



東海大學環境科學與工程學系

碩士論文

應用多準則決策與線性規劃法建構都市生態廊  
道之研究-以大肚台地為例

Establishing Urban Ecological Corridors in DaDu Plateau by  
Multiple Criteria Decision Making method and Linear  
Programming

研究生：鄧繼聖

指導教授：陳鶴文 博士

陳維燁 博士

中華民國 一〇四 年 六月

東海大學碩士班研究生  
論文指導教授推薦書

環境科學與工程學系鄧繼聖君所提之論文

題目：應用多準則決策與線性規劃法建構都市生態廊道之研究-以大肚台地為例

Establishing Urban Ecological Corridors in DaDu Plateau by Multiple Criteria Decision Making method and Linear Programming

係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授：陳維輝 陳懿文 (簽章)

104年6月18日

東海大學環境科學系碩士班

論文口試委員審定書

環境科學與工程學系碩士班鄧繼聖君所提之論文

題目：應用多準則決策與線性規劃法建構都市生態廊道之研究-以大肚台地為例

Establishing Urban Ecological Corridors in DaDu Plateau by Multiple Criteria Decision Making method and Linear Programming

---

經本委員會審議，認為符合碩士資格標準。

論文口試委員召集人 紀子文 (簽章)

委員 陳懿文

張揚祺

孫思光

陳印輝

中華民國 104 年 6 月 18 日

## 致謝

兩年半前在我剛退伍時，每天過著渾渾噩噩的日子，生活毫無目標以及衝勁，然而在一次環工年會中遇到了阿猴、硯勛以及小薇三個老同學，他們鼓勵我重回學校邊讀書邊尋找目標，於是我又再度踏進東海這所美麗的校園。

這兩年半的日子首先感謝鶴師以及燁師對我的指導，在我迷惘時給我開導以及建議，在我得意時鼓勵我繼續上進，經過兩位老師的循循善誘下，我才得以知道環工領域是如何的寬廣；感謝紀子文老師、甯蜀光老師、張揚祺老師撥冗擔任我們的口試委員，並提供我許許多多在研究上的建議。

在這條一開始看不見終點的路上，有著許多貴人相助，感謝空污實驗室的企鵝學長、生科系野生動物實驗室的逸文學長以及企管系的忻怡學姐，你們三位提供給我的資料，是完成這本論文的重大功臣；感謝啟宇哥接受我三不五時的出圖騷擾攻擊，感謝瑋倫以及 Aileen 幫我校正英文用法上的錯誤，感謝攻華時常督促我的論文進度，並常常提供我吐槽的機會，感謝環管 Dream girls 常常支援我們在實驗室的大小生活需求，感謝環管四劍客常常被我們拿來當作使喚的工具，感謝彰邑、溼喬、金剛跟我一起擔任 meeting 時分擔砲火的角色，感謝已經畢業的球球還有柏均在論文寫作的指導，也感謝其他實驗室的各位同學，為我們的研究生生活帶來樂趣，因為有你們大家的陪伴，這條研究的路並不寂寞。

感謝我的父母親以及妹妹贊同我繼續升學，並讓我在生活上不用擔心太多，感謝女朋友在每個寫論文的夜晚用 Face time 陪伴我，還特別利用休假時間來台中給我打氣，也感謝胖丁幫我載送行李回桃園，我最愛你們了！

最後謹以此文，獻給在我修改論文時過世的祖母，小時候的養育之恩繼聖沒齒難忘，還來不及好好孝順您，您就先走一步了，再多的言語也無法表達我內心的感謝，謝謝你，辛苦你了，請一路好走。

## 摘要

綠資源永續利用是長期備受關注的問題，而目前綠資源最大的問題即是都市快速發展導致棲地破碎化程度日漸增加，因此如何連接都市內不連貫之綠地以及如何增加動物棲息範圍，便是一個重要的課題，而傳統的都市生態廊道研究是利用經驗以及直覺去判定廊道候選場址，所以建立一套評估廊道候選場址以及設計廊道大小、走向的方法是有其必要性的。

本研究分為三個階段進行：第一階段是運用環境以及生物構面等六個因子分析大肚台地之棲地條件；第二階段是將各因子的分析結果進行多準則決策的運算，找出廊道適宜性較佳之區塊；第三階段則是透過線性規劃進行情境假設，以探討都市生態廊道的最佳設置模型。

研究結果顯示：1.三個樣區各自有優勢之棲地條件。2.兩構面之重要程度是生物構面大於環境構面。3.多準則決策分析廊道適宜性結果為大肚山南麓區最佳，其次為大肚山北麓區以及東海區。4.第二種情境假設是最適合做為大肚台地建置都市生態廊道之模型。

關鍵字：都市生態廊道、棲地條件分析、多準則決策、線性規劃

## Abstract

Green resources sustainable using is a very important issue. Habitat fragmentation is becoming a serious problem in rapid urban development. One way to minimize the damage caused by fragmentation is to connect the discontinuous green lands to increase apparent habitat area. This study applies a systems analysis approach to plan the urban ecological corridor.

The study takes three steps. The first step is to collect 6 factors to characterize the habitat condition. The second step is to screen the candidate land blocks by using MCDC. The last step is to identify the best plan by using the linear programming.

Noticeable results of this study are : 1. The sample area all have their advantages individually; 2. Ecological concern is more important than the environmental; 3. Within the study area the Southern part of DaDu Plateau is the best to set up green corridor. The Northern part of DaDu Plateau is the second one followed by Tunghai area and 4. The 2<sup>th</sup> analytical protocol is the best for corridor design the green corridor.

Keywords : Urban Ecological Corridor, To analyze the habitat condition, Multiple Criteria Decision Making method, Linear Programming

# 目錄

<b>第一章 緒論</b>	1
1-1 研究緣起	1
1-2 研究目的	2
<b>第二章 文獻回顧</b>	3
2-1 都市綠資源	3
2-1-1 綠資源的定義	3
2-1-2 都市綠資源的效益	6
2-2 生態廊道之理論	9
2-2-1 廊道的定義	9
2-2-2 廊道的特徵	10
2-3 棲地條件分析因子	13
2-4 多準則決策	16
2-4-1 多準則決策的過程	17
2-4-2 多準則決策的分類	18
2-4-3 多準則決策的工具	22
2-5 線性規劃	24
2-5-1 基本原理	24
2-5-2 整數規劃	27
2-5-3 整數規劃之解法	27
<b>第三章 研究方法</b>	29
3-1 研究流程	29
3-2 研究背景	30
3-3 棲地條件分析	32
3-3-1 常態化差異植生指標	32
3-3-2 環境因子	33



3-3-3 生物豐富度	34
3-3-4 網格大小確立	34
3-4 AHP 專家問卷	35
3-5 多準則決策分析方法	37
3-6 數學規劃	40
3-6-1 模型建立	40
3-6-2 情境假設	45
<b>第四章 結果與討論</b>	<b>47</b>
4-1 棲地條件分析	47
4-1-1 常態化差異植生指標分析結果	47
4-1-2 環境構面分析結果	50
4-1-3 生物構面分析結果	59
4-2 多準則決策分析結果	62
4-2-1 AHP 專家問卷	62
4-2-2 TOPSIS 分析結果	64
4-3 數學規劃分析結果	66
4-3-1 模型建立成果	66
4-3-2 情境假設成果	68
<b>第五章 結論與建議</b>	<b>77</b>
5-1 結論	77
5-2 建議	78
<b>參考文獻</b>	<b>79</b>
<b>附錄</b>	<b>83</b>





## 表目錄

表 2-1 綠資源之定義	4
表 2-2 廊道寬度及特點	11
表 2-3 棲地評估分析指標整理	13
表 2-4 決策分析循環的工作內容與分析事項	18
表 2-5 個體決策與群體決策比較表	20
表 2-6 理性決策與滿意決策的比較	21
表 3-1 原生植物植栽參考表	41
表 3-2 誘鳥誘蝶植栽參考表	41
表 3-3 CO <sub>2</sub> 固定量計算用喬木栽種間距與植栽栽種面積基準	42
表 3-4 各種植栽單位面積二氧化碳固定量 (kg/m <sup>2</sup> )	43
表 3-5 情境設計	45
表 4-1 碳通量分級表	50
表 4-2 地景歧異度分級表	52
表 4-3 坡度分級表	54
表 4-4 哺乳類分級表	56
表 4-5 鳥類分級表	58
表 4-6 植物分級表	60
表 4-7 AHP 專家問卷發放與回收狀況表	63
表 4-8 各項因子之權重分析結果	63
表 4-9 廊道適宜性分級表	64
表 4-10 網格篩選情形以及復育成本表	68

## 圖目錄

圖 2-1 決策分析循環示意圖	17
圖 2-2 線性規劃之典型可行解區域圖	26
圖 3-1 研究步驟流程圖	30
圖 3-2 研究區域圖	31
圖 3-3 類似度求理想解之順序偏好法計算流程圖	37
圖 3-4 邊長存在情形示意圖	44
圖 4-1 大肚台地之 NDVI 分析結果(春天)	48
圖 4-2 大肚台地之 NDVI 分析結果(冬天)	48
圖 4-3 大肚台地之植被季節變遷程度與採樣點設立圖	49
圖 4-4 網格與採樣點示意圖	49
圖 4-5 碳通量分級結果	51
圖 4-6 地景歧異度分級結果	53
圖 4-7 坡度分級結果	55
圖 4-8 生物豐富度-陸域生態(哺乳類)分級結果	57
圖 4-9 生物豐富度-鳥類分級結果	59
圖 4-10 生物豐富度-植物分級結果	61
圖 4-11 廊道適宜性分級結果	65
圖 4-12 情境一之模擬結果	69
圖 4-13 情境二之模擬結果	70
圖 4-14 情境三之模擬結果	71
圖 4-15 情境四之模擬結果	72
圖 4-16 情境五之模擬結果	73
圖 4-17 情境六之模擬結果	74
圖 4-18 情境七之模擬結果	75
圖 4-19 情境八之模擬結果	76

# 第一章 緒論

## 1-1 研究緣起

「環境永續發展」為人類生存的重要課題，永續發展是一種持續的生活態度，此種態度從了解自己的生活環境開始，關注生活議題，帶入永續觀念達成身體力行的態度人類居住形式，自然、城市與人融合。為了滿足人類生活需求，遂有對都市與自然再結合之夢想與企圖心並開始思考如何能再發展出一套新的都市規劃模式，以更進一步提昇人居環境品質。同時隨著經濟發展之下，都市生態系統逐漸失衡與遭受嚴重破壞，又近年全球環境及氣候更急遽惡化，出現許多環境嚴重破壞的警訊，生態都市之永續發展儼然成為現今世界趨勢。

Yanitsky(1984)認為生態城市是一種理想的都市模式，可融合技術及自然，以提升人類的創造力及生產力，可保護居民的身心健康並兼顧環境品質。都市機制之所以可持續運作的主要原因為都市環境中保有「綠」所發揮的生態效益(王秀娟，2002)。都市中生態系統的組成必須有其合適的發展以達到生物保護的目的，此為建構在強調景觀多樣性的保護框架之內，故探究都市規劃層面，生態都市環境須符合生態與多樣化的生物棲息空間，則都市中的綠資源分布之處對於提升生活環境品質的重要性不言而喻(王小璘、涂芳美，2001)。都市內部綠地與公園所扮演的角色，除原設定之休閒遊憩外，亦具有一定程度之碳吸存效果(Patrick *et al.*, 2006)，因應近年來全球暖化所造成的氣候變遷現象。生態都市的設計與評估，碳吸存及碳通量則為需重視的課題之一。

一般都市生態廊道之區位選址研究，可藉由區位評估指標，結合地理資訊系統之空間分析工具，以檢核區位指標優良之都市綠地，並了解不良區位之結構，借此可以提供規劃者了解生態廊道綠地系統之優劣所在，及提供相關決策之參考，並能在都市發展過程中隨時檢視綠地的規劃與實際區位需求變化反應。

目前台中市區都市發展的模式已由以火車站為中心發展，趨向台中港路向腹地廣大的市郊發展，伴隨近年快速崛起的台中大肚科技走廊，更可顯見西屯

區的發展日漸起步，尤以大肚台地更為發展中心。本研究亦選定大肚台地做為研究樣區，其區內現有科技園區、工業區、都會公園、東海大學、榮民總醫院及住宅社區、保安林等重要建設與不同之地表樣貌，相當適合作為日後推展大台中之生態城市之縮影，本計畫以方法論研究為目標，達到未來永續都市環境建置參考計畫。

## 1-2 研究目的

本研究基於以上生態都市發展背景與研究動機，擬定之目的如下：

1. 進行樣區內棲地環境之評析，統一匯集野調資料：鳥類、哺乳類、植物、二氧化碳通量等進行指標分析。
2. 利用多準則決策的方式，分析樣區內各區域之廊道適宜性。
3. 利用線性規劃方式，探討不同情境設定對於廊道的發展以及走向之影響，以找出對樣區最適合之廊道建立方式。



## 第二章 文獻回顧

在本章中將進行相關文獻之回顧，以了解過去相關研究之成果，並探討其貢獻與值得改善之處。回顧之文獻可分為都市綠資源、生態廊道之理論、棲地評估方法、多準則決策以及線性規劃之理論。

### 2-1 都市綠資源

#### 2-1-1 綠資源的定義

在自然界中有著能行光合作用將太陽輻射能轉化為有機物質的自營生物，其分布之區域稱為綠資源。這些生物所形成的自營生物圈具有棲地(Habitat)與生物區位(Ecological Niche)兩種機能，這種空間可提供生態服務給都市地區，其範圍包含了都市裡所有的自然綠地與藍帶地區，例如行道樹、公園綠地、兒童遊戲場、都市森林、農地、河川兩岸、溼地以及庭院等(Bolund & Hunhammar,1999)。

本研究就都市中之綠資源相關定義與研究進行整理，見表 2-1：

表 2-1 綠資源之定義

出處	內容
<p>全國公園綠地會議-內政部營建署(1996)</p>	<p>1.台灣現行之綠資源包括下列七項功能：(1)生態保育；(2)休閒遊憩機會提供；(3)防災；(4)都市成長空間緩衝；(5)生產機制保全；(6)景觀美質與適意保全。</p> <p>2.綠資源的效應－『認為環境中大量的「自然之綠」，能使人舒適、放鬆心情、感覺與自然接近。環境中若存在著相當程度的「綠」，能使環境具有高度「適意性（Amenity）」，而這種環境對人類及生物的生活而言，也就表示著高豐富度的環境。環境的豐富度高，生存環境就會愈舒適安全。』</p>
<p>「公園綠地法草案」-內政部營建署(1998)</p>	<p>「綠資源」係指珍貴老樹、重要行道樹、綠帶、樹幹直徑及樹林面積達一定規模之林地等資源。</p>
<p>王秀娟(1999)</p>	<p>指出綠資源係指廣泛的包含具有公園綠地功能之所有空間資源。</p>
<p>郭瓊瑩(1999)</p>	<p>綠資源可依其土地使用區分為區域性綠地與都市綠地。而區域綠地包括森林綠地、生產綠地、河川綠地，都市綠地包括都市發展區中之各類型公園系統與綠地空間。上述的資源之經營應與綠資源永續力之保育為最高宗旨。</p>
<p>「綠資源調查計畫」-行政院農委會林務局農林航空測量所(2002)</p>	<p>1.「綠資源」可解釋為「廣義存在實質環境中之各式綠色空間（Green Space），依其自然條件保持著植物穩定成長之土地與水域。」</p> <p>2.農航所認為台灣的綠資源應包括：農地（水稻田、旱作地、茶園、果園）、草地（人工草地、廢耕地、丘陵草地）與林地（闊葉樹林、竹類、灌木類）三項。</p>

表 2-1 綠資源之定義(續)

出處	內容
黃昭雄(2003)	<p>廣義的綠資源應有生態環境的功能與社會經濟功能，而非狹義的「都市公園」或綠色的「都市開放空間」。</p>
王鑫(2003)	<p>綠資源調查指自然環境(及資源)調查，含大氣(氣圈)、水資源(水圈)、土地資源(地質及土壤，岩石圈)及生物(生物圈)調查等。</p> <p>從土地覆蓋(land cover)的角度來看，是指綠色植被覆蓋的地面，並可藉由衛星影像及航空照片判釋獲得資料。從土地使用(land use)的角度來看，即開放空間。指凡未被建築物或特定土地使用(農、工、商、礦、服務業等)佔據的土地，可供公眾休憩、育樂者稱之。對土地使用規劃者來說，即指公園綠地或開放空間。</p>
郭瓊瑩(2003)	<p>對於綠資源定義為：「廣義的在環境中存在的各式綠地，依其自然環境條件係指由綠色植物所覆蓋的土地，它是可以是地被、灌木、喬木等植物個體，也可以是樹林、或森林之植物群落，並依其土地使用與土地權屬或空間形式可將都市綠資源區分為特殊綠地(即一定階層之都市，由相關事業主管機關部門所維護管理之，如文建會、教育部)、中心綠地(即依都市計畫法所劃設之公園綠地與廣場等)、以及帶狀綠地(即都市運輸廊道綠化之綠帶、水岸旁之線狀綠帶)」。</p>

表 2-1 綠資源之定義(續)

出處	內容
郭瓊瑩(2006)	綠資源是與植物相關的，由於植物是生態系中的主要生產者，植物群落之構造與組成和其它生物的作用與反作用維持著動態平衡。簡單來說，綠資源代表著有生命性、季節性、生物性、情緒感覺、可維持生命及變化的環境
王小璘、林雅君(2010)	「綠資源」包含兩大基本資源，一為土地資源又以綠地稱之，一為植物資源又以綠色植物稱之，「綠地」與「綠色植物」即構成綠資源；綠資源屬於自然資源中之植物資源，是生物性資源(biological resources)之一種，包括農作物、林木、草地等，依土地為生產基盤之產物，故亦為一種土地資源，有強烈的物質特性，也有相當能量(energy)之供應利用，並均屬於可再生性(renewable)之資源。

由以上文獻可以知道，「綠資源」除了是生態系統中重要的生產力來源之一，也能夠提供生物棲息的空間以及人類休憩活動的功能。因此當都市中分布的綠資源能夠有所連結時，不僅能夠強化都市綠廊道的成形，進而提升綠地的可及性與綠覆面積。綜觀所述，本研究認為都市中「綠資源」即是以綠色植物所覆蓋的區域，包括都市發展區中的各種類型的綠地空間，與依法定綠化之開放空間，即是建築體以外之空間，可能被綠化但尚未被綠化之潛在空間(王小璘、林雅君，2010)。

### 2-1-2 都市綠資源的效益

都市綠資源對於生態系統有著相當重大的定義，也對都市環境的改善與維護有以下效益：

#### 1. 涵養水源



樹木是多層次結構，對降雨進行有益的再分配，林冠層能截留降水的10~30%，使50~80%的降水緩慢滲入地底，穩定地下水含量，補充地下逕流，達到水土保持的功能。綠地在促進雨水之地下滲透及地下水涵養方面，一般土地之逕流係數為0.9，扣除蒸發量後，降於綠地之雨水約一半滲透地下，可促進地下水涵養，緩和地層下陷（洪正中、吳天基、杜政榮，1996）。

## 2. 吸收二氧化碳及淨化空氣

森林資源兼具吸收、貯存及釋放二氧化碳的機能，是陸地生態系值得重視的部分。植物淨化空氣之原理，主要是利用葉片或植物表面之絨毛攔截大氣中懸浮微粒，以葉片氣孔吸收利用二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫及臭氧等。根據美國環境保護署（Environmental Protection Agency, EPA）公佈森林淨化空氣、吸收污染之數據顯示，每年每公頃的森林可淨化空氣，包括臭氧9.6~10 公噸、二氧化碳7.48 公噸、一氧化碳2.2 公噸、二氧化硫0.38 公噸；另根據日本研究報告顯示，常綠闊葉林每公頃可吸收二氧化碳21~37 公噸，釋出16~28 公噸的氧，亦即每公頃森林可供二百人呼吸。在植栽降塵作用分為二大類，其一為減低風速達到降塵作用，其二為樹木有大量的葉片，葉片結構和枝葉黏液油脂會對飄塵有攔截、過濾、吸附以及滯留等淨化作用（張中憶，2005）。根據Sedjo（1989）在「森林資源對碳貯存與吸收的研究」中計算出在熱帶地區經天然更新之林地，每年碳吸存每公頃為3.9 公噸，農地造林碳吸存每年每公頃為1.2~2.5 公噸，在溫帶地區之荒地造林或新植造林碳吸存量為每公頃2.4 公噸（洪正中、吳天基、杜政榮，1996）。

## 3. 滅菌作用

樹木的吸塵作用可以減少細菌的載體使其繁殖機會減少，其產生之殺菌素能直接殺死細菌、真菌等。例如一公頃的檜木林，一個白天和晚上就可以分泌殺菌素30公斤，可殺死肺結核、傷寒、白喉和痢疾等病菌，

部分種類的樹木分泌的芳香精油亦可達到殺菌的目的。因此在都市內的街道上空每立方公尺空氣中細菌數可達到三~四百萬個，而森林內空氣中細菌量只有林外地區的1%（洪正中、吳天基、杜政榮，1996）。

#### 4. 減少噪音

聲波傳至樹冠後能被濃密的枝葉做不定向的反射或吸收，故可利用林帶綠籬樹叢來阻當噪音（林小保，1993）。根據日本噪音研究，證實35公尺寬的林帶可減弱噪音約90%，50公尺寬林帶則可以減少25~30分貝噪音(郭瓊瑩，1995)。

