

空氣污染與不同類型犯罪行為之空間相關性—以澳洲新南威爾斯州為例

陳徐賢¹ 尹杰德¹ 郭佩棻^{2*}

摘要

空氣品質好壞會影響人類身心及日常行為模式。現有文獻多主張空氣污染將增加焦慮、壓力與發炎反應，而導致暴力犯罪風險增加；然而，空污亦可能降低戶外活動意願並減少街頭犯罪。因此本研究著眼現有文獻之不一致性，建議將犯罪類型分為室內與室外，並假設空污將減少室外街頭犯罪，並轉為增加室內家暴風險。以澳洲新南威爾斯州為例，應用地理加權迴歸模型分別探討空污程度與家暴事件及搶劫的關係。結果顯示，該區空污程度越嚴重(空氣質量指數(AQI)越高)，其家庭暴力數越多，但搶劫數越少。推論空污對室內室外犯罪行為應會有不同影響。

關鍵字：空氣污染、犯罪行為、地理加權迴歸模型、空氣質量指數

1. 前言

近年來，空氣污染問題越趨嚴重。根據世界衛生組織在 2009 年發表的《全球健康風險》報告，都市中室外空氣污染被列為 2004 年全球第十四大死亡風險因素。由於溫室效應與工業化的影響，全球空氣汙染程度與相關之損害亦日益加劇，許多研究針對空氣污染對人類生活的影響範圍與損害程度進行預測(Evans, 2019)。然而多數研究集中在空污對呼吸道健康、發炎或老人失智等影響(Kim *et al.*, 2015)，僅有少數研究曾探討空氣污染對於犯罪行為的影響(Lu *et al.*, 2018)。且其中多直接使用傳統線型迴歸模型評估空污與犯罪相關性，並未細部討論空氣污染如何影響人類的身心狀態與行為活動，進而推論到相對應之犯罪類型。更遑論使用進階之空間迴歸模型或引用相對應之犯罪理論加以解釋闡述。

現有文獻多主張空氣污染將增加焦慮、壓力與發炎反應，而導致暴力犯罪風險增加；然而，空污亦可能降低戶外活動意願並減少街頭犯罪。Lu *et al.* (2018) 對美國 9,360 座城市進行空氣污染與犯罪

行為的相關性分析，結果顯示空氣污染程度越嚴重的城市，其總犯罪率越高。Lu *et al.* (2018)推論主張空氣污染濃度過高會使人產生焦慮和壓力，進而導致暴力犯罪或反社會行為增加。另一類似研究也分析芝加哥和洛杉磯區域空氣污染與犯罪的相關性(Herrnstadt & Muehleger, 2015)，結果也顯示區內空氣污染越嚴重，該區內之犯罪活動越頻繁。

早期 Cohn (1990)曾研究犯罪與氣候之相關性，其研究不同天氣條件下(如高溫、風速、降雨等)對各種犯罪行為的影響，結果顯示溫度與雨量增加後，犯罪率也隨之增加。主要推論原因是降雨與高溫不利於警方巡邏。他也建議後續研究應使用較小時空尺度的數據進行分析，其效果會比較容易定義與顯著。另外，Liu (2016)分析美國七個主要城市的氣象數據，以每日降雨量、平均風量、最高溫與最低溫等為氣候變數，另以以細懸浮微粒 (Particulate Matter diameter less than or equal to 2.5 micrometers, PM_{2.5}) 和懸浮微粒 (Suspended Particulate Matter, PM₁₀) 的觀測量作為空污變數，並加入人口、年齡、種族、收入、教育程度、失業率等等社會經濟變數，以線性迴歸模型預測犯罪風險。其結果發現：第一，

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系 研究生

² 國立成功大學測量及空間資訊學系 助理教授

*通訊作者, E-mail: z10608024@email.ncku.edu.tw

收到日期：民國 108 年 01 月 31 日

修改日期：民國 108 年 02 月 28 日

接受日期：民國 108 年 03 月 11 日

溫度與犯罪行為呈現倒 U 型的關係，極冷或極熱氣候將降低犯罪。第二是暴力犯罪率會隨著空氣汙染物增加而增加。然而兩者相比，空汙與犯罪之相關性沒有溫度影響顯著。

Herrnstadt *et al.* (2016)曾針對芝加哥分析其空汙與犯罪相關性。其數據顯示，CO 含量每增加 1ppm，城市的每日犯罪率會上升 0.111。且在順風的時候，州際公路的犯罪率會比逆風的時候多 2.2%。另外，由於汙染日益加劇，政府需嚴格地規範空氣汙染，增加工廠營運成本，降低當地就業率與薪資，間接影響到犯罪率的提升。

在 Lu *et al.* (2018) 研究中提到，空氣汙染越嚴重的城市，往往有越頻繁的犯罪活動。Lu *et al.* (2018) 收集了 2001 年到 2009 年之間美國城市共六種空氣汙染的數據，包括：一氧化碳(CO)、二氧化氮(NO₂)、二氧化硫(SO₂)、總懸浮微粒(TSP)、PM_{2.5} 以及 PM₁₀；並針對七種不同的犯罪類型進行分析，包括謀殺、非過失殺人罪、強姦罪、搶劫罪、嚴重毆打罪與竊盜罪等。其結果顯示，從 2001 年到 2009 年，美國的空汙程度日漸降低，其可能原因為政府制定相關規範導致各工廠減少空氣汙染物的排放；而隨著空汙程度降低，美國各城市的犯罪率亦呈現下滑趨勢，推論犯罪活動與空汙有一定程度的正相關性。而 Brooks & Schweitzer (2011) 的研究，則是探討空汙如何影響人類心智進而影響犯罪率。其研究結果顯示，訪談中若出示嚴重的空汙污染圖片，會增加受訪者的焦慮程度，這也導致人們更傾向做出不道德的行為。因此，空汙污染可能直接影響人類身心後，再間接影響到其活動分布與犯罪風險。

另一方面，根據 Yan *et al.* (2018) 的研究指出，空汙的增加會使人類減少從事戶外活動行為。Evans (2019) 也顯示在汙染嚴重時，人們減少戶外休閒活動，但對室內娛樂活動則無影響。並舉 Moretti & Neidell (2011) 之研究為例，空汙汙染發出警報時，洛杉磯動物園的遊客數大幅下降。由此可知空汙將會降低人們外出遊樂意願，並改變其活動型態。而根據犯罪學家 Cohen & Felson 於 1979 年所提

