

地理統計指標在疾病分布之應用：以台灣地區民國88至90年 呼吸道疾病為例

梁文敏^{1,2,3} 林孟宏¹ 吳泰進¹ 許哲瑋¹ 鄭晏宗³ 郭憲文^{1,3}

中國醫藥大學 環境醫學研究所¹ 生物統計中心² 公共衛生學系³

目的 利用地理資訊系統繪製呼吸道疾病地圖，並利用地理統計指標進行疾病與空間特質分析。

方法 資料來源為民國88至90年衛生署的疾病死因檔及內政部所公佈的人口資料檔，選擇肺炎及支氣管炎兩類疾病，利用民國85年當作標準人口結構，計算標準化死亡率。在空間分析上除以GIS軟體ArcView繪製疾病死亡率之五分法層次圖，並將台灣地區363個鄉鎮依其疾病死亡率前25%的鄉鎮區定為疾病死亡率高危險區，再分別計算北、中、南、東四大區域疾病死亡率高危險區分布的平均中心點(mean center)及標準距離(standard distance)兩種地理統計的指標。

結果 肺炎高危險區較集中分布在中南部(尤其是高屏一帶)，而支氣管炎等則較為均勻分布在全台灣。針對分區探討疾病死亡率高危險區的分布，平均中心點顯示兩類疾病死亡率高危險區的中間趨勢並不相同，而標準距離則顯示肺炎的高危險區分布較支氣管炎等的分布來得集中。

結論 有效利用地理統計指標除可對呼吸道疾病的標準化死亡率分布與聚集性有更進一步的了解外，亦能更有系統的從地理變異的角度上找出環境中潛在的危險因子。(中台灣醫誌 2007;12:92-9)

關鍵詞

地理資訊系統，地理統計指標，呼吸道疾病，死亡率

前言

地理資訊系統(geographic information systems ; GIS)在公共衛生上的運用，已受到很大的重視。它被譽為一種「資訊轉換技術」，打破了空間、距離和地點的限制，將空間形象化。在公共衛生領域上，可用以探討疾病、環境和健康之間的關係，讓從事公共衛生事務者檢視空間和環境的關係，藉以解決公共衛生問題，並找出可能的致病原因及污染源，因此又被稱為「空間流行病學」[1,2]。

近年來國外許多學者紛紛利用GIS從空間的角度找出可能的高危險區及潛在的問題，並分析污染源與疾病間的關係[3-8]，而美國國家癌症中心(National Cancer Institute)也已利用GIS觀念設

立癌症歷年趨勢分析與地圖的繪製(Cancer Mortality Maps & Graphing)之網站查詢[9]，可見疾病地圖的繪製在疾病研究與政令參考上之趨勢及其重要性[1]。

如同我們所熟悉的平均數及標準差之表現[10]，在地理統計指標上則為平均中心點(mean center ; MC)、標準距離(standard distance ; SD)等，結合了空間座標觀念計算得之，可有效搭配在地理資訊系統來進行空間特質分析，例如美國人口調查局(Bureau of the Census)利用平均中心點來呈現人口分布在空間上的歷年趨勢[11]。而在台灣目前使用GIS進行疾病分析方面，大多為癌症地圖的繪製及空間估計方法的研究[12-16]，至於地理統計指標在公共衛生領域上之應用則未多見，在疾病分布之分析亦欠缺。鑑於許多研究均呈現呼吸道疾病與環境間有顯著之相關存在 [17-19]，本研究嘗試選擇呼吸道疾病來進行地圖繪製並加入地理統計指標來呈現疾病之分布。

聯絡作者：郭憲文

地 址：404 台中市北區學士路91號

中國醫藥大學 公衛學院 環境醫學研究所

收文日期：2006年7月11日 修改日期：2006年8月25日

接受日期：2007年3月6日

材料與方法

資料來源

人口資料係取自內政部民國 88 至 90 年人口資料電子檔，而死因資料則利用衛生署提供的死因資料，根據國際疾病分類第九版(International Classification of Diseases, 9th Revision; ICD-9)之分類系統，選擇民國 89 年十大死因中排名第八的「肺炎」(ICD-9 = 480-486)及排名第十的「支氣管炎、肺氣腫及氣喘」(ICD-9 = 490-493)兩類死因分別進行探討。

