

# 探討應用空間統計與景觀格局分析於台南縣

## 歷史圖資之時空分析

韓威定<sup>1\*</sup> 孔憲法<sup>2</sup> 陳崇賢<sup>3</sup>

### 摘要

本研究透過「臺灣百年歷史地圖」WMTS 服務功能，將分別數位化能完整覆蓋原台南縣之 1904 年臺灣堡圖與 1989 年經建版地形圖第一版，給予歷史圖像資料不同自定義之建成區綴塊作為分析基礎資料，並應用空間統計分析呈現各區域建成區的空間分佈特徵與差異，以及景觀格局分析判識綴塊的數量、面積、空間規模與型態特徵，此外部分類別之歷史統計資料與分析結果具高度相關性，促使在說明研究成果上更具解釋力，並於綜合比較之下得出 1904 年 B 與 1989 年 E 的自定義建成區相較貼近於實際狀況，雖同年度的不同自定義建成區可發現其空間特徵有著明顯差異，乃不易判定其結果哪個較佳，而是依據研究方向與目的去選擇較符合該框架下的自定義建成區。

**關鍵詞：**台南縣、空間統計分析、景觀格局分析、歷史地圖

## 1. 前言

### 1.1 研究動機與目的

20 世紀初日本殖民政府測繪出精確的 1904 年臺灣堡圖與 1921 年實測地形圖，二戰期間由美軍透過航空照片，以航空攝影測量技術進行修測所繪製的 1944 年地形圖，再進入戰後民國時期由聯勤總部繪製之 1955 年地形圖及 1989 年經建版地形圖第一版，歷史地形圖做為記載臺灣不同時期歷史環境的圖像資料，對於判識臺灣各地區聚落地理位置、建成區與環境變遷，具有高度參考價值的研究資料。然而過去網際網路未普及的時代，歷史地圖很大程度受限於技術與資料取得，因此早期應用空間統計分析於歷史圖資的相關學術論文較少。

隨著地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 的發展，研究者可將傳統類比地圖轉換成數值資料，由中央研究院人社中心地理資

訊科學研究專題中心 (簡稱 GIS 專題中心) 所研發的「臺灣百年歷史地圖」線上地圖網站，是透過「地圖與遙測影像數位典藏計畫」所數位化之臺灣歷史圖資，經過座標定位校正後，所建立的一個開放資料服務平台，並不定期更新已完成數位化的歷史地圖，為臺灣目前最完整的歷史地圖資料庫。

透過各時期共同地理對位之歷史地圖進行圖層套疊，相比以文字敘述的歷史文獻，更易掌握自然環境與建成區在空間地理上的變遷資訊，而日治時期已有記載豐富的統計資料，也成為現今重要的歷史文獻研究史料。因此，台南縣做為臺灣最早開發的地方之一，近年來有不少學術論文透過地理資訊系統與歷史資料相結合，進行自然環境變遷或人文社會經濟之聚落變遷的研究，但普遍是以較小空間尺度的區域 (單一聚落或鄉鎮區) 做為研究範圍，卻鮮少運用日治至 20 世紀末之歷史圖資探討整體台南縣各區域的空間關

<sup>1</sup> 國立成功大學都市計劃學系 碩士

<sup>2</sup> 國立成功大學都市計劃學系 教授

<sup>3</sup> 國立成功大學都市計劃學系 研究助理

\* 通訊作者, E-mail: weiting039@gmail.com

收到日期：民國 108 年 11 月 18 日

修改日期：民國 108 年 12 月 16 日

接受日期：民國 109 年 01 月 10 日

係。

此外，國內有關景觀格局分析 (Landscape Pattern Analysis) 的學術研究中，多為運用航照影像、遙測影像等素材，引用景觀生態指數系統評估方法進行土地利用特徵變遷的研究，而國外的研究近年來則有結合空間統計分析，探討區域中聚落不同時期的分佈特徵與空間特性。因此本研究希望藉由「臺灣百年歷史地圖」的歷史地形圖，結合地理資訊系統中的空間統計與景觀格局分析，探討不同時期圖像資料中台南縣各區域建成區之間的空間特徵，探究結合空間統計與景觀格局分析應用於歷史圖資之特性與限制，以及探討不同時期歷史圖像資料與統計數據之相關性。另外，透過臺灣早期測繪的 1904 年臺灣堡圖與 85 年後科技先進許多之經建版地形圖進行空間分析，其分析結果如能呈現出與該年度實際情況相符，將能更凸顯出臺灣百年歷史圖的學術價值與歷史統計數據之參考價值。

## 1.2 相關研究

本研究透過 1904 年與 1989 年歷史圖資分析台南縣之建成區空間分佈與格局特徵，而國內研究中較少透過 GIS 之空間統計分析與景觀格局分析相結合的方法，透過不同時期歷史圖像資料探討台南縣建成區空間分佈特徵，較多是有關土地利用變遷之研究，因此，本研究將所參考有關探討聚落空間格局特徵之國外研究做簡單說明。

隨著 GIS 分析技術的發展與空間統計分析技術，聚落空間與景觀研究逐漸受到重視，其 Sevenant & Antrop (2007) 應用 GIS 技術比較希臘兩個不同類型的傳統鄉村聚落 (島嶼與盆地類型)，分析聚落空間型態、土地利用分區與景觀可視性 (landscape visibility) 之間的關係，並顯示出密集使用之土地顯然更明顯對該領土的極大程度的視覺控制，而之間的關係也隨著不同距離與聚落類型而有所變化。Clark *et al.* (2009) 建立一種多維空間綴塊指數，可根據土地景觀、綴塊形狀與大小以及鄰接度等指數，檢視整個景觀之鄉

村聚落的變化情況，也提到聚落的時空分佈是針對鄉村聚落體系地域時空屬性的特徵表達，主要是說明鄉村聚落在時間和空間序列上分佈的特徵。

朱彬及馬曉冬 (2011) 應用景觀格局分析與集群分析 (cluster analysis) 探討蘇北地區鄉村聚落之空間特徵與類型劃分，結果說明聚落的空間分佈存在明顯的地域差異，徐淮平原聚落規模大卻離散，淮陰平原聚落規模相對大又密集，鹽城地區聚落規模則較小且密集。馬利邦等 (2012) 運用相似研究方法，探討甘谷縣 1998 至 2008 年聚落之時空佈局特徵與空間格局優化，而文中採傳統分析方法研究聚落變遷，對於聚落與小尺度所隱含之空間特徵、結構與規律未深入研究。

馬曉冬等 (2012) 也透過 GIS 的空間統計分析，運用探索性空間數據分析 (Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA) 中的平均最鄰近指數 (Average Nearest Neighbor, ANN)、核密度估計 (Kernel Density Estimation, KDE)、頻率分佈圖 (Frequency Map)、全域型空間高低聚類 (Getis-Ord General G)、區域型之熱點分析 (Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi)) 等方法分析聚落空間分佈、空間規模、空間分異以及其他異質性的格局特徵，結合景觀指數之景觀形狀指數用於分析聚落的型態分佈差異與結構特徵，最後以集群分析將聚落劃分為 8 種不同型態之地域類型。

李靜等 (2014) 因三江平原城鄉聚落規模小、數量多、分佈零散、綴塊大小各異且複雜，不適用於單一指標或方法分析其聚落分佈與型態特徵，則運用與前述相似之研究分析方法，可較有利於描述綴塊形狀與分佈狀況，更突顯地反映城鄉聚落的分佈格局。王曼曼等 (2016) 則是運用 2005 年至 2012 年土地利用數據並對聚落進行數化後，探討鹽池北部風沙區鄉村聚落演變特徵與其影響因素，探索自然地形、區位條件與社會經濟發展水平因素對鄉村聚落格局分異的影響力。

## 2. 研究資料

### 2.1 研究範圍

本研究以 2010 年台南縣市合併前之原台南縣為研究範圍，共劃分 31 個區 (1990 年前為 31 個鄉鎮，本研究將統一以縣市合併後的「區」做說明)，北界為八掌溪，南界則為二仁溪，東臨中央山脈前山地帶，西臨臺灣海峽，台南縣內地勢為東部高聳西部平坦，土地總面積約 2,016 km<sup>2</sup>，並簡易劃分為海拔較高的東部丘陵與高山地區 (共 14 個行政區)，以及西部平原地區 (共 17 個行政區) 做為後續分析說明，而同時擁有平原與

丘陵地的白河區、官田區等將一併劃分為東部區域 (如圖 1 所示)。

### 2.2 歷史圖資

為了探討台南縣各區域建成區之間的空間特徵，本研究將透過「臺灣百年歷史地圖」並選擇能完整覆蓋研究範圍之 1904 年臺灣堡圖與 1989 年經建版地形圖第一版做為研究素材，成為數化分析的歷史圖資與時間範圍 (如圖 2 所示)，另外，後續所呈現的歷史地圖均為圖像底圖套疊本研究主觀繪製的圖形與數化資料，並非歷史圖資的原始實際狀況。

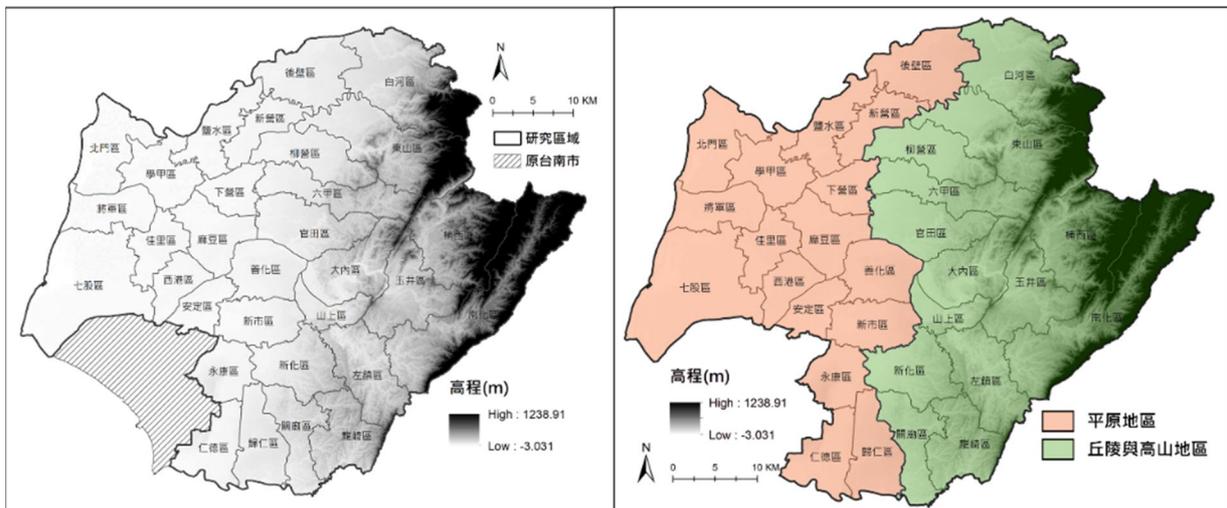


圖 1 原台南縣之研究區域

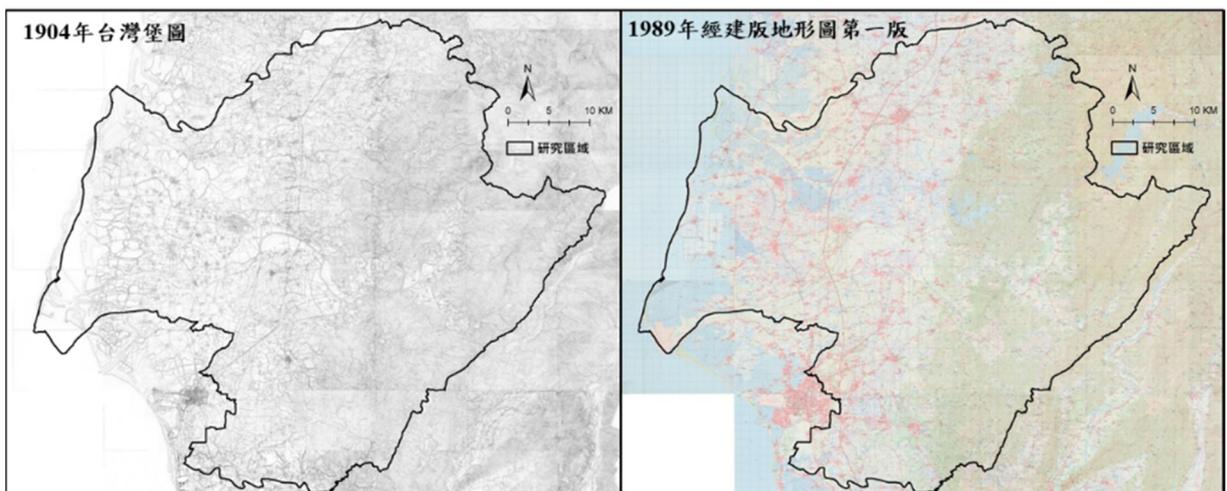


圖 2 1904 年與 1989 年歷史圖資

資料來源：臺灣百年歷史地圖 (中研院 WMTS 服務)

日本殖民臺灣後，隨即於 1898 年對臺灣平原地區進行土地調查事業，並於 1904 年由臨時臺灣土地調查局繪製 1/20000 之臺灣堡圖，為臺灣最早遵循測繪技術所繪製的地形圖，也成為殖民政府提供統治臺灣與擬定建設方針的精確依據，成為日本人治理臺灣的藍圖 (施添福, 1996)，本研究使用之臺灣堡圖為明治時期版本，比例尺為 1/20000，其詳細記載土地的分界，成為年代最早可運用於疊圖分析之歷史地圖資料。1985 年開始，內政部依據 1/25000 與 1/50000 的像片基本圖，不同時期繪製成多版經建地形圖，其第一至三版的坐標系統均採用 TWD67，第四版則開始採用 TWD97 (沈淑敏及張瑞津, 2003)，而本研究所使用的經建版地形圖第一版於台南縣圖幅之調繪時間為 1989 年，比例尺為 1/25000。

### 3. 研究方法

#### 3.1 研究流程

本研究為充分呈現歷史圖資在時空分析上的研究價值，運用 ArcGIS 軟體數化歷史空間圖像資料為面 (polygon) 圖層，並給予不同自定義

的建成區綴塊成為實證分析的基礎資料，探討應用空間統計與景觀格局於台南縣不同時空下建成區的空間分佈特徵與規模。此外，其前置工作也包含數位化與彙整所蒐集的各類歷史統計資料，將結合圖像空間資訊與統計數據進行相關分析，判斷其各類分析資料之間的相關強度，探討圖像資料與政府所記載的統計資料是否為高顯著，促使本研究在說明研究成果更具解釋力，研究架構可參考圖 3 所示。

#### 3.2 圖像資料數化

中研院為推廣「臺灣百年歷史地圖」開放資料庫的各類圖資加值應用，除了提供線上圖資平台以及支援 WMS、KML 服務標準外，也進一步開放網路地圖圖磚服務 (Web Map Tile Service, WMTS)，即可透過符合開放地理空間協會 (Open Geospatial Consortium, OGC) WMTS 規範之地理資訊系統相關服務軟體，介接引用豐富的歷史圖資進行疊圖應用與分析，而本研究是透過 ArcGIS 軟體的 WMTS 服務功能將已校正對位的 1904 年臺灣堡圖與 1989 年經建版地形圖第一版之歷史圖資匯入於圖層清單中。

