杷	農 杷	牧 杷	林 杷	
百香果	-----	-----	-----	
檳榔、椰子	農 檳	牧 檳	林 檳	
其他果樹	農他果	牧他果	林他果	

資料來源：本研究整理

#### 4-2.2 土地利用類型整合

大坑地區西部地區屬於平地，因無大坑地區山坡地土地利用類型圖資料，本研究將由大坑地區 1/25000 總測圖及大坑地區潛在崩塌地示意圖數化而來的 12 項資料直接應用於此區。其次，在大坑東部地區，採大坑地區 1/25000 總測圖所提供之最新資料加以數化，而「道路」、「小徑」、「堤防」等資訊在大坑地區山坡地土地利用類型圖亦未提供，因此，以總測圖所提供之資訊為基準。不過，在植被方面，總測圖之資訊過於粗略，因此，所有在大坑地區 1/25000 總測圖上其植被環境皆由大坑地區山坡地土地利用類型圖之植被資訊所取代。

再者，大坑地區山坡地土地利用類型圖針對植被之分類雖然詳盡，但對於研究之實證生物——赤腹松鼠而言，卻顯過於瑣碎。原因在於，目前並無詳盡之研究資料說明其各類土地利用類型對於赤腹松鼠所能造成之影響，因此，本研究將各類山坡地土地利用類型加以整合，依其對赤腹松鼠所具有之影響力再加以分類，使後續階段之模擬部分能有效的進行，茲列說明如下(表 3)：

表 3 土地利用類型定義表

編號	土地利用類型	定義
1	河流	落石或湧出地表的水，由於重力的關係沿著窪溝斜坡向下逐漸匯集而成的流動水體。
2	小徑	提供行人通行之道路
3	道路	提供車輛、行人通行之道路
4	公園綠地	包含草地、樹林的開放空間，可作為休閒及娛樂之場所
5	水稻田	禾本科植物
6	農場	針對農業目的之土地使用
7	建成區	包括開放空間、獨立房屋及交通節點之集合區域
8	獨立房屋	提供居住及其他人類活動之建築物
9	堤防	人工設置以控制水量或界定水域範圍之堤岸
10	水池	比湖沼小的水體
11	潛在崩塌地	可能發生岩石、土壤向下運動的坡地
12	牧草	針對放牧使用的草地
13	草地	植被以草本植物為主的土地類型
14	墓地	埋葬的土地，周圍多為自然環境
15	荒地	不適用於人類居住或耕種之土地
16	闊葉樹林	由闊葉植物組成之
17	灌木林	由灌叢植物組成之
18	竹林地	禾本科木本植物，有中空莖幹，嫩莖可供食用
19	柑桔類	芸香科，包括柳丁、柚子、橘子、檸檬、金橘、柚柑、葡萄柚
20	芒果	漆樹科多生常綠大喬木植物
21	桃、李、梅	薔薇科多生落葉小喬木
22	葡萄	葡萄科多生落葉蔓性植物
23	枇杷	薔薇科枇杷屬多生落葉小喬木
24	梨、蘋果	薔薇科多生落葉小喬木
25	荔枝	無患子科常綠喬木
26	甘蔗	禾本科植物
27	香蕉	芭蕉科大型草本植物
28	檳榔、椰子	棕櫚科植物
29	其他作物	上述作物以外之作物
30	其他果樹	上述果樹以外之果樹
31	雜作	混合之作物使用

資料來源：網路辭典( Merriam-Webster OnLine )，本研究整理

## 4-2.3 大坑地區景觀元素分類

根據上述之各項土地利用類型之定義，考慮赤腹松鼠與環境之關聯性，訂定整合之原則如下：

1. 依植被型態分類：「牧草」及「草地」主要皆由草本植物組成，故歸類為「草地」。
2. 土地利用類型相同者：「建成區」及「獨立房屋」多為人工建物及其他鄰近設施，因此將其整合為「建築區」。
3. 依赤腹松鼠對作物之喜好程度而分類：「柑桔類」、「芒果」為赤腹松鼠最常出沒之果園，並為闊葉喬木，因此將其整合為「A 類型作物」，其次為「桃、李、梅」、「枇杷」、「梨、蘋果」以及「荔枝、龍眼」其皆為闊葉喬木，因此整合為「B 類型作物」，而「甘蔗」、「葡萄」、「香蕉」、「檳榔、椰子」等土地利用不具闊葉林環境，並且非為赤腹松鼠所喜好之作物，因此整合為「C 類型作物」。
4. 其他具有耕種行為之土地，並且可能具有闊葉林環境者：將「其他作物」、「其他果樹」、「雜作」等整合為「其他作物」。
5. 不具闊葉林環境之土地使用：將「墓地」、「荒地」、「公園綠地」以及「農場」等整合為「其他用地」。
6. 土地類型特殊或具有獨特性，不宜與其他土地使用整合者：如「河流」、「道路」、「小徑」、「堤防」、「水池」、「崩塌地」、「竹林地」、「闊葉樹林」、「灌木林」以及「水稻田」等。

根據以上之歸納將所有土地利用類型整合為 17 類景觀元素如表 4：

表 4 大坑地區景觀元素表

編號	土地利用綜合類別	原土地利用類別	資料來源	
1	闊葉樹林	闊葉樹林	1984 年台灣地區山坡地土地利用圖	
2	A 類型作物	柑桔類 芒果		
3	B 類型作物	桃、李、梅 枇杷 梨、蘋果 荔枝、龍眼		
4	C 類型作物	甘蔗 葡萄 香蕉 檳榔、椰子		
5	其他作物	其他作物 其他果樹 雜作		
6	其他用地	墓地 荒地 公園綠地 農場		2000 年 1/25000 總建圖
7	竹林地	竹林地		1984 年台灣地區山坡地土地利用圖
8	灌木林	灌木林		
9	草地	牧草 草地		
10	小徑	小徑		2000 年 1/25000 總建圖
11	道路	道路		大坑地區潛在崩塌地示意圖
12	崩塌地	崩塌地		
13	建築區	建成區 獨立房屋		2000 年 1/25000 總建圖
14	水稻田	水稻田		
15	堤防	堤防		
16	河流	河流		
17	水池	水池		

