地理學報　第三十五期：35-51 (2004)
JOURNAL OF GEOGRAPHICAL SCIENCE (35) : 35-51 (2004)

都市土地使用變遷空間動態模型之研究

A Spatial Dynamic Model for the Study of Urban Land Use Change

鄒克萬* 張曜麟**
Ko-Wan Tsou Yao-Lin Chang

Abstract

In recent years, research on land use change has gradually adopted micro-level perspectives and applied GIS to explore the causes affecting land development. However, these studies rarely mention spatial and locational factors that affect land use change. This study presents a spatial dynamic model for the study of land use change based on the discrete choice theory which, combined with methods of spatial analysis and the Geographic Information System, is used it to handle and analyze spatial data and to capture the relationships between environmental factors and land use change. Empirical research of this study is conducted in Tainan City.

Keywords: land use change, spatial dynamic, GIS, discrete choice theory.

* 國立成功大學都市計劃學系教授
Professor, Department of Urban Planning, National Cheng-Kung University.
** 國立成功大學都市計劃學系博士候選人，通訊作者 (p2888101@ccmail.ncku.edu.tw)
Ph. D. Candidat, Department of Urban Planning, National Cheng-Kung University. Corresponding Author.

摘　要

近年來，土地使用變遷之研究，已逐漸利用微觀觀點來探討影響土地發展之因子，並結合地理資訊系統之應用。唯相關研究皆甚少提及空間區位概念對土地使用變遷之影響。有鑑於此，本研究將利用不連續選擇理論與空間分析方法，建構一個都市土地使用變遷空間動態模型，並結合地理資訊系統，進行模式校估及各項有關空間資料之處理與分析，最後以臺南市為例進行個案實證研究。

關鍵字：土地使用變遷、空間動態、地理資訊系統、不連續選擇理論

前　言

土地是從事各項活動的基礎，都市土地使用規劃影響人類的生產、生活及生態環境甚鉅，故必須對都市的空間作一完善與適宜的土地使用計畫，並因應外在環境的改變及趨勢。然在制定計畫之前，必須先對都市之土地使用型態、結構、時空動態變化有充份的了解，Forman (1995) 就強調一個好的計畫應長期考量土地使用變遷過程及其自然與人為之干擾機制，並預期其未來可能變遷，以為土地規劃參考之依據。爰此，土地使用變遷對於土地規劃與政策的制定具有很大的影響力。

而就都市生態學的觀點而言，都市可視為一複雜有機體，其發展受到相當多因素的影響，除包括土地本身自然環境條件與自然資源的限制外，更牽涉到在都市發展過程中，各種社會經濟因素彼此互動的影響，這些變動包括經濟產業、交通運輸、人口遷徙及其他社會經濟層面的變化，最後綜合反應在整體土地的利用形態上，形成不同土地使用所建構的空間結構，使空間中分布著各種相異的土地使用，並塑造出不同的都市型態與空間結構。至於這些因素的影響程度則不一而定，且在不同的時空 (temporal-spatial) 環境下，各因素所造成的影響亦不儘相同。

過去因為缺乏歷史性與空間性的資料，以及分析技術與工具的限制，也導致土地使用研究有所侷限。所幸近來資訊工程在計算機硬體方面研發的進展迅速，配合地理資訊科學 (geographical information science, GIS) 的快速發展，對於處理龐大的空間資料方面提供強大的空間分析、處理、計算、儲存等功能，對於土地使用之空間分析提供相當大的助益。因此，近年來國內外學者紛紛利用 GIS 配合相關理論來建構土地使用變遷之模型，包括應用景觀生態學理論 (Vesterby and Heimlich, 1991； Aaviksoo, 1993; Skinner, 1995；Hudson and Birnie, 2000；蔡博文等，1997；蔡靜如，1998)、統計分析(Paquette and Domon, 1997; Verburg *et al*.,1999)、隨機效用函數 (Landis and Zhang, 1998; Wu, 1998；鄒克萬與張曜麟，2000；丁志堅，2002) 等來分析土地使用變遷之過程及其影響因素，並獲得良好的成果。

然而，上述相關研究並未考量空間對土地發展之影響程度，亦即前述研究係假設所量測的各項關係在空間上是穩定且公平地分佈，此舉忽略了空間變異與空間不穩定性 (spatial nonstationarity) 之存在 (Brunsdon *et al*.,1996; Fotheringham and Brunsdon, 1999)，而此一研究假設可能會影響到各項參數估計及整體模型之解釋能力 (Fotheringham *et al*., 1998)，進而降低了模型的預測分析能力。

另一方面，在土地使用變遷過程中，Landis 與 Zhang (1998) 指出，土地使用之變遷係屬於一種不連續之路徑相依 (path-dependent) 的過程，配合心理學觀點，個別地主是否選擇將其土地加以開發或

是改變其使用型態，是一種機率性的過程 (probabilistic process) (Anderson *et al*., 1992)，所以在探討各項因子如何影響土地使用之轉變時，宜以機率性之選擇理論與模式來加以分析。

綜合前述考量，本研究即嘗試以不連續選擇理論 (discrete choice theory) 與空間分析理論等相關模式，建構土地使用之動態變遷分析模式，來分析都市土地使用的變遷情形，並將土地使用之變遷與各類環境因素間之互動關係予以模式化描述；由於整個分析過程涉及大量空間資料，故本研究亦同時採用地理資訊系統技術，協助進行模式校估及各項有關空間資料之處理與分析，研究結果並期能作為後續研究之基礎。全文依序回顧土地使用變遷、空間統計分析兩類文獻，其次進行模式建構，為了檢證整個分析模式之可行性，本研究以臺南市為例進行個案實證研究，最後進行結論與建議。

文獻回顧

(一) 土地使用變遷

基於土地使用規劃之重要性，土地使用相關研究之起源甚早，然由於研究者的背景不同或探討觀點不同，因此所採用的分析方法亦不同。最基本的土地使用研究中，多屬於描述性分析，其內容大多進行土地使用類別的探討，這些研究通常採用相似的方式，即將過去土地使用情況加以整理，藉由整理所得之累積資訊或經驗，將其歸納出結果，並以土地使用分類表格或土地使用圖等方法，來展現其研究成果，較著名且被廣泛應用者包括同心圓理論、扇形理論、多核心理論等三種。進一步的發展則在於解釋性理論的出現，如 Alonso (1964) 提出競租理論 (Bid Rent)，以可及性的角度，推論出土地成本與交通成本彼此替代的現象，並解釋地價與土地使用之互動關係。

