

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計 畫 : 應用 GIS 整合河川生態環境與土地使用區位之研究-- *
* 名 稱 : 以新竹頭前溪下游為例 *
* ***** *

執行計畫學生： 許哲瑛
學生計畫編號： NSC 98-2815-C-216-022-H
研究期間： 98年07月01日至99年02月28日止，計8個月
指導教授： 閻克勤

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中華大學建築與都市計畫學系（所）

中華民國 99年03月23日

摘 要

台灣為一生態資源豐富的副熱帶島嶼，其河川流域幾乎已經涵蓋了本島之陸域環境，河岸地理與生態環境多敏感複雜又特殊。不過近年隨著台灣人口成長、經濟蓬勃發展，使得土地需求日增，造成都市不斷快速擴張，面對各項發展的需求，河岸開發勢必無法避免，然而過度開發卻會對河川自然環境遭受莫大的衝擊與破壞。近年來台灣河川生物資源逐漸枯竭及河川棲地受到破壞，皆與河岸土地之開發欠缺完善的土地利用規劃有密切關係。

河川地的開發利用應從建立生態環境與社會經濟永續發展的角度思考，在環境容受力下考量保育、開發和合理的利用水土資源，並配合河川地使用管理計畫，確保其永續生機。

本研究主要為應用土地使用適宜性分析理念，尋求環境與土地開發之最適發展型式，以新竹市頭前溪下游河岸環境空間為對象，進行地理資訊系統(GIS)整合分析及空間展示之操作。研究過程一方面建立頭前溪河岸資料庫，另一方面整合頭前溪河岸環境空間資源，使河岸開發在滿足生態環境與社會經濟永續發展的前提下，套疊出最適宜之環境空間發展區位。研究結果將獲得河岸土地利用潛勢及棲地敏感度的空間資訊，可作為未來河岸環境資源保育、土地開發利用及周遭發展計畫研擬之參考。

關鍵字：河岸、生態環境、頭前溪、土地使用適宜性分析、地理資訊系統

一、緒論

河川是自然界中最珍貴的自然資源，其與人類歷史的發展有密切的關係，隨著台灣人口成長、生活水準提升加上都市不斷擴張及產業經濟快速發展，河川自然環境遭受莫大的衝擊與破壞。近年來台灣河川生物資源逐漸枯竭，與河川棲地受到破壞有密切關係。如何改善環境品質，維持多樣性的河川棲地及動植物相，亦為河川保育研究最重要的課題及未來努力的方向。

台灣地區共有河川129水系，依流域形勢、經濟發展狀況等因素，區分為主要河川24水系、次要河川29水系及普通河川79水系。頭前溪是新竹縣的重要河川與水資源，其流域位於新竹縣、市境內，發源於霞喀羅大山，於新竹市南寮附近與鳳山溪匯流500公尺後注入臺灣海峽，流域面積565.94平方公里，主流長度63.03公里。目前頭前溪上流河段涵蓋大範圍之山區，開發較少自然度較高；於空間利用部分，隆恩堰以下河段由於周遭都市化程度高，使河川生態棲地面臨較大破壞。

河川地的開發利用應從建立生態環境與社會經濟永續發展的角度思考，在環境容受力下考量保育、開發和合理的利用水土資源，並配合河川地使用管理計畫，確保其永續生機。

目前有關頭前溪之研究方向往往針對頭前溪周遭外部變化對河川本身的影響進行水利及河床方面物理性的探討，例如以頭前溪中正橋段跨河及河防構造物對整體河性影響之研究（水利署，2003）；及河床質粒徑於河川縱、橫向之變化（陳柏翰，2006）。另外，於民國68年6月，台灣省水利局針對頭前溪治水減災方面開始進行相關的改善計畫報告，其重點包括：堤防護岸、河道疏浚、低水治理及新生地整地等。民國92年12月，經濟部水利署第二河川局核定「頭前溪河川環境營造計畫規劃」，內容包含治水、生態保育、景觀建置、水資源永續利用及河川管理維護。綜合以上可見目前頭前溪僅有治水及保育之重點計畫，尚無生態環境與土地使用整合之相關研究與探討。

因此，為使頭前溪水系成為兼顧自然、人文及永續發展的多樣性之河川，本研究將深入調查頭前溪下游兩側土地之生態環境與土地使用發展（參見圖一），建立GIS資料庫系統，進而利用本資料庫系統將自然環境條件應用於土地使用區位選擇之依據。研究目的主要歸納如下：

1. 利用地理資訊系統（Geographic Information System，GIS）建立新竹市頭前溪下游河岸之生態環境與土地使用現況之環境資料庫。
2. 在滿足生態環境與社會經濟永續發展的前提下，研擬頭前溪下游兩側自然環境與土地開發之發展潛力與限制，套疊最適宜之環境空間發展區位。
3. 利用套疊出的最適發展模式，完成頭前溪下游河岸空間整合與分析，作為未來環境資源保育、土地開發利用及周遭發展計畫研擬之參考。

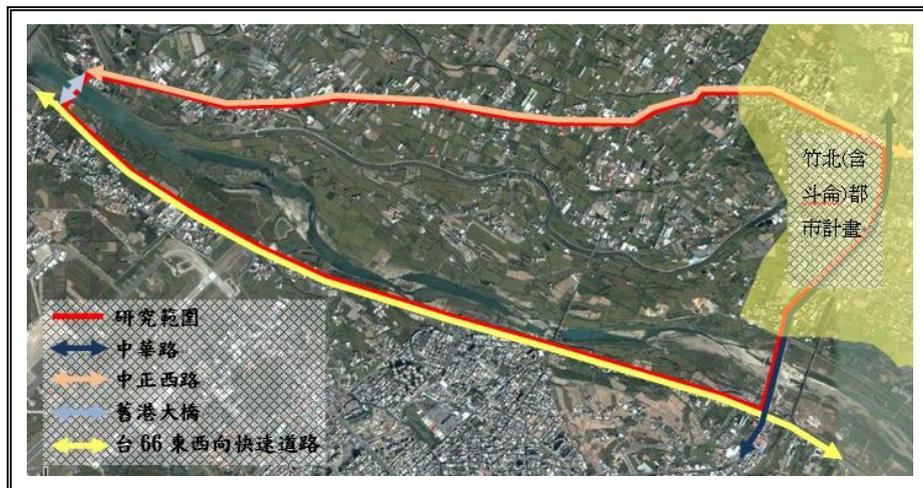
二、研究範圍與文獻回顧

(一)研究範圍

頭前溪流域位於新竹縣、市境內，其上游主要支流上坪溪發源於雪山山脈，流經五峰鄉及橫山鄉；竹東鎮上游發源於李棟山，流經尖石鄉、橫山鄉之油羅溪會合，自會流點再向西流經竹東鎮、芎林鄉、竹北市、新竹市後，於南寮附近注入台灣海峽。流域地形由東南山岳地帶向西北遞次傾斜至台灣海峽，大致可分為起伏狀的丘陵地、台地與沖積平原。頭前溪幹流長約63.03公里，流域面積約565.94平方公里；上坪溪流長約44公里，面積約253平方公里；油羅溪流長約26公里，流域面積約178平方公里（水利署二河局，2008）。

經過相關案例分析可知，河岸研究範圍的劃定應包含河川本身及沿岸的都市空間。由於頭前溪南側有東西向快速道路，而快速道路屬大型建設，將土地開發與生態之間隔絕開來，故南側以東西向快速道路為界；北側以路寬15米的中正西路（縣118）為界；東側及西側則以相連接的頭前溪大橋（中華路）及舊港大橋相接，研究範圍參見圖一。

