

# 應用地理資訊系統與景觀結構指數分析 得子口溪流流域景觀變遷之研究

許 哲 瑜<sup>1)</sup> 歐 聖 榮<sup>2)</sup>

關鍵字：景觀生態學、地理資訊系統、景觀指標、得子口溪流流域

**摘要：**近年來得子口溪流流域因遊憩人口的增加，導致該地區因人為開發而對地景環境的穩定性造成衝擊，因此如何有效的監測得子口溪流流域的景觀變遷，及探討景觀上改變可能造成之影響，對維持得子口溪流流域的永續發展就顯得非常重要。本研究利用地理資訊系統等空間技術，建立得子口溪地區 2009 - 2012 年共四年之景觀變遷的資料，透過 Fragstats 軟體進行各種景觀結構指數之量化計算，然後再以所得的指數配合現地調查，再分析得子口溪流流域在景觀上的改變及其所可能造成之影響。結果顯示得子口溪流流域上下游之景觀格局受到少數幾種(如：vegetation、water)優勢的景觀類別所支配，塊區分布相對也不均勻，往往導致生態功能未能發揮。且 vegetation 塊區形狀複雜程度不大，邊緣曲折度不高，缺少陸生、兩棲物種喜愛的邊緣棲地。在研究方法方面，我們發現景觀指數可為分析得子口溪流流域景觀變遷的良好工具。

## 前 言

宜蘭縣在發展觀光立縣的策略主導下，近年來政府與民間大力推廣觀光，尤以得子口溪流經的主體 - 礁溪鄉，被認定為極具區域性觀光發展潛力，自從實施週休二日，每逢假日期間為此區帶來大量人潮，雖然為地方觀光發展帶來商機，卻也造成鄰近土地，有農地轉用為商業用地的壓力或是原本養殖魚池朝向休閒農業發展而大興土木，造成原有生態棲地更形減少。此外，大量的觀光人潮對於原本寧靜的鄉村生活，其實暗藏著文化同質化與生活空間品質異變的影響。

---

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

得子口溪流域之上游區以種植柑橘及金棗聞名，農會更積極推廣休閒農業，設置觀光果園，下游區(竹安)因地勢低窪形成許多濕地、養殖魚池與養鴨人家。得子口溪流域西接山林地，東臨沿海濕地，中間為廣大的農地平原，涵蓋地表種類包含山林、瀑布、溪流、水圳、竹園、農田、養殖魚池、濕地與聚落都市等複雜多變環境，因此本流域得以孕育不同之植物群落與動物族群。近年來因農業開發與人民「地盡其利」的耕作習慣，許多河岸皆被農民開闢為菜園，農藥化肥直接進入河川，也使河岸植被結構單調均質化，減少生物棲地。得子口溪流域其地景本身具有重要的景觀生態特徵(農田 - 基質；竹園、果園 - 區塊；溪流、水圳、道路 - 廊道)，故選定為本研究範圍。

得子口溪為地勢低窪區，中下游經常發生淹水情形，從民國 72 年到 100 年已完成 8 期的整治工程，經過長期且大量工程改變過之後的得子口溪，水泥化、溝渠化，其生態棲地已單一化。本區是被環保署列管為嚴重污染河川，不僅是全縣唯一，也是東部唯一被列管的河川，雖經政府多年整治，河川仍屬污染。因此，本研究以此一開創風氣的地區作為環境景觀變遷的研究區，具有實質上的重要性以及研究性。本研究利用地理資訊系統等空間技術，建立得子口溪地區 2009 - 2012 年之景觀變遷的資料，並透過 Fragstats 軟體進行各種景觀結構指數之量化計算，然後再以所得的指數配合現地調查，再分析得子口溪流域在景觀上的改變及其所可能造成之影響。

## 文 獻 回 顧

### 一、景觀生態學(Landscape Ecology)

景觀生態學主要是研究景觀在不同尺度的空間變化，考慮空間格局的尺度與影響，並可用來探討空間異質性的發展。景觀生態學主要的研究主題在於景觀結構、功能及變遷。鄔(2003)指出景觀生態學是研究景觀單元的類型組成、空間配置及其與生態學過程相互作用的綜合性學科，強調空間格局、生態學過程與尺度之間的相互作用是景觀生態學研究的核心所在。目前在景觀方面的研究多以景觀生態學為理基礎，如劉(2004)以景觀生態學為理論基礎，利用歸納法從相關文獻中篩選出都市道路生態之生態評估因子；羅(2002)則結合景觀生態學與地理資訊系統對臺灣區域農地生態保育的最適生態策略區與具體的農地生態廊道建構之模式。

