

應用空間自相關分析於人口老化時空變遷 之研究

A Spatial Autocorrelation Analysis of Aging Distribution and Transition

謝純瑩*

周國屏**

Chun-Ying Hsieh*

Kuo-Ping Chou**

摘 要

本文主要採空間自相關空間分析理論，以台灣中部地區 106 個鄉鎮市區為研究單元，1980-2000 年為時間軸，進行人口老化空間分布型態變遷之實證研究。

研究中由 Moran I 指數的檢驗，得知歷年人口高齡化及人口年輕化地區呈現空間聚集現象。藉各年度空間自相關係數圖的繪製及分析，聚集狀態皆為多核心，而各核心區範圍不斷擴大，聚集區與聚集區之間的距離逐年拉近，顯示聚集區有擴散效應存在。最末，採區域空間自相關分析法了解聚集區的空間分布位置，發現老化未顯著的年輕化聚集區三年度皆以台中市及其近郊為核心，聚集範圍略有擴大但強度

* 國立彰化師範大學地理學系碩士班研究生

Postgraduate, Department of Geography, National Changhua Normal University

** 國立彰化師範大學地理學系教授兼系主任

Professor and Head, Department of Geography, National Changhua Normal University

減弱。而老化顯著的高齡化人口聚集現象則較不明顯，主要分散於各縣市之偏遠丘陵山地或發展較為遲緩的農村地區。由於高齡化聚集區個數日益增多，但強度趨弱，反應出高齡化人口的空間分布逐漸轉向均勻、隨機的分布狀態。

隨著台灣地區老化現象普遍化，早期相關文獻中提及之老化聚集的情況已趨弱。在老化現象趨向均勻分布的背景下，老化顯著聚集區已不再是昔日被年輕化地區包圍成塊的弱勢區，相反地，老化未顯著的年輕化地區繼老化聚集現象之後，朝向被孤立的團狀聚集發展。

關鍵字：人口老化、老年人口、空間分布、空間自相關

Abstract

This paper applies spatial autocorrelation statistics to analyze the spatial differentiation and transition of aging population during the period of 1980 and 2000 based on data collected from 106 administrative units in Central Taiwan.

Moran's I statistic is employed in this research to measure the spatial association of population aging. Results have shown that the distribution of aging exhibits a spatial concentration and expansion over time. In addition, spatial autocorrelation correlograms based on $Z(I)$ statistic have also shown that the distance among spatial clusters tends to decrease during the study period. Finally, this study has identified the actual clusters according to local index of spatial autocorrelation. It suggests that most clusters of aging in the study area appear mainly in mountain or rural areas where slower development have occurred, while clusters of younger population, on the other hand, concentrate mostly in urban areas. The fact that the number of clusters of aging population increases and the value of $Z(I)$ statistic decreases throughout the study period suggests that distribution of aging population becomes less concentrated over space.

It can be concluded that as population aging in Taiwan becomes more common in recent years, the aging population tends to be more evenly distributed over space. This finding is quite different from conclusions drawn in earlier studies. The distribution of the younger population, however, has shown a tendency towards spatial concentration within a few relatively isolated clusters.

Key Words: aging population, elderly people, spatial distribution, spatial autocorrelation

壹、研究動機與目的

台灣地區面積有限，加上高居世界第二位的人口密度，以“地狹人稠之島”來形容實不為過，長久以來政府相關單位莫不致力於生育率的降低，以控制人口數量增長。近年來隨著平均餘命的逐年延長、生育率亦有效被控制，使台灣在短短 60 餘年間即完成了歐洲耗時 150 年才完成的人口轉型（陳寬政等，1986）。人口轉型的完成代表台灣在人口數量增加上獲得有效控制，固十分可喜，然而，在幼年人口持續減少，為數仍多的老年人口不斷累加之背景下，年齡結構老化已悄然展開。可預期的，台灣在剛擺脫人口爆炸沉重包袱之際，人口老化問題將是項新的挑戰。

台灣地區於 1993 年年底跨越老人國 7% 的門檻，於 2000 年年底老年人口比例已達 8.6%。由於人口轉型迅速伴隨著老年人口比例快速增加，老化相關課題已引起各界的關注。但因各地社經發展程度與開發早晚互異，老化在空間上應有程度上的差異，唯有透過各地老化差異的了解，才能作為安養照護機構、老人進修、老人休閒設施等社會福利資源，其在空間上合理配置的參考。故以地理學的空間差異觀點，來探討老化問題自有其重要性。

過去雖不乏人口老化空間分布及變遷之相關研究，但多採觀察各時期圖面輔以文字描述來呈現，該類方法固有簡便之優點，惟在同時掌握時間和空間兩個向度及空間複雜關係的處理上較為薄弱（鄒克萬，2000）。近年來，由於空間統計分析技術的發展，使得分析人口老化分布及變遷上有新的研究方向，有助於更深入了解空間資料的分布特性。因此，本文應用空間自相關分析（Spatial Autocorrelation Analysis, SAA）相關理論，嘗試探討以下問題：

- (一) 藉由空間自相關檢定來了解人口老化現象是否呈空間聚集情形及其聚集強度的演變。
- (二) 計算不同年期、不同空間間隔之自相關值，藉空間自相關係數圖的分析，了解人口老化的空間分佈狀態與變遷。

- (三) 利用歷年區域空間自相關值之計算，明瞭人口老化聚集核心點在空間上分佈位置的變化。
- (四) 分析並歸納中部地區人口老化時空變遷的特徵。

貳、 相關文獻回顧

一、 人口老化空間差異相關研究回顧

在早期的老年人口空間分析的研究中往往僅採用各時期圖面比較來分析其分布的變化或採羅倫茲曲線來衡量空間分布的演變，惟對於空間單元之間其關聯性分析上仍嫌不足，且時間軸變遷上亦缺乏深入明確的探討。如：楊宗惠（1995）的研究中利用平均年齡、老年人口百分比、老化指數等多項老化衡量指標來分析全台灣地區人口老化程度，並將各時期數值繪製於圖面，藉由各時期圖面的比較，來分析台灣人口老化空間變遷的歷程。而陳國川（1982）與施添福（1979）的研究中，以全台灣為研究範圍，皆採年齡結構指數作為衡量各地區人口年齡之指標，藉歷年年齡結構空間分布圖加以對照分析的方式，以明瞭年齡結構空間分布之形態，指出老化主要集中於鄉村地區，城鄉差異明顯，且有日益拉大的趨勢。

在空間尺度較小的相關研究中，林慧娟（1996）以村里為研究單位，探討大台北地區人口老化及老年人口的生活型態。經由圖面比較，指出老年人口集中在市區之內，而人口老化顯著村里，集中於地理位置偏遠的鄉村、或有養老機構設置、外省籍人口聚集的地區。周素卿與詹麗芬（1994）以因子生態分析法（Factorial Ecology）研究台北都會區居住空間分化類別，由因子之一的「家庭生命發展階段」發現，台北市中心及經濟發展停滯的偏遠地區屬生命發展階段後期，因此老年人口比例明顯偏高。Chiang（1977）的研究中比較台北市和基隆市之年齡結構空間差異，得出台北市及基隆市在人口老化分布上具有共通