而近年來在相關的土地使用變遷研究方面，因其所考量重點的不同及研究方法的差異，大致可分為兩類，以下分述之。

第一類為土地利用變遷型態的度量，研究者須先確實掌握土地使用改變的真實狀況，才能進一步的模擬及解釋土地使用的變遷。土地使用變遷型態的度量方法，根據其所使用方法的不同，主要可分為量的度量、空間型態的度量及衍生資訊的度量 (丁志堅，2002)。所謂量的度量係指各類型土地利用種類所佔的面積，於時間序列上的增減情形，是為最基礎之量測 (Singh, 1993; Hulshoff, 1995；楊雲龍，1995)；另外，時間序列上各種類土地使用類型變化成它種土地使用類型的度量，也是另外一個瞭解土地利用變遷之重要的數量研究基礎 (李建堂，1988; Muller and Middleton, 1994; Hulshoff, 1995)。以空間型態 (pattern) 或結構 (structure) 變遷的計量方法描述土地利用變遷即為空間型態的度量，其主要意涵為分析土地使用在空間上不同時間上的幾何變化狀態，包含點、線、面三種空間單元，透過空間統計指標的運算，將變化的程度以數量化的方式呈現；此類計量分析方法出現在很多的研究中 (Iverson 1988; O'Neill *et al*., 1988; Li and Reynolds, 1993; Kienast, 1993; Hulshoff, 1995; Medley *et al*., 1995; Skinner, 1995；蔡博文等，2001)。至於衍生資訊的度量則是利用空間分析的計量方法，常使用者如馬可夫鏈模式，將複雜的土地使用變遷資料，轉化為有系統的空間資訊，進一步探索空間資訊 (Muller and Middleton,1994; Boerner *et al*., 1996；蔡博文等，1997)。

第二類則是透過模式之建構來模擬及解釋土地利用的變遷，相關研究亦非常多，Lambin 等人

(1999) 將其歸納為三大類，分別是敘事 (Narrative) 方法、以個體為基礎 (Agent-based) 方法及系統 (System) 方法。敘事方法主要是從觀察、描述及解析，來探討歷來之土地使用變遷事實，以瞭解土地使用變遷之情境；個體基礎方法則是探討每一個作用於土地利用變遷的決策個體，如決策者本質 (年齡、性別、教育程度等屬性)、理性的決策法則、認知意象、偏好等來瞭解土地使用行為的決策過程與法則 (Wu, 1998; Landis and Zhang, 1998; Serneels and Lambin, 2001)；系統方法主要是從社會經濟的結構 (organization) 與制度 (institute)、自然環境的適宜性，來探討這些結構性因素對土地利用決策的影響，剖析不同的空間尺度與時間尺度彼此交互影響的程度與方式，及其造成土地利用變遷的機制（Moran *et al.*, 1998; Verburg *et al.*, 1999; Farrow and Winograd, 2001）。

另一方面，土地使用是人類使用資源的表現，不同的土地使用型態、強度及其分佈皆反應了人類各項地表活動的類別強度及分佈。土地使用的變化即反應出人類活動的空間變化，某種活動或設施在空間上的擴張、縮小、移動或其它變化，這些現象皆反應了當時各項自然、政治、經濟、社會、法規及科技等環境因素的變化或社會與個人價值觀念的改變，可見其涉及的範圍相當廣泛。在參考歸納相關文獻 (Landis and Zhang, 1998; Briassoulis, 2001；莊翰華，2001）後，茲將影響因子整理分述如下：

1. 社經環境：土地使用與地區社經環境存在互動關係，各種社經因子明顯影響土地使用類型、規模及區位，此類因子包括人口、產業結構等。
2. 自然環境：地區的自然條件，如地形、氣候、水文、土壤、生物等，決定地區是否適於開發，亦對土地使用之類型、強度具有相當程度的決定力。
3. 計畫環境：包括都市計畫分區、管制項目、強度，對土地使用之發展具有指導性與限制性。
4. 立地環境：基地的屬性條件、地價、交通可及性及鄰近土地使用類別影響土地使用發展的類型與可能性。

前述之各項影響因子之間，並存在密切的相互影響關係，進而決定土地使用的類型。

透過前述回顧可以了解，辨認影響土地使用變遷的機制與因子是土地使用變遷研究的主要目的之一，而因其包含不同面向與不同尺度，所以必須整合不同的研究方法。本研究將從微觀的觀點並輔以系統方法的考量，嘗試藉由數理模式的建立來掌握土地利用變遷的複雜機制。

(二) 空間統計分析

空間統計 (spatial statistics) 是關於地理關係 (Geo-Referenced) 的統計分析，屬於統計的分枝。其目的在於將空間相依的觀念加入統計分析中，以提供更多的真實性資料分析，而產生較佳的預測和更有效的參數估計 (Ned, 1996; Pace *et al.*, 1998)。這些理論與方法隨著地理資訊系統的發展，而日受重視，並被期望能協助更適當地掌握與實際空間變動相關的現象與特性。

此類傳統的統計量測多被用來進行總體應用，其假設所得到之參數估計是平均一致地適用在整個區域中，也就是說所測量的關係被假設在空間上是穩定不變的，故一般會得到一個描述整個研究地區其空間相依性「平均」程度的統計測量值，此舉忽略了空間變異與空間不穩定性 (spatial nonstationarity) 的存在 (Fotheringham and Brunsdon, 1999)。因此，總體 (global) 單變量統計的局部版本 (local version) 近來已被開始發展，包括 Getis 與 Ord (1992)、Ord 與 Getis (1995) 及 Anselin (1995)，並已被應用在許多領域 (鄒克萬等，2002)。而在大型且複雜的空間資料庫其可行性日益增加後，導致研究者明顯的體

認到前述之單變量統計方法其應用有限，且確實有需要去了解更複雜關係中的局部差異 (Majure and Cressie, 1997)。據此，許多研究即嘗試去發展傳統總體多變量技術之局部化版本。目前已有數個方法被發展出來應用於空間資料分析上，包括空間擴張模型、多層級模型、隨機係數模型、自迴歸模型、空間互動模型之局部關係量測及地理加權迴歸等 (Fotheringham and Brunsdon, 1999)。