資料來源：本研究整理

4-2.4 建立網絡及景觀元素圖

根據 Distance 模式可知，赤腹松鼠之領域約為 150m，由於模擬結果應具有顯著性，因此，網絡單元之寬度應小於其領域距離。同時為使模擬操作較為簡便，可令網絡單元之寬度為其領域之倍數。根據上述原則，本研究區所劃分之網絡大小為 50m×50m，依現有之橫麥卡脫投影座標系統劃設網絡，總共可得 38,400 個網絡單元，並以橫麥卡脫投影座標系統之點(18000m, 72000m)訂為本研究區之原點(0, 0)。為了縮短模擬時間並提高其效率，故實際模擬操作時縮小研究之範圍，同時盡量排除多餘或不相關之網絡單元，而改以點(18550m, 72550m)為模擬之原點，同時以點(29150m, 79600m)為範圍之邊界，總共可得 29,892 個網絡單元。根據上述各階段工作，可得大坑地區景觀元素圖(圖 8)。

4-3 滲透率疊合

4-3.1 景觀元素滲透率給定

本研究將大坑地區之景觀元素加以分類後，依以下原則給定其滲透率：

1. 闊葉林分佈之多寡：因闊葉林為赤腹松鼠最喜好之棲地環境，若土地類型中含有多量之闊葉林時，則其滲透率較高。
2. 赤腹松鼠喜好之覓食環境：果園為赤腹松鼠可能出現之覓食環境之一，若其為松鼠較喜好之環境，則給予較高之滲透率。
3. 赤腹松鼠穿越之可能：部分廊道造成赤腹松鼠穿越之困難，穿越成功率愈低，滲透率愈低。
4. 人工環境之多寡：對於松鼠而言，自然之環境較有利於其生存，因此人工之環境愈多，滲透率愈低。

根據上述原則，本研究將 17 類景觀元素之滲透率加以分級。依其高低分為 5 個等級，闊葉林及 A 類型作物符合上述 4 原則，歸為第 1 級。B 類型作物、C 類型作物以及其他作物較缺乏闊葉林，歸為第 2 級。其他用地、竹林地以及灌叢林缺乏闊葉林，同時亦非實證生物喜好之覓食環境，歸類為第 3 級。草地、小徑及道路尚可提供實證生物穿越，歸為第 4 級，而崩塌地、建築區、河流、堤防、水池以及水稻田皆不符合上述 4 原則，歸類為第 5 級。

至於滲透率給定之部分(表 5)，給分由 0~100 計算，每一等級之區間為 20%，即由第 1 等級的 95% 至第 5 級依次為 75%、55%、35%及 15%以降，並依各等級中之景觀元素加以平均，其中屬第 1 級的闊葉林區具有較 A 類型作物優勢之闊葉林環境，各給定滲透率 95%及 85%；屬第 2 級的 B 類型作物為優於 C 類型作物之覓食環境，其他作物區類型不明，屬於此等級滲透率最低之景觀元素。第 3 級的滲透率之給定依其擁有闊葉林之多寡而定，第 4 級者則比較其易於穿越之程度，而第 5 級，亦以穿越程度作為考量。

表 5 17 類景觀元素滲透率表

等級	一					二			三			四						
景觀元素	闊葉林	A 類型作物	B 類型作物	C 類型作物	其他作物	其他用地	竹林地	灌叢林	草地	小徑	道路	崩塌地	建築區	河流	堤防	水池	水稻田	
滲透率(%)	95	85	75	70	65	55	50	45	35	30	25	15	15	5	5	5	5	

