

汐止市土地利用時空間變遷模式

吳振發¹ 林裕彬²

論文投稿日期：94年08月11日
第一次修正日期：94年12月15日
第二次修正日期：95年04月27日
第三次修正日期：95年05月15日
論文接受日期：95年05月19日

摘 要

土地利用的時空間變化趨勢與預測模式已成為研究土地利用變遷的主要方向之一，本研究目的在於瞭解汐止地區土地利用時空間變遷趨勢及影響因子，並建立預測模式。在土地利用結構時空間變遷分析上，以景觀生態結構指數分析都市計畫區、鄉村區、一般農業區、山坡地保育區及森林區內整體土地利用、建成地、草地、林地的變化趨勢，並與整個汐止市的變化趨勢(林裕彬等，2004)進行比較，探討土地使用分區對空間結構變遷之管制效力。根據空間結構變遷的趨勢發現1998年為汐止市土地利用變遷的重要轉折點，因此本研究進一步以十個變數試圖建立1990、1998、2001及1990-1998、1998-2001年三個時間點與兩個時間區間土地利用分佈與變遷二元羅吉斯迴歸模式，並探討影響土地利用分佈與變遷因素的差異性。

研究結果顯示，汐止市全市與各土地使用分區間景觀生態指標的變動具有三種互動關係，且土地使用分區管制導致各區的空間結構變遷呈現不同的趨勢。土地利用分佈模式，林地與建成地模型的解釋力較高，草地較低，十個變素皆會影響1990、1998、2001年建成地、林地與草地的分佈。1990-1998、1998-2001年兩階段四種土地利用變遷的二元羅吉斯迴歸模式，發現各土地利用轉變的影響因素有很大的差異，顯示本研究區土地利用變遷影響因素的複雜性。後續研究應朝向完整土地利用變遷預測模式的建立，進一步預測未來土地利用變遷及管理對策之研擬。

關鍵詞：土地利用變遷、景觀生態指數、二元羅吉斯迴歸、土地使用分區

1. 台北大學都市計劃研究所博士，E-mail: chenfa@comemusic.com。

2. 台灣大學生物環境系統工程學系副教授，E-mail: yplin@faculty.pccu.edu.tw。



Spatiotemporal Trends and Model in Land-use Patterns in Hsichih City

Chen-Fa Wu

*Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University
Taipei, Taiwan, 10433*

Yu-Pin Lin

*Department of Bio-Environmental Systems Engineering, National Taiwan University
Taipei, Taiwan, 10613*

ABSTRACT

Research addressing land use spatiotemporal change and predictive models is a major issue in land use cover and change(LUCC). The objective of this study is to set up a land use change prediction model and identify impact factors for land use distribution and change in Hsichih City. Landscape metrics are applied to analyze landscape structures in urban planning, rural and agricultural areas, and protected hill and forested areas from 1990 to 2001. The differences between zones are then compared. According to landscape structure analysis, the landscape has changed dramatically since 1998. Moreover, ten factors are input into binary logistic regression to build up land use distribution models for 1990, 1998, and 2001 and land use change models for 1990–1998 and 1998–2001 on the following four land use change situations: forest to building area; forest to grass; grass to building area; and, grass to forest.

Analytical results demonstrate that landscape structure change has three interactive relationships between entire area and zones. Moreover, the land use control system and zoning let to different landscape structures in each zone. However, these ten factors affected forest and building area distribution in 1990, 1998 and 2001. Thus, both binary logistic models have a high R^2 for forested and building areas, and a low R^2 value for the grass distribution model. Land use change prediction models indicate that the binary logistic model for forest change to building area in 1998 has a high R^2 , whereas the other models have low R^2 values. All impact factors have different affects on each model, indicating that complex factors influenced land use change in Hsichih City from 1990 to 2001. Therefore, social and economic factors must be considered in the model to predict future land use change.

Keywords: Land use change, Landscape ecological metrics, Binary logistic regression, Zoning.



一、前言

土地覆蓋(Land cover)是指地球表面或表面以下的生物物理狀態，主要存在於生物與岩石圈，土地覆蓋變遷包括生物多樣性、初級生產力、土壤品質、逕流與沈澱率的改變。而土地覆蓋變遷主要來自於土地利用的改變，因此瞭解土地利用的變化對瞭解土地覆蓋變遷而言相當重要。土地利用(Land use)是人類在土地上活動的表徵，其所受之影響因子眾多且複雜，例如經濟、文化、政治、歷史和土地所有權等因子，這些因子因時空間不同而各有所差異，導致土地利用具有時間和空間特徵，且型態與狀態呈現多時空間尺度，及具某種程度的複雜性與不確定性。人類在不同的社會系統、生態系統、土地利用系統、全球與區域環境變遷等作用因子的影響下，顯現出各種不同的土地利用類型，當這些作用因子發生變化，便可能導致土地利用型態的改變。土地利用、土地覆蓋與全球環境變遷形成一個複雜與交互作用系統，並與人類對土地利用/覆蓋變遷、環境對衝擊的回饋相關連，加上不同的空間與時間尺度，使得彼此間的關係更加複雜。而土地利用與覆蓋變遷(LUCC)是一個跨領域的研究議題，廣義的LUCC研究領域包括土地覆蓋變遷的型態(pattern)、土地利用變遷的過程(processes)、人類對土地利用/覆蓋變遷的反應、全球與區域模式整合、發展地表、生物物理過程及驅動因子的資料庫等，主要目的在於更深入瞭解及預測土地利用/覆蓋的變遷。

IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme) 和 IHDP(International Human Dimensions Program on Global Environmental Change)致力於土地利用/覆蓋變遷的研究，目標有四個，分別為進一步瞭解全球土地利用與土地覆蓋的驅動力；調查與研究土地利用與土地覆蓋時空間變遷；確認永續發展與不同土地利用之關連性；瞭解土地利用/覆蓋變遷與生物地理化學(biogeochemistry)、氣候之相關性等。此外，Turner等人(1995)提出「土地利用與土地覆蓋變化」研究計劃(Land-Use and Land-Cover Change Science/Research Plan)，計畫中確立兩個主要研究方向：第一是透過實際的案例研究，解釋不同條件下的動態特徵；第二是建立全球或區域性土地利用或土地覆蓋變化模型，透過模型解釋土地利用或土地覆蓋與驅動力(driving force)間的互動關係，預測未來全球或區域之土地利用、土地覆蓋變遷趨勢。

土地利用變遷模式是根據現在與最近的發展趨勢，運用模式可呈現出土地覆蓋變遷的數量、未來改變區位、變遷的空間格局(spatial pattern)，及不同方案間的比較及土地利用管理。此外，模式有助於瞭解影響土地利用變遷速率與複雜的社會經濟與生物驅動力，並估計土地利用改變造成的衝擊。甚至於，模式能夠運用於探討不同情境條件下，未來土地利用變遷趨勢，彌補現今人類土地利用變遷分析能力上的不足，有助於更合理決策的制訂。土地利用變遷分析與預測的模式相當的多，包括一般生態系統模式(General Ecosystem Model, GEM; Fitz et al., 1996)、Patuxent地景模式(Patuxent Landscape Model, PLM; Voinov et al., 1999)、CLUE模式(Conversion of Land Use and Its Effects; Veldkamp and Fresco, 1996)、面積基礎模式(Area base model; Hardie and Parks, 1997)、單變量空間模式(Univariate spatial models; Mertens and Lambin, 1997)、經濟計量模型(Econometric model; Chomitz and Gray, 1996)、空間動態模型(Spatial



dynamic model ; Gilruth et al., 1995)、空間馬可夫模型(Spatial Markov model ; Wood et al., 1997)、CUF模型(California Urban Futures ; Landis, 1995)、LUCAS(Land Use Change Analysis System ; Berry et al., 1996)、Logit模型(Wear et al., 1999)、簡單log權重模型(Simple log weights ; Wear et al., 1998)、動態模型(Dynamic model ; Swallow et al., 1997)、CA模式(Cellular Automata model, CA ; Clarke et al., 1998)等。而羅吉斯迴歸(Logistic regression)是土地利用變遷機率模型的基石,並已大量應用討論土地利用或生態環境變遷與環境、社會變化的互動關係及變遷的預測。其中Williams等人(2005)則應用於預測本土性草生植物在都市發展地區的變動性;Fang等人(2005)則是用來預測都市生態系統的變化;Bakker等人(2005)應用於討論土壤侵蝕造成的土地利用變遷;Rouget等人(2004)討論外來植物散佈時,應用邏輯斯迴歸分析植物分佈與環境條件的相關性;Eyre等人(2004)則是應用羅吉斯迴歸、高斯迴歸模式分析及預測英國甲蟲與土地覆蓋間的相關性;Binzenhofer等人(2005)以羅吉斯迴歸方法為基礎發展出蝴蝶棲息地分佈模型,進一步討論棲息地的連接度;Tasser等人(2003)則是以逐步邏輯斯迴歸討論影響山崩的因子,分析的影響因素包括地形、土壤、植物及土地利用特性等42個因子。

造成土地利用改變的驅動力是複雜、多元且時空間相互交錯,並具有累積性影響,要逐一釐清造成土地利用/覆蓋變遷的驅動因子並不容易,Turner與Meyer(1994)指出可透過土地利用與土地覆蓋變化分析模式,來了解和分析社會經濟過程、土地開發、農業活動和自然資源之間的關連性,及其對生態系結構和功能改變的影響;Turner與Gardner(1991)也指出分析地景空間格局是了解土地利用變遷的重要方式。因此可藉由景觀生態學中的空間結構與變遷分析,瞭解土地利用變遷的趨勢。結合航空照片、遙測影像(RS)、地理資訊系統(GIS)並應用景觀生態結構指數評估方法進行土地利用結構變化的研究,近年來有Luck and Wu(2002)、林裕彬等人(2004)、Fitzsimmons(2003)、Cifaldi等人(2004)、Southworth等人(2004)、Hudak等人(2004)、Croissant(2004)、Roschewitz等人(2004)。由上述的相關研究可發現,以衛星影像為研究材料,結合地理資訊系統,應用景觀生態指數分析方法為探討景觀嵌塊體型態、大小、形狀、離散、破碎程度、碎形、異質性等特徵變化的有效工具。

綜合上述的分析得知,土地利用/覆蓋變遷的研究是目前世界上主要的研究主流,研究的領域包括氣候、自然環境、人為作用、土壤條件、水文條件等與土地利用變遷的互動關係,其中人為因素對土地利用變遷的影響是都市計畫、景觀生態最關注的議題。台北市、台中市、高雄市三大都會區的快速發展,人口急速增加,導致都市不斷的擴張,使得都市周圍的區域成為抒解都市人口的空間。汐止市是抒解台北市住宅密集發展壓力的緩衝空間之一,八十年以後,隨著台北市快速的發展及居住空間的飽和,大量鄉村人口聚集於台北市周邊的鄉鎮,使得台北盆地的丘陵地區成為八〇年代主要住宅興建的場域。汐止市基隆河兩岸的河谷地區快速的被開發殆盡,大量的大型集合式住宅或新社區轉往山坡地建築,使得汐止市的空間結構大幅的變動,土地利用型態產生極大的變化。汐止市土地利用變動的歷程,使其成為研究八〇年代至今都市邊緣地區土地利用變遷與空間結構變化的良好研究區域。