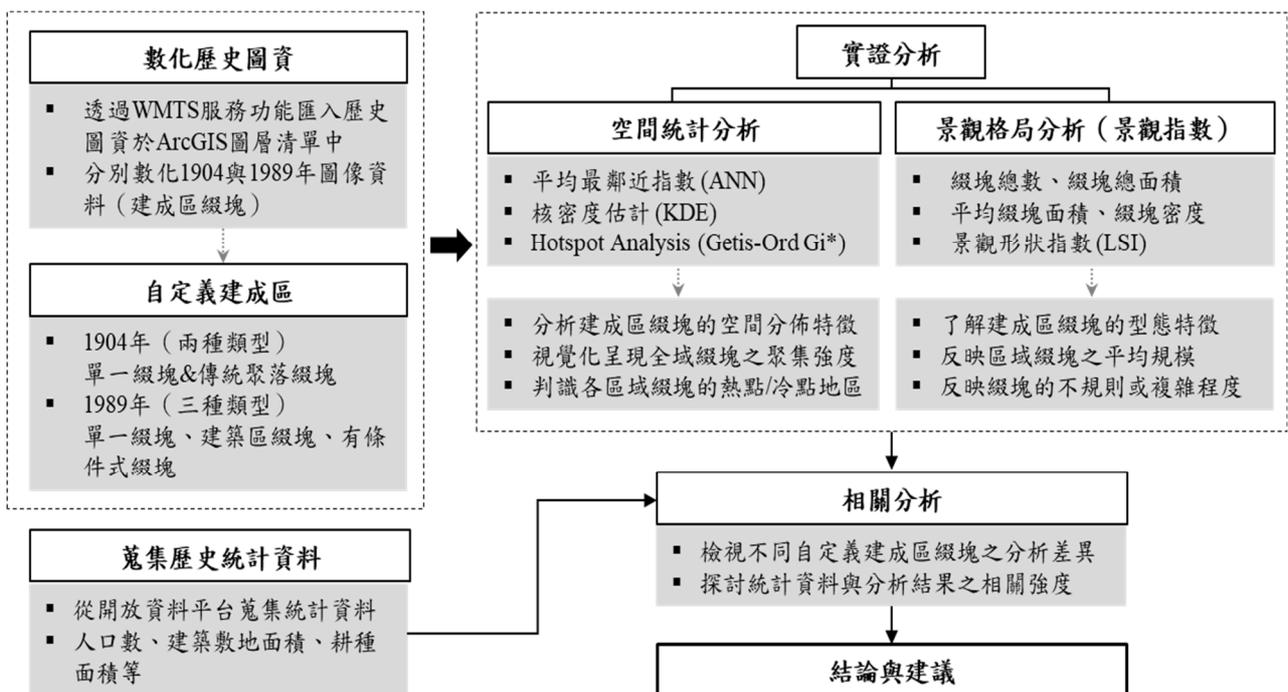


圖 3 研究架構圖

由於 WMTS 所匯入的 1904 年與 1989 年歷史圖資為影像檔，ArcGIS 並無法直接以圖像資料(建成區綴塊) 進行空間統計與景觀格局分析，必須數化其圖像資料成為軟體可分析的圖層。首先，於 Catalog 模組中選定資料存放位置並建立新的 polygon 類型 shapefile，均設定於 TWD1997 座標系統下進行數化，數化成果故可能與原始歷史圖像資料產生微小的誤差，且其原始資料仍已在繪製上存有誤差，因此本研究則不深入驗證所應用圖資之精準程度。而本研究所數化的不同時期歷史圖資，將分別以數種不同自定義的建成區綴塊做為實證分析對象，由於過往研究中無透過其歷史圖資去定義與分類不同建成區，因此本研究在無前人相關研究依據下憑現有的歷史圖像資料經比對與篩選後進行主觀判斷分類的方式，其包含 1904 年以單一綴塊與傳統聚落的複數綴塊之兩種方式，1989 年則以單一綴塊(包含建築區與獨立房屋)、建築區綴塊與有條件式綴塊(平原地區排除小於 450 m<sup>2</sup> 的獨立房屋及丘陵與高山地區排除小於 200 m<sup>2</sup> 之獨立房屋)，以上不同自定義的原則將於後續內容依序說明。

然而本研究限制為 1904 年臺灣堡圖與 1989 年經建版地形圖第一版在應用分析上，其相隔 85 年所繪製的方法、目的與比例尺都不一，圖像資料所呈現的精細度也有差異，前者劃定建成區的方式較偏向以建地做為基準可能包含建築物與敷地，因此較粗略的空間單元相比後者擁有較大的建成區面積；後者則透過像片基本圖判識建成

區(包含建築區與獨立建物)，具備較精確的圖像資料、地理位置與面積大小，因此兩者的實證分析結果難以深入相互比較討論，僅限於使用相同年份圖資中對不同自定義的建成區綴塊於分析時，各區域綴塊之間則可直接相對比較與討論。

### 3.2.1 1904 年臺灣堡圖

由 1904 年臺灣堡圖(比例尺為 1/20000) 以現今六甲市區的數化過程為例做說明，所呈現的斜線塊狀圖像資料皆判識為建成區(如圖 4 所示)，而為比較不同自定義建成區綴塊在實證分析上的差異，將分成兩種自定義的方式。第一種分類為分別數化成獨立的建成區綴塊，每個 polygon 資料中僅有單一綴塊；第二類是以圖像資料所標識的傳統聚落名稱做為主要整合對象，將可辨識為某聚落之綴塊一併視為同一個建成區綴塊，因此每個 polygon 資料中存在已合併之複數綴塊，而其餘難以歸類聚落名稱的綴塊將個別為一個 polygon 資料。由圖 5 所示，第一種的單一綴塊分類共有 13 個建成區綴塊；第二種的傳統聚落分類僅有 5 個建成區綴塊，因相同聚落則合併視為一個 polygon。本研究主要是以視覺判識傳統聚落，雖然以鄰近聚落名稱的建成區綴塊進行分類的方法較為粗糙，但以達成對傳統聚落之建成區綴塊大致的分類。另外，如圖 6 所示，相比平原地區較大面積的建成區綴塊，左鎮之丘陵與高山地區的建成區綴塊較零碎且複雜，因此也較難辨識傳統聚落的名稱。

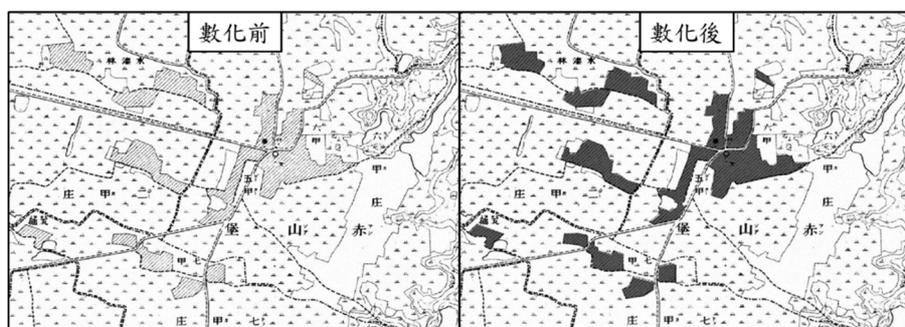


圖 4 六甲市區數化前後對照圖(1904 年臺灣堡圖)

資料來源：臺灣百年歷史地圖(中研院 WMTS 服務)

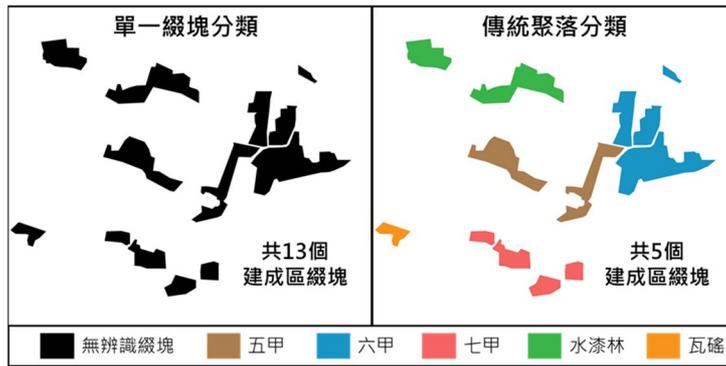


圖 5 六甲市區不同自定義建成區綴塊示意圖 (1904 年臺灣堡圖)

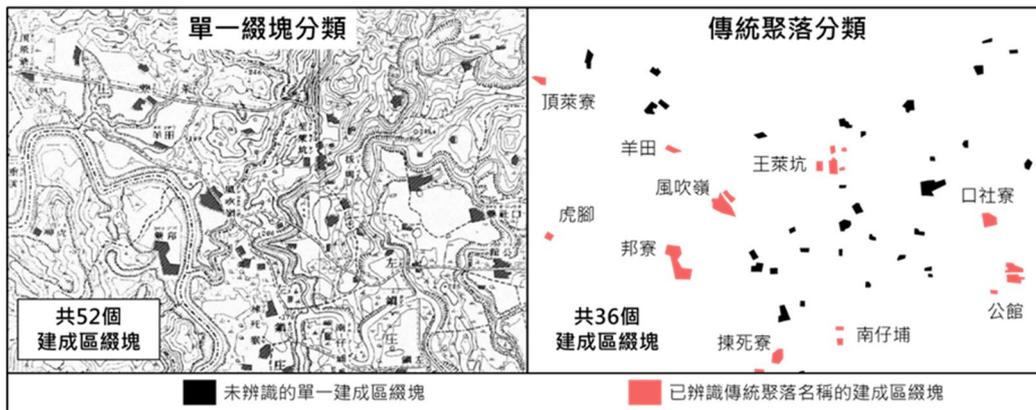


圖 6 左鎮不同自定義建成區綴塊示意圖 (1904 年臺灣堡圖)

資料來源：臺灣百年歷史地圖 (中研院 WMTS 服務)

### 3.2.2 1989 年經建版地形圖第一版

1989 年經建版地形圖第一版 (比例尺為 1/25000) 的圖像資料相比 1904 年臺灣堡圖較為細緻 (如圖 7 與圖 8 所示), 劃定的原則與臺灣堡圖也存在差異, 其可分為淺紅色塊狀之建築區與黑色小塊狀之獨立房屋, 前者為本研究主要的分析對象, 後者因數量繁多面積卻極小, 因此 1989 年將分成三種類型的自定義建成區綴塊進行實證分析的比較。第一種為研究區域內所有的建築區與獨立房屋; 第二種為排除所有獨立房屋, 僅保留建築區; 第三種為所有的建築區與本研究自訂篩選條件以控制獨立房屋的數量, 其西部平原地區排除小於 450m<sup>2</sup> 的獨立房屋 (保留高於其平均面積相對較大面積的獨立房屋), 排除數量繁多

的小綴塊的主要用意為減少實證分析上可能呈現的極端值, 而東部丘陵與高山地區普遍的平均建成區綴塊面積較小且零星分佈之特性, 則排除小於 200 m<sup>2</sup> 之獨立房屋做為依據 (保留高於其平均面積相對較大面積的獨立房屋)。

由圖 9 與 10 所示, 以六甲市區與左鎮地區為例透過不同自定義建成區綴塊的方式, 其三種類型均唯有獨立房屋會產生變化。第一種為保留所有圖像資料之建築區與獨立房屋, 前者相較下綴塊面積明顯較大, 後者而是擁有許多小綴塊密集分佈於各處; 第二種排除所有獨立房屋但保留建築區; 第三種則經篩選後相較於第一種類型僅保留較大面積的獨立房屋, 減少數量繁多的小綴塊於後續分析中。

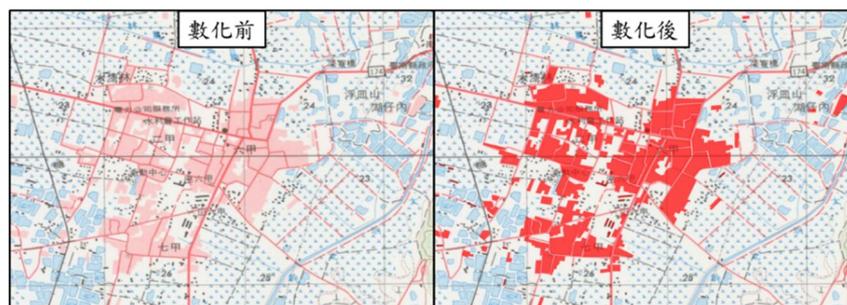


圖 7 六甲市區數化前後對照圖 (1989 年經建版地形圖第一版)

資料來源：臺灣百年歷史地圖 (中研院 WMTS 服務)

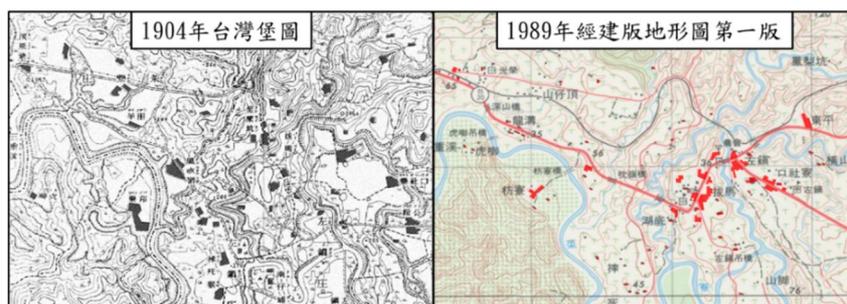


圖 8 不同時期圖資之左鎮地區數化示意圖

資料來源：臺灣百年歷史地圖 (中研院 WMTS 服務)



圖 9 六甲市區不同自定義建成區綴塊示意圖 (1989 年經建版地形圖第一版)

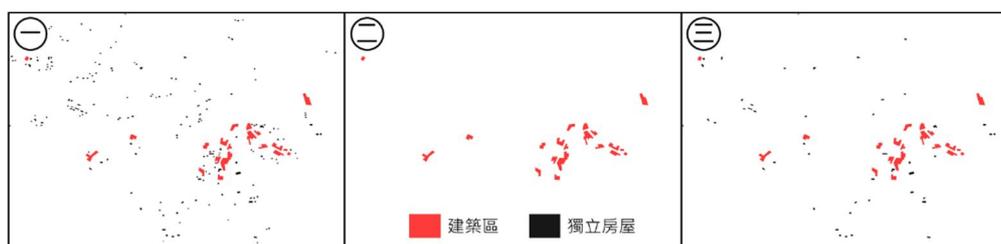


圖 10 左鎮地區不同自定義建成區綴塊示意圖 (1989 年經建版地形圖第一版)

### 3.3 蒐集與數化歷史統計資料

本研究所蒐集的歷史統計資料是透過臺灣大學法律學院規劃建置的「日治時期統計資料庫」，為收錄日治時期官方統計資料為主的開放資料平台，其包含由臨時臺灣戶口調查部編的 1905 年臺灣現住人口統計以及由臺南州總務部

總務課編印的 1921 年臺南州第三統計書；臺灣戰後時期的統計資料則是由台南縣政府所編印之 1990 年台南縣統計要覽作為本研究參考，記載各類型的統計資料包含現住人口數、耕種面積、建物基地面積以及就業人口等，作為後續相關分析的基礎資料。本研究所蒐集的所有歷史統計資

料均為掃描電子檔，須進一步透過 Microsoft Excel 軟體將其各統計資料數位化整理，以便實證分析使用。此外，受歷史資料的限制，將主要以 1905 年、1921 年與 1990 年的統計資料做為 1904 年與 1989 年的圖像資料進行比較。

### 3.4 空間統計分析 (Spatial Analysis)

本研究以 ArcGIS 軟體之 ArcToolbox 模組，採用其空間統計分析工具 (spatial analyst tools) 中的分析模式 (analyzing patterns)、密度 (density)以及群聚量測 (mapping clusters) 之類別，其分別對應以下之分析方法。

#### 3.4.1 平均最鄰近指數

平均最鄰近指數 (Average Nearest Neighbor, ANN) 是用於判定建成區綴塊的整體空間分佈模式，透過測量每個綴塊 polygon 中心點與其最鄰近的綴塊 polygon 中心點之間的平均距離，將該平均觀測距離 (observed average distance) 與假設隨機分佈的平均期望距離 (expected average distance) 進行比較，以兩者之間的比率判斷建成區綴塊空間分佈為集聚或者是離散分佈 (Bailey & Gatrell, 1995、Ebdon, 1985)。同時，引入標準化 Z 值來衡量平均距離的觀測值與期望值之間的差異程度，即將兩者的差值與最近鄰點平均距離的標準誤差進行比較。其計算式如式 (1)~(3)：

$$ANN = \frac{\bar{D}_o}{\bar{D}_e} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i/n}{\sqrt{A/n/2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$SE = 0.26136 \sqrt{\frac{n^2}{A}} \dots\dots\dots (2)$$

$$Z = \frac{\bar{D}_o - \bar{D}_e}{SE} \dots\dots\dots (3)$$

式中， $\bar{D}_o$ 是每個綴塊點與其最鄰近的點觀測平均值； $\bar{D}_e$ 是假設隨機模式下綴塊點的期望平均距離； $n$ 為建成區綴塊總數； $d$ 為距離； $A$ 為研究