範圍劃定以頭前溪以西、中正西路以南、舊港大橋以東及台66東西向快速道路以北為本研究之研究範圍。研究範圍總面積約970.27公頃，而竹北(含斗崙)都市計畫在本研究範圍內的面積約114.29公頃，約佔總面積11.77%(參見表一)。



圖一 研究範圍圖

資料來源：經濟部水利署二河局

表一 研究範圍河岸各項土地面積統計表

項目	土地屬性分類	面積(公頃)	百分比(%)
都市土地	竹北(含斗崙地區)都市計畫	114.29	11.77
	非都市土地	856.41	88.23
	總計	970.7	100%

資料來源：本研究整理

(二)文獻回顧與探討

由於本研究之研究對象主要以頭前溪下游兩側河岸為主，並以其土地使用之類型和自然生態環境間之關係為探討方向，故本研究以河岸生態、頭前溪以、土地使用適宜性分析及GIS地理資訊系統等關鍵字搜尋整理目前國內的研究方向。

1.地理資訊系統應用之相關研究

由於現今電腦科技的發展相當成熟，皆走向一般化與生活化，加上許多軟硬體相關技術不斷的推陳出新，對此使GIS的應用更是注入一股新的動力。目前地理資訊系統的應用技術集結電腦測繪、遙感探測、資料管理及電腦輔助設計等四個領域，且在開發中國家的使用也有漸增的趨勢，以下概整國內外GIS相關的應用與研究：

(1) 國外相關應用與研究

Varnes (1984) 提出滑坡危險度的基本原理，利用GIS建立泥石流災害點所處位置各屬性資料的GIS空間資料庫，進而計算災害點與各屬性相對組合頻率，以了解各災害點敏感性的高低。

Carrara and Guzzetti將GIS運用在加拿大安大略湖水壩的安全管理上，並以Arc CAD地理資訊系統，提供地理分區之空間資訊外且擁有AutoCAD的圖形處理的能力，以作為水壩安全治理決策的輔助工具。

(2) 國內相關應用與研究

a.水庫集水區方面：

許偉岳 (2004)、俞紹揚 (2005) 分別研究建立曾文水庫集水區防災治理工程管理資料庫系統，即整合了GIS及衛星定位系統 (GPS) 等技術，並利用程式語言建立後端支援資料庫。經由資訊化管理模式，有效控管集水區內各項防災治理工程之現況，有益於集水區存取、更新維護及安全管理。

林雅玲 (2005)、李偉銘 (2006) 等，應用土地適宜性分析方法與GIS對空間分析的整合，對不同土地型態作適宜性評估，並配合土地利用現況與現行制度規範，以探討土地條件應用於水庫集水區土地利用評估上的影響，達成集水區最適化土地利用型態的空間分布。

b.山坡地方面：

侯春帆 (2006)，利用遙感探測 (RS) 的即時性，取得同地區不用變化的動態因子，搭配植生強烈反射近紅外光之特性，以常態化差異植生指標 (NDVI) 進行崩塌地判釋，再透過地理資訊系統 (GIS) 為動態因子與地文間的相關性進行分析，進而繪製山崩潛感圖。

王思樺 (2002)、莊耀中 (2003)、林基源 (2003) 等利用GIS及ArcView建立地形影響因子的基本資料庫，並配合SPSS進行影響因子檢定與分析，最後繪製土石流危險分區圖，以利判斷可能發生土石流之位置與潛勢。

c.地景方面：

簡炯欣 (1999) 以惠蓀林場內的關刀溪長期生態試驗地為試區，探討其地景格局變化情形，並與惠蓀林場作坡度、坡向、海拔高、年平均溫度、年降雨量、全天光空域、水分梯度指數及溫度指數等八項有關生育地因子

比較。結果顯示地景變化已漸趨穩定。

丘邁克(2003)以七股地區為試區，利用地理資訊系統(GIS)已進行相關模型建構、資料的處理與分析工作，並嘗試利用GIS找出環境敏感地帶，以作為生態旅遊管理規劃之用。研究分析結果發現七股地區的確具有發展生態旅遊的良好條件。

2. 土地使用適宜性分析之相關研究

現今國內外以土地使用適宜性分析應用於土地使用的研究，已相當廣泛，本研究概整理國內外一些適宜性分析之相關應用與研究文獻，期能從中找出如何應用不同土地使用適宜性方法，處理與討論本研究所欲進行探討之課題。相關應用與研究整理如表二。

表二 土地使用適宜性分析之國內相關研究表

研究者	使用方法	內容概述
Betters and Rubingh (1978)	線性組合法、無階層性規則組合法、多變量分析中群落分析方法	應用線性組合法、無階層性規則組合法、多變量分析中群落分析方法來研究荒野土地之分類，即此荒野土地做七種不同土地使用時土地適宜性等級。
唐一凡(2000)	文獻回顧法、同質界定法	應用因子分析法、群落分析法分析山坡地，由防災觀點探討山坡地土地開發之適宜規模、並以台南縣南化水庫集水區之山坡地為例。
張小飛(2001)	文獻回顧法、生態規劃法	在增加森林資源經濟效益與生態保育前提下，對惠蓀林場進行最適土地利用規劃研究。
黃羽舟(2002)	文獻回顧法、同質界定法	以同質界定法為基礎，經因子分析與群落分析探討地層下陷地區農地變更開發為高科技工業區之適宜性分析，並以嘉義縣布袋鎮為例。
陳朝龍(2002)	文獻回顧法、層級分析法(AHP)、模糊隸屬度	以GIS系統為基礎，結合模糊隸屬度、與層級分析法(AHP)，對不同的土地利用型態進行土地使用適宜性分析評估

資料來源：黃羽舟，2002；本研究整理

3. 小結

綜合上述，可知GIS分析最適用於分析決策所需的實質環境資訊與社會資訊，其優點在於是可作為資訊溝通及建立環境認知的強大分析工具。而「土地適宜性分析」為環境規劃之一種工具，可藉以分析自然環境對各種土地使用之潛力與限制，確保開發行為與環境保育目標相容，有效將資源做最適之空間分配。

因此，藉由GIS及土地適宜性分析作為本研究操作與進行的基礎，以瞭解土地資源的容受力，配合土地使用活動之需求，分析自然資源提供進行土地使用之適宜性，以達開發與保育兼顧之目標。

三、研究方法及步驟

本研究將研擬一套合適的生態環境及土地使用的指標，作為河岸土地空間整合評估模式之分析與操作的基礎。目標層級包含「生態保育價值」與「土地使用價值」兩項。「生態保育價值目標值」乃指評估範圍內具有生態保育的量化值，以棲地完整性為主題，其考量因子有塊區尺寸、邊界結構，及廊道連結度等評估指標。「土地使用價值目標值」重於土地開發利用上的價值之估計，土地開發的價值主要建構在土地使用的承載力與容受力兩項，考量因子包括土地使用強度、設施資源強度，以及道路使用強度等評估指標。評估層級體系表參見表三。

表三 河岸環境評估層級體系表

目標	第一層級準則	第二層級指標
生態保育價值	棲地完整性	塊區尺寸（面積）
		邊界結構（形狀）
		廊道連結度
土地使用價值	土地開發	土地使用強度（樓地板面積）
		設施資源強度（公共設施分佈）
		道路使用強度（道路等級及可及性）

