

國立臺灣大學生物資源暨農學院生物環境系統工程學系

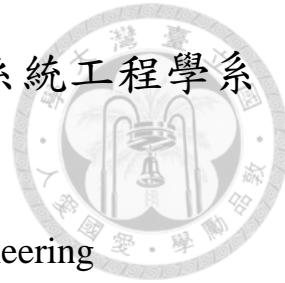
碩士論文

Department of Bioenvironmental Systems Engineering

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis



應用層級分析法於利害關係人對土地利用變遷的認知

Application of Analytic Hierarchy Process to assess

Stakeholders' perceptions of Land Use Change

許安村

An-Tsun Hsu

指導教授：林裕彬 博士

Advisor: Yu-Pin Lin, Ph.D.

中華民國 112 年 10 月

October 2023

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

MASTER'S THESIS ACCEPTANCE CERTIFICATE
NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY

應用層級分析法於利害關係人對土地利用變遷的認知

Application of Analytic Hierarchy Process to assess
Stakeholders' perceptions of Land Use Change

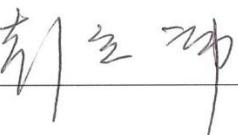
本論文係 許安村 R08622039 在國立臺灣大學生物環境系統工程學系
完成之碩士學位論文，於民國 112 年 7 月 11 日承下列考試委員審查通
過及口試及格，特此證明。

The undersigned, appointed by the Department / Institute of Bioenvironmental Systems Engineering on 11 July 2023 have examined a Master's thesis entitled above presented by An-Tsun Hsu R08622039 candidate and hereby certify that it is worthy of acceptance.

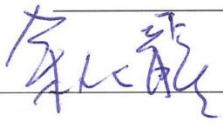
口試委員 Oral examination committee:


(指導教授 Advisor)

江莉詩





系主任/所長 Director: 



謝辭

經歷無數迷惘、自我對話與歸零再出發的過程，碩士研究來到尾聲，一路走來要感謝的人、事、物真的好多。首先一定要感謝指導教授林裕彬老師，讓我在研究室學習，給我充分的空間探索有興趣的研究，並在做研究的邏輯架構及論文撰寫上指引重要的原則與方向，讓我能對學術研究有所理解。謝謝彭立沛老師、王咏潔老師及江莉琦老師擔任我的口試委員，對研究提供寶貴的建議，讓我的論文更加完善。謝謝胡明哲老師、許少瑜老師、廖國偉老師及翁歲老師，在校園遇到時總是關心我的近況，讓我備感支持與溫暖。

再來要謝謝研究室成員們的陪伴以及各方面的協助，讓我在遇到困難時得到即時的幫忙。謝謝連博與邱博在我剛加入研究室時的照顧，讓我學習做研究的基本能力。謝謝研究室學長姐跟同學們，尤其是鈞嘉與中安分享自身的經驗，讓我能慢慢建構對於研究生活的想像，還有倩敏、品樺、禹辰、宸瑄，我們一起到大屯溪採樣、做實驗以及討論計畫撰寫與跑模式時遇到的問題。也要感謝甄蔚、富淳、鎌杰、承寰、曼君、黃博、林博以及曾經在研究室的助理們，有大家的幫助才能讓我順利度過碩士生涯。還有生工系的同學們、隔壁研究室的煜達以及系辦同仁們，因為有你們完整了我的校園生活。

謝謝幫我填寫與分享研究問卷的親友、濁水溪流域的居民及朋友們，因為有你們的支持與幫忙我才能完成這個研究。

謝謝童軍夥伴們，在我課業及研究以外的時間帶給我許多樂趣與歸屬感，也教我很多做人處事的道理、拓展我的視野。

最後要感謝我的爸媽、姊姊、家人及摯友們，總是在我需要的時候給予最大力的支持；也謝謝堅持、努力到現在的自己，希望能帶著以上所有人的愛以及所學到的能力，過好自己的人生並讓身旁的人與環境更好。

許安村 2023.10

摘要



全球土地利用在過去幾十年的變遷改變地表及近地表的生物物理特性，進而影響地球的物質與能量循環、生物環境，而產生糧食安全、疾病、生態系服務劣化等風險。因此科學家發展土地利用模式，試圖理解土地利用變遷的複雜過程並能輔助進行土地利用規劃，以達成環境與人類需求的平衡。然而現有的土地利用模式研究大多僅止於產出模擬結果，少有將模式的模擬透過邀請利害關係人或決策者的參與用於後續土地利用決策中，國內也較少研究結合土地利用模式與利害關係人參與並強化兩方的理解與連結。因此，本研究以土地利用類型多元的濁水溪流域為研究區域，利用層級分析法問卷調查利害關係人對土地利用變遷的認知，並分別與土地利用模式 CLUE-S 的適宜性權重及轉移彈性等參數進行比較，討論利害關係人及模式在土地利用變遷上的認知差異。

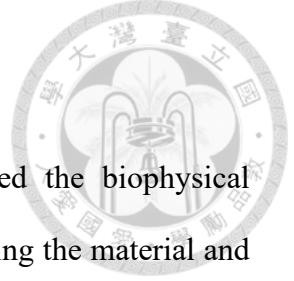
本研究利用層級分析法問卷，分別向一般民眾調查其對土地利用變遷驅動力重要性的認知，以及向決策者調查對不同土地利用類型轉移容易程度的看法。前者的驅動力重要性權重與土地利用模式邏輯迴歸的驅動力適宜性係數進行比較，後者的轉移彈性則作為參數納入土地利用模式中模擬 2050 年的土地利用，同時也與過往所設定轉移彈性的模式透過效率指數進行模擬表現的比較。

民眾問卷土地利用變遷驅動力權重與模式邏輯迴歸適宜性係數比較的結果顯示，對農地而言，民眾認為水源是重要的驅動力因素，但可能相對忽略與道路距離代表的交通因素的重要性；此外，社會因素的多元性及對各種土地利用類型的重要程度也值得持續深入探討。將決策者問卷的轉移彈性結果納入土地利用模式進行模擬，其驗證所得到的效率指數值為 0.1022，與過往使用的轉移彈性參數的模擬結果相比表現較好；然而因成對比較矩陣計算產生的轉移彈性值較小，代表各類土地利用皆容易轉移，因此模式更容易受到未來土地利用需求面積、土地利用變遷驅動力等參數影響土地利用的轉移，此時其他模式參數的設定品質及利害關係人參與架構則能成為之後關注的重點。



本研究為國內首篇將利害關係人對土地利用變遷的認知與土地利用模式運作過程中的參數進行比較的研究，期許能增進利害關係人對土地利用變遷動態過程的理解，也提升土地利用模式模擬的表現，作為後續利害關係人參與土地利用規劃相關研究的參考。

關鍵字：土地利用變遷、利害關係人、層級分析法、CLUE-S 模式



Abstract

Global land use change in the past few decades has altered the biophysical characteristics of the Earth's surface and near-surface, thereby affecting the material and energy cycles and the biological environment of the planet. This, in turn, has resulted in risks such as food security, diseases, and degradation of ecosystem services. In response, scientists have developed land use models to better understand the complex processes of land use change and assist in land use planning to achieve a balance between environmental and human needs. However, current land use modeling studies often focus solely on producing simulation results, with limited incorporation of stakeholder involvement or decision-makers in subsequent land use decision-making processes. There is also a lack of research in combining land use models with stakeholder engagement to enhance mutual understanding and linkage between the two in Taiwan.

Therefore, this study focuses on the diverse land use types in the Jhuoshuei River Basin as the study area. It utilizes the Analytical Hierarchy Process (AHP) questionnaire survey to investigate stakeholders' perceptions of land use change. The study compares these perceptions with the suitability coefficients and elasticity parameters of the CLUE-S model, aiming to explore the differences in perceptions of land use change between stakeholder and model.

This study utilizes the AHP questionnaire to survey the general public's perception of the importance of drivers of land use change and the views of decision-makers on the ease of transfer for different land use types. The importance weights of the drivers from the public questionnaire are compared with the suitability coefficients of the logistic regression in the land use model. The elasticity from the decision-makers' questionnaire is incorporated as a parameter in the land use model to simulate land use in 2050. These values were also compared with past elasticity settings using figure of merit to evaluate

model performance.

The comparison between the weights of land use change drivers from the public questionnaire and the suitability coefficients from the logistic regression model shows that, for agricultural land, the public perceives water availability as an important driver but may overlook the importance of transportation factors represented by distance to road. Moreover, the diversity of social factors and their importance for various land use types deserve further exploration.

Incorporating the elasticity results from the decision-makers' questionnaire into the land use model for simulation, the figure of merit obtained during validation was 0.1022, demonstrating better performance compared to simulations using past elasticity parameters. However, because the elasticity values generated through pairwise comparison matrix are relatively small, it indicates that all land use types are more easily interchangeable. Therefore, the model is more susceptible to the influence of parameters such as future land use demand areas and land use change drivers on land use transitions. At this point, the quality of other model parameter settings and the framework for stakeholder involvement can become important considerations for future research.

This study is the first in Taiwan to compare stakeholders' perception of land use change with parameters in land use modeling. It aims to enhance stakeholders' understanding of the dynamic process of land use change and improve the performance of land use modeling. The findings can serve as a reference for future studies engaging stakeholder in land use planning.

Keyword: Land Use Change, Stakeholder, Analytical Hierarchy Process, CLUE-S model

目錄



謝辭	i
摘要	ii
Abstract.....	iv
目錄	vi
圖目錄	ix
表目錄	x
第一章 前言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究架構與流程	3
第二章 文獻回顧	4
2.1 土地利用變遷	4
2.2 利害關係人	7
2.3 層級分析法	11
第三章 研究方法	15
3.1 研究區域	15
3.2 土地利用變遷模式	17
3.2.1 模式簡介與運作架構	17
3.2.2 土地利用	19
3.2.3 土地利用驅動力與適宜性	21
3.2.4 土地利用模式驗證	25
3.3 層級分析法	30
3.3.1 層級分析法運算邏輯	30
3.3.2 層級分析法的流程	33

3.4	問卷設計	38
3.4.1	民眾問卷	38
3.4.2	決策者問卷	43
第四章	結果與討論	44
4.1	民眾問卷	44
4.1.1	基本資料	44
4.1.2	環境知識與觀點	48
4.1.3	成對比較矩陣一致性	50
4.1.4	土地利用變遷驅動力權重	52
4.1.5	民眾問卷與模式驅動力權重討論	56
4.1.6	層級分析法應用討論	58
4.1.7	小結	59
4.2	決策者問卷	60
4.2.1	基本資料	60
4.2.2	成對比較矩陣一致性	62
4.2.3	土地利用變遷驅動力權重	63
4.2.4	決策者問卷土地利用轉移彈性	64
4.2.5	轉移彈性比較	64
4.2.6	土地利用變遷模擬結果	66
4.2.7	模擬結果討論	66
4.2.8	小結	71
第五章	結論與建議	72
5.1	結論	72
5.2	建議	73
參考文獻	74



附錄一 民眾問卷	82
附錄二 決策者問卷	94

圖 目 錄



圖 1 研究架構與流程	3
圖 2 Memarbashi et al. (2017) 所使用之層級架構圖	13
圖 3 2021 年濁水溪流域土地利用分布	15
圖 4 CLUE-S 模式架構 (Verburg et al., 2002)	18
圖 5 2007 年、2014 年及 2021 年土地利用地圖	21
圖 6 ROC 曲線示意圖(Pontius & Schneider, 2001)	26
圖 7 TOC 曲線示意圖(Pontius & Si, 2014)	27
圖 8 民眾問卷土地利用變遷驅動力層級架構圖	40
圖 9 民眾問卷預試成對比較矩陣調整前(a)與調整後(b)	42
圖 10 決策者問卷土地利用變遷驅動力層級架構圖	43
圖 11 民眾問卷填答者與發放地人口年齡結構	45
圖 12 民眾問卷成對比較矩陣 C.R. 值盒鬚圖	51
圖 13 民眾問卷符合一致性矩陣數	51
圖 14 民眾問卷第一層級驅動力權重	53
圖 15 民眾問卷自然因素驅動力權重	53
圖 16 民眾問卷空間鄰近因素驅動力權重	54
圖 17 民眾問卷所有驅動力權重	55
圖 18 模擬 2050 年土地利用	66
圖 19 效率指數組成元素比較圖	68
圖 20 效率指數組成元素空間分布	69
圖 21 農地與林地適宜性地圖	70

表目錄



表 1 Morales & de Vries (2021) 用於土地利用適宜度的因素	14
表 2 濁水溪流域土地利用面積	16
表 3 土地利用分類代碼對照表	19
表 4 過去使用 CLUE-S 的研究所考量的土地利用變遷驅動力	22
表 5 本研究採用之驅動力因素列表	23
表 6 邏輯迴歸與線性迴歸比較表	24
表 7 ROC 預測與實際之列聯表	25
表 8 TOC 預測(診斷)與實際(參考)之列聯表	26
表 9 效率指數元素表	28
表 10 隨機指數表	33
表 11 AHP 評估尺度的意義(鄧振源、曾國雄，1989).....	35
表 12 民眾問卷環境知識與觀點敘述	39
表 13 民眾問卷基本資料問項	41
表 14 民眾線上問卷 Facebook 社群媒體貼文社團清單.....	44
表 15 民眾問卷填答者年齡分布	45
表 16 民眾問卷填答者的學歷	46
表 17 民眾問卷填答者是否到訪濁水溪流域	46
表 18 問卷填答者的居住地人數統計	47
表 19 問卷填答者是否受過相關訓練或參與相關團體	48
表 20 問卷填答者的職業	48
表 21 環境知識與觀點填答人數統計	49
表 22 民眾問卷成對比較矩陣 C.R.值統計量	50
表 23 民眾問卷土地利用變遷驅動力權重	52
表 24 土地利用變遷驅動力模式 beta 級數及問卷權重(一).....	56



表 25 土地利用變遷驅動力模式 beta 紳數及問卷權重(二).....	57
表 26 邀請填寫決策者問卷之公家機關列表	60
表 27 決策者問卷填答者年齡分布	60
表 28 決策者問卷填答者的學歷	61
表 29 決策者問卷填答者的專業領域	61
表 30 決策者問卷填答者是否到訪濁水溪流域	62
表 31 決策者問卷成對比較矩陣 C.R.值統計量	62
表 32 決策者問卷土地利用變遷驅動力權重	63
表 33 決策者問卷土地利用轉移彈性	64
表 34 轉移彈性比較表	65
表 35 前期研究之轉移彈性計算過程(林裕彬，2021).....	65
表 36 轉移彈性設定值及其模式效率指數值	67
表 37 效率指數組成元素比較表	67

第一章 前言



1.1 研究背景

全球的土地利用在近幾十年有明顯的變化，這些變化將影響地球表面及近地表的生物物理特性，進而影響地球的物質與能量循環、生物環境等，而產生糧食及乾淨水源不足、原物料供應短缺、疾病等風險，並衍伸經濟及社會安定的問題 (Lambin & Geist, 2008)。因此科學家試圖探討土地利用變遷的複雜過程及其因果關係，並發展土地利用變遷模式以輔助進行分析、管理甚至預測，希望透過有效的土地利用規劃來影響土地利用變遷的動態過程，以達成環境與人類需求的平衡 (Verburg et al., 2002)。

然而在現實社會中，專家學者並不直接主導土地利用的規劃與決策，而是政府單位的決策者、土地的擁有者或使用者等利害關係人(stakeholder)，且目前大多數土地利用變遷模式的應用也只是用於預測結果，在模擬結束之後很少被後續採用到土地利用決策中(Verburg et al., 2019)。現今有許多研究邀請利害關係人參與土地利用的規劃與決策(Karner et al., 2019; Lacher et al., 2019)，主要都是透過與利害關係人共同就社會、經濟、環境等面向進行討論，型塑未來的土地利用情境，或協助進行土地利用適宜性的評估(Morales & de Vries, 2021)，也有少數研究能進一步將與利害關係人共同討論的情境參數化，放入土地利用模式中模擬未來的土地利用並討論其影響(Vannier et al., 2019)。

而在臺灣目前則還沒有將利害關係人的意見參數化並與土地利用變遷模式的參數相互比較，或納入土地利用模式進行模擬與比較的研究，若能結合利害關係人的參與及土地利用模式，一方面有助於納入利害關係人對現實世界的理解，也同時能從模式中學習土地利用變遷的機制與動態過程，對後續行動的推展奠定更紮實的基礎(Voinov et al., 2018)。

因此，本研究採用土地利用變遷模式 CLUE-S 及層級分析法(Analytic Hierarchy

Process, AHP)，選定土地利用類型多元的濁水溪流域，透過問卷調查利害關係人對土地利用變遷的認知，並納入土地利用變遷模式中進行模擬，也與模式分析所得到的參數進行比較，探討利害關係人對土地利用變遷的認知與模式之間的差異。



1.2 研究目的

本研究欲調查利害關係人對土地利用變遷的認知，並與模式進行比較，也試著將利害關係人的認知納入模式進行模擬。採用層級分析法及其成對比較矩陣的方法，調查利害關係人對土地利用變遷驅動力與土地利用適宜性之間重要性的認知，以及不同土地利用類型的變遷容易程度，與模式進行後續討論比較。研究目的如下所列：

1. 利用層級分析法問卷調查利害關係人對土地利用變遷驅動力的認知，以及不同土地利用類型的轉移彈性。
2. 比較利害關係人與模式的分析方法，在土地利用變遷驅動力對土地利用適宜性影響權重的差異。
3. 比較由利害關係人的認知計算所產生的轉移彈性，與土地利用變遷模式常用的轉移彈性，在土地利用模擬成效的差異。



1.3 研究架構與流程

依據上述研究背景與目的，研究流程分為兩大部分：調查土地利用變遷驅動力權重的民眾問卷、調查土地利用轉移彈性的決策者問卷，並結合土地利用變遷模式，分別進行土地利用變遷驅動力適宜性的權重比較，以及土地利用轉移彈性納入模式進行模擬與比較，研究架構與流程如圖 1 所示。

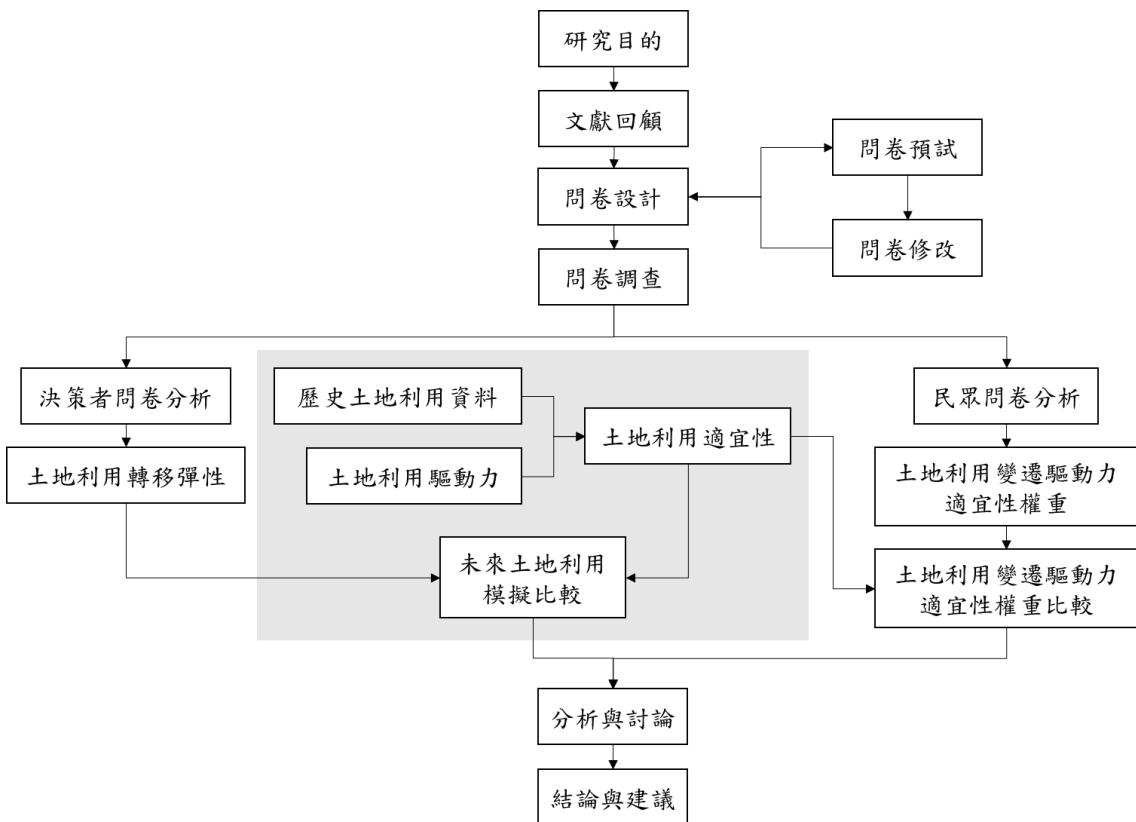


圖 1 研究架構與流程

第二章 文獻回顧



2.1 土地利用變遷

土地利用(land use)指的是包含土地的生物物理屬性被人類操縱的方式以及其被操縱的目的，例如進行農業生產、居住、商業或休閒娛樂使用等人為設定的功能，而其在地表顯現的物理狀態則稱為土地覆蓋(land cover)，如植被、水體、土壤或人為構造物等，也將實際影響地球表面及近地表的生物物理狀態(Briassoulis, 2020)。

土地利用或土地覆蓋變遷則代表其在面積上的增加或減少，並將影響地球的能量平衡及生物地球化學循環，進而導致氣候變遷以及對生物環境、社會經濟造成影響。Song et al. (2018) 分析 1982 年到 2016 年的衛星資料，發現全球森林面積在這 35 年與普遍預期的減少趨勢相反，雖然在熱帶地區減少但在溫帶地區增加，因此總體淨增加 224 萬平方公里，裸露地則是因為亞洲地區的農業擴張而減少 116 萬平方公里。目前國際上也有許多全球或地區層級的長期研究計畫關注土地利用變遷的議題，如 2005 年提出的全球土地計畫(Global Land Project)(Verburg et al., 2015)，並於 2016 年更名為 Global Land Programme，且同樣屬於 Future Earth 的全球研究網絡。

為了量化土地利用變遷的因果關係進行分析以輔助管理或預測，科學家發展出土地利用變遷模式，並依據模擬的時空間尺度、研究主題、研究目的及人為參與程度等因素分為由下而上(bottom-up)及由上而下(top-down)兩大類。由下而上的模式是由單一土地單元開始，考量鄰近單元進行變遷模擬，如 SLEUTH 為其輸入圖層坡度(slope)、土地利用(land use)、限制區(exclusion)、都市範圍(urban extent)、交通(transportation)及山體陰影(hillshade)的英文首字母縮寫，並由幾個係數控制的細胞自動機(cellular automaton)作為成長的規則，由網格本身及周圍網格的狀態來決定下一個時間點的土地利用類型，且在成長速率超過時具有回饋機制(Silva & Clarke, 2002)；CA-Markov 也是一種常被使用的由下而上土地利用變遷模式，其結

合細胞自動機與馬可夫鏈(Markov chain)，由過去的土地利用面積變化計算馬可夫轉移矩陣以預測未來的需求，並透過細胞自動機進行空間配置，由於其受到過去的連續趨勢及鄰近單元現狀的影響，常被用都市擴張的模擬(Mansour et al., 2020)。

Hamad et al. (2018) 也利用 CA-Markov 探討伊拉克長期有衝突的地區內的國家公園，在聯合國介入與否的兩種情境下，對土地利用動態的影響，並預估未來的趨勢。

由上而下的模式則是先決定土地利用的總量之後再進行空間的配置，如 Lin et al. (2007) 即使用 CLUE-S 模式並結合景觀指數及水文模式，分析不同空間與非空間的政策情境對未來土地利用分布及水文的影響，並希望能發展景觀生態水文的決策支持系統，用於集水區的土地利用規劃。本研究基於濁水溪流域的整體土地利用變遷，並考量多個驅動力因子對不同土地利用類型的影響，故選用 CLUE-S 作為土地利用變遷模式，其運作方式將於後續章節說明。

Verburg et al. (2004) 回顧現有的土地利用變遷模式，並提出模式操作時的六個重要概念：分析的層級(level of analysis)、跨尺度動態(cross-scale dynamics)、驅動力(driving forces)、空間交互作用與鄰域效應(spatial interaction and neighbourhood effects)、時間動態(temporal dynamics)、整合程度(level of integration)。社會科學的研究者長期以來主要關注微觀的個體行為，並採用質性方法或個體經濟學及社會心理學的量化模式；而自然科學的研究者如地理學家或生態學家則關注巨觀的土地利用及土地覆蓋，採用空間顯現的工具如遙測或地理資訊系統，且看待社會因子時以社會組織的總體性質作為單位，兩者的差異使得土地利用建模者難以應用豐富的社會科學理論與方法。