資料來源：本研究整理

4-3.2 大坑區外滲透率

在大坑區外滲透率方面，將區外所有網絡單元之滲透率定為 0，除將赤腹松鼠之移動視為一動態平

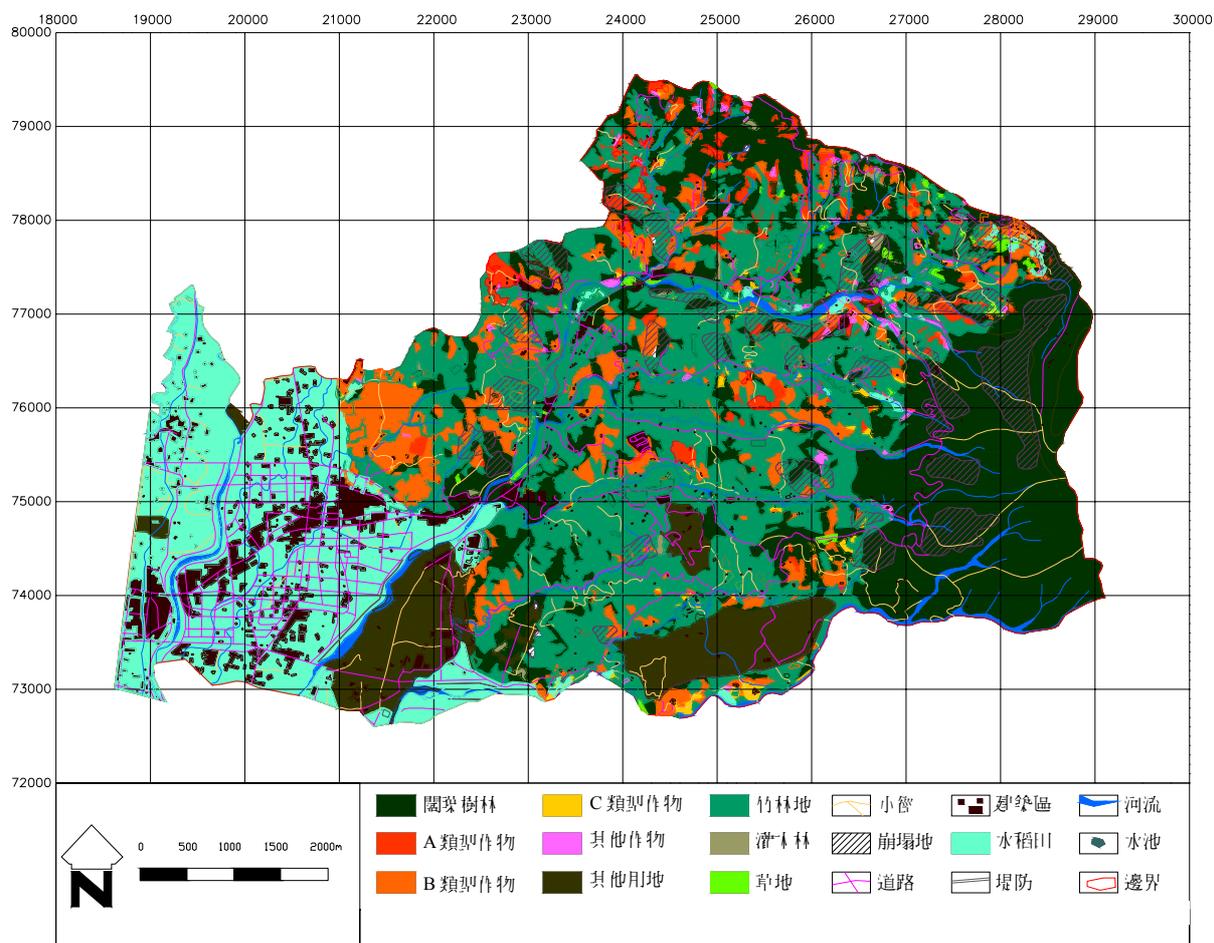


圖 8 大坑地區景觀元素圖

衡之機制外，更排除其移動至研究區外之可能性。

#### 4-3.3 景觀元素權重

權重之相對重要性依景觀元素中闊葉林所占多寡、對於生物移動時所造成之阻礙程度以及赤腹松鼠之喜好程度而定。本研究根據成偶比對法 (pair-wise comparison)，經過對比及計算得到下列之景觀元素相對重要性分析表(表 6)。成偶比對矩陣之建立係以每一層的評比要素為基準，以其所屬之下層之 n 個評比要素，進行兩兩比較，形成成偶比對的評估值，其所產生的  $C(n,2)=n(n-1)/2$  個評估值即為成偶比對矩陣。結果可知，權重最高為闊葉林(17)，最低為水池及河流(1.5)，此結果可為後續模擬之參考。

表 6 景觀元素相對重要性分析表

項目	1. 闊葉林	2. A 類型作物	3. B 類型作物	4. C 類型作物	5. 其他作物	6. 其他用地	7. 竹林地	8. 灌叢林	9. 草地	10. 小徑	11. 崩塌地	12. 道路	13. 刈除區	14. 水稻田	15. 堤防	16. 河流	17. 水池	18. 虛擬因子
權重	17	16	15	12.5	12	11.5	11	9.5	9.5	7	6	5.5	5	5	4.5	1.5	1.5	0

資料來源：本研究整理

#### 4-3.4 網絡滲透率疊合

取得大坑地區景觀元素之滲透率及其個別之權重後，進行各網絡單元之滲透率疊合工作。本研究根據數學組合法中之線性組合法[13]，結合模擬模型中偵測圖層屬性之功能，研擬出網絡單元滲透率之計算公式，其計算方式如下：

$$SP_{(x,y)} = \frac{K_1V_1P_1 + K_2V_2P_2 + K_3V_3P_3 + \dots + K_nV_nP_n}{(K_1V_1 + K_2V_2 + K_3V_3 + \dots + K_nV_n)}$$

其中， $SP_{(x,y)}$ 代表座標 $(x,y)$ 網絡單元中之綜合滲透率， $K_1 \sim K_n$ 表示 $(x,y)$ 網絡單元中第一個景觀元素至第 $n$ 個景觀元素之權重， $V_1 \sim V_n$ 表示 $(x,y)$ 網絡單元中第一個景觀元素至第 $n$ 個景觀元素是否存在， $P_1 \sim P_n$ 表示 $(x,y)$ 網絡單元中第一個景觀元素至第 $n$ 個景觀元素之滲透率，而 $SP$ 之計算及景觀元素之滲透率、權重，則透過 AutoCAD2000 軟體程式語言 Auto Lisp 撰寫程式計算分析，經過偵測，可得 $V$ 的數值大小，進而得知網絡單元之 $SP$ 數值。在計算出所有 $SP$ 數值之後，即可進行生物棲地搜尋模擬。

### 4-4 生物棲地搜尋模擬

#### 4-4.1 投入搜尋點位置

本研究以隨機方式選取赤腹松鼠最常出現之闊葉林區中，並投入搜尋點。

#### 4-4.2 搜尋點數量及移動次數

由於現有文獻並無明確之赤腹松鼠數量資料，因此本研究中需自行假設應投入之搜尋點數量，並可能使模擬結果顯著為依據。根據 AutoCAD 之初步實驗測試，評估本研究之搜尋點數量及移動次數。

1. 領域圈模式模擬：根據前述文獻回顧，赤腹松鼠之生活圈以 Circular 模式計算得到之平均值為 4.61ha，亦即其移動半徑約為 170m，當投入搜尋點之數量達到 200 時，且移動次數達到 10 次時，可呈現出與現實狀況相符且顯著之模擬結果，同時，搜尋點移動 10 次之距離在 500m 以內，相當接近實際之領域圈範圍。因此，本研究於領域圈模式進行模擬時，搜尋點之移動次數設定為 10 次，而搜尋點數目則由 200 開始向上遞增。依此，本階段分別取 200、500 及 800 個搜尋點，隨機投入闊葉林網絡單元進行模擬，可得 3 種不同之模擬結果。
2. 生物棲地模式模擬：依赤腹松鼠進行遷移設定極大之移動次數，使模擬進行後可得到密集之網絡單元穿越數據，以顯著之模擬結果，比較研究區中各網絡單元之相對重要程度。當搜尋點數量為 1，而搜尋點之移動次數達到 1000 時，搜尋點之移動路徑遍佈研究區中滲透率較高之區域，模擬之結果即可初步提供相對重要棲地之比對。