出之日常活動理論(Routine Activity Theory)：人們生活方式的改變、監控型態變化及犯罪標的物的變化會導致犯罪機會的變化。日常活動變化會影響犯罪等非法活動發生的時空分布上，因為犯罪是人們日常生活累積之結果。以 Tompson & Bowers (2015) 為例，該研究提到 Rotton & Cohn (2000) 應用心理學之負面影響逃逸(NAE)模型解釋，惡劣天氣導致社會接觸減少，從而減少犯罪發生機會的假設。並舉街頭搶劫為例，該類犯罪需要受害者和罪犯互動，因此天氣可以決定人們是否在戶外並提供搶劫可能發生的機會。

除了空氣品質，亦有許多文獻解釋其他環境與社會變因對犯罪率之影響 (Levitt, 2004)。Ehrlich (1973) 的研究指出，失業率與犯罪率呈正相關。而 Cerro & Meloni (2000) 在 1990 年到 1999 年期間對阿根廷進行了實證審查，並認為犯罪率和失業及收入不平等之不利經濟條件呈顯著正相關。另外，Buonanno (2003) 研究 1980 年至 1995 年間 20 個義大利地區，發現教育與犯罪率之間為負相關。根據 Boivin (2018) 的觀點，人口眾多的地區，無論是住宅或是商業區，皆有更多的犯罪，因為較多的人口會提供更多的潛在目標與犯罪者。在家暴犯罪部分，除上述人口與經濟條件外，男女比、種族與年齡也被視為相關影響因子 (Markham *et al.*, 2016)。而強盜犯罪搶劫部分，其預測因子也多與人口、經濟不利條件相同，另外零售店與酒吧等商業區也為主要熱點 (Hipp *et al.*, 2017)。

綜上，本研究旨在探討空汙程度與不同類型之犯罪活動之相關性。根據文獻回顧結果與考量現有線上資料庫之完整度，選擇以空汙污染指數與其他社會經濟變項(如人口、男女比、收入、失業率等)做為相關變數，並建立空間迴歸模型加以分析。有鑑於現有文獻對於空汙與犯罪風險之相關性尚無一定論，若能定義空汙程度及其他相關社會經濟變項與犯罪活動之相關顯著性，未來能提供有關當局進一步利用該區變數來預測犯罪熱點，以制定相關犯罪防治政策並維護社會秩序。

2. 研究資料與方法

2.1 研究資料

2.1.1 犯罪資料

目前 Kgggle 等大型開放資料庫網站 (<https://www.kaggle.com/>) 之犯罪資料包含倫敦、芝加哥、舊金山與澳洲等都市區域。考量家暴案件之資料筆數與品質，本研究以澳洲新南威爾斯州作為研究範圍(圖 1)，探討空氣污染程度與犯罪行為之相關性。在犯罪資料方面，自澳洲新南威爾斯州犯罪統計局(Bureau of Crime Statistic and Research)網站收集 2016 年州內共 129 座城市，各月發生家庭暴力事件和搶劫案件的次數。其犯罪熱區分布如圖 2 和圖 3 所示，較大城市如雪梨、紐卡司爾等及其周遭城市有較多犯罪案件發生，而較內陸的地區則較少有案件發生。

2.1.2 空氣品質指數

空氣品質指數(Air Quality Index, AQI)是一種描述空氣品質狀況的常見指數，數值越大、級別越高、顏色越深，代表空氣污染狀況越嚴重，對人體的影響也就越大。本研究自澳洲新南威爾斯州(Office of Environment and Heritage, OEH)官方網站，收集 2016 年州內合計 25 個測站所測得的每日 AQI 指數，其測站分布如圖 4。該網站提供六種標準污染物的監測結果，即臭氧、二氧化氮、一氧化碳、二氧化碳、PM_{2.5} 及 PM₁₀。為了確定每天的 AQI 值，該網站分別計算每種污染物指數並選擇最高的數值做為 AQI 值公布。考量研究期間資料品質與資料缺失程度，且 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 常是數值最高污染物，因此本研究比照 Liu(2016)之作法以細懸浮微粒(PM_{2.5})以及懸浮微粒(PM₁₀)的 AQI 指數作為評估空氣品質的標準。因為測站數目有限且部分地區無空污品質資料，需利用克里金法(Kriging)對 25 筆測點資料進行內插估計並製作成空氣污染分布圖，再以此代表 2016 年各月的平均 AQI 指數，作為迴歸分析的預測變數。



