

東海大學

景觀學系

碩士論文

Thesis for the Degree of Master  
Department of Landscape Architecture  
Tunghai University

指導教授：蔡淑美 博士  
Advisor : Su-Mei, Tsai Ph.D.

應用生態系統服務於景觀生態空間分區  
-以台中市為例  
Application of Ecosystem Services on Landscape  
Ecological Zoning : The Case of Taichung City

研究生：洪郁晴  
Graduate Student : Yu-Ching, Hung

中華民國 106 年 7 月

July, 2017



本論文係供東海大學碩士班考試委員審定  
景觀學系碩士學位之用並審查通過。  
中華民國一〇六年六月十四日

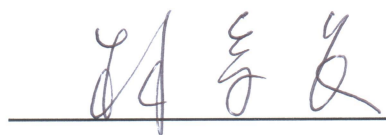
The thesis was submitted to the graduate faculty of Tunghai University in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Landscape Architecture.

Date : June 14, 2017

審查委員 Approved by :

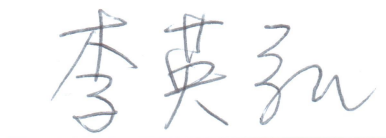
**林宗賢 博士 Dr. Chung-Hsien Lin**

逢甲大學景觀與遊憩碩士學位學程 教授  
Professor, Master's Program of landscape & Recreations,  
Feng-Chia University



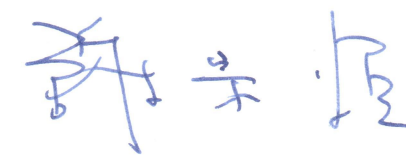
**李英弘 博士 Dr. Ying-Hung Li**

逢甲大學建築專業學院 副教授  
Associate Professor, School of Architecture,  
Feng-Chia University



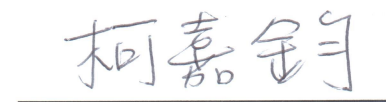
**謝宗恒 博士 Dr. Chung-Heng Hsieh**

輔仁大學景觀設計學系 助理教授  
Assistant Professor, Department of Landscape Architecture,  
Fu Jen Catholic University



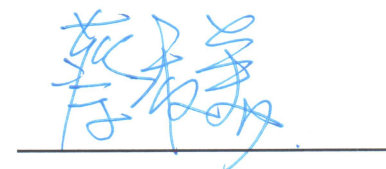
**柯嘉鈞 博士 Dr. Chia-Chun Ko**

國立高雄餐旅大學休閒暨遊憩管理系 助理教授  
Assistant Professor,  
Department of Leisure and Recreation Management,  
National Kaohsiung University of Hospitality and Tourism



**蔡淑美 博士 Dr. Su-Mei Tsai**

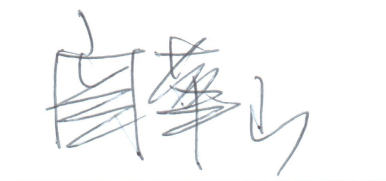
東海大學景觀學系 助理教授  
Assistant Professor, Department of Landscape Architecture,  
TungHai University



主任 Chairman :

**關華山 博士 Dr. Hwa-San Kwan**

東海大學建築系 教授  
Professor, Department of Architecture,  
TungHai University







## 摘要

本研究因應氣候變遷所造成之國土安全議題，討論以景觀生態學理論為主軸之國土規劃模式，並考量我國 2015 年通過之《國土計畫法》，因此，在國土規劃前後之分析在規劃過程中相當重要，而不同相關層面的資料與相關理論的應用係國土規劃得以更完整實現的重要步驟。永續景觀規劃中景觀生態學之重要，在於理解景觀生態空間結構內的相互關係及其價值，過去在景觀生態學研究中，大都採取景觀指數進行景觀生態空間的分析，然而景觀指數雖是便利且簡單快速的評估工具，卻局限於僅能表達景觀生態空間之結構與幾何物理特性，較無法呈現景觀生態空間之功能與結構之間的相互關係，本研究應用生態系統服務之觀點納入景觀生態空間分析中，嘗試突破過去研究之侷限性。生態系統服務之特性表示景觀生態空間之功能，可藉由功能及分區定位進一步說明其相互關係，因此若整合景觀生態結構之景觀指數分析與生態系統服務之分析加強景觀生態功能及過程之描述與討論，將使永續景觀規劃分析更加完善且全面，以確實地達到國土規劃中各項土地資源得以明智利用之目的。

本研究基於資料取得之可行性、應用性及整合性選定台中市作為研究範圍，以國土利用調查成果之土地使用現況作為基礎資料，並依此資料進行景觀指數與生態系統服務之數據分析與整合研究，研究流程中，分為景觀生態與生態系統服務兩個面向進行分析，透過評估矩陣與配對比較法得到相關數據，再整合兩種研究分析結果進行說明，其中景觀生態空間評值低、中、高的三個級別並對照各級別土地使用現況之生態系統服務相關能力及生態系統服務功能分區，舉例來說景觀生態空間低級別之濕地，空間上分布不均勻且破碎分離，佔總體景觀面積比例小無明顯優勢，但依據生態系統服務相關能力顯示土地使用之溼地類型可以提供生態系統高度的支持服務，並且在生態系統服務功能分區定位上亦屬於服務供給區，其他土地使用現況皆可透過基於生態系統服務之景觀生態空間分區表進行說明。

因此，根據本研究結果，建議未來應用生態系統服務觀點於景觀生態空間評值中避免將景觀生態空間評價結果作為單一依據直接應用於景觀規劃，補償景觀指數所忽略之景觀生態功能。最後以整合之景觀生態學角度給予台中市未來關於土地使用發展之決策及建議，使研究成果更具實用性與符合土地使用現況。

關鍵字：景觀生態學、景觀指數、生態系統服務、土地使用現況、地理資訊系統



## **【Abstract】**

In response to 'Spatial Planning Act (2015)' which about homeland security issues caused by climate change, the landscape ecology was often considered. In the spatial planning process, the landscape ecology is a tool to understand the interrelationship between the function and structure of landscape ecological spatial. In recent year, most researches have taken landscape metrics to analyze the structure of landscape ecology. Landscape metrics is a rapid assessment tool, but just for assessing the structure and physical characteristics of the landscape space, which could not be compared with the function and structure. This research applies the concept of ecosystem services to represent the function and interrelationship of landscape ecological space, which can be more precisely explained. Therefore, if the landscape metrics and ecosystem service could be integrated, it will make the landscape planning analysis more comprehensive.

This research selected Taichung city as the study area, based on feasibility and applicability. First, calculate the landscape metrics and ecosystem service relevant ability based on the land use data. Second, use the matrix model and paired-comparison method to get the related data of landscape ecological space and ecosystem services. Third, integrate two kinds of results to explain the relationship. It divides three levels of landscape ecological space, including low, middle and high, which contain ecosystem service function and area.

For instance, the wetland classified as the low-level landscape ecological space, its landscape metrics distribution is uneven, broken and discrete. In the other, it takes a few part area in Taichung and has no significant advantage. Despite these disadvantages, the wetland can provide high supporting services and be classified as service providing area (SPA). And so on, all of the land use in Taichung can be explained by the landscape ecological zoning table. According to the result, we suggest that the application of ecosystem services on landscape ecological zoning should avoid not only calculating by landscape metrics as the basis for the landscape planning, but also should consider the landscape ecological function by ecosystem services relevant ability. After all, apply the result in making decisions and giving suggestions for land use planning of Taichung city. Therefore, this research can be more practical and suitable.

Keyword : Landscape ecology, Landscape metrics, Ecosystem services, Land use, Geographic Information System (GIS)



## 謝誌

論文完成之際，回想這一年覺得自己是個很有福氣的人，由於是五年一貫的學生，為了能夠如期畢業，除了修課及撰寫論文外，其他畢業門檻也都必須在一年內完成，這段期間儘管疲憊、忙碌但卻格外充實，其中最感謝的是老師們、學長姐、同儕與家人的支持與幫助，使我能順利完成論文。

首先最要感謝的是我的指導教授 蔡淑美老師，從大學時期就在老師的指導下完成畢業設計，就讀研究所時還能再一次成為老師的研究生更十分感激，撰寫論文的過程中，老師總是會引導我去思考、增加我的邏輯性、指導我該具備的專業知識，在每次與老師的會談中我都能更加釐清思緒、確立研究方向，獲益良多。國外交流活動中，老師給予我發表的機會，並適時地給我鼓勵與啟發；戶外參訪時，也總是把我帶在身旁，將所有的經驗和知識教予我，因此，不論是專業知識還是待人處世，老師都是我的模範榜樣。這兩年來老師的督促與教誨，使我能真正實踐五年一貫學制，對老師的感謝一言難以道之。

除此之外，也非常感謝研究室裡的學長姐和同學，很幸運在這一年能遇見他們，不管是助教事務、組作業、還是論文上都給我很大的幫助，替我分擔課業與瑣事，讓我事半功倍且無後顧之憂；在我陷入瓶頸時，給予我許多幫助和鼓勵，與我分享他們的經驗，讓我可以自己的論文中更努力的鑽研學習，謝謝他們在這一年中對我的照顧，期許未來也能用自己的能力回饋他們對我的幫助。

感謝在景觀學系研究所中授課的專任與兼任教師們，悉心教導碩士學程該具備的專業知識，使我在課程的訓練下體悟到邏輯思考及團隊合作的重要性。另外要感謝我的口試委員 林宗賢、李英弘、謝宗恒及柯嘉鈞老師，細心的審閱論文，並給予我指正、建議與鼓勵，使我可以將論文修正的更加完整。

最後，我想要感謝的是我的家人與朋友，在每個百感交集的時刻給我最定心的支持，對於我的決定從不焦慮勸退，總是給予我最大的信任與鼓勵，使我就算遭遇困難、疲累退縮或喪氣失志，都還是能有重新再來的勇氣。

謝謝研究所路上曾經給與我幫助、關懷和鼓勵的所有人，你們都是我完成論文的最大幕後功臣。謹以此論文致上最深的謝意。

洪郁晴 謹誌於  
東海大學 景觀學系碩士學程  
中華民國 106 年 8 月 10 日



# 目錄

<b>第一章 緒論</b> .....	<b>1</b>
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
<b>第二章 文獻回顧</b> .....	<b>3</b>
第一節 生態系統服務(Ecosystem services).....	3
第二節 景觀生態學(Landscape ecology).....	13
<b>第三章 研究設計</b> .....	<b>21</b>
第一節 研究流程.....	21
第二節 土地使用現況資料庫建置.....	22
第三節 生態系統服務相關能力評估.....	25
第四節 生態系統服務功能分區指認.....	29
第五節 景觀生態空間評值.....	32
第六節 應用生態系統服務於景觀生態空間分區.....	37
<b>第四章 研究結果</b> .....	<b>39</b>
第一節 生態系統服務相關能力評估.....	39
第二節 生態系統服務功能分區評估.....	48
第三節 景觀生態空間評值.....	57
第四節 應用生態系統服務於景觀生態空間分區.....	78
<b>第五章 結論與建議</b> .....	<b>83</b>
第一節 結論.....	83
第二節 建議.....	92
<b>參考文獻</b> .....	<b>95</b>
<b>附錄</b> .....	<b>99</b>





## 圖目錄

圖 1 生態系統服務供給區和受益區之間的空間位置關係.....	9
圖 2 服務提供區域(SPA)和服務受益區域(SBA)之間可能的空間關係.....	10
圖 3 景觀結構概念圖.....	14
圖 4 研究流程圖.....	21
圖 5 研究範圍圖.....	23
圖 6 研究範圍土地使現況圖.....	24
圖 7 土地使現況範例圖.....	24
圖 8 生態系統服務相關能力評估流程圖.....	25
圖 9 生態系統服務功能分區指認流程圖.....	29
圖 10 景觀生態空間評值流程圖.....	32
圖 11 應用生態系統服務於景觀生態空間分區流程圖.....	37
圖 12 支持服務相關能力圖.....	41
圖 13 調節服務相關能力圖.....	43
圖 14 供給服務相關能力圖.....	45
圖 15 文化服務相關能力圖.....	47
圖 16 支持服務功能分區圖.....	50
圖 17 調節服務功能分區圖.....	52
圖 18 供給服務功能分區圖.....	54
圖 19 文化服務功能分區圖.....	56
圖 20 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值圖.....	59
圖 21 塊區數量(NP)景觀生態空間評值圖.....	61
圖 22 塊區密度(PD)景觀生態空間評值圖.....	63
圖 23 邊緣密度(ED)景觀生態空間評值圖.....	65
圖 24 景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評值圖.....	67
圖 25 最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評值圖.....	69
圖 26 分維數(FRAC)景觀生態空間評值圖.....	71
圖 27 聚合度(AI)景觀生態空間評值圖.....	73
圖 28 分散指數(SPLIT)景觀生態空間評值圖.....	75

圖 29 景觀生態空間評值分級圖.....	77
圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖.....	85
圖 31 塊區的效益(Patch benefit)圖.....	86
圖 32 地方性物種滅絕的可能性(Local extinction probability)圖.....	86
圖 33 自然與人為邊界(Natural and human edges)圖.....	87
圖 34 直線型邊界與曲線型邊界(Straight and curvilinear boundaries)圖.....	87
圖 35 生態跳島的串聯(Cluster of stepping stones)圖.....	88
圖 36 生態學上最佳的塊區形狀(Ecologically "optimum" patch shape)圖.....	88
圖 37 群聚塊區以形成棲地(Grouped patches as habitat)圖.....	89

## 表目錄

表 1 《Nature's Services : Societal Dependence on Natural Ecosystems》生態系統服務清單.....	3
表 2 《Nature》全球生態系統服務之分類及功能.....	4
表 3 千年生態系統評估計畫生態系統服務分類.....	5
表 4 De Groot(2002)生態系統服務分類、功能及項目.....	5
表 5 體現人類福祉之生態系統服務分類.....	6
表 6 依據空間特徵分類之生態系統服務.....	6
表 7 依據市場屬性分類之生態系統服務.....	6
表 8 滿足人類社會需求角度之生態系統服務分類.....	7
表 9 通用型國際分類方案(CICES)之生態系統服務分類.....	7
表 10 基於多層次人類福祉之生態系統服務分類.....	8
表 11 各層級對應之景觀指數表.....	16
表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表.....	22
表 13 生態系統服務評估項目與說明表.....	26
表 14 篩選景觀指數與說明表.....	33
表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表.....	39
表 16 支持服務相關能力評估表.....	40
表 17 調節服務相關能力評估表.....	42
表 18 供給服務相關能力評估表.....	44
表 19 文化服務相關能力評估表.....	46
表 20 生態系統服務功能分區評估矩陣彙整表.....	48
表 21 支持服務功能分區指認表.....	49
表 22 調節服務功能分區指認表.....	51
表 23 供給服務功能分區指認表.....	52
表 24 文化服務功能分區指認表.....	54
表 25 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值權重表.....	58
表 26 塊區數量(NP)景觀生態空間評值權重表.....	60
表 27 塊區密度(PD)景觀生態空間評值權重表.....	62
表 28 邊緣密度(ED)景觀生態空間評值權重表.....	64

表 29 景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評估權重表 .....	66
表 30 最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評估權重表 .....	68
表 31 分維數(FRAC)景觀生態空間評估權重表 .....	70
表 32 聚合度(AI)景觀生態空間評估權重表.....	72
表 33 分散指數(SPLIT)景觀生態空間評估權重表 .....	74
表 34 景觀生態空間評估分級表.....	76
表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表.....	79

## 附錄

附件一 生態系統服務相關能力評估問卷.....	99
附件二 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值評估矩陣表.....	101
附件三 塊區數量(NP)景觀生態空間評值評估矩陣表.....	102
附件四 塊區密度(PD)景觀生態空間評值評估矩陣表.....	103
附件五 邊緣密度(ED)景觀生態空間評值評估矩陣表 .....	104
附件六 景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評值評估矩陣表 .....	105
附件七 最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評值評估矩陣表.....	106
附件八 分維數(FRAC)景觀生態空間評值評估矩陣表 .....	107
附件九 聚合度(AI)景觀生態空間評值評估矩陣表.....	108
附件十 分散指數(SPLIT)景觀生態空間評值評估矩陣表 .....	109



# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機

因應氣候變遷所造成之國土安全議題，政府於 2015 年通過《國土計畫法》，保育自然環境與人文資產，促進資源與產業合理配置，強化國土整合的機制，復育環境敏感與國土破壞地區，追求國家永續發展，使未來在國土空間的發展策略進入了新的紀元，也相對提升國土規劃的重要性。

國土規劃中，經常會採用各種層面分析檢視，使國土規劃整體更具說服力及可行性，法規層面，檢視國土規劃與相關產業配置的合法性；環境評估層面，進行確實的先期評估避免項目開發導致的環境污染，維護人類健康福祉與生態系統之平衡；技術層面，應用 3S(遙感 RS、地理資訊系統 GIS 及全球定位系統 GPS)使資訊獲取更便利且確實，並可進一步應用在相關的大數據分析；進行國土規劃的操作時，亦經常導入相關理論進行資源之分析，如視覺景觀，即應用視覺景觀相關理論，調查視覺景觀資源並進行分類與評估；景觀生態，即透過景觀生態學分析景觀結構及空間格局之特徵與分布，保持景觀生態空間上的完整性；生態系統服務，即透過生態系統服務之觀點分析生態系統的功能及變化過程，說明生態系統對於人類社會的作用。無論基於何種層面與理論進行分析與考量，將所有層面與理論進行整合應用才是國土規劃得以完整的途徑，因此各層面與理論的結合為國土規劃中的重要過程。

景觀生態學在永續景觀規劃的貢獻是透過理解景觀生態空間結構的運作關係並連接景觀生態的價值(Haines-Young, 2000)，過去之景觀生態學研究中，大多以景觀指數進行量化計算並得到景觀生態空間結構之結果，文獻顯示透過觀察景觀指數之變化對景觀格局進行比較分析，藉由景觀指數之比對討論土地規劃對景觀格局的影響(楊曉豔、朱德舉、鄧文聚、程鋒，2005)；比較各年份之景觀指數推測景觀結構之變化趨勢(魯韋坤、楊樹華，2006)或透過景觀指數變化來評價規劃方案改善景觀生態空間之合理性(鐘林生、肖篤甯、陳文波，2002)，基於上述之文獻，景觀指數在描述各類的景觀生態空間結構與空間格局特徵上雖便利且簡單快速，卻也存在一定的局限性，規劃設計者僅能應用景觀指數作為景觀生態空間結構比較的工具，而不是作為景觀規劃中評估景觀生態功能的工具(Corry & Nassauer, 2005)，透過景觀指數計算通常只能取得景觀生態空間的幾何特性，不易表達景觀生態空間結構的整體性，更無法顯示景觀生態空間彼此間的功能關係(林孟龍、曹宇、王鑫，2008)，應用景觀指數的一個重大缺點就是指數並不能明確的說明景觀生態空間之功能與過程，意即若僅是量化景觀生態空間結構並不能顯現出景觀生態空間的功能性(Turner, 1989 ; Turner et al., 2001)，研究中若僅考量景觀指數並無法真實呈現應用於規劃項目其景觀生態空間之價值，欲評價規劃方案，應結合其他方法(鐘林生等，2002)。因此，考量景觀指數之局限性，其無法完整評估景觀生態空間之價值，本研究採用生態系統服務之觀點納入景觀生態空間分析過程中，生態系統服務

是人類社會與自然環境之相互作用，是自然生態系統為人類福祉所提供的利益與服務，亦即景觀生態之功能，過去研究中生態系統服務多與土地利用與土地覆蓋變遷相關，其中土地利用與土地覆蓋作為基礎資料與景觀指數之計算能具有高度的連結性，而生態系統服務更著重於其對環境變化的關係以及人類及環境之相互影響與耦合，如國際地球生物圈計畫(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)與全球環境變遷人文面向計畫(International Human Dimensions Programme on Global Environment Change, IHDP)共同研究之土地利用與土地覆蓋變遷研究計畫與全球土地計畫(Global Land Project, GLP)，亦即生態系統服務之相關研究更重視反映出的景觀生態空間之功能，本研究基於景觀生態空間功能更進一步分析人類與生態及生態與生態間交互作用之過程，整合景觀生態與生態系統服務之價值與分析模式。

上述之研究中景觀生態空間分析多以國土利用調查成果之土地使用現況資料作為基礎，基於土地使用現況之基礎空間特徵與資料取得之方便性，本研究在景觀生態空間的區分中，考量其應用性及整合性，將土地使用現況作為景觀生態與生態系統服務數據分析之基礎，以相同之基準進行數據分析與研究，以期達到有效及合理的應用土地資源，使研究成果更具實用性與符合現況。

本研究選定台中市作為研究範圍，其中包含二十九個行政區域，涵蓋丘陵、盆地、台地、平原、溼地、森林、都市等多樣之土地使用現況類型，依據其土地使用現況進行景觀生態與生態系統服務之評估與分析，建立整合景觀生態空間結構、功能、過程及生態系統服務之景觀生態空間分區方法，使未來台中市進行土地規劃時得以在景觀生態空間上更加全面，確實地達到國土計畫明智利用之目標。

## 第二節 研究目的

本研究根據土地使用現況整合景觀生態與生態系統服務，探討景觀生態空間的結構、功能及過程，並應用生態系統服務於景觀生態空間分區。本研究之研究目的如下：

- 一、建立生態系統服務相關能力分級及生態系統服務功能分區
- 二、運用景觀指數進行景觀生態空間評值
- 三、整合生態系統服務於景觀生態空間分區



## 第二章 文獻回顧

### 第一節 生態系統服務(Ecosystem services)

#### 一、生態系統服務定義

##### (一) 生態系統服務定義

生態系統服務的概念起源於柏拉圖，在西元前 400 年，其認為人類對於森林的砍伐與破壞，將導致水土的流失與水井乾涸。此一現象的詮釋，亦間接說明生態系統中每一個環節的變動，終將影響到人類的福祉與生命安全；美國環保主義者 Marsh 在 1864 年出版的《Man and Nature》一書中，透過數據收集與分析，驗證了生態系統服務對於人類社會福祉的貢獻性。生態系統服務是人類社會與自然環境相互作用下的系統，而生態系統的維持與形成，對人類的生存與發展具有極大的影響關係(Daily, 1997)；2005 年聯合國邀集 1000 多位生物學家共同發表「千年生態系統評估計畫」(Millennium Ecosystem Assessment, MA)，分析並點出人類活動對於生態系統的生物多樣性具有強烈的影響與衝擊，而這些人類活動對於生態恢復力(resilience)與承载力(capacity)之影響最為嚴重，因此，生態系統服務可以簡單的定義為自然生態系統為保存人類福祉所能提供的利益服務。

##### (二) 生態系統服務項目分類

探討生態系統服務能力預先釐清生態系統服務項目之分類，而項目的分類依演變時程可以分為三個階段，第一個階段由於對生態系統服務並未深入瞭解，因此大多僅列舉生態系統服務之項目，較為忽略對各項服務間的關係描述，其中最早對於生態系統服務分類的闡述是 Daily (1997)在《Nature's Services : Societal Dependence on Natural Ecosystems》一書中列舉的生態系統服務清單，包含淨化空氣與水、減輕乾旱和洪水、生成和保育土壤及更新肥力、維持生物多樣性等共 13 項(詳見表 1 Nature's Services : Societal Dependence on Natural Ecosystems 生態系統服務清單)；同年，Costanza 等(1997)在《Nature》一書也對全球生態系統服務進行價值評估，將生態系統服務分為氣候調節、水供給、廢物處理、食物生產、文化等 17 類(詳見表 2 Nature 全球生態系統服務之分類及功能)。

表 1 《Nature's Services : Societal Dependence on Natural Ecosystems》生態系統服務清單

生態系統服務項目
1. purification of air and water 淨化空氣和水
2. mitigation of floods and droughts 減輕洪水和乾旱
3. detoxification and decomposition of wastes 排毒及分解廢物
4. generation and renewal of soil and soil fertility 土壤肥力的生成和再生
5. pollination of crops and natural vegetation 作物和自然植被的授粉
6. control of the vast majority of potential agricultural pests 控制絕大多的潛在農業病蟲害

7. dispersal of seeds and translocation of nutrients	種子傳播和營養轉移
8. maintenance of biodiversity, from which humanity has derived key elements of its agricultural, medicinal, and industrial enterprise	保持生物多樣性是人類獲得農業、醫藥和工業的關鍵要素
9. protection from the sun's harmful ultraviolet rays	保護免遭受來自太陽的有害紫外線損害
10. partial stabilization of climate	局部氣候穩定
11. moderation of temperature extremes and the force of winds and waves	緩解極端溫度、風和波浪
12. support of diverse human cultures	支持不同的人類文化
13. providing of aesthetic beauty and intellectual stimulation that lift the human spirit	提供審美、智力激勵與人文精神

(本研究彙整自 Daily,1997)

表 2 《Nature》全球生態系統服務之分類及功能

生態系統服務項目	生態系統服務功能
氣體調節	調節大氣化學組成
氣候調節	調節全球溫度、降水及其他生物參與調節的全球和區域氣候過程
干擾調節	生態系統回應環境干擾的容量、抑制和整合
水調節	調節水流動
水供給	儲存和保持水
控制侵蝕和保持沉積物	保持生態系統中的土壤
土壤形成	土壤形成過程
養分循環	養分的儲存、內部循環、處理和獲取
廢物處理	易流失養分的再獲取，多餘或異類養分和化合物的去除或分解
傳粉	花卉配子的移動
生物控制	種群的營養動態調節
提供避難所	為種群的定居和遷徙提供棲息地
食物生產	總初級生產中可作為食物的部分
原材料	總初級生產中可作為原材料的部分
基因資源	特有的生物材料和產品
休閒	提供休閒活動的機會
文化	提供非商業用途的機會

(本研究彙整自 Costanza,1997)

在生態系統服務分類的第二個階段，除了對生態系統服務項目的列舉之外，各界學者們開始重視生態系統服務之結構、功能與過程(包含中間服務及最終服務)以及各功能間的相關性，並在 2005 年由聯合國發起並提出千年生態系統評估計畫(MA)，將生態系統服務分為供給、調節、文化和支持服務四類，在於四類中分為淡水、裝飾資源、害蟲調節、侵蝕調節、文化多樣性、教育價值等 24 個子項目(詳見表 3 千年生態系統評估計

畫生態系統服務分類)，此評估計畫在後期被廣泛應用於生態系統服務的價值評估和計算；西元 2002 年 De Groot 等人也將生態系統功能按照調節、提供生境功能、供給服務和資訊功能分為 4 大類，其中細分類項目包含阻止擾動、生物控制、苗圃功能、原材料、醫療資源、美學資訊等 23 個子項(詳見表 4 De Groot 生態系統服務分類、功能及項目)；針對自然資源管理進行分類與歸納，Wallace (2007)將生態服務功能分為充足的資源，良好的物理和化學環境，天敵、疾病和寄生蟲的防護，以及社會文化滿足與實現 4 類(詳見表 5 體現人類福祉之生態系統服務分類)；在空間分類上，Costanze (2008)依據空間特徵將生態系統服務分為全球非鄰近、局部鄰近、有向性流動、原位、用戶流動 5 類(詳見表 6 依據空間特徵分類之生態系統服務)；在市場屬性分類上，依據排他性和競爭性將生態系統服務分為競爭性、非競爭性、開放資源、公共物品和服務等 4 類(詳見表 7 依據市場屬性分類之生態系統服務)。

表 3 千年生態系統評估計畫生態系統服務分類

生態系統服務 類型	生態系統服務項目
供給服務	食物、纖維、遺傳資源、生物化學物質、天然藥材和藥物、裝飾資源、淡水
調節服務	空氣質量調節、氣候調節、水調節、侵蝕調節、疾病調節、害蟲調節、傳粉
文化服務	文化多樣性、精神和宗教價值、娛樂和生態旅遊、審美價值、知識系統、教育價值
支持服務	土壤形成、光合作用、初級生態力、營養循環、水循環

(本研究彙整自 MA,2005)

表 4 De Groot(2002)生態系統服務分類、功能及項目

生態系統服務 類型	主要功能	生態系統服務項目
調節功能	維持必要的生態過程和生命支援系統	氣體調節、氣候調節、阻止擾動、水源調節、水源供給、土壤保留、土壤形成、養分調節、廢物處理、傳粉、生物控制
提供生境功能	為野生植物和動物物種提供生境、維持生物和基因的多樣性	殘遺種保護、苗圃功能
供給服務	提供自然資源	食物、原材料、基因資源、醫療資源、裝飾資源
信息功能	提供認知發展的機會	美學信息、休閒、文化和藝術信息、精神和歷史信息、科學和教育

(本研究彙整自 De Groot,2002)

表 5 體現人類福祉之生態系統服務分類

人類福祉類別	生態系統服項目
充足的資源	食物、氧氣、水、能源、分散補助
保護不受捕食者、疾病、寄生蟲損害	保護不受天敵捕食、保護不受病蟲害
友好的自然和化學環境	友好的環境機制包含溫度、濕度、光及化學藥品
社會文化成就	利用資源以實現精神及哲學的滿足感、友好的社交團體包括好友和愛人、娛樂與休閒、有意義的工作、美學、機會價值、文化和生物進化能力(知識、教育資源、遺傳資源)

(本研究彙整自 Wallace,2007)

表 6 依據空間特徵分類之生態系統服務

空間特徵	生態系統服項目
全球非鄰近	氣體調節、氣候調節、文化
局部鄰近	干擾調節、廢物處理、傳粉、生物控制、提供避難所
有向性流動：從生產點流向使用點	水調節、水供給、沉積物調節及侵蝕控制、養分調節
原位(使用點)	土壤形成、食物生產、原材料
用戶流動：人類向獨特自然特徵的流動	基金資源、休閒、文化

(本研究彙整自 Costanza,2008)

表 7 依據市場屬性分類之生態系統服務

	排他性	非排他性
<b>競爭性</b>	市場性產品和服務 (多數供給服務)	開放資源 (部分供給服務)
<b>非競爭性</b>	收費/俱樂部物品 (部分休閒服務)	公共物品和服務 (多敘調節和文化服務)

(本研究彙整自 Costanza,2008)

由於對於生態系統服務的相關研究數量增多、研究成果應用性提高，對於生態系統服務的項目分類也相對全面，因此在第三個階段，專業研究報告及各國學者也提出新的服務分類方案，期望能更精確的界定及計算生態系統服務的價值。基於滿足人類社會需求的角度，張彪等(2010)從物質、生活、精神三種需求為基礎，對照生態系統服務區，分類為物質產品生產服務、生態安全保障服務、景觀文化承載服務 3 類(詳見表 8 滿足人類社會需求角度之生態系統服務分類)；Haines-Young 與 Polschin (2010) 提出了綜合環境和經濟核算的生態系統產品和服務的通用國際分類方案 (Common International Classification of Ecosystem Services, CICES)，主要是期望能針對不同服務系統進行分類的轉換，綜合考量服務主題、服務類別、服務組、服務類型、服務實例和收益等 5 個面向(詳見表 9 通用型國

際分類方案之生態系統服務分類)；李琰等(2013)則依照生態服務系統終端服務的收益，將生態系統服務分為福祉構建、福祉維護和福祉提升三個面向(詳見表 10 基於多層次人類福祉之生態系統服務分類)。

表 8 滿足人類社會需求角度之生態系統服務分類

人類社會需求	生態系統服務	生態系統服務項目
物質需求	物質產品生產服務	生活資料、生產資料
安全需求	生態安全保障服務	大氣安全、水安全、土壤安全、生物安全
精神需求	景觀文化承載服務	美學景觀、文化藝術、知識意識

(本研究彙整自張彪等,2010)

表 9 通用型國際分類方案(CICES)之生態系統服務分類

主題	類別	服務組
供給	營養	陸生植物和動物
		淡水植物和動物
		海洋植物和動物
	材料	飲用水
		生物質材料
		非生物質材料
能源	可再生生物質燃料	
	可再生非生物質能源	
調節和支持	廢物調節	生物處理
		稀釋和封存
	流量調節	氣流調節
		水流調節
		質量流調節
	物理環境調節	大氣調節
		水質調節
		成土過程和土壤質量調節
	生物環境調節	生命維護和棲息地保護
		病蟲害防治
		基因庫保護
	文化	象徵性的
精神		
智慧和體驗		娛樂及社區活動
		信息與知識

(本研究彙整自 Haines-Young & Potschin,2010)



表 10 基於多層次人類福祉之生態系統服務分類

人類福祉層次	生態系統功能	指向人類收益的服務組
福祉構建:滿足人的基本生存需求，作為人類福祉的輸入，主要輸出物質性收益)	病蟲害調控、空氣調節、洪水調節、氣候調節、水源調節	食物、水、能源、材料、空氣等
福祉維護:提供安全舒適的生存環境，維護已有的福祉(物質+非物質)	廢物處理、土壤形成	災害防護、健康維護等
福祉提升:提高人的生活品質，作為人類福祉的輸入，主要輸出非物質性收益	傳粉、侵蝕調節風暴防護等	審美、娛樂、教育、宗教等

(本研究彙整自李琰,2013)

總結上述之三個階段，較好的方案應包括生態系統功能及其服務特徵與描述，同時又必須便於決策者所使用(Fisher et al., 2009)，生態系統服務的分類上必須結合生態系統服務之結構、功能和過程，並考量人類需求與福利及決策者的背景和目的，才能使生態系統服務的項目分類越趨全面且完整，也由於各學者提出之理論皆有其理論依據及實踐性，難以去定義統一的通用性分類方案，因此實務應用上選擇依據為適宜目的之生態系統服務分類方案。

本研究之目的為整合生態系統服務及景觀生態空間分區，在生態系統服務的部分主要欲表明各類土地使用現況可提供給整個生態系的服務以及這項服務在景觀生態上的功能定位，因此本研究之生態系統服務分類項目參考國際通用生態系服務分級(Common International Classification of Ecosystem Services, 2013)、生態系統暨生物多樣性經濟倡議(The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2012)與千禧年生態系統服務評估(Millennium Ecosystem Assessment, 2005)，並依照千禧年生態系統服務評估所提出的四大生態系統服務目的作為主要類型，包括支持服務(supporting services)、供給服務(provisioning services)、調節服務(regulating services)及文化服務(cultural services)為主，其中支持服務之項目包含環境異質性、生物多樣性、水循環、代謝效率、太陽輻射能的獲取、減少養分損失及土壤有機質的貯存等共 7 個項目，調節服務之項目包含區域氣候的調節、全球氣候的調節、洪水防範、地下水源的補給、空氣品質的調節、侵蝕調節、營養調節及水質淨化等共 8 個項目，供給服務之項目包含農作物供給、牲畜供給、飼料供給、水產供給、水產養殖、野生食物、木材供給、燃料(薪柴)供給、能量(生物能量)及淡水供給共 10 個項目，文化服務之項目包含休閒遊憩服務、美學價值及生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙等)共 3 個項目，總計 28 項生態系統服務項目。