尺度的概念則包含空間、時間、維度及量化的範圍與精度等，不同尺度下的主要驅動力也將不同，如地方尺度的土地利用系統主要受到地方政策的影響，區域尺度則較容易受到市場及鄰近地緣的空間自相關(spatial autocorrelation)影響(Overmars et al., 2003)，而生物物理因子雖然不會直接驅動土地利用的變遷，但可能影響土地覆蓋或人類對土地利用配置的決定。這些由驅動力引致的土地利用變



遷也將在時間尺度上呈現，透過於特定時間點進行驗證(validation)將能檢驗模式運作的黑盒與現實世界的差異，不同尺度與系統間的整合也才能完整呈現土地利用的交互作用與回饋。

土地利用變遷的驅動力常被分為社會經濟、生物物理兩大面向，而對驅動力的選擇會依據研究目標尺度及土地利用類型有所不同。Wu et al. (2014) 為評估國道六號的建設對埔里鎮都市擴張的影響，在對里長進行訪談之後，除了考量海拔、坡度、土壤深度、土壤沖蝕指數、土壤酸鹼值、土壤內部排水性等生物物理類型的驅動因子，以及開發成本、人口數、人口成長率等社會經濟因子，更考慮大量空間鄰近因素如與水源距離、與道路距離、與學校距離、與保安林地距離、與斷層帶距離、與土石流距離、與旅遊景點距離、與都市計畫區及鄉村區距離等，其模式分析數據也顯示這些空間鄰近因素主要影響的土地利用類型為建地。此外，政策也常被視為重要的非量化驅動力，如 Ortega-Pacheco et al. (2019) 探討砍伐森林以進行棕櫚油農業生產及保育森林以達到減少碳排放的這兩種土地利用類型，在收取保育費用的政策作為氣候減緩的策略下，其經濟效益的差異與競爭對土地利用的影響。

人類進行土地利用規劃的目的是希望透過影響土地利用變遷的動態來達成環境及利害關係人需求的平衡(Verburg et al., 2002)，而其第一步通常是土地適宜性評估，即依據土地的自然及社會等驅動力條件評估該土地適合作為何種用途。建立土地利用與驅動力的關係的方法可以分為歸納(inductive)法及演繹(deductive)法兩種，Overmars & Verburg (2007) 即比較邏輯迴歸分析所代表的歸納法，以及現地數據與參與者決策架構所代表的演繹法，建立土地適宜性地圖並輸入 CLUE-S 模式進行土地利用的模擬與情境分析，結果顯示演繹法的適合度(Goodness-of-fit)略低於歸納法，兩種方法對土地利用的預測有 15% 的網格不同。Park et al. (2011) 也比較多種評估土地利用適宜性的方法，包含頻率比(frequency ratio)、層級分析法、邏輯迴歸(logistic regression)及人工神經網絡(Artificial Neural Network, ANN)等統計及機器學習方法，用來推估土地適宜性指數(land suitability index, LSI)地圖並進一步預測



韓國的城市擴張。

土地利用變遷模式是整合人類對於土地系統科學知識並用來探索未來土地利用變遷的重要工具，不過現今模式大多僅被用於模擬預測結果，而在模擬結束之後很少被利害關係人持續採用，因此在模式的評估及呈現社會生態系統的學習過程上還有很大的進步潛力，利害關係人若能理解對於導致特定模擬結果的內部機制，將有助於採取後續行動，並能發揮模式更大的價值(Verburg et al., 2019)。近幾年也有越來越多研究採用參與式建模(participatory modelling)，Voinov et al. (2018) 定義參與式建模是「一種有目的的行動學習過程，透過納入利害關係人的隱性及顯性知識，創造正式且共享的模式以反映現實」，其過程包含共同提出並描述問題、發展並測試解決方案、然後為團體的決策及行動提供資訊。

2.2 利害關係人

利害關係人(stakeholder)的定義在不同領域有所不同，在企業界指的是「能影響或受到組織宗旨影響的團體或個人」(Freeman, 2010)，而在自然資源管理的領域指的是「一群在特定問題或系統有共同利益的人，無論其是否有組織、在社會的層級、關注的尺度及規模」(Grimble & Wellard, 1997)，在決策時納入利害關係人的意見不僅能提高整體對於決策的認同程度，也能透過不同觀點使決策更加完善全面。

在納入利害關係人之前，如何選擇利害關係人才能避免忽略重要的群體、產生有偏差的結果然後影響中長程的發展便是重要的議題，而利害關係人分析(stakeholder analysis)即是用來處理這個議題。利害關係人分析的步驟大致可以整理為：分析受到決策或行動所影響的社會和自然現象的面向、而後界定能影響或受到這些現象所影響的個人或群體、優先讓這些個人或群體參與決策過程，這些分析主要都是在回答「誰」以及「為什麼」的問題，考量的層面則包含代表性、合法性、權力及參與能力等 (Reed et al., 2009)。

利害關係人分析的方法依據其功能可以分為界定利害關係人、區分利害關係

人、調查利害關係人之間的關係三種。界定利害關係人通常是一個迭代的過程，因為其中隱含著「由所關注的現象來界定利害關係人」或「由選定的利害關係人來界定參與的領域面向」的問題，Dougill et al. (2006) 在英格蘭的峰區國家公園進行為期一年的範疇界定(scoping study)研究中，首先透過訪談相關單位的 8 位利害關係人來建立系統的邊界，包含生物環境及社會經濟的條件都可能會是建立邊界的依據；再從建立的邊界來界定利害關係人群體，避免直接選擇有明確參與的現有組織而導致少數聲音被邊緣化或受到現有的衝突所影響，最終將利害關係人分類為水公司、休閒產業、農業社群、保育學者、土地所有者及管理者、旅遊相關企業、林業單位及其他法定機構等 8 個主要群體，並對群體中 24 位利害關係人進行半結構式訪談以確認這些分類，避免任何群體受到忽略，也透過問卷進行社會網絡分析(social network analysis)來了解群體之間的關係及觀點差異，認識群體之間互動網絡的派系並進行後續利害關係人參與活動的設計。

區分利害關係人常見的方式可以分為由上到下的分析式(analytical)分類以及由下而上的重建式(reconstructive)分類兩種。分析式分類通常依據研究者對現象的觀察並套用一些系統如何運作的理論觀點進行分析，最常見的方式為利害關係人地圖(stakeholder mapping)，即利用矩陣依利害關係人對現象的關注程度(interest)及影響力(power)兩個維度進行分類，如 Rosso et al. (2014) 即採用利害關係人地圖及層級分析法來選擇水力發電站水壩的位址，避免潛在於水資源利用及生態系保育之間的衝突。Mannetti et al. (2019) 在保護區擴張的決策參與過程中，也分別採用關注程度、地位及權力三個面向取代過往常使用的急迫性(urgency)、合法性(legitimacy)及權力(power)作為考量的依據，並以突顯性(salience)的概念綜合三個面向衡量利害關係人對決策的重要程度。

重建式分類則主要回應分析式分類可能使邊緣或弱勢團體缺乏代表性或發聲機會的缺點，因此由利害關係人自己進行類別的界定，例如透過其對相關議題的意向進行歸納分類。Brown et al. (2015) 探討利害關係人的觀點可以如何影響公共土



地的管理措施，首先透過七點語義差異量表(semantic-differential scale)蒐集群眾對於管理措施不同面向的偏好，再利用群集分析(cluster analysis)將群眾分類成環境保護、休閒遊憩、社會活動、開發利用等四個類群，同時由群眾在公眾參與地理資訊系統(PPGIS)上標註公共土地的各種價值及發展方向，並比較環境保護及休閒遊憩兩個最大的利害關係人群體對公共土地的保育、可及性及設施開發的偏好在空間上的差異，界定潛在具有共識或衝突的公共土地管理區域。

利害關係人透過參與土地利用規劃、決策與管理來經營生態系服務以滿足各自的需求，參與的過程中常以情境(scenario)或故事線(storyline)作為溝通的媒介。而參與的程度由淺入深可以分為五個等級：第一級為單純收到最終結果的資訊、第二級可以提供資訊作為諮詢的角色、第三級可以參與流程與分析的設計(co-design)但無法參與決策、第四級共同參與設計及分析的決策並建議可能的行動(co-decision)、第五級則對整個過程及可能行動的決策完全負責(Volkery et al., 2008)，參與的方式則包含訪談、問卷、工作坊等，並能將質性的意見轉化為量化的參數。Lacher et al. (2019) 辦理工作坊邀請利害關係人發展未來的情境以促進生態系及其服務的維護，列出社會、科技、經濟、環境、政治等面向的驅動力，以及驅動力如何造成影響與其間的關係，並選擇不確定性及衝擊性最高的兩個因子作為設定未來情境的雙軸向度加以描述，然後試著將敘述性的描述轉換為不同土地利用類型、地點及數量的改變情境，協助利害關係人了解當今的決定所可能造成的長期結果，並能創造想要的未來。

Karner et al. (2019) 為了能綜合考量在地利害關係人、社會經濟因素、生態系服務組合等因子，發展多尺度情境的方法，先設定全球通用的故事線及不確定性架構，再定義歐洲尺度從土地共享(sharing)到土地分離(sparing)及平衡的三種故事線，最後由地區的利害關係人在工作坊中界定特定案例的土地利用情境。Vannier et al. (2019) 也是採用參與式情境規劃的方法進行降尺度(downscaling)，藉由主要決策及土地管理部門的利害關係人將地方政府的四個規範性願景進行在地化調適，產生



四個高解析度空間化的都市、農業及森林土地利用情境，而後將量化的參數放入模式模擬未來的土地利用，探討不同情境的差異及對生態系服務的影響。Burton et al. (2019) 對於蘇格蘭的林地擴張政策，希望藉由利害關係人的回饋探索不同願景與故事線的可能，因此辦理工作坊及半結構式訪談，先調查利害關係人對每個願景的林地型態認知並指認所具有的生態系服務，接著進一步討論對政策的具體共識與分歧，而後發展出治理策略。Berg et al. (2016) 則採用較工作坊節省時間的問卷方法，首先設定經濟發展與生態保育兩個情境光譜的極端作為故事線，讓具有特定知識的專家利害關係人參與其中土地利用變化的類型、面積以及空間設定，作為模式產生未來土地利用的依據。

利害關係人參與也能協助辨別可能發生的權衡或抵換關係(trade-off)，並最佳化土地利用的管理決策。Stosch et al. (2019) 辦理參與式工作坊邀請地水管理相關的四個主要利害關係團體，採用經濟學中生產可能曲線(Production Possibility Frontier, PPF)的概念對農業集約度及淡水系統的生態健康之間的抵換關係進行評估，不同利害關係人對生產可能曲線形狀的描繪反映其認知及文化價值上的差異，接著套疊反映利害關係人偏好的效用函數(Utility Function)曲線得到其在生產可能曲線上的最大效用，然後試著量化探討不同利害關係人對彼此偏好的了解，有助合作及知識共享以實踐創新的地水管理方法。Zoderer et al. (2019) 為了探索利害關係人對生態系服務供給與需求的感知，考量農民、居民及遊客等三類利害關係人群體，利用研究區中不同生態系景觀的照片製作問卷，邀請利害關係人指認景觀能提供的生態系服務，以李克特量表衡量其供給的重要程度，需求面的部分也請受訪者選擇 5 項與自身福祉最有關係的生態系服務。利害關係人指認的生態系服務供給可以分類為與休閒美學相關的文化體驗服務、與氣候及空氣調節相關的生活維持服務、與畜牧農業生產相關的農業服務等三類供給組合，並將其與相關生態系景觀進行連結；然而利害關係人提出與自身福祉相關的生態系服務需求，不同群體存在差異，也表示從供給與需求兩方面的對照發現生態系服務對不同利害關係人在生態



系景觀上的空間錯置，並可能導致景觀管理中潛在衝突，因此早期納入利害關係人的觀點並考慮其需求的多元性有助於緩解可能的衝突，並促成更有效、正當及社會公平的結果。

de Castro-Pardo et al. (2019) 結合層級分析法、目標規劃(Goal Programming)及蒙地卡羅模擬(Monte-Carlo simulation)，蒐集與模擬跨葡萄牙及西班牙國界與多個行政區的多元利害關係人對跨界保護區計畫目標的偏好，包含政府部門、農夫、商人及科學家，並比較由確定性方法(deterministic approach)的群體一致情境與由隨機方法(stochastic approach)模擬的偏好排序，界定可能潛在衝突的目標然後優先進行協商。

2.3 層級分析法

層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是多準則決策方法的一種，由Saaty 於 1971 年提出(褚志鵬, 2009)，其主要目的是將具有複雜因素的問題系統化，對各個考量的準則進行分類、分層，以協助決策者在同層級的準則中相對簡單地評估比較，再以各個準則的相對重要程度為基準，綜合考量選出最適合的替代方案 (Saaty, 1990)。

層級分析法透過構成最終目標的多個準則共同組合，由替代方案在各準則的表現值依權重計算出綜合指數(index)並進行後續的判斷。層級分析法可以應用於各種類型的決策與分析問題，包含決定最佳方案或優先次序、規劃及預測結果、風險評估、衡量績效、系統設計等，應用的領域更涵蓋資源分配、投資組合、經營管理、人力資源、教育評量、建設、製造系統、環境規劃等。其中，在自然資源領域常見的分析指標包含脆弱度(vulnerability)與適宜度(suitability)，以土地利用適宜度而言，最終目標即為衡量土地作為特定土地利用類型的適合程度，其替代方案即為各土地空間網格或嵌塊，並以與該土地利用類型有關的驅動因素作為準則進行衡量。

如土耳其 Artvin 省的 Yusufeli 區則因為新建水壩即將淹沒部分的農地及村落，

所以透過層級分析法尋找適合的新聚落及農業用地，Akıncı et al. (2013) 考量大土壤類(great soil group)、土地可利用限度(land use capability)分類、土壤深度、坡度、坡向、海拔、沖蝕程度等因素，藉由專家的意見賦予各因素的類別不同適宜度分數，經由層級分析法計算出的權重進行加權之後，依據聯合國糧食及農業組織(Food and Agriculture Organization, FAO)的土地適宜度分類，將農業適宜性地圖區分為高度適合、中度適合、勉強適合、暫時不適合、永遠不適合五類。發現土壤深度太淺、坡度太陡及沖蝕程度太高為導致土地不適合農作物生產的主要原因，另外也因當地法律不允許在森林或牧場進行農業生產，因此在排除水壩淹沒區及研究區 85% 的面積被森林及牧場覆蓋之後，前三類適合農業的面積從 54% 減少到只剩 8%。

而印度的 Tehri Garhwal 縣因為經濟發展及工作機會的需求，想要開發工業區，但也希望顧及環境資源的永續，因此 Ramya & Devadas (2019) 採用層級分析法，考量土壤生產力、海拔、與主要道路的鄰近度、與地方道路的鄰近度、與農地的距離、與森林的距離、與冰川的距離、與聚落的距離、與水體的距離、與常年河川的距離、與非常年河川的距離、坡度、土壤深度、坡向、土壤質地等 15 個環境條件因子，將各因子依據其特性進行適宜度分級並給分，然後透過專家及利害關係人層級分析法所得之權重加權後，把土地區分為高度適合、中度適合、低度適合及不適合等四個等級，而後從高度適合的土地中選擇面積大於 15 公頃的區域，再依勞動力可及性、原物料可及性、交通建設、荒地比例等非空間資料進行最終排序。

Memarbashi et al. (2017) 則是將用於評估農地及草地適宜性的 13 個因素依照物理因素、農藝因素及社會經濟因素分為兩階層的層級架構(圖 2)，再分別用第一層級與第二層級共四個成對比較矩陣進行權重比較。然而並非所有因素皆為具備空間屬性的資料，因此最終生成農地及草地的適宜性地圖只採用坡度、坡向、海拔、土壤及土地利用類型等因素。

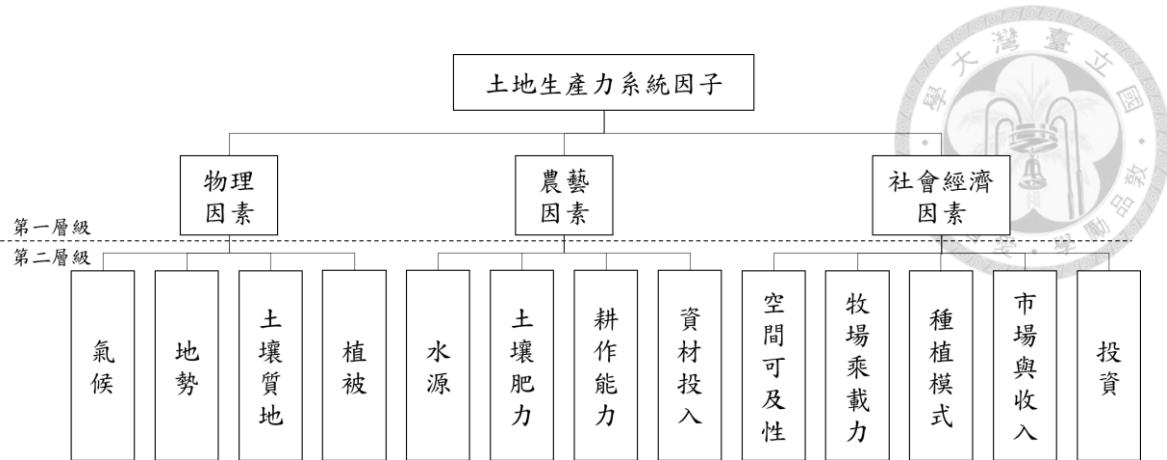


圖 2 Memarbashi et al. (2017) 所使用之層級架構圖

除了用現有的數據評估當前的土地利用適宜度，層級分析法所計算的權重同樣可用於推估未來不同情境下的土地利用適宜度。Sahoo et al. (2018) 為了評估印度 Dwarakeswar 河興建兩座水庫及供水系統之後的農業適宜區，首先利用土地利用變遷模式 Dyna-CLUE 與氣候情境模式 Statistical DownScaling Model (SDSM) 預測未來的土地利用及未來的氣候情境，再將未來的土地利用與氣候情境連同文獻回顧中關於農業永續的驅動力列入層級分析法問卷，請在地的專家利害關係人給予不同因素權重，用以進行未來農業土地利用適宜區的計算。結果顯示下游區域因為其大量建地而明顯不適合作為農業使用，上游區域則因為其土壤濕度不足而稍不適合，中游則是在各方因素綜合評估後最適合作為農業使用的區域。

然而，前述文獻大多是評估單一土地利用類型的適宜度，難以通盤考量所有土地利用類型在不同資源需求下的分配及永續發展，因此 Morales & de Vries (2021) 利用層級分析法分別考慮住宅、工業、商業、農業及林地等不同土地利用類型的環境因素，且不同土地利用納入不同項目與數量(表 1)。其首先透過文獻回顧蒐集常被用於土地利用適宜度評估的因素清單，再由 20 位專家經過訪談增加或刪去所列的因素，最終用層級分析法比較各個因素的重要程度。結果除了計算得到各土地利用類型適宜度因素的重要性權重，也比較不同專家之間對因素重要性評估的差異及其專業領域的關聯，並建議能依據土地利用類型邀請不同領域的專家甚至其他利害關係人一起討論，有助取得重要性評估的一致性。

表 1 Morales & de Vries (2021) 用於土地利用適宜度的因素

土地利用類型	因素數量	因素項目清單
住宅區	8	坡度、海拔、土壤類型、與海岸線的距離、與河流的距離、與主要道路的距離、與重要基礎設施的距離、與排水網絡的距離
商業區	6	坡度、海拔、與主要道路的距離、與排水網絡的距離、與住宅區的距離、與港口的距離
工業區	3	坡度、與主要道路的距離、與住宅區的距離
農地	4	土壤類型、土壤肥力、降雨量、水源可及性
林地	3	坡度、海拔、土壤類型

第三章 研究方法



3.1 研究區域

濁水溪位於臺灣中部，全長 186.6 公里，為臺灣最長的河川，中上游主要在南投縣境內，發源於仁愛鄉合歡群峰一帶，中下游則流經彰化縣及雲林縣，於兩縣交界處出海，流域面積為 3167.6 平方公里，亦涵蓋部分嘉義縣。濁水溪具有多條支流，上游仁愛鄉境內有塔羅灣溪、萬大溪，信義鄉境內有卡社溪、丹大溪、巒大溪及郡大溪；中游最主要有在水里鄉匯流的陳有蘭溪、水里溪，鹿谷鄉境內的清水溝溪，在竹山鎮匯流的東埔蚋溪及清水溪；下游則因北有八卦臺地、南有斗六丘陵的阻隔，且地勢趨於平緩，所以沒有明顯的支流。

依據內政部國土測繪中心之國土利用現況調查 2021 年的成果(圖 3)，濁水溪流域上游以林地為主並鑲嵌部分荒地及草地，中游之河流兩側逐漸出現農地，而下游則以農地為主要土地利用型態，建地則主要聚集在鄉鎮及散落於農地之間。

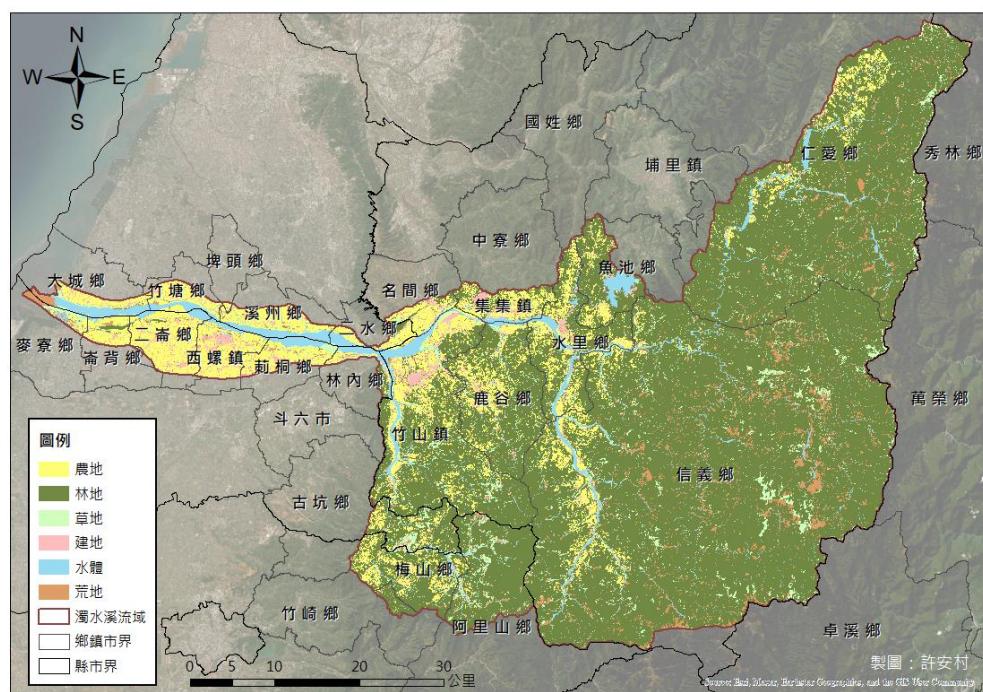


圖 3 2021 年濁水溪流域土地利用分布



濁水溪流域各土地利用類型面積及百分比整理如表 2。

表 2 濁水溪流域土地利用面積

土地利用	面積(平方公里)	百分比
農地	409.87	13%
林地	2237.88	71%
草地	133.44	4%
建地	82.26	3%
水體	163.68	5%
荒地	140.50	4%
總計	3167.62	100%

本研究為探討利害關係人對土地利用變遷之認知，為確保利害關係人對不同土地利用類型有足夠的接觸與理解，並能感受其適宜度特性，故如圖 3 所示，選擇土地利用型態較為多元的濁水溪流域中游五鄉鎮為主要調查地點，即包含水里鄉、鹿谷鄉、集集鎮、名間鄉、竹山鎮等五鄉鎮。