#### 5. 都市綠地防災功能

921大地震，顯示了大自然不可抗拒的力量，突顯台灣是一個多天災的地區，但過去卻少有針對這樣的環境特性，來建構一個減少災害的環境安全機制。防災公園綠地系統的建立可減緩與防止災害的擴大，平時可發揮綠地機能改善我們的生活環境品質，災時可充作避難復建之場所（王秀娟，1999）。

#### 6. 調節微氣候，減少都市熱島效應

城市中的建築大多為石頭和混凝土建成，它的熱傳導率和熱容量較高，而建築物本身對風的阻擋或減弱作用，使城市的年平均溫度比農村郊區高，進而形成都市熱島效應。這種效應造成空氣污濁、能見度惡劣，甚至在工業區下風處降下有害的酸雨。樹木植被可以改善城市的微氣候，減少對暖氣或空調的需求。因此增加種植和植被覆蓋，能減緩都市熱島效應的衝擊，降低能源的需求，對環境降溫有著極大的貢獻。

## 7. 提供休閒遊憩及環境教育的功能

都市綠資源能提供令人愉悅之視野景觀，軟化都市硬性單調之建物景觀，讓民眾有多樣性之戶外休閒場所，緩解身心壓力，增進生理以及心理的健康。另外都市綠資源也增進民眾及學童接近自然之機會，提供自然環境學習及教育之場所(吳綱立、許芳毓，2004)。

## 2-2 生態廊道之理論

### 2-2-1 廊道的定義

廊道概念可追溯到1987年，美國總統雷根的「美國戶外活動報告委員會」(President's Commission on American Outdoors)的推薦，在推薦中提到：一個具生命的綠道網路系統...提高人們親近開放空間的可及性，且連接美國的都市和鄉村空間的景觀...穿越城市和鄉村邊緣，像個巨大的循環系統(President's Commission,p.102 ; Walmsley, 1995)。

廊道在景觀生態學中定義為遷移傳播的媒介，以及能量傳遞的通道。在二個或多個棲地間的連接扮演了非常重要的角色，可以運輸物質、保護涵養生物、資源提供等多方面的功能，甚而傳送能量形成能流(Energy Flow)。美國保護管理協會(Conservation Management Institute, USA)從生物保護的角度出發，將生態廊道定義為「供野生動物使用的狹長狀植被區塊，通常能促進兩地間生物性因素的運動」。

景觀生態學中的廊道(Corridor)是指不同於周圍景觀基質的線狀或帶狀景觀要素，而生態廊道(Ecological Corridor)是指具有保護生物多樣性、過濾污染物、防止水土流失、防風固沙、調控洪水等生態服務功能的廊道類型。生態廊道主要由植被、水體等生態性結構要素構成，它和「綠色廊道」(Green Corridor)表示的是同一個概念(朱強，2006)。

一般所指的生態廊道即為景觀中的線型嵌塊體，普遍存在於自然地區及人為環境的帶狀形式的藍、綠帶或開放空間、公園綠地。像是防風林帶、灌溉渠道、鐵道、景觀道路等皆屬廊道形式的一種。連接度高的生態廊道可建立棲地網絡、減緩棲地破碎化（Fragmentation），提供生物安全的庇護所，利於物種的擴散和遷移，提高物種繁衍或種群的生存競爭力。由人類活動使景觀被截流分割，基因及能流傳遞受阻，因此如何強化孤立嵌塊體間或與種源間的連繫，即為廊道的主要任務之一。

### 2-2-2 廊道的特徵

不同類型的生態廊道在設計中都會涉及一些關鍵性問題，如數目、基質本底、連接度、寬度、構成、關鍵點（區）等（朱強，2006），本研究就這些特徵來進行文獻整理：

1. 數目：生態廊道是從各種生態流及生物性因素移動過程為出發點，在滿足基本功能要求的基礎上，認為增加廊道數目可減少生態流被截留和分割的機率。目前並未有實際數據證實多少條廊道對生態景觀的構築有較佳的表現，仍是根據現有景觀結構及規劃的景觀功能性來確定廊道的生態效益。
2. 基質：生態廊道是與周圍鄰近土地與背景嵌塊體產生聯繫，因此景觀中生態廊道所處的基質（Matrix）也是必須考慮的重點之一。對於基質的探討可由下列三點進入：第一，了解動物使用廊道的方式；第二，調查周圍鄰近的土地利用型式，或是判別從相鄰地區流向生態廊道的污染物的類型與強度；第三，判別由廊道連接的大型生態嵌塊體，而這些嵌塊體的位置所影響生態廊道的位置、內部特徵及長度，及遷移物種的類型。
3. 連接度：生態廊道上各段的點聯結程度稱為連接度，其對於物種遷移及河流保護都十分重要。就野生動物而言，功能連接度（Functional Connectivity）會根據不同物種的需要而產生變化。在人類景觀中，道路

常是影響生態廊道連接度的重要因素。因此，進行綠地規劃設計的一項重要工作，就是通過各種方法來增加棲地連接度，因為廊道退化或受到破壞會導致連接度降低，影響棲地發展。

4. 寬度：廊道的長度及寬度對生態功能的表現有著重要的關係，在某種程度上造成嵌塊體產生邊緣效應（Edge Effect），影響廊道中物種的分佈和遷移。過窄的廊道會對敏感性物種產生阻礙，同時降低廊道過濾污染物等功能。在不同棲地所進行的生態過程，有著不同的回應寬度，從數十米到數百米不等。邊緣效應雖然不能被消除，但是可以透過增加廊道的寬度來減小。各廊道寬度及其特點整理如表2-2所示：

表2-2 廊道寬度及特點

廊道寬度	特點
3 ~ 12m	廊道寬度與草本植物、鳥類的物種多樣性的相關性接近於0，僅基本保護無脊椎動物種群的功能。
12 ~ 30m	對於草本植物和鳥類而言，12m 是區別線狀和帶狀廊帶的基準。12m 以上的廊道中，草本植物多樣性平均為狹窄地帶的二倍以上；12m~30m 能夠包含草本植物和鳥類多數的邊緣種，但多樣性極低，主要為滿足鳥類遷移、保護無脊椎動物種群、小型哺乳類動物的生存。
30 ~ 60m	含有較多較草本植物和鳥類邊緣種，但多樣性低，基本滿足植物遷移和傳播、植物多樣性保護、魚類、小型哺乳類、爬行和兩棲類動物等的生存功能。30m 以上的濕地同樣可以滿足野生動物對生境的需求，截護以周圍土地流向河流的50%以上的沈積物，控制氮、磷和養分的流失，提供魚類有機碎屑，為魚類創造多樣性的繁衍環境。

表 2-2 廊道寬度及特點(續)

60/80~100m	對於草本植物和鳥類來說，具有較大的多樣性和內部種群機會，其可滿足動植物遷徙和傳播，包括鳥類及小型生物，以及生物多樣性、建構生態道路緩衝帶等的保護功能，是許多喬木種群存活的最小廊道寬度。
100~200m	保護鳥類、生物多樣性的最小適合寬度。
≥600~1200	含有較多的植物及鳥類內部種群，是能創造自然、物種豐富的景觀結構。一般而言，森林的邊緣效應有200~600m寬，森林鳥類被補食的邊緣效應範圍大約為600m（窄於1200m的廊道較少有真正的內部生境），滿足中型及大型哺乳類動物的遷移寬度以數百米至數十公里不等。

資料來源：景觀規劃中的生態廊道寬度（朱強、俞孔堅、李迪華，2006）

5. 構成：構成是指生態廊道的各組成要素及其配置，可區分為物種、生境兩個層次。廊道的功能發揮與其構成要素有著重要關係。生態廊道不僅應由原生物種或鄉土物種做為大區塊組成基質，而且亦需要具有層次豐富的群落結構。除此之外，廊道邊界範圍應盡可能包括較多的環境梯度類型，並與相鄰的生物棲地相連。
6. 關鍵點(區)：關鍵點（Key point）包括廊道中過去曾受過人類干擾，以及未來的人類活動可能會對自然系統產生重大破壞的地點。當點的面積在研究尺度上變大時，即成了該區域的關鍵區（Key Area）。在某種意義上，關鍵點（區）是生態廊道構成的一部分，而這些點（區）在廊道中佔有重要的地位。

## 2-3 棲地條件分析因子

在進行廊道相關規劃之前，應該就樣區進行相關因子的評估分析，本研究整理相關對棲地分析的文獻，如下表所示：

表2-3 棲地評估分析指標整理

研究人員/年分	使用之評估指標	研究主題
Forman & Godrom (1986)	嵌塊體形狀、單個嵌塊體的隔離度、嵌塊體易接近性、嵌塊體間的相互作用、多個嵌塊體的隔離度、多個嵌塊體的分散度	基質內嵌塊體性狀之測量
王智聖、鄒克萬 (2002)	公園面積、公園形狀、公園連接度、公園隔離度、公園內部異質性、植被層次複雜度、植被種類多樣性、綠覆率、活動人次衝擊、動態活動設施比例、不透水鋪面比例、周圍土地使用干擾、公園孔隙度	都市公園生態空間特性之研究
王小璘、涂芳美 (2001)	棲地面積、棲地形狀、棲地連接度、棲地隔離程度、棲地異質性、植栽多樣性、植群生育年齡、植群分層結構、營養級結構、環境自淨能力、遊憩活動類型、遊客尖峰人次、遊憩活動範圍、人為設施面積、人為維護程度、內部土地使嗽型態、周圍土地使用型態	都市公園生物多樣性

表2-3 棲地評估分析指標整理(續)

研究人員/年分	使用之評估指標	研究主題
林裕彬、林怡君 (1999)	嵌塊體數目、面積、周長、形狀指數	以景觀生態學探討 蘆竹地區農田景觀 結構
林裕彬、鄧東波 (2001)	嵌塊體數目、平均嵌塊體大小、嵌塊體大小之標準差、平均鄰近指數、邊緣總長度、邊緣密度、平均形狀指數、面積權重平均形狀指數、景觀形狀指數、雙對數碎形維度	探討台北市信義計畫區都市綠地
張俊彥(2000)	延展性、充實度、邊界發展性、圓周性、橢圓性	探討塊區形狀進行 公園綠地評估之應用研究
Edward A. Cook (2002)	嵌塊體面積和型態(起源類型、型態、平均面積、平均內緣比)、嵌塊體植群結構及多樣性(平均綠覆率、平均本土植物覆蓋率、平均多樣性結構)、嵌塊體背景(平均基質效用、平均隔離指標、平均T-Link)、嵌塊體的自然程度(本土植物、土壤、逕流、整體自然度)	以景觀結構指標評估都市的生態網路



根據上表可發現，關於棲地條件之評估項目主要可以分為三個部分，第一為對棲地本身性質之評估，例如透過評估嵌塊體面積、形狀、內緣比、以及其內部之植物多樣性之分析；第二為棲地背景之狀況，包括嵌塊體連接度以及隔離程度等；第三為考慮棲地周遭土地之使用狀況，並且探討嵌塊體是否能夠確實發揮其最大效應。

然而生物採樣往往受限於經費或資源不足，又或是受到地形地物之影響，導致採樣點無法遍及整個研究區域，當需要全區之生物資料分布狀況時，就需要一些插補技術輔助。空間內插法假設空間區域內的資料具有連續性，因此可以利用線性迴歸與空間中少數的樣點分布來計算出整體的趨勢走向，也就是在真實測量的樣點之間，插入符合整群樣點趨勢的預測值。其中常見者如反距離權重法(inverse distance weight; IDW)、克利金法(kriging)、齒條函數內插法(spline)等等，其中克利金法在過去廣泛應用於地下水層、土壤鹽度等各種自然資源的預測上，所需的資料點不需要均質、眾多就可以進行預測。

克利金法於植物上應用有李奕迪(2007)利用指標克利金法來進行荖濃河流域的植群預測；Wang (2007)利用指標克利金法配合套地理資訊系統，建立紐約西方之Holland Land Company Purchase 之植被生態。

克利金法在動物的空間分布應用上有Maier et al. (2005)利用克利金法調查阿拉斯加(Alaska)的麋鹿數量；Monestiez et al. (2006)利用克利金法繪製地中海西北

部鯨魚之分布，幫助保育計畫之實行；Pople et al. (2007)利用克利金法調查南澳洲紅袋鼠及灰袋鼠的空間密度分布，觀察其變化的趨勢來幫助管理。

目前國內研究多偏重於公園綠地之生物多樣性之探討，很少有對於其他土地使用之考量，對景觀生態學而言，雖有眾多專家學者對於此一領域進行研究，但對於一個都市實質的整體生態網路系統研究，則仍有加強與整合的發展空間，再加上各指標雖然眾多，但性質相同者卻也是佔大多數，因此本研究經過考量後，選用兩個面向，共六個因子指標來分析本樣區之棲地條件，分別是：

1. 環境因子：碳通量、坡度、地景歧異度
2. 生物豐富度：鳥類、哺乳類、植物

而在之後運用的線性規劃中，本研究也將面積權重平均形狀指數納入限制式中，各因子之意涵將在第三章中進行討論。

## 2-4 多準則決策

多準則評判(Multiple-criteria Decision Making；MCDM)由多目標規劃(Multiple Objective Programming；MOP)演繹而來，MCDM是根據一組可行方案，評估多個準則的相對重要性及決策者偏好來決定最佳方案，是現行管理決策中被大量使用的一門評估技術。

決策者在面對數個質化或量化的準則時，對一組已知、有限且數量不大的可行方案進行評估。當透過一套評估程序後，會衡量各屬性的相對重要性，並依所需的屬性進行決策，以決定個方案間的優劣、執行的先後順序，以找出最佳方案。

大多數的決策問題，具有下列三項特性：

1. 多評準、多目標：決策者對於欲評估之方案通常有一項以上之判定標準，亦即所欲滿足的限制也有一項以上。
2. 非同一測量單位：各目標價值的測量單位並不相同。
3. 不確定：決策者在知識與資訊上的不完整，必須在不確定的情況下做決策。

#### 2-4-1 多準則決策的過程

若決策時間屬長期性，而且資訊能不斷蒐集補充時，則決策分析為一個循環的過程。從先驗資訊(prior information)的獲得，經由確定性階段(deterministic phase)、機率性階段(probabilistic phase)、資訊階段(information phase)及決策，再從新資訊的獲得，回到確定性階段，當這樣的循環形成時，我們稱為決策分析循環(decision analysis cycle)(Matheson and Howard, 1983)，詳細過程如下圖所示：

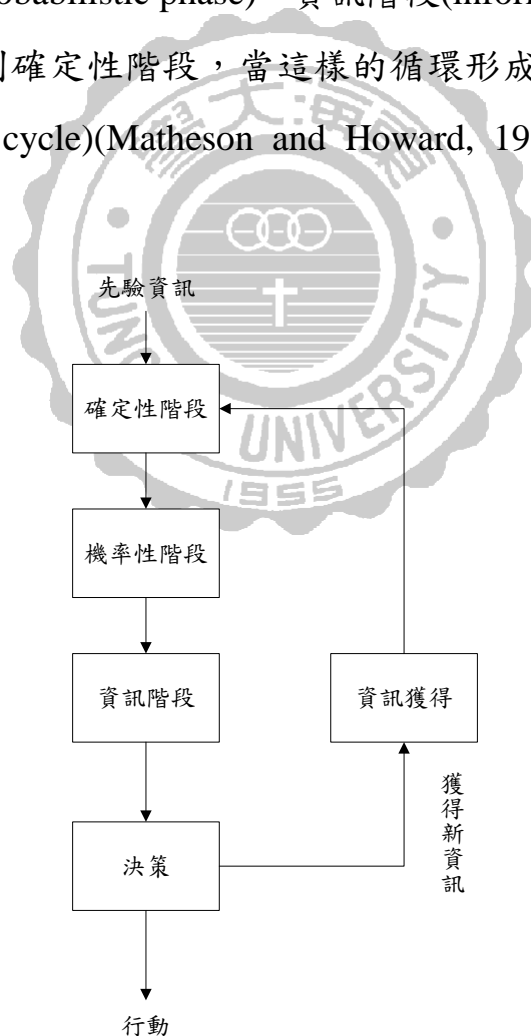


圖 2-1 決策分析循環示意圖

在決策分析循環中，確定性、機率性及資訊三個階段，每一個階段的工作內容與分析事項，如下表所示：

表2-4 決策分析循環的工作內容與分析事項

階段	工作內容	分析事項
確定性	1. 範圍決定	1. 求出優勢關係，以刪減計畫數。
	2. 計畫的研擬	2. 進行敏感度分析，以驗證重要的變數。
	3. 衡量績效值	
	4. 選擇系統變數	
	5. 找出時間偏好	
機率性	1. 將重要變數的不確定性加以衡量	1. 發展偏好價值。 2. 選擇最佳計畫。
	2. 將風險加以衡量	
資訊	資訊獲得的可行性分析	1. 求取重要系統變數，刪除不確定性的價值。 2. 發展更經濟的資訊獲得方法。

資料來源：(Matheson and Howard, 1983)

#### 2-4-2 多準則決策的分類

多準則決策依評估方法、規劃狀況、資料性質、決策人員、決策時間、評估步驟、實際決策、理性程度及決策程序等不同，可區分為不同的類型(鄧振源，2012)：

1. 依評估方法區分(Vincke, 1986；Massam, 1988)：
  - a. 多目標數學規劃(Multi objective Mathematical Programming, MOMP)
  - b. 多屬性效用理論(Multi Attribute Utility Theory, MAUT)
  - c. 公共選擇理論(Public Choice Theory, PCT)
  - d. 優勢關係法(Outranking Relation methods)或是多屬性決策(Multi Attribute Decision Making, MADM)

## 2. 依規劃狀況區分：

- a. 離散行評估問題(discrete evaluation problems)：計畫事前已知，可藉分析歸納而得到，此類方法如多屬性決策分析(MADM)。
- b. 連續型評估問題(continuous evaluation problems)：計畫事前無法得知，須經規劃後才能得到可能的計畫，此類方法如多目標數學規劃(MOMP)。

## 3. 依資料性質區分：

- a. 軟性評估問題(soft evaluation problems)：此即利用質化(qualitative)或序數(ordinal)的資料，探討計畫或準則權重的特性及績效，又稱為定性評估問題(qualitative evaluation problems)。
- b. 硬性評估問題(hard evaluation problems)：利用量化(quantitative)或基數(cardinal)的資料，探討計畫或準則權重的特性及績效，又稱為定量評估問題(quantitative evaluation problems)。
- c. 混和評估問題(mixed evaluation problems)：分析計畫或準則權重的特性及績效時，包括質化與量化的資料在內。

## 4. 依決策人員區分：

- a. 個體決策(single-person decision making)：決策者只有一人的決策情形。
- b. 群體決策(group decision making)：決策者為一決策群體或委員會，由於決策過程中偏好的動態性與強烈的「磋商」(bargaining)特性，因此較無法獲得精確而又可接受的群體折衷解(compromise solutions)或權衡取捨解(trade-off solutions)。

有關個體決策以及群體決策的比較，請見表2-5：

表2-5 個體決策與群體決策比較表

項目	個體決策	群體決策
優點	決策迅速	提升創造力
	責任明確	促進參與
	意見少受干擾	減少個人主觀
缺點	無法集思廣益	風險規避現象
	無互動機會	責任不明確
	時有個人主觀	決策費時，成本較高
問題的適用性	較簡單	較複雜
	有時間限制	長期性
	已具有固定解決程序及方式	影響深遠
	屬於個人特性者	教具新奇性

5. 依決策時間區分：

- a. 單階段決策問題(single-stage decision problems)：決策所考慮的時間較短期，因此可視為單一而獨立的時間間隔來分析，而且分析資料屬於確定性。
- b. 多階段決策問題(multi-stage decision problems)：決策所考慮的時間較長，不確定性與風險性的問題較嚴重，因此需要分成數個階段來考慮與分析，例如動態規劃(dynamic programming)。

6. 依評估步驟區分：

- a. 單步驟求解問題(single step problems)：對決策評估問題只要用單一步驟就可以獲得解答。
- b. 多步驟求解問題(multi-step problems)：對決策評估問題須經過反覆不斷的步驟，已逐漸收斂到適當的解答。

7. 依實際決策區分：

- a. 描述性決策(descriptive decision)：決策問題著重在描述性，而不刻意注意問題的確立、數學模式的應用及求解，因此過程簡單，並無特定的標準。

b. 規範性決策(prescriptive decision)：重視決策問題，以預定標準與正規方法研擬可行計畫，並著重在數量方法的分析。

8. 依理性程度區分：

a. 理性決策(rational decision making)：又稱為經濟模式(economic model)，其過程數規範性的決策。

b. 滿意決策(satisficing decision making)：又稱為行政模式(administrative model)，基於人類理性是有限制的(bounded model)，決策結果不一定完全預知，決策過程也有非理性的因素介入。

理性決策與滿意決策的基本假設比較，如下表所示(表2-6)：

表2-6 理性決策與滿意決策的比較

項目	基本假設
理性決策 (經濟模式)	<ol style="list-style-type: none"><li>1.決策者為經濟人(economic man)，決策價值為目標導向，重視成本效益。</li><li>2.可充分蒐集相關資訊。</li><li>3.決策問題能量化處理，準則的偏好順序明確。</li><li>4.無時間及成本限制，可進行一致性而價值最大的選擇。</li></ol>
滿意決策 (行政模式)	<ol style="list-style-type: none"><li>1.決策者為行政人(administrative man)，決策時應顧及行政上的因素。</li><li>2.可蒐集的資料無法充分提供。</li><li>3.僅能了解有限計畫，決策結果不一定完全預知，決策過程有非理性因素的介入。</li><li>4.時間及成本有限，決策時只能追求近似情況，主觀上滿足即可。</li></ol>