### 二、景觀變遷與景觀指標

景觀變遷(或譯為景觀改變、景觀變化)係指景觀內部各種矛盾與外部作用力相互作用的結果與表現，是景觀從一種狀態到另一種狀態的轉變過程。因而從某種角度來說，景觀的任何一種狀態都是景觀變化過程之中的一個片段。景觀的這種動態過程決定於景觀的內部結構和作用於景觀之上的各種力，研究景觀的變遷就是要研究景觀在時間和空間上的結構與量上的變化以及景觀變化的趨勢。因此，通過對幾個不同的時段的景觀間的變化分析，

就可以探究景觀變遷的動因和機制，從而為合理利用景觀，調整人類活動的力度和方式提供依據(賴和薛，2000)。楊(2001)說明景觀變遷通常指的是構成景觀的各種社經與環境因子，在一定時間範圍內可以觀察與測量其變化者。

景觀指數是一個重要景觀空間評估方法，經過景觀指數加以量化後可表達出景觀中空間分佈之關係，藉以了解景觀空間型態、生態功能及空間變化過程之作用機制。景觀指數特別適合當作景觀變遷的指標，台灣地區之河流常因人為或自然干擾導致土地利用變遷，此變遷又因干擾之種類及大小不同而異，其影響流域區之土地利用及生態系統穩定，以及增加其土地利用及其管理之困難度。唐(2009)以蘭陽溪流域為研究範圍，利用景觀指數分析方法，估計蘭陽溪流域地景變遷模式，實證影響地景變遷之主要因素，以瞭解人為活動與開發行為對地景變遷之影響。林(2011)研究指出高雄市政府持續大力整治愛河，並刻意營造河岸周邊親水設施與景觀再造，整治後的愛河景緻丕變，再度成為高雄市民與旅遊民眾的新景點。盧等(2008)利用景觀指數探討宜蘭冬山河河川整治與土地利用變遷，得知1982年至1988年變化趨勢最大為農牧用地；第二為建築用地，第三為水利設施用地，第四為其他用地；最後為交通用地。透過上述所言，景觀指數恰能描繪並反映出景觀的組成與分布，能有效彰顯景觀變遷的實質程度。

### 三、地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)

地理資訊系統是一門結合多領域的綜合性學科，利用電腦系統及軟體的科技技術，提供需要做出空間分析之各專業領域之間的一個操作平台。為了能夠有效的了解得子口流域的景觀變遷，本研究以地理資訊系統這門新興學科作為研究工具，更利用正射影像及實地調查來進行研究場地景觀變化之資料蒐集分析，可較清楚地顯示變遷的情況，而非一般以地籍圖套疊的方式僅獲得字面或圖型上的改變。本研究即利用地理資訊系統等空間技術，以及景觀指數分析探討得子口流域在景觀上的改變及其所可能造成之影響。

## 研究方法

為確實客觀了解基地環境之狀況，透過相關文獻資料之分析與整理，以農林航空測量所製得子口流域彩色正射影像為底圖，進行影像接合與定位校正。並多次前往研究場域進行田野調查，針對得子口流域上下游相關因子進行現地勘查、GPS定位、拍照與紀錄，且應用地理資訊系統ESRI ArcGIS 10.1軟體，並對照都市計畫圖與實地調查進行正射影像數化、空間分析、緩衝區分析，再透過Fragstats 4.2軟體進行景觀結構指數計算。

### 一、景觀指數之選取

近年有許多研究採用景觀指數作為分析景觀格局變遷的工具，李(2008)提出13種景觀指數是較常被相關研究援用分析，包含景觀面積百分比指數、塊區數目、塊區密度、平均幾何最近鄰指數、蔓延度指數、Shannon 均勻度指數、Shannon 多樣性指數等。劉黎明

在「景觀空間格局評估」一文中指出較常用的景觀格局指數包括：塊區密度、景觀豐富度指數、景觀均勻度指數、景觀聚集度指數、碎形維度等。游(2008)選取 8 個常用的景觀指數(塊區數目、景觀面積百分比指數、總邊緣長度、碎形維度、景觀形狀指數、Shannon 多樣性指數、Shannon 均勻度指數、蔓延度指數)，分析景觀指數的空間尺度效應。而林(2008)也採用塊區數目、塊區密度、平均塊區大小、總邊緣長度、景觀形狀指數、平均碎形維度、平均鄰近距離等指數對集水區整體景觀進行時空間型態變遷探討。又依據 McGahgal and Marks(1994)所提出的景觀結構量化之方法選擇相關的量化景觀結構指數，作為探討景觀變遷之指標，包括景觀多樣性指數、均勻度指數、碎形維度指數、相鄰性指數、散佈性指數、景觀面積百分比指數、最大塊區指數、平均形狀指數、以及面積加權後的平均形狀指數等。