本研究希望藉由土地利用空間結構分析,瞭解汐止市土地利用時間變遷的趨勢,同時透過



土地利用變遷模式的建立，分析造成土地利用變遷的主因，作為後續建構土地利用規劃決策支援系統之基礎。本研究目的在於瞭解汐止地區土地利用時空間變遷趨勢及變遷影響因子，並建立預測模式。在土地利用結構時空間變遷分析上，延續林裕彬等人(2004)的研究，以景觀生態結構指數分析都市計畫區、鄉村區、一般農業區、山坡地保育區、森林區分析分區中整體土地利用、建成地、草地、林地的指數變化趨勢，並與整個汐止市的變化趨勢(林裕彬等，2004)比較。土地利用變遷影響因子的分析及預測模式建立上，以地質地形、可及性、人口密度等十個變數進行1990、1998、2001年三個時間點的林地、草地、建成地分佈及1990-1998、1998-2001年兩個時間區間林地變為建地、林地變草地、草地變建地、草地變林地的二元羅吉斯迴歸分析，探討影響土地利用變遷的影響因素，並建立汐止市土地利用時空間分佈及預測模式。

二、研究方法

(一)研究流程

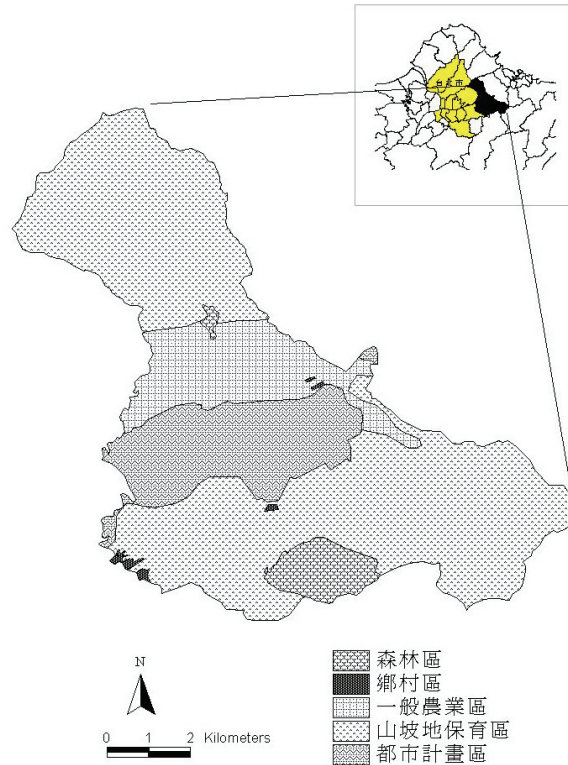
本研究首先收集1990至2001年SPOT衛星影像資料，進行土地利用分類；同時蒐集這段期間內汐止市地質地形、人口、道路、河川、建築物分佈等相關圖資。土地利用分類後的圖層及相關圖資彙整於地理資訊系統，並於軟體Arcview3.2中以Fragstats模組進行景觀生態結構指數計算，並將相關資料轉檔後，於SPSS統計軟體進行二元羅吉斯迴歸(binary logistic regression)分析，分析結果於Microsoft Excel軟體中進行資料整理與趨勢圖的繪製，最後進行分析與討論。

(二)研究範圍

汐止市總面積約為71.28平方公里，位於基隆河流域中央地帶(圖一)，基隆河貫穿汐止市，並將汐止一分為二，以致於汐止市地勢南北為較高的丘陵地形，中央較低的河谷地區。基隆河兩岸為較大之河谷平原屬於河岸階地，海拔為20至30公尺，東西長約7公里，南北最寬處約為2公里，由於平坦面積過於狹小，使得本市的發展空間頗受限制。

汐止市在1980年前以生產茶葉、礦業、農產品為主，隨著台灣經濟發展逐漸由一級產業轉型為二級及三級產業；1980年之後台北都會區的形成，整個台北縣的空間發展配合台北市發展，成為紓解住宅壓力與提供休閒場域的角色，汐止地區至1990年為止都市計畫區人口密度為5,376人/km²，人口密度為9,217人/km²，為計畫人口密度的1.71倍，高於其它市鎮如中和、永和等地的人口密度。人口增加亦提升對建地的需求，然而汐止地區是河谷城市，平地僅占全面積的31%，建地新建最容易的方式便是開發山坡地(趙翊瑾，2002)。1990年之後帶動汐止市高度發展的另一主因是交通建設，包括1991年新臺五線、北山大橋，1993樟江大橋年，1995年北基公路，1996年北二高通車至汐止，1997汐萬公路全線貫通，2000年中山高速公路汐止至五股段拓寬工程完工等，大大提升汐止市與台北市的交通可及性。





圖一 研究區位圖

此外，由於汐止市60%以上土地為山坡地，1990年至2001年間人口大幅增加，山坡地住宅不斷的興建，山坡地土地利用管制政策成為影響汐止市土地利用變遷的主因之一，其中土地使用分區是管制汐止市空間發展的重要工具，促使汐止地區大部分的人口集中於都市計畫區及鄉村區(圖一)，而森林區、山坡地保育區、一般農業區，在八〇年代不嚴謹的土地管制下(林裕彬等，2004)，可透過土地變更方式改變土地利用，或者違法使用的方式改變原有的地貌，導致整個汐止市土地利用改變、空間結構變動得相當劇烈。1997年的林肯大郡事件後，台北縣政府、營建署修正山坡地開發相關政策、法令，以復育、保育山坡地環境。整體而言，人口、地形、產業、交通、都市發展、土地使用分區可能是歷年影響汐止市土地利用變遷的因素。

(三)研究材料

1. 土地利用

本研究以SPOT衛星影像為研究材料，希望透過研究區內多年的土地利用變化之觀察，增加景觀生態結構與土地利用變遷分析的準確度，因此採用1990至2001年共十年的衛星影像。首先進行遙測影像分類，以像片基本圖作為訓練樣區選定及分類之基礎，對於確定地物類別的點位，則以區域成長法來選取訓練樣區。使用的影像為SPOT衛星多光譜影像，向中央大學太空

及遙測中心申購，影像雲量要求皆在10%以下，入射角或視角皆在 $\pm 10^\circ$ 內，影像處理等級為Level 3，經過光譜及幾何糾正處理，減少影像雜訊的問題，空間解析度為 12.5×12.5 公尺。本研究共蒐集1990年、1993年、1994年、1995年、1996年、1997年、1998年、1999年、2000年和2001年共10張不同時期之影像，並利用ERDAS IMAGINE專家系統進行影像分類，將各時期之土地利用(景觀)歸屬至最大可能的類別，將汐止地區之土地利用分為林地(高密度植生地)、草地(低密度植生地)、建成地、水體和雲層等5類(詳見林裕彬等，2004)。其中1990、1998、2001年林地、草地、建成地，及1990-1998、1998-2001年間林地變為建地、林地變草地、草地變建地、草地變林地地區為二元羅吉斯迴歸依變項(表一)。

表一 二元羅吉斯迴歸自變項、依變項屬性分析表

變數	資料類別	資料型態	單位	類別	資料年別	資料來源
依變數	土地利用	二元	0-1	林地、草地、建成地、水體	1990、1998、2001	SPOT 4 衛星影像土地利用分類(詳見林裕彬等，2004)
自變數 地質地形	高程	等比尺度	公尺	-	1990	DTM計算
	坡度	等比尺度	%	-	1990	
	土壤內部排水性	二元	0, 1	0:良 1:不良	1990	營建署區域計畫土地使用管理系統
	土壤外部排水性	二元	0-1	0:良 1:不完全	1990	
	土壤沖蝕指數K值	等比尺度	-	-	1990	
可及性	與河川距離	等比尺度	公尺	-	1990、1998、2001	根據1990、1998、2001年影像分類結果計算
	與河川距離改變量	等比尺度	公尺	-	1990-1998, 1998-2001	
	與道路距離	等比尺度	公尺	-	1990、1998、2001	
	與道路距離改變量	等比尺度	公尺	-	1990-1998, 1998-2001	
	與建築物距離	等比尺度	公尺	-	1990、1998、2001	
	與建築物距離改變量	等比尺度	公尺	-	1990-1998, 1998-2001	
	與都市計畫區距離	等比尺度	公尺	-	1990、1998、2001	
與都市計畫區距離改變量	等比尺度	公尺	-	1990-1998, 1998-2001		
人口分佈	里人口密度	等比尺度	人/km ²	-	1990、1998、2001	汐止市戶政事務所

2. 土地利用變遷影響因子

在相關文獻的回顧中得知人口分佈或成長情形、公共建設、可及性、地質、土壤、氣候條件、社經條件、產業(Tasser et al., 2003; Eyre et al., 2004; Rouget et al., 2004; Fang et al., 2004;



Bakker et al., 2005)等都有可能影響土地利用的自然或人為改變。實際觀察汐止市土地利用與變遷的過程，在建成地方面，都市計畫區是主要的建築空間，其基本的環境條件為地勢低且平坦、交通方便、人口聚集；在斜坡地住宅方面，主要通常是建築在坡地30%以下、地質結構穩定、土壤排水性佳、交通便利性高、自然環境優美的地區。在植物分佈方面，土壤條件、海拔高度、與水源的距離是影響其自然分佈的重要因子，而與人類生活空間的遠近、地形土壤條件是決定林地或草地是否被人類開發利用的主要影響因子。由此看來地形土壤、可及性及人口分佈是影響汐止市土地利用變化的主因。

此外，經濟環境上的產業聚集、規模經濟等因素會吸引人口、建成地的聚集，然而產業、經濟因素對人口與建成地聚集的影響評估，在鄉鎮尺度上難以取得實際的統計與分佈資料，包括統計要覽中產業的統計資料尺度為整個縣市及各級產業，並未區分至鄉鎮市，無法瞭解鄉鎮尺度的產業環境；另外，工商普查的資料分別調查各鄉鎮市、鄰里的產業環境，但是主計處提供給外界的資料僅至鄉鎮尺度，鄰、里尺度的詳細資料則不對外提供，因此本研究無法取得工商普查詳細資料。在產業分佈方面，除了缺乏實際的調查資料外，國內的地下產業、地下工廠使得統計、調查結果發生很大的誤差。而人口分佈是社會經濟條件的綜合表現因子，人口與建成地聚集地點，通常是產業、商業主要分佈地點，例如：汐止市基隆河沿岸的都市計畫區、新台五線沿線即是主要的商業、住宅、人口、建築物聚集區域，因此在缺乏產業、經濟資料下，本研究暫以里人口密度進行分析。

因此本研究以地形土壤、可及性、人口分佈等十項環境因子為二元羅吉斯迴歸的自變項(表一)。羅吉斯迴歸分析的自變數，高程、坡度、土壤、與主要及次要河川距離、與都市計畫區距離(此研究期間都市計畫區範圍無變動)等為固定變數，不會隨著時間而改變；而與道路距離、與建築物距離、里人口密度則隨著每年道路建設、建築開發、人口遷移而所有變動，因此這三項變數屬於變動性因子，分別採用1990、1998、2001年的與道路距離、與建築物距離、里人口密度值；探討1990-1998年及1998-2001年土地利用變遷的自變數另有與道路距離改變量、與建築物距離改變量、里人口密度改變量變數，其資料是由兩年別資料相減所得。

(四)研究方法

1. 影像分類

本研究以衛星影像為研究材料，採用1990至2001年共十張衛星影像，影像為SPOT衛星之多光譜影像，乃向中央大學太空及遙測中心申購，為經過光譜及幾何糾正處理的Level 3資料，以監督性分類為主，經模糊處理後，利用專家系統分類器進行影像分類以提高精度。以像片基本圖作為訓練樣區的選定及分類之基礎，對於確定地物類別的點位，則以區域成長法來選取訓練樣區。本研究模糊處理過程，利用所計算之空間距離，利用模糊的概念，將高斯最大似法所分類之結果，再利用 3×3 視窗矩陣所設定之機率關係，重新求出所分類之結果，以提高分類精度。以ERDAS IMAGINE 8.4的Expert Classifier進行影像知識庫專家分類，將汐止地區之土地利用分為高密度植生地、低密度植生地、建成地、水體和雲層等5類，各類別的定義及