## 二、生態系統服務功能分區

由於生態系統服務供給和消費的空間關係隨著人口密度的增加，使人們需求與生產生態系統服務的位置往往存在空間上的不匹配(Burkhard, 2007)，而生態系統服務在地表上的空間組成(土地使用現況)在供給方、需求方及兩者之間皆有特定的表徵形式。2008年，Fisher & Turner 首次提出以中間服務、終點(最終)服務和收益來建構生態系統服務和人類福祉聯繫的概念框架，最主要的用意在於避免服務價值的重複計算，而其界定的中間服務是指生態系統服務的結構與過程，包含土壤形成、養分循環、光合作用等；終點(最終)服務是指生態系統服務對人類的直接貢獻，包含初級生產力及水資源的調節；同年，Costanza 也帶入服務連接區的概念將生態系統服務劃分為原地(in situ)、本地鄰近(local proximal)、有方向性服務流(directional flow related) 和無方向性全球性(global non proximal)等幾個類別，並研究使用者移動(user movement)的服務類型。

Fisher 等在 2009 年提出生態系統服務供給區及受益區可能之空間位置關係，將其劃分為原地(in situ)、無方向性鄰近(omni-directional)和有方向性(directional)三種類型，圖 1 生態系統服務供給區和受益區之間的空間位置關係中的 1 表示生態系統服務供給及受益在同一區域(如土壤形成和原材料供應)，沒有連接區，2 表示生態系統服務的供給無特定方向性，周圍的區域皆可以受益，無連接區(如授粉和碳儲存)，3 和 4 表示生態系統服務從供給區到受益區有一定的方向，服務的供給由流動的方向受益於特定區域，3 表示下坡(下游)區域受益於上坡(下游)區域提供的服務(如森林上游為下游居民提供水源涵養及逕流調節的服務)，4 表示提供服務的生態系統可以是抵禦暴潮和洪水侵襲海岸的溼地，並提出生態系統服務三大功能分區概念包括服務供給區(service providing area)、服務受益區(service benefiting area)及服務連接區(service connecting area)，將過去以生態系統服務評值為主要目的之研究，進一步的與實質空間產生關聯。

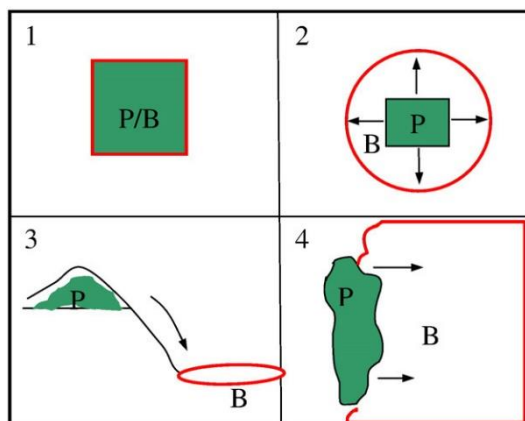


圖 1 生態系統服務供給區和受益區之間的空間位置關係(Fisher et al., 2009)

Syrbe & Walz 也進一步說明 Fisher(2009)提出之區分服務供給區(SPA)和服務受益區(SBA)之間的四種空間關係(Syrbe & Walz, 2012)如圖 2 服務提供區域(SPA)和服務受益區域(SBA)之間可能的空間關係，左上圖表示生態系統服務之服務供給區(SPA)和服務受益區(SBA)位於同一區域，右上圖表示生態系統服務之服務供給區(SPA)所供給的服務並無特定方向，周圍區域皆可受益區(皆屬服務受益區)，左下圖表示生態系統服務之服務供給區(SPA)與服務受益區(SBA)並無空間上的重疊，且服務供給區(SPA)所供給的服務有特定方向，需藉由服務連接區(SCA)供給至服務受益區(SBA)，右下圖表示生態系統服務之服務供給區(SPA)與服務受益區(SBA)有所重疊但也有部分藉由服務連接區(SCA)作為傳遞媒介。

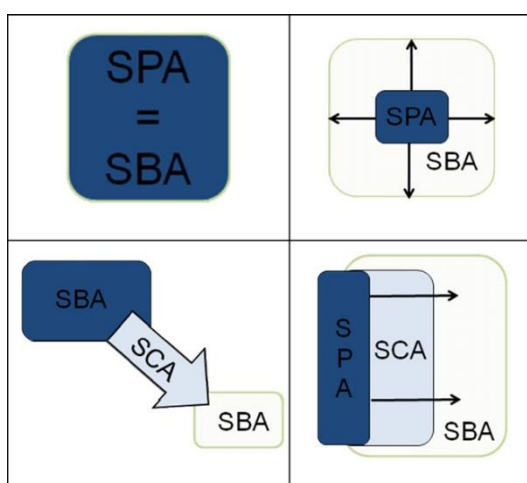


圖 2 服務提供區域(SPA)和服務受益區域(SBA)之間可能的空間關係  
(Fisher et al., 2009 ; Syrbe & Walz, 2012)

依據過去對生態系統服務功能分區之研究，並延續前述之生態系統服務分類項目，本研究欲利用土地使用現況指認各生態系統服務在景觀生態上的功能定位，並整理自 Fisher 等(2009)所提出之生態系統服務三大功能分區概念包括服務供給區(service providing area)、服務受益區(service benefiting area)及服務連接區(service connecting area)，以下針對三大功能分區進行說明：

(一) 服務供給區(service providing area, SPA)

在一個區域中，提供生態系統服務的空間單元(區域)即為生態系統服務供給區，也就是生態系統服務的源(source)，是多種生態系統服務產生與提供的區域。供給區特徵包含淨服務輸出區、空間嵌套多層次的服務的供給體系及特定的服務供給區位，也就是將大部分之服務透過空氣、水流、人等媒介將其運輸到區域外，大尺度來看也就是多層次空間中不同層級將服務輸送到其他層級的系統供給體系，並且通常位於特定的供給區位，如人為介入較少之流域上游地區供給涵養水源、泥沙調節等服務。

(二) 服務受益區(service benefiting area, SBA)

在一個區域中，接收生態系統服務的空間單元(區域)即為生態系統服



務受益區，也就是生態系統服務的匯(sink)，包含生態系統的自然耗損及人類使用所造成的服務消耗。受益區特徵包含淨服務輸入區、空間嵌套多層次的服務的消費體系及特定的服務消費區位，也就是大部分的服務被輸入此區域，個體或群體皆接收(消費)所需要的服務，而這些區域通常集中在位於特定的消費區位，如受人為活動影響較大的城鎮或都市，自然生態系統供給服務的能力較低，需透過服務的接收(消費)來滿足其生活及生產需求。

### (三) 服務連接區(service connecting area, SCA)

當服務供給區及服務受益區在空間上不重合(連續)或不完全重合(連續)時，連接兩區的空間單元(區域)即為服務連接區，也就是生態系統服務的流動路徑，而路徑又可以分為生態系統服務通過路徑供給受益者與受益者透過自主移動獲取服務兩種。

## 三、生態系統服務的應用

生態系統服務為自然生態系統所能提供的利益服務，這些服務顯示生態系統所能給予人類社會的服務，過去研究中，生態系統服務之相關研究大多探討其價值與評估方式及土地利用與土地覆蓋的變遷(land use and land cover change, LUCC)與生態系統服務之間關聯性的研究。在生態系統服務價值與評估方式的研究中，嘗試探討或建立生態系統服務的價值評估體系(謝高地、甄霖、魯春霞、肖玉、陳操，2008；江波、陳媛媛、肖洋、趙娟娟、歐陽志雲，2017)、評價方法(歐陽志雲、王如松、趙景柱，1999)或實證模型(李俊霖、李俊鴻，2012)，並且核算生態服務類型的價值(高地、張彩霞、張昌順、肖玉、魯春霞，2015)，作為可持續發展(歐陽志雲、王如松、趙景柱，1999)和生態環境保護的研究基礎(靳芳、魯紹偉、餘新曉、饒良懿、牛建植、謝媛媛、張振明，2005)。由於土地利用係各類生態系統於區域與空間的嵌合體(mosaic)，亦是各種自然與人文交互作用下所產生的改變，土地利用之結構與功能變化與人類的活動亦具有高度的相關性，如熱帶雨林區域農業開墾影響森林生態系統、沿海的漁業活動影響海洋與海岸溼地生態系統等，因此在土地利用與土地覆蓋的變遷(land use and land cover change, LUCC)與生態系統服務之間關聯性的研究中，各領域的研究者以他們的專業觀點進行探討。

1995年，國際地球生物圈計畫(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)與全球環境變遷人文面向計畫(International Human Dimensions Programme on Global Environment Change, IHDP)共同進行土地利用與土地覆蓋變遷研究計畫，研究方向主要針對土地使用與土地覆蓋對於全球環境變化的關係，並在此一計畫中，提出土地使用與土地覆蓋變遷驅動力對於生態系統的影響；2005年，IGBP與IHDP共同提出全球土地計畫(Global Land Project, GLP)係土地系統的聯合型研究計畫，針對全土地科學研究計畫呈現未來十年土地系統的研究架構，該研究的目的是在於更完備的整合人類與環境的耦

合，並反應出在全球變遷下人類與土地的交互作用如何影響地球的生態系統；在不同的交互作用下產生不同的土地使用與土地覆蓋型態，而這些不同的土地使用與土地覆蓋型態具有提供不同類型生態系統服務產品的功能與能力 (Burkhard et al., 2009)。在大量的文獻中都提及土地使用與土地覆蓋都引起生態系統服務的改變與喪失，聯合國 2005 年的千年生態系統評估計畫(MA)提到，在陸域的 14 類生態系統中，已有 9 種生態系統產生變化，大致縮減了 20-50% 的總面積，其中轉變最大的部分是做為農田，而土地使用與土地覆蓋成為影響地球生態系統最為關鍵的因素；土地使用與土地覆蓋對於生態系統服務的影響，不僅是對單一生態系統服務造成改變，而是使得整個生態系統的結構產生變化。

相關研究證實土地使用與覆蓋上自然與半自然的生態系統及其功能具有越高的多樣性，可以為人類社會與利益帶來更多的效益與服務，這些生態系統的維持與發展，對於人類的生存與利益也更具貢獻；在眾多以土地使用與土地覆蓋為基礎的生態系統服務評價研究中，Burkhard & Kroll(2010)提出以土地利用與土地覆蓋型態的生態系統服務評估方法，進一步的量化土地利用與土地覆蓋型態對於生態系統服務的關係；Burkhard 等(2012)嘗試運用評估矩陣的方法進行土地使用與土地覆蓋型態對於生態系統服務供需關係的矩陣評估，將 44 種土地利用/土地覆蓋型態與其相對應的 29 種生態系統服務項目進行製圖，並製作出土地使用與土地覆蓋型態對於生態系統服務的關係圖，從圖面上顯現出較高供給能力與相關性的區域，為關係評估矩陣建立了應用範本；Jacobs 等(2015)進一步彙整過去之相關研究，發展出生態系統服務相關能力評估矩陣，並間接實證此矩陣之可驗證性及有效性，目前相關之研究中，土地使用與土地覆蓋型態被運用於評估生態系統服務的基礎上，並成功地應用於多項的評估案例中。

## 第二節 景觀生態學(Landscape ecology)

### 一、景觀生態定義

景觀生態學起源於 19 世紀中葉，地理學家提出「景觀是地球上一個區域的總體」，而後對景觀及生態學之研究隨之增加，1939 年德國地理學家 Carl Troll 將景觀學及生態學概念結合，創造出「景觀生態學」，二次世界大戰後，資源及糧食等環境危機，使許多國家面臨土地的規劃與開發，加上相關遙感及計算技術之精進，推進各地對於景觀生態學的重視。

景觀生態學在歐洲之研究多與政策、土地及景觀規劃管理、保存和恢復等關係緊密，1982 年第六屆景觀生態學國際學術研討會上成立了國際景觀生態學會(International Association for Landscape Ecology, IALE)，也掀起各國研究風潮，1995 年國際景觀生態學大會與會國家多達 35 個，而後歐洲學者著重於景觀生態學之應用研究。20 世紀 80 年代後期，景觀生態學在北美洲逐漸興起，其研究側重於理論與計算、數學模型、遙感及 GIS 等技術，也因此促進理論、方法及實際應用的發展，1981 年，荷蘭景觀生態學會在美國舉辦公祭生態會議，1981 年學者 Forman 開始研究景觀生態學，他認為景觀生態學主要是研究較大尺度上不同生態系統的空間格局和相互關聯，並提出塊區(斑塊)-廊道-基質(patch- corridor- matrix)模式，而後 1983 年於美國召開之景觀生態學研討會，此次會議將景觀生態學的研究內容及方法較系統性歸納，往後之研究也依據美國對自然與環境資源的重視，形成以自然景觀為主，研究景觀生態學的過程、功能及變化，並逐漸形成較完整的學科體系。

景觀生態學主要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，是一門橫跨自然和社會科學的綜合性學科(鄔建國，2003)，以景觀為研究對象，從綜合的觀點研究其結構(景觀空間格局)、功能(生態過程)、內部能量演變過程(景觀過程、景觀動態)及其與人類社會的相互作用，進而探討景觀之妥善利用與管理保護的原理及方法。

景觀生態學主要研究內容可分為三個基本方面包含景觀結構、景觀功能及景觀過程(動態)，以下針對三個方面進行說明(鄔建國，2003)：

#### (一) 景觀結構

景觀結構為景觀組成單元(元素)的類型、特徵、大小、形狀、分布、數量、格局、多樣性及其空間與相互關係，是生態過程綜合作用的結果，生態機制決定景觀相應的特徵，可分為塊區(patch)、廊道(corridor)、基質(matrix)及嵌合體(mosaic)四種單元(詳見圖 3 景觀結構概念圖)，如不同景觀生態系統(或土地使用現況)之面積、形狀及物種豐富度，其空間格局與能量、物質和生物體之空間分布，均屬於景觀結構的特徵。研究應用上通常以景觀指數作為評估量化工具。

#### (二) 景觀功能

景觀功能為景觀結構與生態學過程的相互作用，或景觀結構單元(要素)間的相互作用，這些作用主要顯示在能量、物質和生物有機體在景觀鑲嵌體中的運動過程中。

#### (三) 景觀過程(動態)

景觀過程(動態)為景觀在結構和功能方面隨時間的變化，具體來說，景觀結構單元的組成成分、多樣性、形狀和空間分布的變化，以及由此結構所導致的能量、物質和生物在分布與運動方面都有差異。

景觀的結構、功能和過程(動態)是相互依賴、相互作用的，無論在何種生態學層次(如種群、部落、生態系統或景觀)，結構與功能皆相輔相成，結構在一定程度上決定功能，而結構的形成和發展同時也受到功能的影響。如以森林和溼地生態系統所組成的景觀，在物種組成、生產力及物質循環等方面都會與以草原群落和農田為主體的景觀有顯著的差異。即使是組成景觀的生態系統類型相同，數量也相當，其在空間分布上的差別亦會對能量流動、養分循環、族群動態等景觀功能產生明顯的影響。景觀結構和功能都必然地要隨時間發生變化，而景觀動態反映了多種自然與人為的、生物與非生物的因素及其作用的綜合影響。同時，景觀功能的改變亦可導致其結構的變化(如優勢物種絕滅導致生境結構受到影響，養分循環過程受干擾進一步造成生態系統結構方面的改變)。而最顯而易見的景觀動態比如森林砍伐、農田開墾、過度放牧、城市擴展等，以及由此造成的生物多樣性減少、植被破壞、水土流失、土地沙化和其他生態景觀功能方面的破壞。本研究中的景觀生態空間係指景觀結構空間，亦即不同的組成與配置所影響之空間。

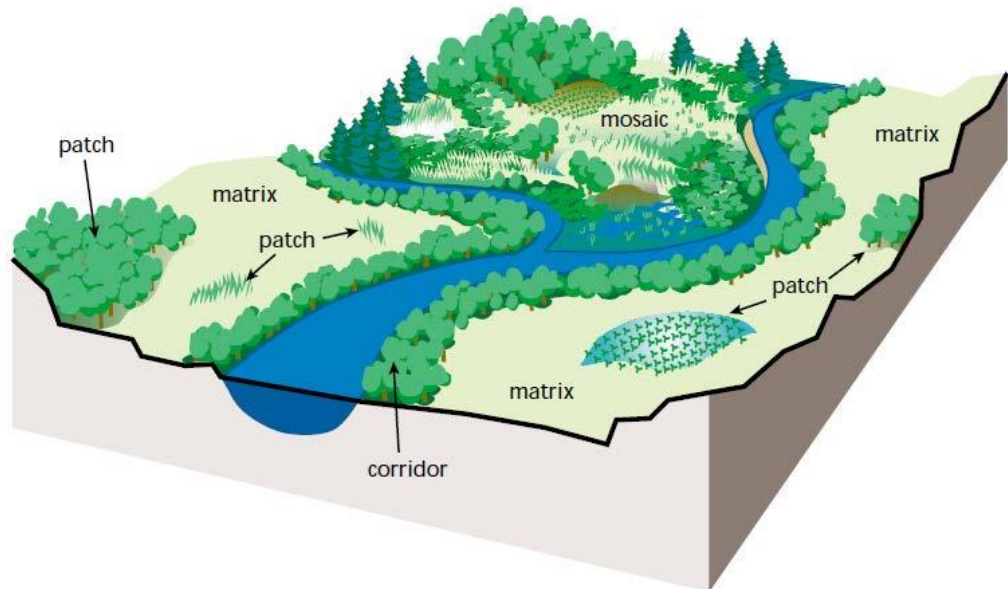


圖 3 景觀結構概念圖(Gökyer, 2013)

## 二、景觀指數(Landscape metrics)

景觀指數可以量測並描述個別嵌塊體、某種類別的鉛塊體，或整個鑲嵌體(即景觀)的空間結構。景觀指數提供有關景觀組成(composition)和配置(configuration)的相關資訊，例如每種土地覆蓋類型所佔的比例，或是景觀元素的面積大小或形狀。景觀指數的主要價值之一在於他們可以用來比較各種不同的景觀配置，像是比較不同的景觀、評估同一個景觀不同時間的變化，或是比較同一個景觀在實施不同替選方案(alternative)之後的結果(Gustafson, 1998)

景觀指數量測景觀結構兩種基本面向：組成與配置。景觀組成(landscape composition)指的是千塊體類型的多樣性和豐度(abundance)，而不考慮它們的空間特性或佈局。組成指數量測嵌塊體類型的個數(即嵌塊體豐富度，patch richness)，各嵌塊體類型占總面積的比例(即類別面積比，patch composition)，和嵌塊體類型的多樣性(例如，夏農和辛普森多樣性指數，Shannon's and

Simpson's diversity indices)。雖然組成指數並非空間明確(spatially explicit)，他們仍然有重要的空間效應(Gustafson, 1998)。景觀配置(landscape configuration)指的是景觀元素的空間特性及佈局(arrangement)、位置與方向。配置指數量測的項目有嵌塊體形狀(patch shape)和緊密度(compactness)，同一類別(class)嵌塊體之間的距離(即最鄰近距離，nearest neighbor distance)，嵌塊體和嵌塊體類型叢聚(clumping)的程度，以及嵌塊體邊緣對比(edge contrast)的程度。景觀組成和配置會各自影響生態過程，也會經由交互作用影響生態過程。因此，了解哪些指數代表景觀格局的哪一部分顯得特別重要(McGarigal et al., 2002)。

景觀依據分析的目標，在空間尺度上大多可以在三個層級(尺度)上分析，分別為嵌塊體或塊區層級(patch level)、類別層級(class level)和景觀層級(landscape level) (鄔建國，2003)；指數類型上可分為面積/密度/邊緣指數、形狀指數、核心區指數、隔離/鄰近指數、對比指數、蔓延/散佈指數、連接度指數、多樣性指數 8 種，其中不是每個層級中皆有相對應的指數，有些指數只有在特定的層級中才會出現，而同樣的指數(嵌塊體面積)在不同層級也會有不同的解釋，亦並非所有指數皆以嵌塊體為基礎(吳振發、林裕彬、張俊彥、張琪如，2011)。景觀指數的數值統計上以 Fragstats4.2 軟體操作，包含各項類型及層級之景觀指數(詳見表 11 各層級對應之景觀指數表)。以下針對三個層級進行詳細說明：

#### (一) 嵌塊體或塊區層級(patch level)

嵌塊體或塊區是指一塊與外部周圍地區不同之區塊，在向量資料中為特定的土地覆蓋類型(土地使用現況類型)。嵌塊體層級指數是將個別嵌塊體的特徵加以量化，例如面積大小、形狀和最鄰近距離等，每個嵌塊體會有一個統計值，而通常嵌塊體層級的功能為計算嵌塊體類別指數或整個景觀鑲嵌體指數的基礎。

#### (二) 類別層級(class level)

類別是指同種嵌塊體(塊區)的組合總和，也就是說，視同一種土地覆蓋類型(土地使用現況類型)的嵌塊體的總和，在向量資料中一個類別是所有同一嵌塊體類型的多邊形的總和。類別層級指數是將整個類別的特性加以量化，例如總面積、平均嵌塊體面積大小、聚集(aggregation)或叢聚(clumping)的程度等，每一個類別會有一個統計值，許多類別層級的指數是由將該類別所有嵌塊體的嵌塊體層級指數進行加總或平均而來；大多數類別層級指數都可以被解讀為破碎化指標，因為這個層級之指數量測的是某一嵌塊體類型的空間配置。

#### (三) 景觀層級(landscape level)

景觀是指在標的範圍內所有嵌塊體的總和，在向量資料中是所有多邊形的總和。景觀層級指數是將整個鑲嵌體的特徵加以量化，例如嵌塊體的多樣性、平均嵌塊體大小及叢聚程度等，每一個景觀會有一個統計值，許多景觀層級的指數是從嵌塊體層級或類別層級的指數進行加總或平均而

來；大多數景觀層級的指數可以用來解釋景觀異質性(landscape heterogeneity)的指標，因為這個層級之指數量測的是景觀整體的格局。

表 11 各層級對應之景觀指數表

指數 類型	嵌塊體或塊區 層級(patch level)	類別層級(class level)	景觀層級(landscape level)
面積(Area)/ 密度 (Density)/邊 緣(Edge) 指數	1. 嵌塊體(塊區) 面積(AREA) 2. 嵌塊體週長 (PERIM) 3. 嵌塊體(塊區) 迴旋半徑 (GYRATE)	1. 塊區類型總面積(CA)	1. 總面積(TA)
		2. 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)	2. 塊區數量(NP)
		3. 塊區數量(NP)	3. 塊區密度(PD)
		4. 塊區密度(PD)	4. 總邊緣長度(TE)
		5. 總邊緣長度(TE)	5. 邊緣密度(ED)
		6. 邊緣密度(ED)	6. 景觀形狀指數(LSI)
		7. 景觀形狀指數(LSI)	7. 塊區面積統計分布指標 (AREA_MN, _AM, _MD, _RA, _S D, _CV)
		8. 標準化景觀形狀指數(nLSI)	8. 迴旋半徑統計分析指標 (GYRATE_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _ CV)
		9. 最大塊區面積指數(LPI)	
		10. 塊區面積統計分布指標 (AREA_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)	
		11. 迴旋半徑統計分析指標 (GYRATE_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)	
形狀 指數(Shape)	1. 周長面積比率 (PARA) 2. 形狀指標 (SHAPE) 3. 分維度指標 (FRAC) 4. 線狀指標 (LINEAR) 5. 相關外接圓指 標(CIRCLE) 6. 鄰近指標 (CONTIG)	1. 周長面積分維數指標(PAFRAC)	1. 周長面積分維數指標(PAFRAC)
		2. 周長面積比例分布 (PARA_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)	2. 周長面積比例分布 (PARA_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)
		3. 形狀指標統計分布 (SHAPE_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _C V)	3. 形狀指標統計分布 (SHAPE_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _C V)
		4. 分維度指標統計分布 (FRAC_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)	4. 分維度指標統計分布 (FRAC_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)
		5. 線狀指標統計分布 (LINEAR_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _C V)	5. 線狀指標統計分布 (LINEAR_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _C V)
		6. 相關外接圓指標統計分布 (CIRCLE_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _C V)	6. 相關外接圓指標統計分布 (CIRCLE_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _C V)
		7. 鄰近指標統計分布 (CONTIG_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _CV)	7. 鄰近指標統計分布 (CONTIG_MN, _AM, _MD, _RA, _SD, _ CV)



指數 類型	嵌塊體或塊區 層級(patch level)	類別層級(class level)	景觀層級(landscape level)
<b>核心區指數 (Core area)</b>	1. 核心面積 (CORE)	1. 總核心面積(TCA)	1. 總核心面積(TCA)
	2. 核心面積數量 (NCA)	2. 核心面積佔整個景觀面積的比例 (CPLAND)	2. 核心面積佔整個景觀面積的比例 (CPLAND)
	3. 核心面積指數 (CAI)	3. 間斷分布的核心面積數量(NDCA)	3. 間斷分布的核心面積數量(NDCA)
	4. 平均深度指數 (ADEPTH)	4. 間斷分布的核心面積密度(DCAD)	4. 間斷分布的核心面積密度(DCAD)
	5. 最大深度指數 (MDEPTH)	5. 核心面積分布 (CORE_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	5. 核心面積分布 (CORE_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
		6. 非連續性核心面積統計分布 (DCORE_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	6. 非連續性核心面積統計分布 (DCORE_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
		7. 核心面積指數統計分析 (CAI_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	7. 核心面積指數統計分析 (CAI_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
<b>隔離/鄰近指數 (Aggregation)</b>	1. 鄰近指標 (PROX)	1. 鄰近指標的統計分布 (PROX_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	1. 鄰近指標的統計分布 (PROX_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
	2. 相似指標 (SIMI)	2. 相似指標的統計分布 (SIMI_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	2. 相似指標的統計分布 (SIMI_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
	3. 幾何最鄰近距離(ENN)	3. 幾何最鄰近距離統計分布 (ENN_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	3. 幾何最鄰近距離統計分布 (ENN_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
	4. 功能最鄰近距離(FNN)	4. 功能最鄰近距離統計分布 (FNN_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	4. 功能最鄰近距離統計分布 (FNN_MN, AM, MD, RA, SD, CV)
<b>對比指數 (Contrast)</b>	1. 邊緣對比度 (ECON)	1. 對比度加權的邊緣密度(CWED)	1. 對比度加權的邊緣密度(CWED)
		2. 總邊緣對比度(TECI)	2. 總邊緣對比度(TECI)
		3. 邊緣對比度指標統計分析 (ECON_MN, AM, MD, RA, SD, CV)	3. 邊緣對比度指標統計分析 (ECON_MN, AM, MD, RA, SD, CV)

指數 類型	嵌塊體或塊區 層級(patch level)	類別層級(class level)	景觀層級(landscape level)
蔓延/散佈指 數 (Aggre- gation)	無	1. 相似鄰接比例度(PLADJ) 2. 叢聚指數(CLUMPY) 3. 聚合度(AI) 4. 散布與並列指數(IJI) 5. 多分維數(MFRAC) 6. 景觀分離度(DIVISION) 7. 分散指數(SPLIT) 8. 有效網格大小(MESH)	1. 相似鄰接比例(PLADJ) 2. 蔓延度(CONTAG) 3. 聚合度(AI) 4. 散布與並列指數(IJI) 5. 多分維數(MFRAC) 6. 景觀分離度(DIVISION) 7. 分散指數(SPLIT) 8. 有效網格大小(MESH)
連接度指數	無	1. 塊區內聚力指數(COHESION) 2. 連接度指數(CONNECT) 3. 貫通度指數(TRVERSE)	1. 塊區內聚力指數(COHESION) 2. 連接度指數(CONNECT) 3. 貫通度指數(TRVERSE)
多樣性指數 (Diversity)	無	無	1. 塊區豐富度(PR) 2. 塊區豐富度密度(PRD) 3. 相對塊區豐富度(PRP) 4. Shannon's 多樣性指數(SHDI) 5. Simpson's 多樣性指數(SIDI) 6. 修正 Simpson's 多樣性指數(MSIDI) 7. Shannon's 均勻度指數(SHEI) 8. Simpson's 均勻度指數(SIEI) 9. 修正 Simpson's 均勻度指數(MSIEI)

註：指數名稱後加上「Distribution」、縮寫後加上「\_」者，為該指數可同時計算平均值(\_MN)、面積加權平均值(\_AM)、中位數(\_MD)、全距(\_RA)、標準差(\_SD)、變異係數(\_CV)等統計值。在 FRAGSTATS for ArcView 及 Patch Analyst 軟體中，有時會將這 6 種組合分成不同的指數。

(本研究彙整自 FRAGSTATS4.2 METRICS)

依據過去相關研究文獻(鐘林生等，2002；楊曉豔等，2005；魯韋坤、楊樹華，2006；張曉峰、周偉，2007；林孟龍等，2008；游麗平等，2008；張林豔等，2008；林亞昫，2008；何鵬、張會儒，2009；楊家良，2009；高豔等，2010；劉宇等，2011；閔苗苗等，2015)進行景觀指數使用次數統計，並配合本研究之目，採用類別層級(class level)與景觀層級(landscape level)之指數，類別層級(class level)包含塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)、塊區數量(NP)、塊區密度(PD)、邊緣密度(ED)、景觀形狀指數(LSI)、最大塊區面積指數(LPI)、分維數(FRAC)、聚合度(AI)、分散指數(SPLIT)，共 9 項；景觀層級



(landscape level) 包含蔓延度(CONTAG)、Shannon's 多樣性指數(SHDI)、Shannon's 均勻度指數(SHEI)，共 3 項，總計 12 項景觀指數。

### 三、景觀指數的應用

景觀生態學研究之景觀結構主要係指景觀單元(元素)之組成與配置，單元(元素)可分為塊區(patch)、廊道(corridor)、基質(matrix)及嵌合體(mosaic)四種單元(詳見圖 3 景觀結構概念圖)，景觀指數則是在測量景觀單元(元素)的組成(composition)與空間配置(configuration)，用來表現各景觀單元(元素)的特徵，因此，景觀指數可以用來描述各種的景觀單元(元素)於空間格局之特性，這些空間格局特性可能會影響各種生態過程，而生態過程亦會影響空間格局(吳振發等，2011)。

過去之研究中，景觀指數被應用在許多面向，在區分景觀生態空間與景觀格局分析上，魯韋坤及楊樹華(2006)將其運用在流域格局的分析當中，計算景觀塊區數量、類型、周長面積分維數、破碎度、蔓延度、聚集度及優勢度等，分析結果顯示在規劃治理上除了需要注意景觀的數量外，也要注意景觀的質量，由於過多人為開發已造成流域周邊景觀格局的不良變化，因此需改變以家庭為單元的生產方式，以利於形成規模化的經濟效益；張林豔、夏既勝及葉萬輝(2008)也針對面積比、蔓延度、相對斑塊面積、分維數及塊區類型分析常用景觀指數，並指書景觀指數可以高度濃縮景觀格局資訊，反映景觀結構組成和空間配置的資訊。

在規劃案或開發案的檢驗與分析上，鐘林生等(2002)運用景觀指數進行森林公園總體規劃方案的合理性，選取包含斑塊類型面積、斑塊數量、平均斑塊分維數、景觀斑塊數破碎化指數、景觀形狀及破碎化指數，分析結果顯示規劃改善了公園的景觀空間結構，提高景觀系統的穩定性和風景品質，但其只反映了景觀格局的狀況與部分生態過程，因此只能作為輔助手段，若要全面評價須結合其他方法；張曉峰及周偉(2007)分析公路規劃對於生態系統的影響，應用疊圖法進行規劃分析，其中在景觀格局分析上採用景觀多樣性指數、景觀優勢度、景觀破碎度及分維數等景觀指數進行分析計算，由公路規劃前後之景觀指數變化，分析公路規劃對各種景觀類型的影響，提出對當地生態環境保護的規劃參考建議。

在土地格局變化分析上，楊曉豔等(2005)認為定量預測規劃實施後區域景觀格局的變化是土地開發規劃環境影響評價的主要內容，其利用類別及景觀尺度共八項景觀指數分析土地開發規劃前後土地格局的變化，類別尺度之指數顯示土地開發改變了原有個景觀塊區的形狀、大小及數目，縮小了塊區間的離散及破碎化程度，景觀尺度之指數顯示，景觀異質程度下降，景觀塊區有向單一化和非均衡化發展的趨勢，整體來說土地開發規劃對區域景觀格局的影響主要表現在根據規劃設置的土地開發實施後對區域景觀的影響，而景觀指數分析方法則較簡化及全面的表達規劃實施前後土地格局的變化。

在景觀指數之尺度(粒度)效應探討上，游麗平、林廣發、楊陳照、林巧鶯及楊麗萍(2008)探討景觀指數尺度效應對格局變化的影響，並進行土地利用類型及土地格局變化預測，研究結果顯示，由於景觀指數具有一定的尺度依賴性，對粒度變化敏感，因此在利用景觀指數進行土地利用類型及格局變化分析時需考慮尺度效應；高豔、畢如田及曹毅(2010)選取景觀尺度中六項景觀指數，探討空間粒度及土地利用類型對景觀指數的影響，結果顯示景觀指數具有粒度效應，且不同尺度下土地利用類型對景觀指數的影響也不完全相同。

在生態綠網配置方案分析上，楊家良(2009)以景觀指數分析鄉村地區之生態綠網配置，並以研究結果分析鄉村景觀破碎化程度，提出較可行的生態綠網配置方案，認為在研究基地上以河川廊道設置及道路緩衝帶與河川廊道的相互連結這兩個方式為最能提高整體連接度。

在景觀指數應用的侷限性探討上，林孟龍等(2008)利用景觀指數與航空照片結合分析溼地及周邊景觀格局，利用多樣性、優勢度、均勻度、斑塊數破碎度及分維數等景觀指數進行分析計算，結果顯示景觀指數在描述景觀空間單元的幾何特性(地表覆蓋特性)是適宜的，但還需要以其他方法輔助了解景觀整體的特性及其內部環境的關係，也就是在利用景觀指數進行景觀格局分析時需考量結果可能具有的侷限性；劉宇、呂一河及傅伯傑(2011)認為景觀格局分析的最終目的是在不同尺度上將空間格局與生態過程聯繫起來，其中景觀指數便是景觀格局分析的有力工具，然而其應用如同土壤侵蝕研究，多為描述某種空間分佈，或僅基於圖形的幾何形狀、空間拓撲而未考慮任何生態過程，且多個景觀指數對於同一個過程變數亦缺乏一致性，表示景觀指數應用有其侷限性。

基於上述研究，大多以土地使用現況為基礎資料進行景觀指數之計算與分析，景觀指數透過地表覆蓋特性或圖形的幾何形狀、空間拓撲描述某種空間分佈是方便、快速的工具(劉宇等，2011)，透過土地使用現況亦可高度濃縮景觀格局資訊、反映景觀結構組成和空間配置某方面的特徵(張林豔、夏既勝、葉萬輝，2008)，但採用時需瞭解景觀指數本身所具有的侷限性，該侷限性主要在於只能取得景觀單元的空間幾何特性，不易表達景觀結構具有的整體性與景觀空間單元間的功能關係，即無法描述存在於生物與環境之間的相互關係(林孟龍等，2008)，因此要對規劃方案全面評價，應該結合其他方法(鐘林生等，2002)。

本研究考量景觀指數之侷限性，其僅反映景觀格局的狀況與部分生態過程(鐘林生等，2002)，以致忽略景觀生態中的大部分的過程及功能。因此，在景觀生態空間的分析上為摒除傳統景觀指數方法之缺失，本研究加入生態系統服務及其功能分區的觀點，以土地使用現況為基礎計算景觀指數，將其與生態系統服務及其功能分區共同討論分析，最後整合出具生態系統服務的景觀功能分區及景觀生態空間分區中景觀指數反應的空間格局及景觀結構特徵。