資料來源：閻克勤等，2007、王櫻燕，2006、本研究整理

(一)評估指標及方法

1.棲地完整性

河岸具有多樣化棲地特色，棲地的空間與食物來源提高，生物多樣性也會隨之增高，可知棲地空間及完整性對生態十分重要。因此，本研究將分析棲地空間特性與群落結構完整性，並藉由棲地空間探討生態棲地指標。

景觀的格局影響並決定著各種生態過程，嵌塊體的大小、形狀與連結度會影響到景觀內物種的豐度、分佈、族群的生存能力及抗干擾能力（Fahring and Merriam,1985;Freemark and Merriam,1986）。因此，塊區尺寸、邊界結構、連結性均為重要之評估指標（Forman and Godron,1986；Forman,1995）。透過此項指標，將有助於了解生態網絡能量傳遞的程度。

(1)塊區尺寸（patch size）：

棲地塊區的面積大小與生物多樣性的關係密切，面積越大者所保有的生物遺傳基因就越多，對環境變動的適應範圍也越大，則生態指數越高（Forman and Godron,1986）。塊區較小的棲息地，其所能供養的原生物種也隨著變少；倖存的剩餘物種，其族群數量變小、生產力降低、繁殖力變弱，使得原有物種消失的可能性提高（Marsh,2002）。因此，即以區域中棲地塊區的面積大小評分其等級。

(2)邊界結構（edge structural）：

棲地塊區的形狀對生存在其中或鄰近生物的覓食以及物質和能量的遷移有重要的影響，圓形或方形的嵌塊體邊緣效應較小，動物的遷移或覓食受的較小的影響，較利於物種的保護 (Forman,1995)。

棲地形狀指數通常是經過某種數學轉化的塊區邊長與面積之比，以結構最緊湊又簡單的幾何形狀（如圓或正方形）用來標準化邊長與面積之比，從而使其具有可比性。因本研究將基本圖以正方網格切割，故採正方形的計算公式（鄔建國、唐先柏，2003）。

$$S = \frac{0.25p}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

p ：周長， A ：面積， S ：形狀指數

S 指數即以區域中棲地形狀的周長與面積計算。 S 值範圍介於1~2 之間，其值越大表示形狀愈不規則，反之則越小。

(3)廊道連結度 (connectivity of corridors)：

在兩個棲地之間的廊道可以減緩棲地破碎化的負面影響，廊道可以促進棲地間動植物的移動，且減少棲地因破碎化而面臨物種降低之可能性，更可以提高物種或種群的生存力。兩棲地間的廊道可以改變物種豐富度和組成，並降低物種在破碎的棲地消失之可能性，以便提高物種滅絕而產生的再移植行為 (Collinge,1996)。連接度愈高者，表示區塊所連接成的網路系統，其複雜程度愈高。區塊間之距離度，會影響彼此之間生物的流動，區塊之間距越近，則它對生物通的相對吸引力越高，也能吸收較多的生物進入自己的區塊 (Marsh,2002)。因此，即以區域中棲地廊道的「連接指數」進行等級評分。

$$r = \frac{2e}{v(v-1)} \quad (2)$$

r ：連接指數， e ：線或邊緣的數量， v ：點或端點的數量

r 指數是一個網絡中連接廊道數與最大可能連接廊道數之比。 r 值範圍介於0~1 之間，其值越大表示連接度越高，反之則越小。

2.土地使用發展

在都市土地使用的部分，經由生態土地使用的相關理論與規劃方法，可了解在探討土地使用的合理性時，不僅要考量以人為主的經濟與實質機能層面，亦須探討土地使用與自然環境間的相互影響關係，其中又以土地的承載力、容受力為最重要的考量因素，方能達到提升整體環境利益之目標 (江友直，2006)。

在土地使用評估部分，主要探討土地開發和人為活動的使用強度，藉以整合其對生態棲地環境的影響。考量因子包括土地使用強度、設施資源強度，以及道路使用強度等評估指標，透過指標分析，可了解都市紋理與未來可能之發展。

(1)土地使用強度：

容積係指在一定土地面積範圍的建築物容量，土地的建蔽率與容積率展示建築物的樓板面積，建築為人造空間，可反映出活動強度之大小，土地使用強度越大者土地開發價值越高。容積率（樓地板指數）為區域面積與建物總樓地板面積之比，為都市計畫中有關土地使用強度之計量指標 (施鴻志，

1997)。因此，本研究以區域中的容積率大小作為該指標的評估標準。

$$N = \frac{\sum(q \times Q \times c)}{\sum q} \quad (3)$$

N :區域的平均容積率， q :單一土地使用別在基地內面積

c :單一土地使用的容積率 Q :單一土地使用的建蔽率

(2)設施資源強度：

公共設施的分佈可反應人為活動的範圍，公共設施服務等級越高、分佈越密集的區域，該設施服務能力越高，則其土地開發價值相對亦越高(閻克勤等，2007)。

影響係數為本研究依據公設類型其鄰避性對環境與人為活動影響程度所訂定之參考值， $n=2$ 者為對環境污染性高的鄰避型公共設施， $n=1.5\sim0.5$ 者為非鄰避型公共設施，並依其綠化面積、建蔽率與容積率分類， n 值越小者綠化面積大，建蔽與容積率小，平均單位時間活動人數較小，對環境破壞越少。

$$D = \sum(n \times d) \quad (4)$$

n :是公設據點數量， d :公設類型對環境影響係數值(見表四)，

D :為活動資源強度指數

表四 公設類型影響係數表

設施層級	服務範圍	設施項目	影響係數 (d)
區域性公共設施	跨越都市	垃圾掩埋場、焚化爐、污水處理場	2
全市性公共設施	都市內部	高中、市立圖書館、文化中心	1.5
社區性公共設施	聯里社區	郵政電信、加油站、公墓、變電所 電力事業、醫療衛生機構、國中	1
鄰里性公共設施	鄰里單元	鄰里公園、兒童遊樂場、廣場、市場、國小	0.5

資料來源：閻克勤等，2007

(3)道路使用強度：

道路的服務等級可見區域裡面人為的需求與活動量，道路服務需求越高者，則其土地使用價值目標值越高，其吸引的活動量也愈多，相對的土地開發價值也愈高，而對環境的影響則愈大(閻克勤等，2007)。

道路可及性亦為影響道路使用強度的重要因素，其影響範圍依其距離區分成四個等級。道路系統可依其服務性質分成快速道路、主要幹道、集合道路與地區街道四個層級(施鴻志，1997)。其區分如下：

- a.快速道路(區域性)：跨區域性的交通，通過之車流量大，如省道。
- b.主要幹道(全市性)：供都市內交通需要的主要系統，車流量稍大，如縣、市道。
- c.集合道路(社區性)：地區內連接至主要幹道的道路，車流量稍小，如鄉、鎮

