地理研究 第52期 民國99年5月
Journal of Geographical Research No.52, May 2010

犯罪地圖繪製與熱區分析方法及其應用：以1998-2007年台北市住宅竊盜犯罪為例

Crime Mapping and Hotspot Analysis: A Case Study of Residential Burglaries in Taipei City, 1998-2007

溫在弘[a]　劉擇昌[b]　林民浩[c]

Tzai-Hung Wen　Tzer-Chang Liu　Min-Hau Lin

Abstract

The purpose of crime mapping and hotspot analysis is attempted to identifying the areas of concentrated crime events. Therefore, understanding spatial patterns of crime, including the frequency and intensity of crime hotspots is essential to crime prevention and intervention. Recently, new mapping technologies - geographic information systems (GIS) and spatial database systems make it possible to visualize and analyze a great quantity of crime events in time and space. Nowadays, crime mapping has already been an important task for crime analysis. This article introduced the common-used methods of GIS and geospatial analysis in crime mapping and hotspot analysis. We then applied these geospatial analysis methods to identify the spatial-temporal patterns and hotspots of residential burglaries in 1998-2007, Taipei City as an example to illustrate the capacities and effectiveness of GIS in crime mapping and analysis for further improvement of public safety.

Keywords：geographic information system (GIS), crime mapping, spatial clustering, hotspot analysis, crime geography

摘　要

犯罪熱區分析之目的在於找出「區域內之某個地方具有相對顯著的犯罪風險聚集趨勢」，故應瞭解其犯罪的空間型態、其案件地點是否呈現顯著地群集及其發生頻率及強度等關係。近年來伴隨著地理資訊系統（geographic information system, GIS）技術興起、地理資訊大量積累，以地理

[a] 國立台灣大學地理環境資源學系助理教授
[b] 中央警察大學犯罪防治研究所博士候選人，澎湖縣政府警察局股長
[c] 國立台灣大學健康政策與管理研究所碩士班研究生

資訊技術爲基礎之空間分析與製圖方法所產出之犯罪主題地圖(thematic mapping)，在犯罪預防評估與政策上，逐漸成爲重要的分析項目。由於犯罪製圖與熱區分析方法係針對於社會環境中，分析犯罪個案的時間、空間與相關環境間相互影響，可提供警政單位瞭解其犯罪行爲與公共安全在地理空間上的分佈與過程。本文從犯罪預防實務觀點，研究重心聚焦於 GIS 技術與熱區分析方法針對犯罪群聚偵測之趨勢與重要性，並以 1998-2007 年台北市住宅竊盜爲案例研究，分析結果發現台北市中正、大安與松山一帶爲主要住宅竊盜刑案熱區，但其群聚強度在近五年(2002-2007)已經趨緩，然而信義、南港及士林一帶卻逐漸興起成爲新的住宅竊盜群聚。本研究透過犯罪地圖繪製及熱區分析方法，找出具顯著性的犯罪地理群聚及變遷現象，以期該結果能協助警政單位制訂犯罪治安之改善策略。

關鍵詞：地理資訊系統、犯罪地圖繪製、空間群聚、熱區分析、犯罪地理學

前言

由於犯罪事件具有「空間（spatial）」要素，且因某些因素或驅力而常群集於特定之地點，故探究犯罪之空間因素可協助警方將警力佈置於正確之區域，並了解轄區內犯罪發生之機制，進而制定有效之犯罪預防策略。1980 年代晚期以後許多被稱爲「犯罪熱區（crime hotspots）」之實證研究證實許多「特定地區（specific places）」具有高犯罪發生率，故大力提倡應該將警力正確的投注於高犯罪發生場所方能有效預防犯罪（Brantingham and Brantingham, 1999; Weisburd, Maher, and Sherman, 1992）。環境犯罪學理論（criminal environment theory）是一種以犯罪預防對策爲出發點的犯罪學觀點，主要係從研究觀察所處之地理環境狀況，透過分析犯罪者選擇犯罪行爲的模式，進而以預先改善影響犯罪行爲的環境或場所，達成犯罪預防之目的。因此，犯罪預防的積極作爲應先從歷年的犯罪檔案中，整合人口特徵-時間-地點的三個維度來找出高度發生犯罪頻率的地區以及導致犯罪機制因素之研析。

近年來由於資訊與電腦操作軟體、電子儲存媒體的改良和電腦軟體的進步，應用新興資訊科技來整合與呈現資訊能力不斷地提升，並影響相關技術導入治安和犯罪預防領域。本文將利用「地理資訊系統（geographic information system, GIS）」的觀念，說明應用空間分析的技術於犯罪熱區（hotspot of crime）偵測之趨勢與重要性，並從「時間」與「空間」兩觀點同時切入，再加上應用計量地理以及地圖繪製原則，以了解犯罪發生在時空上的變化，期能提供警政單位進行犯罪防治之早期預警。

本文將於「文獻回顧」中介紹犯罪地點之區位分析方法，「熱區分析方法論」中介紹在犯罪防治領域經常被使用的熱區分析方法理論，並於「案例研究：台北市住宅竊盜之犯罪熱區分析」中以 1998-2007 年台北市住宅竊盜爲例，說明地理資訊系統在（1）犯罪地圖繪製；以及（2）犯罪熱區分析等實例應用結果。本文最後於「討論與結論」針對犯罪熱區分析的理論方法與應用結果進行討論與結論。

文獻回顧

在犯罪學研究領域中，對於犯罪與地點關係間之關注已有一段很長的時間，早在 19 世紀法國學者即針對犯罪由於不同生態及社會特徵導致區域分佈差異進行研究，開啓犯罪生態研究之濫觴（Guerry, 1833; Quetelet, 1842）；20 世紀後被稱爲「芝加哥」學派之社會學者，針對芝加哥城市犯罪區位進行研究，推導出城市環境特徵係導致特定區域犯罪急速升高主因之論點（Burgess, 1925; Thrasher, 1927; Shaw and McKay, 1942）。而上述企圖運用區域、國家、城市、社區等整合性資料以了解犯罪與地點間關係之傳統研究，可稱爲巨觀（macro）之地點或區位研究。1970 年代以後犯罪學者對於犯罪與地點關係之研究開始轉向微觀（micro）的角度，即針對大社會環境中如地址、街角、商店、房屋、學校等特殊地點進行研究，並聚焦於城市設計（Jeffrey, 1971）、城市建築（Newman, 1972）或考量多重實質環境特徵、犯罪機會（Mayhew et al.,1976; Duffala, 1976）與犯罪關係等特殊面向，伴隨著電腦科技與地圖繪製技術之快數發展，亦使犯罪學者可以對於犯罪與地點關係進行以往犯罪研究較無法著墨之犯罪機會或犯罪轉移等議題，而與前述傳統之巨觀研究有所區隔。以下本文擬將回顧文獻初步區分爲「巨觀層次」及「微觀層次」兩大類型說明之。

(一)巨觀層次

在巨觀層次中，面量圖（choropleth map）最常被使用於探索犯罪地點的空間分佈。例如：Ackerman 及 Murray 於 2004 年利用面量圖，並以「標準差」分層設色的方式，呈現俄亥俄州 Lima 郡不同戶口普查區（census tract），暴力犯罪（violent crime）及財產犯罪（property crime）的分佈情形（Ackerman and Murray, 2004）；Nelson 等人則利用面量圖，呈現不同商家被竊盜的情形（Nelson, et al. 1996），並透過將研究區域以建立網格方式來呈現其面量圖，以打破行政區域疆界，重新規劃、配置警力及資源；Kistler 在亞利桑納州發現以行政疆界作爲警力配置依據時，將使得警力的配置不均，警員工作負擔有相當大的差異，因此其打破行政疆域，透過建立均勻網格並計算各網格內警察的服務量及對於案件的平均反應時間，以此爲依據，重新劃分警力轄境（Kistler, 2009）。