區域的建成區綴塊總面積；若 $ANN < 1$ ，則建成區綴塊呈聚集分佈；反之 $ANN > 1$ 則趨向於離散分佈； $SE$ 為最鄰近點平均距離的標準誤差；若 $Z > 1.96$ 或 $Z < -1.96$ ，即可認為在 $\alpha = 0.05$ 的顯著性水平下，所計算的觀測模式與隨機模式之間的差值具有統計顯著性；反之，如果 $-1.96 < Z < 1.96$ ，則可認為觀測模式看上去更加聚集或更加離散，但實際上與隨機模式之間不存在顯著差異 (Mitchell, 2005)。

#### 3.4.2 核密度估計

核密度估計 (Kernel Density Estimation, KDE) 是在研究區域建立均勻網格，以每個網格中心點透過搜尋半徑方式建立其搜尋範圍，估算建成區綴塊分佈在空間的密度。可表示綴塊群聚強度，當密度函數值越大時，代表有越多點聚集現象 (Silverman, 1986)。其計算式如式(4)：

$$f(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \dots\dots\dots (4)$$

式中， $f(x, y)$  是位於  $(x, y)$  位置的函數密度值； $n$  為觀測數值； $h$  為搜索半徑； $k$  為核函數， $d_i$  為  $(x, y)$  位置距第  $i$  個觀測位置的距離。

#### 3.4.3 熱點分析

熱點分析 (Hotspot Analysis (Getis-Ord  $G_i^*$ )) 是對台南縣每一個區域建成區綴塊賦予一個指標值，用以檢視該空間單元與鄰近空間單元之間的空間型態，是否存在代表具有統計顯著性的空間聚集程度，將其 Getis-Ord  $G_i^*$ 的正值與負值可視化為熱點地區與冷點地區的分析方法 (Getis & Ord, 1992、Ord & Getis, 1995、張文稔等，2017)。其計算式如式(5)：

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j}{\sum_{j=1}^n x_j} \dots\dots\dots (5)$$

式中， $G_i^*$ ， $n$  是研究範圍內的建成區綴塊數； $i$  為每個建成區綴塊的中心點； $j$  為  $i$  的鄰近建

成區綴塊； $w_{ij}$  分別是  $i$  和  $j$  區域的觀察值； $G_i^*$  為量測其隨機變數  $x$  相對於其他區域的  $x$  值的空間聚集程度；若建成區綴塊數之  $G_i^*$  為正值，表示該空間單元  $i$  與鄰近空間單元  $j$  的觀察值均為高值，屬高值集聚的熱點地區 (hot spots)，反之負值則為冷點地區 (cold spots)。為便於解釋和比較，對  $G_i^*$  進行標準化處理得  $Z(G_i^*) = (G_i^* - E(G_i^*)) / \sqrt{\text{var}(G_i^*)}$ ，其中， $E(G_i^*)$  與  $\text{var}(G_i^*)$  分別為  $G_i^*$  的期望值和變異數；在顯著水準  $p=0.10$  之下，當  $Z(G_i^*) \geq 1.66$  代表區域內建成區綴塊為顯著的熱點地區； $Z(G_i^*) \leq -1.66$  則為顯著冷點地區 (馬曉冬等，2008)。

### 3.5 景觀格局分析 (Landscape Pattern Analysis)

景觀指數 (landscape metrics) 是指能夠高度濃縮景觀格局信息，反映其結構組成和空間配置某些形態方面特徵的簡單定量指標 (鄔建國，2003)，可用於分析台南縣各區域 (行政區) 建成區綴塊的型態分佈差異。本研究區域的形態空間格局可透過內部綴塊的各種指數來表徵和分析，

而所使用之景觀指數如表 1 所示。

## 4. 研究成果與分析

台南縣兩個時期分別有兩種與三種不同自定義的建成區綴塊，其 1904 年的建成區為單一綴塊以及傳統聚落 (將以 A 與 B 英文代號簡易表示)，而 1989 年建成區為所有建築區與獨立房屋、排除獨立房屋僅保留建築區以及有條件篩選 (將以 C、D 與 E 英文代號簡易表示)，所數化的 polygon 圖層資料成果分別 A 有 3,497 筆、B 有 1,775 筆、C 有 30,299 筆、D 有 8,552 筆與 E 有 14,608 筆資料，其 B 自定義建成區綴塊由圖像資料中共判識台南縣 1,037 個傳統聚落名稱。

首先，以景觀格局分析的平均綴塊面積、綴塊密度、景觀形狀指數等指數做計算，比較台南縣各區域於相同時期中不同自定義建成區綴塊的空間型態特徵，再以空間統計分析工具的平均最鄰近指數、核密度估計及熱點分析，探討不同自定義下建成區綴塊的空間分佈特徵與差異。接著蒐集的建物基地、人口數、耕地面積等歷史統計資料與綴塊面積進行相關分析，了解之間的相關強度。

表 1 本研究使用之景觀指數列表說明

| 景觀指數                                  | 公式                             | 說明  |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|
| 綴塊總數 (NP)<br>Number of Patches        | $NP = N$                       | 綴塊的總數，藉由綴塊數的變化，瞭解建成區景觀破碎化 (fragmentation) 的變化情形； $NP \geq 1$ ，無上限。  |
| 綴塊面積 (CA)<br>Class Area               | $CA = A_i$                     | 所有綴塊的面積總和 ( $\text{km}^2$ )，可了解不同時期區域建成區變化的情形，在整體景觀中的比重； $CA \geq 0$ ，無上限。  |
| 平均綴塊面積 (MPS)<br>Mean Patch Size       | $MPS = \frac{A_i}{N}$          | 所有綴塊的面積除以綴塊總數，反映區域中建成區綴塊的平均規模； $MPS > 0$ ，無上限。  |
| 綴塊密度 (PD)<br>Patch Density            | $PD = N/A$                     | 區域中每平方公里 ( $\text{km}^2$ ) 的綴塊數，反映建成區的空間分佈，密度越高表示綴塊數越多，建成區景觀被切割與破碎化程度也越高； $PD \geq 0$ ，無上限。   |
| 景觀形狀指數 (LSI)<br>Landscape Shape Index | $LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$ | 所有綴塊 $E$ 邊界總長度 ( $\text{km}$ ) 除以 $A$ 區域面積 ( $\text{km}^2$ ) 的平方根，再乘以正方形校正常數，反映區域建成區綴塊的不規則或複雜程度， $LSI$ 值越大，說明景觀中綴塊形狀越破碎或越偏離正方形。 $LSI \geq 1$ ，無上限；當景觀中只有一個正方形綴塊時， $LSI = 1$ ；但景觀中綴塊形狀不規則或偏離正方形時， $LSI$ 值增大。 |

### 4.1 景觀格局分析成果

#### 4.1.1 綴塊總數

由圖 11 所示，將其判識的聚落名稱合併成同一筆資料的 1904 年自定義建成區 B 在各區域綴塊數均比 A 少接近一半，而減少綴塊數最多區域為南化區、新市區、左鎮區、白河區與佳里區，分別減少 206、153、115、101 與 97 個，以 1904 年新市市區為例，A 共有 113 個綴塊，而 B 僅有 16 個綴塊並判識其聚落名稱 (如圖 12)。

由圖 11 所示，1989 年的建成區 C 整體的綴塊數量相比 D 與 E 明顯較多，獨立房屋 (21,747

個) 與建築區 (8,552 個) 的綴塊總數所佔比為 71.77%與 28.23%，E 則經過篩選後保留 6,056 個獨立房屋綴塊，佔獨立房屋綴塊總數 27.84%。C 與 D 相較之下，東部丘陵與高山地區變化最大，其龍崎區、南化區與左鎮區綴塊總數分別減少約 97%、94%與 94%，而 E 將篩選保留部分的獨立建物，相較於 D 東部則有明顯增多。以龍崎區某區域範圍的綴塊數為例，C 共有 481 個、D 有 321 個及 E 僅有 9 個 (如圖 12 所示)，數量多且零碎之獨立房屋為東部區域重要的建成區圖像資料，因此 E 建成區綴塊可視本研究為介於 C 與 D 之間較平衡的綴塊總數。

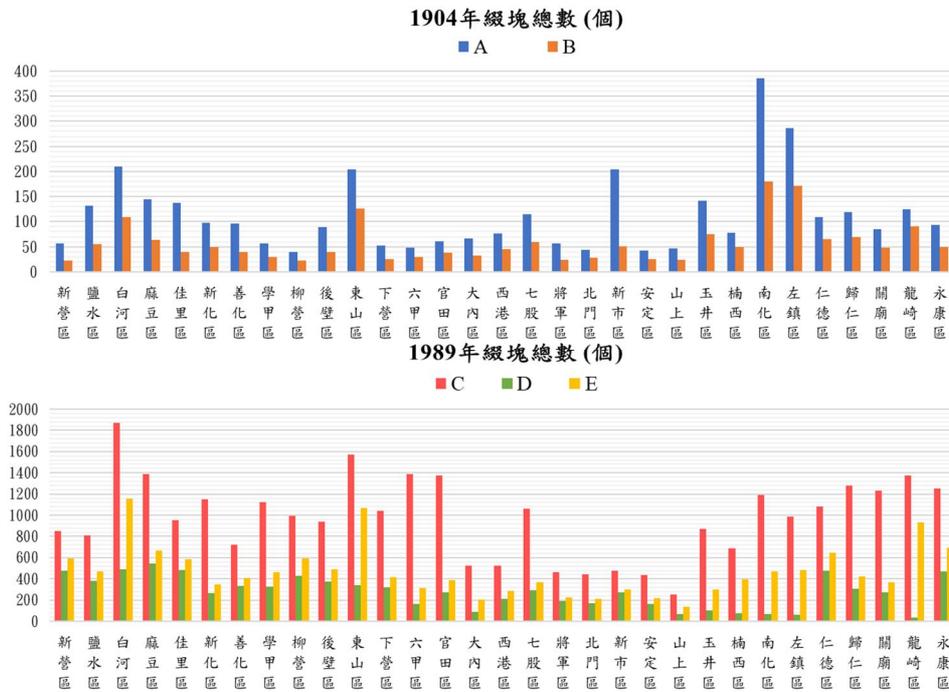


圖 11 1904 與 1989 年各區不同自定義建成區之綴塊總數直條圖

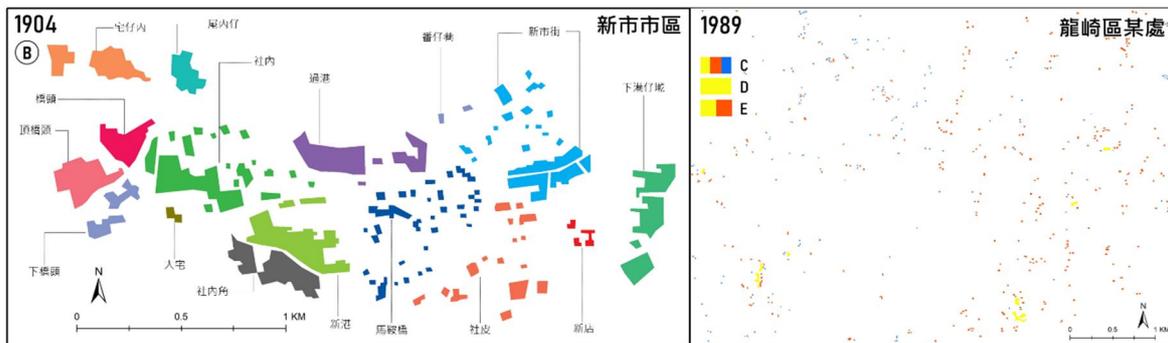


圖 12 1904 年新市市區判識聚落示意與龍崎區某處建成區綴塊

### 4.1.2 綴塊面積

由圖 13 所示，1904 年 A 與 B 僅有建成區綴塊組成上的數量差異，因此各區域範圍內均為相同的綴塊總面積。1989 年不同自定義建成區之間的變化並不像綴塊數差距較大，從中可知台南縣整體的建築區與獨立房屋總面積分別為 76.4649 km<sup>2</sup> 與 5.9180 km<sup>2</sup>，所佔比為 92.81% 與 7.19%，且前者的平均面積為 8,940 m<sup>2</sup>/個，而相比之下後者的平均面積僅有 272 m<sup>2</sup>/個，得知 D 部分區域的總面積變化幅度相對較小即使綴塊數大量減少。然而 C 與 D 的綴塊總面積之間於龍崎區、左鎮區與南化區等東部區域的變化則較大，分別減少 78%、51% 與 43%，且建築區綴塊的數量少而面積較大。從南化區某處為例，CDE 分別的綴塊數為 162、22 與 59 個，綴塊面積為 111,251 m<sup>2</sup>、85,009 m<sup>2</sup> 與 98,443 m<sup>2</sup>，而平均綴塊面積為 686 m<sup>2</sup>、3,864 m<sup>2</sup> 與 1,668 m<sup>2</sup>，得知此處獨立房屋的數量繁多且零碎分佈於各地區，但單一面積相較於建築區則小許多 (如圖 14 所示)。

### 4.1.3 綴塊平均面積

由圖 15 所示，由於 B 建成區綴塊為 A 各區域部分判識的綴塊合併後之綴塊數，因此在數量相對較少且綴塊總面積保持一樣的情況下，平均綴塊面積則相對提升，其新市區、佳里區、新營區、麻豆區等區域均有明顯的變化，分別增加 300%、241%、155% 與 125%。以圖 16 所示，1904 年佳里市區綴塊總面積為 1.9413 km<sup>2</sup>，A 與 B 建成區分別為 45 個與 1 個綴塊數，平均綴塊面積為 0.0431 km<sup>2</sup> 與 1.9413 km<sup>2</sup>，圖中為 B 已判識之蕭壠聚落；麻豆市區綴塊總面積為 3.1909 km<sup>2</sup>，A 與 B 建成區分別為 61 個與 9 個綴塊數(其判識 5 個聚落名稱)，平均綴塊面積則為 0.0531 km<sup>2</sup> 與 0.3545 km<sup>2</sup>。蕭壠與蔴荳聚落分別是由 1904 年 A 的 45 個與 50 個綴塊合併組成，兩者為 B 中最大的單一綴塊，反映其綴塊規模較大。

1904 年 A 建成區之最大平均綴塊面積的區域為安定區的 0.0462 km<sup>2</sup> (43 個綴塊數)，而在 B 建成區則為 0.0795 km<sup>2</sup> (25 個綴塊數) 僅次於麻豆區、新營區與佳里區，安定區共判識 22 個聚落，其餘有 3 個綴塊則未命名聚落名稱 (如圖 17 所示)。反之，AB 平均綴塊面積最低的區域為龍崎區、左鎮區與南化區等東部丘陵與高山地區。