道。

d.地區街道(鄰里性)：服務地區內交通需求者，如一般街道。

各項指標評估等級尺度及評估參數整理如表五所示。

表五 生態保育與土地使用價值目標值等級參數表

準則	評估指標	評估方法	評估等級尺度		參數得點值
棲地完整性	塊區尺寸	由衛星圖像和調查數據資料判讀 (Forman,1995)	$6.75 < \text{棲地面積} \leq 9$	第一級	4
			$4.50 < \text{棲地面積} \leq 6.75$	第二級	3
			$2.25 < \text{棲地面積} \leq 4.50$	第三級	2
			$0 < \text{棲地面積} \leq 2.25$	第四級	1
	邊界結構	$s = \frac{0.25 \varepsilon}{\sqrt{A}}$ (鄔建國、唐先柏, 2003)	$1.0 \leq s < 1.12$	第一級	4
			$1.12 \leq s < 1.41$	第二級	3
			$1.41 \leq s < 2.0$	第三級	2
			$2.0 \leq s$	第四級	1
	廊道連結度	$r = \frac{2z}{v(v-1)}$ (江友直, 2006)	$0.75 < r \leq 1$	第一級	4
			$0.5 < r \leq 0.75$	第二級	3
			$0.25 < r \leq 0.5$	第三級	2
			$0 < r \leq 0.25$	第四級	1
土地開發	土地使用強度	$N = \frac{\sum(q \times Q \times c)}{\sum q}$ (施鴻志, 1997)	$45\% \leq N$	第一級	4
			$30\% \leq N < 45\%$	第二級	3
			$15\% \leq N < 30\%$	第三級	2
			$N < 15\%$	第四級	1
	設施支援強度	$D = \sum(n \times d)$ (施鴻志, 1997)	$2 < D$	第一級	4
			$1 < D \leq 2$	第二級	3
			$0 < D \leq 1$	第三級	2
			$D = 0$	第四級	1
	道路使用強度	依道路系統四個服務層級配合道路可及性距離交叉參照 (施鴻志, 1997)	快速道路(0-300m)	第一級	4
			快速道路(301-600m); 主要幹道(0-300m)	第二級	3
			快速道路(601-900m); 主要幹道(301-600m); 集合道路(0-300m)	第三級	2
			地區街道及上述影響區以外地區	第四級	1
	土地使用強度	$N = \frac{\sum(q \times Q \times c)}{\sum q}$ (施鴻志, 1997)	$45\% \leq N$	第一級	4
			$30\% \leq N < 45\%$	第二級	3
			$15\% \leq N < 30\%$	第三級	2
			$N < 15\%$	第四級	1

資料來源：本研究整理

(二)研究步驟

本研究針對土地使用開發對河川生態環境變化影響做分析，依據所擬定之研究目的，本研究之架構首先是經由相關文獻的回顧與探討後，將蒐集頭前溪下游土地使用及各項環境因子資料，進行自然環境與土地使用兩因子之初步調查與選擇；再將其調查結果利用土地使用適宜性分析建置資料庫系統，結合GIS地理資訊系統疊合各項環境因子與土地使用資料，以分析河川生態環境與土地使用兩者

間之最適發展模式；最後是結論與建議。本研究之架構簡要說明如下(研究流程圖參見圖二)：

1.文獻回顧

文獻回顧將探討、整理、分析過去曾經進行的有關河岸環境、環境評估、永續發展、空間分析、土地使用適宜性分析以及GIS地理資訊系統等關鍵字為主的相關學術論文、雜誌期刊、研討會報告、規劃報告書以及國內外相關書籍等，以了解河川生態環境及土地使用等相關的發展與研究。

在蒐集整理文獻同時，將對新竹市頭前溪河岸進行生態資源與土地使用資料調查、蒐集與整理，歸納出研究範圍的自然生態環境特性與土地使用特性進行分類。最後從現有的研究成果或經驗歸納出本研究可參考的相關理論、定義以及研究方法。

2.分析指標與評估模式建立

初步分析本研究範圍內歸納分類之生態環境特色及土地使用型態，依本研究在人力、物力及時間限制下，所能建立之基地環境基本資料，建立分析評估層級準則，並研擬相對權重值與絕對權重值，以進行評估指標的關係比較探討，並建立分析評估計算模式，以建構生態環境與土地使用空間區位環境衝突整合模式。

3.頭前溪河岸生態資源與土地使用整合分析

依據頭前溪下游河段之環境特性，利用土地使用適宜性分析法分析土地使用與自然生態環境兩者之衝突與重點區位，促使生態保育與土地使用發展上的最適性，進而增進生態環境與社會經濟的永續發展。

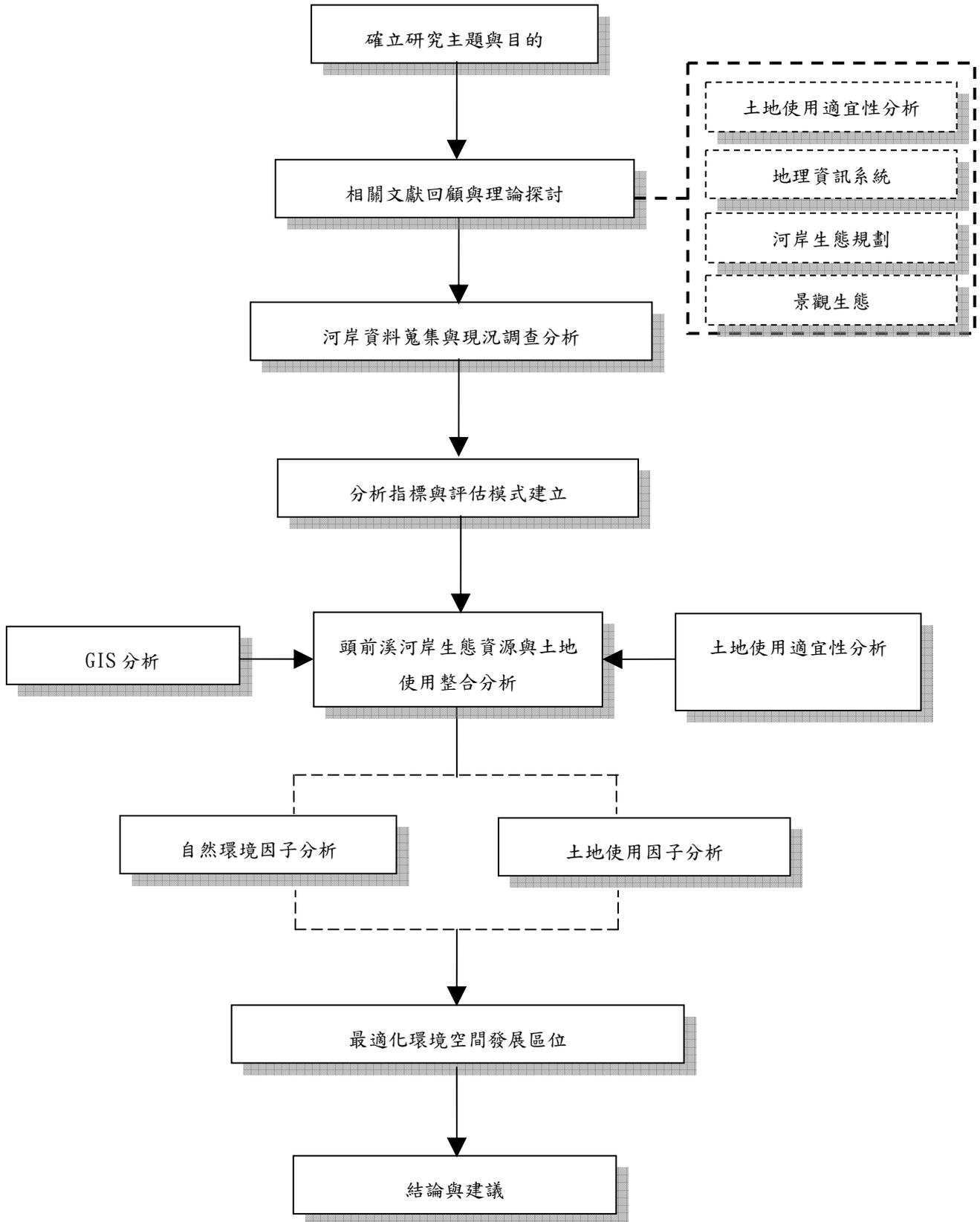
利用地理資訊系統輔助空間及屬性資料的功能，建立生態於空間分布上的資訊系統，進而了解土地使用分佈狀況與生態環境兩者間所發生的衝擊，透過地理資訊系統來獲得更深入的探討。