本研究景觀指標之選擇原則以較具代表性與廣泛使用為主，使用文獻回顧法及深度專家訪談之方式，將上述相關研究常用指標歸納整理後，透過德爾菲法的專家問卷調查，重複進行問卷調查，直到所有指標皆能達到收斂來求出共識重要程度值排序，以選擇出適當的景觀生態指標作為研究分析之用。綜合上述，本研究使用下列六項景觀指標(詳見表 1)。

#### (一) Shannon 均勻度指數(Shannon's Evenness Index, SHEI)

Shannon 均勻度指數用來描述景觀層級中，不同塊區類型的分配均勻程度。取值範圍介於 0 與 1 之間。SHEI 值較低時，優勢度相對較高，反映出景觀格局受到少數幾種優勢的景觀類別所支配、塊區分布相對不均勻。SHEI 趨近 1 時，說明景觀格局中沒有明顯的優勢類別，且各景觀類別均勻分布(李，2008)。SHEI 有助於探討得子口河流域，vegetation、bare soil、build、road、water 五個土地使用塊區分布狀態。

#### (二) 平均幾何最鄰近距離(Mean Euclidian Nearest Neighbor, ENN-MN)

平均幾何最鄰近指數是指類別層級中，每一個 vegetation 塊區與其最鄰近體距離的總和除以具有鄰體的塊區總數，其數值越小，代表物種容易進行遷徙或繁殖的機率增加(Whitcom *et al.*, 1981)。ENN 有助於評估得子口河流域可能的功能，此功能同時考慮到人和野生動物的移動，以及各種在相同土地覆蓋類型的塊區移動的任何現象或過程，這也是本研究採用此指標來評估河流的空間景觀變化的理由。

#### (三) 塊區密度(Patch Density, PD)

塊區密度指數值(PD)，是指景觀層級中擁有的塊區數量除以景觀總面積，其值越大，代表擁有更多的塊區重復出現，棲地呈現破碎化(Saunders, Hobbs, & Margugical, 1991)，這樣的結果往往造成棲地區塊間生物不容易互相補充，單一生物族群比較容易絕種。因此，整體性的棲地破碎化會導致生物物種減少。塊區為景觀生態研究上的焦點，因為塊區常為物種之棲地，而其大小、數量、形狀皆容易影響生物過程。PD 有助於了解得子口河流域的景觀構型 (Landscape Configuration)，塊區數目所形成的結構，則可能影響生態過程的變化。

表 1. 景觀指數

Table 1. Landscape Indices.

景觀指數	描述	數值涵義
Shannon 均勻度指數 (Shannon's. Evenness Index, SHEI)	$SHEI = \frac{\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m}$ $P_i$ : $i$ 類別塊區占全景觀塊區的比例 $m$ : 景觀中出現的塊區類別數 單位 : 無 數值範圍 : $0 \leq SHEI \leq 1$	用來描述景觀層級中，不同塊區類型的分配均勻程度。其值較高時，景觀格局中沒有明顯的優勢類別，且各景觀類別均勻分布，生態功能較容易發揮。
平均幾何 最鄰近距離指數 (Euclidean nearest-neighbor distance_MN, ENN_MN)	$ENN\_MN = \frac{\sum_{i=1}^{n'} h_{ij}}{n'_i}$ $h$ : 塊區 $ij$ 到最鄰近相同塊區的距離 $N$ : 各類別塊區總數 $a_{ij}$ : 塊區 $ij$ 的面積 單位 : 公尺或英尺 數值範圍 : 0 - 最大網格數	指類別層級中，每一個 vegetation 塊區與其最近鄰體距離的總和除以具有鄰體的塊區總數，其數值越小，代表植物群體、陸生物種容易進行繁殖或遷徙的機率增加。
塊區密度指數 (Patch Density)	$PN = \sum_{i=1}^n P_i$ $P_i$ : 第 $i$ 類土地利用類型的塊區數 $PD = \frac{PN}{A} \times (10,000)^{m^2/b_a} \times 100$ $A$ : 所有塊區面積 ( $m^2$ ) 單位 : 1/公頃 數值範圍 : 0 - 最大網格數	指景觀層級中有更多相同土地覆蓋類型的塊區數量，呈現破碎化孤立效應，限制物種活動範圍，加重物種移動障礙，使塊區間物種不容易互相補充，單一生物族群更加容易滅絕。
蔓延度指數 Contagion (CONTAG)	$CONTAG = \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m [(P_i)(P_{ik})] \cdot \ln [(P_i)(P_{ik})]}{C_{max}} \right) \cdot 100$ $P_i$ : 由 $i$ 類土地利用類型組成的機率 $P_{ik}$ : $i$ 類 $j$ 類土地利用類型的塊區數 單位 : % 數值範圍 : $0 < CONTAG < 100$	指景觀層級中，每種塊區類型不同比例成積的總和越大，代表塊區類型呈現大幅度的聚合，空間複雜度降低，能有效過濾暴雨逕流，為一個高度有序的景觀。