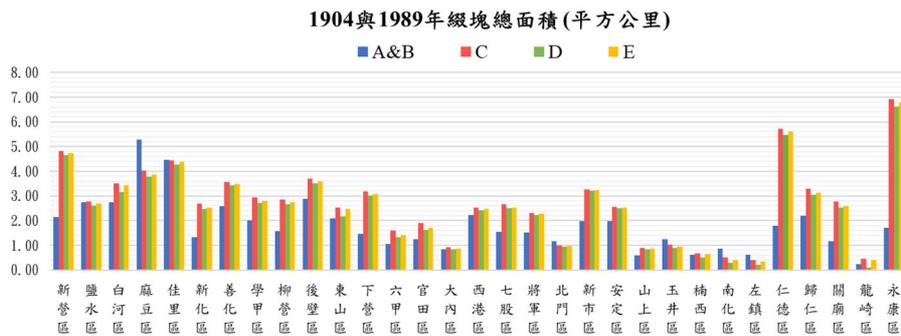


圖 13 1904 與 1989 年各區不同自定義建成區之綴塊總面積直條圖

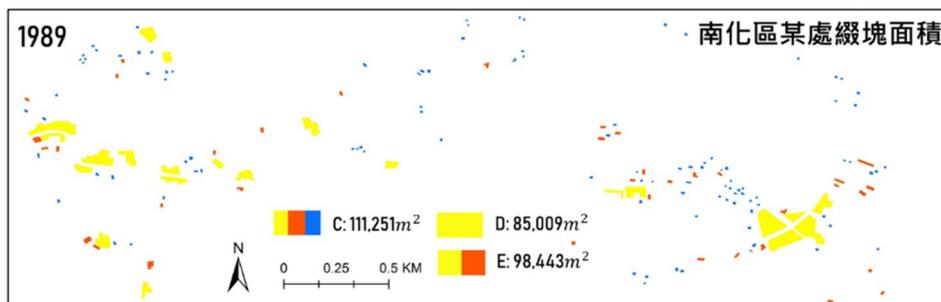


圖 14 1989 年南化區某處 CDE 自定義建成區綴塊面積

由圖 15 所示，由於 1989 年台南縣 CDE 建成區各區域的綴塊總數與總面積皆變化不一，也受平原地區與東部區域的綴塊特性與篩選獨立房屋的條件所影響，因此各區域平均綴塊面積之間的變化幅度也差異大，其龍崎區、南化區與左鎮區仍是 CDE 中平均綴塊面積最低的區域，均遠低於台南縣整體的平均數值，反映其綴塊規模普遍較小。

1989 年安定區的建築區與 1904 年判識的聚落區位相近且有呈現擴張的發展，而周圍則分佈一些面積較小的獨立房屋，在排除獨立房屋後平均綴塊面積明顯增加，而 E 篩選保留 450m<sup>2</sup> 以上

的獨立房屋，平均綴塊面積則介於 C 與 D 之間的數值，反映了其建築區綴塊規模較大 (如圖 17 所示)。另外由圖 18 所示，1989 年山上區的綴塊總數與獨立房屋為各區域中最少，相較於其他東部區域有較高比例的建築區數量以及綴塊總面積，因此山上區成為 D 與 E 最大平均綴塊面積之區域；永康區則為 1989 年 CDE 綴塊總面積最大的區域，建築區與獨立房屋的比例為 0.605，相比仁德區、新營區與佳里區的 0.787、1.276 與 1.028 低卻有較高之 CDE 平均綴塊面積，反映其擁有較大規模的綴塊。

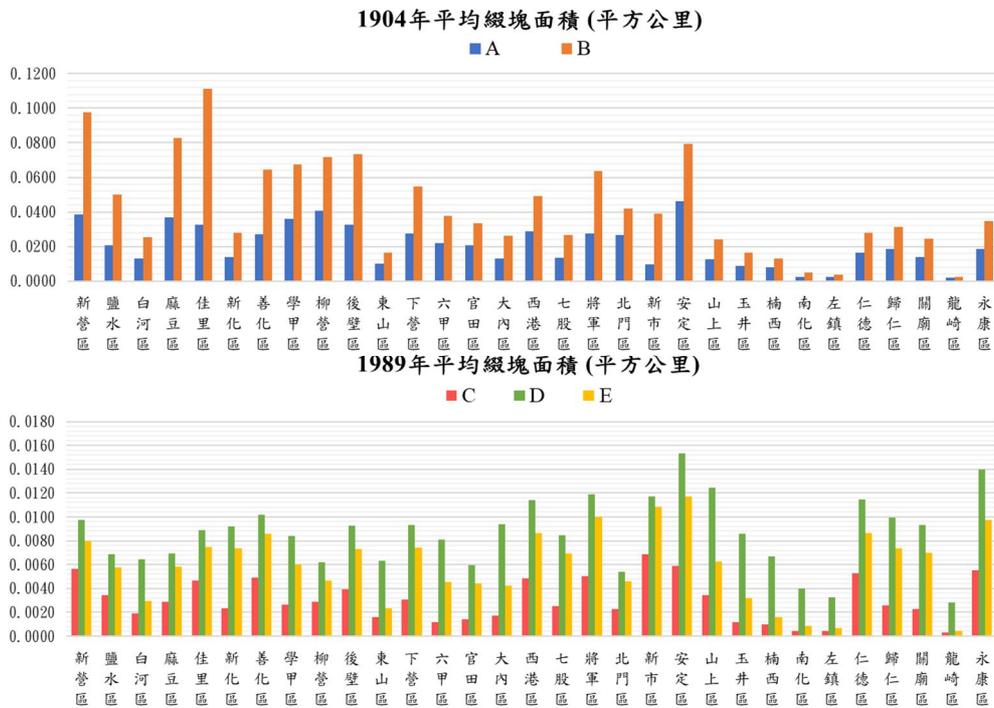


圖 15 1904 與 1989 年各區不同自定義建成區之平均綴塊面積直條圖

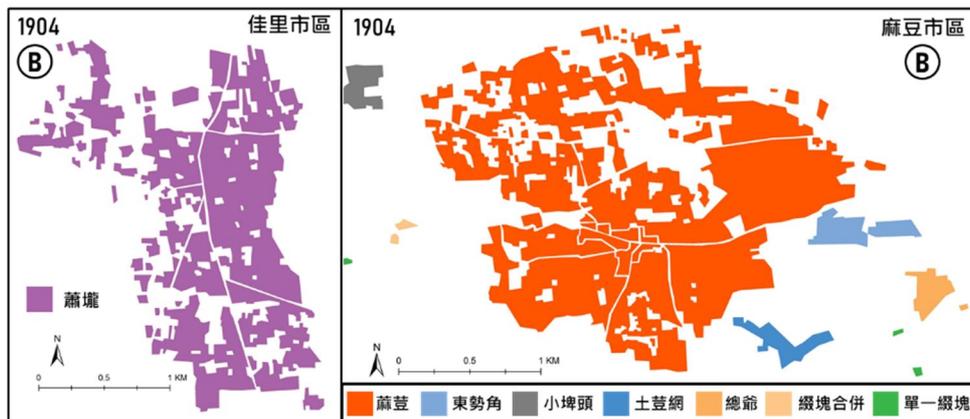


圖 16 1904 年佳里與麻豆市區 B 自定義建成區綴塊示意圖

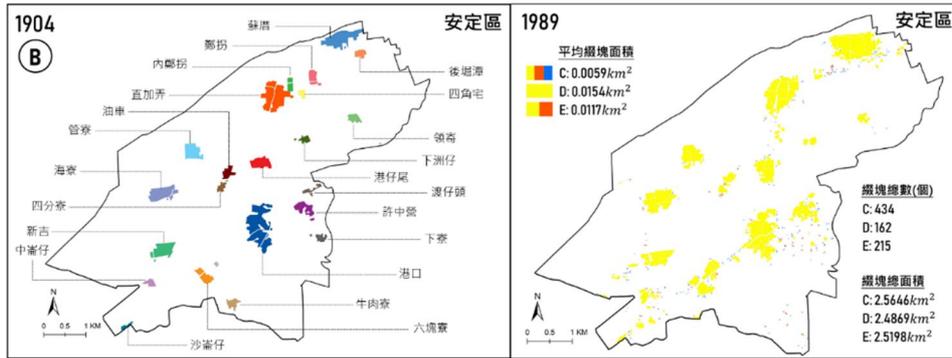


圖 17 1904 年與 1989 年安定區不同自定義建成區判識聚落示意圖

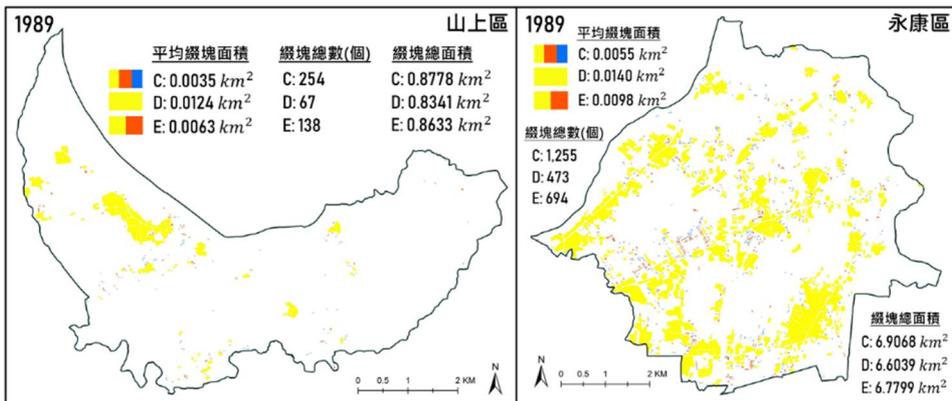


圖 18 1989 年山上區與永康區 CDE 自定義建成區綴塊

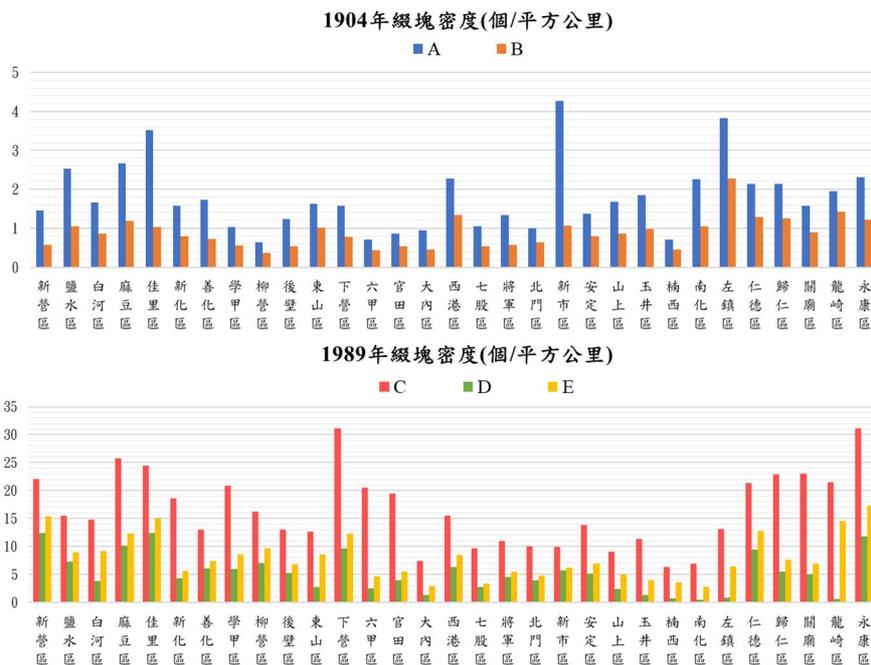


圖 19 1904 年 1989 年各區不同自定義建成區之綴塊密度直條圖

#### 4.1.4 綴塊密度

由於不同自定義建成之各行政區面積為固定的數值，綴塊密度僅受綴塊總數的變化所影響，因此兩者的相差比率皆為相同結果。由圖 19 所示，A 的最高綴塊密度區域為新市區、佳里區與

左鎮區，反映其建成區綴塊數量較多與破碎。另外，AB 最低綴塊密度區域為柳營區、六甲區、楠西區、官田區與大內區均小於每平方公里一個綴塊，以圖 20 所示，為這五個區域在 B 所判識的部分聚落名稱。

以圖 19 所示, 1989 年 CDE 各區域的綴塊密度變化普遍較明顯, 以永康區、新營區、麻豆區、佳里區等區域均為 CDE 較高的綴塊密度, 前兩者為台南縣戰後都市發展最快速的區域, 新營區戰後成為台南縣縣治, 而永康區 1970 年代臺灣經濟起飛後工商業快速發展; 後兩者為日治時期聚落發展較早的區域, 且當時與鹽水區為台南縣人口數最多與重要的區域中心, 但戰後的麻豆區與鹽水區不再是台南縣發展軸心地區則逐漸衰退。另外, 楠西區、南化區、玉井區與大內區等東部區域的 CDE 綴塊密度較低, 而前兩者於 D 排除所有獨立房屋後, 建成區綴塊每平方公里均小於 1 個, 反映其區域較少密集分佈大面積的建築區, 而普遍由綴塊型態較破碎與面積較小的獨立房屋所組成。

#### 4.1.5 景觀形狀指數

從 1904 年台南縣以農村聚落為主的時代, 到了 1989 年則已逐漸都市化與工商業發展, 且相隔 85 年所繪製的圖像資料細緻程度與目的也截然不同, 因此 1989 年各區域的建成區綴塊相比 1904 年增加許多, 所計算 1989 年 CDE 的 LSI 值也相較高, 除了少數區域於 D 自定義建成區中呈現減少的情況, 這也反映本研究數化應用的 1904 年與 1989 年歷史圖像資料, 後者的建成區綴塊相較於前者更複雜與不規則。

1904 年 AB 的邊界總長度與綴塊總面積未有

變化, 因此計算的 LSI 值皆為相同, 由圖 21 所示, 其 LSI 值較高的區域為南化區、左鎮區、白河區、新市區、麻豆區、佳里區與東山區, 皆為台南縣綴塊數較多的區域, 反映其建成區綴塊相較於其他區域複雜與不規則, 普遍平原地區的綴塊普遍單一面積較大, 但新市區則是較特殊擁有極小面積綴塊密集分佈, 反之丘陵與高山地區則是普遍以較小面積的單一綴塊為多。此外, 1904 年 LSI 值較低區域為北門區、山上區、柳營區、六甲區與安定區等, 均為台南縣綴塊數最少的區域, 反映其建成區綴塊複雜程度相較其他區域低。

由圖 21 所示, 1989 年台南縣各區域 C 與 E 自定義建成區的 LSI 值均高於 1904 年, 反映 1989 年各區域的建成區綴塊相較於 1904 年在空間形態變得更複雜與不規則。然而 1989 年 D 在完全排除獨立房屋綴塊的情況下, 僅有南化區、左鎮區與龍崎區的 LSI 值相較於 1904 年呈現下降的情形, 其共同之處在於 1989 年的獨立房屋綴塊數佔綴塊總數大於 89% 以上, 經大量篩選後僅保留少於 100 個建成區綴塊, 三者的綴塊數量與面積都均少於 1904 年。另外, 山上區、玉井區、楠西區與大內區則是有小幅度增加 LSI 值, 上述 7 個區域都位於台南縣東部的丘陵與高山地區, 受地形影響較少大面積建築區的發展, 而是較多零碎的獨立房屋分佈於區域中, 可參考圖 22 所示。

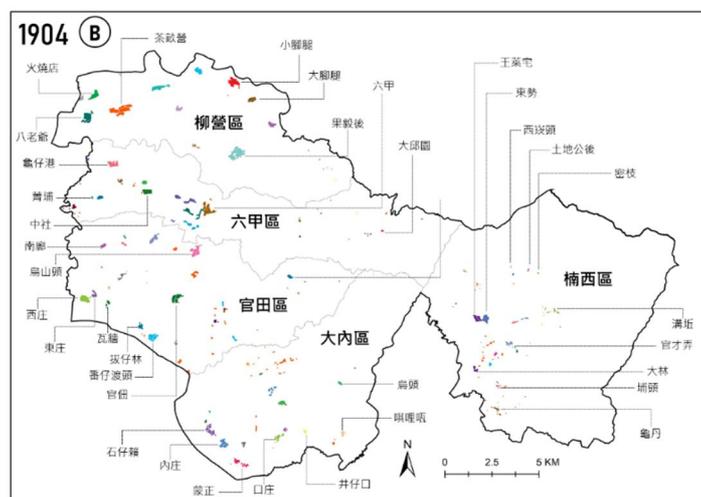


圖 20 1904 年 B 柳營區與六甲區等東部區域自定義建成區判識聚落示意圖

1989 年 CDE 的 LSI 值之間變化幅度最小且 CDE 的 LSI 值均大於 20 的區域為新營區、善化區與佳里區，其 C 與 D 之間的變化率小於 15%，而建築區分別佔建成區綴塊總面積約 56%、51% 與 47% 為比例最高的區域；反之，C 與 D 之間變化率高於 65% 的區域為龍崎區、左鎮區與南化區之，其建築區分別僅佔建成區綴塊總面積約 3%、6% 與 6% 為比例最低的區域，也是 D 與 E 之變化幅度最大的區域，反映出各區域的獨立房屋數量與所佔比很大程度影響建成區綴塊的複雜與不規則的程度。