## 9. 依決策程序區分：

- a. 程序化決策(programmed decision)：決策的過程明確，具有固定的處理方式；一般而言適用於問題型式較結構化與簡單化的情形，因此常應用在較低階層單位或較不重要的決策問題。
- b. 非程序化決策(non-programmed decision)：決策的過程不明確，不具有固定的處理方式；適用於問題較不具結構化、目標不明確及問題較複雜的情形，因此常應用在較高階層單位或較重要的決策問題。

## 2-4-3 多準則決策的工具

### 1. 加權總和法 (Weighted Sum Model, WSM)

加權總和法是廣為人知、最常被使用也是最簡單的 MCDM 方法，尤其在單準則決策。若有  $m$  個方案、 $n$  個屬性則公式如下：

$$A_{wsm} = \sum_{j=1}^N a_{ij} w_j \quad (2-1)$$

$A_{wsm}$ ：某加權後方案的 WAM 分數

$a_{ij}$ ： $i$  方案在  $j$  準則的實際得分， $i=1\sim m$

$w_j$ ： $j$  準則的權重

這個公式假設該決策為加法效用函數。在單準則決策中，所有的單位都是相等的，因此使用最為簡易。但是用來解決 MCDM 問題時，則會遇到需要結合不同構面或不同單位的困難。

### 2. 分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Process Method, AHP)

AHP (Saaty, 1977, 1980) 以數學與心理學為基礎，主要應用在一個不確定的情況下的 MCDM 問題。目的在將一個複雜的決策問題系統化，以減少決策錯誤的風險 (簡禎富, 2005)。AHP 將決策所需的元素區分成幾個構面，把問題以層級分解成多個小的子問題後，再根據 AHP 的步驟重新組織成一個系統。這可以確保決策是否考量到所有構面，並使複雜的問題變得比較容易進行決策。AHP 藉由評估屬性與屬性間的關係，利用成對比較建構矩陣，來反映決策者的主觀



偏好為何，再利用特徵向量計算各個準則間的權重。AHP 有一個重要的假設為層級結構中，每一層要素皆假設為獨立。而其優點在於使用成對比較的方式讓決策者有比較的依據，再以一致性檢驗，提高決策的效度。

### 3. 類似度求理想解之順序偏好法 (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)

TOPSIS 法係用來對不同的替代方案進行排序，藉以找到決策者的偏好。近年來，TOPSIS 法成為MADM 的主要方法之一，已廣泛應用於人力資源管理、生產製造、產品設計、水利管理、交通運輸以及品質管理等。而TOPSIS 法的概念也已延伸至MODM 與群體決策，因為其具備四項優點 (Shih, 2007)：

- a. 具有邏輯性，可以合理的推測決策者的選擇。
- b. 同時將最好與最壞的方案納入考量。
- c. 簡單的運算過程，容易轉換成試算表。
- d. 可以可視化所有替代方案的任意兩個屬性。

不同於 AHP 法必須成對比較替代方案，TOPSIS 法係根據替代方案與理想化目標的接近程度進行排序，理想化目標可以分成理想解 (positive ideal solution, PIS) 與負理想解 (negative ideal solution, NIS)。PIS 是指在效益準則值最大、成本準則值最小者，反之則是NIS。因此最佳方案應該離理想解越近越好，離負理想解越遠越好 (張紹勳, 2012) TOPSIS 的缺點在於必須給定權重且沒有一致性的檢定(Hwang and Yoon, 1981)，但是AHP 法受限於人類處理訊息的能力，無法同使比較大量方案，反之TOPSIS 法則較不受限於屬性的數量與替代方案的數量，可以將更多的因素及方案納入考量，因此TOPSIS在處理MCDM 的問題上仍備受青睞，故本研究將TOPSIS作為主要方法。

### 4. VIKOR 法(VlseKriterijumska Optimizacija Konmpromisno Resenje, VIKOR)

多準則決策分析方法中 VIKRO 和 TOPSIS 之評估原理皆為找出與理想解關

係最大和最接近性，但與 TOPSIS 不同的是，VIKRO 的特色為提供最大化之「群體效益」，以及最小化之「個別遺憾」，因此 VIKRO 是一門強調以妥協的概念來處理評估準則之間相互競爭的排序方法。

## 5. ELECTRE 法(Elimination et Choice Translating Reality)

ELECTRE 法最早由 Benayoun 於 1966 年提出，用來評估 MCDM 的優勢關係評估法(outranking method)。先建立決策者的偏好關係，即優勢關係(outranking relation)；再以此優勢關係，建立一致性矩陣與非一致性矩陣，取得方案間的相互關係。最後以成對比較和各方案間的優劣關係，得到最佳方案。起初，ELECTRE 法因其邏輯簡單及計算容易，並能利用所獲得的資訊轉換成決策矩陣，提供進一步的運算，被視為最好的 MODM 方法之一（王小璠，2005）。但其缺點在於決策過程中，要求決策者將定性資料量化，再依據主觀的評斷比較優劣，因此決策者必須提供數值型決策參數，然而過於決斷的設定門檻值，可能致使無法呈現所有可行方案。

本研究利用 AHP 專家問卷計算各因子之權重，並利用 TOPSIS 法來判斷各樣區內各網格的廊道適宜程度，詳細步驟請參考第三章。

## 2-5 線性規劃

線性規劃(linear programming)自從 1947 年由美國數學家 G.B.Dantzing 提出了簡捷法(simplex method)之求解方法後即蓬勃發展，從此建立了系統分析之基礎。線性規劃在早期已廣泛被應用於各類生產規劃上，獲得了重大之成果，目前在各類環境系統分析問題中，也被廣泛應用(張乃斌，1997)。

### 2-5-1 基本原理

在線性規劃的問題中，有一個很重要之基本假設，即系統中所有變數之互動關係為線性，因此若系統之非線性特徵很明顯時，就不適合使用線性規劃，但有時為了求解方便起見，亦可將非線性特徵不明顯之非線性函數線性化後，將

問題轉化為線性規劃求解之。

一般而言，最佳化模型基本架構包括下列兩項：

1. 目標函數(objective function)：在一個被妥善界定的環境問題中，對欲追求或改善之目標所定義之數學函數式。
2. 限制式(constraint)：在一個被妥善界定的環境問題中，系統所面臨之內部或外部制約條件稱為限制式。限制式又可以進一步分為功能限制式以及非負限制式，功能限制式代表系統本身所受到之制約條件，非負限制式則是為了求解方便，由人為加入之限制條件。

在此類模型中，有著兩種不同之變量：

1. 決策變數(decision variable)：在一個含有目標函數及限制式之模型中，與決策方案有關之待決定的變數稱為決策變數。
2. 系統參數(parameter)：在一個含有目標函數及限制式之模型中，與決策變數有關之係數稱為系統變數。

線性規劃模型之求解是一個反覆運算之過程(iterative procedure)，包括有以下三種(張乃斌，1997)：

1. 圖解法(graphical method)：本方法依據優化解搜尋原則在二度空間中以圖解方式求解。
2. 簡捷法(simplex method)：運用線性代數(linear algebra)之技巧，可以在不涉及微積分之情況下得到優化解。可應用於多維度空間問題之求解。
3. Karmarker 法：本方法為Karmarker 所提出，利用微積分中坡降與投影的觀念發展成可以解決線性或非線性規劃之問題。

線性規劃之相關原理可由下圖來解釋：

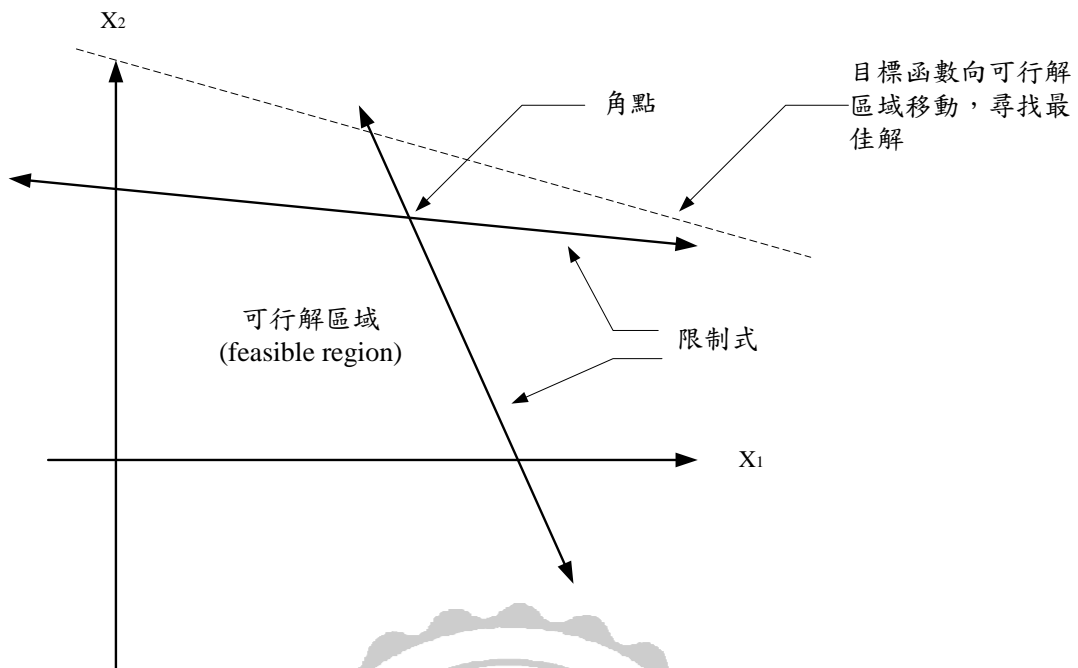


圖2-2 線性規劃之典型可行解區域圖

1. 可行解區域(feasible region)：由限制式所圍成之第I象限中的區域，代表所有優化解必在此區域中。
2. 角點(corner point)：在可行解區域中之邊界轉折點。
3. 可行解(feasible solution)：在可行解區域中所有之解均為數學模型可能之解。
4. 最佳解或優化解(optimal solution)：在可行解中，使得數學模型之目標極大化或是極小化之解。
5. 關鍵限制式(binding constraint)：直接影響優化解之限制式。
6. 非關鍵限制式(non-binding constraint)：不完全影響優化解之限制式，但可影響可行解區域之型態。
7. 無效限制式(redundant constraint)：不會直接影響優化解以及可行解區域型態之限制式。

## 2-5-2 整數規劃

整數規劃(integer programming)是線性規劃的一種，其特色為某些決策變數僅能以整數方式表達。根據過去之研究，可應用在環境規劃上的潛力包括：固體廢棄物管理系統、廢水處理系統、空氣資源管理系統、監測站網設置規劃(張乃斌，1997)。

整數規劃之型態分為下列三種：

1. 純整數規劃(pure integer programming)：模型中所有決策變數均為整數。
2. 混和整數規劃(mixed integer programming)：模型中所有決策變數均為實數及整數。
3. 二元整數規劃(binary integer programming)：模型中所有決策變數均為二元變數，例如：0，1。

## 2-5-3 整數規劃之解法

整數規劃之最佳解可能發生在線性規劃之可行解區域內的任一點，其求解方法可分為三種(張乃斌，1997)：

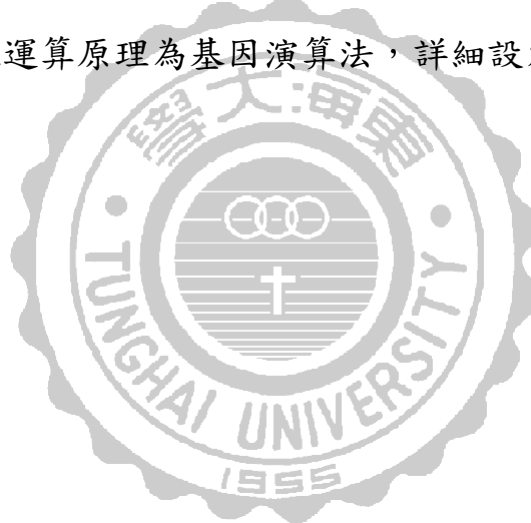
1. 窮舉法：其計算量為 $2^n$ (對二元變數而言)，相當費時費事。
2. 隱枚舉法(implicit enumeration)：本方法由簡捷法為基礎而加以延伸，其包含了枝界法(branch and bound method)以及切面法(cutting plane method)。
3. 基因演算法：在大規模整數規劃問題中(尤其在路網分析的問題時)，當結點數目達到某一限度，會無法用傳統的枝界法求解，此現象稱為”NP complete”。但是基因演算法近年來已經被證實可以突破此一瓶頸，而且基因演算法亦可被用於求解非線性規劃之問題。基因演算法具有其他演算法所不具備的遺傳特性，在求解空間的搜尋過程中，能夠快速尋找全域之最佳解，因為此演算法是一種模擬自然界演化過程的數學解法，它根據達爾文的演化論觀點，將求解方式視同一種物種

演化過程，在經歷一連串的優選與淘汰後，逐漸將搜尋空間中所有不可能與不適合的解一一淘汰。

基因演算法在求解時具備以下特性：

1. 不直接利用變量進行求解，而是將變量以適當編譯方式編譯成字串後，利用字串進行求解。
2. 避免以點找點的搜尋方式尋求最佳解，而是同時以多點進行最佳解的搜尋，降低陷入局部最優解的可能性。
3. 以隨機搜尋方式進行求解，而非確定性搜尋方式。

本研究在進行廊道設置的規劃時，使用的軟體為Palisade 公司所發行的 Evolver 6，此套軟體之運算原理為基因演算法，詳細設定請參見第三章。



## 第三章 研究方法

本章節為對研究區域、研究方法進行闡述。首先概述台中市大肚台地區域之環境背景，接著介紹多準則決策以及線性規劃法兩者應用於生態廊道之建立方法。

### 3-1 研究流程

本研究分為三大部分進行：棲地條件分析、多準則決策以及線性規劃。

首先選定大肚台地為研究樣區，並透過管道取得本樣區的衛星影像圖；目前運用的衛星影像季節為春季及冬季，藉此分析兩季 NDVI 值之差異以觀察樣區內植被隨季節變化較小之區域，接著在季節變化較穩定之區域設立採樣點，當採樣數據整理好後，運用反距離權重法套用到網格圖層，以完成棲地條件之分析。

為了瞭解各網格嵌塊體之廊道適性程度，本研究將評估因子分為兩大類，分別為環境因子以及生物豐富度評估，每一類因子依不同條件再各分出三個因子，各因子之權重值則是透過專家問卷(AHP)來決定，最後利用多準則決策對每個網格進行分析以評估廊道適性程度。

當廊道適性程度分析完後，便依據網格嵌塊體的篩選方式建立多種情境，利用線性規劃法評估廊道的分布以及走向，完成建立生態廊道的工作，詳細研究步驟流程如圖 3-1 所示。

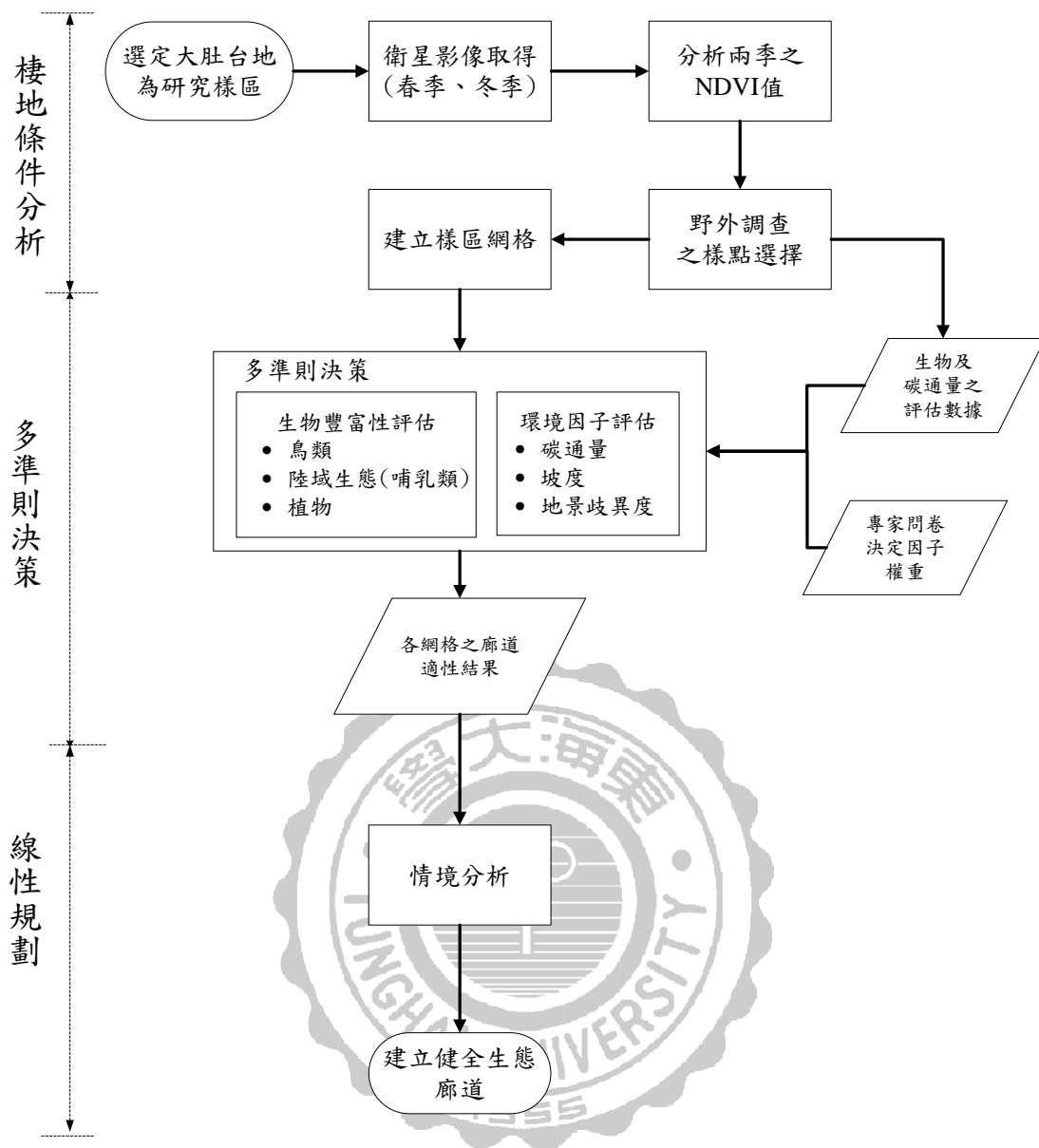


圖 3-1 研究步驟流程圖

### 3-2 研究背景

本研究以台中市大肚台地為研究區域。大肚台地位於台中市的西側且為連接市區與郊區的主要交通幹道所必經之地。台地兩側皆有高速公路行徑，而中部國際機場—台中航空站位於台地的北端。政府為發展經濟，因而在此設立台中工業區、中部科學園區、關連工業區等及全世界最大之火力發電廠，並於 2013 年 3 月宣布將規劃台中港為「自由經濟示範區」，台中市的發展程度可見一斑。



大肚台地區域地景基質型態近均質，又大肚台地的中部尚有台中都會公園，且西南側保有低海拔原始森林之組織與結構具有國土保安及生態保育等之重要性，故被劃定為保安林，考量此區之人類活動如建物、道路、農耕、水道等，與植被生長情況，如相思林、次生林及地表植被高度與覆蓋度不同，進而形成不同自然度之嵌塊環境。由此見得，大肚地區涵蓋不同之發展型態及地表樣貌，相當適合作為日後推展大台中之生態城市之縮影，故本研究選定此區做為研究樣區。樣區位置則選定三區：東海區、大肚山南麓大肚鄉範圍內及大肚山北麓台中都會公園，背景如圖 3-2 所示。

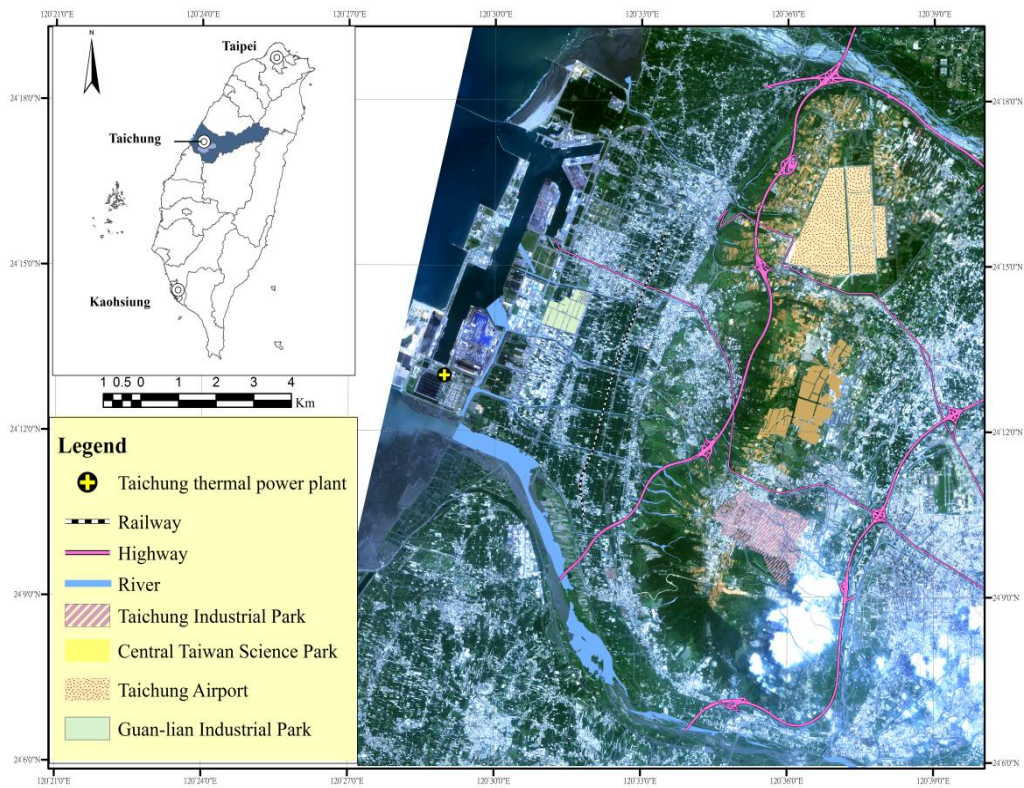


圖 3-2 研究區域圖

### 3-3 棲地條件分析

在進行棲地條件之分析時首先要確立採樣點，而採樣點則是依據常態化差異植生指標(Normalised Difference Vegetation Index, NDVI)的分析後來設置，其可以分析出大肚台地植被變遷程度較小之區域。