### 第三章 研究設計

#### 第一節 研究流程

本研究由生態系統服務及景觀生態兩個面向探討景觀生態空間分區，本研究之流程(詳見圖 4 研究流程圖)優先建置土地使用現況資料庫，以土地使用現況做為兩個面向的分析基礎，第一部分為生態系統服務相關能力評估，利用土地使用現況評估生態系統所提供之服務功能，進行相關能力分級並製作生態系統服務相關能力分級圖表，生態系統服務項目包含支持服務(Supporting services)、調節服務(Regulating services)、供給服務(Provisioning services)及文化服務(Cultural services)；第二部分為生態系統服務功能分區指認，利用土地使用現況作為基礎對應各個不同的生態系統服務項目進行功能分區之指認，並依其功能分區製作生態系統服務功能分區圖表，生態系統服務指認之功能分區包含服務供給區(SPA)、服務受益區(SBA)及服務連接區(SCA)；第三部分為景觀生態空間評估，利用土地使用現況資料及景觀指數進行景觀生態空間評估，並依其結果製作景觀生態空間評估圖表；最後結合第一、二、三部分之結果，製作整合生態系統服務及景觀生態空間分區的比對表格，綜合討論生態系統服務及景觀生態之空間分區。

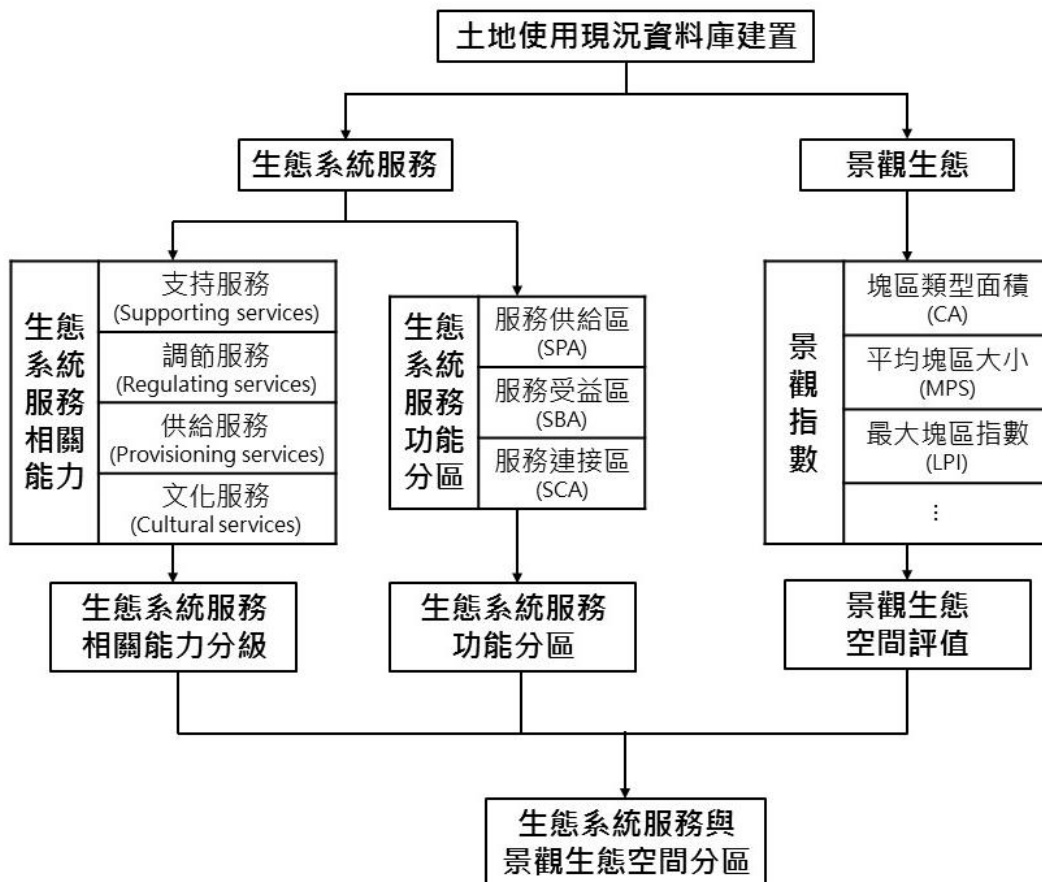


圖 4 研究流程圖

## 第二節 土地使用現況資料庫建置

本研究以土地使用現況為基礎資料，評估生態系統服務相關能力、指認生態系統服務功能分區及評值景觀生態空間。本研究建置之土地使用現況資料庫選定國土測繪中心土地使用現況分類第三級(104年修訂)，包括水稻田、旱作、雜作地、常綠果樹、水產養殖、畜禽舍、牧場、針葉林、闊葉林、竹林、竹針闊葉混淆林、灌木林、苗圃、一般道路、河川、堤防、溝渠、水庫、湖泊、蓄水池、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產、公園綠地廣場、溼地、草生地、灘地，共計 27 類，各類土地使用現況分類說明詳見表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表。

表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表

編號	土地使用現況分類	土地使用現況分類說明
010101	水稻田	係指從事水稻栽培之地
010102	旱作	係指從事雜糧作物、特用作物(茶葉除外)及園藝作物栽培之土地。雜糧作物包括陸稻、小麥、黑麥、蕎麥、紅豆、大豆、玉米、粟(小米)、大麥、甘藷、花豆、綠豆、薏仁、落花生、蜀黍(高粱)；特用作物包括係指從事纖維料、油料、糖料(甘蔗)、嗜好料、香料、藥料及工業原料等特用作物栽培之土地。包括棕櫚、苧麻、亞麻、向日葵、油菜籽、葛鬱金(粉薯)、甜菜、菸草、胡椒、花椒、香茅草、芥末籽、杭菊、除蟲菊、枸杞、黃耆、麥門冬、桑樹、棉花、瓊麻、黃麻、洋麻(鐘麻)、芝麻、蓖麻籽、樹薯、甜菊、咖啡、可哥豆、蛇麻、茴香、仙草、洛神葵、薄荷、魚藤、當歸、山藥、柴胡、牧草、綠肥作物；園藝作物包括蔬菜及花卉(包括盆花植物、觀葉植物、切花植物)
010103	常綠果樹	常綠果樹終年葉片生長於植株上，外觀終年保持綠色，故稱之。主要種類有香蕉、鳳梨、荔枝、龍眼、蓮霧、芒果、木瓜、椰子、楊桃等(檳榔除外)
010104	雜作地	係指混合旱作及果樹等任兩者以上使用且不易區隔其範圍之土地
010200	水產養殖	係指水產養殖所使用之土地
010301	畜禽舍	係指飼育家畜、家禽所使用之土地
010302	牧場	係指放牧家畜、家禽之土地
020101	針葉林	係指針葉樹，其比例至少占 75%
020102	闊葉林	係指闊葉樹，其比例至少占 75%
020103	竹林	係指各類竹林，其比例至少占 75%
020104	竹針闊葉混淆林	二種以上類別(林型)竹林及針闊葉樹種構成之混合林
020302	苗圃	培育林木之園區及附帶道路、建物等相關設施之總括
030303	一般道路	3 米以上，係指國道、省道、快速公路以外之道路，包括縣道、鄉道、市區道路和其他道路(堤防兩側道路視為水利用地，不屬於此類)
040101	河川	係指江、河川、溪等水流經過之地域
040104	堤防	包括河堤、海堤及離岸堤(含設計之消波塊)
040200	溝渠	包括灌溉、排水、給水及相關設施，其寬度 3 米以上者
040302	湖泊	係指該水域在當地天然形成或人工開挖之湖、泊
040303	蓄水池	包括池、埤、溜、潭等；如專供養殖使用者，應歸屬於「010400 水產養殖」類
040400	灘地	沙灘、海灘、潮間帶等土地
040503	水庫	係指建立堰壩所形成之水域及其相關設施
050301	兼工業使用住宅	係指一樓供工業使用，其餘供住宅使用樓層比例超過 50%
050401	宗教	包括供寺廟、教(會)堂和其他宗教建築使用，但不包含「070101 法定文化資產項目」之土地
070101	法定文化資產	係指具歷史、文化、藝術、科學等價值並經指定或登錄之古蹟、歷史建築、聚落、遺址、文化景觀、自然地景等土地

編號	土地使用現況分類	土地使用現況分類說明
070201	公園綠地廣場	係指非營利性且供一般民眾休憩之土地，包括公園、綠地、廣場、花園及相關園藝設施
090200	溼地	溼地、沼澤和紅樹林
090300	草生地	從未栽植農作物及林木之草生荒地
090500	灌木林	係指高度未達5公尺之低矮灌木

本研究建置之土地使用現況資料庫以台中市為研究範圍(詳見圖 5 研究範圍圖)，包括中區、東區、西區、南區、北區、西屯區、南屯區、北屯區、豐原區、大里區、太平區、清水區、沙鹿區、大甲區、東勢區、梧棲區、烏日區、神岡區、大肚區、大雅區、后里區、霧峰區、潭子區、龍井區、外埔區、和平區、石岡區、大安區、新社區共二十九個行政區域，其位處台灣中部，地形包含丘陵、盆地、台地、平原等十分多樣，平地與山地約各佔一半。水文部分自北而南為大安溪、大甲溪、烏溪三大水系。總面積約 2,215 平方公里，人口約 277 萬人，為台灣僅次於台北都會區與高雄並列臺灣第二大都會區。台中市土地使現況如圖 6 研究範圍土地使現況圖所示，本研究以東經 120 度 40 分 50 秒及北緯 24 度 11 分 50 秒之交界作為範例(詳見圖 7 土地使現況範例圖)，圖面顯示該區域之土地使用現況包括針葉林、竹林、竹針闊葉混淆林、溝渠及灌木林。

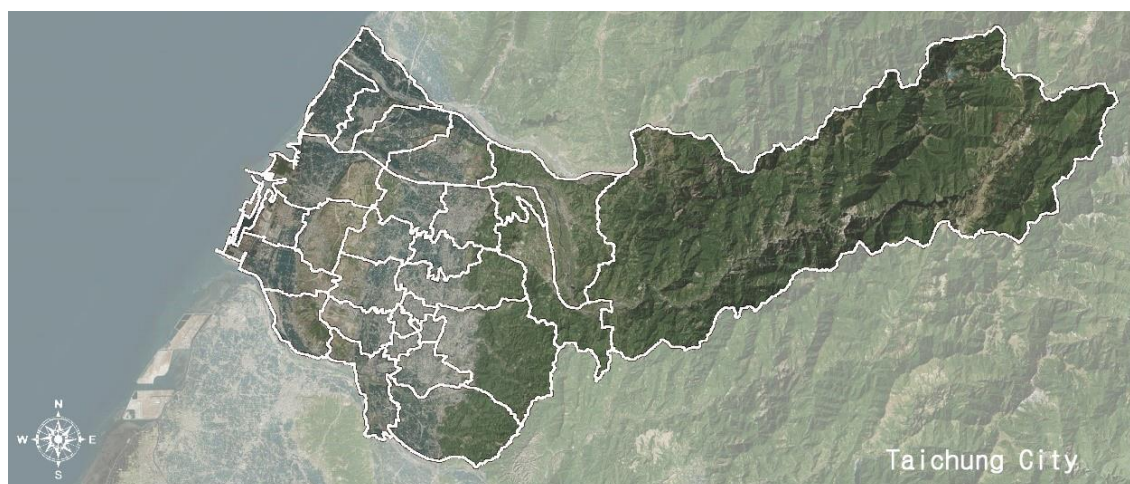


圖 5 研究範圍圖



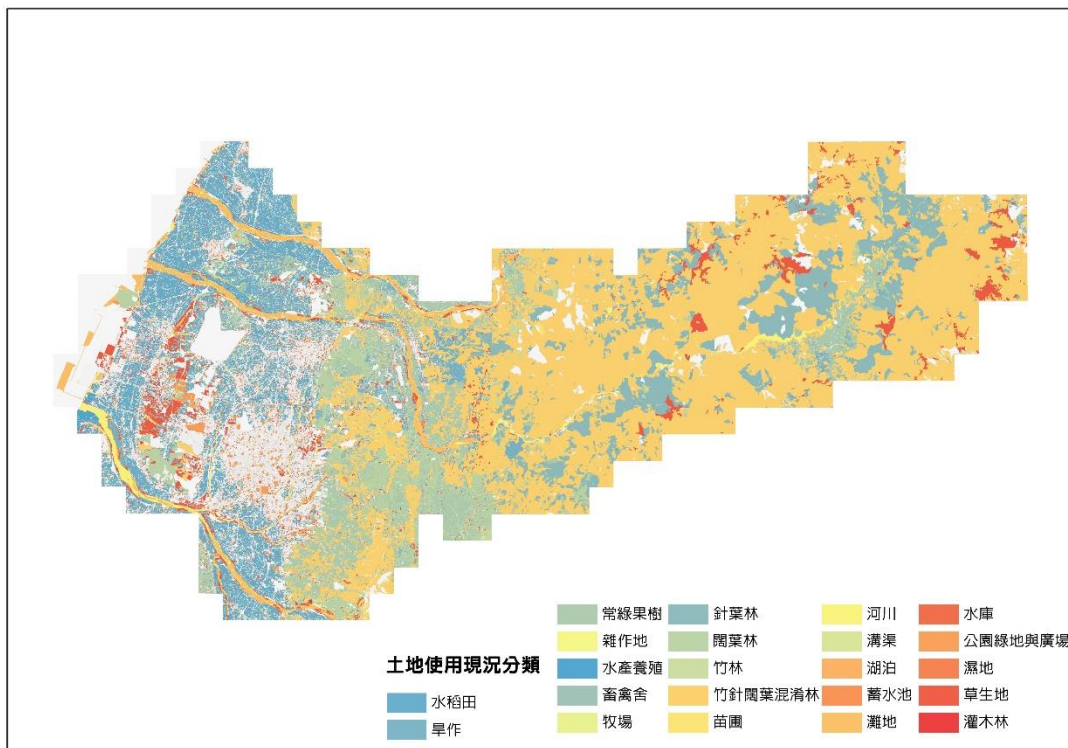


圖 6 研究範圍土地使現況圖

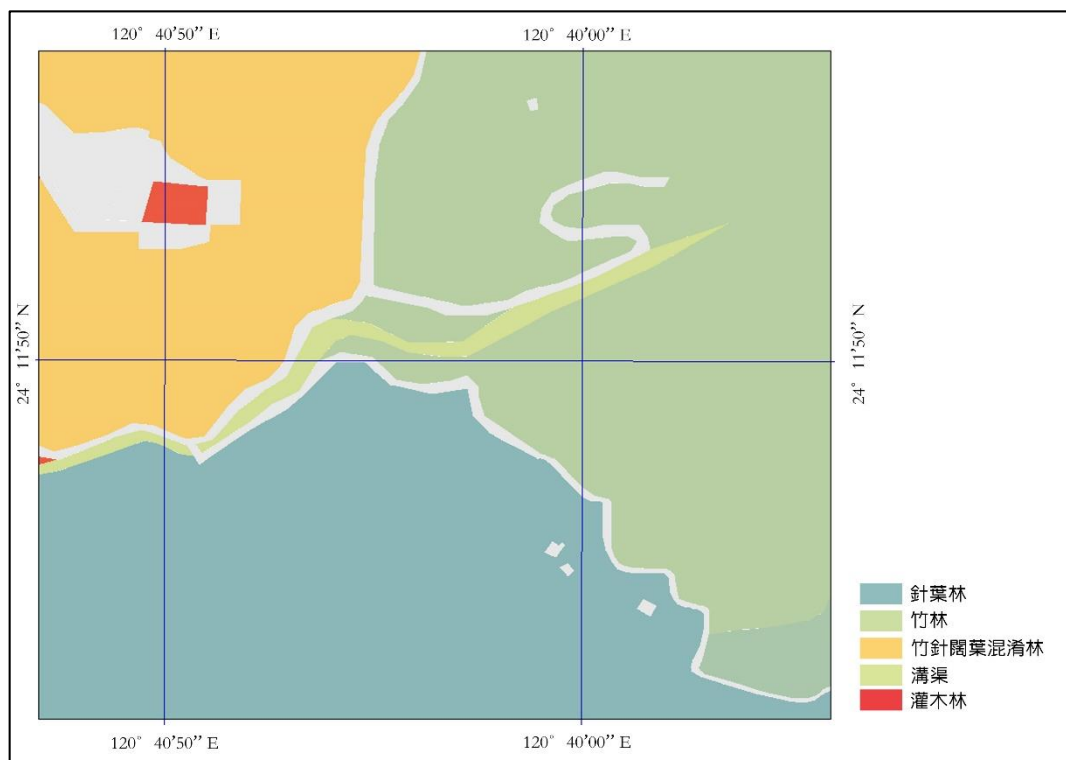


圖 7 土地使現況範例圖

### 第三節 生態系統服務相關能力評估

生態系統服務相關能力評估流程如圖 8 生態系統服務相關能力評估流程圖所示，透過文獻分析，運用 Burkhard (2012)與 Jacobs 等(2015)所提出的土地覆蓋/使用現況與生態系統服務的評估矩陣，整合土地使用現況類型與生態系統服務的分類項目，選定國土測繪中心之 27 類土地使用現況類型及生態系統服務 28 項分類項目作為評估矩陣之因子，經由 12 位專家學者問卷進行相關能力評估，再彙整評估問卷數值進行計算，製作台中市生態系統服務之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務共八項相關能力圖表。

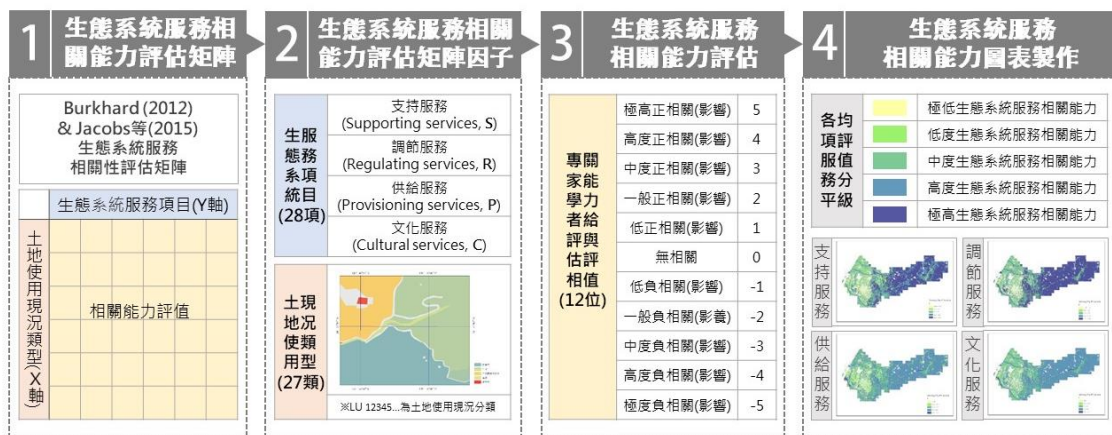


圖 8 生態系統服務相關能力評估流程圖

#### 一、生態系統服務相關能力評估矩陣

本研究透過文獻回顧，採用 Burkhard (2012)與 Jacobs 等(2015)所提出的土地覆蓋/使用現況與生態系統服務的評估矩陣，此評估矩陣為生態系統服務相關能力評估案例中的應用範本，受到相關研究的廣泛使用，相關研究多根據土地利用型態/土地覆蓋型態/土地使用現況及生態系統服務項目進行相關能力評估，評估方式則多以專家問卷形式，最後彙整其相關性並說明各類土地利用型態/土地覆蓋型態/土地使用現況與生態系統服務項目之關聯程度，並進行進一步探討其所能提供的服務能力及可能發生的相互作用。

#### 二、生態系統服務相關能力評估矩陣因子

##### (一) 生態系統服務項目

本研究將生態系統服務項目作為生態系統服務相關能力評估矩陣因子，將其項目作為矩陣之 Y 軸項目，與 X 軸之土地使用現況進行相關能力評估。生態系統服務項目分類參考國際通用生態系服務分級(CICES, 2013)、生態系統暨生物多樣性經濟倡議(TEEB, 2012)與千禧年生態系統服務評估(MA, 2005)進行篩選，並依照千禧年生態系統服務評估所提出的四大生態系統服務項目作為主要類型，包括支持服務(supporting services)、

供給服務(provisioning services)、調節服務(regulating services)及文化服務(cultural services)為主，其中支持服務之項目包含環境異質性、生物多樣性、水循環、代謝效率、太陽輻射能的獲取、減少養分損失及土壤有機質的貯存等共 7 項評估項目，調節服務之項目包含區域氣候的調節、全球氣候的調節、洪水防範、地下水源的補給、空氣品質的調節、侵蝕調節、營養調節及水質淨化等共 8 項評估項目，供給服務之項目包含農作物供給、牲畜供給、飼料供給、水產供給、水產養殖、野生食物、木材供給、燃料(薪柴)供給、能量(生物能量)及淡水供給共 10 項評估項目，文化服務之項目包含休閒遊憩服務、美學價值及生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙等)共 3 項評估項目，總計 28 項生態系統服務項目進行矩陣的制定與評估，各項生態系統服務項目與說明詳見表 13 生態系統服務 28 項評估項目與說明表。

表 13 生態系統服務 28 項評估項目與說明表

類別	編號	項目	說明
支持服務 (Supporting services)	S1	環境異質性 (非生物異質性)	合適的棲息地提供不同的物種生存，棲地的種類和過程對生態系統的運作至關重要
	S2	生物多樣性	區域內物種、族群等所組成，提供生態系統豐度與歧異度
	S3	水循環	生物間對水循環的影響
	S4	代謝效率	轉換與維持特定區域內生物所需的能量
	S5	太陽輻射能的獲取	吸收的太陽輻射能量，所能轉化成的效益，如植物的光合作用、熱能轉換等
	S6	減少養分損失	減少養分從生態系統的不可逆輸出
	S7	土壤有機質的貯存	生態系統的養分、能量與水的貯存，在適當的時機得以釋放與使用
調節服務 (Regulating services)	R1	區域氣候的調節	土地覆蓋的變化對區域的風、溫度、降水與輻射造成影響與調節
	R2	全球氣候的調節	關係到溫室氣體的排放與調節全球氣候的影響
	R3	洪水防範	透過自然調節與抑制洪水的發生與災害
	R4	地下水源的補給	土地覆蓋的型態影響降水的停留時間與入滲的調節
	R5	空氣品質的調節	生態系統對於大氣中有毒物質的調節能力
	R6	侵蝕調節	植被覆蓋對於調節土壤侵蝕的能力
	R7	營養調節	生態系統對於營養物質(氮、磷等)的調節
	R8	水質淨化	生態系統對於水質淨化的調解功能
供給服務 (Provisioning services)	P1	農作物供給	可供給人類食用的植物種植
	P2	牲畜供給	可供給人類食用的動物養殖
	P3	飼料供給	可供給人類於養養牲畜
	P4	水產供給	可供給人類對於魚、蝦、蟹類的物種
	P5	水產養殖	可供給人類進行魚、蝦、蟹類與蚌殼的養殖
	P6	野生食物	可供給野莓、野菜等不經耕種而獲取之食物
	P7	木材供給	可供給人類對於建築的建造與生活使用
	P8	燃料(薪柴)供給	可供給人類於燃燒使用
	P9	能量(生物能量)	可供給並用於作為能量來源的植物
	P10	淡水供給	可供給人類淡水
文化服務 (Cultural services)	C1	休閒遊憩服務	透過生態系統而達到休閒遊憩的效用，如進行農村體驗與自然觀光等
	C2	美學價值	生態系統所提供的美學價值，如夕陽、日出、海潮等



類別	編號	項目	說明
	C3	生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙)	生態系統所能提供的轉化語彙，如原住民的圖騰、生活文化等

(本研究彙整自 CICES, 2013 ; TEEB, 2012 ; MA, 2005)

## (二) 土地使用現況類型

本研究將土地使用現況作為生態系統服務相關能力評估矩陣因子，將土地使用現況類型作為矩陣之 X 軸項目，與 Y 軸之生態系統服務項目進行相關能力評估。土地使用現況類型選定國土測繪中心第三級之土地使用現況分類(104 年修訂)，包括水稻田、旱作、雜作地、常綠果樹、水產養殖、畜禽舍、牧場、針葉林、闊葉林、竹林、竹針闊葉混交林、灌木林、苗圃、一般道路、河川、堤防、溝渠、水庫、湖泊、蓄水池、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產、公園綠地廣場、溼地、草地、灘地，共計 27 類(詳見表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表)。

## 三、生態系統服務相關能力評估

生態系統服務相關能力之評估是透過專家問卷的方式進行調查，專家背景涵蓋多領域，包括景觀、生態、社會學、物理、農業、生命科學、水利工程及環境工程等共 12 位，並於評估前以口頭及文字說明各類土地使用類型及各項生態系統服務項目定義(詳見表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表、表 13 生態系統服務 28 項評估項目與說明表)，確認專家學者皆清楚各項評估因子(項目)後係進行生態系統服務相關能力評估。

生態系統服務相關能力評估問卷將生態系統服務相關能力分為極度負相關(-5)、高度負相關(-4)、中度負相關(-3)、一般負相關(-2)、低負相關(-1)、無相關(0)、低正相關(1)、一般正相關(2)、中度正相關(3)、高度正相關(4)、極高正相關(5)共九級(詳附件一生態系統服務相關能力評估問卷)，專家學者依據其專業知識及評估因子之理解，評估各項土地使用現況(X 軸)與生態系統服務項目(Y 軸)之相關能力，依據其所認定之相關程度給予相關能力評值(-5~5)。

## 四、生態系統服務相關能力圖表製作

生態系統服務相關能力表製作為專家問卷調查後，運用 Excel 軟體彙整生態系統服務相關能力評估問卷，計算 12 位專家學者給予各項土地使用類型的生態系統服務相關能力評值之平均(也就是計算 12 份評估矩陣中每一格的平均值)，以文化服務相關能力作為舉例說明，將土地使用現況類型作為基礎，加總三項文化服務項目，並將此加總數值作為此類型土地使用現況之文化服務相關能力評值(如休閒遊憩服務平均評值為 1、美學價值平均評值為 2、生物多樣性的文化價值平均評值為 1，則加總值 3 代表文化服務相關能力評值)，製作台中市生態系統服務之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務共四項相關能力評估表。

生態系統服務相關能力圖製作是將各項土地使用類型之生態系統服務相關能力加總評值等分為五級(以文化服務為例，就是將 27 類土地使用包含水稻田、和作、常綠果樹等之文化服務相關能力加總值等分為五個等級)，分別為極高相關、高度相關、中度相關、低度相關及極低相關五個等級，運用 GIS 軟體根據土地使用現況類型區分生態系統服務相關能力之級別(對應土地使用現況類型繪製五級/種不同顏色)，並給予各級別相異之圖例，製作台中市生態系統服務之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務共四項相關能力圖。

#### 第四節 生態系統服務功能分區指認

生態系統服務功能分區指認流程如圖 9 生態系統服務功能分區指認流程圖所示，整合土地使用現況類型與生態系統服務的分類項目，運用 Syrbe & Walz (2012) 及 Fisher 等(2009)所提出之生態系統服務功能分區評估矩陣，選定國土測繪中心之 27 類土地使用現況類型及生態系統服務 28 項分類項目作為評估矩陣之因子，經由文獻回顧指認各類土地使用現況類型之生態系統服務功能分區，包含服務供給區 (SPA)、服務受益區(SBA)及服務連接區(SCA)，再統計各類土地使用現況類型之生態系統服務功能分區的指認頻率，製作台中市生態系統服務之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務共八項功能分區圖表。

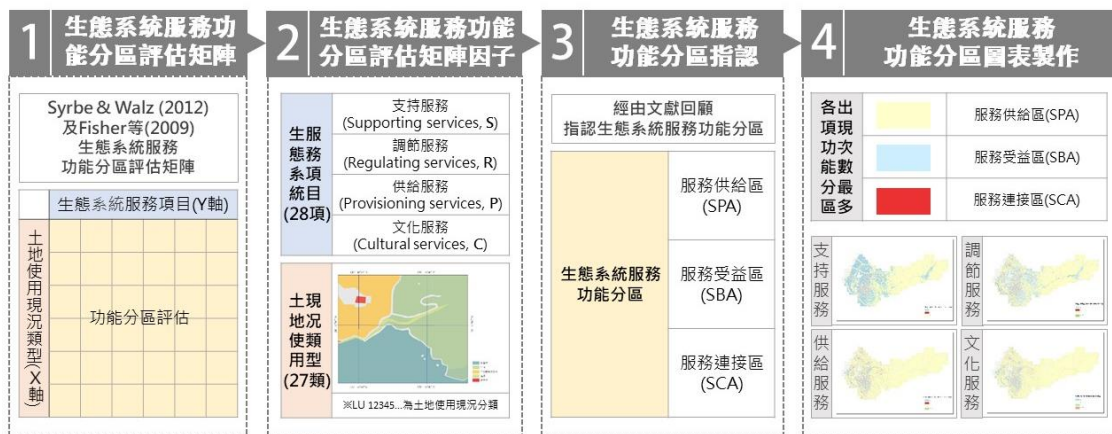


圖 9 生態系統服務功能分區指認流程圖

##### 一、生態系統服務功能分區評估矩陣

本研究透過文獻回顧，採用 Syrbe & Walz (2012)及 Fisher 等(2009)所提出之生態系統服務功能分區評估矩陣為基礎，此評估矩陣被應用在多項生態系統服務功能分區評估案例中，相關研究多根據土地利用型態/土地覆蓋型態/土地使用現況及生態系統服務項目進行功能分區指認，再經由功能分區指認結果說明各類土地利用型態/土地覆蓋型態/土地使用現況所屬之功能地位及所具備之特性。

##### 二、生態系統服務功能分區評估矩陣因子

###### (一) 生態系統服務項目

本研究將生態系統服務項目作為生態系統服務功能分區評估矩陣因子，將其項目作為矩陣之 Y 軸項目，與 X 軸之土地使用現況進行功能分區指認。生態系統服務項目分類參考國際通用生態系服務分級(CICES, 2013)、生態系統暨生物多樣性經濟倡議(TEEB, 2012)與千禧年生態系統服務評估(MA, 2005)進行篩選，並依照千禧年生態系統服務評估所提出的四大生態系統服務項目作為主要類型，包括支持服務(supporting services)、

供給服務(provisioning services)、調節服務(regulating services)及文化服務(cultural services)為主，其中支持服務之項目包含環境異質性、生物多樣性、水循環、代謝效率、太陽輻射能的獲取、減少養分損失及土壤有機質的貯存等共 7 項評估項目，調節服務之項目包含區域氣候的調節、全球氣候的調節、洪水防範、地下水源的補給、空氣品質的調節、侵蝕調節、營養調節及水質淨化等共 8 項評估項目，供給服務之項目包含農作物供給、牲畜供給、飼料供給、水產供給、水產養殖、野生食物、木材供給、燃料(薪柴)供給、能量(生物能量)及淡水供給共 10 項評估項目，文化服務之項目包含休閒遊憩服務、美學價值及生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙等)共 3 項評估項目，總計 28 項生態系統服務項目進行矩陣的制定與評估，各項生態系統服務項目與說明詳見表 13 生態系統服務 28 項評估項目與說明表。

## (二) 土地使用現況類型

本研究將土地使用現況作為生態系統服務功能分區評估矩陣因子，將土地使用現況類型作為矩陣之 X 軸項目，與 Y 軸之生態系統服務項目進行功能分區指認。土地使用現況類型選定國土測繪中心第三級之土地使用現況分類(104 年修訂)，包括水稻田、旱作、雜作地、常綠果樹、水產養殖、畜禽舍、牧場、針葉林、闊葉林、竹林、竹針闊葉混淆林、灌木林、苗圃、一般道路、河川、堤防、溝渠、水庫、湖泊、蓄水池、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產、公園綠地廣場、溼地、草生地、灘地，共計 27 類(詳見表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表)。

## 三、生態系統服務功能分區指認

生態系統服務功能分區之指認是透過文獻回顧進行判定，由研究者依據相關文獻對 28 項生態系統服務項目(詳見表 13 生態系統服務 28 項評估項目與說明表)及三類功能分區之定義及說明進行判別(詳見第二章文獻回顧第一節第二項生態系統服務功能分區)，其中功能分區之指認，採用 Fisher 等(2009)所提出之生態系統服務三大功能分區包括服務供給區(SPA)、服務受益區(SBA)及服務連接區(SCA)，以各類土地使用現況類行為基礎，判別其對應之生態系統服務項目所屬的功能分區定位。

## 四、生態系統服務功能分區圖表製作

生態系統服務功能分區表製作為指認各類生態系統服務對應之生態系統服務功能分區後，運用 Excel 軟體統計各類土地使用現況類型之各項生態系統服務功能分區的指認頻率，以指認頻率最高意即被指認次數最多之功能分區代表此類型土地使用所屬的功能分區，以文化服務之旱作類型為例，旱作類型在文化服務項目中的休閒遊憩服務指認為服務供給區、美學價值指認為服務供給區、生物多樣性的文化價值指認為服務連接區，則在文化服務功能分區中旱作

類型則指認屬於服務供給區，同類型土地使用現況可能同時屬於兩項或以上之生態系統服務功能分區，再分別依支持、調節、供給及文化服務四類進行彙整統計，製作台中市生態系統服務之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務共四項功能分區表。

生態系統服務功能分區圖製作是運用 GIS 軟體根據各類土地使用現況類型區分四類服務(支持、調節、供給及文化)所屬之功能分區，並給予各項功能分區相異之圖例，製作台中市生態系統服務之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務共四項功能分區圖，其中同類型土地使用現況可能同時屬於兩項或以上之生態系統服務功能分區。

## 第五節 景觀生態空間評值

景觀生態空間評值流程如圖 10 景觀生態空間評值流程圖所示，整合土地使用現況類型與景觀指數，運用配對比較法之評估矩陣，選定國土測繪中心之 27 類土地使用現況類型作為評估矩陣之因子，分別評估 12 項景觀指數再進行權重彙整，將其結果疊合並分級，製作台中市景觀生態空間評值分級共兩項圖表。

