

東海大學  
景觀學系碩士班  
碩士論文

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

指導教授：吳佩玲 博士  
Advisor: Assist. Pei-Ling Wu Ph.D.

結合景觀指數與 CA-Markov 模型評估城鎮生態  
品質—以南投縣埔里鎮為例

**The Integration of Landscape Metrics and  
CA-Markov Model to Evaluate the Ecological  
Quality of a Town— a Case Study of Puli,  
Taiwan**

研究生：蕭宇昂  
Graduate Student: Yu-Ang Hsiao

中華民國 101 年 12 月  
December, 2012

## 摘要

都市化是全球共通的現象，其中最顯著的影響是其不可逆的土地改變，對於生態上的衝擊不可忽視，身為研究者必須去思考如何避免錯誤的規劃決策造成環境與生態上的損失。本研究以生態導向的思考決策為考量，以及技術操作上可與地理資訊系統結合之優勢，嘗試以馬可夫鍊細胞自動機理論 (CA-Markov) 與景觀指數分析工具進行探討，以建構景觀變遷模型探討實證基地埔里鎮景觀變遷其影響因素為何以及生態格局之變化。

本研究利用內政部國土測繪中心所繪製 1995 年與 2006 年成果圖資，透過土地重新分類、GIS 疊圖、相關性檢定、空間多準則評估後以 CA-Markov 動態模型進行景觀變遷之模擬，並以 2006 年模擬結果與實際土地使用狀況比較，檢討動態模型中影響因子設定是否適當，進而了解埔里鎮景觀變遷之影響因素。確立較佳之影響因子設定模式後，以該設定來模擬預測埔里鎮 2017 年土地利用情形，再以景觀指數進行分析，以探討埔里鎮景觀變遷之情況。此外，本研究配合深度訪談以進一步了解埔里鎮實際發展情況，將該訪談資料對照本研究過程與結果，以求對於埔里鎮景觀變遷上有更完整之看法與建議。

研究結果顯示，使用 CA-Markov 模型模擬 2006 年埔里鎮景觀變遷之結果與實際土地利用狀況比較，其  $K_{no}$  值達到 0.8360 為高於一般標準，而  $K_{location}$  亦達到 0.8228，表示模型所預測之景觀變遷結果與實際土地利用具有顯著的相似性。而埔里鎮 1995 年、2006 年與 2017 年景觀指數計算的結果顯示了在 1995 年至 2006 年間埔里鎮森林用地與農業用地受到切割與破碎化，而破碎化之趨勢增長以至於 2006 年至 2017 年森林用地與農業用地逐漸耗損並喪失，轉移為其他土地利用所用，這樣棲地喪失與破碎化的情況是景觀變遷當中對於生物多樣性最大的威脅。而配合深度訪談所得結果指出，埔里鎮景觀變遷大部分因素為人為開發，因此，我們應該更加重視如何面對目前景觀變遷趨勢所呈現之負面影響，並且降低未來對於人類文化與自然環境的衝擊。

關鍵字：景觀變遷、馬可夫鍊模式、細胞自動機理論、景觀指數

## Abstract

Urbanization is a global phenomenon. Urbanization is expanding gradually into rural areas, causing transportation problems, increased consumption of resources, and destruction of open spaces. Changes to our land are another irreversible impact caused by urbanization, affecting our environment and landscape, and causing an impact to the ecological system that cannot be overlooked.

In this study, a simulation model was built in accordance with the characteristics of landscape change, the CA-Markov theory and the empirical research base. Additionally, influencing factors behind landscape changes in the empirical base were identified in the model and investigated. A potential case of landscape changes in the empirical base was presented through quantitative results to investigate how the setup for the model structure affects the results. Finally, the landscape metric was used for calculation and analysis in order to review the development of the empirical base through landscape ecology theory.

The study results showed that the CA-Markov model simulation results of the 2006 Puli Landscape changes were similar to the actual land use. Indeed the value reached 0.8360, while also reach 0.8228, indicating the CA-Markov model is effective in simulating and predicting land/landscape changes. Puli in 1995, 2006 and 2017 landscape metric calculated results show in Puli, forest and agricultural from 1995 to 2006 by cutting and fragmentation, fragmentation trend growth that 2006-2017 the gradual depletion of forest and agricultural and the loss of transfer to other land use, such habitatloss and fragmentation is the biggest threat to biodiversity which landscape changes. With the results of the deep interviews, the landscape changes most of the factors to human development in Puli, therefore, we should pay more attention to how the face of the landscape changing, and reduce the impact of culture and the environment in the future.

Key word: Landscape change, Markov chain, Cellular automata, Landscape metric

## 誌謝

論文經過兩年多的時間，總算得到成果。本論文得以完成，首先感謝指導教授吳佩玲老師的栽培與指引，在論文寫作過程中所遇到瓶頸與挫折時，適時給予方向與方法，無私的教導與叮嚀，除此之外，重要的是在與老師學習過程中，學到了更多做人處事的道理以及關於設計思想與理念等，讓學生增廣視野，受益良多，在此對老師表達最深摯的謝意。再來感謝評審委員侯錦雄老師、李素馨老師、吳振發老師與雷祖強老師對學生論文的啟發與指導，使本論文能夠更加完整。

在這兩年期間，感謝林宗賢老師在「景觀地理空間分析」課程當中精彩豐富的授課內容，讓我對論文的方向有所啟發。大學同學楊孟融提供關於搜尋文獻的資源與方法，以及在論文寫作過程中互相討論與勉勵。成功大學李怡徵同學幫助我了解 IDRISI 軟體的概念與操作，使我論文得以進行下去。逢甲大學正偉助教解決我 GIS 相關操作上的困難，對論文相當有幫助。大學同學朱惠華在我遇到挫折時給予鼓勵，讓我可以更專注於努力與論文寫作上。還有研究所同窗好友學俞、童童、盈潤、盈婷、韻英、名佐、明汝陪伴度過這兩年的研究所時光，一起聊天玩樂、戶外教學爬山超累還拍無聊影片自娛娛人、辦聖誕晚會進行爆笑遊戲等，這都是美好回憶，以及感謝學弟妹雨衡、明翔、東港、怡菁在口試時到現場的幫忙，使當天口試能順利進行，真心祝福與感謝每位好友。

另外感謝虛幻曙光樂團的團員們，大君、小毅、甲斐、阿航，在我課業繁忙時導致於鼓沒練好，你們對我的體諒總是讓我相當欣慰，這幾年樂團的活動與經營，是我在課業外最棒的休閒活動，其中不管開心與難過，都百分之百是我人生中最精彩的一段回憶，未來的路充滿不確定，我將離開樂團踏入社會，但我會把這段時光放在心裡，在此感謝與祝福你們在工作上或者音樂上都能更順利。

最後將此論文給我外公外婆、父母、姐姐、阿姨、姨丈，感謝你們多年來的支持與鼓勵，是讓我繼續往下走的原動力，你們的照料與信任，也才讓我在學習路途上無後顧之憂，你們永遠是我最愛的家人！最後，再次感謝所有在我求學過程中幫助我、陪伴我的好友與家人們，祝福大家都能順利且平安。

# 目錄

## 第一章 緒論

第一節 研究動機與目的	01
第二節 研究內容	04
第三節 研究範	06
第四節 研究流程	08

## 第二章 文獻回顧

第一節 都市發展相關理論	09
第二節 景觀生態學	12
第三節 景觀指數	14
第四節 景觀變遷	25
第五節 CA-Markov 模型	27
第六節 分析軟體與土地潛能評估	39

## 第三章 研究方法

第一節 研究架構	45
第二節 研究工具與材料	46
第三節 CA-Markov 模型架構	48
第四節 深度訪談與調查計畫	57
第五節 景觀格局分析	59

## 第四章 實證研究與結果討論

第一節 實證基地概述與資料建置	63
第二節 CA-Markov 模型預測	70
第三節 景觀格局分析	82
第四節 結果評估與討論	85

## 第五章 結論與建議

第一節 結論	91
第二節 研究貢獻	95
第三節 研究限制	96
第三節 建議	96

參考文獻	99
------	----

附錄	107
----	-----

## 圖目錄

圖 1-1	研究範圍圖	07
圖 1-2	研究流程圖	08
圖 2-1	景觀生態學涵蓋基本概念	09
圖 2-2	景觀指數層級概念圖	16
圖 2-3	生命遊戲之規則	28
圖 2-4	細胞自動體各類鄰近區域類型示意圖	29
圖 2-5	S 型函數	42
圖 2-6	J 型函數	42
圖 2-7	線型函數	43
圖 3-1	實證研究架構圖	45
圖 3-2	CA-Markov 模型流程圖	49
圖 3-3	S 型函數示意圖	51
圖 3-4	Fuzzy 標準化示意圖	52
圖 3-5	WLC 在權衡與風險中位置圖	53
圖 3-6	5x5 網格空間濾波示意圖	55
圖 4-1	南投縣埔里鎮區位圖	64
圖 4-2	1995 年埔里鎮土地利用圖	64
圖 4-3	2006 年埔里鎮土地利用圖	65
圖 4-4	暨南大學校地重新描繪	65
圖 4-5	1995 年至 2006 年埔里鎮各類土地利用面積	66
圖 4-6	1995 年(左)與 2006 年(右)限制因子疊合結果圖	68
圖 4-7	埔里鎮 1995 年至 2006 年人口總數統計	69
圖 4-8	影響因子與 Cramer's V 相關係數關係折線圖	74
圖 4-9	測試一轉變潛力圖	75
圖 4-10	測試一 2006 年土地利用模擬結果	75
圖 4-11	測試二轉變潛力圖	77
圖 4-12	測試二 2006 年土地利用模擬結果	77
圖 4-13	測試三轉變潛力圖	78
圖 4-14	測試三 2006 年土地利用模擬結果	78
圖 4-15	測試三-1 轉變潛力圖	79
圖 4-16	測試三-1 2006 年土地利用模擬結果	79
圖 4-17	測試四 2006 年土地利用模擬結果	80
圖 4-18	2006 年實際土地利用	80
圖 4-19	2006 年預測結果與實際土地面積比較	80
圖 4-20	2017 年土地利用模擬結果	81

## 表目錄

表 2-1	FRAGSTATS 指標項目與文獻提出核心指標	17
表 2-2	國內外景觀指數相關研究整理表	22
表 2-3	國內外 CA 理論相關研究整理表	32
表 2-4	國內外 CA-Markov 相關研究整理表	37
表 3-1	研究土地利用分類表	47
表 3-2	景觀變遷影響因子表	48
表 3-3	Cramer's V 相關量數與解釋變相間強弱關係	52
表 3-4	Kappa 系列指數公式與定義	56
表 3-5	訪談對象整理表	58
表 4-1	埔里鎮 23 處觀光景點	69
表 4-2	埔里鎮 1995 至 2006 年土地利用轉移機率	70
表 4-3	埔里鎮 1995 至 2006 年土地利用轉移面積	71
表 4-4	影響因子 Cramer's V 相關係數表 1	73
表 4-5	影響因子 Cramer's V 相關係數表 2	73
表 4-6	測試一權重計算	75
表 4-7	測試二權重計算	76
表 4-8	測試三權重計算	78
表 4-9	測試三-1 權重計算	79
表 4-10	各類土地景觀指數分析結果	82
表 4-11	深度訪談結果整理	87
表 5-1	埔里鎮景觀變遷情況影響表	94

# 第一章 緒論

## 第一節、 研究動機與目的

### 壹、研究動機

都市化是全球共通的現象，根據聯合國統計，人類歷史從 2002 年開始，將超過一半人口居住在都市地區，並且這比例會日漸上升( Seto and Fragkias, 2005)。都市漸漸往郊區擴張，將造成郊區交通問題、消耗當地資源以及對於開放空間產生破壞( Ji at el, 2006)。另外，都市化造成最顯著的影響是其不可逆的土地改變(Luck & Wu, 2002)，影響了我們人們生活的環境與景觀，對於生態上的衝擊更不可忽視。都市擴張造成的空間模式的分散，以及社會與環境上的衝擊，是 21 世紀空間規劃者面臨的主要挑戰之一( Aguilera et al., 2011)。因此，當今規劃者必須要做的應該是去思考未來環境改變所產生的衝擊，避免錯誤的規劃而造成生活環境與生態上的損失，並朝永續發展層面來進行。

在思考未來環境改變之議題而言，近年來有不少學者以不同之理論開始著手進行景觀變遷/土地變遷之相關研究，試圖瞭解變遷之因素與降低其衝擊，例如，其中運用相當廣泛的馬可夫鍊( Markov chain)，最早為一名俄羅斯科學家所提出，當時僅是數學過程。到了二十世紀中被使用於圖像模擬之後，廣被地理學與都市規劃等學科運用。而隨著電腦技術之進步，可以使用電腦輔助規劃來瞭解與分析景觀變遷上複雜的動態，因此，仰賴電腦輔助規劃即顯得日益重要( 何錦杭，2006)。而電腦技術之進步也促使了地理資訊系統( Geographic Information System, GIS)的發展，各界學者皆認同 GIS 對土地規劃者相當有利。GIS 提供了大量土地模擬的工具，間接引發新的規劃支援模型的發展，其中包括了細胞自動理論( Cellular Automata, CA)，細胞自動理論的模式結構簡單，其計算細胞單元與 GIS 網格資料也具有天然相性( Natural affinity)，細胞自動機的優勢是清楚的表現出該區域狀態，提供良好的動態訊息，作為規劃工具是相當有利( Silva et al., 2008)。另外，以動態模型去思考規劃決策上之優點為相較於過去傳統自上而下( Top-down)

的決策方式，Zimmerer (1994) 表示以生態為首的發展應該要有更多自下而上 (Bottom-up) 的策略，而例如細胞自動理論即是從局部地方推演至整體，符合了自下而上的概念。近年來，愈來愈多學者以細胞自動理論為基礎，進行對於土地規劃方面之研究，包括探討細胞自動模型對於都會變遷過程之運用 (Santé et al., 2010; Silva, 2008; ; 林士弘, 2000; 杜甯睿等, 2001; 林峰田等, 2002, 2004; )、都會區發展的方案模擬等 (程春榮, 2006; 顏子揚, 2006; Barredo et al., 2003; Aguilera et al., 2011)、非都地區景觀變遷過程 (顏怡璇, 2003)、災害模擬應用 (陳建元等, 2005)。

而在景觀變遷以不同理論進行模擬演算與推估之做法上，各理論皆有其優缺點，例如馬可夫鍊模型對於土地變遷之使用已相當廣泛，但傳統的馬可夫鍊模型很難去預測土地利用改變的空間格局；而細胞自動理論是有助於空間計算的模型，有效且系統化的使用在模擬空間之變化，但細胞自動模型對於土地利用變遷需求上則有所缺失 (Sang et al., 2011)。然而，兩者缺點是能互補的，Li and Reynolds (1997) 提出馬可夫鍊細胞自動理論 (CA-Markov) 是有效的，兩者的結合可將優缺點互相彌補，且該結合提高模型解釋能力與準確度，可以更有效的模擬土地變遷之空間格局。近年來，以 CA-Markov 相關研究包括計算綠色基礎設施與開放空間保護議題 (Mitsova et al., 2011)、探討農村威脅之政策方向 (Kamusoko et al., 2009)，探討不同地區之地景變遷與景觀格局 (Sang et al., 2011; 湯潔、汪雪格等, 2010; 孫賢斌, 劉紅玉等, 2009; 程春榮, 2006)。而國內學者方面，張政亮 (2006) 運用馬可夫鍊與細胞自動機理論以九九峰地區為例，模擬植生復育之研究、顧嘉安 (2010) 在研究中即結合馬可夫鍊細胞自動機與空間多準則評估，進行極端洪水對都市土地利用型態之影響。相較而言，國內對於馬可夫鍊細胞自動理論模型之議題探討較少，例如模型設定中考量影響因子之數量、景觀分類之精緻度等還有待探討。

而在景觀規劃上，根據 Brown and Corry (2011) 提出目前景觀規劃策略上重要的兩點，第一，區分已知的事實以及資訊，對於未來的未知結果必須要謹慎，這是最基礎且有效的規劃與設計決策方式；第二，目前景觀學科缺乏了證據基礎 (evidence-based) 之規劃與設計方式，呼籲必須建立該方

式以彌補此缺失，方可在土地規劃上具有可靠性以及領導地位。在此部分，景觀生態學 (Landscape Ecology) 提供了有效的數據與證據基礎，景觀生態學該學術領域起緣於 1950 年，景觀生態學的焦點是在分析景觀結構與空間結構的探究，去了解與分析景觀中生態過程與景觀結構發生的改變以及衝擊 (Forman, 1995)。景觀生態學因具有空間維度方面的證實，並且可以以景觀指數的計算，得到量化之數據，提供給決策者充分的資訊，可達到空間規劃中理論與實踐的結合，充分利用於實際規劃上 (Aguilera et al., 2011)。Leitao 等 (2002) 也提出景觀指數在規劃與政策發展上的 5 項優勢之處，指出景觀指數是將景觀生態學運用於規劃上不可或缺的一環。過去國內外有許多學者以景觀指數之研究，其包括了綠網規劃策略擬定 (Cook, 2002；楊家良, 2009)、農村景觀結構探討 (Hietala-Koivu, 2002；Colsona, 2011)、政策與方案評估 (林亞昫, 2008；孟曉蘭, 2008；Zhang, 2006) 等。

因此，從上述可瞭解到電腦輔助規劃技術的重要性，以及景觀生態學對於將理論實踐於規劃的可行性。近年來，有國外學者將兩者結合進行研究，在西班牙 Granada 都會區，以細胞自動理論模型為基礎，模擬了三種方案，並以景觀指數去探討其方案優劣，提出當前開發與規劃等相關政策應往哪個方向執行 (Aguilera et al., 2011)，這樣的作法將動態模型的結果做了良好的評估，對未來土地規劃可提出更多客觀數據化，減少未來開發上對於環境之衝擊。

綜合上述，土地變遷動態模型能提供未來未知結果的預估，景觀指數能提供規劃上客觀的數據資料，兩者的結合能回應到 Brown and Corry (2011) 對於景觀規劃上所提出須彌補之兩點，有鑑於此，該結合對於未來景觀規劃電腦輔助技術上的運用有其重要性。另一方面，總結過去 CA-Markov 動態模型相關研究中，對於動態模型中景觀變遷影響因子的選擇與設定多是以參考過去研究以及依據研究目的而訂定，雖然模擬預測結果是理想的，但對於這樣的設定是否合適，或者能否讓模型有更佳的結果則較少被討論，而如能進一步了解動態模型的設定對結果的影響，能改善預測與評估方法的缺失 (張政亮, 2006)，更能幫助於未來進一步探討景觀變遷原因與結果，並且充分做為土地規劃與政策擬定之參考。

## 貳、研究目的

根據前述之研究動機，考量到生態為首的發展應該要有更多自下而上的策略，以及與 GIS 相結合部份，本研究以符合上述兩點之 CA-Markov 為動態模型結合景觀生態學理論，以南投縣埔里鎮實證基地進行分析探討，欲藉此一研究達到下列目的：

- 一、藉由 CA-Markov 動態模型結合景觀生態學理論建立其架構，將預測結果之客觀資料供實證基地參考。
- 二、以 CA-Markov 模型操作修改過程中了解實證地區景觀變遷之影響因子，並分析其相關影響的程度為何，評估其權重，進而分析其影響原因。
- 三、經由 CA-Markov 動態模型與景觀指數的應用，對實證基地埔里鎮景觀變遷進行分析探討。

## 第二節、 研究內容

根據前述之研究動機與目的，本研究將以四個部分進行後續之探討，藉以達到本研究所設定之目的。

### 壹、 文獻回顧

本研究以透過過去相關文獻的內容，探討都市發展相關理論、國內外對於景觀生態學中景觀指標與景觀變遷、以及動態模型等相關理論與相關研究，了解其研究貢獻與不足之處。其文獻回顧分為下列六大部分：

- 一、都市發展相關理論：景觀變遷為地表受自然影響或人為影響，而受到人類生產方式與經濟發展的影響，逐漸形成都市的發展（沈蔚軒，2011）。因此本研究回顧與了解都市發展空間形態、都市化、都市蔓延與都市擴張等，以輔助實證研究之結果之探討。
- 二、景觀生態學：景觀指標與景觀變遷之概念皆來自於景觀生態學，回顧景觀生態學理論原則與概念，以及過去相關應用，藉以了解景觀指標與景觀變遷在景觀生態學中扮演的角色與定位。

- 三、景觀指數：閱讀景觀指標概念與過去國內外相關研究，除回顧過去景觀指標相關應用之範圍之外，了解過去研究如何選定測量指標，藉以擬訂本研究未來指標選取之標準。
- 四、景觀變遷：閱讀目前國內外各景觀變遷相關理論與研究，了解過去研究上對於景觀變遷應用的掌握，以及參考過去景觀變遷應用中影響變遷因子的判定為何。另外閱讀過去景觀變遷相關之動態模型，評估與分析各類優缺點，以及操作概念。
- 五、馬可夫鍊細胞自動理論模型 (CA-Markov)：回顧細胞自動機理論 (Cellular Automata, CA)、馬可夫鍊 (Markov Chain)，與相結合之 CA-Markov 之原理，包含閱讀國內外相關研究，了解其操作過程的掌握，以及景觀變遷影響因子的判定，藉以做為本研究未來技術操作與圖資分類判定上之參考。
- 六、分析軟體與土地潛能評估：介紹 CA-Markov 分析常用軟體 IDRISI 地理資訊軟體。另外閱讀過去景觀變遷動態模擬過程中，土地潛能評估中相關方式與理論，包括多準則評估 (Multi-Criteria Evaluation, MCE)、模糊理論 (Fuzzy Theory)、以及因子權重判斷方式。

## 貳、 研究設計

透過文獻回顧與研究動機與目的，設計本研究架構、使用工具與材料、動態模擬設定、深度訪談以及景觀格局分析等，分為以下部分：

- 一、研究工具與材料：整體本研究所使用之分析軟體、工具、資料等，以及包括其軟體版本與資料格式。
- 二、影響因子與模型之建構：根據文獻回顧結果，歸納出過去研究中對於景觀變遷時土地影響因素，並使用於模型中找出其相關性，實際操作 CA-Markov 模型時將納入該內容與實證地區特性所選擇之景觀變遷影響因子，做為模型模擬之依據。
- 三、CA-Markov 動態模擬：以馬可夫鍊細胞自動機納入景觀變遷因子，以實證基地模擬未來可能形成之土地利用型態。

四、深度訪談：對埔里鎮當地民眾進行深度訪談，以輔助本研究對於動態模擬之結果解釋，以及了解埔里鎮景觀變遷土地影響因素之原因。

五、景觀格局分析：依據文獻回顧內容與研究動機與目的，選定本研究所使用之景觀指數，了解其計算方式以及其解釋之意義。

### 參、 實證研究

本研究將利用前述模型架構概念於實證基地上，首先列出過去研究景觀變遷影響因子，並且套用於基地上以探討其影響相關性，並擬定其權重，檢驗比較模型結果正確性，確定動態模型設定內容之後接著進行後續預測模擬，並以景觀指數分析探討，對基地提出改善策略以供參考。

### 肆、 結論與建議

本研究將根據實證模擬結果與發現進行說明，並且以未來土地利用模擬之結果給予相關規劃建議。另外針對後續研究可能之方向，供相關領域學術研究之參考。

## 第三節、 研究範圍

本研究將以 GIS 地理資訊系統、相關分析、動態模擬與景觀指數等對於地景變遷與規劃輔助技術上進行探討，下列將列出本研究範圍之界定，包括對象、空間向度與時間向度三方面。

### 一、研究對象

本研究將探討以景觀生態學概念基礎出發，故未來在土地利用分類、動態模型設定、指數選擇上將以景觀生態學觀點進行。另外景觀變遷與景觀指數等將在第二章文獻回顧介紹。

### 二、空間向度

本研究選擇以南投縣埔里鎮為實證基地(見圖 1-1)。其選擇主要考量是如從生態觀點而言，南投縣山岳綿亙、高峰聳立，其哺乳類物種佔全台灣之 70%，兩棲類佔 81%；以及台灣特有種佔有相當高比例，綜觀各因素南投可

說是台灣各縣市中相當獨特的生物優良棲地(內政部營建署,2002)。另外,埔里鎮為南投縣主要發展中心之一,故其景觀變遷有較多人為介入干擾,而存在人為活動、建物皆會干擾自然生態的發展,因此該地區的過去以及未來發展趨勢上對於人類文化與自然環境上的影響程度為何有其重要性。

### 三、時間向度

景觀變遷概念是以過去某一時間點至另一時間點之土地資料,分析其變遷過程,進而以過去轉移機率與演化規則來預測未來發展,故需要兩個時間點之土地資料。本研究考量土地資料之正確性與完整性,將採用內政部國土測繪中心於1995年與2006年之國土利用調查成果數值資料檔。

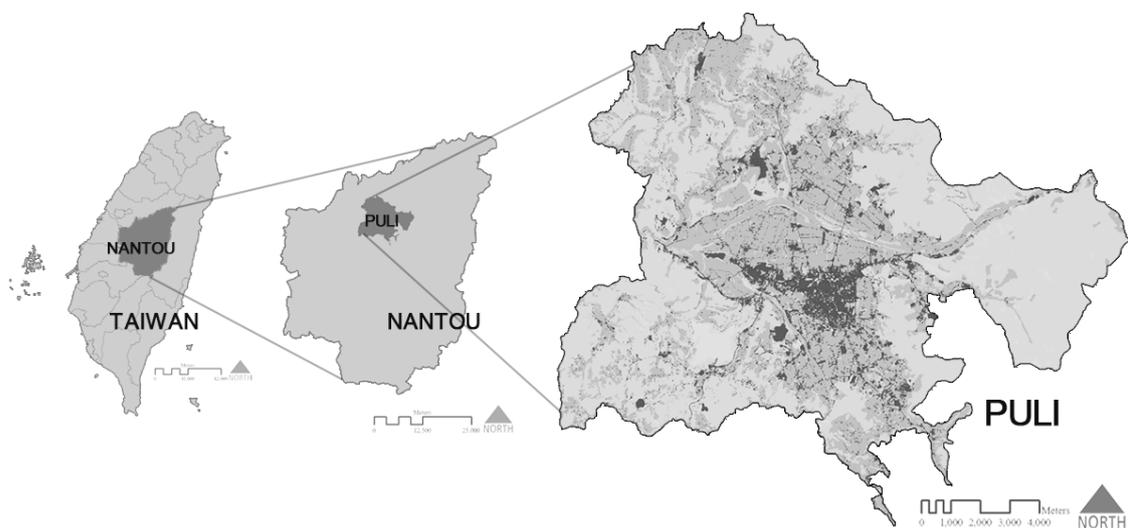


圖 1-1 研究範圍圖

#### 第四節、 研究流程

本研究流程如下圖 1-2。從過去學者所提之概念與文獻缺口，提出研究動機與目的，接著界定研究範圍與內容，文獻回顧部份閱讀過去景觀生態學概念與模型建構概念，接著考量本研究之目的，將研究設計之架構套用至實證基地中，以實證基地的操作上驗證本研究之動態模型，模型確認之後以深度訪談加強模型結果之解釋，再以景觀指數分析未來景觀變遷情況，最後提出結論與建議。

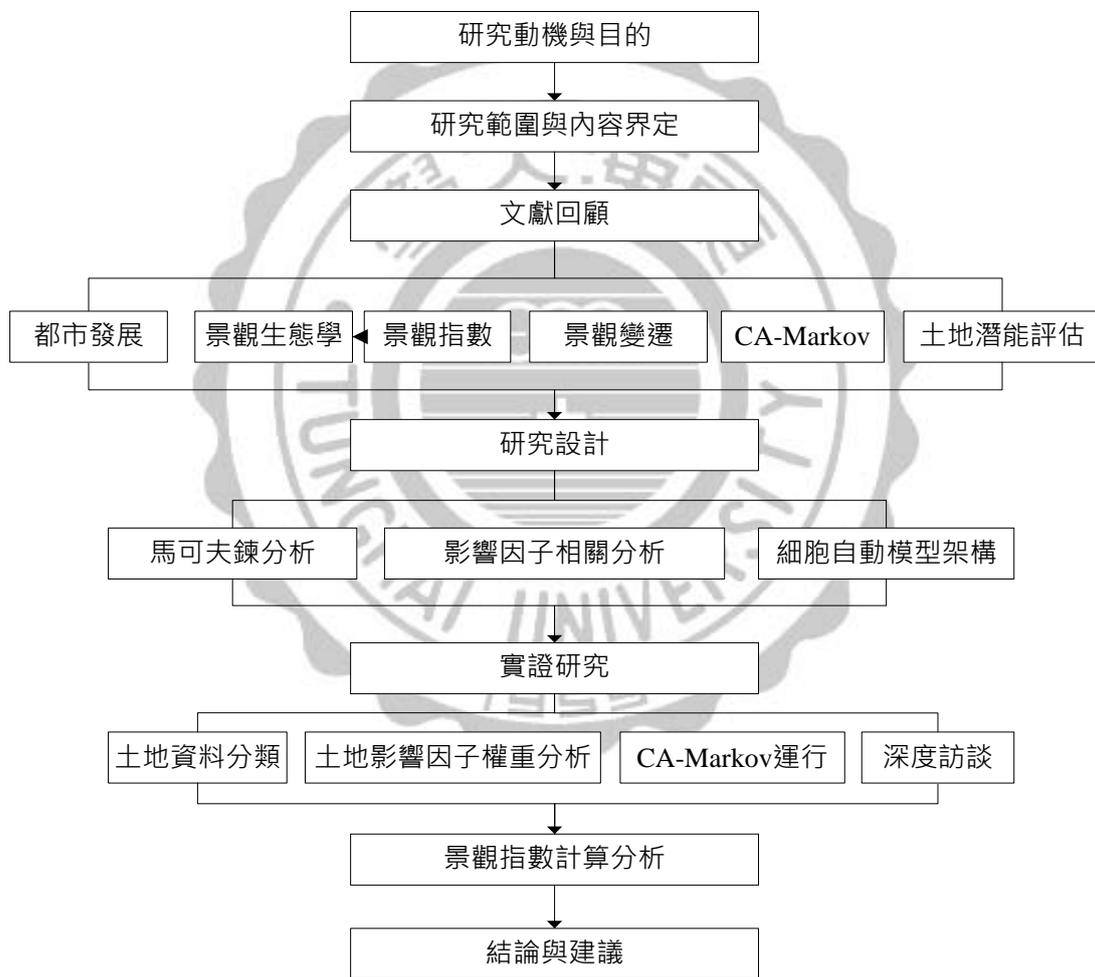


圖 1-2 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

### 第一節、 都市發展相關理論

在探討景觀變遷 (landscape change) 與景觀指數 (landscape metrics) 之前，本研究先回顧都市發展相關理論等，因為景觀變遷為地表受到各種干擾，包括生態系統與人類文明的發展所影響，亦即自然影響或人為影響，而受到人類生產方式與經濟發展的影響，逐漸形成都市的發展 (沈蔚軒，2011)。因此本研究在本節回顧與了解都市發展空間形態、都市化、都市蔓延與都市擴張等，對於後續實證研究之結果與分析可運用這些理論基礎，進而加以輔助並探討。

#### 壹、 都市發展空間形態

提到都市空間結構理論之研究甚多，而目前最基本且能反映都市實質上發展狀況者有下列三者，包括同心圓理論 (concentric-zone)、扇形理論 (sector) 以及多核心理論 (multiple-nuclei)。

同心圓理論是 E. Burgess 於 1925 年所提出。認為都市結構與成長是由於土地使用的競爭下，而導致都市會形成一同心圓之形式，由內圈往外圈擴張，因此都市成長是由一區域入侵另一區域的結果，而各個區域間的土地利用與社會特徵將彼此不同 (陳春至，2006)。同心圓理論認為都市空間結構分為五圈，最內圈圍中心區，包括商業、文化、政治的中心；往外第二圈為老舊或出租住宅、一些工廠與商店的過渡區，屬於老舊衰敗的地區；第三圈為藍領階級住宅區；第四圈為中產階層住宅區；最外圈為郊外住宅區或通勤區。一般來說，同心圓理論所認為土地離中心愈遠其價值愈低之概念相當正確，直到 20 世紀早期新的交通運輸方式的出現，同心圓理論才與實際都市發展狀況產生差異 (劉洪玉譯，2003)。

扇形理論是由 H. Hoyt 於 1938 年所提出，扇形理論表示都市仍是以一個中心為主，但由於地形以及實際狀況中存在不同的路徑，都市發展由都市中心向外遷移時，是根據著最短路徑與最低成本所形成，故相同的土地利用狀況會延著道路向外擴張，進而形成扇形區域。而通常相同階層的會集合在

相同區域內，並且空間形態是隨著都市發展而有所改變與成長。而扇形理論的產生是由 H. Hoyt 綜合分析了 64 個都市客觀狀況後所提出，他提供了一種比同心圓理論更好的空間形態模式，但它依然僅是一種較理想的模式。

之後在 1945 年 C. D. Haris 與 L. Ullman 提出了多核心理論，該理論認為一個都市的發展過程往往會形成多個商業、產業以及住宅區的次中心，即產生不同特定地區的核心。多核心理論與同心圓理論和扇形理論不同的是它不認為都市發展是從單一的中心向外發展，而是由多個小型商業區域中心而成，因此都市發展空間型態並沒有一定的模式。

總結而言，三個理論的不同可使我們了解到不同的影響因素將導致不同的空間型態的轉變，而空間型態的轉變在影響到人們居住時的位置與區域的選擇。這三個理論在都市地理學中有著重要的地位，但目前並不能提出某都市完全符合任何一理論模式的發展，因為考慮都市整體發展時，影響整體空間結構的因素眾多且複雜，例如一般所提到的自然環境條件、區域條件、都市功能分配、交通運輸與路網結構、都市規劃整體構想等（譚縱波，2005）。

## 貳、 都市發展造成之影響

都市的成長與發展會產生所謂的都市化(urbanization)、都市擴張(urban expansion)與都市蔓延(urban sprawl)之過程(賴政錡，2007)，都市化是人口的聚集所發生之情況；都市擴張是由於人口的增加，導致都市邊緣會逐漸往外擴展的過程；而都市蔓延表示著市中心衰退，郊區人口成長大於市中心人口成長速度的現象，在過去理論上而言，都市蔓延的蔓延(sprawl)，此一名詞多用於負面性的都市擴張的發展狀況(劉小蘭等，2010)，因此本文下列將介紹關於都市蔓延的討論與其造成之影響。

### 一、都市蔓延定義與影響

關於都市蔓延的定義，B. Robert (1998) 蔓延總結為八個方面分別為低密度的開發；空間分離、單一功能的土地利用；「蛙跳式」(leap-frogging) 擴展型態；帶狀商業開發；依賴小汽車交通的土地開發；都市中心衰弱，往郊區開發；工作地點分散；農業用地和開放空間消失。而後來的研究中，又

將蔓延的定義縮小為三個主要的特徵：無限制往都市週遭未開發用地擴張；低密度的開發；以及蛙跳式擴展型態。

由上述的定義而言可從經濟效率與永續發展層面來探討。經濟效率層面上因為蛙跳是不連續的擴展型態會造成運輸成本的增加，另外低密度發展會造成公共設施成本提高，但此方面有學者持反面意見，認為都市蔓延為於未來的發展還有不確定和不完整的認知，長期而言可能產生更有經濟效率的都市型式；但在永續發展層面上而言，都市蔓延則是被認為對環境上有許多負面之影響（劉小蘭等，2010）。在生態與環境上而言，其影響包括了綠地減少、空氣與水汙染、能源消耗、動植物減少（Robinson et al., 2005）、農地轉變等。

## 二、都市蔓延的成因

都市蔓延所形成的原因各學者有不同的看法。例如由於交通運輸的方式改變，導致運輸成本降低，因此人們就會願意移動到郊區居住，Glaeser（2004）即表示都市蔓延的主要成因是來自於運輸成本的降低。另外，Peiser（1989）則指出土地所有權人的投機心態使得蔓延的情況發生。而國內都市蔓延研究當中，高佩菁（2002）表示台灣都會區都市蔓延的因素包括政策面、都市發展與交通運輸方面，並且人口遷移的方式與美國地區並不相同，台灣都市地區對鄉村仍具有吸引力，人口會從鄉村遷移至都市，而美國則否。林承緯（2005）則以台灣四大都會區為例，對台灣都市蔓延型態與國外比較，相較而得的結論表示台灣地區都市蔓延狀況是沿著省道與縣道來進行，與國外沿著高速公路蛙跳式發展有所不同。劉小蘭等（2010）則指出交流道數量、所得提升、三級就業人口比例與都市蔓延之間存在正向關係。

## 三、面對都市蔓延之策略

對於面對都市蔓延雖仍存在許多不確定性，但以永續發展層面而言，應必須有其策略去減緩該衝擊。劉小蘭等（2010）依照研究結果指出，可從大眾運輸導向策略實施，以及住宅政策調整兩方面來解決。劉紅（2011）則提出透過土地制度創新，確保農地保護目標的實現，喝止都市逐漸蔓延。另外，目前亦有許多大都市以設置綠帶的方式限制都市蔓延，雖然仍有保育專家、

開發者對綠帶設置有不同見解，但在過去四十年間，綠帶在限制都市蔓延方面可說非常成功（韓乾譯，2004）。

## 第二節、 景觀生態學

本研究內容主要在於探討景觀變遷與景觀指數，其兩者之概念來自於景觀生態學（Landscape Ecology）當中，故在此節介紹景觀生態學之理論，了解其重要性，接著介紹景觀變遷與景觀指數之理論與其相關研究。

### 壹、 景觀生態學發展與概念

景觀生態學一詞是由德國植物學家 C. Troll（1939）所提出。景觀生態學是由景觀學發展與結合至生態學領域，涵括了地理學和生態學的交叉科學，儘管目前對於景觀生態學還無統一的定義，但以多數認為，這門學科是以生態學為基礎概念、理論與方式綜合研究地表景觀（肖篤寧，1999）。

景觀生態學目前已在學科上鞏固其重要地位，它給規劃師幾項重要的觀念與原則，第一項重要的觀念是可以空間面向的思考生態過程（ecological process）；另外，景觀生態學也使規劃者與科學家了解土地空間配置的理論與實證（Forman, 1995），因此，規劃者可對於方案的生態效應進行評估。

景觀生態學基本概念上，主要焦點有三個特徵，包括了景觀結構（landscape structure）、景觀功能（landscape function）以及景觀變遷，下列將簡述三者之定義。

- 一、景觀結構：景觀生態學中，地表為多種要素組合而成的鑲嵌體（mosaics，或稱嵌合體），其中組成要素包括了嵌塊體（patch，或稱塊區）、廊道（corridors）以及基質（matrix，或稱襯質、基底等），景觀結構即指景觀要素的組成、大小、類型、格局、形狀、分佈與數量等空間相互關係。
- 二、景觀功能：係指景觀內生態系統間從在之能流、物流或物種流，而景觀功能的傳輸是有助於生態系統間的平衡與進化；另一方面係指景觀對於人類之生產能力，包括了物質上與精神上。
- 三、景觀變遷：係指景觀結構與功能隨著時間發生變化。（趙羿等，2003）