詳細衛星影像分類程序詳見林裕彬等人(2004)分類方法。

2. 景觀生態結構指數

本研究應用美國農業部(USDA)所研發的FRAGSTATS (Mcgarigal and Mark, 1995)結合地理資訊系統軟體ArcView3.2進行研究區五個土地使用分區影像計算景觀生態指數，包括嵌塊體、形狀、空間結構指標。嵌塊體指標中的平均嵌塊體面積(Mean Patch Size; MPS)用以描述某種土地利用類型的大小分布特徵；嵌塊體面積標準差(Patch Size Coefficient of Standard; PSSD)值愈大表示在景觀中的嵌塊體面積的離差愈較大；嵌塊體面積變異係數(Patch Size Coefficient of Variation; PSCV)值愈高表示景觀中嵌塊體面積的差異愈大。形狀指標中的平均嵌塊體形狀指數(Mean Shape Index; MSI)是藉由計算某一嵌塊體形狀與相同面積的正方形或圓形間的偏離程度，用以測量形狀的複雜程度，其值愈近於1表示嵌塊體形狀愈接近圓形或正方形；面積權重平均形狀指數(Area Weighted Mean Shape Index; AWMSI)其值隨著大面積嵌塊體形狀的不規則性增加而增加。空間結構指標中的平均最鄰近距離(Mean Nearest Neighbor Distance; MNN)是某個特定距離內，與同類型土地利用間最短距離的總和；平均鄰近指數 (Mean Proximity Index; MPI)為兩嵌塊體之鄰近程度，其值愈大表示兩嵌塊體相鄰程度愈近，其值愈小表示兩嵌塊體的分離度高。散置和並排指數 (Interspersion and Juxtaposition Index; IJI)，則是在偵測嵌塊體在景觀中與其他土地利用鑲嵌程度(Mcgarigal and Mark, 1995；鄔建國，2003)。

3. 二元羅吉斯迴歸(Binary Logistic Regression)

根據林裕彬等人(2004)進行汐止市景觀生態結構分析結果顯示整體土地利用與高密度植生地於1998年前後有顯著的變化，呈現1990-1998、1998-2001兩個階段的不同變化趨勢。本研究進一步以景觀生態指數探討各土地使用分區內土地利用結構變遷的趨勢，同樣發現1998年前後，農業區與都市計畫區的整體土地利用、一般農業區與山坡地保育區的建成地、都市計畫區與一般農業區、鄉村區的草地、都市計畫區及山坡地保育區的林地等，具有顯著的結構變化。此外，1998年後實施的各項土地管制策略對於土地利用變遷亦有所影響。因此本研究以1998年為時間區隔點，應用二元羅吉斯迴歸分析1990、1998、2001及1990-1998、1998-2001等三個時間點與兩個時間區間，影響土地利用變遷的主要因素，並試圖建立土地利用分佈與變遷模式。分別以1990、1998、2001的林地、草地、建成地為依變項；1990-1998、1998-2001兩個階段則考量汐止市土地利用變化的方式，林地變草地、林地變建地、草地變林地、草地變建地等四種主要土地變化，各階段發生這四種土地利用變動者為依變數。自變數則包括地形土壤、可及性、人口等十個變項，詳見表一。另外，由於本研究進行橫斷面的時間序列比較，自然因素可能相對穩定，但社經變數起伏可能很大，就迴歸分析理論而言，可能會出現不同期間平均數和變異數差異，甚至是分配型態完全不同的可能，因此本研究假設社會經濟變數在研究期間的變動呈穩態。

二元羅吉斯迴歸假設每一種狀況發生與否相互獨立，彼此間無相關性，通常以虛擬變數將反映變數予以量化。此外，二元羅吉斯迴歸載使用上並不受多元常態分配的假設限制，可在解釋變數同時存在連續或離散資料時使用。其模型為：



$$\ln \frac{p}{1-p} = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

其中， α 代表常數項， β 代表解釋變數的係數， X 則是解釋變數。

在模型的驗證上，是以Log Likelihood Ratio Test的 $-2\log(L(0)-L(B)) \sim \chi^2$ 的統計量進行模型的適合度檢定，檢定模式中所有的係數是否皆為0，如不拒絕虛無假設，則表示模型可能不合適；Cox & Shell R Square與Nagelkerke R Square則是用來衡量二元邏輯斯模型對資料變異性所能解釋的百分比；Hosmer and Lemeshow Test則是應用於適合度檢定；另由配適二元羅吉斯迴歸模式的預測值與觀測值分類結果，可判斷模式的區分能力，通常由分類表(classification table)中的分類正確率，來判別模式的區分能力。但是值得注意的是有些模式可能區分能力很好，但是配適程度很差，這是可能存在的問題，其原因為此種簡單二維判別區分表格，雖由羅吉斯配適機率值判定所屬群組，但仍主觀地取決斷點的大小，且和兩群體樣本數相對個數有關。此外，由二元羅吉斯迴歸模式所配適機率值屬於 $0 < \hat{p} < 1$ 是一連續數值，但此一判別表只利用二分法作區分，已失去大部分預測能力訊息。故切斷點的設定會牽涉到分類正確率，一般分析採用的切斷點為0.5(蔡明熹，2004)。

三、結果與討論

本研究目的在於分析不同土地使用分區內土地利用結構的變動趨勢；土地利用變遷影響因子的分析及預測模式建立，以下分別詳述研究結果與討論。

(一) 土地使用分區與土地利用時空間變遷

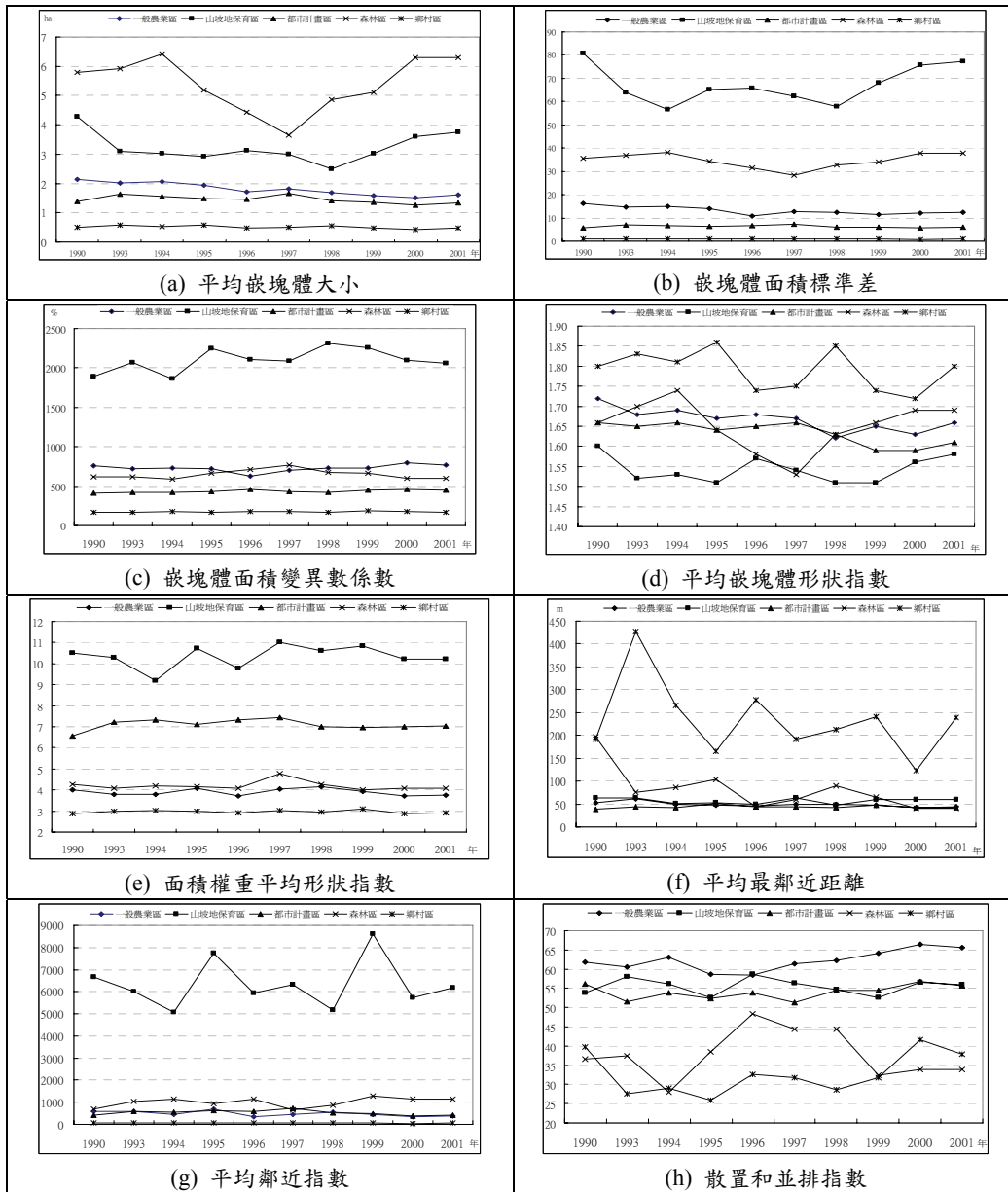
1. 整體土地利用

(1) 各土地使用分區整體土地利用結構時空間變遷

各土地使用分區內整體土地利用單元平均面積的分佈，以森林區最高(圖二)；但是歷年面積分佈的變異性卻以山坡地保育區最高。歷年各區變動的趨勢方面，森林區與山坡地保育區較相似、一般農業區與都市計畫區較相似，所有的變動趨勢在1996至1998年皆有較大幅度的變動。形狀規則度變動趨勢，呈現高平均形狀指數者低面積權重平均形狀指數的現象，意味著整體土地利用的不則度很高、但是面積較大的單元不規則度卻很低，此現象以鄉村區最明顯，其次為一般農業區、森林區。各區歷年的變化上，一般農業區跟都市計畫內的土地利用有趨向於規整化的現象，鄉村區、森林區、山坡地保育區歷年的變動尚未呈現穩定狀態。

在空間結構的分佈上，鄉村區的平均最鄰近距離指數最高、平均鄰近指數卻是最低，顯示出區內的整體土地利用呈現小面積離散的分佈趨勢；山坡地保育區、森林區的兩個指數時皆偏高，意味著區內的土地利用呈現大面積離散分佈的趨勢；另外兩區的兩個指數值都較低，空間分佈的情形為小面積聚集的型式。歷年空間鑲嵌度的變化上，在歷年的變化趨勢上，1996年是





圖二 整體土地利用景觀生態指數分析圖

各區的鑲嵌度變化的轉折點，一般農業、都市計畫、鄉村區的鑲嵌度逐年提升，其他兩區逐年下降。

(2) 汐止市與各土地使用分區整體土地利用結構時空間變遷比較

林裕彬等人(2004)分析汐止市1990至2001年整體土地利用時發現，1990至1998年整體土地



利用嵌塊體特徵趨於碎小化且大小差異變小；而1998年後整體嵌塊體數量變少、平均嵌塊體大小變大。形狀指標方面，1998年較大的嵌塊體，形狀上變化較大。平均最鄰近距離指數，則以1993年的52.4公尺最近，1996年的39.8公尺最遠；平均鄰近指數則有緩慢上升的趨勢；並列散置指標，顯示土地利用雜異性增加。比較汐止市及本研究各土地使用分區變動的趨勢，結果發現整體土地利用的嵌塊體指標在1998年大幅度的變動趨勢，在所有的土地使用分區內皆造成一定程度的影響。在形狀指標方面歷年整個區域與各土地使用分區內整體土地利用的形狀規則度變動趨勢，皆呈現高平均形狀指數者低面積權重平均形狀指數的現象。空間結構變動上，整個汐止市的平均最鄰近距離指數、平均鄰近指數變動趨勢相似，但是在各土地使用分區確有顯著的差異，意味著土地使用分區對於各分區內土地利用的管制，使得區域內的土地呈現不同的聚集、離散結構。空間鑲嵌度的表現上，整個汐止市呈現逐年增高的趨勢，各分區中一般農業、都市計畫、鄉村區的變化趨勢與其相一致，然而森林區、山坡地保育區卻是相反的變動趨勢。