其中應用最普遍的應屬擴張方法 (Casetti, 1972; Jones and Casetti, 1992)，其嘗試去量測參數趨勢 (drift)。在這個架構中，整體模型的參數可以產生包含地理空間的參數屬性，故隨空間變化的參數趨勢即可被加以估計 (Eldridge and Jones, 1991; Fotheringham and Pitts, 1995)。空間擴張方法在突顯空間關係會隨空間而變化，以及迴歸分析的參數應用至空間資料會出現空間不穩定性此二個觀念上是極端重要的。

由文獻回顧可以了解，探討空間局部 (local) 差異之研究已逐漸受到重視，因其具有相當的理論與先驗知識的基礎。因此本研究嘗試引入擴張方法 (expansion method) 來衡量期望效用指標的空間變動，以彌補過去研究忽視空間動態關係的不足之處。

模式建構

本研究主要將從微觀的觀點，探究個別空間研究單元的土地使用變遷之影響因素以及其與環境因素間的關聯。配合對文獻的回顧與評析，本研究之重點即為在土地使用變遷之研究中加入空間分析的理論與技術，來建構出一更能符合實際現象之模型。本節將就模式建構內容進行說明，分別包括 Logit 模型、擴張方法兩種方法學之說明及模式內容說明。

(一) Logit 模型的理論架構

在心理學方面，有一種理性的選擇行為 (Rational Choice Behavior) 理論，認為一個決策者，對於一組「互斥」替選方案 (Alternatives) 的選擇，可按照其個人的偏好 (Preference) 排列出優先順序，而選取一個最能滿足其偏好的最適方案。滿足偏好的程度可以稱為效用水準，以土地使用類型選擇為例，決策者在各替選方案中將選擇最大效用的方案。以數學式表示，如果決策者選擇土地使用替選方案 j，若且唯若，第 j 個方案對他的效用將是所有方案中之最大者。亦即：

$$U_j \geq U_k, \forall j \neq k;\ j,k \in C_i \quad \cdots\cdots\cdots\

以得到不同的選擇模型。

由式 (1)，決策者 (i) 選擇方案 (j) 的機率 (P_j^i) 決定於該方案帶給決策者的效用大小 (U^i_j)，亦即當該方案的效用愈大時，該方案被決策者選擇之機率就愈大。因此，配合式 (2) 選擇該方案之機率形式可表示為：

$$P_j^i = Prob(U_j^i \geqq U_k^i)$$
$$= Prob(V_j^i + \varepsilon_j^i \geqq V_k^i + \varepsilon_k^i)$$
$$= Prob(\varepsilon_k^i - \varepsilon_j^i \leqq V_j^i - V_k^i) \quad \text{……...…….....……(3)}$$

若假設式 (3) 中之隨機誤差項 e^i_j、e^i_k 呈相同且一致之第一型極端值分配 (iid, type Ⅰ extreme value distribution)，即 Gumbel 分配，則可推導出多項 Logit 模型 (multinominal logit model, MNL) (McFadden, 1981; Ben-Akiva and Lerman, 1985)，其數學式經推導如公式 (4)，其中 V_j^i，V_k^i 為各方案之間接效用函數，而 μ 為 Gumbel 分配之離散參數 (dispersion parameter)。

$$P_j^i = \frac{e^{\mu V_j^i}}{\sum_{k=1}^{n} e^{\mu V_k^i}} \quad \text{……..……..……...…(4)}$$

在效用函數的指定部份，本研究將函數型態指定為線性，並採取 McFadden (1981) 所推估之 Conditional Logit Model 的參數指定方式，對於 n 個替選方案只有一組相同的係數值，參數校估方式是以最大概似法進行，此法之基本觀念為「找出能使觀測之數值有最大發生機率之參數組合」。數學式如式 (5) 所示：XV

$$\mu V_j^i = \alpha_1 X_{1j}^i + \alpha_2 X_{2j}^i + ... + \alpha_k X_{kj}^i \quad , \quad j = 1, 2, ..., n \text{……(5)}$$

其中，i：選擇者；

n：替選方案個數；

X：效用函數之解釋變數；

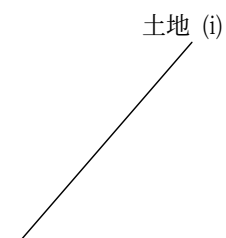
k：效用函數共 k 個解釋變數；

α ：表(k╳1)係數向量。

個別土地 (i) 之土地使用型態 (j) 變遷之選擇可以圖 1 顯示及選擇結構。

(二) 空間變動擴張模型

除利用 Logit 模式為基礎外，本研究並將進一步的了解土地使用變遷在空間中的變動情況與社會經濟屬性以及空間區位間的關係，因此本研究透過過去研究中 (Jones and Casetti, 1992; Fotheringham *et al.*, 1998) 所使用的擴張方法 (expansion method) 技術來衡量期望效用指標的空間變動。在這種架構下可藉由具地理空間屬性的函數來建構一個模式，如此便可量測所校估的參數在空間中所具有的趨勢。其方法在於將各樣本之地理座標引入，以描述係數受空間位置之影響情形，如式 (6) 所示：



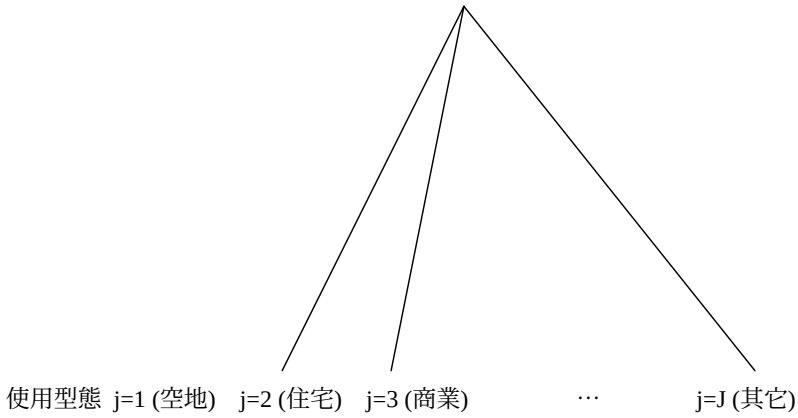


圖 1　土地使用型態變遷選擇結構

$$\alpha_{1i} = \alpha_{10} + \alpha_{11}u_i + \alpha_{12}v_i \quad \text{……(6)}$$
$$\alpha_{2i} = \alpha_{20} + \alpha_{21}u_i + \alpha_{22}v_i$$
$$\vdots$$
$$\alpha_{ki} = \alpha_{k0} + \alpha_{k1}u_i + \alpha_{k2}v_i$$

