

## 都市地區土地利用變遷量化分析之研究

周天穎\* 簡甫任\*\* 雷祖強\*\*\*

論文收件日期：九十一年七月十六日

論文接受日期：九十二年二月十一日

### 摘 要

土地利用可視為滿足人類需要的社會過程，其發展深受環境及社會經濟因素所影響，因此瞭解並有效掌握土地利用變遷的過程，乃是兼顧環境保育及自然資源開發，以確保都市永續發展的首要課題。本研究即利用不同時期之土地利用資料，以統計分析探討都市地區土地利用變遷情形，並充分描述並監測各個時期之土地利用發展情形，研究中首先運用轉移機率矩陣瞭解各年度間土地利用類別之變化情形，再應用多變量集群分析各行政區間的相互關係與內部的變遷情形，同時劃設各行政區之土地利用類型同質區與土地利用變遷同質區，以利觀察各行政區之發展特性與趨勢，於總量管制之觀念下，作為土地管理與資源規劃之參考依據，以達到都市成長管理之目標。研究成果顯示此地區都市發展集中於地勢較低之西南半部，發展趨勢則逐漸偏向東部與北部進行，惟此地區之土地利用發展情形尚未充分開發。

關鍵字：土地利用變遷分析、轉移機率矩陣、集群分析。

---

\* 逢甲大學土地管理學系副教授暨地理資訊系統研究中心主任 jimmy@gis.fcu.edu.tw

\*\* 逢甲大學土地管理學系碩士研究助理 jeffrey@ms18.url.com.tw

\*\*\* 逢甲大學地理資訊系統研究中心研究助理教授 eric@gis.fcu.edu.tw

# **Quantitative Analysis Study for Land Use Changes Detection of Urban Area**

**Tien-Yin Chou, Fu-Jen Chien and Tsu-Chiang Lei**

## **ABSTRACT**

Land use can be seen as a procedure of society to fulfill the desire of human being, the development have profoundly been influenced by the environment and society economics. Furthermore to recognize and to effectively possess the land removal process is the environment precautions and natural resources development responsibility to ensure the urban development maintain as a foremost syllabus. This research employ various land use records and bring into play statistic analysis and discuss urban district land removal state, it also describe and assess the various land use development state. The research centre foremost employ transition probability matrixes to comprehend various land use and the transform condition on yearly basis. Moreover, applying multivariable cluster analysis and diverse department interactive relation and the internal alteration state at the same time design diverse department's land use homogeneity region in order to monitor all departments development characteristic and movement. Furthermore the overall management vision as a basis of land management and resources proposal it is to be use as a guideline to attain the urban growth and to achieve the objective of such management. The research result have shown such region in the urban development have concentrated in the inferior terrain in the south-east district likewise such development have commence away towards west and north neighborhood, in these district the land usage and development state have yet to be develop entirely.

**Keywords:** Land use Change Analysis, Transition Probability Matrix, Cluster Analysis

## 一、前言

人類在不同的自然環境條件、社會經濟背景與政治文化發展的情況下，將會產生各種不同的土地使用型態，其中又以都市地區的土地最易隨著社會經濟的發展而快速變遷。都市規劃者在規劃都市空間是以大都市社會經濟影響所及的範圍，並因應人口成長與分布、產業活動區位、交通運輸系統以及公共設施等，擬定計畫。隨著全球氣候環境的變遷與開發對環境資源的破壞，進而影響人類的生存環境與生活品質，近年來，都市規劃引入永續發展的環境規劃策略，開始重視一種社經利益與環境及能源利害關係之相調和，以確保連續變化的都市。其倡導之概念為規劃都市土地利用必須是一個以因應社會發展趨勢並兼顧對環境與生態衝擊的土地利用計畫。然而在規劃制訂土地利用計畫之前，應針對都市土地利用的配置、空間特性及其時間上的變化有充分的瞭解，才能規劃未來土地利用是否能因應交通、產業、人口的需求與維持自然資源與開發間的平衡。Forman(1995)就認為若無法充分瞭解土地利用變遷情形，就無法制訂良好的土地利用計畫來規劃管理都市的發展與環境的保育，可見偵測土地利用變遷對於都市土地規劃是具有相當影響力的。

然而土地利用變遷大致可分三種面向予以探討，可充分呈現其土地利用變遷之情形，說明如下：

1. 描述並解釋土地利用變遷之情形：此項包含描述土地利用類別之面積及其變遷情形、程度與各行政區間與區內之變遷程度與轉變情形等等，藉以瞭解過去發展情形，預判未來土地利用需求量與此地區開發負載量之重要資訊。
2. 影響變遷情形之因素探討：此為深入瞭解有哪些影響變遷情形之主要因素，其影響程度佔變遷之比重為何？進而可探究其形成原因，以方便都市規劃者對於未來都市規劃時，能充分瞭解與重視所面臨之問題，進而有效改善並解決其問題。
3. 預測未來之土地利用趨勢與範圍：此為未來在都市總量管制下，能提供滿足社會需求與有效管理都市成長，同時也可判斷是否擴大都市計畫範圍之重要參考依據。

就上述而言，本研究之量化分析則著重於描述並解釋土地利用變遷之情形，以做為未來探討變遷因素與預測土地變遷情形之基礎研究。

## 二、研究方法

### (一) 轉移機率矩陣度量方法

在描述土地利用變遷時，馬可夫鏈度量方法為最常引用的計量方法，其可以表現各種類別的土地利用比例於時間序列上的增減情形，同時可顯現原先土地利用類別變遷的轉換過程(蔡靜如，1998)。

馬可夫鏈(Markov Chain)模式之過程是一種特殊的隨機運動過程，其運動系統在  $n + 1$  的狀態和  $n$  時刻的狀態有關，而與以前之狀態無關(徐嵐、趙羿，1999)，也就是說若是考慮一土地利用變化在時間上之機率過程為  $\{X(n), n = 0, 1, 2, \dots\}$ 。即對所有的  $i_0, i_1, i_{n-1}, \dots, i, j$  及時刻  $n$  來說，此機率過程若成為馬可夫鏈模式時，其機率變化將僅與  $n + 1$  的狀態和  $n$  時刻的狀態有關，此時  $P_{ij}$  稱為轉移機率 (Transition Probability)(尾崎俊治，2001；Zimmerman, 1999)：

$$\begin{aligned}
 &P\{X(n+1) = j | X(0) = i_0, X(1) = i_1, \dots, X(n-1) = i_{n-1}, X(n) = i\} \\
 &= P\{X(n+1) = j | X(n) = i\} \\
 &= P_{ij} \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

上述之條件機率是表示將來的轉移機率只依賴現在的狀態，與過去的歷程無關，此性質稱為馬可夫特性(Markov Property)。此性質可應用於土地利用變遷偵測問題上，例如有兩個不同年度之土地利用圖，其中在較早年份之旱田，到另一年度時部分土地轉變成水田、建地，後者佔旱田面積之百分比即轉移機率。將旱田轉換為其他土地利用類型之轉移機率作為第一行，水田轉換成其他土地利用類型之轉移機率作為第二行，以此類推，即構成一個轉移機率矩陣 (Transition Probability Matrix)。

$$P_{ij} = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2N} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & \dots & P_{3N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N1} & P_{N2} & P_{N3} & \dots & P_{NN} \end{matrix} \dots\dots\dots(2)$$