本研究運用之衛星影像為中央大學太空遙測中心提供，由本國福爾摩沙衛星二號拍攝，拍攝季節為春季及冬季。

本研究探討之棲地條件分析有兩大類，分別為環境因子以及生物豐富度之評估，每一個因子皆採用三個適合的指標來與以建構以及量化，總計有 6 個指標。當採樣數據整理好後，運用反距離權重法套用到網格圖層，並將各網格分成四個等級，等級越高者，代表該因子在該網格的評價較高。

#### 3-3-1 常態化差異植生指標

本研究將衛星遙測影像進行常態化差異植生指標分析，其為測定綠色植物之覆蓋率研究方法，因綠色植物有吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，可加以判別植生反射量之多寡，如式 X 所示，其中 NDVI 為常態化差異植生值，IR 為紅外光、R 為紅光。藉由 NDVI 分析可將地表植被資源分為三類：非植被、稀疏植被及茂密植被。

$$NDVI = \frac{IR-R}{IR+R} \quad (3-1)$$

### 3-3-2 環境因子

#### 1. 地景歧異度

用來表示景觀類型間的複雜程度，本研究將公式內的地景單元分成三類：茂盛植被區、稀疏植被區、非植被區，其三種地景單元之值使用 NDVI 分析後的數據；當 H 值越高表示景觀格局越豐富，破碎化程度越高不定性也越大：

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \times \log_2 P_i \quad (3-2)$$

H：嵌塊體 i 之歧異度

$P_i$ ：第 i 類地景單元之面積比

N：地景單元之數目

#### 2. 碳通量

碳通量表示碳分子在單位時間內從地表的表面釋出或是吸收的移動量，碳通量的值越高表示地表的透水性愈高。碳通量之數據經樣點收集完後，會與各樣點之 NDVI 值進行迴歸分析；各網格之 NDVI 值再代入分析後之經驗式，即可求出各網格的碳通量值。

#### 3. 坡度

坡度是指一坵塊土地之平均傾斜比，或以坡面上垂直於等高線方向之上、下兩點間之垂直高差除以其水平距離乘以一百，以百分比表示之(水土保持技術規範，1990)。坡度越大，土地可利用性有越低的趨勢，因此坡度越大其對應之等級就越低，也表示該網格的條件越差。

### 3-3-3 生物豐富度

生物豐富度代表的就是物種的數目，為最簡單、最古老之多樣性量測方法。主要是測定一空間範圍內之物種數，以表達生物之豐富程度。當研究地區或取樣面積在時間及空間上是確定或可控制的，則生物豐富度會提供有效的訊息，反之則無意義。

$$d = \frac{(S-1)}{\log N} \quad (3-3)$$

$d$ ：生物豐富度； $S$ ：總物種數； $N$ ：總物種個體數

本研究調查對象為陸域生態(哺乳類)、鳥類以及植物等三項(引用東海大學生科系之採樣數據)，當採樣點之數據整理好後再利用克利金法(kriging)推估至其他網格。

### 3-3-4 網格大小確立

網格通常是以方格為單位，若每一個方形格子以公尺(m)為單位時，指定的網格大小數值也是以公尺為單位。

在 GIS 空間分析或模擬中，網格資料是經常被使用的基本空間系統，特別是應用在高程、地下水位等資料，以及選址分析、鄰近分析或趨勢型分析等。通常網格越大，圖層的解析度越低；反之網格越小，資料儲放的空間需求也越大，所佔之電腦記憶體也越大。

在本研究中，網格採取 500m\*500m 的大小劃分，考慮之要因為本研究區域屬於大台中市的一個區塊，面積不大，如果採用大網格，整體鑑別性並不那麼突出，在文獻中也指出如果做樣區環境生物評估等，網格不宜太小(黃書禮，2000)

### 3-4 AHP 專家問卷

利用 AHP 法進行決策問題的評估，主要包括三個階段的工作(Zahedi, 1986)：

階段一：建立評估的層級結構。

階段二：各層級要素權重的計算。

階段三：整體層級權重的計算。

本研究用問卷方式調查專家的偏好判斷，參考的決策步驟程序如下(鄧振源，2012)：

#### 1. 決策問題的界定：

根據決策問題的本質及所處系統，將可能影響決策問題的要素均納入，蒐集相關資訊，界定決策問題的範圍。

#### 2. 決策群體的組成：

根據決策問題所涉及的領域及複雜程度，聘請相關領域的專家以成立決策群體，一般而言以 5~15 人較佳。

#### 3. 層級結構的構建：

由規劃人歸納決策問題的相關資訊，並提供決策群體成員參考以找出影響決策問題的系統要素，包括了目標、層面、準則、以及可行計畫或方案等。

#### 4. 問卷設計與調查：

根據所構建的評估層級結構設計成問卷型式，並由決策群體的專家進行成對要素相對重要程度的判斷，同時問卷必須清楚敘述每一成對比較問題，以協助專家判斷。

設計好的問卷要附上先關的資訊，寄送或直接拜訪決策群體的專家，進行要素相對重要程度判斷的選擇。

## 5. 成對比較判斷的檢定：

回收完專家填寫的問卷後，可以得到許多成對比較矩陣，根據各成對比較矩陣的資料。應用軟體進行特徵值與特徵向量的求取，同時檢定每一成對比較矩陣的判斷是否符合一致性的要求。

若比較矩陣出現不符合一致性的情形發生時，顯示專家的判斷有混淆的現象，此時須請專家對此判斷重新加以判斷，直到符合一致性的要求為止。

## 6. 最適計畫或方案的決定：

專家判斷均符合一致性的要求後，即可決定各層級要素在最終目標下的優勢權重。最後一層可行計畫或方案的優勢權重，即表示在整體層級所有要素考量下，達成最終目標的重要程度，權重越大者表示該計畫或方案越重要。

本研究設計之專家問卷可參考附錄。



### 3-5 多準則決策分析方法

本研究以 Microsoft 所編寫的電腦試算軟體 Excel 2010 為工具，將運算類似度求理想解之順序偏好法(Technique of Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)輸入公式於 Excel 的工作表中，進行多準則決策的運算。計算過程為參考刁培正(2014)的 TOPSIS 的運算式，其方法如圖 3-3 所示：

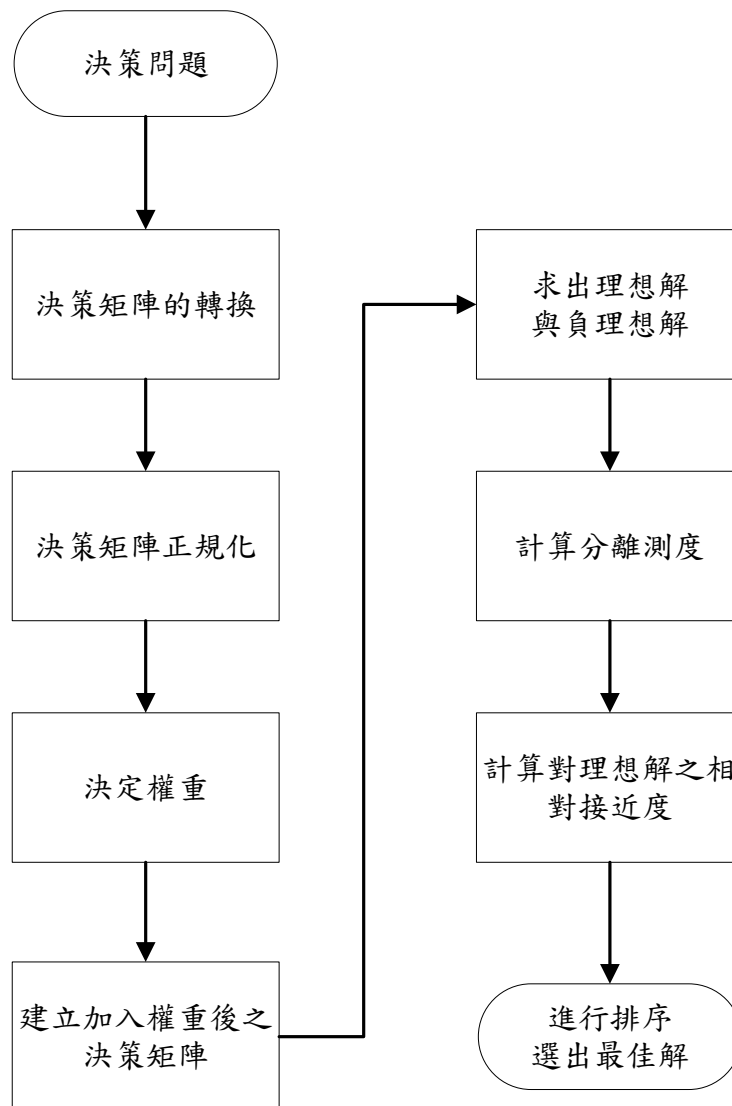


圖 3-3 類似度求理想解之順序偏好法計算流程圖

1. 將問題轉換為決策矩陣 A :

假設決策矩陣問題有 m 個可行解，n 個準則(或屬性)。

$$\mathbf{A} = [A_{ij}]_{mn} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

2. 決策矩陣正規化 :

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (3-6)$$

$$\mathbf{R} = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-7)$$

3. 決定權重 :

可由決策者主觀決定權重值  $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$  或以標準差的方式取得，本研究使用專家問卷(AHP)來計算各準則的權重值。

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{i=1}^m \sigma_{ij}} \quad , j = 1, 2, \dots, m \quad (3-8)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3-9)$$

4. 建立加入權重後之決策矩陣 V :

$$V_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad , j = 1, 2, \dots, n \quad (3-10)$$

$$\mathbf{V} = w_j \times r_{ij} = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-11)$$



5. 求出理想解  $A^*$  與負理想解  $A^-$

$$A^* \equiv \{v_1^*, \dots, v_n^*\}, \text{ where } v_j^* = \{\max(v_{ij}) \text{ if } j \in J; \min(v_{ij}) \text{ if } j \in J'\} \quad (3-12)$$

$$A^- \equiv \{v_1^-, \dots, v_n^-\}, \text{ where } v_j^- = \{\min(v_{ij}) \text{ if } j \in J; \max(v_{ij}) \text{ if } j \in J'\} \quad (3-13)$$

$J$  是一個與所有效益準則相關屬性的集合； $J'$  是一個與所有成本準則相關屬性的集合。

6. 計算分離測度：

$$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^*)^2} \quad (3-14)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2} \quad (3-15)$$

7. 計算對理想解之相對接近度：

最佳之方案應該與理想解最靠近，並且離負理想解最遠。

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^-} \quad (3-16)$$

8. 進行排序，選出最佳解：

由於  $0 < C_i^* < 1$ ，因此將各方案的  $C_i^*$  值進行大小順序的排列後，越靠近 1 之方案即為最佳解。

在本研究中，各方案即是對應到各網格，而各準則則是對應到 6 項指標，透過類似度求理想解之順序偏好法的分析後，越接近 1 之網格即是本研究所選，反之，越接近 0 之網格則是透過情境分析時予以剔除。

### 3-6 數學規劃

#### 3-6-1 模型建立

本研究提出的模型概念為求出各網格是否需要復育、種植情況，以及求出最小的廊道設立成本，模型如下所示：

$$\min Z = \sum_{i=1}^n [(AX_i \times P_i + CX_i - RX_i) \times S_i] \quad (3-17)$$

s.t. :

$$\sum_{i=1}^n (S_i \times m_i) \geq M \quad (3-18)$$

$$\sum_{i=1}^n (S_i \times b_i) \geq B \quad (3-19)$$

$$\sum_{i=1}^n (AX \times G) \geq LG \quad \forall i \quad (3-20)$$

$$1 \leq \frac{L}{\sqrt{CA}} \times \frac{CA}{WA} \leq 2 \quad (3-21)$$

$$L=f(S_i) \quad (3-22)$$

$$CA=g(S_i) \quad (3-23)$$

$$S_i \in \{0, 1\} \quad (3-24)$$

$$X_i \geq 0 \quad (3-25)$$

$Z$ ：廊道復育總成本； $X_i$ ：第  $i$  格的種植量； $P_i$ ：第  $i$  格的土地交易價格；

$S_i$ ：第  $i$  格是否復育，是為 1，不是則為 0； $A$ ：每棵樹所需面積； $R$ ：每棵樹之固碳效益；

$m_i$ ：第  $i$  格哺乳類的生物豐富度； $b_i$ ：第  $i$  格鳥類的生物豐富度； $C$ ：每棵樹苗之價格；

$M$ ：欲保留之哺乳類生物豐富度量； $B$ ：欲保留之鳥類生物豐富度量；

$G_i$ ：第  $i$  格之現有綠地面積； $PA$ ：單位網格之面積； $LG$ ：單位網格須達之最低綠地面積；

$L$ ：廊道總邊長； $CA$ ：廊道總面積； $WA$ ：樣區總面積

模型所使用的樹種應以現地調查為主，輔以法規規範來做選擇，本研究之假設為種植苦楝樹，其為大肚台地區域之優勢種，並且符合法規(建築基地綠化設計技術規範，2012)所要求，如表 3-1、3-2 所示：

表 3-1 原生植物植栽參考表

闊葉 大喬 木	樟葉槭、蓮葉桐、糙葉榕、香楠、台灣欒樹、大葉楠、欖仁、苦楝、烏心石、楓香、刺桐、白雞油、榕樹、樟樹、茄苳、紅楠、山欖、雀榕、青剛櫟、稜果榕、台灣朴樹、台東漆、青楓、竹柏、假三腳龍、欖仁舅、九丁樹、瓊崖海棠。
---------------	---

(建築基地綠化設計技術規範，2012)

表 3-2 誘鳥誘蝶植栽參考表(建築基地綠化設計技術規範，2012)

闊葉 大喬 木	糙葉榕、香楠、大葉楠、青剛櫟、稜果榕、台灣朴樹、台東漆、青楓、山刈葉、菩提樹、厚香皮、雀榕、茄苳、樟樹、楊梅、構樹、榕樹、鐵刀木、苦楝、烏心石、豬腳楠、龍眼、芒果、毛柿、台灣欒樹、白玉蘭、洋玉蘭、烏白、錫蘭橄欖、麵包樹、九丁樹、紅楠。
---------------	---

(建築基地綠化設計技術規範，2012)

上式(3-17)中的 A 值為每棵樹所需要的種植面積，本研究假設之苦楝樹為闊葉型大喬木，在法規規定中需用到 36 平方公尺之面積(建築基地綠化設計技術規範，2012)，如表 3-3 所示：

表 3-3 CO<sub>2</sub> 固定量計算用喬木栽種間距與植栽栽種面積基準(建築基地綠化設計技術規範，2012)

評估對象		栽種間距	樹冠投影面積
新開發基地新種喬木或已開發基地一般喬木評估	市街地或一般小建築基地	4m	16 m <sup>2</sup>
	學校、小社區公園、工業區或一公頃以上基地開發	5m	25 m <sup>2</sup>
	都會公園、科學園區、或五公頃以上基地開發	6m	36 m <sup>2</sup>

(建築基地綠化設計技術規範，2012)

上式(3-17)中的  $R$  值為每棵樹的固碳效益，其為每棵樹的固碳量乘以每公斤的碳交易量，各樹型的固碳量參考建築基地綠化設計技術規範(2012)，而苦楝樹為每平方公尺可固定 900 公斤，如表 3-4 所示。又碳交易價格則是參考中國碳交易市場(2014)，約為每公斤 0.16 台幣作為計算，故式中之  $R$  值為  $900 \times 0.16 = 144$  元/公斤。

表 3-4 各種植栽單位面積二氧化碳固定量 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

栽植類型		CO <sub>2</sub> 固定量 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	覆土深度
生態複層	大小喬木、灌木、 花草密植混種區 (喬木間距 3.5m 以下)	1200	1.0 m 以上
	大喬木	900	
喬木	小喬木	600	
	棕櫚類	400	

上式(3-17)中的  $P$  值為各網格每平方公尺之地價，其資料可在內政部地政司全球資訊網站上查詢。本研究使用土地交易價格作為運算，因為許多國有地與保護區的土地公告現值是該塊土地受到限制後的價格，並不能反映出土地未受限制時的價格，因此使用土地交易價格較能接近實際的土地價位(王肇強, 2006)，然而仍有許多國有地或是受限制之土地缺乏土地的交易資料，所以本研究將未登錄價格之土地，其周圍八塊網格之土地交易價格做平均值，以求得該土地之價格(王肇強, 2006)。

式(3-18)以及式(3-19)為保育限制式，本研究在此假設為保留六成的生物豐富度量，因此模型在選擇網格時須以這個為前提進行挑選；式(3-20)為面積限制式，本研究期望各網格在進行種植後，綠地面積能夠達到 NDVI 值的茂盛標準；式(3-21)為形狀限制式，此式參考面積權重平均形狀指標(Area Weighted Mean Shape Index, AWMSI)，如果 AWMSI 的值越接近 1，則表示廊道形狀越接近矩形，值越大則表示廊道形狀越不規則(陳駿賢, 2002)，在考慮邊緣效應的影響下，廊道形狀建議為矩形或是圓形較佳。

式(3-22)為形狀限制式中邊長的函數表現式，邊長會因兩相鄰網格是否保育分成三種情形：當 A 網格保育且 B 網格不保育時，中間的邊界即為邊長；當 A 網格保育且 B 網格保育時，中間的邊界不存在亦即無邊長；當 A 網格不保育且 B 網格不保育時，中間的邊界不存在亦即無邊長，此三種情形如圖 3-4 所示：

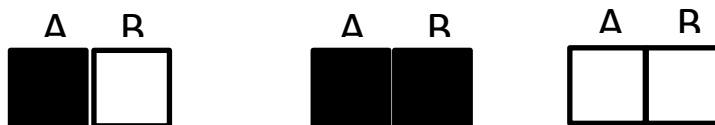


圖 3-4 邊長存在情形示意圖

式(3-23)為形狀限制式中邊長的面積表現式，總面積為各保育網格之總和。

### 3-6-2 情境假設

本研究建立八種不同情境探討廊道的建立以及走向，前四種情境為廊道場址的選擇方式不同，後四種情境則是將前四種情境加入形狀限制式，詳細情境分類如表 3-5 所示。在模式運算前，需針對廊道場址做模擬前的挑選，挑選方式分為四種：

1. 不挑選：所有網格皆由線性規劃軟體自行挑選場址。
2. TOPSIS 法：由 TOPSIS 分析出等級較差之網格予以刪除。
3. 主觀法：由決策者自行篩選掉建築面積過多，或是需要強制保留的網格。
4. TOPSIS+主觀法：結合兩種方法挑選網格。

表 3-5 情境設計

廊道場址模擬前 挑選方法	形狀限制式	
	無	有
無	情境一	情境五
TOPSIS	情境二	情境六
主觀法	情境三	情境七
TOPSIS+主觀法	情境四	情境八

情境一至情境四是不考慮廊道形狀的規劃情形，故此四種情境較適合於寬廣的樣區，反之情境五至情境八則是有納入形狀限制式的規劃情形，故此四種情境較適合於不規則的樣區，如此便能規劃出較集中的廊道形狀。

情境一與情境五在進行廊道規劃之前，不會事先挑選欲保留或是欲刪除之網格，因此較適合樣區較均質且建築物不多的區域。

情境二與情境六在進行廊道規劃之前，使用 TOPSIS 法刪除多準則決策下廊道適宜性較差之網格，此兩種情境較適合樣區內之建築物分佈不集中且各指標結果差距相當明顯之區域。

情境三與情境七在進行廊道規劃之前，使用主觀法刪除建築物面積過多，或是保留樣區內含有公園綠地以及保護區之網格，此兩種情境較適合樣區內建築物集中且有明確欲保留土地之區域。

情境四與情境八則是綜合 TOPSIS 法以及主觀法進行復育網格之挑選，此兩種情境較適合於樣區景觀錯綜複雜之區域，可配合兩套方法篩選網格。





## 第四章 結果與討論

本章節為依照第三章陳述之研究方法而彙整之研究成果，包含棲地條件分析、多準則決策以及廊道之線性規劃等三大項。

### 4-1 棲地條件分析

本節為呈現大肚台地之各項棲地條件分析之結果，分析項目包括：常態化差異植生指標、環境構面三項指標以及生物豐富度構面三項指標。

#### 4-1-1 常態化差異植生指標分析結果

本研究透過衛星影像處理軟體(ERDAS IMAGINE)中的 NDVI 指標功能，分析本樣區於春季以及冬季之植被覆蓋情形，如圖 4-1 以及圖 4-2 所示，顏色越深之區域代表植被覆蓋量較多，反之，顏色越淺則代表植被覆蓋量較少，或是該區域多為非植被之地貌。

