

## 摘要

現今世界在資本主義領導下的經濟發展過程中，都市化是全球各國的發展趨勢。都市化過程中會帶來一些負面衝擊。在都市化持續進行的過程中，環境品質的惡化也會加劇。日益嚴重的環境問題，會以各種形式進行被動式反撲。長期居住於都市的人，也最有可能是最常吸入污染程度最高的空氣的人。本研究以大台北都會區(台北市、新北市、基隆市)為研究對象，研究目的有以下兩點：探討都市化程度、空氣品質因子、健康品質因子的空間分佈形態；探討都市化程度、空氣品質因子、健康品質因子三項目之間的空間關係。

地理資訊系統 (Geographical Information System) 在過去十年來發展迅速，很多計量地理的理論通過 GIS 而發展出更成熟及完善的分析方法。本研究通過 GIS 技術，對都市化程度、空氣品質、健康品質進行空間分析，以了解其中的互動機制。其中包括空間處理技術(核心密度估計(KDE)、空間內插推估(Kriging))，及空間分析方法，即空間型態分析(Moran's I)，空間回歸分析(傳統最小平方模型(Ordinary Least Squares model)、空間誤差回歸模型(Spatial Error regression Model))。

本研究空間型態分析結果發現都市化程度、空氣品質、及健康品質之分佈具有顯著空間相依性，並且其型態相當類似，說明這三方面之間具有一關鍵的影響機制。本研究對三項目之間進行空間回歸等分析以討論其變化關係，發現大部分的因子之間呈正相關趨勢，並且由每人汽機車數及 NO<sub>2</sub> 所組成的綜合因子對健康品質的回歸分析最具解釋力，因此相信都市化因子、空氣品質共同組成的綜合效果對健康品質的惡化具有顯著的關係。並且，本研究最後認為，都市化因子對空氣品質對健康品質造成顯著的負擔，唯本研究未能討論其中的影響機制。

關鍵字：都市化，地理資訊系統，空氣污染，健康品質，環境問題。

# 目錄

摘要	i
目錄	ii
圖目錄	iv
表目錄	v
第一章 諸論	1
1-1 研究背景	1
1-2 研究動機	2
1-3 研究目的	4
1-4 研究流程	5
第二章 文獻回顧	6
2-1 空氣污染與都市化與健康品質之關係	6
2-1-1 全球化的空氣污染問題	6
2-1-2 空氣污染的重要來源	7
2-1-3 都市化結構對空氣污染的貢獻方式	8
2-1-4 環境願志耐曲線與都市發展的未來	9
2-1-5 空氣污染與呼吸系統及心血管相關疾病	11
2-1-6 健康城市、社區	13
2-2 空間分析	14
2-2-1 核心密度估計法 (Kernel Density Estimation) 與熱區分析	14
2-2-2 空氣品質之空間內插推估法	15
2-2-3 空間自相關	16
2-2-4 空間回歸分析	17
第三章 研究設計	18
3-1 研究概念架構	18
3-2 研究區概述	20
3-2-1 大台北地區	20
3-2-2 時間設定	21

3-3 指標因子項擬定與整理	22
3-3-1 都市化因子	22
3-3-2 空氣污染因子	23
3-3-3 健康品質因子	24
3-4 資料前處理	27
3-4-1 全域型態分析	28
3-4-2 核心密度估計法	28
3-4-3 空氣品質因子(Kriging 內插推估法)	30
3-5 資料分析	31
3-5-1 空間型態分析 (Spatial Pattern Analysis)	31
3-5-2 空間回歸分析 (Spatial Regression Analysis)	32
<b>第四章 結果與討論</b>	<b>33</b>
4-1 基本分佈型態了解 - 全域空間自相關	33
4-1-1 都市化因子的空間自相關	33
4-1-2 健康品質因子的空間自相關	35
4-1-3 小結	37
4-2 資料前處理-核心密度估計及空間內插法推估	38
4-2-1 都市化因子核心密度估計	38
4-2-2 空氣品質空間內插法推估	40
4-2-3 健康品質核心密度估計	43
4-2-4 小結	46
4-3 區域與鄰近範圍因子的影響 - 線性關係分析	47
4-3-1 都市化因子 - 空氣品質	47
4-3-2 空氣品質 - 健康品質	49
4-3-3 都市化因子 - 健康品質	53
4-3-4 小結	55
4-4 綜合因子對健康品質的影響分析	56
4-4-1 綜合因子的影響分佈	56
4-4-2 回歸分析	57
4-4-3 小結	60
4-5 綜合討論	60

第五章	結論與建議	61
5-1	研究討論與建議	61
5-2	研究結論	63
參考文獻		64

## 圖目錄

圖 1-1	本研究的研究流程圖	5
圖 2-1	空間誤差效果與空間延遲效果	17
圖 3-1-1	三組項目之間的關係圖	18
圖 3-1-2	都市化結構對空氣品質的影響壓力源模式圖	19
圖 3-1-3	空氣品質對健康品質的影響壓力源模式圖	19
圖 3-2-1	大台北地區道路網與各鄉鎮道路平均中心(mean center)圖	20
圖 3-3-1	環保署空氣品質測站，北部空品區與宜蘭空品區測站分佈圖	23
圖 3-4-1	前處理流程圖	27
圖 3-4-2	固定規則網格與大台北地區範圍之套疊圖	29
圖 4-2-1	都市化因子之 KDE 估算	38
圖 4-2-2	空氣品質之 Kriging 內插推估結果	41
圖 4-2-2	空氣品質之 Kriging 內插推估結果 (續)	42
圖 4-2-3	健康品質(各項死因標準化死亡率)之 KDE 估算	43
圖 4-2-4	健康品質(各項疾病標準化就診率)之 KDE 估算	44
圖 4-2-5	健康品質(總和標準化死亡率及標準化就診率)之 KDE 估算	45
圖 4-2-6	標準化死亡率及標準化就診率的關係	45
圖 4-3-1	各都市化因子對空氣品質( $\text{NO}_2$ )的關係圖	47
圖 4-3-2	各鄰近都市化因子對空氣品質( $\text{NO}_2$ )的關係圖	48
圖 4-3-3	各空氣品質對標準化死亡率的關係圖	49
圖 4-3-3	各空氣品質對標準化死亡率的關係圖(續)	50
圖 4-3-4	各鄰近空氣品質對標準化死亡率的關係圖	51

圖 4-3-4	各鄰近空氣品質對標準化死亡率的關係圖(續) -----	52
圖 4-3-5	各都市化因子對標準化死亡率的關係圖 -----	53
圖 4-3-6	各鄰近都市化因子對標準化死亡率的關係圖-----	54
圖 4-4-1	綜合因子對標準化死亡率的影響分佈變化-----	56
圖 4-4-2	綜合因子與標準化死亡率的回歸分析之殘差分析圖-----	59
圖 4-4-3	綜合因子與標準化死亡率的回歸分析之 LISA 分析圖-----	59

## 表目錄

表 2-2-1	IDW、Spline、Kriging 三種內插法之比較 -----	15
表 3-3-1	本研究中死亡資料與就診資料之代號設定 -----	26
表 3-4-1	本研究之網格設定值 -----	30
表 4-1-1	都市化因子 Moran's I 值及其 p-value -----	33
表 4-1-1	都市化因子 Moran's I 值及其 p-value(續) -----	34
表 4-1-2	具顯著空間自相關之都市因子之距離等資料 -----	34
表 4-1-3	健康品質 Moran's I 值及其 p-value -----	35
表 4-1-3	健康品質 Moran's I 值及其 p-value(續) -----	36
表 4-1-4	具顯著空間自相關之健康品質之距離等資料-----	37
表 4-2-1	各項空氣品質之相關係數-----	42
表 4-4-1	綜合因子與標準化死亡率的回歸分析之檢定表-----	57
表 4-4-2	綜合因子與標準化死亡率的 OLS 回歸模型的係數表-----	58
表 4-4-3	綜合因子與標準化死亡率的 SEM 回歸模型的係數表-----	58

# 第一章 諸論

## 1-1 研究背景

現今世界在資本主義領導下的經濟發展過程中，都市化是全球各已發展國家與發展中國家的必經過程，也是其結果。都市化過程基本象徵著人口的上升趨勢與集中化、人的生活方式與行為上的變化、及人對環境的態度與互動的變化。其中，人口的上升與集中的趨勢主因在於都市地區的經濟發展相對成熟，對年輕勞力而言都市地區是賺取更高薪資、提升自身經濟能力的地方與機會，包括有較多的工作機會或更好升遷機會等，同時也是物質生活品質較高的地方，因此都市化地區對年輕勞力形成了一股無形的拉力。此外，因為城鄉差距及政策上的差異，都市地區的資源相對較鄉村地區來得多，而大多數老舊社區隨著其過去的產業的沒落而不被國家重視，從而造成鄉村人民失去生計而只好往都市另尋工作。而更多的人口也使都市化對資源及食物有更高的需求。都市地區人民生活方式與行為也隨著都市化的程度而有所改變，包括交通上、居住環境上、對機器的需求程度上等，如駕駛汽機車移動、在不透水地表或水泥建物空間活動、高頻率使用高科技產品如電腦、電視、手機等。都市化促使人們在生活方式及行為上產生的變化，也是強化人們對各種資源、能源的依賴，如電能、石油等，換言之即是加速對資源的消耗程度。都市化地區人們在獲取各種生活物品時，幾乎都是以商業行為取得而造就了分工的關係，換言之人對自然環境的依賴程度大為降低，而在高度都市化地區則更為顯著，因此都市內大多數的土地都用於建物，較少保留土地進行農業耕種等。這樣的土地利用規劃能更有效率的達到經濟發展的目標，但無形中降低人類對環境在心裡上的依賴與親近程度，即降低了人們關懷自然的觀念及態度，換言之即降低人內心對人與環境之間的關聯，從而改變人在使用環境資源上的態度。也因此，人類得以大規模的建造都市，並大規模的改變環境原有形態，造成生態上的失調，並且降低生態吸收碳、氮等各類物質的能力，減弱這些物質

的自然循環機制。如上所述，都市化是經濟發展的必經過程及必然產物。

## 1-2 研究動機

都市化過程中除了會帶來經濟的發展之外，也會帶來一些負面的衝擊，尤其是對環境的破壞。人們在都市化過程中會對自然資源的高度依賴，包括非生物類的石油、水資源等的消耗，及生物類的資源如作為食物與生態的各種服務。因此，都市化過程中人們必然會開發更多的自然綠地以進行都市化工程，包括為了使用土地而開發、為了獲取各種資源如木料、金屬等而開發等。因原本的綠地被移除或取代，都市化地區失去了各種具淨化環境等自然服務的生物，而加速了其環境品質的惡化程度。其中，與人最直接關聯的即是空氣污染。除此之外，都市化過程中也會排放各種氣體進入環境中，包括汽機車在行駛時排放的一氧化碳，工業生產過程中排放的污染氣體等。因此都市化對空氣品質造成雙重的惡化，即移除其淨化的能力，及增加空氣污染物質。在都市化持續進行的過程中，環境品質的惡化也會加劇。然而，都市化程度與空氣品質之間的互動機制為何？為了管理環境品質與規劃都市發展，此問題的答案是相當重要的。

在都市地區，環境的負荷能力逐漸降低，同時人口卻持續上升，超載問題日益嚴重，而人口超載所造成的環境問題，如資源短缺、空氣污染問題，則會以某種形式“回饋”人類，以各種姿態進行被動式反撲。都市化程度的上升，直接及間接地排放更多污染物質，如增加空氣中的懸浮固體，水中的重金屬。污染空氣中的細小微粒在進入人體時，會造成人的長期(或短期)健康問題。因此長期居住於都市的人，也最有可能是最常吸入污染程度最高的空氣的人。其中，呼吸道的問題，如肺癌、鼻咽癌、支氣管炎(包括肺氣腫及氣喘)、肺炎等，都極有可能因為空氣污染的因素，而增加其患病率及死亡率。在台灣，肺癌已是台灣十五大癌症就診人數排名之首，而肺炎則是二十大死因中的第五位(行政院衛生署，2008)，可見呼吸道相關之疾病在台灣造成相當大的問題。雖然這其中也許有其他致病因素，但空

氣污染之因素仍有增加患病率及加劇病情的可能性。那，環境品質與人體健康之間，是否也存在著某種作用機制？

地理資訊系統 (Geographical Information System) 在過去十年來發展迅速。目前這項技術大量運用在各種領域，包括在學術上也相當熱門，包括各種領域在空間型態上的分析與展示。經過了長時間的發展，很多計量地理的概念與理論通過 GIS 而得到更快速的計算而促使其發展出更成熟及完善的分析方法。其中包括各種地理空間統計、空間回歸等模型，強化“空間”及空間與空間之間關聯度的概念，而改善了傳統一般的回歸、推測用在空間分析時的誤差程度。通過空間分析，可以了解各種自然環境因子及人文因子在空間分佈上的關係與各因子之間的互動關係，並且了解這些因子在時、空上的變化趨勢與相互依賴的關係。因此如今各學門領域都開始嘗試將空間因子納入分析過程中，包括社會科學、自然科學、及公共衛生等領域，如城鄉差異、地形變化、疾病擴散等，都相當關注空間因子的影響。此外，通過空間回歸或模型的推算，可以將各種地理資訊相互整合，以了解各種因子之間的關係與互動機制。都市化程度、空氣品質、健康品質都有其空間上的關聯性，因此本研究希望通過使用 GIS 技術，對都市化程度、空氣品質、健康品質進行空間分析，以了解其中的互動機制。



### 1-3 研究目的

為了解大台北都會區(台北市、台北縣(2011 年升級為新北市)、基隆市)之都市化程度、空氣品質、健康品質之間的關聯性，及都市化的發展需要付出多少健康之代價，本研究通過空間推估及空間統計分析方法對大台北地區之各項相關因子，以了解其中的互動機制。本研究的研究目的有以下兩點：

#### 1. 探討各因子的空間分佈形態；

都市化因子、空氣品質因子、健康品質因子在空間上可能具有空間群聚的分佈現象，並且因各項因子的群聚，可能會對其他因子造成影響或壓力，因此空間分佈形態必須先被了解。此外，空間分佈形態的鄰近距離也將作為後續資料處理的根據。本研究中使用全域的空間自相關分析方法 – Moran's I 作為對空間形態分析的分析工具。

#### 2. 探討各因子間的關係

都市化是一複雜的系統，其中包含各個面向，主要包括物質建構、社經、及生物面向等。本研究中針對影響空氣品質方面的都市化可能因子作文獻回顧以建立都市化之因子架構，並且將其與空氣品質之間作回歸分析，以探討其對空氣品質與健康品質之影響關係。健康品質是本研究中之關鍵討論對象，因此健康品質也是最終之回歸分析之依變項。本研究探討都市化如何影響空氣品質，並進一步影響健康品質。以回歸分析探討空氣品質在都市化與健康品質之間的影響機制，並最終將如何造成健康品質之惡化。透過上述分析，將可以了解都市化與空氣品質之間的關係，及空氣品質與健康品質之間的關係。

#### 1-4 研究流程

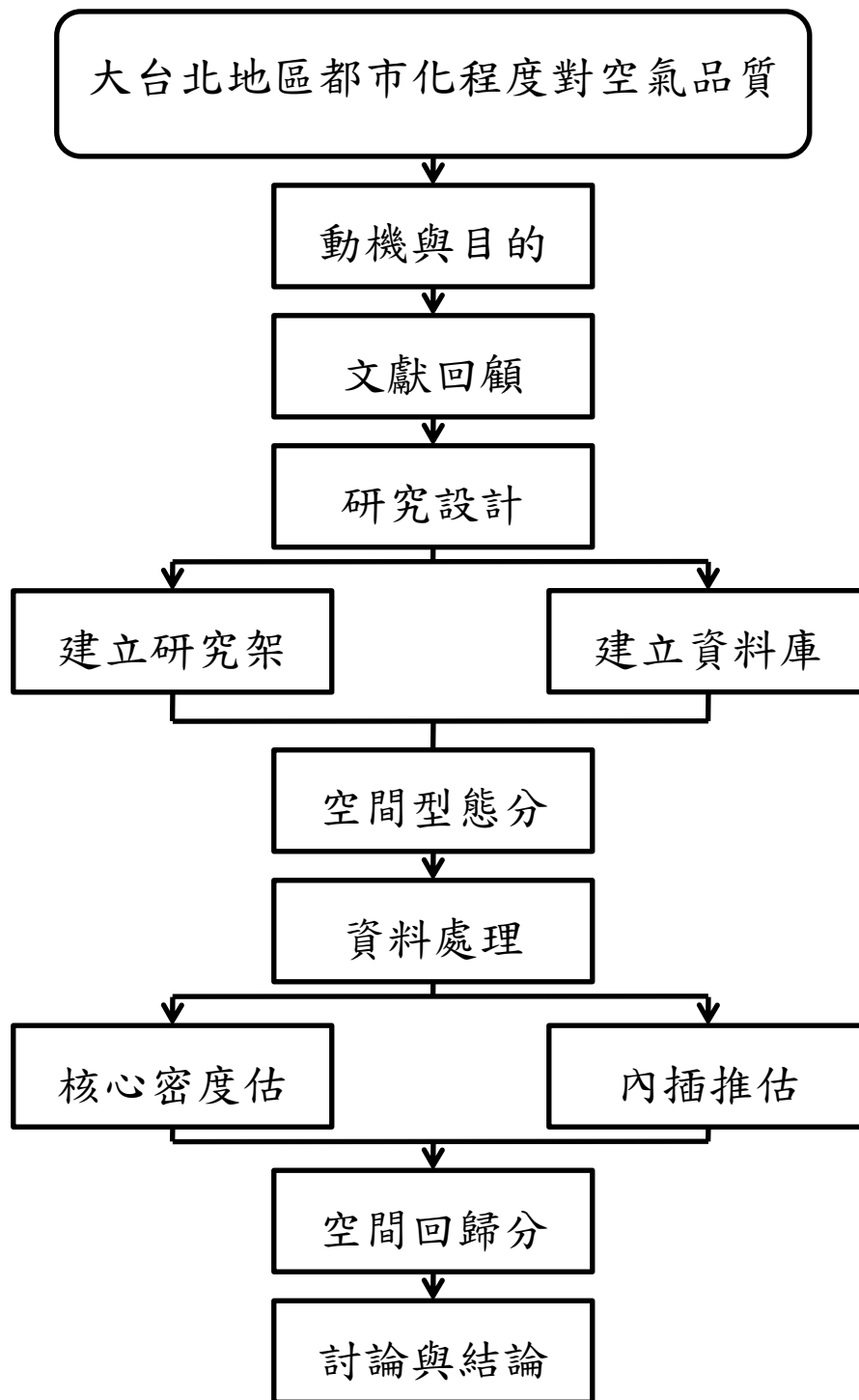


圖 1-1 本研究的研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

### 2-1 空氣污染、都市化與健康品質之關係

#### 2-1-1 全球化的空氣污染問題

空氣污染是幾乎全球追求經濟發展國家的通病，台灣各經濟較先進的都市亦然，包括台北地區。經濟發展相對先進國家的各大都市，包括美國、歐美國家、及亞洲的日本、香港特區等，都早已面臨空氣污染的問題，而發展中國家，主要包括亞洲的中國、泰國、印尼、菲律賓等，如今也面臨著相當高度空氣污染的問題，空氣污染是目前各級都市發展的必然結果，尤其是在發展中國家，其嚴重程度更高。世界各大城市(megacity)，包括洛杉磯、紐約、東京、首爾、曼谷、北京、倫敦、墨西哥等，至少有一種的主要空氣污染物問題(Mage *et al.*, 1996)。大城市的人口持續增加，尤其是在發展中國家中出現新的大城市，其同時也持續發展著更多的工業活動，將對全球帶來更多的空氣污染物質(Akimoto, 2003)。空氣污染不只是都市、國家的問題，在板塊(大陸)尺度上也造成各種影響，對全球而言也會有所影響，如其在氣候變遷中亦扮演著重要角色。以地中海為例，其北部東、西歐的工業活動所造成的空氣污染在地表層從北往南送；北美的空氣污染經風的傳送通過大西洋在地中海上對流層中部傳過；來自亞洲的空氣污染則會隨著季風在地中海上對流層上部傳過，這些空氣污染物質，尤其是其中的微粒物質會降低太陽輻射至地表而對地方的降水造成影響(Lelieveld *et al.*, 2002)。在南亞地區，季風同樣也將南亞的空氣污染送至整個印度洋的北部地區(Lelieveld *et al.*, 2001)。在全球議題中，空氣污染同樣也是重點之一。從上述大陸、板塊之間的空氣污染的流動可發現空氣污染物質在全球的流動是非常明顯的，尤其是全球空氣的流動，即風的流動是全球循環式，並且同時會將空氣污染物質從各大陸之間傳送，並且送至地球各地。這樣的空氣污染物質的流動會對全球氣候、熱量的傳輸、反射等造成影響，從而影響氣候變遷(Akimoto, 2003)。在各尺度都有其影響的空氣污染問題，說