根據模擬試測，當投入之搜尋點數目到達 75 點以上、移動次數達到 1000 時，將大幅增加模擬所需之時間。因此，設定生物棲地模式模擬應投入 75 個搜尋點，1000 次移動模擬。本研究設定模擬次數為 5 次原因有二：當模擬進行 5 次時，其結果均呈現一定之趨勢，故可以此作為模擬次數之上限。此外，透過多次之模擬，可整合結果之相同處，進而歸納出適宜之生物棲地分佈。

### 4-5 模擬模型執行結果與分析

#### 4-5.1 領域圈模式模擬

自此模式下進行之模擬，無論是投入 200、500 或 800 個搜尋點，皆獲得相當一致性之結果。搜尋點隨機由闊葉林區向外發散，同時其移動距離控制在半徑 500m 之範圍內，由網絡單元之八個方向進行。模擬結果證明本研究先前設計之模擬模型架構具有相當之一致性，經過投入 3 種不同數目之搜尋點之模擬，依然可以獲得理想之結果，因此，可根據此一模擬模型架構，繼續進行生物棲地模式之模擬。

#### 4-5.2 生物棲地模式模擬

本階段共進行 5 次生物棲地模式之模擬，每次投入的搜尋點為 75 點，移動次數 1000 次，共計進行 375 個搜尋點之模擬。以下針對 5 次模擬之異同處提出比較及說明(表 7)，並以模擬路徑 A 為例，圖示其路徑密度分佈(圖 9)

表 7 生物棲地模式模擬路徑分析異同表

模擬項目	分析結果相異處	分析結果相同處
生物棲地模式模擬路徑 A(圖 9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆移動路徑主要分佈於北部闊葉林區。</li> <li>◆移動路徑進入山坡地與都市區域交會之建成區及水稻田區中。</li> <li>◆中部區域偏北處之闊葉林區移動路徑分佈稀疏。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆研究區東部及山坡地西南部有最密集之移動路徑分佈。</li> <li>◆山坡地西北部邊緣之移動路徑相當稀疏。</li> <li>◆河流穿越之區域之移動路徑分佈密度較鄰近區域低。</li> <li>◆研究區西部之區域絕大多數無移動路徑之分佈。</li> <li>◆若以「竹林地」、「崩塌地」及「其他用地」周邊區域之移動路徑分佈密度較稀疏。</li> <li>◆研究區域中部地區之移動路徑分佈較為稀疏。</li> </ul>
生物棲地模式模擬路徑 B	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆中部區域南端無移動路徑分佈。</li> </ul>	
生物棲地模式模擬路徑 C	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆移動路徑於中部區域之分佈極為稀少。</li> <li>◆移動路徑出現於山坡地西北部邊緣與都市區域邊緣之建成區域中。</li> </ul>	
生物棲地模式模擬路徑 D	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆移動路徑於研究區域東北部之分佈相當稀疏。</li> <li>◆移動路徑於中部區域南端之分佈較為稀少。</li> <li>◆分佈於研究區東北部「崩塌地」及「闊葉林」區域中之移動路徑相當稀少。</li> </ul>	
生物棲地模式模擬路徑 E	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆山坡地西北部邊緣區域移動路徑分佈稀少。</li> <li>◆大多數區域移動路徑分佈密集。</li> </ul>	

資料來源：本研究整理

搜尋點之移動路徑普遍分佈於大面積之闊葉林區域滲透率較高之區域，並且以其為向外發散之據點，許多完全無移動路徑分佈之區域，不外乎為河流、道路以及小徑分佈之區域。其中河川之流域分佈愈廣，可能造成之阻隔愈大，且這些線性景觀元素的分佈愈密集，造成之阻隔性更大。

此外，大面積之低滲透率區域，如竹林地、其他用地或水稻田等景觀元素，對於搜尋點之移動亦造成阻礙。由此可推測，嵌塊體之面積大小對於搜尋點之移動具有相當之影響力，而廊道之寬度及分佈之密度，對其移動亦造成強烈之影響。

#### 4-5.3 重要生物棲地區位搜尋

根據上述 375 個搜尋點，進行移動 1000 次之模擬結果，可以發現其路徑分佈之趨勢。為了進一步探討重要生物棲地之區位及其相對之重要程度，本研究利用 Auto Lisp 工具，偵測所有網絡單元被搜尋點穿越之次數，同時加以統計，並依經過次數繪出層級圖，以分析棲地之重要程度。茲說明如下：