圖 1 研究區域圖

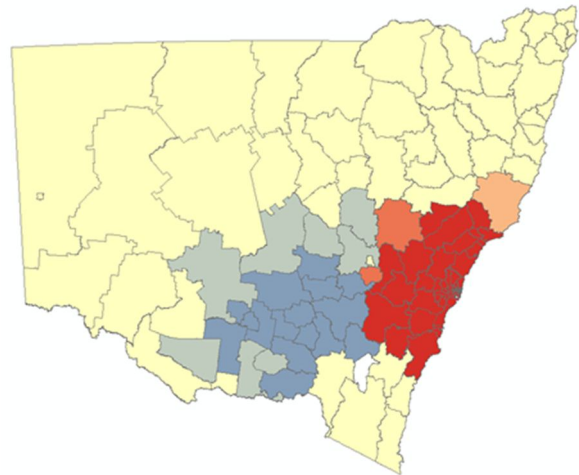


圖 2 家庭暴力案件熱區

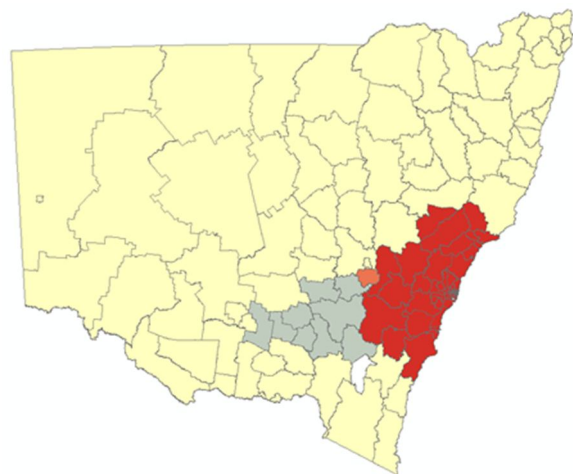


圖 3 搶劫案件熱區

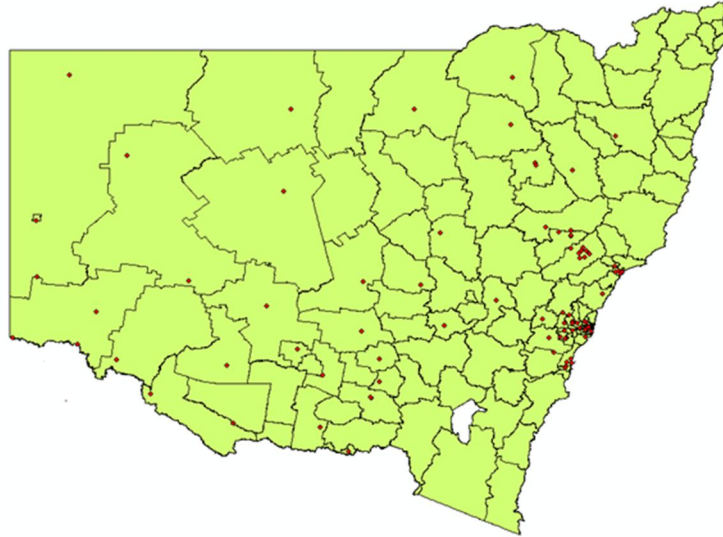


圖 4 澳洲新南威爾斯州空氣品質監測站分布圖

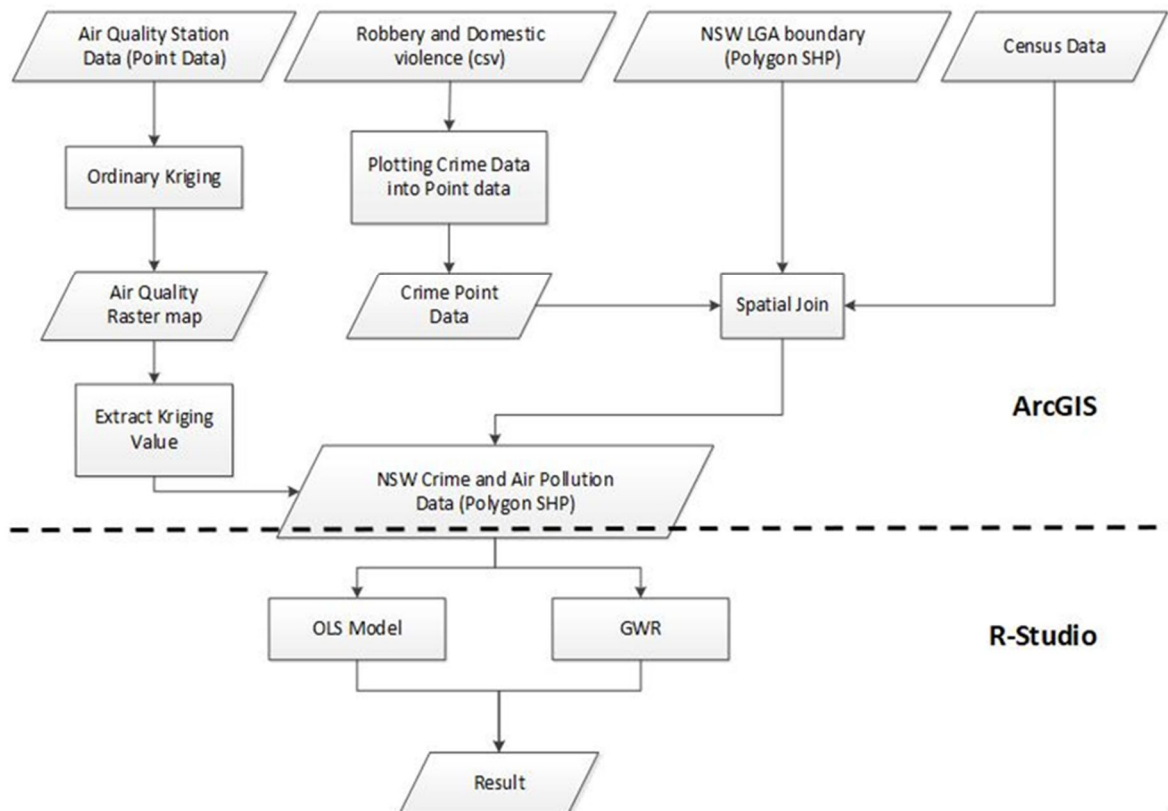


圖 5 研究流程圖

2.1.3 其他變數

除了空氣污染程度，尚有其他因素可能直接或間接影響家庭暴力犯罪或搶劫行為，例如：人口、種族、收入、男女比與失業率等 (Liu, 2016)。為改善模型預測能力並控制外部變數，本研究自澳

大利亞統計局(Australia Bureau of Statistic)網站收集 2016 年澳洲新南威爾斯州內各城市人口數量、男女比例、年齡中位數、每週收入中位數、每週租金中位數、學士學位以上人口比例、失業率、全職人口比例以及兼職人口比例等，作為預測變數。

2.2 研究方法

本研究主要使用 ArcGIS 和 R-Studio 兩種軟體處理數據並建模。首先，將人口等社會經濟變數及犯罪數據連結到澳洲新南威爾斯州各城市，取得相對應的變數資料。其次將 25 個測站的空氣品質指數(AQI)數據利用克里金法(Kriging)，在研究區域內插得到空氣汙染推估值。最後再以地理加權迴歸模型(Geographically Weighted Regression, GWR)與普通最小平方法(Ordinary Least Square, OLS)兩種迴歸方法分析澳洲新南威爾斯州各城市之空氣汙染與犯罪行為的相關性。研究流程如圖 5。