2. 建成地

(1) 各土地使用分區建成地結構時空變遷

歷年建成地面積分佈變遷趨勢，都市計畫、一般農業、鄉村區的趨勢一致，呈現M形變化趨勢(圖三)；山坡地保育區與森林區相一致，呈現W形變化曲線。歷年建成地的面積分佈的變異程度的高低順序分別為都市計畫、一般農業、山坡地保育區、鄉村區、森林區。建成地的形狀不規則度先後順序為鄉村區、一般農業、都市計畫、山坡地保育區、森林區，但是大面積建成地的形狀不規則度順序則是都市計畫、一般農業、鄉村區、山坡地保育區、森林區，由此顯示出鄉村區、都市計畫區一般農業區內的建成地形狀規則度較差。

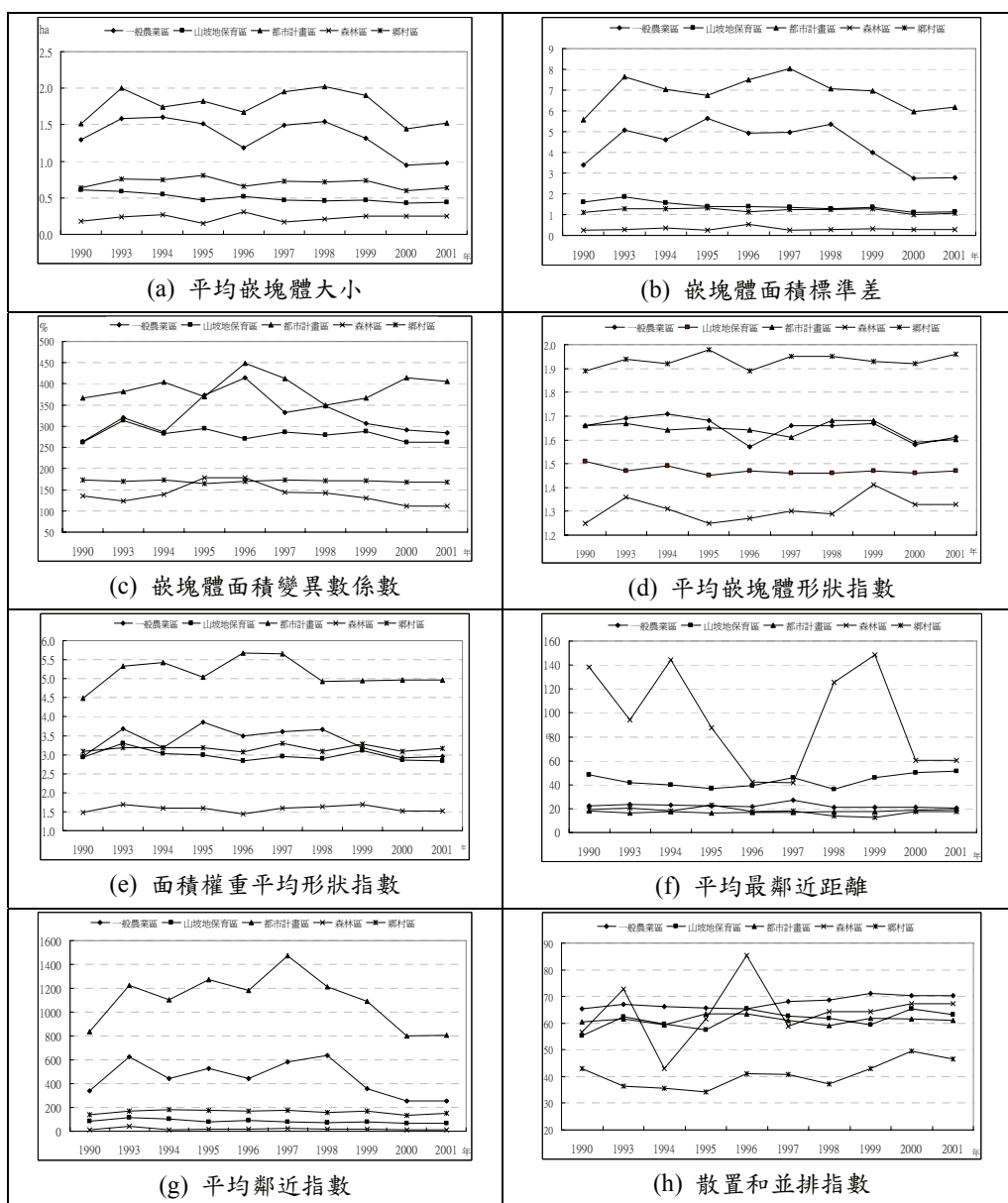
在空間結構的變異上，森林區與山坡地保育區內的建成地由於數量少、分佈距離較遠，因此最鄰近距離指數值較高，指數變化的情形符合汐止市實際的發展狀況。另一方面，各分區平均鄰近指數值的高低順序與最鄰近距離指數值相反，顯示都市計畫區、一般農業區內的建成地呈現大面積聚集的現象，而森林區與山坡地保育區呈現小面積離散的情形，與實際的建成地分佈情形相一致。在建成地與其他土地利用別的鑲嵌度方面，由於汐止地區一般農業區內許多地區興建農宅或變更為住宅用地，使得散置並列的指數值最高，而鄉村區內土地利用型態較單純因此指數值最低。

(2) 汐止市與各土地使用分區建成地結構時空變遷比較

在2004年汐止市1990至2001年建成地土地利用結構分析中發現，平均嵌塊體面積有逐年減小趨勢；建成地嵌塊體面積標準差與變異係數在各年代的變動趨勢呈拋物線。嵌塊體平均形狀指數呈凹形曲線趨勢，面積權重平均形狀指數則變化不大。1990至1998年平均鄰近指數與散置並列指標變化一致，1998至2001年此二指數趨勢相反呈現散置並列指標增加，平均鄰近指數減少趨勢。

綜合比較汐止市整個區域及各土地使用分區內建成地變動的趨勢，結果發現在平均面積大小指數、平均形狀、面積權重平均形狀指數的變動趨勢，整個汐止市與各土地使用分區有顯著的差異。面積標準差與變異係數變動趨勢方面，一般農業區與鄉村的趨勢整個汐止市的變動趨





圖三 建成地景觀生態指數分析圖

勢不一致，由於趨勢相異的程度不大，加上所佔的面積不多，因此整個汐止市的建成地面積分佈的變動，主要是受森林區、山坡地保育區與都市計畫區所主宰。歷年森林區的平均最鄰近距離有顯著的變化，然而在其他分區指數的共同作用下，整個汐止市的平均最鄰近距離指數僅在1997年有顯著的變動。都市計畫區、一般農業區的平均鄰近指數值與汐止市的變化區相近，在其他分區無顯著的變化下，使得這兩個分區的變動影響整個汐止市建成地鄰近關係的改變。散



置並列的指數不管是整個汐止市或各分區的變化趨勢上，大約相一致。

3. 草地

(1) 各土地使用分區草地結構時空變遷

草地為各種土地利用轉變的過渡期，因此容易在短時間內發生巨大的變動，所以嵌塊體指數、形狀指數、空間結構指數的變動幅度上都比整體土地利用、林地、建成地來的高。各土地使用分區內草地的平均面積與面積分佈的差異性方面，發現一般農業區、山坡地保育區、都市計畫區呈現高平均面積、高面積差異性的情形(圖四)。形狀指數的變動上，一般農業區、山坡地保育區、都市計畫區呈現高平均形狀指數、高面積權重平均形狀指數的趨勢，顯示此三區的草地地形十分不規則，尤其是大面積的草地。

在空間分佈的結構上，各分區平均鄰近指數值的高低順序與最鄰近距離指數值相反，以都市計畫區、一般農業區內的草地呈現小面積草地離散的現象，其他三區則是大面積聚集的情形。在平均最鄰近距離指數的變化上，以鄉村區的變動性最高，其次為森林區；在平均鄰近指數的變化率上則是以其他三區較高。各分區草地與其他土地利用別的鑲嵌度方面，都市計畫與一般農業區的鑲嵌度變化較平穩，1995年後呈現逐年提升的趨勢，森林區的變化性最大、其次為鄉村區、山坡地保育區，尤其在1996至1998年期間。值得注意的是，在各指數的變化上，1994與1996整體的指數值呈現較大幅度的上揚，1998年較大幅度變動，顯示這三個年度的草地受到重大的干擾，使得面積、形狀或空間結構產生重大變化。

(2) 汐止市與各土地使用分區草地結構時空變遷比較

林裕彬等人(2004)的研究結果指出，草地平均嵌塊體大小呈現微幅上升，1996至2000年間受到干擾程度較高，整體面積大小的變動性較大；形狀指數變動趨勢與面積權重平均形狀指數相似，歷年變化呈凹形趨勢；最鄰近距離指數以1993年最高，1996年最低，配合嵌塊體之面積與數量指標值，得知嵌塊體面積與數量變高時，平均最鄰近距離則有變小之趨勢。平均鄰近指數呈逐年增加趨勢，其變動勢趨與平均嵌塊體大小相似；散置並列指標變化較為平緩。汐止市草地面積標準差指數、平均鄰近指數、散置並列指標、最鄰近距離指數的變動則在整個區域與各分區中的表現趨勢相一致；一般農業區、山坡地保育區、都市計畫區的平均面積大小、平均形狀、面積權重平均形狀指數與整個汐止市的變動趨勢相近，顯示此三區面積的變動影響整個區域該指數的表現。由上述指數變動的相互比較發現，鄉村區與森林區內草地的面積分佈、形狀規則度、空間分佈結構與整個汐止市有所差異，很難由整體的變化中，瞭解這兩區的變動趨勢。