$P_{ij}$  為土地利用類型  $i$  轉換為土地利用類型  $j$  的機率矩陣，此時此矩陣中每一項元素需滿足以下之條件：

$$P_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1$$

若應用於土地利用變遷問題探討時，可按監測的時間點區分成幾個時段，再以年為單位，將所研究的土地變遷分成一系列之離散演化狀態，轉移機率可通過各區段時間內的土地利用坵塊(Patch)的年平均轉變率來獲得，如此可將不同時期之土地利用變遷情況以量化模擬之方式進行相互比較。

因此，本研究在考量使用轉移矩陣的概念下，以地理資訊系統的空間分析功能來分析，進而計算出各種土地利用的移轉矩陣表。不過馬可夫鏈的運算並無法處理新增之土地利用類別，即後一年度存在的某種土地利用類別如果不存在於前一年度，便無法訂出此種土地利用轉變為其他種土地利用的機率，這是其使用上之限制。

## (二) 土地分類之統計分析方法

### 1. 集群分析(Cluster Analysis)

利用馬可夫鏈度量方法，可獲得不同時期土地利用變遷資料，但其所呈現的是整體趨勢之結果，而利用集群分析則是方便都市規劃者對許多影響變遷之結果能做合理且有系統的簡化與分類，冀能有效判斷都市發展情形，以擬定各種都市規劃方案。

而集群分析在統計學上的概念是估算群類個體間的類似性或在幾何空間的距離，並將性質較接近的個體集結成同一群落，其主要有二種方法，階層法(Hierarchical Method)與非階層法(Non-Hierarchical Method)，此二種方法在應用上各有其優劣點，因此Anderson(1976)提出以階層法先求得集群數後，再利用非階層法進行最終集群指派。如此可利用階層法合理判斷分群數目，同時利用非階層法將原以分群之集群予以打散，以解決階層分群法會受偏遠樣本的影響，無法對指派樣本加以適當調整之缺點。

因此本研究採用兩階段之方式進行問題分析，首先在階層法部分採用Ward法，其次在非階層法部分採用K-Means之分類法，其理論分別介紹如下：

#### (1)Ward法

以組內誤差及遞增量最大者為考量決定群組個數。

$$D_{AB} = n_A \left[ \bar{x}_A - \bar{x} \right]^2 + n_B \left[ \bar{x}_B - \bar{x} \right]^2 \dots\dots\dots(3)$$

其中

$D_{AB}$ ：A、B兩群之歐氏距離。

$n_A$ 、 $n_B$ ：A、B兩群之個數。

$\bar{x}$ 、 $\bar{x}_A$ 、 $\bar{x}_B$ ：總中心點、A群中心點、B群中心點。

(2)K-Means法

K-Means分類之概念為依歐氏距離大小，將所有各樣本指派到最接近的群組。其計算操作步驟如下(黃俊英，1998)：

- a. 將所有樣本觀察值切割成K組起始集群。
- b. 根據樣本觀察值到各集群中心的歐氏距離，分派此樣本到距離最近的群落內，並重新計算集群中心。
- c. 重複步驟b.，直到樣本不再被重新分派到其他集群為止。

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2} \dots\dots\dots(4)$$

其中  $x = (x_1, L, x_k)$ 、 $y = (y_1, L, y_k)$  為兩個體在k個變數的數據。

2. 單因子變異數分析(Single-factor ANOVA)

利用單因子變異數分析(Single-factor ANOVA)主要是將集群分析所分類之結果檢定各變數之間是否存在差異，即各個變數對於集群分析之區別能力，以作為初步判斷分類效果之好壞依據。

(三) 土地利用類型命名規則

透過統計檢定後，由於不知道各行政區所對應之集群特性為何，故需加以命名。其命名的對象有二：首先是「各年度的土地利用類型同質區」，其次是「年度間的變遷型態同質區」。經過本研究初步命名發現，所劃設之各類型同質區所輸入之變數項目皆為相同，而所命名之類別特性也大同小異。故本研究利用集群分析所計算最後集群中心之統計值，擬定出一套命名規則，如此則可快速命名各類集群所代表之意義，並完整而且清楚的表達實證地區之土地利用時空演進歷程。

三、研究設計與資料概況

(一) 研究地區環境背景

本研究之實證地區位於台中市東北部(圖一)，面積6170公頃，約佔台中市總面

積的38%。在本研究分析時段中，轄區內之四、十、十一期重劃區陸續規劃完成，其分別在民國68年(第四期)與民國82年(第十、十一期)重新劃設，重劃區劃設後造成地方蓬勃發展，高樓大廈及別墅住家如雨後春筍般興建，人口急遽增加。至目前為止，北屯區在都市計畫改造及自然環境的制約下，建構成聚落般的面貌，這樣的群落基本上大致可分為三種，一為商業區的商業聚落、二為後期發展區的混合聚落、三為大坑丘陵區的別墅群。

## (二) 研究設計

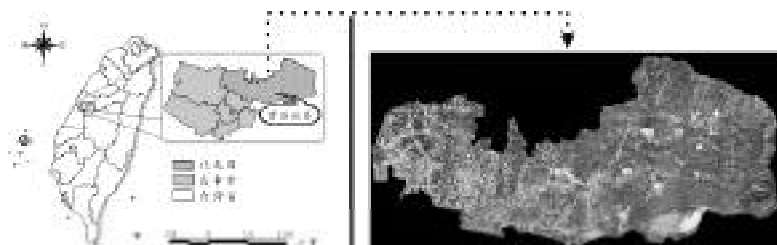
為完整描述與解釋土地利用變遷之情形，本研究以台中市北屯區為實證地區，藉由參考當地發展之文史文獻後(台中市北屯區沿革記略，2000)，冀藉由時段的劃分以及遙測影像的協助，配合馬可夫鍊模式與集群分析之結果來探討土地利用在時間與空間上之變化，以了解實證地區土地利用變化與區位演進之歷程，並作為土地管理與資源規劃之參考依據。圖二所示為本研究之研究流程。