3.2 土地利用變遷模式

3.2.1 模式簡介與運作架構

本研究使用的土地利用變遷模式 CLUE-S (the Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent)為 Verburg et al. (2002) 所發展的模式，主要用於小區域如集水區或省的土地利用分析，在此之前的土地利用變遷模式主要用於森林砍伐、都市化或農業集約化等單一土地利用類型模擬，因此無法顯現不同土地利用類型之間的競爭。為了能同時模擬多種土地利用類型，並符合長期的土地利用及其驅動力的動態關係，Verburg et al. (2002) 考量幾個土地利用系統的特性並應用於 CLUE-S 模式中：

- 基於土地利用系統的層級組織，模式需要具有能進行多尺度的串聯與回饋機制。如較高層級的條件可能限制較低層級的變遷過程，但高層級的條件也可能受到低層級變遷過程的影響。
- 決定土地利用變遷面積的非空間因子應該與決定變遷地點的空間因子進行區分。如人口是常見土地利用變遷的驅動力，但變遷的地點則可能由當地的土壤等環境生物物理因子決定。
- 基於土地利用系統的韌性與穩定性，驅動力的變遷不應該瞬間影響土地利用系統的架構。即便是自然災害，土地利用系統也將在一定時間之後恢復過往的架構。

依據上述特性，CLUE-S 模式的架構分為非空間資料及空間資料兩部份(圖 4)，非空間資料主要為各土地利用的需求面積、轉移彈性、轉移矩陣及迭代變數，其中轉移彈性(elasticity)代表該土地利用類型轉變為其他土地利用類型的容易程度，轉移矩陣為兩兩土地利用成對的轉移可行性矩陣，迭代變數則依據每次空間分配後的土地利用面積及需求面積的差異進行迭代調整；空間資料主要用來形塑土地利用的空間配置規則，包含由過往土地利用與驅動力基於經驗分析而推估出的土地



利用適宜性、禁止土地利用變遷的限制區等。

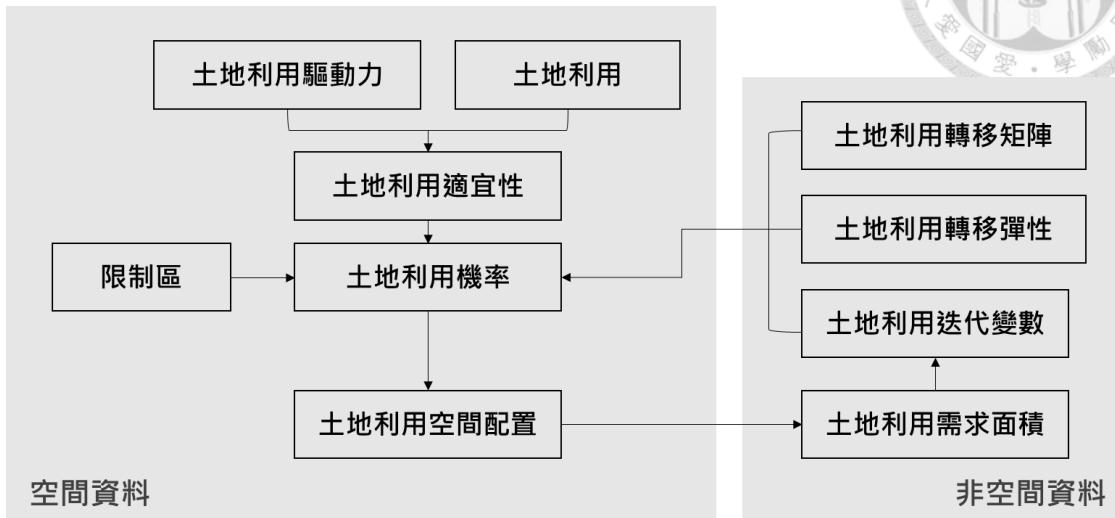


圖 4 CLUE-S 模式架構 (整理自 Verburg et al., 2002)

在 CLUE-S 模式中，各空間網格的土地利用機率由土地利用適宜性、土地利用轉移彈性及土地利用迭代變數相加產生，而後作為空間配置的依據，將該空間網格指派為土地利用機率最大的土地利用類型。其中土地利用轉移彈性為 0 至 1 的數值，若該土地利用類型很難轉變為其他土地利用類型，如建地，則其轉移彈性接近於 1；若該土地利用類型容易頻繁轉換，例如在某些農耕型態中，土地利用容易在農地、林地或荒地間頻繁轉換，則其轉移彈性將趨近於 0，並且可依模式使用者對土地利用市場及經濟情境的理解進行設定。而土地利用轉移矩陣則設定兩兩土地利用的轉移可行性，如設定林地不可轉移為水體則其矩陣元素值為 0，林地可轉移為農地則其矩陣元素值為 1。土地利用迭代變數則是在每次空間配置後，土地利用的面積會與需求面積進行比較，若未滿足需求，則迭代變數增大以使得土地更容易成為該土地利用類型，反之若面積超過需求，則迭代變數減小。模式會持續進行迭代循環直到設定的次數或土地利用面積差小於可容忍值為止，因此有些時候迭代變數所代表土地利用系統中的總體上位需求對土地利用機率的影響將超越土地利用適宜性所代表的在地條件。



3.2.2 土地利用

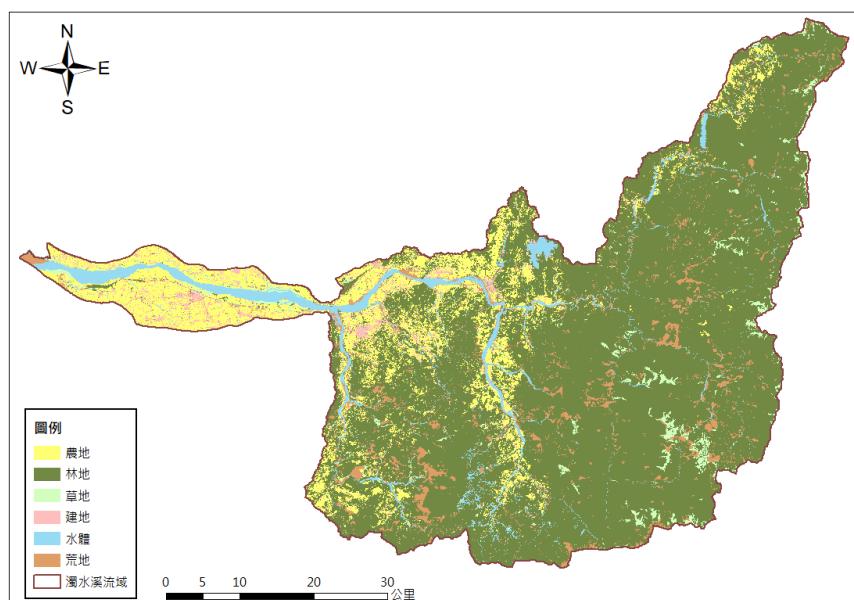
本研究之土地利用變遷模式採用 2007 年、2014 年及 2021 年國土測繪中心之國土利用調查資料進行分類，將土地分為農地、林地、草地、建地、水體、荒地六大類，並進行 2049 年土地利用的模擬，土地利用類型分類與國土利用調查分類代碼的對照表參考林裕彬(2021)整理如表 3，分類後之土地利用地圖如圖 5。

表 3 土地利用分類代碼對照表

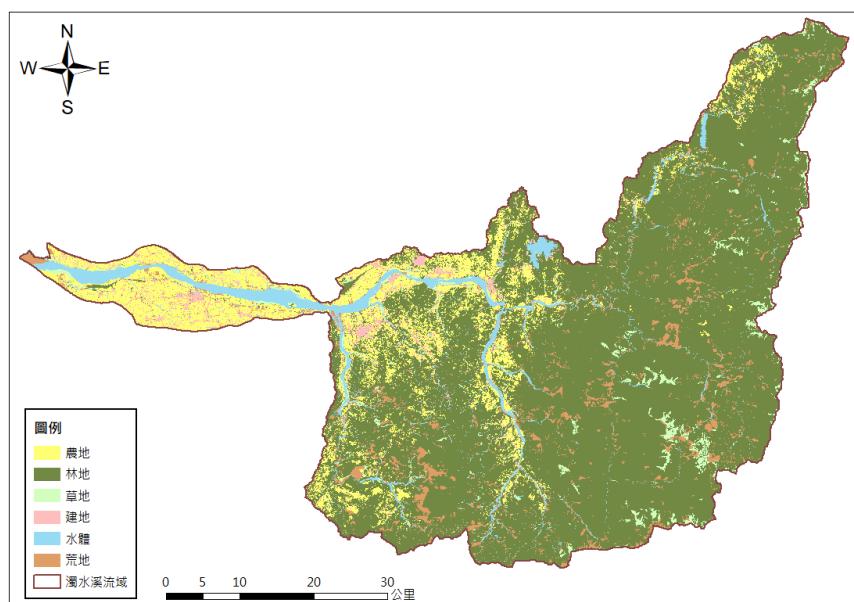
土地利用分類	2007 年及 2014 年之代碼及類別	2021 年之代碼及類別
農地	01 農業使用土地	01 農業利用土地
林地	02 森林使用土地	02 森林利用土地
草地	0702 休閒設施 0903 草生地	0702 公園綠地廣場 0703 休閒設施 0902 草生地
建地	03 交通使用土地 05 建築使用土地 06 公共設施使用土地 0701 文化設施 0901 軍事用地	03 交通利用土地 05 建築利用土地 06 公共利用土地 0701 文化設施
水體	04 水利使用土地	04 水利利用土地
荒地	08 礦鹽使用土地 0902 濕地 0904 裸露地 0905 灌木荒地 0906 災害地 0907 營建剩餘土石方 0908 空置地	08 礦鹽利用土地 0901 濕地 0903 裸露地 0904 營建剩餘土石收容處理相關設施 0905 空置地



(a) 2007 年



(b) 2014 年



(c) 2021 年

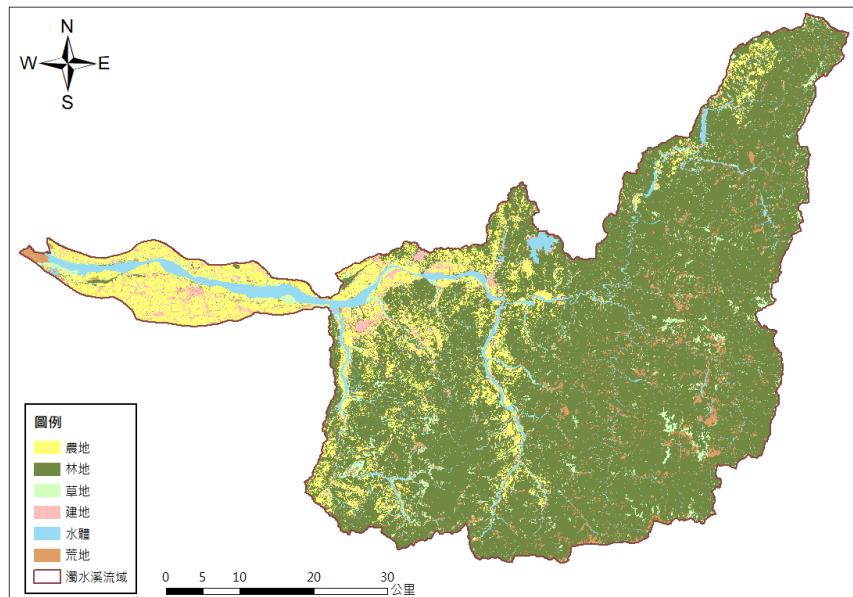


圖 5 2007 年、2014 年及 2021 年土地利用地圖

3.2.3 土地利用驅動力與適宜性

土地利用驅動力(driving forces)指的是可能促使土地成為某種利用類型的因子，而選擇納入模式的驅動力是土地利用變遷模擬很重要的過程，本研究回顧過去使用 CLUE-S 模式進行土地利用變遷模擬的研究中，模擬的土地利用類型及考量的驅動力，整理如表 4。

表 4 過去使用 CLUE-S 的研究所考量的土地利用變遷驅動力

參考文獻	模擬的土地利用類型	考量的驅動力
Wu et al., 2014	農地、林地、草地、水體、建地	海拔、坡度、土壤深度、土壤沖蝕指數、土壤酸鹼值、土壤內部排水性、與水源距離、與道路距離、與學校距離、與保安林地距離、與斷層帶距離、與土石流距離、與旅遊景點距離、與都市計畫區及鄉村區距離、開發成本、人口數、人口成長率
Waiyasusri et al., 2016	農地、林地、建地、水體	海拔、坡度、年平均降雨量、土壤質地、與河川距離、與道路距離、與村落距離
Liu et al., 2017	農地、林地、建地、灌木、水體	海拔、坡向、坡度、與鐵路距離、與道路距離、與河川距離、人口數、總產值、工業產值
Xia et al., 2018	農地、林地、草地、水體、建地、濕地、荒廢地	海拔、坡向、坡度、年平均降雨量、年平均溫度、累積溫度、土壤類型、與河川距離、與道路距離、與住宅區距離、人口數、人均 GDP
Zheng & Hu, 2018	農地、都市、水體、鄉村住宅區、其他開發地、其他	海拔、坡向、坡度、與主要道路距離、與地方道路距離、與鐵路距離、與公園距離、與河川距離、與湖泊距離、與市中心距離、與鄉村住宅區距離、都市密度、鄉村住宅區密度

從表 4 可以發現研究所要模擬的重點目標不同，所選擇的土地利用分類以及考量的驅動力也會不同，然而驅動力大致上都可以分成自然環境、社會經濟以及空間鄰近因素三大類。

本研究參考過去文獻及數據可及性，選擇海拔高度、坡度、年降雨量、年平均溫度、土壤深度、土壤 pH 值、人口密度、離水體距離、離國道距離、離其他道路距離共 10 項因素納入 CLUE-S 作為土地利用變遷驅動力(表 5)。

表 5 本研究採用之驅動力因素列表

編號	驅動力項目	單位	最小值	最大值
0	海拔高度	公尺	0	3843
1	坡度	百分比	0	65.47
2	土壤深度	公分	0	120
3	土壤 pH 值	-	4.5	7.6
4	離水體距離	公尺	0	7271.07
5	離國道距離	公尺	0	75657.8
6	離其他道路距離	公尺	0	18608.3
7	人口密度	人 / 250 米平方	0	14075
8	年降雨量	毫米	1450.21	4139.77
9	年平均溫度	°C	7.73	24.1

土地利用適宜性(suitability)表示該空間適合作為特定土地利用類型的程度，在 CLUE-S 模式中透過多種數值計算方法分析驅動力與土地利用類型的關係，而後再以驅動力條件推估土地利用的適宜性。本研究選用的驅動力與適宜性分析方法為常用的邏輯迴歸(logistic regression)，其計算式如式(1)(Verburg et al., 2002)。



$$\log\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \cdots + \beta_n X_{n,i}$$

其中， P_i 即為某土地利用類型在地點 i 的適宜度，為 0 到 1 的應變數； $X_{n,i}$ 為第 n 個驅動力作為自變數在地點 i 的數值； β_n 則為第 n 個驅動力因素的邏輯迴歸係數(beta coefficient)，包含迴歸的常數 β_0 ，由過去的土地利用及驅動力變數進行迴歸之後求得，並用於推估未來的土地利用適宜度。

邏輯迴歸與線性迴歸主要的差異在於其迴歸曲線及應變數的類型(表 6)，邏輯迴歸的迴歸曲線為 S-curve 且應變數為二元的布林值，常用於分類的邏輯判斷問題，線性迴歸的應變數則為連續數值。因此邏輯迴歸常用於類別上是或否的判斷，而其 beta 係數也代表自變數對迴歸曲線變化程度的影響，即是本研究將要比較的驅動力對土地利用適宜性的權重。

表 6 邏輯迴歸與線性迴歸比較表

	邏輯迴歸	線性迴歸
應變數類型	布林值	連續數值
迴歸曲線		



3.2.4 土地利用模式驗證

(1) 操作特徵曲線

經由前述邏輯迴歸方法分析得到驅動力對各土地利用類型適宜度的 beta 係數之後，套用至欲推估年份的驅動力資料得以計算出各土地利用的適宜度 P_i ，而後將每個網格的適宜度與設定的閾值(threshold)進行比較，若適宜度大於或等於閾值則判定為該土地利用類型或該網格有變遷(positive)，反之則非該土地利用類型或該網格沒有變遷(negative)。

接受器操作特徵(Receiver Operating Characteristic, ROC)曲線是常被用於檢驗分類問題表現的統計方法(Swets, 1988)，其透過列聯表整理預測與實際土地利用是與否的網格數量(表 7)，再進一步計算其統計量。其中，真陽性率 $\frac{TP}{TP+FN}$ 代表實際為陽性並且也被正確預測為陽性的比率；偽陽性率 $\frac{FP}{FP+TN}$ 代表實際為陰性但錯誤預測為陽性的比率。將真陽性率作為 y 軸，偽陽性率作為 x 軸，然後透過調整預測的判斷閾值，得到不同的偽陽性率與真陽性率組合作為 x、y 座標，將這些組合點連接所畫成的曲線即為 ROC 曲線(圖 6)，並能計算其曲線下面積(Area Under the Curve, AUC)，作為判斷預測能力的指標(Pontius & Schneider, 2001)，AUC 值越大代表預測能力越好，介於 0.5 至 1 為可接受，小於 0.5 則表示預測能力不如隨機。

表 7 ROC 預測與實際之列聯表

		實際	
		Positive	Negative
預測	Positive	True Positive, TP 真陽性	False Positive, FP 偽陽性
	Negative	False Negative, FN 偽陰性	True Negative, TN 真陰性
陽性率		真陽性率 = $TP/(TP + FN)$	
		偽陽性率 = $FP/(FP + TN)$	

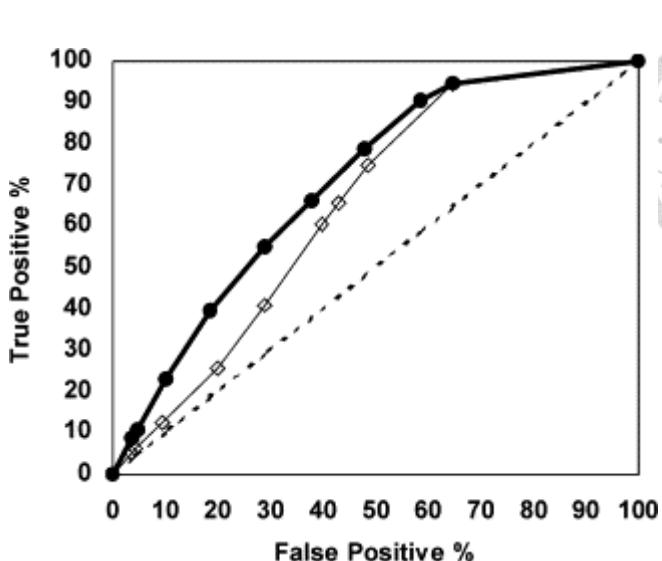


圖 6 ROC 曲線示意圖(Pontius & Schneider, 2001)

為了更完整呈現列聯表的所有資訊，Pontius & Si (2014) 進一步提出總操作特徵(Total Operating Characteristic, TOC)曲線，將列聯表的元素命名為命中(Hits)、誤報(False Alarms)、遺漏(Misses)及正確拒絕(Correct Rejections)如表 8，並以總網格數($P+Q$)為 x 軸、實際為陽性的網格數(P)為 y 軸畫出 TOC 曲線，其 x 座標值為預測為陽性的網格數($H+F$)，y 座標值為命中的網格數(H)，並加上分別代表完美預測的邊界 Maximum，以及完全誤報的邊界 Minimum，因此可以在 TOC 曲線上直接得知命中、誤報、遺漏及正確拒絕的網格數(圖 7)。

表 8 TOC 預測(診斷)與實際(參考)之列聯表

		實際		預測值 總計
		Positive	Negative	
預 測	Positive	命中(Hits, H)	誤報(False Alarms, F)	$H+F$
	Negative	遺漏(Misses, M)	正確拒絕(Correct Rejections, C)	$N+C$
實際值總計		$H+M=P$	$F+C=Q$	$P+Q$

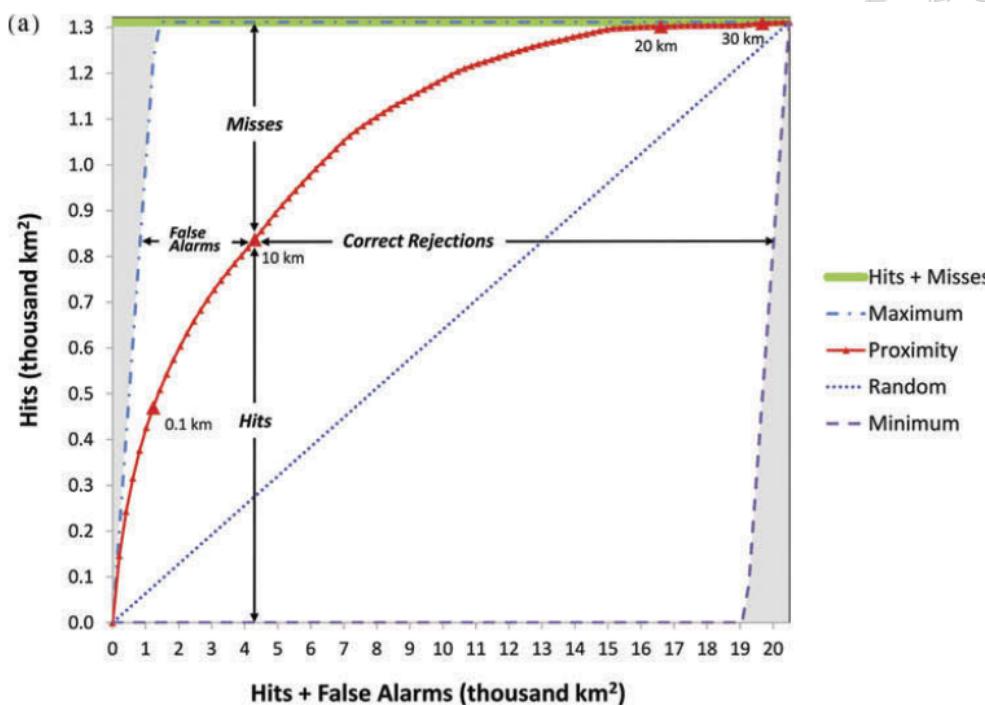


圖 7 TOC 曲線示意圖(Pontius & Si, 2014)

TOC 曲線同樣能計算其曲線下面積(Area Under the Curve, AUC)作為判斷預測能力的指標，TOC 曲線越接近 Maximum 曲線代表預測能力越好，低於 Random 曲線即為 AUC 小於 0.5，代表預測能力不如隨機。

(2) 三圖驗證與效率指數

過去幾十年很多研究常使用 Kappa 作為遙測地圖判釋或土地利用分類準確度的評估指標，Kappa 值是利用預測的正確率與隨機的正確率進行比較計算得到，然而實際上土地利用變遷預測的正確與否，包含各類土地利用面積量的預測(composition)以及在空間配置上的預測(configuration)，因此採用這兩個面向的指標才能更完整呈現實際與預測的交叉比較矩陣的內涵(Pontius & Millones, 2011)。

三圖驗證(Three-map validation)指的是將前期的觀測地圖、後期的觀測地圖以及後期的預測地圖三張地圖進行兩兩比較，透過疊圖分析可以分別得到三種資訊：前期的觀測地圖與後期的觀測地圖比較可以得到觀測的改變、前期的觀測地圖與後期的預測地圖比較可以得到預測的改變、後期的觀測地圖與預測地圖比較則可以得到預測的準確度。而這些實際觀測與模擬預測的土地利用變遷結果可以細分

為五種(Vliet et al., 2011)：命中(Hits)表示實際土地利用類型改變且正確模擬、錯誤命中(Wrong Hits)表示實際土地利用類型改變但模擬改變為錯誤的土地利用類型、遺漏(Misses)表示實際土地利用類型改變但模擬維持沒有改變、誤報(False Alarms)表示實際土地利用類型沒有改變但模擬改變、正確拒絕(Correct Rejections)表示實際土地利用類型沒有改變且正確模擬，整理如表 9。本研究使用的土地利用變遷模式採用三圖驗證納入上述五種結果定義並計算效率指數(Figure of Merit)來衡量模式模擬的表現，效率指數的計算方式如式(2)(Pontius et al., 2008)，其值介於 0 到 1 之間，0 表示預測的變遷位置與實際觀測沒有重疊，1 則代表完美預測，即每個實際上的變遷都被預測到並且沒有誤報的情形。

$$\text{效率指數(Figure of Merit)} = \frac{H_1}{H_1 + H_2 + M + F} \quad (2)$$

表 9 效率指數元素表

		實際觀測	
		變遷	維持
模擬	變遷	命中(Hits, H ₁)	誤報(False Alarms, F)
		錯誤命中(Wrong Hits, H ₂)	
預測	維持	遺漏(Misses, M)	正確拒絕(Correct Rejections, C)