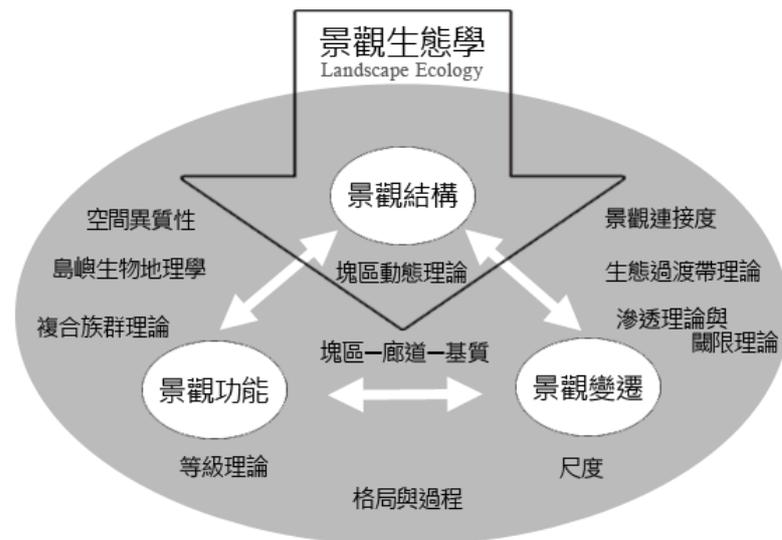


圖 2-1 景觀結構、功能與變遷相互關係及景觀生態學涵蓋基本概念(轉繪自鄔建國,2000)

## 貳、 景觀生態學應用

如上列所述，景觀生態學主要焦點為景觀結構、景觀功能與景觀變遷，對於規劃者與設計者而言，最終目標即是創造景觀元素功能之景觀組織(肖篤寧，1999)，而將景觀生態學帶入研究與應用時，亦是圍繞於上述三者為討論。

首先為景觀結構與景觀功能，景觀結構是景觀要素之組成，可能為農地、林地或者道路等，視研究者對於研究區域與目的而判斷，在考量景觀結構時，一方面為考量其組成 (composition)，例如農地數量、範圍等，另一方面為考量面向為形態 (configuration)，例如農地的排列、位置、方向等，或者農地至另一農地的距離等。景觀功能實質上舉例可像是河流可以傳送營養物，動物在一景觀中移動等。而這兩者有著密切之關係，當結構改變時，功能亦會隨之改變(吳振發等，2011)，例如當一森林地被改變時，其中內部的動物移動也將改變，或者土壤微粒介質等亦也可能改變。由此可知，當這兩者之間關係建立時，其景觀指數即可作為規劃上有用之工具，因此，景觀指數亦成為景觀生態學中研究與應用重要之概念。

景觀結構與功能能以景觀指數來評估，接著亦有重要的一環即為景觀變遷，如上述所言，景觀結構與功能會隨著時間發生改變，這改變是各種干擾

以及生態系統與人類文明的演化與成長的累積影響（吳振發等，2011）。去了解景觀變遷的重要在於設計者或規劃者如能掌握景觀變遷，對其有建立基本的了解，可幫助了解各方案未來產生的結果，進而進行評估，避免對於景觀結構與功能受到破壞，亦即避免土地受到衝擊。因此，土地變遷亦為景觀生態學研究與應用時常被討論之議題。

從上述總結，可了解到景觀結構、景觀功能與景觀變遷是息息相關，如以景觀生態學的角度進而思考土地規劃與配置時，應不能忽略其中一環，因此，本文下列將進一步了解景觀指數以及景觀變遷之相關理論與相關研究。

### 第三節、 景觀指數

景觀是由嵌塊體、廊道、基質等要素所組成之異質性區域，對於景觀結構數量化評估，了解景觀結構與能流和物流的關係，成為重要的議題（趙羿等，2003）。而景觀指數（landscape metrics）即提供了可用於量測個別的嵌塊體、某種類別的嵌塊體、或整個鑲嵌體（mosaics）的空間結構。本節將回顧景觀指數概念，包括其基本面向與層級分類，接著探討過去景觀指數之應用與相關研究。

#### 壹、 景觀指數概念

##### 一、景觀結構兩種基本面向

景觀指數的主要價值在於可使用於不同的景觀配置，例如比較不同的景觀，或者同一景觀但不同時間點的變化，或是比較同一方的有不同的策略或替選方案（吳振發等，2011）。景觀指數量測景觀結構具有兩種基本面向：景觀組成（landscape composition）與景觀配置（landscape configuration）。

景觀組成係指嵌塊體類型的多樣性和豐富度，而不考慮其空間特性或佈局，例如嵌塊體豐富度（patch richness），Shannon's 與 Simpson's 多樣性指數（Shannon's and Simpson's diversity indices）。而景觀配置則係指景觀元素的空間特性與佈局，例如位置、距離或方向，像是最近鄰近距離（nearest neighbor distance）。景觀組成與景觀配置兩者是以個別的方式，亦或者是以組合與相互作用的方式影響生態過程。

## 二、景觀層級

景觀可依造目標分為四種層級，而景觀指數亦對照四種層級來發展(見圖 2-2)，分別為網格層級 (cell level)、嵌塊體層級 (patch level)、類別層級 (class level) 與景觀層級 (landscape level)。而網格層級之景觀指數尚未發展成熟 (吳振發等，2011)，本文下列將介紹後三者：

- (一) 嵌塊體層級 (Patch level)：嵌塊體指的是一塊均質類型且與周圍地區不同的區域。嵌塊體層級指數量化個別嵌塊體之特徵，例如面積、形狀或者最近距離等。嵌塊體層級較少直接被應用，而是較常被做為類別層級或景觀層級指數之基礎，但在某些狀況下亦有可能會以嵌塊體層級最為考量，例如為了生態棲息地保育而言，即可能需要了解景觀中最該優先保育的嵌塊體為何。
- (二) 類別層級 (Class level)：類別指的為嵌塊體的總合，即不論屬於哪一塊嵌塊體，所有同一類型之嵌塊體的計算總合，例如總面積、平均千塊體面積大小、聚集程度等。因類別層級可計算出某一類型嵌塊體的空間配置，故廣義上來說可被解讀為破碎化的指標，也因此類別層級是較多規劃者去注意與計算的重點，例如去了解森林區域的平均面積大小、森林總面積與其他土地總面積的相比等。
- (三) 景觀層級 (Landscape level)：景觀層級係指目的區域內所有嵌塊體之總和。景觀層級將是整個鑲嵌體的特徵加以量化，例如平均嵌塊體大小與叢聚程度，而因為景觀層級是將整個鑲嵌體的組成與配置加以量化，因此是不去區分各別的嵌塊體或是嵌塊體類型，故景觀層級指數廣義上的解釋為景觀異質性 (landscape heterogeneity) 指標。

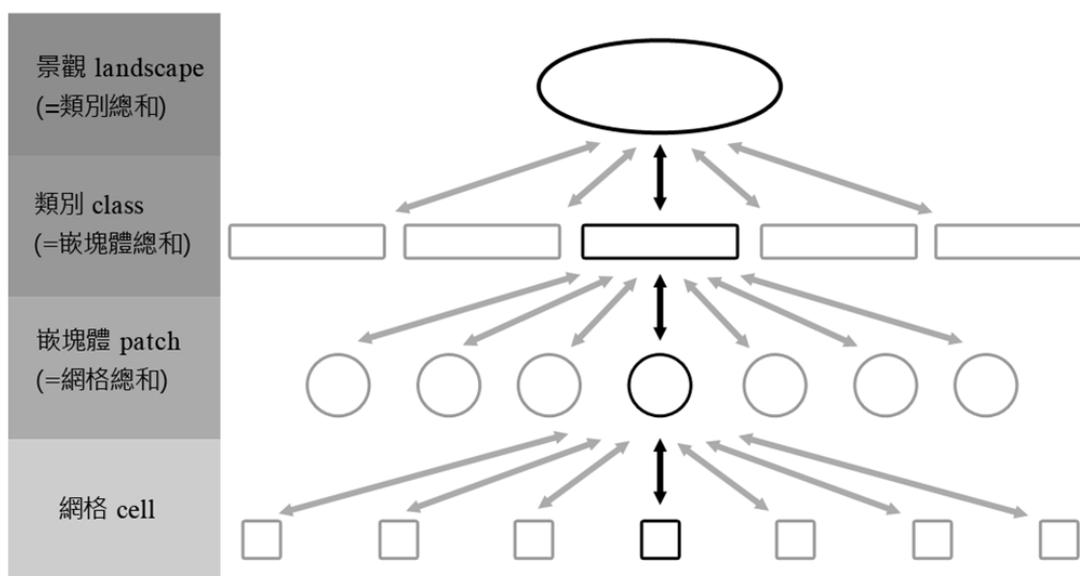


圖 2-2 景觀指數層級概念圖 (轉繪自吳振發等, 2011)

## 貳、 景觀指數應用

### 一、 景觀指數應用方法與要點

近十幾年來電腦計算、系統分析等技術大幅進步，而景觀指數方面，美國應用農業部 (USDA) 所研發之軟體 FRAGSTATS (McGarigal and Marks, 1995) 提供了景觀指數計算功能。並且 FRAGSTATS 可免費取得，以及資料格式與常用之地理資訊系統 (例如：ArcGIS) 等相容，相當便於使用於規劃當中，目前已被廣泛使用於各景觀生態相關研究當中。而在過去文獻與研究當中 (Botequilha Leitao et al., 2002; Cushman et al., 2008; 林孟龍等, 2008; 吳振發等, 2011)，皆提出景觀指數應用上仍有需注意之要點，本文整理出下列兩點，包括景觀指數選擇、地圖處理方法。

#### (一) 景觀指數選擇

依造層級歸類與所表達之意義之不同，景觀指數發展至今已有相當多類型，依照 FRAGSTATS 套裝軟體內，即列出了 59 項景觀指數 (表 2-1) (McGarigal and Marks, 1995)。因此在一套規劃過程中，規劃者並不會使用到全部的景觀指數。首先，每個景觀指數有其歸類層級的位置，例如最近鄰近距離 (Nearest-neighbor distance, NEAR) 只適用於嵌塊體

層級，而有些指數則是適用於兩種不同層級上，例如嵌塊體數量（Number of patches, NP）則適用於景觀層級與類別層級上，但如上文所述，在兩種不同層級上所解釋的意義將有所不同，因此規劃者與研究者必須了解不同層級上之意義。

另外，有許多景觀指數是從基本指數演算出來，故有些指數在同一套規劃或研究當中出現即會是重複多餘的。過去也有不同文獻提出簡化後或者重點景觀指標，Cushman, McGarigal, and Neel (2008) 即利用統計概念中主成分分析法 (principal components analysis, PCA) 將景觀層級與類別層級之景觀指數加以分析簡化(見附錄一)，而吳振發等(2011)則依據文獻分析與專家討論後，提出 10 項核心景觀指數。雖然如此，目前景觀指數的選擇仍無一套定論，Cushman 等 (2008) 也表示不同的統計方式可能有不同之結果，吳振發等 (2011) 則表示無益宣稱該 10 項指數為最佳指數。因此，規劃者與研究者在選擇景觀指數時，必須充分了解景觀指數計算背後所代表之意義與內容。

表 2-1 FRAGSTATS 軟體分析指標項目與文獻提出核心指標整理表

層級	縮寫	指數(單位)
<b>面積指數</b>		
嵌塊體(Patch)	AREA	面積(公頃)
嵌塊體(Patch)	LSIM	景觀相似指數(%)
類別 (Class)	CA	類別面積(公頃)
類別 (Class)	%LAND	景觀百分比(%)
類別/景觀(Class/landscape)	TA	景觀總面積(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	LPI	最大嵌塊體指數(%)
<b>嵌塊體密度，嵌塊體大小與變異指數</b>		
類別/景觀(Class/landscape)	NP	嵌塊體數目(#)
類別/景觀(Class/landscape)	PD	嵌塊體密度(#/100 公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	MPS	平均塊區大小(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	PSSD	嵌塊體大小標準差(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	PSCV	嵌塊體大小變異係數(%)

續上表 2-1 FRAGSTATS 軟體分析指標項目與文獻提出核心指標整理表

層級	縮寫	指數(單位)
<b>邊緣指數</b>		
嵌塊體(Patch)	PERIM	周長(公尺)
嵌塊體(Patch)	EDCON	邊緣對比指數(%)
類別/景觀(Class/landscape)	TE	總邊緣(公尺)
類別/景觀(Class/landscape)	ED	邊緣密度(公尺/公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	CWED	對比加權邊緣密度(公尺/公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	TECI	總邊緣對比指數(%)
類別/景觀(Class/landscape)	MECI	平均邊緣對比指數(%)
類別/景觀(Class/landscape)	AWMECI	面積加權平均邊緣對比指數(%)
<b>形狀指數</b>		
嵌塊體(Patch)	SHAPE	形狀指數
嵌塊體(Patch)	FRACT	分維數
類別/景觀(Class/landscape)	LSI	景觀形狀指數
類別/景觀(Class/landscape)	MSI	平均形狀指數
類別/景觀(Class/landscape)	AWMSI	面積加權平均形狀指數
類別/景觀(Class/landscape)	DLFD	雙對數分維數
類別/景觀(Class/landscape)	MPFD	平均嵌塊體分維數
類別/景觀(Class/landscape)	AWMPFD	面積加權平均嵌塊體分維數
<b>核心面積指數</b>		
嵌塊體(Patch)	CORE	核心面積(公頃)
嵌塊體(Patch)	NCORE	核心面積數
嵌塊體(Patch)	CAI	核心面積指數(%)
類別 (Class)	C%LAND	景觀中核心面積百分比(%)
類別/景觀(Class/landscape)	TCA	總核心面積(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	NCA	核心面積數(#)
類別/景觀(Class/landscape)	CAD	核心面積密度(#/100 公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	MCA1	嵌塊體平均核心面積比例(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	CASD1	嵌塊體核心面積標準差(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	CACV1	嵌塊體核心面積變異數(%)
類別/景觀(Class/landscape)	MCA2	平均獨立核心面積嵌塊體面基(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	CASD2	平均獨立核心面積嵌塊體標準差(公頃)
類別/景觀(Class/landscape)	CACV2	平均獨立核心面積變異數(%)

續上表 2-1 FRAGSTATS 軟體分析指標項目與文獻提出核心指標整理表

層級	縮寫	指數(單位)
續上表 核心面積指數		
類別/景觀(Class/landscape)	TCAI	總核心面積指數(%)
類別/景觀(Class/landscape)	MCAI	平均核心面積指數(%)
鄰近指數		
嵌塊體(Patch)	NEAR	鄰近最近距離(公尺)
嵌塊體(Patch)	PROXIM	鄰近度指數
類別/景觀(Class/landscape)	MNN	平均鄰近最近距離(公尺)
類別/景觀(Class/landscape)	NNSD	鄰近最近距離標準差(公尺)
類別/景觀(Class/landscape)	NNCV	鄰近最近距離變異數(%)
類別/景觀(Class/landscape)	MPI	平均鄰近度指數
多樣性指數		
景觀(Landscape)	SHDI	Shannon's 多樣性指數
景觀(Landscape)	SIDI	Simpson's 多樣性指數
景觀(Landscape)	MSIDI	修正 Simpson's 多樣性指數
景觀(Landscape)	PR	嵌塊體豐富度(#)
景觀(Landscape)	PRD	嵌塊體豐富度密度(#/100)
景觀(Landscape)	RPR	相關嵌塊體豐富度(%)
景觀(Landscape)	SHEI	Shannon's 均勻度指數
景觀(Landscape)	SIEI	Simpson's 均勻度指數
景觀(Landscape)	MSIEI	修正 Simpson's 均勻度指數
聚散性指數		
類別/景觀(Class/landscape)	IJI	散佈與並列指數(%)
景觀(Landscape)	CONTAG	叢聚指數(%)

注：網底項目為吳振發等（2011）所提出建議之核心景觀指數

表格來源：FRAGSTATS 使用手冊，本研究整理

## （二）地圖處理方法

地圖處理方法上，需注意資料分類選擇與資料尺度選擇。在使用景觀指數上，必須以景觀是由景觀嵌塊體組合而成的嵌合體的概念進行，這樣的觀念下嵌塊體的分類與判斷即是影響景觀結構分析上重要的因素，因此地圖上分類方法將直接影響地圖的準確性（McGarigal et al.,

2002)。例如是要將森林土地分為同一類型，或者要是以針葉林、闊葉林來區分，如果是分為兩類，那麼其他類型的土地分類的基準該如何去配合，這將會影響研究與規劃的結果，研究者與規劃者必須謹慎思考。

另外地圖資料處理上尚有一個重點為分析尺度的選擇，尺度選擇則視規劃與研究目標而訂定，舉例而言，如研究目的為某動物棲地環境，如選用過大尺度進行分析，棲地破壞的問題可能因此被縮減或忽略。因此必須謹慎清楚的界定其尺度。

## 二、景觀指數相關研究

景觀指數以廣泛被研究使用，下列本文回顧國內外景觀指數相關研究，並整理其選擇之景觀指數與土地分類。

### (一) 中文景觀指數相關研究

近年來國內以有不少以景觀指數為基礎之研究，鄭祈全(1999)應用地理資訊系統與景觀指數對六龜生態經營區進行分析探討，結果表示此一方法是可行有效，並可作為未來景觀規劃與監測之參考；林裕彬(2004)分析汐止地區土地利用現況，結果表示景觀生態指數是分析土地利用時間與空間特徵變化有效的工具；蔡為民等(2004)，林亞昀(2008)應用景觀生態學原理探討農村用地之變化，在此顯示了景觀指數可運用於不同土地利用上；林瑞陽等(2006)利用空間技術與景觀生態指數分析墾丁國家公園覆蓋變遷影響，提出墾丁國家公園這幾年來景觀結構的改變，結果表示雖然墾丁國家公園林地嵌塊體面積愈大愈完整，但實地探勘結果仍發現有多處管理工作上不足，進而提出地區未來改善與必須監督之處；陳敏華(2007)則使用優化理論配合景觀指數，應用於五堵集水區內，並提出具景觀生態意義的土地利用規劃，並表示景觀指數應用上如可多目標，可更能優化多種景觀設計；孟曉蘭(2008)以景觀指數分析地景結構，探討道路建設前後變遷趨勢，提出兼顧環境生態與道路系統之對策；林信輝(2008)以九份二山崩塌地做為地景變遷樣區，應用GIS、景觀指數結合馬可夫鍊模型等分析進行探討；楊家良(2009)以景觀指數分析方法，比較生態廊道配置方案的選定，提出河川廊道的

設置與道路緩衝帶，以及河川廊道連結這兩種方式最能提高整體連接度；孫賢斌等（2009）利用 CA-Markov 模型方法，研究擾力河流域不同時段土地利用對濕地景觀格局干擾強度之差異性；之後並計算景觀指數比較方案之差異；李瑞陽（2009）則是運用景觀指數分析清境地區，結果顯示景觀結構穩定，但人為介入的情形還是存在，在此可了解；莊維吉（2011）運用景觀指數分析空間構成，探討尋找具有里山地景之區域，結果表示在台北地區有三個地方具有里山潛式地區，但景觀指數做為探討之後，未來應配合社會經濟、自然生態等資料等繼續發展。

如上節所提，景觀指數應用時應注意土地類別分類與景觀指數之選用，故在此本文將國內景觀指數相關研究土地類別分類與景觀指數選用整理於下表 2-2，做為研究參考。土地類別分類方面，國內多數是以國土利用分類項目分為林地、農牧用地、建成地、水體與其他用地等，而依研究內容不同將有不同之分類，例如林裕彬（2004）將植生地分為高密度與低密度；而林亞昀（2008）是以農村景觀為主要研究目的，因此有農田與蔗田之分類；莊維吉（2011）研究則將土地分類更為多項，包括稻作、旱作、果樹、廢耕地、天然混合林、人工混合林、純住宅、蓄水池與草地等。指數選用方面，吳振發等（2011）所提出 10 項核心指標多數皆會被研究使用，嵌塊體數量（number of patches, NP）、平均嵌塊體大小（mean patch size, MPS）、嵌塊體密度（patch density, PD）、總邊緣指數（total edge, TE）、邊緣密度（edge density, ED）以及平均形狀指數（mean shape index, MSI）等則多數皆會使用，土地類別分類與景觀指數選用整理於表 2-2。

## （二） 國外景觀指數相關研究

國外景觀指數相關研究部分，Botequilha Leitao 等（2002）回顧景觀生態學與景觀指數運用於永續規劃當中，在結果部分表示景觀生態學概念可落實於永續規劃中，並提出 5 項景觀指數運用於規劃中之優勢，1.在各規劃階段皆可使用，包括監測井觀、規劃方案的選擇等，2.規劃過程中焦點於核心指數當中，3.以景觀指數為主產生另外方案，4.指標可以獨立使用或者綜合考量，以及 5.可有量化數據的考量。

Cook (2002) 以景觀指數概念探討美國鳳凰城建立生態網絡帶來之成果為何，結果表示生態網絡的建立將對鳳凰城帶來溫和且重要的生態系統的改善；Hietala-Koivu (2002) 以景觀指數分析現代化農業對於農業景觀結構之改變，指出考慮農業經濟與景觀多樣化的重要性；Zhang (2006) 以景觀指數運用於廈門生態網絡規劃效果，結果指出景觀指數與生態網絡概念雖是源自於西方，但也可以是有益於中國地區景觀規劃；Wei Ji 等 (2006) 利用遙測與景觀指數分析都市地區，結果表示土地管理重要趨動因素為土地消費指數，在此可見景觀指數可與其他分析計算相互輔助配合，並對不同之土地管理提出建議，相同的 Kong (2007) 以 GIS 和景觀指數來確定都市特徵價格模型之變量，亦將特徵價格模型與景觀指數分析配合使用；Cushman (2008) 將景觀指數中景觀層級的 54 個指數與類別層級的 49 個指數，以主成分分析，分析後景觀層級列出 17 個指數，類別層級列出 24 個指數 (見附錄一)，在此研究強調的為景觀指數的強度、一致性與普遍性，在此可作為未來景觀指數選用之參考；Sundell-Turner (2008) 以景觀指數的概念探討規劃過程中快速且符合效益的方式；Colsona (2011) 探討以景觀指標能否指出農業政策不同之影響，結果表示景觀指標是可行的；Frank (2011) 以生態功能的觀念去探討對景觀結構的了解如何有效的提供生態系統服務的改善，結果表示規劃結果如沒有以景觀指數探討，有些區域的潛力會被高估或者忽略。景觀指數相關研究所選擇之土地類別分類與景觀指數選用，國內外景觀指數研究整理於下表 2-2。

表 2-2 國內外景觀指數相關研究整理表

作者	年份	土地類別分類	景觀指數選用
01 鄭祈全	1999	道路、森林	PN, PR, SHDI, SIDI, MSIDI, SHEI, SIEI, MSIEI, IJI
02 林裕彬	2004	高密度植生地、低密度植生地、建成地、高速公路、鐵路、一般道路、水體、雲層	NP, MPS, PSCV, PSSD, TE, ED, MSI, AWMSI, MNN, MPI, IJI
03 蔡為民等	2004	農村居民用地	NP, MPS, PSSD, LPI, CA, PLAND, MNN, MPI, MSI, AWMPFD, PD

續上表 2-2 國內外景觀指數相關研究整理表

作者	年份	土地類別分類	景觀指數選用
04 李瑞陽等	2006	林地、農牧用地、建成地、水體	NP, MPS, MSI, PSSD, LPI, PD
05 陳敏華	2007	農地、林地、建地、草地、水體	NP, MPS, TE, MSI, AWMSI, MPF, AWMPF, MNN
06 林亞昀	2008	農田、建築、河流、道路、蔗田、魚塭	TA, NP, PD, TE, ED, LSI, AREA_MN, FRAC_MN, ENN_MN
07 孟曉蘭	2008	農業用地、交通用地、水利用地、建築用地	PD, MPS, LSI, SHDI
08 林信輝	2008	建地及其他、農地、林地、草地、崩塌地、道路、水體	NP, PD, MPS, LPI, PSSD, PSCV, MSI, AWMSI, AWMPFD, DLFD
09 楊家良	2009	林地、路徑、建地、草生地、河流、其他用地	CA, NP, PD, TE, ED, LSI, CONNECT, PAFRAC
10 唐克敏	2009	建成地、水體、農地、森林地、裸露地	CA, ED, LPI, NP, PD, IJI, LSI, SHDI
11 孫賢斌等	2009	沼澤、草生地、灌木、林地、耕地、水域、居民地	流域濕地景觀：NP, LPI, AREA_MN, PA_FRAC, IJI, AI 整體景觀尺度：NP, LPI, PA_FRAC, SHAPE_AW, CONTAG, AI, IJI, SHDI, SHEI
12 李瑞陽	2009	林地、草地、人為開發區域、裸露地與崩塌地、水體	NP, CA, PD, MPS, LPI, MSI, MPFD, SHDI, SIDI, MSIDI, SHEI, SIEI, MSIEI
13 莊維吉	2011	稻作、旱作、果樹、廢耕地、天然混合林、人工混合林、純住宅、蓄水池、草地	NP, TLA, MPS, TE, ED, MSI, MPFD
14 Reija Hietala-Koivu	2002	荒地、緩衝帶、森林、河流、糧倉與週遭、房子與花園、成群的樹林與灌木、石塊、溝渠與邊緣、道路	SHEI, PD, ED, LAND
15 Liquan Zhang	2006	自然生態廊道、人文生態廊道、開墾地與水產養殖地、農業、工業土地、都市用地、水體	LSI, ENN, SHDI, SHEI, CONNECT
16 Wei Ji et al.	2006	非林地植栽、森林地、建成地、水體	PD, LPI, AI

續上表 2-2 國內外景觀指數相關研究整理表

作者	年份	土地類別分類	景觀指數選用
17 John N. DiBari	2007	都市、樹、灌木、沙漠、裸露地	LPI, FRAC, ENN, IJI
18 Fanhua Kong et al.	2007	樣本區域、建成地邊界、道路網絡、廣場、公園、風景林地	PLGR, PRGR, NPGR, AIFR, PRLA, NPLA
19 Filip Colsona et al.	2011	農地、牧場	DEN, MPS, LPI, MED, TWI, CPA, FDI, FRG
20 Susanne Frank et al.	2011	間斷的都市結構、工業或商業單位、機場、未開發土地、牧場、農業或者自然植栽、橡樹混合林、水體	CAI, MI, SHDI, SHAPE

表格來源：本研究整理

### (三) 小結

綜合上述相關研究，顯示了景觀指數可運用在不同土地類型與區域的分析，並承如 Botequilha Leitao 等（2002）所言，景觀指數可運用於規劃過程中不同之步驟，從了解與評估景觀結構（林裕彬，2004；李瑞陽，2006，2009；Hietala-Koivu, 2002；DiBari, 2007；）、提出以景觀指數觀點較佳之方案與不同之空間配置（陳敏華，2007；林亞昀，2008；孟曉蘭，2008；楊家良，2009；莊維吉，2011；Cook, 2002），以及評估方案與政策上（Hietala-Koivu, 2002；Zhang, 2006；Colsona et al., 2011）。而在土地利用類別分類與景觀指數選用部分，因視各研究目的不同而有所不同，但可依過去研究去了解其選用邏輯與目的，做為未來本研究參考方向。

## 第四節、 景觀變遷

景觀變遷 (landscape change) 主要探討目的是地景隨著時間而改變，其改變之因素包括了外界干擾或自然演替，而景觀結構變化與其功能變化有密切相關 (張啟德, 1994)。過去景觀變遷在不同領域皆有相關研究，以及為了可模擬與分析土地變遷而有不同的動態模型，在本節將回顧景觀變遷概念與土地變遷模型 (land use change model)。

### 壹、 景觀變遷概念探討

景觀變遷議題在近年來受到重視，但在詮釋上有不同說法，首先為 Landscape change，多譯為「地景變遷」或「景觀變遷」，如鄭祈全 (1999)。亦或是 Landscape pattern change，多譯為「景觀格局變遷」，如黃慈愛 (2006)。其兩者概念即是景觀生態學所談論景觀結構改變。

另外 Land use/ land cover change (LUCC)，譯為「土地利用變遷」或「土地覆蓋變遷」。在 1995 年國際地圈生物圈計畫 (International Geosphere Biosphere Programme, IGBP) 以及全球環境變遷人文面向計畫 (Human Dimension of Global Environmental Change Programme, HDP) 提出 LUCC 計劃，繼而正式展開 LUCC 相關研究，國際地理學會 (International Geographical Union, IGU) 亦在 1997 年成立土地利用變遷研究群 (IGU-LUCC study group) (蔡博文, 2005)。在字面上看來雖與景觀變遷、景觀格局變遷不同，但 LUCC 主要目標為探討土地覆蓋、土地利用變遷與其人文與自然之驅動力三者之間相互影響關係。因此，Landscape change、Landscape pattern change、Land use/ land cover change 雖字面上解釋意義有些許不同，但在研究目的與概念上是相同的。

### 貳、 土地變遷模型

土地的動態變遷不僅是人類與自然系統干擾，並牽涉時間與空間交互作用，要了解土地變遷的影響因素是多重的複雜性與不確定性 (林裕彬等, 2011)，單靠直接測量與觀察無法完整了解影響變遷之力量為何，對土地亦無法有更深入之了解。而近年來，全球面對環境的挑戰，以電腦計算為基礎

之建模與分析人文系統的工開始擴大發展，從 Openshaw (1994; 1995) 以數字與符號的數據計算來尋求人文地理內的解決方案之後，各界研究人員開始使用這些工具。這些新的發展使用於各個領域，在地理技術領域上例如工業區位選定、交通分析、生物地理學、以及土地變遷等 (Parker et al., 2002)。而土地變遷模型是根據過去的發展趨勢，來模擬土地利用/覆蓋變遷的空間格局，運用模型能夠探討不同方案或政策下，未來空間格局變遷的趨勢，用以彌補土地分析能力上的不足。

鑒於土地變遷模型的優勢，近年來不少研究因不同之研究目的、空間尺度、影響因素等發展出不同的土地變遷模型，Parker 等 (2002) 回顧土地利用/土地覆蓋模擬，依照模式不同歸類為八大類模型，分別為以數學方程式基礎模型 (Equation-Based Models)、系統模型 (System Models)、統計技術 (Statistical Techniques)、專家模型 (Expert Models)、演化模型 (Evolutionary Models)、細胞模型 (Cellular Models)、混合模型 (Hybrid Models)、代理人基礎模型 (Agent-Based Models)。上述這些可視為對於各類模型的歸類有一個大略的了解，林裕彬等 (2011) 表示模型的分類是依照研究者個人認知與其對模型的了解而有所差異，然而不同分類系統中的模型差異並不大。

而對於各類模型整理與比較部份，顏怡璇 (2003) 整理歸納國內相關研究常見的方法有 12 項，分別為馬可夫模型、地景指數、灰色理論、碎形理論、Logit 模型、系統動態方法、多變量分析、多目標規劃法、類神經網路、細胞自動機、遙測與其他。林裕彬 (2011) 則比較了四種常用的模型，CLUE-s、What if?、CA 以及 CA-Markov 等進行比較，整理出 CLUE-s 與 What if? 屬於自上而下 (Top-down) 類型的模擬方法，其表示強調從整體需求決定至地方性土地利用變遷之空間分配，而 CA 與 CA-Markov 則是自下而上 (Bottom-up)，是強調從地方局部至整體，另外期中 CLUE-s 與 CA 目前尚未發展出於地理資訊系統 (GIS) 操作界面，What if? 則有，而 CA-Markov 則有 Clark Labs 開發出套裝軟體與 GIS 相容供使用者操作。Agarwal 等 (2002) 回顧過去土地變遷相關研究，歸納 19 個具有空間、時間與決策面向特徵之模型。

上述對於土地變遷模型的各類相關研究，其結果皆表示土地變遷模型能有效的去了解複雜的土地變遷狀況。另一方面，因為各類模型皆各有其優點與缺點，故目前沒有研究去明確的表示那一種模型為最有效果，而是視研究題目、目標等去選擇。因此，本研究選擇 CA-Markov 的原因有二，首先，相對於早期自上而下的發展計畫，Zimmerer (1994) 表示以生態為首的發展應該要有更多自下而上的策略，而 CA-Markov 模型即屬於此類型之模擬方法。第二，過去幾年來我們已經了解到 GIS 發展在土地規劃與設計中對於資源、環境、土地利用、生態問題等的分析上有大量的幫助，並且 GIS 的發展已相當普遍，以及具有相當大的潛力，因此不少學者表示土地規劃與設計者、生態學研究者等應善加利用 (肖篤寧, 1999; Itami, 1994; Barredo et al., 2003)，而 CA-Markov 已有 Clark Labs 開發出套裝軟體與 GIS 相容供使用者操作。因此，本研究選擇 CA-Markov 模型做為土地變遷之探討。

## 第五節、 CA-Markov 模型

本文概念為結合細胞自動體(Cellular Automata)與馬可夫鍊(Markov chain)對地景變遷進行模擬，在本節將分別回顧細胞自動體、馬可夫鍊概念與其相關研究，以及兩者結合的 CA-Markov 模型概念與相關研究。

### 壹、 細胞自動體 (Cellular Automata)

細胞自動體理論原文為 Cellular Automata (簡稱 CA)，亦稱自胞自動化、宮格自動機，細胞自動體是 20 世紀著名的數學家 John von Neumann 的心血結晶。最初開發是為了生產自動複製之機器，而當時細胞自動體並不受到關注。直到劍橋大學數學家 John Conway 依據 John von Neumann 的概念進一步發展成電腦上的「生命遊戲 (Game of Life)」，至此之後細胞自動機之概念逐漸普及至相關領域 (Sui and Zeng, 2001)。細胞自動機的核心在於自我生成的系統以及快速動態的理論發展。儘管在 1980 初期已發展出迷人的理論，但一直到 1980 年代末細胞自動機運用在都市及景觀生態的建模研究上皆尚未出現。過去十數年中電腦計算技術開始大幅進步且具有圖形化能力之後，細胞自動機才漸漸在其他領域之中被運用，包括了生物醫學、神經系統以及流體力學等。

## 一、細胞自動體特性

細胞自動體模型中，把每一個網格視為一個細胞或基本單元。在事先設定演化規則（Transition Rules）下，網格中的實格或虛格就按一定規則進行演化，這就是細胞自動機（圖 2-3）。在 Conway 的生命遊戲中，透過簡單規則的設定，細胞或基本單元就能在網格中產生無規則及有規則、穩定與非穩定等無法預測的演化行為。

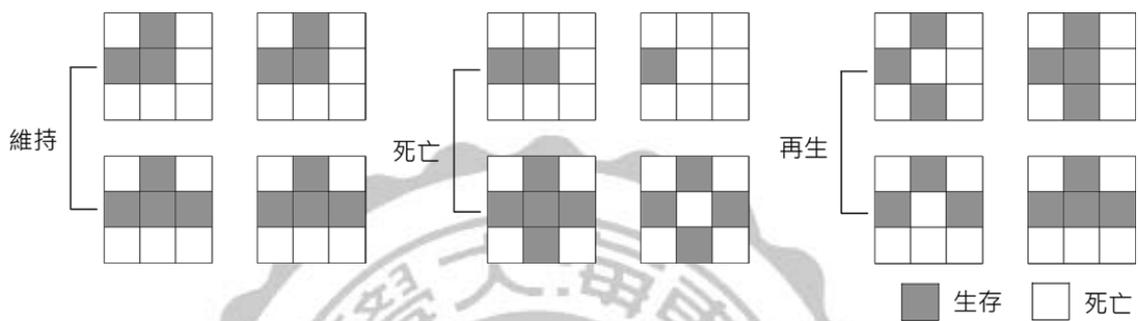


圖 2-3 生命遊戲之規則（轉繪自顏怡璇，2003）

細胞自動體模型其架構簡單、開放以及可以模擬十分複雜的系統行為而具有很強的生命力，他具有以下幾點特點：

- (一) 空間性：反應在網格單元空間來定義的細胞自動機，可以很容易的與許多空間數據相互兼容。
- (二) 離散性：空間的離散性、時間的離散性與狀態的離散性。
- (三) 同步性：細胞自動機的狀態變化是由數據與訊息的計算或處理得來，而這樣的過程重要的特徵是每個細胞是同步計算而出。
- (四) 局部性：每一個細胞的狀態只對其本身周圍半徑  $r$  的範圍內的另一細胞有在下一時刻的狀態影響。
- (五) 高維數：在動力系統中，一般將變量的個數稱為維數，從這角度來講細胞自動機是高維數的（杜甯睿等，2001）。

## 二、細胞自動機組成

標準的細胞自動體是由一個細胞（cells）、狀態（states）、鄰近區域

(neighborhoods) 與演化規則 (transition rules) 所構成，分別為下列所述：

- (一) 細胞：或稱為網格，細胞是細胞自動機基本構成的元素，是一種儲存其「狀態」之元素。理論上這些細胞是可以由任意形狀所構成，不過目前多數研究接以方格為主，如此將與其空間結構和網格式之地理資訊系統的結構相同。
- (二) 狀態：每個細胞中有一組有限的狀態來顯示，這些型態是可以依操作內容不同而訂定。簡單的模型中，細胞僅具有二元狀態：0 和 1。在複雜模型中，細胞可具有多重性質或屬性，而每種性質與屬性具有不同之狀態，可以是建地、人口數量、社會經濟狀況等。
- (三) 鄰近區域：一個細胞狀態的演變是決定於其他相鄰細胞的狀態，而其他相鄰之細胞狀態又是根據其相鄰細胞。而鄰近的定義有三類，包括了 Moore 型的 4 鄰近(4 connected)、擴充型 8 鄰近(8 connected)以及 Von Neumann 的 4 鄰近(4 connected) (圖 2-4a-c)。

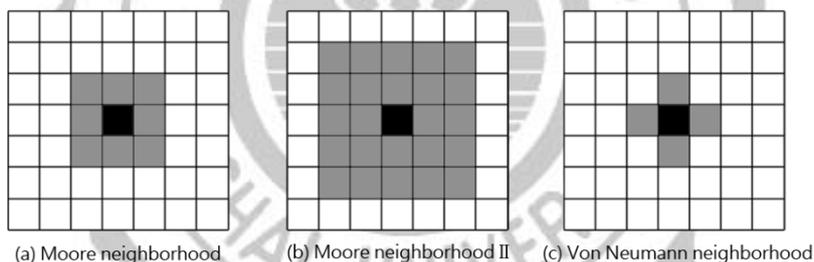


圖 2-4 細胞自動體各類鄰近區域類型示意圖(轉繪自顏怡璇，2003)

- (四) 演化規則：演化規則即為某細胞的成長狀態是如何受到鄰近細胞之影響。利用這種空間中相互影響的關係加以演變，即可以應用於模擬空間中各種變化之情形。

### 三、細胞自動體理論面向

細胞自動體理論的主要概念圍繞於上列所述的「演化規則」，演化規則中所包含的影響因素以及其相互之間的影响，影響了細胞的定位與未來演化的模式。在演化規則中包含了三個面向，包括了屬性、時間與空間。

### (一) 屬性

每一個網格演化是受到哪些影響因素，以及權重為多少等皆為屬性層面的因素。在細胞自動體中需要確定每一條演化規則所涵蓋的因素，決定其影響因素的做法包括了 AHP 結合專家訪談、多準則評估 (Multi-Criteria Evaluation, MCE)、由真實資料利用蒙地卡羅 (Monte Carlo) 方法、或以研究者自行決定所考慮之因素為何 (賴進貴, 2002)。

### (二) 時間

細胞自動體理論是如上述所言是在離散的時間序列中進行演化，每段時間內為靜止的，而在特定時間做全面更新，而時間因素的決定是與研究目的有關。

### (三) 空間

一般細胞自動體理論其細胞空間結構皆以「方正規則」的網格為單元，其網格是細胞的基本單位，同時亦會影響演化時的鄰近網格。在空間結構上，可分為三個層面來探討，首先為網格大小，第二是鄰近區大小，第三為距離作用，這三者內容不同皆會影響未來演化之模式，而內容則是以研究目的而訂定。