當樣區之兩季植被覆蓋量分析完成後，本研究再將此兩樣結果套疊，找出樣區內植被覆蓋較穩定之區域，也就是植被不隨季節變動而大量減少之區塊，其中顏色較深者表示變遷程度較大，反之顏色較淺者表示變遷程度較小；最後整理出這些穩定區塊並架設採樣點(共計 13 點)，東海區設有 4 點、大肚山南麓區設有 4 點、大肚山北麓區設有 5 點，如圖 4-3 所示。

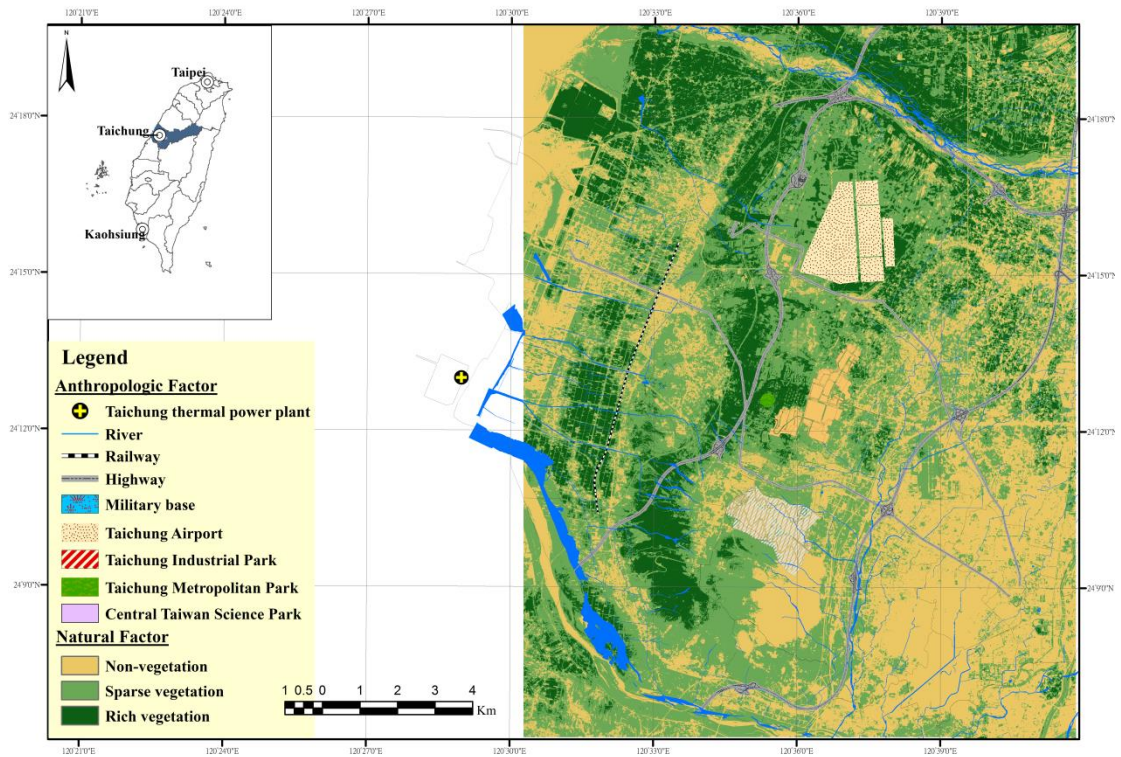


圖 4-1 大肚台地之 NDVI 分析結果(春天)

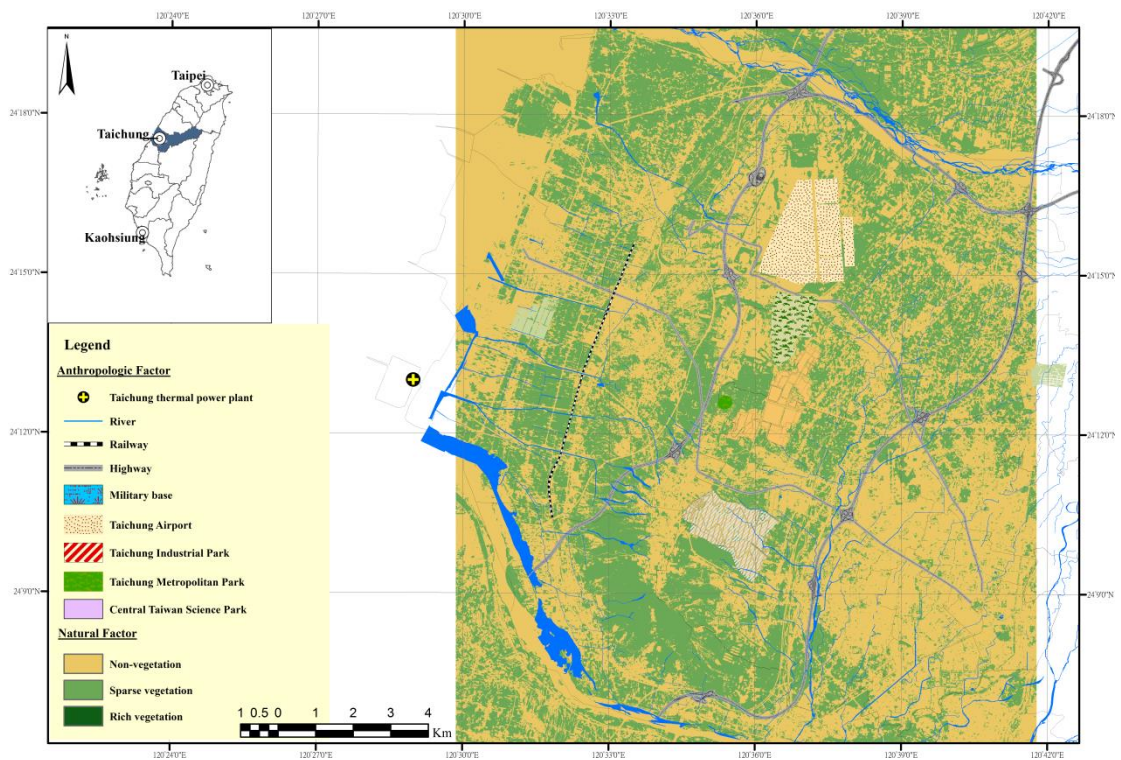


圖 4-2 大肚台地之 NDVI 分析結果(冬天)



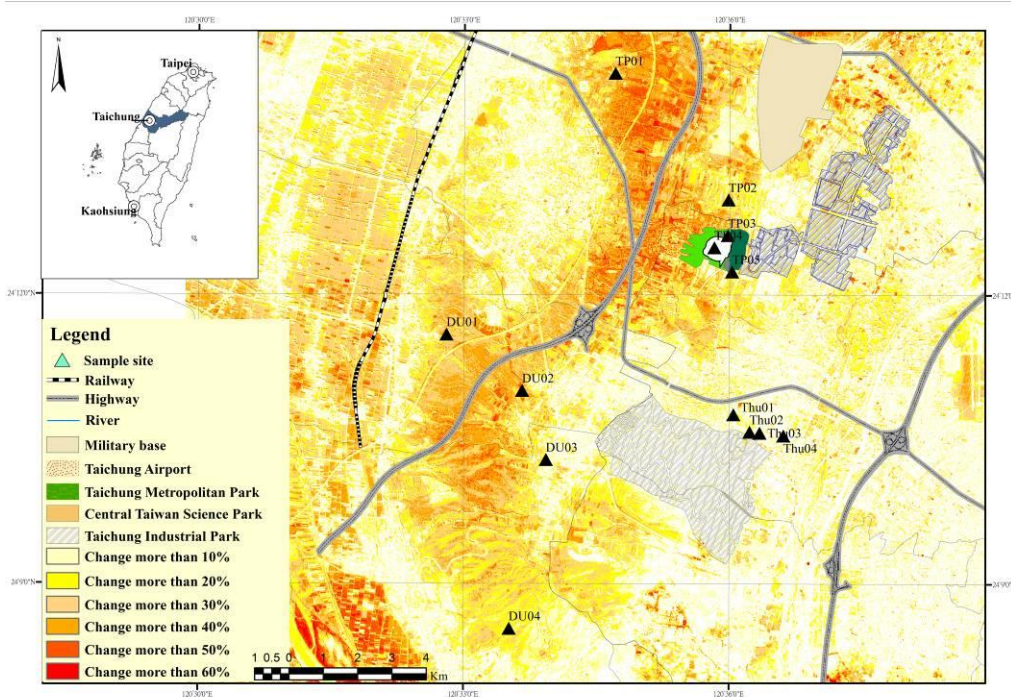


圖 4-3 大肚台地之植被季節變遷程度與採樣點設立圖

當採樣點設立好後，便能進行網格的劃設以確立系統邊界，本研究之網格劃設結果如圖 4-4 所示。

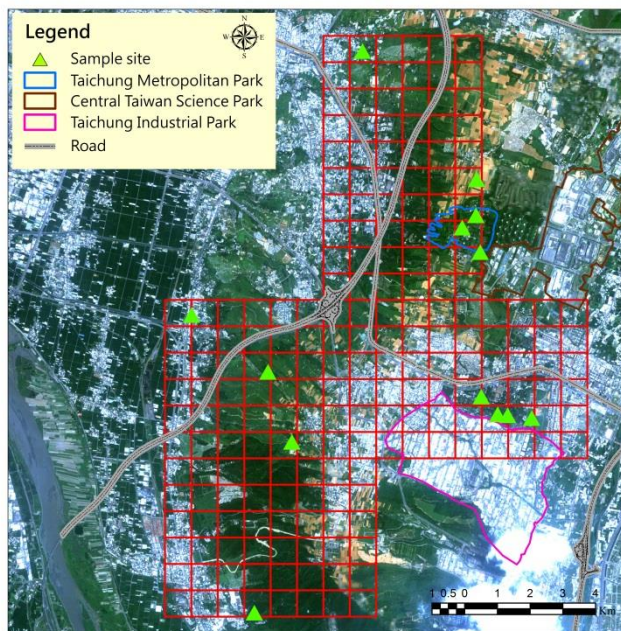


圖 4-4 網格與採樣點示意圖

## 4-1-2 環境構面分析結果

### 1. 碳通量：

本研究之碳通量數據係引用東海大學環工系空污實驗室之採樣結果，各採樣點之碳通量數據會與各點之 NDVI 值做相關性迴歸求出經驗式 ( $Y=5817.6X + 10678$   $R^2=0.73$ )，之後將各網格之 NDVI 值代入此經驗式中，以求出各網格之碳通量值。

當各網格皆求出其碳通量值後，本研究再將數據做整理分成四個等級，等級一為網格數據為小於第 20% 之數值、等級二為介於 20%~60%、等級三為介於 60%~80%、等級四為大於 80% 之數值，詳細結果見下表，等級越大者，代表該網格之碳通量數值越高。

表 4-1 碳通量分級表

等級	碳通量( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{s}$ )
1	<30514
2	30514~32611
3	32611~33789
4	>33789

各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖 4-5)所示；由結果可以觀察得知，碳通量較低之區域集中於東海區的工業區範圍，而碳通量較高之區域則分布於大肚山南麓區之南端，以及大肚山北麓區之都會公園範圍。

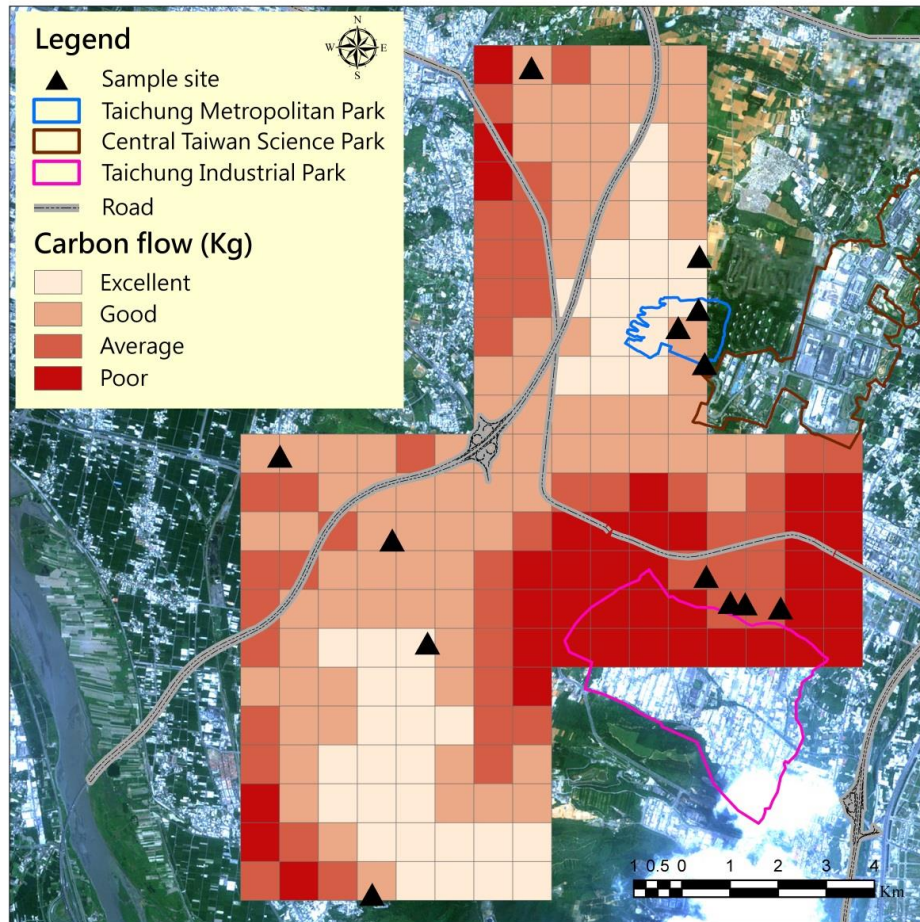


圖 4-5 碳通量分級結果

## 2. 地景歧異度

本研究運用地景歧異度公式判別各網格景觀類型間的複雜程度，本研究將公式內的地景單元分成三類：茂盛植被區、稀疏植被區、非植被區，其三種地景單元之值使用 NDVI 分析後的數據；當值越高表示景觀格局越豐富，破碎化程度越高不定性也越大；本研究將數據做整理分成四個等級，等級一為網格數據大於 80% 之數值、等級二為介於 60%~80%、等級三為介於 20%~60%、等級四為小於第 20% 之數值，詳細結果見下表，等級越大者，代表該網格景觀格局之破碎化程度越低。

表 4-2 地景歧異度分級表

等級	地景歧異度
1	>2.31
2	2.24~2.31
3	1.95~2.24
4	<1.95



各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖 4-6)所示；由結果可以觀察得知，破碎化程度較高之區域分布於大肚山北麓區之沙鹿地段以及大肚山南麓區之龍井地段。

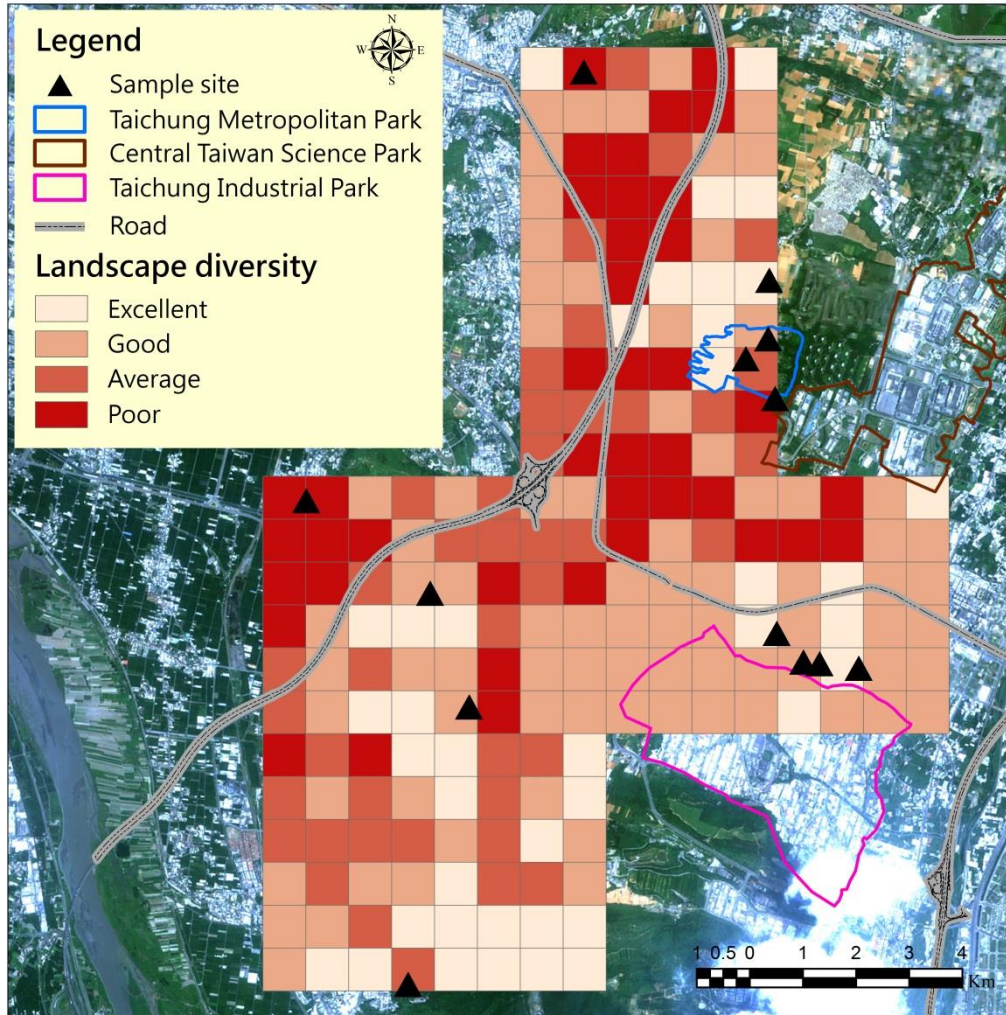


圖 4-6 地景歧異度分級結果

### 3. 坡度

本研究運用美國太空總署提供之坡度資料，對大肚台地進行坡度的分析，坡度的分級方法是參考農委會山坡地土地可利用限度分類標準；坡度越大，土地可利用性有越低的趨勢，因此坡度越大其對應之等級就越低，也表示該網格的條件越差；本研究將數據做整理分成四個等級，等級一為 30~40%、等級二為 15~30%、等級三為 5~15%、等級四為小於 5%之坡度，詳細分級結果如下所示：

表 4-3 坡度分級表

等級	坡度(%)
1	30~40
2	15~30
3	5~15
4	<5



各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖 4-7)所示；由結果可以觀察得知，大肚山台地普遍坡度落在 15% 以內，故等級為一或二。

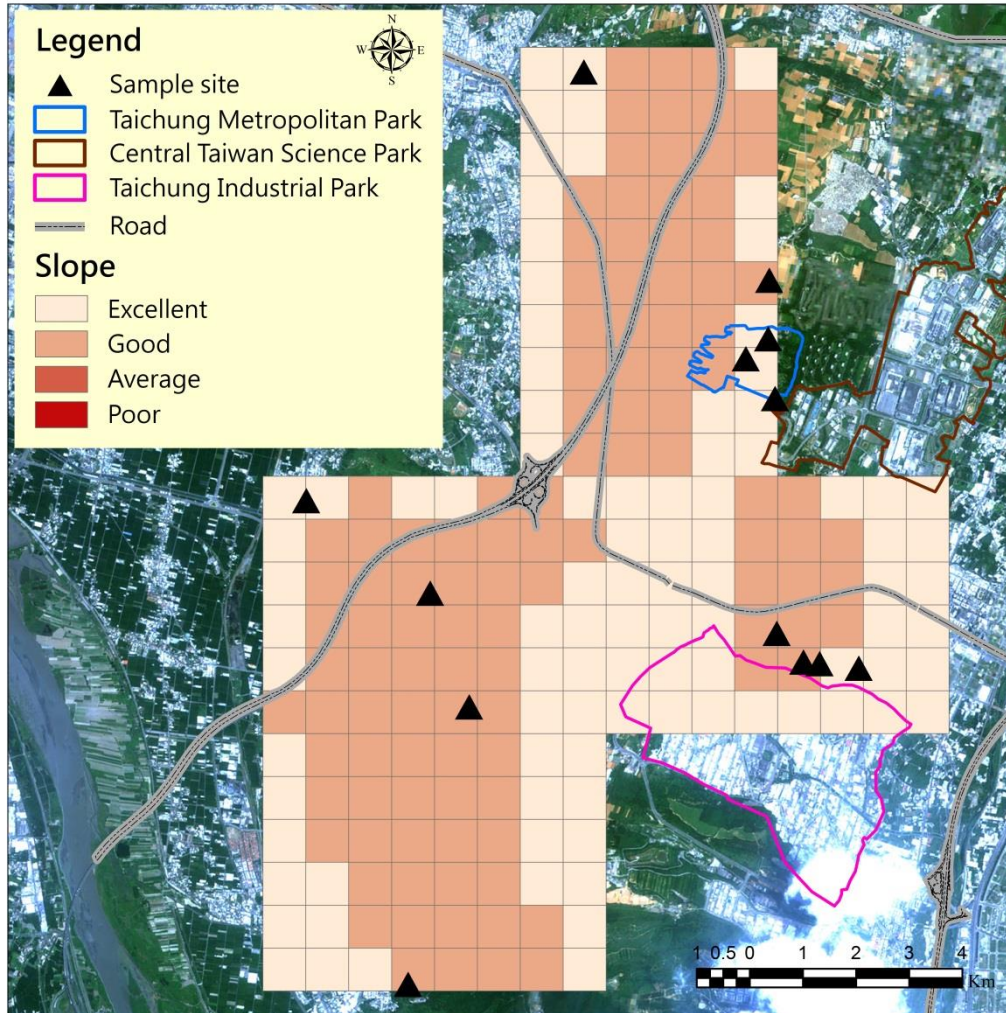


圖 4-7 坡度分級結果

### 4-1-3 生物構面分析結果

#### 1. 陸域生態(哺乳類)

本研究之陸域生態數據係引用東海大學生科系野生動物生態實驗室之採樣結果，各採樣點之數據再利用反距離權重法推估到其他網格，豐富度數值越大者，表示該網格有較多之哺乳類族群活動。本研究將數據做整理分成四個等級，等級一為網格數據小於第 20% 之數值、等級二為介於 20%~60%、等級三為介於 60%~80%、等級四為大於 80% 之數值，詳細結果見下表，等級越大者，代表該網格之生物豐富度數值越高。