性：老化程度最嚴重地區皆集中於都市核心，隨著與市中心距離的增加而趨向年輕化。

北美及歐洲等西方先進各國，對於老人學的相關研究相當廣泛，而地理學者投入之老人學相關研究中，區域差異的探討是研究重點之一。例如：Goodman（1987）利用羅倫茲曲線及吉尼指數衡量 Baltimore, Philadelphia, Pittsburgh 三個城市老年人口空間分布的變化，其研究發現老年人口數較少的城市 Philadelphia 和 Baltimore，老年人口的分布趨向集中分布；老年人數較多的 Pittsburgh 城市則在空間分布上較趨向分散。Flynn（1980）之研究發現美國鄉村地區由於年輕人因求學、就業等因素而遷至城市中，而老人依舊留在原鄉，使鄉村地區形成典型的退休城（Retirement Centers）。Cowgill（1978）則提出美國之老年人口明顯集中於都會區的老舊核心區及偏遠的鄉村聚落中，文中並預估這股灰色浪潮將朝都市之市郊地區擴張。

由上述文獻回顧可知，人口老化情形似有空間聚集的現象，且時間軸上存在著由聚集區逐漸向外擴散的波及效應。而研究方法上仍多採圖面比較，輔以文字來進行分析，惟該種方法存在著無法客觀表達空間現象分布型態及變遷方式之缺點。

二、空間自相關實證研究回顧

在都市規劃界、流行病學、人口學--等學科的相關研究中，以空間自相關研究法來度量空間資料分布，已逐漸受到重視。空間自相關的量度，目的在於檢驗空間單元與其相鄰的空間單元的屬性間是否具相似性。簡單地說，空間自相關分析法是為了解近似屬性的空間單元是否有聚集在一起之傾向，否則其集在一起的現象只是單純的機率誤差（梁蕪善，2001；Gliffth，1973；朱建銘，2000；張秀玲，2000）。

空間自相關研究方法在地理資訊系統 (GIS) 的圖面展示功能配合下, 能夠展現出空間單元的位置及與其他空間單元之相互關係, 已有多項研究採用此方法加以應用。例如在都市計劃方面, 張秀玲 (2000) 採「空間自相關分析」檢測台南市東區地價的分佈呈現空間聚集之狀態, 並採「區域空間自相關」指數所繪之圖面, 作為劃分估價區之依據。鄒克萬 (2000) 在分析區域人口的時空變化時, 採用空間自相關分析法輔以 GIS, 依空間自相關 Moran I 數值大小, 將台灣各地區人口空間分佈區分為大小城市間隔, 同心圓、跳躍、單一核心等空間型態。於土地利用的相關研究中, 朱健銘 (2000) 則採用 Moran I 和 Getis I 統計方法度量雲林水產養殖土地利用空間聚集強度的空間變遷。在流行病學的應用上, Ord (1995) 利用空間自相關指數圖, 觀察 AIDS 在美國四個區域的傳播狀況, 研究顯示, 若 I 值隨著空間間隔增加而降低, 則 AIDS 傳染是呈單點源方式擴散。若相關圖呈現高低相間隔的狀況, 則應有多個點源存在。

鑑於此, 採用空間自相關研究方法來明瞭人口老化空間分布變遷, 可改善圖面分析無法處理空間單元間複雜關係的弱點, 將有助於更深入地探討人口老化的分布特性及時間尺度下人口老化空間變遷的問題。

參、 研究方法

空間自相關即是量測所謂空間事物的分布是否具有自相關性, 高的自相關性代表了空間現象有聚集性的存在。在空間自相關分析法的應用上, 根據研究之需求, 本研究採全域空間自相關 (Global Spatial Autocorrelation Analyst)、空間自相關圖 (Spatial Autocorrelation Coefficient Correlogram) 及區域空間自相關 (Local Spatial Autocorrelation) 三種不同的方式來分析空間事物的分布特性, 其主要的步驟與方法如下:

一、空間分布聚集度的檢測--全域空間自相關

空間自相關的主要功能在於同時可以處理資料的區位和屬性，而首要工作在於區位相鄰矩陣和屬性相似矩陣的建立。

(一) 區位相鄰矩陣的建立 (Locational Proximity Matrix)

空間自相關之分析法進行的第一步驟為「區位相鄰矩陣」的建立。若在區域內有 n 個空間單元，每個空間單元皆有一個觀察值 x ，空間單元 i 與空間單元 j 的空間關係構成 W_{ij} 的矩陣， i 與 j 的關係以 0 和 1 表示，以 1 表示 i 和 j 相鄰，以 0 表示 i 和 j 不相鄰。相鄰與否的判定，是採空間單元間的界線是否重疊而定，亦即邊界重疊表 i 和 j 相鄰，未重疊者則表不相鄰，其簡單定義如下(鄒克萬, 2000; Cliff, A.D. and Ord, J.K., 1981; 朱健銘, 2000)。

$$[W_{ij}]_{n \times n}$$

W_{ij} : 表區位相鄰矩陣

$W_{ij}=1$: 表示區位相鄰

$W_{ij}=0$: 表示區位不相鄰

$i=1 \cdots n$; $j=1 \cdots n$

$n=1 \cdots n$ 個空間單元

(二) 屬性相似矩陣的建立 (Attribute-Similarity Matrix)

屬性相似矩陣即研究範圍中，以各個空間單元資料值為基礎所構成之矩陣。一般而言，屬性資料常為社經資料，而屬性資料的定義，常因各研究需求差異而不同。本文在屬性指標的選取上，即是以各鄉鎮之老化指數作為衡量老化之依據。

(三) Moran Index 值之解析

Moran Index 值為 SAA 理論中，被廣泛應用的空間自我相關判定指標，其計算式如下：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \times C_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \times S^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \times (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

W_{ij} : 表區位相鄰矩陣

C_{ij} : 表屬性相似矩陣

S^2 : $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$

C_{ij} : $(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})$

其中 X_i 為 i 空間單元屬性資料值

X_j 為 j 空間單元屬性資料值

$W_{ij} = 1$ 代表空間單元相鄰 $W_{ij} = 0$ 代表空間單元不相鄰

$i \neq j$, $W_{ii} = 0$

若母體為隨機分配，對於「空間是否有自相關性存在」常採統計驗證的方式，可進一步檢定 Moran Index 的期望值和變異數如下：(Cliff and Ord, 1981; Goodchild, 1986)

$$Z(I) = \frac{[I - E(I)]}{\sqrt{Var(I)}}$$

$$E(I) = \frac{-1}{(n-1)}$$

$$Var(I) = -\frac{n[(n^2 - 3n + 3)W_1 - nW_2 + 3W_0^2] - K_2[(n_2 - n)W_1 - 2nW_2 + 6W_0^2]}{W_0^2(n-1)(n-2)(n-3)}$$

$$W_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \quad W_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_{ij} + W_{ji})^2 \quad W_2 = \sum_{n=1}^n (W_{\bullet i} + W_{\bullet j})^2$$

$W_{\bullet i}$ 和 $W_{\bullet j}$ 為相關權重矩陣 i 列及 j 行之總和

由 Moran I 公式中，我們可發現其分子即為相鄰空間單元離均差乘積之總和，換句話說，如果 i 空間單元與 j 空間單元之屬性資料值皆大於平均值，或皆小於平均值，則 I 值將大於 0，此代表相鄰地區擁有相似的資料屬性，簡單地說即屬性值高的地區有聚集現象，屬性值低的地區亦聚集現象。若 I 值小於 0，代表相鄰地區屬性差異大，則資料空間分佈是呈現高低間隔分佈的狀態，I 值趨近於 0，則相鄰之空間單元間相關性低，亦即老化現象高值或低值呈無規律的隨機分布狀態。