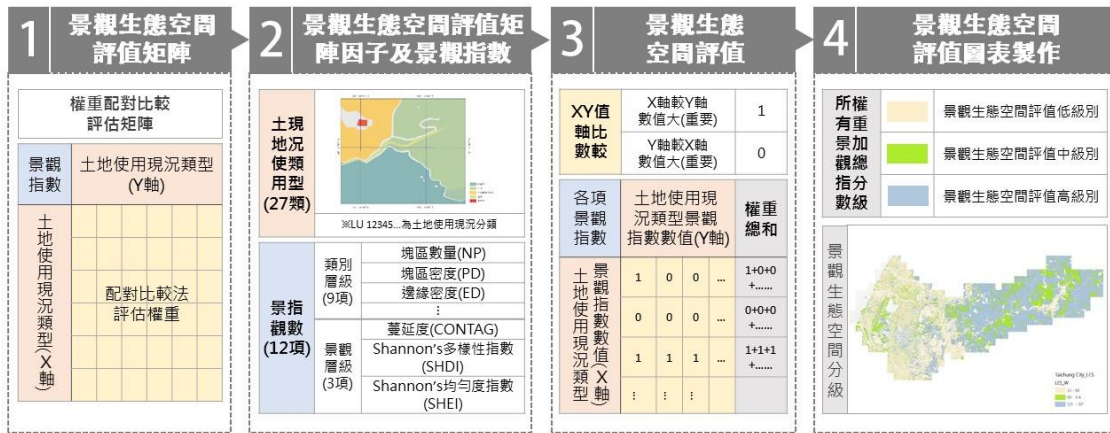


圖 10 景觀生態空間評值流程圖

### 一、景觀生態空間評值矩陣

本研究透過文獻回顧，指出景觀指數計算之數值並無法絕對的代表景觀生態之結構優劣與景觀生態價值。因此，本研究欲討論景觀生態空間評值之相對優劣，採用權重配對比較法製作評值矩陣，進行景觀生態空間結構優劣的相對比較，經由權重值判別出整體空間中相對下優劣的景觀生態空間結構。

### 二、景觀生態空間評值矩陣因子及景觀指數

#### (一) 景觀生態空間評估矩陣因子--土地使用現況類型

本研究將土地使用現況作為景觀生態空間評值矩陣之因子，將各類土地使用現況類型之景觀指數數值作為矩陣之 X、Y 軸項目進行配對比較法的權重評值。土地使用現況類型選定國土測繪中心第三級之土地使用現況分類(104 年修訂)，包括水稻田、旱作、雜作地、常綠果樹、水產養殖、畜禽舍、牧場、針葉林、闊葉林、竹林、竹針闊葉混淆林、灌木林、苗圃、一般道路、河川、堤防、溝渠、水庫、湖泊、蓄水池、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產、公園綠地廣場、溼地、草生地、灘地，共計 27 類(詳見表 12 篩選第三級土地使用現況分類與說明表)。

#### (二) 景觀指數

本研究景觀生態空間評值是運用景觀指數計算數據後再進行配對比較之權重評值，景觀指數參考相關文獻(鐘林生等，2002；楊曉豔等，



2005；魯韋坤、楊樹華，2006；張曉峰、周偉，2007；林孟龍等，2008；游麗平等，2008；張林豔等，2008；林亞昀，2008；何鵬、張會儒，2009；楊家良，2009；高豔等，2010；劉宇等，2011；閔苗苗等，2015)，統計使用頻率最高之景觀指數，配合本研究之目的進行篩選，最後採用類別層級(class level)與景觀層級(landscape level)之指數，類別層級(class level)包含塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)、塊區數量(NP)、塊區密度(PD)、邊緣密度(ED)、景觀形狀指數(LSI)、最大塊區面積指數(LPI)、分維數(FRAC)、聚合度(AI)、分散指數(SPLIT)，共 9 項；景觀層級(landscape level)包含蔓延度(CONTAG)、Shannon's 多樣性指數(SHDI)、Shannon's 均勻度指數(SHEI)，共 3 項，總計 12 項景觀指數，各項景觀指數與說明詳見表 14 篩選景觀指數與說明表。

表 14 篩選景觀指數與說明表

景觀層級	景觀指數	單位	公式(含範圍)	生態意義
	塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)	%	公式： $PLAND = p_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$ $a_{ij}$ ：塊區 $ij$ 的面積 $p_i$ ：塊區類型 $i$ 佔整個景觀的比例 $A$ ：景觀總面積 取值範圍：0 < PLAND ≤ 100(當期值逐漸接近於零時，說明該塊區類型在景觀中越來越稀少；當值為 100 時，說明景觀由一種類型的塊區組成)	PLAND 是某一塊區類型的面積與景觀總面積的比值，量測的是某一塊區類型在景觀中豐富度的指數，也是量測景觀組成的重要指標。由於 PLAND 是相對百分比，因此在景觀面積變化的情形下，量測景觀組成此指數比塊區類型總面積(CA)更合適。
類別層級 (class level)	塊區數量(NP)	無	公式： $NP = n_i$ $n_i$ ：景觀中塊區類型 $i$ 所包含的塊區數量 取值範圍：NP ≥ 1(NP=1 時表示景觀中該塊區類型只有一個塊區) $n_i$ ：景觀中塊區類型 $i$ 所包含的塊區數量	塊區數量是對景觀異質性和破碎度的簡單描述，某一塊區類型中塊區數量對某些生態過程來說非常重要，但它本身具有很大的侷限性，因為它反映不出塊區面積、分布和密度方面的資訊。如果景觀面積或類型面積只是一個定值時，與塊區密度和塊區面積平均值具有相同意義。
	塊區密度(PD)	個/100h m <sup>2</sup>	公式： $PD = \frac{n_i}{A} \times 1000 \times 100$ $n_i$ ：景觀中塊區類型 $i$ 所包含的塊區數量 $A$ ：景觀總面積 取值範圍：PD > 0(當每個網格代表一個獨立塊區時，PD 為最大值)	PD 是景觀格局方面侷限性很明顯又很基礎的數據，作為景觀指數，它與塊區數量(NP)具有相同功能，不同的是它反映了單位面積上的塊區數量，但它不能反映出塊區大小和空間分布的資訊。如果景觀面積只是一個定值時，

景觀層級	景觀指數	單位	公式(含範圍)	生態意義
				PD 與 NP 表相同的意義。
邊緣密度 (ED)	m/ hm <sup>2</sup>		公式： $ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} \times 1000$ $e_{ik}$ ：景觀中相應塊區類型的總邊緣長度 $A$ ：景觀總面積 取值範圍：ED ≥ 0(當 ED 等於零時，表示景觀中沒有類型邊緣，也就是說整個景觀和景觀邊緣都由相關塊區類型組成)	在塊區類型尺度上 ED 與總邊緣長度(TE)有相同功用和缺陷，不同的是 ED 在用於不同大小景觀比較時，能反映出單位面積上的邊緣長度。
景觀形狀 指數(LSI)	無		公式： $LSI = \frac{e_i}{mine_i}$ $e_i$ ：類型 $i$ 的邊緣總長度或周長 $mine_i$ ：為 $e_i$ 的最小可能值 取值範圍：LSI ≥ 1(當 LSI 等於 1 時，說明景觀中該類型的塊區只有一個，且為正方形或接近正方形。而隨著塊區的離散，LSI 值無上限變大。)	LSI 是對類型聚集度的簡單描述，與聚集度(AI)非常相似。區別在於 LSI 通過塊區類型的邊緣長度計算，AI 以塊區類型內部的節點數來計算，兩者之間具有明顯的負相關性，因此很大程度上反映同一方面的信息。
最大塊區 面積指數 (LPI)	%		公式： $LPI = \frac{\max_{j=1}^n(a_{ij})}{A} \times 100$ $a_{ij}$ ：塊區 $ij$ 的面積 $A$ ：景觀總面積 取值範圍：0 < LPI ≤ 100(當 LPI 值接近於零時，說明這種塊區類型中最大塊區的面積越小；當 LPI 值等於 100 時，說明整個景觀由一個塊區組成。)	LPI 在類型尺度上是量測多大比例的景觀面積是由該塊區類型的最大斑塊組成的。因此它也是簡單量測優勢度的指數。
分維數 (FRAC)	無		公式： $FRAC = \frac{2\ln(0.25p_{ij})}{\ln(a_{ij})}$ $p_{ij}$ ：塊區 $ij$ 的周長 $a_{ij}$ ：塊區 $ij$ 的面積 取值範圍：1 ≤ FRAC ≤ 2(對二維塊區來說，分維數指標大於 1，表示它已經脫離規則幾何形狀，也就是說形狀複雜性增加；對於周長簡單的幾何圖形來說，其 FRAC 接近 1，對於周長迂迴曲折的塊區來說，其 FRAC 接近於 2)	分維數指標反應空間尺度範圍內的形狀複雜性，作為形狀複雜性的量測指標，它同形狀指標相似，並克服了周長面積比率最大的缺陷。
聚合度 (AI)	%		公式： $AI = \left[ \frac{g_{ii}}{\max g_{ii}} \right] \times 100$ $g_{ii}$ ：基於單倍法的塊區類型 $i$ 像元之間的節點數	聚合度指數由節點矩陣中計算而來，他用來表示不同塊區類型(包括相同類型之間的相似節點)相鄰出現在景觀上的概率。



景觀層級	景觀指數	單位	公式(含範圍)	生態意義
			$\max g_{ii}$ ：基於單倍法的塊區類型 $i$ 像元之間的最大節點數 取值範圍： $0 \leq AI \leq 100$ (當某一塊區類型的破碎程度達到最大化，AI 等於 0；且 AI 值隨聚集程度增加而增大；當該塊區類型聚集成一個緊實的整體時，AI 等於 100)	
	分散指數 (SPLIT)	無	公式： $SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$ $a_{ij}$ ：塊區 $ij$ 的面積 $A$ ：景觀總面積 取值範圍： $1 \leq SPLIT \leq$ 景觀面積平方中的網格數(景觀由一塊區組成時，SPLIT 為；SPLIT 隨著該類塊區面積的縮減和塊區尺寸的細化而增大)	SPLIT 可以用來表示有效網格的數量，或者說當該塊區類型細分為 S(the splitting index)塊區時，特定塊區大小下的塊區數目。
景觀層級 (landscape level)	蔓延度 (CONTAG)	無	公式： $CONTAG = \left\{ 1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[ p_i \left( \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right] \left[ \ln p_i \left( \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right]}{2 \ln(m)} \right\} \times 100$ $p_i$ ：塊區類型 $i$ 佔整個景觀的比例 $g_{ik}$ ：基於雙倍法的塊區類型 $i$ 和塊區類型 $k$ 之節點數 $m$ ：景觀中的塊區類型數 取值範圍： $0 < CONTAG \leq 100$ (當所有塊區類型最大限度破碎化和間斷分布時，CONTAG 趨近於 0；當塊區類型最大限度的聚集在一起時，CONTAG 值達到 100。當景觀中塊區類型數少於 2 時，不計算 CONTAG。)	CONTAG 用來量測在給定塊區類型數情況下，實際觀測蔓延度與蔓延度最大可能值之間的比值。 CONTAG 的計算涉及景觀中所有塊區類型和相似節點。 蔓延度與邊緣密度呈現強的負相關性。當塊區密度值很低，如當某一塊區類型在景觀中的比例很高時，蔓延度指數就較高。蔓延度會受到塊區類型離散狀況和間斷分布狀況的影響。
	Shannon's 多樣性指數 (SHDI)	無	公式： $SHDI = \sum_{i=1}^m (p_i \times \ln p_i)$ $p_i$ ：塊區類型 $i$ 佔整個景觀的比例 取值範圍： $SHDI \geq 0$ (當整個景觀只有一個塊區時，SHDI=0；隨著景觀中塊區類型數增加以及他們的面積比重的均衡化，SHDI 值增大)	SHDI 在計算生態群落多樣性時應用十分廣泛，大多應用於計算景觀多樣性。SHDI 對稀有塊區類型的敏感性較 Simpson's 多樣性指數 (SIDI) 強。
	Shannon's 均勻度指	無	公式： $SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (p_i \times \ln p_i)}{\ln m}$	SHEI 反映的是景觀中不同塊區類型面積比重的均衡度與其最大值的

景觀層級	景觀指數	單位	公式(含範圍)	生態意義
	數(SHEI)		$p_i$ ：塊區類型 $i$ 佔整個景觀的比例 $m$ ：景觀中的塊區類型數 取值範圍： $0 \leq \text{SHEI} \leq 1$ (隨著景觀中不同塊區類型面積跛種越來越不平衡，SHEI 不斷向 0 趨近；當整個景觀只有一個塊區組成時，SHEI=0；當個景觀中個塊區類型面積比重相同時，SHEI=1。)	比值。

(本研究彙整自鄭新奇、付梅臣、姚慧、胡業翠、周偉，2010)

### 三、景觀生態空間評值

景觀生態空間評值運用 GIS 軟體將台中市土地使用現況資料以 20×20 網格化，再應用 FRAGSTATS4.2 軟體進行各項土地使用現況之景觀指數計算，並將各類土地使用現況類型之景觀指數數值作為評估矩陣之 X、Y 軸項目，以配對比較法分別比較各項景觀指數之各類土地使用現況類型的重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要(景觀指數計算數值 X 軸大於 Y 軸)則權重值為 1，反之(景觀指數計算數值 Y 軸大於 X 軸)權重值為 0，最後加總土地使用現況類型權重，所得之數值即為權重總和，代表此項景觀指數之土地使用現況類型景觀生態空間評值，以景觀指數之塊區數量(NP)中草生地類型為例，若其景觀指數計算之數值為最高，則此類型在權重配對比較評估矩陣中之權重總合為 26，則 26 表示草生地類型在塊區數量(NP)之景觀生態空間評值。

### 四、景觀生態空間評值圖表製作

景觀生態空間評值表製作首先運用 Excel 軟體累加 9 項類別層級景觀指數之各類土地使用類型權重總和，以草生地類型為例，將草生地類型在塊區密度、邊緣密度、塊區數量等 9 項類別層級景觀指數中的景觀生態空間評值/權重進行加總，所得數值即代表草生地類型在台中市之景觀生態空間評值，再將各類土地使用類型之台中市景觀生態空間評值等分為低、中、高三個級別，製作台中市景觀生態空間評值分級表。

景觀生態空間評值圖則依據景觀生態空間評值分級表之結果，運用 GIS 軟體根據土地使用現況類型區分景觀生態空間評值級別，並給予各級別相異之圖例，製作台中市景觀生態空間評值分級圖。

## 第六節 應用生態系統服務於景觀生態空間分區

依據研究流程圖(詳見圖 4 研究流程圖)所示，將生態系統服務與景觀生態空間分區整合如圖 11 應用生態系統服務於景觀生態空間分區流程圖所示，本研究之目的為整合生態系統服務與景觀生態空間分區，彙整第一部分之生態系統服務相關能力評估、第二部分之生態系統服務功能分區指認及第三部分之景觀生態空間評值，將景觀生態空間評值結果作為 X 軸，土地使用現況類型、生態系統服務相關能力及生態系統服務功能分區作為 Y 軸，並以土地使用現況類型為基礎，對應景觀生態空間評值低、中、高三個級別之生態系統服務相關能力及生態系統服務功能分區，製作台中市整合生態系統服務及景觀生態空間分區的比對表格。

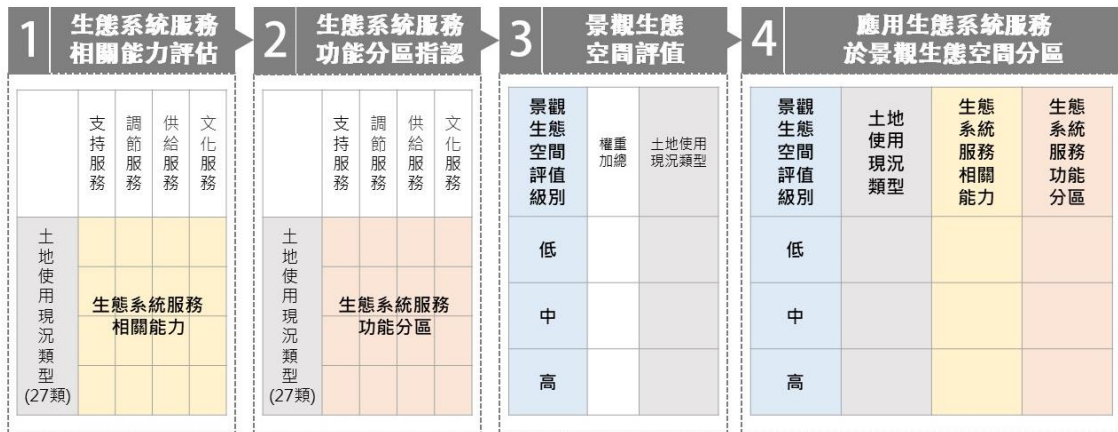


圖 11 應用生態系統服務於景觀生態空間分區流程圖



## 第四章 研究結果

### 第一節 生態系統服務相關能力評估

本研究利用土地使用現況與生態系統服務進行相關能力評估，彙整生態系統服務相關能力評估矩陣之結果，將生態系統服務項目以千年生態系統服務評估(MA)之標準分類為支持服務、調節服務、供給服務及文化服務四類。支持服務相關能力為土地使用現況之溼地類型(30.9)最高，調節服務相關能力為土地使用現況之灌木林類型(31.0)最高，供給服務相關能力為土地使用現況之河川類型(21.5)最高，文化服務相關能力為土地使用現況之湖泊類型(11.4)最高。(詳見表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表)

表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表

編號	土地使用現況分類	支持服務(S)	調節服務(R)	供給服務(P)	文化服務(C)
010101	水稻田	11.4	11.5	13.0	6.4
010102	旱作	7.5	7.6	11.4	4.8
010103	常綠果樹	15.1	13.9	12.4	5.6
010104	雜作地	13.3	8.9	7.6	4.0
010200	水產養殖	3.6	-5.4	18.3	4.9
010301	畜禽舍	-5.8	-9.0	4.4	1.6
010302	牧場	3.6	2.4	11.5	8.1
020101	針葉林	22.8	28.1	15.1	9.0
020102	闊葉林	24.6	30.0	15.9	9.4
020103	竹林	21.6	26.6	16.5	8.4
020104	竹針闊葉混淆林	26.3	29.6	15.4	8.5
020302	苗圃	8.9	7.4	0.8	5.5
030303	一般道路	-13.3	-15.8	-4.5	-1.0
040101	河川	23.9	26.1	21.5	10.3
040104	堤防	-3.6	0.1	-3.3	-0.1
040200	溝渠	5.8	7.9	3.8	0.0
040302	湖泊	23.1	24.9	17.8	11.4
040303	蓄水池	6.8	11.4	8.9	2.8
040400	灘地	24.9	21.4	7.4	8.0
040503	水庫	13.6	13.0	12.0	6.1
050301	兼工業使用住宅	-16.6	-17.8	-19.5	-5.4
050401	宗教	-8.0	-9.6	-5.0	4.3
070101	法定文化資產	-5.5	-6.3	-2.6	10.8
070201	公園綠地廣場	9.1	9.3	-1.6	7.9

編號	土地使用現況分類	支持服務(S)	調節服務(R)	供給服務(P)	文化服務(C)
090200	溼地	30.9	30.3	15.5	11.1
090300	草生地	22.6	20.0	2.5	7.1
090500	灌木林	26.8	31.0	15.0	8.8

#### 一、支持服務相關能力(supporting services)

支持服務相關能力評估問卷將生態系統服務相關能力分為極度負相關(-5)、高度負相關(-4)、中度負相關(-3)、一般負相關(-2)、低負相關(-1)、無相關(0)、低正相關(1)、一般正相關(2)、中度正相關(3)、高度正相關(4)、極高正相關(5)共九級(詳附件一)，將各項生態系統服務項目與土地使用現況進行評估因子相關性的評值，再依據生態系統服務項目評值結果之平均值分為極高相關、高度相關、中度相關、低度相關五級，並製作支持服務相關能力圖表。

分析結果顯示，台中市土地使用現況之溼地類型(30.9)為重要的支持服務相關能力，屬於極高相關級別(詳見圖 12 支持服務相關能力圖、表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表)，其中支援服務項目之環境異質性(4.8)、水循環(4.6)、代謝效率(4.8)、減少養分損失(4.1)及土壤有機質的貯存(4.4)皆以溼地類型為最高相關，生物多樣性以河川類型(4.6)為最高相關，太陽輻射能的獲取以闊葉林類型(4.3)為最高相關。(詳見表 16 支持服務相關能力評估表)

表 16 支持服務相關能力評估表

土地使用現況		支持服務項目						
編號	土地使用現況分類	環境異質性 (非生物異質性)	生物多樣性	水循環	代謝效率	太陽輻射能的獲取	減少養分損失	土壤有機質的貯存
010101	水稻田	0.4	-0.1	4.1	2.5	3.8	0.0	0.8
010102	旱作	0.5	0.6	1.0	1.3	3.4	0.3	0.5
010103	常綠果樹	2.3	1.5	3.1	1.9	3.6	0.9	1.9
010104	雜作地	1.9	1.3	2.0	1.9	3.9	1.4	1.0
010200	水產養殖	0.3	-0.5	3.0	1.4	0.9	-1.4	0.0
010301	畜禽舍	-1.1	-2.1	0.6	-0.1	0.1	-1.6	-1.5
010302	牧場	0.9	-0.5	1.6	0.3	1.6	-0.6	0.4
020101	針葉林	2.5	3.1	3.0	3.0	3.9	3.4	3.9
020102	闊葉林	2.9	3.6	3.5	3.1	4.3	3.4	3.9
020103	竹林	2.1	3.0	3.1	3.1	3.4	3.3	3.6
020104	竹針闊葉混淆林	3.3	3.9	4.0	3.6	4.1	3.3	4.1
020302	苗圃	0.6	1.0	1.8	1.5	2.8	0.6	0.6
030303	一般道路	-0.8	-3.0	-2.0	-2.3	-1.1	-1.4	-2.8
040101	河川	3.8	4.6	3.8	4.3	3.0	3.0	1.5

土地使用現況		支持服務項目						
編號	土地使用現況分類	環境異質性 (非生物異質性)	生物多樣性	水循環	代謝效率	太陽輻射能的獲取	減少養分損失	土壤有機質的貯存
040104	堤防	0.4	-0.4	-0.6	-1.5	-0.3	-0.8	-0.5
040200	溝渠	2.1	0.6	2.0	0.6	0.0	0.1	0.3
040302	湖泊	3.9	3.9	3.5	3.6	2.8	3.4	2.1
040303	蓄水池	1.1	0.3	1.6	1.3	1.8	0.9	-0.1
040400	灘地	4.6	3.8	3.6	3.9	3.0	2.5	3.5
040503	水庫	2.6	1.9	2.8	1.8	1.9	1.5	1.3
050301	兼工業使用住宅	-3.1	-3.8	-0.3	-2.0	-1.4	-2.5	-3.6
050401	宗教	-0.6	-2.0	-1.1	-1.5	-0.4	-0.8	-1.6
070101	法定文化資產	-0.5	-0.5	-0.9	-1.3	-0.6	-0.4	-1.4
070201	公園綠地廣場	2.1	1.4	1.4	1.9	2.3	0.4	-0.3
090200	溼地	4.8	4.4	4.6	4.8	3.9	4.1	4.4
090300	草生地	4.0	3.3	3.5	3.6	3.4	2.5	2.4
090500	灌木林	3.3	3.8	4.0	4.1	4.1	3.4	4.1

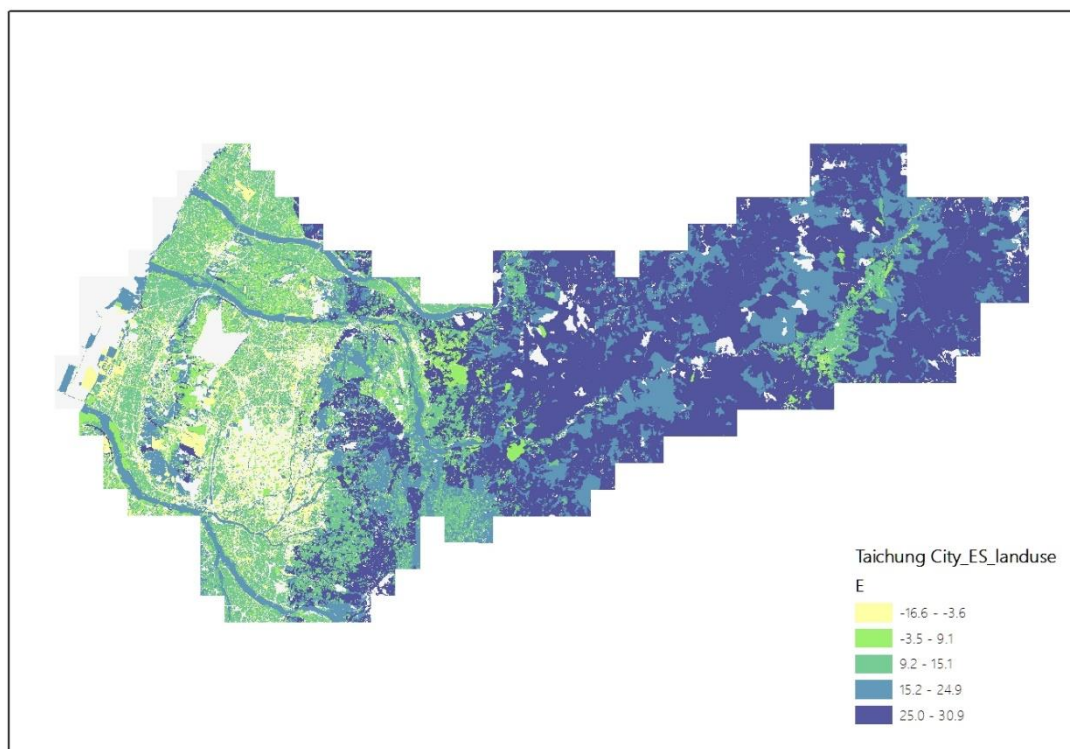


圖 12 支持服務相關能力圖



## 二、調節服務相關能力(regulating services)

調節服務相關能力評估問卷將生態系統服務相關能力分為極度負相關(-5)、高度負相關(-4)、中度負相關(-3)、一般負相關(-2)、低負相關(-1)、無相關(0)、低正相關(1)、一般正相關(2)、中度正相關(3)、高度正相關(4)、極高正相關(5)共九級(詳附件一)，將各項生態系統服務項目與土地使用現況進行評估因子相關性的評值，再依據生態系統服務項目評值結果之平均值分為極高相關、高度相關、中度相關、低度相關五級，並製作調節服務相關能力圖表。

分析結果顯示，台中市土地使用現況之灌木林類型(31.0)為重要的調節服務相關能力，屬於極高相關級別(詳見圖 13 調節服務相關能力圖、表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表)，其中調節服務項目之區域氣候的調節(4.4)、洪水防範(4.0)及空氣品質的調節(4.1)以灌木林類型為最高相關，全球氣候的調節(4.5)、洪水防範(4.0)及空氣品質的調節(4.1)以闊葉林類型為最高相關，地下水源的補給(3.6)、侵蝕調節(3.6)、營養調節(4.3)及水質淨化(4.1)以溼地類型為最高相關，空氣品質的調節以竹針闊葉混淆林類型(4.1)為最高相關。(詳見表 17 調節服務相關能力評估表)

表 17 調節服務相關能力評估表

土地使用現況		調節服務項目							
編號	土地使用現況分類	區域氣候的調節	全球氣候的調節	洪水防範	地下水源的補給	空氣品質的調節	侵蝕調節	營養調節	水質淨化
010101	水稻田	2.5	1.8	0.1	0.8	1.9	1.1	2.3	1.1
010102	旱作	2.0	1.3	0.5	-0.5	0.9	1.1	1.9	0.5
010103	常綠果樹	2.6	2.0	0.8	0.5	2.6	1.5	2.1	1.8
010104	雜作地	2.0	1.5	-0.1	-0.5	1.1	1.9	1.9	1.1
010200	水產養殖	1.0	-0.1	-0.4	-2.0	-1.0	-1.1	-0.4	-1.4
010301	畜禽舍	0.5	-1.5	-1.1	-1.6	-2.0	-0.4	-0.3	-2.6
010302	牧場	2.3	1.4	0.9	-0.1	-0.9	0.6	0.5	-2.3
020101	針葉林	4.1	4.3	3.5	2.5	3.9	3.0	3.5	3.4
020102	闊葉林	4.3	4.5	4.0	2.9	4.1	3.1	3.6	3.5
020103	竹林	3.8	3.6	3.1	2.8	3.9	2.8	3.4	3.4
020104	竹針闊葉混淆林	4.3	4.3	3.6	2.8	4.1	3.4	3.8	3.5
020302	苗圃	1.5	1.1	0.0	0.4	1.0	1.1	1.0	1.3
030303	一般道路	-1.9	-2.1	-2.5	-2.5	-2.5	-1.0	-1.3	-2.0
040101	河川	3.5	3.1	3.5	4.5	2.1	2.6	3.4	3.4
040104	堤防	-0.9	-1.0	2.8	-0.1	-0.1	1.5	-0.8	-1.3
040200	溝渠	0.1	-0.4	3.4	2.0	0.4	1.3	0.5	0.6



土地使用現況		調節服務項目							
編號	土地使用現況分類	區域氣候的調節	全球氣候的調節	洪水防範	地下水源的補給	空氣品質的調節	侵蝕調節	營養調節	水質淨化
040302	湖泊	3.6	3.6	3.6	3.4	1.8	2.5	2.5	3.9
040303	蓄水池	1.0	0.5	3.0	2.1	0.5	1.1	1.1	2.0
040400	灘地	3.5	3.3	3.0	2.3	1.1	3.0	2.6	2.6
040503	水庫	1.6	0.5	3.6	2.5	0.8	1.1	1.5	1.4
050301	兼工業使用住宅	-2.0	-1.6	-1.9	-2.5	-2.9	-1.3	-2.1	-3.5
050401	宗教	-1.5	-1.5	-1.1	-1.1	-1.6	-0.6	-0.6	-1.5
070101	法定文化資產	-1.0	-0.6	-1.1	-0.9	-0.1	-0.6	-0.6	-1.3
070201	公園綠地廣場	2.1	1.4	0.8	1.0	2.5	0.3	0.1	1.1
090200	溼地	4.3	4.4	3.6	3.6	2.4	3.6	4.3	4.1
090300	草生地	3.0	2.9	2.8	2.4	2.8	1.8	2.3	2.3
090500	灌木林	4.4	4.3	4.0	2.9	4.1	3.5	4.0	3.9

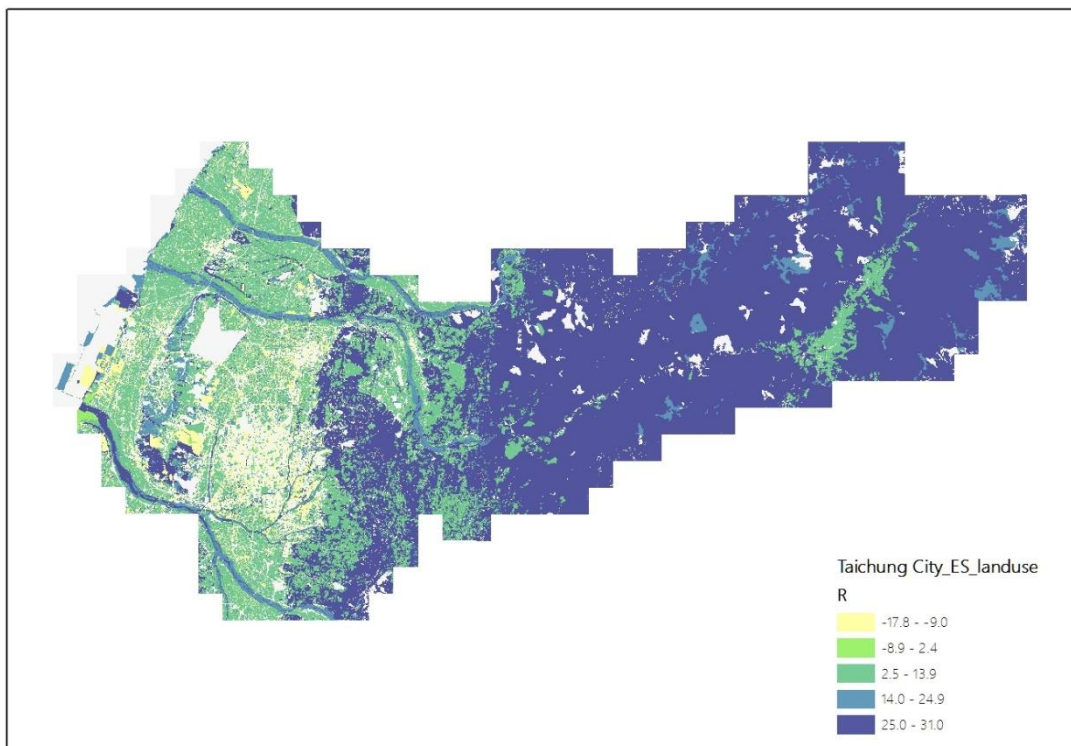


圖 13 調節服務相關能力圖

### 三、供給服務相關能力(provisioning services)

供給服務相關能力評估問卷將生態系統服務相關能力分為極度負相關(-5)、高度負相關(-4)、中度負相關(-3)、一般負相關(-2)、低負相關(-1)、無相關(0)、低正相關(1)、一般正相關(2)、中度正相關(3)、高度正相關(4)、極高正相關(5)共九級(詳附件一)，將各項生態系統服務項目與土地使用現況進行評估因子相關性的評值，再依據生態系統服務項目評值結果之平均值分為極高相關、高度相關、中度相關、低度相關五級，並製作供給服務相關能力圖表。

分析結果顯示，台中市土地使用現況之河川類型(21.5)為重要的供給服務相關能力，屬於極高相關級別(詳見圖 14 供給服務相關能力圖、表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表)，其中供給服務項目之農作物供給以水稻田類型(4.9)為最高相關，淡水供給以湖泊類型(4.9)為最高相關，水產供給以水產養殖類型(5.0)為最高相關，木材供給以針葉林類型(4.5)為最高相關，牲畜供給以牧場類型(4.5)為最高相關，燃料(薪柴)供給以闊葉林類型(3.9)為最高相關，野生食物以竹林類型(3.4)為最高相關，飼料供給(3.3)以牧場類型為最高相關，能量(生物能量)以竹針闊葉混濇林及灌木林類型(3.3)為最高相關。(詳見表 18 供給服務相關能力評估表)

表 18 供給服務相關能力評估表

土地使用現況		供給服務項目									
編號	土地使用現況分類	農作物供給	牲畜供給	飼料供給	水產供給	水產養殖	野生食物	木材供給	燃料(薪柴)供給	能量(生物能量)	淡水供給
010101	水稻田	4.9	1.4	2.4	0.3	0.8	-0.5	-0.8	0.8	2.1	-1.0
010102	旱作	4.6	1.3	3.0	-0.6	-0.5	-0.8	-0.3	0.9	2.1	-0.5
010103	常綠果樹	4.4	0.9	1.5	-0.6	-0.5	0.8	0.6	1.3	2.1	-0.8
010104	雜作地	4.1	1.3	2.4	-0.6	-0.5	-0.9	-0.6	0.1	1.9	-0.6
010200	水產養殖	1.0	2.3	3.1	4.9	5.0	0.3	-1.1	-0.6	1.5	-1.1
010301	畜禽舍	-0.4	3.9	2.8	-0.6	-1.3	-0.1	-1.1	-0.6	1.3	-1.4
010302	牧場	1.4	4.5	3.3	-0.8	-1.3	0.3	0.0	-0.1	1.6	-1.3
020101	針葉林	-0.4	0.3	0.0	-0.6	-0.6	2.6	4.5	3.5	3.1	0.1
020102	闊葉林	-0.5	0.3	-0.1	-0.6	-0.6	3.1	4.0	3.9	3.1	0.6
020103	竹林	1.9	0.5	0.0	-0.6	-0.6	3.4	3.1	2.8	2.9	0.5
020104	竹針闊葉混濇林	-0.5	0.3	-0.3	-0.6	-0.6	3.0	4.0	3.6	3.3	0.4
020302	苗圃	1.5	-0.3	0.1	-0.5	-0.6	0.3	-0.8	-0.9	-0.4	-0.4
030303	一般道路	-1.3	-0.3	0.0	0.0	-0.5	-1.0	-1.0	-0.9	-0.4	-0.4
040101	河川	1.1	1.3	0.3	3.9	3.4	2.8	-0.1	-0.4	1.3	4.8
040104	堤防	-0.9	-0.5	-0.5	-0.3	-0.4	-0.1	-0.5	-0.5	-0.4	0.3