## 四、細胞自動體相關研究

如上述所介紹，CA 已廣泛運用於各類學科當中，在此本文整理為細胞自動體與地景變遷相關之應用。

### (一) 中文細胞自動體相關研究

CA 理論中文相關研究初期陳建元 (1996)、汪禮國 (1997) 等著重於探討 CA 理論細胞演化與過程之內容。之後，開始有不少以 CA 理論為基礎探討土地變遷之研究，其中包括了以 CA 理論模擬都市成長之狀況，林士弘 (2000) 以結合 CA 理論與地理資訊系統在台北盆地土地利用之變遷；林峰田等 (2002, 2004) 以 CA 理論模擬台北都市區域發展情形；顏子揚 (2006) 以多主體系統為基礎，並利用多元邏輯斯特模

式建立土地利用轉換規則，建構模擬捷運新店線台北縣部分發展情況；陳逸敏（2010）利用多準則判斷自動細胞理論（MCE-CA）模擬緊湊都市型態，並以 AHP 確定參數權重，模擬出東莞市 2010 與 2020 都市型態。亦有 CA 理論用於模擬非都市土地變遷情況，顏怡璇（2003）利用三個時期之航空照片，了解研究區內地景變遷之各項因子及權重，模擬出南仁山生態保護區地景變遷空間分佈情形，並提出未來規劃建議。以 CA 理論探討災害模擬，如陳建元（2005）利用 CA 理論運用於災害情境模擬，以南投縣信義鄉出水溪土石流災害複雜現象進行實證，結果表示 CA 理論與 GIS 結合對於災害境況模擬有顯著的有效性。亦有以 CA 理論結合空間自相關理論相關研究，賴進貴等（2004）以臺北盆地過去 100 年的聚落發展為素材，利用空間自相關的分析方法探討鄰近區土地利用型態對於變遷的影響，這些發現可以作為 CA 模式中，有關鄰近區範圍半徑及演化規則之參考；雷祖強（2008）利用 CA 理論模擬土地利用之變遷，比較其結果區域空間自相關模擬。以及 CA 理論利用於土地規劃與規劃效度相關等研究，葉季栩（2004）以 CA 理論模擬複雜系統下，規劃效度之量測。其驗證結果下表示規劃效度是正的，且會隨著對於資料蒐集範圍增加而增加，在不同規劃類形下會有所不同；何錦杭（2006）以 SLEUTH 模型對於台南市進行實證模擬，目標為架構一套新的永續城鄉土地劃設支援模式。

地景變遷是受到土地要素的干擾，包括了社經因素或者自然因素，在操作任何地景變遷模型時，皆會考慮其影響因子（factor），而其影響因子則視研究者對於議題與基地情況而設定。從目前 CA 理論相關研究而言，多數社經方面影響因素的考量為人口密度、道路可及性、重大設施可及性等；自然因素方面則多為坡度、地質、高程等。而顏怡璇（2003）之議題為森林地景變遷，則其考量的影響因子加入了鄰近土地類型，陳建元（2004）以土石流災害模擬為題，其考量土壤凝聚力、摩擦角等影響因子，顏子揚（2006）則加入了公告現值、剩餘容積、至捷運車站距離等與捷運相關影響因子，其影響因子與土地利用類別判定整理於下表 2-3。

## (二) 國外細胞自動體相關研究

相較起國內研究，細胞自動體在國外發展較早，Itami (1994) 即提出 CA 理論結合 GIS 這樣的發展模式，雖然不能精準的預測土地狀況，但這樣的方式可以有效的避免開發對於土地的衝擊，是擁有很大的發展潛力，Barredo 等 (2003) 以柏林都市為例，CA 可以提供合理的都市未來方案演變的展現，而其資料愈齊全可有更精確之結果；以及 CA 與 GIS 的結合關係是很重要的一環，是提供用戶使用的一大優勢；Yassemia (2008) 提出以 GIS 為基礎的 CA 理論模型可模擬逼真的森林火災情況，該方式可有效預防災害的發生；Xia Li (2008) 以珠江三角洲為研究範圍，提出 CA 理論可以做為調整地方性法規之運用；Silva (2008) 運用 CVCA 到西班牙都會區域，結果指出 CA 理論可以提供景觀生態策略在都市規劃上有效的運用；Santé (2010) 統整過去幾年來基於 CA 理論為主的研究，結果指出 CA 理論能有效的成為模擬都市格局的工具，雖然不能精準的預測，但是可在修改模型中以互動式的方式提供規劃上的幫助；Aguilera (2011) 則以 CA 理論模擬了四種西班牙都會區域之發展之情況，並且以景觀指數來比較各方案之優缺點。其結果證明空間指標運用於都會區域之效果，並提供了量化的評估方案。

影響因子部分，國外研究考量因子與國內相關研究差異不大，但在土地利用類別判定上即有較大之差異，例如國內較少研究分類是以工業用地、商業用地與住宅區來區分，但國內土地利用上因住商混合，而這樣的土地利用分類較無太大的影響。國內外 CA 理論相關研究之影響因子與土地利用類別判定整理於下表 2-3。

表 2-3 國內外 CA 理論相關研究整理表

作者	年份	影響因子/土地利用類別判定
01 林士弘	2000	社經因素：人口密度、縣道可及性、高速公路可及性
02 林峰田等	2002	社經因素：人口密度、縣道可及性、高速公路可及性、鄰近土地類型
03 顏怡璇	2003	自然因素：鄰近土地類型包括喬木、灌木、草生地、農耕地、裸露地、水體

續上表 2-3 國內外 CA 理論相關研究整理表

作者	年份	影響因子/土地利用類別判定
04 賴進貴等	2004	以聚落鄰近範圍空間自相關作為影響因素，其結果顯示空間自相關與聚落發展有相當之關係
05 林峰田 賴進貴	2004	社經因素：土地利用、距縣道距離、距高速公路交流道距離
06 陳建元等	2005	自然因素：土壤凝聚力、摩擦角等
07 何錦杭	2006	1.社經因素：禁止開發地、重大建設可及性、公共設施可及性、土地利用相容性 2.自然因素：坡度、地質、土壤厚度
08 顏子揚	2006	社經因素：人口數、人口成長率、公告現值、剩餘容積、至捷運車站距離、至交流道距離、鄰近重要道路、鄰近分區之商業使用比例、鄰近分區之工業使用比例
09 黃郁淳	2006	社經因素：鄰近土地利用狀態，包括服飾業、飾品業、餐飲業、其他零售業
10 雷祖強等	2008	社經因素：既有建物、既有道路、新增道路、公共設施
11 蔡佩璇	2009	社經因素：容積、人口數、人口成長率、公告現值、公告現值成長率、土地權屬複雜度、主要交通要道距離、鄰近公共設施規模、鄰近土地利用型態、開發者決策
12 陳逸敏	2010	社經因素：農田適宜性、市中心可及性、鎮中心可及性、高速公路可及性、鐵路可及性、一般道路可及性
13 Barredo et al.	2003	土地利用類別：住宅用地、商業用地、工業用地、其他土地利用
14 S. Yassemin et al.	2008	自然因素：高程、坡度、燃料類型
15 Xia Li et al.	2008	土地利用類別：都市土地、其他用地、水體
16 Elisabete A. Silva et al.	2008	1.社經因素：道路、都市用地 2.自然因素：坡度、山坡地
17 Francisco Aguilera et al.	2011	土地利用類別：高密度住宅、低密度住宅、工業區、商業區、其他用地、道路、水體

表格來源：本研究整理

### (三) 小結

從國內外相關文獻中，對於細胞自動體相關研究本文有三點總結，首先，細胞自動體可運用於包括了都市、非都市土地之變遷模擬上，雖然無法完全精準預測其結果，但是這樣的做法可以有效的了解土地，以及減少開發上對於土地之衝擊，可做為地方性政策運用之參考方針。第二，細胞自動體理論可結合於 GIS 框架當中，GIS 目前使用普遍，並在各類規劃上成為有效之分析工具，因此兩者之結合可更方便運用於土地規劃上，對於設計與規劃者而言是一大優勢，應把握其優勢以及多加了解與應用。第三，在進行地景變遷研究時，影響土地變遷因素與土地的分類的考量是重要環節，並視對於基地了解程度與議題方向而決定，例如國外文獻多數會將土地利用類別的住宅區、工業區與商業區等區分，而國內因住商混合之關係，較少研究者以這樣的分類去考量與進行，但仍可從國外相關研究內了解其研究目的與土地類別判定考量之處。

### 貳、馬可夫鍊

馬可夫鍊最早是由俄羅斯科學家 Andrei A. Markov 所提出，最初僅是數學過程。其馬可夫鍊模型則是基於馬可夫鍊過程理論，形成預測事件發生概率的一種方法。景觀類型對應於馬可夫鍊過程中的「可能狀態」，而各類型之間相互轉換的面積數量或者比例即為其狀態轉移概率，可利用以下公式(2-1)與公式(2-2)對於景觀變化進行預測：

$$S_{t+1} = P_{ij} S_t \quad (2-1)$$

其中  $S_t$ 、 $S_{t+1}$  分別為  $t$ 、 $t + 1$  時刻的動態系統； $P_{ij}$  為狀態演變概率矩陣 (Transitional Probability Matrix)，其由下列式(2)表示：

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

公式(2)中， $n$  為景觀類型； $P_{ij}$  表是由  $i$  類型景觀轉變為  $j$  類型景觀類型的概率。馬可夫鍊的假設為本期到下一期之事件的變遷趨勢是由於過去某一期至本期變遷趨勢而產生的。

過去研究中馬可夫鍊應用相當廣泛，包括人口移動追蹤、氣候變遷預報、醫學統計追蹤與決策分析等，當然亦包括了土地變遷上，Aaviksoo (1995) 使用馬可夫模型運用於模擬泥沼景觀中之植栽動態與土地變化研究；Logofet 等 (2000) 則是探討馬可夫鍊是否能有效的預測森林演變，結果表示馬可夫鍊模型是可以模擬其演替，並且簡單有效，並在未來結合地理資訊分析等應可更進一步發展；Strigul (2012) 使用馬可夫鍊動態模式模擬森林演替。從以上研究可了解數學算式為基礎之馬可夫鍊可運用於土地變遷上，以轉移矩陣對未來土地變化加以推估，但在土地變遷應用上，其馬可夫鍊推估不具空間向度 (spatial implicit)，故在空間解釋能力上有其缺點，馮豐隆等 (2003) 使用馬可夫鍊與半馬可夫鍊對校園土地利用變遷研究，結果表示可得知土地利用面積的比例分配，但並無法提供空間分配與空間發展趨勢，Logofet 等 (2000) 也提出此點未來應進一步探討。

## 參、 CA-Markov 模型

從上述介紹，細胞自動機與馬可夫鍊兩者均為時間離散、狀態離散的動態學模型，但馬可夫鍊模型對於土地利用變遷之推估最大之限制在於其並非以空間向度考量之模型，而土地利用變遷過程是一個在時間與空間向度中互動之狀態，故單純以馬可夫鍊來操作於土地利用變遷在空間互動解釋能力方面較缺乏 (顧嘉安, 2010)。而細胞自動模型的狀態變量則與空間緊密相連，可以彌補馬可夫鍊模型不足之處。

### 一、CA-Markov 原理

以馬可夫鍊為基礎之自動細胞模型中，馬可夫鍊的角色為應用轉移機率矩陣來計算各種土地利用未來需求量之推估。Li & Reynolds (1997) 證實了馬可夫鍊自動細胞理論有效的模擬土地利用之時間與空間動態情形。

在馬可夫鍊自動細胞模型中，空間動態之過程是由細胞自動體中的空間濾波 (spatial filter) 以及轉變潛力地圖 (transition potential map) 所決定。其主要步驟為：一、建立細胞自動機的演化規則，其規則則是依研究內容所需決定。二、土地利用之轉移概率矩陣的生成。將向量圖轉換成網格格式，其網格尺寸亦是依研究所需而定，接著透過馬可夫鍊模型確定土地利用類型

之轉移概率、轉移面積矩陣。三、空間過濾之選擇。利用細胞自動機空間過濾建立空間之明顯權重因子，使用該權重因子並依據相鄰之網格單元，改變該網格單元之狀態。四、確定起始時刻和循環次數，進行預測模擬。

## 二、CA-Markov 相關研究

### (一) CA-Markov 中文相關研究

相較於細胞自動理論與馬可夫鍊，以 CA-Markov 中文相關應用較少，陳龍泉（2004）以結合 Markov 與 CA 比較傳統預測方法，結果表明 Markov-CA 模型可以對於土地覆蓋變化有較好的模擬預測，而張政亮（2006）則是以九九峰地區為例，利用 GIS 與 IDRISI 軟體，比較其 Markov-CA 與 Markov 兩者進行模擬分析，結果顯示 Markov-CA 之模擬結果較能有效預測地景變遷情況；鄭燕風（2009）利用 CA-Markov 模型，以 1996 與 2004 現況，模擬 2012 年招遠市之土地變化情況，其結果與灰色 GM 比較其準確性，結果證明 CA-Markov 模型運行較為準確；孫賢斌等（2009）與湯潔等（2010）運用 CA-Markov 對土地進行模擬，之後以景觀格局對於模擬結果進行評估，進而對該地區提出建議與方針，而顧嘉安（2010）透過 GIS、相關分析與多空間準則評估(MCE) 探討淹水潛式對各類型土地之影響程度，利用 CA-Markov 模擬台北市土地利用變遷狀況。

結合細胞自動體與馬可夫鍊模型時，土地類別的判定與土地模擬時的影響因子仍是重要的環節，而這兩項內容之決定是依研究內容決定，例如張政亮（2006）以九九峰地區為實證基地，其土地利用類別分別包括裸地、草地與林地，因基地不同，湯潔（2010）則是另外還包括了耕地、水域、灘地、居民用地、沙地、鹽埔地、濕地等。影響因子部分，考量內容與過去單純運用細胞自動體模擬或其他地景變遷模擬相同，多數考量了地形坡度、距道路距離、距市中心距離、人口密度等，依研究內容有所不同例如鄭燕風（2009）是以探討農業用地為主，其影響因子就包括了有機土壤層，顧嘉安（2010）則考慮了水災淹水情勢。

## (二) CA-Markov 國外相關研究

國外運用 CA-Markov 相關研究包括了模擬未來土地變遷之情況，Kamusoko (2009) 以 Zimbabwe 為例，透過 Markov-CA 得到轉換潛力與轉移概率，轉換潛力圖是使用多重評估 (MCE) 來得到自然與社經資料，以 2000 年土地利用做調整，模擬 2030 年土地變化之情況；Sanga (2011) 首先分析城鎮與鄉村土地利用與人口成長有所關係，接著提出以 CA-Markov 模型提出量化預測與模擬空間格局變化；Guan (2011) 利用 AHP 分析自然與社經因素之權重，與利用衛星影像配合 Markov 建立轉換矩陣，進入到 CA 模型裡模擬預測未來土地發展情形；亦有以 CA-Markov 模擬後提出政策方針或規劃方案之優劣，Mondal (2010) 使用 Markov-CA 模擬印度中部熱帶雨林，評估有保護措施干預政策是否真實有效的達到效果，其結果顯示該保護措施所佔的重要性是不高的，表示其政策並無達到預期效果；Mitsova (2011) 則是運用 CA-Markov 比較保護開放空間政策有無執行的優劣，進而提出對於該地區應該實施保護開放空間的政策。

在國外研究中 CA-Markov 模型中影響因子選定部份，主要考量影響因子社經因素多為與道路距離、離市中心距離、離重要交通設施距離與人口密度，自然因素則考慮土壤、坡度、高程等，影響因子部分較無國內外的差別。但在土地利用類別判定上，與上節 CA 相關研究相同，國外土地利用與國內較不相同，故分類判定上差異較大，表示仍需視研究目的而選定。國內外相關研究之影響因子與土地利用類別判定整理如下表 2-4。

表 2-4 國內外 CA-Markov 相關研究整理表

作者	年份	影響因子/土地利用類別判定
01 陳龍泉等	2004	土地利用類別：耕地、草地、沙地、其他未利用地
02 張政亮	2006	土地利用類別：裸地、草地、林地
03 鄭燕風	2009	影響農業用地因子：地形坡度、有效土壤厚度、有機土壤層
		影響建設用地因子：地形坡度、距道路距離、距市中心距離、距政府機關距離
04 孫賢斌等	2009	土地利用類別：沼澤地、草生地、林地、耕地等

續上表 2-4 國內外 CA-Markov 相關研究整理表

作者	年份	影響因子/土地利用類別判定
05 顧嘉安	2010	1.社經因素：與火車站距離、與住宅土地利用距離、人口密度、與商業土地利用距離 2.自然因素：限制開發、地表高程
06 湯潔等	2010	土地利用類別：耕地、林地、草地、水域、灘地、居民用地、沙地、鹽埔地、濕地
07 Courage Kamusoko et al.	2009	1.自然因素：到河流的距離 2.社經因素：到城鎮的距離、人口密度、玉米田面積、花生田面積、薪材的消耗量、取得薪材的距離、玉米總產量、花生總產量、牲畜密度、使用肥量的數量
08 Mondal et al.	2010	土地利用類別：森林、裸地、水體
09 Lingling Sanga et al.	2011	土地利用類別：耕地、林地、花園、建設用地、草地、閒置土地、水體
10 Diana Mitsovaa et al.	2011	1.自然因素：到水體的距離、土壤、坡度、高程、環境敏感地區 2.社經因素：住宅增加、商業密度 土地利用類別：都市土地、林地、耕地、濕地
11 DongJie Guan et al.	2011	1.自然因素：坡度、高程 2.社經因素：人口密度、鄰近道路距離、鄰近河流距離 土地利用分類：農地、林地、建成地、道路、水體、其他土地

表格來源：本研究整理

### (三) 小結

相較於細胞自動體與馬可夫鍊模型，結合細胞自動體與馬可夫鍊模型的相關研究較少，但近年來已慢慢增加。從目前本文整理之文獻來看，可了解該模型的運用結合了細胞自動體與馬可夫鍊的優點，並相互彌補了兩者之缺點，相較於傳統地景變遷模型有較準確的預測能力。而在這方面，國內目前較少相關研究，目前僅張政亮（2006）提出了兩模型結合的有較佳的預測結果，以及顧嘉安（2010）以該方法對於極端洪水災害進行研究，而近年來，中國方面與國外相關研究中開始以 CA-Markov 模型模擬，並結合景觀生態學的概念加以應用，以景觀格局的角度評估與判斷其方案之優劣，這樣的作法提供方案評估上有了空間維度方面的

證實，以量化之數據，提供給決策者充分的資訊，進而空間規劃上理論與實踐的結合，充分利用於規劃上，這樣的方式對於規劃與決策上有相當大的幫助 (Aguilera et al., 2011)。

## 第六節、 分析軟體與土地潛能評估

在本節將回顧與介紹 CA-Markov 分析上使用軟體，以及之後決定土地土地潛能分析與評估的概念與方式。

### 壹、 IDRISI 地理資訊軟體

IDRISI 地理資訊軟體是由美國克拉克大學克拉克研究室(The Clark Lab, Clark University, USA)所開發，該實驗室為地理學 Ron Eastman 教授於 1987 年創立。IDRISI 本身集合了地理資訊軟體與圖像處理功能於一身，在克拉克大學研究計劃的支持下，為眾多的相關領域提供了有力的研究與開發工具。IDRISI 軟體本身集合了將近 300 個功能模組，可進行地理資訊系統分析(GIS Analysis)、圖像處理 (Image Processing)、面分析 (Surface Analysis)、變化與時間序列分析 (Change and Time Series Analysis)、建模 (Modeling)、決策支持與不確定性管理 (Decision Support and Uncertainty Management)、顯示-地圖合成-三維飛行模型 (Display, Map Composition and 3D Fly Through) 等功能 (Eastman, 2009)。

目前 IDRISI 已經出到第 17 個版本，IDRISI 不斷的吸收最新成果，並且轉化為擴展的功能模組加到軟體系統中，受到普遍的認可和廣泛的使用，至目前為止已經有 180 多個國家與研究者、專業人士使用。另外中國北京大學環境遙感實驗室於 2003 年與美國克拉克大學克拉克實驗室共同建立了北京大學 IDRISI 國際資源中心，該中心負責 IDRISI 軟體在中國大陸地區的推廣，並且提供有關 IDRISI 軟體中文方面的說明與協助。

### 貳、 土地潛能評估

在以 CA-Markov 模型進行景觀變遷模擬時，重要的一環為細胞演化規則，以土地利用為例子，每個細胞分別為不同的土地利用/土地類別，研究

者必須視研究目的或者對地區的了解，而去定義其該細胞與其鄰近細胞兩者之間的關係，也就是這個細胞的土地利用類別其鄰近土地利用是如何相互影響，而使該土地利用轉換成另一土地利用的規則（土地轉換潛能）。而景觀變遷亦或是土地變遷其影響因素並不是單一的，而是包含了自然資源、社會經濟等影響。因此本節下列將回顧在考量土地潛能評估與決策分析的方法與概念，包括模糊理論(Fuzzy Theory)與多準則評估(Multi-Criteria Evaluation, MCE，或稱多目標評估)、因子權重決定。

## 一、多準則評估與模糊理論

### (一) 多準則評估 (Multi-Criteria Evaluation, MCE)

多準則評估從字面上解釋就是同時考量多個準則、多個目標所做的評估，在作業研究與管理科學基礎上發展至今已有 50 年，且現在仍蓬勃發展當中（蘇俊賓，2009）。而由於 GIS 的發展與成熟，以 GIS 為基礎的多準則評估方法開始廣被利用於土地分派、土地潛能評估、決策評估上。舉例來說，在一土地規劃案上必須去決定哪個區域最適合工業區的發展，那在考量的標準中就包括了道路的距離、坡度、現有土地的排斥等等，這些在透過 GIS 基礎的多準則評估中將被結合起來成為最後選擇的適宜圖（Eastman, 2009）。

準則 (criteria) 通常有兩種類型：影響因子 (factors) 以及限制條件 (constraints)。影響因子通常是連續性的性質，例如上述道路距離、坡度等。另一方面，限制條件通常是透過 Boolean 之後的符號，即始終為二值 (即布林運算)，例如禁止開發的土地。而這兩者可在多準則評估當中結合，而多準則評估的結合方式 (combination methods) 有三種方式：布林運算 (Boolean Intersection)、權重線性組合 (Weighted Linear Combination, WLC) 與次序權重平均 (Order Weighted Average, OWA)。

布林運算結合所有準則將其進行標準化成數值 0 或 1，這樣的結果表示各個準則之間無法進行補償，例如禁止開發地區數值為 0，可開發地區數值為 1。這樣的程序屬於適宜性“硬”決策，因為在決策中不允許任何風險存在，不考慮準則之間的折中點，因此在風險方面可達最小

的情況，但這樣的狀況在結果圖面上只有一種區域會被納入考量。權重線性組合（以下簡稱 WLC）則是可保留影響因子的可變性，對於具有連續性的準則，最常使用 WLC 法（Kamusoko, 2009；顧嘉安，2010），例如距離道路距離從近至遠，其中每個影響因子都將給予權重，之後相對的標準分相乘而得出結果，因此，WLC 過程中是考量了所有因子的折中，相對於布林運算不允許任何風險，WLC 的特性是平均風險。而次序權重平均（以下簡稱 OWA）與 WLC 相同，亦是符合具有連續性準則的評估，差別在於 WLC 是平均風險，OWA 則允許控制在多準則評估當中的風險級別。

在過去研究關於土地多準則評估時，較常使用上述的 WLC 法，劉光等（2003）在利用上述三方法的適宜性圖的結果比較，表示 WLC 得到的結果圖像具有較高的自相關。程雨等（2009）以中國河北省唐山市做為基地，實際操作上述三種方法，結果圖像布林運算顯示是分散的，而 WLC 與 OWA 則是連續的，視研究者考量而選擇，但綜觀過去在土地適宜性圖的製作時，通常仍使用 WLC 法（劉光等，2003）。

## （二） 模糊理論（Fuzzy Theory）

模糊理論是以數學基礎而衍生出的理論，模糊概念係指概念邊界具有不確定性與不清晰。而模糊理論的概念後來延伸被使用於各領域，其中即包括了在多準則評估方面，利用於影響因子間模糊決策。Borouhak（2010）表示，模糊理論有利於將我們人類語言與思考轉化成數學公式，一方面可去除傳統線性轉換標準化的非理性缺點，並能降低決策過程中之風險（顧嘉安，2010）。評估的過程中，利用模糊理論（Fuzzy Theory）來處理準則與決策的模糊性，平均各指標間的主觀因素，將會使得評估結果更為接近我們平常對於環境的認知（閻克勤，2005）。

模糊集合（Fuzzy set）是個沒有尖銳明確邊界的集合（或類別），各數值點至另一數值點的中間過度是漸進的。模糊集合的標準化過程會產生一個模糊歸屬函數，範圍可以為 0.0 至 1.0 的實際數字尺度（real number scale）形式，或是 0 至 255 的字節尺度（byte scale）（Eastman,

2009)。例如，將道路距離分為不同距離有不同數值的代表，像是 0 至 500 公尺、500 公尺以上，在經過模糊集合標準化之後，圖面的數值將會成為上述 0.0 至 1.0 的實際數字尺度，或者 0 至 255 的字節尺度，沒有原本明確的邊界數值。

在 IDRISI 分析軟體中的模糊集合當中提供了四幾種不同形式的歸屬函數：Sigmoidal (s-shaped)、J-Shaped、Linear 與使用者自訂。

1. Sigmoidal(s-shaped): S 型函數為模糊集合中最常使用的歸屬函數，包括了單純遞增、單純遞減等，如下圖 2-5。其中 a、b、c、d 代表轉折點的數值。

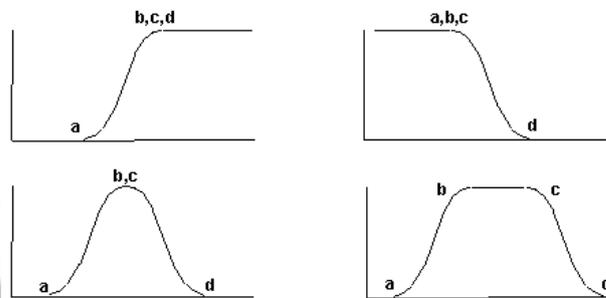


圖 2-5 S 型函數 圖片來源：Eastman，2009

2. J-Shaped：J 型函數亦是另外一常用的歸屬函數，但多數情況下 Sigmoidal 表現仍較佳，如下圖 2-6。

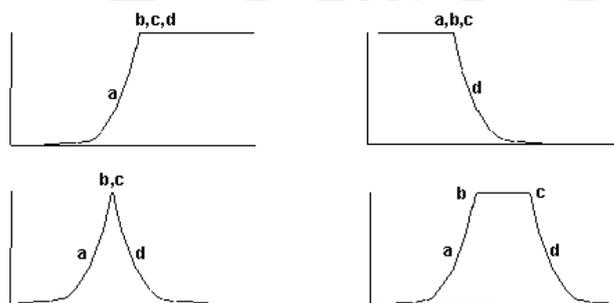


圖 2-6 J 型函數 圖片來源：Eastman，2009

3. Linear：線性函數較為簡單，此功能被廣泛用於電子設備的監測輸出，如下圖 2-7。

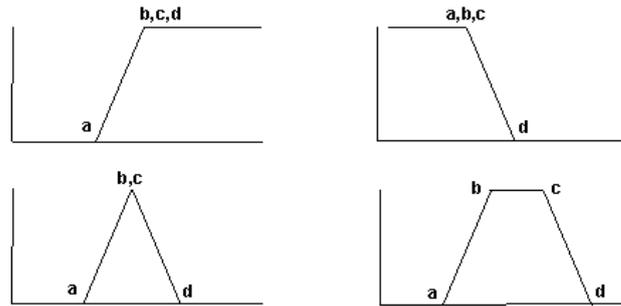


圖 2-7 線型函數 圖片來源：Eastman，2009

4. 使用者自訂：即轉折點為使用者視研究與分析目的而定義。

## 二、因子權重決定

細胞自動體理論中，演化面向包括了屬性、時間與空間。屬性即是網格演化是受到哪些影響因素，以及權重為多少等皆為屬性層面的因素。影響因子部分，在景觀變遷中，即是土地變遷影響因子，上述本文已回顧了過去研究中常使用的土地變遷影響因子，並且了解到景觀變遷之影響因子不是單一的，故在決定各因子的影響階層時，我們必須賦予各影響因子權重。權重的決定是景觀變遷模擬中關鍵一環，張政亮等（2006）表示模型無法完全與現實狀況相符，應納入更多相關影響因子與調整相關權重，對於模型準確度應可提升。

過去相關研究大多數使用專家問卷結合 AHP 方法進行權重係數的決定，例如 Kamusoko 等，2009；Guan 等，2011；或以蒙地卡羅（Monte Caelo）法以反覆遞迴的方式計算出影響因素之權重係數大小。何明錦等（2010）則使用模糊分析階層程序(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)決定權重。Apan 等（2002）利用 Cramer's V 相關分析景觀結構改變時與各影響因子之關係，顧嘉安（2006）為了避免過去以專家問卷 AHP 方式主觀判定導致未來模型解釋能力與準確度不佳，使用 Cramer's V 相關係數為基礎，以之間相關係數換算做為為權重係數決定。而 Rees（2008）在研究中比較了各種類資料相關分析指標，結果表示 Cramer's V 計算簡單，並且解釋能力比起 Theil's U、Kruskal's L 以及 Goodman 等較佳。而在 IDRISI 的土地變遷模組中（Land Change Modeler, LCM）資料相關比較亦使用 Cramer's V 進行評估（Eastam, 2009）。



### 第三章 研究設計

本章節將介紹本研究整體研究架構、CA-Markov 模型各項方法與原則，包括整體架構、資料處理與轉檔、影響因子與限制條件設定等，以及景觀指數之選擇與訪談類型與受訪者之選定。

#### 第一節、 研究架構

依據景觀變遷與 CA-Markov 理論，建構模擬模型，並在模型中測試實證基地上景觀變遷影響因子，以量化結果呈現實證基地未來景觀變遷情況，並配合深度訪談進而探討模型建構之設定與模擬結果間影響，加強模擬結果之解釋，最後再以景觀指數分析計算，檢討實證基地之發展（見下頁圖 3-1）。

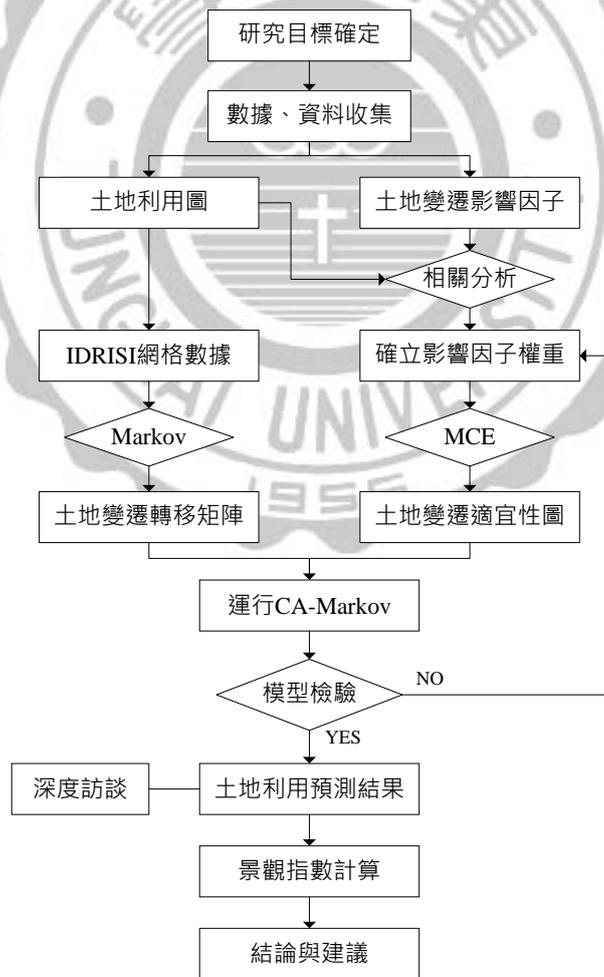


圖 3-1 實證研究架構圖

## 第二節、 研究工具與材料

### 壹、 研究工具

本研究主要利用 ArcMap 9.2 與 IDRISI Taiga 兩地理資訊軟體進行空間分析，透過資料檔案轉檔與處理兩者資料是可相互使用，另以 FRAGSTATS 3.3 進行景觀指數計算與分析。

#### 一、ArcMap 9.2

ArcGIS 為目前世界上應用相當廣泛之 GIS 應用軟體，是由 ESRI 公司所研發，可進行地圖展示、分析空間資料與查詢，以及可製作各類地圖統計圖表等。目前 ArcGIS 被應用之領域相當廣泛，包括了自然資源保育規劃、交通運輸分析、社會經濟統計分析、土地管理、環境監測、軍事應用以及地圖製作應用等。

#### 二、IDRISI Taiga

IDRISI Taiga 為 IDRISI 第 16 版，其特色與功能如第二章文獻回顧所提。除 ArcGIS 以外本研究另使用 IDRISI 原因在於該軟體的分析上包含了時間序列分析與決策分析，對於景觀變遷的分析與探討上有良好的表現。在本研究中主要使用了 Fuzzy, MCE, Markov, CA-Markov, Land Change Model project 等 IDRISI 模組。

#### 三、FRAGSTATS 3.3

FRAGSTATS 軟體可直接由 Massachusetts 大學 Amherst 校區網站上下載 (<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>)。軟體內包含了重要的景觀指數的計算功能。

### 貳、 研究材料

本研究將以內政部國土測繪中心所繪製國土利用調查成果圖資，分別為 1995 年與 2006 年繪製而成之電子檔。其餘景觀變遷影響因子屬性資料將分別以不同方式建立。

## 一、土地利用狀況項目分類

在圖資土地利用狀況項目分類上，因為國土測繪中心在 1995 年圖資的土地利用分類與 2006 年繪製圖資不同，以及依照研究目的，本研究必須先將其圖資土地利用狀況進行整理歸納。

1995 年土地利用圖資上分為農業用地、交通用地、水利用地、建築用地、工業用地、遊憩用地、礦業及土石用地、軍事用地、其他用地等 9 大類用地；而 2006 年圖資則是涵蓋農業用地、森林用地、水利用地、交通用地、建築用地、公共用地、遊憩用地、礦鹽用地及其他用地等 9 大類，並細分 41 中類 103 小類。由於圖資本身兩個年份分類即有不同，以及依照本研究目的建立該動態模擬架構是為了探討景觀變遷中對景觀生態上之影響，因此，本研究並無針對特定生物或植栽類型進行分類，故將依據文獻回顧中景觀生態學概念以及土地類型分類等，對土地利用分類進行整理，整理結果將土地利用分為農業用地、森林用地、交通用地、水體、建成地、草生地、裸露地與其他用地等 8 類（土地利用名稱所包含之土地使用類型見下表 3-1），後續再以這 8 類土地類型的變遷進行探討。

表 3-1 研究土地利用分類表

編號	土地分類	整合項目
01	農業用地	稻作、旱作、果樹、廢耕地、畜牧、農業附帶設施
02	森林用地	天然林、人工林、其他森林使用土地、林業使用
03	交通用地	一般道路、國道、省道、鐵路、道路相關設施
04	水體	河道、溝渠、蓄水池、沙洲灘地、防汛道路、水利構造物
05	建成地	商業、住宅、工業、其他建築用地、遊樂場所、體育場所、政府機關、學校、醫療保健、社會福利設施、公用設備、環保設備、軍事用地
06	草生地	灌木荒地、草生地、公園綠地
07	其他用地	礦業、土石、鹽業用地、未使用地、人工改變中土地
08	裸露地	裸露空地、崩塌地

表格來源：本研究整理

## 二、自然與社會經濟影響因子

依據文獻回顧中景觀變遷概念，本研究動態模型架構中將考慮各種自然影響因子與社會經濟影響因子。景觀變遷影響因素可分為兩類，限制條件(或約束條件)與影響因子，依據過去相關研究使用，本研究初步將考量各類因子(表 3-2)，限制條件包括坡度限制、現有建物限制、現有道路限制、河道限制；影響因子為現有建物可及性、現有道路可及性、市中心可及性、觀光景點可及性、政府機關可及性、人口成長率等。

各類影響因子在進行空間多準則評估時，各因子相關數據將以 Fuzzy 標準化，相關權重係數則將採用 Cramer's V 相關性檢定最為調整參考依據，並以模擬結果檢定數據來反覆修改影響因子的選擇與權重係數，進一步探究實證基地景觀變遷上與其影響因子可能之關係。

表 3-2 景觀變遷影響因子表

限制條件 (constraints)	影響因子 (factors)
坡度	現有建物可及性
現有建物	現有道路可及性
現有道路	市中心可及性
現有河道	觀光景點可及性
	政府機關可及性
	人口成長率

表格來源：本研究整理

## 第三節、 CA-Markov 模型架構

本節將介紹本研究 CA-Markov 動態模型建構與操作。首先將兩期土地利用資料重新分類且將檔案格式網格化，進行馬可夫鍊運算求取轉移矩陣面積與轉移機率，另一方面製作限制條件與影響因子之圖層，經由相關分析決定是否考量於模型當中，以及權重之決定，接著以 Fuzzy 標準化之後進行多準則評估得出土地發展潛能，接著結合由馬可夫求取的轉移矩陣面積進行細胞自動分析，得出結果後以 Kappa 值檢定預測模型準確性(下頁圖 3-2)。

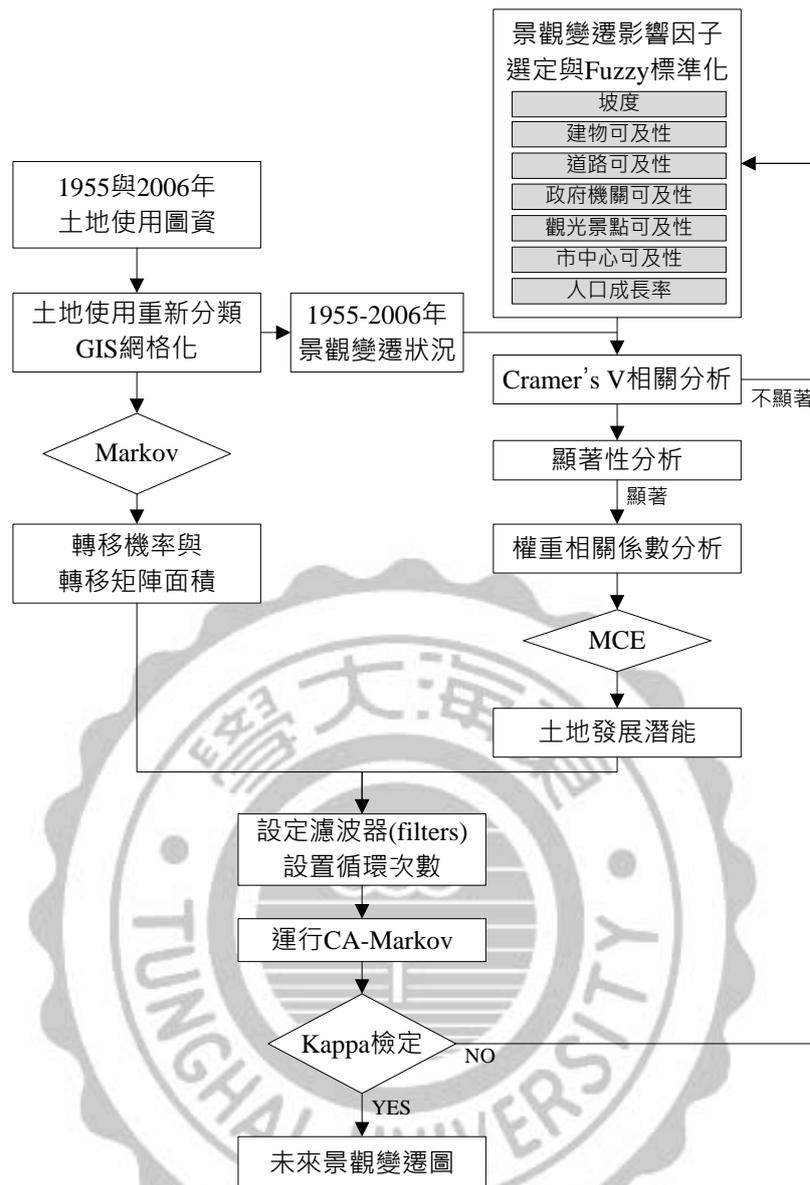


圖 3-2 CA-Markov 模型流程圖

## 壹、圖檔資料建立

在許多 GIS 空間分析與模擬中經常是以網格資料結構 (raster data structure) 做為基本空間系統進行分析，因此在模型運行之前，必須先將圖檔資料進行資料網格化 (gridded)，意指將向量格式 (vector) 資料進行轉檔。根據過去相關研究中，網格大小的決定取決於各研究目標與研究基地尺度而決定，例如 Aguilera 等 (2011) 使用 50×50 公尺的網格大小對西班牙都會區圖檔資料進行網格化。黃任薇 (2007) 在研究中探討不同網格大小對於分析資料之影響，藉由層級圖與 ANOVA 分析後，表示網格解析度愈小，土地