其中， α 為待校估之解釋變數係數，u_i, v_i 分別代表樣本點 i 之 X、Y 座標。

將上述校估係數資料之函數模式代入式 (5) 中，形成本研究所設定之空間擴張模型。如下式：

$$\mu V_j^i = \sum_i(\alpha_{10} + \alpha_{11}u_i + \alpha_{12}u_i)X_{1j}^i + \sum_i(\alpha_{20} + \alpha_{21}u_i + \alpha_{22}u_i)X_{2j}^i + \cdots +$$
$$\sum_i(\alpha_{k0} + \alpha_{k1}u_i + \alpha_{k2}u_i)X_{kj}^i \quad \text{……(7)}$$

(三) 模型替選方案設定

有鑑於土地使用變遷之種類相當多，而土地使用之變遷類型相當複雜，以初始階段的由空地變成都市的土地使用而言，即為一複雜的過程 (Molyneaux, 1979)。因此本研究首先探討未開發土地轉化成建築用地使用的現象。在模式方容方面，替選方案集合共有 5 種土地使用型式的變化被考量，如表 1 所示。土地使用之分類則依國土利用調查之第二級分類，未開發之土地係指空置地，其他使用則是指住宅、商業、工業以外之已開發土地。

而在各土地單元之方案選擇的設定上，則是分別考量兩個年度的土地使用型態，以第一期之土地使用型態為基礎，視第二期之土地使用型態種類來決定其方案選擇。舉例來說，第一期之土地使用為未開發，第二期土地使用為住宅，即為第 1 類之方案選擇。

(四) 變數選擇及資料處理

促成土地使用變遷之因素甚多，配合前節文獻回顧之內容，在考量代表意義及資料來源後，本研究共選取五大類共 22 項變數，以下就各類變數進行說明：

表 1　土地使用型式變化種類

方案選擇種類	原土地使用	新土地使用
1	未開發	住宅
2	未開發	商業
3	未開發	工業
4	未開發	未開發
5	未開發	其他使用

1. 土地使用方案特定常數

土地使用方案特定常數可反映各種土地使用的特性，並吸收無法或未納入考慮的方案屬性；基本上各方案均可設定一個特定常數，但在避免造成共線的情況下，對本研究的 5 個土地使用方案，共設定 4 個替選方案特定常數，未設定特定常數的替選方案為其它使用。當替選方案與特定常數項相同時設定為 1，否則為 0。

2. 社經環境變數

此類變數在於反應都市發展過程中，人口規模與產業結構變化對於各類土地使用的需求。所引入的解釋變數包括人口數、人口成長率、二級產業員工數、三級產業員工數。

3. 立地環境變數

土地本身的各項屬性條件直接影響其發展可能性與潛力，包括地價與交通條件等。所考量之變數包括公告現值、鄰道路寬度、至主要幹道可及性、至交流道可及性：各分區至仁德交流道、臺南交流道距離之倒數取其近者、至主要商業中心、至工業區的可及性。

4. 土地使用互動變數

考量個別土地易受其鄰接土地之土地使用型態影響，而轉變成性質相似之土地使用型態，故引入土地使用互動變數來衡量其鄰接土地使用型態之影響程度，其操作界定為各研究分區其鄰接之 8 個分區中，各類土地使用所佔之比例；土地種類包括：住宅、商業及工業。

5. 計畫環境變數

土地使用計畫對都市土地使用發展有明顯的引導與限制作用，是決定土地使用類型的重要因子。所引入之變數包括土地使用分區及計畫容積率。

各變數之定義暨變數指定型式詳如表 2。

為了有效獲取環境變項的資料，在考量問題性質後，本研究係利用地理資訊系統技術來進行資料擷取，以下分別說明資料來源與地理資訊技術的相關應用程序進行說明。

1. 資料來源

本研究將以 1984、1994 兩個年度之資料來進行，土地使用資料來源包括 1984 年之「臺南市綜合運輸規劃研究專案」及 1994 年之「內政部國土利用調查」，其中前者作為第一期之土地使用的狀態，後者為第二期資料，配合前節模式建構中方案選擇之說明來設定方案選擇之結果，期藉由兩個時期土地使用項目之變遷，來分析影響土地使用變遷之因素與機制。其它變數資料來源則包括臺南市統計要覽、臺閩地區工商及服務業普查報告。

表 2　研究變數一覽表

	變數	代號	定義	變數指定型式
土地使用方案特定常數	住宅使用之方案特定常數	C1	以所佔面積比例最大者視為該研究分區之土地使用類型。當該類型與特定常數項相同時設定為 1，否則為 0。	方案特定變數
	商業使用之方案特定常數	C2	同上	方案特定變數
	工業使用之方案特定常數	C3	同上	方案特定變數
	其他使用之方案特定常數	C4	同上	方案特定變數
社經環境變數	人口數	TP	各分區內總人口數 (單位：人)	共生變數
	人口成長率	PG	各分區之人口變化率 (單位：%)	共生變數
	二級產業員工數	SE	各分區內二級產業員工數 (單位：人)	共生變數
	三級產業員工數	TE	各分區內三級產業員工數 (單位：人)	共生變數
立地環境變數	公告現值	Value	各分區內之平均公告現值 (單位：千元)	共生變數
	鄰道路寬度	RW	各分區內道度之平均寬度 (單位：公尺)	共生變數
	至主要幹道之可及性	AR	各分區至臺一省道距離之倒數 (單位：1/公尺)	共生變數
	至交流道之可及性	AM	各分區至仁德交流道、臺南交流道距離之倒數取其近者 (單位：1/公尺)	共生變數
	至主要商業中心之可及性	AC	各分區至火車站距離之倒數 (單位：1/公尺)	共生變數
	至主要工業區之可及性	AI	各分區至安平工業區距離之倒數 (單位：1/公尺)	共生變數
土地使用互動變數	相鄰分區之住宅使用比例	RR	各研究分區其鄰接之 8 個分區中，各類土地使用所佔之比例	共生變數
	相鄰分區之商業使用比例	RC	各研究分區其鄰接之 8 個分區中，各類土地使用所佔之比例	共生變數
	相鄰分區之工業使用比例	RI	各研究分區其鄰接之 8 個分區中，各類土地使用所佔之比例	共生變數
計畫環境變數	住宅土地使用分區	Z1	以所佔面積比例最大者視為該研究分區之編訂分區。當分區與特定常數項相同時設定為 1，否則為 0。	方案特定變數
	商業土地使用分區	Z2	同上	方案特定變數
	工業土地使用分區	Z3	同上	方案特定變數
	其他土地使用分區	Z4	同上	方案特定變數
	計畫容積率	PC	各分區之平均容積率 (單位：%)	共生變數