(二)微觀層次

微觀層次的 GIS 應用，則主要關注「熱區分析（hotspot analysis）」。需特別注意的是“hotspots”和“hot place”是有不一樣的定義，前者係指的主要是犯罪事件的空間分佈有統計顯著地關連，後者指的則是普遍犯罪發生機率高的地點（例如：酒吧、公車站、公園），但限於空間的尺度，通常“hotspots”會發生在某些特定的“hot place”。而熱區分析中，又以「時空分析（spatial-temporal analysis）」在文獻中最常見，該議題主要關注的是一段時間內（例如：一天之內）的什麼時間點，是犯罪聚集的時刻？而在應用空間分析方法上，多以核密度估計（kernel density estimation）與熱區橢圓形範圍（hotspot ellipse）呈現其熱區分佈。美國伊利諾州的犯罪防治資訊機構（Illinois Criminal Justice Information Authority）發展出 Spatial-Temporal Analysis of Crime（STAC）的分析模組，其犯罪熱區之分析方法包括：熱區橢圓形範圍及犯罪等量線圖（Isocrime）等。該機構認爲「此資料分析系統的設計，將可即時找出街頭幫派犯罪及謀殺的熱區，並即時拯救生命」

（McEwen and Taxman, 1995）。該分析模組目前已整合於美國國家司法研究所（National Institute of Justice, NIJ）爲針對犯罪地點分析而發展的空間統計軟體 CrimeStat1，並已被國際學術界與警政相關部門廣泛應用。 Ceccato 與 Oberwittler 則探討了兩個歐洲城市強盜案件的分佈，並以最鄰近階層群聚分析法（nearest neighbor hierarchical clustering analysis）找出強盜案分佈的熱區集中在主要道路、車站及當地中心，亦發現這些強盜案件的分佈與日常活動所在（如酒吧或俱樂部）與地點之環境、區位特性之相關性高於弱勢族群（如接受社會救助者或外籍移民）等傳統社會性因素（Ceccato and Oberwittler, 2008）。除了犯罪分析之外，空間分析於警政管理的應用亦可包括於假釋犯出獄後，評估是否有較好的社會服務及工作機會，進而有助於減少其再犯機率。Mellow 運用核密度估計的概念，比較假釋犯在紐澤西州的群聚以及社會服務群聚的情形，以比較兩者之間的關連，並加以計算假釋犯人平均到社會服務的距離以及如何規劃設置這些社會服務據點（Mellow et al, 2008）。

熱區分析方法論

(一)概述

由於刑案發生地點通常以地址方式記錄之，因此犯罪區位分析的首要步驟係透過地址定位（address matching）的機制，可將文字地址描述轉換成 X-Y 地理座標（geographic coordinates），進而以點資料（point data）呈現其空間分佈。犯罪案件資料的空間分析主要係瞭解其犯罪的空間分佈、其案件是否呈現群集及其發生的頻率及強度等關係。在進行點資料的型態分析中，首要需瞭解空間點型態的分類，一般空間分佈型態可分爲三大類，如圖 1 所示，包括：群聚（clustered）、分散（dispersed）、隨機（random）等類型（Mitchell, 2005）。犯罪熱區即表示爲犯罪地點呈現高度群聚趨勢，其表示在空間上有顯著地集中分佈於某一處或是多處(Eck et al, 2005)。分散分佈則是點資料呈現規則之分佈情況，可以經由一定規則推測下一個點資料位置，至於隨機分佈則是各資料點在空間之各處出現機率相同，所造成之結果並沒有顯著的空間群集與均勻分佈的趨勢（Mitchell, 2005）。

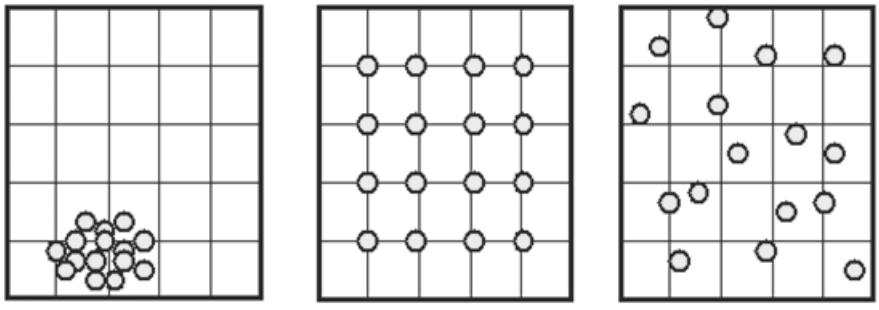

圖 1　空間點型態分佈

[1] 該軟體最新版本爲 CrimeStat 3.3 (July 2010)，網址：http://www.icpsr.umich.edu/CRIMESTAT/

當某種刑案案例經常性發生時，警政單位必須評估刑案發生之位置是否逐漸呈現空間聚集之趨勢（亦即犯罪熱區），進而投入更多的警力資源，避免造成犯罪之持續擴散與流行。因此，分析犯罪熱區之目的在於找出「區域內之某個地方具有相對顯著之犯罪趨勢」。一般對於犯罪熱區分析的統計檢定方法，大致可區分成以下三種型態（Aldstadt, 2010）：

1.焦點聚集檢定（focused clustering test）

此種檢定方法適用於「已知某些潛在影響犯罪行爲的環境與場所」之情況下，透過統計檢定可知「犯罪案例是否在已知潛在影響犯罪行爲的環境或場所附近造成聚集之狀況」。

2.全域式聚集檢定（global clustering test）

此種檢定方法適用於「未知潛在影響犯罪行爲的環境」，利用統計檢定可知「犯罪案例是否有空間聚集之情況」，但無法檢定出其聚集在哪些區域。

3.區域式聚集檢定（local clustering test）

這種檢定方法也是應用於「未知潛在影響犯罪行爲的環境」，除了可檢定犯罪案例是否有空間聚集之情況，尚可檢定出其空間聚集的區域。

警政單位於擬定犯罪防治計畫時，透過空間資訊與統計分析之整合技術，得以迅速了解轄區犯罪熱區及其周邊之區位事實、治安狀況分佈、擴散等趨勢性資料，經由科學化與專業之統計、分析、比對與勤務規劃，則能更有效率的從事犯罪偵查、打擊與預防工作；或透過改善危險環境、場所等方式進行早期預警與防治工作。

(二)資料類型

應用空間分析的方法，通常以資料的型態區分成兩大類型：(1)個別資料（individual data）；(2)加總資料（aggregated data）。「個別資料」乃指某個新發事件（event）或調查資料，該類型資料具有座標位置，通常多以記錄座標位置的點資料（point data）方式呈現，透過分析彼此間的地理距離或社會關係等因素，判定是否呈現空間群集，例如：犯罪案發地點、傳染病病例的感染地點等；「加總資料」多以按照同一區域內（通常指人爲劃分的行政區域，例如：縣市或鄉鎮等行政區、派出所轄區等），將個別資料加總成一筆總數資料或是以比率（proportion）及面資料（polygon data）方式呈現與分析，如人口分佈或工商活動等，但該類型資料容易受到區域加總關係影響，特別是受到空間尺度（scale）（圖 2）和研究範圍界定（extent）（圖 3）改變其趨勢型態（pattern），茲敘述如下。

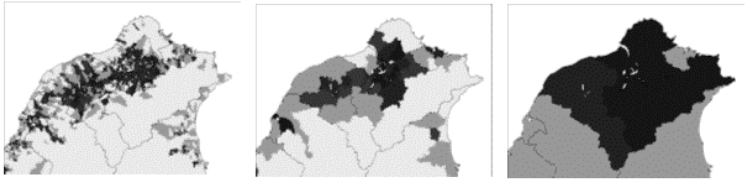

圖 2　不同空間尺度對於空間型態的影響

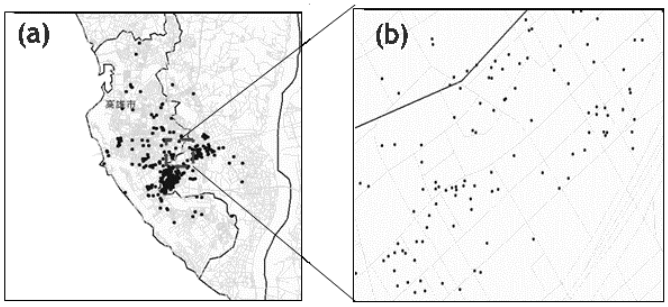

圖 3　不同研究範圍對於空間型態的影響

圖 2 係利用不同尺度觀察臺灣北部某刑案發生之個案數趨勢，由圖 2-（a）至（c）係分別以村里、鄉鎮、縣市之不同尺度加總區域內刑案犯罪總數的空間分佈，從中可發現加總尺度的面積越大之區域，趨勢情況容易受到面積影響，導致空間趨勢無法真實呈現其地理變異。例如：若以縣市尺度的資料呈現，無法區隔縣市內部的空間變異，而誤導爲整個縣市都處於受到相同犯罪風險的狀態，從村里與鄉鎮尺度可知，台北縣內的板橋市與烏來鄉所呈現的空間差異無法在縣市尺度反應，故以縣市尺度加總犯罪個案數的方式，容易造成因誤判而造成資源無法有效投入。圖 3 即爲不同研究範圍，圖 3(a)是以高雄爲研究區域，容易見到其資料點在空間上有集中之趨勢情況；而圖 3(b)則是高雄區域內的一小區，其結果不容易看出資料群集現象，故相形比較下，不同研究區域內，所見到情況有所不同，故尺度和範圍容易影響資料分佈型態。