疾病死亡率

為去除人口結構不同所造成的影響，以標準化的疾病別死亡率進行研究，計算方式首先將各鄉鎮市區民國 88-90 年共三年之年中人口，按性別及年齡分組，死亡資料亦作相同處理，再依下列公式計算。

直接標準化死亡率 = $\frac{\sum(\text{各年齡層疾病別死亡率}) \times (\text{各年齡層標準人口})}{\sum(\text{各年齡層標準人口})}$
註：標準人口係用採台灣地區 85 年度中人口地理統計指標

本研究所用的指標如下：

平均中心點(MC)

平均中心點又稱空間平均數，是用以探討各點的集中位置，相當於各點的平均中心位置，其公式如下：

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

其中 x_i, y_i 為各點的 x 座標和 y 座標， \bar{x}_{mc} 為所有 x 座標的平均數， \bar{y}_{mc} 為所有 y 座標的平均數，n 為點數。

標準距離(SD)

標準距離為點分布離散程度的一種指標，是用來探討各點與其平均中心點的分散程度，指標越小代表各點位置愈集中；指標越大代表各點位置愈分散，其公式如下：

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{mc})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_{mc})^2}{n}}$$

地圖繪製

疾病死亡率之五分法層次圖

分別依不同年度、不同疾病之各鄉鎮標準化死亡率，取第 25、50、75 及 95 百分位數，此五等級稱之為疾病死亡率最低、略低、略高、較高、最高危險區，並以顏色的深淺表示，顏色愈深表示該地區標準化死亡率愈高。

疾病死亡率高危險區分布及分區平均中心點(MC)及標準距離(SD)圖

首先分別依不同年度、不同疾病之各鄉鎮標準化死亡率，取前 25% 地區為疾病死亡率高危險區(較高危險區及最高危險區之合併)，並以三角點標示在地圖中。

再將台灣地區分為北(新竹以北，含宜蘭)、中(苗栗以南，雲林以北，含南投)、南(嘉義以南)、東(花蓮、台東)四大區域，利用上述疾病死亡率高危險區分布點，繪製各區域疾病死亡率高危險區分布的平均中心點(以粗黑圓點表示)與標準距離圖(以標準距離為半徑，畫圓圈表示)。

各年度標準距離(SD)套疊圖

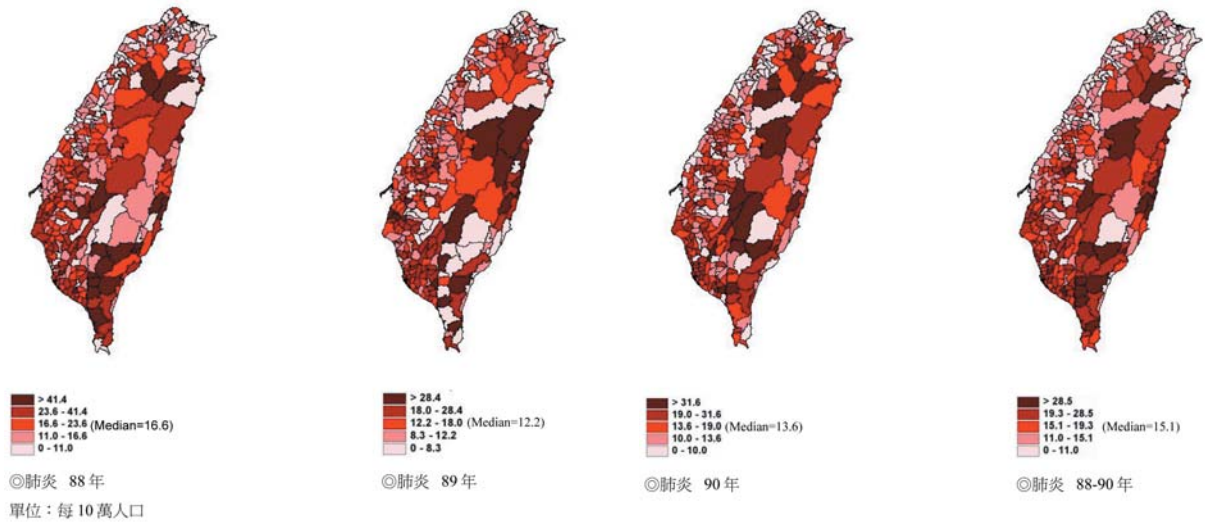
為將各年度(88、89、90 及 88 至 90 三年總合)分區高危險區的圓圈套疊在同一張圖上，以進一步探討各疾病不同年度的各區死亡率高危險區的位移及分散程度。