1. AutoLisp 設計：根據 Auto Lisp 之分析統計，可知 5 次模擬中，首第 5 次生物棲地模式模擬路徑 E 中，

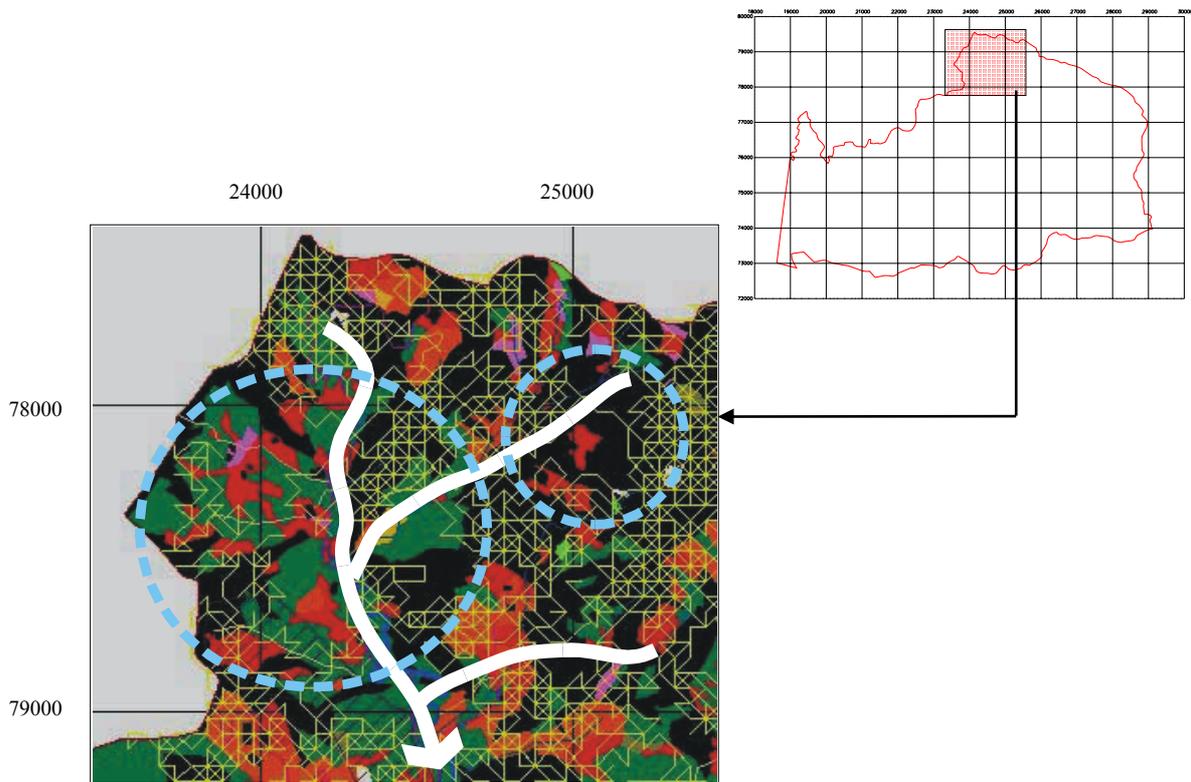


圖 9 模式 A 中路網密度分佈圖

出現網絡單元被穿越次數之極大值 57，最小值為 0，而 5 次模擬中，網絡單元被穿越次數之極大極小數值如表 8 其所有模擬之極大值均大於 39 以上，網絡單元之滲透率由 0.76 至 0.95，屬於高滲透率之區域。

表 8 網絡單元穿越次數極值表

模擬項目	穿越次數極大值			穿越次數極小值
	極大值	網絡編號	網絡單元滲透率	
生物棲地模式模擬 A	39	6343	0.95	0
生物棲地模式模擬 B	43	4860	0.88	0
生物棲地模式模擬 C	50	4647	0.88	0
生物棲地模式模擬 D	44	5264	0.76	0
生物棲地模式模擬 E	57	5501	0.95	0

資料來源：本研究整理

根據表 8，本研究將 0~57 依等距劃分，以進行生物棲地之分級。由於各個生物棲地模擬模式之穿越次數極大值有所差異，若分級的間距過大，則等級過少，將無法比較各模擬模式間彼此之異同，同時，為使結果更為顯著，需透過間距較小之等級劃分展現，因此，將間距訂為 6 而得出下列分級依據(表 9)：

表 9 棲地分級依據表

穿越次數	0-5	6-11	12-17	18-23	24-29	30-35	36-41	42-47	48-53	54-59
棲地等級	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

資料來源：本研究整理

2. 生物棲地分級與分析：經過 Auto Lisp 之繪製記錄，並利用 EXCEL 統計軟體計算分析而得如下結果(表 10)：

表 10 網絡單元穿越次數統計表

項目	模擬 A		模擬 B		模擬 C		模擬 D		模擬 E	
	穿越數目	佔所有網絡比例 (%)								
棲地等級 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.003
棲地等級 2	0	0	0	0	1	0.003	0	0	1	0.003
棲地等級 3	0	0	1	0.003	2	0.006	1	0.003	4	0.013
棲地等級 4	4	0.013	9	0.030	14	0.047	2	0.006	11	0.037
棲地等級 5	30	0.100	26	0.087	54	0.181	12	0.041	20	0.067
棲地等級 6	121	0.406	87	0.291	174	0.582	63	0.211	76	0.254
棲地等級 7	334	1.117	366	1.224	357	1.194	401	1.341	268	0.897
棲地等級 8	1092	3.653	1160	3.881	975	3.262	1280	4.283	1111	3.717
棲地等級 9	3659	12.241	3682	12.318	3342	11.181	3441	11.511	3919	13.111
棲地等級 10	24652	82.470	24561	82.166	24973	83.544	24692	82.604	24481	81.898
總計	29892	100	29892	100	29892	100	29892	100	29892	100

資料來源：本研究整理

由上表之比較可知，5 種模擬之棲地等級中，各穿越次數比例之相對比重大致相似，可推測出本研究區中，無論是最佳、次佳或是最差之棲地類型間應具有一定之比重。此外，由上表亦可得知，等級 1 至 8 之棲地類型都相當稀少，總計約佔本研究區之 5% 以內，而等級 9 之棲地類型稍多，約佔本研究區之 12% 左右，棲地等級 10 之棲地類型最多，約佔本研究區之 83%。以下針對各種模擬分級之情形作一說明與分析，並以分級 A 為例圖示之(圖 10)。

- (1) 生物棲地模式模擬分級 A：最高級之生物棲地集中於研究區最東南之角落，此區域為小管及研究區南方之河流所圍塑，景觀元素之組成全為闊葉林之環境。少數分佈於中北部區域，其景觀組成為闊葉林及各類型作物，且此區南北均有河流穿越。而山坡地西南部、北部大多為次級之生物棲地，呈現零星分佈。
  - (2) 生物棲地模式模擬分級 B：最高級之生物棲地集中於研究區東南方以及東部之邊緣地帶，尤其是 5 級以上之生物棲地，沿著東南部邊緣分佈。這些區域為道路及河流所圍塑，景觀組成多為大面積之闊葉林區。而中北部之闊葉林區以及各類型作物區間亦有較佳之棲地分佈，而中部地區及山坡地西北部幾乎無高級生物棲地存在。另有少數較佳棲地分佈於山坡地西南部邊緣之闊葉林區。
  - (3) 生物棲地模式模擬分級 C：最高級之生物棲地分佈於研究區東南部之闊葉林區，為道路及河流所切割。除此之外，其他較佳之生物棲地零星分佈於山坡地西南部及北部。
  - (4) 生物棲地模式模擬分級 D：最高級之生物棲地分佈於研究區東南部邊緣及東部，除了部分區域因道路及河流阻斷，並無較佳之棲地分佈，整個東部之闊葉林區幾乎都有優良生物棲地存在，而山坡地東北部及山坡地西部、西南部邊緣有較佳生物棲地之分佈。
  - (5) 生物棲地模式模擬分級 E：最高級之生物棲地分佈於研究區東南方角落、東部、北部地區以及山坡地西南方角落，其景觀元素多為闊葉林、各類型作物以及其他用地。而山坡地西部以及北部亦有較佳之生物棲地零星分佈。
3. 生物棲地適宜分佈：綜合上述五種棲地模擬分級之分析與說明，可知較佳之生物棲地分佈多位於相似之區域，如研究區東部、東南部、山坡地西南部以及山坡地中北部地區。為了整合出生物棲地適宜之