利用圖之間較能產生顯著差異，而這差異也有不同的層即，例如 1×1 公尺的土地利用網格資料與其他網格資料是完全異質，10×10 公尺網格至 14×14 公尺皆是同質，但至 15×15 公尺之後即又呈現異質性，表示網格愈大其土地利用同質性愈高。考量配合土地利用單元網格以及解析度，本研究採用 10×10 公尺大小對圖檔資料進行網格化。

圖檔資料建立首先對土地利用分類進行整理歸納(上表 3-1)，接著進行網格化動作。本研究在景觀變遷等時間序列分析上為使用 IDRISI 地理資訊軟體進行，因此須將資料轉檔為 IDRISI 所支援網格資料(副檔名為.rst 資料格式)，其轉檔方式有兩種：第一，至 arcscripts 網站上下載擴充模組 av2idrisi.zip 並安裝於 Arcmap 9.2 中，之後先將圖檔資料以 Arcmap 中 Spatial Analyst/ Convert/ Features to Raster 轉換為 ESRI 網格資料，再以 Gris to idrisi 擴充模組進行轉檔(Peter, 2006)，但此擴充模組在網路上有許多人提出有操作上之問題。第二種方式為使用 IDRISI 軟體中 ESRI Quick start/ SHAPEIDR 中讀取 Arcmap 存取之 Shapefile 格式，之後在 Idrisi Database Workshop 中操作 Create Idrisi Raster Image 將圖檔資料網格化，本研究即採用第二種方式進行圖檔資料網格化動作。

## 貳、 影響因子資料建置

景觀變遷影響因子包含了自然與社會經濟影響因子，在所有影響因子的圖檔資料網格化之後，本研究採用 Fuzzy 函數標準化將各影響因子圖檔資料進行標準化以方便後續比較與計算。根據文獻回顧，Fuzzy 函數根據參數設置與目的，有幾種不同形式的歸屬函數：Sigmoidal (s-shaped, S 型函數)、J-Shaped (J 型函數)、Linear (線性函數)。Eastman (2009) 表示 S 型函數為最常用之函數，且多數情況下表現較佳，而線性函數則較常使用於電子產品輸入輸出等供率上。Wood 等 (2007) 研究中則表示線性函數並不能完全的反映研究中各因子所存在的不確定性，而採用 S 型函數為標準操作標準化。選擇何種歸屬函數為依照研究目的而訂定，在本研究所探討之景觀變遷影響因子當中多數以距離與數值高低差距為計算標準，而理論上如距離該連續性質之數值在分析上為差距愈小影響愈大，或者反之(例如距離愈遠影響愈小)，本研究將採用 S 型函數(下圖 3-3)對景觀變遷影響因子進行標準化計算。

如以距離之概念來看圖 3-3，圖中 a,b,c 與 d 表示數值的轉折點，在圖 3-3 左表示距離愈遠，Fuzzy 函數值逐漸升高（遞增，monotonically increasing），因此最近點 a 點數值為最低值；而圖 3-3 右即為距離愈遠，Fuzzy 函數值逐漸降低（遞減，monotonically decreasing），故最遠點 d 點為數值最低值。



圖 3-3 S 型函數示意圖。(轉繪自 Eastman, 2009)

影響因子經過 Fuzzy 標準化結果會產生一個模糊歸屬函數，範圍可以為 0.0 至 1.0 的實際數字尺度(real number scale)，或是 0 至 255 的字節尺度(byte scale)。這兩者概念是相同的，可將不同土地潛能數值高低轉換為相同數值進行比較與計算，本研究在進行 Fuzzy 標準化是將土地發展潛能轉換為 0 至 255，意指 0 為土地發展潛能最低，255 為最高。在設置數值時依據不同影響因子必須設定不同之控制點，例如道路可及性與現有建物可及性影響範圍之距離即不同，舉例來說，依據過去相關研究中道路可及性可能考量至 150 公尺（表示距離愈近土地潛能愈高，而至 150 公尺時為土地潛能最低，150 公尺外則不考慮），而現有建物可及性考量至 200 公尺，因此兩者控制點設置會有所不同，而在經過兩者控制點設定完成後即進入 Fuzzy 標準化，結果會產生分別為 0-255 數值之 Fuzzy 標準化圖面（圖 3-4），如此一來兩者即有相同等級之數值可比較與計算。

影響因子控制點的設置本研究將會參考過去相關研究進行考量，但為了盡量避免過於主觀判斷，除了過去相關研究數據之外，將會配合 Cramer's V 相關分析，評估影響因子控制點數值與兩期景觀變遷相關性一同考量。而前述為影響因子資料建立之方式，而在限制條件部分則以布林邏輯運算將數值二值化為 0 與 1，亦即可發展地區為 1，限制發展地區為 0。

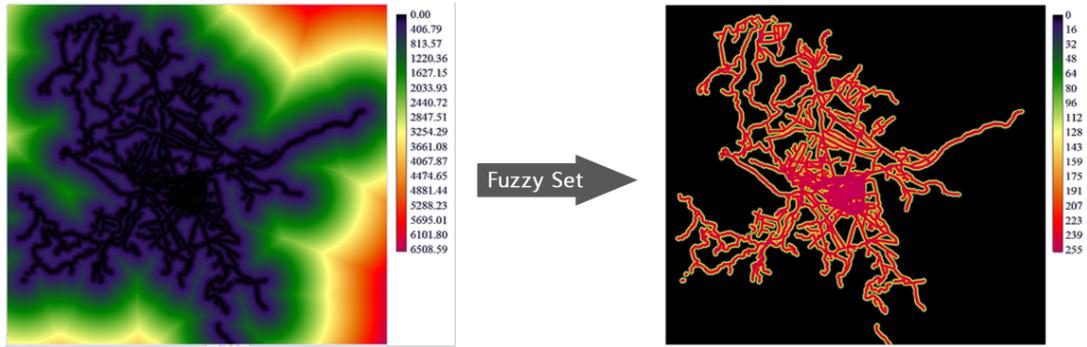


圖 3-4 Fuzzy 標準化示意圖

### 參、 影響程度分析與權重訂定

景觀變遷中各影響因子經過 Fuzzy 標準化過程後，本研究將以多準則評估 (Multi-criterion evaluation, MCE) 中權重線性組合 (Weighted Linear Combination, WLC) 對於各標準化後之影響因子進行計算加總，以能得出最後土地發展潛能圖。在權重線性組合計算當中，研究者必須訂定各類影響因子相互之間之權重。本研究依據文獻回顧，為了盡量避免人為因素決定景觀變遷影響因子過於主觀之情況，將以 Cramer's V 計算景觀變遷與其影響因子之相關性，計算之後再以其相關性決定權重。Cramer's V 之值是以卡方值 (Chi-Square) 為基礎之相關量數，其公式如下 (Rees, 2008)：

$$V = \sqrt{x^2 / (N)(\text{minmum of } r - 1, c - 1)}$$

上述公式中， $x^2$  為卡方值，而  $N$  為總數， $\text{minmum of } r - 1, c - 1$  為行數列減 1 或者列數列減 1 這兩者之間較小者，得出的  $V$  值是介於 0 至 1 中間變化，具有相對之意義，即數值愈大者，表示相關程度也愈高。關係強弱之意義可用下表 3-3 解釋，該原則是經過研究與操作約定而成，與其他相關數量有嚴格數學上的意義不同。

表 3-3 Cramer's V 相關量數與解釋變相間強弱關係

數值	相關關係強弱程度
0.00-0.10	弱
0.11-0.30	中
0.30 以上	強

Cramer's V 相關分析在本研究使用上在於確立該影響因子與景觀變遷上之關係程度。首先先將兩期分類與網格化完成之土地利用圖檔資料輸入 IDRISI 地理資訊軟體當中，接著將單獨輸入先前分別建立之影響因子圖檔資料，計算過去兩個年期景觀變遷中與該影響因子之相關程度，之後將其具有相關程度之影響因子列入動態模型考量當中，並以相關程度之數值轉換為權重係數。

#### 肆、 土地發展潛能評估

當將各類影響因子 Fuzzy 標準化以及權重係數訂定之後，則將以多準則評估進行評估，計算之後得出不同影響因子疊合之後之土地發展潛能圖 (transition potential maps)。

本研究將使用多準則評估中權重線性組合 (WLC)，權重線性組合法是最常用來合併重疊數據的程序，該程序中將每個標準化的影響因子與其相對的權重相乘，之後將其加總，除以因子的個數而得出。計算出每個網格單元該類的權重平均，再與以布林運算出的限制條件圖像相乘，即得出最終結果圖像，該圖像即用於 CA-Markov 過程中之土地發展潛能中。權重線性組合法相對於布林運算計算的限制條件圖面，提供了更大的靈活性，以及充分折中權衡 (tradeoff) 平均其風險，如下圖 3-5 所示 (劉光等，2003)。

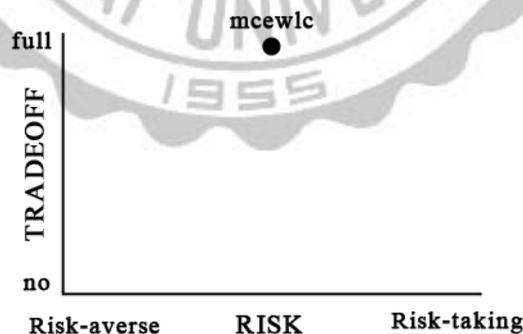


圖 3-5 WLC 在權衡與風險中位置圖 (轉繪自 Eastman, 2009)

在權重線性組合法中必須設置限制條件與影響因子，限制條件為二值化數值 0 與 1，因此不用設定各限制條件之間的權重，而在影響因子部份即必須以上述相關分析結果給予各影響因子計算過程中之權重係數。

## 伍、 CA-Markov

將圖檔資料與影響因子資料建置，以權重線性組合法得到最終土地發展潛能圖之後，將進入 CA-Markov 模型中運作，在 CA-Markov 模型中可分為三部分，包括了以馬可夫鍊計算土地利用需求量、細胞自動機設定、預測結果檢驗。

### 一、馬可夫鍊計算土地利用需求量

馬可夫鍊 (markov chain) 為基礎之細胞自動機模型中，馬可夫鍊之目的是以過去兩年期之土地利用狀況進行計算，得出前一期土地利用至後一期土地利用之各類土地轉移機率矩陣 (transition probability matrix) 以及轉移面積矩陣 (transition area matrix)，以供細胞自動機 (cellular automata) 計算模擬未來各類土地轉變面積空間需求量之依據，以彌補細胞自動機本身對土地空間需求量方面不足之處，公式如下：

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{1l} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ P_{nl} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

公式中  $P_{nl}$  表示  $n$  種土地利用轉變為  $l$  種土地利用之機率，亦即前期土地  $n$  轉變為這期土地  $l$  之轉移機率。實證研究當中，將以本研究分為 8 種類型之土地利用資料，進入 IDRISI 軟體中進行馬可夫鍊分析，分析 1995 年至 2006 年，這 8 種土地利用在這兩年期 (11 年間) 當中各類土地利用之轉移情形，並得出轉移機率面積供後續模型計算使用。

### 二、細胞自動機設定

細胞自動機模型設定上包括了細胞型態決定、細胞演化規則以及細胞自動體中的空間濾波 (spatial filter) 之決定，下列將分別說明。

首先為細胞型態之決定，本研究設定細胞型態為以上述將資料網格化之方正網格，這樣的考量是基於方正網格之細胞模型與網格式 GIS 資料結構相同，便於未來規劃與設計者參考架構使用 (White et al., 2003)。而網格大小則考量了地圖準確性與土地利用資料調查單位，本研究以 10×10 公尺做

為基本網格劃分。細胞演化規則是依據上述以 Cramer's V 計算相關係數與換算權重，接著多準則評估當中之線性權重組合法計算而出的土地發展潛能。接著是細胞與鄰近細胞範圍之界定，細胞演化規則除了依據土地發展潛能圖之外，細胞與周圍鄰近細胞之相互影響之關係亦為重要，亦即空間濾波之設定，當空間濾波設定一範圍之後，在該範圍內，如果細胞鄰近較多相同種類細胞時，其潛力分數會往上提升，反之，在該範圍內相同種類細胞數量較少時，則潛力會隨之下降。在 IDRISI 地理資訊軟體當中，初始設定為 5×5 網格空間濾波（如下圖 3-6），Eastman（2009）表示多數情況下該設定會計算出較好之結果，並與現實狀況相符，本研究考量該情況以及電腦計算效率將採用該方式細胞與鄰近細胞之定義。

0	0	1	0	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0
0	0	1	0	0

圖 3-6 5×5 網格空間濾波示意圖

### 三、預測結果檢驗

當模型計算結束將會得到預測之土地利用圖，接著本研究將會對預測結果進行檢驗，確保模型預測結果具有良好的解釋性與準確性，並且本研究將會以不同影響因子的設定，探討不同設定對於模型預測結果之影響，本研究將以 Kappa 系列指數探討模型預測結果精準度評估。

Monserud 等（1992）對土地變遷圖像的交叉分析表格進行誤差分析，之後衍生 Kappa 系列指數用來評估遙感數據地圖分類精準度，以及分析土地變遷圖像的差異性與一致性。基本 Kappa 指標公式 3-2 如下（Cohen，1960）：

$$\text{Kappa} = (P_o - P_c) / (P_p - P_c) \quad (3-2)$$

$$P_o = \sum_{j=1}^J P_{jj} \quad P_c = \sum_{j=1}^J (R_j \times S_j) \quad P_p = \sum_{j=1}^J \text{MIN}(R_j \times S_j)$$

公式 3-2 中  $P_o$  代表兩期地景變遷圖像中一致部份的百分比，亦即觀察值正確率； $P_c$  為兩期地景變遷圖偶然機率下期望值正確率； $P_p$  為兩個地景變遷圖像的一致程度，亦即完全正確率， $j(j=1,2,\dots,J)$  表示土地利用分類有  $J$  個類型。而如果兩期地景變遷圖像完全符合，則  $Kappa=1$ ；而如果  $Kappa \geq 0.75$ ，則兩期地景變遷圖像一致性較高，誤差較小；而  $Kappa \leq 0.40$  時，則表示一致性較低，誤差較大。

Pontius 等 (2002) 根據模擬結果誤差對 Kappa 係數進行分析，使能夠計算數量誤差 (quantity error) 與位置誤差 (location error)。在地景變遷圖像比較中，保持地景類型數量可分為：無能力維持數量 ( $N_Q$ )、中等能力維持數量 ( $M_Q$ )、以及完全維持數量 ( $P_Q$ )；而位置亦可分為無能力維持位置 ( $N_L$ )、中等能力維持位置 ( $M_L$ )、與完全維持數量 ( $P_L$ )，亦即  $N_L$  表示了無法確定土地利用類型的位置，各土地利用類型在空間上是隨機分佈的，而  $P_L$  表示兩期土地利用類型位置完全符合，而  $M_L$  即是處於這兩者之間。以此導出 Kappa 系列指數包括標準 Kappa 係數 ( $K_{standard}$ )、隨機 Kappa 係數 ( $K_{no}$ )、位置 Kappa 係數 ( $K_{location}$ ) 與數量 Kappa 係數 ( $K_{quantity}$ )，其解釋與公式如下表 3-4。本研究將以 Kappa 系列指數評估預測模型之精準度，先以 1995 年土地利用圖資為基礎，模擬預測 2006 年土地利用之情況，並與實際土地利用與模擬預測圖資進行比較，如預測結果顯示良好，再以 2006 年圖資為基礎，進行模擬預測 2018 年變遷之狀況。

表 3-4 Kappa 系列指數公式與定義

	$K_{standard}$	$K_{no}$	$K_{location}$	$K_{quantity}$
公式	$\frac{P_o - M_Q N_L}{1 - M_Q N_L}$	$\frac{P_o - N_Q N_L}{1 - N_Q N_L}$	$\frac{P_o - M_Q N_L}{M_Q P_L - M_Q N_L}$	$\frac{P_o - N_Q M_L}{P_Q M_L - N_Q M_L}$
解釋	以 $M_Q N_L$ 為期望值評估， $M_Q N_L$ 表示比較圖像中有中等維持數量，而沒有維持空間位置的能力。	以 $N_Q N_L$ 為期望值進行評估， $N_Q N_L$ 表示圖像中沒有維持數量並且沒有維持空間位置的能力。	以 $M_Q N_L$ 為期望值， $M_Q P_L$ 做為真實值，用於評估空間位置之能力。	以 $N_Q M_L$ 為期望值， $P_Q M_L$ 做為真實值，用於評估數量之能力。

表格來源：整理自 Pontius, 2002

#### 第四節、 深度訪談與調查計畫

有鑒於景觀變遷影響因素包含了眾多自然因素與社經因素，本研究以訪談實證基地埔里鎮之在地居民，輔助解釋動態模型的設定與模擬結果是否恰當及其原因，以供進一步了解與探討。

##### 壹、 深度訪談

訪談是從人們身上蒐集資訊常用之方法，在任何兩者或者兩者以上人與人之間有特定目的的互動，此即稱為訪談。訪談以其「結構」可分為三大類型，非結構式訪談、結構式訪談與半結構式訪談，非結構式訪談內容與結構方面是較自由的，訪問者可自由的安排內容以及結構之順序，其中亦可自由的對於受訪者解釋與表達其提問；結構式訪談則是研究者事先準備好一組訪談大綱，依造該大綱順序與結構進行訪談；半結構式訪談則介於兩者之間，研究者在訪談前依照研究目的擬訂訪談大綱，但在訪談中間可依照受訪者的回答以及當時情境自由的決定訪問之順序，並且可對於實際狀況對於問題做彈性調整（潘中道等，2010）。

上述三種類型訪談皆有其優缺點，依據研究之動機與目的，景觀變遷影響因素眾多，本研究希望藉由訪談得到當地居民不同的觀點藉以探討動態模型設定與模擬結果。根據潘淑滿（2003）指出半結構式訪談的三項優點，考量本研究所需適合以半結構式訪談進行，因此，本研究欲使用半結構式訪談。其對照於三項優點原因如下。

- 一、「對特定議題採取較為開放的態度來進行資料收集時，研究者運用半結構式訪談經常可以得到意外的收穫。」本研究所探討景觀變遷影響因素該特定議題，無法以研究者單方面於訪談前全部釐清，故以半結構式訪談可在訪談期望在訪談中得到更多資訊。
- 二、「第受訪者訪談過程受到的限制較少，往往會採取較開放的態度來反覆思考自己的經驗。」因景觀變遷影響因素需受訪者在問答中思考過去經驗，亦符合半結構式訪談該項優點。

三、「當研究動機是要深入了解個人生活經驗或將訪談資料進行比較時，半結構式訪談可說是非常適合運用的方式。」本研究訪談內容必須與研究模型設定內容與模擬結果進行比較，適合以半結構式訪談進行。

## 貳、 調查計畫

### 一、訪談對象

景觀變遷是長久累積下各影響因素所造成，故應針對埔里鎮當地耆老進行訪談，另外考量本研究使用圖資為 1995 至 2006 年做基礎資料，因此本研究所設定之訪談對象必須為居住於埔里鎮 20 年以上。本研究除訪談對象居住時間外，另外亦考量對於埔里鎮土地使用、生態環境或者觀光發展上有一定程度上了解之人選，擬定之訪談名單包括議員、里長、埔里鎮地政處人員、大埔里地區觀光發展協會成員、新故鄉人文基金會成員，訪談對象整理如下表 3-5。

表 3-5 訪談對象整理表（以居住時間排序）

姓名	職稱	居住時間
羅清富	一新里里長	70 年以上
羅寅雄	廣成里里長	70 年以上
陳義正	前清新里里長	70 年以上
陳進萬	前北門里里長	58 年
朱柏勳	大埔里地區觀光發展協會總幹事	53 年
廖志城	議員	50 年
何禎祥	埔里鎮公所地政處測量人員	40 年以上
李志成	中信房屋店長	31 年
何貞青	新故鄉人文基金會成員	20 年以上

### 二、訪談流程

本研究訪談流程首先根據動態模型設計與模擬結果製作訪談大綱，接著擬定訪談名單，寄發信件與大綱，使受訪者接受訪談時有其心理準備，確認訪談時間與地點後接著進行深度訪談，而當中會在經過受訪者同意之情況下進行錄音，以便訪談後之資料建檔與分析，最後將訪談結果配合動態模型結果進行解釋與探討。

## 第五節、 景觀格局分析

在 CA-Markov 模擬預測完成後，下一步將以景觀指數對於預測結果進行分析，以結果數據配合景觀生態學概念對實證地區發展提出建議與改善。本節將介紹本研究景觀指數選擇的概念與該指數方程式之計算。

### 壹、 景觀指數層級

景觀指數主要分為四個層級：網格層級 (cell level)、嵌塊體層級 (patch level)、類別層級 (class level) 與景觀層級 (landscape level)。於文獻回顧中了解到每個景觀指數對應到不同的層級將會有不同的詮釋，例如嵌塊體面積於嵌塊體層級中只能視為描述嵌塊體大小的狀況，而在類別層級中嵌塊體面積如與數量一起解讀，可被視為破碎化的重要指標，而在景觀層級中這樣的情況則是景觀總體的異質性。從上述也可整理出嵌塊體層級主要是對於各別嵌塊體的描述，較不被直接應用；類別層級大多指數都可被視為破碎化的重要指標；景觀層級則是廣義解釋為景觀異質性 (landscape heterogeneity) 指標 (吳振發等，2011)。

本研究之目的，景觀指數分析所得到的數據將是回饋於土地規劃上檢討與改善，Sorrell (1998) 指出棲地喪失以及破碎化對於生物多樣性是最大的威脅，而本研究亦是探討都市化過程對於生態上造成之問題。依據上述研究目的與景觀層級的詮釋，類別層級 (class level) 中多數指數被視為破碎化重要指標，因此，本研究在指數層級選擇上將以類別層級為主，下列則介紹景觀指數之選用。

### 貳、 景觀指數選用

在一規劃或者研究中要使用所有景觀指數是相當困難的，因為有相當多種類的景觀指數，且事實上多個景觀指數是相關的，故必須依據研究需要而簡化選擇景觀指數。本研究根據上述景觀指數層級選擇，以過去文獻回顧中吳振發等 (2011) 提出的 10 項核心景觀指數為主，考量 Aguilera (2011) 提出所提出支持空間規劃為考量之景觀指數，故選擇了 6 項景觀指數做為預測模擬結果之評估。

## 一、景觀百分比 (Proportion of Landscape, PLAND)

(一) 概念：PLAND 表示一類土地覆蓋的景觀組成百分比，其計算是由類別面積比 (Class Area Proportion, CAP) 乘以 100 所得，這兩者概念完全相同，選用則視研究者喜好，PLAND 是描述一景觀結構的基礎面向，與其餘景觀指數互相搭配，應用上有相當的廣度。

(二) 公式： $PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$  (3-3)

(三) 說明： $P_i$  為類別景觀百分比， $a_{ij}$  等於  $ij$  嵌塊體的面積 ( $m^2$ )， $A$  為景觀總面積 ( $m^2$ )，值域範圍為 0 至 100，單位：無 (比例)。

## 二、嵌塊體數量 (Patch Number, PN)

(一) 概念：PN 係指嵌塊體的總數量，與嵌塊體密度 (Patch Density, PD) 有相同的效能。在景觀變遷過程中 PN 可用來解釋破碎化這一部份之面向，對於景觀變遷中生態過程變化相當重要。

(二) 公式： $PN = \sum_{i=1}^n P_i$  (3-4)

(三) 說明： $P_i$  表示  $i$  類型的嵌塊體，值域範圍為 1 至無上限 (視研究資料網格的總數)，單位：無。

## 三、平均嵌塊體大小 (Mean Patch Size, AREA\_MN)

(一) 概念：AREA\_MN 表示特定土地覆蓋類型嵌塊體的平均大小。根據 McGarigal 等 (1995) 指出，在進行景觀分析中，嵌塊體面積是重要的訊息之一，AREA\_MN 可做為景觀功能之評估，例如做為評估破碎化情形的指標。

(二) 公式： $AREA\_MN = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}$  (3-5)

(三) 說明： $a_{ij}$  等於嵌塊體  $ij$  之面積 ( $m^2$ )， $n_i$  為  $i$  種分類中嵌塊體數量，單位：公頃。

#### 四、平均形狀指數 (Mean Shape, SHAPE\_MN)

- (一) 概念：SHAPE 是用來測量嵌塊體複雜度之指標，是指標計算中重要的幾何資訊，由於嵌塊體形狀將是影響生態特性上的重要因素之一，因此藉由 SHAPE 可以此了解景觀如何作用。

(二) 公式：
$$SHAPE\_MN = \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij} / \min p_{ij}}{n_i} \quad (3-6)$$

- (三) 說明： $n_i$  表示第  $i$  種土地類別嵌塊體數量， $p_{ij}$  為塊區  $ij$  的周長， $\min p_{ij}$  為依據網格邊緣數量計算所得之塊區  $ij$  之最小週長，值域範圍為 1 至無上限，單位：無。

#### 五、旋轉半徑指數 (GYRATE)

- (一) 概念：GYRATE 表示一嵌塊體當中每個網格與中心點的平均距離。在類別層級中 GYRATE 可被視為測量景觀連接性的方法，用以衡量嵌塊體中有機體可穿越景觀的能力。

(二) 公式：
$$GYRATE = \sum_{r=1}^{z'} \frac{h_{ijr}}{z} \quad (3-7)$$

- (三) 說明： $h_{ijr}$  為網格單元  $ijr$  到嵌塊體  $ij$  中心點的距離 (m)， $z$  為嵌塊體  $ij$  中網格單元數量，值域範圍  $\geq 0$  至無上限，單位：公尺。

#### 六、平均幾何最鄰近距離 (Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance, ENN\_MN)

- (一) 概念：ENN 為同一種土地覆蓋類型的嵌塊體之間最短的幾何距離，ENN 可以表示其嵌塊體相對位置與排列等，對於空間分佈的描述相當有用。

(二) 公式：
$$ENN\_MN = \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n_i} \quad (3-8)$$

- (三) 說明： $h_{ij}$  等於特定嵌塊體  $j$  同一種土地利用類型  $i$  的最鄰近嵌塊體距離，其依據是以嵌塊體邊緣至邊緣的最短距離 (McGarigal 等, 1995)，值域為  $\geq 0$  至無上限，單位：公尺。



## 第四章 實證研究與結果討論

### 第一節、 實證基地概述與資料建置

#### 壹、 基地概述

本研究目地在於運用 CA-Markov 模型與景觀生態學理論對於景觀變遷進行探討，在基地選擇的考量上，首先考量其景觀變化呈穩定變遷趨勢，以及具有完整圖資，再者基地內應具有各類土地使用類型，且保有良好的生態環境，以可對當前狀況進行景觀變遷與生態環境之評估。

綜合上述本研究基地設定為埔里鎮，埔里鎮隸屬於南投縣，位於台灣地理中心(見圖 4-1)，地形上四面環山屬盆地地形，受其外力影響干擾較小(吳振發，2011)。而近期埔里由於工商業與農業經濟發展，促使道路的開闢，市區的範圍擴大，由政府所主導之計劃下，塑造埔里鎮成為地方生活圈的嶄新面貌，並朝著休憩、觀光、文化、藝術、宗教多目標的發展導向，並期許埔里鎮民在往後可繼續維護自然生態，保有清新的環境，並繼續不斷的再現生機，開創嶄新的未來，讓下一代得以一樣的擁有埔里傲人的自然景觀與人文資產(埔里鎮公所，2011)。由過去政府資料與綜合發展計畫來看，可整理出對於埔里鎮未來發展定位多著重於休憩、觀光、以及繼續維持良好生態，但目前這樣的發展下，對於整個景觀變遷與生態之具體影響為何，本研究將透過動態模擬與景觀指數進行探討與分析。

埔里鎮座標位置於  $23.973875^{\circ}\text{N}/ 120.982024^{\circ}\text{E}$ ，海拔高度約 380 公尺至 700 公尺之間，因地理位置與地勢關係，埔里鎮冬天不嚴寒，夏天不酷熱，雨量豐富、雲霧多、濕度大蒸發量小，沒有強風，是一個氣候宜人的鄉鎮，因而有「小洛陽」的稱譽。全鎮面積約 162.23 平方公里，丘陵地站埔里總面積 74%，平坦盆地則占 26%。人口約 86000 多人，總共 23417 戶，行政轄區共分為 33 里，屬一個中型的鄉鎮，鎮內人文產業豐富，包括了製酒、花卉、漆業以及造紙皆為埔里鎮特殊產業。

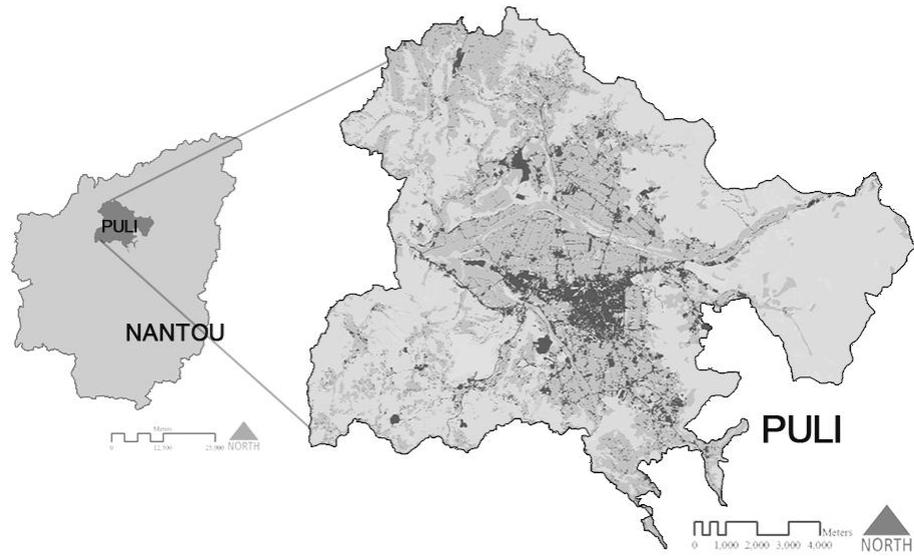


圖 4-1 南投縣埔里鎮區位圖

## 貳、 基地資料建置與分析

### 一、 土地利用資料

本研究採用內政部國土測繪中心於1995年與2006年之國土利用調查成果數值資料檔，並將土地利用分類依照上章節所提，以 GIS 將土地利用分類整理為農業用地、森林用地、交通用地、水體、建成地、草生地、裸露地與其他用地等 8 類（見表 3-1，圖 4-2，4-3）。

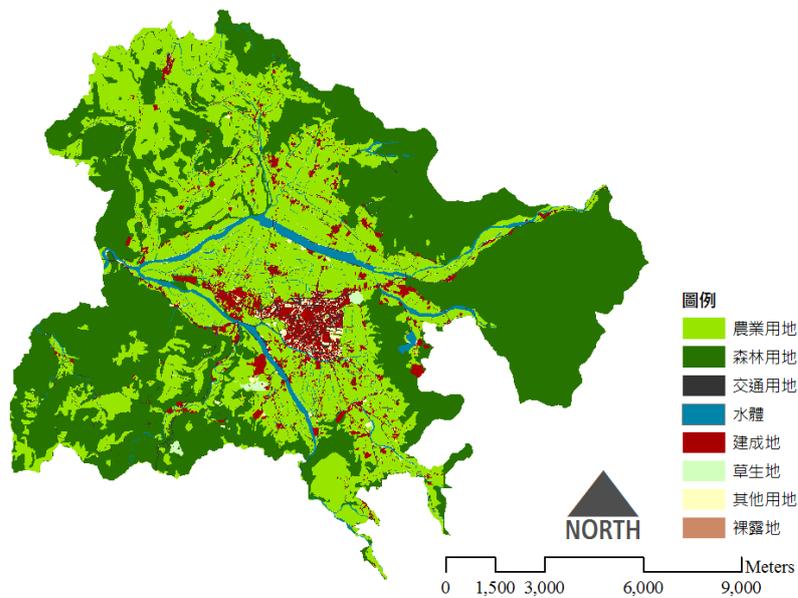


圖 4-2 1995 年埔里鎮土地利用圖

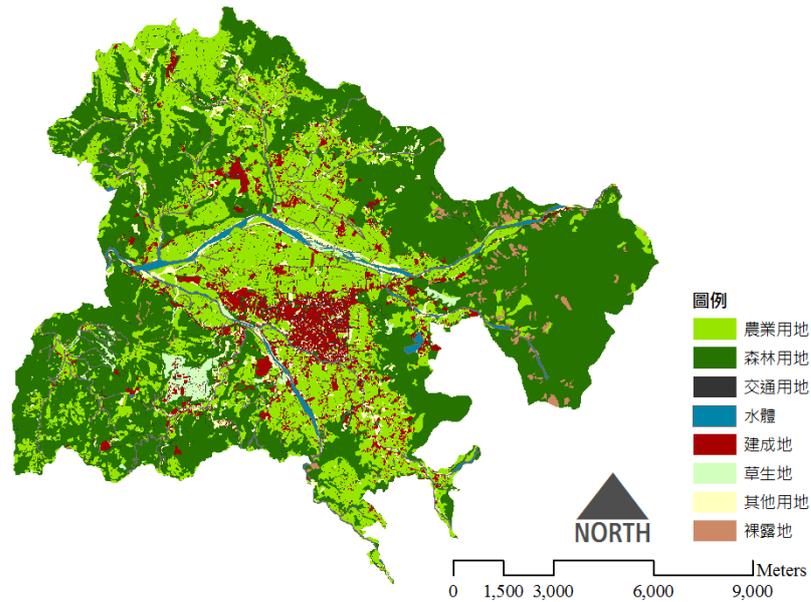


圖 4-3 2006 年埔里鎮土地利用圖

在拿到內政部國土測繪數值檔之後，本研究以現況航空照片圖進行比對，其中因為國立暨南大學校地位於埔里鎮內，校地占地廣大，在國土利用調查資料內將校地整區劃分為建成地，但這樣的劃分與實際狀況差別甚大，對於未來在土地利用變化量以及景觀指標計算結果上會造成過大的差異，因此，在這部分本研究以 1/1000 航空照片圖為基礎，重新描繪 2006 年暨南大學校地內土地利用狀況，以減少未來計算上差異影響，如下圖 4-4 所示。

1995年國土測繪

本研究重新描繪

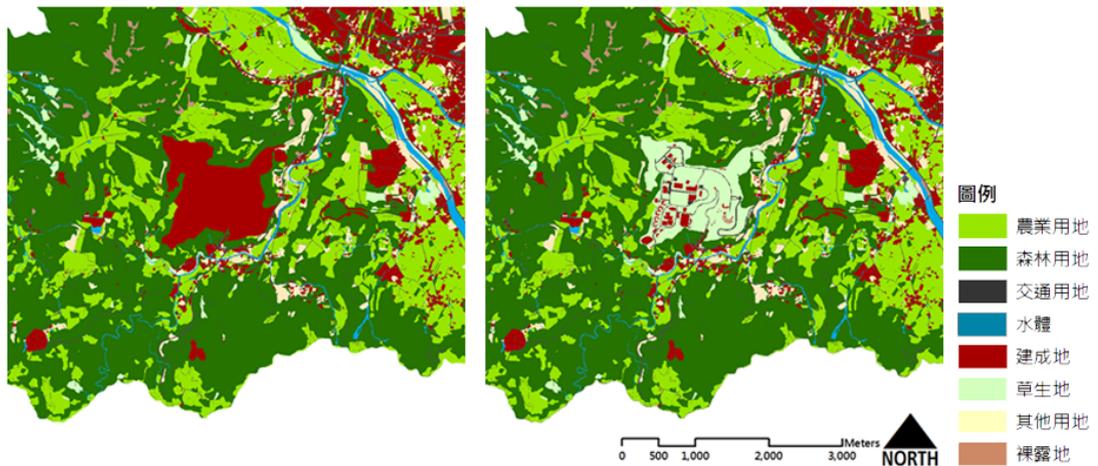


圖 4-4 暨南大學校地重新描繪

## 二、土地利用變化量分析

將 1995 年與 2006 年兩年期土地利用資料重新整理歸類後，本研究將分類後之後的 8 類土地利用，以 GIS 中 Calculate Geometry 進行面積初步計算，藉以了解南投縣埔里鎮在這 11 年間各類土地利用變化大致狀況為何。計算結果顯示，從 1995 年至 2006 年土地利用面積下降的部份有農業用地面積從 66.07 下降至 55.9 平方公里，下降比例 15.39%，水體面積從 5.53 降至 4.17 平方公里，下降比例達 24.59%，森林用地面積則從 87.01 下降至 85.58 平方公里，下降比例為 1.64%；而土地利用類型面積上升最多為其他用地，面積從 1.06 上升至 5.79 平方公里，上升比例最高，接著為建成地，由 7.67 上升至 10.77 平方公里，上升比例 40.42% 為次高，之後為草生地由 0.52 上升至 2.50 平方公里，裸露地由 1995 年無裸露地至 2006 年裸露地面積達 1.84 平方公里，以及交通用地也從 3.57 上升至 5.05 平方公里（圖 4-5）。

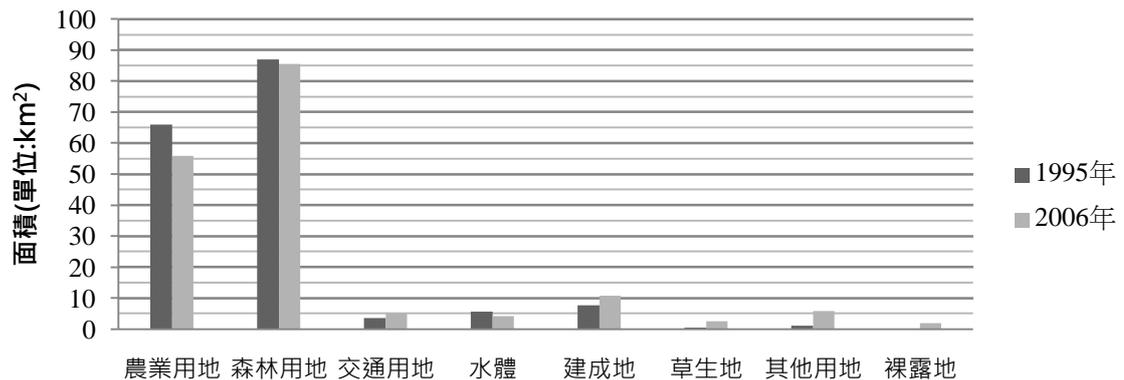


圖 4-5 1995 年至 2006 年埔里鎮各類土地利用面積直條圖

從各類土地利用面積數據來看，可看見埔里鎮在 1995 至 2006 年間確實顯示了人為開發增加的情形（其他用地、建成地與交通用地面積上升），這樣的變化為典型都市化過程所呈現之數據，表示景觀正受到改變，故探討埔里鎮景觀變遷對於當地環境之影響有其必要。但單由面積數據來看，並不能了解到各類土地利用類型的景觀組成與配置，以及未來整體發展趨勢，對於地方建議與改善難以提出具體建議，故本研究後續將以動態模擬與景觀指數做進一步探討與分析。