結果

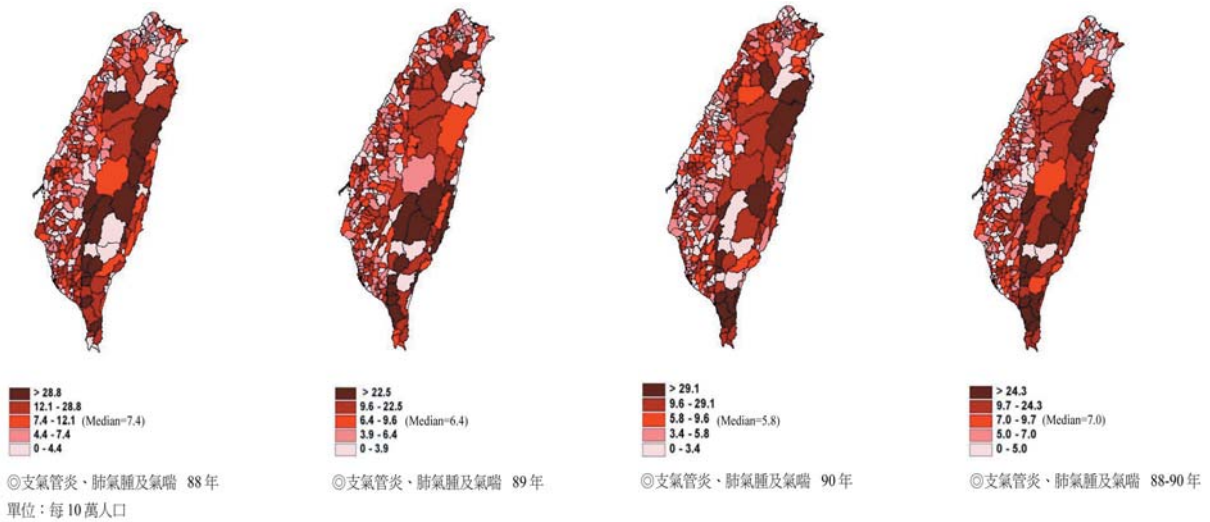
從標準化死亡率五分法層次圖來看，在肺炎方面(圖一)，88 年、89 年、90 年、88 至 90 年標準化死亡率第 50 百分位數變化不大，分別為 16.6 / 12.2 / 13.6 / 15.1(每十萬人口)，88 年最高，為 16.6(每十萬人口)，各層次的分布在各年度之間，可看出其差異性；而在支氣管炎、肺氣腫及氣喘方面(圖二)，各年度標準化死亡率第 50 百分位數介於 5.8-7.4(每十萬人口)之間，以 88 年最高，為 7.4(每十萬人口)，而五分法各層的分布在各年度之間，也呈現出不同的差異變化。接著以最深兩種顏色(代表高危險區)來看，不論各年度肺炎高危險區較集中分布在中南部(尤其是高屏一帶)，而支氣管炎等則較為均勻分布在全台灣。

進一步我們將五分法層次圖最深的兩個顏色合併為死亡率高危險區結果列於圖三及圖四，從這兩張圖中我們可更容易的看出肺炎的高危險區集中在中南部，而支氣管炎等則分散於全台。

接著將台灣地區分為北、中、南、東四區，利用地理統計指標來做討論，從各區疾病死亡率高危險區分布的平均中心點與標準距離圖(圖三、圖四)來看，可看出疾病死亡率高危險區平均中心點的變化及其分散程度。以肺炎為例，在 88 年北、中、南、東四區平均中心點分別為桃園縣復興鄉、南投縣草屯鎮、高雄縣旗山鎮及花蓮縣卓溪鄉，而其標準距離則分別為 32.7 / 37.9 / 47.6 / 68.6 km，可看出北部地區分散程度最小，而東部地區分散程度最大；比較 88、89 及 90 年的差異時，不論肺炎或支氣管炎等，各區中心位置及