明其影響力從地方、都市規模至全球規模都會造成一定程度的衝擊。跨尺度的空氣污染是重要環境議題，因為它對環境的衝擊影響非常大，同時其後續的影響力也不容忽視。

## 2-1-2 空氣污染的重要來源

空氣污染的來源主要是來自燃燒燃料，包括生物燃料(biofuel)及化石燃料(fossil fuel)，前者包括木材、農業廢料等，後者主要是石油、煤等。燃燒燃料是工業活動一般上不可或缺的動作，同時也是主要交通工具的引擎運行的能量來源。因此在發展中國家，尤其是工業型發展中國家，會有更高濃度的相關空氣污染物質，如印度、中國(Lelieveld *et al.*, 2001)。此外，營建工程也會造成各種地方性的塵土飛揚，造成地方性相對較短期的空氣污染問題(章裕民，2005)。根據環保署(2009)資料顯示，主要的空氣污染來源是工業活動，工業活動所排放的污染物主要包括硫氧化物、碳氫化合物及鉛；其次是車輛等交通工具所排放的氮氧化物及一氧化碳；第三高的空氣污染來源是營建道路的過程所引起的懸浮微粒。由此可見在都市化地區中，工業活動、交通是最主要影響的因子。空氣污染有地方性，即在不同的地方、大城市會有不同的空氣污染問題(Mage *et al.*, 1996), 如台北地區最大的污染來源是二次氣膠、海水飛沫、及機動車輛排放，而高雄則以機動車輛、農業燃燒、二次氣膠、工業排放、及塵土(黃瓊慧，2001)。台灣兩大工業型大都市的空氣污染物質相當類似，但也有些微不同，而各等級都市其空氣污染的型態也必然有所差異。

人口暴增是推動空氣污染的幕後因子，而都市地區土地利用則也會影響著空氣污染的程度或決定著空氣污染物質等。陳美智等人(2004)以台北市的發展過程為例，將人口作為最初的因子，推動著其整體都市發展與空氣污染的回饋架構的運作，包括由人口推動都市土地的開發利用，並因此推動經濟發展，再吸引更多的

人口成長；同時人口的增加推動交通工具的數量，而因此空氣污染濃度也隨著增加，並以一時間延遲(time lag)再降低人口。此外，該研究中也指出綠地在這回饋機制中也扮演著中間的角色，即都市發展會減少綠地，而綠地的減少降低空氣可淨化的容量，並因此使空氣污染程度加倍惡化(陳美智，2004)。換言之，都市化中人口的集中會造成更多的問題，包括空氣污染問題。此外，都市土地利用方式也會對環境(包括空氣品質)造成相當大的影響，因此必須了解都市化與空氣污染之間的關聯性。

### 2-1-3 都市化結構對空氣污染的貢獻方式

空氣污染問題的出現是都市化的結果。由上述陳美智(2004)等人的研究過程中嘗試將都市化與空氣污染作連結，可見都市化的構造、土地利用(綠地)的方式會對環境、空氣污染有很重要的影響機制。都市發展過程中影響空氣污染的，包括土地利用的改變(綠地)之外，還有人民使用交通工具的習慣的差異(公共交通工具)。Lyons 等人(1990) 在柏斯的研究中討論都市規劃中可以利用公共交通的使用度的提升來達到降低空氣污染物的目的，這是因為若人民大量使用個人的交通工具，包括房車、機車等，會比使用公共交通工具排放更多的空氣污染物(Lyons *et al.*, 1990)。交通是都市化發展中很重要的因子之一，也是人口流動過程中必須使用的工具。而交通工具的型態或使用量會對空氣污染程度有所貢獻。

人文社經行為，包括各種經濟活動等，會直接或間接的影響環境變化。在 21 世紀的現在，人口爆炸已經成為現況，而人口對環境的改變也通過各種直接或間接的方式呈現，Ehrlich 與 Ehrlich (2009)重新審視人口爆炸的問題，發現過了 40 年，人口問題依然存在，而且越來越嚴重，且人口的上升會造成各種環境問題，包括資源的消耗、污染物的排放等，並且會造成現有自然環境的崩潰(Ehrlich & Ehrlich, 2009)。而經濟本身是不會對環境造成破壞的(Dietz & Rosa, 1997)，但經濟

不會是獨立出現的事物，其背後必然有許多產業支撐著它，包括工業的生產、商業的銷售，及人民的消費等。Dietz 與 Rosa (1997) 發現人口(population)與富裕程度(affluence)，會共同推動環境的變化，包括 CO<sub>2</sub> 的排放等。該作者通過修正 1970 年代所發展的  $I=P \times A \times T$  原理( $I=Impact$ ,  $P=Population$ ,  $A=Affluence$ ,  $T=Technology$ )，找出人口、經濟、科技對二氧化碳的影響機制，以討論社經、人為活動對環境的衝擊 (Dietz & Rosa, 1997)。經濟的發展不是獨立存在，它會牽動著各種人為活動的進行，並且也會改變人民的生活習慣，因此它是一種綜合型的因子。

剖析都市化結構在對於空氣污染問題的了解是必要的。McDonnell 與 Pickett (1990) 將物質結構物、生物型態、社經活動三者作為分析都市化結構的基本面向，說明這三面向的運作過程中會對環境造成的變化或影響，並會更進一步會對生態系造成綜合的影響效果(McDonnell & Pickett, 1990)。

而由上述文獻中，可以大致歸類都市化結構中主要影響空氣污染的因子：物質結構(如道路、交通的建設，及土地的開發、利用等)，生物型態(如綠地的分佈、面積等)，人文社經活動(如人口、經濟等)。這些來自都市化並會對環境造成影響因子，會經由各種方式改變環境型態，這些機制則是剖析都市化過程中必須考慮的關鍵之一，但過去的研究並沒有綜合性仔細討論著三方面對環境的影響機制，尤其是空氣污染方面。

#### 2-1-4 環境顧志耐曲線與都市發展的未來

顧志耐曲線是描述經濟發展與不均分配之間的關係曲線，即經濟不均分配程度在前段時期會隨著經濟發展而上升，但經過轉折點之後該程度會下降(Kuznet, 1955)。環境顧志耐曲線(Environmental Kuznets Curve, EKC)理論認為環境惡化程度亦會隨著顧志耐曲線的發展，即在發展的前段時期，環境的惡化程度會隨著經濟的發展持續增加，但當經濟發展至某一程度之後，各種都市政策、國家政策將會

有所改變，同時地方產業也將會轉型，此時惡化程度將會下降，環境將會獲得改善，因此該惡化曲線會呈倒 U 字形(Grossman & Krueger, 1995)。

但近期不少環境相關學者的研究分析指出該 EKC 的存在或出現方式值得懷疑，並提出其理論的局限。Selden 與 Song (1993) 對環境品質與發展的分析表示，以 GDP 為經濟發展的指標，以區域性污染物(包括懸浮微粒、二氧化硫、氮氧化物一氧化碳)為空氣污染指標，在以國家為單位作分析的結果表示，空氣污染的排放確實隨著發展程度呈倒 U 字形，但該分析結果也推測以全球為單位，該轉折點還有非常的遠，而也推測未來幾十年經濟發展將會更快速的成長(Selden & Song, 1993)。這結果表示可能在某些先進國，其產業轉型地方環境惡化程度得以改善，但其實對全球而言，其實只是將惡化的環境轉移至其它經濟發展較落後，或未發展至 EKC 轉折點的國家。換言之以全球尺度，該 EKC 非常的遙遠，甚至將永遠無法在全球各地都達到該轉折點。此外，在全球系統中，現代化或都市化的政策被認為不能引導世界達到環境惡化的轉折點，環境品質與經濟發展政策是相互衝突的(York *et al.*, 2003)。很多 EKC 的分析是建立在國際間的資料比較，但也因此其在國家的發展上並沒有實質的作用，很多單國資料在經濟發展與環境惡化程度的關係分析中並沒有顯著的 EKC 現象，因此 EKC 無法引領國家、世界走向環境更好的方向，各國必須更重視永續發展的策略(Stern *et al.*, 1996)。

絕大多數關於 EKC 的分析是以國際間的比較關係結果，因此它本身並沒有能力解釋國家的發展與預測其環境變化的未來。國家需要持續的發展，且往永續發展的政策需要被建立起來，但政策的建立需要更多的資訊與知識，因此有必要討論國內的發展狀況，及經濟發展、環境變化之間的關係，以供後續了解發展的過程與對未來的預測。

## 2-1-5 空氣污染與呼吸系統及心血管相關疾病

近十年來，區域、國家尺度關於空氣污染的議題，常與疾病、死亡率作連結討論，即通過空氣污染與室外、室內空氣污染物濃度的回歸分析，相當多的分析結果都說明空氣污染程度會威脅健康品質，只是其顯著程度或各種情境會對健康品質的影響強度會有所差異，其中主要包括呼吸系統疾病(respiratory disease) (Yorifuji *et al.*, 2010; Wong *et al.*, 2001)，心血管疾病(cardiovascular disease) (Hedley *et al.*, 2002; Pope & Dockery, 2006)，及氣喘(asthma) (Lin *et al.*, 2001; Guo *et al.*, 1999)。一篇以香港與倫敦做比較的分析中提出，香港與倫敦在各種都市特性上的相當不同，包括人口密度、生活習慣、產業型態、自然背景等都有所差距，但都顯示出其空氣品質的惡化與健康品質的惡化的正相關關係，表示這種關係確實存在，且背後必然有支撐著這關係的關鍵因素(Wong *et al.*, 2002)。關於空氣品質與健康品質的關係的研究分析並不充足，雖然其分析結果顯示此兩者之間有顯著正相關，但對於其相互的影響機制、原因還未充分的了解，各城市間其背景、特性亦有所不同，因此需要更多更深入的分析討論(Wong *et al.*, 2002)。

都市化程度的差異，包括都市、鄉鎮，或甚至是否靠近主幹道路，其空氣的惡化程度有所差異，即靠近主幹道路的空气污染較嚴重，也因此居住在主幹道路附近的居民健康品質較差，而都市地區較鄉鎮地區也是類似狀況，即都市地區居民健康品質較差(Hwang *et al.*, 2005; Shima *et al.*, 2003; Hoek *et al.*, 2002; Roemer & Wijnen, 2001; Kunzli *et al.*, 2000)。這些分析發現說明都市化程度越高的空間，其居民暴露在高空氣污染的時間、機率都較高，這也會造成長期在此生活的居民生命受到威脅，包括會有較弱的健康及較短的壽命。

各種死亡率在季節上有顯著差異，而空氣污染在各種季節中其與健康品質之關聯度亦有所差異。其中，以PM<sub>10</sub>的濃度與死亡率的變化一般會出現顯著的季節性差異(Peng *et al.*, 2005)，尤其是在分析長期趨勢時，此現象更為顯著(Schwartz,



1994)。在香港，主要的呼吸系統疾病與心血管疾病的死亡率較集中在冷季，並一般會在冷季出現一高峰(Wong *et al.*, 2002; Hedley *et al.*, 2002)。Wong 等人(2002) 分析香港與倫敦的空氣污染濃度與呼吸系統疾病及心血管疾病之間的關係，發現呼吸系統疾病在冷季比較容易受空氣污染的影響而惡化，其中以 NO<sub>2</sub> 與 SO<sub>2</sub> 最為顯著，但倫敦則剛好相反，該健康品質的惡化與空氣品質的相關性在熱季較為顯著；而對心血管疾病方面，則香港與倫敦的該現象都主要出現在冷季(Wong *et al.*, 2002)。換言之，季節性的變化對該關係的顯著程度的影響也有地方性的差異。

空氣污染與疾病之間的關係很常存在著一個時間的延遲 (time lag) 現象 (Ostro *et al.*, 1995; Chen *et al.*, 1999; Wong *et al.*, 2002)，時間延遲現象出現在很多議題中，包括外來入侵種從移入到大量擴散之間，綠地被移除至該區空氣中懸浮微粒濃度快速上升之間等，中間會有一段延遲的時間讓環境、生物進行協調、反應，隨後才會迅速展現出其反應結果。同樣的，一地區的時間軸上，空氣污染濃度達到頂峰之後，過一段時間才會反應在各疾病的死亡率上。此延遲的時間可長可短，視研究的課題的時間上的尺度而定，不同的研究重點，其時間尺度有所差異，其重要的變化在時間的長短上也會有所差異。Chen 等人(1999)分析關於肺活量受地表臭氧濃度的影響，因肺活量的變化受 1 天之內的空氣、環境所影響，作者並非討論長期的空氣污染物質對肺活量的影響趨勢，因此該延遲時間是 1 天左右(Chen *et al.*, 1999)。Wong 等人(2002)則分析比較香港、倫敦的空氣污染與相關疾病之關係，發現香港有較短的時間延遲，而在倫敦則相對較長，換言之香港的空氣污染與相關疾病之間的反應較快，即空氣品質的惡化會快速影響健康品質的惡化(Wong *et al.*, 2002)。換言之，時間延遲效應除了會受議題的直接影響之外，也會受研究區的歷史、背景的特性所影響。因此在分析討論相關議題時可以注意這一現象的變化。

## 2-1-6 健康城市、社區

健康城市概念，或健康社區概念，是以提升生理健康品質為主要目標的發展概念，其中可能通過建立相關法規以改善物理環境品質，改善生活形態，並架構健康、的生活環境(Flynn, 1996)。健康城市概念中包含永續的概念，並是一個可以有效達到目的的中性空間(Baum *et al.*, 2006)。健康城市概念早在 80-90 年代受歐美國家所關注，直至 21 世紀，健康城市的概念或以健康為目標的發展過程被認為在發展中國家亦需注意(Harpham *et al.*, 2001)。生活在一個健康的環境是大眾基本需求，同時也是經濟活動的重要因子之一，因此建構一個健康城市是非常重要的，而在建構此健康環境，需要對於環境品質與健康品質之間的關係，同時更需要探討個別地區的實際狀況，包括主要污染源及其對環境品質、健康品質之影響。過去對於健康城市概念主要是敘述性描寫，因缺乏足夠的科學研究來提供足夠的現況資訊(Flynn, 1996)，而只是一個問題-處理的過程中的概念，並且在觀念的宣導時只能空泛的討論。因此更多的科學研究、分析是必須的。

## 2-2 空間分析

### 2-2-1 核心密度估計法 (Kernel Density Estimation) 與熱區分析

核心密度估計法(KDE)是一種以點位置資料(如事故發生點、罪案發生點等)，或具屬性(attribute)之點(如人口密度、用電量等)，以該點為原始資料點，並以各網格中心點為中心，搜尋其周圍點之資料，以周圍點之資料與該網格中心之直線距離之函數(包括倒數、倒數平方等)，及權重分佈形態(normal、triangular、uniform等)，計算周圍點對該網格之影響權重，並計算網格之密度。

KDE 是一個通過密度的展示，找出高危或高密度區之工具(Bithell, 1990)。因此，KDE 常用來作為熱點分析的工具，如找出常發生犯罪案的熱區(Gonzales *et al.*, 2005; Graviria, 1998)，或在流行病學中找出高危險或高密度疾病發生的區域(Bithell, 1990)。換言之，核心密度估計法是通過計算每一個網格之密度，並通過此網格在連續空間之密度遞增或遞減的趨勢，尋找高密度之區域。因此，核心密度估計法除了找出熱區(如犯罪熱區、疾病熱區等)之外，也可以作為一種資料內插計算的方法，並會展示出整體連續空間中各網格之某資料特性之分佈狀況。

熱區分析是指通過群聚分析(cluster analysis)尋找出可能的熱區(包括上述 KDE 中提到的犯罪熱區或疾病熱區)，或是高密度的地方。因此 KDE 是內插計算的方法之外，也是一種熱區分析的工具。除了 KDE 之外，大多數的熱區熱區分析會以明確的邊界在一連續空間中劃分熱區與一般隨機空間，以供分析人員更明確、可視的熱區範圍(Grubestic, 2001)。

## 2-2-2 空氣品質之空間內插推估法

將資料由點資料(如測站點蒐集之資料)轉成平面空間的內插計算方式，可用在各種情況下，包括雨量、溫度、物質濃度變化等，以供計算、管理或分析，常用的方法有 IDW、Spline、Kriging、PointInterp、Natural Neighbor、Trend 等(Patil U., 2003; Childs, 2004)。

空氣品質是隨著連續空間中距離的變化而其濃度會有所改變之變項，因此以內插法計算空氣品質在連續空間中各點之值，以了解空間中空氣品質分佈狀況很常被用在各類分析中，包括空氣污染與各類健康品質之相關分析(Schwartz J., 1994; Tayanc M., 2000; Hsieh *et al.*, 2007)。

最常用在空氣品質之內插法為 Kriging (Tayanc M., 2000)、Spline (Pope & Dockery, 2006; Schwartz J., 1994)、IDW (Hsieh *et al.*, 2007)，尤其是 Kriging (Jerrett *et al.*, 2005)。此三者建立在不同的假設上，因此其計算結果不同，有不同的限制，也適用於不同的資料。其比較結果如表 2-2-1：

表 2-2-1 IDW、Spline、Kriging 三種內插法之比較(Lai *et al.*, 2009)

	IDW	Spline	Kriging
假設	附近地區的變化將會有更強的影響	直接以附近的觀測值及方程式計算	其權重不止建立在距離上，還包括空間自相關的因子
適用	隨著與樣本點的距離增加，其變數值會降低	表面是隨著層級逐步變化的	資料中有空間自相關，或有方向性的
例子	臭氧濃度	高程、水面高度、污染物濃度	土壤科學、地質
缺點	內插值的範圍受資料的範圍所限制 樣本點的數量及其位置對結果影響很大	不適合有極值的資料 當在短水平距離中有很大的變化時也不適合	計算與定義 kriging 參數過程複雜 內插結果的準確度依賴分析的經驗

### 2-2-3 空間自相關

空間相依性是表示某特性在某地區與其附近地區之間的變化方式，即附近的地區在這特性上會有相似的趨勢(Cliff & Ord, 1973)，如經濟水平高的地方其附近地區經濟水平亦高，這即是空間相依的基礎概念。而空間自相關，是常用來計算空間相依性的程度，在某一研究範圍內，其中的空間相依程度，即某地區之鄰近地區之某指標值，與其附近該指標值的相似(相依)程度。

空間自相關有好幾種計算方式，包括 Moran's I (Moran, 1948; Anselin, 1993)、Geary's C (Geary, 1954)。其中較為常用的是前者。Moran's I 是通過將所有兩點個別與平均值之差與臨近加權指數的乘積，再乘上樣本數並加總，作為分子的函式，所有點與平均值之差的平方的加總與所有點之間臨近加權指數的加總，乘積作為分母，計算 Moran's I 指標值。因此此指標值將處於正負 1 之間，並且數字越大其空間相依性較高，反之則較離散或隨機。

Moran's I 是一個全域空間自相關的分析過程，其還有另一層級的空間自相關，即區域空間自相關(local spatial autocorrelation)。全域空間自相關將表示該研究區內整體的空間自相關程度，而無法得知空間自相關程度高之所在地區。區域空間自相關，主要是提供對研究區內各因子之間的基本了解，以繪製出相關的高度空間自相關區域。其中以 LISA(即 Local Indicator of Spatial Association，或 Local Moran's I)(Anselin, 1995)最為常用(陳慈仁，2000)。LISA 常用在展示高度空間自相關的地區(包括熱區(hot spot)及冷區(cold spot))，以供研究者知道是在什麼地方開始有高度自相關之現象。

#### 2-2-4 空間回歸分析

傳統回歸方法中，是針對個別單元之間相互分離的資料進行計算回歸。但事實上空間單元之間相互連接，因此會相互影響，包括正向的影響與反向的影響，而形成空間相依性及空間異質性兩種狀況。因此，傳統常用的最小平方法(Ordinary Least Square, OLS) 在有空間概念下的事件、特性上，將很容易造成結果估算的誤差(胡立諄&賴進貴，2006)。