效率指數被廣泛用於土地利用模式表現的驗證中，Pontius et al. (2008) 比較 13 個效率指數於判斷土地利用模式表現的應用，發現土地利用模式的模擬表現會依據研究區域的空間大小、資料解析度、考量的土地利用類型數量、時間長短、環境條件異質性而有所差異，且效率指數值與實際觀測的土地利用變遷量有正相關，即當實際土地利用變遷量越多時，模式模擬之效率指數值也可能越高，值的範圍可能從 0.01 到 0.59，因此對於效率指數值所代表的模式表現並未有一致的衡量標準。

如 Peng et al. (2020) 模擬中國武漢的城市聚落變遷，即顯示當資料解析度由 100 公尺增加至 800 公尺時，效率指數值也從 0.081 增加到 0.1326。Shoyama (2021) 用 500 公尺解析度模擬日本全國從 1998 年到 2014 年的 10 種土地利用變遷，其效率指數值則僅有 0.0058，可能為模擬時間長、土地利用類型多、範圍大的緣故，因此有很多雜訊存在導致模式表現較差。Li et al. (2017) 用 1 公里的解析度模擬全球 17 個區域的土地利用變遷，其效率指數值亦可能從 0.1063 到 0.2898。Chu et al. (2013) 於新店溪寶橋集水區將空間自相關結合 CLUE-S 模式的邏輯迴歸及人工神經網絡方法進行土地利用變遷的模擬，其由 1990 年模擬 1998 年土地利用之效率指數值分別為 0.023 及 0.156。



3.3 層級分析法

3.3.1 層級分析法運算邏輯

層級分析法具有將定性資料轉換為定量資料的功能，能將人類的主觀判斷由順序尺度(ordinal scale)的資料類型，透過兩兩因素的成對比較矩陣，經過運算後轉換為 0 到 1 之間的權重關係。鄧振源與曾國雄(1989) 整理層級分析法的九項基本假設如下：

1. 一個系統可以被分解成許多種類或成分，並形成網絡式的層級結構。
2. 層級結構中，每一層級的要素均假設具有獨立性。
3. 每一層級內的要素，可以用上一層級內某些或所有要素作為基準，進行評估。
4. 比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度。
5. 成對比較後，可使用正倒值矩陣處理。
6. 偏好關係滿足遞移性。不僅優劣關係滿足遞移性(A 優於 B, B 優於 C，則 A 優於 C)，同時強度關係也滿足遞移性(A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍)。
7. 完全具遞移性不容易，因此容許不具遞移性的存在，但需測試其一致性(consistency)的程度。
8. 要素的優勢程度，經由加權法則而求得。
9. 任何要素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何小，均被認為與整個評估結構有關，不需要檢核階層結構間的獨立性。

層級分析法的基本運算邏輯是依據層級結構，逐層對兩兩要素進行比較。假設某一層級的要素為 A_1, A_2, \dots, A_n ，依據其上一層要素為評估基準下，每一要素的權重為 W_1, W_2, \dots, W_n ，以此建立成對比較矩陣(pairwise comparison matrix)，此矩陣的每一列是由單一要素的權重相對於其他要素的權重之比例而成，將 A_i 與 A_j 的相對重



要程度以 a_{ij} 表示如式(3)。

$$a_{ij} = W_i/W_j, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

則要素 A_1, A_2, \dots, A_n 的成對比較矩陣 $A = [a_{ij}]$ 可寫成如式(4) (翁振益、周瑛琪, 2006)。

$$A = [a_{ij}] = A_1 \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_n \\ W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \cdots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

又權重 $W = [W_1 \quad W_2 \quad \cdots \quad W_n]^T$ ，則將成對比較矩陣 A 乘以權重 W ，會等於 n 乘以權重 W ，如式(5)。

$$A W = A_1 \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_n \\ W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \cdots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

由此可知，若取得要素之成對比較矩陣 A ，各要素的權重 W 即為成對比較矩陣 A 的特徵向量(eigenvector)， n 為成對比較矩陣 A 的特徵值(eigenvalue)，求特徵向量及特徵值的步驟如式(6)至式(8)。

$$A W = n W \quad (6)$$

$$A W - n W = 0 \quad (7)$$

$$(A - n I)W = 0 \quad (8)$$

其中 I 為單位矩陣，且已知權重 $W \neq 0$ ，所以 $A - n I$ 為行列式為 0 的奇異矩陣(singular matrix)，由 $\det(A - n I) = 0$ 可求得特徵值 n ，並帶回上式求得權重 W 。

根據 Saaty (1977)，成對比較矩陣具有以下性質：



1. 成對比較矩陣 A 的對稱要素之間互相為倒數關係，即 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ 。
2. 成對比較矩陣 A 的所有要素均為正值，且滿足 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ ，則稱為正倒值矩陣(positive reciprocal matrix)。
3. 成對比較矩陣 A 的秩(rank)為 1，即其線性獨立的列向量為 1 組。因為每一列皆是第一列的常數倍，所以其特徵值 $\lambda_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 中，只有一個為非零，其餘均為零，而非零的特徵值以 λ_{max} 表示。
4. 成對比較矩陣 A 具有正的特徵值，其中最大的特徵值 λ_{max} 所對應的特徵向量要素，也都是正值。
5. 成對比較矩陣 A 的對角線和為 n ，且從特徵值的特性得知，特徵值的和也為 n ，所以 $\lambda_{max} = n$ 。

而若成對比較矩陣中任三個要素符合遞移性，即 $a_{jk} = \frac{a_{ik}}{a_{ij}} (i, j, k = 1, 2, \dots, n)$ ，

則此成對比較矩陣符合一致性(consistency)，其秩將為 1。然而，實際之成對比較矩陣不一定完全符合一致性，故可以用其特徵值 λ_{max} 與 n 的差距計算一致性指數(consistency index, C. I.)，來判斷一致性程度，計算公式如式(9)。

$$C. I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (9)$$

若成對比較矩陣完全符合一致性，則 $\lambda_{max} = n$ ，得 $C. I. = 0$ ；若成對比較矩陣不完全符合一致性，則 $\lambda_{max} > n$ ，此時 $C. I. > 0$ ，而一致性指數C. I. 普遍認為需小於等於 0.1，其一致性程度方可接受。

另考量不同階數的成對比較矩陣具有不同程度的隨機性，依鄧振源與曾國雄(1989) 所述，根據 Dak Ridge National Laboratory 和 Wharton School 進行的研究，隨機指數 R. I. 隨著矩陣階數 n 增加而增加，1 至 11 階的成對比較矩陣之 R. I. 值是以 500 個樣本所求得的平均值，如表 10。

表 10 隨機指數表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R.I.	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

而定義一致性比率(consistency ratio, C.R.)為一致性指數 C.I.與隨機指數 R.I.的比率如式(10)，若 $C.R. \leq 0.1$ ，則一致性程度視為滿意。

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (10)$$

3.3.2 層級分析法的流程

運用層級分析法解決複雜決策問題時，主要是將具有複雜因素的問題系統化，對各個考量的準則進行分類、分層，以協助決策者在同層級的準則中相對簡單地評估比較，再以各個準則的相對重要程度為基準，選擇最適合的替代方案。其分析流程大致可以區分為以下六個步驟(褚志鵬，2009)：

- I. 問題界定
- II. 建構層級結構
- III. 問卷設計與調查
- IV. 權重計算
- V. 層級一致性檢定
- VI. 替代方案的選擇

以下針對六個步驟分別進行說明：

I. 問題界定

界定問題所處系統的範圍，確立最能概括整個問題系統的最高層級核心目標，並將可能影響的要素準則納入。方法可以採用文獻分析、腦力激盪等，以蒐集能協助確認問題性質、範圍及影響因素等的資訊。

以本研究而言，參考多方文獻及資料之後，將目標問題訂為「土地利用變遷驅動力之重要性評估」以及「土地利用類型變遷容易程度評估」，並整理各文獻所納



入之土地利用驅動力後，考量將與土地利用變遷模式進行比較，而選擇現有數據資料且重要之土地利用變遷驅動力。

II. 建構層級結構

處理複雜問題時，利用層級結構將問題與要素加以分解，有利於系統化的了解。

在建立層級結構時，應注意以下各點(鄧振源、曾國雄，1989)：

- (1) 最高層級代表評估的最終目標。
- (2) 盡量將重要性相近的要素放在同一層級。
- (3) 同一層級內的要素不宜過多，根據 Saaty 的建議，最好不要超過 7 個，如果超過可以再進行分層，避免決策者因難以判斷而影響層級的一致性。
- (4) 層級內的各要素，力求具備獨立性，若有相依性存在時，可先將獨立性與相依性各自分析，再將二者合併分析。
- (5) 最低層級的要素即為替代方案。

本研究為了解利害關係人對土地利用變遷驅動力的認知，並配合土地利用變遷模式所使用的參數進行比較，依據調查的對象、目的與內容建立三種層級架構：給社會大眾的土地利用變遷驅動力適宜性權重、給決策者的土地利用變遷驅動力重要性、以及五種土地利用類型的轉移彈性，其層級架構圖將於問卷設計章節進行說明。

III. 問卷設計與調查

層級分析法問卷係將每一層級的要素在上一層級要素的基準下進行成對比較。評估的尺度劃分為五項順序尺度，以重要性評估為例，即同等重要、稍重要、重要、很重要、絕對重要，並分別賦予 1、3、5、7、9 的衡量值，另有四項介於五個基本尺度之間，賦予 2、4、6、8 的衡量值。有關各尺度所代表的意義，如表 11 所述。

表 11 AHP 評估尺度的意義(鄧振源、曾國雄, 1989)

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (equal importance)	兩比較元素的貢獻程度具同等重要性
3	稍重要 (weak importance)	經驗與判斷認為某一元素稍微重要
5	重要 (essential importance)	經驗與判斷認為某一元素強烈的重要
7	很重要 (very strong importance)	實際顯示某一元素非常強烈的重要
9	絕對重要 (absolute importance)	有足夠證據肯定某一元素絕對重要
2、4、6、8	相鄰尺度之中間值 (intermediate)	需要折衷值時。

Saaty 選擇 1-9 作為評估尺度的原因，包含 Miller (1956) 發現人類無法同時對 7 ± 2 種以上的事物進行比較，又人類對值的區別能力以等強、稍強、頗強、極強、絕強等 5 個屬性表示較好，且為了更精確起見，在相鄰兩個屬性間設一折衷屬性，使其具有更好的連續性，因此總共需 9 個屬性值。

然而問卷實際填寫時，因為兩兩項目相評估比較，若兩側各有 9 個尺度，則填答者共需面對 17 個衡量值，可能造成評估尺度過度細分而無法明確決定的困擾。本研究在進行民眾問卷預試時，也確實有填答者反應難以在眾多評估尺度中明確選擇，且觀察大部分填答者並未選擇 2、4、6、8 的折衷屬性，故本研究選擇移除折衷屬性。

IV. 權重計算

對於不同填答者的評估結果，層級分析法採用幾何平均數進行整合，即若有 n 位填答者對 i, j 兩要素的比較評估值分別為 a_1, a_2, \dots, a_n ，則整合之兩要素評估值結果 A_{ij} 應為 $\sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdots a_n}$ ，置於成對比較矩陣 A 的上三角形。而要素自身比較值均為 1 作為主對角線，下三角形則為上三角形相對位置數值的倒數，即 $A_{ji} = \frac{1}{A_{ij}}$ 。



最後的成對比較矩陣如式(11)。

$$A = [A_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ 1/A_{12} & 1 & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1/A_{1n} & 1/A_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

建立成對比較矩陣之後，接下來就要計算其特徵向量以求權重，及最大特徵值以檢驗成對比較矩陣的一致性。Saaty 提出四種近似法求取特徵向量 W 之元素值 W_i 如下(翁振益、周瑛琪，2006)：

(1) 行向量常態化的平均值：又稱 ANC (average of normalized columns)法，

首先將各行進行常態化，再計算常態化之後各列元素的平均值，如式(12)。

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

(2) 列向量平均值的常態化：又稱 NRA (normalization of the row average)

法，將各列元素加總，再進行行的常態化，如式(13)。

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

(3) 列向量幾何平均值的常態化：又稱 NGM (normalization of the geometric mean of the rows)法，將各列元素取其幾何平均值，再進行行的常態化，如式(14)。

$$W_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$



(4) 行向量和倒數的標準化：將各行元素加總並求其倒數，再進行列的常態化，如式(15)。

$$W_i = \frac{\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right)}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right)} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

最大特徵值的求法則是利用特徵向量及特徵值的特性，將成對比較矩陣 A 乘以特徵向量 W 得到新的向量 W' ，如式(16)；再將 W' 的每個元素值分別除以特徵向量 W 中對應的元素值，而後求其比值的算數平均數，即為最大特徵值 λ_{max} ，如式(17)。

$$A W = W' \quad (16)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{W'_1}{W_1} + \frac{W'_2}{W_2} + \dots + \frac{W'_n}{W_n} \right) \quad (17)$$

V. 層級一致性檢定

計算出特徵向量權重及最大特徵值 λ_{max} 之後，需再用最大特徵值與矩陣階數 n 進行層級一致性檢定，計算各層級之一致性指數(C.I.)及一致性比率(C.R.)，其值小於等於 0.1，一致性方視為可以接受，計算公式如式(18)及式(19)。

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (18)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (19)$$

VI. 替代方案的選擇

替代方案的選擇是依據層級架構所建立出來的評估準則，各準則透過成對比較矩陣的計算，求得其在評估時的權重，再依照權重對各替代方案在各準則的原始分數，或經由專家同樣透過成對比較矩陣運算得到的相對分數進行加權平均，最終

算出來的總分是為各替代方案的綜合評估分數，以排定替代方案的優先順序，進行選擇或分配的決策。

以本研究而言，目的是建立各土地利用變遷驅動力對不同土地利用類型的影響力權重，故免此步驟。

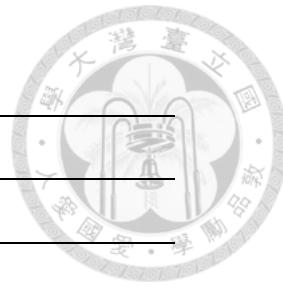
3.4 問卷設計

本研究的問卷發放對象分為一般民眾及決策者兩類族群，考量問卷篇幅將影響填答意願，因此將問卷目的與內容進行區分。民眾問卷主要是比較模式與一般民眾對土地利用變遷驅動力重要性的認知之間的差異，故依據模式所採用的土地利用變遷驅動力作為問卷比較的項目，並分別詢問驅動力對五種土地利用類型的重要性。由於現場發放民眾問卷時，有民眾反應尚有其他非空間、非量化的因素其重要性不亞於問卷上所列的驅動力，因此決策者問卷試著探索其他未被模式所採用的土地利用變遷驅動力的重要性。另一方面也詢問決策者對於不同土地利用類型變遷容易程度的觀點，作為模式中轉移彈性的設定依據。

3.4.1 民眾問卷

民眾問卷的內容架構包含環境知識與觀點、土地利用變遷驅動力認知以及個人基本資料三個部分。環境知識與觀點的部分透過 13 題關於環境現況與變遷的敘述(表 12)，採用 7 點李克特量表(Likert scale)的格式，請填答者選擇自己對於敘述的認同程度，從非常不認同、不認同、有點不認同、普通、有點認同、認同到非常認同，希望了解填答者對於環境的認知，確保填答者具有足夠的背景知識以理解後續的問項，同時透過漸進式過程使填答者進入後續土地利用變遷問卷的情境中。其中，第 3、11、12 題為反向敘述題，用於避免問卷填答的慣性，也有助於辨識可能的無效問卷。

表 12 民眾問卷環境知識與觀點敘述



環境敘述
1. 農地與林地的流失會降低土地調節氣候的能力。
2. 山坡地濫墾濫伐容易造成山崩、土石流等災害。
3. 土地規劃與開發不需考量當地居民的意見與看法。
4. 土地規劃與開發需考慮到災害預防。
5. 土地規劃與開發應保護現有的自然環境和文化資產。
6. 土地資源因為越來越多人類活動而產生損耗。
7. 泥沙堆積是造成臺灣西部平原愈來愈寬的主要原因。
8. 土地儲存二氧化碳溫室氣體的能力受到土地利用方式的影響。
9. 人口聚集較高的鄉鎮，其農地越容易新蓋房子或工廠。
10. 政府的政策與行政管理會影響到森林保育。
11. 區域的土地使用變遷不會影響到全球的環境變遷。
12. 氣候變遷不會導致洪水量增加。
13. 農地價格會影響到在農地蓋農舍或工廠的意願。

第二部分土地利用變遷驅動力認知則是透過層級分析法，了解民眾認為各種土地利用變遷驅動力對不同土地利用類型的重要性。驅動力的選擇為了後續與土地利用變遷模式分析的適宜性權重進行比較，因此採用同本研究 CLUE-S 模式考量的驅動力(表 5)，然而於預試時有民眾反應問卷長度及內容敘述不易理解將影響填答意願，因此本研究參考過去同樣使用 CLUE-S 模式的研究所考量的土地利用變遷驅動力(表 4)，以及本研究模式之驅動力相關性，發現土壤 pH 值為較少被使用的驅動力因子，且與較多土地利用類型不具相關性，所以在最終版的民眾問卷中不採納土壤 pH 值，採用其餘 9 項驅動力因素，並將其分類為自然因素、社會因素及空間鄰近因素三類，以兩層級共 3 個成對比較矩陣的方式，對農地、林地、建地、草地、荒地五種土地利用類型分別進行調查，層級架構如圖 8。此外，在驅動力的敘述上，因本研究選用的驅動力與適宜性邏輯迴歸分析方法 beta 係數具有正

相關或負相關的性質，例如離其他道路距離與建地的適宜性 beta 係數為負值，代表離其他道路越遠則建地的適宜性越低，因此最初問卷的問項亦採用具有方向性的敘述；但於預試時發現這樣的敘述將導致填答者的混亂，另一方面，並非所有驅動力對適宜性的影響皆具有絕對的方向性，如年均溫度對農地適宜性的關係並非溫度越高或越低越適合，因此最終將驅動力的敘述調整為中性的屬性敘述。

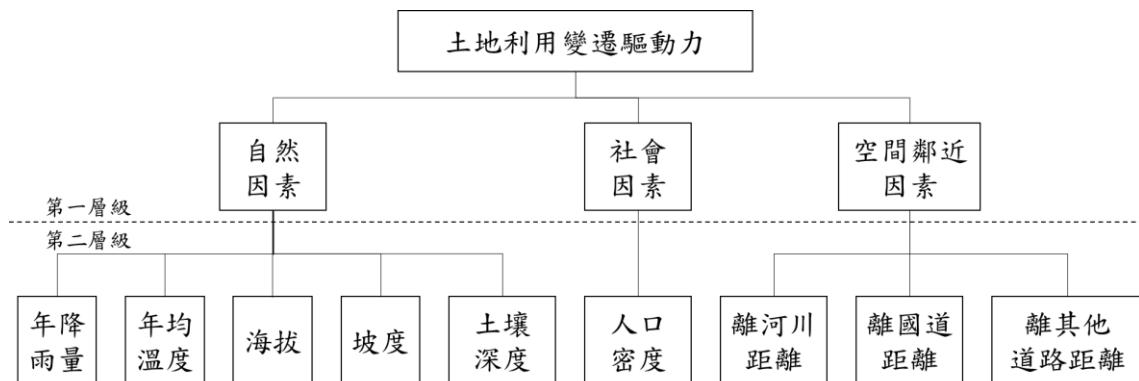


圖 8 民眾問卷土地利用變遷驅動力層級架構圖

第三部分個人基本資料主要是要了解填答者的組成，確保意見具有足夠的多元性及代表性，避免同質性太高而失真。本研究參考 Pérez-Soba et al. (2018)，採用的問項包含性別、年齡、學歷、專業領域、居住地等，整理如表 13。

表 13 民眾問卷基本資料問項

問項	回答方式
性別	選項：男、女、其他
年齡	選項：18-30 歲、31-40 歲、41-50 歲、51-60 歲、61-70 歲、70 歲以上
最高學歷	選項：國小以下、國(初)中、高中職、大專(學)、研究所以上
是否受過自然環境、生態相關訓練或參與相關團體	選項：是、否
目前職業	選項：農林漁牧礦業、軍公教、商業、工業、服務業、自由業、學生、無(含退休)、其他
居住地	填答：縣/市、鄉鎮市區
是否到訪過濁水溪流域	選項：現在正居住、曾經居住、10 次以上、6-10 次、1-5 次、無、其他
是否擔任過里長/里幹事	選項：有、無

民眾問卷的預試(pre-test)採用方便抽樣的方式，針對問卷的架構邏輯、內容敘述、排版等方面，可能造成填答疑惑或困難的地方徵詢填答者的意見。經過預試的過程，本問卷補充對於相關名詞更清楚直白的解釋，減少填答者的誤解，亦調整成對比較矩陣問項呈現的方式，包含取消成對比較衡量值中的折衷屬性，以及將原本放在表格兩側比較的元素整理為放在一側的完整敘述，避免填答者需對照左右兩側的元素而造成混淆，或沒能在每一列準確的填答，以農地第一層級驅動力的成對比較矩陣為例，調整前後的格式如圖 9。

(a) 調整前

	絕對 重要		很 重 要		重 要		稍 重 要		同 等 重 要		稍 重 要		重 要		很 重 要		絕對 重 要	
	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	
自然 因素	<input type="checkbox"/>	社會 因素																
	<input type="checkbox"/>	空間 鄰近 因素																
社會 因素	<input type="checkbox"/>	空間 鄰近 因素																

(b) 調整後

	絕對 不 重 要		很 不 重 要		不 重 要		稍 不 重 要		同 等 重 要		稍 重 要		重 要		很 重 要		絕對 重 要	
對農地而言，自然因素相較於社會因素：	<input type="checkbox"/>																	
對農地而言，自然因素相較於空間鄰近因素：	<input type="checkbox"/>																	
對農地而言，社會因素相較於空間鄰近因素：	<input type="checkbox"/>																	

圖 9 民眾問卷預試成對比較矩陣調整前(a)與調整後(b)



3.4.2 決策者問卷

決策者問卷的內容架構包含土地利用變遷驅動力的重要性、土地利用類型之變遷容易程度以及個人基本資料三個部分。第一部分土地利用變遷驅動力的重要性是要比較各種土地利用變遷驅動力對決定土地利用類型的重要性，由於現場發放民眾問卷時，有民眾反應尚有其他非空間、非量化的因素的重要性不亞於問卷上所列的驅動力，因此決策者問卷試著探索其他未被模式所採用的土地利用變遷驅動力的重要性，沒有跟模式分析的權重係數進行比較。另一方面，因為不受土地利用變遷模式所採用的驅動力所影響，而能採用質性的驅動力，例如將降雨量及溫度整合為氣候因子、海拔及坡度整合為地勢因子、增列政策法規等，使考慮的面向更全面。決策者問卷共採用 9 項驅動力因素，並分類為自然因素、社會因素及空間鄰近因素三類，以兩層級共 4 個成對比較矩陣的方式進行調查，層級架構如圖 10。

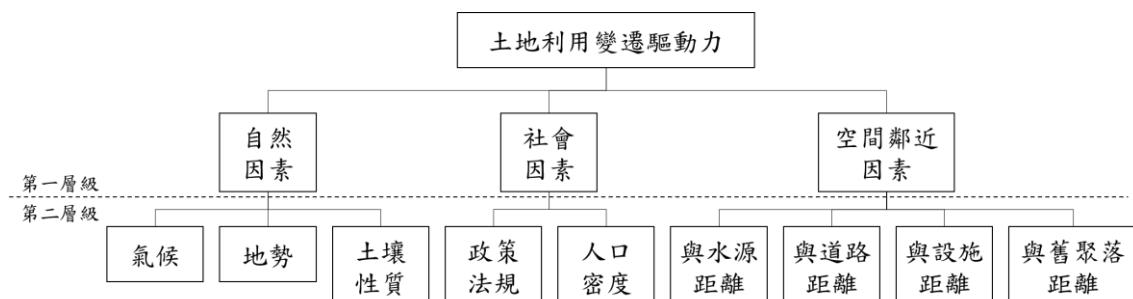


圖 10 決策者問卷土地利用變遷驅動力層級架構圖

第二部分土地利用類型之變遷容易程度則是比較農地、林地、草地、建地、荒地五種土地利用類型的變遷容易程度，同樣以兩兩成對比較矩陣的形式呈現，結果經計算後作為轉移彈性(elasticity)輸入 CLUE-S 模式中。

第三部分基本資料包含填答者的性別、年齡、學歷、專業領域以及是否到訪濁水溪流域，了解填答者的組成。

第四章 結果與討論



本研究結果與討論包含兩大部分，第一部分為民眾問卷，針對將層級分析法用於以一般社會大眾為對象的土地利用變遷驅動力權重調查，並與土地利用變遷模式計算的適宜性權重進行比較，討論其間對土地利用變遷驅動力的判斷差異，以及層級分析法應用的成效與可能的不足；第二部分為決策者問卷，主要透過成對比較矩陣計算各土地利用類型的轉移彈性，輸入 CLUE-S 土地利用變遷模式並與過往常用之轉移彈性係數產生的模擬結果進行比較。

4.1 民眾問卷

4.1.1 基本資料

本研究民眾問卷於 112 年 3 月 17 日至 112 年 5 月 11 日止於現場及線上同步發放，現場發放主要於南投縣之濁水溪流域境內名間鄉、竹山鎮、集集鎮、水里鄉及鹿谷鄉進行發放，線上問卷則以 google 表單的形式於 Facebook 社群媒體之地方性社團(表 14)進行貼文請民眾協助填寫，同時也請親友協助分享。總計回收問卷 164 份，包含 99 份現場問卷及 65 份線上問卷。

表 14 民眾線上問卷 Facebook 社群媒體貼文社團清單

Facebook 地方性社團名稱
竹山鎮大小事公佈欄
(新)竹山人聊天室
我是鹿谷人
純樸的鹿谷人聊天室
名間人聊天室
集集大小事
水里人爆料平台
我是南投人…更是水里人!!!!