除此之外，由圖 23 所示，佳里區與仁德區為 1989 年 CDE 的 LSI 值皆為較高的平原地區，反映其建成區綴塊形態相比其他區域較不規則與複雜，而前兩者為日治時期發展較興盛的區域，1904 年綴塊總面積 4.45 與 5.29 相較大於後兩者的 1.70 與 1.80，1989 年則是後兩者都市化迅速發展的時代。另外，由圖 24 所示，將軍區為 1904 年與 1989 年 CDE 的 LSI 值較低的平原地區，其位於台南縣養殖業與漁業較興盛之西部濱海地區，由於兩個時期的建成區發展變化無明顯擴張，因此 CDE 之間的 LSI 值變化幅度也相對較小。

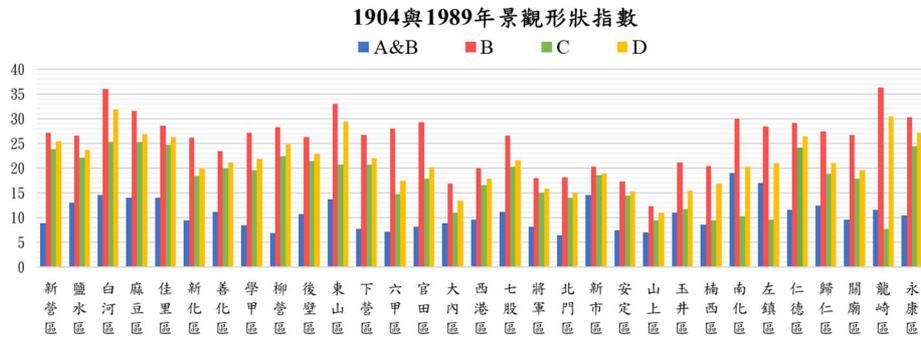


圖 21 1904 與 1989 年各區域不同自定義建成區之景觀形狀指數直條圖

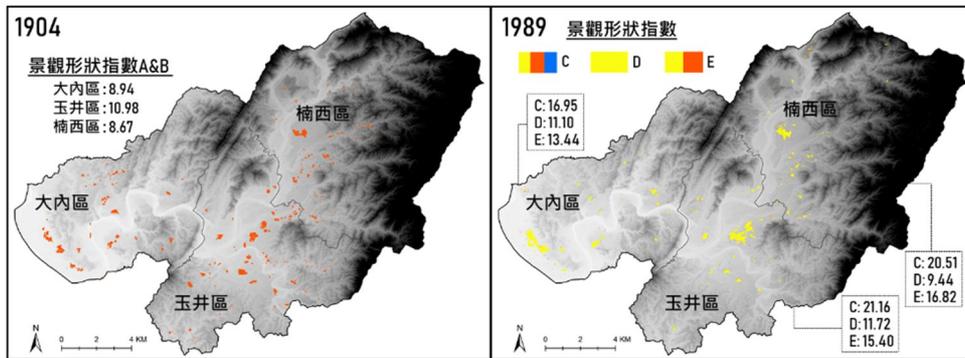


圖 22 1904 年與 1989 年大內區、玉井區與楠西區不同自定義建成區綴塊 LSI 值

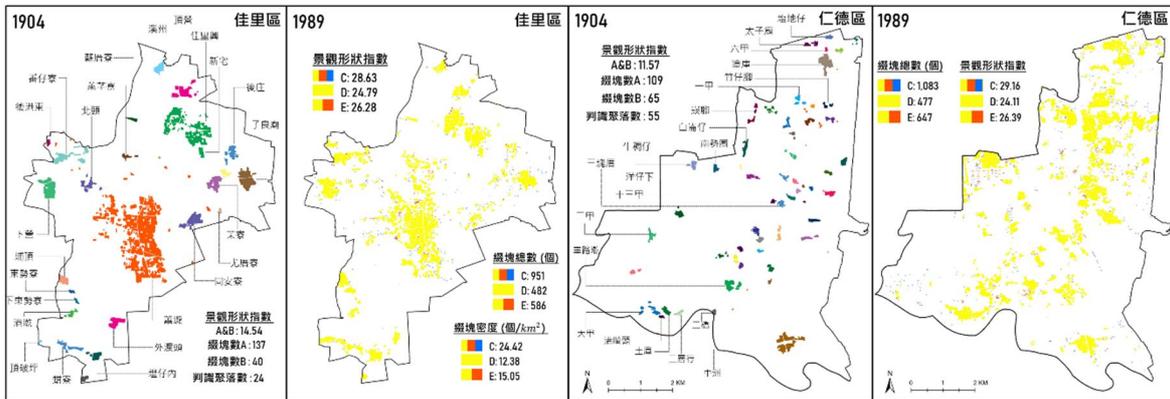


圖 23 1904 年與 1989 年佳里區與仁德區不同自定義建成區綴塊 LSI 值

#### 4.1.6 小結

合上述的分析，應用景觀格局分析了解 1904 年與 1989 年台南縣各區域於不同自定義建成區綴塊的基礎資料與型態特徵，其 B 經判識聚落(共判識 1,037 個聚落名稱)與綴塊合併後，綴塊總數從 3,497 個減少至 1,775 個，僅有平均面積與密度有所變化；CDE 則是基於所篩選獨立房屋的數量對各景觀指數產生不同的結果，由於東部丘陵與高山地區因普遍多為獨立房屋，建築區的數量相對少許多，因此 D 的分析結果與 CE 呈現很大的落差，但大部分平原地區的區域變化相較小；C 則是保留所有獨立房屋其分析結果為當中最極端，而 E 則的分析結果相較類似於 C 與 D 之間所調適後較平衡的數值。

#### 4.2 平均最鄰近指數

本研究運用平均最鄰近指數 ANN 表徵 1904 年 AB 與 1989 年 CDE 自定義建成區綴塊於台南縣全域之空間分佈特徵，而套入分析工具的距離法 (distance method) 將選用歐幾里得距離 (Euclidean Distance) 為兩點之間的直線距離。其 ANN 運算結果如表 2 所示，台南縣 ABCDE 建成

區的 ANN 均小於 1，說明其建成區綴塊均呈現聚集分佈的特徵，且標準化 Z 值均小於-1.96，說明聚落趨向集聚分佈態勢且為顯著。1989 年 CDE 的平均觀測距離均大於 1904 年 AB 自定義建成區，這也表示台南縣的建成區綴塊聚集程度有進一步加強，而 A 與 B 的平均觀測距離之間相差 262.28 m，表示 B 在辨識聚落與綴塊合併以致數量減少後，建成區綴塊之間的距離也隨著增加；另外，CDE 的平均觀測距離分別為 71.12 m、132.64 m 與 110.92 m，表示 D 與 E 排除獨立房屋後明顯增加建成區綴塊之間的距離。

由表 3 與 4 所示，東部與西部區域 ABCDE 自定義建成區的 ANN 均小於 1，說明其建成區綴塊均呈現聚集分佈的特徵，且標準化 Z 值均小於-1.96，說明聚落趨向集聚分佈態勢且為顯著。1904 年 A 與 B 自定義建成區的平均觀測距離均為平原地區較大，丘陵與高山地區數值較小而台南縣全域則兩者介於之間，說明平原地區的建成區綴塊之間的直線距離較遠，由於運算方式是以綴塊的中心點做為測量點並與最鄰近的點的距離，且運算中不考量綴塊面積，因此平原地區建成區綴塊不會因擁有較大面積而距離相離較近。

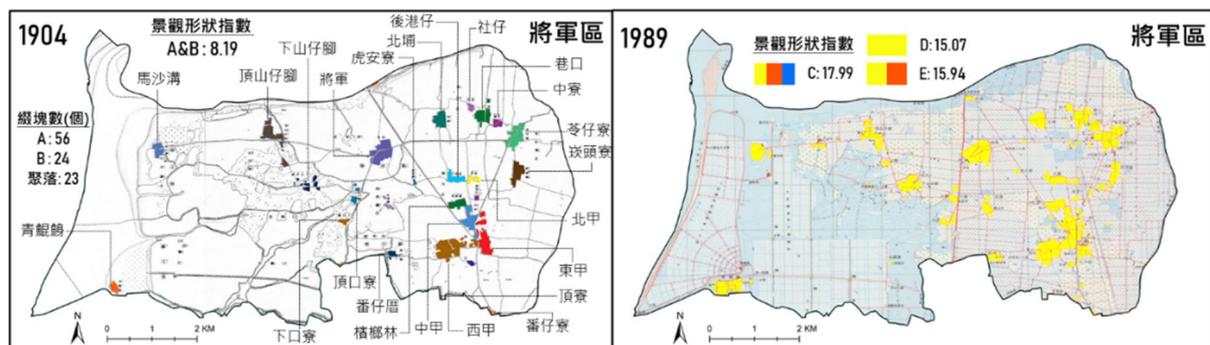


圖 24 1904 年與 1989 年將軍區不同自定義建成區綴塊 LSI 值

表 2 1904 年與 1989 年不同自定義建成區之平均最鄰近指數 ANN 分析結果

| 項目          | 1904 年 |        | 1989 年  |        |         |
|-------------|--------|--------|---------|--------|---------|
|             | A      | B      | C       | D      | E       |
| 平均觀測距離(m)   | 225.95 | 488.23 | 71.12   | 132.64 | 110.92  |
| 平均期望距離(m)   | 448.12 | 628.99 | 156.34  | 276.19 | 223.10  |
| 平均最鄰近指數 ANN | 0.50   | 0.77   | 0.45    | 0.48   | 0.49    |
| Z-score     | -56.08 | -18.04 | -181.52 | -91.95 | -116.26 |

以西部平原地區的麻豆市區為例，B 在聚落辨識與綴塊合併後綴塊數與 A 相比明顯差異大，分別為 10 個與 67 個建成區綴塊，因此 B 點與點之間的直線距離相較於 A 遠許多 (如圖 25 所示)；另外，以東部左鎮市區為例，A 與 B 的綴塊數分別為 102 個與 56 個，雖 B 建成區綴塊相較 A 少 (如圖 26 所示)，但 AB 點與點之間的直線距離並不像麻豆市區有著明顯的差異。

由圖 27 所示，1989 年麻豆市區 C 與 D 的建成區綴塊分別為 539 個與 263 個相差約 1 倍多，

而左鎮市區 C 與 D 分別為 324 個與 28 個相差約 11 倍之多，兩者之間的建築區綴塊數量明顯存在很大的差距，因此左鎮市區與麻豆市區之間 D 的平均觀測距離差異較 C 與 E 大。此外，如表 4-11 至 4-13 所示，比較台南縣全域、東部丘陵與高山地區以及西部平原地區的 ANN 分析結果，其 E 建成區綴塊的平均觀測距離分別為 110.92 m、111.62 m 與 111.00 m，三者之間的差距並不到 2 m，說明 1989 年 E 自定義建成區相較於 C 與 D 較符合本研究的預期結果。

表 3 東部丘陵與高山地區不同自定義建成區之平均最鄰近指數 ANN 分析結果

| 項目          | 1904 年      |             | 1989 年      |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|             | A           | B           | C           | D           | E           |
| 平均觀測距離(m)   | 214.55      | 438.04      | 66.96       | 156.85      | 111.62      |
| 平均期望距離(m)   | 443.77      | 593.28      | 173.83      | 398.01      | 250.20      |
| 平均最鄰近指數 ANN | <b>0.48</b> | <b>0.73</b> | <b>0.38</b> | <b>0.39</b> | <b>0.44</b> |
| Z-score     | -42.79      | -16.15      | -146.28     | -60.72      | -89.62      |

表 4 西部平原地區不同自定義建成區之平均最鄰近指數 ANN 分析結果

| 項目          | 1904 年      |             | 1989 年      |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|             | A           | B           | C           | D           | E           |
| 平均觀測距離(m)   | 243.30      | 569.96      | 75.66       | 121.86      | 111.00      |
| 平均期望距離(m)   | 523.83      | 779.01      | 173.08      | 262.51      | 231.87      |
| 平均最鄰近指數 ANN | <b>0.46</b> | <b>0.73</b> | <b>0.43</b> | <b>0.46</b> | <b>0.47</b> |
| Z-score     | -41.24      | -13.89      | -131.10     | -78.10      | -86.09      |

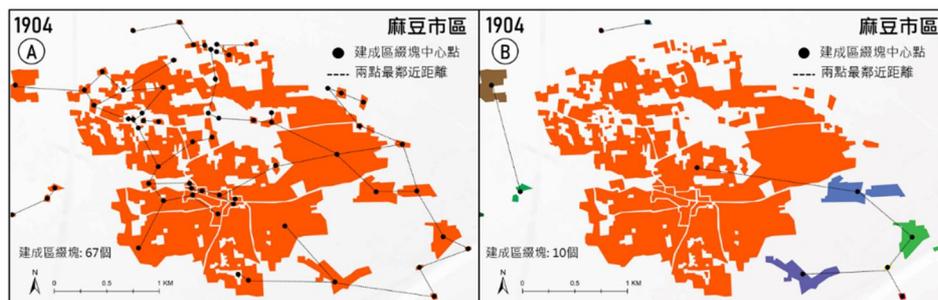


圖 25 1904 年麻豆市區 AB 建成區綴塊 ANN 分析示意圖

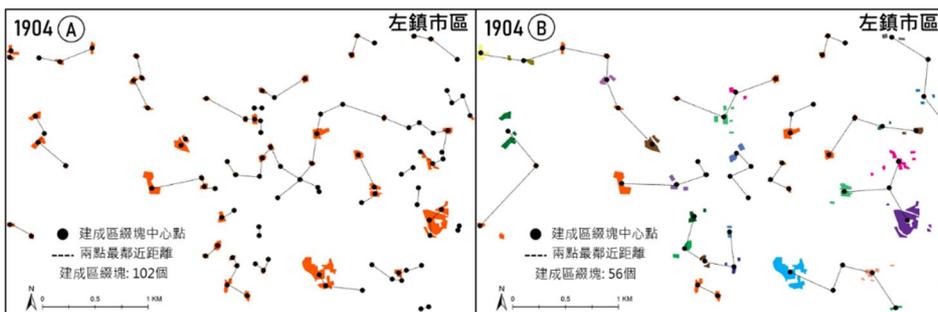


圖 26 1904 年左鎮市區 AB 建成區綴塊 ANN 分析示意圖

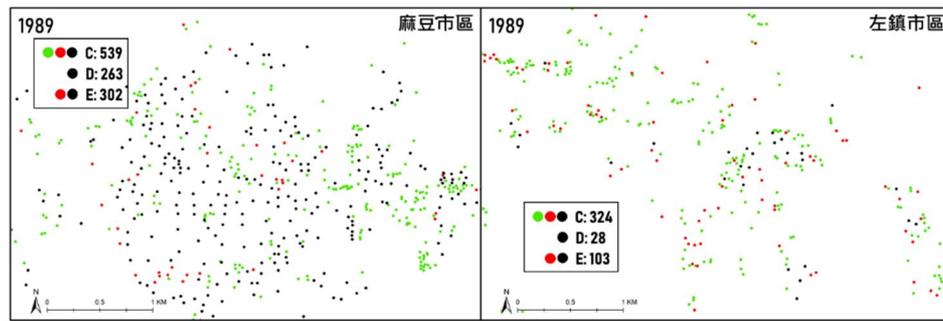


圖 27 1989 年麻豆市區與左鎮市區 CDE 建成區綴塊 point 示意圖

### 4.3 核密度估計

本研究運用 ArcGIS 軟件中的 Feature To Point 工具，各別把台南縣 1904 年 AB 與 1989 年 CDE 建成區綴塊從 polygon 圖層轉換成 point 圖層，並採用核密度估計 (KDE) 空間統計分析工具製作出兩個時期不同自定義建成區的空間分佈密度圖，其輸出網格大小 (output cell size) 設定為  $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 。然而當權重項目設定為面積時，由於樣本數的面積落差很大，結果將得出高密度分佈僅集中於數個特大面積綴塊的網格中，該結果的呈現與本研究使用 KDE 為探究台南縣全域的建成區綴塊較聚集於哪個區域的目的不符，因此則無設定面積或其他數值為權重項目，不同面積的建成區綴塊並不會影響核密度計算的數值，而建成區綴塊所分佈的位置與數量將是 KDE 主要的變數。此外，搜索半徑 (search radius) 則設定為默認方法，可避免點周圍的圓環現象出現，該現象通常會隨著稀疏的數據樣本聚集而產生。其 1904 年與 1989 年 ABCDE 建成區綴塊的 KDE 的分析結果如圖 28 所示。