### 三、景觀變遷影響因子圖資建置

進行 CA-Markov 模擬，除需要上述兩年期之土地利用圖檔資料，亦必須建置景觀變遷影響因子圖資。在景觀變遷影響因子中限制因子部份有坡度大於 30% 以上、現有建成地、現有水體地區以及現有道路，影響因子部分包括了現有建物可及性、現有道路可及性、市中心可及性、觀光景點可及性、政府機關可及性、人口成長率等。

#### (一) 限制因子圖資建置

限制因子圖檔資料的數值是以布林運算計算而得，是在土地利用中最常見之方法。限制因子是將分析限制的特定區域進行布林運算，限制因子的數值為二值，即布林運算之結果 0 與 1，其數值對於計算而言，0 為禁止開發地區，1 為開放開發地區。因數值為 0 與 1，因此經過布林運算之後，不管最後使用何種方式進行合併評估（相乘計算分析），最終結果始終為二值。

限制因子建置部份是依據現有資料檔案以軟體分類計算而得，坡度部份以 30% 以上為禁止開發是依照建築技術規則建築設計施工編中所規定而制訂。坡度計算是使用等高線資料，以軟體 ArcMap 的 3D Analyst 工具中 Surface Analyst 的 Slop 分析而得，計算出坡度之後將該.shp 檔案格式以 IDRISI Taiga 轉換為 IDRISI 所支援之.rst 檔案格式，再以 Database Query 中 Reclass 工具將坡度 30% 以下與以上分為兩類，接著進行布林運算得出結果（見附錄二）。而現有建成地、現有水體地區以及現有道路則是以當年土地利用圖資，與上述相同方式以 IDRISI Taiga 中 Reclass 工具分類而得。本研究動態模擬預測部分是先以 1995 年為基礎預測 2006 年景觀變遷狀況，接著與 2006 年實際結果比較之後如模擬結果準確度佳，再以 2006 年為基礎預測 2017 年景觀變遷狀況。因此，限制因子中現有建成地、現有水體地區以及現有道路必須依照 1995 年現況與 2006 年現況有所不同，而坡度則不會因年份不同而有所改變。將所有因子製作完成後，以空間多準則評估（Multi-Criteria Evaluation, MCE）疊合後如下圖 4-6。

1995 Landuse Constraints

2006 Landuse Constraints

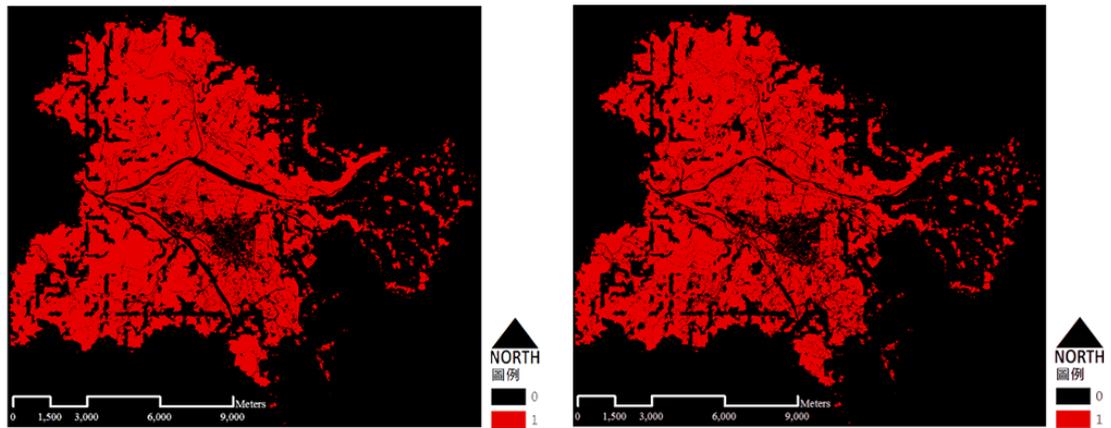


圖 4-6 1995 年(左)與 2006 年(右)限制因子疊合結果圖

## (二) 影響因子圖資建置

影響因子部份本研究依據過去相關研究建置了現有建物可及性、現有道路可及性、市中心可及性、觀光景點可及性、政府機關可及性、人口成長率等六項，而該六項與實證基地埔里鎮景觀變遷相關性則在後續以 Cramer's V 相關性分析加以探討。

影響因子除人口成長率之外，其餘五項影響因子皆與距離相關，處理方式是以 IDRISI Taiga 軟體內 Distance Operators 中 Distance 工具進行分析，可得出該項影響因子距離圖。現有建物與現有道路之位置是依照土地利用現況資料得到，而市中心則選擇埔里鎮公所所在位置做為中心點。觀光景點由於埔里鎮內包含了相當多處遊憩景點與商家，包括了公家機關與私人單位所管理之地點，選擇上並無法含括所有不同對象所認定的觀光景點，因此，本研究在選擇觀光景點的位置上是以南投縣觀光局所公佈埔里鎮觀光景點作為基礎資料，並以 GIS 地理資訊系統將該處標記並輸入屬性資料，共計 23 處觀光景點（見表 4-1）。另外，因為居民選擇生活以及開發地區皆會考量到生活機能之便利，這也是景觀變遷中影響因子的一部份，因此本研究影響因子亦包括了政府機關可及性，其政府機關點位包括了埔里鎮公所、埔里鎮戶政事務所與埔里鎮地政事務所等當地政府機關，以及埔里鎮內 14 所國小、3 所國中、2 所高中職與 1 所大專院校，與 11 處金融機構位置。

表 4-1 埔里鎮 23 處觀光景點

埔里酒廠	觀音瀑布	錦吉昆蟲館
桃米生態村	仁愛公園	台灣地理中心碑
暨南國際大學	牛耳石雕公園	彩蝶瀑布
植物標本園	赤崁頂農場	鯉魚潭
源野號標本館	安和高爾夫球場	廣興紙寮
木生昆蟲館蜈蚣窟	雲巖山寺	造紙龍手創館
楓香群公園	廣福宮	中台禪寺
台一生態教育園區	醒靈寺	

資料來源：本研究整理

人口成長率資料是以埔里鎮 33 里為單位資料，由埔里鎮戶政事務所所提供人口統計資料計算而得。配合本研究土地利用圖檔資料年期為 1995 年與 2006 年，因此人口數量資料亦以 1995 年至 2006 年資料來計算。從埔里鎮 1995 至 2006 年人口統計中（圖 4-7）可以看到埔里鎮於 1995 年人口總數 87,362 人至 1998 年人口數是逐年增加至 88,271 人，但從 1998 年之後人口數逐年皆為減少，直至 2006 年人口數量為 86,684 人，可見埔里鎮目前面臨著人口流失之問題。而以村里界人口成長率計算來看並不是各里人口皆呈現減少趨勢，如北梅里人口成長率達 31.10% 為最高，次高為溪南里的 25.86%，接著為枇杷里的 19.29%，而人口成長率最低的為薰化里-27.04%，次低為南門里-19.73%。經過計算埔里鎮 33 里當中有 12 里人口數量是增加的，但有 21 里人口數量趨向減少。輸入上述計算完成之資料至 GIS 中，再以 IDRISI 軟體將檔案格式轉換，即完成人口成長率影響因子之圖資，而人口成長與景觀變遷之相關探討將於後續討論。

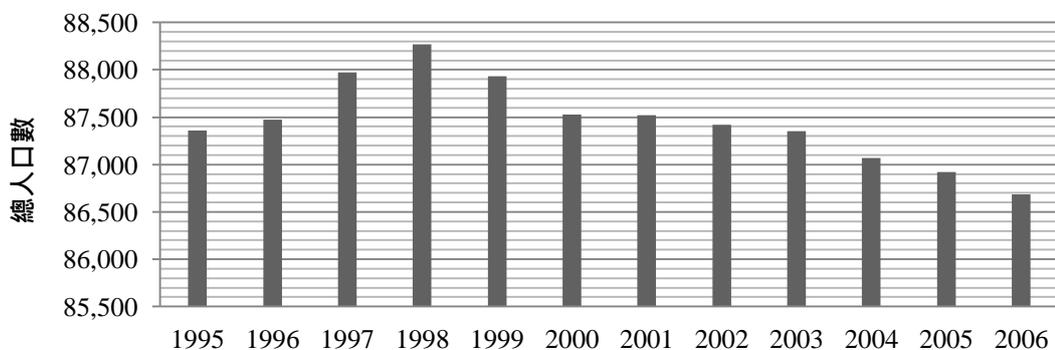


圖 4-7 埔里鎮 1995 年至 2006 年人口總數統計直條圖

## 第二節、 CA-Markov 模型預測

根據前述基本資料後，依照操作流程從馬可夫鍊分析得出轉移機率矩陣與轉移面積矩陣，接著以前述景觀變遷影響因子圖資進行 Cramer's V 相關分析以換算權重，之後進行 CA-Markov 模型預測，本研究將在此步驟重覆檢驗不同景觀變遷影響因子設定對於模型預測結果之影響，並且配合深度訪談以針對預測過程與結果進行討論。

### 壹、 馬可夫鍊分析

本研究利用 1995 年與 2006 年兩年土地利用資料，將土地利用分類重新分類為 8 大類，分別為農業用地、森林用地、交通用地、水體、建成地、草生地、其他用地以及裸露地，並轉換為 10×10m 的網格資料，利用 IDRISI 軟體當中 Chang/Time Series 的 Markov Model 進行馬可夫鍊分析，以求得這兩年期 11 年間這 8 類土地利用的轉移機率與轉移面積矩陣(見表 4-2,4-3)，這代表著埔里鎮在最初網格內的土地利用狀態，經過 11 年之後該網格轉換為另一種土地利用狀態的機率為何，轉移面積矩陣也將被後續 CA-Markov 模型預測時做為土地利用空間分派機率的參考依據。

由馬可夫鍊計算之後埔里鎮 1995 年至 2006 年土地利用轉移機率如下表 4-2。由表可得知埔里鎮各類土地維持本身的機率皆為最高，而農業用地部份，農業用地轉換為森林用地的機率最高為(0.2234)，次高為建成地(0.0751)，接著為其他用地(0.0641)；森林用地部分轉換為農業用地機率為(0.1799)最高，接著為草生地(0.0211)與其他用地(0.0196)；水體的部份轉移機率則為農業用地(0.2596)為最高，次高為其他用地(0.1204)；草生地部份轉移為森林用地機率最高(0.5606)，次高為建成地(0.1555)。

表 4-2 埔里鎮 1995 至 2006 年土地利用轉移機率

土地利用 類型	轉移機率							
	農業用地	森林用地	交通用地	水體	建成地	草生地	其他用地	裸露地
農業用地	0.5630	0.2234	0.0351	0.0198	0.0751	0.0188	0.0641	0.0007
森林用地	0.1799	0.7064	0.0145	0.0117	0.0112	0.0211	0.0196	0.0357
交通用地	0.1941	0.1395	0.3836	0.0255	0.1748	0.0180	0.0617	0.0029
水體	0.2596	0.0914	0.0588	0.3763	0.0249	0.0663	0.1204	0.0023

續上表 4-2 埔里鎮 1995 至 2006 年土地利用轉移機率

土地利用 類型	轉移機率							
	農業用地	森林用地	交通用地	水體	建成地	草地	其他用地	裸露地
建成地	0.1712	0.0950	0.0727	0.0038	0.5723	0.0050	0.0795	0.0006
草地	0.0889	0.5606	0.0492	0.0266	0.1555	0.0487	0.0703	0.0000
其他用地	0.1295	0.0829	0.0761	0.0033	0.4760	0.0339	0.1984	0.0000
裸露地	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000

註：網底表示同類型土地

表 4-3 埔里鎮 1995 至 2006 年土地利用轉移面積

土地利用 類型	轉移面積(網格數量)矩陣							
	農業用地	森林用地	交通用地	水體	建成地	草地	其他用地	裸露地
農業用地	314097	124655	19568	11041	41907	10475	35788	406
森林用地	153771	603772	12356	10007	9580	18043	16726	30479
交通用地	9588	6890	18947	1258	8633	891	3047	144
水體	10820	3808	2449	15681	1040	2763	5017	98
建成地	18371	10192	7805	406	61419	538	8536	61
草地	2216	13972	1227	662	3877	1214	1753	0
其他用地	7490	4798	4401	190	27537	1962	11475	0
裸露地	0	0	0	0	18455	0	0	0

註：網底表示同類型土地

## 貳、景觀變遷影響因子相關分析

進行 CA-Markov 模型預測時，必須將上述限制因子與影響因子利用空間多準則評估得出最終適宜性圖，做為模型運算時的演化規則。限制因子因只有二值（可開發與不可開發），因此不需特別設定權重參數，但影響因子部份因為是連續值，故必須先透過 Fuzzy 標準化過程標準其各項因子數值，再來設定其權重參數給予計算套疊，本研究為盡量避免人為主觀之影響，將以 Cramer's V 相關係數分析各影響因子之 Fuzzy 標準化設定與權重參數，進而以 CA-Markov 模型進行預測，進而檢討景觀變遷影響因子之關係。

Cramer's V 相關分析做法是先以 1995 年至 2006 年土地利用兩年期間景觀變遷為基礎，再將各影響因子 Fuzzy 標準化後之資料進入比對，結果將會顯示出該標準化後圖面之數值與景觀變遷的相關係數。本研究是將各影響因子標準化為 0 至 255 的字節尺度，Fuzzy 標準化中必須設定轉折點，過去

研究當中較少詳細描述其轉折點設定之標準，依據過去文獻建物可及性與道路可及性部份，有以 150 公尺做為 Fuzzy 標準化之數值（顧嘉安，2010），其代表意義即為建物可及性與道路可及性最遠影響距離為 150 公尺，而超過此距離因研究者認為對景觀變遷影響甚小，故 Fuzzy 標準化數值即是 0（適宜性最低）。而過去亦有文獻是不將轉折點設定一定的數值（Kamusoko et al., 2009；Mitsova et al., 2011），而是設定在基地最邊界地方，代表其影響範圍是從本身一直延伸到基地邊界，除基地範圍之外，並不會因為超過某距離而 Fuzzy 標準化數值為 0。

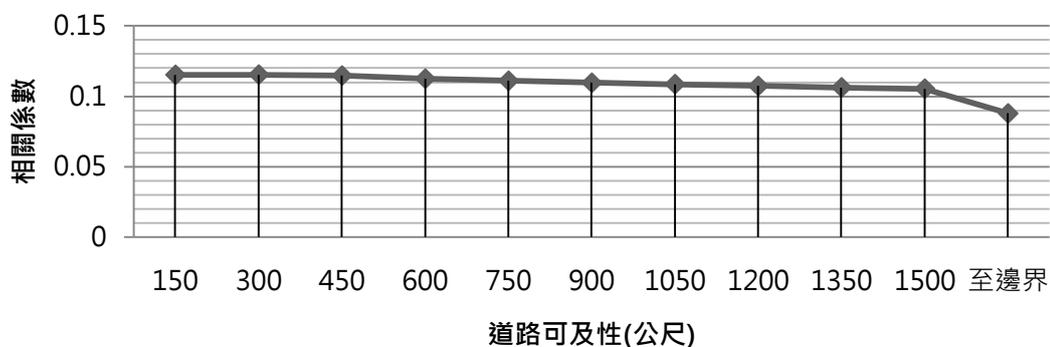
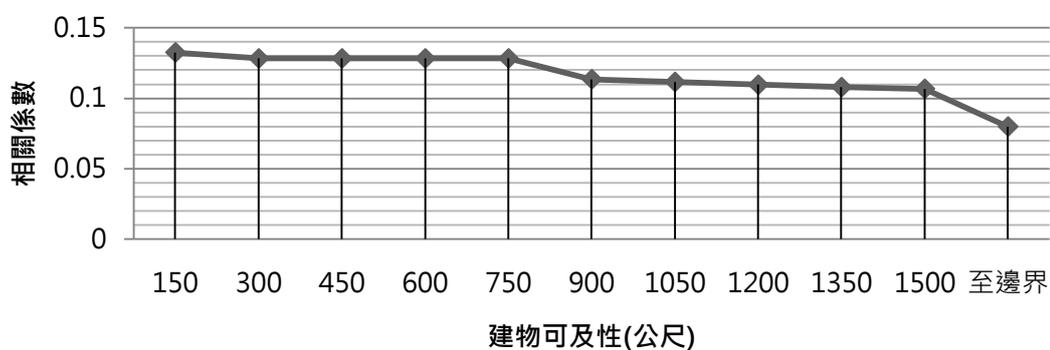
而本研究為探討各距離設定之不同，將 5 項影響因子以不同間距設定進行相關性分析如下表 4-4 與 4-5，由表可知 5 項影響因子其轉折點設定與埔里鎮 1995 年至 2006 年間景觀變遷之 Cramer's V 相關係數。而從折線圖 4-8 部份可看出各影響因子隨距離增加其相關係數變化之趨勢，建物可及性部份，隨著距離的增加，相關係數相對減少，可推測為景觀變遷上距現有建物愈近之區域變遷愈明顯；道路可及性部份除 300 公尺相關係數些微高於 150 公尺，其於也如建物可及性，距離愈遠其相關性愈低。而政府可機關可及性、觀光景點可及性與市中心可及性因影響範圍較大，表格中簡化為 10 組間距。政府機關可及性從 150 公尺至 3000 公尺中間相關性逐漸上升，而 3000 公尺之後相關性又逐漸下降；觀光景點可及性整體相關係數皆不高，其中 900 公尺時相關性為最高；市中心可及性則是距離愈遠相關性愈高。整體而言，這 5 項影響因子對於埔里鎮 1995 年至 2006 年土地利用兩年期期間景觀變遷所表現出來的相關性並不強，數值上多為弱相關，但過去研究當中，並無經過此步驟之檢驗而選擇研究所使用之影響因子，故過去文獻並沒有提及相關性高低與影響因子選擇標準之關係，故本研究將以此些數據做為參考依據，後續將以 CA-Markov 模型預測各類數值設定，再以 Kappa 值檢驗其預測結果，探討埔里鎮在動態模型預測當中其影響因子與景觀變遷之間關係。

表 4-4 影響因子 Cramer's V 相關係數表 1

Cramer's V 相關係數	距離 (m)	150	300	450	600	750	900
	建物可及性	0.1326	0.1283	0.1283	0.1283	0.1283	0.1135
	道路可及性	0.1318	0.1152	0.1154	0.1147	0.1125	0.1110
	距離 (m)	1050	1200	1350	1500	至邊界	
	建物可及性	0.1096	0.1079	0.1067	0.0799	0.1096	
道路可及性	0.1086	0.1073	0.1063	0.1054	0.0878		

表 4-5 影響因子 Cramer's V 相關係數表 2

Cramer's V 相關係數	距離 (m)	300	600	900	1200	1500	2000
	政府機關可及性	0.0873	0.0898	0.0914	0.092	0.0936	0.0976
	觀光景點可及性	0.0706	0.0736	0.0751	0.0747	0.0734	0.0705
	市中心可及性	0.0237	0.043	0.0591	0.0662	0.0701	0.0752
	距離 (m)	3000	4000	5000	至邊界		
政府機關可及性	0.1017	0.0999	0.0991	0.0916			
觀光景點可及性	0.0658	0.0626	0.0614	0.0589			
市中心可及性	0.0865	0.0957	0.0998	0.1036			



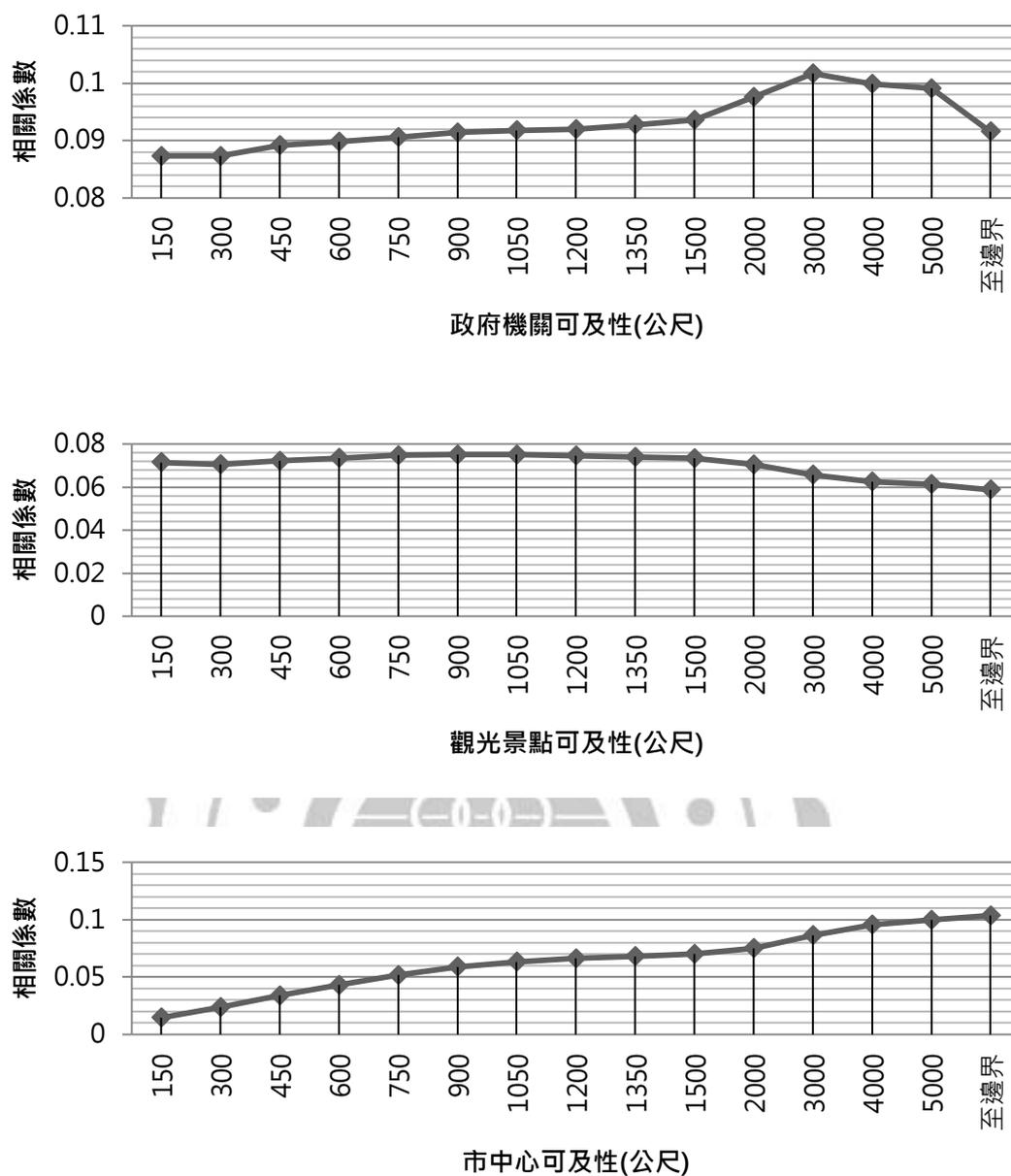


圖 4-8 影響因子與 Cramer's V 相關係數關係折線圖

### 參、 CA-Markov 模型預測與檢驗

CA-Markov 模型預測部分是先以 1995 年為基礎預測 2006 年景觀變遷狀況，並與實際狀況進行比對，以確認模型預測準確性。在 CA-Markov 動態模型中，馬可夫鍊 (Markov) 分析所得之轉移機率以及轉移面積兩者是以過去實際土地利用狀況而產生，故此數據資料並不會因研究目的與方法而有所改變，細胞自動體 (cellular automata) 分析時則需要轉變潛力地圖 (適宜圖) 的輸入，這部份因影響因子的設定與方法各研究有所不同，則會影響

動態模擬之結果。下列本研究將以上述相關性分析結果，先在各種不同方案下測試各種不同影響因子設置對模型預測結果之影響，找出模擬預測埔里鎮準確度與解釋性最佳之結果之後，進一步以該方案內容進行分析探討與模擬未來土地利用狀況。

## 一、影響因子設定測試

### (一) 測試一

設定內容：建物與道路可及性 150m，政府機關、觀光景點與市中心可及性 1500m，人口成長率，坡度限制，現有建物限制，現有道路限制，現有水體限制。測試一為參考過去文獻常用之設定內容，除限制條件不需決定其權重外，其於影響因子則以 Cramer's V 相關係數換算權重如下表 4-6。將上表影響因子與權重以及限制條件進行多準則評估，產生的轉變潛力圖如下圖 4-9。

表 4-6 測試一權重計算

影響因子	建物可及性		道路可及性		政府機關可及性	
	係數	權重	係數	權重	係數	權重
權重計算	0.1326	0.22	0.1152	0.19	0.0936	0.16
影響因子	觀光景點可及性		市中心可及性		人口成長率	
	係數	權重	係數	權重	係數	權重
權重計算	0.0734	0.12	0.0701	0.12	0.1125	0.19

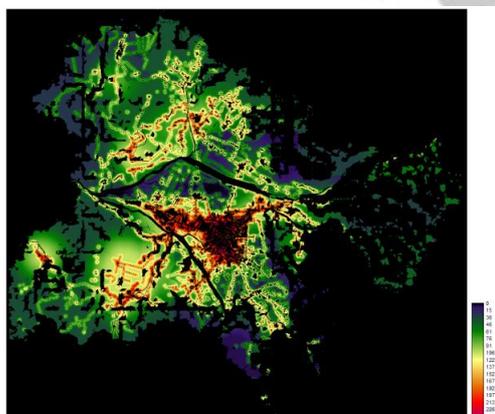


圖 4-9 測試一轉變潛力圖

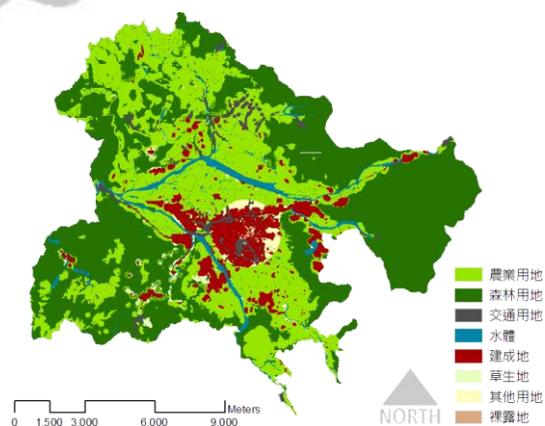


圖 4-10 測試一 2006 年土地利用模擬結果

將上述馬可夫鍊計算出的轉移面基矩陣與該轉變潛力圖放入 CA-Markov 分析中，以 1995 年土地利用為基礎，模擬 2006 年土地利用情況。模擬結果（上圖 4-10）與 2006 年實際土地利用對比與統計比較後 Kappa 係數達 0.8137，高於 0.75，顯示模擬成效已達一定水準。但此模擬的生成結果因為該影響因子的設定以最近距離為考量，所以適宜性多數集中於道路旁與市中心，而造成道路兩旁與市中心位置有大量變動。另外依照轉移面積矩陣所提供的空間需求量，其他用地面積為往上成長，而此方案變動又集中於市中心位置，而使其他用地在市中心週邊大量增長，其分佈狀況較不符合現實土地利用之情況。

## （二） 測試二

設定內容：建物可及性 150m，道路可及性 300m，政府機關可及性 3000m，觀光景點可及性 900m，市中心可及性至邊界，人口成長率，坡度限制，現有建物限制，現有道路限制，現有水體限制。測試二的設定內容與測試一不同之處為影響因子距離之設定，測試二是將各響因子透過 Cramer's V 相關分析後，取各影響因子相關性最高之距離最為設定基準。本研究藉此探討影響因子的距離設置是否會影響預測模擬結果準確性的改變。其權重計算如下表 4-7，經多準則評估後產生之轉變潛力圖如圖 4-11。

表 4-7 測試二權重計算

影響因子	建物可及性		道路可及性		政府機關可及性	
權重計算	係數	權重	係數	權重	係數	權重
	0.1326	0.21	0.1154	0.18	0.1017	0.16
影響因子	觀光景點可及性		市中心可及性		人口成長率	
權重計算	係數	權重	係數	權重	係數	權重
	0.0751	0.12	0.1036	0.16	0.1125	0.18

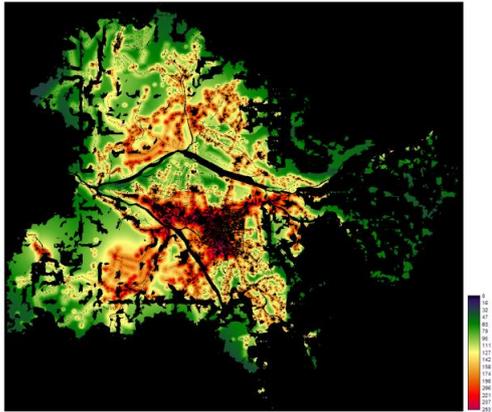


圖 4-11 測試二轉變潛力圖

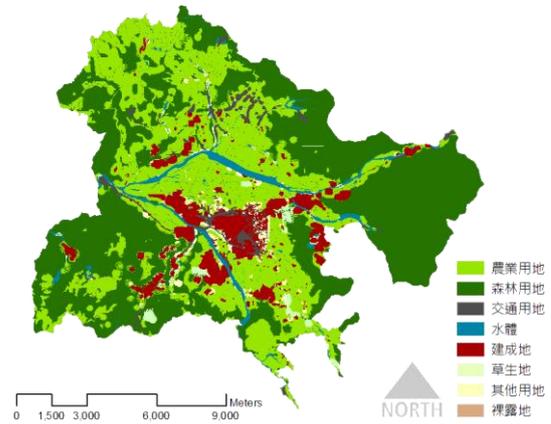


圖 4-12 測試二 2006 年土地利用模擬結果

測試二模擬 2006 年土地利用結果如上圖 4-12。測試二的結果與 2006 年實際土地利用對比與統計比較後 Kappa 值為 0.8114，與測試一相較有略為下降，進一步與測試一比較其餘 Kappa 相關係數， $K_{location}$  從測試一的 0.7847 降至測試二的 0.7790，顯示在景觀面積值固定下，空間位置的準確度下降，因此導致整體 Kappa 下降，雖然如此，其下降幅度相當小。雖然測試一與測試二模擬結果準確度已有一定效果 ( $Kappa \geq 0.75$ )，但如從測試二結果圖面上各類土地使用狀況來看，與測試一有相同之狀況，因距離設定之關係，各類土地利用變遷仍然是發生在影響因子的週圍，雖然就理論上而言景觀變遷發生的狀況應該如此，但這樣的模擬結果造成其餘地方轉變機率太低而沒有變化，導致與埔里鎮實際景觀變遷狀況不符，另外因變化量為依照馬可夫鍊轉移面積矩陣所給予的空間需求，而使在影響因子週遭的範圍內其他土地與交通用地大量成長，使結果圖面並不符合都市發展常理。因此，本研究認為這樣的結果並不盡理想。

### (三) 測試三

設定內容：建物、道路、政府機關、觀光景點與市中心可及性皆至邊界，人口成長率，坡度限制，現有建物限制，現有道路限制，現有水體限制。測試三設定內容一方面是以過去某部分相關文獻對於距離是設定是至基地邊界 (Kamusoko et al., 2009; Mitsovaa et al., 2011)，另一方面是以這樣的設定來探討結果呈現與測試一、二之不同。其權重換算如下表 4-8，經多準則評估後產生之轉變潛力圖如圖 4-13。

表 4-8 測試三權重計算

影響因子	建物可及性		道路可及性		政府機關可及性	
	係數	權重	係數	權重	係數	權重
權重計算	0.0799	0.15	0.0878	0.16	0.0916	0.17
影響因子	觀光景點可及性		市中心可及性		人口成長率	
	係數	權重	係數	權重	係數	權重
權重計算	0.0589	0.11	0.1036	0.19	0.1125	0.19

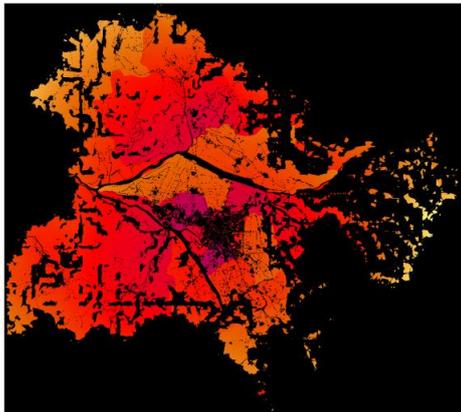


圖 4-13 測試三轉變潛力圖

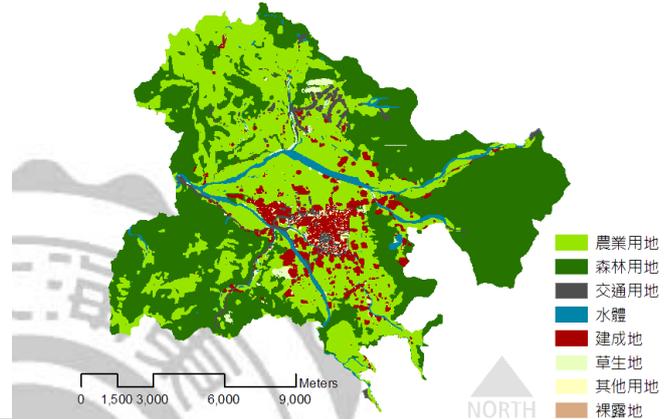


圖 4-14 測試三 2006 年土地利用模擬結果

測試三模擬 2006 年土地利用結果如上圖 4-14。測試三的結果與 2006 年實際土地利用對比與統計比較後 Kappa 值為 0.8222，較測試一模擬結果更佳，且  $K_{location}$  也升至 0.7940。從測試三結果圖面上各類土地使用來看也較測試一、二具有合理的分佈狀況，這樣的結果顯示了對於實證基地埔里鎮而言，影響因子的距離設定反而造成了與實際景觀變遷較不符合之狀況。而過去研究中在 Cramer's V 相關性分析之後，會對相關性不高之影響因子做取捨（顧嘉安，2010），以本研究測試一至測試三預測模擬結果而言，以預測三的影響因子設定所得結果表現最佳，因此，本研究進一步探討測試三影響因子的修改與增減對於結果之影響，以更了解實證基地埔里鎮之景觀變遷狀況。

由測試三各影響因子與埔里鎮 1995 至 2006 年景觀變遷相關性來看（表 4-9），各影響因子相關性其實皆不高，最高的兩者包括市中心可及性（0.1036）與人口成長率（0.1125），其 Cramer's V 相關係數  $\geq 0.1$  也僅能被認定為具有弱相關，而其餘四項影響因子皆不足 0.1。為測試影

響因子相關性不佳者對預測模擬結果之影響，本研究將相關係數最低的觀光景點可及性（0.0589）予以刪除，其餘設定與測試三相同，做為測試三-1。測試三-1 權重換算如下表 4-9，經多準則評估後產生之轉變潛力圖如圖 4-15。

表 4-9 測試三-1 權重計算

影響因子	建物可及性		道路可及性		政府機關可及性	
	係數	權重	係數	權重	係數	權重
權重計算	0.0799	0.17	0.0878	0.18	0.0916	0.19
影響因子	市中心可及性		人口成長率			
	係數	權重	係數	權重		
權重計算	0.1036	0.22	0.1125	0.24		

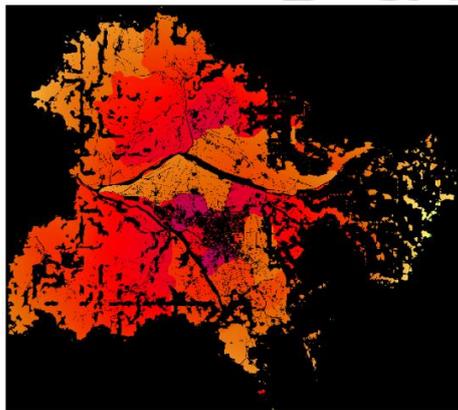


圖 4-15 測試三-1 轉變潛力圖

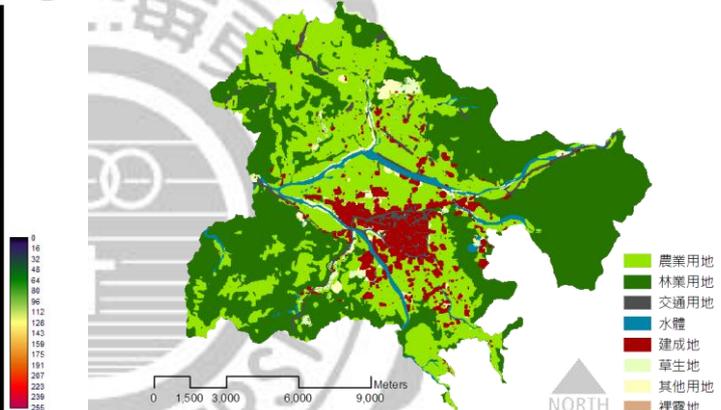


圖 4-16 測試三-1 2006 年土地利用模擬結果

測試三-1 預測模擬 2006 年埔里鎮土地利用結果如上圖 4-16。經過與實際 2006 年埔里鎮土地利用狀況比對後，Kappa 值為 0.8290，較測試三略微升高，以此結果可推論為相關係數愈低之影響因子在進行 CA-Markov 模型預測時可不予以考量。本研究為進一步確認是否相關性較低之影響因子將影響預測模擬之結果，再將建物可及性（0.0799）刪除不予考慮，其預測模擬結果與實際土地利用狀況分析比對後 Kappa 值為 0.8301，而如再將較低的道路距離（0.0878）排除考量，Kappa 值將在上升至 0.8357。將相關係數較低之影響因子排除，Kappa 值呈現上升的趨勢，此結果表示了影響因子考量愈多並不一定對於模型預測結果有正面效果。

#### (四) 測試四

設定內容：只考量坡度限制，現有建物限制，現有道路限制，現有水體限制等 4 項限制條件部份。測試四的設定內容是由於各項影響因子與埔里鎮 1995 至 2006 年景觀變遷相關性皆呈現弱相關，因此本研究以測試四來探討不考量影響因子狀況下，是否可以再增加 CA-Markov 模型對埔里鎮景觀變遷預測之效果。只以限制條件做多準則評估時，即不用以權重線性組合進行計算，可使用布林運算方式計算各限制條件，本研究四項限制條件經過布林運算之後進行 CA-Markov 模型，預測四結果如下圖 4-17。



圖 4-17 測試四 2006 年土地利用模擬結果

圖 4-18 2006 年實際土地利用

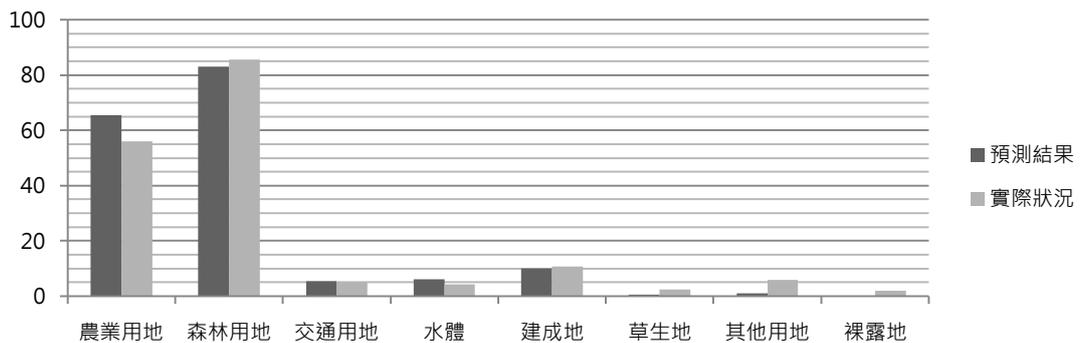


圖 4-19 2006 年預測結果與實際土地面積比較

以測試四之結果與 2006 年實際土地利用狀況比對，其 Kappa 係數達 0.8360，明顯高於測試一至三之數值，且各類土地利用分佈情況也較於理想。從模擬結果圖面（圖 4-16）與實際土地利用圖（圖 4-17）來看，模擬效果較差的區域主要為暨南大學的開發無法有效預測，因此造