2.2.1 普通最小平方法

普通最小平方法(OLS)是最常見的統計迴歸分析方法之一，此法是將變數區分為依變數與自變數，並根據實際數據建立相關模型，透過最小化誤差的平方值推估迴歸參數，後續可對未知數進行估計。本研究將變數設定如式(1)，建立 OLS 迴歸分析模型為後續 GWR 模型之參考依據。

$$\begin{aligned} Y_{1i} &= \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon_i \\ Y_{2i} &= \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon_i \dots\dots (1) \end{aligned}$$

其中：

Y_{1i} = 各城市 2016 年各月發生家庭暴力事件次數
 Y_{2i} = 各城市 2016 年各月發生搶劫案件次數
 X_{ni} = 包括城市面積、人口、年齡中位數、學士學位以上人口比例、全職人口比例、失業率以及空氣品質指數(AQI)
 ε_i = 隨機誤差
 α 、 β = 迴歸係數

2.2.2 地理加權迴歸模型

上述迴歸模型須符合變數獨立且變異數固定之假設，然而因空間資料特性多具空間相關性或空間異質性而導致模型違反前述假設，使得迴歸參數與估計值誤差。因此，本研究使用地理加權迴歸模型進行分析。地理加權迴歸模型(GWR)是線性迴歸

模型的延伸，將周遭樣點的資料帶入各區建立個別之迴歸模型並允許參數依區域變異。本研究公式設定如式(2)。

$$\begin{aligned} Y_{1i} &= \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i \\ Y_{2i} &= \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i \dots\dots\dots (2) \\ i &= 1, 2, 3 \dots, n \end{aligned}$$

其中：

Y_{1i} = 澳洲新南威爾斯州 2016 年各月發生家庭暴力事件的次數
 Y_{2i} = 澳洲新南威爾斯州 2016 年各月發生搶劫事件的次數
 X_{ik} = 包括澳洲新南威爾斯州各城市面積、人口、年齡中位數、學士學位以上人口比例、失業率以及空氣品質指數(AQI)
 (u_i, v_i) = 第 i 點的地理位置座標
 $\beta_k(u_i, v_i)$ = 第 i 點的第 k 項參數
 ε_i = 第 i 個樣點的隨機誤差

3. 研究結果

3.1 空氣汙染值克利金法估算結果

利用 ArcGIS 軟體對澳洲新南威爾斯州 2016 年 12 個月的空氣品質指數(AQI)資料進行克里金法(Kriging)估算，將 AQI 值嵌入每座城市，其結果如圖 4 所示。此處 AQI 是澳洲近年推出的國家環境保護措施(National Environment Protection Measure, NEPM)一項評估空氣品質的重要標準，其中紅色代表 AQI 值較高，空氣汙染較嚴重；藍色則代表 AQI 值較低，空氣汙染較輕微。本研究使用的是細懸浮微粒(PM_{2.5})和懸浮微粒(PM₁₀)之 AQI 濃度，其計算公式如式(3)。

$$\text{指數} = \frac{\text{污染物濃度}}{\text{污染物標準濃度}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

每種空氣污染物都有不同的濃度標準，本研究主要使用與犯罪相關的 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} ，其日平均濃度標準分別為 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。圖 6 為 2016 年澳洲新南威爾斯州各季節 PM_{10} 的 AQI 指數，其數值在大城市(如雪梨、首都等)多呈現較高的趨勢，即大城市的 PM_{10} 濃度往往高於其他地區。另外，圖 6(a)顯示多數的測站顯示澳洲夏季(一月)的 PM_{10} 濃度低於 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，秋季(四月)的 PM_{10} 平均濃度高於冬季(七月)和春季(十月)。圖 6(b)-(c)顯示從秋季到冬季，AQI 值逐漸增加。尤其大城市地區的 PM_{10} 濃度幾乎到達 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示這段時間的空氣污染程度最為嚴重。根據 Nidzgorska & Czarnicka (2011)的研究指出，影響空污濃度最主要的因素為氣溫和風速，推論澳洲冬季氣候多屬無風的高氣壓，污染物不易擴散，故濃度較高。

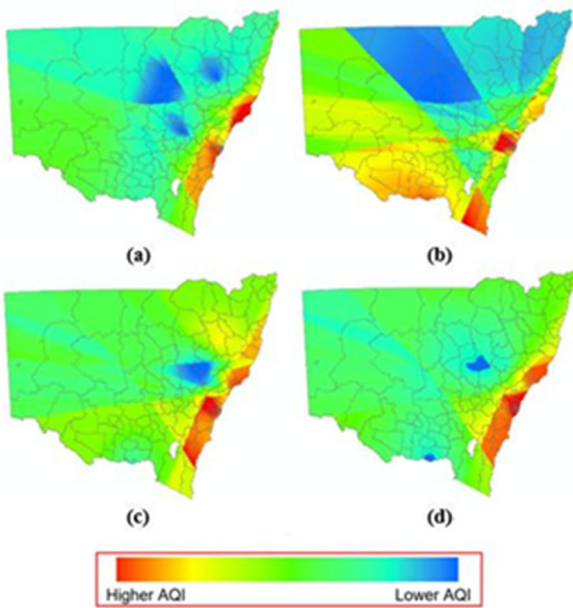


圖 6 2016 年澳洲新南威爾斯州空氣污染圖 (a)一月、(b)四月、(c)七月、(d)十月

3.2 家暴、搶劫與犯罪預測變數之相關性

傳統統計回歸模型常以相關係數表達兩變數之關聯並篩選可能之預測變數。表 1 為模型中各變數之皮爾森相關係數(Pearson Correlation)。根據表

1 發現，部分自變數(如人口、年齡、教育程度與失業率)對於家庭暴力事件與搶劫案件的數量有一致的相關性。如圖 7 顯示各自變數與應變數的分布，大多數的犯罪(圖 7(a)和 7(b))發生在大城市(紅色和橘色區域)。其中，人口數量越多的城市，其犯罪數量也越多，代表人口數量與犯罪應呈空間正相關。而年齡中位數則與犯罪數量呈現相反的模式。在大城市中，大部分的人口是 24-35 歲的年輕人，且犯罪數量較多。相反的，在其他較為偏僻的城市中，其年齡中位數有上升的趨勢，然而犯罪數量卻下降。在失業率方面，雪梨及大多數位於雪梨附近的城市，其失業率高於新南威爾斯州南部地區，因此與犯罪數量呈現正向關。