土地使用現況		供給服務項目									
編號	土地使用現況分類	農作物供給	牲畜供給	飼料供給	水產供給	水產養殖	野生食物	木材供給	燃料(薪柴)供給	能量(生物能量)	淡水供給
040200	溝渠	0.1	0.4	-0.3	0.3	0.8	0.4	-0.5	-0.6	0.1	2.8
040302	湖泊	1.1	0.9	0.0	1.9	1.6	3.0	-0.5	-0.4	1.5	4.9
040303	蓄水池	1.3	1.4	0.0	0.6	0.9	0.4	-0.5	-0.6	0.0	4.3
040400	灘地	-0.1	-0.3	0.4	1.3	1.1	1.5	-0.5	-0.5	0.9	0.8
040503	水庫	-0.1	0.5	0.0	1.4	1.4	1.6	-0.8	-0.3	0.8	4.4
050301	兼工業使用住宅	-2.8	-2.3	-1.3	-2.1	-2.1	-2.9	-1.8	-1.0	-1.5	-1.3
050401	宗教	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	-1.0	-0.6
070101	法定文化資產	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
070201	公園綠地廣場	-0.6	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.	-0.5	-0.4	-0.6
090200	溼地	0.6	0.0	0.5	3.1	2.3	2.3	-0.5	0.0	1.5	1.5
090300	草地	-0.6	0.1	-0.1	-0.1	-0.6	1.5	-0.5	-0.5	1.1	-0.4
090500	灌木林	-0.4	0.1	-0.4	-0.6	-0.6	3.3	3.6	3.4	3.3	0.6

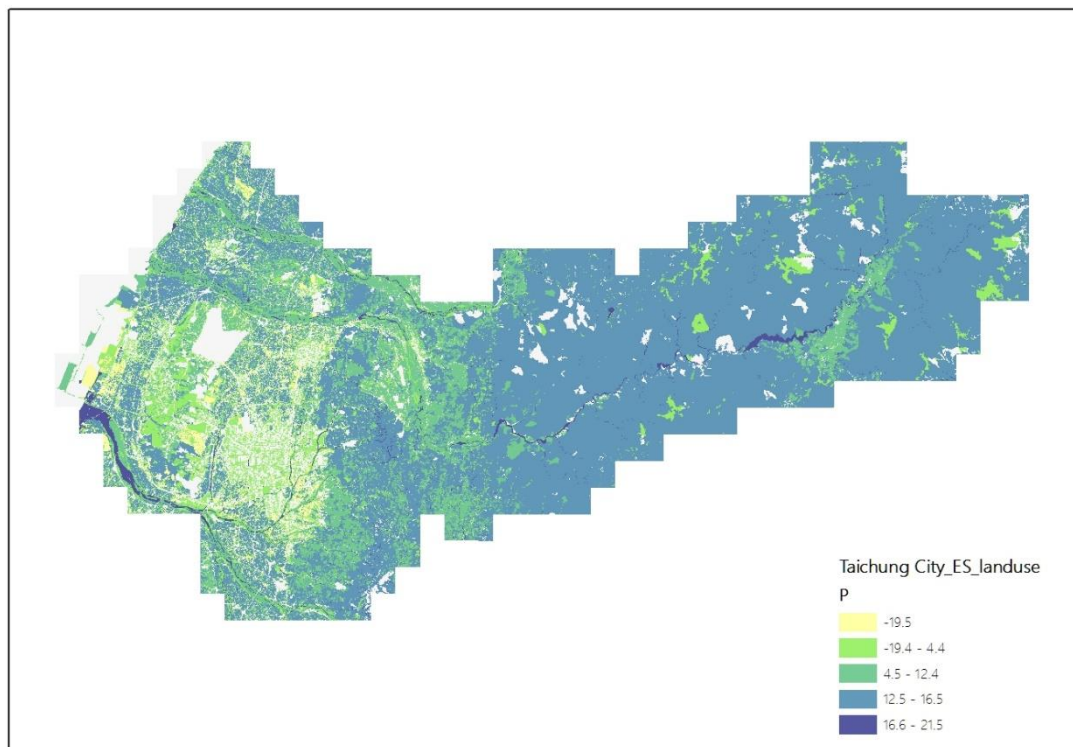


圖 14 供給服務相關能力圖

#### 四、文化服務相關能力(cultural services)

文化服務相關能力評估問卷將生態系統服務相關能力分為極度負相關(-5)、高度負相關(-4)、中度負相關(-3)、一般負相關(-2)、低負相關(-1)、無相關(0)、低正相關(1)、一般正相關(2)、中度正相關(3)、高度正相關(4)、極高正相關(5)共九級(詳附件一)，將各項生態系統服務項目與土地使用現況進行評估因子相關性的評值，再依據生態系統服務項目評值結果之平均值分為極高相關、高度相關、中度相關、低度相關五級，並製作文化服務相關能力圖表。

分析結果顯示，台中市土地使用現況之湖泊類型(11.4)為重要的文化服務相關能力，屬於極高相關級別(詳見圖 15 文化服務相關能力圖、表 15 生態系統服務相關能力評估矩陣彙整表)，其中文化服務項目之美學價值(4.5)及休閒遊憩服務(4.3)以溼地類型為最高相關，生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙)以湖泊類型(3.5)為最高相關。(詳見表 19 文化服務相關能力評估表)

表 19 文化服務相關能力評估表

土地使用現況		文化服務項目		
編號	土地使用現況分類	休閒遊憩服務	美學價值	生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙)
010101	水稻田	2.8	2.5	1.1
010102	旱作	2.1	1.6	1.0
010103	常綠果樹	2.8	2.0	0.9
010104	雜作地	1.1	1.9	1.0
010200	水產養殖	3.1	1.3	0.5
010301	畜禽舍	2.0	0.3	-0.6
010302	牧場	3.9	3.1	1.1
020101	針葉林	2.6	3.9	2.5
020102	闊葉林	2.8	3.9	2.8
020103	竹林	2.8	3.5	2.1
020104	竹針闊葉混淆林	2.9	3.5	2.1
020302	苗圃	2.6	2.3	0.6
030303	一般道路	1.1	-1.0	-1.1
040101	河川	3.4	3.9	3.0
040104	堤防	0.5	-0.4	-0.3
040200	溝渠	0.4	-0.4	0.0
040302	湖泊	3.8	4.1	3.5
040303	蓄水池	1.3	0.9	0.6
040400	灘地	2.9	3.3	1.9
040503	水庫	3.1	1.8	1.3
050301	兼工業使用住宅	-0.6	-2.8	-2.0

土地使用現況		文化服務項目		
編號	土地使用現況分類	休閒遊憩服務	美學價值	生物多樣性的文化價值(圖騰、語彙)
050401	宗教	1.9	1.3	1.1
070101	法定文化資產	3.6	4.4	2.8
070201	公園綠地廣場	3.6	3.5	0.8
090200	溼地	4.3	4.5	2.4
090300	草生地	2.6	3.1	1.4
090500	灌木林	2.8	3.6	2.4

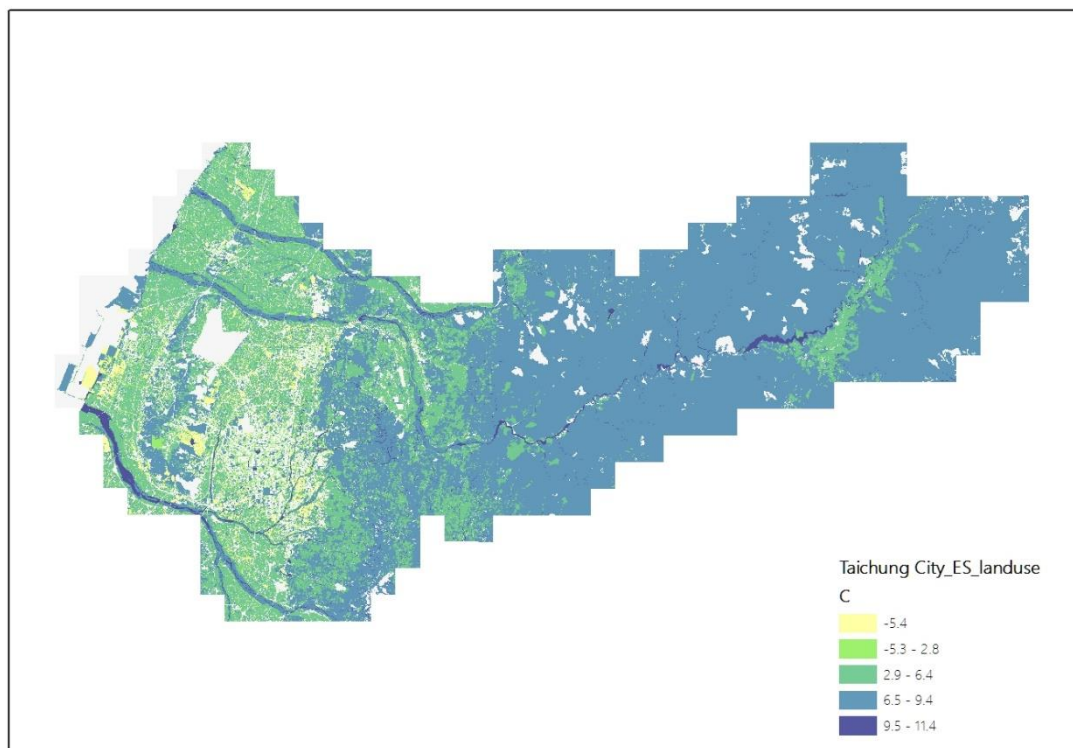


圖 15 文化服務相關能力圖

## 第二節 生態系統服務功能分區評估

本研究利用土地使用現況指認生態系統服務功能分區，將生態系統服務功能分區以 Fisher 等(2009)提出之分區分類為服務供給區(SPA)、服務受益區(SBA)及服務連接區(SCA)三類，在各項生態系統服務項目中指認各類土地使用現況的生態系統服務功能分區，支持、調節、供給及文化服務四類功能分區評估彙整結果如表 20 生態系統服務功能分區評估彙整表，以下針對四類之功能分區指認進行詳細說明：  
表 20 生態系統服務功能分區評估矩陣彙整表

編號	土地使用現況分類	支持服務(S)	調節服務(R)	供給服務(P)	文化服務(C)
010101	水稻田	B	P	P	P
010102	旱作	B	B	P	P
010103	常綠果樹	B	B	P	P
010104	雜作地	B	P	P	P
010200	水產養殖	B	B	P	P+B
010301	畜禽舍	B	B	B	P+B
010302	牧場	B	B	P+B	P+B
020101	針葉林	P	P	P	P
020102	闊葉林	P	P	P	P
020103	竹林	P	P	P	P
020104	竹針闊葉混淆林	P	P	P	P
020302	苗圃	B	P	P	P
030303	一般道路	-	-	-	-
040101	河川	P	P+C	P	P
040104	堤防	-	-	-	-
040200	溝渠	C	C	C	P+C
040302	湖泊	P	P	P	P
040303	蓄水池	P	P	P	P+B
040400	灘地	P	P	P	P
040503	水庫	B	P	P	P
050301	兼工業使用住宅	B	B	B	B
050401	宗教	B	B	B	B
070101	法定文化資產	B	B	B	P
070201	公園綠地廣場	P	P	P	P
090200	溼地	P	P	P	P
090300	草生地	P	P	P	P
090500	灌木林	P	P	P	P

註:P 為服務供給區(SPA)，B 為服務受益區(SBA)，C 為服務連接區(SCA)，-為無法指認生態系統服務功能分區



### 一、支持服務(supporting services)功能分區指認

本研究指認支持服務之功能分區，結果顯示服務供給區(SPA)以土地使用現況之針葉林、竹針闊葉混淆林、河川、草生地、闊葉林、蓄水池、灘地、公園綠地廣場、竹林、灌木林、溼地及湖泊類型為主，服務受益區(SBA)以土地使用現況之旱作、常綠果樹、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產、畜禽舍、水稻田、苗圃、雜作地、水產養殖、水庫及牧場類型為主，服務連接區(SCA)以土地使用現況之溝渠類型為主。(詳見表 21 支持服務功能分區指認表、圖 16 支持服務功能分區圖)

表 21 支持服務功能分區指認表

土地使用現況		支持服務項目						
編號	土地使用現況分類	環境異質性 (非生物異質性)	生物多樣性	水循環	代謝效率	太陽輻射能的獲取	減少養分損失	土壤有機質的貯存
010101	水稻田	B	P	P	P	B	B	B
010102	旱作	B	P	P	P	B	B	B
010103	常綠果樹	B	P	P	P	B	B	B
010104	雜作地	B	P	P	P	B	B	B
010200	水產養殖	B	B	P	B	B	B	B
010301	畜禽舍	B	B	B	B	B	B	B
010302	牧場	B	B	B	B	B	B	B
020101	針葉林	P	P	P	P	B	P	P
020102	闊葉林	P	P	P	P	B	P	P
020103	竹林	P	P	B	P	B	P	P
020104	竹針闊葉混淆林	P	P	P	P	B	P	P
020302	苗圃	B	P	P	P	B	B	B
030303	一般道路	-	-	-	-	-	-	-
040101	河川	P	P	P	P	B	P	P
040104	堤防	-	-	-	-	-	-	-
040200	溝渠	C	C	C	C	B	C	C
040302	湖泊	P	P	P	P	B	P	P
040303	蓄水池	B	P	P	P	B	P	P
040400	灘地	P	P	P	P	B	P	P
040503	水庫	B	P	P	B	B	B	P
050301	兼工業使用住宅	B	B	B	B	B	B	B
050401	宗教	B	B	B	B	B	B	B
070101	法定文化	B	B	B	B	B	B	B

土地使用現況		支持服務項目						
編號	土地使用現況分類	環境異質性 (非生物異質性)	生物多樣性	水循環	代謝效率	太陽輻射能的獲取	減少養分損失	土壤有機質的貯存
	資產							
070201	公園綠地 廣場	B	P	P	P	B	B	P
090200	溼地	P	P	P	P	B	P	P
090300	草生地	P	P	P	P	B	P	P
090500	灌木林	P	P	P	P	B	P	P

註:P 為服務供給區(SPA)，B 為服務受益區(SBA)，C 為服務連接區(SCA)，-為無法指認生態系統服務功能分區

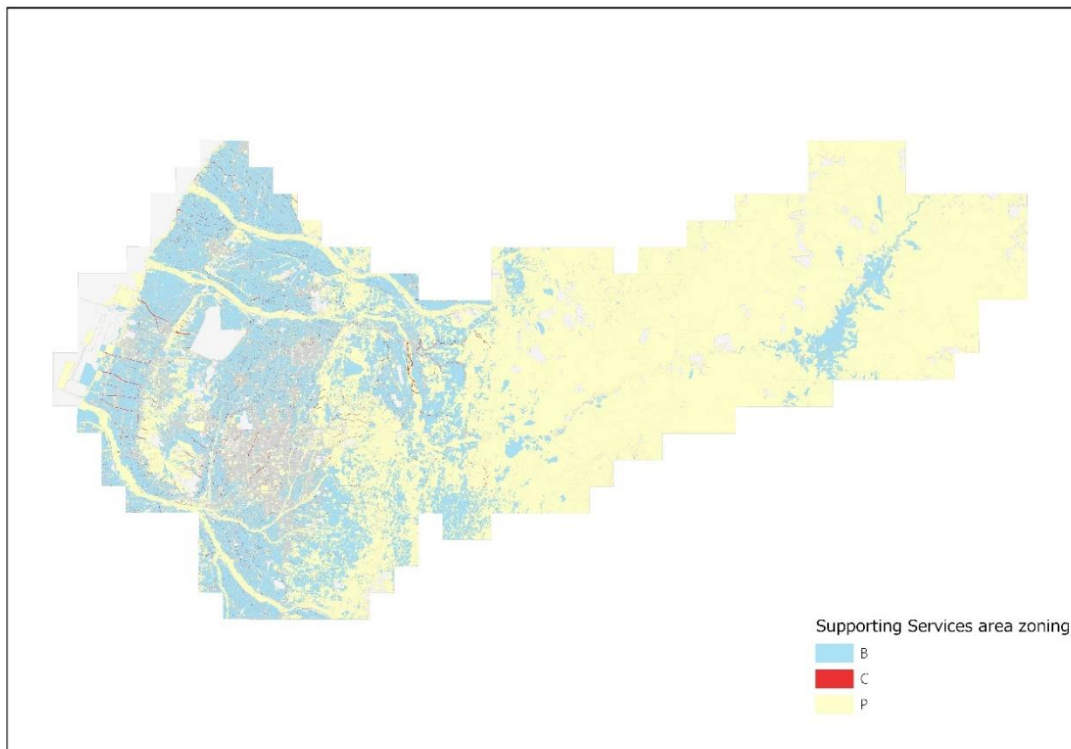


圖 16 支持服務功能分區圖

## 二、調節服務(regulating services)功能分區指認

本研究指認調節服務之功能分區，結果顯示服務供給區(SPA)以土地使用現況之針葉林、竹針闊葉混交林、河川、草生地、闊葉林、蓄水池、灘地、公園綠地廣場、水稻田、苗圃、雜作地、水庫、竹林、灌木林、溼地及湖泊類型為主，服務受益區(SBA)以土地使用現況之旱作、常綠果樹、畜禽舍、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產、水產養殖及牧場類型為主，服務連接區(SCA)以土地使用現況之河川及溝渠類型為主。(詳見表 22 調節服務功能分區指認表、圖 17 調節服務功能分區圖)



表 22 調節服務功能分區指認表

土地使用現況		調節服務項目							
編號	土地使用現況分類	區域氣候的調節	全球氣候的調節	洪水防範	地下水源的補給	空氣品質的調節	侵蝕調節	營養調節	水質淨化
010101	水稻田	P	P	B	P	P	B	P	B
010102	旱作	B	B	B	B	P	P	P	B
010103	常綠果樹	B	B	B	B	P	P	P	B
010104	雜作地	B	B	B	B	P	B	P	P
010200	水產養殖	P	P	B	B	B	B	B	B
010301	畜禽舍	B	B	B	B	B	B	B	B
010302	牧場	B	B	B	B	B	B	B	B
020101	針葉林	P	P	B	B	P	P	P	P
020102	闊葉林	P	P	B	B	P	P	P	P
020103	竹林	P	P	B	B	P	P	P	P
020104	竹針闊葉混濘林	P	P	B	B	P	P	P	P
020302	苗圃	P	P	B	B	P	B	P	P
030303	一般道路	-	-	-	-	-	-	-	-
040101	河川	P	P	C	P	P	C	C	C
040104	堤防	-	-	-	-	-	-	-	-
040200	溝渠	-	-	C	C	-	B	C	C
040302	湖泊	P	P	P	P	P	B	P	P
040303	蓄水池	P	P	P	P	B	B	P	B
040400	灘地	P	P	P	P	P	B	P	P
040503	水庫	P	P	P	P	P	B	P	B
050301	兼工業使用住宅	B	B	B	B	B	B	B	B
050401	宗教	B	B	B	B	B	B	B	B
070101	法定文化資產	B	B	B	B	B	B	B	B
070201	公園綠地廣場	P	P	B	B	P	B	P	P
090200	溼地	P	P	P	P	P	B	P	P
090300	草地	P	P	B	B	P	P	P	P
090500	灌木林	P	P	B	B	P	P	P	P

註:P 為服務供給區(SPA)，B 為服務受益區(SBA)，C 為服務連接區(SCA)，-為無法指認生態系統服務功能分區

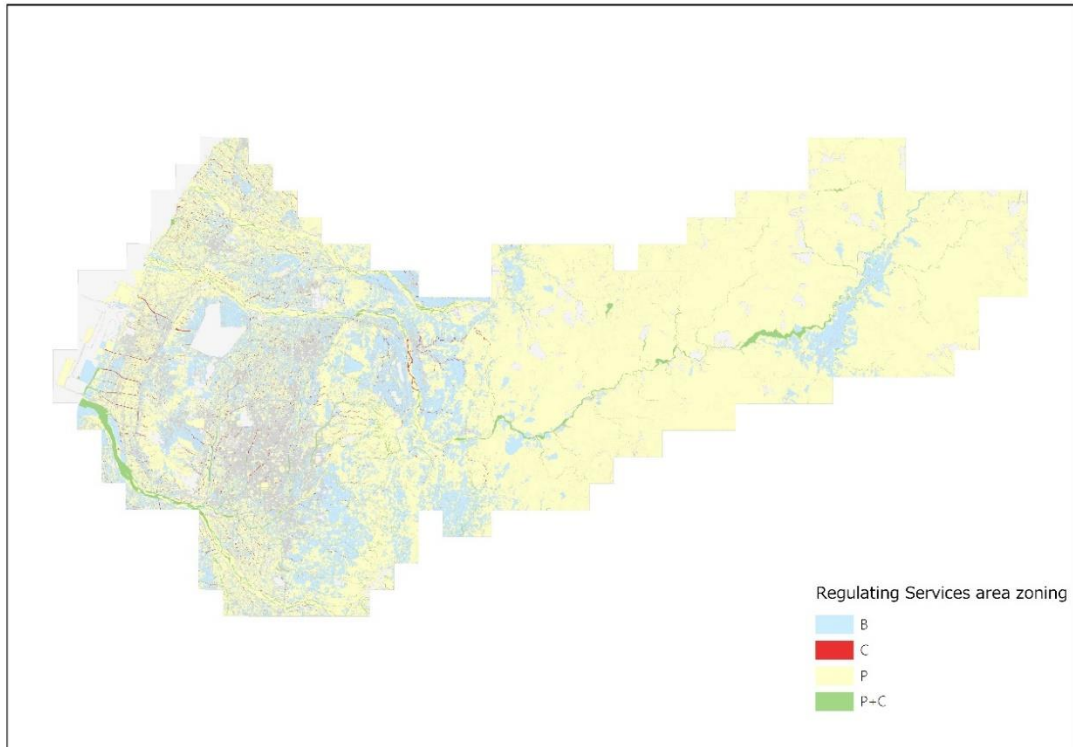


圖 17 調節服務功能分區圖

### 三、供給服務(provisioning services)功能分區指認

本研究指認供給服務之功能分區，結果顯示服務供給區(SPA)以土地使用現況之針葉林、竹針闊葉混淆林、河川、草生地、闊葉林、旱作、常綠果樹、蓄水池、灘地、公園綠地廣場、水稻田、苗圃、雜作地、水產養殖、水庫、牧場、竹林、灌木林、溼地及湖泊類型為主，服務受益區(SBA)以土地使用現況之畜禽舍、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產及牧場類型為主，服務連接區(SCA)以土地使用現況之溝渠類型為主。(詳見表 23 供給服務功能分區指認表、圖 18 供給服務功能分區圖)

表 23 供給服務功能分區指認表

土地使用現況		供給服務項目									
編號	土地使用現況分類	農作物供給	牲畜供給	飼料供給	水產供給	水產養殖	野生食物	木材供給	燃料(薪柴)供給	能量(生物能量)	淡水供給
010101	水稻田	P	-	P	-	-	-	-	-	P	B
010102	旱作	P	P	P	-	-	-	-	-	P	B
010103	常綠果樹	P	P	P	-	-	-	P	P	P	B
010104	雜作地	P	-	B	-	-	-	-	-	P	B
010200	水產養殖	P	P	B	P	P	-	-	-	P	B
010301	畜禽舍	P	P	B	B	-	B	B	B	P	B

土地使用現況		供給服務項目									
編號	土地使用現況分類	農作物供給	牲畜供給	飼料供給	水產供給	水產養殖	野生食物	木材供給	燃料(薪柴)供給	能量(生物能量)	淡水供給
010302	牧場	P	P	B	B	-	-	-	-	P	B
020101	針葉林	P	P	P	-	-	P	P	P	P	B
020102	闊葉林	P	P	P	-	-	P	P	P	P	B
020103	竹林	P	P	P			P	P	P	P	B
020104	竹針闊葉混淆林	P	P	P	-	-	P	P	P	P	B
020302	苗圃	P	-	P	-	-	-	P	P	P	B
030303	一般道路	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
040101	河川	P	P	P	-	-	P	-	-	P	C
040104	堤防	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
040200	溝渠	C	C	P	C	C	-	-	-	C	C
040302	湖泊	P	P	P	P	P	P	-	-	P	P
040303	蓄水池	P	P	P	P	P	P	-	-	P	P
040400	灘地	P	P	P	P	P	P	-	-	P	B
040503	水庫	P	P	P	P	P	P	-	-	P	P
050301	兼工業使用住宅	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
050401	宗教	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
070101	法定文化資產	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
070201	公園綠地廣場	P	-	P	-	-	-	-	-	P	B
090200	溼地	P	P	P	P	P	P	-	-	P	B
090300	草生地	P	P	P	-	-	P	-	-	P	B
090500	灌木林	P	P	P	-	-	P	P	P	P	B

註:P 為服務供給區(SPA)，B 為服務受益區(SBA)，C 為服務連接區(SCA)，-為無法指認生態系統服務功能分區

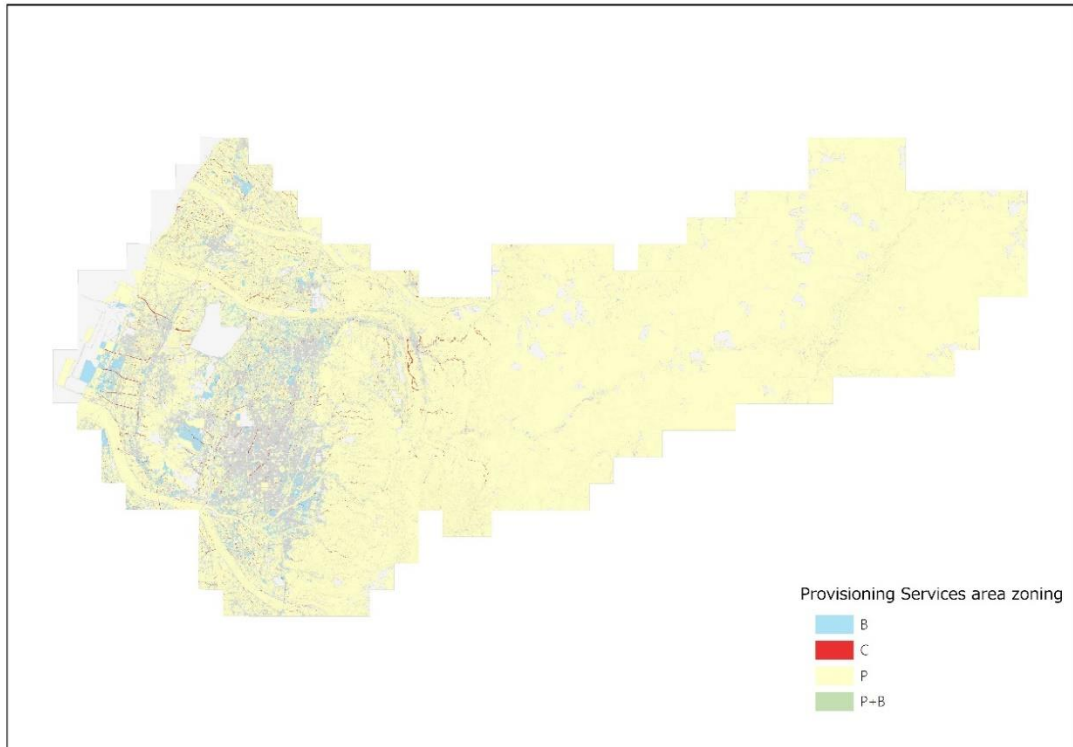


圖 18 供給服務功能分區圖

#### 四、文化服務(cultural services)功能分區指認

本研究指認文化服務之功能分區，結果顯示服務供給區(SPA)以土地使用現況之針葉林、竹針闊葉混淆林、河川、草生地、闊葉林、旱作、常綠果樹、畜禽舍、蓄水池、灘地、法定文化資產、公園綠地廣場、水稻田、苗圃、雜作地、水產養殖、水庫、牧場、溝渠、竹林、灌木林、溼地及湖泊類型為主，服務受益區(SBA)以土地使用現況之畜禽舍、蓄水池、兼工業使用住宅、宗教、水產養殖及牧場類型為主，服務連接區(SCA)以土地使用現況之溝渠類型為主。(詳見表 24 文化服務功能分區指認表、圖 19 文化服務功能分區圖)

表 24 文化服務功能分區指認表

土地使用現況		文化服務項目		
編號	土地使用現況分類	休閒遊憩服務	美學價值	生物多樣性的文化價值 (圖騰、語彙)
010101	水稻田	P	P	B
010102	旱作	P	P	B
010103	常綠果樹	P	P	B
010104	雜作地	P	P	B
010200	水產養殖	P	-	B
010301	畜禽舍	P	-	B
010302	牧場	P	-	B

土地使用現況		文化服務項目		
編號	土地使用現況分類	休閒遊憩服務	美學價值	生物多樣性的文化價值 (圖騰、語彙)
020101	針葉林	P	P	P
020102	闊葉林	P	P	P
020103	竹林	P	P	P
020104	竹針闊葉混淆林	P	P	P
020302	苗圃	P	P	B
030303	一般道路	-	-	-
040101	河川	P	P	P
040104	堤防	-	-	-
040200	溝渠	P	-	C
040302	湖泊	P	P	P
040303	蓄水池	P	-	B
040400	灘地	P	P	P
040503	水庫	P	P	P
050301	兼工業使用住宅	P	B	B
050401	宗教	P	B	B
070101	法定文化資產	P	P	B
070201	公園綠地廣場	P	P	B
090200	溼地	P	P	P
090300	草生地	P	P	P
090500	灌木林	P	P	P

註:P 為服務供給區(SPA), B 為服務受益區(SBA), C 為服務連接區(SCA), - 為無法指認生態系統服務功能分區

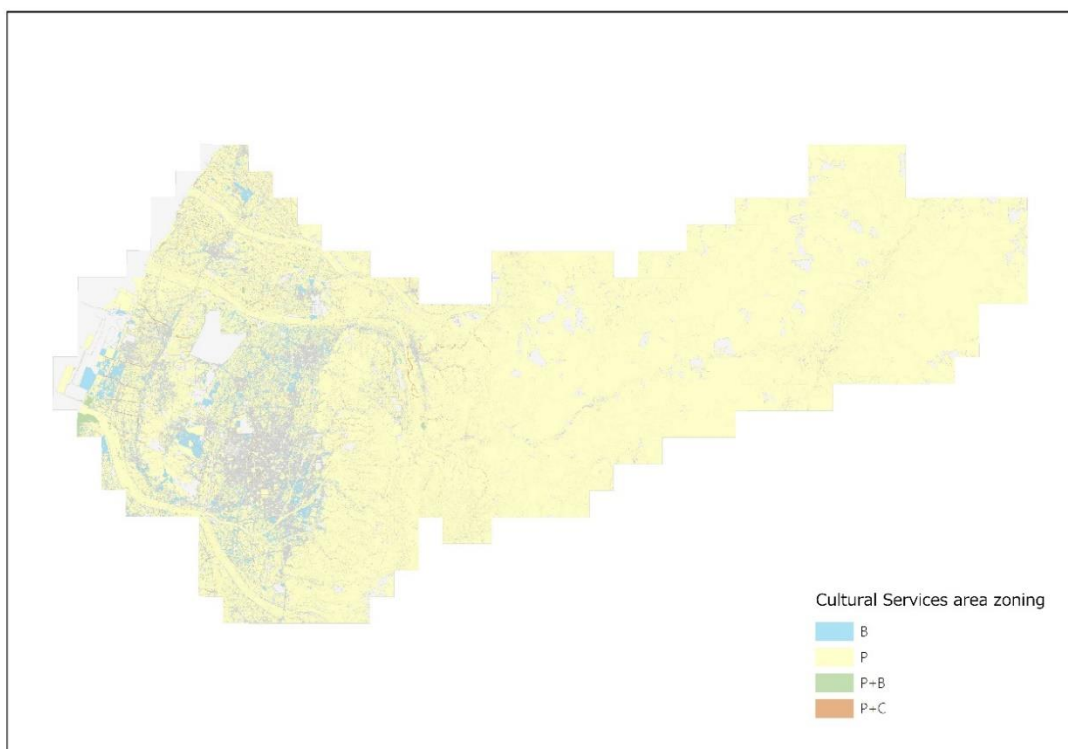


圖 19 文化服務功能分區圖

### 第三節 景觀生態空間評值

本研究利用土地使用現況為基礎資料進行景觀生態空間評值，最後將類別層級(class level)之各項景觀指數透過配對比較法得到權重後，進行權重之加總計算，即代表該類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重，再依據權重值分為低、中、高三個級別，製作景觀生態空間評值分級共兩項圖表。

景觀生態空間評值之景觀指數採用類別層級(class level)與景觀層級(landscape level)，其中類別層級(class level)包含塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)、塊區數量(NP)、塊區密度(PD)、邊緣密度(ED)、景觀形狀指數(LSI)、最大塊區面積指數(LPI)、分維數(FRAC)、聚合度(AI)、分散指數(SPLIT)，共 9 項；景觀層級(landscape level)包含蔓延度(CONTAG)、Shannon's 多樣性指數(SHDI)、Shannon's 均勻度指數(SHEI)，共 3 項，總計 12 項景觀指數(詳見表 3)。因本研究僅討論景觀生態空間之關係，故剔除部分人為建造之土地使用現況類型，包含一般道路、兼工業使用住宅、宗教、法定文化資產及堤防，詳細分析結果如下：

#### 一、塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)

景觀指數之塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)依據景觀生態空間評值評估矩陣(詳見附件二)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重。

塊區類型所占景觀面積比例(PLAND) 是量測每一塊區類型(土地覆蓋類型)的範圍的指數，能進一步辨別基質及稀少的塊區類型(土地覆蓋類型)，並描繪景觀的均勻度、豐富度及優勢度，亦為量測景觀組成的重要指標。景觀指數之塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值權重以土地使用現況之竹針闊葉混淆林類型(25)為最高，其塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)數值顯示竹針闊葉混淆林類型佔整體景觀(各類型土地使用)43.25 個百分比，即表示台中市約一半的土地使用現況由此類型組成；溼地及湖泊類型(0)為最低，其景觀指數數值表示溼地及湖泊類型佔整體景觀(各類型土地使用)0.00 個百分比，即表示台中市幾乎沒有此類型之土地(由於本研究採四捨五入至小數點後第二位，因此數值 0 表示極少而非完全沒有)。(詳見表 25 塊區類型所占景觀面積比例景觀生態空間評值權重表、圖 20 塊區類型所占景觀面積比例景觀生態空間評值圖)