成草地模擬較不如預期（圖 4-18），另外呈現跳躍式發展與災害產生地區亦無法以 CA-Markov 有效的模擬，例如南港溪與眉溪水道縮減、一新里地區農業用地大量減少部份，以及因地震所造成 2006 年裸露地大量增加的情況。而對於上述模擬不如預期之情況，本研究將於後續以深度訪談進一步了解，並於本章最後結果評估與討論來提出。而整體而言，雖上述情況造成部份模擬結果不如預期，但單獨以都市發展狀況（建成區分佈位置）進行比對，Kappa 值達 0.9396，證明 CA-Markov 模型可對一般都市發展趨勢具有一定模擬效力。

## 二、CA-Markov 模型預測

經過上述測試，以測試四的設定所得的模擬欲測結果最為理想，因此，本研究於 CA-Markov 模型中以 2006 年土地利用圖做為模擬起始年期，並輸入與測試四相同的模型影響因子設定，以進行模型預測。因原始資料中是以 1995 年至 2006 年計算轉移面積矩陣，為求預測年份為求較佳的解釋性與精準度，預測年期將以 11 年為限，故以 2006 年為起始年份則預測結果年份為 2017 年，其模擬結果如下圖 4-19。而本研究將以此結果進行後續景觀指數之分析，進一步探討埔里鎮的發展上景觀組成與分佈、變遷情況。

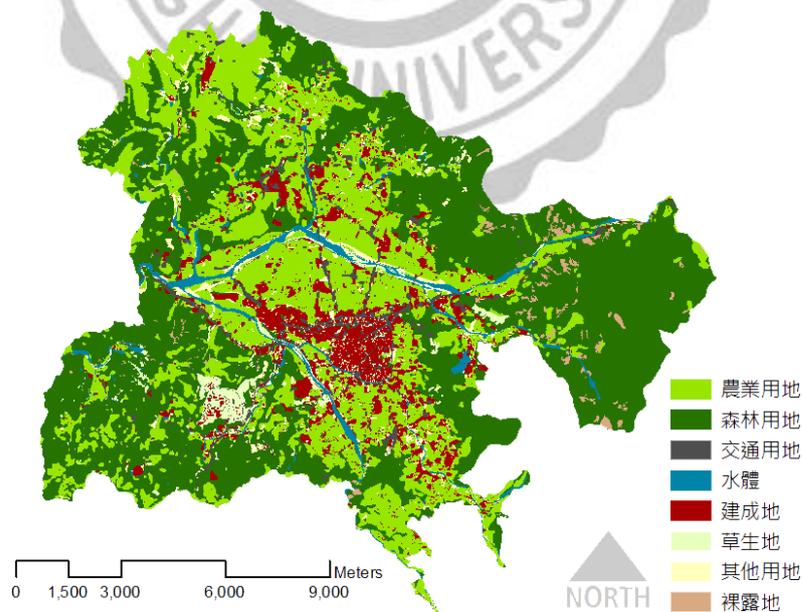


圖 4-20 2017 年土地利用模擬結果

### 第三節、 景觀格局分析

CA-Markov 動態模擬可了解各類土地在空間上變遷之情況，而本節將以景觀指數對埔里鎮進行分析，以景觀生態學理論為基礎，透過景觀結構的量化分析，以進一步提出定量的統計數據瞭解與探討埔里鎮景觀組成、分佈與變遷之情形。

#### 壹、 景觀指數計算

為以統計數據瞭解埔里鎮景觀組成與分佈、變遷情況，探討是否因人為發展等因素，造成了當地生態環境上有所衝擊與破壞。首先將過去 1995 年、2006 年以及以 CA-Markov 模型預測之 2017 年土地使用圖檔資料網格化，接著以 Fragstats 景觀指數分析軟體進行計算。本研究主要以類別層級進行分析，根據研究目的與文獻探討，本研究選擇以景觀百分比 (PLAND)、嵌塊體數量 (PN)、平均千塊體大小 (AREA\_MN)、平均形狀指數 (SHAPE\_MN)、旋轉半徑指數 (GYRATE) 以及平均幾何最鄰近距離 (ENN\_MN) 等六項景觀指標進行分析計算，其 1995、2006 以及 2017 年南投縣埔里鎮各類土地使用之景觀計算結果如下表 4-10 所示。本研究後續在以此表之數據對於各類土地進行討論與分析。

表 4-10 各類土地景觀指數分析結果

TYPE	年份	農地	森林	交通	水體	建成地	草生地	其他用地	裸露地
PLAND	1995	19.4159	25.5735	1.0519	1.6295	2.2288	0.1519	0.3093	0.0002
	2006	16.4096	25.1415	1.4529	1.2257	3.1567	0.7330	1.7015	0.5428
	2017	16.2738	23.9416	1.9333	1.3639	3.9241	0.7330	1.7015	0.5428
NP	1995	410	273	4005	1783	1585	39	721	1
	2006	1207	837	12237	1669	3192	159	1821	186
	2017	714	443	5577	590	2088	159	1821	186
AREA_MN	1995	16.1040	31.8558	0.0893	0.3108	0.4782	1.3243	0.1459	0.0700
	2006	4.6233	10.2147	0.0404	0.2497	0.3363	1.5677	0.3177	0.9924
	2017	7.7509	18.3785	0.1179	0.7861	0.6391	1.5677	0.3177	0.9924
GYRATE_MN	1995	74.4735	87.6071	14.0551	19.8960	22.1065	37.8160	13.1989	24.2457
	2006	49.2131	42.7419	8.5575	19.0331	18.1406	37.7502	21.3681	40.2367
	2017	69.5779	55.7533	10.5664	30.5397	20.4550	37.7502	21.3681	40.2367
SHAPE_MN	1995	1.7938	1.6621	1.4181	1.4377	1.3800	1.5559	1.2620	2.3333
	2006	1.7021	1.5864	1.1998	1.3741	1.3533	1.6244	1.4255	1.6365
	2017	1.6839	1.5315	1.1955	1.4534	1.2413	1.6244	1.4255	1.6365

續上表 4-10 各類土地景觀指數分析結果

TYPE	年份	農地	森林	交通	水體	建成地	草地	其他用地	裸露地
ENN_MN	1995	53.2473	63.4014	24.2648	27.7317	56.9620	505.4443	61.1411	N/A
	2006	43.1356	57.9108	26.8976	44.8090	44.8123	191.1733	58.5435	188.5166
	2017	60.6491	82.3049	34.9552	82.7367	56.3172	191.1734	58.5435	188.5166

表格來源：本研究整理

## 貳、 景觀指數結果分析

從上表 4-11 可見實證基地埔里鎮 1995、2006 以及 2017 年各類土地使用上於六項景觀指數分析結果。依據各類景觀指數所代表之意義，下列將對不同土地使用類型所呈現景觀指數之結果進行分析。

### 一、森林用地與農業用地景觀指數分析

基本上生命維持系統是由自然系統與農業系統所構成，自然系統可淨化與循環空氣與水、維持氣候穩定、滿足生物之生理需求；農業系統為糧食提供來源。因此，保護該兩者景觀對於人類社會是非常重要的（Odum, 1989）。

在八項土地利用分類中，從景觀百分比指數（PLAND）可知道林地在此實證基地埔里鎮中所佔比例皆為最高，但從 1995 至 2017 年林地的 PLAND 指數來看，PLAND 指數是逐漸下降，表示林地總面積是逐漸減少。當然，不可避免的是都市發展勢必會造成林地總面積部份減少，我們必須進一步以其他指數來輔助檢視森林用地是否有其破碎化的情況出現。從嵌塊體數量指數（NP）來看，從 1995 年至 2006 年是由 273 上升至 837，對應 PLAND 指數來看，林地總面積雖然減少，但是林地嵌塊體數量卻是上升，這表示了森林嵌塊體可能受到干擾而使得森林嵌塊體受到切割，使之嵌塊體較為零碎，而到了 2017 年 NP 指數又從 837 下降至 443，這可推論為森林嵌塊體在遭受切割與破碎化之後，一些零碎的嵌塊體逐漸縮減接著產生了耗損的情況，因此造成 NP 指數的下降。

而森林用地在景觀變遷中是否出現耗損的狀況，可從平均嵌塊體指數（AREA\_MN）進一步了解，AREA\_MN 指數從 1995 年至 2006 年從 31.86 下降至 10.21，可見除總面積下降以外，各嵌塊體的面積也下降，而到 2017 年 AREA\_MN 又上升至 18.38，這表示了一些殘存且較小的森林嵌塊體逐漸

喪失且被其他土地利用所取代，因此在平均數的計算之下，森林用地的 AREA\_MN 指數呈現了上升的趨勢。

而從旋轉半徑指數 (GYRATE\_MN，代表著該類型土地的讓棲地內物種的穿越能力) 與平均幾何最鄰近距離指數 (ENN\_MN，表示了同一種土地覆蓋類型的嵌塊體之間最短的幾何距離) 來看，其指數呈現的變化趨勢亦能呼應上述指數所呈現的結果，從 1995 年至 2006 年，GYRATE\_MN 指數從 87.60 下降至 42.74；ENN\_MN 指數從 63.40 下降至 57.91，兩者皆呈現下降，這表示了 1995 年至 2006 年間埔里鎮森林用地的變遷正發生著切割與破碎的情況。而相同的，在 2017 年 GYRATE\_MN 與 ENN\_MN 指數計算結果又分別上升至 55.75 與 82.30，可推論為因殘存零碎的森林嵌塊體的喪失，因此以平均數來計算，指數則上升。

平均形狀指數 (SHAPE\_MN) 方面，1995 年為 1.66；2006 年為 1.58；2017 年為 1.53，是呈現逐年下降的趨勢。配合 GYRATE\_MN 指數在 1995 年至 2006 年的下降，可了解景觀變遷過程中森林嵌塊體結構受到壓實與縮減，表示森林嵌塊體在 1995 年至 2006 年的變遷過程中確實遭受到干擾，使之產生森林嵌塊體被切割與破碎化情況。另一方面，嵌塊體形狀對於生態環境上所產生的邊緣效應，在過去研究中有著正負兩面不同的影響結果，且都曾經被證實。以本研究森林嵌塊體 SHAPE\_MN 指數降低的結果而言，在文獻中提到可能會有以下幾點情況產生，地面築巢的鳴鳥族群量減少、暴雨雨水儲存能力下降、增加動植物穿越景觀的移動能力、增加人類延著景觀廊道行走的機會 (吳振發等，2011)。

在埔里鎮，農業用地方面各景觀指數計算結果所呈現的變化趨勢與森林用地情況皆相同，PLAND 指數從 1995 年的 19.41，到了 2006 年與 2017 年分別又下降至 16.40 與 16.27；NP 指數在 1995 年到 2006 年是從 410 增加至 1207，到了 2017 年則又下至 714；AREA\_MN 指數在 1995 年到 2006 年是從 16.10 下降至 4.62，而在 2017 年增加至 7.75；GYRATE\_MN 指數在 1995 年到 2006 年從 74.47 下降至 49.21，2017 年則增加至 69.58；SHAPE\_MN 指數在研究所設定的三個年期內從 1.79 下降到 1.70，再降至 1.68；ENN\_MN 指數在 1995 年到 2006 年從 53.25 下降至 43.14，2017 年則增加至 60.65。

從景觀指數計算結果而言，實證基地埔里鎮的森林用地與農業用地景觀變遷情況相同，總面積逐漸減少，而在 1995 年與 2006 年間，森林用地與農業用地的狀況為景觀變遷過程當中的切割與破碎，2006 年至 2017 年則開始出現縮減與耗損，森林用地與農業用地逐漸喪失而轉為其他土地使用。

## 二、其餘土地類型景觀指數分析

除了農業用地與森林用地，本研究土地利用另有交通用地、水體、建成地、草生地、裸露地與其他用地。從對於自然環境系統與農業系統有影響的人為開發而言就屬建成地，埔里鎮建成地在總面積 PLAND 指數計算的結果是逐年上升，1995 年為 2.23，2006 年為 3.16，2017 年則升至 3.92，表示了都市持續擴張發展。另一方面，從 1995 年至 2006 年建成地 NP 指數是從 1585 增長至 3192，而 AREA\_MN 指數則是從 0.48 下降至 0.34，顯示了建成地的發展狀況是零散的，而從 GYRATE\_MN 與 ENN\_MN 指數的減少，表示了這些零散的建成地的發展是在過去舊有的聚落之間，配合實際土地利用圖面也可看到，新增的建成地沿著道路邊緣散落於原有聚落間的上。而 2017 年 AREA\_MN 指數是增加至 0.64，配合 GYRATE\_MN 指數的增加，顯示了建成地零散的發展進一步形成面積較大的聚落地區。

而草生地、裸露地與其他用地部份，其在 1995 年至 2006 年時由於人為干擾與自然災害而大量產生，突增的狀態較為特殊，另外水體部份則是受到自然災害影響，導致河道縮減、水體面積減少。這些狀況在動態模擬部份並無法準確的預測，因此 2017 年所計算之景觀指數並不適合做為參考。而動態模擬部份則在下一節中有進一步評估與討論。

## 第四節、 結果評估與討論

本研究經由 CA-Markov 模型對實證基地埔里鎮景觀變遷模擬，接著在本節分為三部分進行評估與討論，第一，是在實證研究過程當中關於埔里鎮實際景觀變遷狀況以及其影響因素，本研究配合深度訪談輔助解釋與說明其結果；第二，配合深度訪談結果以及 CA-Markov 模型本身設定過程與預測模擬之結果進行評估與討論；最後，針對景觀指數計算結果進行討論。

## 壹、 埔里鎮景觀變遷與其影響因素深度訪談結果

實證研究之後，本研究進一步對埔里鎮居民進行深度訪談，以瞭解並輔助解釋動態模型的設定與模擬結果及其原因。深度訪談主要針對了本研究在 CA-Markov 模型影響因子設定過程中，經過了四次不同的設定內容進行測試，本研究最終以測試四的設定內容進行模擬，該設定內容中刪除了最初以過去文獻中所列出之影響因子，表示出埔里鎮景觀變遷是受到其他因子所影響；此外，深度訪談亦對於埔里鎮人口並無太大增長，但以土地變化量分析而言，人為開發面積卻是持續上升，以及某些區域景觀變遷狀況較為特殊，例如一新里農地大量減少、南港溪與眉溪河道之改變等加以瞭解。

從深度訪談（詳見附錄五）本研究歸納埔里鎮近年來景觀變遷為居住型態改變、土地投資與土地政策關係、自然災害等因素影響（表 4-11）。首先，在過去埔里鎮多數家庭人數結構為大家庭，意指在居住的區域內同時包括數個小家庭，主要是指和父母親的直系及旁系血親同住的情況，但目前大家庭的居住方式已漸漸改變為小家庭種類，因此居住型態的改變產生的結果是人口雖然沒有增長，但居住地區卻較為分散，導至建成地分佈範圍改變。

此外，土地投資與土地政策關係是埔里鎮影響最大因素之一。土地投資因素中包括埔里鎮擁有宜人的氣候與居住環境、相對於周遭都市地區地價較低，因此，吸引了許多人在退休時選擇在埔里定居，加上近年來交通便利性提高，更吸引除了退休族群以外的人們進入埔里鎮投資買房。目前埔里鎮中心已慢慢衰退老舊，因此外地投資新建設之區域，多數座落於埔里鎮郊區，據當地居民表示，近年來在農業用地上興建了許多農舍，吸引不少投資農舍的投資者。農舍興建之狀況是始於 2000 年農業發展條例之修法，此法雖然使得在興建農舍上有相關法令可管制，但因開放了農地自由買賣，允許新購農地任意興建農舍，而導致土地所有權人農舍之名興建別墅（沈傳光，2000），引起土地投機進而興建大量農舍，妨礙擴大經營規模等負面影響（許世強，2001）。上述因素吸引了土地投資與土地投機現象，因此，雖然埔里鎮人口仍然不斷外流，但相對而言也有許多人搬遷至埔里鎮居住與開發，並且目前的開發與建設的模式使得埔里鎮城鎮發展是呈現跳躍式的開發情況，對於埔里鎮之景觀變遷影響相當大。

另一方面，埔里鎮某些區域的發展則是因較大規模開發案以及自然災害等因素所造成。例如以暨南大學為最明顯之區域，另外一新里農地大量改變，則是除了務農人口比例下降、農地興建農舍之外，中台禪寺的投資與開發也使之有較大的改變。而南港溪與眉溪河道的改變、裸露地與草生地大量增加，則是受到 921 地震所影響而產生。

表 4-11 深度訪談結果整理

議題	變遷因素	訪談記錄
居住型態改變	土地投資	羅寅雄：「以前祖厝十個人住，後來變成兩三個人住，一個家族分成好幾家。」
		李志成：「很多人來埔里鎮買房子並沒有住在這裡，像我幾個客戶都是這樣。他們投資埔里是相對性的，埔里的生活不錯，但地價相對於其他地區低。例如比起烏日、草屯這些地區，就是島內移民的意思。」
人口變動與開發	土地投機	何貞青：「福興里這些地方很多外來移民般進來。」
		朱柏勳：「地震大概十年後人就慢慢回來了，這中間又包括了很多外來的人口。埔里變成外流的多，但也很多外地的跑進來。連日本人都會跑來居住，很適合退休養生的地點。」
某些區域景觀大量變遷之原因	大規模開發案	何貞青：「很多農地也興建農舍。像一新里這邊環境都很好。」
		朱柏勳：「重要的原因是因為是農舍的增加。」
某些區域景觀大量變遷之原因	大規模開發案	陳義正：「震後有許多建商來投資，但預期與現實有落差，所以其實新開發案中空屋率相當高。」
		陳進萬：「一新里據我所知，他的地有一部分賣給中台禪寺。」
		羅寅雄：「重大的開發像是暨南大學影響很大。」 廖志城：「因為中台禪寺，加上普台中小學跟高中，另外蓋了很多宿舍。」

續上表 4-11 深度訪談結果整理

訪談方向	整理結果	訪談記錄
	大規模開發案	朱柏勳：「八十四年暨大開始招生，這對埔里有很大的改變。」 陳義正：「包括了暨南大學等設立，對埔里鎮影響很大。」「一新里這邊最大的影響就是中台禪寺了。」
某些區域景觀大量變遷之原因	自然災害	李志成：「地震讓山上的石頭流下來，使得河流變成乾溪。」 廖志城：「第一點是土石掩蓋，第二點水道有改，地震後應該要疏濬啦。」 何貞青：「周遭都是沖刷下來的土石，地震後影響變大。」 朱柏勳：「水量還是有變少，但這不知道是什麼原因。但我不覺得我們在河川有人為開發的產生。」

表格來源：本研究整理

## 貳、 CA-Markov 模型動態模擬結果

本研究使用 CA-Markov 模型以 1995 年埔里鎮土地利用現況根據轉移機率矩陣與影響因子測試與確立之後，模擬 2006 年埔里鎮景觀變遷之結果，其  $K_{no}$  值達到 0.8360 為高於一般標準，而  $K_{location}$  亦達到 0.8228，表示模型所預測之景觀變遷結果與實際土地利用具有顯著的相似性。以上述指標評估後結果顯示本研究所建構之動態模型預測具有可信之解釋能力。進而以該模型設定方式以 2006 年土地利用現況模擬預測 2017 年埔里鎮景觀變遷狀況，以下對於 CA-Markov 模型設定架構與其模擬預測上提出結果加以探討。

影響因子設定時必須先經過 Fuzzy 標準化，而標準化過程當中必須設定轉折點，本研究轉折點數據是以 Cramer's V 相關分析進行，而分析後結果再輸入至空間多準則評估 (MCE) 以得出土地發展潛能圖，配合轉移機率矩陣進入 CA-Markov 模型中進行模擬預測。影響因子設定測試時，測試二設定內容是將各影響因子 Cramer's V 相關係數最高者為準進行模擬預測，其模擬結果比起參照過去研究中常用數據而設定的測試一較佳；而測試三則是不加以設定轉折點，是以實證基地邊界做為 Fuzzy 標準化數值遞增至 255 或遞

減至 0 之界線，其測試三結果解釋能力優於測試二；最後，測試四則參考 Cramer's V 相關係數與解釋變相間強弱關係，將影響因子予以刪除，其測試結果模擬解釋能力皆優於前面測試結果。

在本研究上述測試結果中，可證明 Cramer's V 相關係數是可做為景觀變遷影響因子決定之參考，以 Cramer's V 相關係數進行分析原本設定建物可及性、道路可及性、政府機關可及性、觀光景點可及性、市中心可及性與人口成長率等六項影響因子，結果數值皆為弱相關，表示該六項並不是埔里鎮景觀變遷主要之影響因子，而測試結果以及訪談結果亦證明了此點，而未來研究可考量以不同實證基地或影響因素加以測試，更能進一步提出相關分析與影響因素設定之間的關係。

景觀變遷是多元且複雜的，因此景觀變遷並非能以穩定機率所能模擬與預估推演而得。本研究最初考量了過去文獻常用之影響因子，雖最後以 Cramer's V 相關係數分析表示了其相關性相當低，因此刪除了各類相關性不高之影響因子進行模擬，其所得之結果具有較可信之解釋能力，而深度訪談結果也瞭解有其他更主要之因素影響埔里鎮景觀變遷。雖然在過去研究中皆是考量了都市發展時必要因素而列出景觀變遷影響因子，例如道路可及性等，但本研究實證研究結果表示了在景觀變遷動態模擬或者計算推估之機制和因果上，要以影響實證基地最主要之變遷因子優先考量，而相關性較弱之因子是可予以屏除，因為並不會因加入更多景觀變遷之影響因子而使模型有更佳的解釋能力與模擬成果。

如上述所提景觀變遷影響因素相當複雜，在社經與自然因素影響當中有許多要以電腦動態模型去預估有其困難，例如大型開發案、自然災害等，這些因素將會影響部份模擬結果不如預期，但總體而言，模擬結果分析比對之數據表示了本研究所架構之 CA-Markov 模型對於埔里鎮發展趨勢有一定的模擬效力。

### 參、 景觀指數計算結果

CA-Markov 模型模擬能預測埔里鎮 2017 年景觀變遷後土地利用之情況，但該圖面並不能提供土地規劃與生態環境檢視上所參考之數據資料，因此本研究利用景觀指數對埔里鎮景觀格局進行分析計算，透過景觀指數提供之數據可進一步解釋整體景觀格局變化與各類土地發展趨勢。

以本研究所分類之八項土地利用而言，森林用地與農業用地對於人類社會與自然環境是相當重要，森林用地意即自然系統，其景觀功能上可淨化與循環空氣與水、維持氣候穩定、滿足生物之生理需求；而農業系統為糧食提供來源，因此對於兩者的保護是不可忽略的。而埔里鎮 1995 年、2006 年與 2017 年景觀指數計算的結果顯示了在 1995 年至 2006 年間埔里鎮森林用地與農業用地受到切割與破碎化，而破碎化之趨勢增長以至於 2006 年至 2017 年森林用地與農業用地逐漸耗損並喪失，轉移為其他土地利用所用，這樣棲地喪失 (habitat loss) 與破碎化的情況是景觀變遷當中對於生物多樣性最大的威脅 (Sorrell, 1998)。另一方面，從景觀格局的變遷趨勢上而言，埔里鎮都市發展的趨勢也出現了幾點符合所謂都市蔓延之現象，包括了低密度的開發、農地面積下降、跳躍式的發展型態。因此，綜合上述結果表明了目前埔里鎮景觀變遷之趨勢其實對於人類文化與自然環境而言多為負面影響，而配合 CA-Markov 動態模擬結果圖資可看見目前埔里鎮森林地與農地大部分皆是被建成地與其他用地等人為開發所侵佔，因此，既然大部分因素為人為開發，那麼我們應該更加重視如何面對目前景觀變遷趨勢所呈現之負面影響，並且降低未來對於人類文化與自然環境的衝擊。

## 第五章 結論與建議

### 第一節、 結論

都市發展之負面影響對於社會與環境上的衝擊，為當今規劃者必須要去面對的，規劃者應去思考未來環境改變所產生的衝擊，避免錯誤的規劃而造成生活環境與生態上的損失，並朝永續發展層面來進行。本研究透過 CA-Markov 模型對實證基地埔里鎮進行模擬預測，並以景觀指數分析計算整體景觀格局之變遷，以探討本研究的三項研究目的，以下針對回應三項研究目的以及實證研究當中重要部份分別進行討論。

#### 壹、 CA-Markov 模型架構

##### 一、景觀變遷影響因子相關性分析與設定

CA-Markov 模型進行過程中，關鍵在於影響因子的考量與權重之分配所產生之土地發展潛力資料。過去研究當中各種影響因子是以都市發展必有之因素就將其納入考量，例如道路可及性、建物可及性等；而權重之決定往往是透過專家問卷法等較主觀方式來決定。但因景觀變遷之因素是多元且複雜的，本研究認為透過主觀認定其影響因子為何與其權重較難完全正確。因此，本研究透過過去文獻中以 Cramer's V 相關分析計算其客觀資料，並且可分析各影響因子在景觀變遷中之影響程度，藉此決定哪幾項影響因子需要納入模型，並以其相關程度分配其權重。

在本研究中最初考量景觀變遷之影響因子，經過 Cramer's V 分析皆為弱相關，而在測試過程中將相關性愈低之因子刪除，模型即有較佳之結果產生，這表示了 Cramer's V 相關係數確實能反應出該影響因子對於景觀變遷上之相關性，並且能以更客觀的方式決定影響因子之選擇與其權重分配。此方式的優勢在於一方面減少了主觀認定可能產生之誤差，另一方面透過 Cramer's V 相關分析的方式可以更快速且有效的決定該模型應該考量之影響因子以及其權重分配。

## 二、CA-Markov 模型對土地規劃上之效用與模擬結果

過去文獻中表示馬可夫鍊在運算土地利用間轉移機率時對於土地利用需求量可有效的推估，但是馬可夫鍊缺點在於對於空間向度考量卻有不足；而細胞自動理論則是有利於空間計算的模型，可有效且系統化的使用於模擬空間之變化，但對於土地利用變遷之需求量則是其弱項，過去學者提出兩者缺點是能互補。因此，本研究利用兩者結合的 CA-Markov 模型來進行，利用馬可夫鍊所計算之轉移機率矩陣輔助細胞自動機演算，並且在 CA-Markov 模型當中空間多準則評估之方式決定土地發展潛力分數，空間多準則評估之優勢為能同時考量數種景觀變遷影響因子，並在分配權重之後進行疊圖產生土地發展潛力結果圖，以多個影響因子所產生之土地發展潛力圖的方式較為貼近現實景觀變遷中是受到多元且複雜的因素影響之情況。

而本研究以埔里鎮 1995 年圖資為基礎模擬 2006 年景觀變遷結果與實際 2006 年土地利用狀況經由 Kappa 分析，在 Kappa 值結果表示了整體模擬效果具有一定可信的解釋能力 ( $K_{no}=0.8360$ ,  $K_{location}=0.8228$ )；而單獨以建成地發展模擬預測上 Kappa 值達 0.9396，證明 CA-Markov 模型可對一般都市發展趨勢具有一定模擬效力。這樣的結果也表示了經由上述 Cramer's V 相關分析配合空間多準則評估之方式產生了良好的效果。

基於上述幾點，表示了 CA-Markov 模型在探討景觀變遷上具有相當說服力且是可行之方式。而動態模型雖然不能完全準確的預測未來景觀變遷狀況，但其優勢在於可幫助土地規劃者先行預測景觀變遷大致上之趨勢，瞭解各類土地利用類型發展狀況，在進行土地規劃與政策擬定時可做為參考。

### 貳、埔里鎮景觀格局探討

#### 一、景觀指數運用與計算結果

景觀指數的是以 FRAGSTATS 軟體計算而得，FRAGSTATS 是免費且方便取得之軟體，若能了解景觀指數之用法與解釋意義，FRAGSTATS 是土地景觀格局分析上相當有利之工具。本研究透過 FRAGSTATS 軟體計算埔里鎮 1995 年、2006 年與 2017 年景觀指數，以此瞭解與分析埔里鎮景觀變遷趨勢

以及景觀格局。計算的結果顯示了埔里鎮從 1995 年到 2006 年間，森林用地與農業用地總面積持續下降，而 NP 指數是上升，GYRATE\_MN 指數與 ENN\_MN 指數上升，顯示了在 1995 年至 2006 年間埔里鎮森林用地與農業用地有切割與破碎化的情況產生，而在這段期間建成地與其他用地面積皆是往上提升。而在 2006 年至 2017 年間，森林用地與農業用地總面積仍然持續下降，而 NP 指數減少，並且 AREA\_MN 指數、GYRATE\_MN 指數與 ENN\_MN 指數上升，顯示了森林用地與農業用地應逐漸破碎化之後，殘存的嵌塊體逐漸被其他土地利用所取代。

## 二、埔里鎮景觀變遷結果探討與建議

埔里鎮因地理位置與地勢之優勢，其自然環境可說是相當獨特的生物優良棲地。埔里鎮在 921 大地震時受到極大的創傷，而在 921 震後政府與民間單位積極重建，使目前埔里鎮發展不僅回復以往，並且近年來伴隨著交通便利性的提高與觀光發展的成長，使埔里鎮更加繁榮。這樣的情況隨之而來的是人為開發的增加，因此，我們必須面對都市的發展對於自然環境所帶來的衝擊，降低其負面影響。本研究綜合 CA-Markov 模型、景觀指數計算分析與深度訪談之結論，將埔里鎮 1995 年、2006 年與 2017 年各類土地利用類型景觀變遷影響統整如下表 5-1。

從表 5-1 整理結果表示埔里鎮目前整體景觀以及以動態模擬預測之變遷之趨勢，其實並不如政府所預期之埔里鎮民在往後可繼續維護自然生態，保有清新的環境，並繼續不斷的再現生機的目標。埔里鎮森林用地與農業用地面積逐漸減少，雖然減少後林地總面積仍是各類土地中所佔比例最高，農地則仍佔第二位，但是由整體景觀格局來看，其景觀變遷之趨勢並不理想，林地與農地呈現被切割與破碎化，這樣的情況將不利於生物的遷移，而殘存的零碎嵌塊體如果繼續在這樣的變遷趨勢下，最終將逐漸耗損，被其他土地利用所取代而喪失，這結果將使生物生存空間減少。

雖然說因為隨著都市發展與進步，這樣的情況是景觀變遷中典型的過程，但本研究訪談後結果表示其實目前埔里鎮空屋率仍然相當高，在農地上新建設之房屋一部份為投機客所購，其購買該土地或房屋是為了投機獲利，並非

利用或居住，這樣的情況即造成所謂的土地資源浪費；另一方面，隨著市中心的衰退老舊，人們漸漸往郊區移動，這亦是造成林地與農地減少的原因之一。然而，2017年景觀變遷狀況是電腦模型所預測，目前從1995年至2006年的狀況表示仍僅處於林地與農地被切割，其嵌塊體破碎化，面對這樣的狀況政策擬定與規劃單位上應有責任提出較全面的管制與配套設施，以預防目前的趨勢如電腦模型預測般往下發展，並降低未來生態與環境上的衝擊。

表 5-1 埔里鎮景觀變遷情況影響表

	森林用地	農業用地	建成地、 交通用地	水體、裸露地、 草地、其他用地
變遷情況	林地總面積持續下降，而變遷之趨勢是逐漸破碎化之後林地嵌塊體逐漸耗損，被其餘土地利用類型所取代。	農業用地總面積持續下降，其變遷情況亦是逐漸破碎化，之後被其餘土地類型所取代。	建成地與交通用地面積是持續增加。建成地部份各數增加後也逐漸有群聚之趨勢。	裸露地、草地與其他用地是逐漸增加。而水體面積則是逐漸下建，並且有部分嵌塊體耗損現象。
形成原因	林地的消失部份是人為開發因素，包括建成地、交通用地與農業用地的發展；而另一部份則因受到自然災害的影響，使裸露地與草地增加，進而使林地面積減少。	農業用地減少之原因主要為建成地的增加。因為目前務農人數比例與意願皆比過去還要低，加上農業發展條例修法後，可把農地做為投資區域，因此許多農地皆興建了農舍等，使之農業用地逐漸減少與喪失。	建成地的增加原因包括了居住型態的改變，小家庭的居住型態使居住位置較為分散；另外是埔里鎮地價相對較低、近年來交通便利以及環境良好之關係，吸引許多人於埔里鎮投資。	裸露地與部份草地的增加主要為自然災害，而草地另一部份增加為暨南大學此類大型開發；其他用地的增加為人為開發；水體主要是受到自然災害而使河道改變與縮減
可能影響	森林嵌塊體逐漸破碎化並且被其他土地利用類型所取代，這表示了部份動物棲地也隨之喪失。且林地形狀指數的下降亦可能會減少暴雨雨水儲存量等情況。	農地的縮減對於糧食提供有最直接的影響；另外除林地以外，農地對人類生活環境具有調節微氣候、維持物理環境系統運作之功能，農地如受破壞皆會受到影響。	埔里鎮建成地是往郊區擴張，這樣的狀況會使農地與林地受到切割與破碎化，使生物棲地喪失。對經濟而言效益本研究無法斷定，但對生態來說絕對是負面影響。	裸露地、草地與其他用地的增加、水體面積減少，這些對於生物皆具有生存空間減少的影響。

表格來源：本研究整理

## 第二節、 研究貢獻

經由研究設計、實證研究過程與其所得之結論，下列整理三點關於本研究對於學術與實務上之貢獻：

### 一、CA-Markov 動態模型中影響因子設定的考量

在過去研究當中，動態模型中影響因子的抉擇與設定是以文獻中影響都市發展之因素建置而成，包括了坡度、高程等自然因素以及各類公共設施與據點可及性等社經因素。雖上述這些因子確實是造成都市的空間配置與型態發展上的因素之一，但就 CA-Markov 動態模型而言，經本研究測試結果表示，某些影響程度相關性較低之影響因子是可在動態模型設定中予以刪除，並非設置之影響因子愈多，能使模型結果有更佳的表現。此研究結果可供未來使用動態模擬之研究或實務上做為參考，且進一步考量更周全之設定方式，使動態模擬結果可有更良好之解釋能力。

### 二、CA-Markov 與景觀指數結合對未來研究與實務上之貢獻

本研究架構下，CA-Markov 與景觀指數兩方法在操作上資料的使用與轉換並不會相互排斥，且能有效的整合使用。CA-Markov 動態模擬部份可產生圖資，使我們了解各土地使用類型分配於空間上之區域位置為何，而景觀指數可進一步提出數據證明其生態環境所遭受之影響過程與程度，相互搭配之下可提出更完整的數據資料藉以輔助探討土地規劃與政策之擬定。

### 三、依研究所得客觀數據結果對實證基地提出建議

本研究以埔里鎮做為實證基地，研究之結果與數據可供埔里鎮做為土地規劃方針或政策擬定上之參考。而未來研究可再以更新之數據資料進一步進行測試與模擬，可對埔里鎮提出更接近於目前實際狀況之建議。

### 第三節、 研究限制

從文獻整理、研究架構與實證研究之後，下列列出本研究之研究過程當中資料之限制、模擬年期的限制以及軟體資料數化方面之限制。

#### 一、原始資料限制

為求變遷模擬時資料正確性與完整性，本研究將採用目前國土利用調查成果數值資料檔有測繪之年份，分別為 1995 年與 2006 年。因此，由於資料限制，資料並不能完全符合目前最新現況。

#### 二、動態模型模擬年期限制

因上述資料年份限制，在預測年份部分為求較佳解釋性與精準度，模擬年期將以 1995 至 2006 為基礎的 11 年為年期，故預測模擬年期僅至 2017 年。

#### 三、軟體資料數化限制

本研究配合深度訪談後，歸納出對於埔里鎮影響較大之因素為居住型態改變、土地投資與土地政策關係、自然災害等。除自然災害這類隨機因素本來就無法以動態模擬軟體預測外，這當中之影響因素有部份是模擬基地與週遭區域的相對關係，例如土地投資中與其他縣市之相對地價，而在動態模擬軟體中影響因子的設置皆是以模擬之基地本身為範圍，並且過去文獻當中並沒有考量到這類因素，因此本研究無法進行這類影響因素之數化與操作。

### 第四節、 建議

本節將就本研究實證研究中景觀變遷影響因子設定與選擇、CA-Markov 模型、景觀格局分析等部份提出後續研究方向之建議。

#### 壹、 景觀變遷影響因子設定與選擇

##### 一、進一步驗證 Cramer's V 相關性所分析之影響因子

在本研究景觀變遷影響因子的測試與 CA-Markov 模型模擬結果表示了 Cramer's V 相關分析中弱相關之因子可在模型中刪除不予考量。而後續研究

可以不同基地與影響因子來加以驗證，更證實 Cramer's V 相關分析可利用於景觀變遷影響因子的判別與權重分配，對於未來研究與實務工作上可更方便且準確的使用該分析方式。

## 二、其餘影響因子的建置方式

在本研究測試景觀變遷影響因子之後，以 CA-Markov 模型模擬預測之結果已有一定可信的解釋能力，而本研究以深度訪談輔助解釋影響因子亦證實了埔里鎮受到其餘影響因素較大，其中最主要應屬埔里鎮環境、氣候良好，加上生活機能與交通便利等優點之下，埔里鎮相對於周遭都市地價較又較低，因此吸引許多投資與投機者至埔里鎮購買土地與房屋。如上述的因素當中，最主要為相對週遭都市而言埔里鎮地價便宜，就如本研究限制所述，這樣的因素如何將其資料數化，並且可運用於 GIS、IDRISI 等軟體當中，以空間多準則評估來進一步計算套疊出土地發展潛力圖，是後續研究可深入探討之重要課題。

## 貳、 CA-Markov 模型

### 一、地圖資料與土地利用種類之選擇

本研究自地圖資料是以國土測繪所提供之資料，分別為 1995 年與 2006 年之圖資，而以 10×10 公尺網格化圖資做為細胞網格尺度，其預測之結果已達一定之準確度。而後續研究可試著增加年期進行分析與模擬，以更多土地利用資料來對於模擬結果進行比對與評估，從中應可更了解該地區影響因子、模型設定之狀況，並且對於動態模型部份應可提出更多改善建議。另一方面，可測試與評估不同網格大小對於動態模型模擬結果之影響，從同一基地與不同基地上比較，找出最適合之網格尺度，或許可得到更佳的模擬結果，並且對於未來動態模擬運用於各類尺度基地上有更多的參考價值。

本研究土地利用的分類是以景觀生態學之觀點進行分類，而如以不同觀點對於土地利用進行分類，分類尺度的不同是否影響動態模型所表現之結果，有待後續研究加以探討。

## 二、與其他動態模型之比較

本研究以 CA-Markov 模型對於埔里鎮進行景觀變遷，其結果具有一定之準確度。後續研究可以不同動態模型進行比較，進行分析與探討各模型之優缺點，促使電腦輔助規劃工具更讓已在工作實務上之規劃者與設計者明瞭，並且知道如何去挑選與運用。