(三)分析方法

熱區分析之目的在於瞭解是否呈現地理群集的趨勢，一旦呈現顯著的群聚趨勢情況，則需要更進一步分析群聚程度的地點、頻率與幅度，並運用有限資源對於群聚地區進行有效介入與管理。本章節將從上述資料型態，說明其應用的分析方法，包括（1）空間分佈描述；（2）空間聚集分析以及（3）空間自相關分析等（如圖 4 所示）。

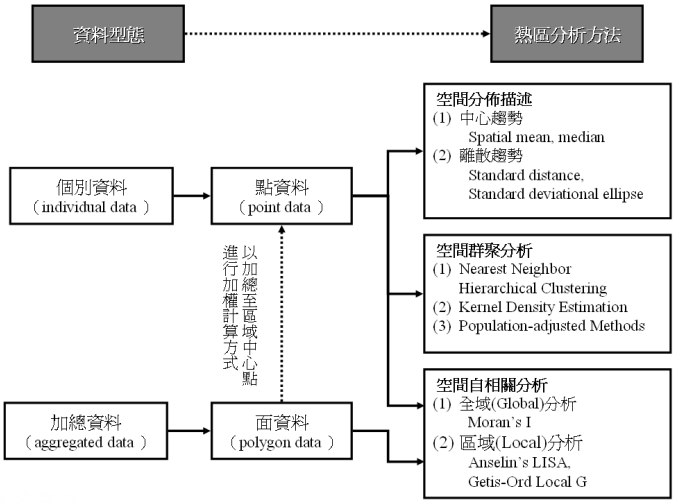

圖 4　不同資料型態之熱區分析方法

1.空間分佈描述

犯罪資料的空間分析第一步通常係將犯罪個案透過製圖點繪於地圖，該種形式的地圖又稱之爲「治安斑點圖」。透過犯罪個案之地理分佈，除了大致瞭解其空間分佈情況，須進一步定量描述其分佈。這部分將引用描述性統計學（descriptive statistics）的基本觀念，透過描述性統計量描述空間型態的中心趨勢與離散程度。描述性統計學通常以「平均值(mean)」或「中位數(median)」來表示一組資料的中心趨勢，而用「標準偏差（standard deviation）」或「變異數（variance）」來描述其資料離散程度。在空間型態的描述統計量，係以「平均中心點（mean center）」或「中位數中心點（median center）」來描述其空間型態的中心趨勢；而「標準距離（standard distance）」 與「標準偏差橢圓（standard deviational ellipse）」等方式呈現其空間分散的程度，其描述統計量的數學表示式如下說明，相關應用實例將於第四章介紹之。

(1)平均中心點 Mean Center ($\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}$)：

將各點 X-Y 座標值平均計算之點，通常以式（1）計算之。

$$(\bar{x}_{mc}, \bar{y}_{mc}) = (\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}) \qquad \text{式(1)}$$

$\bar{x}_{mc}$ ：平均點之 x 座標； $\bar{y}_{mc}$ ：平均點之 y 座標

x_i ：某點之 x 座標； y_i ： 某點之 y 座標； n ：資料點個數

(2)中位數中心點 Median Center（u,v)：

係指各點到某一點的距離和最小，該中心點又可稱之爲「地理中心點」，利用式（2）計算之。

$$Min\sum\sqrt{(x_i-u)^2+(y_i-v)^2} \qquad \text{式(2)}$$

x_i ：某點之 x 座標； y_i ：某點之 y 座標；

u ：地理中心點之 x 座標； v ：地理中心點之 y 座標

(3)標準距離 Standard Distance（SD）：

類似敘述統計上的標準差(Standard deviation)，通常以式（3）表示，多用來描述與中心點分散情形，換言之，乃是兩點間距離的變異程度。一般而言 SD 越大，表示點的分散程度越大；SD 越小，表示點的分散程度小。

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_{mc})^2 + \sum_{i=1}^{n}(y_i - y_{mc})^2}{n}} \qquad \text{式(3)}$$

x_{mc} ：平均點之 x 座標； y_{mc} ：平均點之 y 座標

x_i ：某點之 x 座標； y_i ：某點之 y 座標； n ：資料點個數

(4)標準偏差橢圓 Standard Deviational Ellipse：

用來判斷特殊（具有方向偏斜）的空間分佈現象，如高速公路車禍地點，其中考慮元素包括：旋轉角度、主軸（長軸偏差）、短軸偏差。當資料分散於不同軸之際，長軸部分之資料是屬於較散佈，短軸資料乃是較爲集中。

2.空間聚集分析

以點資料型態的空間聚集分析，目的在於計算資料是否顯著聚集趨勢及其所在聚集地點（又稱爲「熱區」）。一般而言，係以透過統計顯著性檢定（statistical significance test）評估其空間聚集趨勢是否顯著。其統計檢定的虛無假設（null hypothesis）一般爲假設空間的點資料呈現「完全空間隨機（complete spatial randomness, CSR）」，而 CSR 定義爲：在空間中任一集合 A 中，所包含事件的個數符合波以松機率分佈（Poisson distribution），其機率分佈之平均值（Aλ）與集合面積或體積成正比，且強度（λ）爲一常數；並且各犯罪事件之間相互獨立，即爲事件間不會有助長或抑制其他事件發生的位置，在不相交之集合所包含事件個數呈統計獨立關係。若以統計檢定證實在某個顯著水準下拒絕虛無假設，則表示該地區可能存在某聚集地點。

常用來分析犯罪地點的空間群聚統計方法包括：（1）最鄰近階層群聚以及（2）以核密度推估其密度地圖（density map）等方法，茲敘述如下：

(1)最鄰近階層群聚

最鄰近階層群聚即是利用各犯罪地點之間的地理空間距離，做爲群集程度之參考準則，將距離大小相似的資料歸納至同級，各地點間的空間群聚關係以樹狀結構圖(Dendrogram)或文氏圖(Venn Diagram)表示之（如圖 4(A)及(B)所示）。

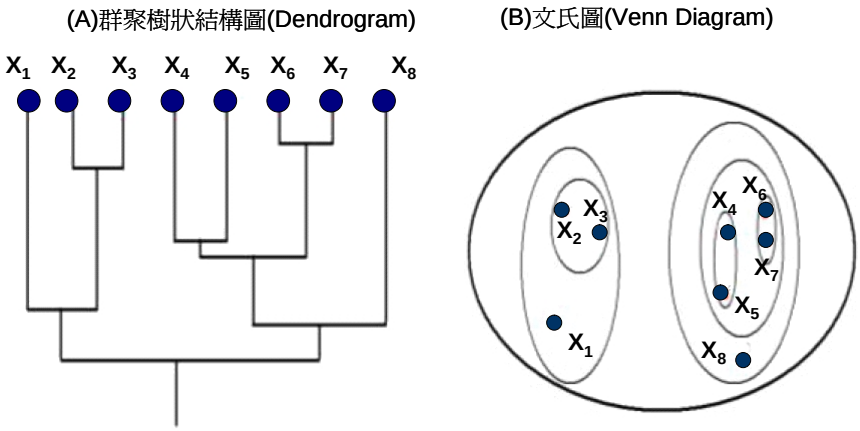

圖 4　最鄰近階層群聚分析

圖 4-(B)中的 X_1~X_8 表示某刑案發生地點的的空間分佈，分別估算兩點間地理距離，並建立距離矩陣，從中得知各點之相對應距離，並將距離相近的點歸成同一群集。經圖 4-(A)的樹狀結構呈現得知，若要分成兩個群集，其群集 1 有 X_1~X_3，其他的地點 X_4~X_8 則爲歸類於群集 2，進一步分析可知，群集 2 又可歸類於 2-3 個更小的群聚，依此類推建立各層級群聚特性與空間分佈。故可藉由上述方式，可根據不同層級大小來決定其群集數量。