3.3 犯罪預測模型結果

表 2 為家暴與搶劫的線型模型配適結果。表 3 和表 4 則為家暴與搶劫之地理加權迴歸模型(GWR)結果。此處顯示之變數為根據文獻回顧結果選擇之可能變項中，篩選出係數顯著者。由於地理加權迴歸模型對每個區域的係數都進行估計，因此存在最小、中位數及最大值。首先 OLS 與 GWR 模型之選擇，因 R^2 越大、AIC 值越小者，模型適合度越高。結果顯示家暴與搶劫 2 類犯罪之 GWR 模型皆有較低的 AIC 值，代表其實際數據與真實模型的可能性較高，因此建議選擇 GWR 為犯罪預測模型。在地理加權迴歸模型(GWR)中，家庭暴力事件和搶劫案件的 Akaike Information Criterion(AIC)值分別為 1618.337 和 1096.29。在模型中，各變數的變異膨脹因子 (Variance Inflation Factor, VIF) 值皆小於 10，代表各變數無高度相關模型應無共線性問題($VIF=1/(1-\text{自變數被其它變數所解釋的變異量})$)。根據迴歸分析結果可以發現，空氣質量指數(AQI)和家庭暴力呈現正相關，和搶劫案件呈現負相關，其 AQI 的整體估計值分別為 1.0003 和 -0.0225。

表 1 各變數之皮爾森相關係數

	Robbery	Domestic	Population	Median Age	Higher Education Degree	Unemployment	AQI
Robbery	1	0.712404	0.658321	-	0.247417	0.125944	0.20967
Domestic	0.712404	1	0.86873	-0.31834	0.141562	0.230256	0.24303
Population	0.658321	0.868731	1	-0.35661	0.408211	0.093774	0.33957
Median Age	-0.32016	-0.31834	-0.35661	1	-0.33129	-0.01247	-0.15865
Higher	0.247417	0.141562	0.408211	-0.33129	1	-0.29849	0.34391
Unemployment	0.125944	0.230256	0.093774	-0.01247	-0.29849	1	-0.09619
AQI	0.20967	0.243039	0.339577	-0.15865	0.343913	-0.09619	1

表 2 家暴與搶劫線性預測模型

Variable	Model 1 (OLS)	Model 2 (OLS)	Model VIF
	Domestic	Robbery	
Intercept	2.51e+02 .	1.49e+01	
(標準差)	(1.33e+02)	(1.84e+01)	
Population	4.28e-03***	2.44e-04***	1.720885
(標準差)	(1.97e-04)	(2.73e-05)	
Median Age	-3.83e+00 .	-5.11e-01 .	1.240417
(標準差)	(2.09e+00)	(2.89e-01)	
Higher Education Degree	-6.35e+00***	-4.86e-02	1.945288
(標準差)	(1.36e+00)	(1.88e-01)	
Unemployment	9.70e+00 .	8.18e-01 .	1.332967
(標準差)	(6.68e+00)	(9.25e-01)	
AQI	1.00e+00*	-2.25e-02*	2.660451
(標準差)	(1.04e+00)	(1.44e-01)	
R ²	0.8488	0.5593	
AIC	1622.056	1113.592	
Group	129	129	

Significant Code: 0.0001‘***’; 0.001‘**’; 0.01‘*’; 0.05 ‘.’; 0.1 ‘.’

表 3 家庭暴力事件地理加權回歸模型(GWR)結果

Variable	Min	Median	Max	Global
Intercept.	240.4360437	248.2853	261.8624	251.181
Population	0.0042691	0.00428	0.004325	0.0043
Median Age	-4.0457937	-3.88781	-3.55694	-3.8306
Higher Education Degree	-6.4243111	-6.33359	-6.28935	-6.3452
Unemployment	8.0584846	10.27363	10.9804	9.699
AQI	-0.98649	-0.9986	1.0487834	-1.0003
R ²	0.8555626			
AIC	1618.337			

表 4 搶劫案件地理加權迴歸模型(GWR)結果

Variable	Min	Median	Max	Global
Intercept.	1.751791	19.64733	60.62033	14.8552
Population	0.000241	0.000248	0.000255	0.0002
Median Age	-1.92848	-0.65139	-0.30161	-0.5111
Higher Education Degree	-0.09714	0.029245	0.280513	-0.0486
Unemployment	0.502112	1.640904	3.116713	0.8176
AQI	-0.23804	-0.06216	0.001236	0.0225
R ²	0.61179			
AIC	1096.29			