圖一 民國88-90年肺炎標準化死亡率五分法層次圖



圖二 民國88-90年支氣管炎、肺氣腫及氣喘標準化死亡率五分法層次圖

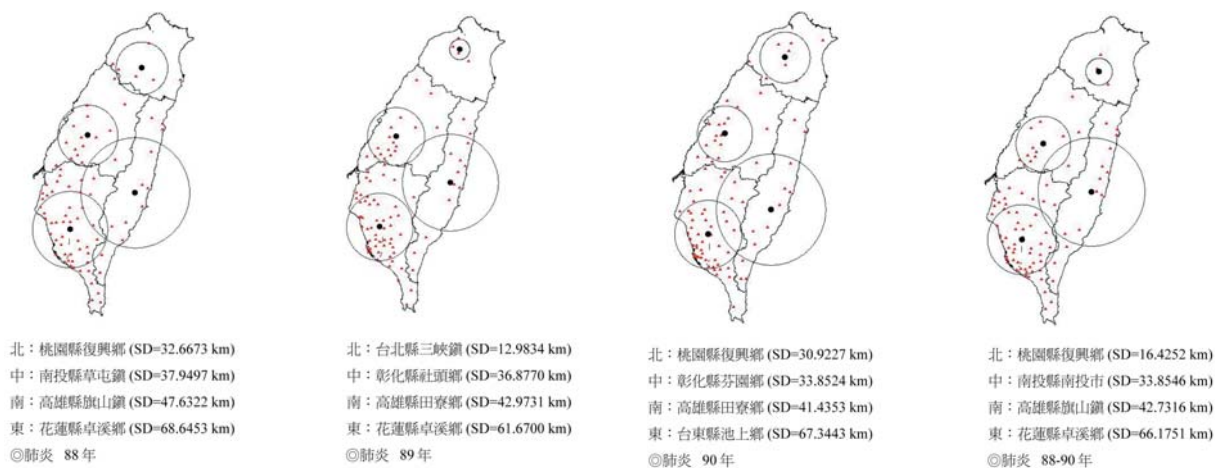
標準距離均有差異，但標準距離在四區的大小順序則三年度均相同，北部地區最小而東部地區最大(圖三、圖四)。至於圖三及圖四中亦列有88-90合併結果，可提供一更穩定的分布情形。

再從各年度標準距離套疊圖來看(圖五、圖六)，從圓圈的移動可提供各年度分區高危險區的位移訊息，而圓圈的大小則顯示高危險區的分散程度，例如肺炎在北區88、89、90年中心位置有較大的不同，而且分散程度89年特別小。