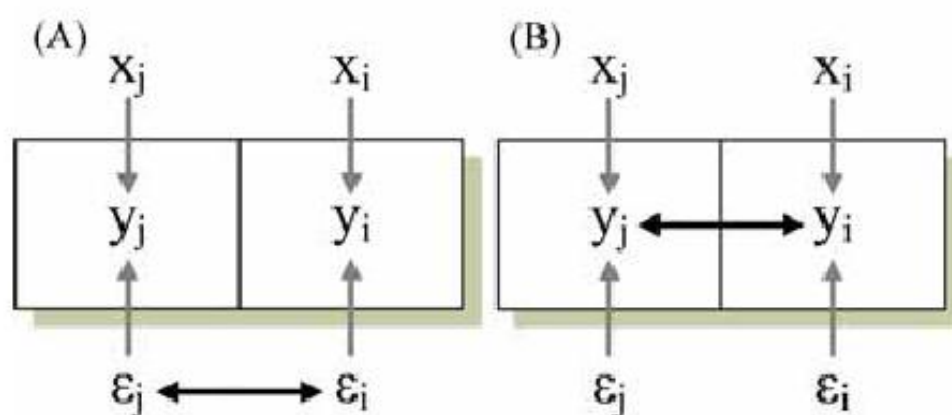


圖 2-1 空間誤差效果與空間延遲效果 (A:SEM；B:SLM 適用狀況)

空間回歸分析中，以空間延遲模型(spatial lag model)與空間誤差模型(spatial error model)較常被引用(Anselin, 1988; Anselin, 2005)。其中空間誤差模型的模型特性在於可以將回歸分析結果之誤差項中受空間相互連結的特性所影響的誤差移除，即將空間相互連結的特性考慮在回歸模型之中，因此降低誤差值中的空間自相關現象。這是因為當空間有相依現象時，若以傳統 OLS 進行回歸分析，其空間相依之特性會傳至誤差項之中，而 SEM 的特性則是將此空間相依之特性控制，再進行回歸分析，因此最後所得之結果其誤差值將沒有顯著的空間自相關現象。而空間效果除了會反映在誤差項中之外，亦有可能會反映在其依變項上，此一現象以 OLS 進行推估其計算值將有所偏誤，因此必須使用 SLM 進行計算回歸。如圖 2-1 所示，SLM 與 SEM 分別適用於兩種不同的空間效果所影響的狀況(Baller *et al.*, 2001; 紀玉臨&賴進貴，2010)。

### 第三章 研究設計

#### 3-1 研究概念架構

本研究的基本架構由三個項目所組成，如圖 3-1-1 所示，分別是都市化因子、環境負擔、健康問題。其中，都市化因子會造成一些環境負擔，而環境負擔可能會造成健康問題的惡化，此外都市化的一些因子也會對健康狀況造成負面影響。

本研究之主要研究架構分成了兩個部分進行分析探討。其中，第一個部分為解決都市化程度對環境品質的影響機制，即都市化過程中對環境的各個結構所造成的改變，會如何對空氣品質造成影響的過程，如圖 3-1-2 所示；第二個部分為解決環境品質對健康品質的影響機制，即空氣品質的惡化程度如何對人體生理系統或健康品質造成影響，如圖 3-1-3 所示。在第二個部分中，本研究聚焦在呼吸系統所引起之死亡率，及呼吸系統、心血管疾病、氣喘之就診資料，但部分資料無法從衛生署統計網頁中取得，因此本研究無法對其進行分析討論。

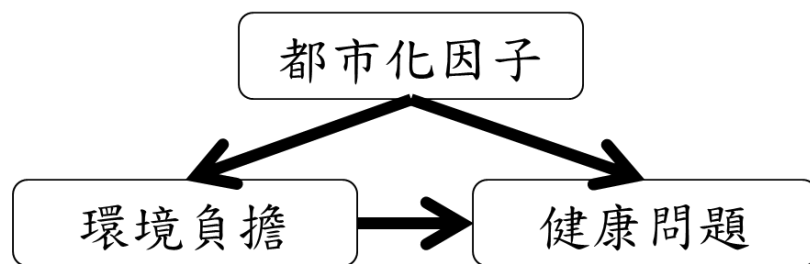


圖 3-1-1 三組項目之間的關係圖

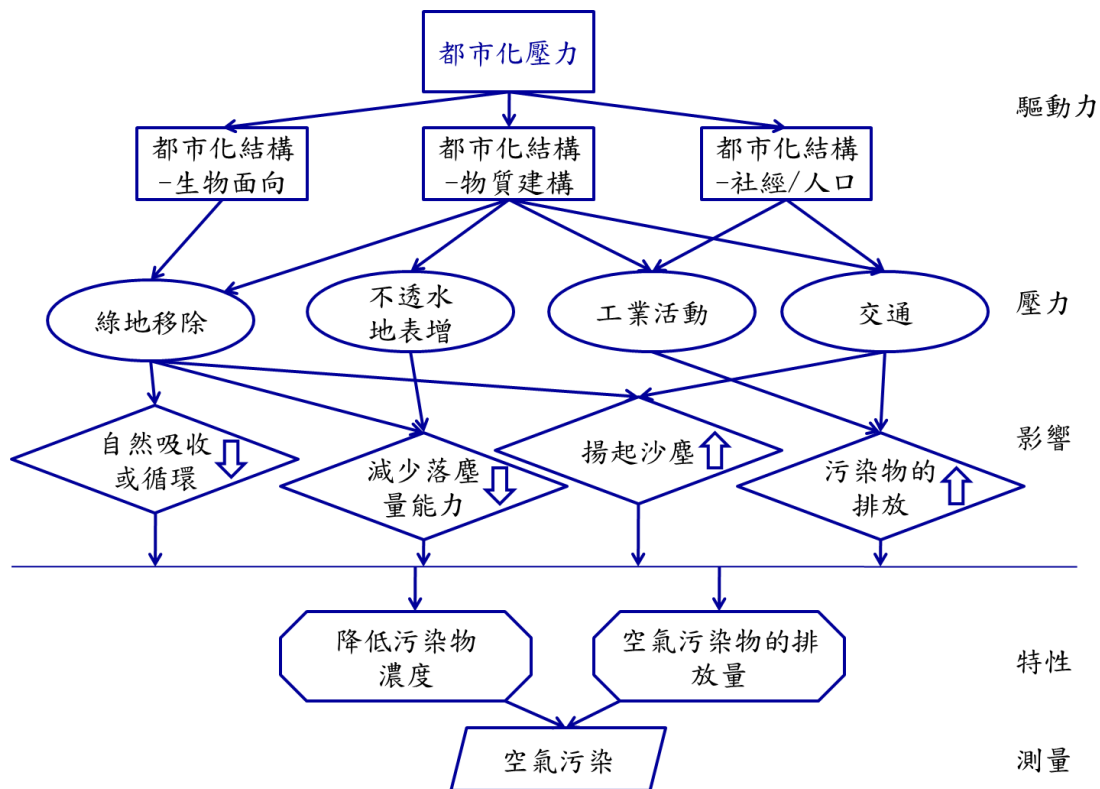


圖 3-1-2 都市化結構對空氣品質的影響壓力源模式圖

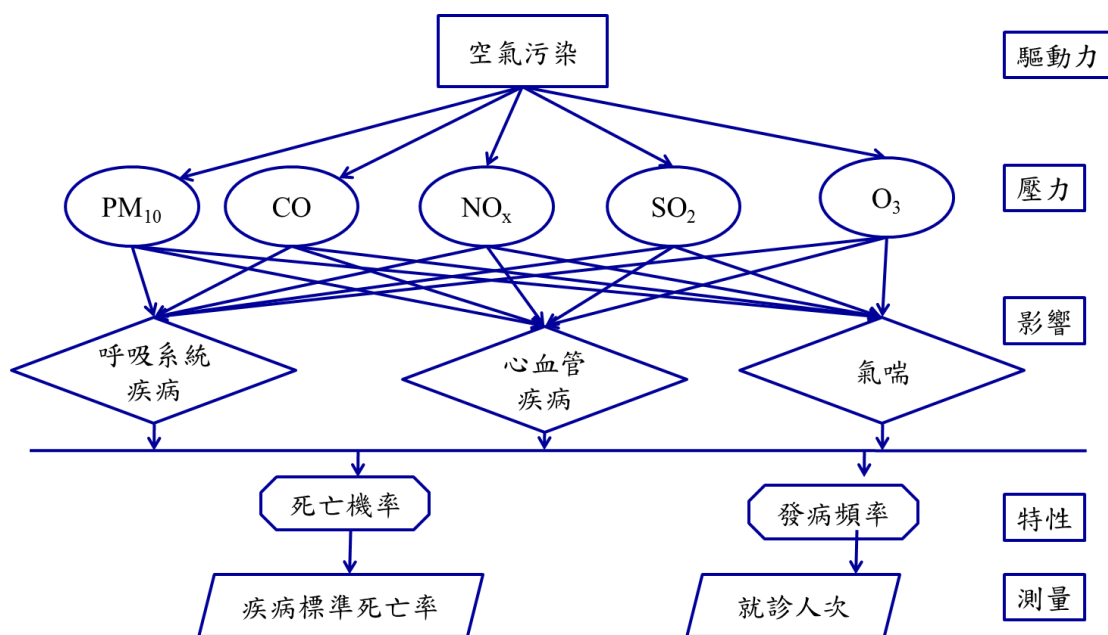


圖 3-1-3 空氣品質對健康品質的影響壓力源模式圖



## 3-2 研究區概述

### 3-2-1 大台北地區

本研究之研究對象為大台北地區，即包括台北市、台北縣、及基隆市。大台北地區東、北、西三面環海，南面與桃園縣及宜蘭縣相接。因此若未考慮此兩相接之縣市資料的分佈，有可能在台北縣西南面與桃園縣相接處及東南面與宜蘭縣相接處的空間群聚(spatial clustering)效果會被減弱，形成邊緣效應(edge effect)，並低估其空間自相關程度。因此為避免邊緣效應，本研究將桃源縣及宜蘭縣之相關資料納入資料分析過程中，但主要之回歸分析則不對此兩縣資料作討論。

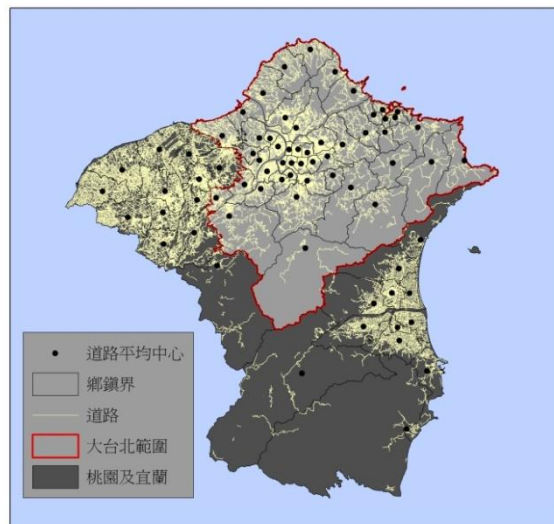


圖 3-2-1 大台北地區道路網與各鄉鎮道路平均中心(mean center)圖

圖 3-2-1 是大台北地區與桃源、宜蘭地區道路網分佈狀況，基本上從道路網可以看出台灣各鄉鎮中人為活動密度高的地區，換言之即都市化程度較高之地區，其道路密度也將隨著更密集。因此本研究中以道路平均中心點可作為各鄉鎮之人口、社經、疾病三類資料之代表中心，作為之後的內插推估及核心密度估計法之計算中心，來進行資料前處理以供後續分析討論。

### 3-2-2 時間設定

本研究以 2008 年為基本年度，因此死亡率之資料以衛生署 2008 年統計資料為分析對象。而空氣污染以 2007 年與 2008 年之數據分別分析，因空氣品質對健康品質之影響以兩種形式進行，即包括長期之暴露所導致之問題，有時間延遲(time lag)效應，因此將 2007 年之數據納入分析；另外則是即時快速影響，即健康狀況不佳者遇到空氣品質過度惡化而短時間內引發疾病問題造成死亡之現象，因此 2008 年當年之數據亦作分析。

都市化結構之因子，也是以 2008 年為基礎，但部分資料沒有當年之數據，如工商普查等重要資料庫，且都市化結構因子對空氣品質與健康品質亦有時間延遲效應所影響，因此以 3 年內之資料作分析，並且以 2008 年之資料為最主要之分析對象。

### 3-3 指標因子項擬定與整理

#### 3-3-1 都市化因子

都市化因子根據圖 3-1-2 的都市化結構對空氣品質的影響壓力源模式圖中所示，都市化結構分為三大類群，包括生物面向、物質建構面向、及社會與經濟面向。其中生物面向以綠地面積為指標，資料來源是《94 農林漁牧業統計》<sup>注1</sup>中，林業-林業土地面積-林地總面積(公頃)，以各鄉鎮林地面積佔總面積比進行 KDE。物質面向則以交通系統(汽機車總數)及工業活動(工廠數)為指標，汽機車總數資料來源分別是：台北市-《民國 97 年台北市監理統計年報》；桃園縣-新竹區監理所-各類車輛數量統計<sup>注2</sup>；台北縣(新北市)、基隆市、宜蘭縣-台北區監理所-本所管汽、機車鄉鎮數量統計表<sup>注3</sup>，並依 motorcycle、sedan、truck、bus 四個項目進行分類)，再加總為總汽機車數量，以此值除土地面積計算汽機車密度，再以汽機車密度除人口密度得每人汽機車數，並進行 KDE 處理。工業活動方面，則是以工廠數作為指標，其來源是《95 年工商服務業普查》<sup>注4</sup>資料中，場所經營概況的家數合計(家)(並以此值除鄉鎮土地面積得工廠密度)、使用土地面積(平方公尺)並計算其佔土地面積之比值，進行 KDE 處理。社會與經濟面向則以人口數及綜合所得稅為指標，資料來源分別是 97 年各縣市戶政司統計資料-人口統計年報<sup>注5</sup>；及《九十七年度綜合所得稅申報核定統計專冊》- 九、各縣市鄉鎮村里之統計表<sup>注6</sup>中，以各鄉鎮為單位進行整理並進行 KDE。

---

注 1 : [http://win.dgbas.gov.tw/agr/ics\\_main.asp](http://win.dgbas.gov.tw/agr/ics_main.asp)

注 2 : [http://www.hmv.gov.tw/SCH\\_R\\_C001.aspx](http://www.hmv.gov.tw/SCH_R_C001.aspx)

注 3 : [http://www.tmvso.gov.tw/data\\_search/data\\_8.aspx](http://www.tmvso.gov.tw/data_search/data_8.aspx)

注 4 : [http://ebas1.ebas.gov.tw/icsweb/ics\\_menus1.asp](http://ebas1.ebas.gov.tw/icsweb/ics_menus1.asp)

注 5 : <http://www.leadware.com/search/hrwebs.html>

注 6 : <http://www.fdc.gov.tw/ct.asp?xItem=1890&ctNode=668&mp=1>

### 3-3-2 空氣品質因子

空氣品質因子主要以環保署所定義之空氣污染指標為分析對象，即空氣中的懸浮微粒( $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ )(粒徑小於 10 微米及 2.5 微米以下之細微粒)、二氧化硫( $SO_2$ )、氮氧化物( $NO$ 、 $NO_2$ )、一氧化碳( $CO$ )、及臭氧( $O_3$ )，五種空氣污染物之濃度值，反映空氣污染程度，即空氣品質惡化程度的指標，因甲烷( $CH_4$ )亦常出現在各文獻中，且在大台北地區部分測站中對其有監測，因此本研究亦將此類空氣污染指標值納入參考。環保署長期監測此九項指標，因此在大台北地區擁有完整的資料庫。

環保署之空氣污染指標監測站分佈在全台各地，分為北部空品區、宜蘭空品區、中部空品區、竹苗空品區、雲嘉南空品區、花東空品區、高屏空品區、離島空品區 8 個分區。本研究中所用的研究區範圍包括北部空品區及宜蘭空品區，因此將北部空品區(中山、大園、士林、土城、三重、永和、平鎮、古亭、中壢、汐止、板橋、林口、松山、桃園、新店、基隆、淡水、菜寮、陽明、觀音、新莊、萬里、萬華、龍潭，共 24 個測站)，及宜蘭空品區(宜蘭、冬山，共 2 個測站)，總共 27 個測站(其分佈狀況如圖 3-3-1)，作為本研究的空氣品質的研究對象。



圖 3-3-1 環保署空氣品質測站，北部空品區與宜蘭空品區測站分佈圖

本研究以環保署民國 97 年度空氣品質監測資料為分析對象。環保署所提供之資料時間為每小時值，因此先依各日計算日平均，再以此日平均值依月計算月平

均，再進一步計算年平均値，以作為 97 年各測站之代表値。而各類無效値(包括儀器檢核無效値、程式檢核無效値、人工檢核無效値、缺値)，則計算時忽略此類値。其中，主要有 O<sub>3</sub>，在三重測站缺値；CH<sub>4</sub>，缺菜寮、淡水、冬山、大園、觀音、林口、龍潭、平鎮、士林、萬華、萬里、新店、汐止、新莊、永和、宜蘭、陽明的値，因 CH<sub>4</sub> 在各測站缺値狀況較多，本研究只將其作為參考。

### 3-3-3 健康品質因子

本研究之健康品質因子聚焦在呼吸系統疾病(respiratory disease)及心血管疾病(cardiovascular disease)之相關疾病死亡率作分析。本研究從衛生署死因統計資料中篩選與此二類疾病相關之死因作分析討論。

根據國際疾病傷害及死因分類標準第 10 版(The International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision, ICD-10)，第十章是呼吸系統疾病(diseases of the respiratory system)，即包括 J00-J99，心血管疾則屬於第九章循環系統疾病中的 I51.6 的心臟血管疾病(未特定者)(Cardiovascular disease, unspecified)，而第二章腫瘤中，C30-C39 是呼吸或胸(腔)內器官腫瘤群組(Respiratory and intrathoracic organs)，C11 則屬於鼻咽癌(malignant neoplasm of nasopharynx)。因鼻咽癌常出現在台灣各死亡率及就診率高的地方中，且其有可能受環境空氣污染所影響，因此亦將其納入分析中。上述所指定的死因分類被納入分析過程中討論。

死因統計資料庫來源是行政院衛生署《衛生統計系列(一)死因統計》-鄉鎮別，民國 97 年度統計結果 - (表 1)縣市鄉鎮別死亡人數按國際疾病傷害及死因分類標準之死因分類與性別分。從各縣市內鄉鎮分頁中，依各資料中選取上述死亡人數，再計算成標準死亡率。此外，行政院衛生署《衛生統計系列(四)全民健康保險醫療統計》-97 年度全民健康保險醫療統計年報 - (表十一)前二十大死因戶籍縣市鄉鎮

別就診統計及(表十二)前十五大癌症戶籍縣市鄉鎮別就診統計，此二資料庫中提供各縣市、鄉鎮之各大疾病及癌症就診的人次，其值依各 5 歲年齡組分類，因此亦將此類資料列入標準化計算並供後續研究分析。

根據上述資料庫來源，依 ICD-10 分類中相關類別(J00-J99、I51.6、C30-C39、C11)，進行資料整理。其中，J00-J99 值資料分別有 J10-J11、J12-J18、J20-J21、J40-J47、J60-J65，而心血管疾病相關值死亡率則並未出現，相關腫瘤群組方面，則有 C33-C34、C32、C37、C38、C11。而就診人次方面之值分別有肺炎、支氣管炎與肺氣腫及氣喘、高血壓、肺癌、鼻咽癌，共 5 大類，前兩類為支氣管相關之疾病，而高血壓則是心血管疾病之指標，肺癌及鼻咽癌則屬於相關器官之腫瘤。為方便分析時使用，本研究將上述資料以表 3-3-1 之代號代替原資料分類。

此外，因各地之人口結構差異相當大，而死亡率、就診率常受人口結構所影響。因此本研究對人口結構變化以 WHO 2000 之標準人口結構為標準進行控制，進行標準化計算以供後續分析比較。其標準化公式為：

$$DSR = \sum r_i \left( \frac{n_{is}}{\sum n_{is}} \right) \quad (\text{World Health Organization, 2001}) \text{---(3-3-3)}$$

上述公式中，DSR 為直接標準化比率(Direct Standardization Ratio)； $r$  是各地  $i$  年齡組之粗死亡率； $\left( \frac{n_{is}}{\sum n_{is}} \right)$  則是  $i$  年齡組之標準人口與所以標準人口總數之比值。將各年齡組之粗死亡率乘上標準人口中該年齡組佔所有人口之比值，再進行加總，則可得 DSR 之值。因就診人次亦受人口結構所影響，因此也進行此標準化計算出標準值，以供分析。

表 3-3-1 本研究中死亡資料與就診資料之代號設定

<b>X</b> 單位			<b>死亡資料</b> 每十萬人	<b>Z</b> 單位			<b>就診資料</b> 每千人
X1	J10-J11		流行性感冒	Z1			肺炎
X2	J12-J18		肺炎	Z2			支氣管炎+肺氣腫+氣喘
X3	J20-J21		支氣管炎	Z3			高血壓
X4	J40-J47		慢性下呼吸道疾病	Z4			肺癌
X5	J60-J65		塵肺	Z5			鼻咽癌
X6	J66, J68-J69		有機粉塵或吸入化學製劑、氣體、煙霧和蒸氣或固體和液體引起的氣道疾病				
X7	C33-C34		氣管、支氣管和肺的惡性腫瘤				
X8	C32		喉的惡性腫瘤				
X9	C37		胸腺的惡性腫瘤				
X10	C38		心臟、中隔和胸膜的惡性腫瘤				
X11	C11		鼻咽的惡性腫瘤				