(1) 性別與年齡

問卷填答者之性別為女性 91 位佔 55%、男性 72 位佔 44% 及非二元性別 1 位佔 1%。其年齡分布如表 15，18-30 歲之青年人口佔 23%，而後隨年齡增加，由 31-40 歲的 10% 逐漸增加為 61-70 歲的 23%，70 歲以上的長者則可能因為不識字、教育程度不高而影響填答意願。

對照社會經濟資料服務平台之 111 年 6 月人口統計，問卷填答者之年齡結構與發放地點 5 鄉鎮之年齡結構大致相符(圖 11)，其中社會經濟資料服務平台資料統計所採用的年齡分組為 15-29 歲、30-39 歲、40-49 歲、50-59 歲、60-69 歲、70 歲以上。

表 15 民眾問卷填答者年齡分布

年齡	人數	百分比
18-30	37	23%
31-40	16	10%
41-50	22	13%
51-60	33	20%
61-70	37	23%
70 以上	19	11%
總計	164	100%

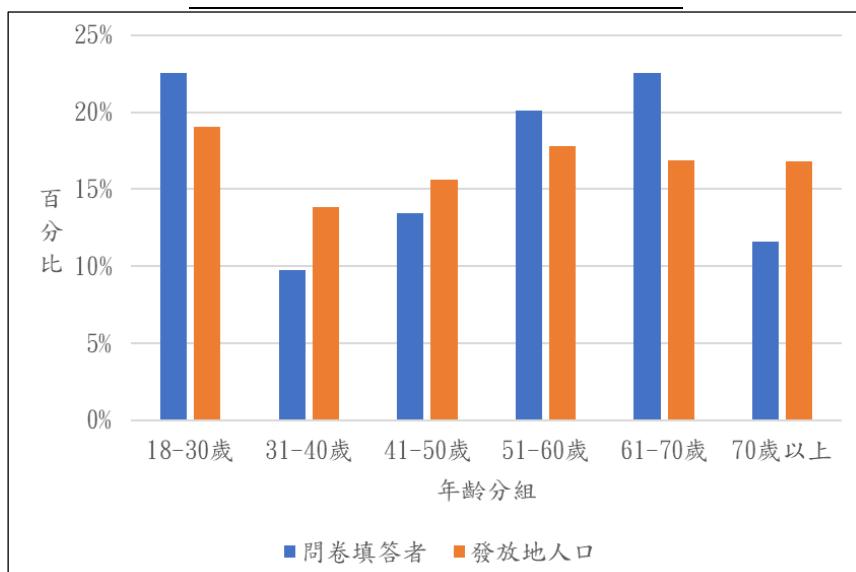


圖 11 民眾問卷填答者與發放地人口年齡結構



(2) 學歷

問卷填答者的學歷統計如表 16，一半以上(52%)之填答者具有大專(學)學歷，其次為高中職學歷 18%、研究所以上學歷 16%，國(初)中及國小以下各 7%。

表 16 民眾問卷填答者的學歷

學歷	人數	百分比
國小以下	12	7%
國(初)中	11	7%
高中職	29	18%
大專(學)	86	52%
研究所以上	26	16%
總計	164	100%

(3) 是否到訪濁水溪流域

問卷填答者到訪濁水溪流域的狀況統計如表 17，有 35%的填答者正居住於濁水溪流域，超過一半的填答者到訪濁水溪流域 10 次以上，並累計超過九成的填答者曾經到訪濁水溪流域。

表 17 民眾問卷填答者是否到訪濁水溪流域

是否到訪濁水溪流域	人數	累積百分比
現在正居住	57	35%
曾經居住	17	45%
10 次以上	26	61%
6-10 次	13	69%
1-5 次	37	91%
無	14	100%
總計	164	100%



(4) 居住地

問卷填答者的居住地統計如表 18，居住於南投縣的填答者佔 56%，其中又以縣府所在地之南投市最多，其次為濁水溪流域內之鄉鎮；非居住於南投縣的填答者則以鄰近之直轄市臺中市最多，其中可能包含由南投縣遷移到外縣市的人口。

表 18 問卷填答者的居住地人數統計

居住地	人數	百分比
南投縣	92	56%
南投市	36	
名間鄉	22	
竹山鎮	11	
集集鎮	9	
水里鄉	7	
埔里鎮	3	
草屯鎮	3	
鹿谷鄉	1	
非南投縣	72	44%
臺中市	19	
彰化縣	11	
臺北市	11	
新北市	9	
桃園市	6	
雲林縣	5	
嘉義縣	4	
高雄市	2	
基隆市	1	
新竹縣	1	
苗栗縣	1	
花蓮縣	1	
臺東縣	1	
總計	164	100%



(5) 是否受過自然環境、生態相關訓練或參與相關團體

問卷填答者是否受過自然環境、生態相關訓練或參與相關團體統計如表 19。

表 19 問卷填答者是否受過相關訓練或參與相關團體

相關訓練或團體	人數	百分比
是	41	25%
否	123	75%
總計	164	100%

(6) 職業

問卷填答者的職業以服務業及無(含退休)各佔 23%最多，而後為軍公教 15%，最後的其他則包含家管、醫療業、軟體資訊業等。

表 20 問卷填答者的職業

職業	人數	百分比
服務業	38	23%
無(含退休)	37	23%
軍公教	24	15%
農林漁牧礦業	15	9%
工業	15	9%
學生	13	8%
商業	9	5%
自由業	8	5%
其他	5	3%
總計	164	100%

4.1.2 環境知識與觀點

民眾問卷中，環境知識與觀點的部分透過 13 題關於環境現況與變遷的敘述，了解問卷填答者對於環境的認知，也確保填答者具有足夠的背景知識填答此問卷。表 21 為環境知識與觀點部分各題項的填答人數統計，其中第 3、11、12 題為反向敘述題，用於避免問卷填答的慣性，也有助於辨識可能無效的問卷，而絕大多數的回答都在合理範圍。

表 21 環境知識與觀點填答人數統計

題目	1 非常 不認 同	2 不認 同	3 有點 不認 同	4 普通 不認 同	5 有點 認同	6 認同	7 非常 認同
	1	2	3	4	5	6	7
	農地與林地的流失會降低土地調節氣候的能力。	1	2	1	4	15	86
2. 山坡地濫墾濫伐容易造成山崩、土石流等災害。	0	1	0	1	5	36	121
3. 土地規劃與開發不需考量當地居民的意見與看法。	74	57	18	4	6	2	3
4. 土地規劃與開發需考慮到災害預防。	2	0	1	0	10	55	96
5. 土地規劃與開發應保護現有的自然環境和文化資產。	0	1	2	3	18	58	82
6. 土地資源因為越來越多人類活動而產生損耗。	2	4	0	9	22	59	68
7. 泥沙堆積是造成臺灣西部平原愈來愈寬的主要原因。	2	6	2	19	38	68	29
8. 土地儲存二氧化碳溫室氣體的能力受到土地利用方式的影響。	1	2	3	18	28	55	57
9. 人口聚集較高的鄉鎮，其農地越容易新蓋房子或工廠。	2	3	6	9	25	75	44
10. 政府的政策與行政管理會影響到森林保育。	0	0	2	7	22	61	72
11. 區域的土地使用變遷不會影響到全球的環境變遷。	54	58	25	9	5	9	4
12. 氣候變遷不會導致洪水量增加。	67	74	8	5	5	2	3
13. 農地價格會影響到在農地蓋農舍或工廠的意願。	0	4	13	13	28	60	46



4.1.3 成對比較矩陣一致性

民眾問卷之土地利用變遷驅動力權重部分，首先進行每個成對比較矩陣的一致性比率 C.R. 值計算與判斷，本研究共有農地、林地、建地、草地、荒地五種土地利用類型，又每種土地利用類型依據層級分析法架構(錯誤！找不到參照來源。)有第一層級、自然因素、空間鄰近因素三個成對比較矩陣，因此共有 15 個成對比較矩陣，其 C.R. 值之四分位數、最大值、最小值、符合一致性($C.R. \leq 0.1$)之填答數等統計量整理如表 22，盒鬚圖如圖 12。

表 22 民眾問卷成對比較矩陣 C.R. 值統計量

		一致性						
		最小值	Q1	中位數	平均數	Q3	最大值	填答數
農地	第一層級	0.00	0.06	0.17	0.27	0.38	6.13	53
	自然因素	0.00	0.12	0.20	0.26	0.31	1.65	32
	空間鄰近因素	0.00	0.06	0.16	0.27	0.34	6.13	54
林地	第一層級	0.00	0.12	0.20	0.29	0.38	4.27	37
	自然因素	0.00	0.13	0.21	0.25	0.31	1.80	29
	空間鄰近因素	0.00	0.06	0.25	0.21	0.25	1.58	54
建地	第一層級	0.00	0.12	0.25	0.24	0.38	0.80	34
	自然因素	0.00	0.11	0.21	0.28	0.34	2.02	31
	空間鄰近因素	0.00	0.06	0.18	0.24	0.30	3.25	46
草地	第一層級	0.00	0.06	0.16	0.29	0.25	4.43	47
	自然因素	0.00	0.10	0.19	0.22	0.26	1.48	40
	空間鄰近因素	0.00	0.03	0.12	0.22	0.34	4.43	51
荒地	第一層級	0.00	0.06	0.17	0.30	0.38	6.13	44
	自然因素	0.00	0.11	0.20	0.24	0.29	2.02	37
	空間鄰近因素	0.00	0.06	0.16	0.24	0.34	2.76	46

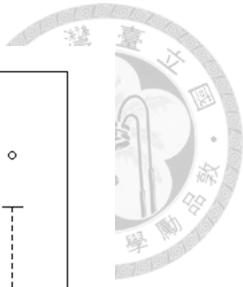
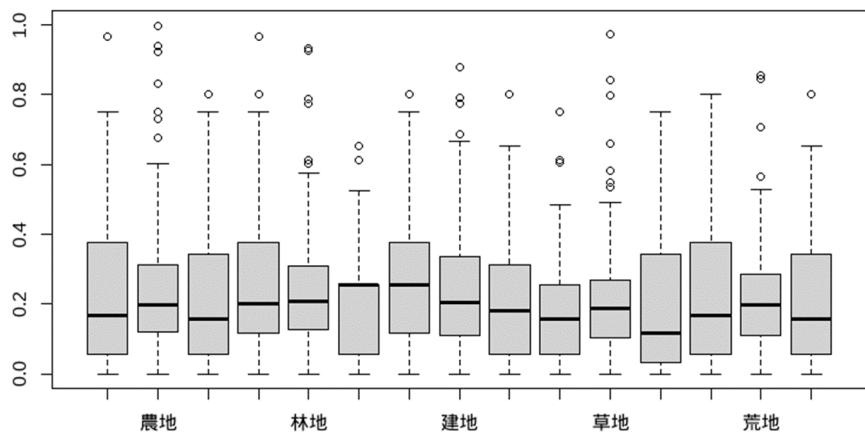


圖 12 民眾問卷成對比較矩陣 C.R. 值盒鬚圖

本研究也針對每位填答者的 15 個成對比較矩陣中，符合一致性($C.R. \leq 0.1$)的數量進行統計，以直方圖顯示符合一致性矩陣數的人數如圖 13，若將完全沒有提供符合一致性矩陣的問卷結果作為無效問卷，則有 26 份無效問卷佔 16%，另一方面有效問卷則有 138 份佔 84%。

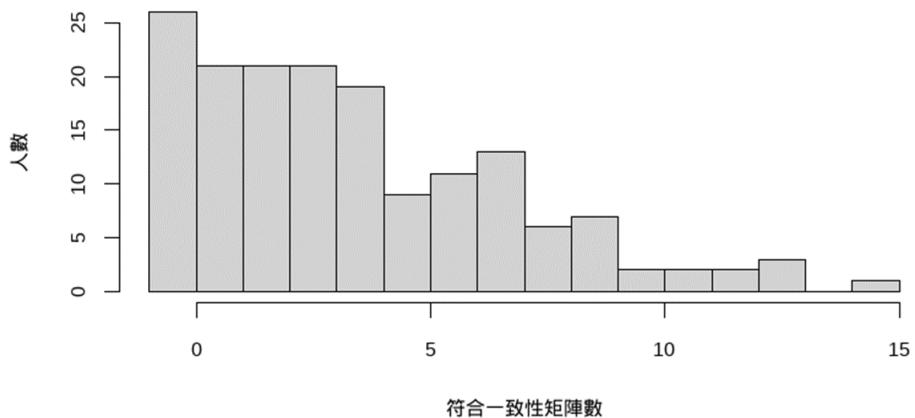


圖 13 民眾問卷符合一致性矩陣數



4.1.4 土地利用變遷驅動力權重

經由一致性($C.R. \leq 0.1$)篩選之後，將符合一致性的成對比較矩陣之權重計算結果進行幾何平均整合，分別得到各土地利用類型的第一層級、自然因素及空間鄰近因素權重，再依第一層級的權重進行加權計算，得到全部9項驅動力因素的權重，整理如表 23。

表 23 民眾問卷土地利用變遷驅動力權重

		農地	林地	建地	草地	荒地
第一層級	自然因素	0.47	0.60	0.25	0.47	0.41
	社會因素	0.22	0.18	0.42	0.27	0.27
	空間鄰近因素	0.30	0.22	0.34	0.26	0.32
自然因素	年降雨量	0.37	0.28	0.20	0.28	0.19
	年均溫度	0.22	0.16	0.21	0.20	0.16
	海拔	0.13	0.19	0.19	0.17	0.22
	坡度	0.12	0.15	0.24	0.16	0.23
	土壤深度	0.17	0.22	0.16	0.19	0.20
空間鄰近因素	離河川距離	0.48	0.44	0.29	0.43	0.40
	離國道距離	0.16	0.18	0.33	0.21	0.24
	離其他道路距離	0.36	0.37	0.37	0.36	0.36
所有因素	年降雨量	0.17	0.17	0.05	0.13	0.08
	年均溫度	0.10	0.09	0.05	0.09	0.07
	海拔	0.06	0.11	0.05	0.08	0.09
	坡度	0.06	0.09	0.06	0.08	0.09
	土壤深度	0.08	0.13	0.04	0.09	0.08
	人口密度	0.22	0.18	0.42	0.27	0.27
	離河川距離	0.15	0.10	0.10	0.11	0.13
	離國道距離	0.05	0.04	0.11	0.06	0.08
	離其他道路距離	0.11	0.08	0.13	0.09	0.12

第一層級之自然因素、社會因素及空間鄰近因素三類驅動力分別對五種土地利用類型的相對重要性權重如圖 14。可以發現除了建地以外，其他四種土地利用類型都以自然因素的影響最為重要，且以林地最明顯，第二重要的驅動力類別則以空間鄰近因素為主，最後才是社會因素；而建地正好相反，最主要受到社會因素的影響，而後是空間鄰近因素，然後才是自然因素。

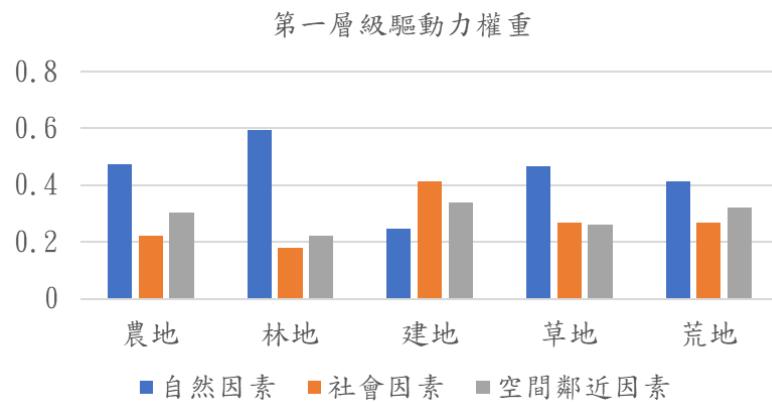


圖 14 民眾問卷第一層級驅動力權重

自然因素之年降雨量、年均溫度、海拔、坡度及土壤深度五項驅動力分別對五種土地利用類型的相對重要性權重如圖 15。由圖可見農地、林地、草地等長有植被的土地利用類型皆受到年降雨量的影響最大，其次分別為年均溫度或土壤深度，推測應為考量作物生長所需之積溫或是植物根系所需要的土壤空間；建地及荒地受到各個自然因素的影響程度則相較沒有明顯差異。

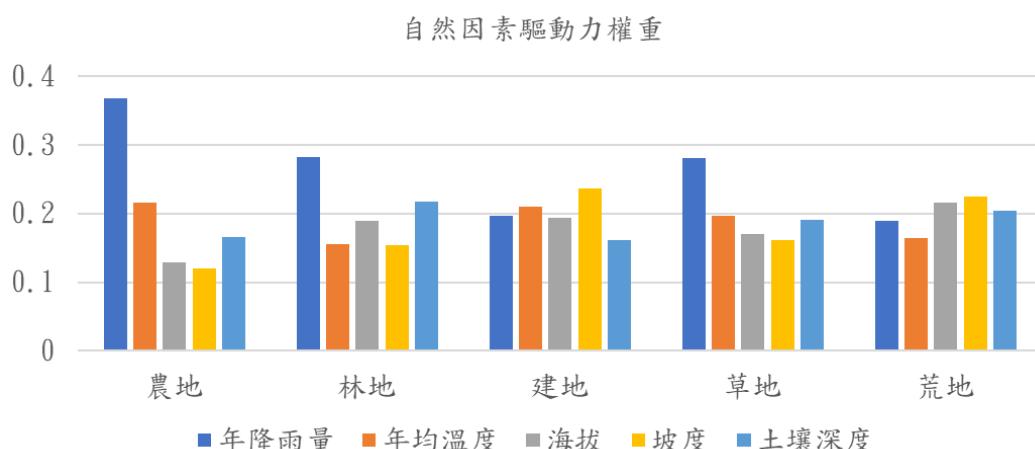


圖 15 民眾問卷自然因素驅動力權重

空間鄰近因素之離河川距離、離國道距離及離其他道路距離三項驅動力分別對五種土地利用類型的相對重要性權重如圖 16。由圖可見五種土地利用類型都受到離其他一般道路距離一定程度的影響，而離國道的距離則對於建地較有影響，應是考量交通方便的緣故，對其他如農地、林地、草地及荒地則重要性相對較低；倒是如同自然因素的驅動力權重結果所示，農地、林地及草地等長有植被的土地利用類型受到離河川距離這類自然環境條件的驅動力影響較大。

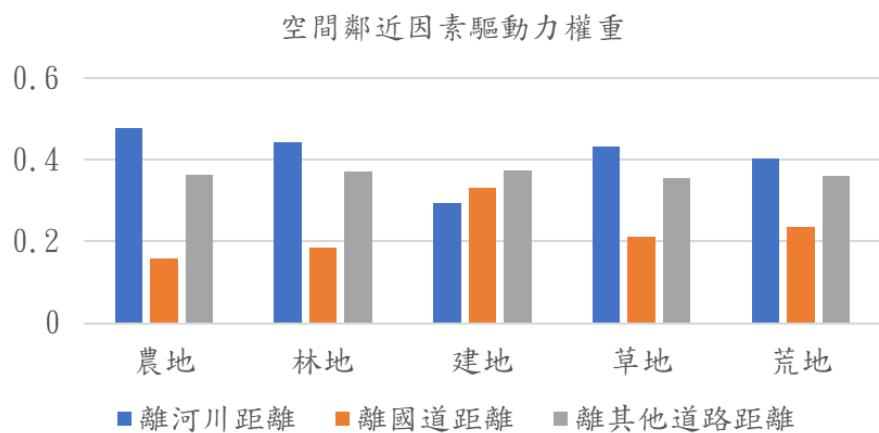


圖 16 民眾問卷空間鄰近因素驅動力權重

所有土地利用變遷驅動力因素分別對五種土地利用類型的相對重要性權重如圖 17。人口密度對於所有土地利用類型都具有最高的重要性，在建地尤其明顯；但是若對照第一層級的重要性權重(圖 14)，則會發現可能是因為社會因素在第二層級僅有人口密度作為其驅動力子因素，因此社會因素的重要性全部被歸因到人口密度，然而實際上影響土地利用變遷的社會因素可能還包括政策法規、經濟情勢、傳統文化等非量化、非空間的驅動力，且重要性也不一定比人口密度為低(Lambin et al., 2001)，僅因其難以納入模式計算驅動力權重，故本研究並未放入調查的驅動力項目。

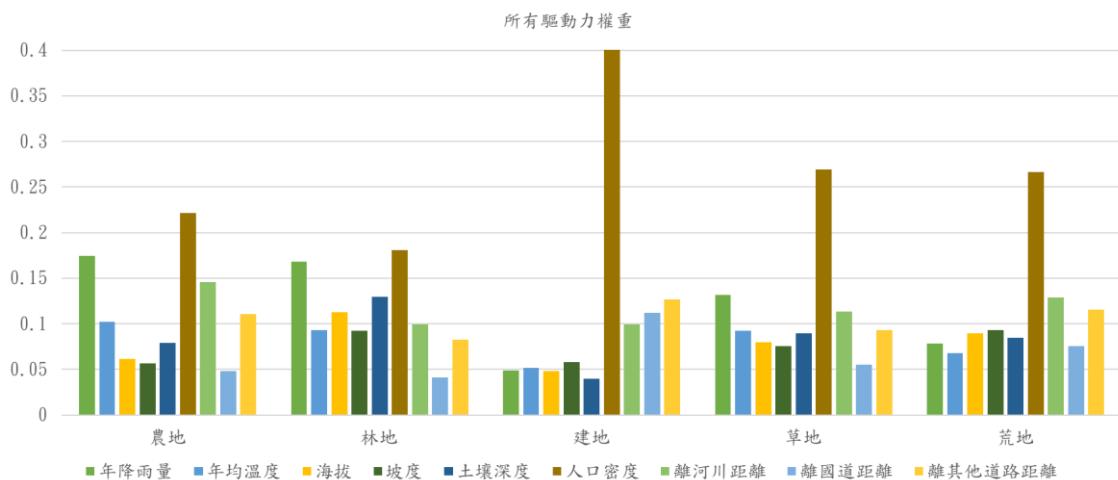


圖 17 民眾問卷所有驅動力權重

4.1.5 民眾問卷與模式驅動力權重討論

本研究將民眾問卷經計算得到的土地利用變遷驅動力權重與土地利用變遷模式利用邏輯迴歸計算得到的驅動力適宜性 beta 係數進行比較(表 24 及表 25)。在土地利用變遷模式 CLUE-S 中，用邏輯迴歸計算適宜性的方式為：將土地利用地圖中欲計算的土地利用類型設定為 1，其餘土地利用類型設定為 0，作為應變數；驅動力地圖則將其原始數值進行常態化到 0 至 1 之間的數值作為自變數進行迴歸，避免原始數值之尺度及全距的影響，以進行後續 beta 係數的比較。