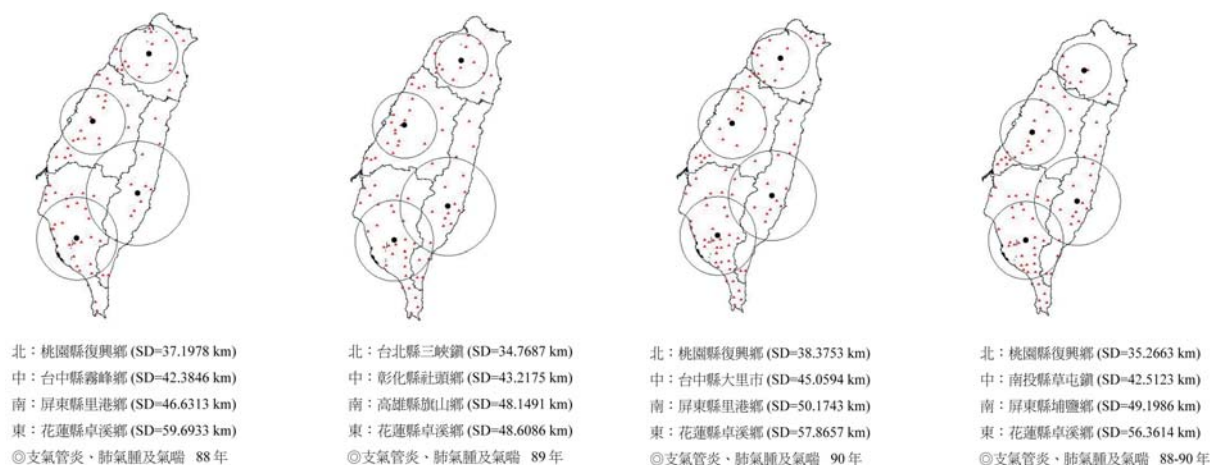
討論

本研究中首先利用GIS繪製視覺化的地圖來呈現不同呼吸道疾病標準化死亡率在空間的

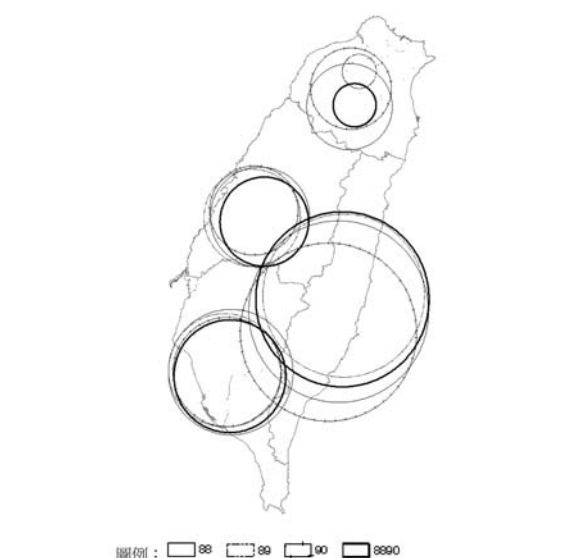
分布，在圖一與圖二的疾病標準化死亡率五分法層次圖中，雖然它可表現出標準化死亡率分布的差異，但因繪圖時所用的基本單位(鄉鎮市區)劃分面積不同，使得在解讀層次圖時感到無法聚焦與複雜，如東部地區的基本單位面積較大，若某單位死亡率高，很容易使讀者認為東部地區的疾病死亡率高，針對此問題有相關研究者提出以局部平滑技巧或趨勢面分析法來改進[15,16]，而Cockings等人提出使用GIS與地理點圖分布來分析與解釋傳統流行病學所不能描述說明的問題[20]，本研究則提出以高危險點的分布、平均中心點及標準距離來幫助層次圖的解釋，並找出危險地區的分布且進行疾病的空間分析。



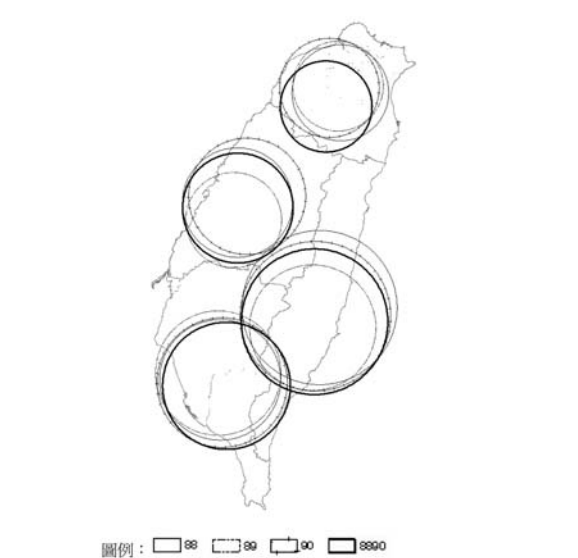
圖三 民國88-90年肺炎高危險區分布的平均中心點(MC)與標準距離圖(SD)



圖四 民國88-90年支氣管炎、肺氣腫及氣喘高危險區分布的平均中心點(MC)與標準距離圖(SD)