## (三) 資料建置

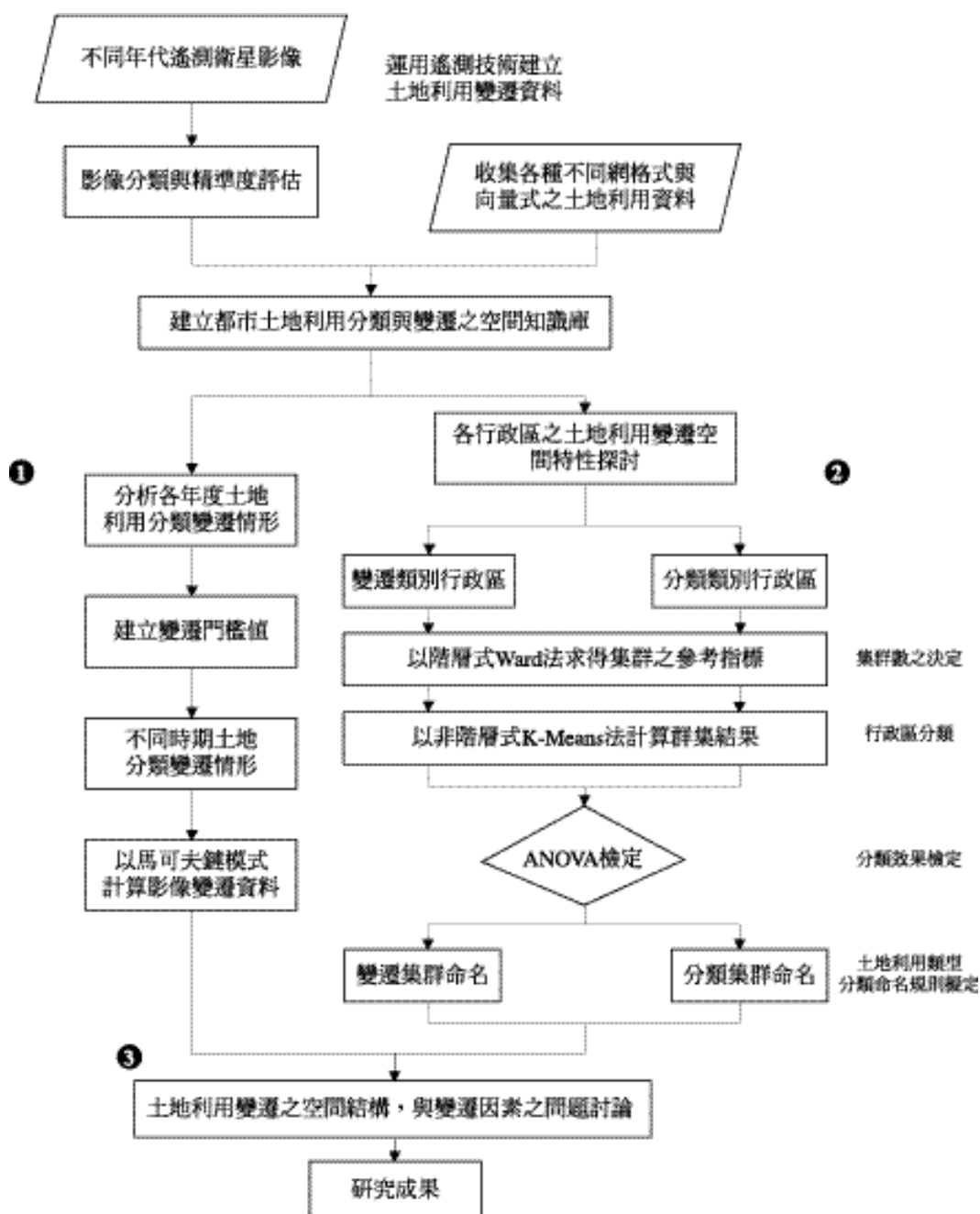
### 1. 土地利用 / 覆蓋分類系統之擬定

本研究參照各國土地使用分類系統與台灣土地使用的特性，經過歸納區域性因素及類別特性之後參考文獻上的定義(Thomas et al., 1987；周天穎、楊龍士，2000)，將土地使用及土地覆蓋的情況分成五大類，包括：

- (1) 植被(Vegetation)：森林、草地等等。
- (2) 都市及建成區(Building)：寺廟、住宅區、工業區等等。
- (3) 水體(Water)：河川、海洋、溪流、池塘等等。
- (4) 裸露地(Barren land)：沙地、空地等等。



圖一 台中市北屯區位置圖與1998年SPOTXS影像圖



圖二 研究流程圖



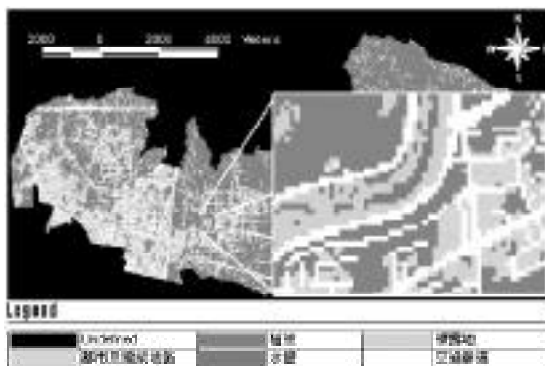
(5)道路(Road)：柏油路、碎石路等等。

## 2. 遙測資料收集與分析

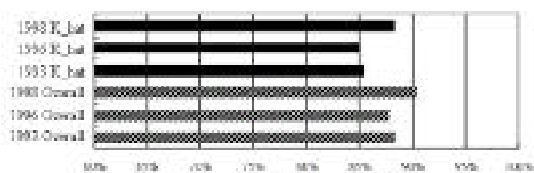
在遙測資料的收集上，研究中首先收集了1993年12月、1996年1月、1998年12月的SPOT衛星影像，並將三幅不同時期之SPOT衛星影像，使用需人工判釋較高之分類方法—高斯最大似法(Maximum Likelihood Classifier)，然其精準度與穩定度皆較高，為現行衛星影像分類方法較常用之方法，最後再予以套疊GIS相關輔助資料(如：道路、河川等)得各時段分類成果圖，圖三所示為1998年之土地利用分類成果圖。在影像分類精準度評估方面，得到整體精準度與值均高於85%以上的正確率(如圖四)，此正確率足以作為變遷統計分析之資料來源(Chien and Chou, 2000)。

## 四、結果分析與討論

本研究經由所獲得之土地利用分類與變遷成果，深入分析土地利用分類間的變遷情形，並加以考量各行政區間的相互關係與內部的變遷情形，同時劃設各行政區



圖三 1998年土地使用分類圖



圖四 各年度衛星影像分類精準度之比較

之土地利用類型同質區與土地利用變遷同質區，以利有效掌握各行政區之發展特性與趨勢，作為都市規劃之參考依據。

## (一) 土地利用類別變遷情形

### 1. 不同時間土地類別變遷情形

本研究探討三個年度五種土地利用類別之變化，並判斷何種變遷因素影響當地變遷情形(表一)。表中顯示「植被」從1993至1998年間有面積減少的情形，而「交通幹道」則有大幅度的增加，「裸露地」在1993至1996年間有急速增加的結果，上述的結果顯示北屯為一正在開發中的地區；另一方面，雖然「都市及建成地區」面積有下降之趨勢，唯透過當地都市計畫發展歷程與當地現況之調查，發現此一地區有二處市地重劃地區，經過規劃開發後，由於目前發展遲緩，許多區域大都仍處於待建區，草地與裸露地相間其中，此現象為造成都市及建成地區的減少主因。

### 2. 以馬可夫鏈轉移矩陣探討土地利用類別變動情形

為了更進一步分析探討土地利用類別的變化情形，本研究利用馬可夫鏈模式來度量各種土地利用面積變化的詳細情形，時間點則劃分成1993-1996年與1996-1998年兩個時期，以瞭解不同年代間土地利用類別的變化訊息。

#### (1) 1993-1996年土地利用類別變動情形

1993-1996年間土地利用面積轉移矩陣為例(表二)，土地利用類別變動的情形可從轉移面積與轉移概率值兩個問題面向來檢視：

##### a. 轉移面積

為判斷各土地利用類別間面積變化的轉變情形，以表二得知土地利用類別面積轉移大於15公頃以上為植被 裸露地(134.02公頃)、植被 都市及建成地區(31.11公頃)、都市及建成地區 植被(27.12公頃)、裸露地 植被(17.54公頃)及都市及建成地區 裸露地(17.22公頃)。若以「植被 裸露地」、「植被 都市及建成地區」變遷

表一 三年度各類型土地使用面積變化(單位：公頃)

年度	都市與建成區	植被	水體	裸露地	交通幹道
1993	505.53	4793.03	16.69	95.63	736.50
1996	457.63	4638.01	16.40	301.07	736.03
1998	447.64	4676.62	17.36	201.56	805.70

表二 1993-1996年土地利用面積轉移矩陣表(單位：公頃)