標準化 景觀形狀指數 (Normalize Landscape shape Index, nLSI)	$nLSI = \frac{e_i - \min e_i}{\max e_i - \min e_i}$ $FRAC\_MN = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[ \frac{2 \ln P_{ij}}{\ln a_{ij}} \right]}{N}$	指類別層級中該類別的周長減去該類別的最小周長，除以該類別最大周長減最小周長之差。值越大，表示該 vegetation 類別形狀複雜度高，且具備邊緣效應，能大幅增加陸生、兩棲物種遷移接觸率。
平均碎形維度 (Mean Fractal Dimension_MN FRAC_MN)	$P_{ij}$ ：表示第 $i$ 類第 $j$ 個塊區之周長 $a_{ij}$ ：示第 $i$ 類 $j$ 個嵌塊體之面積 單位：無 數值範圍：1 ≤ nLSI ≤ 2	指景觀層級中，河流棲地塊區的複雜程度，其值越大，表示該具備多樣性與邊界複雜性，較少人為干擾所造成景觀的單一化。

資料來源：本研究整理

(四) 蔓延度(CONTAG)

蔓延度(CONTAG)是指景觀層級中，每種塊區類型不同比例成積的總和，其值越大代表塊區類型呈現大幅度的聚合，空間複雜度降低，能有效過濾暴雨逕流，為一個高度有序的景觀，具景觀美質 (Hunziker et al., 1999)。它能用來描述景觀格局中，不同景觀類別塊區的團聚程度或延展趨勢。其值介於 0-100 之間，可以檢測各類別塊區的離散程度。其值越小，代表得子口溪流流域景觀格局由許多分散的小塊區組成，破碎化程度較高；值越大代表景觀格局由少數團聚的大塊區組成；當 CONTAG 值越趨近於 100 時，代表景觀格局中有連接度極佳的優勢景觀類別存在。

(五) 標準化景觀形狀指數(Normalize Landscape shape Index, nLSI)

標準化景觀形狀指數(nLSI)值，是指類別層級中該類別的周長減去該類別的最小周長，除以該類別最大周長減最小周長之差，其值越大，表示該 vegetation 類別形狀複雜度高，趨於長型的塊區，且具備邊緣效應，能大幅增加物種遷移接觸率，如：攔截植物種子或是動物掠食機率增加(Guzwiller et al., 1992)，其值介於 0-1 之間，能檢視得子口溪流流域塊區邊緣的複雜程度。當地景中只有單一或高度集中的塊區時，nLSI=0，當該類塊區趨向離散時，nLSI 越趨近於 1。

(六) 平均碎形維度(Mean Fractal Dimension FRAC\_MN)

平均碎形維度指數(FRAC\_MN)，是指景觀層級中，河流棲地塊區的複雜程度，其值越

大，表示該具備多樣性與邊界複雜性。平均碎形維度為同類塊區所有塊區的碎形維度加總除以同類塊區的個數。其值為  $1 \leq \text{FRAC\_MN} \leq 2$ ，能了解得子口溪流域塊區邊緣的複雜程度。當  $\text{FRAC\_MN}$  趨近 1 時，塊區形狀較為簡單，為人為干擾所造成景觀的單一化；當  $\text{FRAC\_MN}$  趨近 2 時，塊區形狀越來越複雜，生態機能較容易保持。

## 二、景觀指數分析

蒐集 2009 年至 2012 年農林航空測量所所製的得子口溪流域之豐水期彩色正射影像，減少判圖之誤差，並配合都市計畫圖、數值高程模型(DEM)與實地田野調查相互查閱，進行數化、數據建模、空間分析與緩衝區分析。河川水系劃定利用 40x40 公尺數值高程模型(DEM)，並應用 WinGrid 地形分析模組分析定序。數化分類的方式參考 Knaapen 1992 年提出之景觀類型分類，考量得子口溪沿岸景觀類型單純，故將土地利用類型分為 5 大類，分別為 vegetation、bare soil、build、road、water (詳見表 2)。