二、空間聚集型態探析—空間自相關圖之應用

由於 Moran I 值之量測，僅能明瞭屬性相似的單元間是否呈聚集狀態，但無法藉由該簡潔的數值來管窺空間中聚集區的分布型態。全域空間自相關的延伸—空間間隔自相關圖，可彌補該項不足，其中，各空間間隔之自相關值之計算，改寫 Moran I 之公式如下：

$$I(d) = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(d)} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(d)(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

d : 代表空間間隔 空間間隔= d , $W_{ij} = 1$, 餘 $W_{ij} = 0$
 W_{ij} : 代表區位相鄰矩陣

$d=1$ 代表空間單元是相鄰的, $d=2$, 定義為與間隔一個之空間單元相接鄰, 而與原來的空間單元不相鄰。依序增加空間間隔數, 求出各空間間隔之 Moran I 值, 並將各計得之 I 值繪製成柱狀圖, 即得縱座標為 I 值, 橫座標為各個空間間隔之空間自相關圖, 每個 Bar 代表該空間間隔的 I 值, 即該空間間隔之自相關係數強度。

相關圖之曲線, 如隨著空間間隔數的增加而依序遞減, 則表示該區域中屬性相似區呈現單核心的分布狀態; 若依序增加空間間隔, 相關曲線圖非依序遞減, 而呈波浪型曲線, 推知空間中應存在不只一個的空間聚集區塊。此外, 若以不同時期之空間自相關圖加以比對, 可藉以明瞭聚集強度變化及是否有空間擴散的現象, 作為分析空間資料分布變遷的有利工具。

三、聚集點空間分佈位置之探求—區域空間自相關

由上所述可知, 空間自相關指數及空間自我相關圖, 可明瞭區域內屬性資料的關聯程度及分布型態, 對於屬性相似聚集區空間分布位置所在則仍無法從中觀察出來。區域空間自相關, 衍生於全域空間自相關分析, 其應用即為了解決此項問題。其簡單的定義如下:

$$I_i = \sum_{j=i}^n W_{ij}(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})$$

I_i : Local Moran Index W_{ij} : 表區位相鄰矩陣

從式中可發現 n 個區域空間自相關值(I_i)累加之總和即為全域空間自我相關 Moran I 值。LISA 能夠得知聚集區在空間中的分布位置, 是利用位於聚集區

內的空間自我相關值遠較非聚集區來得高，輔以 GIS 空間展示的功能，將可獲知聚集區在空間分佈的位置。

上述空間自相關的研究方法中，全域空間自相關值的計算，可明瞭空間中相似屬性之聚集程度；空間自相關圖的繪製，可推敲屬性資料的空間分佈型態；最後計算出區域空間自相關值，得知聚集區空間位置所在。因此，應用空間自相關於人口老化空間分布變遷的研究中，Global Moran Index 的計算，可求知研究區內是否亦呈現相關文獻中老化空間聚集型態；若為空間聚集型態，人口老化聚集區空間組織情形為何？可藉由繪製空間自相關圖來推知；而聚集區在空間中的位置，將 Local Moran Index 數值輔以 GIS 圖面展示的功能，即可讀出空間分佈的特徵來。

肆、實證研究

一、中部地區概述

本研究區位居台灣西部中段，包含苗栗縣、台中縣、台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣，計六縣 106 個鄉鎮市區（圖一）。在自然環境上，地形呈現東高西低之勢，大體而言，可分為：苗栗丘陵、台中沿海平原、彰化平原、台中盆地、台中台地（后里台地、大肚台地、八卦台地）、丘陵山地五大地區（台灣中部區域計畫，1989）。人口在空間上的分布相當不均勻，主要集中於平原、盆地或河谷地帶，台地及丘陵山地人口則十分稀少，其中以台中盆地北部的人口最為密集，彰化及沿海平原地區次之。

而近 20 年來中部地區人口動態變化中，人口總成長率由 1980 年的千分之 21.65，降至 2000 年底的千分之 8.11，人口成長具逐年趨緩的特徵。就人口結構來看，台灣中部地區的老年人口比例於 1990 年底已達「人口老化」7%之標準，



圖一 中部地區行政區圖

稍早於台灣地區 1993 年底跨越 7%的人口老化門檻的時間。

本研究擬以台灣地區綜合開發計劃中所訂之“台灣中部地區”作為本研究空間範圍，涵蓋苗栗縣、台中縣、台中市、南投縣、彰化縣、雲林縣計六縣計 106 個鄉鎮市區。研究區域內在自然環境及社經發展程度差異頗大：有工商業發達的都市中心、新興的衛星市鎮，亦有發展相對較遲緩的山地丘陵地帶及西南部台灣典型農村地區，由於各地社經發展程度不同，人口老化情形應存在著空間差異，正適於進行上述課題之研究。

值得關心的是，中部地區與台灣地區相似，近年來老化情形皆有加速之趨勢，顯示各地區因出生率、死亡率不斷降低，在平均壽命延長和新生嬰兒數日益減少的雙重作用下，人口老化速度日益增快，老化人口對政治的影響力，及社會經濟的衝擊，將是不可小覷的課題。

二、中部地區人口老化時空變遷

在此所謂的時空變遷，指的是時間軸下人口老化空間分佈演變，在衡量老化特性指標的選取上，乃採中部地區各鄉市區之老化指數¹（Aging Index, AI）作為衡量依據。老化指數相較於老年人口比率，平均平齡或年齡中位數等老化程度衡量指標，其最大的優點，在於老化指數更具有衡量該地區“未來”人口老化趨勢的能力，因此近年來普遍被國內外各官方單位採用。

（一）人口老化時空分佈之檢測

首先，以各鄉鎮市區老化指數作為各空間單元之屬性資料，建構屬性相似矩陣；再採行政邊界與否重疊作為相鄰與否之依據，來建立區位相鄰矩陣。其分析方法與 Moran I 值的計算如下：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \times C_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \times S^2}$$

$$S^2 : \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

$$C_{ij} : (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})$$

註 1：老化指數 = $\frac{\text{老年人口比例}}{\text{幼年人口比例}}$ ，又稱之為老幼比。

其中 X_i 為 i 鄉鎮市區老化指數值

X_j 為 j 鄉鎮市區老化指數值

W_{ij} 表空間單元 i 與空間單元 j 所建構之區位相鄰矩陣

(相鄰為 1，不相鄰為 0)

n = 中部地區鄉鎮市區總數

\bar{X} = 中部地區各鄉鎮市區人口老化指數平均值

$$E(I) = \frac{-1}{(n-1)}$$

$$Var(I) = -\frac{n[(n^2 - 3n + 3)W_1 - nW_2 + 3W_0^2] - K_2[(n_2 - n)W_1 - 2nW_2 + 6W_0^2]}{W_0^2(n-1)(n-2)(n-3)}$$

$$W_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \quad W_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_{ij} + W_{ji})^2 \quad W_2 = \sum_{i=1}^n (W_{\cdot i} + W_{\cdot j})^2$$