1996 \ 1993	都市及建成地區	植被	水體	裸露地	交通幹道	合計
都市及建成地區	460.10 (0.9101)	27.12 (0.0537)	1.09 (0.0022)	17.22 (0.0341)	—	505.53
植被	31.11 (0.0065)	4626.57 (0.9653)	1.09 (0.0002)	134.02 (0.0280)	0.23 (0.0000)	4793.03
水體	0.44 (0.0262)	4.11 (0.2463)	12.34 (0.7144)	0.22 (0.0131)	—	16.69
裸露地	2.34 (0.0244)	17.54 (0.1834)	—	75.75 (0.7922)	—	95.63
交通幹道	—	0.64 (0.0009)	—	—	735.86 (0.9991)	736.50
合計	457.63	4638.01	16.40	301.07	736.03	6147.38

註：( )內之值乃指土地利用變遷的轉移機率值



圖五 1993-1996年主要變遷類別示意圖

類別觀察，研究中判斷此一地區仍處於開發階段，圖五所示為 1993-1996年主要變遷類別示意圖。但「都市及建成地區 植被」與「裸露地 植被」變遷類別之變遷面積亦有27.12公頃與17.54公頃，顯示在此期間部分開發地區有植生回復的情形。

b. 轉移機率值

利用轉移機率值，可以判斷出類別變遷變動的幅度，以10%之轉移機率值檢視表二各類別的變化情形，發現「水體 植被」、「裸露地 植被」的幅度最大，為24.63%、18.34%，顯示河川在此段時間並沒有整治，導致有雜草叢生之情形。另外，許多開發的裸露地也並無被充分利用，導致有相當多的裸露地回復成植被狀態。

透過轉移面積與轉移機率值綜合來看，可以發現北屯區於 1993-1996年間，存在著有大規模的市地重劃區，但在此段期間，仍然出現相當多之「都市及建成地區 植被」與「裸露地 植被」的變動情形，顯示此地區在1993-1996年已出現開發過剩之情況產生。

(2)1996-1998年土地利用類別變動情形

另外，同樣使用1996-1998年土地利用面積轉移矩陣表(表三)判斷變化較大之類別，發現變遷類別之特性與表二大致相同，其中「植被 交通幹道」之面積高達37.70公頃，顯示此地區為都市發展快速之地區，在此期大量的進行道路建設之建置，

表三 1996-1998年土地利用面積轉移矩陣表(單位：公頃)

1996 \ 1993	都市及建成地區	植被	水體	裸露地	交通幹道	合計
都市及建成地區	432.86 (0.9459)	20.67 (0.0452)	0.33 (0.0007)	3.63 (0.0079)	0.14 (0.0003)	457.63
植被	19.64 (0.0042)	4577.87 (0.9870)	0.66 (0.0001)	2.14 (0.0005)	37.70 (0.0081)	4638.01
水體	0.31 (0.0189)	0.73 (0.0445)	15.14 (0.9232)	0.22 (0.0134)	—	16.40
裸露地	13.27 (0.0441)	95.91 (0.3186)	2.14 (0.0071)	178.98 (0.5945)	10.77 (0.0358)	301.07
交通幹道	0.20 (0.0003)	0.39 (0.0005)	—	—	735.44 (0.9992)	736.03
合計	447.64	4676.62	17.36	201.56	805.69	6147.38

註：( )內之值乃指土地利用變遷的轉移機率值

但另一方面「裸露地 植被」(95.91公頃)不但面積加大，同時裸露地變遷面積的比例高達31.86%，顯示從1996年所開發之裸露地與1993-1996年的情形一致，並沒有充分利用待建區，導致產生變遷為植被的情形(圖六)。

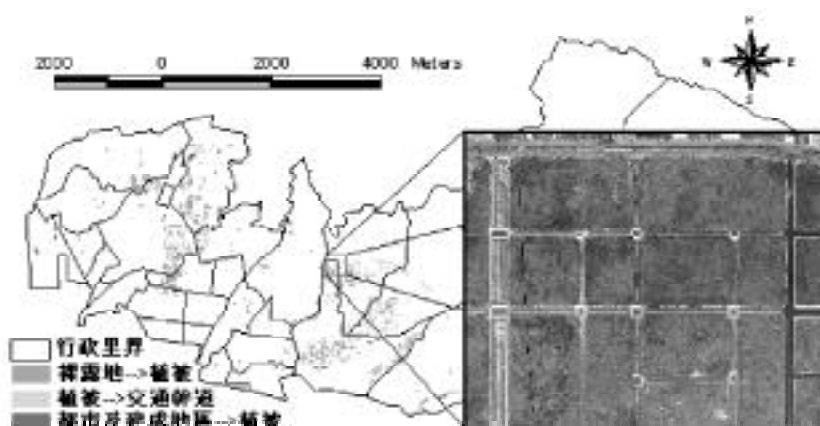
在此年度間的變遷情形，較具明顯變化還包括「植被 交通幹道」，面積約為37.70公頃，大部分集中在第十期重劃區，顯示在此段期間重劃區基礎工程建設大致已完成，但截至2000年底現地調查結果顯示尚無明顯開發之情形。

## (二) 各行政區之土地利用變遷空間特性

單純利用馬可夫鏈轉移矩陣僅能針對整體的發展趨勢做詳細的敘述，但無法分析行政區間與區內之變遷情形。因此本研究加入行政區的考量，綜合探討各行政區間與區內之變遷情形，同時劃設出同類型的行政區，以方便對於各行政區的發展狀態加以有效掌控。

### 1. 各行政區土地利用變遷情形

為探討各行政區的土地變遷情形，可從兩個向度來加以檢視：1.從變遷類別的角度來比較各行政區所佔之面積大小(同一變遷類別中，行政區與外界之比較)；2.從行政區的角度來比較行政區內各變遷類別的面積變化(同一行政區中，各變遷類別的比較)。以第一向度來看，可以瞭解同類型的變遷型態，對於各行政區而言，相對於其他行政區的變動幅度之大小。從第二向度來看，則可以觀察行政區本身內部變遷類別的變動幅度與變遷面積。



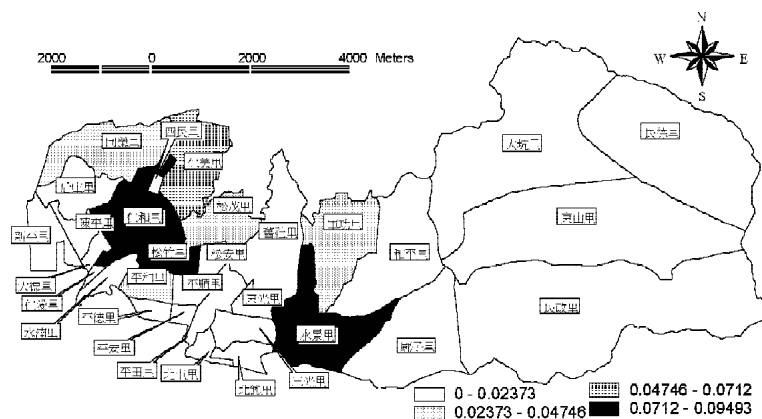
圖六 1996-1998年主要變遷類別示意圖

表四 1993-1996-1998年變遷類別面積變化摘要表(單位：公頃)