濱水緩衝區的劃定，USACE(1991)與 Schueler(1995)認為研究都市型河川河畔緩衝帶時範圍應介於 100 - 200 英尺，而賓州淨水組織(The Pennsylvania Campaign for Clean Water)以「緩衝 100」為名，向美國賓州環保部提出建議案，要求賓州所有河川溪流周邊的開發案都需要保護水岸旁 100 英尺的林地。因此劃定調查範圍為得子口溪流域沿岸的 200 英尺(相當於 60.96 公尺)，並將疊圖之結果匯入 Fragstats 4.2 景觀結構指數軟體，進行 Shannon 均勻度指數、平均幾何最鄰近距離指數、區塊密度、蔓延度指數、標準化景觀形狀指數及平均碎形維度之計算。

表 2. 土地利用類型

Table 2. Land use types.

景觀類型	類別
vegetation	稻作、旱作、果樹、廢耕地、天然林、人工林、溼地、草生地、灌木荒地、公園綠地等，長期具有植體覆蓋之地。
bare soil	灘地、崩塌地、裸露空地、災害地、營建剩餘土石方。
build	政府機關、學校、醫院、公用設備、畜禽舍、牧場、農業附帶設施、博物館、演藝廳、音樂廳、文化中心、美術館、文物陳列館、工藝陳列館、圖書館、博物館。
road	道路、鐵路、機場、防汛道路。
water	河川、溝渠、水庫、湖泊、人工湖。

資料來源：參考自內政部國土測繪中心及 Knaapen (1992)提出之景觀類型分類

## 二、研究樣區- 得子口溪流域

得子口溪是宜蘭縣北部的河流，長度為 19.30 公里，流域面積為 98.35 平方公里，在頭城鎮竹安溪口出海匯入太平洋。本流域東西長及南北寬約 12 公里，流域形狀似扇形，地勢呈西高東低，從流域最高點約為 1,100 公尺降至出海口零公尺，流域分區為山地與平地兩部分。上游地區坡度極陡，平均坡度約為 1/4，下游鐵路以東地區地勢較為低窪，坡度平緩約為 1/1500，部份地區高程甚至在海平面或零公尺以下。全區屬亞熱帶季風氣候，全年平均溫度約 23.8°C、相對濕度為 86%、年平均雨量 2,537 公厘，每年八至十月為颱風季節加上強烈東北季風影響，降雨集中且雨量強度大，時而釀成淹水災害，造成生命財產嚴重威脅。

得子口溪沿途大小瀑布頗多，溪谷植物生態盎然豐富，著名的景點除了五峰旗瀑布、月眉坑瀑布、金面瀑布、新峰瀑布、猴硐瀑布與金盈瀑布等諸多瀑布之外，沿著得子口溪溪谷建造的林美石磐步道亦是宜蘭著名觀光景點。出海口是賞鳥者賞鳥的去處。本研究樣區上游為美慶山莊、七結橋，下游包括時潮橋和竹安橋。歷史上因河道變遷，得子口溪經常被蘭陽溪與宜蘭河等河流搶水或襲奪。在過去水利建設未發達的時候，這樣的情形每到大雨洪水即時常發生。今日因水利建設而使各河安於現今河道。

## 結果與討論

景觀變遷指標，直接反映了最近地景的變化。在這項研究中，所有的分析方法都是透過地理資訊系統來執行，結合 2009 年至 2012 年共四年之正射影圖，以 Arc GIS 10.1 辨識、分類，以及空間數化後，進行空間圖檔的轉檔，接著利用 Fragstats 4.2 軟體進行景觀結構指數計算，各個指標計算結果，詳見表 3。

### 一、Shannon 均勻度指數分析

Shannon 均勻度指數(SHEI)是用來描述得子口溪流域景觀層級中，vegetation、bare soil、build、road、water 不同塊區類型的分配均勻程度。其值範圍介於 0 與 1 之間。SHEI 值較低時，優勢度相對較高，反映出景觀格局受到少數幾種優勢的景觀類別所支配，塊區分布相對不均勻。SHEI 趨近 1 時，說明景觀格局中沒有明顯的優勢類別，且各景觀類別均勻分布。由表 4 之計算結果顯示四年來景觀指數 Shannon 均勻度指數值，上游為 0.44、0.42、0.38、0.36；下游的指數值為 0.23、0.21、0.20、0.21，變化幅度不大，其 SHEI 值皆較低，顯示得子口溪流域上游及下游之景觀格局受到少數幾種 (如：vegetation、water) 優勢的景觀類別所支配，塊區分布相對也不均勻，往往導致生態功能未能發揮。

### 二、平均幾何最鄰近距離指數分析

平均幾何最鄰近指數(ENN\_MN)是指得子口溪流域類別層級中，vegetation、bare soil、build、road、water 每一個 vegetation 塊區與其最近鄰體距離的總和除以具有鄰體的



表 3. 2009 年至 2012 年得子口溪流域景觀結構指數值

Table 3. 2009-2012 landscape structure index value.