4.最適化環境空間發展區位

河川是自然界中最珍貴的自然資源，且河岸地區環境資源敏感性高，容易因人為開發活動行為改變，而影響到河岸自然生態與棲地環境的變化，從研究過程中經由土地使用適宜性分析所得成果，利用地理資訊系統展示及分析的功能，整合土地使用分佈狀況與生態環境之間的衝擊關係，以有效與有限的資源進行合理的空間分配，提供未來河岸生態與土地使用最適之類別與位置。期望可利用本研究結果，做為決策者及政府部門在未來改善頭前溪下游整體環境政策與其土地發展類型時所需之建議。

5.結論與建議

此章將整合先前各章重要結論，並檢討本研究之研究內容與方法之缺失，針對未來河岸發展的問題及後續研究提出建議。



圖二 研究流程圖

四、評估模式與操作

本研究期望藉由建立的「生態保育價值目標值 (E_k)」和「土地使用價值目標值 (L_k)」之計算結果，進一步透過數學運算，得到「環境目標偏好指數 (I_k)」、「環境目標衝突層級 (C_k)」、「環境價值重要性 (V_k)」及「環境綜合目標值 (S_k)」。各評估模式及其意義說明如下 (閻克勤等, 2007):

(一)價值目標值之評估

根據建立各評估指標之評估等級尺度對於各網格單元給予參數得點值，再加入權重運算其價值目標值。各網格單元的價值目標值，依研究目的又可分為生態保育價值目標值與土地使用價值目標值兩項。

1.生態保育價值目標值 (E_k):

該目標值為評估區域內網格單元 k 具有生態保育價值的量化計值。其以棲地愈穩定者參數得點值愈高來思考，故求得的目標值愈高表示其生態保育價值也愈高。網格單元 k 之生態保育價值目標值為其 n 個指標之各參數得點值與其權重值乘積的總和。公式如下：

$$E_k = \sum_{i=1}^n (e_{ki} \times w_i)$$

E_k : 網格單元 k 之生態保育價值目標值, $k=0, \dots, 143$

e_{ki} : 網格單元 k 在生態保育價值第 i 指標之參數得點, $i=1, \dots, n$

w_i : 生態保育價值指標 i 之權重值, $i=1, \dots, n$

2.土地使用價值目標值 (L_k):

該目標值為評估區域內網格單元 k 具有土地使用價值的量化計值。其以地區之土地開發愈大者其參數得點值愈高，因而求得的目標值愈大，其具有的土地開發價值也愈高。網格單元 k 之土地開發價值目標值為其 m 個指標之各參數得點值與其權重值乘積的總和。公式如下：

$$L_k = \sum_{j=1}^m (l_{kj} \times w_j)$$

L_k : 網格單元 k 之土地開發價值目標值, $k=0, \dots, 143$

l_{kj} : 網格單元 k 在土地開發價值指標 j 之參數得點值, $j=1, \dots, m$

w_j : 土地開發價值第 j 指標之權重值, $j=1, \dots, m$

(二)環境目標偏好指數 (I_k)

若將各網格單元的生態保育價值目標值與土地使用價值目標值相減，其差值將可定義為「環境目標偏好指數」。其假設為：環境目標指數為正值 ($E_k > L_k$)，表示適於生態環境發展的價值較高；若環境目標指數為0時 ($E_k = L_k$)，表示生態與土地使用之間具有衝突性；若環境目標指數為負值 ($E_k < L_k$)，則表示地區可發展的潛力超過生態保育的價值。

$$I_k = E_k - L_k$$

I_k : 第 k 網格單元之環境衝擊指數, $k=0, \dots, 143$

(正值者為+1、0 值者為0、負值者為-1)

(三)環境衝突層級 (C_k)

將環境目標偏好指數取絕對值，其值將可代表每一網格區域在生態保育與土地使用兩者間的衝突大小之程度，因此將此值定義為「環境目標衝突層級」。依此結果可在空間上標示出河岸土地利用與生態環境間可能產生衝突的區位，並可作為進一步探討與分析的基礎。

$$C_k = |I_k| = |E_k - L_k|$$

C_k ：網格單元 k 之環境目標偏好換數， $k=0, \dots, 143$

依網格單元兩價值目標值之差的絕對值，可區分為以下四個等級：

- 1.第一級： $3 \leq C_k \leq 4$ ，代表環境角色不衝突。
- 2.第二級： $2 \leq C_k < 3$ ，代表環境角色稍微衝突。
- 3.第三級： $1 \leq C_k < 2$ ，代表環境角色衝突。
- 4.第四級： $0 \leq C_k < 1$ ，代表環境角色非常衝突。

(四)環境綜合目標值 (S_k)

若將各網格單元的「生態保育價值目標值(E_k)」和土地使用價值目標值(L_k)」相加，再乘上「環境目標偏好指數(I_k)」(正值為+1、0為0、負值為-1)，即可整合出河岸土地在環境開發或保育發展過程中的重要性等級，並可反映出環境角色應偏重生態保育或是土地使用。

$$S_k = V_k \times I_k \quad (\text{其中 } V_k = E_k + L_k)$$

S_k ：網格單元 k 之環境綜合目標值， $k=0, \dots, 143$

V_k ：網格單元 k 之環境價值重要性， $k=0, \dots, 143$

五、河岸生態資源與土地使用整合分析

本研究考量頭前溪河岸土地的基地規模以及各項評估指標之評估尺度。以規模300M乘300M，及9公頃之正方形網格基地加以切割，共143個網格，編號為1~143(見圖三A)以本研究建構之評估模式進行「生態保育價值目標分析」、「土地使用價值目標分析」、「環境偏好指數分析」、「環境衝突層級分析」、「環境綜合目標整合分析」，並以SuperGIS 將各網格以漸層色方式呈現分析結果。

(一)價值目標評估結果

以公式計算，將各網格內生物多樣性、土地開發八項評估指標得點成以各項權重，即可分別得到生態保育價值目標值(E_k)與土地使用價值目標值(L_k)結果(見圖三B、C)。由圖可看出偏重生態保育主要集中在豆仔埔溪與頭前溪間之區域土地，而都市土地及中正西路兩側則具有較高的土地開發價值。