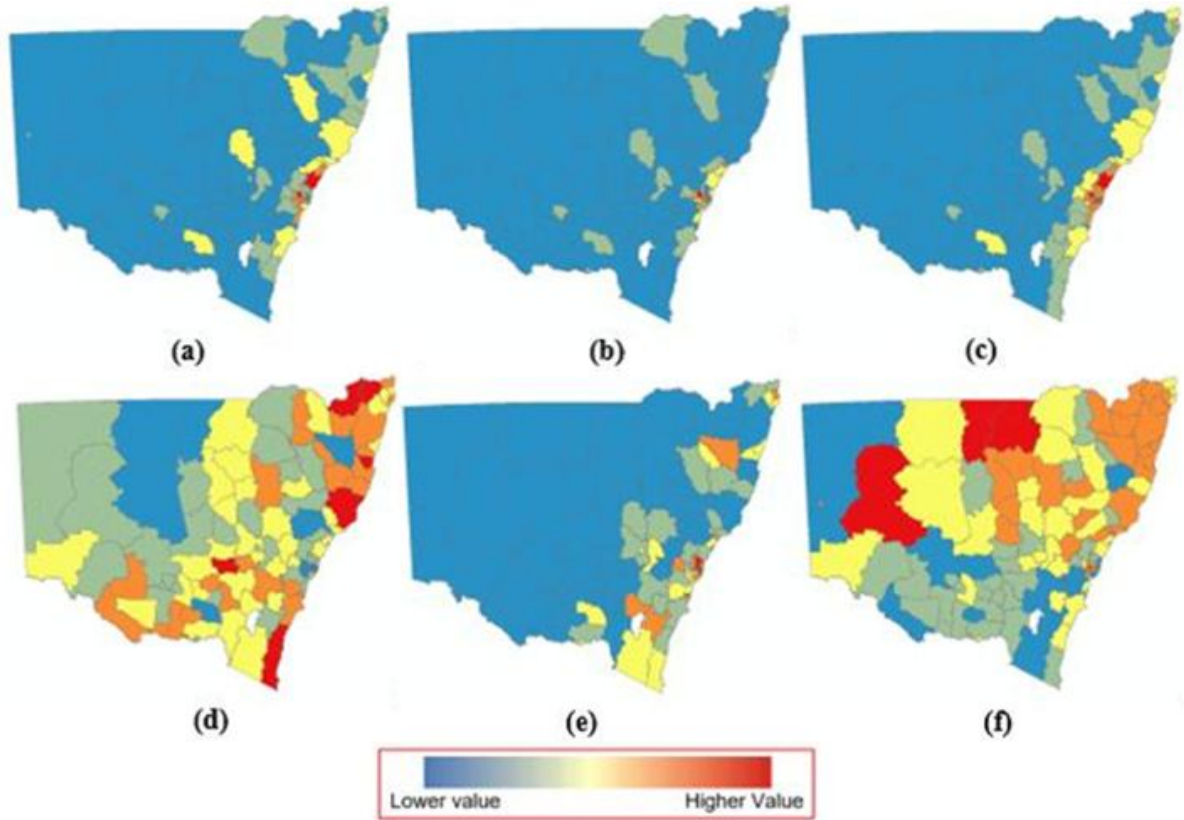


圖 7 各變數分布圖 (a)家庭暴力事件、(b)搶劫案件、(c)人口、(d)年齡中位數、(e)大學學歷以上比例、(f)失業率

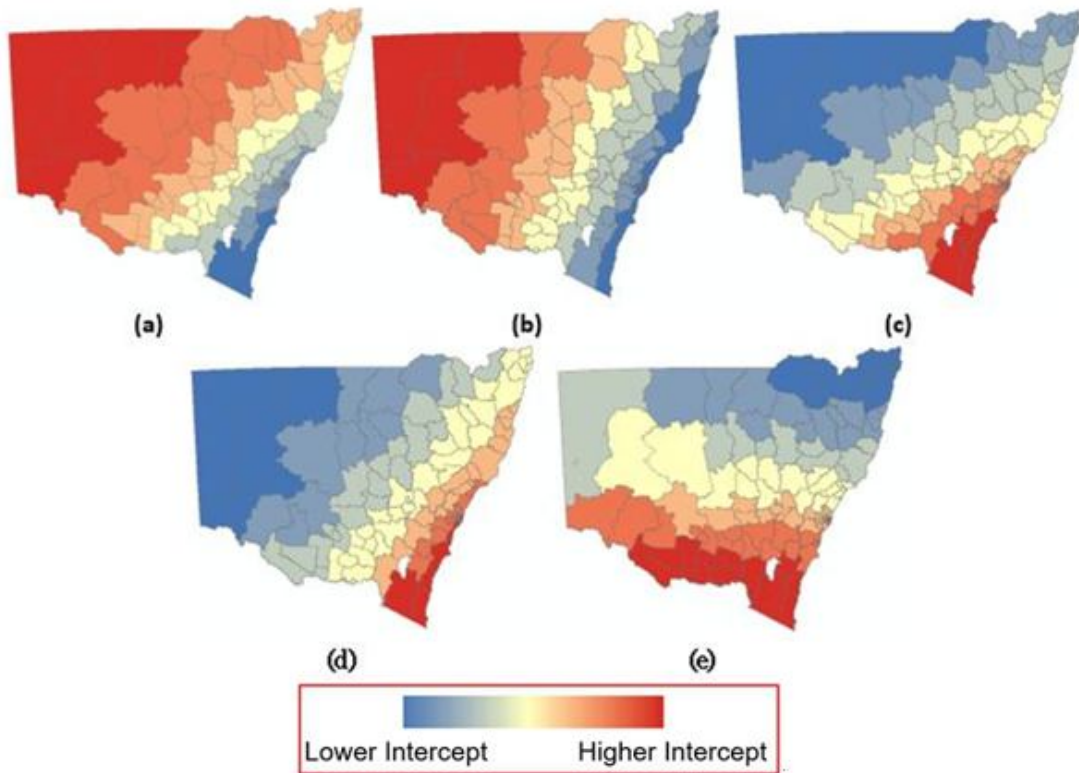


圖 8 家庭暴力模型各變數係數估計圖 (a)人口、(b)年齡中位數、(c)教育程度、(d)失業率、(e)AQI

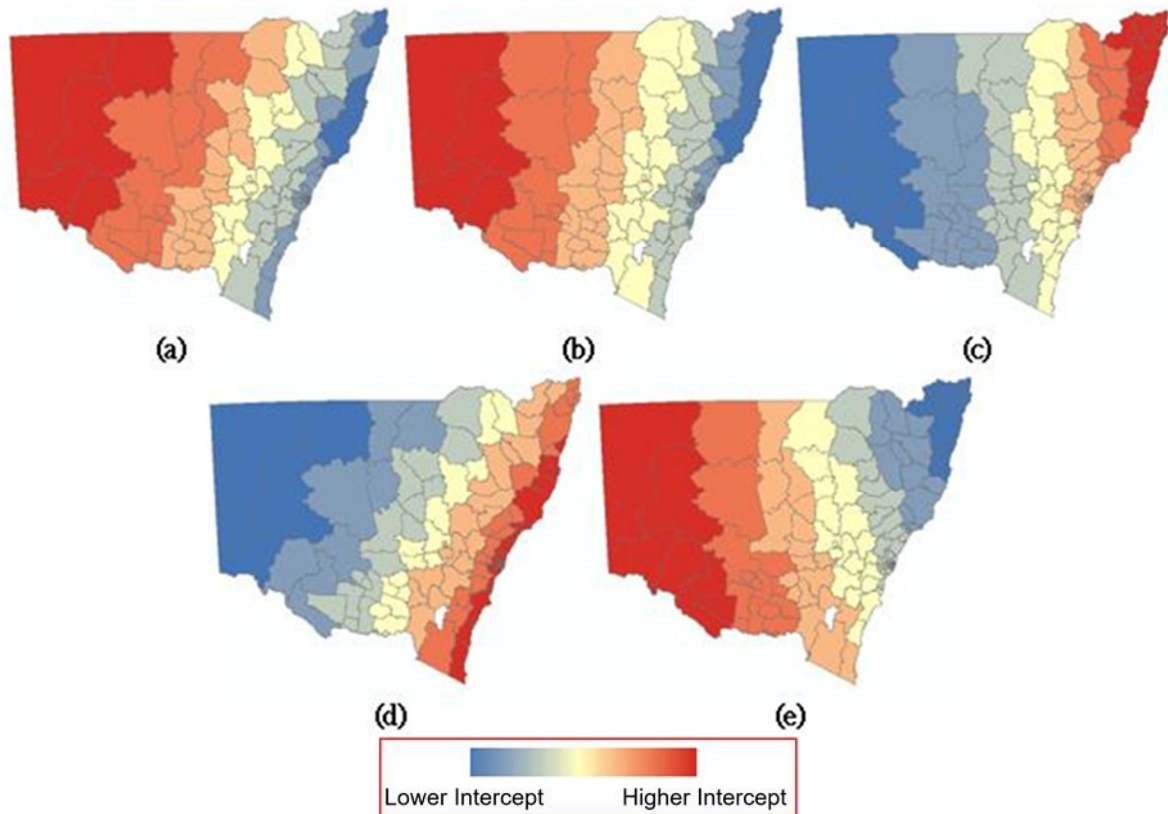


圖 9 搶劫案件模型各變數之係數估計圖 (a)人口、(b)年齡中位數、(c)教育程度、(d)失業率、(e)AQI

圖 8 為預測家庭暴力 GWR 模型中各變數的係數估計變化圖，在人口數量方面，其整體估計值為 0.0043，且最小和最大估計值皆為正值且分布範圍較小(0.0042 至 0.0043)。推論人口對家暴犯罪的邊際影響從城市到農村遞增，當農村人口增加一千人時，家暴犯罪數增加約 4.3 件(城市 4.2 件)。而年齡中位數的係數變化圖與人口相似，其方向皆是從城市到農村遞增，但係數為負。即該區平均年齡低(較多年經人)，該區家庭暴力亦較多。根據 Archer (2002)的研究，發現年輕女性容易受到家庭暴力。另外，結果顯示教育水平與家庭暴力負相關。此結果與現有文獻一致，因受過高等教育的人可能有穩定工作與經濟能力，防止家庭暴力發生(Chowdhury *et al.*, 2018)。失業率對於家庭暴力亦有顯著正影響，失業率與教育程度係數在 GWR 模型中具有類似的方向變化，從農村到城市遞增。而空氣質量指數(AQI)則有獨特的方向，其值由南向北減少，且呈正相關，該區之 AQI 值越高，家庭暴力亦越高。推論當空氣品質變差時，人們減少戶外活動，傾向待在家裡，且有可能發

生憂鬱、煩躁、腦部發炎等症狀導致犯罪或暴力行為增加，發生家庭暴力的機會變高。