$W_{\cdot i}$ 和 $W_{\cdot j}$ 為相關權重矩 i 列及 j 行之總和所計得之 Moran I 值與標準化後之 $Z(I)$ 值，如表二所列：

表二 歷年 Moran I 值

	1980 年	1990 年	2000 年
I 值	0.600	0.515	0.515
Var(I)	0.010	0.007	0.011
Z(I)	5.857	6.265	4.830

由 1980 年、1990 年與 2000 年的全域空間自相關係數來看，若採 0.05 顯著水準來進行檢定，三年度的全域自相關係數值均大於 1.96，此表示 1980、1990、2000 年三個年度中部地區人口老化皆呈現空間聚集的狀態。如觀察數值的變遷，可以發現呈現先升後降的變化，惟 1980 年至 1990 年數值的上升並不明顯，而 1990 年至 2000 年則有較大的降幅。可推知中部地區人口老化現象 1980 年一

2000年皆呈現空間聚集的特徵，1980年至1990年聚集度有增強之勢，而至2000年由原來的相對集中轉向相對分散的老化空間分布狀態。

(二) 空間聚集型態分析

空間中聚集型態分析是藉由空間間隔自相關圖來進行判別，其方法如下：

$$I(d) = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(d)} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(d)(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

d : $d = 1$ 代表與邊線重疊的行政單元是相鄰的，

$d = 2$ 代表與間隔一個的行政單元是相鄰的，

$d = 3$ 代表與間隔二個的行政單元是相鄰的。

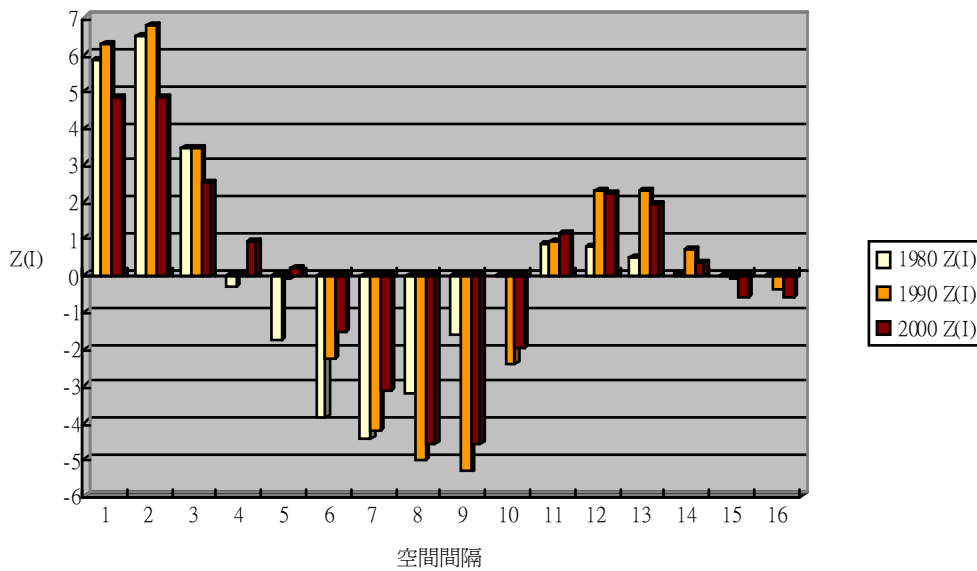
餘依此類推。

其計算結果及繪製如表三：

由三個年度的空間相關圖（圖二）來看，三個年度的空間自相關係數圖皆不是隨著空間增加而遞減，而是呈波浪狀曲線，代表三個年度的空間聚集核心不只一個。由三個年度的變遷觀之，1980年 $Z(I)$ 值在空間間隔 1-3, 11-14 正值，而 1990年在空間間隔 1-4, 11-14, $Z(I)$ 為正值，且自相關強度在各空間間隔的聚集區強度皆增加了。而 2000年時於空間間隔 1-5, 11-14 為正值，可以發現 $Z(I)$ 正值區的範圍擴大，但強度減弱，而且兩個 $Z(I)$ 正值區之間的空間間隔數減少了。由上所述可得知，聚集區逐年有擴大的傾向，聚集區與聚集區之間隨著時間演變則逐年拉近，表示聚集效應有向外擴散的現象。

表三 歷年各空間間隔之自相關係數

空間間隔	1980年 Z(I)值	1990年 Z(I)值	2000年 Z(I)值
1	5.857	6.265	4.835
2	6.524	6.784	4.808
3	3.438	3.473	2.492
4	-0.311	0.069	0.933
5	-1.783	-0.134	0.172
6	-3.865	-2.305	-1.536
7	-4.427	-4.213	-3.157
8	-3.214	-5.061	-4.618
9	-1.655	-5.358	-4.583
10	-0.066	-2.399	-1.981
11	0.855	0.882	1.119
12	0.745	2.306	2.191
13	0.462	2.261	1.954
14	0.076	0.697	0.332
15	-0.027	-0.130	-0.623
16	-0.010	-0.393	-0.588



圖二 空間間隔自相關係數圖

(三) 聚集點空間分佈位置之探求

延伸自全域空間自相關分析 Moran I 係數的區域空間自關係數 Moran I_i ，在本研究中簡單的定義如下：

$$I_i = \sum_{j=1}^n W_{ij}(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})$$