表 4-4 哺乳類分級表

等級	生物豐富度-哺乳類
1	<0.919
2	0.919~1.295
3	1.295~1.72
4	>1.72

各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖 4-8)所示；由結果可以觀察得知，哺乳類較集中於大肚山南麓區之龍井地段，而大肚山北麓區之都會公園區域則較少哺乳類被目擊或是捕捉，因此分布較少。

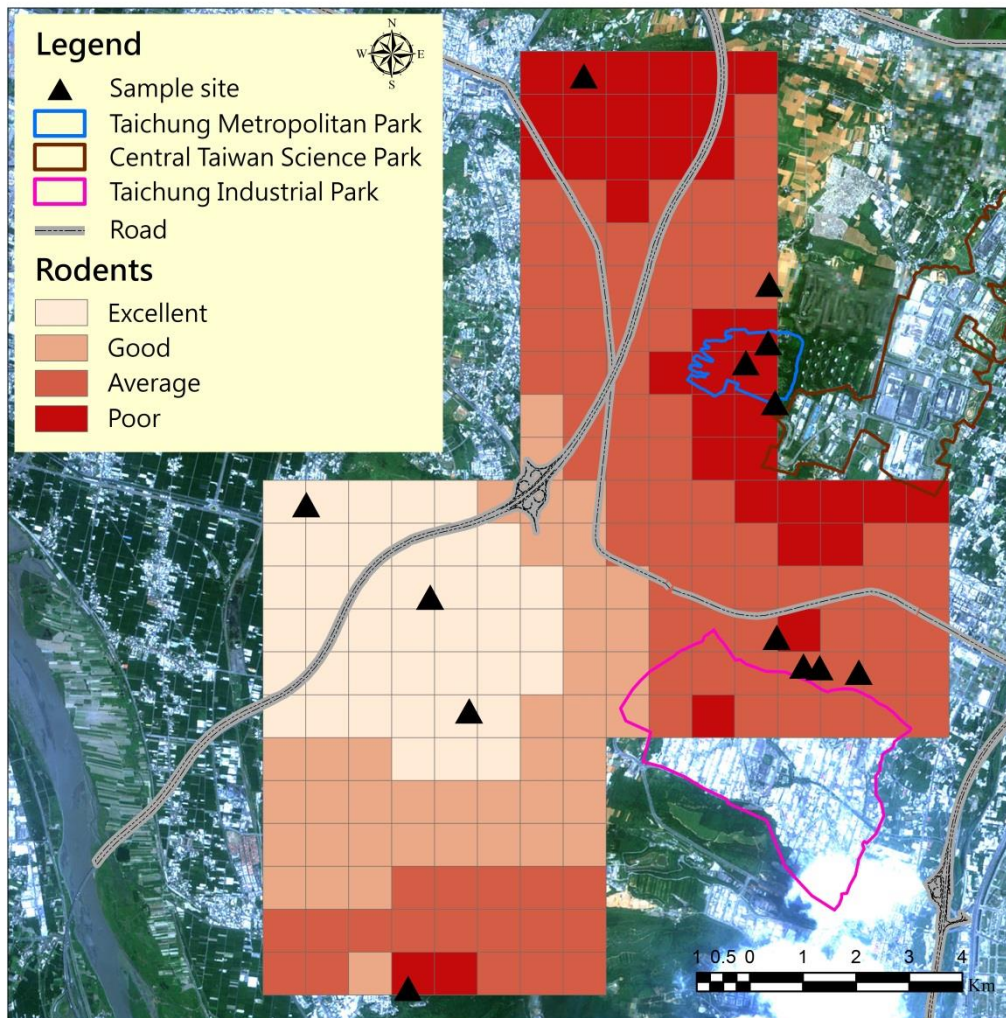


圖 4-8 生物豐富度-陸域生態(哺乳類)分級結果

## 2. 鳥類

本研究之鳥類數據係引用東海大學生科系野生動物生態實驗室之採樣結果，以及中華鳥會於台中都會公園的觀察紀錄，各採樣點之數據再利用反距離權重法推估到其他網格，豐富度數值越大者，表示該網格有較多之鳥類族群活動。本研究將數據做整理分成四個等級，等級一為網格數據小於第20%之數值、等級二為介於20%~60%、等級三為介於60%~80%、等級四為大於80%之數值，詳細結果見下表，等級越大者，代表該網格之生物豐富度數值越高。

表 4-5 鳥類分級表

等級	生物豐富度-鳥類
1	<4.16
2	4.16~5.01
3	5.01~5.76
4	>5.76



各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖 4-9)所示；由結果可以觀察得知，鳥類較集中於大肚山北麓區之都會公園區域，而大肚山南麓區之龍井地段則較少有鳥類被目擊或是捕捉，因此分布較少。

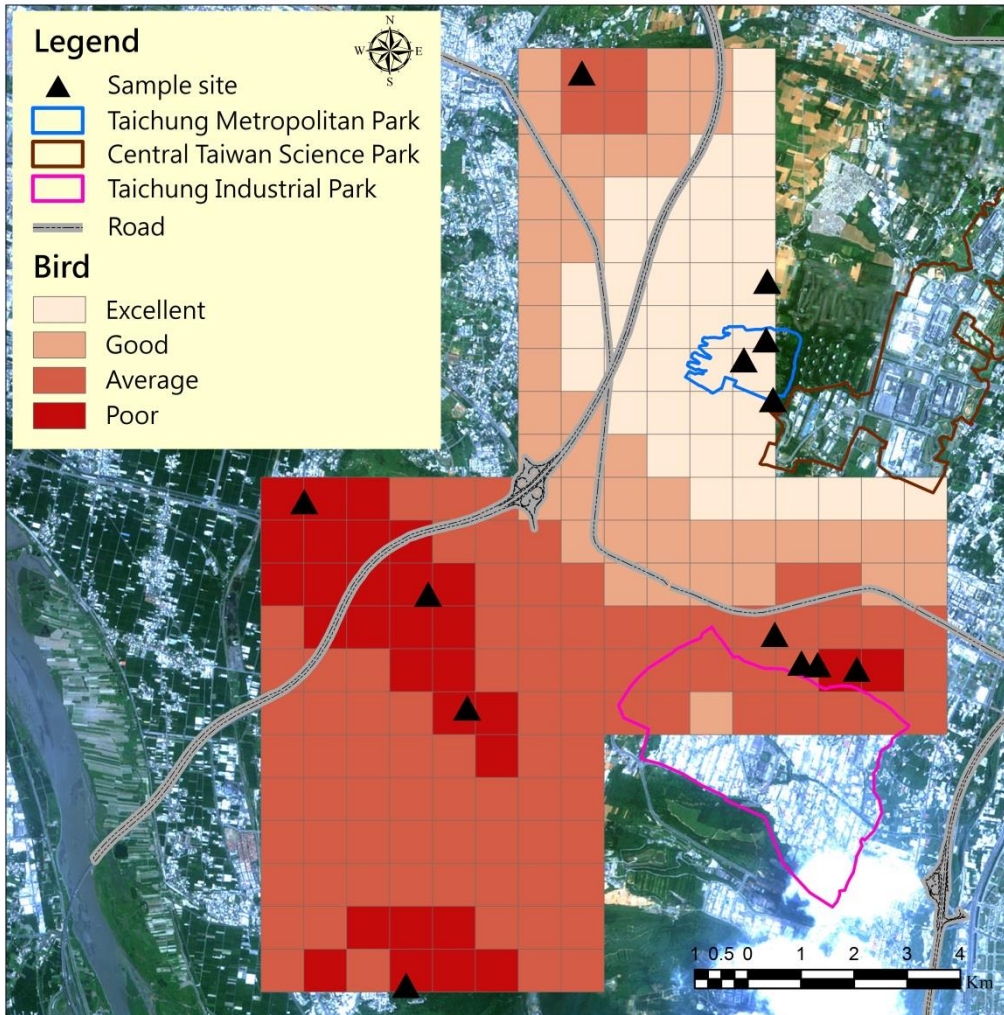


圖 4-9 生物豐富度-鳥類分級結果

### 3. 植物

本研究之植物數據係引用東海大學生科系野生動物生態實驗室之觀察紀錄，各採樣點之數據再利用反距離權重法推估到其他網格，豐富度數值越大者，表示該網格有較多之植物族群生長。本研究將數據做整理分成四個等級，等級一為網格數據小於第 20% 之數值、等級二為介於 20%~60%、等級三為介於 60%~80%、等級四為大於 80% 之數值，詳細結果見下表，等級越大者，代表該網格之生物豐富度數值越高。

表 4-6 植物分級表

等級	生物豐富度-植物
1	<1.93
2	1.93~2.61
3	2.62~2.89
4	>2.89

各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖 4-10)所示；由結果可以觀察得知，東海區的植物豐富度跟其他兩區相比之下是較高的，而大肚山北麓區因種植種類不多，故豐富度較低。

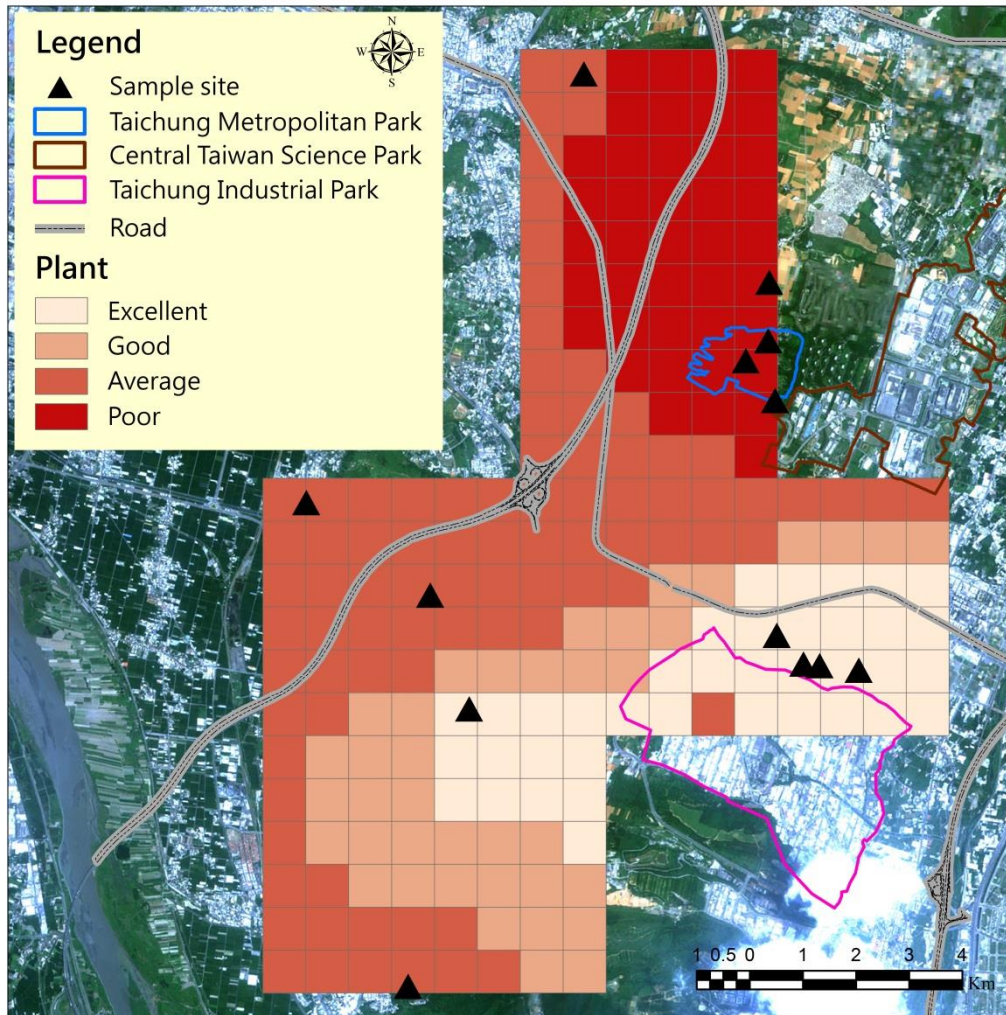


圖 4-10 生物豐富度-植物分級結果

## 4-2 多準則決策分析結果

在本節中，將會呈現兩個多準則決策之結果，其一為 AHP 專家問卷的分析結果，另外一個為運用 TOPSIS 法找出廊道適宜性較佳之網格。

### 4-2-1 AHP 專家問卷

本問卷受訪對象計學術界 10 人、產業界 1 人、公部門 3 人，其研究領域跨足經濟、環境及生態、社會以及其他綜合，共計發放 14 份問卷，回收 13 份問卷，13 份皆為有效問卷，回覆率 92.9%。問卷發放狀況如表 4-7 所示，而各項因子之權重分析結果請見表 4-8 所示。

本研究與東海大學企管系共同合作，將上述 13 份有效問卷之評量結果彙整，依據 3-4 章節所述 AHP 操作原理進行分析，獲得各階層評估因子之權重，詳細說明如下：

#### 1. 階層一「評估構面」相對權重分析：

在第一階層評估構面中，環境構面因子權重為 0.386，生物豐富度構面因子權重為 0.614，分析權重比顯示專家認為生物豐富度因子相比於環境因子較為重要。

#### 2. 階層二「評估項目」相對權重分析：

第二階層由環境構面以及生物豐富度構面予以細分。環境因子中以地景歧異度(0.362)最為重要，其次分別為碳通量(0.345)及坡度(0.293)；生物豐富度因子中以陸域生態(0.390)最為重要，其次分別為植物(0.323)及鳥類(0.286)。

在總體比較上，陸域生態(0.239)最為重要，植物(0.198)次之，之後分別是鳥類(0.176)、地景歧異度(0.140)、碳通量(0.133)及坡度(0.113)。



表 4-7 AHP 專家問卷發放與回收狀況表

領域	發放份數	回收份數	有效問卷數
學術界	10	9	9
產業界	1	1	1
公部門	3	3	3
合計	14	13	13
回覆率		92.9%	

表 4-8 各項因子之權重分析結果

階層一		階層二		
評估構面	相對權重	評估項目	相對權重	整體權重
環境構面	0.386	地景歧異度	0.362	0.140
		碳通量	0.345	0.133
		坡度	0.293	0.113
生物豐富度 構面	0.614	陸域生態	0.390	0.239
		鳥類	0.286	0.176
		植物	0.323	0.198

本研究在下一個步驟中將會進行 TOPSIS 法的運算，其中的因子權重則會參考本問卷的整體權重分析結果。

#### 4-2-2 TOPSIS 分析結果

本研究運用多準則決策中的類似度求理想解之順序偏好法評估樣區中各網格的廊道適宜性，共計六項準則、204 個方案，對應到六項指標以及 204 個網格，本研究將數據成果做整理分成四個等級，等級一為網格數據小於第 20% 之數值、等級二為介於 20%~60%、等級三為介於 60%~80%、等級四為大於 80% 之數值，詳細結果見表 4-9，等級越大者，代表該網格越適合當作廊道之場址。

表 4-9 廊道適宜性分級表

等級	TOPSIS 分析結果
1	$<0.340$
2	$0.340\sim0.454$
3	$0.455\sim0.504$
4	$>0.504$

各網格分好等級後，本研究運用地理資訊系統呈現分級結果，其結果如下圖(圖4-11)所示；由結果可以觀察得知，適性較好之區域多分布於大肚山南麓區，而其底下的烏日區、大肚山北麓區之沙鹿區段以及東海區之西屯區段則是因為建築物較密集，故適性較低。

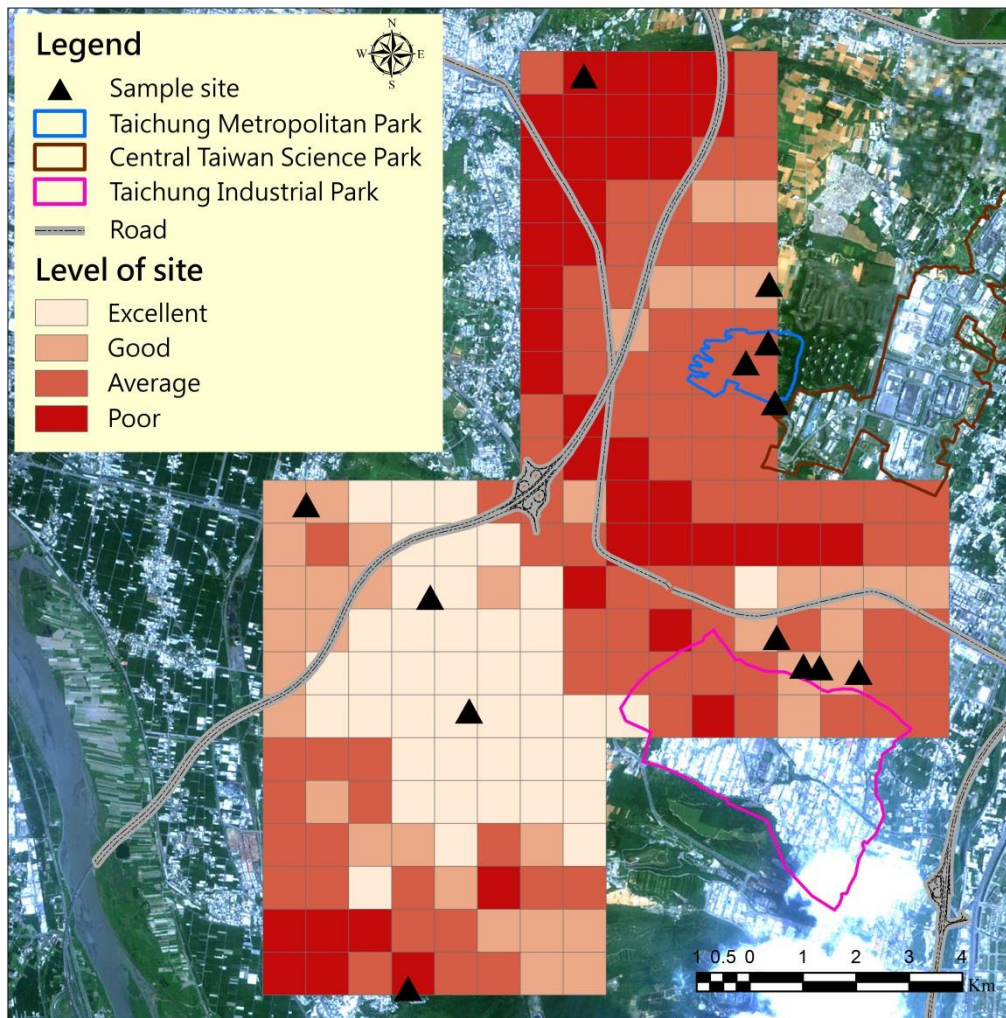


圖 4-11 廊道適宜性分級結果

### 4-3 數學規劃分析結果

在本節中，將會呈現線性規劃模型的建立以及八種情境分析之成果。

#### 4-3-1 模型建立成果

根據 3-6-1 節所述，本研究模型可歸納成如下所式：

$$\min Z = \sum_{i=1}^{204} [(36X_i \times P_i + 35X_i - 144X_i) \times S_i] \quad (4-1)$$

s.t. :

$$\sum_{i=1}^{204} (S_i \times m_i) \geq 0.6 \sum_{i=1}^{204} m_i \quad (4-2)$$

$$\sum_{i=1}^{204} (S_i \times b_i) \geq 0.6 \sum_{i=1}^{204} b_i \quad (4-3)$$

$$\sum_{i=1}^{204} (36X + G) \geq 115000 \quad \forall i \quad (4-4)$$

$$1 \leq \frac{0.25L}{\sqrt{CA}} \times \frac{CA}{WA} \leq 2 \quad (4-5)$$

$$L=f(S_i) \quad (4-6)$$

$$CA=g(S_i) \quad (4-7)$$

$$S_i \in \{0, 1\} \quad (4-8)$$

$$X_i \geq 0 \quad (4-9)$$

$Z$ ：廊道復育總成本； $X_i$ ：第  $i$  格的種植量； $P_i$ ：第  $i$  格的土地交易價格；

$S_i$ ：第  $i$  格是否復育，是為 1，不是則為 0； $m_i$ ：第  $i$  格哺乳類的生物豐富度；

$b_i$ ：第  $i$  格鳥類的生物豐富度； $G_i$ ：第  $i$  格之現有綠地面積； $L$ ：廊道總邊長

$CA$ ：廊道總面積； $WA$ ：樣區總面積

在式子 4-4 中，需要求出植被茂盛標準的最低植被覆蓋面積，其計算方式有以下三種：

1. 用一年的遙測影像辨別出植栽的位置(Defries, 1995)。
2. 了解構成衛星影像像素內的物件，分解出目的物所佔的百分比(Small, 2001)。
3. 將遙測求得之 NDVI 值與現地調查的植栽分佈，進行迴歸分析，求得迴歸公式(Plessis, 1999)。