圖 9 為搶劫案件 GWR 模型中各變數的係數估計變化圖，從圖中可以看出，除了空氣污染與教育程度變數外，多數的社會經濟變量變化(如：人口、年齡中位數、失業率等)皆與家庭暴力模型有相似的方向趨勢。在正負項影響部分，人口和失業率，和搶劫案件有顯著的正相關，而年齡中位數和教育程度則與搶劫有負相關。值得討論的是教育程度之係數估計圖，其方向從農村到城市遞增，然而，都市人口卻有較高的教育水平，因此需要再進一步討論。在空氣質量指數(AQI)方面，搶劫則與家庭暴力呈現顯著的不同，結果顯示嚴重的空氣污染區域其搶劫案件發生亦較少且以都市降低較多。推論當空氣品質不好時，人們會減少戶外活動導致。

4. 結果與討論

本研究主要目的在探討空氣污染因影響人類身心狀況與日常活動，進而對於不同類型犯罪風

險(家庭暴力事件與搶劫案件)之影響。迴歸結果顯示空氣污染與室內犯罪呈正相關與室外街頭犯罪負相關，且其影響多具空間異質性。即空氣污染程度高，該區內家庭暴力事件次數亦較高，搶劫案件次數較少。本研究結果與 Yan *et al.* (2018) 與 Evans (2019)等研究成果一致，即：空氣污染會改變人們的日常活動；日常活動又影響犯罪。空氣污染程度增加，會減少人們進行戶外活動，並相對增加人類從事室內活動。家庭暴力多屬室內犯罪，而搶劫案件多為戶外暴力，因此對於空氣污染影響人類日常活動分布與相對的兩種犯罪行為，以犯罪學之日常活動理論可提供合理解釋。

在家庭暴力事件中，空氣污染與此種犯罪類型具有顯著的正相關。若空氣品質指數(AQI)增加，家庭暴力事件亦會增加，此結果與 Lu *et al.* (2018)的結果一致，空氣污染會使人類產生焦慮並增加壓力，進而影響人類增加從事犯罪或不道德行為的機率。在其他社會經濟變項部分，失業率與家庭暴力呈正相關此與現有文獻一致 (Baker *et al.*, 2010)，因為失業會造成壓力過大或情緒不穩，有些害怕失業或已失業者會因經濟問題長期賦閒在家，對伴侶採取虐待行為。本研究之家暴案件迴歸結果與現有文獻多符合。

在搶劫案件方面，空氣污染指數(AQI)與搶劫案件呈現負相關，亦即該區域之空污越嚴重，該區內搶劫數發生較少。此結果也符合本研究之假設與現有文獻類似(Tompson & Bowers, 2015)，推論嚴重的空氣污染等負面天候會使人類傾向室內活動，並減少室外活動。此外，人口數量與犯罪行為在統計上亦有顯著的關係，亦即人口越多的城市，其犯罪率越高。根據 Boivin (2018) 的說法，人口眾多的地區，無論是住宅區或是商業區，皆會有潛在的犯罪危險。