1904 年 A 建成區之東部丘陵與高山地區的左鎮區、南化區以及新市區為台南縣建成區綴塊分佈密度最高的區域，為綴塊數最多的區域但前兩者總面積相對較低，且較小面積的建成區綴塊密集分佈於區域內，而後者則是中央聚集許多較小面積的破碎綴塊 (參考圖 12 所示)。此外，柳營區、六甲區、官田區等為分佈密度較低的區域，為綴塊數較少且分佈較分散且沒有明顯聚集於某個區域範圍內。另外，1904 年 B 建成區相比 A 的分析結果有明顯差異，其主要影響的因素為聚

落判識與部分綴塊合併後，台南縣整體 B 綴塊總數大約減少為 A 的一半數量，因此 B 大部分區域相較於 A 的 KDE 分佈密度為較低的數值。由圖 29 所示，透過 1904 年 A 與 B 的點圖層比較平原地區的佳里區、麻豆區、新市區、鹽水市區等區域，B 建成區綴塊數明顯減少許多且分佈較分散，其分析則呈現較低的分佈密度。而東部丘陵與高山地區的左鎮區與南化區 B 綴塊數相較 A 少，但相比於上述平原地區的變化較小，且為 B 建成區綴塊較高分佈密度的區域。

1989 年 C 建成區包含所有獨立房屋綴塊並廣泛分佈台南縣全區域中，因此許多區域呈現大於每平方公里大於 30 個建成區的高分佈密度，相較之下分佈密度較低的區域為西邊濱海地區之北門區、將軍區與七股區，東部丘陵與高山地區之楠西區與南化區，以及台南縣中部的安定區、新市區、山上區與大內區。另外，由於丘陵與高山地區的獨立房屋佔綴塊總數的比例很高，相比其他平原地區數量落差極大，因此 D 與 E 建成區在 KDE 分析中整體差異較明顯的區域主要為台南縣東部丘陵與高山地區，其 D 大部分呈現最低分佈密度，E 則為東山區、龍崎區、玉井區、左鎮區、南化區等區域從每平方公里 0-2.5 個變化為每平方公里 5-10 個綴塊的分佈密度，前兩者相較於其他區域變化幅度更大 (如圖 30 所示)。此外，E 的永康區、仁德區、歸仁區、麻豆區、佳里區與善化區等區域相較於 D 綴塊數更多，且建成區綴塊的分佈密度也更高，但平原地區 D 與 E 之間的分佈密度差異並不像丘陵與高山地區擁有較極端的差異。

綜合上述分析，A 建成區相較 B 更易呈現其建成區綴塊的分佈密度，因 B 經聚落名稱辨識與相鄰的綴塊合併後數量減半，以及在不考量面積的情況下，對於東部丘陵與高山地區的小面積零碎分佈且難以辨識聚落名稱的區域，則易產生高分佈密度的分析結果。另外，C 建成區由於包含所有大量分佈於各區域之獨立房屋，在 KDE 分析結果各區域普遍呈現高密度分佈，僅有一些高山地區與非建成區為低密度分佈；D 建成區則因排除所有獨立房屋，與永康區、新營區與佳里區

等都市發展程度較高的區域則影響較小，因該區域的建築區比例較高，相較於東部區域則有明顯的差異，而分析結果更易看出其西部與東部的強烈對比；而 E 為介於 C 與 D 之間綴塊數量較均衡的建成區，也因為東部丘陵與高山地區在 1989 年圖像資料中多為零碎分佈的獨立房屋，相較於 D 適當保留較大面積的獨立房屋，因此在 KDE 分析上 E 相較於 C 與 D 更能呈現其建成區綴塊的分佈密度。

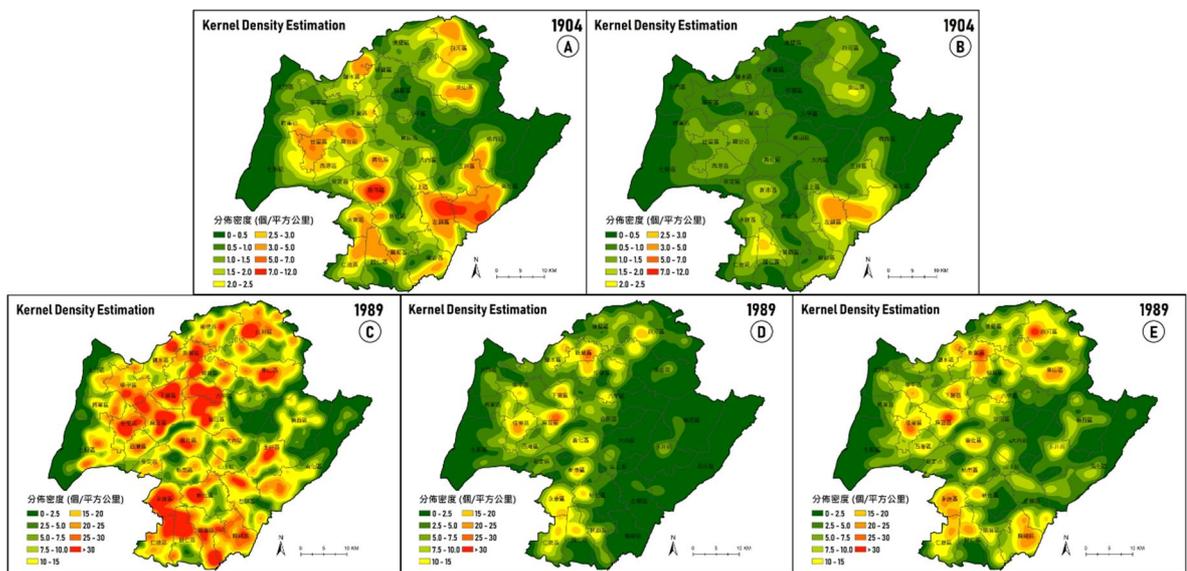


圖 28 1904 與 1989 年台南縣不同自定義建成區綴塊 KDE 分佈密度圖

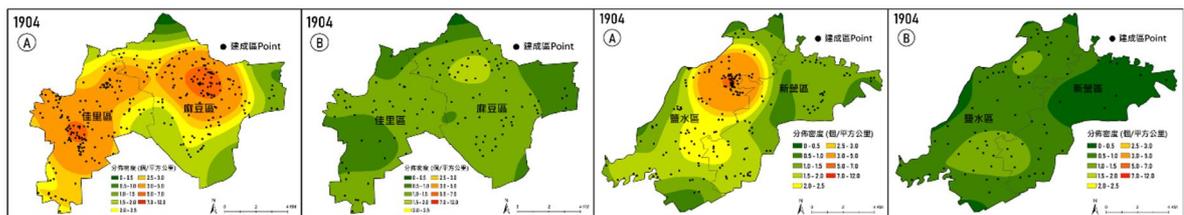


圖 29 1904 年佳里區、麻豆區、鹽水區與新營區 AB 建成區 Point 之 KDE 分佈密度圖

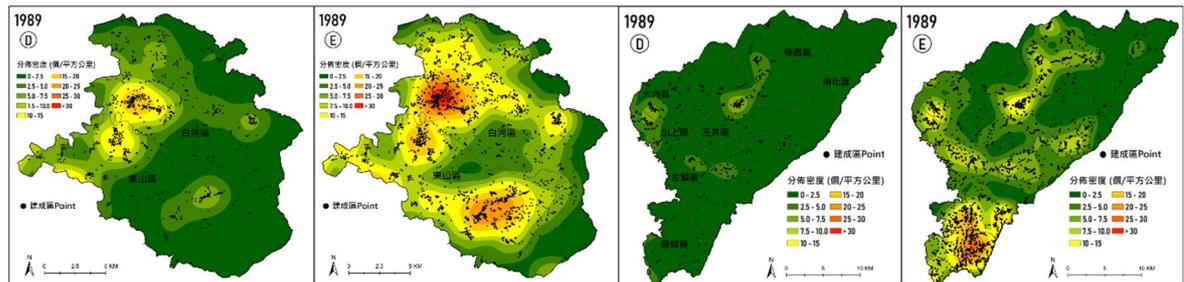


圖 30 1989 年東部不用區域 DE 建成區 Point 之 KDE 分佈密度圖

### 4.4 熱點分析

運用 ArcGIS 軟件中的熱點分析工具，以建成區綴塊面積設為分析變量，所製作出的熱點分析圖將會輸出得到 Z 值 (Gi\*Z-score)、P 值 (Gi\*P-value) 與信賴區間 (Gi\* Bin) 的數值，可用於辨識台南縣各區域不同自定義建成區綴塊具有統計顯著性的高低值之空間群集。其根據 Gi\*Bin 數值以顏色區分，紅色為正值的熱點地區 (hot spot)、藍色為負值的冷點地區 (cold spot) 與黃色為不顯著地區，其 Gi\*Bin 為+3 反映信賴度 99%的統計顯著性 (Z 值大於 2.58)，+2 反映信賴度 95%的統計顯著性 (Z 值介於 1.96 至 2.58)，+1 反映信賴度 90%的統計顯著性 (Z 值介於 1.65

至 1.96)，Gi\*Bin 為負值則反之，而 Gi\*Bin 為 0 則是表示不顯著。本研究將以兩種方式呈現台南縣熱點分析的成果 (如圖 31 與 32 所示)，其一以 Gi\*Bin 數值的建成區綴塊 point 呈現，另一則運用 Interpolation 工具中的 IDW (inverse distance weighted) 以 Gi\*Z-score 呈現網格式 (raster)分析結果，其輸出網格的大小則設定為 20 m x 20 m，距離法則選用歐幾里得距離。此外，空間關係概念化 (conceptualization of spatial relationships) 設定為默認選項的固定距離範圍 (fixed distance band) 方法，對於研究範圍內樣本面積變化較大的情況下可確保一致的分析比例。接著，台南縣熱點分析的成果將分 1904 年 AB 與 1989 年 CDE 自定義建成區綴塊兩個部分進行說明。

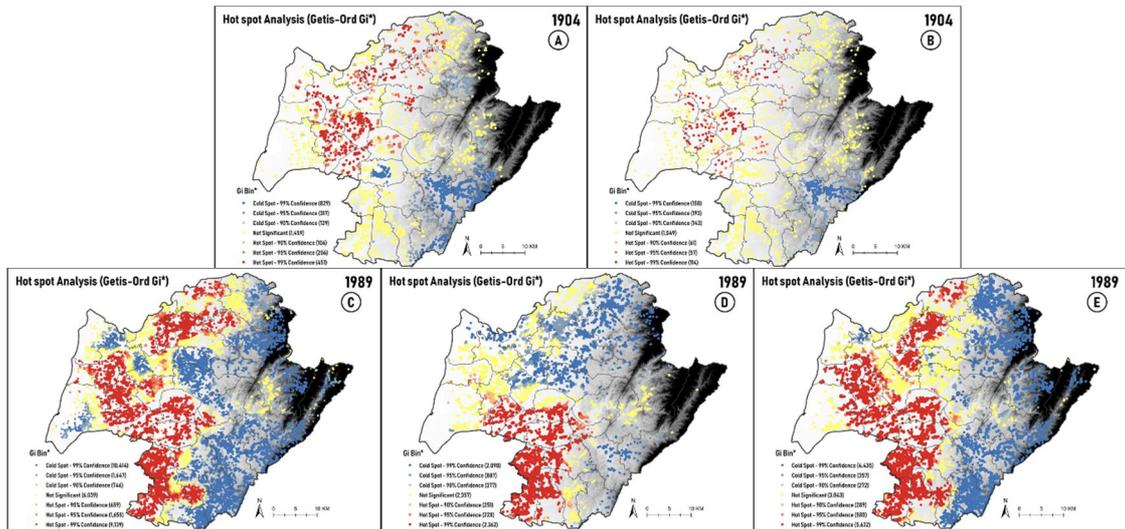


圖 31 1904 年與 1989 年台南縣不同自定義建成區綴塊 Gi\*Bin 熱點圖

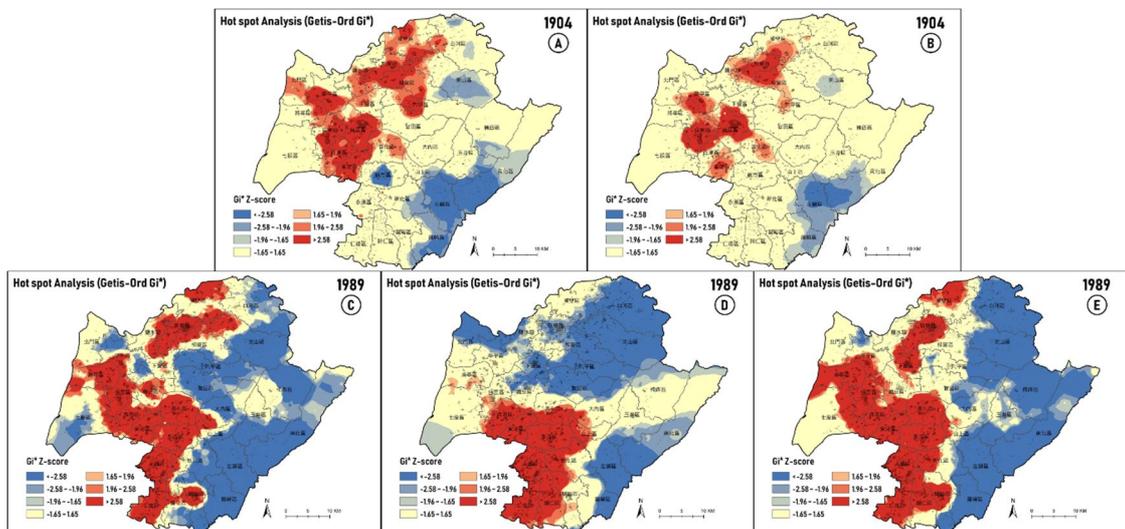


圖 32 1904 年與 1989 年台南縣不同自定義建成區綴塊 Gi\*Z-score 熱點分析圖

#### 4.4.1 1904 年 A 與 B 建成區綴塊熱點分析之比較

由圖 32 所示，1904 年 A 與 B 冷點地區主要分佈於東部丘陵與高山地區，而 AB 熱點地區分佈於西部平原地區，B 則更傾向於麻豆區、佳里區與新營區周圍。前述分析得知 B 在部分綴塊相互合併後數量約減少一半，平均綴塊面積則相較提升近一倍( $A=0.0160 \text{ km}^2$ ， $B=0.0316 \text{ km}^2$ )，雖平均綴塊面積增加但數量減少，尤其像是 A 新市區為零碎聚集分佈的綴塊，在 B 相鄰綴塊合併組成較大的單一綴塊，而點與點之間的距離也相較疏遠，這可能是促使不顯著地區的比例從 42% 增加至 59% 的原因之一。