表 25 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)數值	塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值權重
020104	竹針闊葉混淆林	43.25	25
010103	常綠果樹	9.54	24
020101	針葉林	9.08	24
010101	水稻田	8.41	23
010102	旱作	5.35	21
020102	闊葉林	5.35	21
090300	草生地	5.12	20
040400	灘地	2.53	17
040101	河川	1.93	15
070201	公園綠地廣場	1.07	15
020103	竹林	0.54	13
040200	溝渠	0.52	13
010104	雜作地	0.18	11
010200	水產養殖	0.14	8
040303	蓄水池	0.09	7
010301	畜禽舍	0.10	6
020302	苗圃	0.05	5
090500	灌木林	0.05	5
010302	牧場	0.04	3
040503	水庫	0.01	2
040302	湖泊	0.00	0
090200	溼地	0.00	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

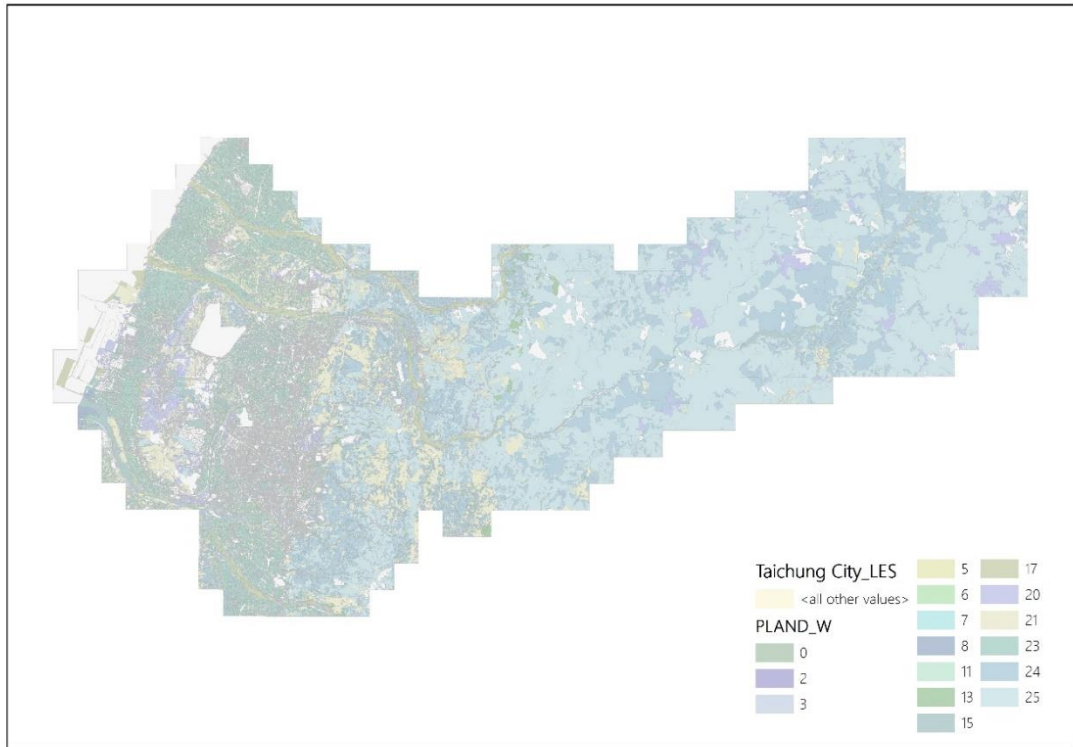


圖 20 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評估圖

## 二、塊區數量(NP)

塊區數量(NP)依據景觀生態空間評估矩陣(詳見附件三)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評估之權重。

塊區數量(NP)是量測景觀格局之異質性和破碎度的指數，某一塊區類型中塊區數量對某些生態過程來說非常重要，亦可由此指數之變化看出塊區之聚集與破碎的變化。景觀指數之塊區數量(NP)景觀生態空間評估權重以土地使用現況之草地類型(25)為最高，其塊區數量(NP)數值顯示草地類型數量為(各類型土地使用) 20816.00，即台中市土地使用現況組成中此類型的土地有 20816.00 個塊區；溼地及水庫類型(0)為最低，其塊區數量(NP)數值表示草地類型數量為(各類型土地使用) 5.00，即台中市土地使用現況組成中此類型的土地有僅有 5 個塊區；。(詳見表 26 塊區數量景觀生態空間評估權重表、圖 21 塊區數量景觀生態空間評估圖)

表 26 塊區數量(NP)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	塊區數量(NP)數值	塊區數量(NP) 景觀生態空間評值權重
090300	草生地	20816.00	25
010102	旱作	16879.00	22
040200	溝渠	12045.00	22
010103	常綠果樹	9377.00	21
040101	河川	6425.00	20
010101	水稻田	4359.00	19
020102	闊葉林	4144.00	18
070201	公園綠地廣場	1845.00	16
020104	竹針闊葉混淆林	1579.00	15
040400	灘地	966.00	13
010104	雜作地	1281.00	12
010301	畜禽舍	1057.00	12
040303	蓄水池	966.00	12
020101	針葉林	736.00	8
020103	竹林	675.00	8
010302	牧場	300.00	7
010200	水產養殖	165.00	6
090500	灌木林	128.00	5
020302	苗圃	26.00	3
040302	湖泊	9.00	2
040503	水庫	5.00	0
090200	溼地	5.00	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

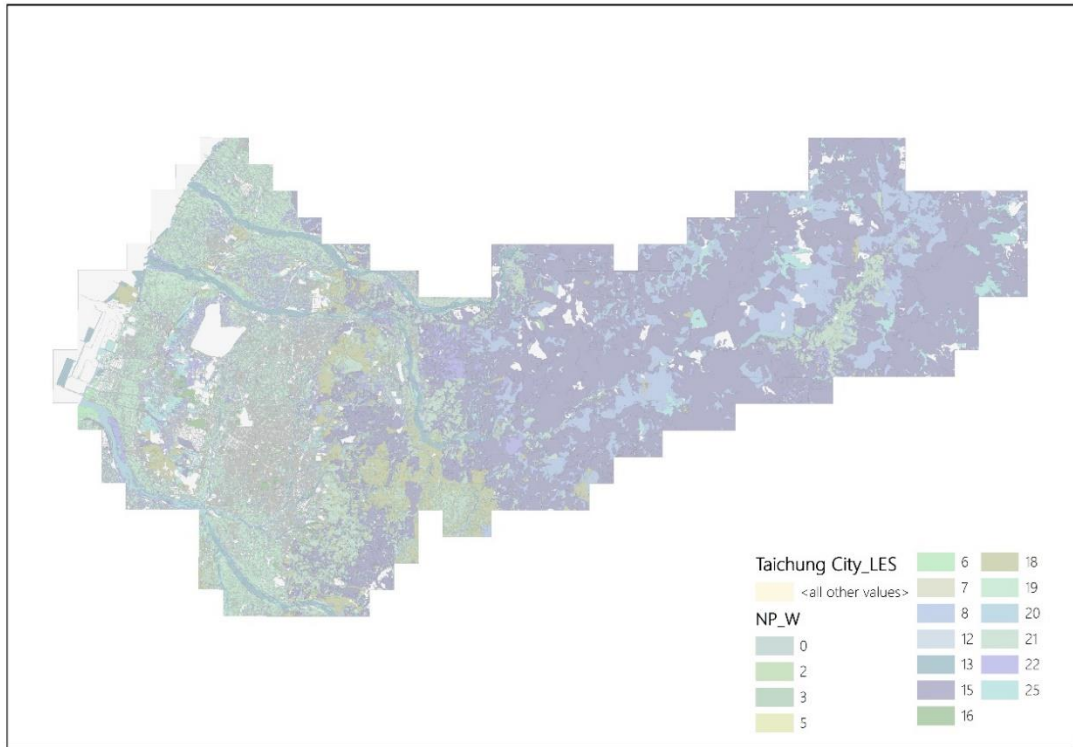


圖 21 塊區數量(NP)景觀生態空間評值圖

### 三、塊區密度(PD)

塊區密度(PD)依據景觀生態空間評值評估矩陣(詳見附件四)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重。

塊區密度(PD)是量測景觀格局的基礎數據，與塊區數量(NP)具有相同功能，並且能反映單位面積上的塊區數量，若結合塊區密度(PD)與塊區數量(NP)則能量化景觀結構與破碎化的基本組成。景觀指數之塊區密度(PD)景觀生態空間評值權重以土地使用現況之草生地類型(25)為最高，其塊區密度(PD)數值顯示草生地類型為 8.78 個/100hm<sup>2</sup>，即台中市每 100 公頃範圍內約有 9 塊草生地類型之土地使用，且此類型為台中市土地使用現況中塊區密度最高之土地使用現況；湖泊類型(0)為最低，其景觀指數數值表示湖泊類型為 0.00 個/100hm<sup>2</sup>(由於本研究採四捨五入至小數點後第二位，因此數值 0 表示極低而非完全沒有)，即台中市每 100 公頃範圍內幾乎沒有湖泊類型之土地使用，且此類型為台中市土地使用現況中塊區密度最低之土地使用現況。(詳見表 27 塊區密度景觀生態空間評值權重表、圖 22 塊區密度景觀生態空間評值圖)

表 27 塊區密度(PD)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	塊區密度(PD)數值	塊區密度(PD) 景觀生態空間評值權重
090300	草生地	8.78	25
010102	旱作	7.12	23
010103	常綠果樹	3.96	21
010101	水稻田	1.84	19
040101	河川	2.71	19
020102	闊葉林	1.75	18
040200	溝渠	5.08	18
070201	公園綠地廣場	0.78	16
020104	竹針闊葉混淆林	0.67	15
010104	雜作地	0.54	14
010301	畜禽舍	0.45	12
040303	蓄水池	0.41	10
020101	針葉林	0.31	9
010302	牧場	0.13	7
020103	竹林	0.28	7
010200	水產養殖	0.07	6
090500	灌木林	0.05	5
020302	苗圃	0.01	3
040400	灘地	0.41	1
040503	水庫	0.00	1
090200	溼地	0.00	1
040302	湖泊	0.00	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

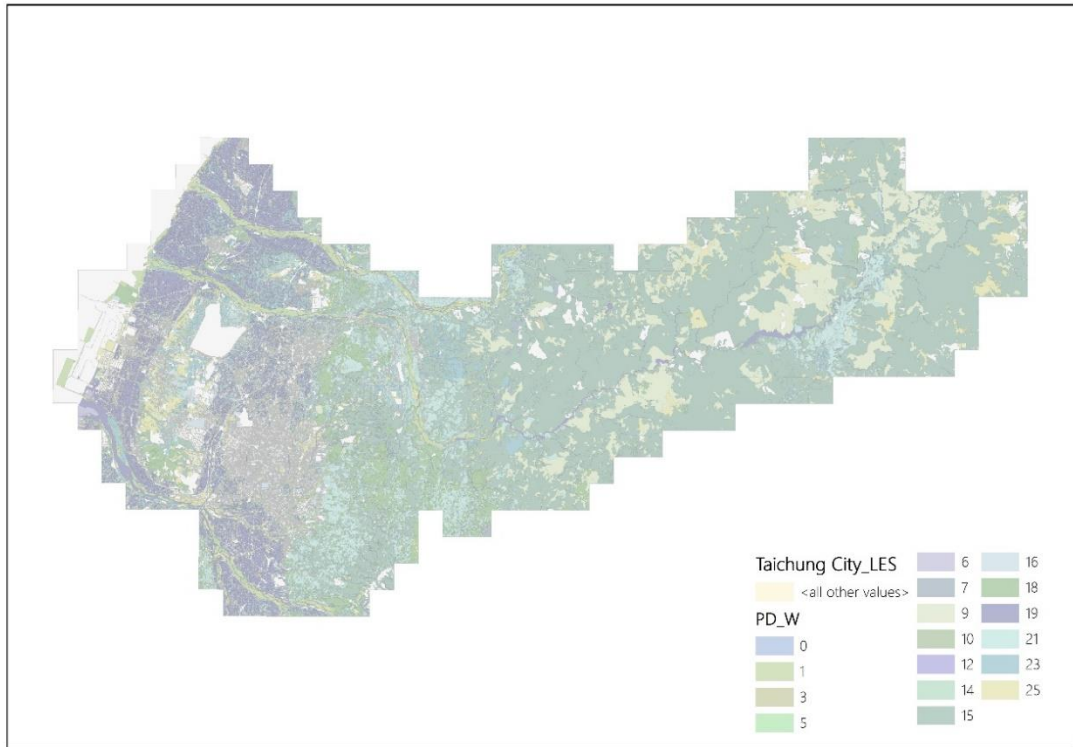


圖 22 塊區密度(PD)景觀生態空間評值圖

#### 四、邊緣密度(ED)

邊緣密度(ED)依據景觀生態空間評值評估矩陣(詳見附件五)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重。

邊緣密度(ED)量測的是塊區在景觀中豐富度的指數，也是量測景觀組成的重要指標。景觀指數之邊緣密度(ED)景觀生態空間評值權重以土地使用現況之竹針闊葉混淆林類型(25)為最高，其邊緣密度(ED)數值顯示竹針闊葉混淆林類型為  $32.44\text{m}/\text{hm}^2$ ，即台中市每公頃範圍內有約 32 公尺為竹針闊葉混淆林類型之邊緣；溼地及湖泊類型(0)為最低，其景觀指數數值表示溼地及湖泊類型為  $0.00\text{m}/\text{hm}^2$ ，即台中市每公頃範圍內幾乎沒有溼地及湖泊類型之邊緣。(詳見表 28 邊緣密度景觀生態空間評值權重表、圖 23 邊緣密度景觀生態空間評值圖)

表 28 邊緣密度(ED)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	景觀指數數值	邊緣密度(ED) 景觀生態空間評值權重
020104	竹針闊葉混淆林	32.44	25
010101	水稻田	31.93	24
010103	常綠果樹	31.55	23
010102	旱作	28.66	21
090300	草生地	25.66	21
020102	闊葉林	14.63	19
040101	河川	11.52	18
020101	針葉林	9.33	17
040200	溝渠	7.66	15
070201	公園綠地廣場	3.74	14
040400	灘地	6.29	13
020103	竹林	1.96	12
010104	雜作地	1.49	10
010301	畜禽舍	0.84	9
040303	蓄水池	0.75	8
010200	水產養殖	0.36	7
090500	灌木林	0.30	6
010302	牧場	0.28	5
020302	苗圃	0.11	3
040503	水庫	0.02	2
040302	湖泊	0.01	0
090200	溼地	0.01	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位



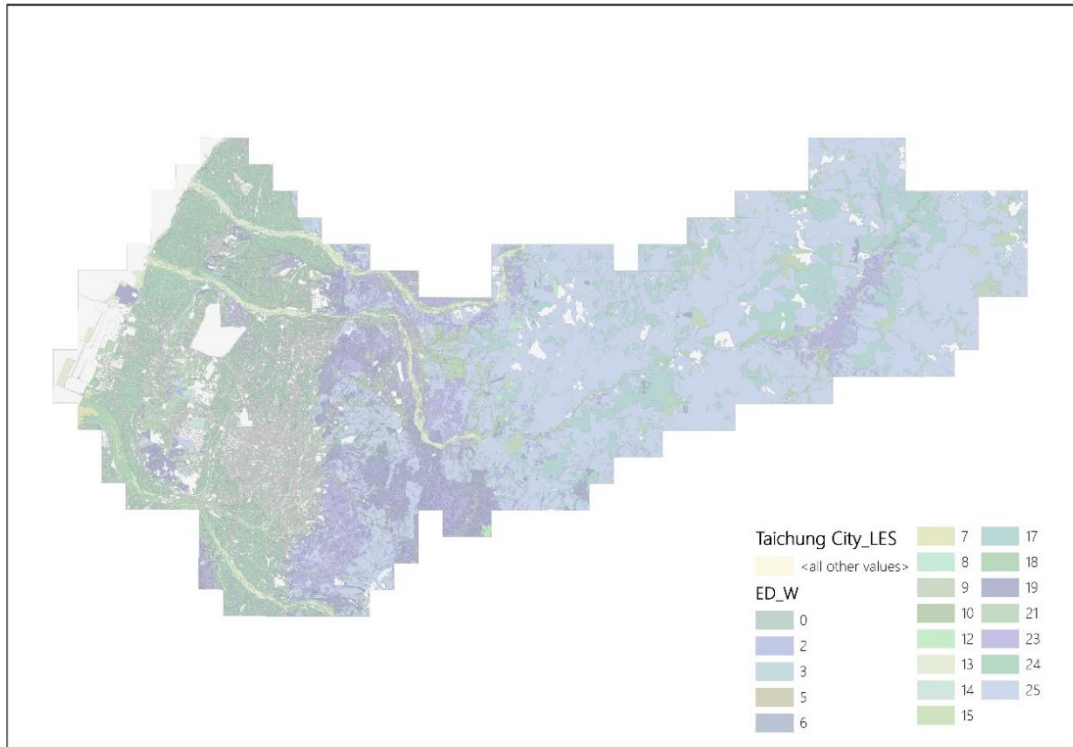


圖 23 邊緣密度(ED)景觀生態空間評值圖

### 五、景觀形狀指數(LSI)

景觀形狀指數(LSI)依據景觀生態空間評值評估矩陣(詳見附件六)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重。

景觀形狀指數(LSI)通過塊區類型的邊緣長度計算，是量測景觀形狀的指數，可以描述類型聚集度，其中嵌塊體形狀會影響邊緣效應的大小和性質，當形狀越複雜受邊緣效應影響棲地越多，亦對會影響跨界的生態過程。景觀指數之景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評值權重以土地使用現況之旱作類型(25)為最高，其景觀形狀指數(LSI)數值顯示旱作類型為 150.81，即台中市旱作類型之土地使用現況塊區不只一個且分布離散；溼地類型(0)為最低，其景觀指數數值表示溼地類型為 3.20，即台中市溼地類型之土地使用現況塊區不只一個但分布聚集(此處之離散與聚集程度是相較於台中市其他土地使用現況之類型)。(詳見表 29 景觀形狀指數景觀生態空間評值權重表、圖 24 景觀形狀指數景觀生態空間評值圖)

表 29 景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	景觀形狀指數(LSI)數值	景觀形狀指數(LSI) 景觀生態空間評值權重
010102	旱作	150.81	25
090300	草生地	137.99	23
010101	水稻田	134.01	22
040200	溝渠	128.64	21
010103	常綠果樹	124.31	20
040101	河川	100.95	19
020102	闊葉林	76.89	18
020104	竹針闊葉混淆林	60.03	16
070201	公園綠地廣場	43.95	14
040400	灘地	48.11	13
010104	雜作地	42.56	12
020101	針葉林	37.66	11
010301	畜禽舍	32.70	9
020103	竹林	32.50	9
040303	蓄水池	29.72	9
010302	牧場	17.98	7
090500	灌木林	15.79	6
010200	水產養殖	11.64	5
020302	苗圃	5.50	3
040503	水庫	3.53	2
040302	湖泊	3.26	1
090200	溼地	3.20	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

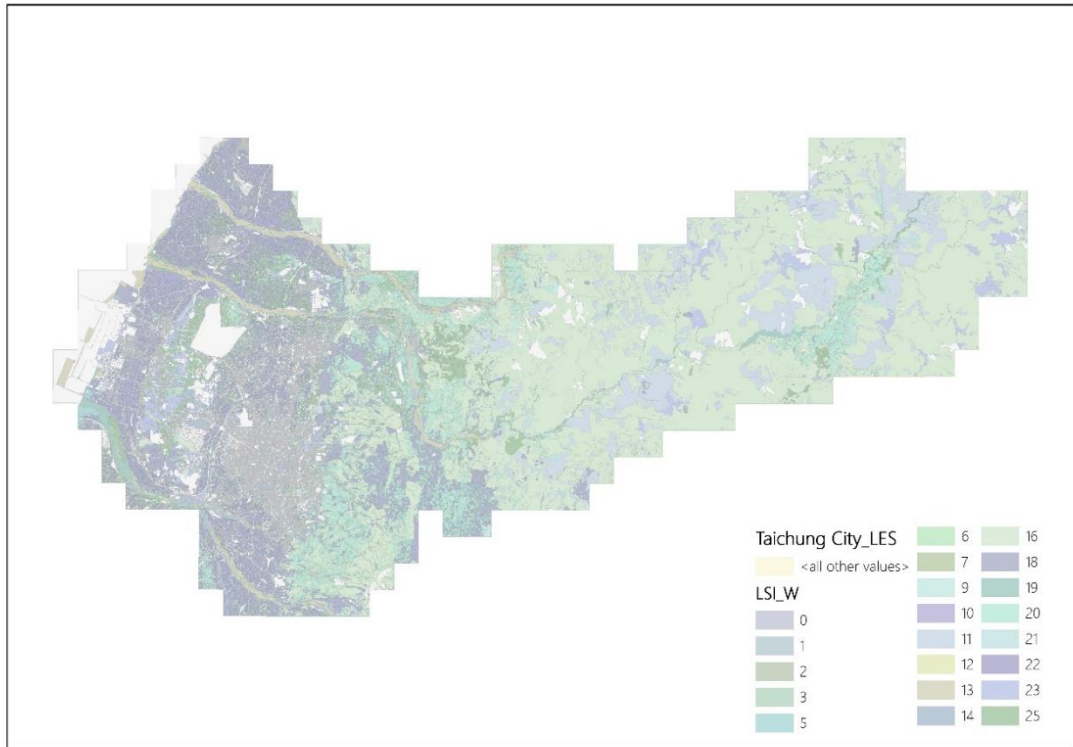


圖 24 景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評值圖

#### 六、最大塊區面積指數(LPI)

最大塊區面積指數(LPI)依據景觀生態空間評值評估矩陣(詳見附件七)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重。

最大塊區面積指數(LPI)是量測多大比例(百分比)的景觀面積是由該塊區類型的最大斑塊組成的，是可以用來描述景觀優勢度的指數。景觀指數之最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評值權重以土地使用現況之竹針闊葉混淆林類型(26)為最高，其最大塊區面積指數(LPI)數值顯示旱作類型為 19.85%，表示針竹針闊葉混淆林類型中的最大塊區，佔此類型土地使用現況總面積之 19.85%，且竹針闊葉混淆林類型是台中市土地使用現況中具有優勢的土地使用現況類型；雜作地、水庫、牧場、溼地及湖泊類型(0)為最低，其最大塊區面積指數(LPI)數值顯示雜作地、水庫、牧場、溼地及湖泊類型為 0.00%，表示雜作地、水庫、牧場、溼地及湖泊類型中的最大塊區，佔此各類型近乎 0%(由於本研究採四捨五入至小數點後第二位，因此數值 0 表示極低而非完全沒有)，且雜作地、水庫、牧場、溼地及湖泊類型是台中市土地使用現況中相對弱勢的土地使用現況類型(此處之優勢及弱勢是相較於台中市其他土地使用現況)。(詳見表 30 最大塊區面積指數景觀生態空間評值權重表、圖 25 最大塊區面積指數景觀生態空間評值圖)

表 30 最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	最大塊區面積指數(LPI) 數值	最大塊區面積指數(LPI) 景觀生態空間評值權重
020104	竹針闊葉混淆林	19.85	26
020101	針葉林	0.84	25
010103	常綠果樹	0.58	24
010101	水稻田	0.46	23
020102	闊葉林	0.42	22
010102	旱作	0.25	21
040101	河川	0.20	19
090300	草生地	0.19	18
040400	灘地	0.17	17
010200	水產養殖	0.08	15
070201	公園綠地廣場	0.07	14
020103	竹林	0.04	13
020302	苗圃	0.02	11
040200	溝渠	0.02	11
010301	畜禽舍	0.01	6
040303	蓄水池	0.01	6
090500	灌木林	0.01	6
010104	雜作地	0.00	0
010302	牧場	0.00	0
040302	湖泊	0.00	0
040503	水庫	0.00	0
090200	溼地	0.00	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

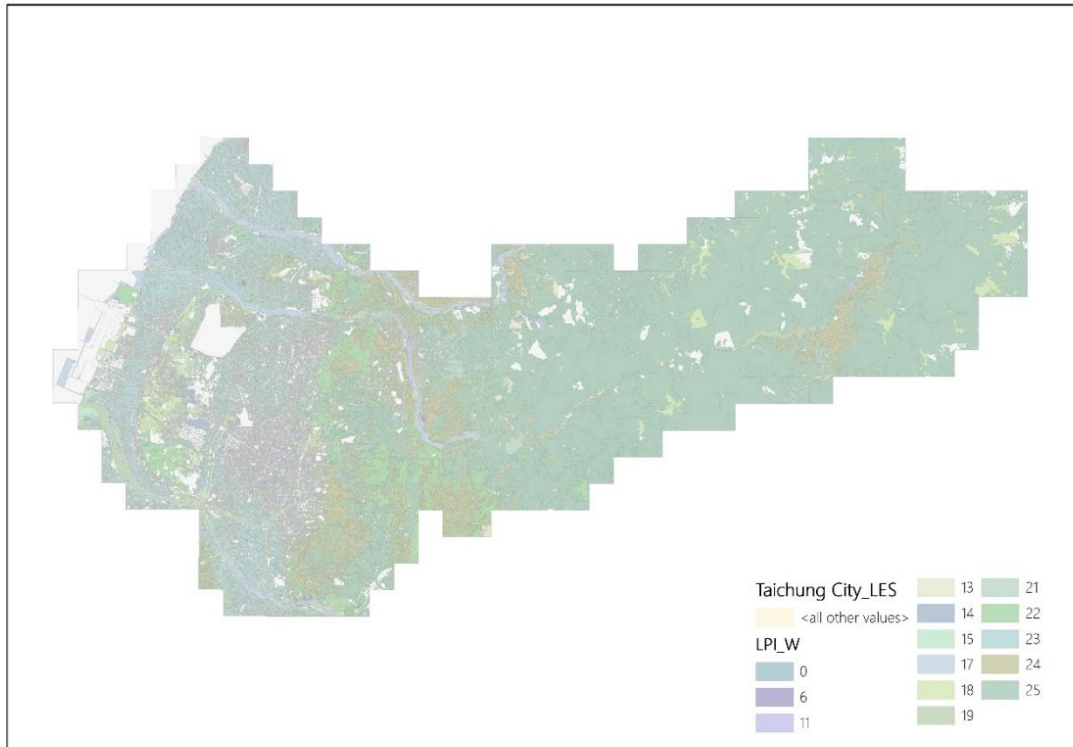


圖 25 最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評估圖

### 七、分維數(FRAC)

分維數(FRAC)依據景觀生態空間評估矩陣(詳見附件八)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評估之權重。

分維數(FRAC)能反應空間尺度範圍內的形狀複雜性，是形狀複雜性的量測指標。景觀指數之分維數(FRAC)景觀生態空間評估權重以土地使用現況之溝渠類型(21)為最高，其分維數(FRAC)數值顯示溝渠類型為 1.67，即台中市土地使用現況之溝渠類型形狀複雜性較高，此類型之周長較迂迴曲折；公園綠地廣場類型(1)為最低(權重為 0 之水庫、溝渠、溼地及湖泊類型，其景觀指數數值無法計算)，其分維數(FRAC)數值顯示公園綠地廣場類型為 1.21，即台中市土地使用現況之公園綠地廣場類型形狀複雜性較低，此類型之周長較接近簡單的幾何形狀。(詳見表 31 分維數景觀生態空間評估權重表、圖 26 分維數景觀生態空間評估圖)

表 31 分維數(FRAC)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	分維數(FRAC)數值	分維數(FRAC) 景觀生態空間評值權重
040200	溝渠	1.67	21
040101	河川	1.62	20
010101	水稻田	1.49	19
040400	灘地	1.42	18
020102	闊葉林	1.39	16
090500	灌木林	1.39	16
010102	旱作	1.38	12
010103	常綠果樹	1.38	12
090300	草生地	1.38	12
020104	竹針闊葉混淆林	1.37	11
010200	水產養殖	1.33	9
010104	雜作地	1.32	8
020103	竹林	1.33	8
010302	牧場	1.30	6
040303	蓄水池	1.28	6
010301	畜禽舍	1.27	4
020101	針葉林	1.27	4
020302	苗圃	1.25	2
070201	公園綠地廣場	1.21	1
040302	湖泊	N/A	0
040503	水庫	N/A	0
090200	溼地	N/A	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位; N/A 為無法計算



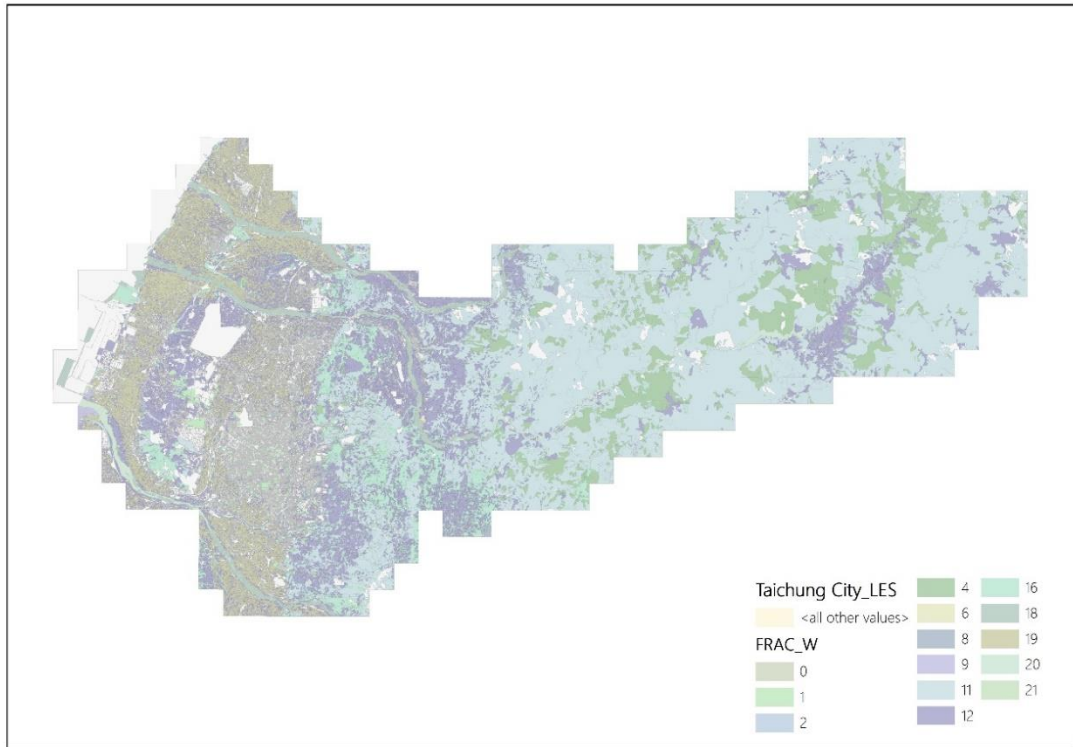


圖 26 分維數(FRAC)景觀生態空間評估圖

#### 八、聚合度(AI)

聚合度(AI)依據景觀生態空間評估評估矩陣(詳見附件九)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評估之權重。

聚合度(AI)是由節點矩陣中計算，量測的是不同塊區類型(包括相同類型之間的相似節點)相鄰出現在景觀上的概率。景觀指數之聚合度(AI)景觀生態空間評估權重以土地使用現況之竹針闊葉混淆林類型(26)為最高，其聚合度(AI)數值顯示竹針闊葉混淆林類型為 96.31%，即此類型之土地使用塊區相鄰出現機率為 96.31%，是台中市具有高聚集程度的土地使用現況類型；溝渠類型(0)為最低，其聚合度(AI)數值表示溝渠類型為 27.11%，即此類型之土地使用現況幾乎沒有塊區相鄰出現，是台中市較破碎(低聚集程度)的土地使用現況類型。(詳見表 32 聚合度景觀生態空間評估權重表、圖 27 聚合度景觀生態空間評估圖)



表 32 聚合度(AI)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	聚合度(AI)數值	聚合度(AI) 景觀生態空間評值權重
020104	竹針闊葉混淆林	96.31	26
020101	針葉林	94.99	25
020302	苗圃	91.87	24
010200	水產養殖	88.29	22
040400	灘地	87.80	22
020102	闊葉林	86.49	20
040503	水庫	85.41	19
010103	常綠果樹	83.57	18
070201	公園綠地廣場	82.87	17
020103	竹林	82.25	16
010101	水稻田	81.12	15
090300	草生地	75.05	14
010102	旱作	73.33	12
090500	灌木林	72.93	12
040302	湖泊	71.90	11
040101	河川	70.33	10
010302	牧場	62.43	9
010104	雜作地	59.64	6
040303	蓄水池	61.11	6
090200	溼地	61.18	6
010301	畜禽舍	57.54	5
040200	溝渠	27.11	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

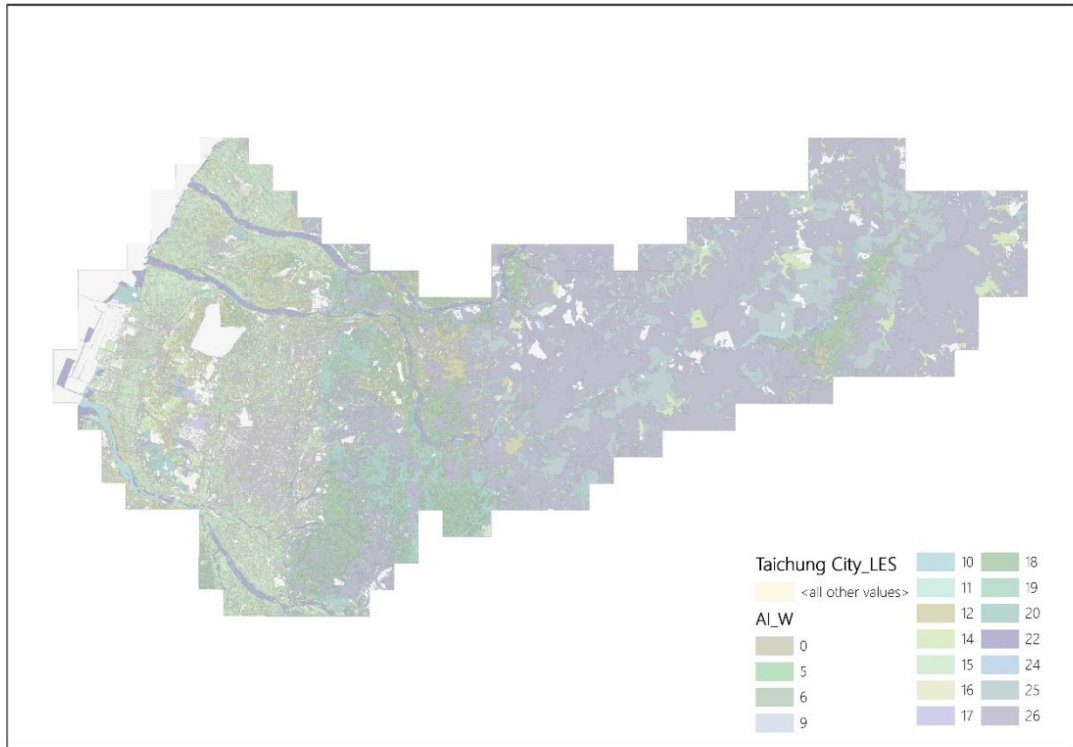


圖 27 聚合度(AI)景觀生態空間評值圖

### 九、分散指數(SPLIT)

分散指數(SPLIT)依據景觀生態空間評值評估矩陣(詳見附件十)進行配對比較法，比較 X、Y 軸之土地使用現況重要性，若 X 軸項目較 Y 軸項目重要則為 1，反之為 0，最後將其權重進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重。