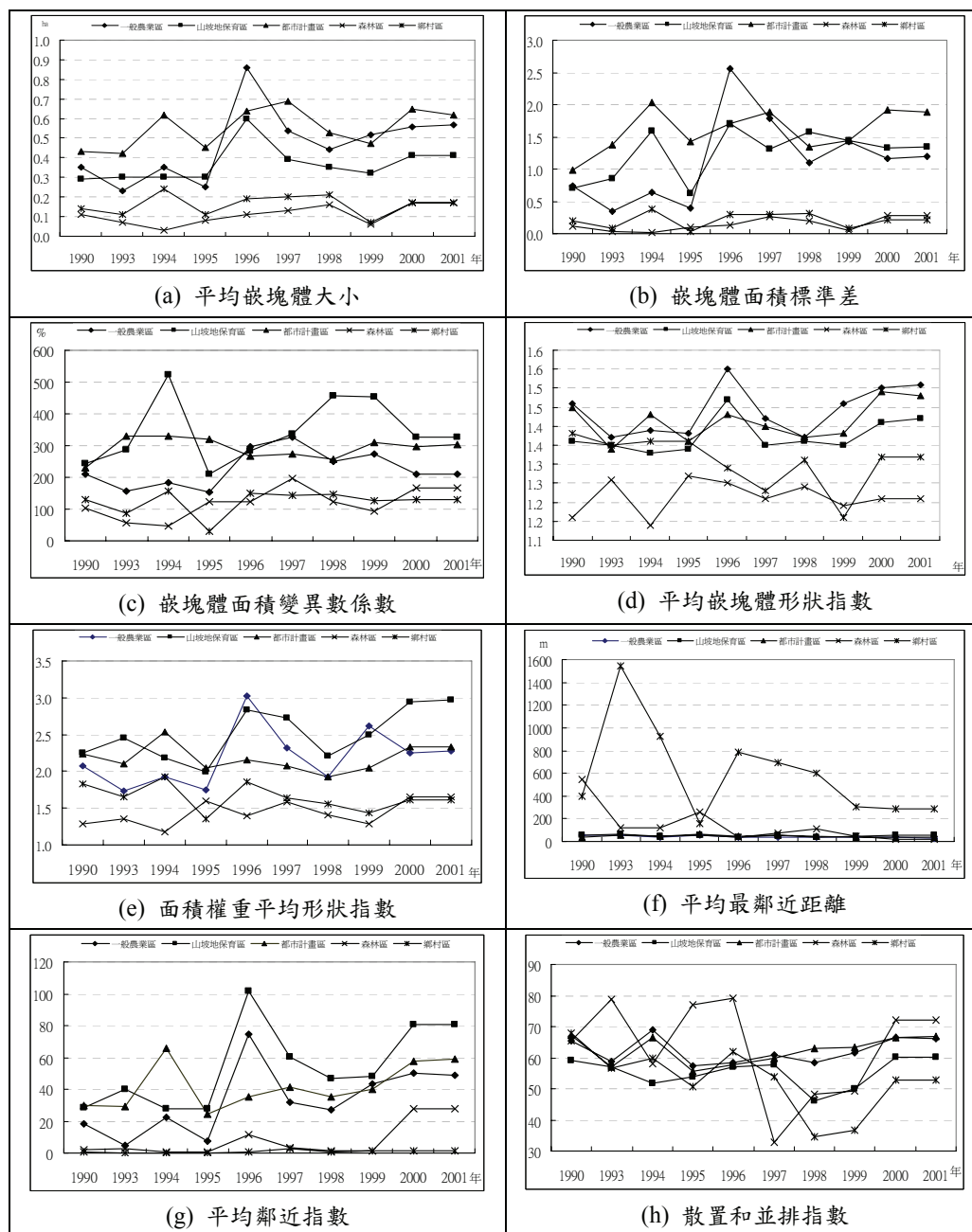
4. 林地

(1) 各土地使用分區林地結構時空變遷

各土地使用分區內林地嵌塊體、形狀、空間結構指標的比較分析(圖五)。在嵌塊體指標方面，山坡地保育區的平均林地面積較大、面積分佈的變異性亦高；森林區的平均面積最大，但是面積分佈的變異性不大，一般農業區內的林地平均面積與面積差異性都屬於中等程度，其他兩區都偏低。在形狀指標方面，森林區的平均形狀最不規則，其次為一般農業區、山坡地保育



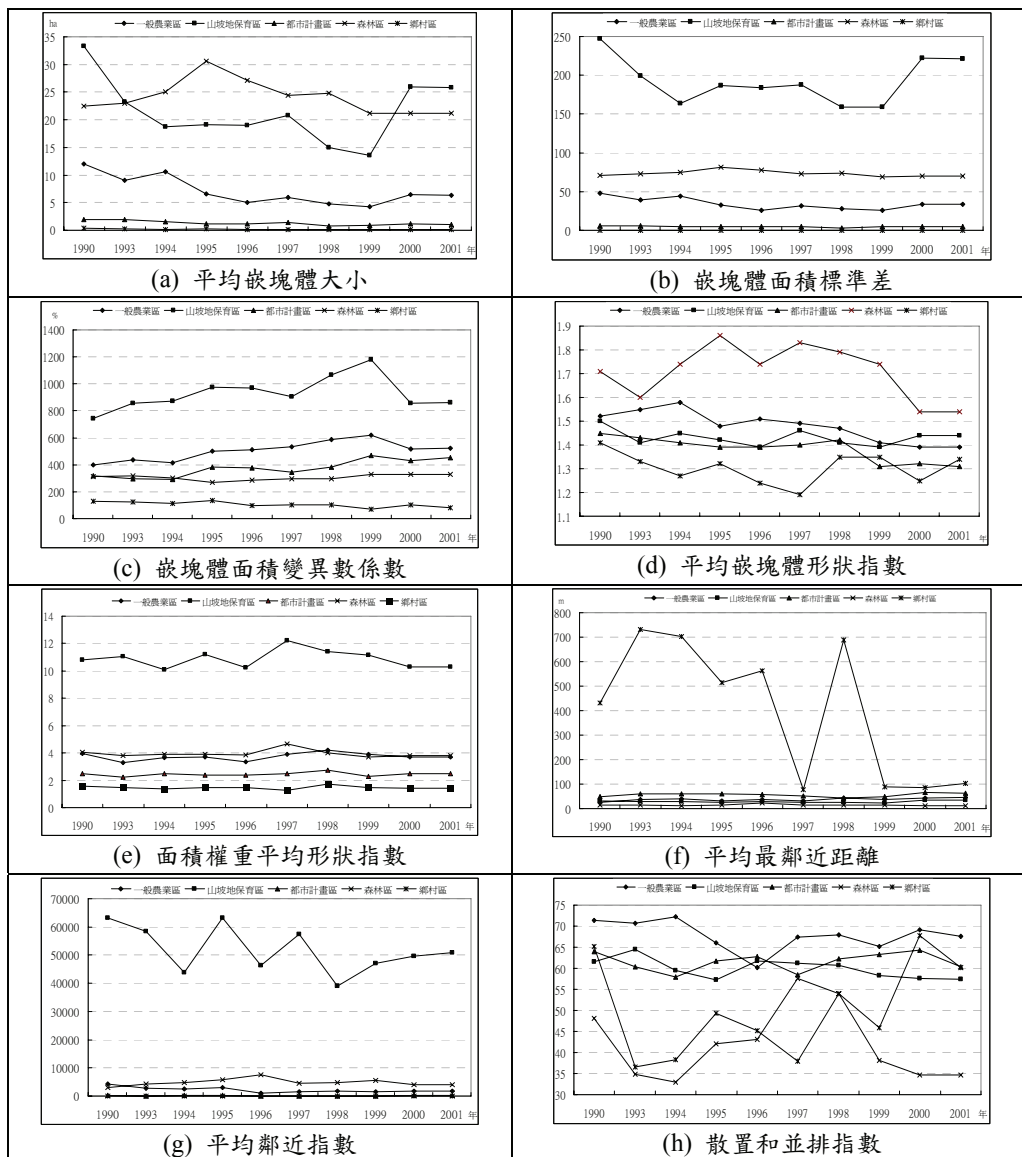
區、都市計畫區、鄉村區，在歷年的變動上，森林區與鄉村區的平均形狀指數值變動較大，一般農業區則是在平均面積權重平均形狀指數的變動較高。



圖四 草地景觀生態指數分析圖



在空間結構指標的變化上，鄉村區內的林地的平均最鄰近距離指數上下震盪變動劇烈，有可能是汐止市鄉村區的面積較小且零散分佈所導致。而山坡地保育區的平均最鄰近距離指數值不高，平均鄰近指數卻很高，顯示出區內的林地呈現大面積聚集的現象，森林區也有類似的現象。都市計畫區與一般農業區的林地則是小面積聚集的情形。歷年各使用分區內林地與其他土地利用鑲嵌的情形，以一般農業區最高，其次為都市計畫與山坡地保育區；鄉村區與森林區鑲嵌度較低，但是歷年的變動性卻很高。



圖五 林地景觀生態指數分析圖



(2) 汐止市與各土地使用分區林地結構時空間變遷比較

汐止市1990至1994年間林地面積減少，而嵌塊體數量卻由264增加至283個，可能受到自然或人為干擾後嵌塊體呈現零碎化的現象。嵌塊體面積標準差變動趨勢與平均嵌塊體面積的歷年波動相反，呈現較不規則的變動方式。高密度植生地形狀在1990年較不規整，1997年面積較大嵌塊體形狀較不規整。平均最鄰近距離指數以1997年最小、2001年最高，2001年高密度植生地嵌塊體之間距離較近，而1997年距離較遠，就空間分佈而言較為離散。平均鄰近指數最高者為1993年，最低者為1998年，表示1998年鄰近程度最差。散置並列指數以1993年最高，而1995年最低。

在林地方面，整個汐止市與各分區的平均面積變異係數指數、面積權重平均形狀指數、平均鄰近距離指數的變化趨勢十分相似，顯示指數的變動是全面性的。平均面積指數則是除了森林區以外，其餘四區的變動趨勢與汐止市相近。平均面積標準差指數方面，一般農業區的變動趨勢整個汐止市相一致，在其他四區變動率不大的情形下，此區的指數變動成為影響整個汐止市平均面積標準差指數表現的主因。山坡地保育區的平均鄰近指數與汐止市的指數變化趨勢相一致，同樣的其他分區的變化率小，此區的指數表現成為整個區域變動的主要來源。而平均形狀指數、散置並列指數的變化趨勢在汐止市與各分區間完全不同。

(二) 土地利用時空間變遷模式

本研究延續林裕彬等人(2004)的研究，應用二元羅吉斯迴歸分析1990、1998、2001及1990-1998、1998-2001等三個時間點與兩個時間區間，影響土地利用變遷的主要因素，建構汐止市土地利用時空間分佈及變遷模式。迴歸模式的自變數為地質地形、可及性及人口等十個變數；自變數為1990、1998、2001的林地、草地、建成地，以及1990-1998、1998-2001林地變草地、林地變建成地、草地變林地、草地變建成地等四種發生土地利用改變的區域。

1. 模式檢定

二元羅吉斯迴歸模型的適合性，觀察模型的-2 Log likelihood值及Hosmer and Lemeshow變量檢定結果。模式適合性的分析結果顯示所有的模型皆適合，顯示本研究以二元羅吉斯迴歸分析方法進行汐止市土地利用變遷的分析，其適用性極高。在模型解釋資料變異能力評估上，觀察1990、1998、2001年Nagelkerke R Square分析結果，以林地解釋變異能力最高(0.541、0.553、0.599)，其次為建成地(0.292、0.321、0.333)，草地較差(0.081、0.068、0.095)。在土地利用變遷方面，以草地變建成地的解釋能力較高(0.111、0.202)，林地變建成地、林地變草地、草地變林地的解釋力則低於0.1，但整體上本研究所建立的模型是適用的。

2. 模式分類正確率

1990、1998、2001年建成地二元羅吉斯迴歸模型分類的正確率分別為83.0%、81.4%、85.1%，林地則是85.0%、83.1%、85.5%，草地則分別為96.6%、93.4%、93.6%。1990-1998及1998-2001年林地變建成地的分類正確率分別為96.9%、99.8%，林地變草地則是95.4%、98.6%，而草地變建成地為98.7%、99.6%，草地變林地分別為99.1%及96.2%。此結果顯示本研究建構



的模式具有足夠的分類正確率。

3. 土地利用分佈與變遷模式分析

以下分別探討1990、1998、2001、1990-1998、1998-2001年土地利用分佈與變遷的二元羅吉斯迴歸模型。

(1) 建成地分佈二元羅吉斯迴歸模式

1990年、1998年、2001年建成地二元羅吉斯迴歸模式，模式分析結果顯示所有的變數皆會影響1990年建成地的分佈(表二)，1990年在汐止市當土壤的內外排水性越佳、土壤的沖蝕性越低、坡度與高程越低、距離都市計畫區越近，但是與距離河川與道路一段距離，且鄰近地區越多人居住的地區，越可能是1990年建成地興建的地區。另外，所有變數皆影響1998年建成地的分佈(表二)，1998年建成地分佈地區的環境特性為坡度與高程較低、與道路、建築物、河川的距離遠、靠近都市計畫區且人口密度高、土壤內外部排水性較差且沖蝕性較低。同樣的，所有的變數皆影響2001年建成地的分佈(表二)，2001年建成地分佈地區的環境特性為坡度與高程較低、與道路、建築物、河川距離遠、靠近都市計畫區且人口密度高、土壤內外部排水性較差且沖蝕性較低，各自變數的正負向影響及影響強度與1990、1998年建成地一致。