I_i ：Local Moran Index W_{ij} ：表區位相鄰矩陣

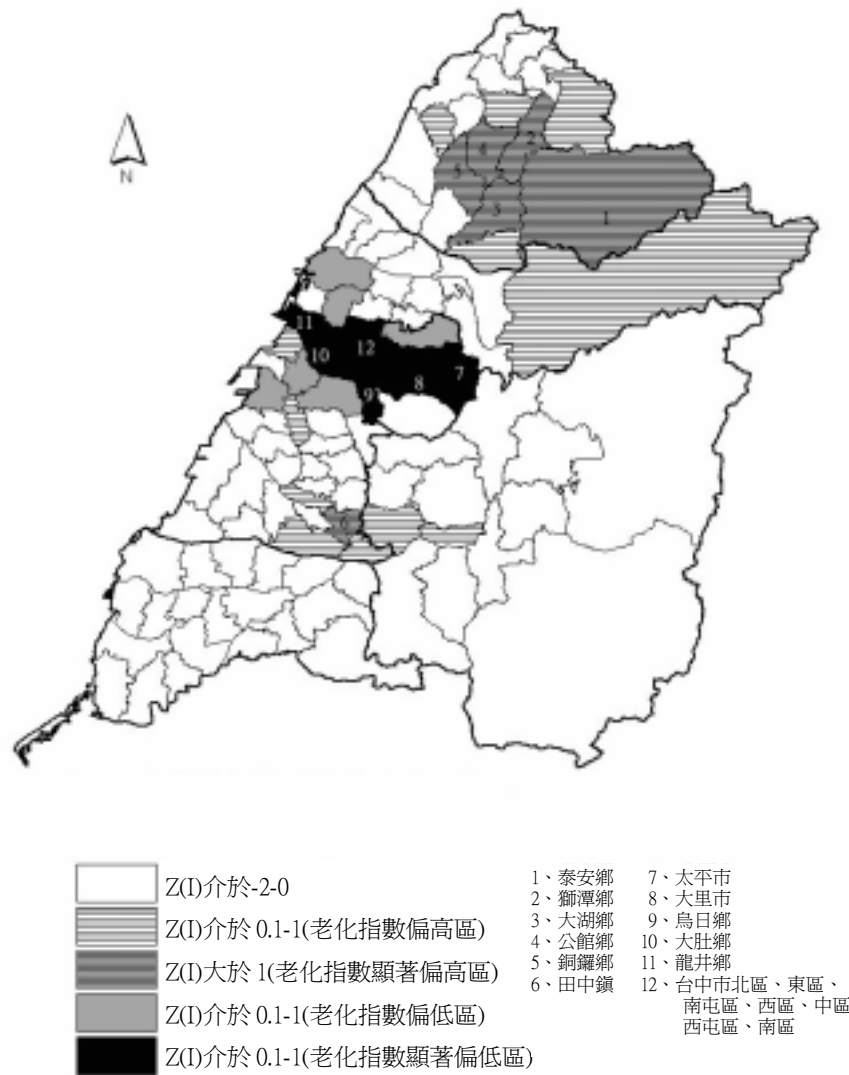
其中 X_i 為 i 鄉鎮市區老化指數值

X_j 為 j 鄉鎮市區老化指數值

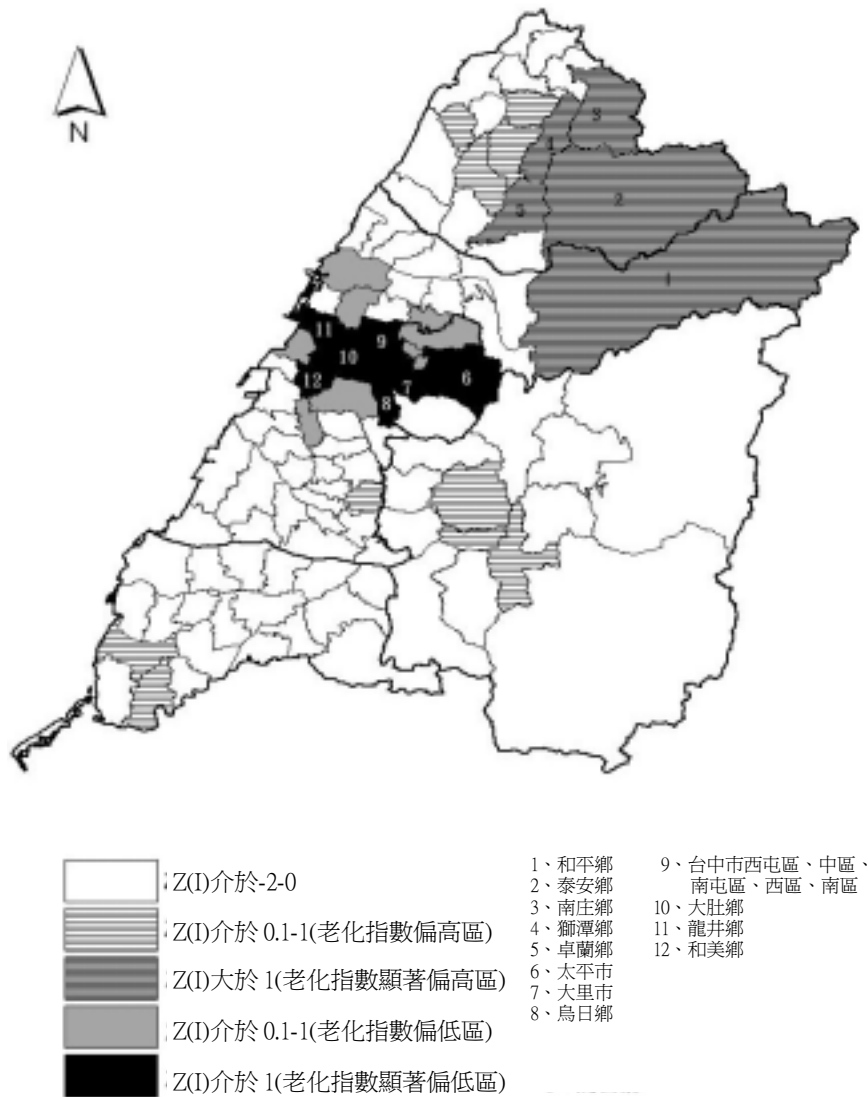
若將區域空間自相關係數值（附錄一）繪於圖面（圖三，圖四，圖五）上，可以發現 1980 年、1990 年、2000 年皆有多個 $Z_i(I)$ 正值的聚集區，即多個人口高齡化顯著或人口老化未顯著之年輕化聚集區存在研究區中，此與第一個步驟—全域空間自相關係數得之結果相吻合。由於 Moran I 值為正，其代表的可能為老化指數高的聚集區，也可能為老化指數低值的聚集區，故進一步比對各研究單元 $X_i - \bar{X}$ 的正負值，則可以分離出該聚集區究竟是屬於高值的聚集區（H-H 型）—老化顯著之人口聚集區，亦或是低值的聚集區（L-L 型）—老化未顯著的年輕化人口聚集區來。

由歷年的空間變遷可以觀察出老化未顯著的年輕化人口聚集區（老化指數低值的聚集區）主要以台中市及其近郊為核心，隨時間變化，聚集範圍略有擴大，但強度逐年減弱，尤以 1990 年至 2000 年的改變較明顯。而強度消弱的位置，主要集中於台中都會帶的東側及其北側，即東區、北區、北屯、潭子、豐原一帶。另外，值得注意的是，台中市中區原亦屬老化未顯著的年輕化地區之一份子，惟老化快速，2000 年已成為台中市這個“年輕地帶”的唯一老化特例。