因此，最鄰近階層群聚的分析方式可以找出群聚的範圍；被定義爲群聚的地方亦需符合兩個條件：兩點之間的距離小於某隨機閾值距離（threshold distance）、在群聚裡最少需達到某個數量以上。從點資料可找出一級群聚，另外可以再利用一級群聚的中心爲點去找出二級群聚。然而，群聚有可能由於都會區的較多人口聚集所導致，被非真實反應該地區的高度犯罪率，故須調整底層資料像人口數，並運用以「人口調整法（population -adjusted method）」加以分析。此種統計方法係將研究範圍建立均勻網格，並根據每一網格之人口統計資料，估計每一網格之期望刑案個案數，再用以調整閾值距離來計算其群聚範圍。

(2)核密度推估

該方法亦在研究範圍建立均勻網格，以每個網格中心點透過搜尋半徑方式建立其搜尋範圍，估算刑案發生地點在空間上出現的密度，可用來表示刑案發生群聚的強度。通常採用建立核心密度分配的方式推估，其數學關係式如下：

$$\hat{f}(x) = \left[1/(nh^2)\right]\sum_{i=1}^{n} K\left\{\frac{x - X_i}{h}\right\} \qquad \text{式(4)}$$

其中 $f(x)$ ：表示 Kernel 估算出之函數密度值，n：表示資料點的數量，h：表示搜尋半徑，x：表示座標向量，Xi：在第 i 各位置時其座標向量。

當密度函數值越大時，代表有越多點聚集現象。該方式可計算各點間的相對應強度，透過權重值方式，距離固定點越遠則權重越小，該種方式可以可估算不同參考距離範之密度，同時可以將離散不連續的點分佈轉換爲刑案發生群聚強度的連續變化的曲面。

3.空間自相關分析

空間自相關分析係一應用於加總資料（aggregated data）之熱區分析方法，大多以面資料（polygon data）或亦可將個案加總於區域中心，以點資料（point data）呈現爲主，並不適用於上述章節皆以刑案個案爲單位的點資料。空間自相關乃是指某事件具有某種程度影響且在空間上呈現聚集現象，且會提高附近區域影響程度（Odland, 1988）。例如，A 地區的刑案發生頻率高，鄰近的 B 區與 C 區的刑案頻率也比其他區域相對性的高，則 A 區可判定爲刑案發生的熱區。一般來說，空間自相關分析可大致區分兩大類：一爲全域分析（global Spatial Autocorrelation），另一則爲區域分析（local Spatial Autocorrelation）。

全域分析之目的在於描述空間型態的整體趨勢，用於判斷此分佈在空間是否呈現顯著的聚集趨勢，但其並不能確切地指出聚集在哪些地區。因此，Anselin（1995）提出「空間相關之區域指標（local indicators of spatial association, LISA）」，該區域型指標能夠推算出聚集地區，亦即「熱區」。主要係以兩種方式估計之：一是藉由統計顯著性檢定的方法，檢定聚集空間單元相對於整體研究範圍而言，其空間自相關相較於隨機分佈的虛無假設，是否具顯著差異。若呈現統計上的顯著性，即該現象爲空間聚集地區，如：Getis 和 Ord（1992）發展的 Getis-Ord's $Gi^*(d)$統計方法；另外，則是度量空間單元對整個研究範圍空間自相關的影響程度，影響程度大的往往是區域內的「離群值」（outliers），也就表示這些「離群值」的區域往往是其聚集地區。一般而言，空間自相

關與熱區分析方法在文獻上多以 global/local Moran's I 和 Getis-Ord's Gi*(d)的統計量爲經常被使用的方法，茲敘述如下：

(1)全域空間自相關 Global Spatial Autocorrelation

全域空間自相關計算概念係基於統計學相關係數的共變數（covariance）關係推算得來。一般而言，統計學上的變異數與共變數皆是用於數值資料改變程度的度量工具。變異數是一組變數內部變量的平均單位，以組內各數與平均數差距之平方和，除以總項數而得。當兩組數 $\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)$ 同時爲正，或爲負時，則其乘積必爲正，代表兩組數變化相同，或大部分方向相同，因此其爲正相關。反之，若 $\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)$ 分別爲一正一負時，則必爲負，代表兩組數的變化方向不同。此外，$\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)$ 的大小，亦受這兩組數與其平均數變化有關，兩者均大、一大一小，或是兩者皆小，都會使得 $\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)$ 變化甚微，所以共變數的大小程度亦即代表兩組數的相關性大小，故共變數的大小程度亦即代表兩組數的相關性。因此，Moran's I 便基於這種概念發展而出，而全域 Moran's I 的公式如式（5）：

$$I=\frac{n\sum\sum w_{ij}\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)}{W\sum\left(x_i-\bar{x}\right)^2} \qquad \text{式(5)}$$

n ：資料數量； x_i ：每單位內變數之數值大小；

$\bar{x}$ ：單位內的變數平均值； w_{ij} ：相鄰單位間的權重大小；

W ：所有權重之總和

依照以上步驟計算出的 Moran's I 值結果一定介於-1 到 1 之間，大於 0 爲正相關，小於 0 爲負相關，且值越大表示空間分佈的相關性越大，即空間上有聚集分佈的現象。反之，值越小代表示空間分佈相關性小，而當值趨於 0 時，即代表此時空間分佈呈現隨機分佈的情形。一般透過蒙地卡羅顯著性檢定（Monte Carlo significance test），將統計量 I 值轉換化成 Z-score 進行顯著性檢定時，在 5%顯著水準下，亦即 Z(I)≧1.96 時，表示其空間型態分佈呈現有顯著的正關連性，亦即研究範圍內各空間單元的加總個案數彼此間呈現顯著的相關性。而 Z(I) 若介於 1.96 與-1.96 之間，則表示研究範圍內某現象的分佈的關連性不明顯，空間自相關性亦較弱。此外，若 Z(I)≦-1.96 時，則表示其空間型態分佈呈現負向的空間自相關性。

(2)局部空間自相關 Local Spatial Autocorrelation

Anselin's LISA 係以延伸 Global Moran's I 的基本觀念，計算每個 *Xi* 的 Moran's I 統計量（Anselin, 1995），其數學式如下所示：

$$I_i=z_i\sum_i w_{ij}z_j \qquad \text{式(6)}$$

z_i, z_i ：不同位置之標準化的數值； w_{ij} ：相鄰單位間的權重大小

Getis-Ord's Gi*(d)係量測每一個 *Xi* ，在距離爲 d 的範圍內，與每個 *Xj* 的相關程度（Getis and

Ord, 1992），其數學式如下所示：

$$G_i^*(d) = \frac{\sum w_{ij}(d)\, x_j}{\sum x_j} \qquad \text{式(7)}$$

$w_{ij}(d)$：距離爲 d 的範圍內，相鄰單位間的權重大小，相鄰以 1 表示，反之以 0 表示

x_i，x_j：不同單位內變數之數值大小；

案例研究：台北市住宅竊盜之犯罪熱區分析

(一)資料來源

案例研究的資料來源係由「中央警察大學犯罪資訊地理資訊管理系統」中擷取，經過地理編碼定位之 1998-2007 年十年間台北市住宅竊盜犯罪點資料，共計 35574 筆，本研究將以此資料說明地理資訊系統進行地圖繪製方法與熱區分析理論的實例應用，包括：（1）犯罪地圖繪製：由於犯罪空間資料可分成記錄刑案發生位置的「點資料」與按照行政區加總的「面資料」，故本章節將展示由於不同尺度加總資料的行政區域，其對於空間型態造成的差異；此外，由於行政區往往爲了反映合適的行政管理範圍，其面積大多大小不一，因而對於資料加總亦可能造成空間型態的誤導；（2）犯罪群聚分析：本節將說明應用前述章節所提到的熱區分析方法，分別應用於「點資料」與「面資料」的空間型態分析及其分析結果解讀。

本文所使用之犯罪資料係因確保個人隱私，故刑案發生地點之相關空間座標已經過模糊處理，故本文分析結果並未能完全反應實際的犯罪環境風險，僅係以應用犯罪資料於地圖繪製與熱區分析說明爲目的。