### 3-4 資料前處理

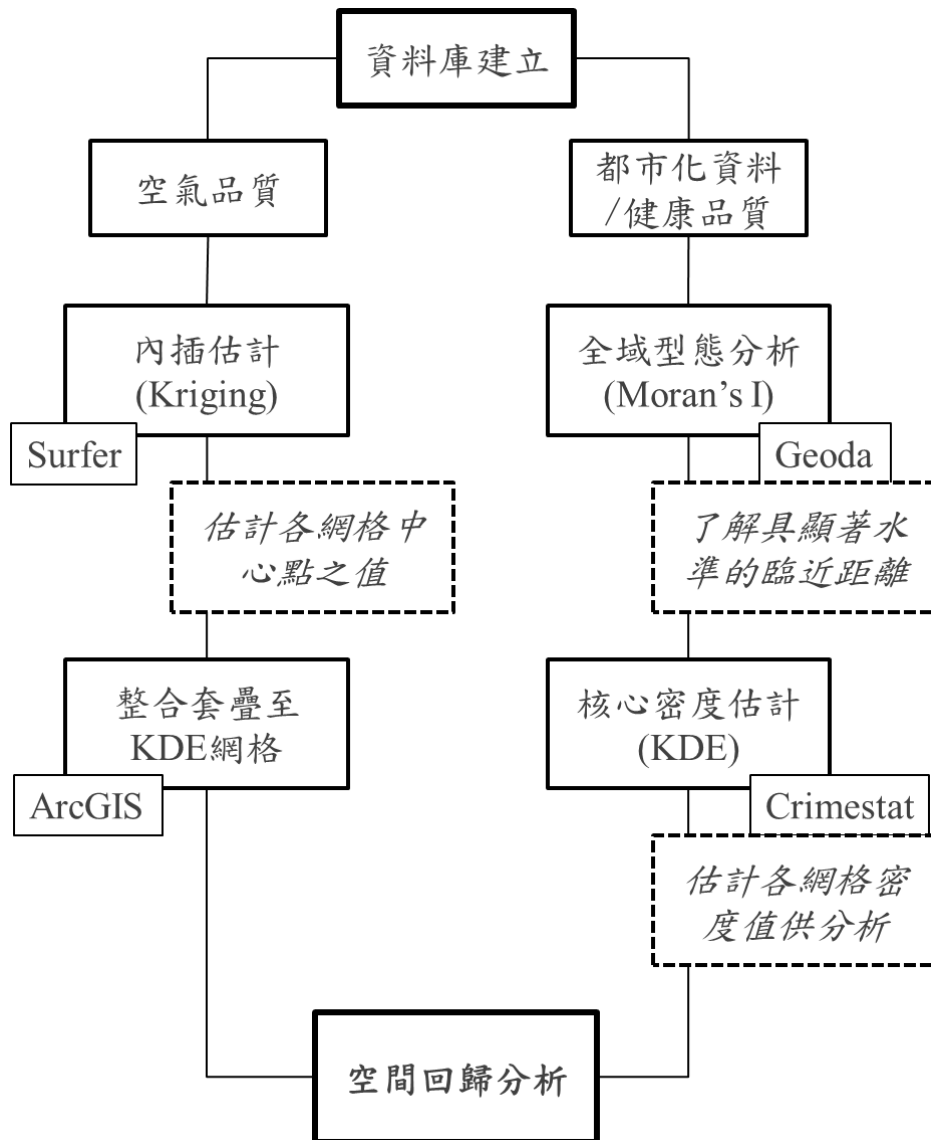


圖 3-4-1 前處理流程圖

在基本資料庫建立之後，進行回歸分析前，本研究之資料需進行前處理，以獲取後續分析使用之資料，其過程如圖 3-4-1。



### 3-4-1 全域型態分析

全域型態分析的目的在於對該資料的空間型態作基本的了解，包括其是否有顯著之空間自相關，並且找出其顯著有效空間自相關之鄰近距離，以供 KDE 處理時的搜尋半徑依據。本研究通過 Moran's I 對都市化資料及健康品質資料進行空間自相關分析，其鄰近矩陣鄰近距離分別設為 5km, 10km, 20km, 30km, 40km, 50km，並找出其中顯著(p-value = 0.001 - 0.009)，並取最顯著的距離為 KDE 之依據。本研究擬以 OpenGeoDa 0.9.9.4(GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computational and Arizona Board of Regents) 作為分析的工具，其中以各鄉鎮的交通中心點為鄰近矩陣的計算對象。

### 3-4-2 核心密度估計法

目前大多數的社經相關空間分析資料局限在行政區界之向量式資料。在探討空間關係及具空間自相關現象的分析時往往會有行政區大小、形狀不一而可能造成的誤差。因此本研究嘗試將鄉鎮資料經計算轉換成固定規則網格式(圖 3-4-2)資料，並以此都市化因子及健康品質因子資料與空氣品質因子作分析。

都市化因子之資料可視為反映人為活動之程度，並且皆以鄉鎮層級為原始資料之層級，因此本研究以各鄉鎮之道路平均中心(mean center)作為原始資料點(圖 3-2-1)。針對原始資料點以 KDE，推算資料在連續空間的變化。

而健康品質因子方面，與都市化因子類似，其重要之特性將呈現在其空間密度上，即其空間密度將反映其在空間中的集中趨勢。因此也以 KDE 進行推算其在連續空間中的趨勢變化表面。

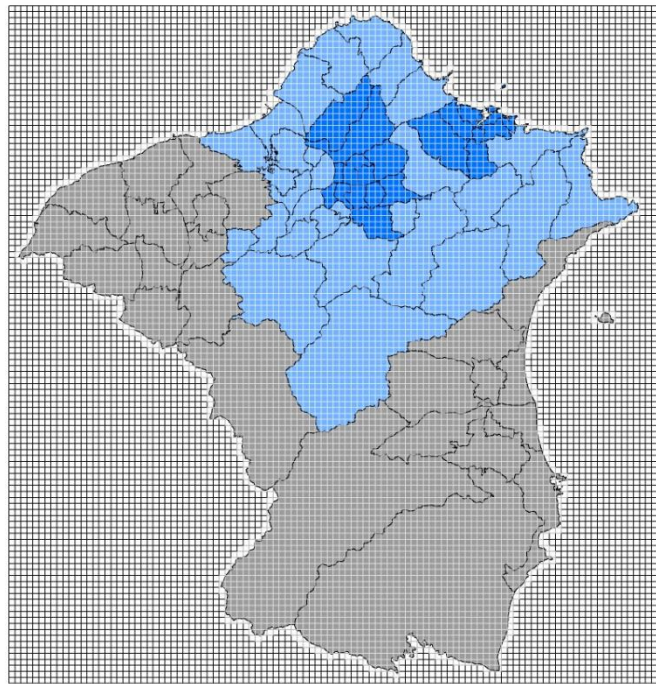


圖 3-4-2 固定規則網格與大台北地區範圍之套疊圖

本研究之 KDE 估算是使用 Crimestat III(V3.3)(National Institute of Justice, Washington, DC) 作為分析軟體。在操作過程中需要對資料之背景特性作若干設定，包括演算方法、搜尋半徑、背景參照網格、及輸出資料檔。因此，本研究之演算方法將以一般常用的常態分佈法(Normal)為演算之方法；而搜尋半徑因各資料之臨近效果有所差異，故另外使用全域型態分析法之後，尋找各死亡率、就診率在全域分析中顯著之臨近距離作為各資料在進行 KDE 中的搜尋半徑；背景參照網格以表 3-4-1 中 Crimestat 的點位置，作為 KDE 的左下角端點及右上角端點之座標值，待輸出後再以研究區範圍對其進行相交選取並輸出使用；輸出資料檔則以 ESRI ArcGIS (\*.shp)格式存檔，以供後續在於空氣資料進行整合時使用，如圖 3-4-2。

表 3-4-1 本研究之網格設定值

unit: (m)	Crimestat		Surfer	
	X	Y	X	Y
左下角	246005	2688004	245500	2687500
右上角	355005	2801004	355500	2801500

### 3-4-3 空氣品質因子(Kriging 內插推估法)

空氣品質指標，即五類空氣污染物之濃度值，依各測站點位置進行空間推估至固定網格中。主要是利用 Kriging 內插法，推算其在連續空間中的變化趨勢。

空氣品質之內插推估將以 Surfer (Golden Software) 分析軟體進行。因推估過程是計算均勻分佈之各點，受已知點(即測站座標)之 Z 值(即各空氣品質項)的影響，計算各點之內插值。因此操作過程需要設定基本的左下角點及右上角點的座標值，及其間隔距離。因上述 KDE 是產出以網格為單位的結果，而此內插推估則是產出以點為單位的結果，因此本研究中將內插推估之點設定在網格的中心位置，並以此位置所推估之值作為該網格的值。因此，在此內插推估過程中使用的端點座標與 KDE 有所不同，如表 3-4-1 所示。

在 Surfer 軟體中，使用其內插工具，在內插推估方法(Gridding Method)中，使用 Kriging 推估出均勻分佈點的值，再以 DAT XYZ(\*.dat)格式輸出。之後使用 Microsoft Office Excel 開啟，並完成整合。整理之資料表以 ArcGIS 與 Kernel 之網格相整合以供後續分析使用。

### 3-5 資料分析

#### 3-5-1 空間型態分析 (Spatial Pattern Analysis)

空間型態分析是聚焦在某特性值的空間分佈型態(pattern)之顯著群聚或隨機的現象上，如某一高的指標值，其周圍(鄰近)空間單元的該指標值亦高，即為空間群聚，也就是熱區，反之，低的指標值被低的指標值所包圍，則屬於冷區，而分佈未顯著群聚者，則屬於隨機的型態。空間自相關(spatial autocorrelation)，是指空間相依程度，即包括群聚或隨機、均勻的空間形態。因此空間自相關是一種敘述性空間統計，提供某特性值在此研究區中的基本空間分佈現況。

本研究對各都市化因子進行空間自相關之分析，以對各因子的空間相依度有基本的了解，包括 Moran's I 及 Multivariate Moran's I。其中，Moran's I 是對資料各因子本身進行基本了解的分析過程，因此本研究在前處理中使用 Moran's I 對都市化因子及健康品質因子作基本了解，以供後續分析使用。而 Multivariate Moran's I 則是針對兩項因子作空間自相關分析，其目的在於了解周圍的其他因子對被動因子的影響，因此本研究在後期使用此分析方法了解周圍的都市化因子對空氣品質、健康品質，及周圍空氣品質對健康品質的分佈的關係。本研究擬定以 Moran's I 及 Multivariate Moran's I 作空間自相關之檢驗。在此過程中，使用 OpenGeoDa 0.9.9.4(GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computational and Arizona Board of Regents)為分析工具。

### 3-5-2 空間回歸分析 (Spatial Regression Analysis)

空間回歸分析與傳統回歸分析不同的地方在於空間回歸分析中將“空間”之概念納入分析計算過程，以避免因空間相依性所造成之回歸誤差。空間回歸分析主要是對各空間單元的資料進行比較與空間合併關聯，並找出其中隱藏的規則機制。橫截面空間資料是指同一時間點中，在其所處之空間(space)之某兩(或以上)個事項、特性、事件上之資料作為依變項與自變項，進行回歸分析。因此，空間回歸分析可以改善 OLS 中的誤差問題。本研究是屬於連續空間中之資料分析，極可能會有空間相互連結、影響之現象，並且 OLS 模型所計算出之結果極可能會有所偏誤，因此通過各空間回歸模型(SLM、SEM)進行回歸分析，並比較其結果以尋找最佳解。在此過程中，使用 ArcGIS 9.3(ESRI)為分析工具。

除此之外，本研究也使用 Geoda 中的 Conditional plot 作為回歸分析的輔助工具。此分析工具的其中一項工具(Map view) 能夠製作一被動因子在兩項影響因子的分佈高低過程中，該被動因子在地圖上的分佈圖，因此可在做二項自變項的回歸分析前作為基礎了解的工具。

## 第四章 結果與討論

### 4-1 基本因子空間分佈型態- 全域空間自相關

在進行整個研究處理以前，先通過 Moran's I 的監測，了解各都市化因子及健康品質因子之空間分佈狀況，以了解其熱區分佈狀況。基本上 Moran's I 將以 Geoda 0.9.5-I (Beta)處理，以 10km 為間距設定鄰近矩陣，即 10km、20km、30km、40km、50km，共五種鄰近矩陣，並從中找出具 0.001-0.010 顯著水準之都市化因子及健康品質，及其顯著距離，以了解各鄰近的空間自相關狀況。

#### 4-1-1 都市化因子的空間自相關

表 4-1-1 都市化因子 Moran's I 值及其 p-value

	5km		10km		20km	
	moran's I	p-value	moran's I	p-value	moran's I	p-value
人口密度	0.6354	<u>0.001</u>	0.5458	0.001	0.2461	0.001
平均所得	0.5509	<u>0.001</u>	0.047	0.001	0.2295	0.001
汽機車密度	0.631	<u>0.001</u>	0.5374	0.001	0.2372	0.001
汽機車/人	0.3974	0.001	0.6487	<u>0.001</u>	0.4855	0.001
工廠密度	0.0079	0.331	0.0686	0.086	0.0272	0.105
工廠面積比例	0.4168	<u>0.002</u>	0.2043	0.013	0.1041	0.027
林地面積比例	-0.0271	0.356	0.1313	0.018	0.0875	0.011

表 4-1-1 都市化因子 Moran's I 值及其 p-value (續)

	30km		40km		50km	
	moran's I	p-value	moran's I	p-value	moran's I	p-value
人口密度	0.0891	0.003	0.0132	0.074	-0.0369	0.008
平均所得	0.0915	0.003	0.0321	0.018	-0.01	0.701
汽機車密度	0.0871	0.003	0.0136	0.055	-0.0347	0.017
汽機車/人	0.3429	0.002	0.1262	0.001	0.0163	0.026
工廠密度	0.0118	0.088	-0.0087	0.680	-0.0167	0.393
工廠面積比例	0.0635	0.012	0.0427	0.008	0.0031	0.049
林地面積比例	0.0411	0.019	0.0205	0.025	0.0062	0.028

注 1：下劃線者為所選擇的鄰近矩陣；

注 2：當具有多個顯著鄰近矩陣時，選 Moran's I 高者。

如表 4-1-1 所示，基本上各都市化因子都有顯著正向的空間自相關，並且主要在 5km 時達到最高顯著水準及高 Moran's I 值，而只有每人汽機車數的顯著空間自相關的鄰近距離是 10km。高 Moran's I 值表示其相依程度越高。因沒有顯著空間相依性的項目表示其空間上沒有顯著的群聚分佈而屬於隨機的分佈，其對後續的分析項目應不會造成顯著的關係，則本研究將工廠密度、綠地面積比的項目排除。經整理，其顯著距離、Moran's I 及 p-value 分別如表 4-1-2。

表 4-1-2 具顯著空間自相關之都市因子之距離等資料

項目	距離	Moran's I	P-value
人口密度	5km	0.6354	0.001
平均所得稅	5km	0.5509	0.001
汽機車密度	5km	0.6310	0.001
汽機車/人	10km	0.6487	0.001
工廠面積比例	5km	0.4168	0.002

#### 4-1-2 健康品質因子的空間自相關

表 4-1-3 健康品質 Moran's I 值及其 p-value

	10km		20km		30km	
	Moran's I	P-value	Moran's I	P-value	Moran's I	P-value
X1	-0.0126	-	-0.0144	-	-0.0166	-
X2	0.0793	0.049	0.4245	<u>0.001</u>	0.1107	0.002
X3	-	-	-	-	-	-
X4	0.0989	0.055	0.5217	<u>0.001</u>	0.2196	0.001
X5	0.2491	0.004	0.1036	<u>0.006</u>	0.0675	0.004
X6	-0.0056	-	0.0643	0.041	0.0268	<u>0.006</u>
X7	0.1694	<u>0.009</u>	-0.0272	-	-0.0314	-
X8	0.0521	0.156	0.0183	0.232	-0.0198	-
X9	-0.003	0.716	-0.0219	-	-0.0156	-
X10	0.0379	0.143	-0.018	0.507	-0.0292	-
X11	0.0650	0.093	-0.0487	-	-0.0267	-
Z1	0.2019	0.009	0.7233	<u>0.001</u>	0.4054	0.001
Z2	0.1211	0.016	0.5496	<u>0.001</u>	0.2434	0.001
Z3	0.1719	0.013	0.3852	<u>0.001</u>	0.0783	0.003
Z4	0.3170	0.001	0.0763	0.030	0.1603	<u>0.001</u>
Z5	0.0276	0.276	0.0761	0.038	0.1258	<u>0.001</u>
死亡率	0.1137	0.001	0.1222	0.001	0.1714	<u>0.001</u>
就診率	0.133	0.001	0.0991	0.001	0.2257	<u>0.001</u>



表 4-1-3 健康品質 Moran's I 值及其 p-value (續)

	40km		50km	
	Moran's I	P-value	Moran's I	P-value
X1	-0.0172	-	-0.0162	-
X2	0.0848	0.001	0.05	0.001
X3	-	-	-	-
X4	0.1736	0.001	0.0985	0.001
X5	-0.0036	0.837	-0.0044	-
X6	0.0173	0.058	0.009	0.023
X7	-0.0301	-	-0.0303	-
X8	-0.0252	-	-0.0206	-
X9	-0.0203	-	-0.0194	-
X10	-0.0181	-	-0.0178	-
X11	0.0259	0.011	0.0238	0.004
Z1	0.3158	0.001	0.1957	0.001
Z2	0.176	0.001	0.1004	0.001
Z3	0.0742	0.002	0.024	0.005
Z4	0.0479	0.004	-0.0089	0.748
Z5	0.0374	0.007	0.0277	0.003
死亡率	0.1273	0.001	0.081	0.001
就診率	0.1671	0.001	0.104	0.001

本研究以正向之空間自相關為主，因此 Moran's I 值為負的項目並不考慮。表 4-1-3 中，下劃線為顯著之鄰近距離，即顯著水準達 0.001-0.010 之標準，且 Moran's I 之值相對較高者。從此表中，部分疾病資料並無顯著之空間自相關，其中 X2、X4、X5、X6、X7、Z1、Z2、Z3、Z4、Z5 具顯著，而標準化就診率及死亡率方面，20km 鄰近距離下，空間自相關程度開始顯著，而在 30km 鄰近距離達到最高的 Moran's I 值。其結果如表 4-1-4：

表 4-1-4 具顯著空間自相關之健康品質之距離等資料

	距離	Moran's I	P-value		距離	Moran's I	P-value
X2	20km	0.4245	0.001	Z1	20km	0.7233	0.001
X4	20km	0.5217	0.001	Z2	20km	0.5496	0.001
X5	20km	0.1036	0.006	Z3	20km	0.3852	0.001
X6	30km	0.0268	0.006	Z4	30km	0.1603	0.001
X7	10km	0.1694	0.009	Z5	30km	0.1258	0.001
死亡率	30km	0.1714	0.001	就診率	30km	0.2257	0.001

#### 4-1-3 小結

全域空間自相關分析的目的在於了解各個項目在空間上的分佈型態是否為隨機或具有顯著空間相依性，並且本研究著重探討各因子在空間上的分佈趨勢的共同相似程度，在空間上隨機分佈的項目在本研究的後續分析不會形成顯著的關聯，因此本研究只著重具有顯著空間相依的項目。此外，在這全域空間自相關分析過程中，另一個目的是要找出各個資料其具有最顯著空間相依時的鄰近距離，以供後續資料處理時作為依據。從全域空間自相關的分析中顯示，各都市化因子都具有空間相依性的現象，而部分健康品質惡化程度也有空間相依性的現象，並且說明此兩類項目在大台北地區內，可能在某些地方有群聚的現象。都市化因子的顯著的群聚很可能對環境或健康造成顯著的壓力，而健康品質的惡化的群聚也可能反映一些環境等面向的問題的群聚。