表 24 土地利用變遷驅動力模式 beta 係數及問卷權重(一)

驅動力	土地利用類型					
	農地		林地		建地	
	模式	民眾	模式	民眾	模式	民眾
年降雨量	-0.51	0.17	0.56	0.17	0.44	0.05
年均溫度	1.14	0.10	-2.52	0.09	-	0.05
海拔	-4.01	0.06	-0.95	0.11	-	0.05
坡度	-2.42	0.06	3.62	0.09	-2.83	0.06
土壤深度	1.55	0.08	1.06	0.13	0.66	0.04
人口密度	-4.60	0.22	-21.92	0.18	5.23	0.42
離河川距離	3.20	0.15	2.36	0.10	-	0.10
離國道距離	0.91	0.05	-	0.04	-	0.11
離其他道路距離	-23.00	0.11	0.19	0.08	-160.07	0.13
AUC	0.925	-	0.832	-	0.912	-

對農地而言，從模式係數可以看到離其他道路距離對土地是否為農地有明顯的負相關，表示離一般道路越遠越不可能有農地的存在，也反映農民需要道路以便抵達及運送農機具進行農務的事實。從民眾問卷計算得到的權重中，重要性最高的為人口密度，看模式係數也會發現人口密度高的地方也比較不容易存在農地，而問卷權重第二高的驅動力為降雨量，離其他道路距離則相較於離河川距離的重要性為低一些，這樣的結果與模式係數相比，可能反映大部分民眾對於農業需水的認知，但稍微忽略交通需求對農地的重要性。



對林地而言，從模式係數可以得知林地存在遠離人口密度高的地方，在問卷計算得到的權重中，人口密度對林地的重要性也是五種土地利用類型中最低的。

對建地而言，從模式係數可以得知離其他道路的距離對建地有絕對的相關性，幾乎主導整個迴歸方程式的結果，人口密度的相關性也是五種土地利用類型中最高的；從民眾問卷計算得到的權重來看也是相似的結果，符合社會大眾的認知，只是離一般道路距離的重要性不像模式表現的這麼明顯。

表 25 土地利用變遷驅動力模式 beta 係數及問卷權重(二)

驅動力	土地利用類型			
	草地		荒地	
	模式	民眾	模式	民眾
年降雨量	-1.67	0.13	0.80	0.08
年均溫度	8.80	0.09	-	0.07
海拔	12.62	0.08	-0.30	0.09
坡度	-3.40	0.08	1.71	0.09
土壤深度	-1.63	0.09	-2.39	0.08
人口密度	-	0.27	2.83	0.27
離河川距離	-1.55	0.11	-1.61	0.13
離國道距離	1.69	0.06	-0.82	0.08
離其他道路距離	0.48	0.09	0.82	0.12
AUC	0.772	-	0.690	-

對草地而言，從模式係數可以發現草地容易存在於海拔高的地方，而在民眾問卷的權重則顯示人口密度有最高的重要性，可能是因為社會大眾所想的草地主要以日常接觸的公園綠地等空間為主，而模式所模擬的草地則包含荒野的草地及高山草原。

對荒地而言，在模式係數上沒有特別突出的驅動力，但土壤深度的相關性相較其他土地利用類型為高，表示荒地較常存在於土壤深度淺的地方，民眾問卷的權重則顯示人口密度有最高的重要性，可能來自於土地無人使用而荒廢的認知。

民眾問卷所計算的驅動力權重在本研究僅就不同驅動力對土地利用類型的重



要性序位與模式係數進行比較，討論模式與民眾認知的差異，而對於準確度的比較則有待將權重進一步生成適宜性地圖進行模擬。

4.1.6 層級分析法應用討論

在 Park et al. (2011)的研究中，比較頻率比、層級分析法、邏輯迴歸及人工神經網絡四種方法所推估的適宜性地圖，結果顯示層級分析法與邏輯迴歸的適宜性地圖有最高的相關性(0.8169)。本研究比較層級分析法及邏輯迴歸分析所得到的土地利用變遷驅動力權重，則在不同土地利用類型上有大小不等的差異，一方面顯示民眾的認知與實際的落差，而另一方面也可能正突顯歸納法及演繹法的觀點差異。在土地利用變遷模式中，驅動力適宜性採用機器學習方法進行權重參數的律定，相當於找出驅動力因子與土地利用類型的相關性；而問卷採用層級分析法所問之驅動力重要性，則相當於因果關係。Overmars & Verburg (2007) 比較迴歸分析所代表的歸納法，以及現地數據與參與者所代表的演繹法，用於土地適宜性地圖的建立及情境分析，結果顯示演繹法的適合度(Goodness-of-fit)略低於歸納法，兩種方法對土地利用的預測有 15% 的網格不同。演繹法明確描述土地利用變遷的過程，並且較能處理其不連續性，可以涵蓋更多元的情境及土地利用類型；而歸納法容易被複製挪用，但並不能保證其因果關係，雖然可用於快速界定土地利用變遷的熱點，但不適合用於處理不連續性及新增的土地利用類型，因此較適用於相對小程度的土地利用變遷。

在目前將層級分析法用於土地利用適宜性評估的研究中，大多是將層級分析法運算取得的權重套用到順序尺度的環境因子中，且僅用於單一土地利用標的之適宜性評估(Akincı et al., 2013; Memarbashi et al., 2017; Ramya & Devadas, 2019)。本研究試著將層級分析法用於多種土地利用類型的適宜度評估中，可能因為土地利用類型的界定不夠精細明確，造成利害關係人比較驅動力重要性的困難。若要考慮多種不同土地利用類型，則可以依據不同土地利用類型選擇不同的驅動力因子

(Morales & de Vries, 2021)。確保土地利用類型與驅動力因子能有明確的對應有助於提高模擬的準確度，如 Kucsicsa et al. (2019)將土地利用分類為 10 類，並納入 18 項驅動力因子。此外，土地利用與土地覆蓋概念的混淆也可能造成對於驅動力權重判斷的差異，更精確來說是土地分類的界定(Fisher et al., 2005)，而明確的界定土地利用或土地覆蓋的範疇將有助於對應其可能的驅動力。

層級分析法本身也有一些限制，如元素之間很常不是完全獨立的，如此可能造成層級分析法一致性不理想，因此發展有分析網絡程序法(Analytic Network Process, ANP)將元素視為相依存的網絡關係(Saaty et al., 2013)。在土地利用適宜性的評估方法中，層級分析法也被認為是過度主觀且在空間變數上是不準確、再現性低的，同時也需要對研究標的有充分的知識(Park et al., 2011)。

4.1.7 小結

本節以一般民眾為對象利用層級分析法進行問卷調查，了解民眾對於土地利用變遷驅動力對農地、林地、建地、草地、荒地五種土地利用類型的重要性認知，並與土地利用變遷模式中邏輯迴歸分析所得到的適宜性係數進行比較。

透過直接比較層級分析法問卷及土地利用變遷模式邏輯迴歸分析的驅動力權重，反映層級分析法問卷所代表的因果關係思維及邏輯迴歸所代表的相關性在土地利用變遷驅動力上的認知差異。這樣的差異在農地尤其明顯，藉由意識到差異而後更了解土地利用變遷的動態過程，能用於精進模式的參數設定，也建議後續研究進一步產出適宜性地圖以進行兩種變遷驅動力關係的準確度比較。

對於層級分析法以一般民眾為對象進行調查，雖然各個成對比較矩陣符合一致性的數量僅約三成，但是相較其他利害關係人參與方法，問卷為蒐集民眾認知較節省時間成本的方法。不過在未來若要採用層級分析法於土地利用變遷的研究，宜將研究的土地利用類型標的設定明確，並試著依據所設定的土地利用類型納入更全面的驅動力因素。



4.2 決策者問卷

4.2.1 基本資料

本研究決策者問卷以 google 表單線上問卷的形式，透過電子郵件及電話聯絡邀請濁水溪流域五個相關公家機關人員協助填寫(表 26)，共收得 15 份問卷。

表 26 邀請填寫決策者問卷之公家機關列表

機關類別	機關名稱
政府單位	農委會林務局南投林區管理處
	農委會水土保持局南投分局
	經濟部水利署第四河川局
	內政部營建署玉山國家公園管理處
學術單位	國立臺灣大學實驗林管理處

(1) 性別與年齡

決策者問卷的 15 位填答者中，有男性 8 位及女性 7 位。其年齡分布如表 27，8 位為 41-50 歲超過半數，4 位 31-40 歲，18-30 歲、51-60 歲及 61-70 歲各 1 位。

表 27 決策者問卷填答者年齡分布

年齡	人數	百分比
18-30	1	7%
31-40	4	26%
41-50	8	53%
51-60	1	7%
61-70	1	7%
70 以上	0	0%
總計	15	100%

(2) 學歷

決策者問卷填答者的學歷統計如表 28，全數具有大專(學)以上學歷，具有學士學位 5 位，碩士學位 7 位，博士學位 3 位。



表 28 決策者問卷填答者的學歷

學歷	人數	百分比
高中職以下	0	0%
大專(學)	5	33%
碩士	7	20%
博士	3	47%
總計	15	100%

(3) 專業領域

關於決策者問卷填答者的專業領域，由於為複選題，部分填答者填寫具有多個專業領域，整理如表 29。有 9 位(60%)具有生態保育專業，6 位(40%)具有環境與資源管理專業，4 位(27%)具有水土保持工程專業，2 位(13%)具有水利工程專業。

表 29 決策者問卷填答者的專業領域

專業領域	人數	百分比
生態保育	9	60%
環境與資源管理	6	40%
水土保持工程	4	27%
水利工程	2	13%

(4) 是否到訪濁水溪流域

決策者問卷填答者到訪濁水溪流域的狀況統計如表 30，有 46%的填答者正居住或曾經居住於濁水溪流域，86%的填答者到訪濁水溪流域 10 次以上，並有累計超過九成的填答者曾經到訪濁水溪流域。



表 30 決策者問卷填答者是否到訪濁水溪流域

是否到訪濁水溪流域	人數	累積百分比
現在正居住	4	26%
曾經居住	3	46%
10 次以上	6	86%
6-10 次	1	93%
1-5 次	0	93%
無	1	100%
總計	15	100%

4.2.2 成對比較矩陣一致性

決策者問卷中共有五個成對比較矩陣，包含土地利用變遷驅動力的第一層級、自然因素、社會因素、空間鄰近因素，以及土地利用轉移彈性，其 C.R. 值之四分位數、最大值、最小值、符合一致性之填答數等統計量整理如表 31。其中，由於社會因素僅由兩個因素組成，故其 C.R. 必定為 0。此外，因為符合 $C.R. \leq 0.1$ 之填答數較少，故決策者問卷的數據計算分析採用 $C.R. \leq 0.3$ 之一致性標準進行，符合標準之填答數亦統計於表 31。

表 31 決策者問卷成對比較矩陣 C.R. 值統計量

	最 小 值	中 位 數	平 均 數	最 大 值	C.R. ≤ 0.1	C.R. ≤ 0.3
第一層級	0.00	0.12	0.25	0.37	0.27	2.76
自然因素	0.03	0.12	0.25	0.50	0.38	4.43
社會因素	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
空間鄰近 因素	0.00	0.08	0.18	0.18	0.26	0.38
轉移彈性	0.06	0.19	0.25	0.23	0.29	0.37



4.2.3 土地利用變遷驅動力權重

決策者問卷之 9 項土地利用變遷驅動力權重經計算後整理如表 32。整體而言，決策者與一般民眾同樣認為自然因素的重要性最高，其次為空間鄰近因素，最後為社會因素。而與一般民眾不同的是，在空間鄰近因素上決策者認為與道路距離最為重要，其次才是與水源的距離，決策者在這部分的認知與模式邏輯迴歸分析的結果較為相近。此外，民眾所反應的政策法規的重要性並未於決策者問卷的結果中凸顯，可能代表不同角色之間的觀點差異，值得進一步探討政策法規影響土地利用變遷的機制，以及如何納入模式中進行考量。

表 32 決策者問卷土地利用變遷驅動力權重

		權重
第一層級	自然因素	0.42
	社會因素	0.21
	空間鄰近因素	0.37
自然因素	氣候	0.37
	地勢	0.38
	土壤性質	0.25
社會因素	政策法規	0.46
	人口密度	0.54
	與水源距離	0.27
空間鄰近因素	與道路距離	0.39
	與設施距離	0.15
	與舊聚落距離	0.20
所有因素	氣候	0.15
	地勢	0.16
	土壤性質	0.11
所有因素	政策法規	0.10
	人口密度	0.11
	與水源距離	0.10
所有因素	與道路距離	0.14
	與設施距離	0.05
	與舊聚落距離	0.07



4.2.4 決策者問卷土地利用轉移彈性

經由決策者問卷中土地利用類型之變遷容易程度的成對比較矩陣計算後，農地、林地、建地、草地、荒地五種土地利用類型的轉移彈性整理如表 33。結果顯示決策者認為林地最不容易轉變為其他種土地利用類型，其次依序為建地、草地、荒地，最後為最容易轉變為其他種土地利用類型的農地。

表 33 決策者問卷土地利用轉移彈性

土地利用類型	轉移彈性
農地	0.113
林地	0.363
建地	0.222
草地	0.152
荒地	0.149

4.2.5 轉移彈性比較

將本研究決策者問卷計算得到的轉移彈性、土地利用變遷模式常用之轉移彈性、同研究區前期研究(林裕彬，2021)所得之轉移彈性，以及吳振發(2011)整理在臺灣利用 CLUE-S 模式於集水區研究的轉移彈性設定值整理如表 34。其中，前期研究之轉移彈性計算方式首先利用層級分析法(AHP)計算土地利用轉移的容易程度，值越大即表示越容易轉移，然而因轉移彈性值的規則為值越大越不容易轉移，故再以 1 減去前述轉移的容易程度值，並進行標準化，將最不容易轉移的建地之轉移彈性值標準化為 1 並調整為 0.99，將最容易轉移的草地之轉移彈性值標準化為 0 並調整為 0.01，詳細計算過程及數值呈現如

表 35。

比較表 34 所列之轉移彈性設定值，可以發現建地及林地一直是相對難以轉移的土地利用類型，有研究甚至會將建地的轉移彈性直接設定為無法轉移的 1，林地的轉移彈性則視研究者或利害關係人對研究區的認知，本研究的林地轉移彈性最



高可能源自於調查對象中有來自林務相關單位的決策者，因了解臺灣對於林地保護的相關法規而認為林地難以轉移為其他土地利用類型；而草地及農地則是相對容易轉移的土地利用類型。

轉移彈性的設定規則並未有一致的規範，可依模式使用者對土地利用市場及經濟情境的理解進行設定(Verburg et al., 2002)。本研究欲蒐集一般社會大眾的認知，利用成對比較矩陣計算轉移彈性則具有總合為 1 的性質，若將本研究之轉移彈性值相比吳振發(2011)整理在臺灣利用 CLUE-S 模式於集水區研究的轉移彈性設定值，僅有建地之轉移彈性明顯小於其他研究設定值；然而若與同研究區之前期研究(林裕彬，2021)相比，農地、林地、建地及荒地的轉移彈性值皆較小，即更容易轉變，此差異也反應於土地利用變遷的模擬結果。

表 34 轉移彈性比較表

模式常用	前期研究	本研究	吳佩蓉 (2008)	吳振發 等人 (2009)	李瑞陽與 梁靜宜 (2009)
農地	0.6	0.87	0.113	0.2	0.5/0.2 0.4
林地	0.8	0.64	0.363	0.3	0.5/0.3 綠地
草地	0.3	0.01	0.152	0.1	0.3/0.1 0.9
建地	0.8	0.99	0.222	0.8	0.6/0.8 1
荒地	0.1	0.70	0.149	-	-
研究 地點		濁水溪 流域	濁水溪 流域	五堵 集水區	基隆河 中上游 宜蘭縣 壯圍鄉

表 35 前期研究之轉移彈性計算過程(林裕彬，2021)

類別	初始 AHP 權重(越容易轉移)	1-AHP(越不容易轉移)	標準化後結果
農地	0.163	0.837	0.87
林地	0.200	0.800	0.64
草地	0.304	0.696	0.01*
建地	0.142	0.858	0.99**
荒地	0.191	0.809	0.70

* 原權重值為 0.00，為避免 CLUE-S 模式過於任意轉移，故調整為 0.01

** 原權重值為 1.00，為避免 CLUE-S 模式完全無法轉移，故調整為 0.99

4.2.6 土地利用變遷模擬結果

將決策者問卷計算得到的土地利用轉移彈性放入土地利用變遷模式 CLUE-S 中，以 2007 年、2014 年及 2021 年之實際土地利用地圖作為參考模擬未來 2050 年之土地利用，並以 2014 年作為前期、2021 年作為後期進行驗證。由 2014 年及 2021 年實際的土地利用地圖疊圖比較得到觀測的土地利用變遷，由 2014 年實際的土地利用地圖及 2021 年模擬的土地利用圖疊圖比較得到預測的土地利用變遷，再將觀測的土地利用變遷與預測的土地利用變遷疊圖比較得到效率指數之各組成元素的網格數，而後進一步計算效率指數值。本研究採用決策者問卷計算所得到的轉移彈性，納入模式模擬的驗證效率指數值為 0.1022，並進一步模擬未來 2050 年土地利用的變遷結果，如圖 18 所示。

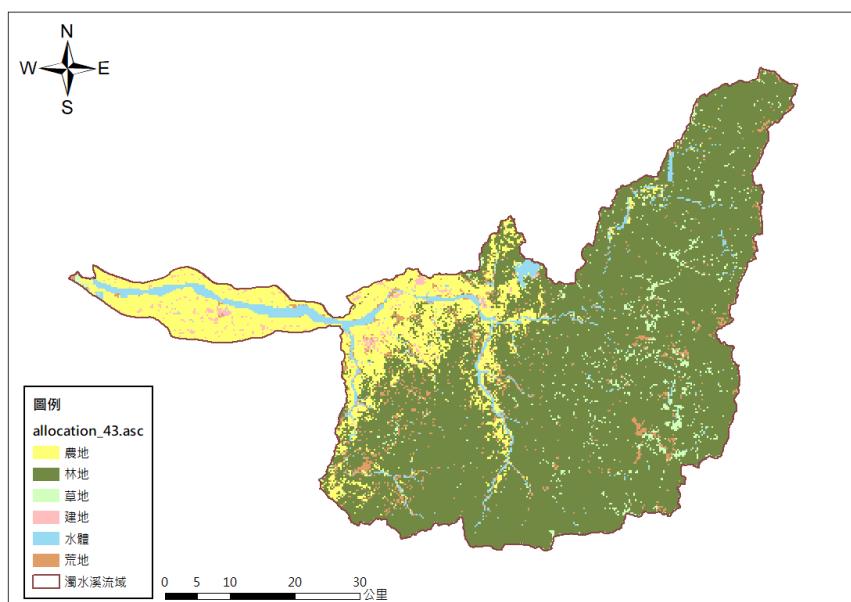


圖 18 模擬 2050 年土地利用

4.2.7 模擬結果討論

考慮本研究所求得之轉移彈性、土地利用變遷模式常用之轉移彈性，及同區域前期研究(林裕彬, 2021)所得之轉移彈性，比較納入模式進行土地利用模擬的成效。三個用於比較的模式其參數設定僅有轉移彈性不同，其餘土地利用資料、土地利用



變遷驅動力、限制區、土地利用轉移矩陣、土地利用需求面積、採用年份等參數之設定皆相同。轉移彈性設定值及其模式效率指數值整理如表 36。

表 36 轉移彈性設定值及其模式效率指數值

	模式常用	前期研究	本研究
農地	0.6	0.87	0.113
林地	0.8	0.64	0.363
草地	0.3	0.01	0.152
建地	0.8	0.99	0.222
荒地	0.1	0.70	0.149
效率指數	0.036	0.0452	0.1022

從效率指數值可以發現本研究所求得的轉移彈性在土地利用變遷模擬的成效上優於過往模式常使用的轉移彈性以及前期研究(林裕彬，2021)使用的轉移彈性，以下透過詳細比較組成效率指數的各元素(圖 19、表 37)討論其原因。

表 37 效率指數組成元素比較表

	模式常用	前期研究	本研究
命中	0.005	0.006	0.019
錯誤命中	0.006	0.008	0.015
誤報	0.005	0.007	0.050
遺漏	0.123	0.120	0.100
模擬變遷量	0.016	0.021	0.084
效率指數	0.036	0.0452	0.1022

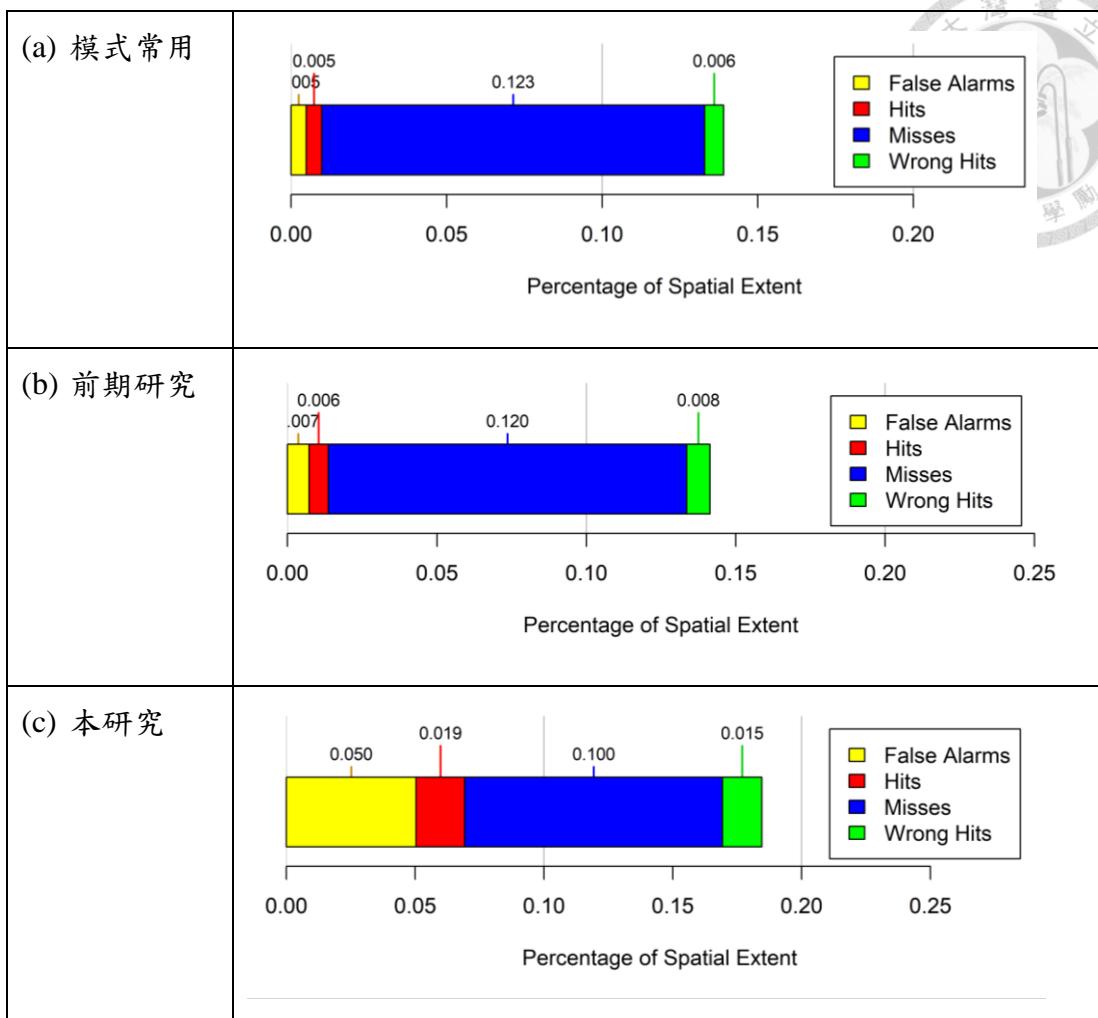
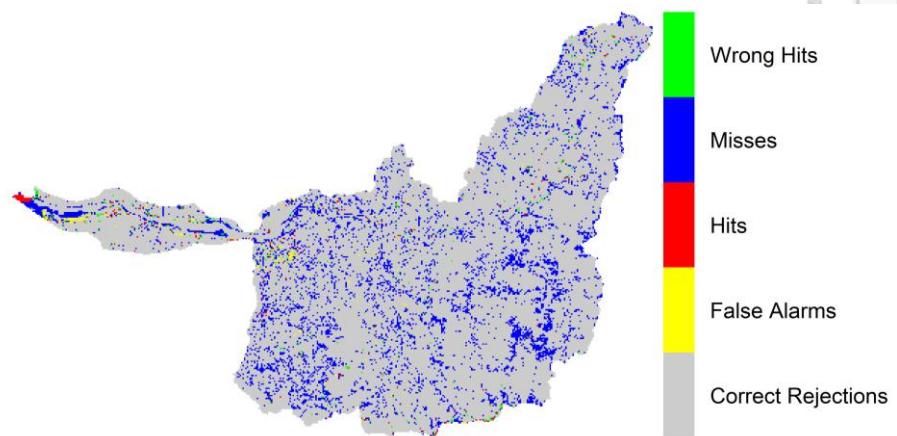