(二)犯罪地圖繪製（Crime Mapping）

犯罪地圖繪製的第一步即應用地理資訊系統將刑案發生地點（地址）轉換成 X-Y 地理座標，並繪製成「治安斑點圖」，如圖 5-(a)即表示 2007 年台北市發生住宅竊盜刑案的治安斑點圖。爲了比較與評估各行政區或分局轄區在刑案發生數量的差異，故通常將刑案發生地點按照行政區（村里、鄉鎮市區或派出所轄區）進行資料加總。圖 5-(b)與(c)分別表示按照台北市各里與各行政區加總犯罪刑案總數的面量圖（choropleth map）。該圖通常以相同色系，各行政區的顏色由深至淺表示其犯罪刑案總數由多到少。然而，該種製圖方法最大的問題係大多行政區的面積大小不一，其加總刑案總數無法合理反應該地區實際的犯罪風險。如圖 5-(c)所示，由於士林區的行政範圍面積甚大，因而導致所涵蓋的加總刑案總數亦最高。故從各行政區的住宅竊盜刑案總數的比較上，該地圖呈現最高的地方在士林區。相較於圖 5-(a)的刑案個案分佈，我們可瞭解士林區的竊盜風險相較於台北市的整體風險，理應不至於最高，係因行政區的面積大小而扭曲其竊盜刑案總數之空間型態，而造成解讀地圖的誤導。

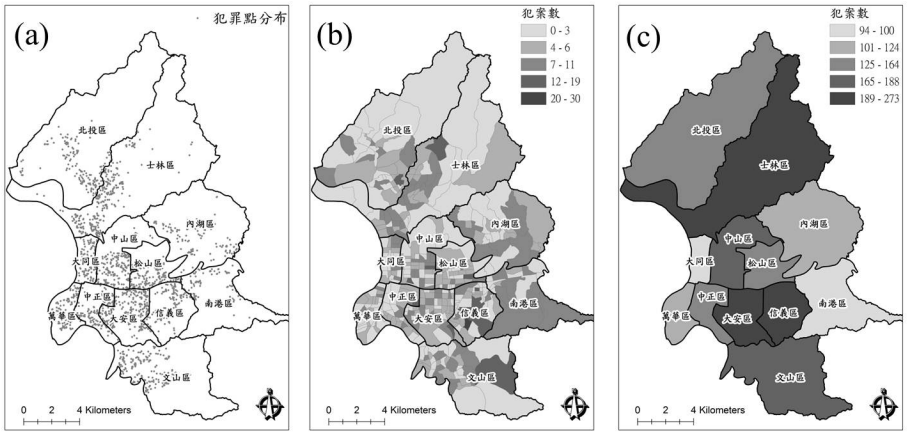

圖 5　比較各種不同尺度加總單位的空間型態差異：（a）以住宅竊盜刑案個案為單位；（b）加總至各里的竊盜刑案總數；（c）加總至各行政區的竊盜刑案總數

另一種比較合理的呈現各行政區犯罪風險的方式，係將各行政區竊盜刑案總數除以該區的潛在危險人口數（population-at-risk），而以住宅竊盜爲例，每個人皆有暴露於被竊盜風險的可能，故常以該區的總人口數當作潛在危險人口數，以「犯罪密度」或「犯罪率」的觀念進行調整。圖 6-(c)即透過除以行政區人口數，調整成「每萬人住宅竊盜刑案總數」，以犯罪率概念呈現其犯罪風險的空間分佈。相較於圖 6-(b)以「住宅竊盜刑案總數」的呈現方式，我們可觀察到高度犯罪率則集中於信義區與中正區等區域，係以台北市相對高度社經發展的地區爲主。比較圖 6-(a)，我們發現圖 6-(c)所呈現高度犯罪風險地區，類似於以住宅竊盜刑案個案爲單位的空間分佈，但另一方面，由於「士林區」約有三分之二地區爲人煙稀少之「陽明山山區」，因此以犯罪率呈現犯罪風險的方式，在圖 6-(c)所示又有可能低估其犯罪風險，因此，進一步若考慮地形因素或以「里」的人口居住數，較能詮釋犯罪的地理現象。

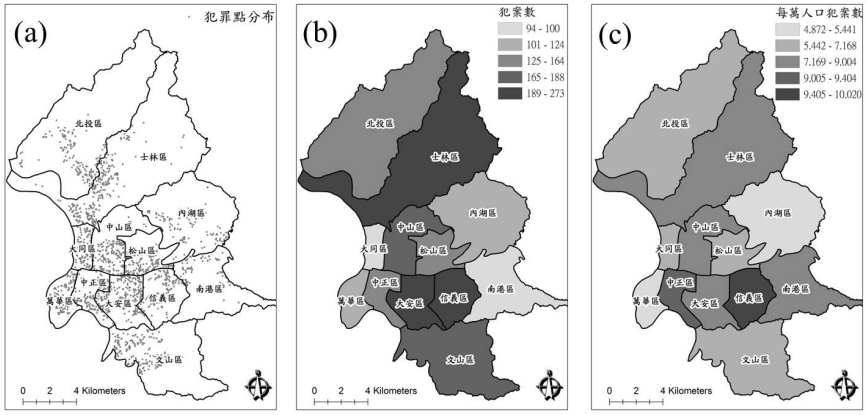

圖 6　比較進行人口調整的犯罪風險差異：（a）以住宅竊盜刑案個案為單位，作為比較基準；（b）加總至行政區的竊盜刑案總數；（c）各行政區的竊盜刑案總數除以各區人口數，以各區的「每萬人住宅竊盜刑案總數」呈現其犯罪風險分佈

建立犯罪地圖後，我們可透過視覺化瞭解其犯罪風險的空間差異，但無法以定量方式描述其空間分佈。因此下一步我們將以描述統計量定量分析其空間型態。空間型態的描述性統計量，係以「平均中心點」或「中位數中心點」來描述其集中的中心趨勢；而「標準距離」 與「標準偏差橢圓」等方式呈現其空間分散的程度。圖 7 呈現空間描述統計量的結果，中心趨勢以「點資料」呈現，而空間分散的程度則以「面資料」呈現。我們從圖 7 可發現台北市住宅竊盜刑案的中心點位於市中心（中山、中正、松山及大安區的交界點），而大部分的住宅竊盜刑案分散於市區的高度人口聚集區域。

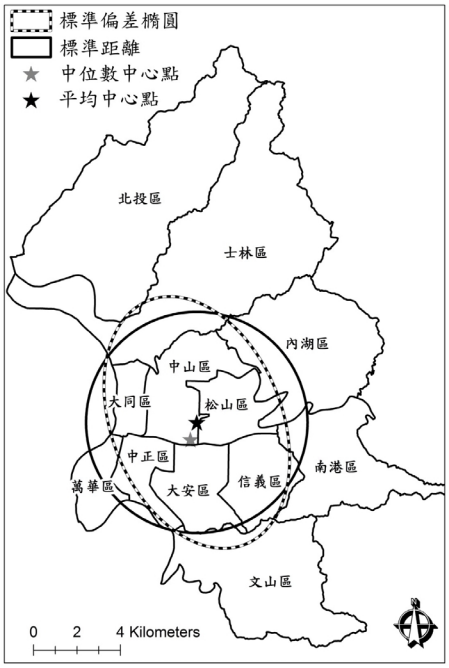

圖 7　住宅竊盜刑案空間型態之中心趨勢與分散程度

(三)犯罪群聚分析（Clustering Analysis of Crime）

本文將比較 1998-2007 年間各里竊盜刑案發生總數的時空變遷。首先，逐年計算空間自相關指標 Global Moran’s I，評估其整體的全域空間群聚趨勢。本研究結果顯示，在 0.001 的統計顯著水準下，1998-2006 刑案發生的地理型態儘管均呈現顯著空間群聚的趨勢，但其 Global Moran’s I 空間自相關係數卻呈現逐年下降趨勢，至 2007 年的全域空間群聚指標遞減至 0.065，其統計顯著性則爲 0.011（如圖 8 所示）。這表示住宅竊盜的空間型態從群聚逐漸呈現隨機分佈的趨勢。此現象可以推想都市計畫與重要交通設施係促成都會人口在都市快速流動的主要原因，而台北地區亦逐漸發展成多核心都市（周志龍，2003），故本研究將進一步從台北市捷運發展與住宅竊盜空間型態的時間變遷，進一步分析與討論。

由於 1999-2000 年底台北捷運南港線正式營運通車，爲台北市唯一貫穿市區的東西方向交通動脈，帶動信義、南港地區的人口及經濟發展，但 2001 年九月的納莉風災使捷運系統停駛至該年年底恢復通車（楊重信，2008）；再者，本研究爲了避免不同年度加總造成比較各時段趨勢分析的