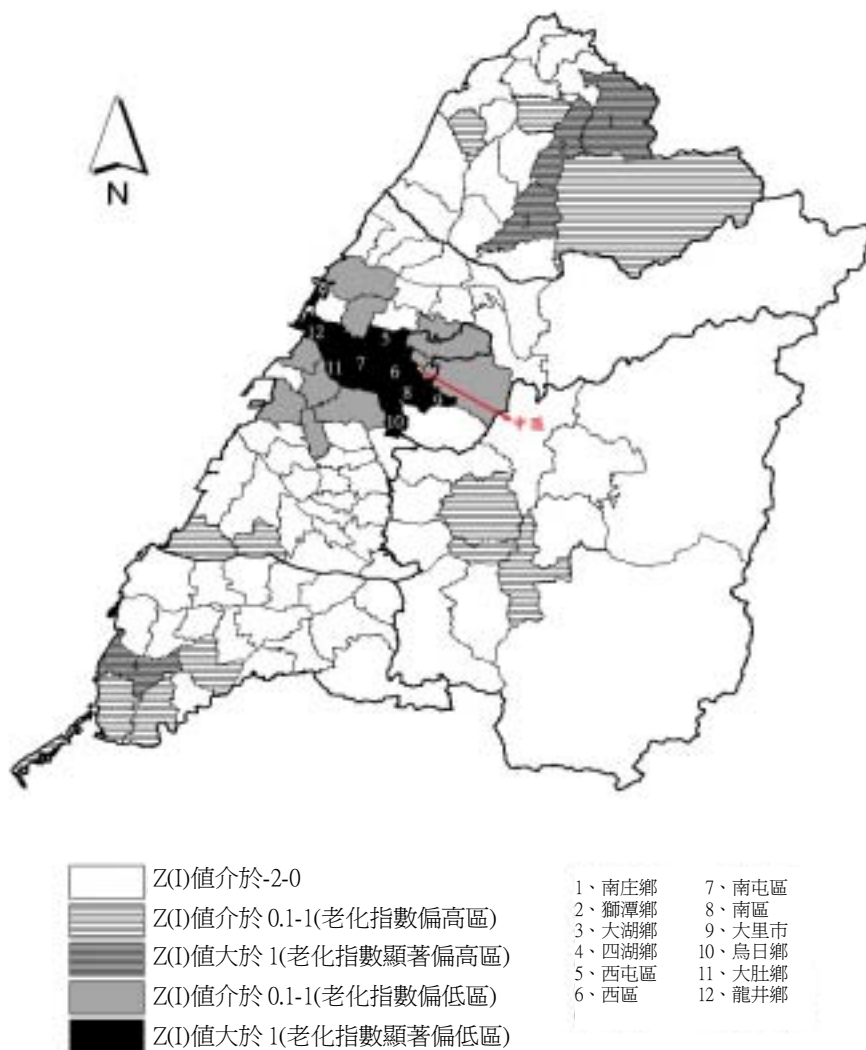
相較於人口年輕化地區的聚集現象，老化顯著的人口聚集現象並不那麼完



圖三 1980年人口老化 LISA 值



圖四 1990年人口老化 LISA 值



圖五 2000年人口老化 LISA 值

整與明顯。就聚集區的範圍來看，自 1980 年—2000 年，由 1980 年的南北兩大聚集區，至 1990 年四個，到 2000 年的五個聚集區，可以看出老化顯著的聚集區有日益增多，但強度趨弱的趨勢。反應出中部地區的人口老化現象聚集型態逐漸轉向均勻、隨機分布的狀態。

就老化顯著區的空間分布位置來看，歷年人口老化最主要的聚集帶為苗栗丘陵地區的南庄、獅潭、頭屋、泰安等鄉，1980 年至 1990 年其老化聚集區的範圍持續擴大，強度亦增強，顯示相對於鄰近空間單元，該區為明顯提早進入老化的地區。其餘的老化顯著區的強度較弱，主要散布於雲林的南部口湖、水林等鄉、南彰化的田中鎮與南投縣的水里鄉、集集鎮、中寮鄉等地。綜括來說，中部地區人口老化現象的聚集點主要散布於各縣市之偏遠丘陵山地區或發展較為延緩的農村地帶。

伍、結 論

從全域自相關係數來進行觀察，由於三年度的係數值均大於 1.96，當以 0.05 的顯著水準來進行檢驗時，表示三個年度中部地區人口老化現象呈現空間聚集的狀態。而聚集度的強度先略升後降，推斷中部地區人口老化現象 1980 年至 1990 年聚集度稍有增強，而 1990 至 2000 年強度減弱，轉向相對分散。

由空間自相關係數圖來觀之，三個年度皆呈波浪狀的空間間隔曲線，因此三年度的空間中皆有多個聚集核心存在。觀察三年度的空間變遷，發現 $Z(I)$ 正值區範圍不斷擴大，但兩個 $Z(I)$ 正值區之間的空間間隔數卻減少了，也就是聚集區之間的距離縮短了。

由區域空間自相關數值（LISA 值）繪製之圖面的觀察，可覺察 1980 年、1990 年、2000 年皆存在多個 $Z_i(I)$ 正值的聚集區，即多個人口高齡化或年輕化聚集區位本研究區中，此與第一、二個步驟—全域空間自相關係數、空間間隔自

相關圖，其所得之結果相吻合。進一步地分離出該聚集區是屬於老化顯著之聚集區，亦或是老化未顯著之年輕化人口聚集區時，可觀察出：

1. 老化未顯著之年輕化人口聚集區主要以台中市及其近郊為核心，隨時間變化，聚集範圍擴大但強度減弱，尤以 1990 年至 2000 年的改變較明顯。而人口年輕化強度消弱的位置，主要集中於台中都會帶的東側及其北側的北屯、潭子、豐原一帶。而台中市的中區原亦屬年輕化地區的一份子，惟老化快速，2000 年已成爲台中市這個“年輕地帶”的唯一老化特例。

2. 相較於老化未顯著之聚集區，老化顯著地區人口聚集現象並不那麼顯著。就聚集區的範圍來看，自 1980 年—2000 年，老化聚集區個數有日益增多，但強度趨弱的趨勢。反應出中部地區的高齡化人口現象聚集型態逐漸轉向均勻、隨機空間分布的狀態。就聚集區的空間分布位置來看，歷年人口老化顯著區最主要的聚集帶皆爲苗栗丘陵地區，相對於鄰近空間單元，該區爲較早進入老化的地區。其餘的老化聚集區域強度不強，散布於雲林縣南部、南彰化地區與南投縣中央山脈西緣地區。綜上所述，高齡化人口聚集帶分散於各縣市之遍遠丘陵山地區或發展較爲延緩的農村地帶。

3. 分析老化未顯著之年輕化聚集區與老化顯著聚集區其空間分布之特色，可看出其共通性：隨著時間的變化，聚集區的範圍擴大，但強度逐漸減弱。正呼應了先前全域空間自相關係數中老化強度減弱與空間間隔自關係數圖中聚集區之間，距離日益拉近的推論。

隨著台灣地區老化現象的普遍化，早期相關的文獻中提及之人口老化聚集化的現象已趨弱。由中部地區的研究中可發現，老化塊狀聚集的空間現象已不似以往來得明顯，甚至已趨向空間均勻散布，倒是老化未顯著的年輕化地區，團塊地聚集，呈現顯著的空間相依性及鄰近性。可以推知，隨著老化現象分布趨向均勻，老化聚集區已不再是昔日被年輕化地區包圍成塊的弱勢區，相反地，

年輕化地區在普遍老化的時空背景下，步老化聚集區之後，朝向被孤立的點狀聚集發展。

參 考 文 獻

中文部份

- 台灣省政府住宅及都市發展局 (1989) 台灣中部區域計畫 (第一次通盤檢討)。
- 朱健銘 (2000) 土地利用空間型態之研究, 國立台灣大學地理學研究所碩士論文。
- 周素卿、詹麗芬 (1994) 台北都會區居住空間的分化類型, 台灣大理學院地理系地理學報, 17: 1-20。
- 林慧娟 (1996) 大台北地區人口老化及老年人口研究, 台灣師範大學地理系研究所碩士論文。
- 施添福 (1979) 台灣人口年齡結構的改變和內部人移動的空間關係, 地理學研究, 3: 55-78。
- 張秀玲、鄒克萬、張曜麟 (2000) 都市地價之空間態變化特性研究, 地理學與區域發展學術討論會論文集, 彰化: 國立彰化師大地理系。
- 張峻嘉 (2000) 台北縣人口老化空間差異之研究, 二十一世紀的人口、家庭與遷徙問題研討會論文集, 台北: 中華民國人口學會。
- 陳國川 (1986) 台灣人口年齡結構空間分布的變化, 師大地理研究報告, 12: 57-68。
- 陳寬政、王德睦、陳文玲 (1986) 台灣地區人口老化與退休制度之檢討, 台銀季刊, 7(4): 166-1174。
- 楊宗惠 (1995) 台灣地區人口老化空間變遷與特性分析, 師大地理研究報告 23: 1-26。
- 鄒克萬 (2000) 區域人口分布之時空分析, 土地科學學報, 1: 33-50。

英文部份

- Chiang, L. H. (1977) A study of age structure in the Taipei-Keelung region, *Journal of Geographical Science*, 9: 39-51.
- Cliff A. and Ord, J.K. (1973) *Spatial Autocorrelation*, London: Pion.
- Cliff A. and Ord, J.K. (1981) *Spatial Processes: Model and Applications*, London: Pion.