4-2 資料前處理-核心密度估計及空間內插法推估

4-2-1 都市化因子核心密度估計

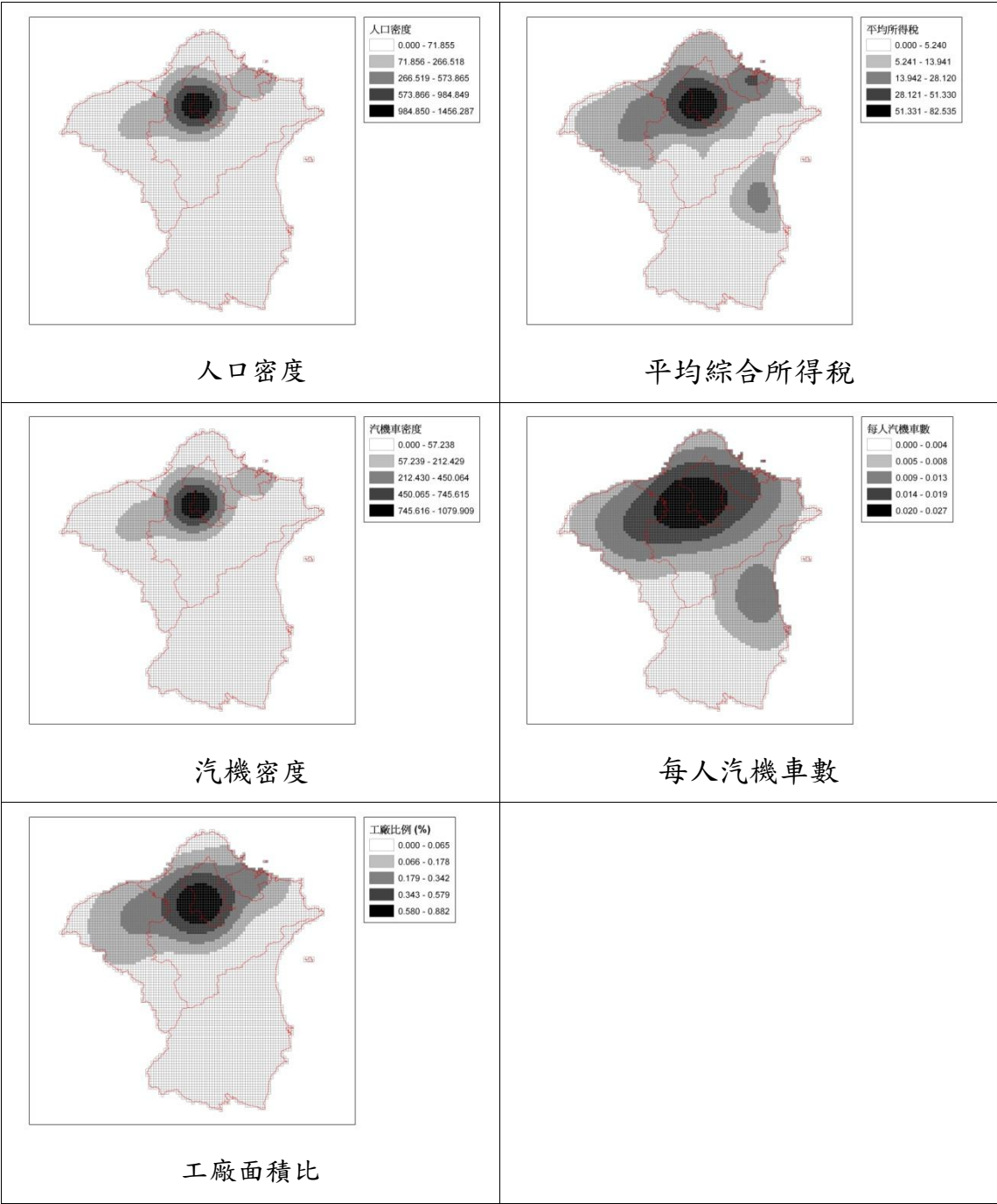


圖 4-2-1 都市化因子之 KDE 估算

都市化因子經 KDE 處理之後，大部分因子(人口密度、汽機密度、工廠面積比)分佈相當一致，集中在台北市形成熱區，並放射性向外(台北縣)遞減；而其他因子(平均綜合所得稅、每人汽機車數)則集中在台北縣市西部地區及部分在宜蘭北部地區，並向外逐漸遞減(圖 4-2-1)。

簡而言之，都市化因子在經過以全域分析中所得的有效鄰近距離內，其高密度值皆在台北市有集中的現象，其中包括反映人口、物質(反映都市化現象中基礎人口或物質的群聚程度)聚集的人口密度、汽機車密度，反映經濟能力的綜合所得、每人汽機車數(每人汽機車數同時也反映一地去對物質的需求或生活方式、態度的指標)，反映產業形態的工廠面積比。這些群聚的現象可能可以解釋健康品質惡化(或風險)分佈及空氣污染分佈的問題，並將在後續迴歸分析中進行討論。

#### 4-2-2 空氣品質空間內插法推估

空氣品質(含 CO、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CH<sub>4</sub>)在前處理中，將通過 Kriging 方法，經 ArcGIS 整合之後，各網格依 ArcMap 中 Natural Breaks 之分組法分成 5 組，得其結果如圖 4-2-2：

##### (一) Kriging 內插推估結果

從 Kriging 之推估結果中，可以粗略說明大台北地區、桃園、宜蘭五縣市之空氣品質，主要呈現同一型態，即中部(台北市地區)及西偏南一帶(桃園縣地區)，兩處的空氣品質有相當程度的類似，如 CO、NO、PM<sub>2.5</sub> 三類空氣品質指標之濃度，以台北市、桃園縣兩處為核心，向外遞減；NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 二類空氣品質指標值濃度則兩核心以連成一區；PM<sub>10</sub>、CH<sub>4</sub> 之空氣品質濃度則除了兩核心之外，其高濃度之現象由西部向南延伸，再向東遞減；O<sub>3</sub> 則是在兩核心也有相對較低的濃度，並向外逐漸遞增。由此，可以預期兩大核心有其相似的因子，促成其中空氣品質上有類似的空間分佈型態。並且，空氣品質的分佈也可能對健康品質形成壓力，從而影響健康品質的分佈狀況。

##### (二) 分析限制

以上的空氣品質分佈狀況，分組法是針對其中各網格值的頻率分佈狀況進行分組，換言之即只可展現各空氣品質的相對狀況。依空氣品質濃度指標的標準而言，以上的各空氣品質指標全年平均值皆未達環保署所定之危險值，因此只能以這些空氣品質指標的相對程度，討論其受都市化的影響，及其會對健康的影響。

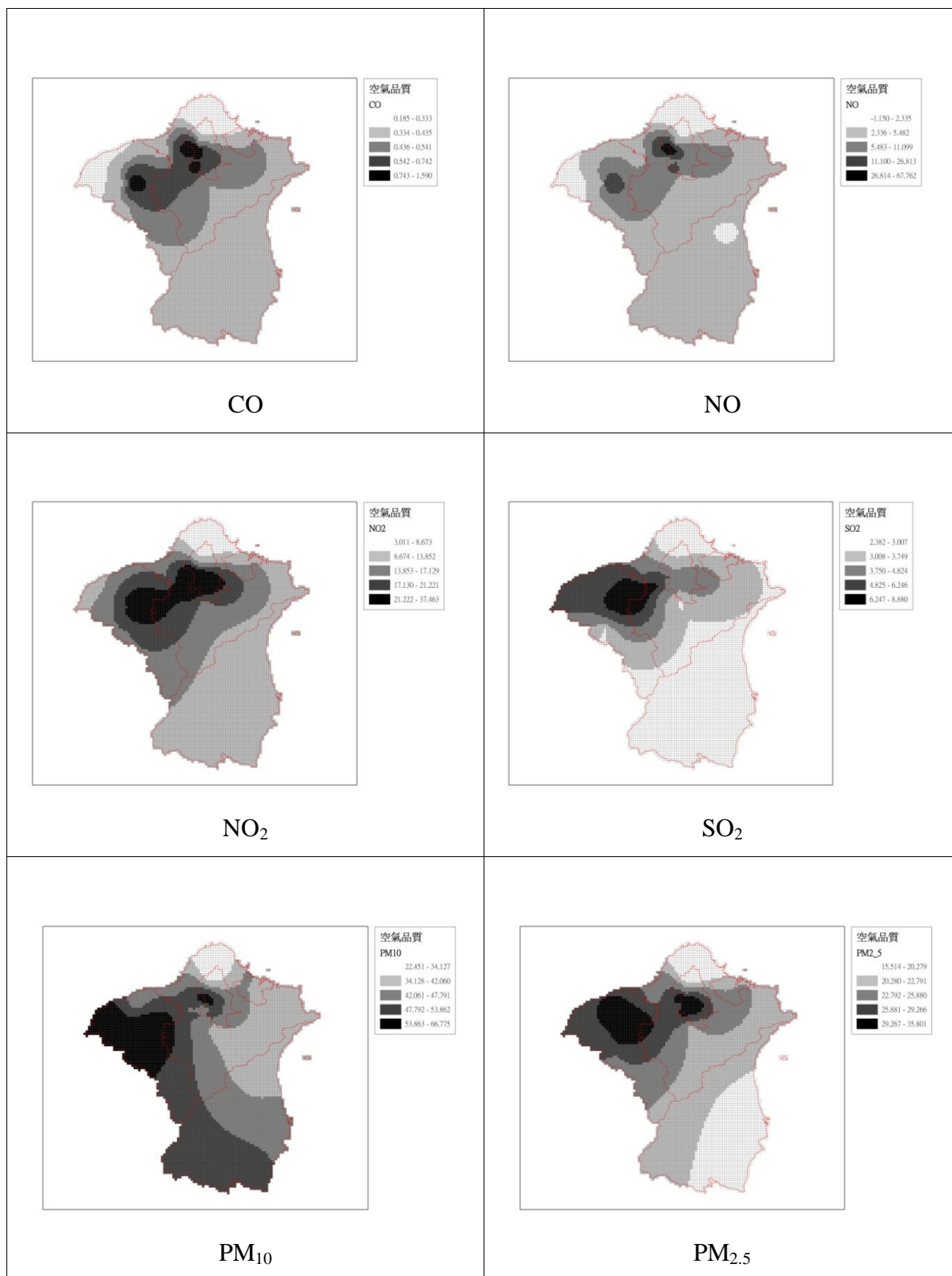


圖 4-2-2 空氣品質之 Kriging 內插推估結果

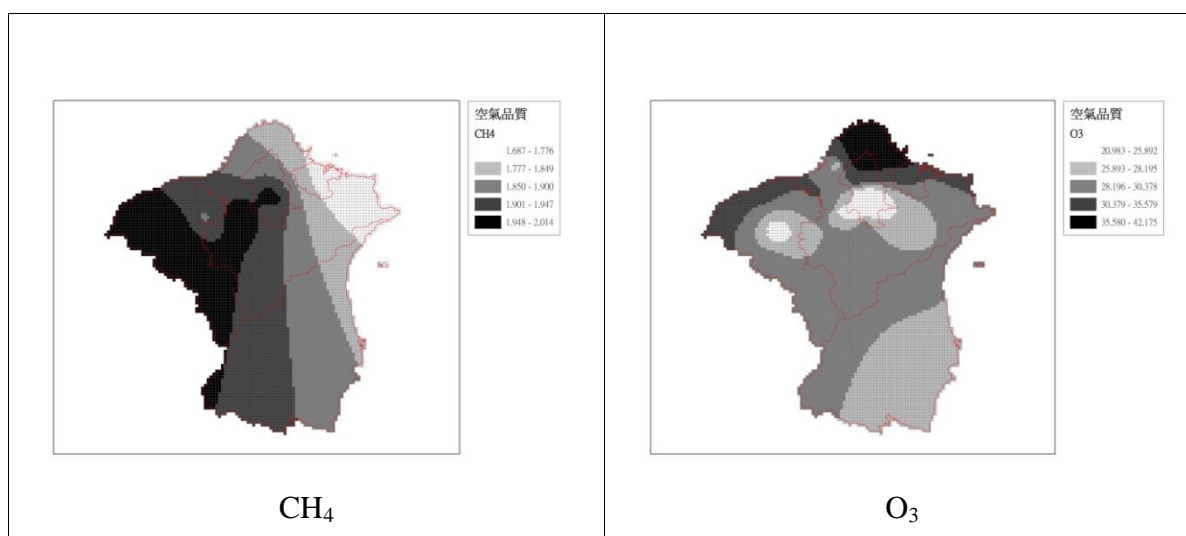


圖 4-2-2 空氣品質之 Kriging 內插推估結果(續)

本研究將各項空氣品質相互作相關性分析(表 4-3-10)，其中去除了趨勢完全相反的  $O_3$  以找出其餘 7 項趨勢一致的代表性高的指標，找到其中與其它空氣品質平均相關係數最高的空氣品質項目為  $NO_2$ ，這說明  $NO_2$  在這個研究中其變化趨勢可以作為空氣品質的指標。本研究後續使用  $NO_2$  作為與其他因子間的關係分析的主要分析對象。

表 4-2-1 各項空氣品質之相關係數

	CO	NO	NO2	SO2	PM10	PM2_5	CH4	係數平均
CO	1							0.7912
NO	0.9015	1						0.6595
NO2	0.9237	0.7426	1					<u>0.8159</u>
SO2	0.6152	0.4578	0.7397	1				0.6424
PM10	0.7781	0.6038	0.8620	0.7426	1			0.7614
PM2_5	0.8852	0.7146	0.9648	0.8259	0.8690	1		0.8113
CH4	0.4569	0.2689	0.5396	0.4676	0.6833	0.5145	1	0.4814