偏誤，因此，根據前述考量，以 2002 年 12 月 31 日爲切點，將十年竊盜刑案發生總數分成前後五年：1998-2002 年及 2003-2007 年等兩時段，並比較其局部群聚趨勢，以區分兩個前後時段方式來比較哪些地區有越來越嚴重或減緩趨勢，以及是否南港線捷運對於信義、南港一帶住宅竊盜的影響。圖 9(a)表示 1998-2002 年間的竊盜刑案發生分佈；圖 9(b)表示 2003-2007 年間的竊盜刑案發生分佈。我們發現圖 9(b)大部分地區的顏色深度相較於圖 9(a)較淺，且最深色的地區（大安區一帶）也普遍明顯減少，這顯示 2003-2007 的竊盜刑案發生頻率相較於 1998-2002 年間，已經逐漸受到控制而減少，但信義、南港一帶的竊盜案卻有逐漸增加的趨勢。然而，我們需進一步透過「顯著性檢定」的空間分析方法，分別進行局部群聚分析，檢驗其犯罪熱區的「顯著性」，茲於下一小節說明之。

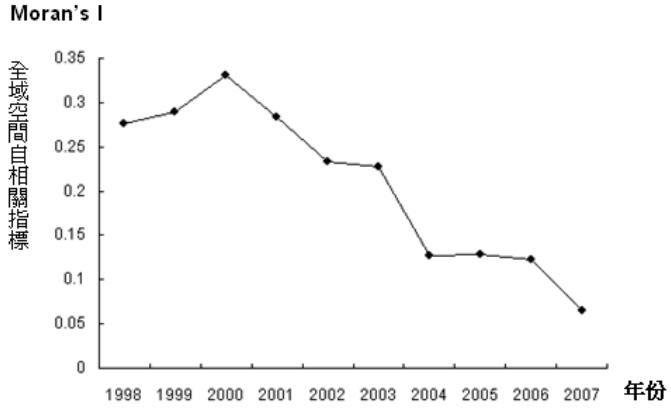

圖 8　台北市 1998-2007 年住宅竊盜的全域空間自相關指標趨勢

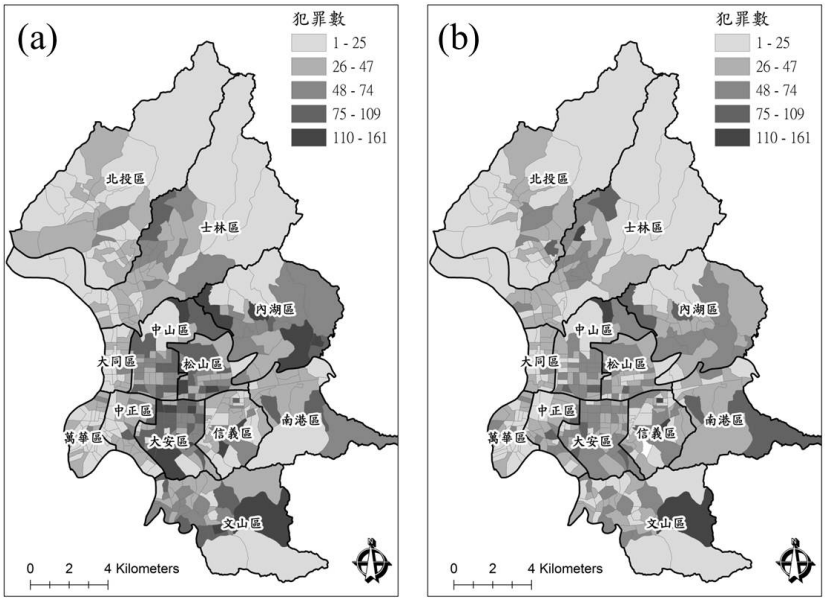

圖 9　不同時段的住宅竊盜發生分佈：（a）表示以 1998-2002 年間住宅竊盜資料分析結果；（b）表示以 2003-2007 年間住宅竊盜資料分析結果

本研究分別以「點資料」與「面資料」進行局部群聚分析，並比較兩個時段的時空群聚差異。「點資料」常用的群聚分析方法，包括「核密度估計」與「最鄰近階層群聚」。圖 10 係分別表示 1998-2002 年與 2002-2007 年間的兩個時段，以「核密度估計」所呈現的「犯罪密度」群聚差異。本研究利用「核密度估計」透過高斯平滑化（Gaussian smoothing）計算，並以 500 公尺爲估計住宅竊盜的影響範圍，設定其搜尋半徑，以建立空間風險連續變化的過程。透過圖 9 比較兩個時段的住宅竊盜風險，我們發現位處市中心的中正區、大安區、松山區的犯罪率有逐漸改善的趨勢，然而近年在南港與信義的快速發展，我們也發現在信義南港交界處的犯罪密度有逐漸增加趨勢。圖 11 表示應用「最鄰近階層群聚」分析結果，以發生兩件竊盜刑案的相隔距離於 1 公里之內，且群聚內竊盜刑案不得低於 10 件爲參數，在 0.01 的統計顯著水準下，建立其犯罪趨勢發生地理群聚的區域。從該圖亦可發現犯罪熱區在近五年儘管有逐漸改善的趨勢，但住宅竊盜的熱區仍集中於信義與大安區等台北市的高度社經發展地區，且由於近五年的信義計畫區快速發展與南港捷運線，在信義區 2002-2007 年間亦形成 3 個一級群聚地區(圖 11 的藍色範圍)，這顯示信義區內的住宅竊盜刑案在近五年有比其他地方嚴重的趨勢,這個分析結果也和圖 10 以核密度估計的犯罪發生密度變遷之結果相互呼應。

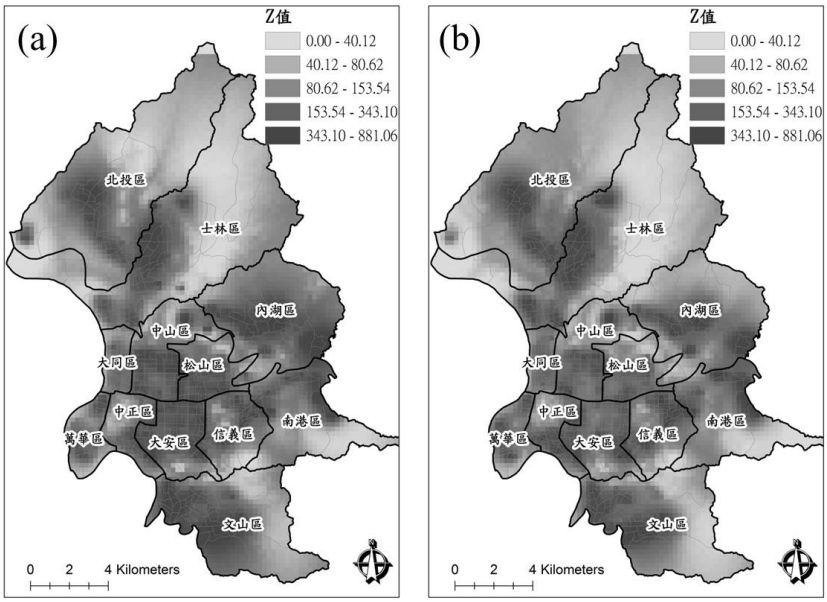

圖 10　以核密度估計住宅竊盜刑案密度：（a）表示以 1998-2002 年間住宅竊盜資料分析結果；（b）表示以 2003-2007 年間住宅竊盜資料分析結果

圖 11　最鄰近階層群聚：紅色表示以 1998-2002 年間住宅竊盜資料分析結果；藍色表示以 2003-2007 年間住宅竊盜資料分析結果

本文另將住宅竊盜個案加總至各里，透過人口數調整以里爲單位的「面資料」分析其空間群聚的趨勢。「面資料」常用區域間彼此空間自相關的程度來作爲地理群聚分析的方法，包括：Anselin's LISA 及 Getis-Ord's $Gi^*(d)$等。圖 12 係 Anselin's LISA 的分析結果，以正方格四交點相鄰的 Queen 型態爲相鄰定義，紅色的地區亦即表示在 0.05 的統計顯著水準下，其犯罪趨勢顯著呈現地理群聚的區域；比較該圖(a)與(b)兩個時段的犯罪熱區分佈，結果顯示犯罪熱區範圍在 2003-2007 年的時段明顯減少，即說明呈現住宅竊盜的犯罪聚集現象已趨勢減緩。但與上一段「點資料群聚分析」結果一致，「面資料群聚分析」亦發現信義區及士林區一帶在近年來（2003-2007 年）開始出現新的小範圍犯罪聚集趨勢。本文進而應用 Getis-Ord's $Gi^*(d)$之目的，除了可判定顯著的群聚區域外，更可以呈現其群聚的強度。圖 13 係 Getis-Ord's $Gi^*(d)$的群聚強度地圖，以竊盜案發地點的 500 公尺內爲鄰近範圍的分析結果，結果顯示中正、大安與松山一帶的住宅竊盜群聚強度在近五年趨緩，然而信義、南港及士林一帶的群聚強度卻逐漸興起。