圖五 民國88、89、90、88-90年肺炎分區死亡率高危險區標準距離(SD)套疊圖



圖六 民國88、89、90、88-90年支氣管炎、肺氣腫及氣喘分區死亡率高危險區標準距離(SD)套疊圖

在高危險點的分析上，本研究選出前25%的高危險區域，並以點標示在圖上，以補充五分法層次圖在解讀時的複雜性。以肺炎來看(圖三)，肺炎死亡率高危險點有較集中於某些區塊的現象，例如約有半數的點分布在中部地區偏南(彰化、雲林為主)和南部地區(沿海一帶)；相對地，北部就顯得危險點較為稀疏，此分析所表現出的區域性差異，可以作為原因探討的參考，此外我們可藉此結合醫療資源分布或空氣品質濃度分布的地圖作進階研究。而支氣管炎、肺氣腫及氣喘疾病與肺炎比較，則可很明顯的看出支氣管炎等的分布是較為分散的，不像肺炎是明顯集中在中南部，這種區別在五分法層次圖上較無法表現出來，但在高危險區分布圖上則較容易表現。針對高危險點較稀疏的地區，也可讓我們思考它的涵義，例如以肺炎來看(圖三)，在中部地區的偏北部份(苗栗、台中一帶)，幾乎沒有死亡率高危險區域的出現，此現象未必就表示該區域的低危險性，我們應可進一步去探討該區域的地理特色，是否該地區鄉鎮區的面積較大，以至於一兩個單位的結果會影響到點的分布，亦或是死因檔的登記偏差，如當地醫生有登記的偏好而造成此結果[21]。針對這些疑點，我們可藉由GIS提供的空間分析介面去幫助釐清。此外，88至90三年的累計圖，可進一步解決單年資料不夠穩定的問題，與單年的圖放在一起比較，更能確認高危險點的分布情形。

接下來我們利用地理統計指標：平均中心點及標準距離來摘要全台灣高危險點的分布情形。由於台灣地區在地形及氣候的差異，例如台灣地區在東部與西部中間隔著中央山脈，兩邊的風土人情放在同一個平面來考慮顯得並不適合，故我們將台灣地區分為四區分別計算這些指標，這樣可以避免掉把所有座標點放在一起進行推估所可能產生的許多潛在問題。在GIS提供的介面上，我們透過其系統幫助我們整合及釐清空間的一些限制，一般在GIS的分析中，不但可以很方便的將空間環境資料展現出來，同時其所提供的分析工具，例如地理統計指標的計算，亦可允許將環境的限制加入，使得能得到更合理的分析數據[22]。

這類地理統計指標在資料的判讀與分析上可提供讀者更準確的比較基準，尤其是在探討高危險區的聚集性或分散性時[10]，不像以往的癌症地圖純粹只有圖形的表示，而無相關地理統計指

標存在，造成圖形與圖形之間不容易比較的缺點。從這些指標中，我們可以看出不同疾病在各區的平均中心點所在，例如以南部地區來看，支氣管炎、肺氣腫及氣喘(圖四)其平均中心點在屏東與高雄邊界，而肺炎(圖三)平均中心點則較往北移，在高雄旗山與田寮附近；此外，比較肺炎與支氣管炎等疾病，在中部地區各年度肺炎的標準距離(SD介於33.9至37.9 km)，均比支氣管炎等疾病的標準距離(SD介於42.4至45.1 km)來得小，表示高危險區的分散性較小，亦即肺炎在中部地區聚集性較高，這些特質是純粹層次圖所無法表現出來的。由以上分析可看出若能加入地理統計指標於地圖上，對空間資料的分析為一有力的工具，將能提供更有力的空間分析訊息，但此類指標實際使用上仍有些限制存在，就像平均中心點雖為地理分布的中心，但不一定是最危險的區域，其意義只是提供疾病死亡率高危險區集中的位置，雖然有上述的問題，但加入這種地理統計指標的輔助，使得在做疾病比較時有很大的優勢。

目前GIS在公共衛生領域應用的價值，無疑已受到很大的肯定[23,24]，並已有專書討論其在公共衛生領域的應用[25]，然GIS相關之研究，相對於應用在土壤、水文、空氣汙染推估、環境科學等領域[26-35]，在健康醫學相關領域仍相當地少，主要原因是此類分析的技術對許多健康醫學相關領域的工作及研究人員而言，仍相當的陌生[20]。面對目前重大公共衛生的全球議題，如SARS、禽流感等，顯然地，空間因子(如疾病爆發點、傳染途徑)已成為流行病學一個重要的影響變數之一，例如Lai等人成功地運用了地理統計及空間分析技術探討2003年SARS在香港爆發後整個時間、空間的變化，提出了傳統分析方法所無法提供的一些空間訊息與指標[23]。本研究針對此領域提供了一個入門的介紹，在現今公共衛生議題與環境互動的密切相關下，地理資訊系統及地理統計所扮演的角色值得賦予更多的重視。