### 4-2-3 健康品質核心密度估計

依據上述 (4-1) 過程中 Moran's I 之顯著鄰近距離，進行 KDE，結果如下：

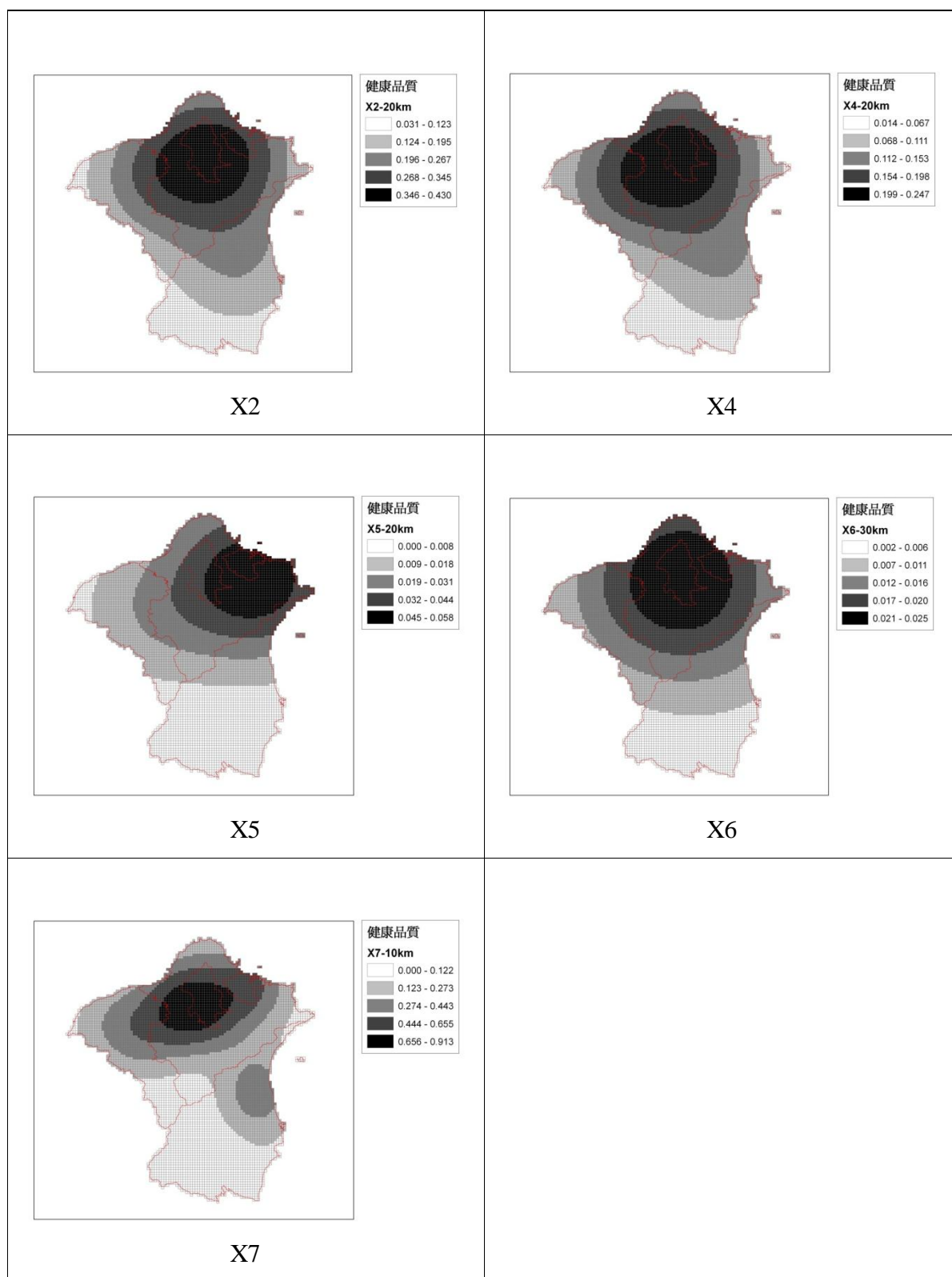


圖 4-2-3 健康品質(各項死因標準化死亡率)之 KDE 估算



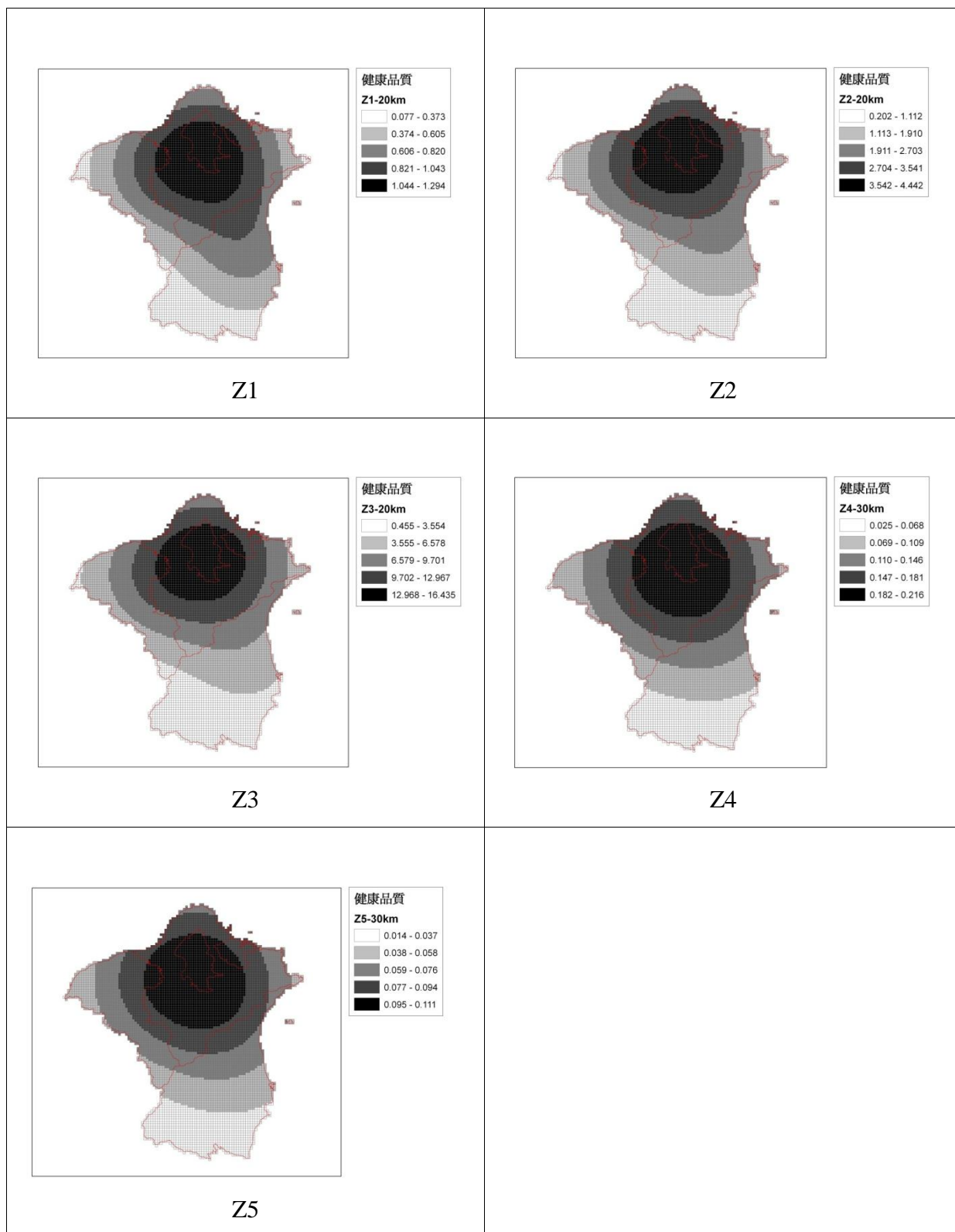


圖 4-2-4 健康品質(各項疾病標準化就診率)之 KDE 估算

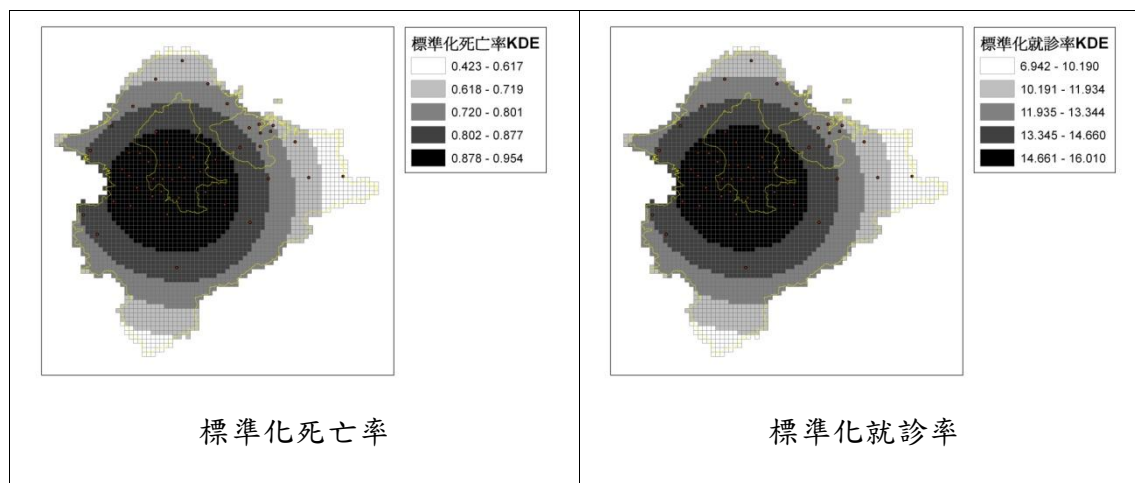


圖 4-2-5 健康品質(總和標準化死亡率及標準化就診率)之 KDE 估算

除去無顯著空間自相關之項目之外，各疾病項目之 KDE(核心密度估計)結果相當一致，包括 X2、X4、X6、X7、Z1、Z2、Z3、Z4、Z5 都有集中在台北市的趨勢，並向外逐漸遞減；而 X5 則是集中在基隆市及台北縣東北面海岸地區，向西北、西、西南等面逐漸遞減。由此些推估結果可以指出，向台北市中心地區之空間上，有高死亡率及高就診率集中化的趨勢，雖其本身空間的值可能相對較低，但其周遭顯著自相關範圍內之值卻促使其有相對高密度的趨勢。而對於標準化死亡率及標準化就診率分別總和的分佈，其結果如圖 4-2-5，變化趨勢的分佈呈正比 ( $R^2=0.9951$ ，圖 4-2-6)，因此本研究以標準化死亡率作為後續分析主要對象。

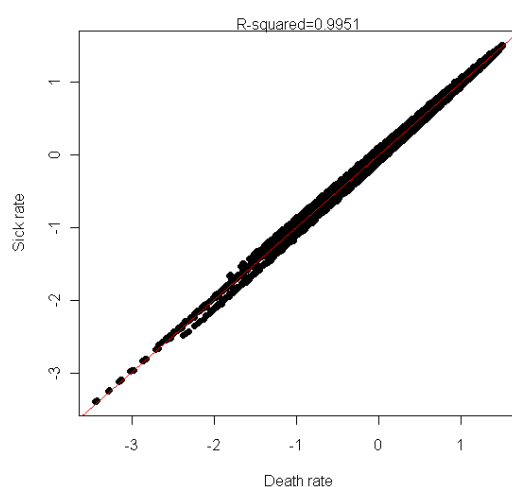


圖 4-2-6 標準化死亡率及標準化就診率的關係

#### 4-2-4 小結

##### (一) 綜合討論

此節(4-2)將資料經處理後，討論各因子間相異及共同的現象，前者討論熱區或群聚的地區，了解是否有高風險地區，後者討論共同的變化趨勢，以了解暗藏其中的規律及關係。

首先，經內插推估及核心密度估計結果顯示，大部分因子(5項都市化因子、9項空氣品質項目、10項健康品質程度項目)在大台北地區內的分佈是不均勻的，並且也非隨機分佈，而是在集中在某些地方出現群聚的現象。這說明背後可能會有某些因素促成此現象，也說明其後續可能會引發其他事項的發生，並且也因為分佈不均勻可能會造成某空氣品質些事件的區域性差異，比如健康品質的惡化。

第二，部分因子之間(5項都市化因子、6項空氣品質項目、9項健康品質程度項目)，分佈狀況有相當程度的相似，即以台北市為中心，向四周放射性遞減。這說明可能有共同的因子在背後進行操控，或這些因子中有主要的項目。此外，也可以預測這些相似的因子會共同促使某些事件的發生。

##### (二) 後續分析因子的選擇

在都市化因子中，五項都市化因子可分為兩部分，一為都市化的規模程度，包括人口密度、汽機車密度；二為都市的經濟能力，包括平均綜合所得、每人汽機車數，及代表工業化程度的工廠面積比，也是一種與經濟方面相關的因子。在空氣品質因子中，NO<sub>2</sub>與其他空氣品質指標的平均相關性最高，因此可以NO<sub>2</sub>作為空氣品質的代表作後續分析。在健康品質方面，因細項的數據相對較低，因此本研究使用兩種資料個別總和的方式進行資料處理，並且因標準化死亡率及標準化就診率的分佈變化呈高度相關的正比，因此本研究使用其中的標準化死亡率作為後續分析的主要對象。

### 4-3 區域與鄰近範圍因子的影響 - 線性關係分析

#### 4-3-1 都市化因子 - 空氣品質

##### (一) 區域都市化因子對空氣品質的關係

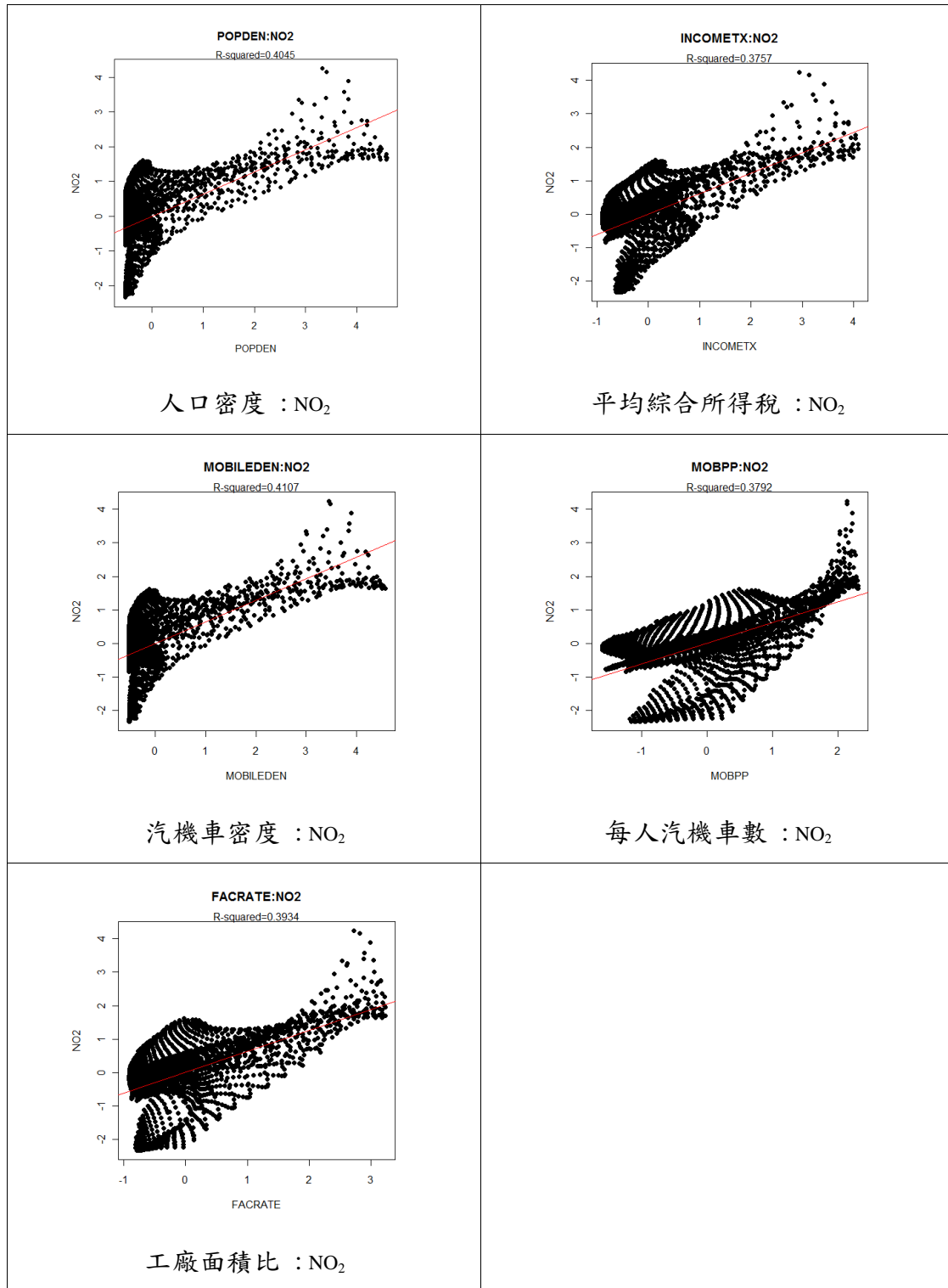


圖 4-3-1 各都市化因子對空氣品質(NO<sub>2</sub>)的關係圖

## (二) 鄰近都市化因子對空氣品質的關係

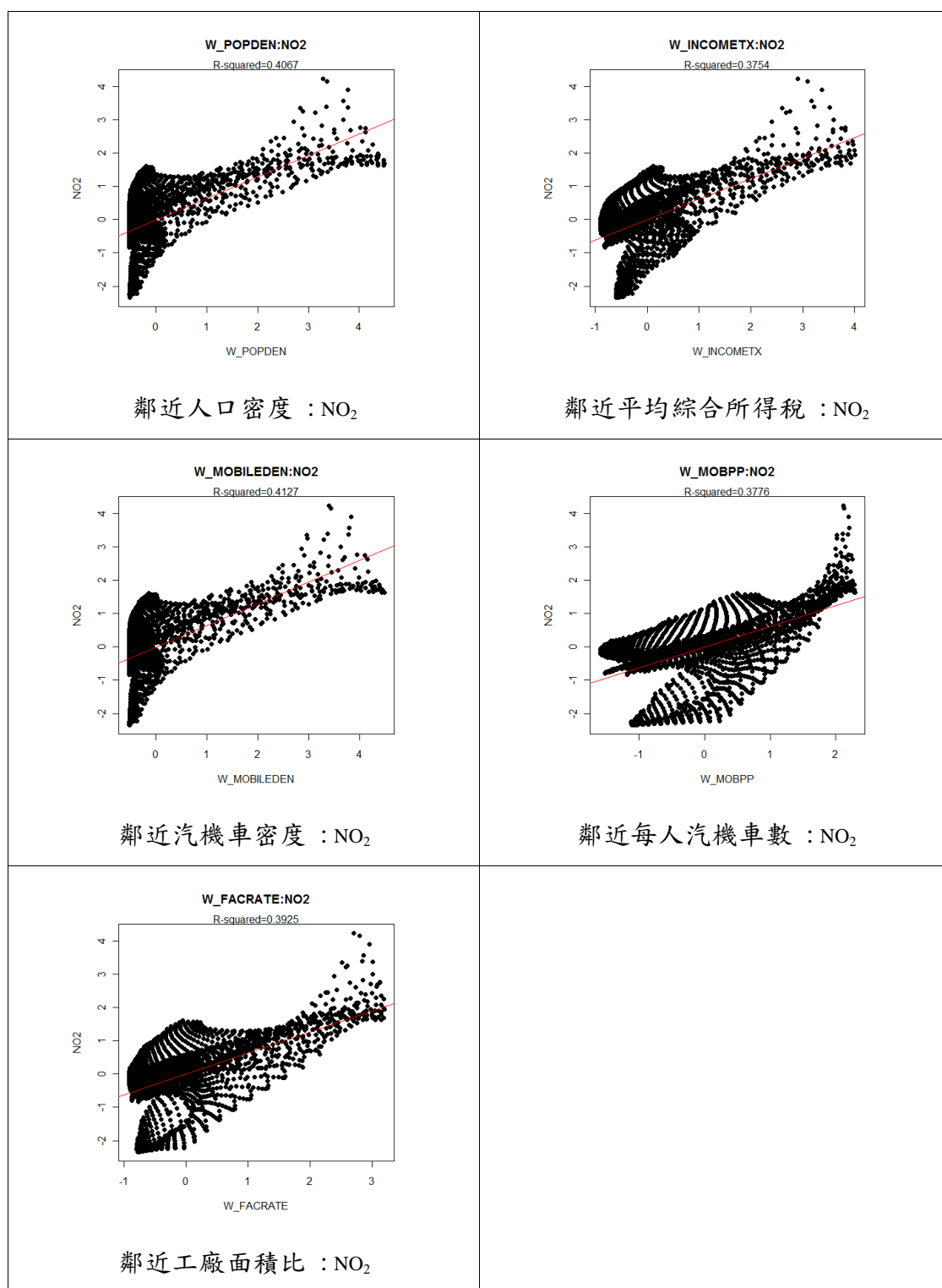


圖 4-3-2 各鄰近都市化因子對空氣品質(NO<sub>2</sub>)的關係圖

### 4-3-2 空氣品質 – 健康品質

#### (一)區域空氣品質對健康品質的關係

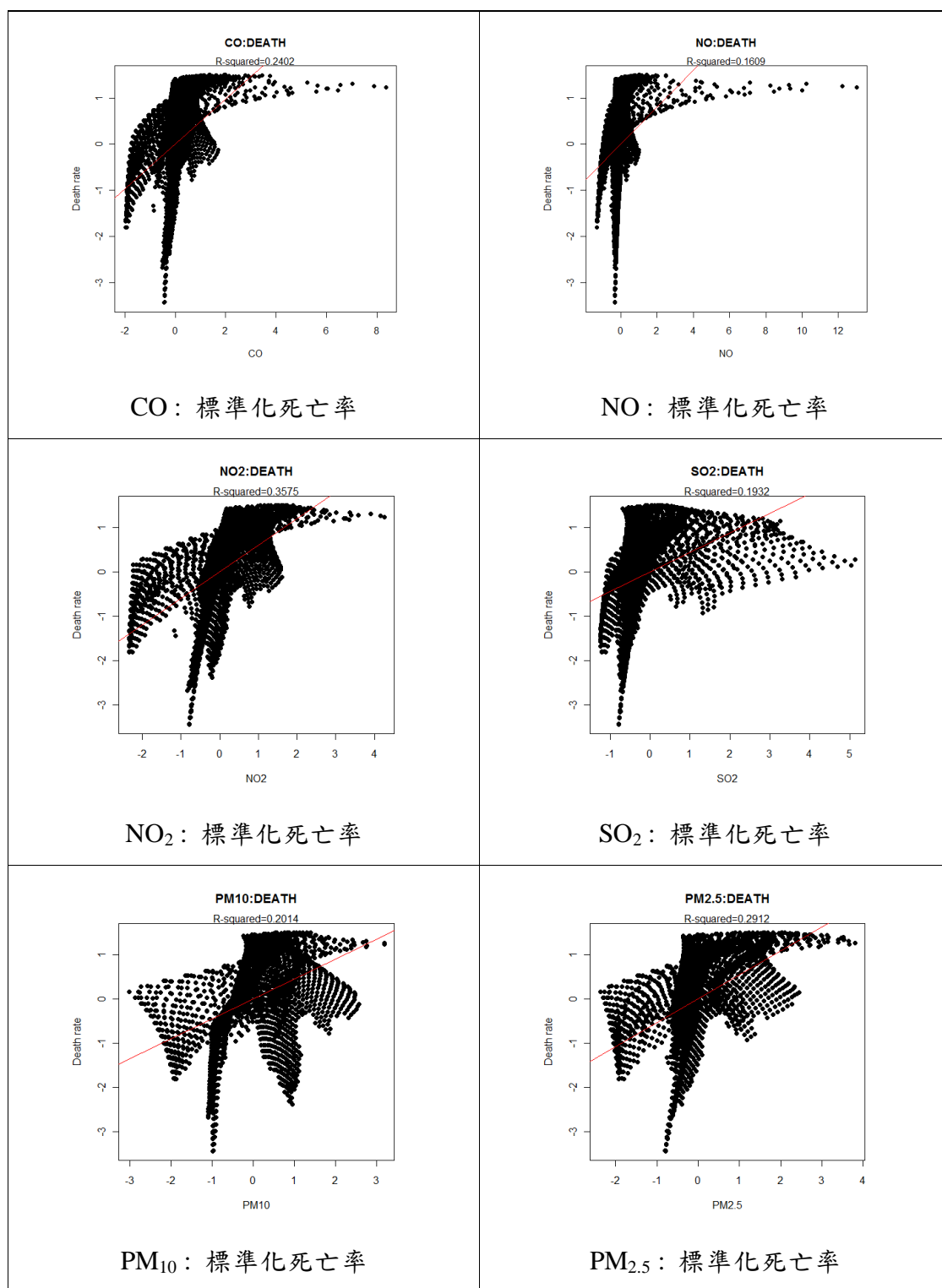
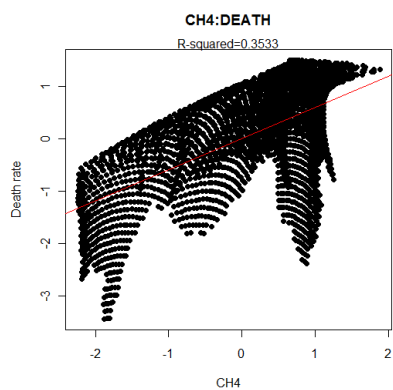


圖 4-3-3 各空氣品質對標準化死亡率的關係圖



CH<sub>4</sub>: 標準化死亡率

圖 4-3-3 各空氣品質對標準化死亡率的關係圖 (續)