- Cowgill, D. O. (1992) *Aging around the World*, Belmont: California.
- Flynn, C. B. (1980) General versus aged interstate migration, 1970-1986, *Research on Aging*, 2(2): 141-154.
- Ord, J. K. and Getis, A. (1995) Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application, *Geographical Analysis*, 27(4): 286-306.
- Goodman, A.C. (1987) Using Lorenz curves to characterize urban elderly population, *Urban Studies*, 24: 77-80.

附錄 1 1980 年、1990 年、2000 年中部地區各鄉 Moran I 及 LISA 值

地區別	1980 年老幼比	1980 年 Moran I	1980 年 LISA 值	1990 年老幼比	1990 年 Moran I	1990 年 LISA 值	1990 年老幼比	2000 年 Moran I	2000 年 LISA 值
中中區	8.35	132.39	1.57	14.29	433.49	1.01	40.17	901.33	-0.03
中東區	11.55	128.81	1.51	19.66	391.91	0.84	42.18	1081.74	0.11
中西區	10.59	138.61	1.67	15.38	581.26	1.59	31.30	2526.92	1.23
中南區	10.67	178.01	2.33	16.84	647.74	1.86	24.15	3595.32	2.06
中北區	12.75	108.87	1.17	21.67	351.98	0.68	35.32	1996.46	0.82
西屯區	9.52	221.00	3.06	15.46	813.97	2.52	20.54	5535.72	3.56
南屯區	11.31	122.17	1.39	16.22	589.65	1.63	18.94	4026.78	2.39
北屯區	11.11	97.39	0.98	16.96	342.18	0.65	26.03	2228.76	1.00
苗栗市	16.12	8.40	-0.52	25.94	-54.32	-0.93	46.92	-415.66	-1.05
苑裡鎮	16.77	-1.42	-0.68	26.28	9.25	-0.67	47.96	108.47	-0.64
通霄鎮	17.50	32.89	-0.11	29.03	79.66	-0.39	63.05	635.09	-0.24
竹南鎮	12.32	-7.79	-0.79	19.11	-31.83	-0.84	32.33	96.71	-0.65
頭份鎮	14.59	-3.58	-0.72	20.91	-67.93	-0.98	33.76	-294.16	-0.96
後龍鎮	18.32	17.62	-0.36	34.52	133.84	-0.18	60.19	294.85	-0.50
卓蘭鎮	19.38	40.61	0.02	28.95	45.08	-0.53	64.74	472.25	-0.36
大湖鄉	21.33	173.52	2.26	34.71	433.20	1.01	76.41	2667.22	1.34
公館鄉	21.95	161.89	2.06	31.76	248.65	0.28	52.25	17.37	-0.71
銅鑼鄉	22.54	142.52	1.74	37.86	387.94	0.83	64.11	903.99	-0.03
南庄鄉	19.60	70.85	0.53	42.33	862.95	2.71	85.39	3941.72	2.33
頭屋鄉	21.28	86.39	0.79	35.60	273.81	0.38	66.84	1155.15	0.17
三義鄉	17.65	9.72	-0.50	25.46	-6.85	-0.74	49.09	-69.34	-0.78
西湖鄉	23.45	85.29	0.77	48.85	428.39	0.99	97.25	1166.01	0.18
造橋鄉	16.78	8.27	-0.52	29.48	47.79	-0.52	57.49	81.30	-0.66
三灣鄉	21.28	19.08	-0.34	43.50	196.33	0.07	82.54	618.05	-0.25
獅潭鄉	24.26	217.19	2.99	52.26	1287	4.39	130.20	6432.36	4.26
泰安鄉	20.68	114.30	1.26	41.21	848.05	2.65	62.03	1357.89	0.33
豐原市	11.08	19.90	-0.33	15.28	100.69	-0.31	29.61	849.12	-0.07
東勢鎮	16.89	18.72	-0.35	27.48	20.60	-0.63	55.28	133.50	-0.62
大甲鎮	13.55	6.14	-0.56	18.71	60.88	-0.47	31.56	486.81	-0.35
清水鎮	12.35	59.19	0.33	20.54	264.98	0.34	37.84	1285.13	0.27
沙鹿鎮	9.02	66.45	0.46	13.68	237.52	0.23	29.06	1056.59	0.09
梧棲鎮	12.26	12.38	-0.45	14.94	76.98	-0.41	26.58	364.31	-0.45
后里鄉	13.02	8.19	-0.52	22.38	60.12	-0.47	43.98	207.47	-0.57
神岡鄉	12.79	24.91	-0.24	17.61	168.84	-0.04	30.17	806.72	-0.10
潭子鄉	10.45	50.83	0.19	15.99	237.44	0.23	23.77	1376.74	0.34
大雅鄉	9.74	38.30	-0.02	16.77	116.88	-0.25	23.57	901.00	-0.03
新社鄉	17.36	4.08	-0.59	34.16	68.02	-0.44	61.93	-21.59	-0.74

附錄 1 1980 年、1990 年、2000 年中部地區各鄉 Moran I 及 LISA 值 (續)