表二 土地利用分佈二元羅吉斯迴歸模式分析表

變數 項目	常數	高程	坡度	土壤內 部排水 性	土壤外 部排水 性	土壤沖 蝕指數 K值	與河川距 離	與道路 距離	與建築 物距離	與都市計 畫區距離	里人口 密度
1990年建成地	-2.083	-0.003***	-0.064***	0.431***	1.596***	-3.112***	0.001***	0.0003**	0.0003***	-0.001***	0.00004***
1990年林地	-0.745	0.002***	0.104***	-0.838***	-0.850***	2.541***	0.0005***	0.001***	0.0004***	-0.00015***	-0.00002***
1990年草地	-2.309	-0.003***	-0.015***	-0.166*	-	-1.999***	-0.001***	-	-	0.00038***	0.00003***
1998年建成地	-2.419	-0.003***	-0.067***	0.418***	2.003***	-2.991***	0.00048***	0.001***	0.001***	-0.001***	0.00004***
1998年林地	-1.021	0.003***	0.104***	-0.840***	-0.813***	2.297***	0.0002***	0.001***	0.0002***	0.0001***	-0.00002***
1998年草地	-2.21	-0.005***	-0.019***	-0.450***	-	-	0.001***	-	-0.0003*	-0.001***	0.00002***
2001年建成地	-2.871	-0.003***	-0.073***	0.575***	2.141***	-2.945***	0.001***	0.001***	0.001***	-0.001***	0.00005***
2001年林地	-0.862	0.002***	0.115***	-0.939***	-1.249***	3.037***	0.001***	0.001***	-	-0.0004***	-0.000007***
2001年草地	-2.362	-0.005***	-0.023***	-0.461***	0.790***	-1.988***	-	-	-	-	0.00002***

* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001

1990、1998、2001年所有的變數皆會影響建成地分佈，而且正負向影響性相同，屬於正面影響的因素依重要性排序，依序為土壤外部排水性、土壤內部排水性、與河川距離、與道路距離、與建築物距離、里人口密度等，負面的影響性依序為土壤沖蝕指數K值、坡度、高程、與都市計畫區距離等。其中土壤的外部排水性(1.596, 2.003, 2.141)、與道路距離(0.0003, 0.001, 0.001)、與建築物距離(0.0003, 0.001, 0.001)對於建成分佈的影響性呈現逐年增大的趨勢，顯示此三項因素對於建成地分佈位置的影響力越來越大。坡度(-0.064, -0.067, -0.073)的負向影響性逐年變大，沖蝕指數K值(-3.112, -2.991, -2.945)的負向影響性逐年變小，高程、與都市計畫距



離、里人口密度歷年的影響性對於1990、1998、2001的建成地分佈的影響力變化不大。

(2)林地分佈二元羅吉斯迴歸模式

1990、1998、2001年林地二元羅吉斯迴歸模式，分析結果發現，1990年林地分佈共有十項影響變數(表二)分析發現，坡度與高程越高、與道路、建成地越遠、與河川距離較遠、土壤內外的排水性較差但沖蝕指數較高、且人口密度較低的地區，為1990年汐止市林地主要分佈的區域。1998年林地的分佈，分析結果顯示1998年林地主要分佈於坡度與高程高，與道路、建築物、河川距離遠，土壤內外部排水性差、人口密度低的區域。2001年林地的分佈除了與建築距離不影響之外，其餘九個因素皆會影響，結果顯示2001年林地主要分佈於坡度與高程高，與道路、河川距離遠，土壤內外部排水性差、人口密度低的區域。

1990、1998、2001三個年代影響林地分佈的因子，坡度因子(0.104, 0.104, 0.115)的影響力逐年變大；與河川距離(0.0005, 0.0002, 0.001)、土壤沖蝕指數K值(2.541, 2.297, 3.037)因素相較於1996年，1998年的影響力變小、2001年大幅提高其重要性，此兩項因素三個年代皆正向影響林地分佈，但是影響力各年代有所差異。土壤內部排水性(-0.838, -0.840, -0.939)的反向條件影響性逐年增加，里人口密度(-0.00002, -0.00002, -0.00007)的反向條件影響性則是逐年變小。與都市計畫區距離因子(-0.00015, 0.0001, -0.0004)於1990及2001年為負向，1998年正向，表示都市計畫區距離因子對於三年代的林地分佈有不同的影響，1990年及2001年距離都市計畫區越近，是林地分佈的機率越高，且2001年機率高於1990年，1998年則是遠離都市計畫區越遠者為林地的機率越高。與建築物距離的因子的影響力則是逐漸變小，至2001年時不會影響林地的分佈；與道路距離因子的影響性在三個年代則無顯著變化。

(3)草地分佈二元羅吉斯迴歸模式

1990、1998、2001年草地二元羅吉斯迴歸模式分析結果發現，1990年土壤外部排水性、與道路及建築物距離三個因素不會影響汐止市草地的分佈(表二)，表示坡度及高程較低、土壤的排水性及沖蝕指數較差，且鄰近河川、遠離都市計畫區、人口密度高的地區，為1990年草地主要分佈的地區。1998年共有七個因素影響草地的分佈，結果顯示1998年草地主要分佈於坡度及高程低，與建成地、都市計畫區近，但與河川距離遠，且土壤內部排水性差的地區。2001年六個因素影響草地的分佈，結果顯示2001年草地主要分佈於坡度及高程低，土壤外部排水性好、內部排水性與土壤沖蝕性差的地區。

三個年代草地分佈的影響因素及影響力，高程(-0.003, -0.005, -0.005)、坡度(-0.015, -0.019, -0.023)、土壤內部排水性(-0.166, -0.450, -0.461)三個因子的反向條件影響力逐年增加；里人口密度(0.00003, 0.00002, 0.00002)的影響力則是逐漸變小。此外，由於草地是所有土地利用別中變動性最大者，容易受各種不同的自然或人為因素影響，而產生變化，因此土壤外部排水性、土壤沖蝕指數K值、與河川距離、與建築物距離、與都市計畫區距離等因素在不同的年代對於草地分佈的影響性有所差異，其中土壤外部排水性僅對2001年草地分佈具有影響，土壤沖蝕指數K值對1990、1998年草地分佈有影響，與河川距離則是於1990為負向影響、1998年為正向、2001年無影響，與都市計畫區距離於1990年為正向影響、1998年負向、2001年無影響，與建築



物距離變數僅對1998年草地分佈為負性影響：而與道路距離變數則不影響歷年草地分佈。

(4)林地變建成地二元羅吉斯迴歸模式

1990-1998年期間以二元羅吉斯迴歸模式分析結果顯示土壤外部排水性(0.839)、里人口密度改變量(0.00003)、土壤內部排水性(-0.449)、高程(-0.005)是該地區土地利用轉變的主要影響因素，實際觀察林地轉變為建成地的範圍主要是北二高汐止段新建工程，其東北、西南向的橫跨汐止市都市計畫區，其環境特性與模式分析結果相吻合。1998-2001年以二元羅吉斯迴歸模式分析結果顯示發現都市計畫距離(0.002)、與河川距離(-0.002)、與建築物距離改變量(-0.001)是主要的影響因素，表示距離都市計畫區、靠近河川近，且鄰近建築物的地區為1998-2001年林地變建地的主要區域，此結果與實際觀察基隆河沿岸及零星的山坡地發生林地變建成地地點的特性相符合。由於兩階段林地轉變為建成地的區域明顯的不同，因此模式有顯著的差異(表三)。

表三 土地利用變遷二元羅吉斯迴歸模式分析表

變數 項目	常數	高程	坡度	土壤內 部排水 性	土壤外 部排水 性	土壤沖 蝕指數 K值	與河川 距離	與道路 距離改 變量	與建築物 距離改 變量	與都市計 畫區距離	里人口密度 改變量
1990-1998年 林地變建地	-3.588	-0.005***	-	-0.449***	0.839***	-	-	-	-	-	0.00003***
1990-1998年 林地變草地	-2.808	-0.006***	-0.017***	-0.422***	-	-	0.001***	-	-0.0003***	-0.001***	0.00001***
1990-1998年 草地變建地	-7.482	-0.004***	-0.035***	-	4.607	-3.948***	-0.0002***	-	-	-	-
1990-1998年 草地變林地	-4.486	-0.003***	0.018*	-	-	-	-0.001***	-	-	0.001	-
1998-2001年 林地變建地	-4.797	-	-	-	-	-	-0.002***	-	-0.001*	0.002***	-
1998-2001年 林地變草地	-3.300	-0.004***	-	-3.82***	-	-	-0.001***	-	-	0.001***	-0.00001*
1998-2001年 草地變建地	-0.734	-	-	-	-2.666*	-4.413***	-0.003***	-	-	0.002***	0.00001*
1998-2001年 草地變林地	-3.352	-0.006***	-	-0.545***	-	-	0.001***	-	0.0002***	-0.001***	-0.00001***

* : p<0.05; * * : p<0.01; * * * : p<0.001

(5)林地變草地二元羅吉斯迴歸模式

1990-1998年林地變草地的二元羅吉斯迴歸模式分析結果顯示共有七個影響因子(表三)，其中與河川距離(0.001)及里人口密度改變量(0.00001)為正向影響因子，土壤內部排水性(-0.422)、坡度(-0.017)、高程(-0.006)、與都市計畫距離(-0.001)、與建築物距離改變量(-0.0003)依序為負向影響因子，整體上以土壤內部排水性的影響力最大。此時期林地變草地主要發生在都市邊緣及山區的道路兩旁，其空間特質與模式分析結果相近。1998-2001年則有五個因素影



響1998-2001年林地變草地，其中與都市計畫距離(0.001)為正向影響因子，土壤內部排水性(-3.82)、高程(-0.004)、與河川距離(-0.001)、里人口密度改變量(-0.00001)為負向影響因子，整體上土壤內部排水性仍然是此時期影響林地變草地最主要的因素。結果顯示距離建築物與都市計畫區遠、人口增加量少，且靠近河川、高程低的地區，林地變成草地的機率較高，實際觀察本時期林地變草地主要發生於都市計畫區外圍及山區的建成地鄰近地區，顯示模式可表現實際的土地利用變化的趨勢。

兩個時期發生林地變草地的區位稍有差異，影響用地變化的因子有所不同，其中高程、土壤內部排水性、與河川距離、與都市計畫區距離、里人口密度變化等五個因素皆會影響兩個階段的用地變化，土壤內部排水性是兩時期最主要的影響因子。與河川距離、里人口密度改變量由第一階段的正向影響轉變為負向，與都市計畫區距離則是負向轉為正向影響。此現象在土地利用的行為上，由於兩時期發生林地變草地的地點在山坡地的位置有顯著的不同(表三)，所以此三項因素的影響性有顯著的差異。此外，坡度、與建築物距離改變量於1990-1998年對林地變成草地具負向影響性，顯示此時期與鄰近建築物且坡度平緩性會影響用地的變化，但是1998年之後不具影響性。