分散指數(SPLIT)能表示有效網格的數量，或者說當該塊區類型細分為 S(the splitting index)塊區時，特定塊區大小下的塊區數目。景觀指數之分散指數(SPLIT)景觀生態空間評值權重以土地使用現況之溼地類型(26)為最高，其分散指數(SPLIT)數值表示溼地類型為 53033135631.46，即此類型之土地使用現況在台中市分布分散(聚集程度低)；竹針闊葉混淆林類型(0)為最低，其分散指數(SPLIT)數值表示竹針闊葉混淆林類型為 18.73，即此類型之土地使用現況在台中市分布較為聚集(分散程度低)。(詳見表 33 分散指數景觀生態空間評值權重表、圖 28 分散指數景觀生態空間評值圖)

表 33 分散指數(SPLIT)景觀生態空間評值權重表

編號	土地使用現況分類	分散指數(SPLIT)數值	分散指數(SPLIT) 景觀生態空間評值權重
090200	溼地	53033135631.46	26
040302	湖泊	15398217450.89	25
040503	水庫	660420161.55	24
010302	牧場	234187172.57	22
010301	畜禽舍	126582594.64	21
010104	雜作地	117329161.86	20
040303	蓄水池	71670788.58	18
090500	灌木林	68223605.84	18
040200	溝渠	15990336.82	16
020302	苗圃	11502347.22	14
020103	竹林	1501581.79	13
010200	水產養殖	1373981.46	12
070201	公園綠地廣場	865344.14	11
010102	旱作	71915.99	7
040101	河川	81007.32	7
090300	草生地	62661.08	6
040400	灘地	50199.04	5
020102	闊葉林	14547.14	4
010101	水稻田	11062.66	3
010103	常綠果樹	7311.93	2
020101	針葉林	3753.78	1
020104	竹針闊葉混淆林	18.73	0

註:本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

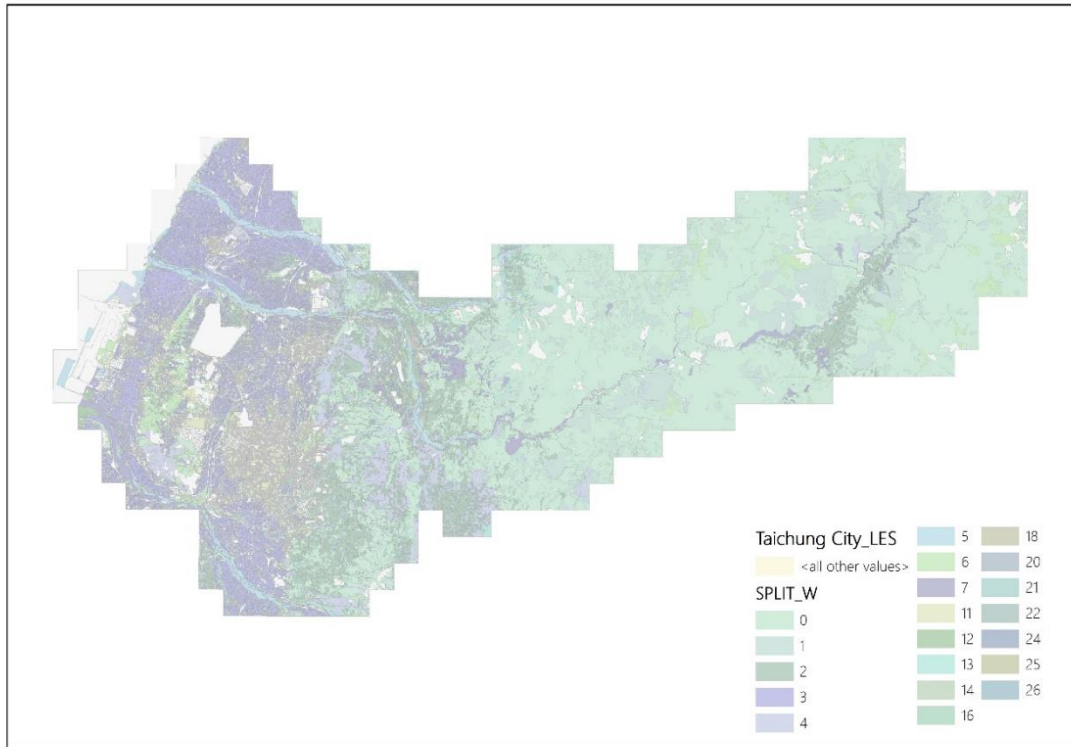


圖 28 分散指數(SPLIT)景觀生態空間評值圖

#### 十、景觀層級(landscape level)之景觀指數

景觀層級(landscape level)之景觀指數包含蔓延度(CONTAG)、Shannon's 多樣性指數(SHDI)及 Shannon's 均勻度指數(SHEI)，將此 3 項指數以台中市為基礎進行計算，以下將針對各項指數進行說明：

##### (一) 蔓延度(CONTAG)

蔓延度(CONTAG)是量測在給定塊區類型數情況下，實際觀測蔓延度與其最大值之間的比值，受到塊區類型離散狀況和間斷分布狀況的影響，當塊區密度值很低，如當某一塊區類型在景觀中的比例很高時，蔓延度指數就較高。本研究結果顯示，台中市之蔓延度(CONTAG)為 60.5293。

##### (二) Shannon's 多樣性指數(SHDI)

Shannon's 多樣性指數(SHDI)在計算生態群落多樣性時應用十分廣泛，相關研究大多將此指數應用於計算景觀多樣性，相較於 Simposon's 多樣性指數(SIDI)，對稀有塊區類型的敏感性較佳。本研究結果顯示，台中市之 Shannon's 多樣性指數(SHDI)為 2.0405。

##### (三) Shannon's 均勻度指數(SHEI)

Shannon's 均勻度指數(SHEI)反映的是景觀中不同塊區類型面積比重的均衡度與其最大值的比值。本研究結果顯示，台中市之 Shannon's 均勻度指數(SHEI)為 0.6191。

### 十一、景觀生態空間評值

本研究利用土地使用現況依據景觀指數評值景觀生態空間，計算類別層級(class level)之景觀指數，最後將各項土地使用現況權重值進行加總，即代表此類型土地使用現況在景觀生態空間評值之權重，並依據最後加總之權重值分為低、中、高三個級別，製作景觀生態空間評值圖表。

景觀生態空間評值結果將加總權重 33 至 68 者歸類為低級別，69 至 124 歸類為中級別，125 至 167 者歸類為高級別。屬於低級別之土地使用現況類型包含溼地(33)、湖泊(39)、水庫(50)、牧場(66)、苗圃(68)，屬於中級別之土地使用現況類型包含灌木林(79)、蓄水池(83)、畜禽舍(84)、水產養殖(90)、雜作地(93)、竹林(99)、公園綠地廣場(118)、灘地(119)、針葉林(124)，屬於高級別之土地使用現況類型包含溝渠(137)、河川(147)、闊葉林(156)、竹針闊葉混淆林(158)、草地(164)、旱作(164)、常綠果樹(165)、水稻田(167)。(詳見表 34 景觀生態空間評值分級表、圖 29 景觀生態空間評值分級圖)

表 34 景觀生態空間評值分級表

級別	景觀生態空間評值 加總權重	編號	土地使用現況分類
低	33	090200	溼地
	39	040302	湖泊
	50	040503	水庫
	66	010302	牧場
	68	020302	苗圃
中	79	090500	灌木林
	83	040303	蓄水池
	84	010301	畜禽舍
	90	010200	水產養殖
	93	010104	雜作地
	99	020103	竹林
	118	070201	公園綠地廣場
	119	040400	灘地
	124	020101	針葉林
	高	137	040200
147		040101	河川
156		020102	闊葉林
159		020104	竹針闊葉混淆林
164		090300	草地
164		010102	旱作

級別	景觀生態空間評值 加總權重	編號	土地使用現況分類
高	165	010103	常綠果樹
	167	010101	水稻田

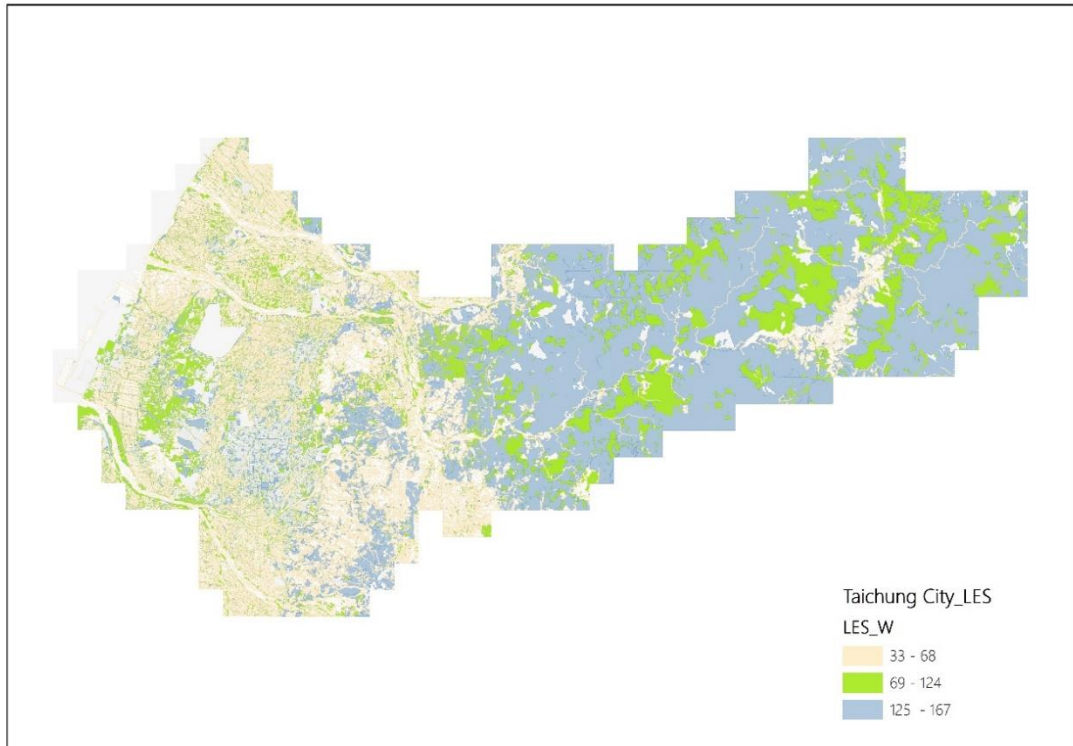


圖 29 景觀生態空間評值分級圖

#### 第四節 應用生態系統服務於景觀生態空間分區

本研究整合生態系統服務相關能力評估、生態系統服務功能分區指認及景觀生態空間評值分級結果，應用生態系統服務於景觀生態空間分區，並以土地使用現況類型為基礎，對應景觀生態空間評值低、中、高三個級別之生態系統服務相關能力及生態系統服務功能分區，製作台中市整合生態系統服務及景觀生態空間分區的比對表格。

研究結果顯示屬景觀生態空間低級別者依序排列為濕地、湖泊、水庫、牧場及苗圃等土地使用現況，濕地類型之生態系統服務相關能力支持服務為 30.9、調節服務為 30.3、供給服務為 15.5、文化服務為 11.1，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；湖泊類型之生態系統服務相關能力支持服務為 23.1、調節服務為 24.9、供給服務為 17.8、文化服務為 11.4，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；水庫類型之生態系統服務相關能力支持服務為 13.6、調節服務為 13、供給服務為 12、文化服務為 6.1，生態系統服務功能分區之支持服務屬服務受益區、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；牧場類型之生態系統服務相關能力支持服務為 3.6、調節服務為 2.4、供給服務為 11.5、文化服務為 8.1，生態系統服務功能分區之支持服務與調節服務屬服務受益區、調節服務與文化服務屬服務供給區及受益區；苗圃類型之生態系統服務相關能力支持服務為 8.9、調節服務為 7.4、供給服務為 0.8、文化服務為 5.5，生態系統服務功能分區之支持服務為服務受益區、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區。

研究結果顯示屬景觀生態空間中級別者依序排列為灌木林、蓄水池、畜禽舍、水產養殖、雜作地、竹林、公園綠地及廣場、灘地及針葉林等土地使用現況，灌木林類型之生態系統服務相關能力支持服務為 26.8、調節服務為 31、供給服務為 15、文化服務為 8.8，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；蓄水池類型之生態系統服務相關能力支持服務為 6.8、調節服務為 11.4、供給服務為 8.9、文化服務為 2.8，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務皆屬服務供給區、文化服務屬服務供給區及受益區；水產養殖類型之生態系統服務相關能力支持服務為 3.6、調節服務為-5.4、供給服務為 18.3、文化服務為 4.9，生態系統服務功能分區之支持服務、供給服務屬服務受益區、調節服務屬服務供給區、文化服務屬服務供給及受益區；雜作林類型之生態系統服務相關能力支持服務為 13.3、調節服務為 8.9、供給服務為 7.6、文化服務為 4，生態系統服務功能分區之支持服務屬服務受益區、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；竹林類型之生態系統服務相關能力支持服務為 21.6、調節服務為 26.6、供給服務為 16.5、文化服務為 8.4，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；公園綠地及廣場類型之生態系統服務相關能力支持服務為 9.1、調節服務為 9.3、供給服務為-1.6、文化服務為 7.9，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；灘地類型之生態系統服務相關能力支持服務為 24.9、調節服務為 21.4、



供給服務為 7.4、文化服務為 8，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；針葉林類型之生態系統服務相關能力支持服務為 22.8、調節服務為 28.1、供給服務為 15.1、文化服務為 9，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區。

研究結果顯示屬景觀生態空間高級別者依序排列為溝渠、河川、闊葉林、竹針闊葉混淆林、草生地、旱作、常綠果樹及水稻田等土地使用現況，溝渠類型之生態系統服務相關能力支持服務為 5.8、調節服務為 7.9、供給服務為 3.8、文化服務為 0，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務皆屬於服務連接區、文化服務屬服務供給與連接區；河川類型之生態系統服務相關能力支持服務為 23.9、調節服務為 26.1、供給服務為 21.5、文化服務為 10.3，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務及文化服務皆屬服務供給區、供給服務屬服務供給及連接區；闊葉林類型之生態系統服務相關能力支持服務為 24.6、調節服務為 30、供給服務為 15.9、文化服務為 9.4，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；竹針闊葉混淆林類型之生態系統服務相關能力支持服務為 26.3、調節服務為 29.6、供給服務為 15.4、文化服務為 8.5，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；草生地類型之生態系統服務相關能力支持服務為 22.6、調節服務為 20、供給服務為 2.5、文化服務為 7.1，生態系統服務功能分區之支持服務、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區；旱作類型之生態系統服務相關能力支持服務為 7.5、調節服務為 7.6、供給服務為 11.4、文化服務為 4.8，生態系統服務功能分區之支持服務及供給服務屬服務受益區、調節服務及文化服務屬服務供給區；常綠果樹類型之生態系統服務相關能力支持服務為 15.1、調節服務為 13.9、供給服務為 12.4、文化服務為 5.6，生態系統服務功能分區之支持服務及供給服務屬服務受益區、調節服務及文化服務屬服務供給區；水稻田類型之生態系統服務相關能力支持服務為 11.4、調節服務為 11.5、供給服務為 13、文化服務為 6.4，生態系統服務功能分區之支持服務屬服務受益區、調節服務、供給服務及文化服務皆屬服務供給區(詳見表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表)。

表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表

景觀生態 空間評值級別	土地使用現況分類	生態系統服務相關能力	生態系統服務功能分區	
低	溼地	支持服務	30.9	服務供給區
		調節服務	30.3	服務供給區
		供給服務	15.5	服務供給區
		文化服務	11.1	服務供給區
	湖泊	支持服務	23.1	服務供給區
		調節服務	24.9	服務供給區
		供給服務	17.8	服務供給區

景觀生態 空間評值級別	土地使用現況分類	生態系統服務相關能力	生態系統服務功能分區		
低	水庫	文化服務	11.4	服務供給區	
		支持服務	13.6	服務受益區	
		調節服務	13	服務供給區	
		供給服務	12	服務供給區	
		文化服務	6.1	服務供給區	
	牧場	支持服務	3.6	服務受益區	
		調節服務	2.4	服務供給及受益區	
		供給服務	11.5	服務受益區	
		文化服務	8.1	服務供給及受益區	
	苗圃	支持服務	8.9	服務受益區	
		調節服務	7.4	服務供給區	
		供給服務	0.8	服務供給區	
		文化服務	5.5	服務供給區	
	中	灌木林	支持服務	26.8	服務供給區
			調節服務	31	服務供給區
供給服務			15	服務供給區	
文化服務			8.8	服務供給區	
蓄水池		支持服務	6.8	服務供給區	
		調節服務	11.4	服務供給區	
		供給服務	8.9	服務供給區	
畜禽舍		文化服務	2.8	服務供給及受益區	
		支持服務	-5.8	服務受益區	
		調節服務	-9	服務受益區	
水產養殖		供給服務	4.4	服務受益區	
		文化服務	1.6	服務供給及受益區	
		支持服務	3.6	服務受益區	
		調節服務	-5.4	服務供給區	
		供給服務	18.3	服務受益區	
雜作地	文化服務	4.9	服務供給及受益區		
	支持服務	13.3	服務受益區		
	調節服務	8.9	服務供給區		
竹林	供給服務	7.6	服務供給區		
	文化服務	4	服務供給區		
		支持服務	21.6	服務供給區	
		調節服務	26.6	服務供給區	

景觀生態 空間評值級別	土地使用現況分類	生態系統服務相關能力	生態系統服務功能分區	
中	公園綠地廣場	供給服務	16.5	服務供給區
		文化服務	8.4	服務供給區
		支持服務	9.1	服務供給區
		調節服務	9.3	服務供給區
		供給服務	-1.6	服務供給區
		文化服務	7.9	服務供給區
	灘地	支持服務	24.9	服務供給區
		調節服務	21.4	服務供給區
		供給服務	7.4	服務供給區
		文化服務	8	服務供給區
	針葉林	支持服務	22.8	服務供給區
		調節服務	28.1	服務供給區
		供給服務	15.1	服務供給區
		文化服務	9	服務供給區
	溝渠	支持服務	5.8	服務連接區
		調節服務	7.9	服務連接區
供給服務		3.8	服務連接區	
文化服務		0	服務供給及連接區	
河川	支持服務	23.9	服務供給區	
	調節服務	26.1	服務供給區	
	供給服務	21.5	服務供給及連接區	
	文化服務	10.3	服務供給區	
闊葉林	支持服務	24.6	服務供給區	
	調節服務	30	服務供給區	
	供給服務	15.9	服務供給區	
	文化服務	9.4	服務供給區	
竹針闊葉混淆林	支持服務	26.3	服務供給區	
	調節服務	29.6	服務供給區	
	供給服務	15.4	服務供給區	
	文化服務	8.5	服務供給區	
草生地	支持服務	22.6	服務供給區	
	調節服務	20	服務供給區	
	供給服務	2.5	服務供給區	
	文化服務	7.1	服務供給區	

景觀生態 空間評值級別	土地使用現況分類	生態系統服務相關能力		生態系統服務功能分區
高	旱作	支持服務	7.5	服務受益區
		調節服務	7.6	服務供給區
		供給服務	11.4	服務受益區
		文化服務	4.8	服務供給區
	常綠果樹	支持服務	15.1	服務受益區
		調節服務	13.9	服務供給區
		供給服務	12.4	服務受益區
		文化服務	5.6	服務供給區
	水稻田	支持服務	11.4	服務受益區
		調節服務	11.5	服務供給區
		供給服務	13	服務供給區
		文化服務	6.4	服務供給區

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究以生態系統服務的觀點討論景觀生態分區方法之建構，討論景觀生態學、景觀指數及生態系統服務等相關理論，應用其檢視台中市目前之景觀生態分區與生態系統服務能力，並將其操作方法分為四個部分，最後進行整合討論，第一部分為生態系統服務相關能力評估；第二部分為生態系統服務功能分區指認；第三部分為景觀生態空間評值；第四部分為整合分析結果討論台中市之景觀生態空間、生態系統服務能力與功能分區，以下將針對各部分進行結論說明：

#### 一、生態系統服務相關能力評估

生態系統服務相關能力之四項服務項目，包括支持、調節、供給及文化等能力，依據生態系統服務評估項目與說明表檢視其與土地使用類型之關係。支持服務相關能力以台中市土地使用現況之溼地類型為最高，溼地類型位於西側沿岸包括高美溼地野生動物保護區及大肚溪口野鳥保護區，其生態系統服務項目包括環境異質性(非生物異質性)、水循環、代謝效率、減少養分損失及土壤有機質貯存，溼地類型生態系統包含溼地、沼澤及紅樹林，此類型土地多位於陸水交界處，其能轉換並維持溼地區域內生物所需的能量，減少養分從生態系統的流失，使溼地生態系統之養分、能量及水得以儲存並在適當時機釋放及使用，供給不同的物種生存及提供合適棲息地，本研究認為透過濕地提供的支持服務維持生物資源與調節水循環，供給生態系統良好且重要的支持服務，支持生態系統的運行。調節服務相關能力以台中市土地使用現況之灌木類型為最高，灌木類型零散分布於台中市境內西半部，其生態系統服務項目包括區域氣候的調節、洪水防範及空氣品質的調節，灌木類型生態系統係指高度未達5公尺之低矮灌木形成之生態系統，此類型土地可單一存在、群聚或與其它類型土地比鄰，其對於生態系統周邊的風、溫度、降水與輻射具有調節能力，亦能調節生態系包含人類所受到的自然災害，如洪水、颱風與空氣汙染等，可以減緩環境及人的相互影響。供給服務相關能力以台中市土地使用現況之河川類型為最高，河川類型包含台中市南側之烏溪、北側之大安溪及境內之大甲溪、綠川、柳川、梅川、麻園頭溪等，係生態系統服務功能之供給服務中最穩定供給的土地使用類型，其生態系統服務項目包括農作物供給、牲畜供給、飼料供給、水產供給、水產養殖、野生食物、木材供給、燃料(薪柴)供給、能量(生物能量)、淡水供給，河川類型生態系統係指江、河、川、溪等水流經地域形成之生態系統，由於此類型土地狹長綿延，連接並橫跨許多不同類型之土地使用，供給生態系統之飼料、食用之動植物、水產、建材、燃料(薪柴)、能量、淡水等服務，本研究認為此類型之土地使用即為景觀生態學理論之「源(source)」。文化服務相關能力以台中市土地使用現況之湖泊類型為最高，湖泊類型多分布於台中市山區及河流流域，其生態系統服務項目為生物多樣性的文

化價值(圖騰、語彙)，湖泊類型生態系統係指該水域在當地天然形成或人工開挖之湖、泊形成之生態系統，此類型土地使用通常為水源中心，為水、陸及水陸交界之多樣生態空間，具有豐富的生態及環境資源，是易形成人類聚落與生物棲地之區域，能提供各種轉化語彙如原住民的圖騰、生活文化等，供給人類文明的文化服務，本研究可說明此類型土地促進生態系統與人類之互動。

## 二、生態系統服務功能分區指認

生態系統服務功能分區之指認項目，包括服務供給區(SPA)、服務受益區(SBA)及服務連接區(SCA)三項，服務供給區(SPA)在各項服務能力中多為台中市土地使用現況之針葉林、竹針闊葉混淆林、草生地、闊葉林、灘地、公園綠地廣場、竹林、灌木林、濕地、湖泊等類型，此類型土地多為原生之水域或陸域，為境內自然資源豐富且人為干擾較少之區域；在空間關係中(詳見第二章圖 2)，針葉林、竹針闊葉混淆林、草生地、闊葉林、竹林、灌木林等類型之林帶與草地，通常與服務受益區(SBA)有一定的距離，需透過服務連接區(SCA)串聯以提供生態系統之服務，如牧場類型之木材需藉由連接區從針葉林、竹針闊葉混淆林及闊葉林等類型之土地獲取；灘地、濕地及湖泊等水域或水陸交界之土地使用類型，大多與服務受益區(SBA)比鄰或部分重合，部分生態系統之服務可直接供給，部分需透過服務連接區(SCA)串聯，如濕地類型可直接供給溼地周邊水產養殖類型之水產需求、湖泊類型需透過連接供給兼工業使用住宅食用淡水魚之需求。服務受益區(SBA)在各項服務能力中多為宗教、兼工業使用住宅、畜禽舍、牧場等類型，此類型土地多與人類活動相關，部分為人造之生態或活動空間；在空間關係中(詳見第二章圖 2)，這類型之土地使用現況多無法完全自給自足，需透過輸入生態系統之服務以供給該區域的生存資源，其可能與服務供給區(SPA)比鄰、重合或部分重合，部分需透過服務連接區(SCA)串聯，如宗教類型之土地使用本身並無法產生此類服務，需藉由供給區提供，並藉由連接區運送，而宗教類型之土地使用常為人類聚集之聚落，需要乾淨的水源及食物等基本生存需求。服務連接區(SCA)在各項服務能力多為溝渠及河川等類型，此類型之土地使用多為帶狀之空間型態，並具備提供物質與能量移動之特性；在空間關係中(詳見第二章圖 2)，這類型之土地使用連結服務供給區(SPA)及服務受益區(SBA)，並作為傳輸服務之通道，如河流運送上游之水源供給至下游需求之畜禽舍與人類聚落。

## 三、景觀生態空間評值

本研究以景觀指數進行台中市整體景觀生態結構與區位之分析，透過配對比較法將塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)、塊區數量(NP)、塊區密度(PD)、邊緣密度(ED)、景觀形狀指數(LSI)、最大塊區面積指數(LPI)、分維數(FRAC)、聚合度(AI)、分散指數(SPLIT)等九項指標進行權重計算，最後透過權重加總得出台中市景觀生態空間之評值，本研究將以景觀生態空間評值較高

之水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型進行討論(詳見圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖)。

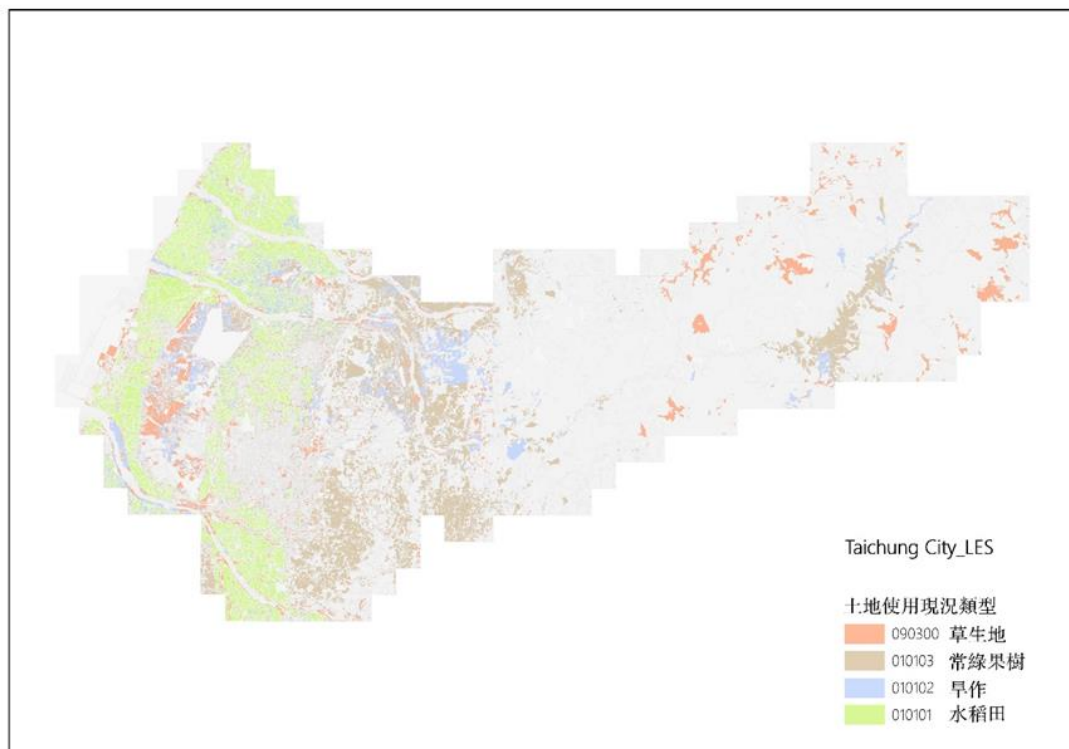


圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖

景觀生態空間評值高為土地使用現況之水稻田類型，其權重總和為 167，該類型之土地使用現況於九項景觀指標雖都非為最高值，但其景觀指數權重總和對於台中市景觀生態結構影響性為最高，主要分布於市中心以外之區域，集中於后里、大甲、清水、龍井、烏日及霧峰區(詳見圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖)，根據景觀生態學理論，水稻田類型之景觀結構由許多較小的塊區(水稻田)構成(詳見圖 31 塊區的效益圖)，小型塊區具有生態跳島之功能，利於物種棲息，亦具有涵養水份、蓄洪調節及庇護水鳥繁殖覓食等功能，但小型塊區易被其他塊區侵蝕，導致塊區數量減少甚至消失(詳見圖 32 地方性物種滅絕的可能性圖)，進而影響生物之棲息與覓食，目前台中市的土地使用現況中水稻田類型對於整體之景觀生態空間結構扮演極重要之角色，水稻田亦為農田生態系統之核心，因此適當的農業管理政策係能為水稻田類型保持較多的生物多樣性與棲地型態。



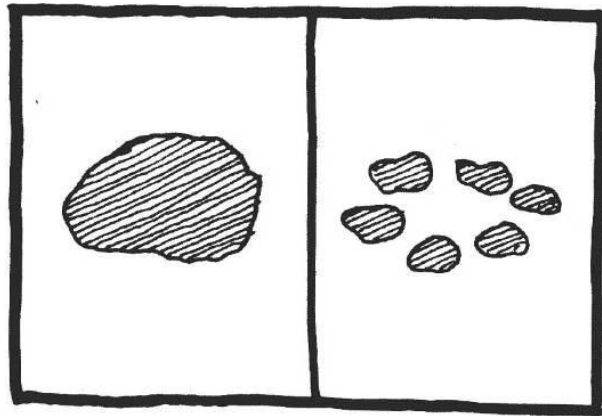


圖 31 塊區的效益(Patch benefit)圖 (Forman & Godorn, 1986)

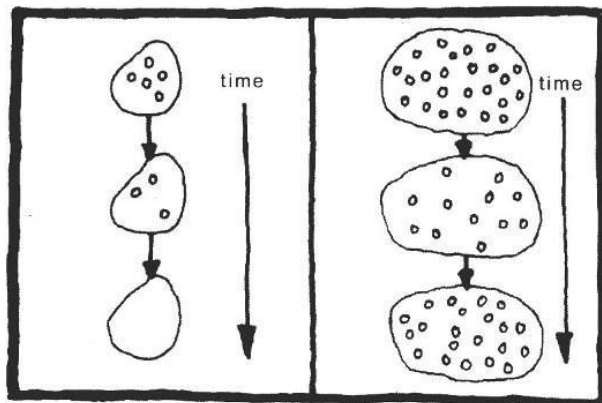


圖 32 地方性物種滅絕的可能性(Local extinction probability)圖 (Forman & Godorn, 1986)

景觀生態空間評值次之為常綠果樹類型，其權重總和為 165，果樹類型主要分布於台中市境內山區邊陲，集中於東勢、大坑、新社、太平及和平區(詳見圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖)，常綠果樹類型其景觀生態空間結構分布情形與水稻田類型相似，其餘九項景觀生態指數中並未出現最高值，但其景觀指數權重之總和為次佳，常綠果樹類型之景觀生態空間結構提供小型塊區與利於物種棲息之環境，常綠果樹類型對於台中市之景觀生態結構具有重要之影響性，分析結果顯示其大多位於都市邊陲之區域，並靠近竹針闊葉混淆林、闊葉林及針葉林等自然型態之土地使用類型，根據景觀生態學理論，其邊緣與邊界之影響效應(詳見圖 33 自然與人為邊界圖)對於其比鄰之土地使用現況類型特別重要，常綠果樹類型之土地使用現況邊界大都為人工邊界，呈現規則化的線條，幾何方正，直線型的邊界路徑單調，生物移動較為單一，若依照比鄰之土地使用現況進行管理，常綠果樹類型之土地使用現況應具備不規則的邊緣，在不規則邊緣的邊界上(詳見圖 34 直線型邊界與曲線型邊界圖)，生物移動的路徑較為多元，且具隱匿性，現況顯示常綠果樹類型之土地使用現況邊界植被結構組成單一並無複層之概念，若能增加邊界之植栽結構組成提高其多樣性，對於該區域之邊界物種極具重要性，亦可避免人為聚落對於竹針闊葉混淆林、針葉林及闊葉林等較為自然之土地使用現況類型的干擾。

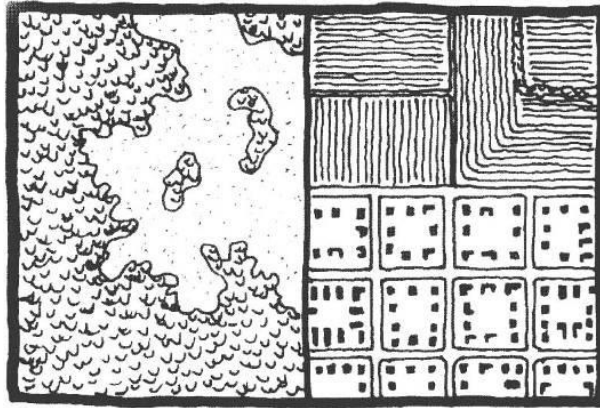


圖 33 自然與人為邊界(Natural and human edges)圖 (Forman & Godorn, 1986)

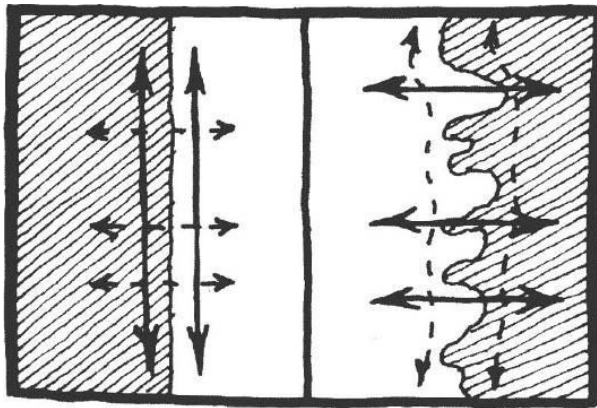


圖 34 直線型邊界與曲線型邊界(Straight and curvilinear boundaries)圖 (Forman & Godorn, 1986)