2. 資料處理

地理資訊系統之資料結構分為網格式與向量式二類，比較此二結構之優缺點後，可知網格資料模型之資料結構較適合進一步統計分析，故本研究即以網格資料模型為基準，並整合相關向量資料來進行資料之擷取。在決定資料模式後，下一個重要工作乃是由地理資訊系統中取得空間網格單元之屬性

資料，其應用步驟如下：

首先利用 mapobject 配合 VB6 產生涵蓋臺南市全區之 200m × 200m (四公頃) 之網格，全區共分為 4,867 個分區單元。再運用 Arcview3.2 進行疊圖分析工作 (union)，配合資料庫軟體計算，以獲取每個分區單元之各項土地使用屬性值。

各項解釋變數之資料運算方式如下：臨道路寬度係指各分區內之道路面積除以道路長度得到平均道路寬度；至於可及性的計算則是計算每一分區之中心點距離主要道路、交流道、商業中心、工業區等場所之最短距離的倒數，作為其可及性之代表指標；而在地區人口數與二、三級產業員工數方面，則是以里為單位，配合各分區內之住宅、工業、商業等面積比例，進行分派，以獲得各分區之人口數與就業員工數。

在土地使用狀態之決定上，第一期屬於未開發狀態之認定，係以該分區內未開發土地佔 20% 以上者即視為未開發，為本研究之樣本。第二期開發狀態之認定，則視所佔面積比例最高者為當期之土地使用狀態。實証上即以前述原則來進行方案選擇。

實證研究

(一) 研究地區

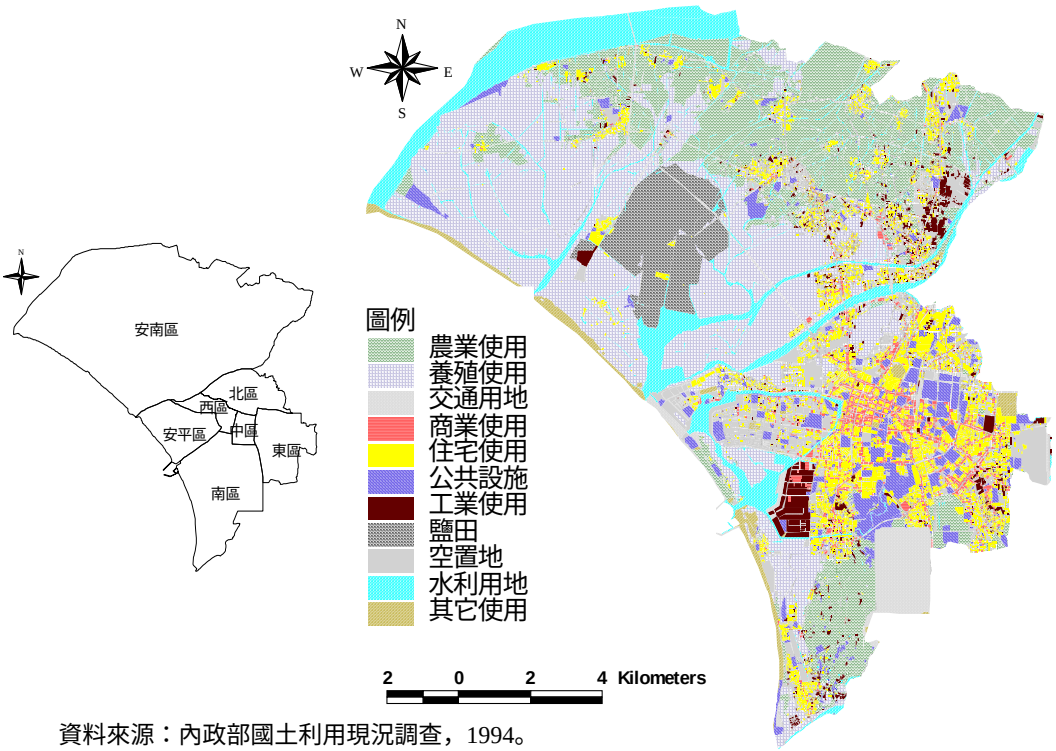
為驗證模式效能，本研究擇定臺南市作為實證地區。臺南市位處臺灣西南部，全市皆已發佈都市計畫，是為都市土地；又全市地形平緩，地形變化極小，故都市發展受自然環境之影響較小。因此，本次研究並不考量自然環境因子之影響，主要以社經環境為主要考量因子。臺南市之土地使用分佈狀況參見圖 2。

臺南市全市面積約 17,565 公頃，其中已發展用地佔 20.2%，未發展用地佔 76.7%，不可發展用地佔 3.2%。而已發展地區主要以舊市區為中心，大部分集中於中華路外環道所圍繞之範圍內，其餘則沿省縣道等重要道路向外輻射發展，與鄰近之永康市、仁德鄉等地區之發展連成一片。此外，在土地使用強度方面，以中區最高，東區次之，而安南區最低，但相對的，安南區亦因未發展土地面積遼闊，而使其未來極具發展潛力。

就臺南市而言，其本身屬於一綜合型都會區，具有自給自足的能力，因此其都市機能即包括住宅、工業、商業、公共設施服務、休閒遊憩等。臺南市發展區主要集中在以中區 (舊市區) 中心 3 公里半徑範圍內的土地上，其餘分佈在外圍以南區喜樹、灣裡一帶，安平區舊安平港一帶，安南區鄭子寮、本淵寮、安順、和順一帶。

在土地使用現況模式方面，以舊市區商業區及縱貫鐵路間的地區為發展核心，住宅使用分佈其四周與其他外圍地區，面積多呈塊狀集結發展而形成社區住宅群，主要沿市中心商業區外圍及舊有部落分佈，且住商混合及住工混合之情形相當普遍；商業使用則因住商混合情形相當嚴重，故除沿街面作商業使用外，街廓內側多作住宅使用。至於發展型態則以舊市區中心商業區為核心，配合主要道路如中山路、中正路及中華路等向外輻射形成帶狀商業區，同時與高密度住宅區內之小型鄰里商業相結合；工業使用主要集中於都市計畫劃設之安平工業區、南紡工業區及和順工業區內，其中部分地區有住工