參考文獻

1. Ricketts TC. Geographic information systems and public health. *An Rev Public Health* 2003;24:1-6.
2. Jenks RH, Malecki JM. GIS-A proven tool for public health analysis. *J Environ Health* 2004;67:32-4.
3. Roche LM, Skinner R, Weinstein RB. Use of a geographic information system to identify and characterize areas with high proportions of distant stage

- breast cancer. *J Public Health Manag Pract* 2002;8:26-32.
4. Roberts JR, Hulsey TC, Curtis GB, et al. Using geographic information systems to assess risk for elevated blood lead levels in children. *Public Health Reports* 2003;118:221-9.
 5. Kohli S, Brage HN, Lofman O. Childhood leukaemia in areas with different radon levels: a spatial and temporal analysis using GIS. *J Epidemiol Commu Health* 2000;54:822-6.
 6. Nuckols JR, Ward MH, Jarup L. Using geographic information systems for exposure assessment in environmental epidemiology studies. *Environ Health Perspect* 2004;112:1007-15.
 7. Poustrup A, Hansen HL. Use of GIS and exposure modeling as tools in a study of cancer incidence in a population exposed to airborne dioxin. *Environ Health Perspect* 2004;112:1032-6.
 8. Oyana TJ, Rogerson P, Lwebuga-Mukasa JS. Geographic clustering of adult asthma hospitalization and residential exposure to pollution at a United States-Canada border crossing. *Am J Public Health* 2004;94:1250-7.
 9. Website of National Cancer Institute. Available at: <http://statecancerprofiles.cancer.gov>. Accessed February 10, 2006.
 10. Lee J, Wong D. Statistical Analysis with ArcView GIS. 1st ed. Canada: Wiley, 2001;33-57.
 11. Bureau of the Census. Statistical Abstract of the United States 2003. Washington, DC: U.S. Bureau of the Census, 2004.
 12. 陳建仁，蔡淑芳。台灣地區癌症死亡率地圖，1972-1983。台北：中央研究院生物學研究所，1989。
 13. 廖勇柏，陳建仁，李文宗等。中華民國癌症死亡率分佈地圖集，1972-2001。初版。台北：行政院衛生署國民健康局，2003。
 14. 陳建仁，廖勇柏，游山林等。中華民國癌症發生率分佈地圖集，1995-1998。初版。台北：行政院衛生署國民健康局，2003。
 15. 廖勇柏，陳建仁，李文宗。趨勢面分析法在癌症地圖繪製上的應用：以台灣的乳癌死亡率為例。 *中華衛誌* 1998;17:474-84。
 16. 廖勇柏，黃景祥。利用局部平滑技巧繪製臺灣癌症地圖。 *中國統計學報* 1997;35:315-348。
 17. 王瑜珮。以 GIS 模式探討中部地區空氣污染與健康危害之相關性研究。台中：中國醫藥學院環境醫學研究所碩士論文，1998。
 18. 魏幸瑜。台中地區空氣污染與日死亡率之相關性。台中：中國醫藥學院環境醫學研究所碩士論文，2003。
 19. 曾伯昌。比較宜蘭縣與苗栗縣之空氣污染與每日死亡率及每日門診率之相關性。台中：中國醫藥學院環境醫學研究所碩士論文，2003。
 20. Cockings S, Dunn CE, Bhopal RS, et al. Users' perspectives on epidemiological, GIS and point pattern approaches to analysing environment and health data. *Health Place* 2004;10:169-82.
 21. 呂宗學，石臺平，賴華山等。臺灣地區死因統計準確度評估(1)：可能錯誤來源與評估方法。 *中華衛誌* 1995;14:179-90。
 22. Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). Using ArcGIS Spatial Analyst: ArcGIS 9, 1st edition. USA: ESRI Press, 2004.
 23. Lai PC, Wong CM, Hedley AJ, et al. Understanding the spatial clustering of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Hong Kong. *Environ Health Perspect* 2004;112:1550-6.
 24. Schellenberg JA, Newell JN, Snow RW, et al. An analysis of the geographical distribution of severe malaria in children in Kilifi District, Kenya. *Int J Epidemiol* 1998;27:323-9.
 25. Melnick, Alan L. Introduction to Geographic Information Systems for Public Health, 1st edition. USA: Aspen Publishers, 2002.
 26. Dangendorf F, Herbst S, Reintjes R, et al. Spatial patterns of diarrhoeal illnesses with regard to water supply structures--a GIS analysis. *Int J Hyg Environ Health* 2002;205:183-91.
 27. Kistemann T, Herbst S, Dangendorf F, et al. GIS-based analysis of drinking-water supply structures: a module for microbial risk assessment. *Int J Hyg Environ Health* 2001;203:301-10.
 28. Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environ Pollut* 2001;114:313-24.
 29. McGrath D, Zhang C, Carton OT. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland. *Environ Pollut* 2004;127:239-48.
 30. Bellander T, Berglind N, Gustavsson P, et al. Using geographic information systems to assess individual historical exposure to air pollution from traffic and house heating in Stockholm. *Environ Health Perspect* 2001;109:633-9.
 31. Brauer M, Hoek G, van Vliet P, et al. Estimating long-term average particulate air pollution concentrations: application of traffic indicators and geographic information systems. *Epidemiology* 2003;14:228-39.