景觀生態空間評值第三為旱作類型與草生地類型其權重總和為 164，其中旱作類型主要分布於兩大區域，一部分位於都市邊陲與常綠果樹類型相接，靠近山區與竹針闊葉混淆林、闊葉林及針葉林等相接，另一部份位於西屯區與大肚山區域，大多與人類聚落相鄰(詳見圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖)，位於都市邊陲之旱作類型塊區，其比鄰之土地使用現況類型大多為竹針闊葉混淆林、針葉林及闊葉林等自然資源豐富且人為干擾較少之土地使用類型塊區，然其邊界過於規則與方正與人工(詳見圖 33 自然與人為邊界圖)，不利於旱作類型之物種遷徙與穿越；另一部分位於西屯區與大肚山區域之旱作塊區與人類聚落相鄰，其可營造為都市之生態跳島，增加都市區域之生態跳島數量提供物種遷徙及覓食之區域(詳見圖 35 生態跳島的串聯圖)。

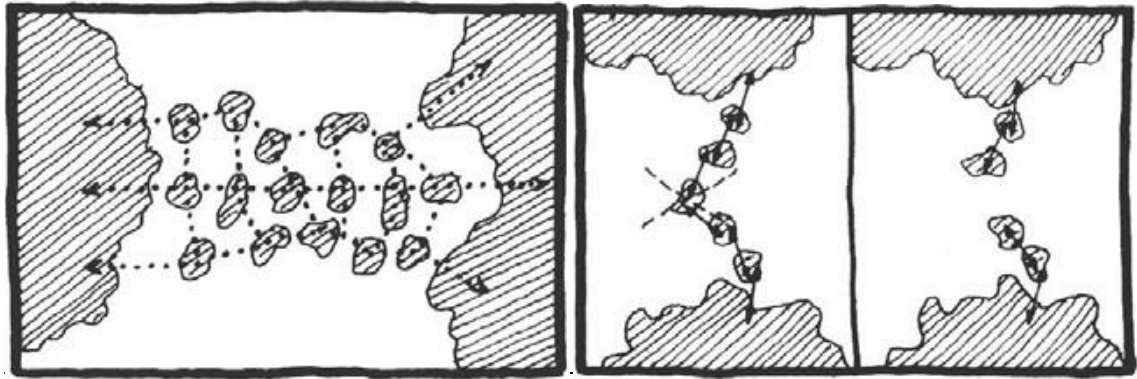


圖 35 生態跳島的串聯(Cluster of stepping stones)圖 (Forman & Godorn, 1986)

草生地類型主要分布於台中市境內之山區，集中於大肚山區域與東勢、新社與大坑區(詳見圖 30 水稻田、常綠果樹、旱作及草生地類型分布情形圖)，根據景觀指數分析景觀生態結構於東勢、新社及大坑區呈現最佳塊區形狀(詳見圖 36 生態學上最佳的塊區形狀圖)，最佳塊區之形狀必須有足夠的圓形中心區域來保護內部物種，又有曲線型的複雜邊界形狀，加上帶狀長型的景觀結構，如廊道形式的延伸塊區，不僅能夠提供多種生態利益，在物種傳播上的功能也有相當的效率。大肚山區域之草生地類型塊區呈現群聚之現象並形成有效之生物棲地，群聚的小型塊區能具有大型塊區的棲地功能(詳見圖 37 群聚塊區以形成棲地圖)，雖功能上仍不如大型斑塊具備較大的核心區域與緩衝帶，但足以提供小型物種生存與棲息。

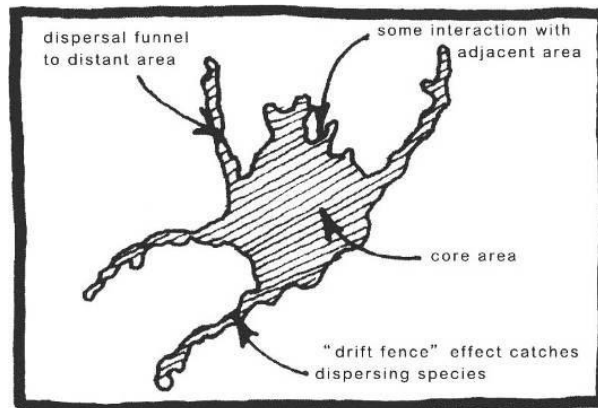


圖 36 生態學上最佳的塊區形狀(Ecologically "optimum" patch shape)圖 (Forman & Godorn, 1986)

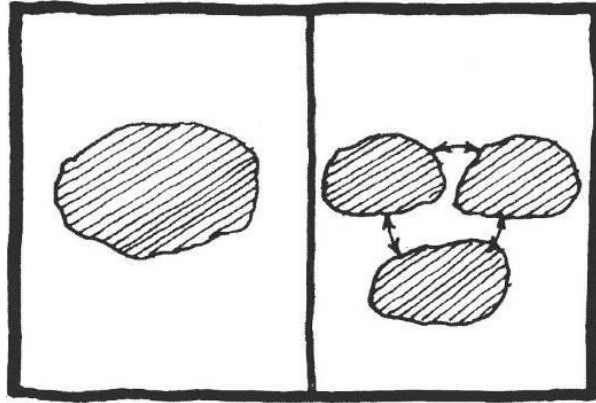


圖 37 群聚塊區以形成棲地(Grouped patches as habitat)圖 (Forman & Godorn, 1986)

#### 四、台中市整體景觀生態空間與生態系統服務

本研究之結果分析為檢驗生態系統服務觀點探討的景觀生態空間分區方法之應用性，以下分別依據表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表中的低、中、高景觀生態空間評值級別進行說明：

##### (一) 低級別之景觀生態空間

以台中市生態系統服務之景觀生態空間分區(詳見表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表)中土地使用之溼地類型為例，在各景觀指數計算之景觀生態空間評值結果中，多項景觀指數包括塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)、塊區數量(NP)、邊緣密度(ED)、景觀形狀指數(LSI)、最大塊區面積指數(LPI)及分維數(FRAC)指數都屬最低(0)，在整體景觀生態空間評值中屬於低級別，顯示溼地類型之土地使用在台中市景觀生態空間中數量稀少、形狀複雜性低，空間上分布不均勻且破碎分離，佔總體景觀面積比例小無明顯優勢；但依據生態系統服務相關能力顯示土地使用之溼地類型可以提供生態系統高度的支持服務，係指其可以供給生態系環境異質性(非生物異質性)、生物多樣性、水循環、代謝效率、太陽輻射能的獲取、減少養分損失及土壤有機質的貯存之支持服務，並且在生態系統服務功能分區定位上亦屬於服務供給區。

研究顯示若僅依景觀生態空間評值方法評估景觀生態空間之價值，其評價之溼地土地使用類型將屬於景觀生態空間評值不佳之區域，而加入生態系統服務觀點，溼地類型是生態系統服務的源(source)，表示其為多種生態系統服務產生與提供的區域，在生態系統服務包含景觀生態功能與過程中屬於功能良好且不可或缺之景觀生態空間，應在景觀規劃中保存並維持溼地類型之景觀生態空間。

##### (二) 中級別之景觀生態空間

以台中市生態系統服務之景觀生態空間分區(詳見表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表)中土地使用之灌木林、竹林及禽畜舍類型為例，其在整體景觀生態空間評值中屬於低級別，顯示灌木林、竹林及禽畜

舍類型在各項指數中較無特殊性，景觀指數計算之結果並非代表整體景觀中價值較高或較低；依據生態系統服務相關能力及功能分區的结果顯示，灌木林及竹林類型屬於各項服務之重要供給區，且灌木林可以提供生態系統高度的調節服務，係指其可以供給生態系區域氣候的調節、全球氣候的調節、洪水防範、地下水源的補給、空氣品質的調節、侵蝕調節、營養調節及水質淨化之調節服務，竹林類型則在生態系統服務功能分區上屬於服務供給區，供給項目包括支持、調節、供給及文化，其中以供給服務之能力為最高，而畜禽舍類型在各項服務能力中都屬於服務受益區，其中僅有文化服務之功能為服務受益與供給區，可提供服務供給與需求在空間上。

研究結果顯示若僅依景觀生態空間評值方法評估景觀生態空間，灌木林、竹林及禽畜舍類型在各景觀指數計算之景觀生態空間評值結果並無特殊生態價值，而加入以生態系統服務之觀點，灌木林、竹林及禽畜舍類型雖非生態系中最不可或缺之類型，但為具有其存在必要性的景觀生態空間，應在景觀規劃中予以保留或訂定適當的經營管理模式。

### (三) 高級別之景觀生態空間

以台中市生態系統服務之景觀生態空間分區(詳見表 35 基於生態系統服務之景觀生態空間分區表)中土地使用之竹針闊葉混淆林、溝渠及河川類型為例，針闊葉混淆林類型在塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)、邊緣密度(ED)、最大塊區面積指數(LPI)及聚合度(AI)之景觀生態空間評值結果都屬最高，顯示針闊葉混淆林類型之土地使用在台中市景觀生態空間中此類型總體景觀面積比例大、具有優勢且聚集度高，而溝渠及河川類型雖無單項景觀指數在評值空間結果中特別突出，但整體之景觀生態空間評值亦屬於高級別；依據生態系統服務相關能力及功能分區的结果顯示，竹針闊葉混淆林及河川類型屬於各項服務之重要供給區，其中河川類型可以提供生態系統高度的供給服務，係指其可以供給生態系農作物供給、牲畜供給、飼料供給、水產供給、水產養殖、野生食物、木材供給、燃料(薪柴)供給、能量(生物能量)、淡水供給之供給服務，溝渠類型則在生態系統服務功能分區上屬於較稀少之服務連接區，可連結服務供給與需求在空間上的不重合。

研究結果顯示若依景觀生態空間評值方法評估景觀生態空間，竹針闊葉混淆林、溝渠及河川類型會因其景觀生態空間評值結果被予以重視，但僅表示這類型土地具有良好之景觀結構與空間布局，而加入以生態系統服務之觀點，便能更進一步說明竹針闊葉混淆林、溝渠及河川類型在景觀生態上的定位以及所能提供之服務，以利於在景觀規劃上對景觀生態的分析更具全面及應用性。

綜合以上所述，本研究若僅用景觀生態空間評值僅能挑選出最佳的景觀空間結構，不足以代表景觀生態空間的生態系統服務之價值，因此若配合生態系統服務之觀點進行整合，進一步考量其在景觀生態之功能、過程與生態系統服務上之價值與定位，能避免將景觀生態空間評價結果作為單一依據直接應用於景觀規劃之中，彌補景觀指數所忽略之景觀生態功能之評價結果，在景觀規劃中更完善的分析空間中景觀生態之價值，做出最適切於景觀生態理論與生態系統服務之景觀規劃決策。

## 第二節 建議

本研究基於生態系統服務討論景觀生態空間之分區，其在規劃理論之應用中嘗試在傳統的景觀生態空間評估方法中加入生態系統服務之觀點討論，建立新的景觀生態空間分區方法，因此在後續研究中建議分別就景觀生態空間分區方法建立及規劃理論之景觀生態應用之兩方面給予建議，相關建議如下：

### 一、景觀生態空間分區方法之建議

#### (一) 網格大小

本研究考量檔案大小及操作時間，僅參考相關文獻將網格大小定為20 x 20，後續研究若要使結果更精確應採用最佳網格大小，利用多次計算找出網格大小之熵值，再進一步進行檔案整理與後續操作。

#### (二) 生態系統服務相關能力評估項目

本研究採用之生態系統服務相關能力評估項目是參考MA(2005)、TEEB(2012)、CICES(2013)及相關文獻進行篩選，但由於各專家學者觀點及理論依據皆有差異，因此生態系統服務項目之分類方案眾多，後續研究在項目篩選上可以利用專家問卷或相關統計測量方式，再進一步進行生態系統服務相關能力之專家問卷評估，以提高生態系統服務項目之實用性。

#### (三) 生態系統服務功能分區方法

本研究生態系統服務功能分區是依據相關文獻回顧指認，由於各專家學者觀點及理論依據皆有差異，因此生態系統服務功能分區指認結果會因相關文獻之參考數量影響其客觀程度，後續研究在功能分區指認的做法可以加上專家問卷操作，使指認結果更客觀，以提高結果應用之信效度。

#### (四) 景觀指數評估項目

本研究景觀生態空間評值採用之景觀指數是依據相關文獻回顧統計篩選，由於各專家學者觀點及理論依據皆有差異，因此採用之景觀指數會因相關文獻影響其客觀程度，後續研究可以依據研究目的挑選最適合之景觀指數，或者參考更多相關文獻及採用專家問卷挑選最適合之景觀指數，另外也可全面性的計算所有指數，包含塊區、類別及景觀尺度之景觀指數，以提高景觀生態空間結構的解釋性以詮釋其生態意義。由於景觀層級之景觀指數通常用以解釋或比較景觀生態空間之變化(過程)，因此本研究認為單一時間點計算景觀層級之景觀指數數值無法表達景觀空間結構之生態意義，後續研究若要計算景觀層級之景觀指數，需考量其依據時間變化所代表的景觀生態過程。

#### (五) 研究範圍

由於本研究蒐集之基礎資料以台中市較為完整，且考量研究時間限制，以台中市作為景觀生態空間區分方法之檢視範圍，後續研究建議採用不同研究基地進行多重檢視，以提高方法之應用性。

#### (六) 景觀生態與生態系統服務交叉分析

本研究之景觀生態空間分區係透過土地使用類型為基礎資料連結生態



系統服務與景觀生態，依據表格中的土地使用類型說明其所能提供的生態系統服務、定位(功能分區)及景觀生態價值，後續研究可嘗試將生態系統服務相關能力及功能分區整合，對照景觀生態評值之結果，製作景觀生態與生態系統服務之交叉分析表，對應景觀生態與生態系統服務之關聯性進行解釋說明。

#### (七) 景觀指數與生態系統服務量化比較

本研究之景觀生態空間分區成果以表格形式呈現，並透過比較進行進一步解釋，而由於此結果是由相對比較而來，較缺乏科學數據佐證，因此建議後續研究嘗試量化研究結果，利用空間統計與統計分析之工具探討生態系統服務與景觀指數之差異或相關性。

## 二、景觀生態理論於規劃應用之建議

本研究在景觀規劃中可作為景觀生態環境特性分析的方法，並應用在規劃前與規劃後之比較，將規劃範圍內之所有土地使用類型作為基礎資料，進行生態系統服務及景觀指數之評估，再依其結果分析各類土地使用在生態系統服務中的定位、可提供之服務與其在景觀指數計算所呈現的景觀生態價值，提供規劃設計及決策者更全面性的景觀生態環境特性的相關資訊。

景觀規劃透過相關理論的應用及規劃區域資料的調查分析的結合得以完善整個規劃過程，並提供科學性的佐證。規劃區域資料的調查分析包含土地使用、自然及人文資源等基礎資料，相關理論的應用如透過景觀生態評估空間組成與配置、運用景觀指數計算景觀空間結構等空間資訊。景觀規劃所需之環境敏感區、易淹水地、地震斷層帶及災害地等土地使用限制因子，都需透過資料的取得以減低規劃在劃定區域時所造成的環境衝擊與減少對人類活動之危害，綜合上述，過去的傳統景觀規劃中係以避免與限制的概念進行對於土地使用限制因子的操作與討論，本研究建議於檢視土地使用限制因子時加入生態系統服務觀點的景觀生態空間分區，進而將生態系統服務與景觀生態學之分析加入傳統景觀規劃分析基礎中，用以建立景觀生態環境特性資料庫，整合生態系統服務、景觀生態的結構特性及區位之關係，並透過觀察其變化進一步分析預測，使相關理論與區域資料調查不再局限於僅以限制因子的概念進行景觀規劃，其研究範圍亦能以生態系統服務功能分區之邊界進行討論，而能更全面且達成永續目標的進行景觀規劃。

## 參考文獻

### 一、中文文獻

1. 江波、陳媛媛、肖洋、趙娟娟、歐陽志雲(2017)。白洋澱濕地生態系統最終服務價值評估。《生態學報》，37(8)，2497-2505。
2. 吳振發、林裕彬、張俊彥、張琪如(譯)(2011)。景觀量測。臺北市：五南。(Leitão, A. B., Miller, J., Ahern, J., & McGarigal, K., 2006)
3. 李俊霖、李俊鴻(2012)。農地轉用對生態系統服務功能衝擊之經濟評估。《農業經濟叢刊》，17(2)，111-144。
4. 李琰，李雙成，高陽，王羊(2013)。連接多層次人類福祉的生態系統服務分類框架。《地理學報》，68(8)，1038-1047。
5. 林亞昀(2008)。由景觀指數分析法檢視農村地區農舍興建開發型式對農村景觀生態結構之影響-以屏東縣萬丹地區為例。朝陽科技大學機構典藏。
6. 林孟龍、曹宇、王鑫(2008)。基於景觀指數的景觀格局分析方法局限性探討：以臺灣宜蘭利澤簡濕地為例。《應用生態學報》，19(1)，139-143。
7. 高豔、畢如田、曹毅(2010)。空間細微性變化及土地利用分類對景觀指數的影響——以山西省聞喜縣為例。《中國生態農業學報》，18(5)，1076-1080。
8. 張林豔、夏既勝、葉萬輝(2008)。景觀格局分析指數選取芻論。《雲南地理環境研究》，20(5)，38-43。
9. 張曉峰、周偉(2007)。基於 GIS 的生態景觀結構分析及其在公路網規劃環評中的應用。《北京工業大學學報》，33(2)，197-202。
10. 彭文甫、周介銘、楊存建、趙景峰、羅懷良(2014)。基於土地利用變化的四川省生態系統服務價值研究。《長江流域資源與環境》，23(7)，1053-1062。
11. 游麗平、林廣發、楊陳照、林巧鶯、楊麗萍(2012)。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。
12. 楊家良(2009)。以景觀指數分析方法輔助鄉村地區生態綠網建置——以集集鎮及周邊地區為例。朝陽科技大學機構典藏。
13. 楊曉豔、朱德舉、鄖文聚、程鋒(2005)。土地開發整理對區域景觀格局的影響。《農業工程學報》，21(9)，67-71。
14. 鄔建國(2003)。景觀生態學—格局，過程，尺度與等級。五南圖書出版公司。
15. 靳芳、魯紹偉、餘新曉、饒良懿、牛建植、謝媛媛、張振明(2005)。中國森林生態系統服務功能及其價值評價。《應用生態學報》，16(8)，1531-1536。
16. 劉宇、呂一河、傅伯傑(2011)。景觀格局-土壤侵蝕研究中景觀指數的意義解釋及局限性。《生態學報》，31(1)，267-275。
17. 歐陽志雲、王如松、趙景柱(1999)。生態系統服務功能及其生態經濟價值評價。《應用生態學報》，10(5)，635-640。

18. 鄭新奇、付梅臣、姚慧、胡業翠、周偉(2010)。景觀格局空間分析技術及其應用。北京：科學出版社。
19. 魯韋坤、楊樹華(2006)。滇池流域景觀格局變化研究。雲南大學學報：自然科學版，(S1)。
20. 謝高地、張彩霞、張昌順、肖玉、魯春霞(2015)。中國生態系統服務的價值。Resources Science(資源科學)，37(9)，1740-1746。
21. 謝高地、甄霖、魯春霞、肖玉、陳操(2008)。一個基於專家知識的生態系統服務價值化方法。自然資源學報，23(5)，911-919。
22. 鐘林生、肖篤甯、陳文波(2002)。烏蘇里江國家森林公園規劃方案的景觀指數輔助評價。應用生態學報，13(1)，31-34。

## 二、英文文獻

1. Assessment, M. E. (2005). Millennium Ecosystem Assessment Findings. Millennium Ecosystem Assessment.
2. Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services—a concept for land-cover based assessments. Landscape online, 15(1), 22.
3. Burkhard, B., Kroll, F., & Costanza, R. (2010). Maps of ecosystem services, supply and demand. Encyclopedia of Earth, Environmental Information Coalition. National Council for Science and the Environment, Washington, DC.
4. Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators, 21, 17-29.
5. Burkhard, B., & Maes, J. (2017). Mapping Ecosystem Services.
6. Corry, R. C., & Nassauer, J. I. (2005). Limitations of using landscape pattern indices to evaluate the ecological consequences of alternative plans and designs. Landscape and urban planning, 72(4), 265-280.
7. Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Raskin, R. G. (2016). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital (1997). The Globalization and Environment Reader, 117.
8. Daily, G. (1997). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press.
9. De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological economics, 41(3), 393-408.
10. Ecosystem Costanza, R., (2008). services: multiple classification systems are

- needed. *Biological Conservation* 141(2), 350–352.
11. Fisher, B., Turner, K., Zylstra, M., Brouwer, R., Groot, R., Farber, S., ... & Jefferiss, P. (2008). Ecosystem Services and Economic Theory: Integration for Policy-Relevant Research. *Ecological applications*, 18(8), 2050-2067.
  12. Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. 619pp. Jhon Wiley & Sons, New York.
  13. Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, 68(3), 643-653.
  14. Gustafson, E. J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?. *Ecosystems*, 1(2), 143-156.
  15. Gökyer, E. (2013). Understanding landscape structure using landscape metrics. *Advances in landscape architecture.*, InTech.
  16. Haines-Young, R. (2000). Sustainable development and sustainable landscapes: Defining a new paradigm for landscape ecology. *Fennia*, 178(1), 7-14.
  17. Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis*, 110-139.
  18. Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013). Common international classification of ecosystem services (CICES): consultation on version 4, August-December 2012.
  19. Jäger, J. (2003). The international human dimensions programme on global environmental change (IHDP). *Global Environmental Change*, 13(1), 69-73.
  20. Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J., & Schneiders, A. (2015). ‘The Matrix Reloaded’: A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecological Modelling*, 295, 21-30.
  21. Marsh, G. P., & Lowenthal, D. (1965). *Man and nature*. University of Washington Press.
  22. McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps.
  23. Programmes, G. E. C., Steffen, W., & Tyson, P. (2001). *International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Science No. 4*.
  24. Sukhdev, P. (2008). *The economics of ecosystems and biodiversity*. na.
  25. Syrbe, R. U., & Walz, U. (2012). Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological indicators*, 21, 80-88.

26. Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, 20(1), 171-197.
27. Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice* (Vol. 401). New York: Springer.
28. Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological conservation*, 139(3), 235-246.



附錄

附件一 生態系統服務相關能力評估問卷

編號	土地使用類型	Supporting services 支持服務項目					Regulating services 調節服務								Provisioning services 供給服務										Cultural services 文化服務				
		環境異質性 (非生物異質性)	生物多樣性	水循環	代謝效率	太陽輻射能的獲取	減少養分損失	土壤有機質的貯存	區域氣候的調節	全球氣候的調節	洪水防範	地下水源的補給	空氣品質的調節	侵蝕調節	營養調節	水質淨化	農作物供給	牲畜供給	飼料供給	水產供給	水產養殖	野生食物	木材供給	燃料(薪柴)供給	能量(生物能量)	淡水供給	休閒遊憩服務	美學價值	文化價值(圖騰、語彙)
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	C1	C2	C3
10101	水稻田																												
10201	旱作																												
10202	茶園																												
10203	雜作地																												
10301	常綠果樹																												
10302	落葉果樹																												
10303	檳榔																												
10400	水產養殖																												
10501	畜禽舍																												
10502	牧場																												
20100	針葉林																												
20200	闊葉林																												
20300	竹林																												
20401	針闊葉混 淆林																												
20402	竹闊葉混 淆林																												
20403	竹針葉混 淆林																												
20404	竹針闊葉 混淆林																												
20500	灌木林																												



	Supporting services 支持服務項目				Regulating services 調節服務							Provisioning services 供給服務							Cultural services 文化服務									
	環境異質性(非生物異質性)	生物多樣性	水循環	代謝效率	太陽輻射能的獲取	減少養分損失	土壤有機質的貯存	區域氣候的調節	全球氣候的調節	洪水防範	地下水源的補給	空氣品質的調節	侵蝕調節	營養調節	水質淨化	農作物供給	牲畜供給	飼料供給	水產供給	水產養殖	野生食物	木材供給	燃料(薪柴)供給	能量(生物能量)	淡水供給	休閒遊憩服務	美學價值	文化價值(圖騰、語彙)
20602	苗圃																											
30800	一般道路																											
30901	停車場																											
31001	商港																											
31002	漁港																											
40101	河川																											
40200	堤防																											
40300	溝渠																											
40400	水庫																											
40500	湖泊																											
40600	蓄水池																											
50301	工業																											
50600	宗教																											
70101	法定文化資產																											
70200	公園綠地廣場																											
90100	溼地																											
90200	草生地																											
90301	灘地																											

註: 生態系統服務相關能力分為極度負相關(-5)、高度負相關(-4)、中度負相關(-3)、一般負相關(-2)、低負相關(-1)、無相關(0)、低正相關(1)、一般正相關(2)、中度正相關(3)、高度正相關(4)、極高正相關(5)，共九級

附件二 塊區類型所占景觀面積比例(PLAND)景觀生態空間評值評估矩陣表

塊區類型所占 景觀面積比例 (PLAND)	竹針		河川	草生 地	闊葉 林	早作	常綠 果樹	畜禽 舍	蓄水 池	灘地	公園 綠地 廣場	水稻 田	苗圃	雜作 地	水產 養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木 林	濕地	湖泊
	針葉 林	闊葉 混淆 林																				
	9.08	43.25	1.93	5.12	5.35	5.35	9.54	0.10	0.09	2.53	1.07	8.41	0.05	0.18	0.14	0.01	0.04	0.52	0.54	0.05	0.00	0.00
針葉林	9.08	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹針闊葉 混淆林	43.25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
河川	1.93	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
草生地	5.12	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闊葉林	5.35	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
早作	5.35	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
常綠果樹	9.54	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
畜禽舍	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
蓄水池	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
灘地	2.53	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
公園綠地 廣場	1.07	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
水稻田	8.41	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
苗圃	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
雜作地	0.18	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
水產養殖	0.14	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
水庫	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
牧場	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
溝渠	0.52	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
竹林	0.54	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
灌木林	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
濕地	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湖泊	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

附件三 塊區數量(NP)景觀生態空間評值評估矩陣表

塊區數量 (NP)	竹針		河川	草生地	闊葉林	早作	常綠果樹	畜禽舍	蓄水池	灘地	公園綠地廣場	水稻田	苗圃	雜作地	水產養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木林	濕地	湖泊
	針葉林	闊葉混淆林																				
	736 .00	1579 .00	642 5.00	20816 .00	4144 .00	16879 .00	9377 .00	1057 .00	966 .00	966 .00	1845 .00	4359 .00	26.00	128 1.00	165 .00	5.00	300 .00	12045 .00	675 .00	128 .00	5.00	9.00
針葉林	736.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
竹針闊葉混淆林	1579.00	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
河川	6425.00	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
草生地	20816.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闊葉林	4144.00	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
早作	16879.00	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
常綠果樹	9377.00	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
畜禽舍	1057.00	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
蓄水池	966.00	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
灘地	966.00	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
公園綠地廣場	1845.00	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
水稻田	4359.00	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
苗圃	26.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
雜作地	1281.00	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
水產養殖	165.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
水庫	5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
牧場	300.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
溝渠	12045.00	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹林	675.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
灌木林	128.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
濕地	5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
湖泊	9.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

附件四 塊區密度(PD)景觀生態空間評值評估矩陣表

塊區密度 (PD)	針葉林	竹針 闊葉 混淆林	河川	草地	闊葉林	旱作	常綠 果樹	畜禽 舍	蓄水池	灘地	公園 綠地 廣場	水稻 田	苗圃	雜作 地	水產 養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木 林	濕地	湖泊
	0.31	0.67	2.71	8.78	1.75	7.12	3.96	0.45	0.41	0.41	0.77	1.84	0.01	0.54	0.07	0.00	0.13	5.08	0.28	0.05	0.00	0.00
針葉林	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
竹針闊葉 混淆林	0.67	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
河川	2.71	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
草地	8.78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闊葉林	1.75	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
旱作	7.12	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
常綠果樹	3.96	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
畜禽舍	0.45	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
蓄水池	0.41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
灘地	0.41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
公園綠地 廣場	0.78	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
水稻田	1.84	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
苗圃	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
雜作地	0.54	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
水產養殖	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
水庫	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
牧場	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
溝渠	5.08	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹林	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
灌木林	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
濕地	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
湖泊	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

附件五 邊緣密度(ED)景觀生態空間評值評估矩陣表

邊緣密度 (ED)	針葉林	竹針 闊葉 混淆 林	河川	草生 地	闊葉 林	早作	常綠 果樹	畜禽 舍	蓄水 池	灘地	公園 綠地 廣場	水稻 田	苗圃	雜作 地	水產 養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木 林	濕地	湖泊	
	9.33	32.44	11.52	25.66	14.63	28.66	31.55	0.84	0.75	6.29	3.74	31.93	0.11	1.49	0.36	0.02	0.28	7.66	1.96	0.30	0.01	0.01	
針葉林	9.33	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹針闊葉 混淆林	32.44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
河川	11.52	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
草生地	25.66	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闊葉林	14.63	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
早作	28.66	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
常綠果樹	31.55	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
畜禽舍	0.84	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
蓄水池	0.75	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
灘地	6.29	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
公園綠地 廣場	3.74	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
水稻田	31.93	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
苗圃	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
雜作地	1.49	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
水產養殖	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
水庫	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
牧場	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
溝渠	7.66	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹林	1.96	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
灌木林	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
濕地	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湖泊	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

附件六 景觀形狀指數(LSI)景觀生態空間評值評估矩陣表

景觀形狀指數 (LSI)	針葉林	竹針 闊葉 混淆 林	河川	草生 地	闊葉 林	早作	常綠 果樹	畜禽 舍	蓄水 池	灘地	公園 綠地 廣場	水稻 田	苗圃	雜作 地	水產 養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木 林	濕地	湖泊
	37.66	60.03	100 .95	13 7.99	76.89	150 .81	124 .31	32.70	29.72	48.11	43.95	134 .01	5.50	42.56	11.64	3.53	17.98	128 .64	32.50	15.79	3.20	3.26
針葉林	37.66	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
竹針闊葉 混淆林	60.03	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
河川	100.95	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
草生地	137.99	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闊葉林	76.89	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
早作	150.81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
常綠果樹	124.31	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
畜禽舍	32.70	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
蓄水池	29.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
灘地	48.11	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
公園綠地 廣場	43.95	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
水稻田	134.01	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
苗圃	5.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
雜作地	42.56	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
水產養殖	11.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
水庫	3.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
牧場	17.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
溝渠	128.64	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
竹林	32.50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
灌木林	15.79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
濕地	3.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湖泊	3.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

附件七 最大塊區面積指數(LPI)景觀生態空間評值評估矩陣表

最大塊區面積指數 (LPI)	竹針		河川	草生地	闊葉林	早作	常綠果樹	畜禽舍	蓄水池	灘地	公園綠地廣場	水稻田	苗圃	雜作地	水產養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木林	濕地	湖泊
	針葉林	闊葉混淆林																				
	0.84	19.85	0.20	0.19	0.42	0.25	0.58	0.01	0.01	0.17	0.07	0.46	0.02	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00
針葉林	0.84	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹針闊葉混淆林	19.85	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
河川	0.20	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
草生地	0.19	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闊葉林	0.42	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
早作	0.25	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
常綠果樹	0.58	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
畜禽舍	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
蓄水池	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
灘地	0.17	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
公園綠地廣場	0.07	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
水稻田	0.46	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
苗圃	0.02	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
雜作地	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水產養殖	0.08	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
水庫	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
牧場	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
溝渠	0.02	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
竹林	0.04	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
灌木林	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
濕地	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
湖泊	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位



附件八 分維數(FRAC)景觀生態空間評值評估矩陣表

分維數 (FRAC)	針葉林	竹針 闊葉 混淆林	河川	草地	闊葉林	旱作	常綠 果樹	畜禽 舍	蓄水池	灘地	公園 綠地 廣場	水稻 田	苗圃	雜作 地	水產 養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木 林	濕地	湖泊
	1.27	1.37	1.62	1.38	1.39	1.38	1.38	1.27	1.28	1.42	1.21	1.49	1.25	1.32	1.33	N/A	1.30	1.67	1.33	1.39	N/A	N/A
針葉林	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
竹針闊葉 混淆林	1.37	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	N/A	N/A
河川	1.62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	N/A	N/A
草地	1.38	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	N/A	N/A
闊葉林	1.39	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	N/A	N/A
旱作	1.38	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	N/A	N/A
常綠果樹	1.38	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	N/A	N/A
畜禽舍	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
蓄水池	1.28	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
灘地	1.42	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	N/A	N/A
公園綠地 廣場	1.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
水稻田	1.49	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	N/A	N/A
苗圃	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
雜作地	1.32	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
水產養殖	1.33	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
水庫	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
牧場	1.30	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	N/A	N/A
溝渠	1.67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	N/A	N/A
竹林	1.33	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	N/A	N/A
灌木林	1.39	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	N/A	N/A
濕地	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
湖泊	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位；N/A為無法計算

附件九 聚合度(AI)景觀生態空間評值評估矩陣表

聚合度 (AI)	針葉林	竹針 闊葉 混淆林	河川	草生地	闊葉林	早作	常綠 果樹	畜禽 舍	蓄水池	灘地	公園 綠地 廣場	水稻 田	苗圃	雜作 地	水產 養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木 林	濕地	湖泊	
	94.99	96.31	70.33	75.05	86.49	73.33	83.57	57.54	61.11	87.80	82.87	81.12	91.87	59.64	88.29	85.41	62.43	27.11	82.25	72.93	61.18	71.90	
針葉林	94.99	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
竹針闊葉 混淆林	96.31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
河川	70.33	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
草生地	75.05	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
闊葉林	86.49	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
早作	73.33	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
常綠果樹	83.57	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
畜禽舍	57.54	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
蓄水池	61.11	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
灘地	87.80	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
公園綠地 廣場	82.87	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
水稻田	81.12	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
苗圃	91.87	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
雜作地	59.64	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
水產養殖	88.29	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
水庫	85.41	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
牧場	62.43	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
溝渠	27.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
竹林	82.25	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
灌木林	72.93	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
濕地	61.18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
湖泊	71.90	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位

附件十 分散指數(SPLIT)景觀生態空間評值評估矩陣表

分散指數 (SPLIT)	針葉林	竹針闊葉混淆林	河川	草地	闊葉林	旱作	常綠果樹	畜禽舍	蓄水池	灘地	公園綠地廣場	水稻田	苗圃	雜作地	水產養殖	水庫	牧場	溝渠	竹林	灌木林	濕地	湖泊	
	3753.78	18.73	8100.732	62661.08	14547.14	71915.99	7311.93	12658.2594.64	71670.788.58	50199.04	86534.414	11062.66	11502.347.22	11732.9161.86	13739.81.46	66042.0161.55	23418.7172.57	15990.336.82	15015.81.79	68223.605.84	53033.13563.146	15398.21745.089	
針葉林	3753.78	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
竹針闊葉混淆林	18.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河川	81007.32	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
草地	62661.08	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
闊葉林	14547.14	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
旱作	71915.99	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
常綠果樹	7311.93	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
畜禽舍	126582594.64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
蓄水池	71670788.58	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
灘地	50199.04	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
公園綠地廣場	86534.14	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水稻田	11062.66	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
苗圃	11502347.22	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
雜作地	117329161.86	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
水產養殖	1373981.46	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
水庫	660420161.55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
牧場	234187172.57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
溝渠	15990336.82	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
竹林	1501581.79	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
灌木林	68223605.84	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
濕地	53033135631.46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
湖泊	15398217450.89	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

註1：X軸項目較Y軸項目重要則為1，反之為0

註2：本研究景觀指數數值取自小數點後第二位