混合使用現象，至於安南區之科技工業區尚在開闢中。



資料來源：內政部國土利用現況調查，1994。

圖 2 臺南市土地使用分佈圖

(二) 實證結果分析

就整體模式而言，概似比指標 ρ -squire 值為 0.1573，各變數之校估結果如表 3 所示，以下分別就各參數結果進行分析。(為便於說明，下文中各變數於 X 軸之擴張變數 (即變數X X 座標) 以「變數 X」表示，於 Y 軸之擴張變數 (即變數X Y 座標) 以「變數 Y」表示。)

1. 社經環境變數

由表 3 顯示，在社經環境的 4 個變數中，具有顯著水準之變數包括人口數、人口成長率、三級產業員工數，變數之符號皆為正值，顯示這些變數對於土地的開發皆有正面的影響。

而在空間變異部份，則包括人口數 Y、二級產業員工數 X、三級產業員工數 X，達到統計顯著水準，顯示就臺南市而言，愈往北邊，人口數愈大對土地開發的影響就愈大；二級產業員工數之係數值為負，代表愈往西其影響力愈高，三級產業員工數則剛好相反，在東方影響力較高，此亦反映出臺南市的產業結構空間分佈。

2. 立地環境變數

具有顯著水準之變數僅包括公告現值及至主要商業中心之可及性 2 個變數，變數之符號皆為正值，符合先驗的預期，顯示這些變數對於方案選擇具有正面的影響。

表 3 參數校估表

變數	代號	參數值	t 值	變數	代號	參數值	t 值
住宅使用之方案特定常數	C1	1.275	2.07*	至交流道之可及性	AM	-0.003	-0.55
商業使用之方案特定常數	C2	0.623	1.26	至交流道之可及性 ×X 座標	AM_u	-6.23×10^{-5}	-0.43
工業使用之方案特定常數	C3	-0.521	-0.61	至交流道之可及性 ×Y 座標	AM_v	3.19×10^{-7}	0.78
其他使用之方案特定常數	C4	-1.765	-3.68*	至主要商業中心之可及性	AC	2.031	2.60*
人口數	TP	0.103	2.15*	至主要商業中心之可及性 ×X 座標	AC_u	4.32×10^{-5}	4.56*
人口數 ×X 座標	TP_u	1×10^{-7}	0.75	至主要商業中心之可及性 ×Y 座標	AC_v	-3.18×10^{-8}	2.33*
人口數 ×Y 座標	TP_v	0.38×10^{-6}	2.55*	至主要工業區之可及性	AI_v	0.052	0.93
人口成長率	PG	0.010	1.97*	至主要工業區之可及性 ×X 座標	AI_u	-3.25×10^{-5}	3.05*
人口成長率 ×X 座標	PG_u	1.1×10^{-7}	1.05	至主要工業區之可及性 ×Y 座標	AI_v	-6.77×10^{-7}	0.55
人口成長率 ×Y 座標	PG_v	8.32×10^{-9}	0.78	相鄰分區之住宅使用比例	RR	1.758	3.71*
二級產業員工數	SE	-0.052	-0.83	相鄰分區之住宅使用比例 ×X 座標	RR_u	-7.81×10^{-5}	4.25*
二級產業員工數 ×X 座標	SE_u	-0.11×10^{-6}	-2.05*	相鄰分區之住宅使用比例 ×Y 座標	RR_v	2.77×10^{-7}	2.19*
二級產業員工數 ×Y 座標	SE_v	$0.03\text{-}10^{-7}$	1.05	相鄰分區之商業使用比例	RC	1.421	2.05*
三級產業員工數	TE	0.101	2.01*	相鄰分區之商業使用比例 ×X 座標	RC_u	6.22×10^{-5}	3.33*
三級產業員工數 ×X 座標	TE_u	0.24×10^{-6}	3.32*	相鄰分區之商業使用比例 ×Y 座標	RC_v	-1×10^{-8}	1.43
三級產業員工數 ×Y 座標	TE_v	-0.38×10^{-8}	1.65	相鄰分區之工業使用比例	RI	0.53	0.91
公告現值	Value	2.513	3.09*	相鄰分區之工業使用比例 ×X 座標	RI_u	-1.05×10^{-5}	2.05*
公告現值 ×X 座標	$Value_u$	2.38×10^{-5}	0.62	相鄰分區之工業使用比例 ×Y 座標	RI_v	7.2×10^{-9}	0.5
公告現值 ×Y 座標	$Value_v$	-6.09×10^{-6}	2.57*	住宅土地使用分區	Z1	1.652	2.96*
鄰道路寬度	RW	-0.713	0.95	商業土地使用分區	Z2	0.976	4.33*
鄰道路寬度 ×X 座標	RW_u	-1.53×10^{-5}	1.11	工業土地使用分區	Z3	1.357	3.02*
鄰道路寬度 ×Y 座標	RW_v	-3.1×10^{-6}	1.53	其他土地使用分區	Z4	1.088	1.99*
至主要幹道之可及性	AR	0.551	0.76	計畫容積率	PC	0.953	2.33*
至主要幹道之可及性 ×X 座標	AR_u	1.38×10^{-4}	2.45*	計畫容積率 ×X 座標	PC_u	3.15×10^{-5}	4.53*
至主要幹道之可及性 ×Y 座標	AR_v	0.92×10^{-6}	0.95	計畫容積率 ×Y 座標	PC_v	5.18×10^{-8}	0.95
		樣本數	1352				
		ll(0)	-3785.98				
		ll(×)	-3190.63				
		ρ -squire	0.1573				

資料來源：本研究整理

註：1. ll (0)：等估有率 (Equal Share) 模式，即所有參數皆為零時之對數概似函數值。

2. ll (*) =ll ($\hat{\alpha}$)：參數估計值為 $\hat{\alpha}$ 時之對數概似函數值。

3. *表示在該係數在 5% 的顯著水準下顯著。

在擴張變數方面，則有公告現值 Y、至主要幹道可及性 X、至主要商業中心之可及性 X、至主要商業中心之可及性 Y、至主要工業區可及性 X 共 5 個變數達到顯著水準。其中至至主要幹道可及性與至主要商業中心之可及性愈往東其影響力較高，至主要工業區則相反；而公告現值與至主要商業中心