變遷類別			土地使用改變		土地利用面積變化 最大前三者
			面積	佔總變遷 面積比例	
水體	植被	都市及建成地區	1.017	1.06%	1.仁和里 (0.547) 2.水滴里 (0.47)
	都市及建成地區	裸露地	0.97	1.01%	1.仁和里 (0.485)
	都市及建成地區				2.松安里 (0.172) 3.新平里 (0.172)
都市及建成地區	裸露地	植被	3.304	3.45%	1.仁和里 (1.835) 2.仁美里 (0.546) 3.平和里 (0.47)
	植被	裸露地	10.533	10.99%	1.水景里 (5.612)
		交通幹道			2.軍功里 (2.624) 3.和平里 (2.297)
植被	裸露地	都市及建成地區	4.768	4.97%	1.仁和里 (1.813) 2.同榮里 (0.941) 3.水景里 (0.422)
	植被	裸露地	74.991	78.24%	1.水景里 (17.86)
		植被			2.仁美里 (11.983) 3.仁和里 (11.784)
裸露地	植被	裸露地	0.266	0.28%	1.大坑里(0.266)

表四中所示為三個年度的變遷類別、所變動的面積、佔總變遷面積的比例以及各里對應某一變遷類別的排序及所佔之面積。如此則可清楚明瞭 1993-1996-1998 年度間主要是以「植被 裸露地 植被」變遷幅度最大，同時變遷面積也是最高。從圖七可清楚顯示其分佈位置為第十一期重劃區與第十期重劃區，對應到各行政區為水景里與仁和里。

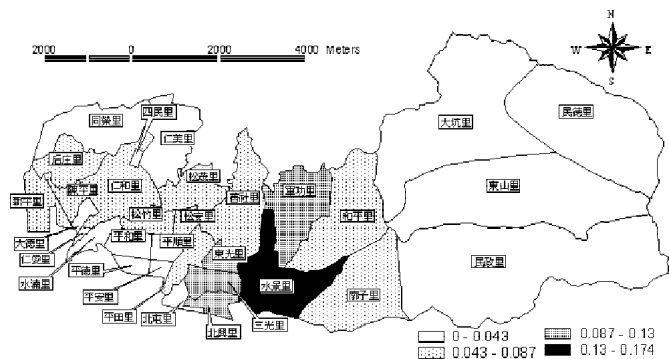
對於各行政區內部變遷類別之變動情形，本研究以 1993-1998 年五個變遷面積最大之里別加以探討與說明，從圖八可顯示軍功里、和平里、水景里與廓子里屬於快速發展地區，但從表五發現各里主要變遷類別並不一致，顯示各里雖屬快速發展地區，然主要變遷之型態卻並盡相同。以水景里與廓子里而言，變動類別最大的為「裸露地 植被」，變動面積約為 13.57 公頃與 13.45 公頃，顯示此處工程施工大致完



圖七 1993-1996-1998年各里變遷類別總變動比例

表五 1993-1998年各行政區土地利用變遷摘要表(單位：公頃)

五個變遷面積 最大之里別	土地使用改變		土地利用面積變化最大前三者
	面積	佔行政里比例	
水景里	27.026	10.62%	1.裸露地 植被 (13.575) 2.植被 裸露地 (5.361) 3.都市及建成地區 植被 (2.361)
和平里	24.990	7.55%	1.植被 交通幹道 (17.931) 2.植被 裸露地 (3.140) 3.都市及建成地區 植被 (2.480)
軍功里	24.788	11.37%	1.植被 交通幹道 (15.825) 2.植被 裸露地 (5.990) 3.都市及建成地區 裸露地 (1.8)
廓子里	17.869	5.61%	1.裸露地 植被 (13.454) 2.植被 都市及建成地區 (1.982) 3.都市及建成地區 植被 (1.591)
仁和里	16.397	7.31%	1.植被 都市及建成地區 (6.539) 2.都市及建成地區 植被 (4.731) 3.裸露地 植被 (1.765)



圖八 1993-1996-1998各里內部變遷類別變動情形

畢，刻正進行植生回復。而相對於和平里與軍功里而言，主要的變遷類別則為「植被 交通幹道」，變動面積為17.93公頃與15.83公頃，則顯示此一地區於此段期間正急速關建施工中。

## 2. 各行政區同質區劃設

上述各行政區變遷類別對外與對內的變遷比較，較適合單獨針對每個行政區進行變遷結果之分析，而無法明顯分辨出各行政區之間之共同特性。故本研究亦利用多變量集群分析的統計方法，分別劃設各行政區土地利用類型同質區與各行政區土地利用變遷型態的同質區，以便清楚明瞭各行政區之間共同之發展特性與變遷型態，最後套疊各行政區的土地利用類型同質區與變遷型態同質區，得出具有土地利用類型且可明瞭其發展型態之同質區。其方式則是需先決定劃設同質區的用途，再予以給予適當之變數內容與觀測值，接下來決定所要分類之集群數，透過集群分析方法的計算結果，求得各項之統計值，並予以變異數分析檢定各類變數之間的差異程度，以瞭解各變數對於集群分類之有效性。

由於透過集群分析方法只能將各類觀測值予以分類，無法直接命名，故本研究利用所求得之統計值，設計一套標準之命名規則，再決定各群所對應之集群名稱，最後得出各行政區之土地利用類型同質區與變遷型態同質區分布圖。

### (1) 變數選取與內容

由於本研究欲劃設土地利用類型同質區與變遷型態同質區，故需先分別針對兩者選定其合適之變數與內容(表六)。對於變遷型態同質區之輸入變數而言，由於並非每一行政區皆有相同之變遷類別，同時也有可能單一行政區僅只有一項變遷類別，若僅將此單一變遷類別作為此行政區輸入變數參考值時，對於集群分析計算歐



表六 土地利用類型同質區與土地利用變遷型態同質區變數之選取

土地利用類型之同質區劃設標準	
觀測值	31個行政區(里)
變數名稱	將分類結果定義為「都市及建成地區」、「植被」、「水體」、「裸露地」、「交通幹道」
變數內容	由於是劃設各行政區之土地利用特性，故將行政區之各類型土地利用面積轉換為佔各行政區土地利用面積之百分比，作為標準化處理過程
土地利用變遷型態之同質區劃設	
觀測值	31個行政區(里)
變數名稱	以1993-1996-1998變遷為例，其變遷類別為「水體 植被 都市及建成地區」、「都市及建成地區 裸露地 都市及建成地區」、「都市及建成地區 裸露地 植被」、「植被 裸露地 交通幹道」、「植被 裸露地 都市及建成地區」、「植被 裸露地 植被」、「裸露地 植被 裸露地」以此作為變數輸入值亦最為恰當
變數內容	由於是探討變動幅度與特性，故以變遷類別面積占行政區總變遷面積之百分比，作為輸入變數之資料內容

氏距離時，將導致分類結果集中於單一獨立特性的觀測值。故本研究選定變遷類別會低於二個行政區時，不予以列入輸入之變數項，以減低分類結果偏差的情形產生。

#### (2) 集群分析法之應用

當觀測值與變數內容決定之後，接下來則使用分類方法來決定分類數的多寡。在本研究中使用集群分析方法，計算群落之歐氏距離來劃設土地利用類別同質區。本研究採用兩階段集群分析進行分類與命名：

##### a. 第一階段

以Ward法(最小變異數法)進行集群分析，以組內誤差及遞增量最大者為考量決定群組個數。透過公式(3)的計算方法，可用樹狀圖之階層關係表示各組所求得之歐氏距離，再以此計算過程求取數種參考指標，以便進行集群數之決定。以1993-1996-1998年所劃設變遷同質區為例，表七即為利用SAS軟體所求得之各項集群數參考指標，而各項參考指標衡量標準皆不相同，表八則為解釋各項參考指標衡量標準。本研究亦檢視採用何種參考指標作為本研究衡量集群數的標準，其衡量指標值