## (二) 鄰近空氣品質對健康品質的關係

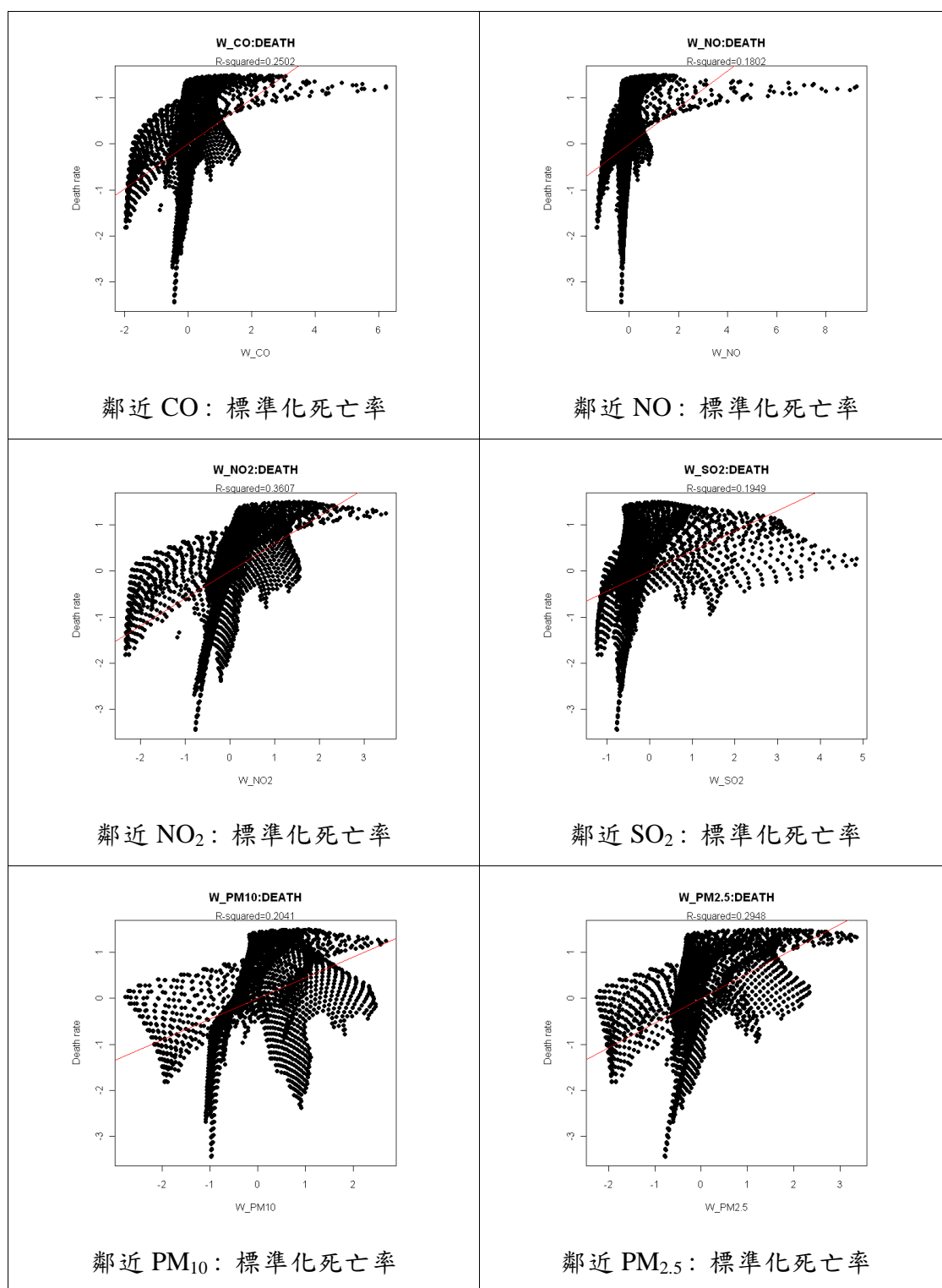
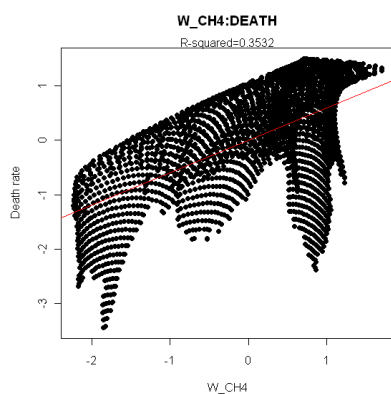


圖 4-3-4 各鄰近空氣品質對標準化死亡率的關係圖





鄰近 CH<sub>4</sub>：標準化死亡率

圖 4-3-4 各鄰近空氣品質對標準化死亡率的關係圖(續)

### 4-3-3 都市化因子 – 健康品質

#### (一) 區域都市化因子對健康品質的關係

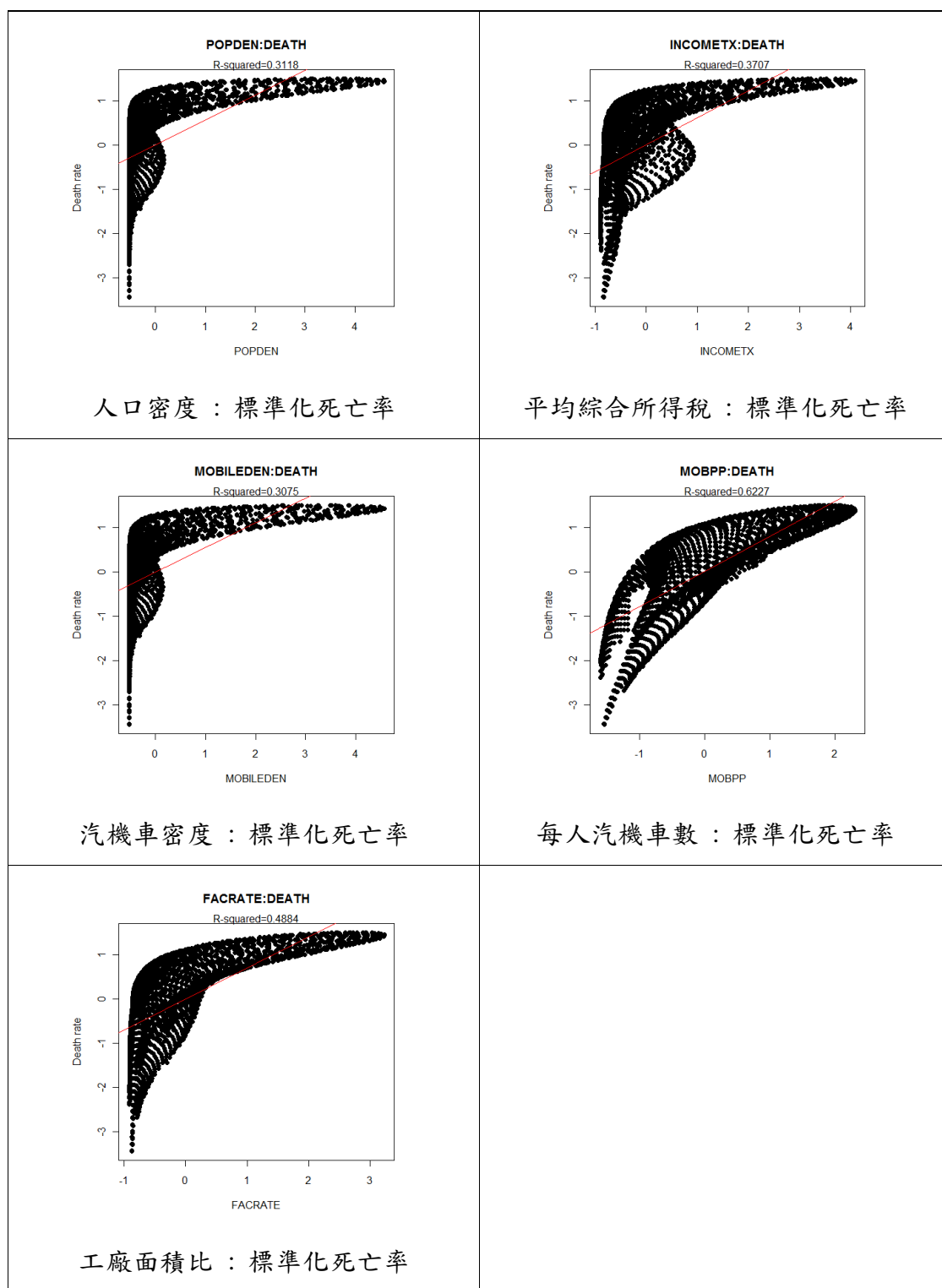


圖 4-3-5 各都市化因子對標準化死亡率的關係圖

## (二) 鄰近都市化因子對健康品質的關係

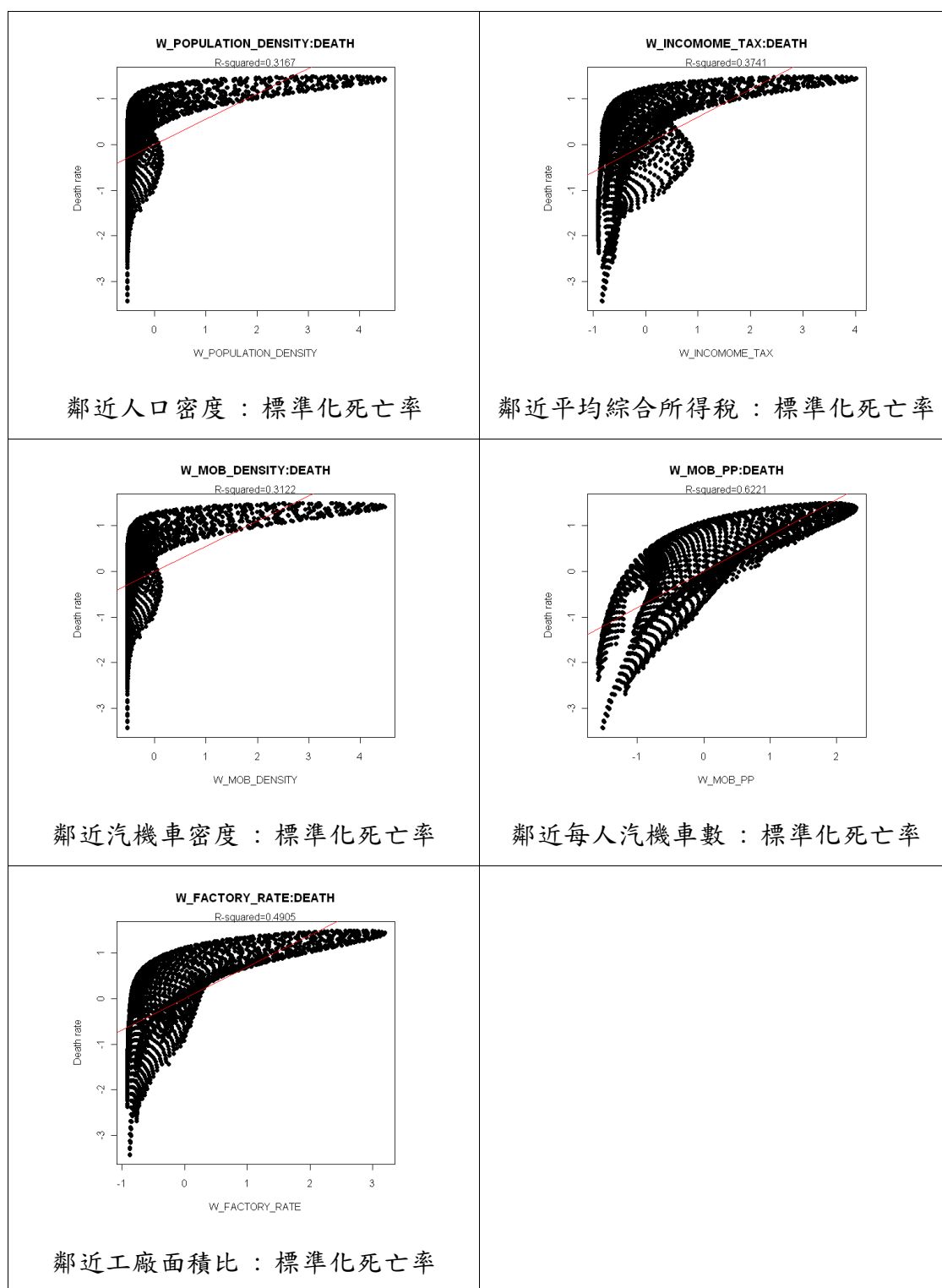


圖 4-3-6 各鄰近都市化因子對標準化死亡率的關係圖

#### 4-3-4 小結

此節(4-3)分為三部分，各作兩種處理。三部分分別是都市化因子對空氣品質的變化趨勢、空氣品質對健康品質的變化趨勢、及都市化因子對健康品質的變化趨勢，是根據研究架構中的三個主要關係進行探討。而兩個處理過程分別是觀察區塊本身的兩項目的變化，及鄰近區塊(經分析發現 1 級鄰近的區塊最顯著)的影響因子對被影響因子的變化關係，兩個處理過程是為了探討地方及鄰近的變化趨勢是否對該區域的被動因子(即空氣品質及健康品質)受主動因子的影響關係趨勢。

結果顯示，都市化因子對空氣品質因子( $\text{NO}_2$ )的影響為正相關的趨勢，其變化關係的強度並不高， $R^2$  介於 0.3-0.5 之間，並且鄰近的因子也呈極相似的分佈。各項空氣品質因子對健康品質因子(標準化死亡率)的影響也屬於正相關，但主流的趨勢較為屬於前段快速上升，到達某一值之後呈較平緩的提升或健康品質狀況不再持續惡化的分佈， $R^2$  介於 0.18-0.4 之間，並且鄰近的因子也呈極相似的分佈。都市化因子對健康品質因子(標準化死亡率)的影響則基本上處於前段快速上升，後端平緩上升或停止上升的分佈， $R^2$  介於 0.3-0.5 之間，其中每人汽機車數分佈則較為接近正比的趨勢， $R^2$  為 0.6，鄰近因子方面則也同樣出現類似的分佈。

經簡單的線性關係的分析結果，大略了解各項因子間，其關係的變化分佈，及其關聯的強度。各項因子間的關係基本上不太強烈，並且其分佈也非顯著的線性趨勢，但上述的各個關係都基本呈現正相關的關係，因此下一節討論都市化因子及空氣品質因子的綜合效果對健康品質的影響及空間回歸分析。

#### 4-4 綜合因子對健康品質的影響分析

綜合因子將以都市化因子及空氣品質因子中各選一項具代表性的因子作為指標，以討論綜合效果對健康品質的影響分佈。其中，都市化因子中以最具正相關分佈的每人汽機車數，空氣品質因子中則以平均相關係數最高的  $\text{NO}_2$  作為指標。

##### 4-4-1 綜合因子的影響分佈

圖 4-4-1 中顯示，標準化死亡率高的區域集中在台北市及其向西延伸出去的台北縣範圍，並集中在圖 4-4-1 的右上位置的圖中，即每人汽機車數及  $\text{NO}_2$  皆高的地區；而標準化死亡率處於中等的區塊則集中在中上、中央、右中、及左中的圖中，即每人汽機車數中等及  $\text{NO}_2$  濃度中等的地區；而標準化死亡率低的地區則分佈在左上、左下、中下、右下的圖中，即每人汽機車數及  $\text{NO}_2$  低的地區。此趨勢表示這兩項因子對標準化死亡率的綜合效果具有相當程度的影響。

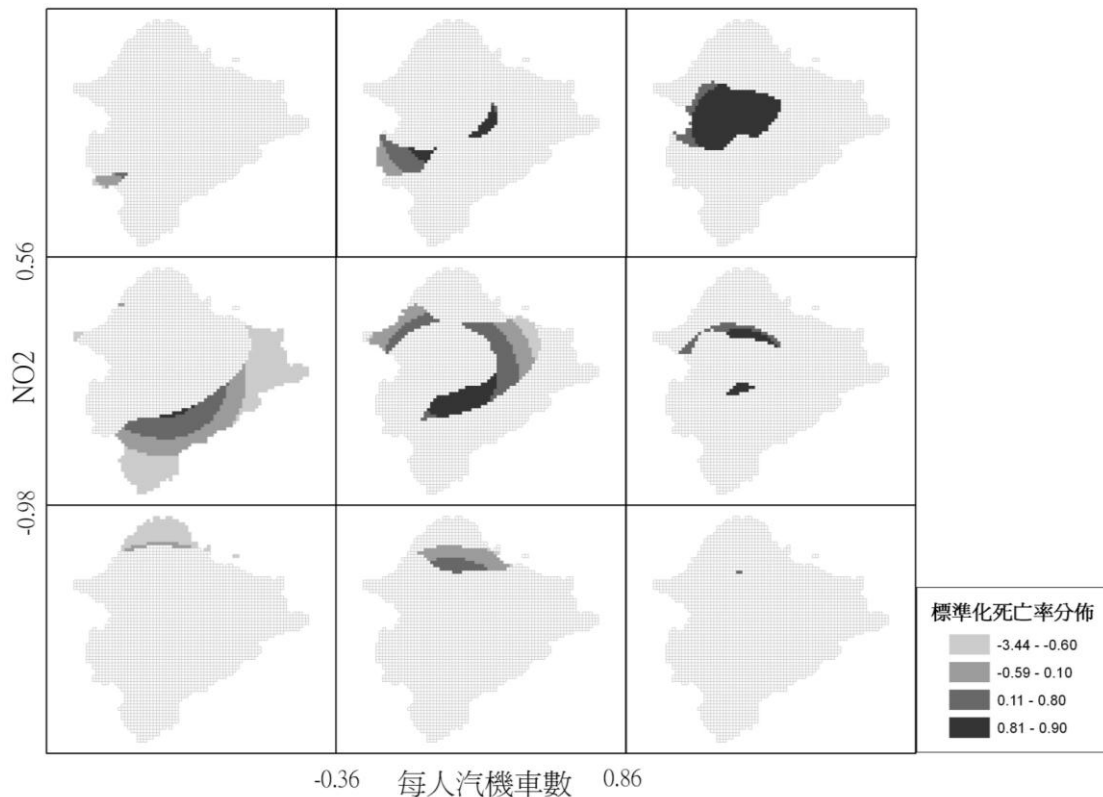


圖 4-4-1 綜合因子對標準化死亡率的影響分佈變化

#### 4-4-2 回歸分析

上述的綜合因子對標準化死亡率的影響關係，從上一節(4-4-1)發現其中具有相當大的關係。因此本研究使用這兩項因子對健康品質在空間上的變化做回歸分析及空間回歸分析，以討論其去出空間相依的影響之後的關係。

表 4-4-1 綜合因子與標準化死亡率的回歸分析之檢定表

檢定項目	名稱	意義	OLS	SEM
	R-squared	愈高愈適合	0.642897	0.99979
	Adjusted R-square	愈高愈適合	0.642628	-
整體回歸	F-statistic	愈高愈適合	2387.22***	-
適合度	Log likelihood	愈高愈適合	3517.88	12988.7
	Akaike Info Criterion	愈低愈適合	-7029.75	-25971.4
	Schwarz Criterion	愈低愈適合	-7012.1	-25953.8
共線性	Multicollinearity	<30 無共線	8.162808	-
檢定	Condition Number	性問題		
空間自相	Moran's I (error)	H <sub>0</sub> : 誤差無空間自相關	0.9903***	-
關檢定	Likelihood Ratio	H <sub>0</sub> : 無空間自相關	-	664.2633***

回歸分析的結果中，可以發現共線性為 8.163，在可接受範圍，即 30 以內。而其他檢定項目方面，除了殘差的空間自相關，其它項目都符合標準。其中包括 R 平方值在 OLS 模型中達 0.643，而在 SEM 中得到改善，達到 0.999。所以，此回歸的結果具有相當程度的解釋力。

表 4-4-2 綜合因子與標準化死亡率的 OLS 回歸模型的係數表

變項	係數	標準誤	機率
常數項	0.6055702	0.0038	0
每人汽機車數	11.16856	0.2426	0
NO <sub>2</sub>	0.003717021	0.0003	0

表 4-4-3 綜合因子與標準化死亡率的 SEM 回歸模型的係數表

變項	係數	標準誤	機率
常數項	-4.1257	1.0820	0.0001
每人汽機車數	16.9510	0.3462	0
NO <sub>2</sub>	7.82E-05	0.0002	0.6252
LAMBDA	0.9999	1.96E-05	0

表 4-4-2 及 表 4-4-3 分別是綜合因子對標準化死亡率的回歸分析係數表。在 OLS 中，兩個因子都達到顯著水準，而在 SEM 中，NO<sub>2</sub> 的係數相當接近 0，且信心水準不高。

## (二) 回歸分析之殘差空間自相關結果比較

從上述回歸分析的檢定(表 4-4-1)過程中，殘差的空間自相關是顯著的，即因各項因子有顯著的空間相依性，而此空間相依性成為影響殘差的因子(空間因子)。圖 4-4-2 及圖 4-4-3 分別是綜合因子對標準化死亡率的回歸分析殘差的 Moran's I 及 LISA 分析，前者表示 OLS 的回歸殘差中顯著的有空間相依性，而此現象在 SEM 中得到相當大的改善；而後者表示 SEM 的分析結果中，部分的殘差相依性減少了許多。

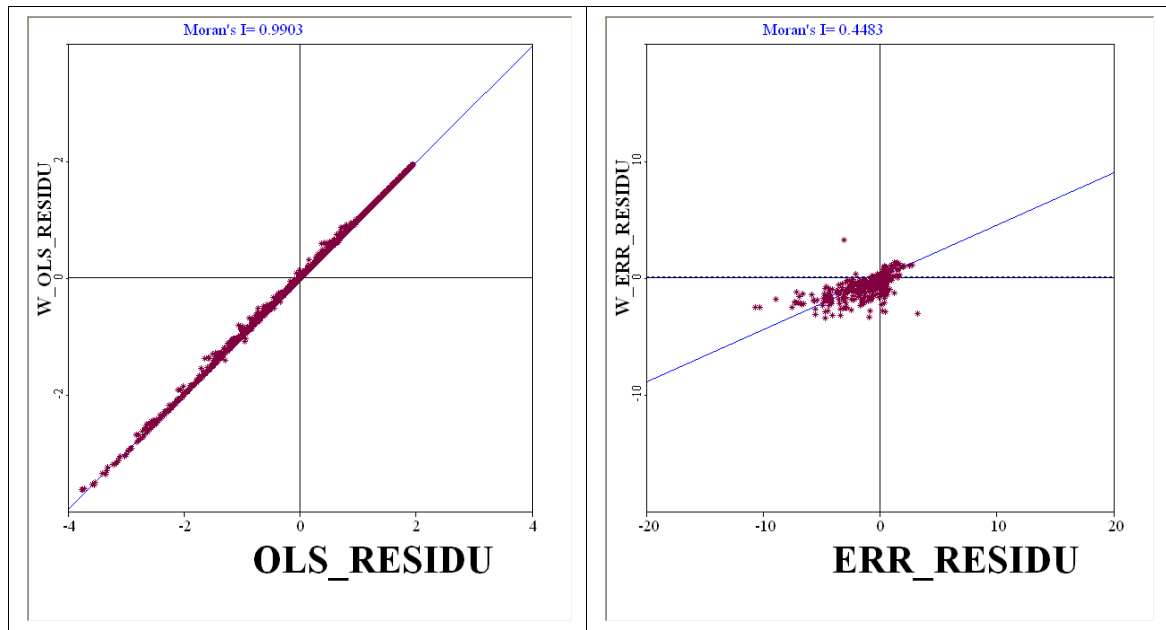


圖 4-4-2 綜合因子與標準化死亡率的回歸分析之殘差的 Moran's I 分析圖

圖 4-4-2 中顯示，在使用 SEM 回歸模型之後，殘差中的空間相依現象獲得相當程度的改善，而 OLS 回歸模型則出現相當顯著的正相關關係。在圖 4-4-3 中，則顯示大部分殘差具有空間相依性的區塊在 OLS 中較多，而在 SEM 中則減少了一些，尤其是台北市地區及台北縣東部地區。