之可及性則具有相同的方向性，愈往北其影響力愈低。

由顯著變數數目上的差異顯示出，透過空間擴張的設定可以讓重要變數獲得更佳的解釋力。

3. 土地使用互動變數

由表 3 顯示，具有顯著水準之變數包括相鄰分區之住宅使用比例、相鄰分區之商業使用比例，係數之符號皆為正值，符合先驗的預期，顯示這些變數對於該方案的選擇具有正面的影響。

而在空間擴張變數部份，包括相鄰分區之住宅使用比例 X、相鄰分區之住宅使用比例 Y、相鄰分區之商業使用比例 X、相鄰分區之商業使用比例 X 等 4 個變數皆達統計顯著水準。由係數符號顯示，在土地使用互動關係上，住宅使用之影響力朝西北方提高、商業使用則朝東方提高、工業使用則是朝西方增加其影響力。

4. 計畫環境變數

在計畫環境方面，4 個土地使用分區變數皆為顯著，顯示土地使用分區是造成土地使用變遷的重要變數，其皆具備正面的影響能力。計畫容積率同樣為顯著之變數，且明顯愈往東方，其影響力愈高。

整體而言，臺南市之都市發展主要係受人口規模之影響為主，而其產業仍不脫傳統都市之發展，以鄰近商業中心及沿街發展為主，並且產生聚集規模效應，逐漸往東側發展。而實証研究亦呈現類似之結果，代表本模型之解釋能力良好，顯示利用不連續選擇理論配合空間統計分析方法確能對土地使用變遷提供更佳的解釋與分析能力。

結論與建議

本研究嘗試利用不連續選擇理論中之 Logit 模型，並輔以擴張方法 (expansion method) 技術來建立解釋土地使用變遷之空間動態模型。茲將結論與建議說明如后：

1. 配合 Logit 模型之應用，本研究將土地使用變遷設定成一包含 5 個替選方案之集合，包含住宅、商業、工業、其他使用及未開發，以分析不同基地屬性對於土地使用型態變遷之影響。實證結果顯示，計有人口數、人口成長率…等 11 個變數，對於土地的開發具有顯著的影響，且其影響方向皆符合先驗的預期。

   而透過對變數進行空間擴張的設定，亦發現計有其中人口數 Y、二級產業員工數 X...等 13 個變數顯著，且由其係數值之符號明確的顯示出其空間變化的方向，代表空間異質性對土地使用變遷之影響程度與方向。而與臺南市實際發展狀態比較，實証研究之結果亦能有效地解釋其發展現象，代表本模型之解釋能力良好。
2. 模式結果除了協助瞭解各類因子對土地發展之影響外，同時也提供了一個較為具體的數據，可協助規劃者瞭解到這些因子其對土地發展的影響程度，並可與其它方法相輔相成；結果並可進一步將各個變數之影響程度整合成一機率值，將可更有效的模擬出未來整個地區的一個發展的可能狀態及趨勢。
3. 在空間資料的處理上，本研究乃利用地理資訊系統之技術來有效的協助資料取得，並利用其網格式 (raster) 的空間資料結構來進行研究單元分區，透過此一方法，本研究得以將研究區進行研究單元分區，並能有效且精確的擷取各項變數之研究資料，對於進行個別土地利用之研究極為便利，顯示

地理資訊科學的有效應用，能大幅提昇空間研究的信度與效度。

4. 本研究從整體的觀點，同時考量多個土地使用類型的變化，同時配合空間動態分析的理念，建構出都市土地使用變遷空間動態模型，研究結果顯示利用不連續選擇理論配合空間統計分析方法確能對土地使用變遷提供更佳的解釋與分析能力，已較傳統土地使用變遷研究有進一步的突破，後續可再針對空間變異的模型設定上作更進一步的思考。
5. 本研究已選取多個重要的社經變數，基本上，這些因子雖已可代表土地在進行開發時所需考量之屬性，唯在後續研究上仍可更進一步擴充，以求能更充分的模擬真實狀況，特別是再加入決策者的觀點，亦即考量決策者的屬性，以更充分瞭解土地使用變遷之機制。另外，由於受到歷史空間資料取得及資料調查的研究限制，並無法獲得在時間序列上更多年期的資料，所以無法掌握變數在時間序列上的變化過程，也相對的影響到模式的解釋力，因此建議後續在土地使用變遷研究的議題上，不論是在公部門的資料建置或相關研究計畫的資料調查，均可以朝這個方向來進行。

謝　辭

本研究受行政院國家科學委員會經費補助，計畫編號 NSC 91-2415-H-006- 003，特此致謝。

引用文獻

丁志堅 (2002) **屏東平原土地利用變遷分析與模式建立**，國立臺灣大學地理環境資源研究所博士論文。

李建堂 (1988) **山地保留地土地利用變遷之研究－屏東縣霧臺鄉個案分析**，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。

莊翰華 (2001) 土地使用變遷中的永續經營課題－員林鎮之實證，**臺灣土地金融季刊**，38(1): 111-131。

楊雲龍 (1995) **蘭陽平原環境災害識覺之研究**，國立臺灣大學地理學研究所博士論文。

鄒克萬、張秀玲、張曜麟 (2002) 整合空間統計技術之土地大量估價方法之研究，**都市與計劃**，29(3): 355-380。

鄒克萬、張曜麟 (2000) 一個機率性土地發展分析模式，**臺灣土地科學學報**，1: 51-66。

蔡博文、張長義、丁志堅 (1997) 地理資訊系統與空間分析功能－雲林沿海地區土地利用變遷，**國立臺灣大學地理學系地理學報**，23: 1-12。

蔡博文、張康聰、張長義、朱健銘 (2001) 運用空間自相關研究於養殖土地利用變遷研究，**地理學報**，29: 121-129。

蔡靜如 (1998) **臺北盆地土地利用變遷趨勢之研究**，國立中興大學都市計劃研究所碩士論文。

Alonso, W. (1964) *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Anderson, S. P., Palma, A. and Thisse, J. F. (1992) *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Anselin, L. (1995) Local indicators of spatial association - LISA, *Geographical Analysis*, 27: 93-115.