表七 1993-1996-1998年變遷類別，Ward集群指標分析表

集群數	SPRSQ	RSQ	CCC	Pseudo F	PST2	SPRSQ 差異量	RSQ 差異量	CCC 最高	Pseudo F 最高	PST2 差異量
8	0.05762	0.77405	.	11.26	22.473	0.00016	0.0577		V	0.0636
7	0.05778	0.71626	.	10.1	22.537	0.01186	0.0696			4.6274
6	0.06965	0.64661	11.096	9.15	27.164	0.02256	0.0922	V		8.7992
5	0.09221	0.55439	8.8767	8.09	35.963	0.00938	0.1016			3.6614
4	0.10160	0.45279	7.1866	7.45	39.623	0.02709	0.1286			10.5649
3	0.12869	0.32409	5.0853	6.71	50.190	0.02638	0.1638			10.2898
2	0.15507	0.16022	2.4116	5.9	60.48	0.01394	0.1602			5.4386
1	0.16902	0	0	.	65.9186					

表八 最適分類組數評量指標參考表

參考指標	衡量標準
SPRSQ	SPRSQ 值為結合兩集群而產生遞增的變異數與總變異的比例，當值的落差越大，即表示集群可解釋的變異量減少程度越明顯。
RSQ 值	RSQ 值增加越多，集群類可被解釋的變異數百分比減低程度則越低。
CCC 指標	CCC 指標可將母群中集群的聚焦點找出，判斷標準為「區域最高點」，當值域變化為「先升後降」時，最高點處為較適當之集群數。
PSF	擬似F值為集群間變異均方與集群內變異均方的比例，判斷標準也是「區域最高點」。
PST2	擬似t2值為兩集群間差異越大時，擬似t2值較低者所指集群數為適當分類數。

(陳正昌、程炳林，1994；張紹勳，2000)

列於表七右半部所示。

由於變數資料內容本身特性之不同，所產生之各項參考指標所能顯現之特徵值並不一致，而本研究之變數資料內容皆為0-1之間的數值，較為難以凸顯出擬似F值(PSF值)與CCC指標，故主要採用SPRSQ值與PST2值作為集群數分類依據。經由表七數據顯示，判定為4群為最適之群落數，其他年度土地利用類型之同質區與變遷型態同質區也依此作為判斷標準；經過Ward法所求取之參考指標，其結果也皆為4

群，故本研究為方便後續對於偵測都市區域環境變遷，以後所劃設之各行政區土地利用類型同質區與變遷型態同質區皆以 4 群作為集群個數。

#### b. 第二階段

使用 K-Means 分類方法計算各觀測值到集群中心之歐氏距離，以求得分類結果。公式(4)即為一般常用計算歐氏距離之方程式，透過 K-Means 的計算結果，可以得到各觀測值所對應集群類別與至集群中心之距離，如此則可分析出土地利用類型同質區與土地利用變遷型態同質區之結果。

#### (3) 分類結果的檢定與命名

經由上述所計算得出之分類結果，利用單因子變異數分析檢定各變數之間是否存在差異，也可利用集群分析後所計算之變異數分析檢定各個變數對於集群分類之區別能力，作為初步判斷分類效果之好壞依據。

另外透過初步檢定之後，由於需探討各行政區所對應之集群特性為何，故需加以命名，對於劃設各年度的土地利用類型同質區與各年度間的變遷型態同質區，所需利用集群分類相當多，經過本研究初步命名發現，所劃設之各類型同質區所輸入之變數項目皆為相同，而所命名之類別特性也大同小異。故本研究利用集群分析所計算之集群中心統計值，擬定出一套命名規則，如此則可快速對應各類集群所代表的命名。

##### a. 各行政區土地利用類型同質區命名規則

此部分是利用各類分類類別變數佔各集群之平均比例，作為命名之判斷標準，其命名規則如表九所示。

##### b. 各行政區土地利用變遷型態同質區命名規則

此部分主要是考量距離各類集群中心的變動量，故各變遷類別佔各集群的比例總量為主要判斷標準，其命名規則如表十所示。

### 3. 各年度間行政區之土地利用類型及變遷情形

#### (1) 各年度行政區之土地利用類型

透過上述同質區的命名規則的結果，本研究得出各年度土地利用類型同質區的分布圖(圖九)，其結果相當符合土地利用現況的特性，顯示利用集群分析法對於劃設各類土地利用類型相當合適。

#### (2) 各年度間行政區之土地利用變遷情形

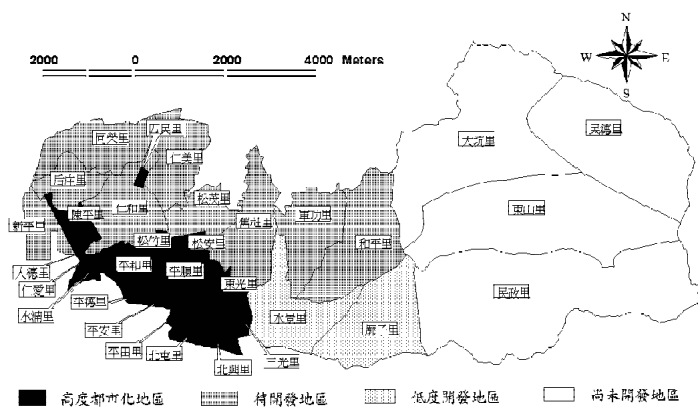
利用命名規則可得到各年度間土地利用變遷型態同質區分布圖(圖十)。本研究發現利用集群分析的方法劃設研究區域的土地利用類型，是屬於一種相對關係，由

表九 土地利用類型同質區命名規則

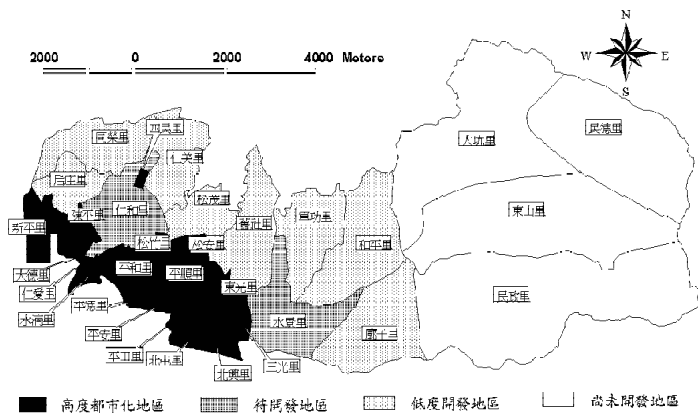
類型同質區名稱	命名邏輯法則	優先判斷順序
尚未開發地區	「植被」佔各集群比例最大者，即為尚未開發地區。 IF max[植被] THEN 尚未開發地區	1
高度都市化地區	「植被」佔各集群比例最小者，或「植被」與「水體」比例加總最小者，即為高度都市化地區。 IF min[植被] or min[植被 + 水體] THEN 高度都市化地區	2
待開發地區	「裸露地」佔各集群比例最大者，或「交通幹道」與「裸露地」比例加總最大者，即為待開發地區。 IF max[裸露地] or max[交通幹道 + 裸露地] THEN 待開發地區	3
低度開發地區	此類同質區之「都市及建成地區」所佔之比例低於待開發地區為其低度開發地區。另外，由於此類同質區屬於最後一個類別，故其他同質區決定之後，剩下即為低度開發地區。 Otherwise	4