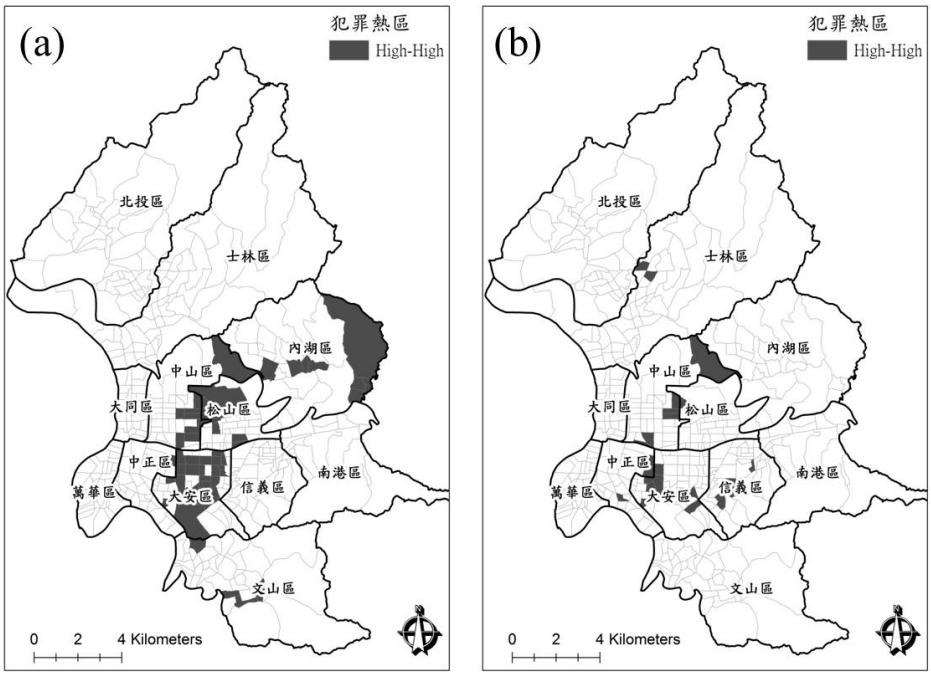

圖 12　以 Anselin's LISA 計算局部空間自相關的地理分佈：（a）表示以 1998-2002 年間住宅竊盜資料分析結果；（b）表示以 2003-2007 年間住宅竊盜資料分析結果

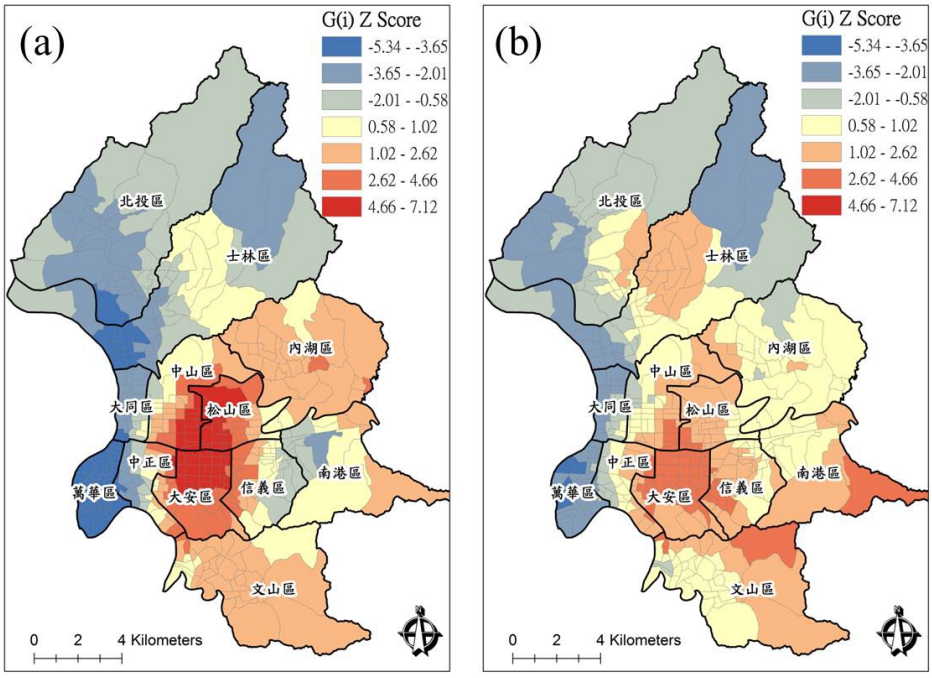

圖 13　以 Getis-Ord's Gi*(d)計算空間群聚強度的地理分佈：（a）表示以 1998-2002 年間住宅竊盜資料分析結果；（b）表示以 2003-2007 年間住宅竊盜資料分析結果

討論與結論

(一)討論

本文說明犯罪地圖繪製的常見問題以及犯罪群聚常用的分析方法，並以台北市在 1998-2007 年間的住宅竊盜刑案爲範例說明分析方法的應用結果。在犯罪地圖繪製方面，由於以刑案個案呈現的「點資料」必須加總之行政區而形成「面資料」，方能進行區域間風險差異的比較，然由於行政區面積大小不一，應注意「尺度」與「範圍」差異所造成結果的潛在誤導。再者，應用空間分析研討犯罪群聚，則需要針對不同的資料型態，選擇合適的統計分析方法。運用各種統計分析方法亦需瞭解其各種方法的基本假設、分析模式的侷限性以及分析結果的正確解讀。透過各種資料型態與不同統計方法的分析，在各種方法間之相互比較，若具有共同的分析結果，則較能合理的反映出該地區確實具有犯罪地理群聚現象。

事實上，犯罪熱區在犯罪學領域並無嚴謹之定義，端視各實務機構與相關研究目的而有所差異，然而傳統警察機關仍多透過主觀意識或經驗定義犯罪熱區，或僅停留於其字義上之理解即「具有高於平均犯罪或失序數量之區域，或是高於平均被害風險之區域」。地圖對於犯罪問題之描述扮演著重要角色，故描述犯罪現象之地圖必需是清楚明瞭，儘可能涵蓋相關資訊與減少無關資訊。犯罪地圖繪製之主要目的係運用 GIS 具有視覺化與統計分析犯罪或其他事件之空間特性、顯示犯罪或非行資料之空間分佈或變異情形、提供主題圖等功能，進行犯罪問題或其他警政相關議題之分析，以作爲犯罪預防資源分派決策之依據。伴隨著犯罪地圖繪製技術與 GIS 相關軟體之進步與發展，已發展許多可辨識與發掘犯罪模式之犯罪地圖繪製技術，其原理即將犯罪事件視爲空間上之點資料並以發掘點資料之空間分佈狀況爲主，常運用 GIS 製作點資料圖或以行政區圖或轄區圖爲主之面量圖，或以連續面（continuous surface）方式呈現之密度圖。辨識犯罪熱區爲警方有效運用資源打擊犯罪之第一步，故妥善運用地圖繪製技術，以呈現適當之熱區爲有效打擊犯罪之基礎工作。