Aaviksoo, K. (1993) Simulating vegetation dynamics and land use in a mire landscape using a Markov model, *Landscape and Urban Planning*, 31 (1-3) : 129-142.

Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel*

Demand, Cambridge Massachusetts: The MIT Press.

Boerner, R. E. J. (1996) Markov models of inertia and dynamism on two contiguous Ohio landscapes, *Geographical Analysis*, 28 (1) : 56-66.

Briassoulis, H. (2001) Policy-oriented integrated analysis of land use change: an analysis of data needs, *Environmental Management*, 27 (1) : 1-11.

Brunsdon, C., Fotheringham, A. S. and Charlton, M. E. (1996) Geographical weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity, *Geographical Analysis*, 28 (4) : 281-298.

Casetti, E. (1972) Generating models by the expansion methods: applications to geographic research, *Geographical Analysis*, 4: 81-91.

Cliff, A. and Ord, J. K. (1972) Testing for spatial autocorrelation among residuals, *Geographical Analysis*, 3: 267-284.

Eldridge J. D. and Jones Ⅲ, J. P. (1991) Warped space: a geography of distance decay, *Professional Geographer*, 43: 500-511.

Farrow, A. and Winograd, M. (2001) Land-use modeling at the regional scale: an input to rural sustainability indicators for central America, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 85: 249-268.

Forman, R. T. T. (1995) *Land Mosaics – The Ecology of Landscapes and Regions*, New York: Cambrige University Press.

Fotheringham, A. S. and Brunsdon, C. (1999) Local forms of spatial analysis, *Geographical Analysis*, 31 (4) : 341-358.

Fotheringham, A. S., Charlton, M. E. and Brunsdon, C. (1998) Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis, *Environment and Planning A*, 30: 1905-1927.

Fotheringham, A. S. and Pitts, T. C. (1995) Directional variation in distance decay, *Environment and Planning A*, l27: 715-729.

Getis, A. and Ord, J. K. (1992) The analysis of spatial association by use of distance statistics, *Geographical Analysis*, 24: 189-206.

Hudson, G. and Birnie, R. V. (2000) A method of land evaluation including year to year weather variability, *Agricultural and Forest Meteorology*, 101 (2-3) : 203-216.

Hulshoff, R. F. (1995) Landscape indices describing a Dutch landscape, *Landscape Ecology*, 10 (2): 101-111.

Iverson, L. R. (1988) Land-use change in Illinois, USA: The influence of landscape attributes on current and historic land use, *Landscape Ecology*, 2: 45-61.

Jones, J. P. and Casetti, E. (1992) *Applications of the Expansion Method*, London: Routledge.

Kienast, F. (1993) Analysis of historic landscape patterns with a geographical information system - a methodological outline, *Landscape Ecology*, 8 (2): 103-118.

Lambin, E. F., Baulies, X., Bockstael, N., Fischer, G., Krug, T., Leemans, R., Moran, E. F., Rindfuss, R. R., Sato, Y., Skole, D., Turner II, B. L., and Vogel, C. (1999) *Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy*, IGBP Report No.48 and IHDP Report No. 10.

Landis, J. and Zhang, M. (1998) The second generation of the California urban futures model. Part II: Specification and calibration results of the land-use change submodel, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25 (6): 795-824.

Li, H. and Reynolds, J. F. (1993) A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes, *Landscape Ecology*, 8 (3): 155-162.

Majure, J. and Cressie, N. (1997) Dynamic graphics for exploring spatial dependence in multivariate spatial sata, *Geographical Systems*, 4: 131-158.

McFadden, D. (1981) Econometric models of probability choice. In: Manski, C. F. and McFadden, D. (eds.) *Structure Analysis of Discrete Data: with Economic Application*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Medley, K. E., Okey, B. W., Barrett, G. W., Lucas, M. F. and Renwick, W. H. (1995) Landscape change with agricultural intensification in a rural watershed, southwestern Ohio, U.S.A., *Landscape Ecology*, 10 (3): 161-176.

Molyneaux, G. O. A. (1979) *Planned Land Use Change in an Urban Setting : the J. C. Nichols Company and the Country Club District of Kansas City*, Thesis (Ph. D.) of University of Illinois at Urbana-Champaign.

Moran, E., Ostrom, E. and Randolph, J. C. (1998) *A Multilevel Approach to Studying Global Environmental Change in Forest, Ecosystems: Bloomington, Indiana*, Indiana University, CIPEC Working Paper.

Muller, M. R., and Middleton, J. (1994) A Markov model of land-use change dymanics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9: 151-157.

Ned, L. (1996) Spatial statistics and GIS, *Journal of the American Planning Association*, 62: 381-392.

O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T. Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H. and Graham, R. L. (1988) Indices of landscape pattern, *Landscape Ecology*, 1: 153-162.

Ord, J. K. and Getis, A. (1995) Local spatial autocorrelation statistics: distribution al issues and an application, *Geographical Analysis*, 27: 286-306.

Pace, L. K., Barry, R. and Sirmans, C. F. (1998) Spatial statistics and real estate, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17: 5-13.

Paquette, S. and Domon, G. (1997) The transformation of the agroforestry landscape in the nineteenth century: a case study in southern Quebec (Canada), *Landscape and Urban Planning*, 37: 197-209.

Serneels, S. and Lambin, E. F. (2001) Proximate causes of land-use change in Narok District, Kenya: a spatial statistical model, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 85: 65-81.

Singh, R. B. (1993) Land use development and environmental criticality in marginal regions: a case study of Himachel Pradesh, Marginality and Development Issues in Marginal Regions, *International Geographical Union*, 19-40.

Skinner, C. N. (1995) Change in spatial characteristics of forest openings in the Klamath Mountains of northwestern California USA, *Landscape Ecology*, 10 (4): 219-228.

Verburg, P. H., de Koning, G. H. J., Kok, K., Veldkamp, A. and Bouma, J. (1999) A spatial explicit allocation procedure for modeling the pattern of land use change based upon actual land use, *Ecological Modelling*, 116: 45-61.

Vesterby, M. and Heimlich, R. E. (1991) Land use and demographic change: result form fast-growth counties, *Land Economics*, 67 (3): 273-291.

Wu, F. (1998) An Empirical model of intrametropolitan land-use changes in a Chinese city, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25 (2): 245-263.

91 年 11 月 4 日　收稿
92 年 6 月 18 日　修正

92 年 11 月 14 日　接受