年分	2009 年		2010 年		2011 年		2012 年	
	上游	下游	上游	下游	上游	下游	上游	下游
景觀結構指數								
Shannon 均勻度指數	0.44	0.23	0.42	0.21	0.38	0.20	0.36	0.21
平均幾何 最鄰近距離指數	6.04	7.01	6.07	7.12	5.77	7.40	5.86	7.42
塊區密度指數	212.71	397.31	222.10	416.19	238.40	415.55	242.96	420.13
蔓延度指數	64.53	56.59	63.18	56.34	62.06	57.19	61.88	56.48
標準化 景觀形狀指數	0.04	0.05	0.04	0.07	0.04	0.05	0.04	0.05
平均碎形維度指 數	1.26	1.19	1.26	1.19	1.27	1.19	1.27	1.19

資料來源：本研究整理

塊區總數，其數值越小，代表植物群體、陸生動物容易進行繁殖或遷徙的機率增加。這四年來，得子口溪流域上游之指數值分別為 6.04、6.07、5.77、5.86；下游之指數值分別為 7.01、7.12、7.40、7.42，顯示得子口溪流域上下游之塊區分布集中，其生態系之植物群體容易藉由所在的塊區進行穿越景觀的播種。

### 三、塊區密度指數分析

塊區密度指數值(PD)，是指得子口溪流域景觀層級中擁有的塊區數量除以景觀總面積，其值越大，代表擁有更多的塊區重複出現，棲地呈現破碎化(Saunders *et al.*, 1991)，這樣的結果往往造成棲地區塊間生物不容易互相補充，單一生物族群比較容易絕種。因此，整體性的棲地破碎化會導致生物物種減少。從 2009 年至 2012 年得子口溪流域上游之指數值分別為 212.71、222.10、238.40、242.96；而下游之指數值分別為 397.309、416.192、415.553、420.126，這說明得子口溪下游之塊區密度比上游之塊區密度大，有較多破碎的小塊區，呈現破碎化孤立效應，限制物種活動範圍，加重物種移動障礙，使得塊區間物種不容易互相補充，單一生物族群更加容易滅絕。這樣的結果往往由於人為開發，造成生態功能下游比上游較差。

### 四、蔓延度指數分析

蔓延度指數值(CONTAG)，是指得子口溪流域景觀層級中，vegetation、bare soil、build、

road、water 每種塊區類型不同比例乘積的總和，其值越大代表塊區類型呈現大幅度的聚合，空間複雜度降低，能有效過濾暴雨逕流，為一個高度有序的景觀，具景觀美質(Hunziker *et al.*, 1999)。從 2009 年至 2012 年得子口溪流域上游之指數值為 64.53、63.18、62.06、61.88；而下游之指數值分別為 56.59、56.34、57.19、56.44，這顯示四年間變化幅度都不是太明顯，但上游比下游的景觀格局由少數團聚的大塊區組成，能有效過濾暴雨逕流。

#### 五、標準化景觀形狀指數分析

標準化景觀形狀指數(nLSI)值，是指得子口溪流域類別層級中 vegetation 類別的周長減去該類別的最小周長，除以該類別最大周長減最小周長之差，其值越大，表示該 vegetation 類別形狀複雜度高，趨於長型的塊區，且具備邊緣效應，能大幅增加物種遷移接觸率，如：攔截植物種子或是動物掠食機率增加(Guzwiller *et al.*, 1992)。從 2009 年至 2012 年得子口溪流域上游之指數值為 0.04、0.04、0.04、0.04，而下游之指數值分別為 0.05、0.07、0.05、0.05，這代表得子口溪流域 vegetation 塊區形狀複雜程度不大，邊緣曲折度不高，缺少陸生、兩棲物種喜歡的邊緣棲地。

#### 六、平均碎形維度指數分析

平均碎形維度指數(FRAC\_MN)，是指得子口溪流域景觀層級中，河流棲地塊區的複雜程度，其值越大，表示該具備多樣性與邊界複雜性。從 2009 年至 2012 年得子口溪流域上游之指數值為 1.26、1.26、1.27、1.27；而下游之指數值分別為 1.19、1.19、1.19、1.19，顯示得子口溪流域整體塊區形狀呈現單調化，係由於人為干擾造成的景觀單一化。