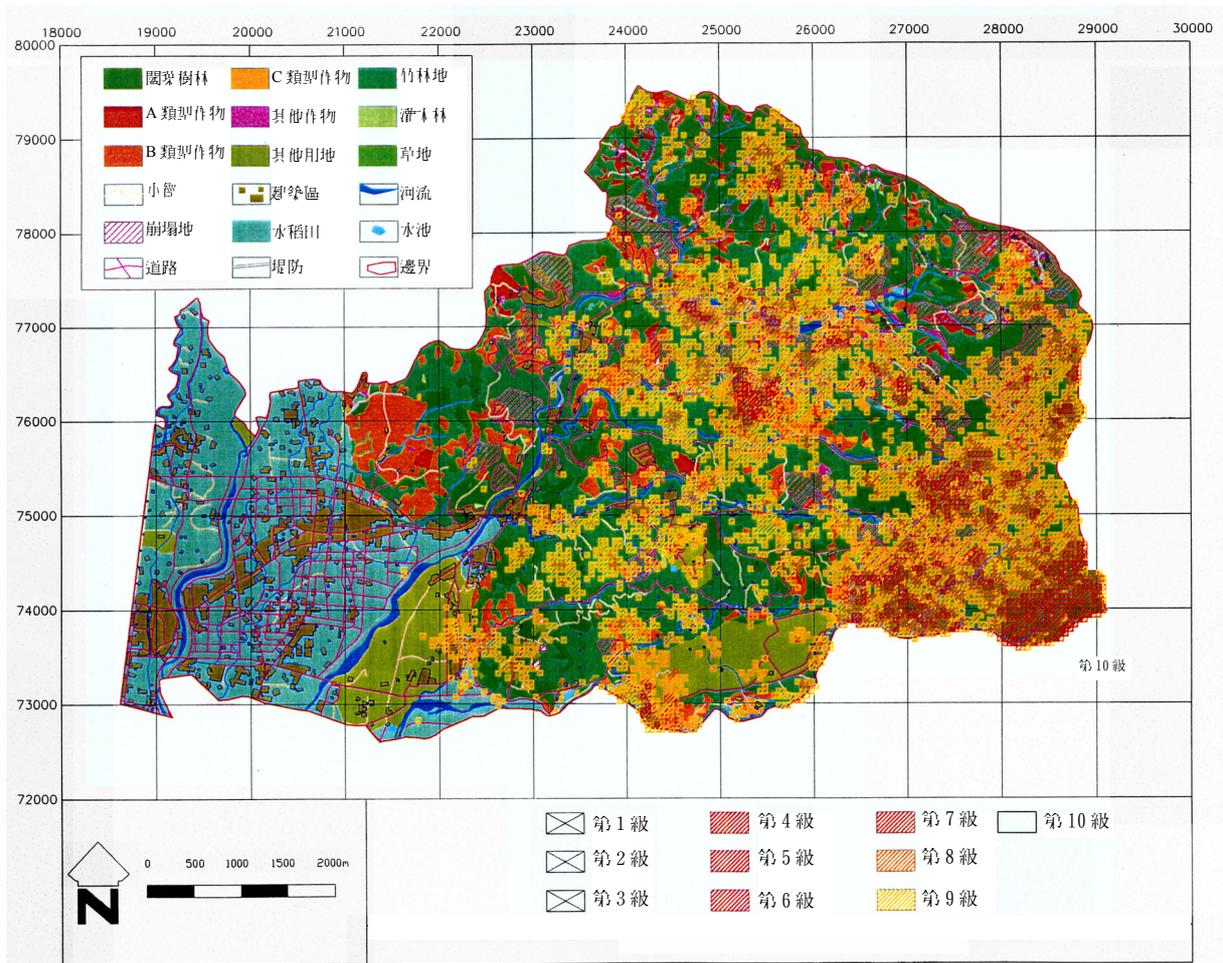


圖 10 生物棲地模式模擬分級圖 A

分佈位置，本研究透過 Auto Lisp 計算統計，將 30 個生物棲地模式模擬分級資料加總平均，以取得本模擬經過隨機計算之後的常態分佈情形，最後得到生物棲地模式模擬綜合分級圖(圖 26)。

綜上所述，可推論對赤腹松鼠而言，本研究區具有較佳且青優勢之區域，包括：

- (1) 研究區東南部之闊葉林區
- (2) 山坡地中北部之區域，包括各類型之景觀元素
- (3) 山坡地西南部邊緣之闊葉林環境
- (4) 研究區北部之闊葉林區
- (5) 研究區中部之零星闊葉林、各類型作物區
- (6) 山坡地西部之零星闊葉林、各類型作物區

#### 4-6 研究檢討

1. 實證生物調查資料：本研究之主要目的在建立生物移動之模擬模型，並藉此發掘台中市大坑地區適宜赤腹松鼠居住之棲地，重點在於模型架構之建立。由於研究中赤腹松鼠居住環境相關文獻不足、各景觀元素無精確之滲透率，故在本研究之實證研究中，無法取得精確的數據作為各個生物或環境參數之