32. Scoggins A, Kjellstrom T, Fisher G, et al. Spatial analysis of annual air pollution exposure and mortality. *Sci Total Environ* 2004;321:71-85.
33. Forastiere F, Galassi C. Self report and GIS based modelling as indicators of air pollution exposure: is there a gold standard? *Occup Environ Med* 2005;62: 508-9.
34. Cyrus J, Hochadel M, Gehring U, et al. GIS-based estimation of exposure to particulate matter and NO₂ in an urban area: stochastic versus dispersion modeling. *Environ Health Perspect* 2005;113:987-92.
35. Tayanc M. An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey. *Environ Pollut* 2000;107:61-9.

Application of Geostatistics to Investigate Spatial Distribution of Respiratory Disease in Taiwan, 1999~2001

Wen-Miin Liang^{1,2,3}, Meng-Hung Lin¹, Tai-Chin Wu¹, Che-Wei Hsu¹, Yan-Tzong Cheng³,
Hsien-Wen Kuo^{1,3}

¹Graduate Institute of Environmental Health, ²Biostatistics Center,

³Department of Public Health, China Medical University, Taichung, Taiwan.

Purpose. To explore the spatial distribution of disease in Taiwan using geostatistical indicators.

Methods. Data regarding deaths from pneumonia and bronchitis-related diseases from 1999 to 2001 among 363 townships were obtained from the Department of Health; the registered population dataset was provided by the Ministry of the Interior. In the spatial analysis, the magnitude of mortality was divided into five levels on graduated maps using GIS. High risk townships were defined as those having a mortality rate in the top 25%. Taiwan was divided into four areas: north, south, east and west. For each area, the mean center and standard distance between the highest risk townships for each disease were calculated.

Results. The high risk areas of pneumonia were clustered in the central and southern areas (especially in Kaohsiung and Pingtung). The high risk areas of bronchitis were distributed evenly throughout Taiwan. The geostatistical mean center in each area showed that the central tendency of the high risk areas of mortality for the two diseases was not consistent. However, the standard distance showed that the high risk areas of pneumonia were more concentrated than those of bronchitis.

Conclusion. Geostatistics provides understanding about the distribution of and spatial correlation between diseases, and can be used to better determine potential environmental risk factors. (*Mid Taiwan J Med* 2007;12:92-9)

Key words

geostatistics indices, geographic information systems, mortality, respiratory disease

Received : 7 November 2006.

Revised : 25 August 2006.

Accepted : 6 March 2007.

Address reprint requests to : Hsien-Wen Kuo, Department of Public Health, College of Public Health, China Medical University, 91 Hsueh-Shih Road, Taichung 404, Taiwan.