圖 19 效率指數組成元素比較圖

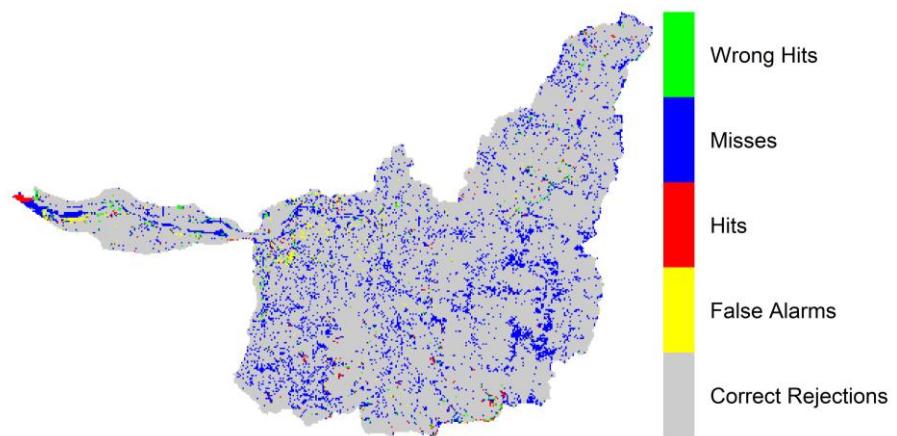
由圖 19 及表 37 可以發現本研究相較另外兩組轉移彈性，整體模擬的變遷量即命中(Hits)、錯誤命中(Wrong Hits)及誤報(False Alarms)的總和多約 6%，包含命中量增加 1%、錯誤命中量增加將近 1%、誤報量增加 4%，推測是因為轉移彈性值相對較小的緣故，於此同時遺漏(Misses)的量相對減少 2%，總體而言效率指數有所提升。

接著比較效率指數組成元素發生的空間分布(圖 20)，遺漏的情形在上游及中游明顯減少，取而代之的是命中、錯誤命中及誤報，又其中增加最多的誤報發生在中游地區及東北角的上游地區，對照土地利用圖可以發現主要為中游林地被錯誤預測轉變為農地等土地利用類型，以及東北角上游農地被錯誤預測轉變為林地；而增加的命中則集中在南方的上游，正確預測荒地轉變為林地。

(a) 模式常用



(b) 前期研究



(c) 本研究

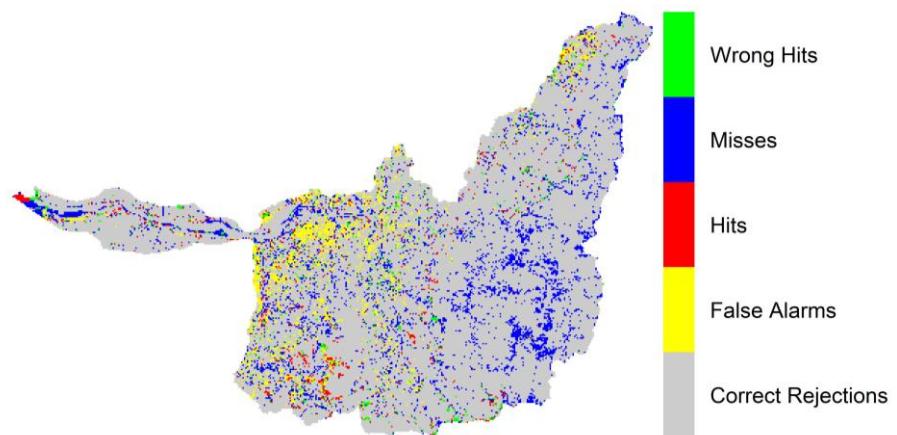
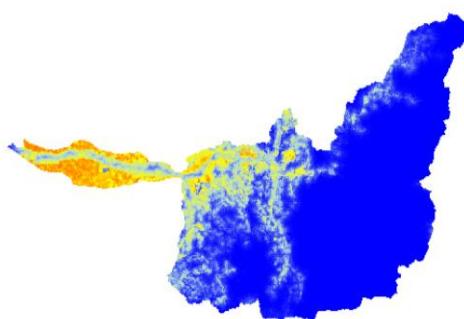


圖 20 效率指數組成元素空間分布



本研究的模擬結果及其效率指數的差異，源自於設定之轉移彈性值較小，即各種土地利用類型皆更容易轉變，因此模式相對受到土地利用變遷驅動力及土地利用需求面積較多影響；建地部分則因轉移矩陣設定其不能轉變為其他土地利用類型，使得建地雖然轉移彈性值較小卻沒有流失。從未來土地利用需求而言，林地在長期被預測為減少的趨勢而農地被預測為增加的趨勢，因此產生中游林地被模擬轉換為農地的結果；而從土地利用變遷驅動力來看(圖 21)，農地於下游有較高的適宜性，林地在上游有較高的適宜性，促使農地及林地分別朝上下游發展的模擬結果，也顯現 CLUE-S 作為小範圍的土地利用變遷模式(Verburg et al., 2002)，在環境條件異質性大的研究範圍可能的限制。

(a) 農地適宜性地圖



(b) 林地適宜性地圖

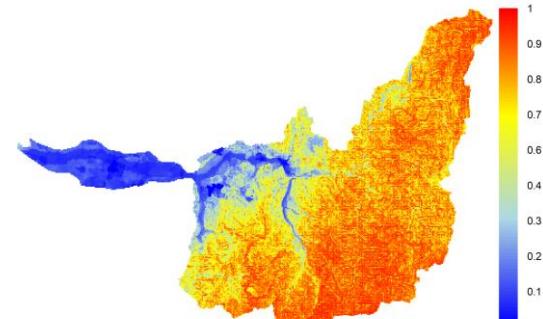


圖 21 農地與林地適宜性地圖



4.2.8 小結

本節以決策者為對象利用層級分析法進行問卷調查，主要調查決策者認為農地、林地、建地、草地、荒地五種土地利用類型轉移的容易程度，並在經過計算成轉移彈性之後，帶入 CLUE-S 模式模擬 2050 年的土地利用，同時也與過往所設定轉移彈性的模式透過效率指數進行模擬表現的比較。

模擬結果顯示，由於成對比較矩陣計算所得之轉移彈性值普遍較小，即整體而言土地利用類型更容易轉變，而使得模式模擬變遷量增加，並且效率指數相較以往提升。然而細究效率指數各組成元素的空間分布，歸因於模式受土地利用變遷驅動力及未來需求面積、轉移矩陣等參數的影響，促使農地及林地分別朝上下游發展的模擬結果，也顯現 CLUE-S 作為小範圍的土地利用變遷模式，在環境條件異質性大的研究範圍可能的限制。

第五章 結論與建議



5.1 結論

本研究利用層級分析法問卷，調查一般民眾及決策者等利害關係人對土地利用變遷驅動力之重要性權重的認知，並進一步與土地利用變遷模式分析得到的驅動力適宜性係數進行比較討論；另一方面也同時調查決策者對不同土地利用類型轉移容易程度的看法，並作為轉移彈性參數納入土地利用變遷模式，再與過往轉移彈性參數設定的模擬結果進行比較。相較於過去相關研究，本研究結合利害關係人參與及土地利用變遷模式，並以係數為媒介討論其間的認知差異，拓展利害關係人對土地利用變遷動態過程的了解也提升模式模擬的表現，實踐參與式建模的共同學習精神。

從民眾問卷計算得到土地利用變遷驅動力權重，與土地利用變遷模式邏輯迴歸得到的驅動力適宜性係數，發現兩者的差異在農地最為明顯。民眾認為對農地而言離河川水源的距離在空間鄰近因素中最為重要，而模式則顯示農地存在的地方與道路的距離最為相關。另一方面，民眾與模式在建地及林地的認知相近，皆認為對這兩種土地利用類型影響最大的驅動力為人口密度，建地存在於人口密度高的地方，而林地則存在人口密度低的地方。

由決策者問卷計算得到的土地利用轉移彈性，作為參數納入土地利用變遷模式 CLUE-S 模擬後，其結果之效率指數值為 0.1022，相較過往模式常用參數得到的結果(0.036)及同研究區之前期研究之結果(0.0452)表現得好。追溯其原因為採用成對比較矩陣計算得到的轉移彈性值較小，使得整體土地利用更容易轉移，降低中上游的遺漏量，但有更高的命中率的同時也提升錯誤命中及誤報的量，主要來自於未來土地利用需求的趨勢以及模式特性與土地利用變遷驅動力的空間異質性。



5.2 建議

根據本研究執行的過程及結果討論，對未來相關研究的建議如下：

1. 明確界定研究的土地利用類型標的將有助於釐清與其相關的驅動力及適宜性關係，並針對目標土地利用類型盡量採納更貼近且全面的驅動力項目，以使其更符合實際可能發生的情境及土地利用變遷機制。
2. 依據民眾對土地利用驅動力的適宜度重要性製作適宜性地圖並納入模式之空間配置過程，才能將模擬結果與原本模式採用機器學習方法歸納變遷驅動力關係的模擬結果進行準確度比較。
3. 若要以民眾等不特定人為對象進行土地利用變遷相關研究，在層級分析法之成對比較矩陣不符合一致性時難以找到原填答者重新檢視，因此需要在現場填答時即協助確認其填答符合一致性，或選擇更簡易的調查方法。
4. 本研究使用的土地利用變遷模式 CLUE-S，與利害關係人參與尚未有全面的連結，除了在轉移彈性可以依據研究者或利害關係人的經驗進行設定，土地利用需求的設定也可依據研究目的邀請利害關係人從假想的未來情境進行擬定，並考慮模式特性及其適合的空間尺度及環境異質性，發展適合的利害關係人參與架構。

參考文獻



Akinci, H., Ozalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and electronics in agriculture*, 97, 71-82.

Berg, C., Rogers, S., & Mineau, M. (2016). Building scenarios for ecosystem services tools: Developing a methodology for efficient engagement with expert stakeholders. *Futures*, 81, 68-80.

Briassoulis, H. (2020). Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches.

Brown, G., de Bie, K., & Weber, D. (2015). Identifying public land stakeholder perspectives for implementing place-based land management. *Landscape and Urban Planning*, 139, 1-15.

Burton, V., Metzger, M. J., Brown, C., & Moseley, D. (2019). Green Gold to Wild Woodlands; understanding stakeholder visions for woodland expansion in Scotland. *Landscape Ecology*, 34, 1693-1713.

Chu, H. J., Wu, C. F., & Lin, Y. P. (2013). Incorporating spatial autocorrelation with neural networks in empirical land-use change models. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(3), 384-404.

de Castro-Pardo, M., Pérez-Rodríguez, F., Martín-Martín, J. M., & Azevedo, J. C. (2019). Modelling stakeholders' preferences to pinpoint conflicts in the planning of transboundary protected areas. *Land Use Policy*, 89, 104233.

Dougill, A. J., Fraser, E. D. G., Holden, J., Hubacek, K., Prell, C., Reed, M. S., ... & Stringer, L. C. (2006). Learning from doing participatory rural research: lessons from the Peak District National Park. *Journal of agricultural economics*, 57(2), 259-275.

Fisher, P., Comber, A. J., & Wadsworth, R. (2005). Land use and land cover: contradiction or complement. *Re-presenting GIS*, 85, 98.

Freeman, R. E. (2010). *Strategic management: A stakeholder approach*. Cambridge university press.

Grimble, R., & Wellard, K. (1997). Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural systems*, 55(2), 173-193.

Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K. (2018). Predicting land use/land cover changes using a CA-Markov model under two different scenarios. *Sustainability*, 10(10), 3421.

Karner, K., Cord, A. F., Hagemann, N., Hernandez-Mora, N., Holzkämper, A., Jeangros, B., ... & Schönhart, M. (2019). Developing stakeholder-driven scenarios on land sharing and land sparing—Insights from five European case studies. *Journal of environmental management*, 241, 488-500.

Kucsicsa, G., Popovici, E. A., Bălteanu, D., Grigorescu, I., Dumitrașcu, M., & Mitrică, B. (2019). Future land use/cover changes in Romania: regional simulations based on CLUE-S model and CORINE land cover database. *Landscape and ecological engineering*, 15, 75-90.

Lacher, I., Akre, T., McShea, W. J., McBride, M., Thompson, J. R., & Fergus, C. (2019). Engaging regional stakeholders in scenario planning for the long-term preservation of ecosystem services in Northwestern Virginia. *Case Studies in the Environment*.

Lambin, E. F., & Geist, H. J. (Eds.). (2008). *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Springer Science & Business Media.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change*, 11(4), 261-269.

Li, X., Chen, G., Liu, X., Liang, X., Wang, S., Chen, Y., ... & Xu, X. (2017). A new global land-use and land-cover change product at a 1-km resolution for 2010 to 2100 based

on human–environment interactions. *Annals of the American Association of Geographers*, 107(5), 1040-1059.

Lin, Y. P., Hong, N. M., Wu, P. J., Wu, C. F., & Verburg, P. H. (2007). Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in Northern Taiwan. *Landscape and urban planning*, 80(1-2), 111-126.

Liu, G., Jin, Q., Li, J., Li, L., He, C., Huang, Y., & Yao, Y. (2017). Policy factors impact analysis based on remote sensing data and the CLUE-S model in the Lijiang River Basin, China. *Catena*, 158, 286-297.

Liu, X., Liang, X., Li, X., Xu, X., Ou, J., Chen, Y., ... & Pei, F. (2017). A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects. *Landscape and Urban Planning*, 168, 94-116.

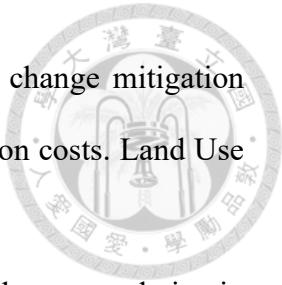
Mannetti, L. M., Göttert, T., Zeller, U., & Esler, K. J. (2019). Identifying and categorizing stakeholders for protected area expansion around a national park in Namibia. *Ecology and Society*, 24(2).

Mansour, S., Al-Belushi, M., & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques. *Land Use Policy*, 91, 104414.

Memarbashi, E., Azadi, H., Barati, A. A., Mohajeri, F., Passel, S. V., & Witlox, F. (2017). Land-use suitability in Northeast Iran: Application of AHP-GIS hybrid model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 396.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.

Morales Jr, F., & de Vries, W. T. (2021). Establishment of land use suitability mapping criteria using analytic hierarchy process (AHP) with practitioners and beneficiaries. *Land*, 10(3), 235.



Ortega-Pacheco, D. V., Keeler, A. G., & Jiang, S. (2019). Climate change mitigation policy in Ecuador: Effects of land-use competition and transaction costs. *Land Use Policy*, 81, 302-310.

Overmars, K. D., De Koning, G. H. J., & Veldkamp, A. (2003). Spatial autocorrelation in multi-scale land use models. *Ecological modelling*, 164(2-3), 257-270.

Overmars, K. P., & Verburg, P. H. (2007). Comparison of a deductive and an inductive approach to specify land suitability in a spatially explicit land use model. *Land use policy*, 24(3), 584-599.

Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and urban planning*, 99(2), 104-114.

Peng, K., Jiang, W., Deng, Y., Liu, Y., Wu, Z., & Chen, Z. (2020). Simulating wetland changes under different scenarios based on integrating the random forest and CLUE-S models: A case study of Wuhan Urban Agglomeration. *Ecological Indicators*, 117, 106671.

Pérez-Soba, M., Paterson, J., Metzger, M. J., Gramberger, M., Houtkamp, J., Jensen, A., ... & Verkerk, P. J. (2018). Sketching sustainable land use in Europe by 2040: a multi-stakeholder participatory approach to elicit cross-sectoral visions. *Regional Environmental Change*, 18, 775-787.

Pontius Jr, R. G., & Millones, M. (2011). Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15), 4407-4429.

Pontius Jr, R. G., & Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, ecosystems & environment*, 85(1-3), 239-248.



Pontius Jr, R. G., & Si, K. (2014). The total operating characteristic to measure diagnostic ability for multiple thresholds. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(3), 570-583.

Pontius, R. G., Boersma, W., Castella, J. C., Clarke, K., De Nijs, T., Dietzel, C., ... & Verburg, P. H. (2008). Comparing the input, output, and validation maps for several models of land change. *The annals of regional science*, 42, 11-37.

Ramya, S., & Devadas, V. (2019). Integration of GIS, AHP and TOPSIS in evaluating suitable locations for industrial development: A case of Tehri Garhwal district, Uttarakhand, India. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117872.

Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., ... & Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of environmental management*, 90(5), 1933-1949.

Rosso, M., Bottero, M., Pomarico, S., La Ferlita, S., & Comino, E. (2014). Integrating multicriteria evaluation and stakeholders analysis for assessing hydropower projects. *Energy policy*, 67, 870-881.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.

Saaty, T. L., Vargas, L. G., Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). The analytic network process (pp. 1-40). Springer US.

Sahoo, S., Sil, I., Dhar, A., Debsarkar, A., Das, P., & Kar, A. (2018). Future scenarios of land-use suitability modeling for agricultural sustainability in a river basin. *Journal of cleaner production*, 205, 313-328.

Shoyama, K. (2021). Assessment of land-use scenarios at a national scale using intensity analysis and figure of merit components. *Land*, 10(4), 379.

Silva, E. A., & Clarke, K. C. (2002). Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal. *Computers, environment and urban systems*, 26(6), 525-552.

Song, X. P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F., & Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639-643.

Stosch, K. C., Quilliam, R. S., Bunnefeld, N., & Oliver, D. M. (2019). Quantifying stakeholder understanding of an ecosystem service trade-off. *Science of the Total Environment*, 651, 2524-2534.

Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285-1293.

van Vliet, J., Bregt, A. K., & Hagen-Zanker, A. (2011). Revisiting Kappa to account for change in the accuracy assessment of land-use change models. *Ecological modelling*, 222(8), 1367-1375.

Vannier, C., Bierry, A., Longaretti, P. Y., Nettier, B., Cordonnier, T., Chauvin, C., ... & Lavorel, S. (2019). Co-constructing future land-use scenarios for the Grenoble region, France. *Landscape and Urban Planning*, 190, 103614.

Verburg, P. H., Alexander, P., Evans, T., Magliocca, N. R., Malek, Z., Rounsevell, M. D., & van Vliet, J. (2019). Beyond land cover change: towards a new generation of land use models. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 38, 77-85.

Verburg, P. H., Crossman, N., Ellis, E. C., Heinemann, A., Hostert, P., Mertz, O., ... & Zhen, L. (2015). Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective. *Anthropocene*, 12, 29-41.

Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J., & Veldkamp, A. (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61, 309-324.

Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. S. (2002). Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environmental management*, 30, 391-405.

Voinov, A., Jenni, K., Gray, S., Kolagani, N., Glynn, P. D., Bommel, P., ... & Smajgl, A. (2018). Tools and methods in participatory modeling: Selecting the right tool for the job. *Environmental Modelling & Software*, 109, 232-255.

Volkery, A., Ribeiro, T., Henrichs, T., & Hoogeveen, Y. (2008). Your vision or my model? Lessons from participatory land use scenario development on a European scale. *Systemic Practice and Action Research*, 21, 459-477.

Waiyasusri, K., Yumuang, S., & Chotpantarat, S. (2016). Monitoring and predicting land use changes in the Huai Thap Salao Watershed area, Uthaithani Province, Thailand, using the CLUE-s model. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-16.

Wu, C. F., Lin, Y. P., Chiang, L. C., & Huang, T. (2014). Assessing highway's impacts on landscape patterns and ecosystem services: A case study in Puli Township, Taiwan. *Landscape and Urban Planning*, 128, 60-71.

Xia, T., Wu, W., Zhou, Q., Tan, W., Verburg, P. H., Yang, P., & Ye, L. (2018). Modeling the spatio-temporal changes in land uses and its impacts on ecosystem services in Northeast China over 2000–2050. *Journal of Geographical Sciences*, 28, 1611-1625.

Zheng, F., & Hu, Y. (2018). Assessing temporal-spatial land use simulation effects with CLUE-S and Markov-CA models in Beijing. *Environmental science and pollution research*, 25, 32231-32245.

Zoderer, B. M., Tasser, E., Carver, S., & Tappeiner, U. (2019). Stakeholder perspectives on ecosystem service supply and ecosystem service demand bundles. *Ecosystem*

Services, 37, 100938.