- 給定資料。然其並不影響模型之建構，若日後取得更精確之生物環境資料或景觀變數滲透率之相關研究資料，可將其應用於已建構之模擬模型，僅在模型之部分針對不同之研究目標或實證生物進行參數之修正及權重之調整即可，而研究結果或因土地變遷頻繁、調查期間不同而與現況產生差異。但因此模擬模型可根據不同之生物資訊而反應出相對應之模擬結果，故仍具有使用之普遍性。
2. 研究工具：在研究工具之操作上，GIS 之相關工具系統具有強大之資料屬性查詢及分析能力然其程式語言模組 Avenue 之學習較為困難，且目前在操作上需要較高之技術，因此，本研究僅在平地地形土地利用類型資料之轉換時應用到 GIS，在進行生物移動模組之實驗時，則主要使用 AutoCAD 之程式語言工具 Auto Lisp 將其架構建立完成，除因其具有強大之繪圖能力，同時在 Auto Lisp 之環境下可快速完成研究所需之模型架構。
  3. 景觀元素權重：在景觀元素之權重給定上，採用線性組合法，雖然可以解決景觀元素之間的相依問題，但是在權重之給定上可能因主觀判斷造成若干之影響，因此，本研究所建構之模型應可就權重參數之擬定部分加以檢討。未來若有更詳細之生物與景觀元素間之量化數據，將可使研究之部分更加完善。
  4. 土地利用類型圖：由於國內相關單位建構之數位化資料不足，同時各單位間之資料並無完善之整合流通，本研究採用 72 年大坑地區平地地形土地利用圖為基圖乃因該圖係「以農林資源及土地利用」為調查對象，最能反應大坑地區實際土地使用情况，且「以電腦處理系統利用座標數據和統計面積，並用電腦繪圖儀複製農業土地分類圖」，十分詳盡，但本研究為求資料之更新，乃將此圖套疊 89 年大坑地區 1/25000 總建圖(此圖為研究當時之最新版)加以修正，以此作為本研究之基本圖。由於取得之資料僅為二維資訊，再經由人工數化後，資料可能出現若干誤差。
  5. 隨機點：由於大坑地區現有生物調查資料之不足，所以搜尋點之投入採取隨機之方式，在研究區現有之闊葉林區投入。隨機投入之區域或許具備極佳之生存條件，但其於現實環境中可能並無赤腹松鼠之存在，因而造成研究之若干誤差。
  6. 棲地分級：本研究在棲地分級時採取 10 級之分類，優點在於可凸顯最佳及最劣之棲地環境，清楚觀察優劣棲地之分散狀態，缺點在於棲地之分級過多，造成判讀之困難。

## 五、結論與建議

### 5-1 結論

1. 模擬模型建構：本研究根據相關文獻，建構出生物移動之模擬模型，並配合 GIS 以及 AutoCAD 軟體之程式語言 Auto Lisp 進行模擬以及實證，得到赤腹松鼠在景觀環境中移動、分散之模擬模型，以及赤腹松鼠之適宜生物棲地分佈。
2. 高解析網絡單元劃分：本研究採取高解析的劃分單元，透過 50m×50m 之網絡單元劃分，可使研究之誤差縮小，並使研究區中景觀元素之特徵更加顯著。藉由上述設定，可確保本研究有更精準之模擬歷程與結果。
3. 電腦程式輔助應用：由於研究區之尺度較大，網絡單元數目眾多，模擬所需之時間及人力皆無法估計，透過 AutoCAD 軟體之程式語言 Auto Lisp，將模擬模型建構於電腦環境中，並進行電腦計算，除可大幅縮短模擬所需之時間，並可提高實證研究之精確度。
4. 景觀生態學原理呼應：由各模擬結果觀之，可與景觀生態學中之各類原理相印證。

### 5-2 建議

1. 建構不同類型模擬模型：本研究之模擬模型係以赤腹松鼠為實證生物，其為陸生哺乳動物，且非為群居性生物，因此本模擬模型在應用時，仍應以個體生活之陸生動物為主。若以鳥類或群居生物進行相關研究，應針對其生活習性以及景觀環境與其關聯性，就模擬模型加以修正，以進行後續之實證工作。
2. 修正模擬參數或次數：礙於時間及設備，因此實證結果以初次之模擬進行分析，今後若從事相關研究，可透過更多次數之模擬，取得更為精確之結果。
3. 縮小研究範圍：以取得更詳細之研究區景觀元素分類及其屬性資料，俾模擬結果更為精確。
4. 訂定更合理之棲地分級：棲地之分級多，可突顯研究成果，卻過於瑣碎。分級少，可使結果清晰易讀，但無法明確判讀最佳或最劣棲地之位置。故應依研究之需求及限制，訂定合理之層級。
5. 研究景觀元素滲透率：未來進行相關研究，可朝向生物與景觀元素滲透率之相關性發展，透過精確之研究結果，使本模擬模型架構更為完整。
6. 給定更精確之權重：景觀元素對於實證生物之影響，未來可透過專家法取得相關領域專家學者之意見，以取得更具可信度之景觀元素之權重。
7. 加入影響行為因子：人類之活動與松鼠之行為可能相互影響，造成模擬結果之不同，未來可將其影響因子納入考量，使模擬模型之架構更加完整。