## 參、景觀格局分析

### 一、景觀指數之選擇與地圖尺度

本研究依據研究目的與文獻回顧，以類別層級之六項景觀指數對於實證基地進行評估，而該六項指數相互配合已能對於整體景觀格局進行探討與分析。而後續研究可再以不同層級的景觀指數，或者選擇更多研究者認為需要之景觀指數進行計算與分析，可進一步探討該地區各類嵌塊體更多面向之議題。另一方面，本研究景觀指數所使用之資料網格尺度是與動態模擬是相同的，為 10×10 公尺網格化圖資，這部份後續研究可再進一步探討網格尺度的設定對景觀指數計算結果的解釋上是否有差異，以及如何分析與探討其原因，以使景觀指數在景觀變遷與生態環境評估上做為更有利之工具。

### 二、指數計算之結果對於實際土地真實之狀況

景觀指數計算結果之數據可了解到整體景觀變遷之趨勢，並能以景觀生態學之觀點輔以分析與探討，以對基地提出未來改善方向。而景觀指數所計算之結果是否能完全符合與解釋真實土地上近年來生態與環境的變化，以及其中是否會具有差異，目前國內並無見到相關研究，此點是後續研究可探討之課題，這可加強景觀指數計算結果背後之意義。

## 參考文獻

### 中文文獻

1. 內政部營建署，(2002)，南投縣綜合發展計畫—總體發展計畫，2012年3月27日取自南投縣網站：<http://gisapsrv01.cpami.gov.tw/cpis/cprpts/NANTOU/INDEX.HTM>。
2. 肖篤寧，(1999)，景觀生態學：理論、方法及應用，台北：地景企業股份有限公司。
3. 汪禮國，(1997)，細胞自動體模式與都市空間演化，碩士論文，國立中興大學都市計畫研究所，台中。
4. 吳振發，張俊彥，林裕彬，張琪如譯，(2011)，景觀量測，台北：五南圖書出版股份有限公司。
5. 吳振發，(2011)，臺灣鄉村景觀變遷之 CLUE-s 模式最佳參數試驗，地理學報，62，103-125。
6. 何錦杭，(2006)，一個以 CA 為基礎之永續城鄉土地劃設支援模式，碩士論文，國立成功大學都市計畫研究所，台南。
7. 何明錦，吳杰穎，(2010)，氣候變遷下都市災害影響熱點評估指標系統建立，台北：氣候變遷下之都市防災新技術研討會。
8. 沈傳光，(2001)，農業發展條例修正之剖析，實務稅務，303，30-36。
9. 沈蔚軒，(2011)，都市發展與氣溫變化關聯性研究，碩士論文，國立高雄大學都市發展與建築研究所，高雄。
10. 杜甯睿，鄧冰，(2001)，自動細胞基及其在模擬城市時空演化過程中的應用，武漢大學學報，34(6)，8-11。
11. 李瑞陽，林士強，(2006)，利用空間技術與景觀生態指數分析墾丁國家公園土地覆蓋變遷之研究，地理學報，46，31-48。
12. 李瑞陽，(2009)，利用空間技術與景觀生態指標於清境地區景觀變遷之研究，碩士論文，逢甲大學土地管理學系碩士班，台中。
13. 林士弘，(2002)，結合宮格自動機與地理資訊系統在台北盆地土地利用變遷模擬之研究，碩士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，台北。
14. 林峰田，林士弘，李萬凱，孫志鴻，林建元，李培芬(2002)，宮格自動機於土地利用變遷模擬之結合機制，中華地理資訊學會學術研討會，B-16。
15. 林裕彬，吳振發，鄧東波，(2004)，景觀生態面積指數分析汐止地區 1990-2001 土地利用時空鑲嵌特徵，都市與計畫，31(3)，239-268。
16. 林峰田，賴進貴，(2004)，子計畫二：台北都會區都市發展模式之研究 (III)，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
17. 林承緯，(2005)，台灣都市蔓延發展型態之研究—以台灣四大都會區為例，碩士論文，國立成功大學都市計畫研究所，台南。

18. 林亞昫，(2008)，由景觀指數分析法檢視農村地區農舍興建開發型式對農村景觀生態結構之影響—以屏東縣萬丹地區為例，碩士論文，朝陽科技大學建築及都市設計研究所，台中。
19. 林信輝，(2008)，崩塌地植生復育與景觀變遷之研究，博士論文，國立中興大學水土保持學系，台中。
20. 林裕彬，朱宏杰，吳振發，(2011)，土地利用變遷模式回顧與比較，國土資訊系統通訊，77，46-53。
21. 孟曉蘭，(2008)，道路建設造成景觀格局變遷之研究，碩士論文，國立台灣大學理學院地理環境資源學研究所，台北。
22. 高佩菁，(2002)，都市蔓延之研究，碩士論文，國立台北大學都市計畫研究所，台北。
23. 孫賢斌，劉紅玉，李玉鳳，郝敬鋒，(2009)，基於 CA-Markov 模型土地利用對景觀格局影響辨識，生態與農村環境學報，25(1)，1-7，31。
24. 唐克敏，(2009)，蘭陽溪流域地景變遷及驅動力之研究，碩士論文，中國文化大學景觀系研究所，台北。
25. 埔里鎮公所，(2011)，大埔城誌。2012 年 5 月 2 日取至埔里鎮公所網站網址 <http://www.puli.gov.tw/default.asp>。
26. 張啟德譯，(1994)，景觀生態學，台北市：田園城市文化事業有限公司。
27. 張政亮，(2006)，運用馬可夫鏈模型與細胞自動機理論模擬植生復育之研究：以九九峰地區為例，地理研究，45，123-142。
28. 張杰，周寅康，李仁強，周兆軍，張利權，師慶東，潘曉玲，(2009)，土地利用/覆蓋變化空間直觀模擬精準度檢驗與不確定性分析—以北京都市區為例，中國科學，39(11)，1560-1569。
29. 許世強，(2001)，農業發展條例修正後新購農地興建農舍政策之探討，人與地，212、213，84-89。
30. 莊維吉，(2011)，景觀指數應用於台北具里山地景地區之探討—以北海岸為例，碩士論文，國立台灣大學生物資源暨農學院生物環境系統工程學研究所，台北。
31. 程春榮，(2006)，CA 應用於台中市中心商業區再發展之研究，碩士論文，逢甲大學都市計畫學系碩士在職專班，台中。
32. 程雨，朱慶傑，黨旭光，劉峰，(2009)，基於 GIS 城鎮土地利用防災適宜性評價方法分析，岩土力學，30(2)，505-508。
33. 湯潔，汪雪格，李昭陽，毛子龍，韓維崢，徐小明，(2010)，基於 CA-Markov 模型的吉林省西部土地利用景觀格局變化趨勢預測，吉林大學學報，40(2)，405-411。
34. 黃郁淳，(2006)，運用細胞自動體理論模擬都市更新對業種業態之影響，碩士論文，國立高雄大學，都市發展與建築研究所，高雄。

35. 黃慈愛，(2006)，農地休耕對鄉村景觀格局變遷影響之研究—以台東縣關山地區為例，碩士論文，國立台灣大學園藝研究所造園組，台北。
36. 黃任薇，(2007)，GIS 網格解析度之研究，碩士論文，國立成功大學都市計劃研究所，台南。
37. 雷祖強，萬絢，李哲源，(2008)，應用細胞自動生成術預測台中市都市發展之實證，計量管理期，15(13)，101-112。
38. 趙羿，賴明洲，薛怡珍，(2003)，景觀生態學：理論與實務，台北：地景企業股份有限公司。
39. 陳建元，(1996)，資訊收集對單維細胞自動體中模仿行為的影響：以囚犯困境空間模式為基礎的電腦模擬，碩士論文，國立中興大學都市計劃研究所，台中。
40. 陳龍泉，鄭海金，(2004)，基於 Markov-CA 的土地利用/土地覆蓋變化動態模型研究，測繪訊息與工程，29(1)，36-37。
41. 陳建元，(2005)，細胞自動機的介紹及其在土石流災害模擬的初步應用，中華水土保持學報，36(3)，293-300。
42. 陳敏華，(2007)，應用模擬退火法及景觀指數於集水區土地利用最佳化規劃，碩士論文，國立台灣大學生物環境系統工程學系，台北。
43. 陳春至，(2008)，影響台灣地區都市人口密度空間變化因素之探討，碩士論文，國立成功大學都市計劃研究所，台南。
44. 陳逸敏，(2010)，基於 MCE-CA 的東莞市緊湊城市型態模擬，中山大學學報，49(6)，110-114。
45. 馮豐隆，廖亞禎，(2003)，校園土地利用之地景變遷—以國立中興大學為例，林業研究季刊，25(1)，37-48。
46. 葉季栩，(2004)，複雜系統中規劃的作用—以細胞自動體理路為基礎的解釋，碩士論文，國立台北大學都市計劃研究所，台北。
47. 楊家良，(2009)，以景觀指數分析方法輔助鄉村地區生態綠網建置—以集集鎮及週邊地區為例，碩士論文，朝陽科技大學建築及都市設計研究所，台中。
48. 鄭祈全，(1999)，森林地景變遷之監測研究，台灣林業科學，14(4)，493-507。
49. 鄭燕風，(2009)，基於 GIS 和 CA-MARKOV 模型的土地利用變化研究—以招遠市為例，碩士論文，山東農業大學，山東。
50. 潘淑滿，(2003)，質性研究：理論與應用，台北：心理出版。
51. 潘中道，胡龍騰譯，(2010)，研究方法步驟化學習指南第二版，台北：學富文化事業有限公司。
52. 蔡為民，唐華俊，陳佑啟，張風榮，(2004)，近 20 年黃河三角洲典型地區農村居民點景觀格局，資源科學，26(5)，89-97。
53. 蔡博文，(2005)，土地變遷研究之回顧與展望，全球變遷通訊雜誌，48，21-24。
54. 蔡佩璇，(2009)，土地利用分區管制對都市土地利用變遷之影響，碩士論文，國立成功大學都市計劃研究所，台南。

55. 劉洪玉譯，(2003)，房地產開發：原理與程序，中國北京：中信出版社。
56. 劉光，賀小飛，(2003)，地理信息系統實習教程，中國北京：清華大學出版社。
57. 劉雪萍，方晨，(2009)，IDRISI Taiga 簡明用戶指南，中國：北京大學 IDRISI 國際資源中心。
58. 劉小蘭，許佩璇，蔡育新，(2010)，臺灣都市蔓延之影響因素分析，地理學報，58，49-63。
59. 劉紅，(2011)，建立土地發展權轉讓機制是解決城市蔓延問題的有效途徑，經濟縱橫，06，33-37。
60. 賴進貴，葉高華，王韋力，(2004)，土地利用變遷與空間相依性之探討以臺北盆地聚落變遷為例，台灣地理資訊學刊，1，29-40。
61. 賴政錡，(2007)，都市蔓延與氣候暖化關係之研究—以台北都會區為例，碩士論文，國立政治大學地政研究所，台北。
62. 閻克勤，林禎家，曾國雄，(2005)，水岸環境土地利用發展潛能之評估—生態規劃法與模糊 AHP 法之應用，建築與規劃學報，6(1)，21-42。
63. 韓乾譯，(2004)，都市土地經濟學，台北：五南圖書出版股份有限公司。
64. 薛怡珍，(2005)，地景動態變遷預測模式之研究—以台大實驗林和社地區為例，博士論文，國立台灣大學森林環境暨資源學系，台北。
65. 顏怡璇，(2003)，運用細胞自動化理論模擬森林地景變遷之研究—以南仁山生態保護區為例，碩士論文，東海大學景觀研究所，台中。
66. 顏子揚，(2006)，捷運沿線土地利用變遷模擬模式之建構與應用，碩士論文，國立交通大學交通運輸研究所，新竹。
67. 譚縱波，(2005)，城市規劃，中國北京：清華大學出版社。
68. 蘇俊賓，(2009)，固體廢棄物管理系統整合模式之修正研究，博士論文，國立台灣大學工學院環境工程學研究所，台北。
69. 顧嘉安，(2010)，以馬可夫鍊細胞自動機模型模擬極端洪水對都市土地利用型態之影響—以台北市為例，碩士論文，國立成功大學都市計劃研究所，台南。

## 英文文獻

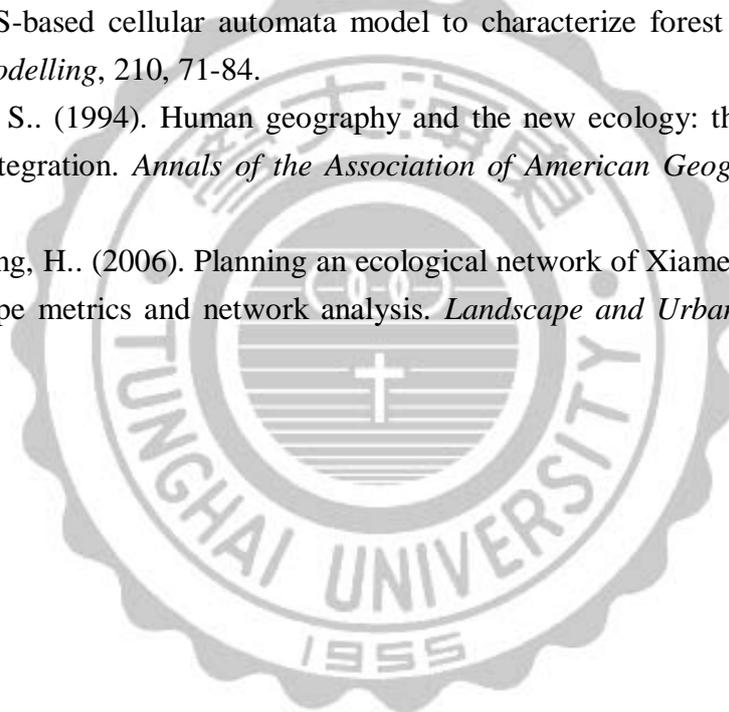
70. Aaviksoo, K.. (1995). Simulating vegetation dynamics and land use in a mire landscape. *Landscape and Urban Planning*, 31, 129-142.
71. Agarwal C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P., Schweik, C. M.. (2002). *A review and assessment of land use change models: Dynamics of space time and human choice*, CIPEC Collaborative Report Series No.1. USA, USDA, Forest Service Indiana.
72. Apan, A. A., Raine, S. R., Paterson, M. S.. (2002). Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 59, 43-57.

73. Aguilera, F., Valenzuela, L., M. Botequilha-Leitao, A.. (2011). Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: a case study in a Spanish metropolitan area. *Landscape and Urban Planning*, 99, 226-238.
74. Burchell Rover, et al. (1998). *The Costs of Sprawl Revisted*. Washington, D.C, National Academy Press.
75. Botequilga Leitao, A., Ahern, J.. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59, 65-93.
76. Barredo, J. I., Kasanko, M., McCormick, N., Lavalle, C.. (2003). Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning*, 64,145-160.
77. Boroushaki, S., Malczewski, J.. (2010). Using the fuzzy majority approach for GIS-base multicriteria group decision-making. *Computers and Geosciences*, 36, 302-312.
78. Brown, R. D., Corry, R.C.. (2011). Evidence-bases landscape architecture: The maturing of a profession. *Landscape and Urban Planning*, 100, 327-329.
79. Cohen, J.. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
80. Cook, E. A.. (2002). Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. *Landscape and Urban Planning*, 58, 269-280.
81. Cushman, S. A., McGarigal, K., Neel, M. C.. (2008). Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency. *Ecological indicators*, 8, 691-703.
82. Colson, F., Bogaert, J., Ceulemans, R.. (2011). Fragmentation in the Legal Amazon, Brazil: Can landscape metrics indicate agricultural policy differences? *Ecological Indicators*, 11, 1467-1471.
83. Doner, J.. (1998). Cellular automata to application. *Math Computer Modelling*, 11, 351-356.
84. Daniel Z., Sui, Hui Zeng.. (2001). Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: a case study in Shenzhen. *Landscape and Urban Planning*, 53, 37-52.
85. DiBari, J. N.. (2007). Evaluation of five landscape-level metrics for measuring the effects of urbanization on landscape structure: the case of Tucson, Arizona, USA. *Landscape and Urban Planning*, 79, 308-313.
86. Eastman , J. R.. (2009). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing*. USA: Clark Labs, Clark University.
87. Forman, R.T.T.. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, New York.

88. Frank, S., Furst, C., Koschke, L., Makeschin, F.. (2011). A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators*, Article in Press.
89. Glaeser, E. L., Kohlhase, J. E.. (2004). Cities, regions and the decline of transport cost, *Paper in Regional Science*, 83(1), 197-228.
90. Guan, D., Li, H.F., Inohae, T., Sud, W., Nagaie, T., Hokao, K.. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222, 3761-3772.
91. Hietala-Koivu, R.. (2002). Landscape and modernizing agriculture: a case study of three areas in Finland in 1954-1998. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 91, 273-281.
92. Itami, R. M.. (1994). Simulating spatial dynamics: cellular automata theory. *Landscape and Urban Planning*, 30, 27-47.
93. Ji, W., Ma, J., Twibell R. W., Underhill, K.. (2006). Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics. *Computer, Environment and Urban Systems*, 30, 861-879.
94. Kong, F., Yin, H., Nakagoshi, N.. (2007). Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China. *Landscape and Urban Planning*, 79, 240-252.
95. Kamusoko, C., Aniya, M., Adi, B., Manjoro, M.. (2009). Rural sustainability under threat in Zimbabwe - Simulation of future landuse/cover changes in the Bindura district base on the Markov-cellular automata model. *Applied Geography*, 29, 435-447.
96. Logofet, D. O., Lesnaya, E. V.. (2000). The mathematics of Markov models: what Markov chains can really predict in forest successions. *Ecological Modelling*, 126, 285-298.
97. Lausch, A., Herzog, F.. (2002). Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issue of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2, 3-15.
98. Luck M., Wu, J.. (2002). A gradient analysis of the landscape pattern of urbanization in the Phoenix metropolitan area of USA. *Landscape Ecology*, 17, 327-339.
99. Peiser, R. B.. (1989). Density and urban sprawl. *Land Economics*, 65(3), 193-204.
100. Monserud, R., Leemans, R.. (1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistics. *Ecol Model*, 62, 275-293.
101. McGarigal, K., Marks, B. J.. (1994). *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*.

102. McGarigal, K., B. J. Marks. (1995). *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Corvallis, Oregon: Oregon State University Forest Science Department.
103. Mondal, P., Southworth, J.. (2010). Evaluation of conservation interventions using a cellular automata-Markov model. *Forest Ecology and Management*, 260, 1716-1725.
104. Mitsova, D., Shuster, W., Wang, X.. (2011). A cellular automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation, *Landscape and Urban Planning*, 99, 141-153.
105. Odum, E. P.. (1989). Input management of production systems. *Science*, 243(4888), 177-182.
106. Pontius, R. G.. (2002). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote sensing*, 66(8), 1011-1016.
107. Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J., Deadman, P.. (2002). Multi-Agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers*, Irvine, California, USA.
108. Peter, E.. (2006). *Converting from ArcGIS Raster Format to Idrisi Grid Format & Converting from Idrisi Grid Format to ArcGIS Raster Format*. Madison: University of Wisconsin.
109. Robinson, L., Newell, J. P., Marzluff, J. M.. (2005). Twenty-five years of sprawl in the Seattle region: growth management responses and implications for conservation. *Landscape and Urban Planning*, 71, 51-72.
110. Rees, W. G.. (2008). Comparing the spatial content of thematic maps. *International Journal of Remote sensing*, 29(13), 3833-3844.
111. Seto, K. C., Fragkias, M. (2005). Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with time series landscape metrics. *Landscape Ecology*, 20, 871-888.
112. Sorrell, J. P. (1998). *Using geographic information systems to evaluate forest fragmentation and identify wildlife corridor opportunities in the Cataraqui Watershed*. Ontario, Canada: York University Faculty of Environmental Studies.
113. Silva, E. A., Ahern, J., Wileden, J.. (2008). Strategies for landscape ecology: An application using cellular automata models. *Progress in Planning*, 70, 133-177.
114. Sundell-Turner, N. M., Rodewald, A. D.. (2008). A comparison of landscape metrics for conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, 86, 219-225.
115. Santé, I., García, A. M., Miranda, D., Crecente, R.. (2010). Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis. *Landscape and Urban Planning*, 96, 108-122.

116. Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., Yun, D.. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modelling*, 54, 938-943.
117. Strigul, N., Florescu, I., Welden, A. R., Michalczewski, F.. (2012). Modelling of forest stand dynamics using Markov chains. *Environmental Modelling and Software*, 31, 64-75.
118. White, R., Engelen, G. (1997). Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modeling. *Environment and Planning B*, 24.
119. Wood, L. J. and Dragicevic, S.. (2007). GIS-based multicriteria evaluation and fuzzy set to identify priority sites for marine protection, *Biodiversity and Conservation*, 16, 2539-2558.
120. Yassemi, S. S., Dragi'cevi'c, M., Schmidt.. (2008). Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behaviour. *Ecological Modelling*, 210, 71-84.
121. Zimmerer, K. S.. (1994). Human geography and the new ecology: the prospect and promise of integration. *Annals of the Association of American Geographers*, 84(1), 108-125.
122. Zhang, L. Wang, H.. (2006). Planning an ecological network of Xiamen Island (China) using landscape metrics and network analysis. *Landscape and Urban Planning*, 78, 449-456.



## 附錄一、相關資料表格

### 壹、以主成分分析 (PCA) 簡化景觀指標

Cushman (2008) 以主成分分析 (PCA) 對景觀層級與類別層級之景觀指數進行簡化，如下表。

附錄表1 Cushman (2008) : Universality, strength, and consistency of landscape configuration components

景觀層級 (Landscape level)		類別層級 (Class level)	
01	Contagion/diversity	01	Edge contrast
02	Large patch dominance	02	Patch shape complexity
03	Edge contrast	03	Aggregation
04	Patch shape variation	04	Nearest neighbor distance
05	Mean proximity	05	Patch dispersion
06	Nearest neighbor distance	06	Large patch dominance
07	Patch dispersion	07	Neighborhood similarity
08	Area-weighted proximity	08	Area-weighted proximity
09	Patch shape and gyration 1	09	Shape and correlation length of large patches
10	Patch shape and gyration 2	10	Perimeter-area coefficient of variation
11	Core area	11	Patch size variability
12	Patch richness density	12	Proximity index coefficient of variation
13	Mean perimeter-area ratio	13	Edge/patch density
14	Patch richness density	14	Interspersion/juxtaposition
15	Perimeter-area ratio variation	15	Mean perimeter-area ratio
16	Mean nearest neighbor distance	16	Splitting index
		17	Patch density
		18	Mean patch size
		19	Edge contrast coefficient of variation
		20	Edge + aggregation
		21	Split + cohesion
		22	Disjunct core area density
		23	Fractal dimension coefficient of variation
		24	Area-weighted similarity

表格來源：Cushman (2008)，本研究整理

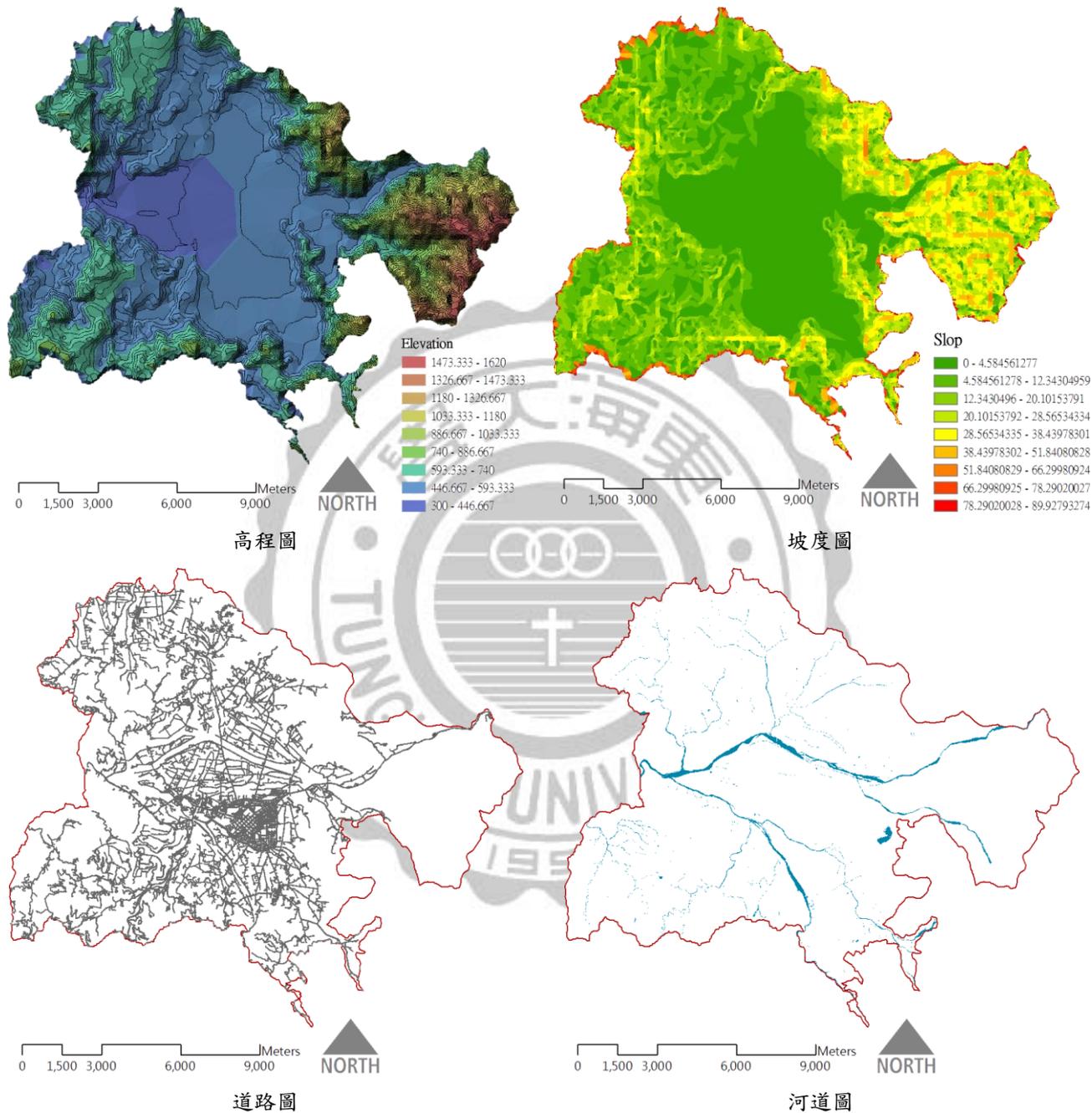
貳、埔里鎮各里1995年至2006年人口統計資料表

	年份											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
總計	87,362	87,474	87,975	88,271	87,933	87,526	87,519	87,417	87,350	87,069	86,920	86,684
一新里	1,073	1,174	1,310	1,355	1,446	1,454	1,589	1,507	1,231	1,025	1,235	1,228
大城里	7,764	7,727	7,766	7,906	7,888	7,984	7,923	7,776	7,857	7,734	7,550	7,444
大湳里	1,492	1,523	1,561	1,600	1,608	1,639	1,679	1,665	1,646	1,601	1,616	1,558
水頭里	3,643	3,767	3,829	3,889	3,993	4,223	4,220	4,238	4,215	4,176	4,202	4,250
牛眠里	3,374	3,322	3,317	3,269	3,299	3,273	3,270	3,244	3,257	3,277	3,356	3,390
北安里	4,806	4,800	4,829	4,827	4,720	4,551	4,497	4,563	4,684	4,657	4,623	4,536
北門里	3,816	3,752	3,652	3,613	3,520	3,371	3,368	3,292	3,290	3,467	3,463	3,364
北梅里	2,785	3,135	3,347	3,496	3,500	3,356	3,372	3,429	3,398	3,438	3,482	3,651
史港里	825	821	815	802	811	811	806	790	811	822	799	804
同聲里	3,131	3,063	3,025	3,053	2,983	2,947	2,953	3,017	2,948	2,987	2,911	2,907
向善里	915	906	882	874	885	853	849	823	807	820	807	823
合成里	2,123	2,108	2,080	2,070	2,091	2,104	2,102	2,112	2,086	2,081	2,055	2,067
成功里	452	443	446	431	432	435	441	424	459	441	413	412
西門里	4,856	4,718	4,637	4,652	4,496	4,317	4,281	4,283	4,384	4,409	4,493	4,486
房里里	1,658	1,647	1,668	1,673	1,698	1,683	1,720	1,706	1,722	1,695	1,719	1,722
東門里	4,265	4,074	4,105	3,996	3,915	3,755	3,705	3,727	3,690	3,727	3,624	3,580
杷城里	3,198	3,244	3,303	3,335	3,314	3,273	3,231	3,213	3,231	3,226	3,206	3,196
枇杷里	7,256	7,665	7,922	7,807	7,888	8,017	8,064	8,300	8,325	8,494	8,539	8,656
南村里	1,841	1,824	1,887	1,902	1,899	1,935	1,929	1,871	1,858	1,795	1,779	1,770
南門里	1,394	1,355	1,349	1,390	1,311	1,246	1,224	1,207	1,146	1,125	1,107	1,119
桃米里	1,358	1,317	1,325	1,314	1,264	1,298	1,278	1,270	1,294	1,295	1,247	1,235
泰安里	2,873	2,825	2,784	3,104	3,053	2,930	2,881	2,916	2,930	2,953	2,920	2,887
珠格里	1,322	1,335	1,333	1,320	1,345	1,345	1,370	1,325	1,333	1,321	1,318	1,307
清新里	5,307	5,231	5,153	5,109	5,014	4,993	4,904	4,868	4,889	4,793	4,795	4,781
愛蘭里	1,833	1,870	1,913	1,907	1,906	1,969	1,983	1,976	1,987	1,921	1,902	1,989
溪南里	1,021	988	999	965	995	1,051	1,079	1,089	1,101	1,197	1,269	1,285
蜈蚣里	3,543	3,496	3,500	3,480	3,439	3,435	3,479	3,465	3,463	3,459	3,431	3,409
福興里	1,274	1,262	1,287	1,271	1,314	1,309	1,309	1,307	1,286	1,277	1,283	1,255
廣成里	1,488	1,457	1,411	1,402	1,431	1,410	1,454	1,447	1,491	1,433	1,436	1,399
薰化里	1,960	1,914	1,869	1,809	1,811	1,663	1,611	1,597	1,522	1,470	1,466	1,430
麒麟里	1,269	1,270	1,298	1,280	1,277	1,286	1,285	1,283	1,300	1,324	1,303	1,324
籃城里	1,121	1,124	1,116	1,121	1,133	1,326	1,355	1,360	1,377	1,340	1,309	1,188
鐵山里	2,326	2,317	2,257	2,249	2,254	2,284	2,308	2,327	2,332	2,289	2,262	2,232

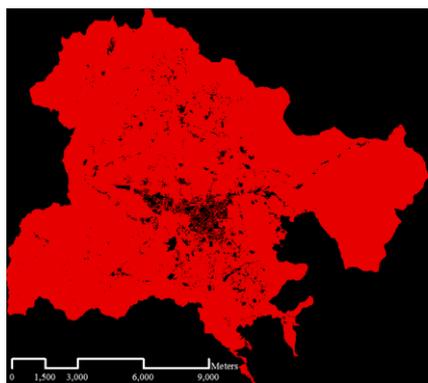
表格來源：南投縣埔里鎮戶政事務所

## 附錄二、實證地區圖檔資料

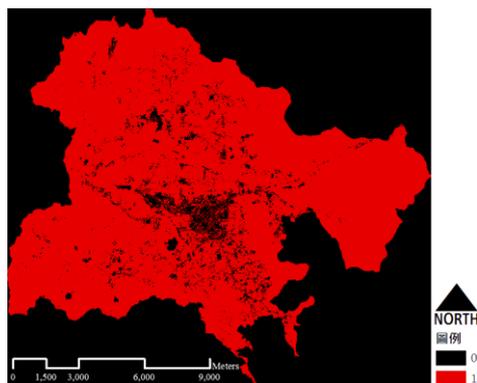
### 壹、實證地區資料



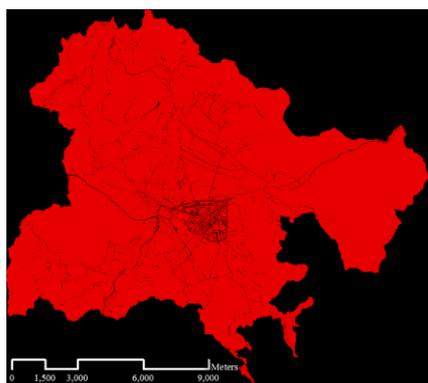
## 貳、限制因子



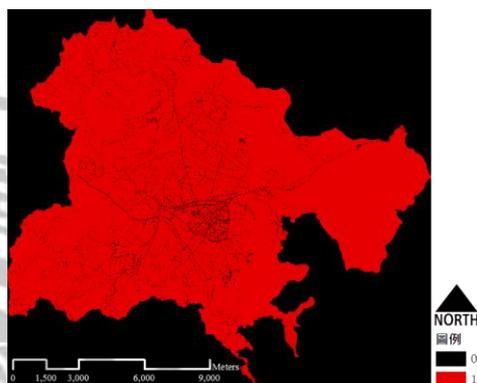
1995年現有建成地



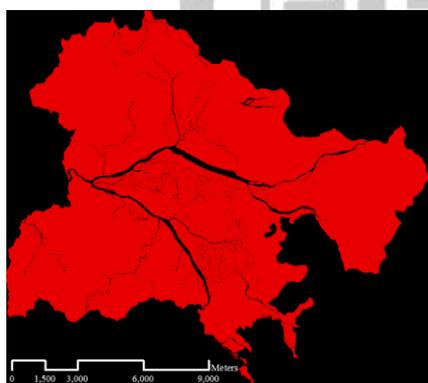
2006年現有建成地



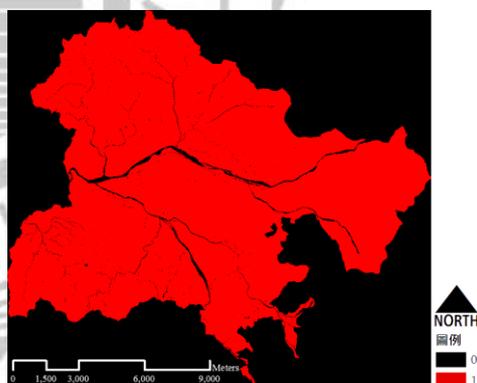
1995年現有道路



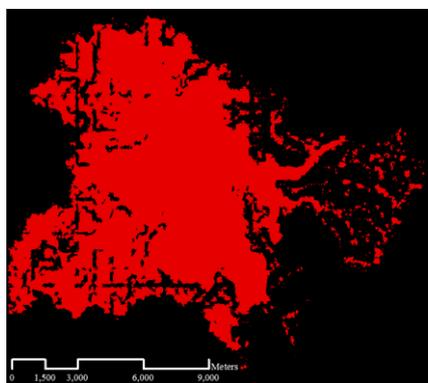
2006年現有道路



1995年現有水體

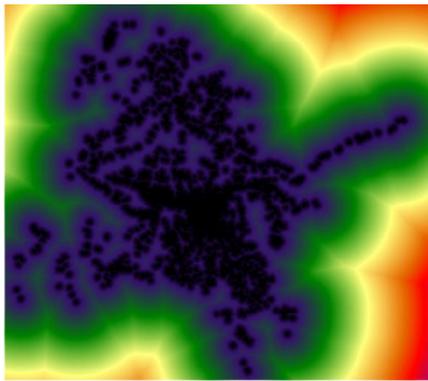


2006年現有水體

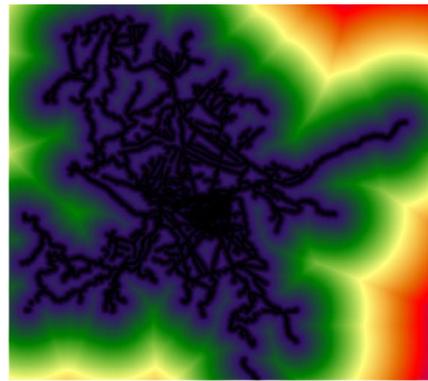


坡度大於30%地區

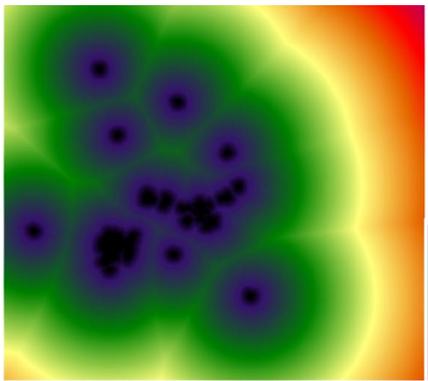
參、影響因子計算資料



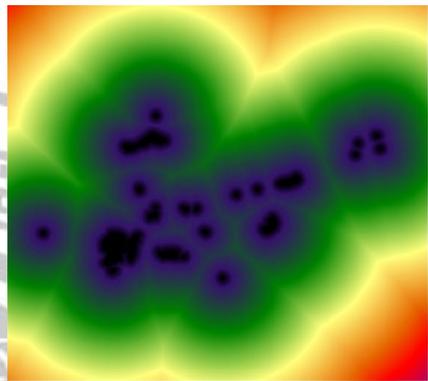
建物可及性



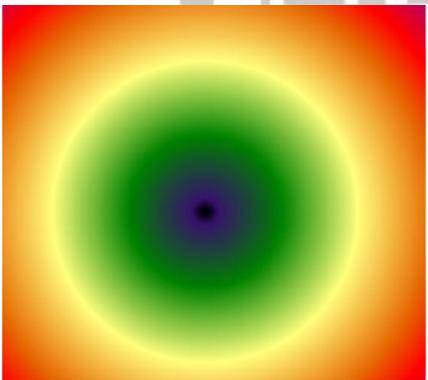
道路可及性



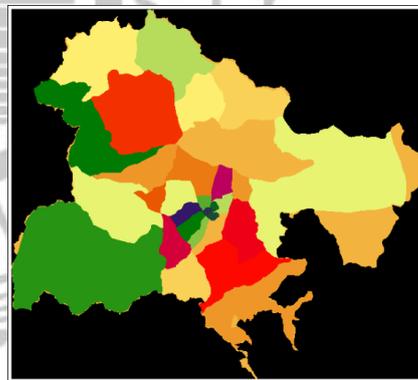
政府機關可及性



觀光景點可及性

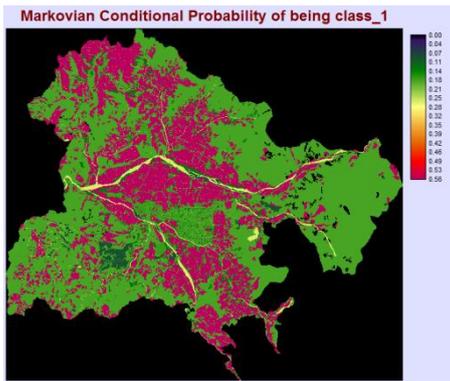


市中心可及性



人口成長率

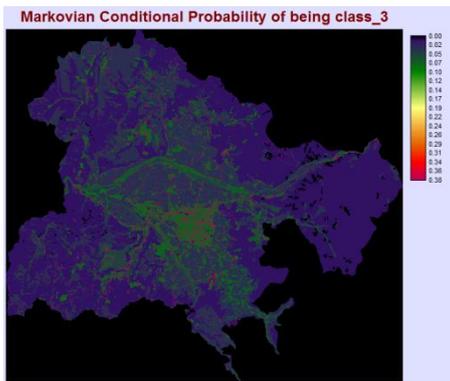
肆、馬可夫鍊轉移機率圖



Markov Conditional Probability of being class\_1



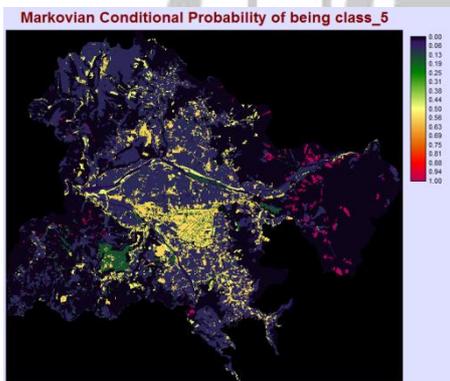
Markov Conditional Probability of being class\_2