藉由圓形比例呈現建成區綴塊面積的大小，簡易判別 A 與 B 的綴塊數量與面積差異，由圖 33 所示，A 各區域分佈大小不一的建成區綴塊且相較於 B 更聚集，因此 A 的熱點地區除涵蓋發展較熱絡的佳里區域麻豆區，範圍也延伸到西港區與安定區；另外，B 佳里與麻豆市區的建成區綴塊分別由分佈密集的眾多綴塊合併成一個大面積建成區，並由這兩個大面積綴塊成為熱點地區的中心區域，但各區域的建成區分佈密度與數量相較 A 低，熱點地區僅保留部分的西港區域

安定區範圍，而 A 善化區的東側熱點地區受綴塊合併位置與面積改變的影響在 B 則稍微偏西側。

另一方面，由圖 34 所示，A 新市區的冷點地區為聚集許多面積細小的建成區綴塊，反之卻是 KDE 高分佈密度的區域，在 B 建成區綴塊合併後呈現綴塊較平均分佈，且各綴塊面積的差異也相較 A 來得小，而市區則從冷點地區轉變為不顯著地區。

#### 4.4.2 1989 年 CDE 建成區綴塊熱點分析之比較

1989 年 CDE 建成區綴塊相同的熱點地區主要為原台南市外圍區域之永康區、仁德區、歸仁區、新市區等平原地區，而 CDE 相同的冷點地區主要有左鎮區、龍崎區與東山區之東側等東部丘陵與高山地區。由前述分析得知，1989 年 CDE 建成區綴塊數量差異在於獨立房屋的多寡篩選，尤其是分佈於東部丘陵與高山地區的數量較多，D 東部區域所分佈的建成區點明顯相較於 C 與 E 稀少，由於數量多且面積小的獨立房屋分佈於台南縣各區域中，為主要影響 CDE 熱點分析的變數。接著，將以圖 35 所示說明其熱點與冷點地區之區域特徵。

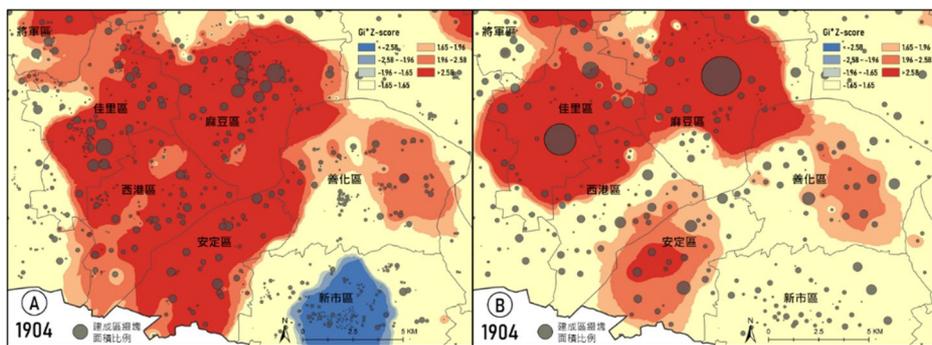


圖 33 1904 年佳里區與麻豆區等區域 AB 建成區綴塊熱點分析圖

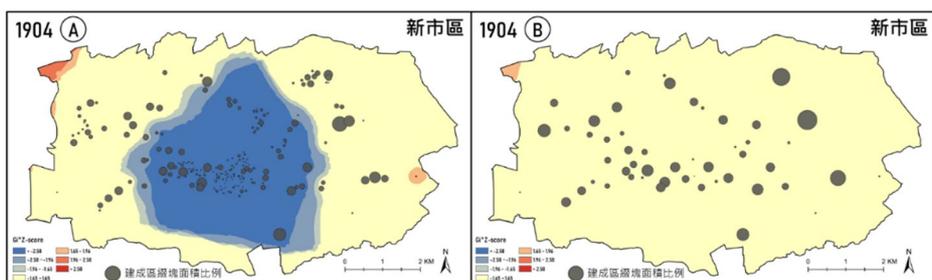


圖 34 1904 年新市區 AB 建成區綴塊熱點分析圖

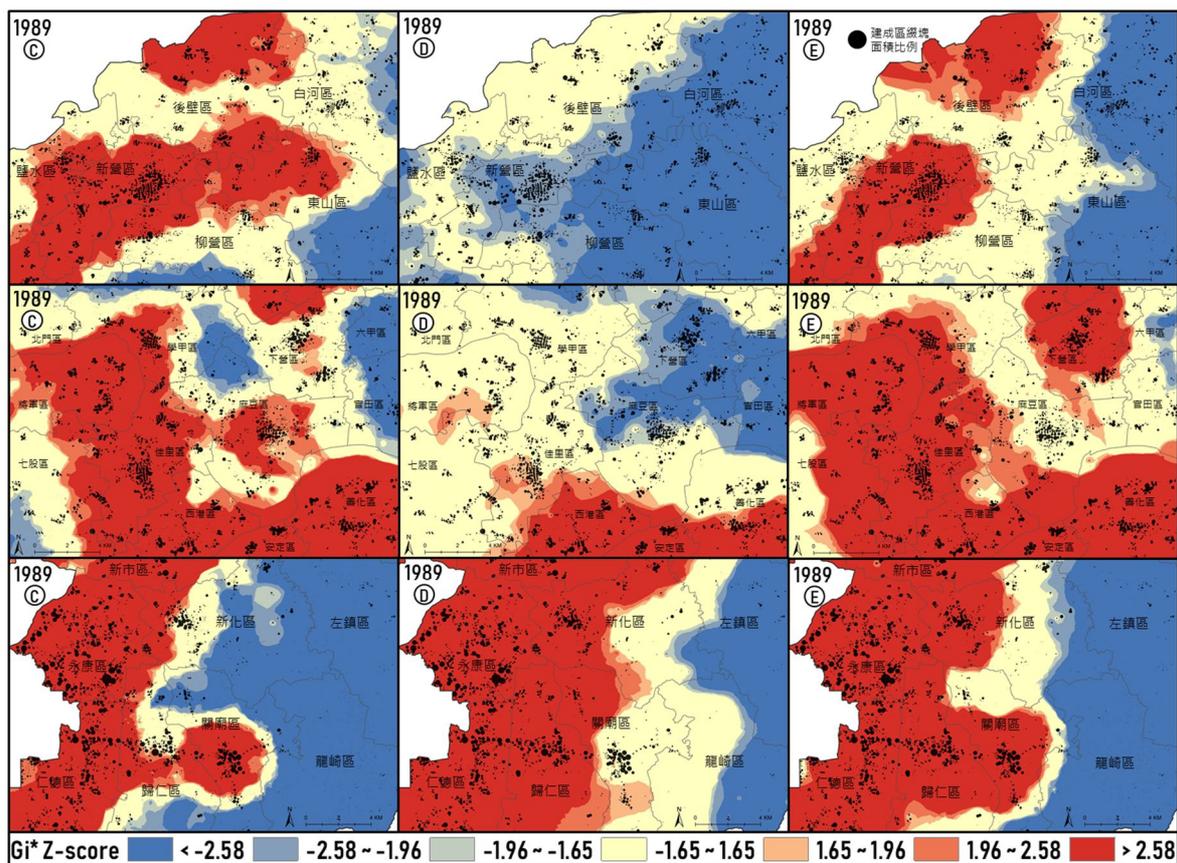


圖 35 台南縣不同區域 CDE 建成區綴塊熱點分析圖

由於 C 與 E 所分佈的獨立房屋相較建築區的面積小許多，因此在圖中並不易觀察到其確切位置，但能大致由 D 不顯著地區而 C 與 E 卻為熱點或冷點地區判別為獨立房屋可能密集分佈的區域。C 與 E 的善化區為熱點地區，唯獨 D 卻於其北側呈現不顯著地區。C 與 E 由較南的西港區往北至部分學甲區為熱點地區，其之間還包含佳里區、七股區與將軍區等也為熱點地區，但 D 僅佳里市區與小區域之將軍區呈現熱點，其餘則為不顯著地區。麻豆區則是 CDE 都得到不相同的結果，C 為市區聚集較大面積的建築區與小面積獨立房屋呈現熱點地區，並與佳里區東側熱點地區相連，而其北側與學甲區與下營區的交界區域則是冷點地區，該區域為聚集較多低面積建成區綴塊；D 冷點地區與下營區、官田區等延伸台南縣東北區域，另一半區域則為不顯著地區；E 的西側熱點地區與佳里區、西港區、學甲區等同為台南縣大區域中的熱點地區。

此外，此時的新營區為台南縣縣治與北側的區域中心，周圍區域以其為核心擴張的發展，鹽水區也非往年日治初期繁榮，而 C 與 E 的分析結果呈現新營區為熱點地區較符合該時期台南縣的發展，其之間的差異在於 E 熱點地區較聚集於新營區並擴張到相鄰的柳營區以及往南延伸至下營區；C 的熱點地區範圍更廣，包含相鄰的鹽水區與往東延伸至東山區的平原地區；反之，D 的分析結果均為冷點與不顯著地區，相比 C 與 E 差別很大。另外，白河區的建成區綴塊總數與獨立房屋數量為台南縣最多的區域，C 呈現西側為不顯著地區，東側丘陵與高山地區為冷點地區；反之 D 與 E 同為呈現冷點地區，而 E 東山區的西側平原地區為不顯著，東側則為冷點地區。

1989 年建成區 CDE 緊鄰原台南市的永康區與仁德區均為熱點地區，其東臨的新化區、歸仁區與關廟區皆為獨立房屋較多的區域，C 的建成區綴塊數明顯比 D 與 E 多，尤其後兩者東側為丘陵與高山地區，高密度分佈的獨立房屋也使 C

呈現部分的冷點地區，其相對的位置 D 與 E 則是得到不顯著地區的結果。此外，C 在新化區與歸仁區部分擁有較大面積的建成區呈現不顯著地區，反之 D 與 E 為熱點地區，而從西往東的 182 縣道經仁德區、歸仁區與關廟區的區域 CDE 均為熱點地區，除 C 於歸仁區部分較大面積建成區呈現不顯著地區以及 D 於關廟市區也呈現不顯著地區。

## 4.5 相關分析

由表 5 與圖 36 所示，1904 年未有建物基地相關的統計資料，取而代之使用的是 1921 年臺南州第三統計書所取得的最早相關統計數據，而對應 1989 年圖像資料分析則是使用 1990 年建物基地。此外，由於行政區劃的因素類似 1905 年現住人口的情況，轉而使用同上 1921 年的統計數據，而該時期嘉南大圳正開始興建，因此之後嘉南大圳的灌溉區域當時仍以旱田為主。此外，透過 1990 年台南縣統計要覽蒐集的各區 15 歲以上

有業人口數，其一級產業包含農、林、魚牧業，二級產業包含製造業、營造業及礦業與土石採取業，三級產業包含商業、運輸倉儲與通訊業、金融保險、不動產與工商服務業及公共行政社會團體與個人服務業。從表中得知，東部丘陵與高山地區以及西部濱海地區仍以一級產業為主，而仁德區、歸仁區、永康區、安定區、山上區等以二級產業為多，三級產業則是以北部台南縣縣治的新營區與 1970 年代後受原台南市都市擴張影響而快速發展的永康區明顯高出其他區域許多。

本研究運用上述所統整的相關統計數據與各區域建成區綴塊面積進行相關分析，並透過皮爾森相關係數 (Pearson correlation coefficient) 判斷其之間的相關程度，當相關係數絕對值 R 大於 0.8 則為高度相關 (highly correlated)，探討所數化的歷史圖像資料與各項統計資料之間是否存在高度相關且顯著 (Benesty *et al.*, 2009)，其相關分析的成果如圖 37 所示。