(6)草地變建地二元羅吉斯迴歸模式

1990-1998年的二元羅吉斯迴歸模式顯示有五個因素影響草地變建地(表三)，結果表示高程低、坡度平緩、靠近河川且土壤沖蝕指數小的區域為用地變化的主要地點；觀察此時期草地變建成地的情形主要發生於都市地區及山坡地建築物周邊地區，其環境特性與模式分析結果相吻合。1998-2001年有五個因素影響草地變建地，顯示在1998-2001年間，人口密度變化量大、鄰近河川，且土壤沖蝕指數值較低、外部排水性差的地區為草地變成建成地的主要發生區域。實際上發生草地變建地的地區主要分佈於基隆河沿岸，由此可發現模式的分析能力良好。

由於兩時期發生草地變建地的區域明顯不同，因此在模式中影響兩階段草地變成建成地的因素有些許不同(表三)，高程、坡度僅影響第一個時期的土地變化，與都市計畫區距離、里人口密度改變量僅影響第二時期的土地變化；而土壤外部排水性、土壤沖蝕指數K值、與河川距離三個變數同時影響兩個時期的土地轉換，土壤沖蝕指數K值、與河川距離在1998-2001年的影響力高於1990-1998年，而土壤外部排水性於兩個時期的影響性相反，1990-1998年土壤外部排水性越佳者越可能發生草地變建地，相反的1998-2001年則是越差者越可能發生。

(7)草地變林地二元羅吉斯迴歸模式

1990-1998年的二元羅吉斯迴歸模式結果顯示在1990至1998年期間，坡度陡、高程低、距離河川近、遠離都市的地點，草地變成林地的機率較高。實際上草地變林地的區域是都市計畫區內的風景區及山坡地的林地復育，該地區的環境特性與模式分析結果相一致。1998-2001年的模式顯示鄰近都市計畫區、遠離河川，且高程低、土壤內部排水性差，且人口密度變化量較小的地區為1998-2001年草地變林地的地區，汐止市具有此特性的區域是都市計畫外圍的山坡地，這些地區正好是此階段實際發生草地變林地的地點。

1990-1998、1998-2001年發生草地變林地的區位不同，因此兩模式中影響因子有所差異(表



三)，1990-1998年草地變林地的影響因子僅四個，1998-2001年則增加為六個，其中土壤內部排水性、與建築物距離改變量、里人口密度改變量僅影響第二個階段，坡度僅影響第一階段，高程、與河川距離、與都市計畫區距離則同時影響兩個階段的草地變林地，高程的影響性第二階段大於第一階段，與河川距離、與都市計畫區距離於兩個階段的影響性相反，在土地利用行為上意味著1990-1998年期間距離河川越近、遠離都市計畫者越可能發生草地變林地的情形，但於1998-2001則是相反的情形。

四、結論與建議

本研究目的在於瞭解汐止地區土地利用時空間變遷趨勢及影響因子，並建立預測模式，研究結論與建議如下。

(一) 結論

1. 全區與土地使用分區土地利用結構互動關係

林裕彬等人(2004)的研究是整體性的分析汐止市建成地、草地、林地、整體土地利用的時空間變遷，指數的變化趨勢為全區域的整體表現，對於區域性的空間結構變化可能無法仔細觀察，土地利用分區管制對土地利用結構的影響亦無從得知。本研究逐一進行各分區的景觀生態結構指數分析並與整個汐止市的變化趨勢相互比較，研究結果顯示土地使用分區指數的變動與全區域指數變化間呈現三種互動關係。

- (1) 第一種互動關係：全汐止市整體的景觀生態結構指數變化與各土地使用分區相同，顯示此種變動趨勢是全面性的，與各土地使用分區無關，包括草地的平均面積標準差指數、平均鄰近指數、散置並列指標、最鄰近距離指數，以及整體土地利用的平均面積大小、平均面積標準差、平均面積變異數等指數。
- (2) 第二種互動關係：汐止市整體景觀生態結構指數變化主要是受某幾個土地使用分區所支配，其現象為歷年某個分區的變動趨勢與整個汐止市相同，其他的分區卻無顯著的變化。發生此現象的指數包括：整體土地利用的平均最鄰近距離、平均鄰近指數，建成地的面積標準差與變異係數、平均鄰近指數，草地的平均面積大小、平均形狀、面積權重平均形狀指數，林地的平均面積大小、平均面積標準差指數、平均鄰近指數等。
- (3) 第三種互動關係：汐止市整體景觀生態結構指數變化與各分區的變化趨勢完全不同，意味著整體土地利用的指數值，是各土地使用分區交互作用產生的。包括整體土地利用的平均最鄰近距離指數、平均鄰近指數，建成地的平均面積大小指數、平均形狀、面積權重平均形狀指數，林地的平均形狀指數、散置並列指數等。

2. 各土地使用分區空間結構的差異性

各土地使用分區間整體土地利用的表現，因管制強度與項目不同而有所差異，以下分別歸



納出各土地使用分區內土地利用變遷的特性。

都市計畫是建成地主要分佈與發展地區，但是汐止市的都市計畫區仍保有少部分的自然林地與人為林地或行道樹，公園、小型綠美化、少數為開發地為草地主要分佈的區域。整體而言，都市計畫區內各種土地利用的面積大小變動性差異很大，但是整體表現出來的變動性不大，也就是說內部變異性高，外部變異性小；在形狀的變異上，草地的形狀變異是整個都市計畫形狀改變的主要土地利用別。

鄉村區則主要是集合住宅分佈的地區，區內的開放空間及建蔽率餘留的區域為大型喬木或草地分佈的地方；鄉村區整體土地利用及各種土地利用別的面積變動性極小，但是形狀卻是不規則且高變動性。在空間結構的變動上，整體土地利用呈現上下震盪不穩定的變動趨勢，其中草地與林地的高變動性，可能是鄉村區內空間結構變異大的主因。在空間的鑲嵌性方面，歷年整體土地利用及各種土地利用別的變動性不大，但是草地在1996-1998年間有顯著的變動。

汐止市的農業區主要分佈在都市計畫區以北的地帶，多為山坡地，以果樹、竹子為主要的作物，部分區域仍是自然的林地，另可透過土地利用變更的方式將農地轉為農宅、住宅用地，因此許多的農舍、集合住宅建築於本區。本研究分析結果發現一般農業區中面積分佈的變異與都市計畫區一樣，呈現內部變異性高，外部變異性小的情形，其原因在於各種土地利用變異性高的年別相互交替，沒有產生加乘的效果。在形狀變化上，整體土地利用趨向規則化，但是各種土地利用的變動有所不同，草地歷年的變動性高，大面積的林地形狀較不規則，建成地的形狀較規則。土地利用的空間結構變化上，整體土地利用與各土地利用別間有所不同，整體呈現小面積聚集的現象，建成地為大面積聚集、草地為小面積離散、林地為小面積聚集，由此可知此區內空間結構的變化是由各區交互作用所產生，並不是由某一種或幾種土地利用所支配。以致於各種土地利用別間的相互鑲嵌性極高。

汐止的山坡地保育區內公墓、寺廟、休閒遊憩區、別墅是主要造成土地利用結構改變的人為因素，而崩塌地及颱風、豪雨造成衝擊則是主要的自然影響因子。分析發現區內建地、林地、草地的面積分佈變異性高，因此整體面積分佈的變異性亦高；在形狀的變化上，建地趨向規則化、草地為高度不規則化、林地則無顯著的變動趨勢，在三者交互影響下，歷年整體土地利用的形狀變化呈現高度不穩定的狀態。土地利用空間結構的變化上，整體土地利用與各種土地利用有顯著的不同，同樣意味著山坡地保育區土地利用的空間結構同時受到各種土地利用的交互影響。在空間的鑲嵌性方面，不管是整體土地利用或各種土地利用相較於其他的土地使用分區，皆屬於中等的鑲嵌性。

汐止的森林區主要是水源用地，受的管制較嚴格，因此建地侵入的情形較少，在土地利用結構的變化，自然因素為主要的衝擊因子。本研究發現森林區內整體土地利用的面積分佈變異性，由於建地與草地的變動性低，因此主要受林地所主宰。但是在形狀的變化上，三種土地利用的變化趨勢不盡相同，使得歷年整體土地利用的形狀指數變化上呈現震盪的變化趨勢。在空間結構變化，森林區內呈現錯綜複雜的變動趨勢，建成地在1996-1998年間有劇烈的變動、草地歷年的變動性高、林地則是變動性低，整體土地利用的趨勢則是呈現大面積土地利用離散分



佈的現象，以致在各種土地利用別間的鑲嵌性高，且歷年的變動性大。

3. 土地利用的影響因子與模式

汐止市鄰近台北市，在1980年代之後成為台北市抒解都市發展壓力的主要區域之一，使得土地利用變化相當大，不同的年代具有不同的環境特性及土地利用趨勢，本研究建構的土地利用分佈與變遷模式有所差異。

(1) 土地利用分佈二元羅吉斯模式

本研究建立的二元羅吉斯迴歸式中發現，各自變數皆會影響1990、1998、2001年建成地與林地的分佈且正負向影響相當一致，但是草地的影響因子與正負向十分不穩定。顯示本研究建立的建成地與林地二元羅吉斯迴歸式代表性、可解釋性極高；草地的迴歸式會因為草地的易變動性，每年有所不同。

高程、坡度、土壤沖蝕指數K值歷年對林地分佈的影響皆為正向，但是對於建成地卻是負向，顯示這些值越高的區域越有可能是林地分佈的地點，值越低的地點可能是建成地分佈的區域。相反的，土壤內、外部排水性、里人口密度越高的地區越可能是建成地分佈的區域，越不可能是林地。此外，與河川距離、與道路距離、與建築物距離越遠的趨勢，有可能是林地或建成地分佈地點。草地分佈主要是受高程、坡度、土壤內部排水性、沖蝕指數、人口密度影響。

整體而言，汐止市建成地分佈於海拔高程低、坡度緩、土壤內外部排水性好、土壤沖蝕指數K值小、距離河川、道路、建築物較遠、鄰近都市計畫區且人口密度高的地區。林地則是分佈於海拔高度高、坡度陡、土壤內外部排水性差、土壤沖蝕指數K值大、距離河川、道路、建築物較遠、鄰近都市計畫區且人口密度低的地區。草地主要分佈於海拔高度低、坡度緩、土壤內部排水性差、土壤沖蝕指數K值小、人口密度高的地區。

(2) 土地利用變遷二元羅吉斯模式

1990-1998、1998-2001年兩階段四種土地利用變遷二元羅吉斯模式中，以1998-2001草地變建地的解釋力較高，其他模式的解釋力較低，但仍具參考價值。此外各模式的自變數差異很大，無法歸納出土地利用變遷的特定模式，也就是說每一階段、每一種土地利用變遷可能因為不同的影響因素而產生土地利用的改變，在1990-1998年間高程、坡度、與河川距離是影響各種土地利用變遷的主要因素。1999-2001年則是與河川距離及與都市計畫區距離、里人口密度改變量為土地利用變遷的主要影響因素。各因子對土地利用變遷的影響上，發現坡度對林地變建地無影響；土壤內部排水性對草地變建地無影響；土壤外部排水性對林地變草地及草地變建地無影響；土壤沖蝕指數K值則是對草地變建成地有負面影響，但是對其他土地利用變遷無影響；與建築物距離的改變量則對草地變建成地無影響；與道路距離的改變量則是所有的土地利用變遷皆無影響，顯示此變項為無效自變項。

(3) 一級及二級土地利用變遷模式之差異性分析

由本研究建立的土地利用變遷模式中，發現一級(草地變林地、林地變草地)與二級(草地變建地、林地變建地)土地利用變遷的影響因素有顯著的差異。在一級土地利用變遷上，高程、與河川距離、與都市計畫區距離同時是影響兩個年代草地變成林地的因素；而林地變草地的影