本研究在考量時間與成本的關係後，選用第三種方法求出最低植被覆蓋面積，經計算後得出每一網格需至少覆蓋 46% 之面積，也就是綠地面積量須達到 115000 平方公尺，方能達到 NDVI 值之茂盛標準。



#### 4-3-2 情境假設成果

本研究透過八種情境假設，模擬出不同篩選條件下的廊道設置情形，各情境結果將透過地理資訊系統之幫助呈現模擬狀況(如圖 4-12 至 4-19)。

在圖中，顏色越深之區塊代表需要種植樹木的數量較高，反之顏色越淺者代表需要種植樹木的數量較少，而沒有顏色的網格則代表該地區不適合種樹或是該地區之植被覆蓋量已達茂盛標準，故不需要另外進行復育。

各情境假設之網格篩選情形以及復育成本如表 4-10 所示。

表 4-10 網格篩選情形以及復育成本表

情境	TOPSIS 法刪除	主觀法 刪除	主觀法 保留	初始規 劃網 格數	復育 網格數	形狀 指數	復育 總成本 (元)
一	0	0	0	204	116		$7.4 \times 10^{10}$
二	41	0	0	163	93		$1.2 \times 10^9$
三	0	74	11	143	75		$6.0 \times 10^{10}$
四	41	74	11	100	66		$1.4 \times 10^9$
五	0	0	0	204	116	1.64	$7.9 \times 10^{10}$
六	41	0	0	163	92	1.53	$4.8 \times 10^{10}$
七	0	74	11	143	74	1.60	$6.1 \times 10^{10}$
八	41	74	11	100	65	1.77	$1.5 \times 10^9$

## 1. 情境一

本情境共計復育網格數為 116 格，復育成本約為 740 億元，大肚山北麓之都會公園區因植被覆蓋率較高，故種植數量較少。

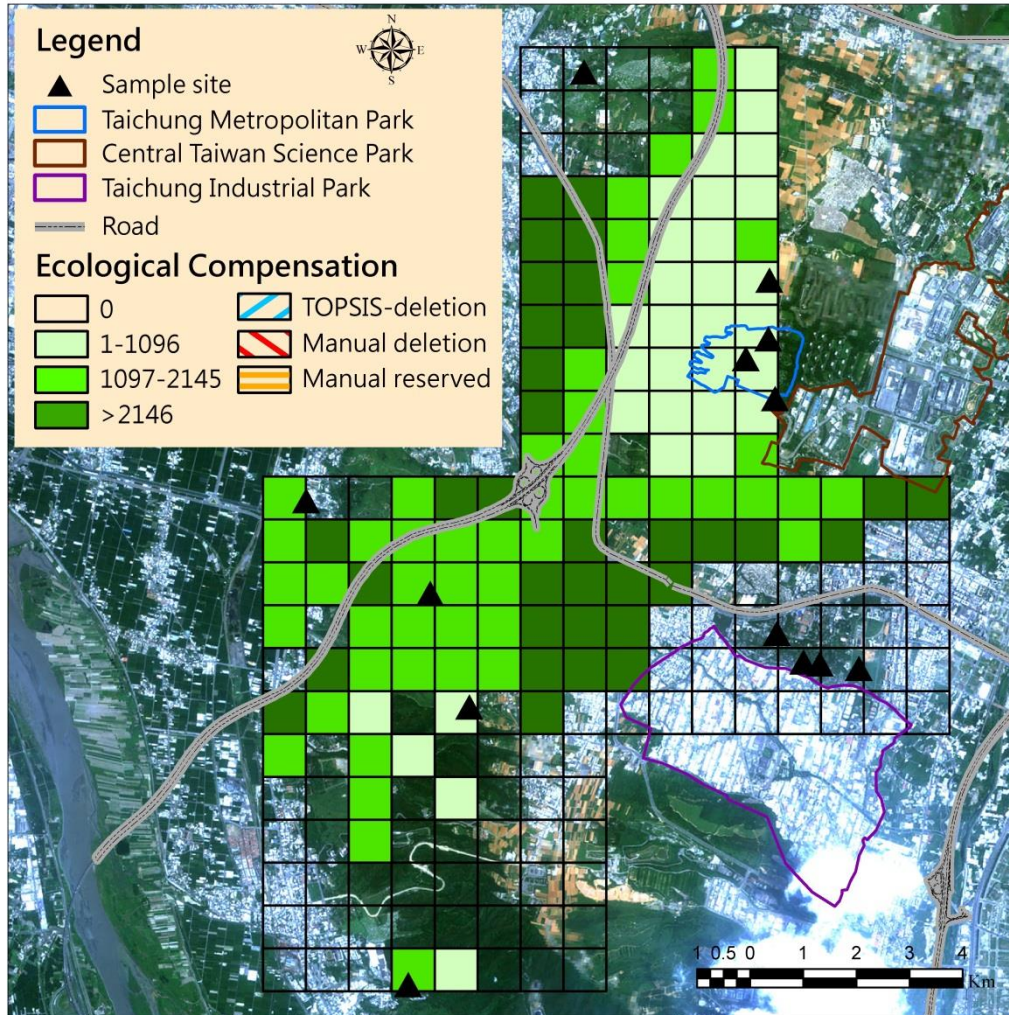


圖 4-12 情境一之模擬結果



## 2. 情境二

本情境先利用 TOPSIS 法進行網格篩選，初始規劃網格數為 163 格，規劃後共計 93 格進行復育，復育成本約為 12 億元，由圖中可看出大致分為上、下兩大區，廊道走向為東北方往西南方。

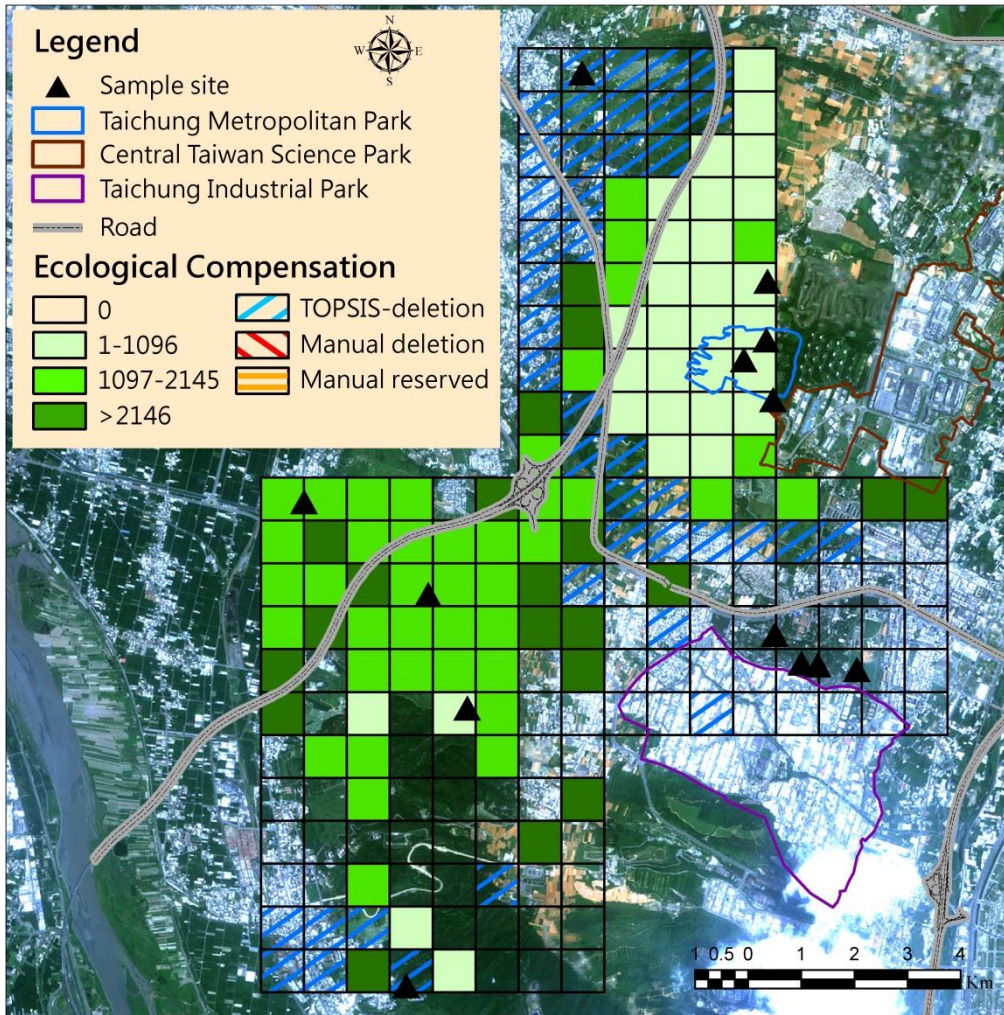


圖 4-13 情境二之模擬結果



### 3. 情境三

本情境利用主觀法將建築物面積較多之區域予以刪除，並保留東海大學以及都會公園等區域，初始規劃網格數為 143 格，規劃後共計 75 格進行復育，復育成本約為 600 億元，由圖中可看出大致分為上、下兩大區，廊道走向為東北方往西南方，惟西南方區域較情境二來的少。

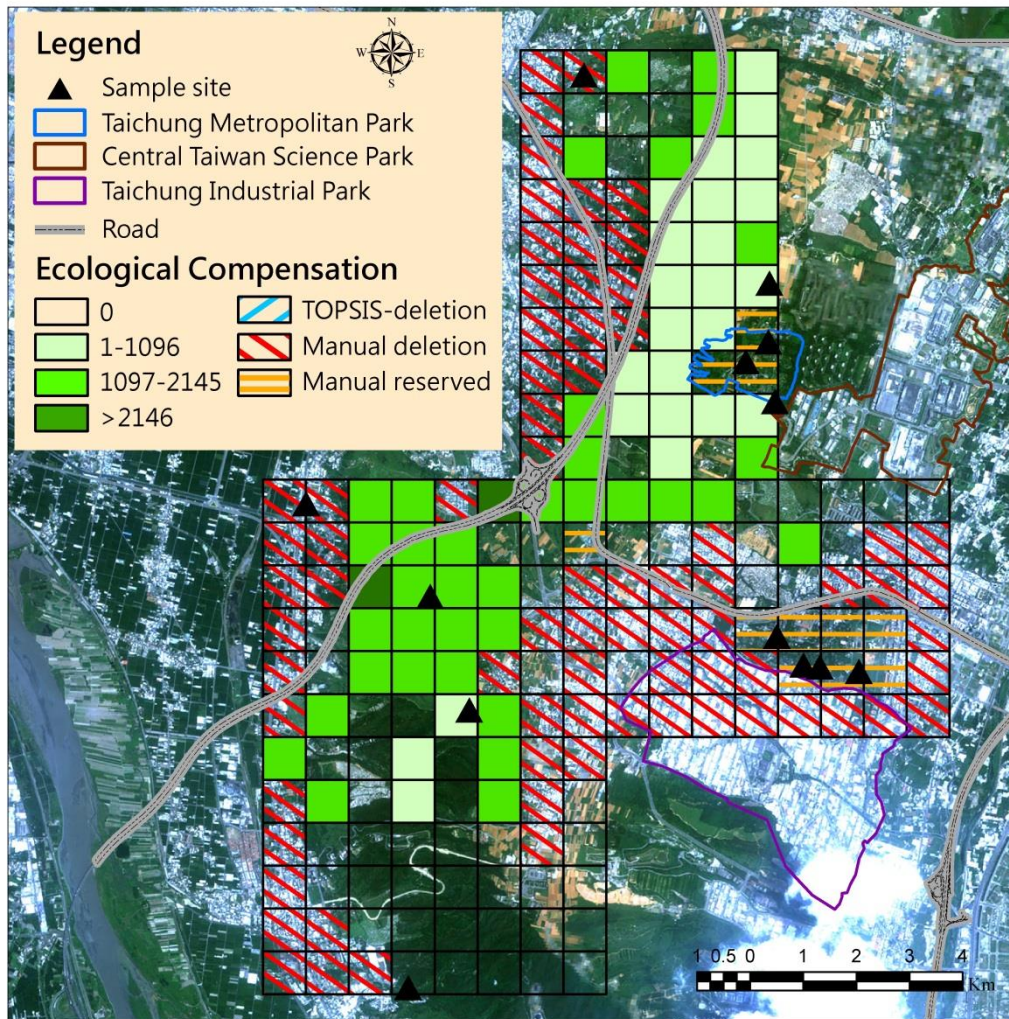


圖 4-14 情境三之模擬結果

#### 4. 情境四

本情境綜合 TOPSIS 法以及主觀法篩選網格，初始規劃網格為 100 格，規劃後共計 66 格進行復育，復育成本約為 14 億，由圖中可觀察廊道走向是由東北方往西南方，與情境二以及情境三相比，復育區域明顯少很多。

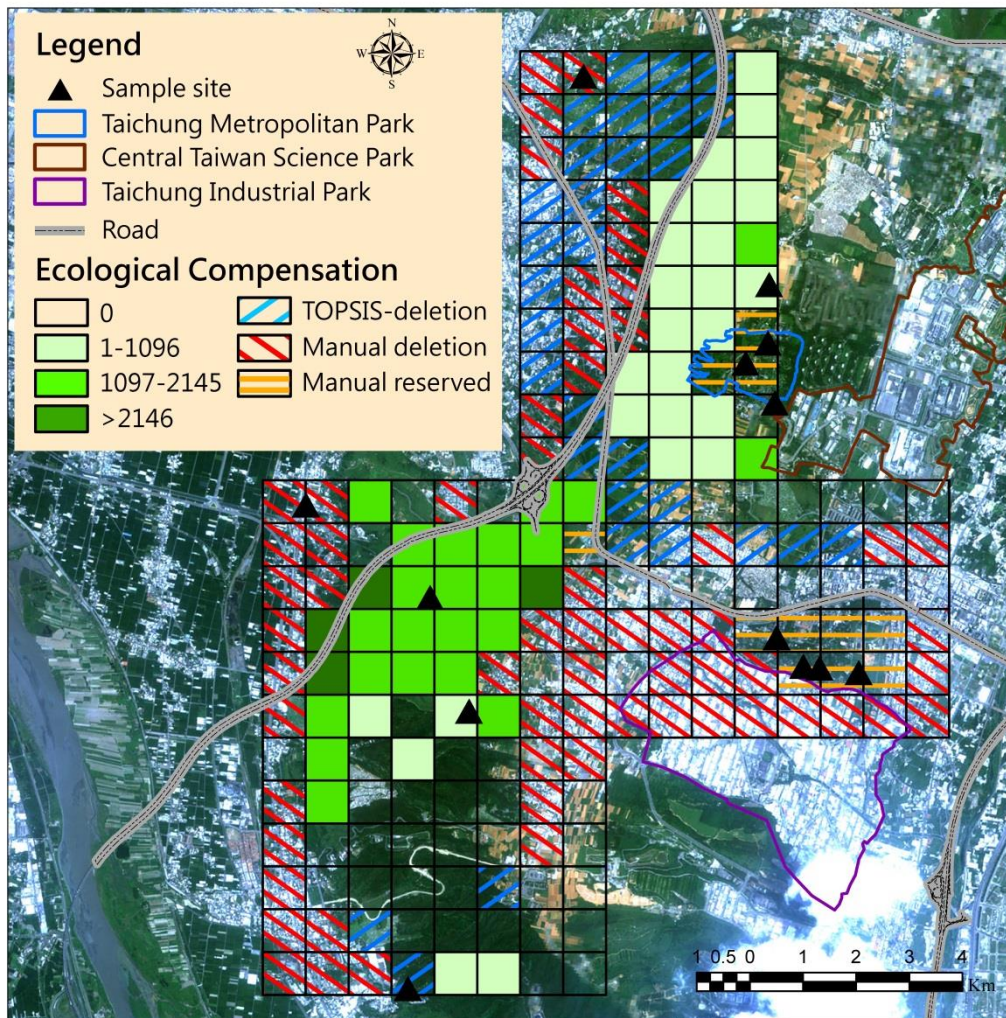


圖 4-15 情境四之模擬結果



## 5. 情境五

本情境是與情境一做呼應；在考量形狀指數的情況下，共計復育 116 格，復育成本約為 790 億元，雖然本情境有考量廊道形狀，但就呈現之結果觀察發現，廊道只有稍微往中間集中的現象。

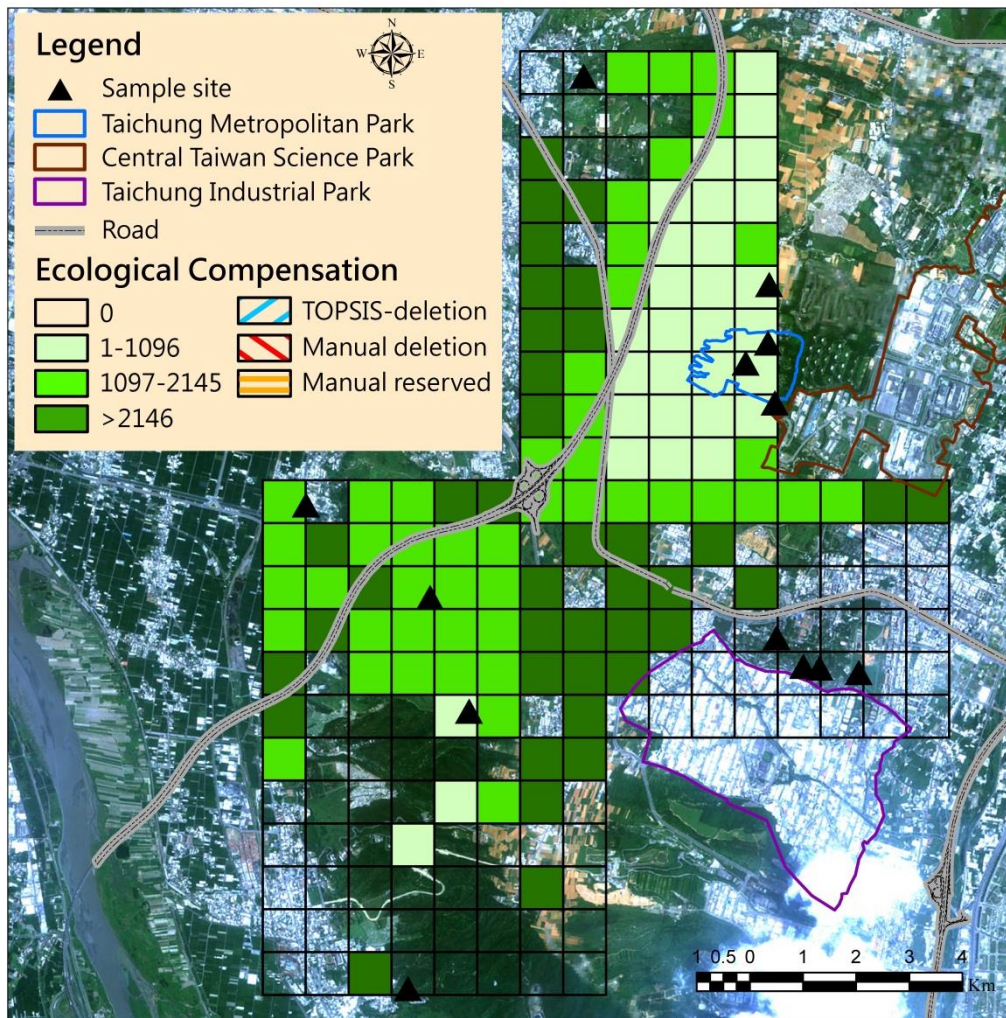


圖 4-16 情境五之模擬結果

## 6. 情境六

本情境是與情境二做呼應；在考量形狀指數的情況下，共計復育 92 格，復育成本約為 480 億元；由本圖可以看出原本大肚山南麓南端的零散區塊已被模型汰除，而東海區北端的區塊，則增加了連結性。