## 註釋

註 1：以直線計算領域之模式

註 2：以圓形計算領域之模式

註 3：以橢圓形計算領域之模式

註 4：以一種不包含估計參數之統計函數計算領域之模式

## 參考文獻

1. 尤少彬, 1981, 臺灣赤腹松鼠的生態與防治——兼論不平衡自然體系下之野生動物問題, 科學月刊 Vol.12, No.6, pp.9-11。
2. 尤少彬、林曜松、曾詠德, 1992, 溪頭赤腹松鼠生活圈之動態, 中央研究院動物研究所集刊 Vol.31, No.3, pp.199-211。
3. 王小璜、曾詠宜, 2000, 由景觀生態觀點評估都市公園綠地區位之研究—以台中市珠峰公園與豐樂公園為例, 第三屆造園景觀與環境規劃設計成果研討會論文集, pp.381-395。
4. 王小璜、吳慧巖, 2001, 都市廊道景觀生態功能評估架構之研究—以台中市東光園道為例, 造園學報 Vol.7, No.2, pp.99-119。
5. 白南彰等編, 2001, 台中市政府建設局八十九年度建設實務, 台中市政府建設局。
6. 俞孔堅, 1993, 物保護的景觀生態安全格局, 景觀生態學理論、方法與應用, 地景出版社。
7. 郭寶章, 2000, 松鼠研究古臺灣: 回顧與影響, 野生動物保育彙報及通訊。
8. 郭林術, 1993, 景觀異質性對干擾傳播的影響及其預測, 景觀生態學理論、方法與應用, 地景出版社。
9. 張俊彥, 1999, 以塊區形狀進行公園綠地評估之應用研究, 造園學報 Vol.6, No.1/2, pp.117-131。
10. 陳恩倫, 1988, 溪頭、杉林溪松鼠分佈差異與生育地因子之關係, 國立台灣大學森林學研究所碩士論文。
11. 趙羿、李月輝, 2001, 實用景觀生態學, 科學出版社。
12. 鄭錫奇等, 1997, 台中縣市的野生動物, 台灣省特有生物研究保育中心。
13. Apeldoorn, R.C. V., 1998, Applying ecological knowledge in landscape planning: a simulation model as a tool to evaluate scenarios for the badger in the Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, No.41, pp.57-69.
14. Boone, R. B., and M. L. Hunter., 1996, Using diffusion models to simulate the effects of land use on grizzly bear dispersal in the Rocky Mountains, *Landscape Ecology*, No.11, pp.51-64.
15. Bellmann, K., 2000, Towards to a system analytical and modelling approach for integration of ecological, hydrological, economical and social components of disturbed regions, *Landscape and Urban Planning*, No.51, pp.75-87.
16. Dramstad, W. E., D., Olson, J. and R. T. T. Forman, 1996, *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*, Harvard University Graduate School of Design.
17. Forman, R. T. T., and M. Godron, 1986, *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons Inc.
18. Gordon, G., 1978, *System simulation*, Prentice-Hall.
19. Gardner, R. H., and R. V. O'Neill., 1990, Pattern, Process, and Predictability: The Use of Neutral Models for Landscape Analysis. In M. G. T. a. R. H, editor. *Quantitative Methods in Landscape Ecology*, Gardner.
20. Hopkins, L. D., 1977, *Methods for Generating Land Suitability Maps: A Comparative Evaluation*. American Institute of Planners, No.43, pp.386-400.
21. Lewis, P. A. W., 1989, *Simulation methodology for statisticians, operations analysts, and engineers*, E.J.Orav.
22. Pritsker, A. A. B., 1979, *Introduction to simulation and SLAM*, Wiley : distributed by Halsted Press.
23. Pirnat, J., 2000, Conservation and management of forest paths and corridors in suburban landscapes, *Landscape and Urban Planning*, No.52, pp.135-143.
24. Stauffer, D., and A. Aharony, 1992, *Introduction to Percolation Theory*, Taylor and Francis.
25. Swenson, J. J., and J. Franklin, 2000, The effects of future urban development on habitat fragmentation in the Santa Monica Mountains, *Landscape Ecology*, No.15, pp.713-730.
26. Saura, S., and J. M. Millan, 2000, Landscape patterns simulation with a modified random clusters method,

- Landscape Ecology, No.15, pp.661-678.
27. Turner, M. G., R. H. Gardner, V. H. Dale, and R. V. O'Neill, 1989, Predicting the spread of disturbance across heterogeneous landscapes, *Oikos*, No.55, pp.121-129.
  28. Tang, S. M., J. F. Franklin, and D. R. Montgomery., 1997, Forest harvest patterns and landscape disturbance processes. *Landscape Ecology*, No.12, pp.349-363.
  29. Tischendorf, L., 2001, Can landscape indices predict ecological processes. *Landscape Ecology*, No.16, pp.235-254.
  30. Ziv, Y., 1998, The effect of habitat heterogeneity on species diversity patterns: a community-level approach using an object-oriented landscape simulation model(SHALOM), *Ecological modeling*, No.111, pp.135-170.

## 誌謝

本文係國科會專題研究計畫 NSC 91-2313-B-029-005 之部分成果。承蒙國科會經費補助，特此致謝。

# The Habitat Simulation Model Through Landscape Ecological Approach -A Case Study on Takeng Scenic Area in Taichung City

Hsiao-Lin Wang\*    Pai-Yi Lin\*\*

\* Department of Urban Planning and Landscape Architecture, Chaoyang University of Technology  
e-mail:hlwang@mail.cyut.edu.tw

\*\* Department of Landscape Architecture, Tunghai University  
e-mail:psnail@kimo.com.tw

(Date Received : March 07, 2003 ; Date Accepted : April 23, 2004)

## Abstract

Taichung City, which provides habitats for livings, has better parks and grasslands than the other cities in Taiwan. The purposes of the study are establishing a simulation model for biological habitats to examine the influences of landscape environment on biology, and to look for the suitable distribution for biological habitats at Takeng scenic Area in Taichung City. The study species of the study is *Callosciurus erythraeus*. The simulation model, is established based on the landscape ecological principle by applying AutoCAD and GIS. The simulation comprises in two parts: model for territory simulation and model for biological habitats simulation. The first one can analogize the feasibility of the simulation model, and the other can examine the coloration between the species and landscape ecological environment. According to the analyses of the distribution suitability of biological habitats, we conclude that the better living areas for *Callosciurus erythraeus* in Takeng scenic Area are as follows: 1.broad-leaved tree areas in the south-east; 2.north-middle areas of hillsides; 3.broad-leaved tree areas in the south-west of hillsides; 4.broad-leaved tree areas in the north areas; 5.fragmentary broad-leaved tree areas and other crop fields in the middle of the area; 6.fragmentary broad-leaved tree areas in the west of hillsides.

Keywords: Landscape ecology, Simulation model, Permeability, Landscape Elements, Biological habitats