響因素上，高程、土壤內部排水性、與河川距離、與都市計畫區距離、里人口密度改變量等五個因素為兩個年代同時影響的變數。由此可知高程、與河川距離、與都市計畫區距離是影響一級土地利用變遷最重要的因素。在二級土地利用變化上，土壤外部排水性、土壤沖蝕指數K值、與河川距離等三個因素是影響1990-1998及1998-2001年草地變建成地的共同因素，而高程與坡地因素也會影響第一階段的草地變建成地，與都市計畫區距離及里人口密度改變量也會影響第二階段的草地變建成地。由此可知土壤外部排水性、土壤沖蝕指數K值、與河川距離等三個因素是未來預測汐止市草地變建成地必須特別加以考量的因素。在林地變建成地方面，兩個年代的影響因素完全不同，顯示出此種土地利用的變化將隨著時間的改變，有顯著的差異。

4. 研究結果之應用

本研究進行的土地使用分區內整體土地利用、建成地、草地、林地變遷趨勢與互動關係分析的結果，以及建立的土地利用分佈與變遷模式，未來可應用於土地利用管理，及決策支援系統之建立。在各土地使用分區的管理上，都市計畫與鄉村區在瞭解土地利用別間變動的互動關係後，可檢討區內土地使用計劃配置的合理性，以及土地開發造成空間結構變化，作為後續通盤檢討的參考。在一般農業區可應用於檢討建成地入侵汐止市一般農業區及其造成的空間結構變化的影響；並藉由土地利用分佈與預測模式，瞭解未來可能發生土地利用變遷的區域，可結合現有法令規範進行事後管制，或是修正法規、事前規劃的進行事前的防範，預防一般農業區空間結構的瓦解，並維持農業生產的機能。山坡地保育區與森林區透過土地利用結構變動的瞭解，及得知未來可能發生變遷的地點，若發生於具有生態、地質、水源敏感性的區域，則可結合山坡地開發管制政策與法令事先管制其開發；另一方面，對於具有潛力恢復為森林的地區，結合造林獎勵政策，可提昇林地復原的效率。

(二) 建議

1. 結合景觀生態結構指數於土地利用管理

景觀生態結構指數具有表現空間分佈或結構變遷的作用，未來可進一步結合土地利用管制政策，瞭解政策與土地利用空間結構變遷的互動關係，並可轉化為土地利用規劃操作性原則，作為後續政策調整及土地規劃之依循。

2. 二元羅吉斯迴歸模式修正

本研究發現，在土地利用變遷分析上，當進行橫斷面之時間序列比較時，自然因素可能相對穩定，但社經變數起伏可能很大。就迴歸分析理論而言，可能會出現不同期間平均數和變異數差異，甚至分配型態完全不同的可能。因此，建議後續研究嘗試應用機率概念解釋土地利用變遷時，對於整體性之環境特性必須加以考慮，使得建立機率分配的條件能有相同之基礎。

其次，本研究所建立的二元羅吉斯迴歸模式在1990、1998、2001的草地及1990-1998及1998-2001年間已發生土地利用改變者的辨識力較差。為改善模式辨識能力不足的缺點，本研究嘗試透過變數縮減的方式，試圖尋找較佳的預測模式，經過多次的試驗後，發現此方法無法提升模式解釋資料變異的能力。未來可嘗試引用更多與汐止市土地利用變遷相關的社會、經濟



變數，進行模式的修正，應可提昇模式的解釋能力。

另一方面，由於產業、經濟資料在鄉鎮尺度上難以取得實際的統計與分佈資料，包括統計要覽或者工商普查資料尺度皆無法小至鄰里，以致於本研究無法引入產業與經濟因素，未來可擴大研究範圍，改以鄉鎮為最小分析單位；或者親自進行產業環境調查等方式，提昇研究的正確性與價值性。

3. 土地利用管制策略、土地利用變遷、土地利用結構分析整合模式

本研究嘗試建立汐止市二階段四種土地利用變遷的二元羅吉斯迴歸模式，此模式為研究土地利用變遷的基礎，未來可進一步整合較完整的預測模式，例如CLUE-s(the Conversion of Land Use and its Effect at Small regional extent)模式，以及土地利用結構變遷分析方法，構成具生態或土地管理意義的整合性模型，應用於探討土地利用管制策略的實施或調整，可能造成的土地利用變遷、土地利用結構的變化，及其對整體土地利用、生態環境、自然環境可能的衝擊。

參考文獻

1. 林裕彬、吳振發、鄧東波(2004)，景觀生態面指數分析汐止地區1990~2001年土地利用時空間鑲嵌特徵，「都市與計劃」，第31卷，第3期，第239-268頁。
2. 趙翊瑾(2002)，「汐止地區坡地開發之研究-災難事件對山坡地住宅開發之衝擊」，台灣大學森林學研究所碩士論文。
3. 鄔建國(2003)，「景觀生態學-格局、過程、尺度與等級」，台北：五南書局。
4. 蔡明熹(2004)，「商業銀行企業信用評等模式之研究-以製造業與批發及零售業為例」，輔仁大學應用統計研究所在職專班碩士論文。
5. Bakker, M. M., Govers, G., Kosmas, C., Vanacker, V., Oost, K. and Rounsevell, M. (2005). Soil erosion as a driver of land-use change, *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, 105: 467-481.
6. Berry, M. W., Hazen, B. C., MacIntyre, R. L., and Richard, R. O. (1996). LUCAS: a system for modeling land-use change, *IEEE Computational Science and Engineering*, 3(1): 24-35.
7. Binzenhofer, B., Schroder, B., Strauss, B., Biedermann, R. and Settele, J. (2005). Habitat models and habitat connectivity analysis for butterflies and burnet moths – The example of *Zygaena carniolica* and *Coenonympha arcania*, *Biological Conservation*, 126: 247-259.
8. Chomitz, K. M. and Gray, D. A. (1996). Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize, *The World Bank Economic Review*, 10(3): 487-512.
9. Cifaldi, R., Allan, J. D., Duh, J. D., and Brown, D. G. (2004). Spatial patterns in land cover of exurbanizing watersheds in southeastern Michigan, *Landscape and Urban Planning*, 66: 107-123.
10. Clarke, K. C., Hoppen, S. and Leonard, L. J. (1998). *Methods and Techniques for Rigorous*



Calibration of a Cellular Automaton Model of Urban Growth. (http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/clake_keith/clarkeetal.html)

11. Croissant, C. (2004). Landscape patterns and parcel boundaries: an analysis of composition and configuration of land use and land cover in South-central Indiana, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101: 219-232.
12. Eyre, M. D., Rushton, S. P., Luff, M. L. and Telfer, M. G. (2004). Predicting the distribution of ground beetle species (Coleoptera, Carabidae) in Britain using land cover variables, *Journal of Environmental Management*, 72: 163-174.
13. Fang, S., Gertner, G. Z., Sun, Z. and Anderson, A. A. (2005). The impact of interaction in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl, *Landscape and Urban Planning*, 73(4): 294-306.
14. Fit, H. C., DeBellevue, E. B. and Costanza, R. (1996). Development of a general ecosystem model for a range of scales and ecosystems, *Ecological Modelling*, 88: 263-295.
15. Fitzsimmons, M. (2003). Effects of deforestation and reforestation on landscape spatial structure in boreal Saskatchewan, Canada, *Forest Ecology and Management*, 174: 577-592.
16. Gilruth, P. T., Marsh, S. E. and Itami, R. (1995). A dynamic spatial model of shifting cultivation in the highlands of Guinea, West Africa, *Ecological Modelling*, 79: 179-197.
17. Hardie, Ian W. and Parks, P. J. (1997). Land use with heterogeneous land quality: an application of an area base model, *American Journal of Agricultural Economics*, 79(2): 299-310.
18. Hudak, A. T., Fairbanks, D. H. K. and Brockett, B. H. (2004). Trends in fire pattern in a south African savanna under alternative land use practices, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101: 307-325.
19. Landis, J. D. (1995). Imagining land use futures: applying the California urban futures models, *APA Journal*, 61(4): 438-457.
20. Luck, M. and Wu, J. (2002). A gradient analysis of the landscape pattern of urbanization in the Phoenix metropolitan area of USA, *Landscape Ecology*, 17: 327-339.
21. McGarigal, K. and Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure* (General Technical Report PNW-GTR- 351). Portland: U.S.D.A., Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
22. Mertens, B. and Lambin, E. F. (1997). Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon, *Applied Geography*, 17(2): 143-162.
23. Roschewitz, I., Thies, C. and Tschardtke, T. (2004). Are landscape complexity and farm specialization related to land-use intensity of annual crop fields? *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 105: 87-99.
24. Rouget, M., Richardson, D. M., Milton, S. J. and Polakow, D. (2004). Predicting invasion dynamics of four alien *Pinus* species in a highly fragmented semi-arid shrubland in South Africa,



- Plant Ecology*, 152: 79-92.
25. Southworth, J., Munroe, D. and Nagendra, H. (2004). Land cover change and landscape fragmentation – comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101:185-205.
 26. Swallow, S. K., Talukdar, P. and Wear, D. N. (1997). Spatial and temporal specialization in forest ecosystem management under sole ownership, *American Journal of Agriculture Economics*, 79: 311-326.
 27. Tasser, E., Mader, M. and Tappeiner, U. (2003). Effects of land use in alpine grasslands on the probability of landslides, *Basic Applied Ecology*, 4: 271-280.
 28. Turner, B. L., Moss, R. H. and Skole, D. L. (1993). *Relating Land Use and Global Land-Cover Change: A Proposal for an IGBP-HDP Core Project*(IGBP Report No. 24 and IHDP Report No. 5). Stockholm: IGBP, Secretariat, Royal Swedish Academy of Sciences.
 29. Turner, B. L. II, Skole, D. and Sanderson, S. (1995). *Land Use and Land Cover Change: Science/Research Planning*(IGBP Reports, No.35). Stockholm: IGBG & IHDP.
 30. Turner, B. L. II. and Meyer, W. B. (1994). Global land-use and land-cover change: an overview, In: *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective – University of Cambridge: Cambridge*, edited by Meyer, W. B. and B. L. Turner II, pp.3-10, New York, Melbourne.
 31. Turner, M. G. and Gardner, R. H. (1991). *Applied Nonparametric Statistical Methods in Landscape Ecology*. New York: Springer.
 32. Veldkamp, A. and Fresco, L. O. (1996). CLUE: a conceptual model to study the conversion of land use and its effects, *Ecological Modelling*, 85: 253-270.
 33. Voinov, A., Costanza, R. and Wainger, L. (1999). Patuxent landscape model: integrated ecological economic modeling of a watershed, *Environmental Modelling and Software*, 14: 473-491.
 34. Wear, D. N., Abt, R. and Mangold, R. (1998). People, space, time: factors that will govern forest sustainability, paper presented at *Transactions of the 63th North American Wildlife and Natural Resources Conference*, pp.348-361. Washington, DC: Wildlife Management Institute.
 35. Wear, D. N., Liu, R., Foreman, J. M. and Sheffield, R. M. (1999). The effects of population growth on timber management and inventories in Virginia, *Forest Ecology and Management*, 188: 107-115.
 36. Williams, N. S. G., McDonnell, M. J. and Seager, E. J. (2005). Factors influencing the loss of an endangered ecosystem in an urbanizing landscape: a case study of native grasslands from Melbourne, Australia, *Landscape and Urban Planning*, 71: 35-49.
 37. Wood, E. C., Lewis, J. E., Tappan, G. G. and Lietzow, R. W. (1997). The development of a land cover change model for southern Senegal, paper presented at *Land Use Modeling Workshop*.



Sioux Falls, SD. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
(<http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/landuse97>.)