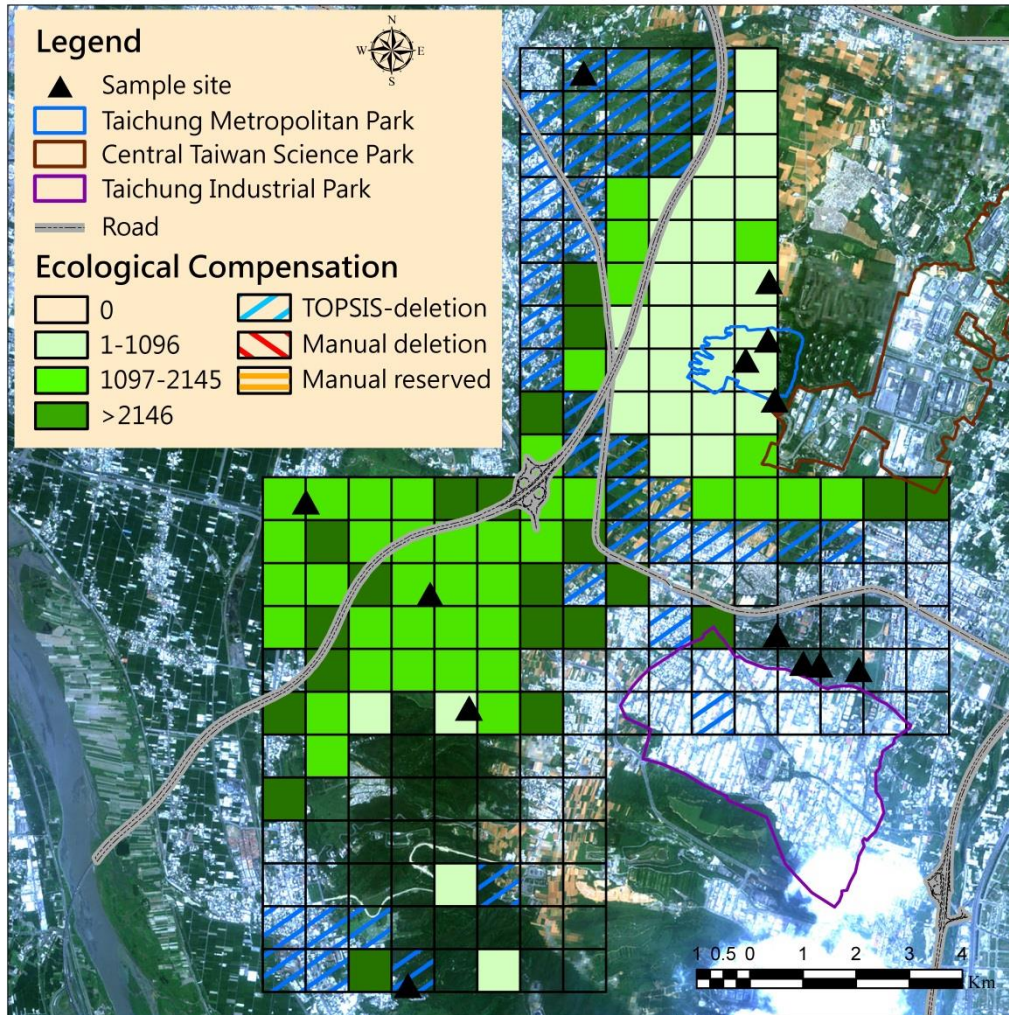


圖 4-17 情境六之模擬結果



## 7. 情境七

本情境是與情境三做呼應；在考量形狀指數的情況下，共計復育 74 格，復育成本約為 610 億元；由本圖可以觀察出整體形狀比情境三較往中間集中，且廊道中間的連結性已比情境三較佳。

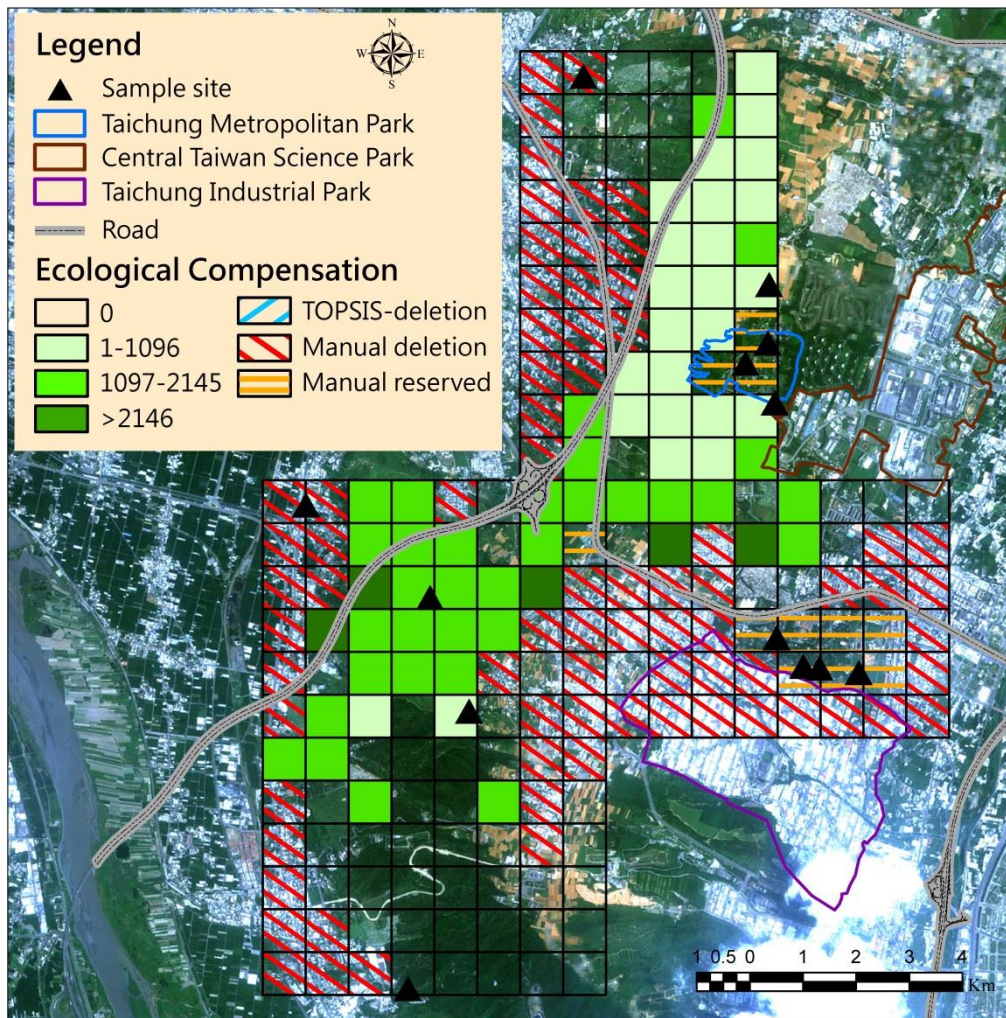


圖 4-18 情境七之模擬結果

## 8. 情境八

本情境是與情境四做呼應；在考量形狀指數的情況下，共計復育 65 格，復育成本約為 15 億元；本情境與情境四之結果相似，惟小部分零散區域有往中部集中的現象。

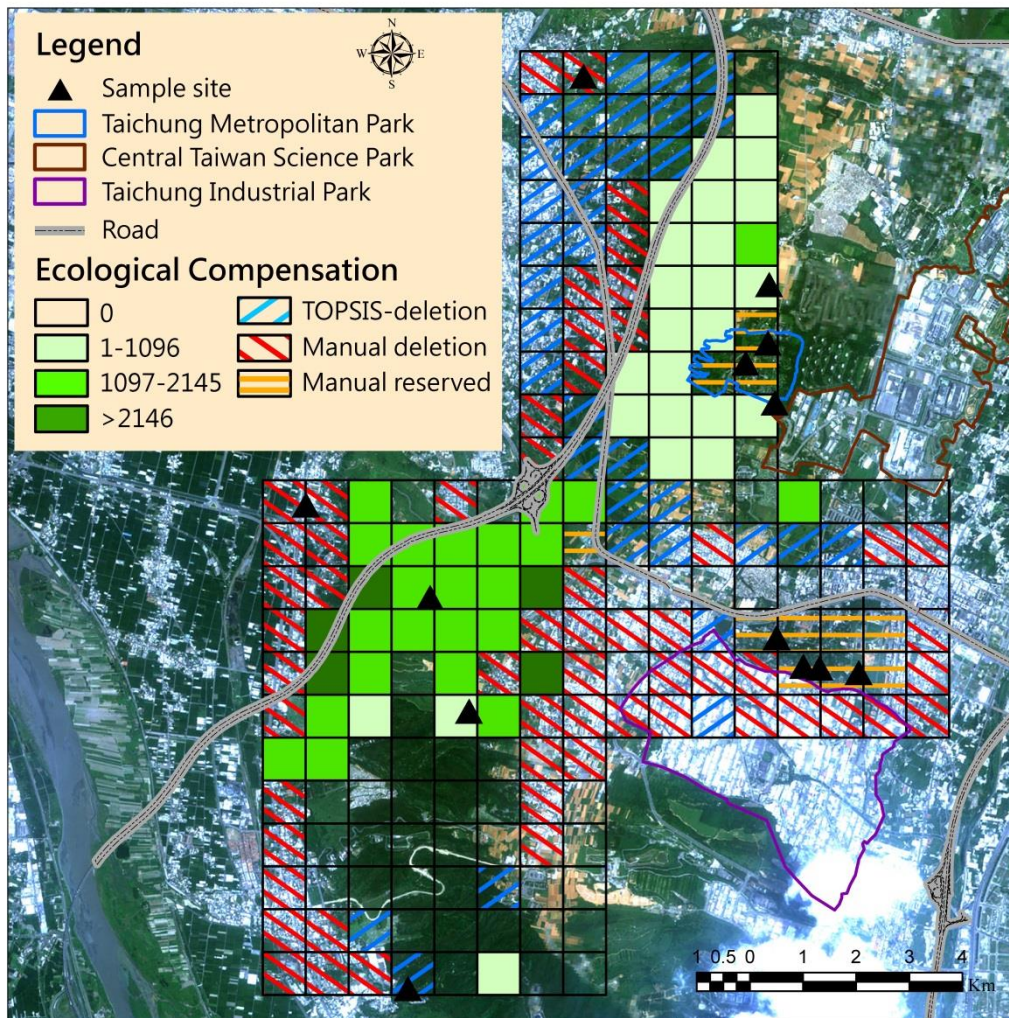


圖 4-19 情境八之模擬結果



## 第五章 結論與建議

本研究將針對研究中所得之結果進行歸納整理，並針對研究中不足之處提出建議。

### 5-1 結論

1. 本研究在棲地條件分析使用了兩大構面、六項指標進行棲地的探討，跟以往研究不同之處在於本研究只有使用景觀生態學理論的少部分指標，並在環境構面中導入碳通量以及坡度因子，即能探討出棲地的環境相關訊息，又因為樣區網格化的關係，因此距離以及形狀相關之因子皆不適用。

在生物構面上，因人力以及成本有限無法長期監控該樣點，故有些區域須以購買紀錄的方式才能得到該樣點之採樣結果。

就本步驟而言，透過這些因子已能初步了解大肚台地之棲地情況。

2. 本研究在多準則決策運用兩種方法，分別探討各因子之權重大小以及樣區內各網格的廊道適宜性。以往研究較注重直接圈選現有綠地當作廊道之候選場址，故本研究利用 TOPSIS 法針對每一個網格進行分析，較能清楚了解每一區域對於廊道的合適程度。

3. 本研究在線性規劃中，運用八種情境探討各網格的復育方法以及總成本的計算，其中四種情境之限制式包含了生物棲地的續存與否，以及探討最低種植面積，另外四種情境除了上述之限制式外，還另外增加了形狀指數來規範廊道之形狀；以成本考量為重點時，則大肚台地適合使用情境二之方法，但若以廊道完整性為重點時，則可參考情境六之方法。

## 5-2 建議

1. 本研究建立之棲地條件分析因子有兩大構面，建議後續研究可以多增加分析指標，例如在環境構面可增加氣象因子，而在生物構面可增加昆蟲類或是爬蟲類等豐富度因子。
2. 多準則決策分析中，本研究使用之 TOPSIS 法進行分析，其中權重值參考 AHP 專家問卷之結果，建議後續研究可增加資訊熵權法或是折衷權重法等權重進行比較分析。
3. 線性規劃中，建議後續研究可以增加樹種的選擇性、政府的補助政策以及觀光效益等考量，而形狀限制式的範圍也建議後續研究能放寬，以便找出更適合的模型。





## 參考文獻

英文文獻：

1. Bolund, P. & Hunhammar S., “Ecosystem services in urban areas”, *Ecological Economics*, vol.29, pp.293-301, 1999.
2. Defries R., Hansen M., Townshend J., “global discrimination of land cover types from metrics derived from AVHRR pathfinder data” *Remote Sensing of Environment*, 54, pp.209-222, 1995.
3. Forman, R. T. T., Gordon, M., *Landscape Ecology*, New York , 1986.
4. Cook, EA., “Landscape structure indices for assing urban ecological networks”, *Landscape and Urban Planning*, Vol.58, pp.180-269, 2002.
5. Matheson, J. E., R. A. Howard , “An introduction to decision analysis,” *The Principles and Applications of Decision Analysis* pp.17-56, 1983.
6. Massam, B. H.,” Multicriteria Decision Making Techniques in Planning”, Pergamon, New York, 1988.
7. Maier, J. A. K., Hoef, J. M. H., McGuire, A. D., Bowyer, R. T., “Saperstein, L., and Maier, H. A. Distribution and density of moose in relation to landscape characteristics: effects of scale”. *Canadian Journal of Forest Research*,35, pp. 2233-2243, 2005.
8. Moilanen, A., “Methods for reserve selection: Interior point search.” *Biological Conservation*, 144, pp. 485-492, 2005.
9. Patrick, L., J. Cable, D. Potts, D. Ignace, G. Barron-Gafford, A. Griffith,H. Alpert, N. Gestel, T. Robertson, T. E. Huxman, J. Zak, M. E. Loik, D. Tissue., “Effects of an increase in summer precipitation on leaf, soil, and ecosystem fluxes of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O in a sotol grassland in Big Bend National Park, Texas.” *Oecologia*, 151, pp. 704-718, 2006.
10. Plessis W.P. du., “linear regression relationship between NDVI, vegetation, and rainfall in Etosha National Park, Namibia” *Journal of Arid Environments*, 42, pp.235-260, 1999.
11. Pople, A. R., Phinn, S. R., Menke, N., Grigg, G. C., Possingham, H. P., and

- McAlpine, C., “Spatial patterns of kangaroo density across the South Australian pastoral zone over 26 years: aggregation during drought and suggestions of long distance movement”. *Journal of Applied Ecology*, 44, pp.1068-1079, 2007.
12. Saaty, T. L., “A scaling method for priorities in hierarchical structures”. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), pp.234-281, 1977.
  13. Shih, H. S., Shyr, H. J., & Lee, E. S., “An extension of TOPSIS for group decision making” *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7), pp. 801-813, 2007.
  14. Vincke, Ph., “Analysis of Multicriteria Decision Aid in Europe,” *European Journal of Operational Research*, 25, pp.160-168, 1986.
  15. Small C., “estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis” *International Journal of Remote Sensing*, 2001.
  16. Wang Y. C., “Spatial patterns and vegetation-site relationships of the presettlement forests in western New York”, USA. *Journal of Biogeography*, 34, pp.500-513, 2007.
  17. Yantisky, O., “Towards creating a socio-ecological conception of a city”, *Cities*, 1984.

中文文獻：

1. 刁培正，「多準則非凌越解評選方法之探討」，東吳大學企業管理研究所，碩士論文，2013。
2. 王小璘、涂芳美，「由景觀生態學觀點探討都市公園生物多樣性—以台北市大安森林公園為例」，東海學報，第四十二期，115-127頁，2001。
3. 王小璘、林雅君，「全球氣候變遷下都市潛在綠空間之探討—以台中市為例」，建築學報20周年紀念專刊，2010。
4. 王小璘，〈多準則決策分析〉，滄海書局，2005。
5. 王秀娟，「綠地計畫之理論與實證」，田園城市出版社，2002。
6. 王秀娟，「公園綠地發展計畫規劃與實施之研究」，〈戶外遊憩研究〉，第十二卷，第三期，63-77 頁，1999。

7. 王智聖，「都市公園生態空間特性之研究-以台南市公園鳥類為例」，國立成功大學都市計畫系，碩士論文，2002。
8. 王鑫，「全國綠資源調查架構之研究」，行政院經濟建設委員會，2003。
9. 王肇強，「生物多樣性保護網絡的成本有效性分析」，政治大學經濟學系，碩士論文，2006。
10. 朱強、俞孔堅、李迪華，「景觀規劃中的生態廊道寬度」，北京大學景觀設計系，生態學報VoL 25，No. 9，2005。
11. 李亦迪，「以指標克利金法預測荖濃河流域之植群空間分布」，中山大學生物科學系，碩士論文，2007。
12. 吳剛立、許芳毓、許獻彰，「永續城鄉發展理念下都會區綠資源規劃與管理政策之研究-以台南都會區為例」，《中華建築學會第十六屆第二次建築研究成果發表會論文集》，2004。
13. 林裕彬，「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，2001。
14. 洪正中、吳天基、杜政榮，《環境生態學》，1996。
15. 許臣王，「未設測站地點設計兩行建立之研究」，致遠管理學院休閒設施規劃與管理研究所，碩士論文，2009。
16. 張中憶，「從綠資源環境價值角度探討土地使用對健康城市的實踐—以台南市東區農地為例」，成功大學都市計畫研究所，碩士論文，2004。
17. 張乃斌，《環境數學：系統優化原理》，1997。
18. 張俊彥，「以塊區形狀進行公園綠地評估之應用研究」，造園學報，第六期，117-131頁，2000。
19. 黃昭雄，「以服務水準及空間結構特性探討台中市鄰里公園網絡系統」，逢甲大學建築及都市計畫系，碩士論文，2003。
20. 黃書禮，「生態土地使用規劃」，詹氏書局，2000。
21. 郭瓊瑩，《水與綠-網路規劃理論與實務》，詹氏出版社，2003。

22. 郭瓊瑩、王秀娟，「全國公園綠地發展綱領之研訂」，內政部營建署，2-1-5-30 頁，1999。
23. 鄧振源，《多準則決策分析-方法與應用》，2012。
24. 簡禎富，《決策分析與管理：全面決策品質提升之架構與方法》，雙葉書廊有限公司，2005。
25. 內政部營建署，「建築基地綠化設計技術規範」，2012
26. 陳駿賢，「遙測及景觀分析技術於崩塌地判釋與變化之研究」，逢甲大學土地管理所，碩士論文，2002。
27. 行政院農委會，「綠資源調查計畫」，農委會林務局農林航空測量所，2002。
28. 內政部營建署，「全國公園綠地會議」，1996。
29. 內政部營建署，「公園綠地法草案」，1998。



## 附錄

說明：

本問卷為分析層級方法問卷，每一道題目均為兩項變數之兩兩比較，請您依個人主觀判斷認為對「都會生態公園設計」而言，左右兩邊的關鍵績效評估指標何者較為重要，若您認為左邊的指標較為重要，請在左邊的「1~9」選一個您認為適當的數字打勾，反之若您認為是右邊的要素較為重要，則在右邊的「1~9」選一個您認為適當的數字打勾，若您認為這左右兩個指標同等重要，則在「1」打勾。

AHP 評估尺度意義與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要	比較兩個指標的貢獻程度具同等重要性。
3	稍重要	判斷的結果稍微傾向認為某一指標較重要。
5	頗重要	判斷的結果強烈傾向認為某一指標重要。
7	極重要	實際顯示的結果非常強烈傾向認為某一指標重要。
9	絕對重要	有足夠證據肯定某一指標重要。
2,4,6,8	相鄰尺度之中間值	需要折衷值時。

### 填答範例：

您認為建構「都會生態公園」應考量的指標項目中，如果您認為左邊的指標較為重要，請在左邊的「2~9」選一個您認為適當的數字打勾，反之，則在右邊的「2~9」打勾，若左右兩個指標同等重要，則在「1」打勾。**(註：每一列只會有一個格子打勾喔！)**

假如您認為「都會生態公園設計」時，「經濟構面」相對於「生態構面」而言，更加重要，且重要的程度很高，則在**左邊**欄位中的「極重要 7」打勾。

評估構面	絕對重要		極重要		頗重要		稍重要		同等重要		稍重要		頗重要		極重要		絕對重要		評估構面
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
環境構面			●																生態構面

請依據建構生態廊道的指標定義，填寫第3頁的問卷

指標定義表		
評估面向	指標	定義
A.環境	A1 地景歧異度	表示景觀類型間的複雜程度，地景歧異度越高表示景觀格局越豐富，破碎化程度較高。
	A2 碳通量	表示碳分子在單位時間內從地表的表面釋出或是吸收的移動量，碳通量的值越高表示地表的透水性愈高。
	A3 坡度	表示景觀斜坡的陡峭程度，坡度越高表示該景觀格局越陡峭，越不適合開發。
B.生物豐富度	B1 陸域生態(齧齒類)	表示群落中所含齧齒類種類及族群的多寡，值越高表示該區域有較多之齧齒類族群活動。
	B2 鳥類	表示群落中所含鳥類種類及族群的多寡，值越高表示該區域有較多之鳥類族群活動。
	B3 植物	表示群落中所含植物種類及族群的多寡，值越高表示該區域有較多之植物族群生長。



### 1. 建構生態廊道的評估構面

請您依照您主觀的看法，評估建構生態廊道，應考量的三項構面，其間的相對重要性，若您認為左邊的構面較為重要，請在左邊的「2~9」選一個您認為適當的數字打勾，反之，則在右邊的「2~9」打勾，若左右兩個構面同等重要，則在「1」打勾。(註：每一列只會有一個格子打勾喔！)

建構生態廊道的評估構面	絕對重要	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	絕對重要	建構生態廊道的評估構面
	9																9	
A 環境																		B 生物豐富度

### 2. 環境面之評估指標

建構生態廊道中，在「環境構面」的指標之中，請您比較以下3個指標的重要性，若您認為左邊的指標較為重要，請在左邊的「2~9」選一個您認為適當的數字打勾，反之，則在右邊的「2~9」打勾，若左右兩個指標同等重要，則在「1」打勾。(註：每一列只會有一個格子打勾喔！)

環境面之評估指標	絕對重要	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	絕對重要	環境面之評估指標
	9																9	
A1 地景歧異度																		A2 碳通量
A1 地景歧異度																		A3 坡度
A2 碳通量																		A3 坡度

### 3. 生物豐富度之評估指標

建構生態廊道中，在「生物豐富度」的指標之中，請您比較以下3個指標的重要性，若您認為左邊的指標較為重要，請在左邊的「2~9」選一個您認為適當的數字打勾，反之，則在右邊的「2~9」打勾，若左右兩個指標同等重要，則在「1」打勾。(註：每一列只會有一個格子打勾喔！)

生物豐富度之評估指標	絕對重要	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	絕對重要	生物豐富度之評估指標
	9																9	
B1 陸域生態																		B2 鳥類
B1 陸域生態																		B3 植物
B2 鳥類																		B3 植物