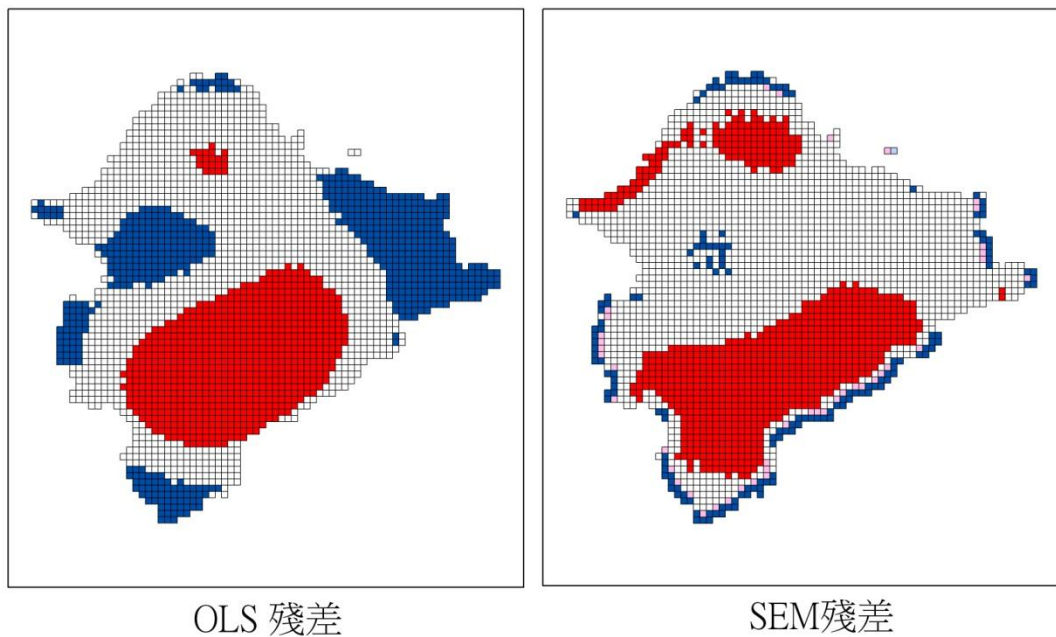


圖 4-4-3 綜合因子與標準化死亡率的回歸分析之殘差的 LISA 分析圖



#### 4-4-3 小結

此節(4-4 綜合因子對健康品質的影響分析)中，主要是探討綜合因子的綜合效果對健康品質的影響關係。通過第一節兩因子對標準化死亡率的分佈變化的分析結果中，可以說明此兩項因子的綜合效果對健康因子的分佈具有顯著的關係，包括高標準化死亡率集中在每人汽機車數及 NO<sub>2</sub> 濃度皆高的地區，並且其分佈呈 L 字形向左、下方的變化過程中，標準化死亡率也逐漸遞減。第二節的回歸分析中，綜合因子對健康品質的分佈變化具有相當高的解釋力，且在 SEM 中也具有這方面的關係，這說明綜合因子與健康品質因子在本質上具有顯著的正相關關係。

然而這其中依然有些不符合預期結果的地方，包括最後的殘差中具有顯著空間自相關，及 NO<sub>2</sub> 在回歸分析中的係數並不顯著。此外，因為本研究分析過程中只討論了各項因子間統計上的關係，並未實際探討其中的影響機制，因此這其中的關係也可能並不完整，並且只能說明綜合因子對健康品質具有顯著的關係。

#### 4-5 綜合討論

本研究分析分為三個部分，一是對各因子的空間型態的了解，二是資料處理的結果，三是因子間的關係的探討，分別是對應兩項研究目的。其中第一部分發現，三個項目本身都具有顯著的空間相依性，並且各自具有不同的顯著空間相依性的鄰近距離；第三部分則發現，三個項目間以研究架構中的關係相互影響，其相關強度不高，但基本上屬於正相關的趨勢，並且在都市化因子及空氣品質因子所組成的綜合因子對健康品質因子的分佈具有統計上的顯著關係。因此，本研究認為都市化程度很可能會造成一定程度的空氣品質的惡化，並且也會影響健康品質的狀況，而空氣品質也會對健康的惡化程度造成一定的影響。而這其中的影響機制，則可能相當複雜，但由於三者間的關係在上述分析結果具有統計上的顯著意義，因此相信其中必然具有一定程度上的關聯。

## 第五章 結論與建議

### 5-1 研究討論與建議

#### (一) 研究限制

空間分析是建立在地方、區域的資料上進行計算討論，因此不能對個人的危險性進行分析討論。而本研究中的網格化推估資料處理方式，可能會有「可調整地區單元問題」(Modifiable areal unit problem, MAUP)，在資料的換算過程中需要進行更嚴謹的資料處理或準備。

另外，資料的來源也是一大影響因素。因為本研究的資料來源是建立在各官方統計資料庫上，屬二手資料。而二手資料有兩大不確定性，其一是資料蒐集整理之原本目的上，可能與本研究不同，而在執行過程中的整理、計算過程有所差異，使用這些資料可能會造成分析結果的偏誤，也因此可能在不同的地方其資料的整理方式會有所不同，如汽機車資料在台北市的分類與其他縣市的分類方式有所不同；其二是資料的完整性，資料蒐集過程由不同的區域、組織或單位進行，因此有部分的資料在部分地區會有所缺失，而內政部統一整理的資料，則欠缺鄉鎮層級的資料，大多數以全國或縣市為單位，已經經過簡化。此外，普查資料(工商服務業普查、農林漁牧業普查)方面，則由不同的年份進行蒐集整理，因此在分析過程中也無法達到統一時間的問題。

因本研究中主要使用某年份的基本資料作為基礎進行分析，因此無法有系統的討論時間遲滯(time lag)對各項資料中的影響關係作討論。而時間遲滯的現象對各面向之項目之間的關聯性的影響包含時間及空間方面的影響。因此需要更完整的或大範圍的時間的空間資訊，加上更完善的分析方式，來討論這影響“關聯性”的重要因素。

## (二) 分析方法的改進

本研究的另一特點在於將鄉鎮資料進行均勻網格化的 KDE 及 Kriging 推估。在空氣品質方面，進行 Kriging 推估是常用的技術，但在人社方面(包括都市化因子及健康品質因子)進行 KDE，並對其結果進行分析的研究則相對較少。本研究分析方法過程中，嘗試應用此方法進行初步的推估，及使用此資料對都市化因子、空氣品質、健康品質三項目資料進行整合及分析，但本研究中未進行方法可行性的討論，只是作初步的嘗試。此外，還有很多分析過程中可能的問題，包括此方法可能造成的 MAUP 即可調整地區單元問題，及使用這方法的過程中所需注意的事項，如推估的搜尋半徑的選取等。這種分析的方法可能還有需要進行更多的嘗試，才能說明其可行性。

## (三) 後續分析的建議

本研究的結果中提出了都市化因子、空氣品質、健康品質之間存在一定程度的關係的可能證據，但未提出三者間詳細的影響機制。因此尚且需要更多更深入的研究分析，來討論都市化發展的負面影響或負擔，並提出更完整的影響機制關係及其運作的方式。並且也可以此作為基礎，進行時空間的模擬推估，以討論人類繼續發展經濟、都市化可能會造成的各種問題。

## 5-2 研究結論

整體而言，本研究前半部說明了都市化因子、空氣品質、健康品質，三組項目分別具有各自的空間相依性。部分的資料呈現沒有顯著的狀況，但大多數因子都有空間的相依性，這說明其在空間上群聚，並有可能對其他因子形成壓力或問題。本研究對各資料進行空間推估處理，以進行整合。而處理之後的資料呈現空間型態的分佈上，也有相當程度的相似性，尤其是各組項目中的各因子之間的相似程度較高。因此本研究從都市化因子、空氣品質因子、健康品質因子中，分別選取一項作為最具代表性的因子以作為指標以供後續分析使用，分別是都市化因子中的每人汽機車數，空氣品質因子中的  $\text{NO}_2$ ，及健康品質中的標準化死亡率。而後半部的分析則著重在探討三項目間的關係，本研究通過線性關係及回歸分析的方式找出各因子間的關聯程度，其中都市化因子-空氣品質、空氣品質-健康品質、都市化因子-健康品質的線性關係都不強烈，並且  $R^2$  值也並未超過 0.5，除了每人汽機車數對標準化死亡率的線性關係，其  $R^2$  值達 0.6，為其中最高者。而後本研究嘗試使用回歸分析及空間回歸模型進行討論，並以綜合因子對健康品質因子的關係做探討。其結果顯示綜合因子對健康陪你走因子的分佈變化具有相當高的解釋力。這說明都市化因子、空氣品質因子的綜合效果對健康品質因子的分佈有在統計上顯著的關係。因此相信其中必然有一定程度的關聯，並且有可能是都市化因子、空氣品質對健康品質造成負擔。

## 參考文獻

### 中文部分

- 章裕民(2005)都會區營建工程空氣污染之防制與管理，生態臺北城空氣污染減量與防治研習會論文集，國立臺北科技大學與臺北市政府環境保護局。
- 黃瓊慧(2001)台灣地區大氣氣膠特性之研究-台北高雄地區單顆粒氣膠與混合相氣膠污染來源推估，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。
- 陳美智，何東波，詹秋貴(2004)綠地政策在高密度人口都市空氣污染改善成效之動態模擬分析，產業論壇，6(5):31-52。
- 陳慈仁 (2000) 台北市資訊軟體業與網際網路服務業區位分佈之研究，國立台灣大學建築與城鄉研究所碩士論文。
- 胡立諄，賴進貴(2006)台灣女性癌症的空間分析，台灣地理資訊學刊，4:39-55。
- 紀玉臨，賴進貴(2010)區域經濟收斂與空間外溢效應，地理學報，58:1-23。

### 英文部分

- Akimoto H. (2003) Global air quality and pollution, *Science*, 302:1716-1719.
- Anselin L. (1988) *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Anselin L. (1993) *The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association*, GISDATA Specialist Meeting on GIS and Spatial Analysis, The Netherlands.
- Anselin L. (1995) Local indicators of spatial association - LISA, *Geographical Analysis*, 27:93-115.
- Anselin L. (2005) *Exploring spatial data with Geoda: A workbook*, Spatial Analysis Laboratory, Department of Geography, University of Illinois, Urbana-Champaign.

- Baller R.D., Anselin L., Messner S.F., Deane G., Hawkins D.F. (2001) Structural covariates of U.S. county homicide rates: Incorporating spatial effects, *Criminology*, 39(3):561-590.
- Baum F., Jelley G., Hicks R., Saint K., Parker S. (2006) What makes for sustainable healthy cities initiatives?-A review of the evidence from Noarlunga, Australia after 18 years, *Health Promotion International*, 21(4):259-265.
- Bithell J.F. (1990) An application of density estimation to geographical epidemiology, *Statistic in Medicine*, 9:691-701.
- Chen, P. C., Lai, Y. M., Chan, C. C., Hwang, J. S., Yang, Y. H., Wang, J. D. (1999) Short-term effect of ozone on the pulmonary function of children in primary school, *Environmental Health Perspective*, 107(11) : 921-925.
- Cliff A.D., Ord J.K. (1973) *Spatial processes: models & applications*, Pion Limited, London.
- Dietz T., Rosa E.A. (1997) Effects of population and affluence on CO2 emissions, *Ecology*, 94:175-179.
- Ehrlich P.R., Ehrlich A.H. (2009) The population bomb revisited, *The Electronic Journal of Sustainable Development*, 1(3):63-71.
- Flynn B.C. (1996) Health Cities: Toward worldwide health promotion, *Annual Review of Public Health*, 17:299-309.
- Geary R.C. (1954) The contiguity ratio and statistical mapping, *The Incorporated Statistician*, 5(3):115-127,129-146.
- Gonzales A.R., Schofield R.B., Hart S.V. (2005) *Special Report - Mapping Crime: Understanding Hot Spots*, National Institute of Justice, U.S. Department of Justice.
- Graviria A. (1998) *Increasing returns and the evolution of violent crime: The case of Colombia*, Department of Economics, Universidad de los Andes, Colombia.
- Grossman G.M., Krueger A.B. (1995) Economic growth and the environment, *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2): 353-377.

- Guo Y.L., Lin Y.C., Sung F.C., Huang S.L., Ko Y.C., Lai J.S., Su H.J., Shaw C.K., Lin R.S., Docker D.W. (1999) Climate, traffic-related air pollutants, and asthma prevalence in middle-school children in Taiwan, *Environment Health Perspectives*, 107:1001-1006.
- Grubestic T.H., Murray A.T. (2001) Detecting hot spots using cluster analysis and GIS, *Proceedings from the Fifth Annual International Crime Mapping Research Conference*, Dallas, TX.
- Harpham T., Burton S., Blue I. (2001) Healthy city projects in developing countries: The first evaluation, *Health Promotion International*, 16(2):111-125.
- Hedley A.J., Wong C.M., Thach T.Q., Ma S., Lam T.H., Anderson H.R. (2002) Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulphur content of fuel in Hong Kong: an intervention study, *The Lancet*, 360:1645-1652.
- Hoek G., Brunekreef B., Goldbohm S., Fischer P., Brandt P.A. (2002) Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: A cohort study, *The Lancet*, 360:1203-1209.
- Hsieh H.H., Hwang B.F., Cheng S.J., Wang Y.M. (2007) A Study of Air Quality Impacts on Upper Respiratory Tract Diseases, *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography - GIS for Health and the Environment*, part 6:142-153.
- Hwang B.F., Lee Y.L., Lin Y.C., Jaakkola J.J.K., Guo Y.L. (2005) Traffic related air pollution as a determinant of asthma among Taiwanese school children, *Thorax*, 60:467-473.
- Jerrett M., Arain A., Kanaroglou P., Beckerman B., Potoglou D., Sahuvaroglu T., Morrison J., Giovis C. (2005) A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15:185-204.
- Kunzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Filliger P., Herry M., Horak Jr F, Puybonnieux-Textier V., Quenel P., Schneider J., Seethaler R., Vergnaud J.C., Sommer H. (2000) Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: A European assessment, *The Lancet*, 356:795-801.

- Kuznets S. (1955) Economic growth and income inequality, *The American Economic Review*, 45(1):1-28.
- Lai P.C., So F.M., Chan K.W. (2009) *Spatial Epidemiological Approaches in Disease Mapping and Analysis*, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Lelieveld J., Crutzen P.J., Ramanathan V., Andreae M.O., Brenninkmeijer C.A.M., Campos T., Cass G.R., Dickerson R.R., Fischer H., Gouw J.A., Hansel A., Jefferson A., Kley D., Laar A.T.J., Lal S., Lawrence M.G., Lobert J.M., Mayol-Bracero O.L., Mitra A.P., Novakov T., Oltmans S.J., Prather K.A., Reiner T., Rodhe H., Scheeren H.A., Sikka D., Williams J. (2001) The Indian Ocean experiment: Widespread air pollution from South and Southeast Asia, *Science*, 291:1031-1036.
- Lelieveld J., Berresheim H., Borrmann S., Crutzen P.J., Dentener F.J., Fischer H., Feichter J., Flatau P.J., Heland J., Holzinger R., Korrmann R., Lawrence M.G., Levin Z., Markowicz K.M., Mihalopoulos N., Minikin A., Ramanathan V., Reus M., Roelofs G.J., Scheeren H.A., Sciare J., Schlager H., Schultz M., Siegmund P., Steil B., Stephanou E.G., Stier P., Traub M., Warneke C., Williams J., Ziereis H. (2002) Global air pollution crossroads over the Mediterranean, *Science*, 298:794-799.
- Lin, R. S., Sung, F. C., Huang, S. L., Gou, Y. L., Ko, Y. C., Gou, H. W., and Shaw C. K. (2001) Role of urbanization and air pollution in adolescent asthma: A mass screening in Taiwan, *Journal of the Formosan Medical Association*, 100(10) : 649-655.
- Lyons T.J., Kenworthy J.R., Newman P.W.G. (1990) Urban structure and air pollution, *Atmospheric Environment*, 24B(1):43-48.
- Mage D., Ozolins G., Peterson P., Webster A., Orthofer R., Vandeweerd V., Gwynne M., (1996) Urban air pollution in megacities of the world, *Atmospheric Environment*, 30(5):681-686.
- McDonnell M.J., Pickett S.T.A. (1990) Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: An unexploited opportunity for ecology, *Ecological Society of America*, 71(4):1232-1237.
- Moran P.A.P (1948) The interpretation of statistical maps, *Journal of the Royal Statistical Society B*, 10:243-51.



- Ostro B., Sanchez J.M., Aranda C., Eskeland G.S. (1995) *Air pollution and mortality: Results from Santiago, Chile*, Policy Research Working Paper 1453, The World Bank Policy Research Department.
- Patil U., Ravan S., Kaushal A. (2003) GIS Based air pollution surface modelling, *GIS @ Development*, 8:1-4.
- Peng R.D., Dominici F., Pastor-Barriuso R., Zeger S.L., Samet J.M. (2005) Seasonal analyses of air pollution and mortality in 100 US cities, *American Journal of Epidemiology*, 161(6):585-594.
- Pope, C. A. III., Dockery, D. W., (2006) Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56:709-742.
- Roemer W. H., Wijnen H.H. (2001) Daily mortality and air pollution along busy streets in Amsterdam, 1987-1998, *Epidemiology*, 12:649-653.
- Schwartz J. (1994) Air pollution and daily mortality: A review and meta analysis, *Environmental Research*, 64:36-52.
- Schwartz J. (1994) Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Alabama, *American Journal of Epidemiology*, 139(6):589-598.
- Selden T.M., Song D.Q. (1994) Environmental quality and development: Is there a Kuznets Curve for air pollution emissions?, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27:147-162.
- Shima M., Nitta Y., Adachi M. (2003) Traffic-related air pollution and respiratory symptoms in children living along trunk roads in Chiba Prefecture, Japan, *Journal of Epidemiology*, 13(2):108-119.
- Stern D.I., Common M.S., Barbier E.B. (1996) Economic growth and environmental degradation: The Environmental Kuznets Curve and sustainable development, *World Development*, 24(7):1151-1160.
- Tayanc M. (2000) An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey, *Environmental Pollution*, 107:61-69.
- World Health Organization (2001) Age standardization of rates: A new WHO standard, *GPE Discussion Paper Series*, 31.

- Wong C.M., Atkinson R.W., Anderson H.R., Hedley A.J., Ma S., Chau P. Y. K., Lam T.H. (2002) A tale of two cities: Effects of air pollution on hospital admissions in Hong Kong and London compared, *Environmental Health Perspectives*, 110(1):67-77.
- Wong C.M., Ma S., Hedley A. J., Lam T.H. (2001) Effect of air pollution on daily mortality in Hong Kong, *Environmental Health Perspectives*, 109:335-340.
- Wong T.W., Tam W.S., Yu T.S., Wong A.H.S. (2002) Associations between daily mortalities from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Hong Kong, China, *Occupational and Environmental Medicine*, 29:30-35.
- Yorifuji, T., Kashima, S., Tsuda, T., Takao, S., Suzuki, E., Doi, H., Sugiyama, M., Ishikawa-Takata, T., Ohta, T. (2010) Long-term exposure to traffic-related air pollution and mortality in Shizuoka, Japan, *Occupational and Environmental Medicine*, 67 : 111-117.
- York R., Rosa. E.A., Dietz T. (2003) Footprints on the Earth: The environmental consequences of modernity, *American Sociological Review*, 68(2):279-300.