表十 土地利用變遷型態同質區

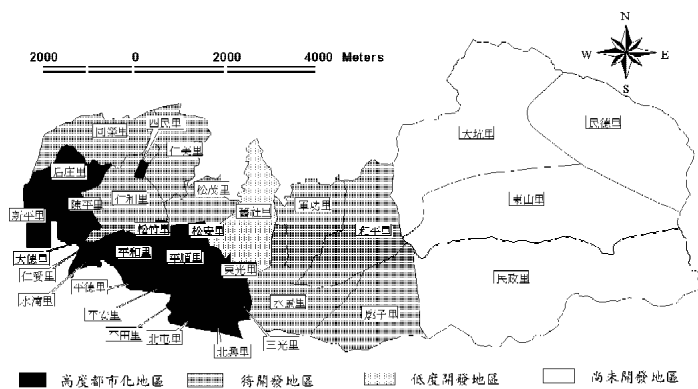
類型同質區名稱	命名邏輯法則	優先判斷順序
未變化地區	由於規則是探討變遷程度的部分，對於未變化地區應以集群內各變數加總之總變量最小者為其未變化區。 IF min[水_都 + 裸_植] THEN 未變化地區	1
快速發展地區	其集群內各變數所累加之比例最高者，為發展迅速地區。 IF max[水_都 + 裸_植] THEN 發展迅速地區	2
植生回復地區	此類型是判斷變遷為植被的比例加總為最高是為植生回復地區。 IF max[水_植 + 都_植 + 交_植 + 裸_植] THEN 植生回復地區	3
工程整修地區	理論上此變遷型態，應為扣除未變化地區之判斷變遷類別為植被的比例加總為最小，即為工程整修地區，唯此項類別為最後一項規則，故不加以設計命名規則。 Otherwise	4



(a)

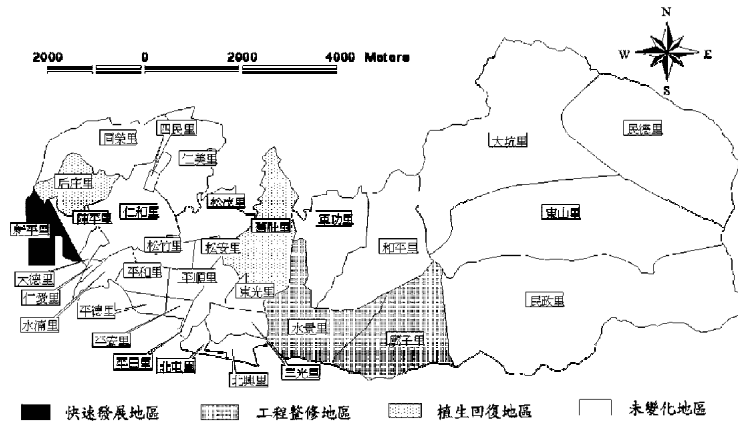


(b)

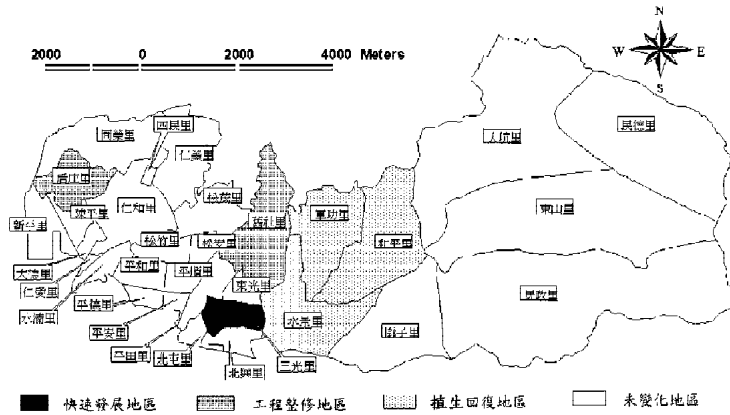


(c)

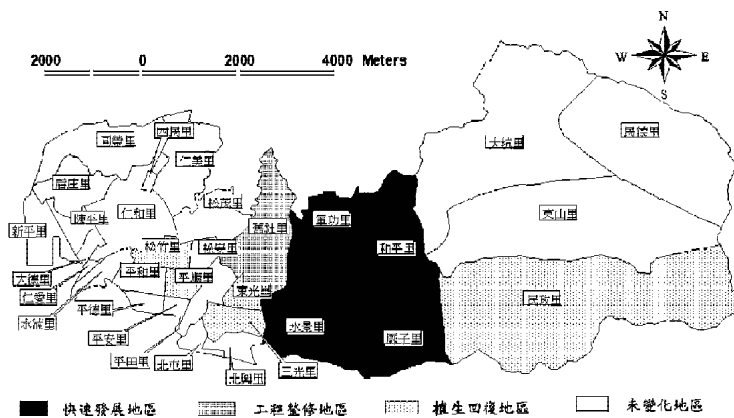
圖九 各年度土地利用類型同質區(a)1993年(b)1996年(c)1998年



(a)



(b)



(c)

圖十 各年度間土地利用變遷型態同質區  
(a)1993-1996年(b)1996-1998年(c)1993-1998年

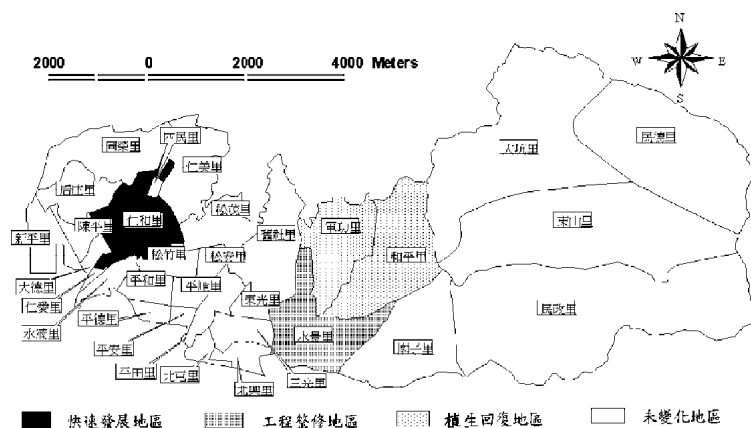
於本研究區域位於都市發展邊緣，同時具有鄉村與都市的特性，應用集群之分類最為恰當，同時也可以很明顯區分不同的土地利用型態。同時本研究亦發現集群分析所得之分類結果對應於分布圖中，發現此一地區有聚合發展的趨勢，高度都市化地區較集中於西南半部，而西北部則屬於待開發地區，東部區域則因地形關係，開發程度最低。

透過圖十一發現各年度間行政區的變遷情形皆不盡相同，以 1993-1998年變遷情形作為說明，發現軍功里、水景里、廓子里與和平里之變遷幅度最大，此與表五之五個最大變遷面積里別結果相互呼應，顯示利用集群分析所判斷之土地利用變遷同質區，具有相當高之可信度。

另外，本研究發現 1993-1996年與1996-1998年之變遷情形，並不會造成累積 1993-1998年之變遷結果。以廓子里為例，1993-1998年度間為累積 1993-1996與 1996-1998年之土地利用變遷情形，然有些土地利用於此段時間已回復其原有(1993年)之土地利用類別，故反而無法端睨出其變化，從整體變遷面積來看，237.09公頃 234.646公頃 215.168公頃說明1993-1996與1996-1998年並無累積其變遷面積，而廓子里剛好於此段時間大都接續累積其變遷面積由 13公頃 8.59公頃 17.869公頃，故從不同時段來看土地利用變遷情形，皆有不同之變遷結果。