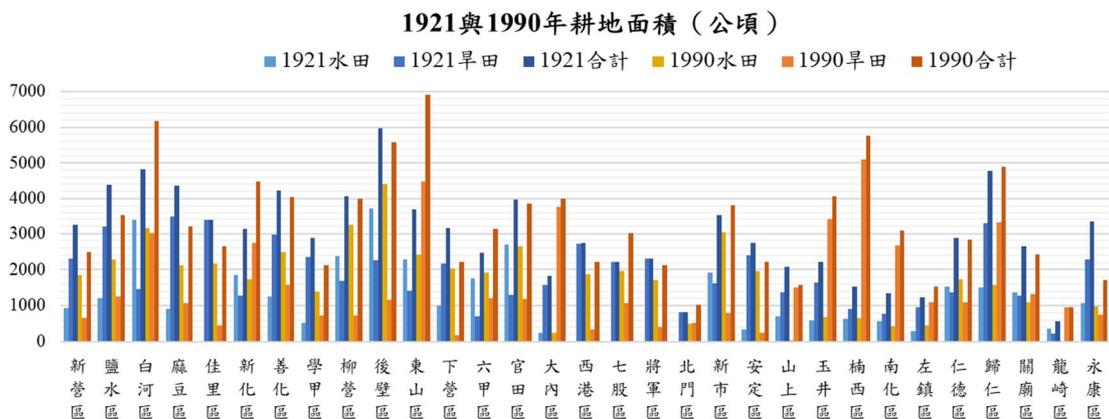


圖 36 1921 年與 1990 年台南縣各行政區耕地面積直條圖

資料來源：臺灣現住人口統計；臺南州第三統計書

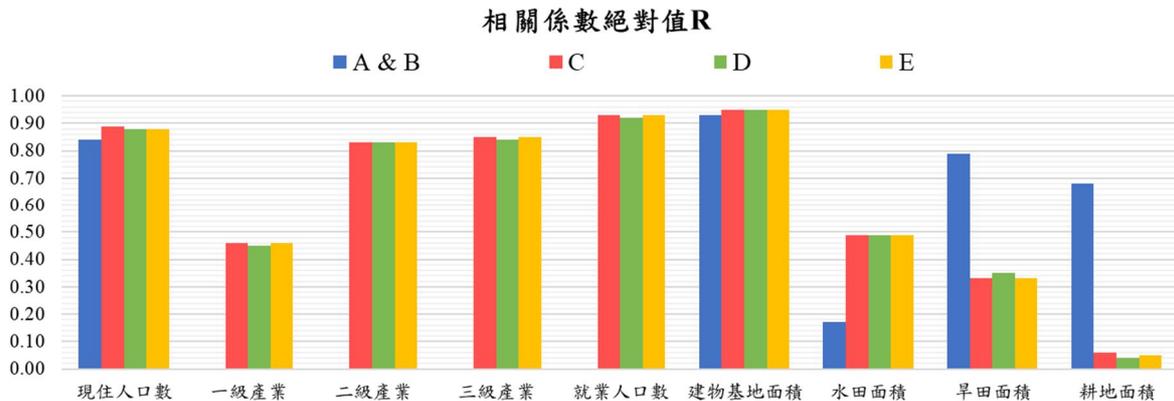


圖 37 1904 與 1989 年不同自定義建成區綴塊面積與歷史統計數據之相關分析結果

表 5 台南縣不同時期建物基地面積、顯著人口數與就業人口數歷史統計資料

| 行政區        | 建物基地面積          |                 | 現住人口數          |                  | 1990 年 15 歲以上就業人口數 |                |                |                |
|------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|            | 1921 年          | 1990 年          | 1905 年         | 1990 年           | 一級產業               | 二級產業           | 三級產業           | 合計             |
| 新營區        | 180.40          | 521.44          | 11,916         | 71,421           | 8,645              | 8,797          | 14,556         | 31,998         |
| 鹽水區        | 234.72          | 309.52          | 19,174         | 28,756           | 7,781              | 2,596          | 3,964          | 14,341         |
| 白河區        | 248.29          | 437.73          | 15,329         | 38,767           | 13,108             | 2,034          | 4,197          | 19,339         |
| 麻豆區        | 310.37          | 475.49          | 23,243         | 46,632           | 10,558             | 5,705          | 5,503          | 21,766         |
| 佳里區        | 275.45          | 463.12          | 18,608         | 54,265           | 8,476              | 7,133          | 7,932          | 23,541         |
| 新化區        | 108.63          | 293.98          | 10,142         | 41,927           | 7,424              | 5,391          | 5,998          | 18,813         |
| 善化區        | 142.58          | 418.02          | 12,789         | 40,977           | 7,125              | 6,915          | 5,484          | 19,524         |
| 學甲區        | 183.31          | 305.49          | 17,541         | 31,645           | 8,968              | 6,001          | 3,641          | 18,610         |
| 柳營區        | 112.51          | 236.90          | 8,776          | 24,339           | 7,163              | 2,764          | 3,038          | 12,965         |
| 後壁區        | 237.63          | 396.96          | 13,224         | 29,924           | 7,739              | 5,401          | 4,735          | 17,875         |
| 東山區        | 163.91          | 253.25          | 10,839         | 27,537           | 13,588             | 1,597          | 2,269          | 17,454         |
| 下營區        | 119.30          | 209.19          | 10,668         | 29,223           | 8,902              | 3,510          | 3,837          | 16,249         |
| 六甲區        | 76.62           | 180.62          | 6,004          | 26,067           | 6,865              | 2,183          | 2,700          | 11,748         |
| 官田區        | 90.20           | 339.25          | 6,462          | 23,861           | 5,150              | 4,016          | 3,029          | 12,195         |
| 大內區        | 66.92           | 106.86          | 5,646          | 13,055           | 3,730              | 1,698          | 1,942          | 7,370          |
| 西港區        | 161.97          | 230.90          | 12,410         | 23,439           | 5,846              | 4,482          | 2,910          | 13,238         |
| 七股區        | 181.37          | 262.60          | 11,288         | 26,908           | 7,940              | 3,257          | 2,103          | 13,300         |
| 將軍區        | 129.97          | 203.03          | 14,469         | 24,984           | 8,468              | 3,235          | 2,207          | 13,910         |
| 北門區        | 99.90           | 134.96          | 15,192         | 14,936           | 4,072              | 2,324          | 1,913          | 8,309          |
| 新市區        | 105.72          | 324.59          | 6,917          | 28,131           | 5,301              | 5,469          | 2,761          | 13,531         |
| 安定區        | 198.83          | 248.57          | 12,112         | 27,410           | 5,584              | 6,602          | 2,905          | 15,091         |
| 山上區        | 64.98           | 128.57          | 3,062          | 8,284            | 1,418              | 2,065          | 1,185          | 4,668          |
| 玉井區        | 92.14           | 139.34          | 5,238          | 18,582           | 5,828              | 1,597          | 2,448          | 9,873          |
| 楠西區        | 47.53           | 97.40           | 2,736          | 13,121           | 6,116              | 555            | 1,237          | 7,908          |
| 南化區        | 62.07           | 76.14           | 6,449          | 9,880            | 3,993              | 1,287          | 1,177          | 6,457          |
| 左鎮區        | 64.01           | 71.89           | 6,017          | 6,638            | 2,609              | 1,055          | 794            | 4,458          |
| 仁德區        | 120.27          | 566.88          | 10,904         | 58,644           | 4,364              | 17,146         | 8,144          | 29,654         |
| 歸仁區        | 172.64          | 372.96          | 13,078         | 56,856           | 7,969              | 10,352         | 5,900          | 24,221         |
| 關廟區        | 103.78          | 236.63          | 7,850          | 38,987           | 6,589              | 7,157          | 4,346          | 18,092         |
| 龍崎區        | 34.92           | 54.65           | 4,393          | 5,082            | 1,445              | 1,015          | 531            | 2,991          |
| 永康區        | 143.55          | 906.51          | 11,593         | 136,705          | 6,359              | 27,571         | 20,137         | 54,067         |
| <b>台南縣</b> | <b>4,334.48</b> | <b>9,003.44</b> | <b>334,069</b> | <b>1,026,983</b> | <b>209,123</b>     | <b>160,912</b> | <b>133,523</b> | <b>503,558</b> |

資料來源：臺灣現住人口統計；臺南州第三統計書；台南縣統計要覽

1904 年 AB 綴塊總面積與建物基地與現住人口數為高度相關分別為 0.93 與 0.84，而耕地面積與旱田面積則為中度相關，說明由 1904 年臺灣堡圖的圖像資料所數化之 AB 建成區綴塊與當時 1921 年臺南州第三統計書所記載的建物基地擁有較強的相關性，由於結果為正相關表示兩者之間彼此會正向共變，說明當區域綴塊面積越大，以上統計數據則越大。

1989 年 CDE 建成區綴塊面積與建物基地面積、就業人口數、現住人口數、三級產業及二級產業均為高度相關，其相關性均最高的建物基地

可說明透過 1989 年經建版地形圖第一版所數化的建成區圖像資料與台南縣政府所統計的建築用地資料是高度正相關。另外，也說明了當 CDE 各區域的綴塊面積越大，現住人口及二級與三級產業就業人口則越多。

綜合上述分析，本研究透過 1904 年與 1989 年歷史圖資的圖像資料，經數化後 ABCDE 自定義建成區綴塊應用於各分析上具有一定程度上的解釋力，尤其應用建成區綴塊面積為權重之熱點分析。

## 5. 結論

本研究透過中研院 WMTS 服務所提供的 1904 年臺灣堡圖與 1989 年經建版地形圖第一版，對其歷史圖像資料所判識的台南縣各區域建成區進行圖層數化，並自定義 1904 年 AB 與 1989 年 CDE 共五種類型建成區綴塊，應用空間統計與景觀格局分析探討台南縣不同自定義建成區的空間特徵與差異，並探究分析結果與歷史統計數據之間的相關程度，對於本研究所論述的內容更具解釋力。

1904 年 B 自定義建成區 1,775 個綴塊中，藉由臺灣堡圖共判識 1,037 個傳統聚落名稱，B 綴塊總數也因對相同聚落的 A 建成區綴塊進行合併而減半，促使平均綴塊面積相較高出約一倍，相反地綴塊密度則降低約一倍。此外，1904 年台南縣東部丘陵與高山地區的平均觀測距離相較西部平原地區近，前者的建成區綴塊的面積普遍較小且分佈零碎，其左鎮區與南化區的綴塊數與分佈密度為全域最高值，而平均綴塊面積卻與龍崎區均為台南縣最低，皆為 A 與 B 建成區主要的冷點地區。另外，麻豆區與佳里區為各分析結果較突出的平原地區，綴塊總面積及 1921 年建物基地面積均遠高於台南縣其他區域，且皆為 A 與 B 建成區的熱點地區表明為日治初期的區域中心，而 LSI 值與綴塊密度皆僅次於新市區反映其建成區綴塊較為複雜與不規則的型態。

除此之外，本研究定義三種類型的 1989 年 CDE 自定義建成區，其 C 與 D 為各項景觀指數中相較極端的數值，E 則為介於 C 與 D 之間可解讀為較均衡的數值，尤其是台南縣東南側的龍崎區、左鎮區與南化區最為明顯。另外，將軍區、安定區、山上區與北門區均為綴塊數最少與 CDE 之間普遍變化幅度最小的區域，而且 LSI 值較低並差異不大，反映出獨立房屋的數量多寡為主要變數之一。

然而 1989 年的大部分東部丘陵與高山地區為獨立房屋數量居多，相較之下建築區為少數而促使 D 建成區分佈密度為最低值的區域，為 CDE

建成區主要的冷點地區。此外，C 建成區東部地區的平均觀測距離相較於西部平原地區近，當 D 排除獨立房屋則是平原地區的距離較近，說明獨立房屋分佈密集且東部地區因所佔比較高而導致平均觀測距離增加多於一倍，而丘陵與高山地區與平原地區之間的 E 平均觀測距離僅相差 0.62m，且前者恰好為 C 與 D 之間的平均值，再度體現出 E 為 1989 年較均衡的自定義建成區。另外，CDE 建成區共同的熱點地區為相鄰於原台南市東側與東北側的西港區、安定區、永康區與仁德區，均為台南縣平均綴塊面積最大的區域之一，後兩者為 1970 年代後迅速發展的地區且綴塊總面積與 LSI 值皆為台南縣最大值，說明其建成區綴塊相較於其他地區更複雜。

綜合分析中運用各項景觀指數與歷史統計數據進行相關分析，ABCDE 建成區均以綴塊總面積為變數 $y$ ，建物基地面積、現住人口數等統計資料別為變數 $x$ ，均為高度正相關而綴塊總面積與建物基地面積之間的相關性最強，說明建物基地越大建成區越大，對於使用 1904 年與 1989 年歷史圖資所數化的建成區綴塊做為基礎資料，並在論述空間統計分析的內容上相較而言是具有較高的解釋力。此外 CDE 建成區綴塊面積與 1990 年 15 歲以上就業人口數之間均相較於現住人口數擁有更強的相關性，說明就業人口越多建成區則越大。

總結以上，本研究透過 1904 年與 1989 年歷史圖資數化台南縣不同自定義建成區綴塊經上述的分析後，了解該時期所繪製的地形圖於各區域之空間特徵，且歷史圖像應用於空間分析上是具有一定的解釋力，其 1904 年 B 與 1989 年 E 的假設較貼近於實際狀況，而由於自定義建成區的方式將直接影響其分析結果，因此即使是同年度的分析結果也差異甚大，更何況是兩個不同年度在樣本數決然不一的情況下，該分析結果更不適於進行比較。另外，KDE 在不考量面積的分析下則有高密度低面積或低密度高面積的想象產生，未能更完整呈現出該年度區域之建成區聚集處，因此後續研究可建議嘗試先依建成區面積按比

例給予例如分配一至五層級設定權重，其分析結果可能更具說服力。最後，透過各自年度的自定義建成區經分析結果比較後，發現其空間特徵具明顯差異之處，乃不易斷定其結果哪個較佳，因此不妨透過研究方向與目的去選擇較符合該框架下之自定義建成區。

## 參考文獻

- 王曼曼、吳秀芹、吳斌、張宇清、董貴華，2016。鹽池北部風沙區鄉村聚落空間格局演變分析，農業工程學報，32(8)：260-271。[Wang, M.M., Wu, X.Q., Wu, B., Zhang, Y.Q., and Dong, G.H., 2016. Evolution analysis of spatial pattern of rural settlements in sandy area of northern Yanchi, Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 32(8): 260-271. (in Chinese)]
- 朱彬、馬曉冬，2011。蘇北地區鄉村聚落的格局特徵與類型劃分，人文地理，26(4)：66-72。[Zhu, B., and Ma, X.D., 2011. A research on pattern characteristics and type classification of rural settlement in Northern Jiangsu province, Human Geography, 26(4): 66-72. (in Chinese)]
- 李靜、張平宇、劉學偉，2014。三江平原城鄉聚落的空間格局特徵分析，農業現代化研究，35(3)：294-298。[Li, J., Zhang, P.Y., and Liu, X.W., 2014. Spatial pattern analysis of urban and rural settlements in Sanjiang Plain, Research of Agricultural Modernization, 35(3): 294-298. (in Chinese)]
- 沈淑敏、張瑞津，2003。圖像資料在臺灣地區地形變遷研究上的應用與限制，國立臺灣師範大學地理研究報告，38：67-87。[Shen, S.M., and Chang, J.C., 2003. Application and limitation of the pictorial materials on the study of geomorphic changes in Taiwan, Geographical Research, 38: 67-87. (in Chinese)]
- 施添福，1996。蘭陽平原的傳統聚落：理論架構與基本資料，宜蘭縣立文化中心，宜蘭。[Shi, T.F., 1996. The Traditional Settlement in Yilan Plain: Theoretical Framework and General Information, Yilan County Cultural Center, Yilan. (in Chinese)]
- 馬利邦、郭曉東、張啟媛，2012。甘谷縣鄉村聚落時空佈局特徵及格局優化，農業工程學報，28(13)：217-225。[Ma, L.B., Cuo, X.D., and Zhang, Q.Y., 2012. Spatio-temporal distribution and optimization of rural settlements in Gangu county of loess hilly area, Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 28(13): 217-225. (in Chinese)]
- 馬曉冬、朱傳耿、馬榮華、蒲英霞，2008。蘇州地區城鎮擴展的空間格局及其演化分析，地理學報，63(4)：405-416。[Ma, X.D., Zhu, C.G., Ma, R.H., and Pu, Y.X., 2008. Urban spatial growth pattern and its evolution in Suzhou, Jiangsu Province, China, Acta Geographica Sinica, 63(4): 405-416. (in Chinese)]
- 馬曉冬、李全林、沈一，2012。江蘇省鄉村聚落的形態分異及地域類型，地理學報，67(4)：516-525。[Ma, X.D., Li, Q.L., and Shen, Y., 2012. Morphological difference and regional types of rural settlements in Jiangsu Province, Acta Geographica Sinica, 67(4): 516-525. (in Chinese)]
- 張文崧、陳嘉惠、張國楨，2017。應用空間統計於桃園地區土地利用變遷因素分析，地理研究，67：137-161。[Jhang, W.S., Chen, J.H., and Chang, K.C., 2017. Application of spatial statistics to analyze land use change factors in the Taoyuan area, Journal of Geographical Research, 67: 137-161. (in Chinese)]
- 鄔建國，2003。景觀生態學—格局、過程、尺度與等級，北京：高等教育出版社。[Wu, J.G., 2003. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy, Higher education press,

- Beijing. (in Chinese)]
- Bailey, T.C., and Gatrell, A.C., 1995. *Interactive Spatial Data Analysis*, Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex, UK, ISBN: 9780582244931.
- Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., and Cohen, I., 2009. Pearson correlation coefficient, In: *Noise reduction in speech processing*(Vol.2), New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.37-40.
- Clark, J.K., McChesney, R., Munroe, D.K., and Irwin, E.G., 2009. Spatial characteristics of exurban settlement pattern in the United States, *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4): 178-188.
- Ebdon, D., 1985. *Statistics in Geography: A Practical Approach*, Oxford [Oxfordshire]: B. Blackwell.
- Getis, A., and Ord, J.K., 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics, *Geographical Analysis*, 24(3): 189-206.
- Mitchell, A., 2005. *The ESRI Guide to GIS Analysis: Volume 2: Spatial Measurements & Statistics* (Vol. 158948116). Redlands, California, ESRI Press.
- Ord, J.K., and Getis, A., 1995. Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application, *Geographical Analysis*, 27(4): 286-306.
- Sevenant, M., and Antrop, M., 2007. Settlement models, land use and visibility in rural landscapes: Two case studies in Greece, *Landscape and Urban Planning*, 80(4): 362-374.
- Silverman, B.W., 1986. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, London: Chapman and Hall.

# Exploring the Spatial and Temporal Analysis of Tainan County's Historical Maps by Using Spatial Statistics and Landscape Pattern Analysis

Wei-Ting Han <sup>1\*</sup>      Shiann-Far Kung <sup>2</sup>      Chung-Hsien Chen <sup>3</sup>

## Abstract

With the gradual maturity of geographic information system (GIS) technology, through the combination of GIS and historical data, the study of humanities and society in small-scale spatial regions is more common, but the spatial relationship between various regions in Tainan County is rarely discussed. Therefore, this research digitized the built-up area of Tainan County identified in the 1904 and 1989 historical topographic maps through the WMTS service function of the "Taiwan Centurial Historical Map" developed by the Academia Sinica. Then customize the different types of built-up areas as the basic data for the method of spatial analysis, landscape pattern analysis, and correlation analysis. This research method used kernel density estimation and hotspot analysis to explore the spatial distribution characteristics and differences of the built-up areas in each region. Besides, the landscape metrics can be used to calculate the number, area, spatial scale and type characteristics of the patch of the built-up areas. Also, the correlation strength and significance between the use of historical statistics and the analysis of analytical results have led to a more explanatory power in the discussion. In conclusion, the built-up areas in the eastern part of Tainan County are generally small and fragmented cold spots, while the western plains are hot spots with large areas. Moreover, the built-up area is highly correlated with the building land of the historical statistical data, indicating that the historical image has high explanatory power for various types of analysis.

**Keywords:** Tainan County, Spatial Analysis, Landscape Pattern Analysis, Historical Maps

---

<sup>1</sup> Master, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University

<sup>2</sup> Professor, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University

<sup>3</sup> Research Assistant, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University

\* Corresponding Author, E-mail: weiting039@gmail.com

Received Date: Nov. 18, 2019

Revised Date: Dec. 16, 2019

Accepted Date: Jan. 10, 2020