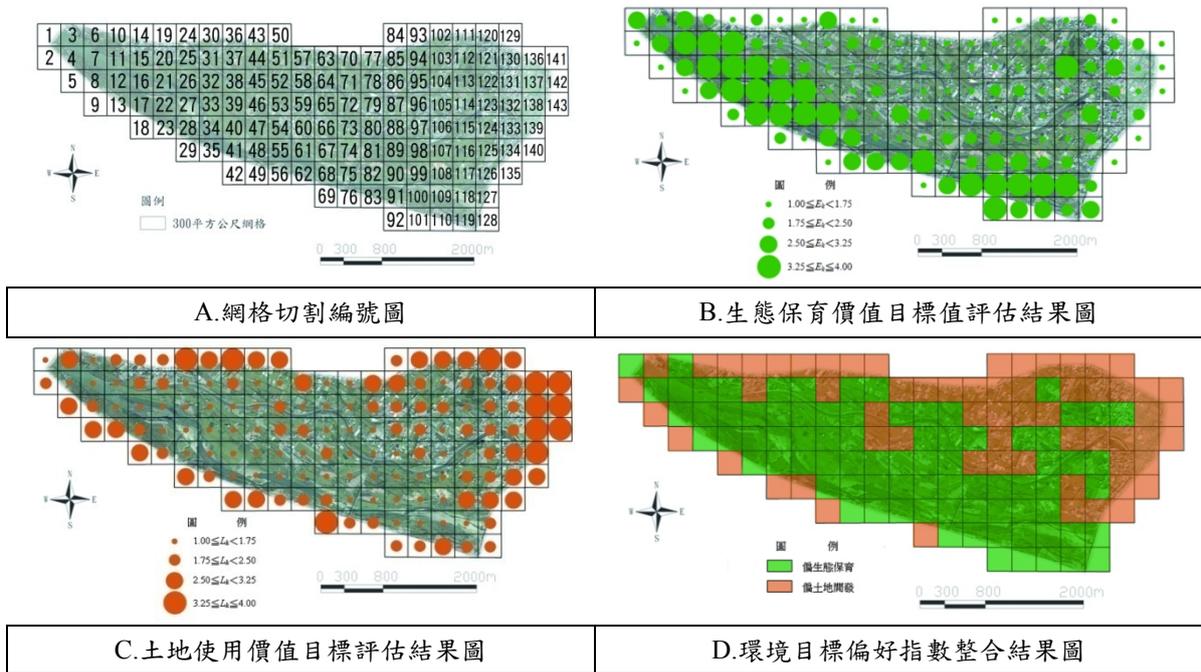
(二)河岸綜合目標整合分析

在完成本研究建立的生態保育與土地使用兩項價值目標的參數得分與權重加權計算後，可觀察到每一網格區域內的生態保育價值與土地使用價值狀況，為

達到整合新竹市河岸土地整合結果，本單元更進一步建立「環境衝擊指數(I_k)」、「環境衝突層級(C_k)」和「環境綜合目標值(S_k)」三項整合的計算方式，並使用GIS進行運算與填色展示結果。

1.環境目標偏好指數(I_k)

以環境目標偏好指數公式計算，將各網格內的「生態保育價值目標值(E_k)」減「土地使用價值目標值(L_k)」，即可得環境目標偏好指數。由圖三D顯示的偏好指數來看，可以清楚得知，由於河岸土地開發較低，故偏生態保育的網格區位以豆子埔溪、頭前溪及頭前溪河岸為主；而偏重於土地使用的網格則多位於竹北都市發展區及中正西路兩側土地。



圖三 GIS切割、生態保育與土地使用價值目標評估結果圖

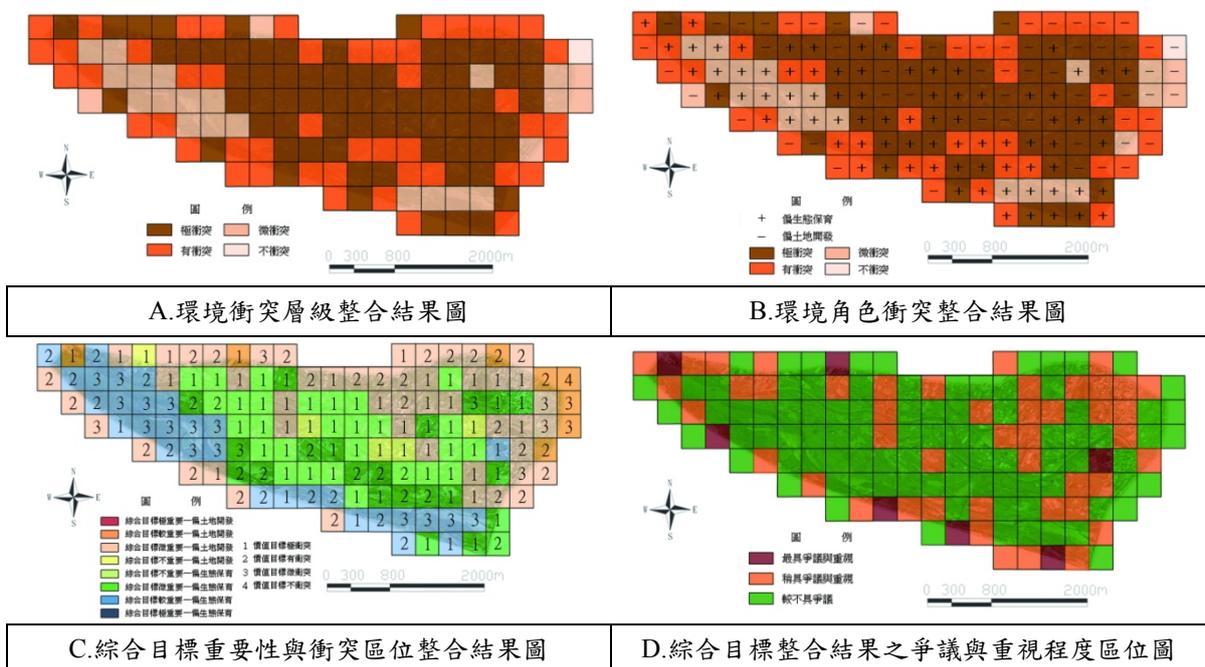
2.環境衝突層級(C_k)

以環境衝突層級公式計算，取各網格「生態保育價值目標值(E_k)」和「土地使用價值目標值(L_k)」之差的絕對值，即可得環境衝突層級的數值與區位整合結果。由圖四A可發現，環境衝突最高的網格區位以頭前溪以北、豆子埔溪及其河岸兩側為主，由於該區位除河床流域外，其他土地多屬農地、旱田使用，在土地開發上多零星農舍分佈及小巷道切割，對此造成棲地塊區破碎化程度較高，故使得兩者間的衝突性也較高；而不衝突的網格僅有一格，位於研究範圍東北側，由於該地區屬竹北都市發展區，土地開發完整，且網格內無生態空間，因此便不與生態間產生衝突。

將「環境偏好指數」與「環境衝突層級」結合，整合出「環境角色衝突整合結果圖」(見圖四B)，可判讀出每個網格內的環境角色衝突層級與網格內之目標價值傾向。

3.環境綜合目標值(S_k)

以環境整合公式計算，將各網格內的「生態保育價值目標值 (E_k)」和「土地使用價值目標值 (L_k)」相加，並乘上環境衝擊指數 (+為+1、0 為0、- 為-1)，即可整合出環境中的重要性等級，並可反映出環境角色應偏重生態保育或是土地使用，整合結果如表六所示。將「環境價值重要性 (V_k)」、「環境衝擊指數 (I_k)」與「環境衝突層級 (C_k)」結合，即整合出「綜合目標重要性與衝突整合結果圖」(見圖四C)，可以判讀出每個網格內的綜合目標重要性、環境角色衝突層級與價值傾向。由圖四C可知，價值重要性較重要的地區(藍色及橘色)，其主要位於頭前溪出海口河段及研究範圍東北側之都市發展區。在生態保育上，出海口屬敏感地區；而土地開發上，愈接近竹北都市計畫區，其土地開發便愈完整。因此，在價值重要性偏於較重要的地區。