## 結論與建議

本研究應用景觀結構指數結合地理資訊系統及正射影圖像分析得子口溪 2009 年至 2012 年之景觀變遷，獲得之結論歸納如下：

### 一、結論

河流具有水源地、水路運輸、旅遊娛樂、物質迴圈與生態保護、減弱城市熱島效應及調節局部氣候等功能。但河流也是最易受人類活動影響的生態系統之一。在過去的半個世紀中，人類對水資源的需求大量增加，大量排入河流，再加上河岸植被帶破壞、外來物種入侵、水土流失及築壩、分流、裁彎取直、堵塞、河岸固化等物理性建設活動，已造成全球範圍內的河流生態系統的破壞(Karr, 2000)。

得子口溪流域的自然生態景觀結構單一化，降低了環境的自淨能力；又由於風景區的設立以及城市化過程導致的人類活動加劇，破壞了原本的景觀格局，致使塊區破碎化程度加深，人口過度密集也給城市發展帶來了壓力，導致了景觀類型的高度聚集，城市熱島效應嚴重。由景觀指數計算發現，在景觀層級有破碎化趨勢，空間分佈越來越不均勻。同類型的塊區距離越來越近。對於外力干擾和外來物種入侵，蔓延速度增加，地景多樣性逐年

下降，地景的異質性降低。

得子口溪流域上下游之景觀格局受到少數幾種(如：vegetation、water)優勢的景觀類別所支配，塊區分布相對也不均勻，往往導致生態功能未能發揮。而 vegetation 塊區形狀因農業開發與人民的耕作養殖習慣，許多河岸皆被農民開闢為菜田、養殖魚池，使得河岸景觀結構單調均質化，減少生物棲地，對河川生態極為不利。

田野調查結果，首先是景觀環境的改變，因為大量遊客進入所產生之環境衝擊，以及為遊客旅遊所需因應而生之各種硬體建設，均改變原本得子口溪流域的景觀；再者由於環境改變對當地生態之影響，草地、林地消失，意味著生物棲地遭到破壞，生物之生存受到嚴重影響；其餘因人為活動所帶來之影響，如噪音、空氣污染等問題，均間接或直接影響當地之生態。再則得子口溪流域的溯溪活動以及其依水而生的濱溪自行車道、休閒農業等休憩場域，若能透過置入環境教育的溝通手法，可低成本，產生更多融入機會，讓更多遊客發現過去與水相處的軌跡案例，及水環境服務的價值。

## 二、建議

目前得子口溪流域所面臨的兩項生態保育壓力，主要可分為棲地破壞與遊憩壓力兩類。

### (一) 棲地破壞

開路、河川水泥化、農業與家庭廢水的污染，以及外來種入侵，都是造成得子口溪流域棲地破壞，這也是河流生態保育規劃所首要解決的問題，如能透過使用天然資材，就地取材結合現有整流工程結構物，營造多孔隙河岸，以提供物種棲息及植物生長之棲地，進而提供兼顧防災與生態之河川保育。

### (二) 遊憩壓力

遊憩行為所帶來的問題有二，其一是在因要遊憩需要所進行的工程，如道路拓寬與溪流水利工程，都是因應遊憩壓力而生。其次則是遊客所來的行為壓力，諸如遊客增加所產生的垃圾量增加、旅館興建、用水量增加、污水排放增加等，都會對當地溪流環境造成壓力。遊客人數固然可為當地帶來周邊利益，但遊憩設施及設施承載量之規劃設置，除了考量遊客人數外，仍需以生態保育為前提。如能號招業者組織河川志工巡守隊，帶領遊客進行河岸巡守、水質監測、生態觀察等環境教育實際體驗，推廣河川保育的重要，以達育教於民之成效。

## 參 考 文 獻

- 朱子豪。1993。墾丁國家公園地理資訊系統建立(一)。內政部營建署墾丁國家管理處委託計畫。台北。
- 李盈潔。2008。景觀指數在都市土地使用變遷上的分析應用。黎明學報。20(1): 71-81。
- 李曉文、胡遠滿、肖篤甯。1999。景觀生態學與生物多樣性保護。生態學報。19(3): 399-