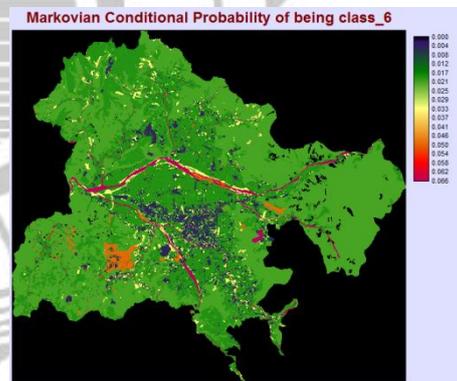
Markov Conditional Probability of being class\_3



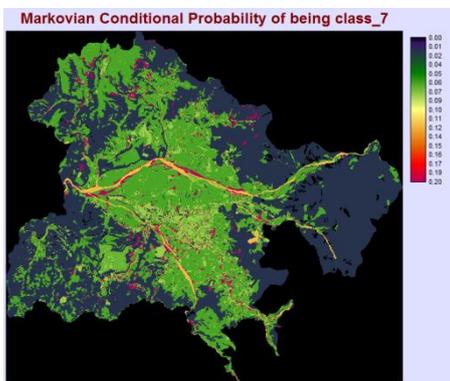
Markov Conditional Probability of being class\_4



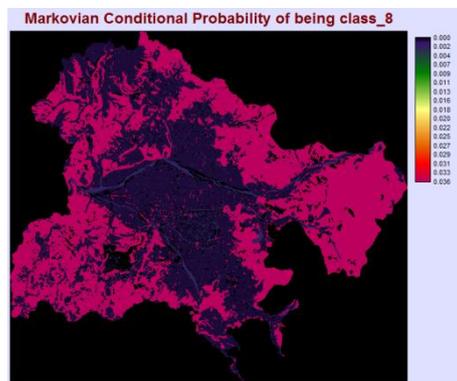
Markov Conditional Probability of being class\_5



Markov Conditional Probability of being class\_6



Markov Conditional Probability of being class\_7



Markov Conditional Probability of being class\_8

### 附錄三、影響因子相關分析

#### 壹、建物可及性相關分析數據資料

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1326	0.0000
Grass	0.5548	0.0000
Road	0.4416	0.0000
Wood	0.3077	0.0000
Water	0.1649	0.0000
Bareland	0.0920	0.0000
Bulid	0.0491	0.0000
Outher	0.0330	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-150

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1244	0.0000
Road	0.5065	0.0000
Grass	0.4634	0.0000
Wood	0.3366	0.0000
Water	0.1621	0.0000
Bareland	0.1062	0.0000
Bulid	0.0953	0.0000
Outher	0.0661	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-450

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1163	0.0000
Road	0.5097	0.0000
Grass	0.4000	0.0000
Wood	0.3227	0.0000
Water	0.1494	0.0000
Bareland	0.1069	0.0000
Bulid	0.0937	0.0000
Outher	0.0752	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-750

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1116	0.0000
Road	0.5098	0.0000
Grass	0.3606	0.0000
Wood	0.3185	0.0000
Water	0.1399	0.0000
Bareland	0.1061	0.0000
Bulid	0.0912	0.0000
Outher	0.0772	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1050

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1283	0.0000
Grass	0.5036	0.0000
Road	0.4964	0.0000
Wood	0.3411	0.0000
Water	0.1669	0.0000
Bareland	0.1019	0.0000
Bulid	0.0868	0.0000
Outher	0.0534	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-300

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1198	0.0000
Road	0.5091	0.0000
Grass	0.4268	0.0000
Wood	0.3277	0.0000
Water	0.1551	0.0000
Bareland	0.1075	0.0000
Bulid	0.0950	0.0000
Outher	0.0749	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-600

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1135	0.0000
Road	0.5097	0.0000
Grass	0.3772	0.0000
Wood	0.3194	0.0000
Water	0.1441	0.0000
Bareland	0.1063	0.0000
Bulid	0.0925	0.0000
Outher	0.0752	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-900

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1096	0.0000
Road	0.5098	0.0000
Grass	0.3417	0.0000
Wood	0.3194	0.0000
Water	0.1353	0.0000
Bareland	0.1059	0.0000
Bulid	0.0893	0.0000
Outher	0.0770	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1200

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1079	0.0000
Road	0.5088	0.0000
Grass	0.3263	0.0000
Wood	0.3197	0.0000
Water	0.1314	0.0000
Bareland	0.1053	0.0000
Bulid	0.0875	0.0000
Outher	0.0765	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1350

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1067	0.0000
Road	0.5076	0.0000
Wood	0.3203	0.0000
Grass	0.3152	0.0000
Water	0.1288	0.0000
Bareland	0.1047	0.0000
Bulid	0.0860	0.0000
Outher	0.0762	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1500

## 貳、道路可及性相關分析數據資料

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1152	0.0000
Road	0.4585	0.0000
Water	0.3264	0.0000
Grass	0.3050	0.0000
Wood	0.2806	0.0000
Bareland	0.1048	0.0000
Outher	0.0635	0.0000
Bulid	0.0629	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-150

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1154	0.0000
Road	0.5200	0.0000
Wood	0.3455	0.0000
Grass	0.3065	0.0000
Water	0.2576	0.0000
Bareland	0.1154	0.0000
Bulid	0.0748	0.0000
Outher	0.0699	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-300

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1147	0.0000
Road	0.5313	0.0000
Wood	0.3545	0.0000
Grass	0.3038	0.0000
Water	0.2229	0.0000
Bareland	0.1190	0.0000
Bulid	0.0792	0.0000
Outher	0.0701	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-450

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1125	0.0000
Road	0.5328	0.0000
Wood	0.3523	0.0000
Grass	0.2954	0.0000
Water	0.1985	0.0000
Bareland	0.1192	0.0000
Bulid	0.0791	0.0000
Outher	0.0704	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-600

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1110	0.0000
Road	0.5337	0.0000
Wood	0.3511	0.0000
Grass	0.2874	0.0000
Water	0.1827	0.0000
Bareland	0.1181	0.0000
Bulid	0.0787	0.0000
Outher	0.0703	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-750

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1096	0.0000
Road	0.5335	0.0000
Wood	0.3493	0.0000
Grass	0.2794	0.0000
Water	0.1704	0.0000
Bareland	0.1171	0.0000
Bulid	0.0785	0.0000
Outher	0.0701	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-900

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1086	0.0000
Road	0.5331	0.0000
Wood	0.3483	0.0000
Grass	0.2726	0.0000
Water	0.1622	0.0000
Bareland	0.1169	0.0000
Bulid	0.0778	0.0000
Outher	0.0698	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1050

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1063	0.0000
Road	0.5318	0.0000
Wood	0.3465	0.0000
Grass	0.2555	0.0000
Water	0.1462	0.0000
Bareland	0.1138	0.0000
Bulid	0.0780	0.0000
Outher	0.0680	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1350

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1073	0.0000
Road	0.5324	0.0000
Wood	0.3473	0.0000
Grass	0.2635	0.0000
Water	0.1531	0.0000
Bareland	0.1154	0.0000
Bulid	0.0777	0.0000
Outher	0.0689	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1200

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1054	0.0000
Road	0.5307	0.0000
Wood	0.3460	0.0000
Grass	0.2490	0.0000
Water	0.1410	0.0000
Bareland	0.1124	0.0000
Bulid	0.0782	0.0000
Outher	0.0675	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1500

### 參、政府機關可及性

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0873	0.0000
Outher	0.3944	0.0000
Grass	0.2059	0.0000
Road	0.1298	0.0000
Water	0.0804	0.0000
Wood	0.0780	0.0000
Bareland	0.0227	0.0000
Bulid	0.0219	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-150

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0892	0.0000
Outher	0.3761	0.0000
Grass	0.2523	0.0000
Road	0.1955	0.0000
Water	0.1076	0.0000
Wood	0.0850	0.0000
Bareland	0.0503	0.0000
Bulid	0.0283	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-450

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0873	0.0000
Outher	0.3857	0.0000
Grass	0.2371	0.0000
Road	0.1643	0.0000
Water	0.0953	0.0000
Wood	0.0779	0.0000
Bareland	0.0418	0.0000
Bulid	0.0239	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-300

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0898	0.0000
Outher	0.3646	0.0000
Grass	0.2586	0.0000
Road	0.2186	0.0000
Water	0.1119	0.0000
Wood	0.0994	0.0000
Bareland	0.0570	0.0000
Bulid	0.0298	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-600

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0906	0.0000
Outher	0.3559	0.0000
Grass	0.2612	0.0000
Road	0.2400	0.0000
Wood	0.1191	0.0000
Water	0.1132	0.0000
Bareland	0.0619	0.0000
Bulid	0.0344	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-750

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0918	0.0000
Outher	0.3369	0.0000
Road	0.2725	0.0000
Grass	0.2661	0.0000
Wood	0.1536	0.0000
Water	0.1153	0.0000
Bareland	0.0684	0.0000
Bulid	0.0366	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1050

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0928	0.0000
Outher	0.3191	0.0000
Road	0.2950	0.0000
Grass	0.2703	0.0000
Wood	0.1804	0.0000
Water	0.1163	0.0000
Bareland	0.0688	0.0000
Bulid	0.0366	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1350

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0976	0.0000
Road	0.3478	0.0000
Outher	0.2938	0.0000
Grass	0.2749	0.0000
Wood	0.2371	0.0000
Water	0.1203	0.0000
Bareland	0.0743	0.0000
Bulid	0.0379	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-2000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0914	0.0000
Outher	0.3456	0.0000
Grass	0.2646	0.0000
Road	0.2601	0.0000
Wood	0.1370	0.0000
Water	0.1145	0.0000
Bareland	0.0674	0.0000
Bulid	0.0363	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-900

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0920	0.0000
Outher	0.3271	0.0000
Road	0.2830	0.0000
Grass	0.2672	0.0000
Wood	0.1675	0.0000
Water	0.1156	0.0000
Bareland	0.0692	0.0000
Bulid	0.0367	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1200

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0936	0.0000
Outher	0.3135	0.0000
Road	0.3060	0.0000
Grass	0.2721	0.0000
Wood	0.1902	0.0000
Water	0.1173	0.0000
Bareland	0.0699	0.0000
Bulid	0.0370	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1500

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.1017	0.0000
Road	0.3911	0.0000
Wood	0.2812	0.0000
Grass	0.2719	0.0000
Outher	0.2575	0.0000
Water	0.1226	0.0000
Bareland	0.0858	0.0000
Bulid	0.0568	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-3000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0999	0.0000
Road	0.3935	0.0000
Wood	0.2820	0.0000
Grass	0.2679	0.0000
Outher	0.2275	0.0000
Water	0.1225	0.0000
Bareland	0.0882	0.0000
Bulid	0.0539	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-4000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0991	0.0000
Road	0.3965	0.0000
Wood	0.2813	0.0000
Grass	0.2599	0.0000
Outher	0.2031	0.0000
Water	0.1212	0.0000
Bareland	0.0879	0.0000
Bulid	0.0509	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-5000

#### 肆、觀光景點可及性

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0716	0.0000
Outher	0.3654	0.0000
Road	0.0780	0.0000
Grass	0.0597	0.0000
Wood	0.0552	0.0000
Water	0.0421	0.0000
Bulid	0.0338	0.0000
Bareland	0.0230	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-150

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0706	0.0000
Outher	0.3607	0.0000
Grass	0.0996	0.0000
Road	0.0974	0.0000
Wood	0.0563	0.0000
Water	0.0553	0.0000
Bulid	0.0358	0.0000
Bareland	0.0286	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-300

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0722	0.0000
Outher	0.3546	0.0000
Grass	0.1279	0.0000
Road	0.1225	0.0000
Water	0.0638	0.0000
Wood	0.0567	0.0000
Bulid	0.0469	0.0000
Bareland	0.0349	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-450

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0736	0.0000
Outher	0.3468	0.0000
Grass	0.1513	0.0000
Road	0.1413	0.0000
Water	0.0743	0.0000
Wood	0.0566	0.0000
Bulid	0.0549	0.0000
Bareland	0.0418	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-600

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0748	0.0000
Outher	0.3402	0.0000
Grass	0.1663	0.0000
Road	0.1598	0.0000
Water	0.0791	0.0000
Bulid	0.0596	0.0000
Wood	0.0589	0.0000
Bareland	0.0509	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-750

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0751	0.0000
Outher	0.3325	0.0000
Grass	0.1759	0.0000
Road	0.1727	0.0000
Water	0.0815	0.0000
Wood	0.0613	0.0000
Bulid	0.0604	0.0000
Bareland	0.0576	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-900

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0751	0.0000
Outher	0.3254	0.0000
Road	0.1814	0.0000
Grass	0.1802	0.0000
Water	0.0837	0.0000
Bulid	0.0651	0.0000
Wood	0.0646	0.0000
Bareland	0.0594	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1050

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0740	0.0000
Outher	0.3077	0.0000
Road	0.1960	0.0000
Grass	0.1850	0.0000
Water	0.0851	0.0000
Wood	0.0770	0.0000
Bulid	0.0665	0.0000
Bareland	0.0588	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1350

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0705	0.0000
Outher	0.2777	0.0000
Road	0.1988	0.0000
Grass	0.1868	0.0000
Water	0.0849	0.0000
Wood	0.0764	0.0000
Bulid	0.0679	0.0000
Bareland	0.0596	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-2000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0626	0.0000
Outher	0.2068	0.0000
Road	0.2040	0.0000
Grass	0.1880	0.0000
Water	0.0847	0.0000
Wood	0.0777	0.0000
Bulid	0.0690	0.0000
Bareland	0.0619	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-4000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0747	0.0000
Outher	0.3159	0.0000
Road	0.1916	0.0000
Grass	0.1833	0.0000
Water	0.0848	0.0000
Wood	0.0733	0.0000
Bulid	0.0665	0.0000
Bareland	0.0592	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1200

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0734	0.0000
Outher	0.3017	0.0000
Road	0.1980	0.0000
Grass	0.1865	0.0000
Water	0.0853	0.0000
Wood	0.0778	0.0000
Bulid	0.0669	0.0000
Bareland	0.0593	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1500

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0658	0.0000
Outher	0.2359	0.0000
Road	0.2027	0.0000
Grass	0.1878	0.0000
Water	0.0851	0.0000
Wood	0.0798	0.0000
Bulid	0.0686	0.0000
Bareland	0.0613	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-3000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0614	0.0000
Road	0.2107	0.0000
Grass	0.1877	0.0000
Outher	0.1849	0.0000
Wood	0.0980	0.0000
Water	0.0838	0.0000
Bulid	0.0701	0.0000
Bareland	0.0635	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-5000

## 伍、市中心可及性

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0147	0.0000
Grass	0.0672	0.0000
Water	0.0319	0.0000
Road	0.0262	0.0000
Wood	0.0175	0.0000
Bareland	0.0164	0.0000
Bulid	0.0042	0.3690
Outher	0.0032	0.9337
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-150

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0339	0.0000
Grass	0.1697	0.0000
Road	0.0635	0.0000
Water	0.0626	0.0000
Wood	0.0406	0.0000
Bareland	0.0179	0.0000
Bulid	0.0101	0.0000
Outher	0.0057	0.0023
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-450

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0516	0.0000
Grass	0.2545	0.0000
Water	0.0999	0.0000
Road	0.0989	0.0000
Wood	0.0645	0.0000
Bareland	0.0344	0.0000
Bulid	0.0160	0.0000
Outher	0.0138	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-750

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0634	0.0000
Grass	0.3045	0.0000
Road	0.1328	0.0000
Water	0.1314	0.0000
Wood	0.0746	0.0000
Bareland	0.0609	0.0000
Bulid	0.0205	0.0000
Outher	0.0162	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1050

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0237	0.0000
Grass	0.1171	0.0000
Water	0.0465	0.0000
Road	0.0446	0.0000
Wood	0.0291	0.0000
Bareland	0.0175	0.0000
Bulid	0.0071	0.0000
Outher	0.0047	0.1692
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-300

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0430	0.0000
Grass	0.2135	0.0000
Water	0.0821	0.0000
Road	0.0816	0.0000
Wood	0.0535	0.0000
Bareland	0.0236	0.0000
Bulid	0.0130	0.0000
Outher	0.0118	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-600

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0591	0.0000
Grass	0.2855	0.0000
Water	0.1223	0.0000
Road	0.1168	0.0000
Wood	0.0730	0.0000
Bareland	0.0525	0.0000
Bulid	0.0190	0.0000
Outher	0.0156	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-900

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0662	0.0000
Grass	0.3150	0.0000
Road	0.1510	0.0000
Water	0.1360	0.0000
Wood	0.0768	0.0000
Bareland	0.0640	0.0000
Bulid	0.0214	0.0000
Outher	0.0181	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1200

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0682	0.0000
Grass	0.3201	0.0000
Road	0.1688	0.0000
Water	0.1386	0.0000
Wood	0.0846	0.0000
Bareland	0.0694	0.0000
Bulid	0.0214	0.0000
Outher	0.0197	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1350

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0752	0.0000
Grass	0.3308	0.0000
Road	0.2282	0.0000
Water	0.1443	0.0000
Wood	0.1341	0.0000
Bareland	0.0765	0.0000
Bulid	0.0372	0.0000
Outher	0.0278	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-2000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0957	0.0000
Road	0.3681	0.0000
Grass	0.3600	0.0000
Wood	0.2181	0.0000
Water	0.1528	0.0000
Bareland	0.1179	0.0000
Bulid	0.0984	0.0000
Outher	0.0709	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-4000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0701	0.0000
Grass	0.3239	0.0000
Road	0.1856	0.0000
Water	0.1397	0.0000
Wood	0.1006	0.0000
Bareland	0.0693	0.0000
Bulid	0.0242	0.0000
Outher	0.0208	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-1500

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0865	0.0000
Grass	0.3502	0.0000
Road	0.3032	0.0000
Wood	0.1668	0.0000
Water	0.1497	0.0000
Bareland	0.1037	0.0000
Bulid	0.0823	0.0000
Outher	0.0645	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-3000

Cover Class :	Cramer's V :	P Value :
Overall V	0.0998	0.0000
Road	0.3858	0.0000
Grass	0.3624	0.0000
Wood	0.2251	0.0000
Water	0.1538	0.0000
Outher	0.1256	0.0000
Bareland	0.1195	0.0000
Bulid	0.1036	0.0000
Agriculture	0.0000	1.0000

Evaluate Fuzzy contour point 0-5000

## 附錄四、景觀變遷模擬結果檢驗

### 壹、測試一檢驗

Number of total runs : 1  
 Multi-resolution VALIDATE : Categorical Image Comparison

=====  
 Comparison image file: CA\_Markov\_0426\_test1  
 Reference image file: Landuse\_95\_RST  
 Strata/Mask image file: N/A

Number of valid strata: 1; Number of valid categories: 9

//Beginning of run: 1  
 Resolution scale: 1 x 1

Classification agreement/disagreement  
 According to ability to specify accurately quantity and location

Information of Location	Information of Quantity		
	No[n]	Medium[m]	Perfect[p]
Perfect[P(x)]	P(n) =0.4215	P(m) =0.9703	P(p) =1.0000
PerfectStratum[K(x)]	K(n) =0.4215	K(m) =0.9703	K(p) =1.0000
MediumGrid[M(x)]	M(n) =0.3507	M(m) =0.8344	M(p) =0.8402
MediumStratum[H(x)]	H(n) =0.1111	H(m) =0.3389	H(p) =0.3382
No[N(x)]	N(n) =0.1111	N(m) =0.3389	N(p) =0.3382

AgreementChance = 0.1111  
 AgreementQuantity = 0.2278  
 AgreementStrata = 0.0000  
 AgreementGridcell = 0.4954  
 DisagreeGridcell = 0.1359  
 DisagreeStrata = 0.0000  
 DisagreeQuantity = 0.0297

Kno = 0.8137  
 Klocation = 0.7847  
 KlocationStrata = 0.7847  
 Kstandard = 0.7495

//Ending of run: 1

貳、測試二檢驗

Number of total runs : 1  
 Multi-resolution VALIDATE : Categorical Image Comparison

Comparison image file: ca-markov\_0427  
 Reference image file: Landuse\_95\_RST  
 Strata/Mask image file N/A

Number of valid strata: 1; Number of valid categories: 9

//Beginning of run: 1  
 Resolution scale: 1 x 1

Classification agreement/disagreement  
 According to ability to specify accurately quantity and location

Information of Location	Information of Quantity		
	No[n]	Medium[m]	Perfect[p]
Perfect[P(x)]	P(n) =0.4215	P(m) =0.9727	P(p) =1.0000
PerfectStratum[K(x)]	K(n) =0.4215	K(m) =0.9727	K(p) =1.0000
MediumGrid[M(x)]	M(n) =0.3507	M(m) =0.8324	M(p) =0.8348
MediumStratum[H(x)]	H(n) =0.1111	H(m) =0.3381	H(p) =0.3382
No[N(x)]	N(n) =0.1111	N(m) =0.3381	N(p) =0.3382

AgreementChance = 0.1111  
 AgreementQuantity = 0.2270  
 AgreementStrata = 0.0000  
 AgreementGridcell = 0.4943  
 DisagreeGridcell = 0.1403  
 DisagreeStrata = 0.0000  
 DisagreeQuantity = 0.0273

Kno = 0.8114  
 Klocation = 0.7790  
 KlocationStrata = 0.7790  
 Kstandard = 0.7468

//Ending of run: 1

参、测试三检验

Number of total runs : 1  
 Multi-resolution VALIDATE : Categorical Image Comparison

=====  
 Comparison image file: CA\_Markov0425  
 Reference image file: Landuse\_95\_RST  
 Strata/Mask image file: N/A

Number of valid strata: 1; Number of valid categories: 9

//Beginning of run: 1  
 Resolution scale: 1 x 1

Classification agreement/disagreement  
 According to ability to specify accurately quantity and location

Information of Location	Information of Quantity		
	No[n]	Medium[m]	Perfect[p]
Perfect[P(x)]	P(n) =0.4215	P(m) =0.9727	P(p) =1.0000
PerfectStratum[K(x)]	K(n) =0.4215	K(m) =0.9727	K(p) =1.0000
MediumGrid[M(x)]	M(n) =0.3552	M(m) =0.8419	M(p) =0.8435
MediumStratum[H(x)]	H(n) =0.1111	H(m) =0.3381	H(p) =0.3382
No[N(x)]	N(n) =0.1111	N(m) =0.3381	N(p) =0.3382

AgreementChance = 0.1111  
 AgreementQuantity = 0.2270  
 AgreementStrata = 0.0000  
 AgreementGridcell = 0.5039  
 DisagreeGridcell = 0.1307  
 DisagreeStrata = 0.0000  
 DisagreeQuantity = 0.0273

Kno = 0.8222  
 Klocation = 0.7940  
 KlocationStrata = 0.7940  
 Kstandard = 0.7612

//Ending of run: 1

肆、測試四檢驗

Number of total runs : 1  
 Multi-resolution VALIDATE : Categorical Image Comparison

=====  
 Comparison image file: ca-markov\_0427\_test4  
 Reference image file: Landuse\_95\_RST  
 Strata/Mask image file: N/A

Number of valid strata: 1; Number of valid categories: 9

//Beginning of run: 1  
 Resolution scale: 1 x 1

Classification agreement/disagreement  
 According to ability to specify accurately quantity and location

Information of Location	Information of Quantity		
	No[n]	Medium[m]	Perfect[p]
Perfect[P(x)]	P(n) =0.4215	P(m) =0.9649	P(p) =1.0000
PerfectStratum[K(x)]	K(n) =0.4215	K(m) =0.9649	K(p) =1.0000
MediumGrid[M(x)]	M(n) =0.3576	M(m) =0.8542	M(p) =0.8600
MediumStratum[H(x)]	H(n) =0.1111	H(m) =0.3405	H(p) =0.3382
No[N(x)]	N(n) =0.1111	N(m) =0.3405	N(p) =0.3382

AgreementChance = 0.1111  
 AgreementQuantity = 0.2294  
 AgreementStrata = 0.0000  
 AgreementGridcell = 0.5138  
 DisagreeGridcell = 0.1106  
 DisagreeStrata = 0.0000  
 DisagreeQuantity = 0.0351

Kno = 0.8360  
 Klocation = 0.8228  
 KlocationStrata = 0.8228  
 Kstandard = 0.7790

//Ending of run: 1

## 附錄五、訪談記錄

訪談記錄 (1)	
時間	2012年9月18日
地點	陳進萬前里長住所
受訪者	前北門里里長 陳進萬 居住埔里58年
訪談者	蕭宇昂
訪談內容	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 埔里鎮務農還是很多，筊白筍種植很多，農業都還是保持。建設的部分沒有很大的案子進行。沒有什麼明顯的改變。</li> <li>■ 埔里人口數有回流，因為國道六號的關係變成人們晚上會回來埔里睡覺。人們會通勤回埔里休息，以前都是幾個月才回來，現在都每天回來。建設都建設民宿比較多。雖然人口外流的多，但有來埔里投資賺錢的人，確沒有在埔里設籍，所以說人口沒變動但是還是有人進來。流動人口還是算多，大部分來的都做觀光的生意。就是早上去日月潭跟溫泉區域做生意，但晚上是居住在埔里。例如日月潭就有幾百個人是來住在埔里，清境農場也有。隔壁縣市回來居住一晚的也變多。</li> <li>■ 一新里據我所知，有一部分賣給中台禪寺，大概十分之二左右，甚至不只都賣給中台禪寺，中台禪寺都買去做林地。</li> <li>■ 南港溪那沒什麼開發。溪水裡面是絕對沒有開發，溪邊週遭都是鐵皮屋，做花卉的比較多。以前那裡都沒有種植花卉，現在變成花卉需求量變大。</li> <li>■ 埔里在觀光上有得到利益，說有人口移入不一定。但是農產品的出口，以及停留在埔里吃飯的很多。雖然人都住在飯店，但會來埔里停留跟吃飯。日月潭跟仁愛、清境農場等，日常生活用品都得來埔里鎮買。所以並不會因為附近觀光景點而沒受到觀光帶來的影響，還是有連帶受益。</li> <li>■ 埔里鎮生態印象中是有進步的。因為有一些學者跟政府機關進行輔導，還有像暨南大學都會來幫忙。他們會去桃米輔導阿，還有像農產品等，農會都會來進行輔導，所以埔里農產品愈做愈好。現在大家比較惜福了。這近年來慢慢看到成果了，其實推廣大概已經有十幾年了。</li> </ul>	
訪談照片	
	

訪談記錄 (2)	
時間	2012年9月18日
地點	中信房屋埔里據點
受訪者	中信房屋店長 李志成 居住埔里31年
訪談者	蕭宇昂
訪談內容	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 埔里鎮因為大地震有外來資金的投入跟重新建設，因此現在開始大進步，而目前因為國道六號的關係，更可能會大進步。而目前環保意識的抬頭，包括環評等等，現在埔里鎮的開發會改變。現在問題點在於埔里鎮可開發面積有多大，這是我們目前較無法預計的。</li> <li>■ 人口也還好，沒什麼下降。在地震前其實是幽靈人口數很多，當初很多人為了選舉戶籍就設在埔里，大家都在外面工作。地震後因為工作回流，人才真正有回來埔里鎮。能深刻體會是因為人口變動不大，但以前埔里鎮是不會塞車的，找不到停車位的，但現在都變擁擠了。很多人來埔里鎮買房子並沒有住在這裡，像我幾個客戶都是這樣。他們投資埔里是相對性的，埔里的生活不錯，加上地價相對於其他地區相對的低，例如比起烏日、草屯這些地區，就是島內移民的意思。所以有些建設是因為這樣而來。</li> <li>■ 國道六號本來是要沿著眉溪走到花蓮，但其實眉溪沒有什麼變化，但地震後最大的改變是地震讓山上的石頭留下來，使得河流變成乾溪，乾溪的形成是變成水在石頭下面流，所以其實水是沒變化的。另外地震也有可能使水流改道。</li> <li>■ 現在農田面積減少，是因為農業走向精緻化，以前是稻田等，現在變成花卉跟香菇寮等等。現在動不動就變成這邊房子那邊房子的。在國道六號之前就已經很多人來埔里，準備來埔里做花卉等，當成投資。</li> <li>■ 觀光對埔里的生態環境一定有衝擊。像是一些汽車族與機車族等，造成空氣汙染。從刷卡的金額來看，埔里一定是有增長的。以前大家來埔里多數都是來採購日常生活所需，所以埔里的經濟發展並不是因為觀光，但會受到觀光的受益。所以並不是直接跟觀光有關。但後來向酒廠後來有發展，但這影響不大，因為觀光客都被綁在那裡一小塊，所以並不會使觀光一直擴大，所以影響不大。</li> </ul>	
訪談照片	
	

訪談記錄 (3、4)	
時間	2012年9月18日
地點	一新里活動中心
受訪者 (3)	一新里里長 羅清富 居住埔里70年以上
受訪者 (4)	廣成里里長 羅寅雄 居住埔里70年以上
訪談者	蕭宇昂
訪談內容	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (3) 現在做農的很落伍了，所以土地農田減少。(4) 重大的開發像是暨南大學，影響很大。</li> <li>■ (4) 人口下降不多啦，二十年前八萬多，現在也是八萬多啦。(3) 全台灣人口波動都不大。(4) 以前祖厝十個人住，後來變成兩三個人住，一個家族分成好幾家。(4) 埔里房地產都沒上漲，外來投資的不多啦。外地來的人蓋寺廟很多，具有規模的就七八間了，然後很多間小廟。還有像中台禪寺還蓋了學校、中小學。</li> <li>■ (4) 一新里那以前種香茅的都沒有人種了。(3) 農業現在就不吃香，沒人耕種了。以前有在種植的，現在都沒有了。(4) 以前這邊都沒有房子，現在漸漸有了。但是農田消失也不是因為開發啦。(3) 中台禪寺也買地來種樹。山坡地開發的法令沒有改變什麼啦，跟法令沒關係。(4) 這裡也沒有林班地的畫設。</li> <li>■ (4) 南港溪這不是開發啦，是因為做了提防。</li> <li>■ (3) 觀光都大陸客比較多啦。(4) 也是有人會來埔里住，只是比起清境少，來埔里住有的就乾脆跑去台中住，埔里旅社品質比較低啦。</li> <li>■ (4) 綠地有比較多，森林比較多，鳥類比較多。感覺有慢慢變多。</li> </ul>	
訪談照片	
	

## 訪談記錄 (5)

時間	2012年9月29日
地點	廖志城議員服務處
受訪者	議員 廖志城 居住埔里50年
訪談者	蕭宇昂

## 訪談內容

- 其實埔里在民國六十幾年就八萬人口了，到現在還是八萬人口，我覺得這是阻礙埔里發展最重要因素之一。當時埔里是全省三大鎮，像之前豐原鎮、鳳山鎮等都變成市了。雖然埔里沒有工業區，但是埔里是很適合居住的，好山好水以及農產品各方面很豐富。其實阻礙之一就是都市計畫一直沒有做。之前埔里都有一個口號做為台中後花園，台中的高房價在我們民意代表的角度是想讓台中中上階層的人來埔里置產，帶動埔里的食衣住行跟消費。
- 其實阿，埔里是一個宗教聖地，像是中台禪寺、地母廟等等。埔里的地母廟是重點區域，那個辦活動的時候就很多人，會帶來很多人。所以除了觀光業的發展就是除了民宿跟旅館的發展，還有像酒廠改成觀光地。另外醫院的建設跟暨南大學，也吸引了很多人潮。以及中台禪寺也蓋了很多學校等等。像學生的話戶籍就都沒有設籍在埔里。
- 一新里那就是因為中台禪寺，加上普台中小學跟高中，另外蓋了很多宿舍。田地有些他們買走，再來有很多地方是台糖的土地。台糖就租給中台禪寺了。
- 南港溪那第一點是土石掩蓋，第二點他的水道有改，地震後應該要疏濬，但都沒有，所有土石堆積，所以水道一直改改改。再來是增加了一些農作的耕作，象是筊白筍。
- 觀光是帶動埔里最好的方向，埔里就是要靠觀光。埔里農產品很棒。擴大都市計畫一定要辦，吸引五星級飯店來埔里設點，其實像日月潭的房間很少，不夠用阿。
- 生態環境要看主政者跟民眾，人多一定影響生態啦。開發一定會破壞啦，但是看後來怎麼去再造。開發一定是破壞啦，全世界狀況都一樣阿，包括氣候影響與人為開發。

## 訪談照片



訪談記錄 (6)

時間	2012年9月29日
地點	桃米生態村紙教堂
受訪者	新故鄉人文基金會成員 何貞青 居住埔里20年以上
訪談者	蕭宇昂

訪談內容

- 埔里本來就是一個外來移民退休來住的比例很多的地區，年輕人往外跑，老人跑回來住。地震後又有一波變動，地形地貌都改變了。房屋的轉變。這部分我沒有太多的研究，但房屋都改變了。地震後慢慢穩定下來之後，人又回流了。
- 街區的開發已經飽和了，所以外面般進來的人就買地在郊區。而且像埔里很小，像福興里阿這些地方很多外來移民般進來。很多農地也興建農舍。像一新里這邊環境都很好，所以退休來住的都買在市區以外。像他們也有可能只是買個地，戶籍是沒有進來的。
- 溪流我覺得是淤積的問題，那裡沒什麼開發改變，周遭都是沖刷下來的土石，地震後影響變大。
- 目前看來比較適合走觀光發展這條路啦，氣候環件跟環境條件都夠，埔里鎮也夠富裕，還有人文條件也夠好。走生態觀光產業是不錯，我覺得要強調他的生態啦，不要破壞是最好的。
- 地震後有些棲地的改變。但是要推動民眾的環境意識，因為開發的腳步很難去阻擋。就看看民眾可不可以買了塊地之後，會把它空間做一些對於生態有意義的事情。埔里的話應該是說開發一定會影響，但埔里慢慢的大家開始有環境意識出來了，現在大家都慢慢改變了，只是有沒有趕上開發的速度就不知道了。而且大家都在推，媒體記者的幫忙，例如現在年輕人也對環境愈來愈重視了。

訪談照片



## 訪談記錄 (7)

時間	2012年9月29日
地點	桃米生態村紙教堂
受訪者	大埔里地區觀光發展協會總幹事 朱柏勳 居住埔里53年
訪談者	蕭宇昂

## 訪談內容

- 如果從地震的角度來看，有些改變是造成人口的外移，有一些舊市區的沒落，有點蕭條啦，不能說是地震的關係，這二十年的關係因為生活型態的改變所以不同了。人們往比較現代商業行為的地區移動。八十四年暨大開始招生，這對埔里有很大的改變，很多商店都是因為暨南大學的學生去設計的。另外一個比較大的改變就是大地震，人口外移的時候人就少了很多。但是大概十年後人就慢慢回來了。這中間又包括了很多外來的人口。
- 開發重要的原因是因為是農舍的增加，就是說農舍做為養老的地方，比較養老、養生。所以外來的人口就會想要來這買塊地，包括當地人也是，蓋個農舍來居住。有一大部分是外來人口，在地人的話是市區待久了想去郊區。不只在台中人、包括彰化市等都有人跑來。埔里變成外流的多，但也很多外地的跑進來。連日本人都會跑來居住，很適合退休養生的地點。
- 埔里有很多人在種樹，因為種樹也是產業。埔里有台灣百分之八十的五葉松。現在人對於土地的看法不同，有土地會去種樹，可能是因為生態觀念的提升以及土地經濟的關係。
- 埔里河川比較多的都是整治，變成提防比較多。水量還是有變少，但這不知道是什麼原因。但我不覺得我們在河川有人為開發的情況。
- 從地震後移走了很多人，地震後重建，觀光增加了產值、讓更多人就業，變成小鎮的主要產業，農業以外就是做觀光比較多。看起來做觀光不會破壞很大，反而可以去塑造一個小鎮的形象。例如一些人文跟文創，做了觀光之後大家會更凝聚。讓居民得到很多創業的機會。早期的話就沒辦法，不然大家都不留在埔里工作了。壞處的話可能就是如果你不做觀光產業的人，你可能會覺得居住環境多了很多陌生人。另外一個就是過度開發，但目前感覺起來是還好啦，很多新的開發都是農舍用掉的，觀光的開發幾乎不會造成那麼大面積的開發。而且埔里發展的觀光並沒有影響太多在地人的生活很多，並沒有因此有很多夜生活的場所之類的，所以還好。

## 訪談照片



訪談記錄 (8)	
時間	2012年9月29日
地點	桃米生態村紙教堂
受訪者	前清新里里長 陳義正 居住埔里鎮70年
訪談者	蕭宇昂
訪談內容	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地震後政府對於埔里鎮相當重視，另外包括了暨南大學等設立，對埔里鎮影響都很大。</li> <li>■ 人口因為工作所需而外流，但在震後有許多建商來投資，有的是期望國道六號帶來的利益，但預期與現實有落差，所以其實很多新開發空屋率相當高。另外以些建商的開發地環境並不是特別好，所以在地人也不會去買那邊的房子，所以這也造成了空屋率的一個原因。</li> <li>■ 一新里這邊最大的影響就是中台禪寺了，包括他們買地種植植栽以及學校的設立，對一新里的影響最大。</li> <li>■ 溪流主要是提防建設較多，以前根本不會用水泥堤防把河道縮減，現在都縮減愈來愈窄，加上土石淤積，感覺這樣以後總有一天會出問題。另一方面山上農作物的改變，讓水土保持也不太好，所以也是原因之一。</li> <li>■ 埔里鎮得靠觀光才有辦法生存。</li> <li>■ 感覺生態當然是愈來愈糟糕。但經過媒體的宣導與大家的努力，埔里鎮大部分的人生態意識跟環境意識都提高許多。這對未來是件好事情。</li> </ul>	
訪談照片	
	

訪談記錄 (9)

時間	2012年9月29日
地點	何禎祥先生住所
受訪者	埔里鎮公所地政處測量人員 何禎祥 居住埔里40年以上
訪談者	蕭宇昂

訪談內容

- 現在大家居住方式不同了，以前幾十個人住一間，現在都不是這樣了，所以建築物也相對變多，但還是有空屋喔，因為有的年輕人也都跑去外地工作了。然後像一些農田上的建築有的是違章建築。另外市中心土地也比較貴一點，所以有些中下階層的人就往郊區移動。那這些開發不完全是觀光，但是會有這樣的結果他也是其中因素之一，都是連帶關係。我是認為山區過度開發了。
- 埔里鎮宗教很多，寺廟很多。一新里以前地價貴，但震後之後跌下來了。那部份中台禪寺也有買地的關係，買來之後接著造林，這也有關係。
- 山區過度開發，導致水路都變了，山區的農作物也使水路改變。所以南港溪跟眉溪的改變還有就是氣候異常的關係，所以包括了人為因素跟自然因素，但是自然因素比較多吧。
- 觀光可以增加埔里鎮大家的收入阿，但壞處就是會帶來點垃圾啦。還有大陸客很多，都會到處逛，還會買很多，所以我們當地人還會很困擾，像是以前買茶葉很好買阿，現在常常被買光。
- 我認為山區不要過度開發啦，以前埔里沒有什麼災害的，現在都是不透水鋪面較多，雨水都排不掉，比起以前比較容易淹水了。

訪談照片