地區別	1980 年老幼比		1980 年		1990 年		1990 年		2000 年	
	Moran I	LISA	Moran I	LISA	老幼比	Moran I	LISA	老幼比	Moran I	LISA
石岡鄉	21.30	-11.72	-0.86	35.98	-35.47	-0.85	62.96	-103.18	-0.81	
外埔鄉	13.10	13.06	-0.44	20.81	94.11	-0.34	38.60	526.47	-0.32	
大安鄉	14.89	5.33	-0.57	26.37	8.42	-0.68	46.08	209.96	-0.56	
烏日鄉	9.74	171.23	2.22	17.11	625.95	1.77	33.04	2922.62	1.54	
大肚鄉	11.48	110.82	1.20	15.00	738.88	2.22	30.12	3067.99	1.65	
龍井鄉	11.14	123.38	1.41	17.11	534.81	1.41	25.20	3209.78	1.76	
霧峰鄉	13.40	14.76	-0.41	19.51	73.13	-0.42	35.87	309.69	-0.49	
太平市	8.36	187.95	2.50	13.23	594.55	1.65	33.53	1669.00	0.57	
大里市	8.83	193.31	2.59	14.94	610.08	1.71	18.44	3449.44	1.95	
和平鄉	22.83	49.11	0.17	47.39	499.64	1.27	60.92	254.45	-0.53	
彰化市	11.08	57.04	0.30	15.53	329.02	0.59	31.88	1766.85	0.64	
鹿港鎮	14.93	5.98	-0.56	19.74	200.93	0.09	36.21	952.39	0.01	
和美鎮	12.21	53.94	0.25	15.56	579.62	1.59	31.58	2173.67	0.96	
北斗鎮	17.30	31.72	-0.13	23.84	-91.53	-1.07	41.01	-393.61	-1.03	
員林鎮	11.01	3.02	-0.61	15.48	131.07	-0.19	31.88	720.36	-0.17	
溪湖鎮	14.95	-1.35	-0.68	20.46	57.14	-0.48	37.39	118.48	-0.64	
田中鎮	29.73	178.45	2.34	42.86	259.94	0.32	66.00	372.69	-0.44	
二林鎮	14.42	-4.29	-0.73	22.34	-111.44	-1.15	50.00	-158.87	-0.85	
線西鄉	14.02	11.56	-0.47	21.38	151.60	-0.11	39.47	708.33	-0.18	
伸港鄉	13.91	18.70	-0.35	18.33	249.23	0.28	32.50	1081.67	0.11	
福興鄉	15.81	-0.01	-0.66	22.15	10.94	-0.67	40.89	61.81	-0.68	
秀水鄉	14.59	15.91	-0.39	20.83	271.21	0.36	36.60	1411.84	0.37	
花壇鄉	13.16	13.12	-0.44	20.88	92.60	-0.34	36.99	616.58	-0.25	
芬園鄉	16.88	-15.20	-0.92	29.23	-85.76	-1.05	47.07	388.46	-0.43	
大村鄉	14.86	3.18	-0.61	23.49	60.30	-0.47	44.08	363.42	-0.45	
埔鹽鄉	16.98	0.91	-0.65	26.95	0.00	-0.71	53.55	23.94	-0.71	
埔心鄉	16.35	-3.66	-0.72	24.82	52.26	-0.50	46.19	294.57	-0.50	
永靖鄉	15.55	0.61	-0.65	23.78	53.81	-0.50	45.33	317.97	-0.48	
社頭鄉	14.85	-11.70	-0.86	21.99	-5.01	-0.73	42.27	196.69	-0.58	
二水鄉	18.54	44.11	0.08	35.59	154.75	-0.10	80.35	792.45	-0.11	
田尾鄉	19.74	65.15	0.43	35.02	86.58	-0.37	55.92	5.07	-0.72	
埤頭鄉	17.36	12.57	-0.45	28.04	12.79	-0.66	57.43	116.78	-0.64	
芳苑鄉	17.14	-0.37	-0.67	37.99	15.70	-0.65	76.57	506.59	-0.33	
大城鄉	15.81	0.03	-0.66	37.78	111.70	-0.27	84.71	1885.95	0.73	
竹塘鄉	17.29	4.60	-0.58	35.74	166.95	-0.05	83.63	2124.81	0.92	
溪州鄉	18.00	45.46	0.10	31.35	133.88	-0.18	64.55	819.58	-0.09	
南投市	15.48	-1.23	-0.68	23.40	-23.00	-0.80	41.96	-156.62	-0.85	

附錄 1 1980 年、1990 年、2000 年中部地區各鄉 Moran I 及 LISA 值 (續)

地區別	1980 年老幼比		1980 年		1990 年		1990 年		2000 年	
	Moran I	LISA	Moran I	LISA	Moran I	LISA	Moran I	LISA	Moran I	LISA
埔里鎮	14.84	-4.40	-0.73	24.43	-26.85	-0.82	47.80	-170.54	-0.86	
草屯鎮	14.56	3.87	-0.60	21.79	-17.05	-0.78	38.64	-227.79	-0.90	
竹山鎮	15.56	-4.93	-0.74	25.09	-67.14	-0.98	53.57	76.79	-0.67	
集集鎮	21.80	49.20	0.17	42.47	364.30	0.73	73.94	1744.03	0.62	
名間鄉	19.34	72.76	0.56	30.23	112.95	-0.26	55.39	172.71	-0.59	
鹿谷鄉	18.49	10.89	-0.48	32.11	64.46	-0.45	73.91	500.33	-0.34	
中寮鄉	18.18	15.09	-0.41	40.27	196.37	0.07	87.57	1522.35	0.45	
魚池鄉	20.49	-21.43	-1.02	36.86	-36.14	-0.85	81.30	286.09	-0.51	
國姓鄉	14.38	2.05	-0.63	28.03	10.71	-0.67	75.66	648.84	-0.22	
水里鄉	15.77	-1.06	-0.68	30.51	205.65	0.10	70.00	1794.76	0.66	
信義鄉	13.98	-13.46	-0.89	20.35	-122.99	-1.20	35.34	-1155.11	-1.62	
仁愛鄉	15.56	-2.47	-0.70	27.78	23.99	-0.62	41.55	-604.45	-1.20	
斗六市	19.93	11.50	-0.47	27.31	1.39	-0.70	40.71	-98.51	-0.80	
斗南鎮	17.35	14.71	-0.41	25.77	-15.40	-0.77	49.50	-27.51	-0.75	
虎尾鎮	15.69	-1.25	-0.68	25.00	-49.90	-0.91	50.75	-31.78	-0.75	
西螺鎮	16.18	0.82	-0.65	27.52	4.70	-0.69	50.97	-33.50	-0.75	
土庫鎮	16.25	2.42	-0.62	29.64	53.39	-0.50	60.73	549.72	-0.30	
北港鎮	16.67	2.93	-0.61	28.17	25.92	-0.61	57.73	403.14	-0.42	
古坑鄉	18.71	15.48	-0.40	35.90	-23.95	-0.81	63.92	-148.21	-0.84	
大埤鄉	19.60	7.37	-0.54	35.17	12.47	-0.66	67.91	94.97	-0.65	
荊桐鄉	15.24	-3.36	-0.72	25.46	-4.20	-0.73	51.26	2.23	-0.73	
林內鄉	15.06	-5.18	-0.75	26.39	-3.82	-0.73	50.94	-26.99	-0.75	
二崙鄉	16.67	0.36	-0.65	34.21	51.64	-0.51	71.27	726.19	-0.16	
崙背鄉	14.56	1.23	-0.64	26.64	-5.23	-0.73	60.99	528.91	-0.32	
麥寮鄉	14.04	2.70	-0.62	22.34	-101.95	-1.11	47.21	-406.44	-1.04	
東勢鄉	16.15	-0.83	-0.67	33.74	26.74	-0.60	74.57	672.25	-0.21	
褒忠鄉	15.38	-0.56	-0.67	27.76	12.65	-0.66	56.19	285.90	-0.51	
台西鄉	15.71	0.09	-0.66	30.95	51.21	-0.51	67.04	827.89	-0.09	
元長鄉	19.41	5.28	-0.57	38.03	170.01	-0.04	87.12	1967.95	0.80	
四湖鄉	16.46	6.87	-0.55	37.55	399.79	0.87	90.00	4402.88	2.69	
口湖鄉	15.61	-1.64	-0.69	30.68	130.83	-0.19	67.93	1663.82	0.56	
水林鄉	22.44	2.81	-0.61	44.59	253.03	0.29	96.93	2407.31	1.14	
平均值	15.82	39.30		26.95	179.18		52.11	938.53		
標準差	3.87	59.46			252.33		16.43	1289.96		