- 407。
- 林士強。2006。利用景觀生態指數分析墾丁國家公園土地利用變遷之研究。逢甲大學土地管理所碩士論文。台中。
- 林裕彬、曾正輝、鄧東波。2002。景觀生態指數於集水區整體景觀時空間型態變遷探討。農業工程學報。48(1): 64-81
- 林綱偉。2011。愛河流域的景觀形塑與變遷。國立高雄師範大學地理學系博士論文。高雄。
- 唐克敏。2009。蘭陽溪流地景變遷及驅動力之研究。文化大學景觀學系碩士論文。台北。
- 游麗平、林廣發、楊陳照、林巧鶯、楊麗萍。2008。景觀指數的空間尺度效應分析—以廈門島土地利用格局為例。地球資訊科學學報。10 (1): 74-79
- 黃炫國。2011。海岸地區土地利用變遷對生態環境影響之分析。國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。高雄。
- 鄔建國。2003。景觀生態學 - 格局、過程、尺度與等級。五南圖書出版股份有限公司。台北。
- 鄧東波。2000。從景觀生態學觀點探討都市綠地-以台北市信義計畫區為例。中國文化大學地學研究所碩士論文。台北。
- 楊沛儒。2001。地景生態城市規劃-基隆河流域 1980-2000 的都市發展、地景變遷及水文效應。國立臺灣大學建築與城鄉研究所博士論文。台北。
- 廖亞禎。2002。校園土地利用之地景變遷-以中興大學台中校區為例，國立中興大學園藝學系研究所碩士論文。台中。
- 劉保廷。2004。以景觀生態學廊道理論探討都市道路生態評估因子之研究 - 以台中市西區為例。朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。台中。
- 盧光輝、林佳欣、葉惠中。2008。宜蘭冬山河河川整治與土地利用變遷。中國地理學會會刊。40: 41-57
- 賴明洲、薛怡珍。2002。陳有蘭溪流地景變遷之分析。中華林學季刊。35(4): 375-386。
- 羅宏銘。2002。農地景觀生態廊道建構之研究--以得子口溪流平原農地為例。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。台北。
- Craig, M. R. 1999. Landscape Patterns Along the Upper Mississippi River, USGS Project Status Report. pp. 99-108.
- Guzman, M. D. C. 2003. Landscape dynamics of a coastal lagoonal system: Southern Sonora Mexico, Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station.
- Heggen, D. T., A. C. Neal, C. Edmonds, L. Brice, and K. B. Jones. 1998. Tensas River Basin – A landscape approach to community - based environmental protection, EPA - Las Vegas Research Expo, Las Vegas.
- Hunziker, G., R. Paiella, K. J. Vahala, and U. Koren. 1998. Four-wave mixing mediated by the capture of carriers in semiconductor quantum-well amplifiers. In: CLEO '98: Technical

- Digest: Summaries of papers presented at the Conference on Lasers and Electro-optics. pp. 440-441.
- Karr J. R. and Chu E. W. 2000. Sustaining living rivers, *Hydrobiologia* 4: 1-14.
- Saunders, D. A., R. Hobbs, and Margules, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review, *Conservation Biology* 5(1): 18-32.
- Weng, Y. C. 2007. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization, *Landscape and Urban Planning* 81: 341-353.
- Whitcomb, R. F., C. S. Robbins, and L. F. Lynch. 1981. Effects of forest fragmentation on avifauna of eastern deciduous forest. In: *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*, R. L. Burgess and D.M Sharpe (eds.), Springer-Verlag, New York. pp. 125-205.

## Applying the Geographic Information Systems and the Landscape Metrics to Analyze the Influences of the Landscape Change in Dezikou River

Che-Yu Hsu <sup>1)</sup> Sheng-Jung Ou <sup>2)</sup>

Key Words: Landscape Ecology, Geographic Information Systems, Landscape Metrics, Dezikou River

### Summary

In recent years, due to the increase of tourists in the Dezikou River, the stability of its landscape environment has been influenced by human activities. For the purpose of sustainable development of the Dezikou River, it is very important to effectively monitor the transition of study area, and effectively explore the influences on the changes of landscape. To achieve the above objective, this research first utilized geographic information system and spatial technologies to gather data of the changes of the Dezikou River in the 2009-2012 years. The FRAGSTATS software was then employed to calculate the indices of landscape change. The resultant indices and corresponding field work were finally used to analyze the changes of landscape ecology and their impacts on the Dezikou River. The results show there was on the Dezikou River watershed landscape pattern of being a few advantage dominated the landscape category (e.g., vegetation, water) , the relative distribution of the block area is not uniform, often leading to ecological function failed to play. The shape of vegetation is not complexity, the degree of Zigzag edge is not high, there lacked of terrestrial, amphibious species favorite the edge habitat. Based on the conclusion in methodology, we find that landscape metrics significantly characterize spatiotemporal land use mosaic in landscape.

---

1) Graduate student in Ph. D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding Author.