在空間群聚分析的方法論上，「點」資料分析主要以「最鄰近階層群聚」以及「核密度推估」爲主。「最鄰近階層群聚」可透過蒙地卡羅顯著性檢定(Monte Carlo significance test)來確認其群聚範圍的統計顯著性，然而該方法僅提供識別熱區範圍，卻無法檢視犯罪風險在地理空間的連續分佈，因此「核密度推估」儘管無法提供顯著性檢定，但卻能有效透過定義影響範圍的搜尋半徑，描述其犯罪空間風險的連續分佈。因此，在研究或政策實務上，均透過同時運用這兩種分析方法來瞭解其點型態分佈的群聚特性與空間變異。另一方面，在「面」資料上常以 Anselin's LISA 及 Getis-Ord's $Gi^*(d)$做爲局部群聚分析的方法，LISA 主要利用與鄰近地區的空間型態比較，找出其型態相似或相異的地區來定義群聚地區，然而這種方法卻無法有效評估其群聚強度；而 Getis-Ord's $Gi^*(d)$在運算公式上，則透過計算與相鄰地區屬性的加總（詳述於式(7)），表示其群聚強度，能夠有效評估其犯罪風險在地理空間群聚的強度，這兩種方法亦皆可透過蒙地卡羅顯著性檢定來確定局部群聚的統計顯著性。

在本研究的案例研究的台北市住宅竊盜刑案的時空聚集變遷，逐年刑案發生的空間群聚遞減趨勢反映台北都會區多核心發展，可能導致竊盜案從原本群聚熱點擴散至多個群聚熱點的趨勢。

在局部群聚分析方面，無論使用「點資料」或「面資料」的資料型態或統計方法，皆顯示「大安區」爲台北市住宅竊盜刑案發生的主要群聚地區，而後五年（2003-2007）的資料顯示，透過各種方法的相互比較，亦同時顯示「信義區」、「士林區」的住宅竊盜刑案的群聚頻率與強度有逐漸增加的趨勢，若解釋其原因，道路通達性容易接近目標者易遭竊，住宅竊盜熱區多接近幹道、重要車站或與街道距離近（莊忠進，2005；Groff and La Vigne, 2001；Lynch and Cantor, 1992；Townsley, et al., 2000）。因此這可以推論南港線捷運系統對於信義及南港的住宅竊盜發生的影響；此外，都市中居民缺乏領域感，社區意識薄弱凝聚不易，人際關係冷漠疏離，守望相助精神低，無形中助長了犯罪者活動機會。（莊忠進，2005；林順家，2005；Lynch and Cantor, 1992）上述都會區發展或社區鄰里意識等皆是可能導致其群聚時空變遷的潛在因素，然需進一步使用經濟計量模型證實其犯罪的因果關連性，或運用田野調查探究深度之情境脈絡方能解釋其相關因素及關連性。

(二)結論

犯罪製圖與群聚分析在犯罪防治實務上扮演重要的角色，本文從犯罪預防實務面說明地理資訊技術與空間統計方法針對犯罪製圖及熱區分析之趨勢與重要性。在犯罪製圖方線，若以行政區爲製圖單位，應注意由於面積大小不一所造成統計結果的潛在誤導。熱區分析所涉及的空間統計方法，需注意各種分析方法的基本假設、侷限性以及結果解讀等。本研究以 1998-2007 年台北市住宅竊盜爲案例研究，說明地理資訊系統在犯罪製圖以及犯罪群聚分析等具體實證研究成果，包括：(1)避免地圖繪製的潛在誤導：以各行政區統計犯罪個案數繪製地圖，結果呈現士林區的住宅竊盜最高，然而究其原因係因行政區的面積大小及人口分佈而扭曲其竊盜風險之空間型態，造成解讀地圖的誤導；(2)空間型態描述分析顯示台北市住宅竊盜刑案的中心點位於市中心（中山、中正、松山及大安區的交界點），而大部分的住宅竊盜刑案分散於市區的高度人口聚集區域；(3)全域群聚趨勢呈現犯罪熱區現象逐年趨緩，到 2007 年已無顯著的群聚趨勢；(4)局部群聚分析顯示台北市中正、大安與松山一帶爲主要住宅竊盜刑案群聚熱區，但其群聚強度在近五年（2002-2007）已經趨緩，然而信義、南港及士林一帶卻逐漸興起成爲新的住宅竊盜群聚。本文透過犯罪地圖繪製及熱區分析方法，找出具顯著性的犯罪地理群聚及變遷現象，以期該結果能協助警政單位制訂犯罪治安之改善策略。

參考文獻

周志龍(2003)：〈後工業臺北多核心的空間結構化及其治理政治學〉，《地理學報》，33:1-18。

林順家(2004)：《環境設計理論在竊盜犯罪預防之應用以台北市基河二期國宅爲例》。桃園：銘傳大學公共事務學系碩士在職專班碩士論文。

莊忠進(2005)：《侵入竊盜犯目標選擇之研究》。桃園：中央警察大學犯罪防治研究所博士論文。.

楊重信 (2008)：〈洪災防治之效益—以基隆河整治爲例〉，《臺灣經濟預測與政策》39:133－67

Ackerman W.V., and Murray A.T.(2004): Assessing spatial patterns of crime in Lima, Ohio. *Cities*, 21(5): 423-437.

Aldstadt, J (2010): *Spatial Clustering*, In M.M. Fischer and A. Getis (eds.), Handbook of Applied

Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Anselin, L.（1995）: Local indicators of spatial association - LISA, *Geogr Anal*, 27: 93–115.

Brantingham, P., and Brantingham, P. (1999): Theoretical model of crime hot spot generation. *Studies on Crime and Crime Prevention*, 8: 7–26.

Burgess, E.W.（1925）: *The City*. Chicago: University of Chicago Press.

Ceccato V., and Oberwittler D.（2008）: Comparing spatial patterns of robbery: Evidence from a Western and an Eastern European city. *Cities*, 25(4):185-196.

Duffala, D.C. (1976): "Convenience Stores, Armed Robbery, and Physical Environmental Features." *American Behavioral Scientist*, 20:227-46.

Eck, J. E., Chainey, S. P., Cameron, J. G., Leitner, M. and Wilson, R. E. (2005): *Mapping Crime: Understanding Hotspots*. USA: National Institute of Justice. Available online at www.ojp.usdoj.gov/nij.

Getis A., and Ord J.K.（1992）: The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geogr Anal*, 24: 189-206.

Groff, E. R., and. La Vigne, N. G. (2001): Mapping an opportunity surface of residential burglary. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 38(3): 257-278.

Guerry, A. (1833) : *Essai sur la Statistique Morale de la France. Paris*. FR:Crochard.

Jeffrey, C.R. (1971): *Crime Prevention through Environmental Design*. Beverly Hills, CA: Sage.

Kistler, A. (2009): Tucson Police Officers Redraw Division Boundaries To Balance Their Workload, *Geography & Public Safety*, 1(4): 3-5.

Lynch, J. P., and Cantor, D. (1992): Ecological and Behavioral Influences on Property Victimization at Home: Implications for Opportunity Theory. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 29: 335 - 362.

Mayhew, P., R.V. Clarke, A. Sturman and J.M. Hough (1976): Crime as Opportunity. *Home Office Research Study No. 34*. London, UK: Her Majesty's Stationary Office.

McEwen, J.T., and Taxman F.S.（1995）: Applications of computer mapping to police operations, In D. Weisburd（Ed.）,*Crime and Place*. Criminal Justice Press（259-284）, Police Executive Research Forum: NY.

Mitchell, A.（2005）: *The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics*. Redlands: ESRI Press.

Mellow, J., Schlager M.D., and Caplan J.M.（2008）: Using GIS to evaluate post-release prisoner services in Newark, New Jersey. *Journal of Criminal Justice*, 36(5): 416-425.

Nelson L., A., Bromley R.D.F., and Thomas C.J.（1996）: The geography of shoplifting in a British city: Evidence from Cardiff. *Geoforum*, 27(3): 409-423.

Newman, O. (1972): *Defensible Space. New York*. NY: Macmillan.

Odland, J.（1998）: *Spatial autocorrelation*, Newbury Park, CA: Sage.

Quetelet, A.J. (1842): *A Treatise on Man. Gainesville*. FL: Scholar's Facsimiles

Shaw, Clifford R. and Henry D. McKay.（1942）: *Juvenile Delinquency and Urban Areas.* Chicago: University of Chicago Press.

Thrasher, F. M. (1927): *The gang: A study of 1,313 gangs in Chicago*. Chicago: University of Chicago Press.

Townsley, M., Homel, R., and Chaseling, J.（2003）: Repeat Burglary Victimisation:Spatial and Temporal Patterns. *The Australian and New Zealand Journal of Criminology,* 33（1）: 37-63.

投稿日期：99 年 3 月 25 日
修稿日期：99 年 4 月 30 日
接受日期：99 年 5 月 28 日