吳佩蓉 (2008)。整合土地利用模式與水文模式於集水區景觀生態規劃管理。國立臺灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。

吳振發 (2011)。臺灣鄉村景觀變遷模擬之 CLUE-s 模式最佳參數試驗。地理學報, 62, 103-125。

吳振發、邱仁暉、賴純絃 (2009)。參數認知差異對於土地利用變遷模式模擬結果之影響—以 CLUE-s 模式為例。發表於 2009 年第七屆造園景觀學術研討會，東海大學，臺中。

李瑞陽、梁靜宜 (2009)。應用遙測及 CLUE-S 模型模擬土地利用變遷—以宜蘭縣壯圍鄉為例。第十三屆(2009 年)國土規劃論壇，國立成功大學。

林裕彬 (2021)。整合永續發展目標之生態系服務與土地治理：以濁水溪流域為例—利害關係人參與之土地系統模擬與生態系服務資源決策平台建置(子計畫八)(第 1 年)。國科會補助專題研究計畫報告(MOST 109-2621-M-002-008-MY3)，國立臺灣大學生物環境系統工程學系暨研究所。

翁振益、周瑛琪 (2006)。決策分析：方法與應用。臺北市：華泰文化。

褚志鵬 (2009)。層級分析法 (AHP) 理論與實作。才華有限實驗室 (2016), VR 來了。

鄧振源、曾國雄 (1989)。層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)。中國統計學報, 27(6), 5-22。

附錄一 民眾問卷

親愛的里民，您好：

我是就讀國立臺灣大學生物環境系統工程學系的研究生，想要瞭解民眾對濁水溪流域土地利用變遷驅動力的認知，即各種可能促使土地成為某種利用類型的原因。敬請您協助填寫問卷，您的填寫是本研究很重要的部分。

本問卷採用匿名的方式填寫，所有填答僅供學術研究使用，且個人填答與資料絕對保密，請安心填寫。填答時間約 10 分鐘，感謝您的協助！

敬祝 健康順心

國立臺灣大學 生物環境系統工程學系

研究生： 許安村

電話：

電子信箱：

指導教授： 林裕彬 教授



知情同意

本問卷採用匿名的方式填寫，我們不會收集您的姓名、電子郵件、電話或任何會透露個人身分的資訊，且所有填答僅供學術研究使用，個人填答與資料絕對保密。

您是否同意協助填寫本問卷？

- 同意
- 不同意

問卷說明

這份問卷分為三個部分：環境知識與觀點、土地利用變遷驅動力認知、以及個人基本資料。第一部分為環境知識與觀點，這部分是想瞭解您對於環境的知識跟觀點；第二部分為土地利用變遷驅動力認知，這部分是想瞭解您認為各種「土地利用變遷驅動力」對不同「土地利用類型」的重要性，相關名詞也將於該部分進一步說明，但並無標準答案，請依指示填寫您認為適當的答案即可，謝謝您的協助。

~~~ 請到下一頁開始填答。 ~~~

## 第一部分：環境知識與觀點



以下題目是想瞭解您對環境的知識跟觀點，請您閱讀每一個題目敘述後，在適當的認同程度  中打 V。

| 題目                              | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                 | 非常<br>不認<br>同            | 不認<br>同                  | 有點<br>不認<br>同            | 普通                       | 有點<br>認同                 | 認同                       | 非常<br>認同                 |
|                                 | 同                        |                          | 同                        |                          |                          |                          |                          |
| 14. 農地與林地的流失會降低土地調節氣候的能力。       | <input type="checkbox"/> |
| 15. 山坡地濫墾濫伐容易造成山崩、土石流等災害。       | <input type="checkbox"/> |
| 16. 土地規劃與開發不需考量當地居民的意見與看法。      | <input type="checkbox"/> |
| 17. 土地規劃與開發需考慮到災害預防。            | <input type="checkbox"/> |
| 18. 土地規劃與開發應保護現有的自然環境和文化資產。     | <input type="checkbox"/> |
| 19. 土地資源因為越來越多人類活動而產生損耗。        | <input type="checkbox"/> |
| 20. 泥沙堆積是造成臺灣西部平原愈來愈寬的主要原因。     | <input type="checkbox"/> |
| 21. 土地儲存二氧化碳溫室氣體的能力受到土地利用方式的影響。 | <input type="checkbox"/> |
| 22. 人口聚集較高的鄉鎮，其農地越容易新蓋房子或工廠。    | <input type="checkbox"/> |
| 23. 政府的政策與行政管理會影響到森林保育。         | <input type="checkbox"/> |
| 24. 區域的土地使用變遷不會影響到全球的環境變遷。      | <input type="checkbox"/> |
| 25. 氣候變遷不會導致洪水量增加。              | <input type="checkbox"/> |
| 26. 農地價格會影響到在農地蓋農舍或工廠的意願。       | <input type="checkbox"/> |

## 第二部分：土地利用變遷驅動力認知

「土地利用變遷驅動力」指的是可能促使土地成為某種利用類型的原因。這部分問卷將針對農地、林地、建地、草地、荒地等五種「土地利用類型」，依序比較各種「土地利用變遷驅動力」對其的重要性，越重要則代表該驅動力越可能導致土地成為該種利用類型。這部分採用層級分析法，將所有「土地利用變遷驅動力」分為兩個層級，並就同一層級的驅動力進行重要程度比較，填寫時必須保持重要性排序的一致，以下條列填答說明：

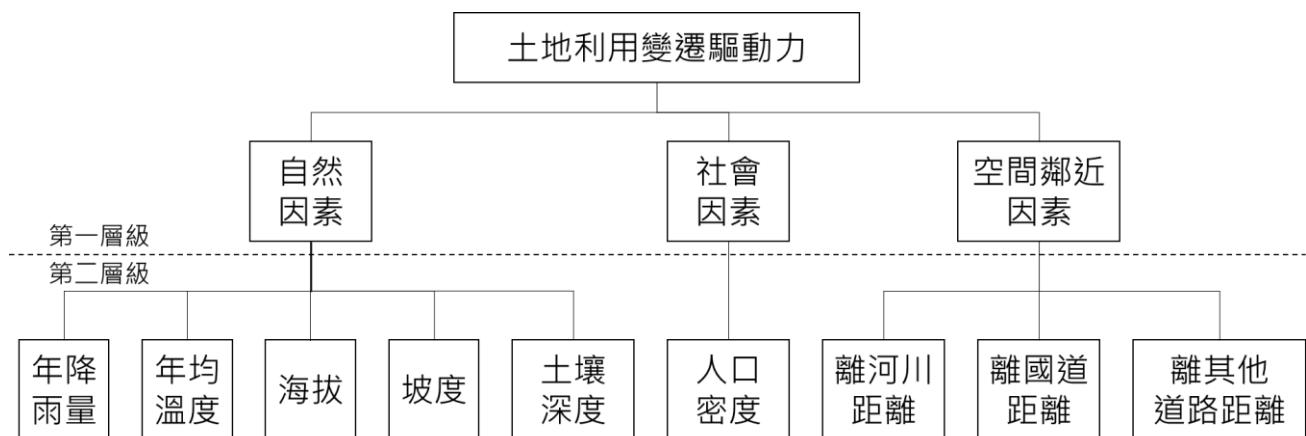
1. 建議依問卷提問順序填答，避免重要性排序混淆的現象。
2. 請先將同層級之所有驅動力依重要性進行排序，再就兩兩驅動力進行重要程度比較。
3. 兩兩驅動力比較時，在絕對不重要、很不重要、不重要、稍不重要、同等重要、稍重要、重要、很重要、絕對重要的衡量值中，評估其相對重要程度。
4. 例如：假設您選擇日常用品時，考慮 1. 價錢、2. 品質等兩項因素，若您覺得**價錢**的重要性稍不重要於**品質**的重要性時，填寫方式如下所示：

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( 2 )  $\geq$  ( 1 )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩因素的「相對重要程度」：

|                  | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                                | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重要                      | 絕對重要                     |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對日常商品而言，價錢相較於品質： | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

以下對濁水溪流域土地利用變遷驅動力對各土地利用類型的重要性進行評估，驅動力之層級分析法架構圖如下：



## 一、 農地：如水稻、旱作等

### (一) 第一層級

農地的第一層級驅動力包含：1. 自然因素、2. 社會因素、3. 空間鄰近因素，請先依其對農地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                      | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重                       | 絕對重要                     |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對農地而言，自然因素相較於社會因素：   | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，自然因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，社會因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |

### (二) 第二層級

A. 在農地的「自然因素」驅動力中，包含：1. 年降雨量、2. 年均溫度、3. 海拔高度、4. 坡度、5. 土壤深度，請先依其對農地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                    | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重                       | 絕對重要                     |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對農地而言，年降雨量相較於年均溫度： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，年降雨量相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，年降雨量相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，年降雨量相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，年均溫度相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，年均溫度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，年均溫度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，海拔高度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，海拔高度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，坡度相較於土壤深度：   | <input type="checkbox"/> |

B. 在農地的「空間鄰近因素」驅動力中，包含：1. 離河川距離、2. 離國道距離、3. 離其他道路距離，請先依其對農地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                        | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重要                      | 絕對重要                     |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對農地而言，離河川距離相較於離國道距離：   | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，離河川距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |
| 對農地而言，離國道距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |

## 二、林地：如天然林、人工林等

### (一) 第一層級

林地的第一層級驅動力包含：1. 自然因素、2. 社會因素、3. 空間鄰近因素，請先依其對林地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                      | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重要                      | 絕對重要                     |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對林地而言，自然因素相較於社會因素：   | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，自然因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，社會因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |

(二) 第二層級

A. 在林地的「自然因素」驅動力中，包含：1. 年降雨量、2. 年均溫度、3. 海拔高度、4. 坡度、5. 土壤深度，請先依其對林地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                    | 絕對<br>不<br>重<br>要        | 很<br>不<br>重<br>要         | 不<br>重<br>要              | 稍<br>不<br>重<br>要         | 同<br>等<br>重<br>要         | 稍<br>重<br>要              | 重<br>要                   | 很<br>重<br>要              | 絕對<br>重<br>要             |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對林地而言，年降雨量相較於年均溫度： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，年降雨量相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，年降雨量相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，年降雨量相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，年均溫度相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，年均溫度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，年均溫度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，海拔高度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，海拔高度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，坡度相較於土壤深度：   | <input type="checkbox"/> |

B. 在林地的「空間鄰近因素」驅動力中，包含：1. 離河川距離、2. 離國道距離、3. 離其他道路距離，請先依其對林地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                        | 絕對<br>不<br>重<br>要        | 很<br>不<br>重<br>要         | 不<br>重<br>要              | 稍<br>不<br>重<br>要         | 同<br>等<br>重<br>要         | 稍<br>重<br>要              | 重<br>要                   | 很<br>重<br>要              | 絕對<br>重<br>要             |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對林地而言，離河川距離相較於離國道距離：   | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，離河川距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |
| 對林地而言，離國道距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |

### 三、 建地：如交通及建築用地、農業設施、公共設施、文化或遊樂設施等

#### (一) 第一層級

建地的第一層級驅動力包含：1. 自然因素、2. 社會因素、3. 空間鄰近因素，請先依其對建地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                      | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重                       | 絕對重要                     |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對建地而言，自然因素相較於社會因素：   | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，自然因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，社會因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |

#### (二) 第二層級

A. 在建地的「自然因素」驅動力中，包含：1. 年降雨量、2. 年均溫度、3. 海拔高度、4. 坡度、5. 土壤深度，請先依其對建地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                    | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重                       | 絕對重要                     |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對建地而言，年降雨量相較於年均溫度： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，年降雨量相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，年降雨量相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，年降雨量相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，年均溫度相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，年均溫度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，年均溫度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，海拔高度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，海拔高度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，坡度相較於土壤深度：   | <input type="checkbox"/> |

B. 在建地的「空間鄰近因素」驅動力中，包含：1. 離河川距離、2. 離國道距離、3. 離其他道路距離，請先依其對建地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                        | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重要                      | 絕對重要                     |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對建地而言，離河川距離相較於離國道距離：   | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，離河川距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |
| 對建地而言，離國道距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |

#### 四、草地：如廢耕地、牧場、公園綠地、草生地等

##### (一) 第一層級

草地的第一層級驅動力包含：1. 自然因素、2. 社會因素、3. 空間鄰近因素，請先依其對草地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                      | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重要                      | 絕對重要                     |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對草地而言，自然因素相較於社會因素：   | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，自然因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，社會因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |

(二) 第二層級

A. 在草地的「自然因素」驅動力中，包含：1. 年降雨量、2. 年均溫度、3. 海拔高度、4. 坡度、5. 土壤深度，請先依其對草地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                    | 絕對<br>不<br>重<br>要        | 很<br>不<br>重<br>要         | 不<br>重<br>要              | 稍<br>不<br>重<br>要         | 同<br>等<br>重<br>要         | 稍<br>重<br>要              | 重<br>要                   | 很<br>重<br>要              | 絕對<br>重<br>要             |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對草地而言，年降雨量相較於年均溫度： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，年降雨量相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，年降雨量相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，年降雨量相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，年均溫度相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，年均溫度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，年均溫度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，海拔高度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，海拔高度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，坡度相較於土壤深度：   | <input type="checkbox"/> |

B. 在草地的「空間鄰近因素」驅動力中，包含：1. 離河川距離、2. 離國道距離、3. 離其他道路距離，請先依其對草地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                        | 絕對<br>不<br>重<br>要        | 很<br>不<br>重<br>要         | 不<br>重<br>要              | 稍<br>不<br>重<br>要         | 同<br>等<br>重<br>要         | 稍<br>重<br>要              | 重<br>要                   | 很<br>重<br>要              | 絕對<br>重<br>要             |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對草地而言，離河川距離相較於離國道距離：   | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，離河川距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |
| 對草地而言，離國道距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |

## 五、 荒地：如礦場、鹽田、裸露地、灌木荒地、災害地等

### (一) 第一層級

荒地的第一層級驅動力包含：1. 自然因素、2. 社會因素、3. 空間鄰近因素，請先依其對荒地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)： $(\ ) \geq (\ ) \geq (\ ) \geq (\ )$

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                      | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重                       | 絕對重要                     |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對荒地而言，自然因素相較於社會因素：   | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，自然因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，社會因素相較於空間鄰近因素： | <input type="checkbox"/> |

### (二) 第二層級

A. 在荒地的「自然因素」驅動力中，包含：1. 年降雨量、2. 年均溫度、3. 海拔高度、4. 坡度、5. 土壤深度，請先依其對荒地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)： $(\ ) \geq (\ ) \geq (\ ) \geq (\ ) \geq (\ )$

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                    | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重                       | 絕對重要                     |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對荒地而言，年降雨量相較於年均溫度： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，年降雨量相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，年降雨量相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，年降雨量相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，年均溫度相較於海拔高度： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，年均溫度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，年均溫度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，海拔高度相較於坡度：   | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，海拔高度相較於土壤深度： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，坡度相較於土壤深度：   | <input type="checkbox"/> |

B. 在荒地的「空間鄰近因素」驅動力中，包含：1. 離河川距離、2. 離國道距離、3. 離其他道路距離，請先依其對荒地的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序(有助填答後續問題)：( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

|                        | 絕對不重要                    | 很不重要                     | 不重要                      | 稍不重要                     | 同等重要                     | 稍重要                      | 重要                       | 很重要                      | 絕對重要                     |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 對荒地而言，離河川距離相較於離國道距離：   | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，離河川距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |
| 對荒地而言，離國道距離相較於離其他道路距離： | <input type="checkbox"/> |

~~~ 請到下一页填答最後一部分。 ~~

第三部分：個人基本資料



以下題目是有關您的個人基本資料，請在適當的□中打 V。本問卷為匿名，所填資料也僅供學術研究使用，請放心填答。

1. 性別： 男 女

2. 您的年齡為：

(1) 20-30 歲 (2) 31-40 歲 (3) 41-50 歲
(4) 51-60 歲 (5) 61-70 歲 (5) 71 歲以上

3. 您的最高學歷為：

(1) 國小以下 (2) 國(初)中 (3) 高中職
(4) 大專(學) (5) 研究所以上

4. 您是否受過自然環境、生態相關訓練或參與相關團體？

(1) 是 (2) 否

5. 您目前從事什麼職業？

(1) 農林漁牧礦業 (2) 軍公教 (3) 商業 (4) 工業 (5) 服務業
(6) 自由業 (7) 學生 (8) 無(含退休) (9) 其他：_____

6. 您居住在_____縣/市_____鄉鎮市區？

7. 您是否到訪過濁水溪流域？

(1) 現在正居住 (2) 曾經居住 (3) 1-5 次 (4) 6-10 次
(5) 10 次以上 (6) 無 (7) 其他_____

8. 您是否有擔任過里長/里幹事？

(1) 有 (2) 無

~~~ 問卷結束，謝謝您的填答！ ~~

## 附錄二 決策者問卷

敬啟者，您好：

本問卷係配合科技部「整合永續發展目標之生態系服務與土地治理：以濁水溪流域為例」研究，欲調查濁水溪流域有關之政府機關決策者對於「濁水溪流域土地利用變遷」的看法。本問卷採用層級分析法(Analytic Hierarchy Process)將複雜的評估問題簡化，並會將決策者對土地利用變遷的評估結果納入CLUE-s 土地利用模式中，您的填寫是本研究很重要的部分。

本問卷採用匿名的方式填寫，所有填答僅供學術研究使用，且個人填答與資料絕對保密，請安心填寫。填答時間約 10 分鐘，感謝您的協助！

敬祝 健康順心

國立臺灣大學 生物環境系統工程學系

研究生： 許安村

電話：

電子信箱：

指導教授： 林裕彬 教授



### 知情同意

本問卷採用匿名的方式填寫，我們不會收集您的姓名、電子郵件、電話或任何會透露個人身分的資訊，且所有填答僅供學術研究使用，個人填答與資料絕對保密。

您是否同意協助填寫本問卷？

同意

不同意

### 問卷說明

這份問卷分為三個部分：土地利用變遷驅動力的重要性、土地利用類型之變遷容易程度、以及個人基本資料。

第一部分為土地利用變遷驅動力的重要性，這部分是想瞭解您認為各種「土地利用變遷驅動力」在決定土地利用類型時的重要性；第二部分為土地利用類型的變遷容易程度，這部分是想瞭解您認為各種「土地利用類型」轉變成其他土地利用類型的容易程度。相關名詞將於各部分進一步說明，請依指示填寫您認為適當的答案即可，並無標準答案，謝謝您的協助。

~~~ 請到下一頁開始第一部分 ~~~

第一部分：土地利用變遷驅動力的重要性

「土地利用變遷驅動力」指的是促使土地成為某種利用類型的原因，這部分採用層級分析法，比較各驅動力在決定土地利用類型時的重要性，首先將欲比較的「土地利用變遷驅動力」分為兩個層級，再分別就同一層級的驅動力進行重要程度比較。

層級分析法問卷填寫時必須保持因素間重要性排序的一致，以下條列填答說明：

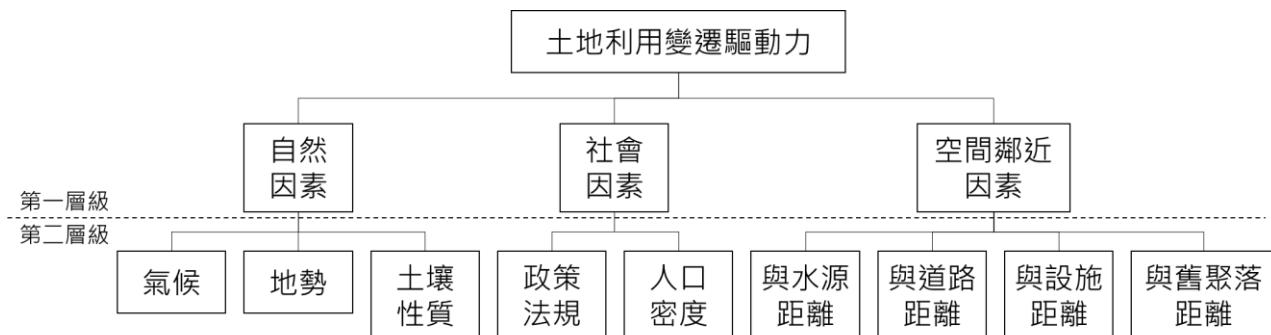
5. 請先就同層級之所有驅動力依重要性進行排序，再就兩兩驅動力進行重要程度比較。
6. 兩兩驅動力比較時，在「同等重要、稍重要、重要、很重要、絕對重要」的衡量值中，評估其相對重要程度。
7. 若您認為左邊的驅動力重要性較高，請在偏左的適當程度中勾選；若您認為右邊的驅動力重要性較高，請在偏右的適當程度中勾選，每一列僅勾選一項。
8. 例如：假設您在選擇日常用品時，考慮的因素為 1. 品質、2. 價錢等兩項，若您覺得 **品質** 的重要性 稍重要 於 **價錢** 的重要性時，填寫方式如下所示：

(3) 請依重要性排序： $(1) \geq (2)$

(4) 請依上述排序，勾選兩兩因素的「相對重要程度」：

| | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| | 絕對
重要 | 很
重
要 | | 稍
重
要 | 同
等
重
要 | 稍
重
要 | | 很
重
要 | 絕對
重
要 | |
| 品質 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | V | <input type="checkbox"/> | 金錢 |

土地利用變遷驅動力層級分析架構圖如下：



各驅動力說明如下：

1. 氣候：例如年降水量、年均氣溫等。
2. 地勢：例如海拔高度、坡度、坡向等。
3. 土壤性質：例如土壤顆粒大小、有機質含量、陽離子交換能力、土壤深度、pH 值等。
4. 政策法規：例如都市計畫範圍、林班地位置、開發限制或相關補貼等。
5. 與水源距離：例如與河道、溝渠、蓄水池等之距離。
6. 與道路距離：例如與各級道路之距離。
7. 與設施距離：例如與車站、學校、文教藝術、醫療、遊憩等設施之距離。
8. 與舊聚落距離：例如與現有建地的距離。

以下分兩個層級就「土地利用變遷驅動力」對決定土地利用類型的重要性進行評估：

一、第一層級

土地利用變遷第一層級驅動力包含：1.自然因素、2.社會因素、3.空間鄰近因素，請先依其對決定土地利用類型的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(3) 請依重要性排序：() \geq () \geq ()

(4) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

| | 絕對
重要 | 很
重
要 | | 稍
重
要 | 同
等
重
要 | 稍
重
要 | | 很
重
要 | 絕對
重
要 | |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| 自然因素 | <input type="checkbox"/> | 社會因素 |
| | <input type="checkbox"/> | 空間鄰近因素 |
| 社會因素 | <input type="checkbox"/> | 空間鄰近因素 |

二、第二層級

(一) 在「自然因素」驅動力中，包含：1.氣候、2.地勢、3.土壤性質，請先依其對決定土地利用類型的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序：() \geq () \geq ()

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

| | 絕對
重要 | 很
重
要 | | 稍
重
要 | 同
等
重
要 | 稍
重
要 | | 很
重
要 | 絕對
重
要 | |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|
| 氣候 | <input type="checkbox"/> | 地勢 |
| | <input type="checkbox"/> | 土壤性質 |
| 地勢 | <input type="checkbox"/> | 土壤性質 |

(二) 在「社會因素」驅動力中，包含：1.政策法規、2.人口密度，請先依其對決定土地利用類型的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序：() \geq ()

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

| | 絕對
重要 | 很
重
要 | | 稍
重
要 | 同
等
重
要 | 稍
重
要 | | 很
重
要 | 絕對
重
要 | |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|
| 政策法規 | <input type="checkbox"/> | 人口密度 |

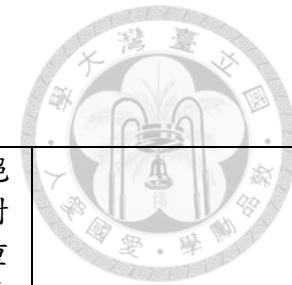
(三) 在「空間鄰近因素」驅動力中，包含：1. 與水源距離、2. 與道路距離、3. 與設施距離、4. 與舊聚落距離，請先依其對決定土地利用類型的重要性進行排序，並勾選兩兩驅動力之間的相對重要程度。

(1) 請依重要性排序：() \geq () \geq () \geq ()

(2) 請依上述排序，勾選兩兩驅動力的「相對重要程度」：

| | 絕對
重要 | 很
重
要 | 重
要 | 稍
重
要 | 同
等
重
要 | 稍
重
要 | 重
要 | 很
重
要 | 絕對
重
要 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| 與水源距離 | <input type="checkbox"/> | 與道路距離 |
| | <input type="checkbox"/> | 與設施距離 |
| | <input type="checkbox"/> | 與舊聚落距離 |
| 與道路距離 | <input type="checkbox"/> | 與設施距離 |
| | <input type="checkbox"/> | 與舊聚落距離 |
| 與設施距離 | <input type="checkbox"/> | 與舊聚落距離 |

~~~ 請到下一頁填答第二部分 ~~~



## 第二部分：土地利用類型之變遷容易程度

以下對濁水溪流域土地利用類型之變遷容易程度，即某土地利用類型轉變成其他任意土地利用類型的容易程度進行評估，土地利用類型之說明如下：

1. 農地：例如稻作、旱作。
2. 林地：例如天然林、人工林等。
3. 建地：例如交通及建築用地、農業設施、公共設施、文化或遊樂設施等。
4. 草地：例如廢耕地、牧場、公園綠地、草生地等。
5. 荒地：例如礦場、鹽田、裸露地、灌木荒地、災害地等。



請先將前述土地利用類型：1. 農地、2. 林地、3. 建地、4. 草地、5. 荒地，依其變遷容易程度進行排序，並勾選兩兩土地利用類型之間的相對變遷容易程度。

- (1) 請依變遷容易程度排序： $(\ ) \geq (\ ) \geq (\ ) \geq (\ ) \geq (\ )$
- (2) 請依上述排序，勾選兩兩土地利用類型的「相對變遷容易程度」，在較容易變遷的土地利用類型一側的空格依程度勾選：

|    | 非常<br>容易                 | 很<br>容<br>易              | 容<br>易                   | 稍<br>容<br>易              | 同<br>等<br>容<br>易         | 稍<br>容<br>易              | 容<br>易                   | 很<br>容<br>易              | 非<br>常<br>容<br>易         |    |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| 農地 | <input type="checkbox"/> | 林地 |
|    | <input type="checkbox"/> | 建地 |
|    | <input type="checkbox"/> | 草地 |
|    | <input type="checkbox"/> | 荒地 |
| 林地 | <input type="checkbox"/> | 建地 |
|    | <input type="checkbox"/> | 草地 |
|    | <input type="checkbox"/> | 荒地 |
| 建地 | <input type="checkbox"/> | 草地 |
|    | <input type="checkbox"/> | 荒地 |
| 草地 | <input type="checkbox"/> | 荒地 |

~~~ 請到下一頁填答最後一部分 ~~

第三部分：個人基本資料

以下題目是有關您的個人基本資料，請在適當的□中打V。本問卷為匿名，所填資料也僅供學術研究使用，請放心填答。



9. 性別： 男 女

10. 您的年齡為：

(1) 20-30 歲 (2) 31-40 歲 (3) 41-50 歲 (4) 51-60 歲
(5) 61-70 歲 (5) 71 歲以上

11. 您的最高學歷為：

(1) 國小以下 (2) 國(初)中 (3) 高中職 (4) 大專(學)
(5) 碩士 (6) 博士

12. 請問您的專業為何？

(1) 景觀設計 (2) 生態保育 (3) 環境與資源管理 (4) 環境工程
(5) 都市計畫 (6) 水利工程 (7) 水土保持工程 (8) 其他：_____

13. 您是否到訪過濁水溪流域？

(1) 現在正居住 (2) 曾經居住 (3) 1-5 次 (4) 6-10 次
(5) 10 次以上 (6) 無 (7) 其他_____

~~~ 問卷結束，謝謝您的填答！ ~~~