圖四 環境角色偏向與衝突層級整合結果圖

表六 環境綜合目標整合結果表

環境綜合目標值(S_k)	評估意義	網格數量(格)	佔有率
$6.5 \leq \text{環境綜合目標值} \leq 8$	綜合目標極重要-偏生態保育	0	0.00%
$5 \leq \text{環境綜合目標值} < 6.5$	綜合目標較重要-偏生態保育	31	21.68%
$3.5 \leq \text{環境綜合目標值} < 5$	綜合目標微重要-偏生態保育	22	15.38%
$2 \leq \text{環境綜合目標值} < 3.5$	綜合目標不重要-偏生態保育	28	19.58%
$-3.5 < \text{環境綜合目標值} \leq -2$	綜合目標不重要-偏土地使用	5	3.50%
$-5 < \text{環境綜合目標值} \leq -3.5$	綜合目標微重要-偏土地使用	49	34.27%
$-6.5 < \text{環境綜合目標值} \leq -5$	綜合目標較重要-偏土地使用	8	5.59%
$-8 < \text{環境綜合目標值} \leq -6.5$	綜合目標極重要-偏土地使用	0	0.00%

(三)環境爭議與重視程度區位分析

本單元為依據「綜合目標重要性與衝突整合結合圖」，進而解讀每一區位的受爭議與應重視的程度，並以圖表展現說明。若應用於未來發展與使用定位時，因每一網格區位的爭議性與需重視程度將影響決策方式和結果，本研究進一步依「綜合目標重要性與衝突整合結果圖」進行分類與歸納成下列三種爭議與重視程度（見表七、圖四D），作為後續規劃與應用之參考：

表七 綜合目標整合結果之爭議與重視程度統計表

綜合目標與衝突顯示	爭議與重視程度	網格數量(格)	佔有率
綜合目標極重要-偏生態保育，且標記1、2 綜合目標極重要-偏土地使用，且標記1、2 綜合目標較重要-偏生態保育，且標記1 綜合目標較重要-偏土地使用，且標記1	最具爭議與重視	7	4.90%
綜合目標較重要-偏生態保育，且標記2 綜合目標較重要-偏土地使用，且標記2 綜合目標微重要-偏生態保育，且標記1 綜合目標微重要-偏土地使用，且標記1	稍具爭議與重視	46	32.17%
綜合目標極重要-偏生態保育，且標記3、4 綜合目標極重要-偏土地使用，且標記3、4 綜合目標較重要-偏生態保育，且標記3、4 綜合目標較重要-偏土地使用，且標記3、4 綜合目標微重要-偏生態保育，且標記2、3、4 綜合目標微重要-偏土地使用，且標記2、3、4 綜合目標不重要-偏生態保育，且標記1、2、3、4 綜合目標不重要-偏土地使用，且標記1、2、3、4	不具爭議	90	62.94%

資料來源：本研究整理

1.最具爭議與需重視之網格區位

此一類土地為綜合評估結果顯示極重要，和較重要且極衝突者，即網格顯示「綜合目標極重要—偏生態保育」和「綜合目標極重要—偏土地使用」且標記為1和2、與「綜合目標較重要—偏生態保育」和「綜合目標較重要—偏土地使用」且標記為1者，表示其生態保育與土地使用兩項的價值目標值皆很高，若應用於規劃未來發展與使用定位時，需考量周邊的網格屬性和永續使用的原則再做決策。

2.稍具爭議與重視的網格區位

此一類土地為綜合評估結果顯示較重要且有衝突，與微重要且極衝突兩狀況者，即網格顯示「綜合目標較重要—偏生態保育」和「綜合目標較重要—偏土地使用」且標記2、「綜合目標微重要—偏生態保育」和「綜合目標微重要—偏土地使用」且標記1，表示其生態保育與土地使用兩項的價值目標值皆偏高且較相近，若應用於規劃未來發展與使用定位時，可考量周邊的網格屬性和永續使用的原則再做決策。

3.較不具爭議的網格區位

此一類土地為上述兩大類綜合評估結果以外的網格，其型態類型如下：

(1)不具衝突特性之區位

綜合評估結果為極重要與較重要且微衝突和不衝突者，網格顯示為「綜合目標極重要—偏生態保育」、「綜合目標較重要—偏生態保育」、「綜合目標較重要—偏土地使用」和「綜合目標極重要—偏土地使用」且標記為3和4者，表示其生態保育與土地使用兩項的價值目標值相差較多，則未來使用與定位便不具爭議，若應用在於規劃未來發展與使用定位時，可依價值目標值高者作為其發展定位。

(2)目標重要性偏低之區位

綜合評估結果為微重要且非極衝突，和價值目標不重要者，網格顯示「綜合目標微重要—偏生態保育」和「綜合目標微重要—偏土地使用」且標記為2、3和4者，與「綜合目標不重要—偏生態保育」和「綜合目標不重要—偏土地使用」無論標記為1、2、3和4者，則表示兩項的價值目標值皆偏低，則未來的發展與定位較不具爭議，若應用在於規劃未來發展與使用定位，可考量周邊的網格屬性和永續使用的原則再做決策。

六、結論與建議

本研究依據評估模式之數學概念運算，得到價值目標值在運算後之整合結果，另結合GIS的功能，判讀網格區位的環境角色，以探討河岸生態環境與土地使用之關係，研究結果將作為未來開發決策之參考。

(一)結論

綜合目標整合評估結果顯示最具爭議與重視者，代表其兩價值目標直接偏高，而切相當接近，本研究範圍內共有七格。「綜合目標較重要-偏土地使用」且標記1者：有編號003、036共2個網格區位；「綜合目標較重要-偏生態保育」且標記1者：有編號013、056、076、110、124共5個網格區位，其整合數據如下（表八）：

依據「綜合目標整合結果之爭議與重視程度區位圖」的呈現，經過探討分析後，整理出上述七格網格區位最具爭議之原因。其爭議源由分別是受到鄰近都市發展區、道路或橋樑及公共設施這三項所影響，詳細說明如下：

1.鄰近都市發展區（013、110）

編號013及110初步判定可以生態保育為角色定位之使用型態，由於東西向快速道路穿越網格中央，道路南側緊鄰新竹市都市發展地區，且網格內開發土地面積高達三分之一，而道路北側即是頭前溪南岸的河岸生態土地，因此形成壁壘分明具爭議的情況。再進一步藉由探討周邊的網格可知，編號013周邊其中有4格顯示為偏生態保育，1格為土地使用；而編號110周邊5格皆偏生態保育，因此建議編號013及110未來角色定位仍以生態保育為主之使用型態。

表八 最具爭議與需重視的網格區位之各項整合數據表

網格編號	生態保育價值 目標值(E_k)	土地使用價值 目標值(L_k)	環境衝擊指 數(I_k)	環境衝突層 級(C_k)	環境綜合 目標值(S_k)
003	2.46	2.69	—	0.2331	-5.1467
013	3.14	3.07	+	0.0775	6.2103
036	2.76	3.38	—	0.6209	6.1321
056	2.99	2.31	+	0.6759	5.3027
076	2.76	2.69	+	0.0657	5.4455
110	2.76	2.69	+	0.0657	5.4455
124	3.22	2.38	+	0.8454	5.6006

資料來源：本研究整理

2.鄰近道路或橋樑（003、056、076）

編號003初步判定可以土地使用為角色定位之使用型態，而編號056及076則是以生態保育為角色定位之使用型態，其在交通上分別受到舊港大橋、南寮竹東快速公路及溪洲大橋影響。