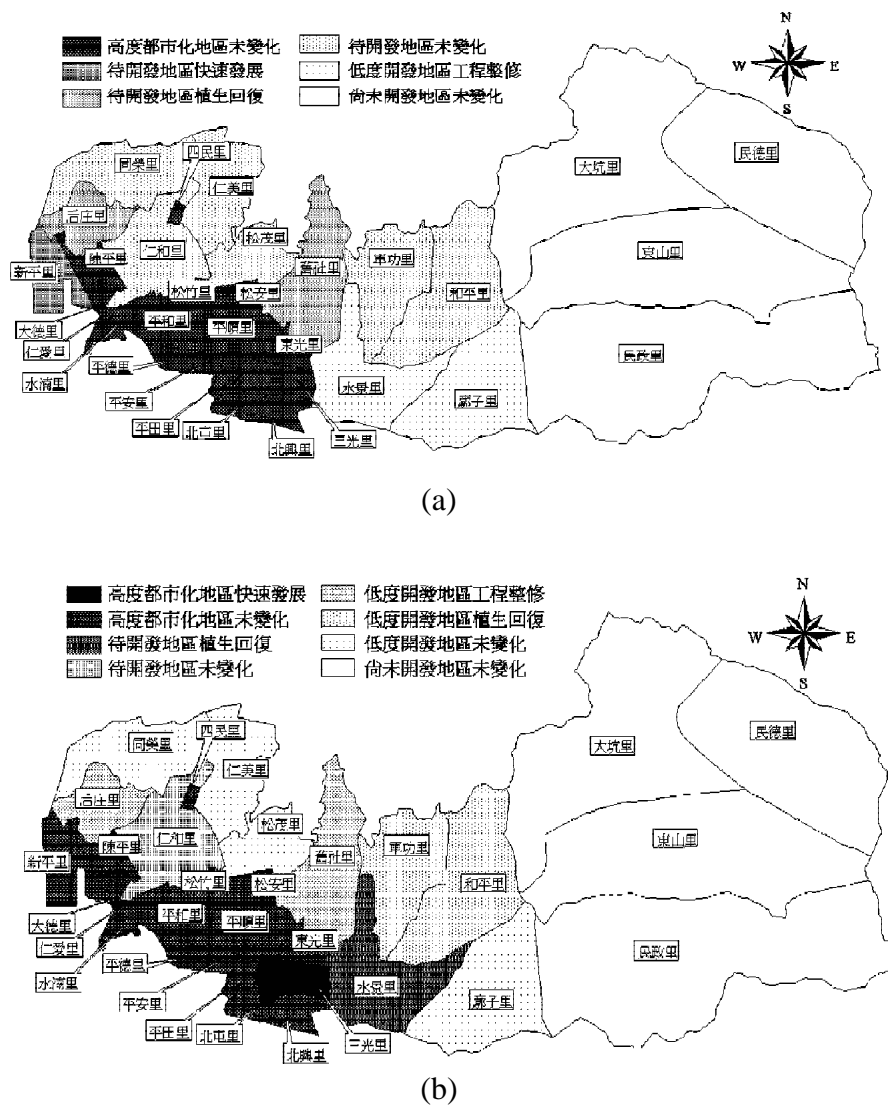
### (3) 各年度間行政區之土地利用類型及其變化分析

利用土地利用類型同質區與土地利用變遷型態同質區共同套疊的結果，可以得



圖十一 1993-1996-1998三年度變化地區

到具有當地土地利用特性同時也可觀察其變化情形的同質區分布圖(圖十二)。如圖中即為1993-1996年之土地利用類型與1996-1998年土地利用變遷同質區所獲得之結果。如此觀察土地利用變化情形，相信可清楚且完整的獲得各行政區的發展型態與都會地區土地利用變遷之演進歷程。



圖十二 各年度土地利用同質區變化分析圖(a)1993-1996年(b)1996-1998年



## 五、結 論

由於探討都市土地利用變遷需掌握最新的土地利用變化情形，若以傳統現調的研究方式，受限於人力物力的不足，無法獲致最佳結果，也難以獲得空間變化的整體趨勢。本研究則是運用遙測衛星影像並配合地理資訊系統功能，建立一套快速描述土地利用變遷情形之流程，運用此流程可快速獲得當地土地利用變遷情形。

研究中運用所獲得之各年度土地利用資料，應用統計分析的方法，可針對不同時期土地利用分類變遷情形、各行政區之土地利用變遷的空間特性作為判斷實證地區的變遷情形，具有充分描述土地利用變遷的完整性。本次的研究結果顯示，若使用此分析流程可充分得到各行政區土地利用類型與變遷的特性，此特性一方面可清楚明瞭各行政區目前的使用現況，同時也可以看出其變遷發展的型態，因此運用此方式，可針對都市設計與環境規劃將會提供相當完整而且清楚之都會演進歷程，對於未來以總量管制之國土規劃觀念下，達到都市成長管理之目標。

## 參考文獻

- 台中市北屯區公所編著，(2000)，〈台中市北屯區沿革記略〉，北屯區公所，台中。
- 周天穎、楊龍士，(2000)，〈遙感探測理論與實務〉，《逢甲大學地理資訊系統研究中心》，台中。
- 尾崎俊治著，陳耀茂譯，(1999)，〈機率過程導論〉，《五南圖書公司》，台北。
- 徐嵐、趙羿，(1999)，〈利用馬爾柯夫過程預測東陵區土地利用格局之變化〉，《景觀生態學研究發展》，湖南科學技術出版社。
- 張紹勳，(2000)，〈SPSS For Windows多變量統計分析〉，《松崗電腦圖書資料公司》，台北。
- 陳正昌、程炳林編著，(1994)，〈SPSS、SAS、BMDP統計軟體在多變量統計上的應用〉，《五南圖書出版有限公司》，台北。
- 許立達，(2001)，〈六龜試驗林社會人文影響評估計畫-六龜地區土地利用及民眾意向分析〉，《九十年行政院農業委員會林業試驗所科技計畫》。
- 黃俊英，(1998)，〈多變量分析〉，《中國經濟企業研究所》。
- 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分析〉，《國立台灣大學地理學報》，23：1-12。

- 黃書禮, 蔡靜如, (2000), <台北盆地土地利用變遷趨勢之研究>, 《都市與計劃》, 卷27: 1, 頁1-23。
- Aaviksoo, K. (1993), "Changes of Plant Cover and Land Use Types (1950's to 1980's) in Three Mire Reserves and Their Neighborhood in Estonia", *Landscape Ecology*, Vol. 8(5): 287-301.
- Anderson, J. R., E. E. Hardy, Roach, J. T. and Witmer R. E. (1976), "A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data", *Geological Survey Professional Paper*, 964, 28.
- Chien, F.J. and Chou, T.Y. (2000), "The Study of Knowledge-Based Database Assist for Urban Land Use Classification", *ACRS2000*, Vol.2, Land use: 689-694.
- Forman, R. T. T. and Gordon, M. (1986), "Landscape Ecology", John Wiley & Sons New York.
- Muller, M. R. and Middleton, J. (1994), "A Markov Model of Land-use Change Dynamics in the Niagara Region Ontario Canada", *Landscape Ecology*, Vol. 9(2): 151-157.
- Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C. J. and Wasserman W. (1996), "Applied Linear Statistical Models", Richard D. Irwin, Inc.
- Thomas, I. L., Benning, V. M., and Ching N. P. (1987)," Classification of Remotely Sensed Images", IOP Publishing Inc. England.
- Zimmerman, K. M., (1999), "A Spatial Model for Markov Chain Analysis of Grasshopper Population Dynamics in Wyoming", Internet Web Site: <http://www.sdvc.uwyo.edu/grasshopper/kzthesis/thesis.htm>.