藉由探討周邊的網格可知，編號003及076周邊其中有4格顯示為偏生態保育，1格為土地使用；而編號056周邊皆偏生態保育。因此仍建議編號003、056及076未來角色定位以生態保育為主之使用型態。

3.鄰近公共設施（036、124）

編號036初步判定可以土地使用為角色定位之使用型態，而編號124則是以生態保育為角色定位之使用型態，其在設施上分別受到學校、學校活動中心及新竹縣活動中心影響，且周邊網格的角色定位皆以土地開發為主。

藉由探討周邊的網格可知，編號036周邊其中有3格顯示為偏土地使用，1格為生態保育；而編號124周邊其中有6格顯示為偏土地使用，2格為生態保育。因此建議編號036及124未來角色定位以土地使用為主之使用型態。

綜合以上研究整合之結果顯示，最具爭議的網格編號003、013、036、056、076、110、124 共七個網格區位。建議未來應多加與關注該區域之定位與開發，做出真正適合環境資源永續發展與使用的決策。

另外，發展角色定位以生態保育為主之空間，其未來發展策略應以生態保育與環境復育為主，且周邊土地開發應採低密度、低承載量之使用型態；反之，若角色定位偏土地開發者，在維持都市機能基本條件前提之下，應考慮到周邊生態資源之保育，適度保留該區域內之綠地面積，作為生態保育緩衝空間。

(二)建議

本研究主要建立頭前溪河岸環境空間之資料庫系統，並進一步完成生態環境與土地使用之整合，套疊分析出河岸環境空間區位之最適使用定位與發展，共三項初步成果。綜合上述研究結果，提出以下幾項建議以供新竹市政府和後續相關研究者參考：

1. 資料庫系統方面：未來可依據本研究建立之資料庫系統，增加頭前溪河岸生

態環境與土地使用的相關資訊，如：物種調查及土地開發潛力等，使其資料庫系統提供之資訊能更全面且完整。

2. 評估體系架構方面：本研究之評估因子是以研究期間能取得的棲地生態與土地使用為主，後續建議可考慮列入更多的評估因子，亦可以不同的方式建立評估項目的權重，進一步與本研究之結果進行比較。
3. 整合運算方面：本研究採用數學運算式最簡易之加法與減法，藉以判別出網格區位內之重要性與衝突性，未來建議可嘗試更精密或不同運算的關係式操作，亦可檢視比較各種操作手法結果之差異。

參考文獻

1. 王思樺 (2002)，台北地區水災與土石流災害風險分區劃設之研究，國立台北大學都市計劃研究所，碩士論文
2. 王櫻燕 (2006)，應用 GIS 整合新竹市海岸生態環境與土地使用空間區位之研究，中華大學建築與都市計畫系所，碩士論文
3. 水利署 (2003)，頭前溪河川環境營造計畫規劃，台北：水利署
4. 丘邁克 (2003)，七股地區利用地理資訊系統進行生態旅遊管理之研究，屏東科技大學熱帶農業暨國際合作研究所，碩士論文
5. 江友直 (2006)，從景觀生態學觀點探討都市土地使用合理性—以新竹科學園區為例，私立明道管理學院環境規劃暨設計研究所，碩士論文
6. 李偉銘 (2006)，優化模式與地理資訊系統在土地規劃與管理上之應用-以德基水庫集水區為例，朝陽科技大學環境工程與管理系所，碩士論文
7. 林基源 (2003)，陳有蘭河流域土石流發生潛勢判定模式之研究，國立中興大學土木工程學系，博士論文
8. 林雅玲 (2004)，土地使用規劃模式之研究-以曾文水庫集水區為例，國立成功大學水利及海洋工程學系，碩士論文
9. 侯春帆 (2006)，應用 GIS 及 SPOT 衛星影像於河川流域崩塌地潛勢評估研究-以陳有蘭溪為例，朝陽科技大學營建工程系所，碩士論文
10. 俞紹揚 (2005)，Web-GIS/GPS 應用於曾文水庫集水區治理工程管理系統之建置與應用，屏東科技大學土木工程系所，碩士論文
11. 施鴻志 (1997)，都市規劃，新竹：建都文化事業股份有限公司
12. 唐一凡 (2000)，以防災觀點探討山坡地開發適宜規模及區位之研究，國立成功大學都市計劃學系，碩士論文
13. 唐先柏 (2003)，生態工程之生物指標，台北：行政院農業委員會水土保持局第一工程所
14. 張小飛 (2001)，以生態規劃法探討惠蓀林場土地利用，私立東海大學景觀系，碩士論文
15. 莊耀中 (2003)，以地形因子判釋野溪之土石流發生潛勢，國立中興大學土

木工程學系，碩士論文

16. 許偉岳 (2003), GPS/GIS 應用於曾文水庫集水區治山防災工程管理資料庫系統之建置與應用, 屏東科技大學土木工程系碩士班, 碩士論文
17. 陳柏翰 (2006), 河床質粒徑於河川縱、橫向之變化-以頭前溪與鳳山溪為例, 國立交通大學土木工程系所, 碩士論文
18. 陳朝龍 (2002), 山坡地生態土地利用適宜性規劃—以汐止市為例, 私立中國文化大學地學研究所, 碩士論文
19. 黃羽舟(2002), 地層下陷地區農地變更開發為高科技工業區之適宜性分析, 國立東華大學自然資源管理研究所, 碩士論文
20. 黃書禮 (2000), 生態土地使用規劃, 台北: 詹氏書局
21. 鄔建國, 唐先柏 (2003), 景觀生態學—格局、過程、尺度與等級, 台北: 五南圖書出版股份有限公司
22. 閻克勤、王櫻燕、陳天佑 (2007), 新竹市海岸生態保育與土地開發區位整合評估之研究, 都市與計劃 Vol.34, No.4, pp.385-415
23. 簡炯欣 (1998), 關刀溪長期生態試驗地之地景變遷及其代表性分析, 國立中興大學森林學系, 碩士論文
24. Betters, D.R. and Rubingh, J.L. (1978), Suitability Analysis and Wild-Land Classification : An Approach, *Journal of Environmental Management*, 15:159-168.
25. Burrough, P. A. (1987), *Principles of Geographical Information System for land Resources Assessment*. Oxford University, New York. 1-2.
26. Carrara, A. and Guzzetti, F. (1999), Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard. *Natural Hazards*. 20:117-135.
27. Collinge, S. K. (1996), Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning, *Landscape and Urban Planning*, 36(1): 59-77.
28. Fahrig, L. and Merriam, G. (1985), Habit patch connectivity and population survival. *Ecology*, 66:1762-1768.
29. Forman R.T.T. (1995), *Land Mosaics-The Ecology of Landscape and Regions: Patch Shape*. Cambridge University Press, New York.
30. Forman R.T.T. and Gordon, M. (1986), *Landscape Ecology*, John Wiley and Sons INC., New York.
31. Freemark, K.E. and Merriam, H.G. (1986), Importance of area and hablt heterogeneity to bird assemblages in temperate forest fragment. *Biology Conservation*, 36:115-141.
32. Varnes, D.J. (1978), *Landslides analysis and control*. Res. Board Nat. Ac. Sci., Washington Spee. Rep., 176.
33. Marsh, W. M. (2002), *Landscape Planning Environmental Applications*. John Wiley and Sons INC., New York.