本研究之主要貢獻有二：(1)首先，本研究主要發現，空氣污染對於室內犯罪呈正相關但與室外犯罪呈負相關。(2)建立之空間迴歸模型，確立空污與犯罪率影響之空間異質性。上述成果可供後續研究利用，增加其他犯罪類型進行分析或是選擇其他研究區域(如鄉村地區或亞洲等活動型態

不同之區域)檢視模型之通用性。

在研究限制部份，本研究因缺乏澳洲之地形與方向風速等環境資料，僅能以 Kriging 方式推估各地空污程度，後續研究可蒐集細部環境資料，對空氣汙染程度進行更精確之推估。且本研究使用迴歸模型顯示犯罪與空污之相關性，非因果關係，後續研究可使用因果分析方法如工具變數法等加以探討。

參考文獻

- Archer J., 2002. Sex differences in physically aggressive acts between heterosexual partners: A meta-analytic review, *Aggression and Violent Behavior*, 7(4): 313-351
- Baker, C.K., Billhardt, K.A., Warren, J., Rollins, C., and Glass, N.E., 2010. Domestic violence, housing instability, and homelessness: A review of housing policies and program practices for meeting the needs of survivors, *Aggression and Violent Behavior*, 15(6): 430-439.
- Boivin, R., 2018. Routine activity, population (s) and crime: Spatial heterogeneity and conflicting Propositions about the neighborhood crime-population link, *Applied Geography*, 95: 79-87.
- Brooks, A.W., and Schweitzer, M.E., 2011. Can Nervous Nelly negotiate? How anxiety causes negotiators to make low first offers, exit early, and earn less profit, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 115(1): 43-54.
- Buonanno, P., 2003. Identifying the effect of education on crime. Evidence from the Italian Regions, Working Paper No.65, Department of Economics, University of Milano-Bicocca.
- Cerro, A.M., and Meloni, O., 2000. Determinants of the crime rate in Argentina during the '90s, *Estudios de Economía*, 27(2): 297-311.
- Chowdhury, S.R., Bohara, A.K., and Horn, B.P., 2018.

- Balance of power, domestic violence, and health injuries: Evidence from demographic and health survey of Nepal, *World Development*, 102: 18-29.
- Cohen, L.E., and Felson, M., 1979. Social change and crime rate trends: A routine activity approach, *American Sociological Review*, 44(4): 588-608.
- Cohn, E., 1990. Weather and crime, *British Journal of Criminology*, 30(1): 51-64.
- Czarnecka, M., and Nidzgorska-Lencewicz, J., 2011. Impact of weather conditions on winter and summer air quality, *International Agrophysics*, 25(1): 7-12.
- Ehrlich, I., 1973. Participation in illegitimate activities: A theoretical and empirical investigation, *Journal of Political Economy*, 81(3): 521-565.
- Evans, G.W., 2019. Projected behavioral impacts of global climate change, *Annual Review of Psychology*, 70(1): 449-474.
- Herrnstadt, E., and Muehlegger, E., 2015. Air pollution and criminal activity: Evidence from Chicago microdata (No. w21787), National Bureau of Economic Research, doi: 10.3386/w21787.
- Herrnstadt, E., Heyes, A., Muehlegger, E., and Saberian, S., 2016. Air pollution as a cause of violent crime: Evidence from Los Angeles and Chicago, Working paper.
- Hipp, J.R., Wo, J.C., and Kim, Y.A., 2017. Studying neighborhood crime across different macro spatial scales: The case of robbery in 4 cities, *Social Science Research*, 68: 15-29.
- Levitt, S.D., 2004. Understanding why crime fell in the 1990s: Four factors that explain the decline and six that do not, *Journal of Economic Perspectives*, 18(1): 163-190.
- Liu, B., 2016. Bad weather, safe day? The effect of weather and pollution on crime, Available at: <https://aysps.gsu.edu/files/2016/10/B.Liu-JMP.pdf>, Accessed January 31, 2019.
- Lu, J.G., Lee, J.J., Gino, F., and Galinsky, A.D., 2018. Polluted morality: Air pollution predicts criminal activity and unethical behavior, *Psychological Science*, 29(3): 340-355.
- Markham, F., Doran, B., and Young, M., 2016. The relationship between electronic gaming machine accessibility and police-recorded domestic violence: A spatio-temporal analysis of 654 postcodes in Victoria, Australia, 2005–2014, *Social Science & Medicine*, 162: 106-114.
- Moretti, E., and Neidell, M., 2011. Pollution, health, and avoidance behavior: Evidence from the ports of Los Angeles, *Journal of Human Resources*, 46(1): 154-175.
- Rotton, J., and Cohn, E.G., 2000. Weather, disorderly conduct, and assaults: From social contact to social avoidance, *Environment and Behavior*, 32(5): 651-673.
- Tompson, L.A., and Bowers, K.J., 2015. Testing time-sensitive influences of weather on street robbery, *Crime Science*, 4(8), doi:10.1186/s40163-015-0022-9.
- Yan, L., Duarte, F., Wang, D., Zheng, S., and Ratti, C., 2018. Exploring the effect of air pollution on social activity in China using geotagged social media check-in data, *Cities*, doi:10.1016/j.cities.2018.11.011.

Defining the Spatial Relationship between Air Pollution and Crime Behavior-A Case Study of New South Wales, Australia

Hsu-Hsien Chen ¹ I Gede Brawiswa Putra ¹ Pei-Fen Kuo ^{2*}

Abstract

In recent years, air quality has gradually deteriorated, which has affected human behavior patterns, and made air pollution become an important issue. This study took New South Wales, Australia as our study area to define the spatial relationship between air pollution levels and indoor- and outdoor- crimes. By using the Ordinary Least Square (OLS) and Geographically Weighted Regression model (GWR), the Air Quality Index (AQI) and other relevant factors are used to predict the number of crimes. The results show that the areas with severer degree of air pollution tend to have more domestic violence (indoor crimes) but less robberies (outdoor crimes).

Keywords: Air Pollution, Robbery, Domestic Violence, Geographically Weighted Regression, Air Quality Index

¹ Master Student, Department of Geomatics, National Cheng Kung University

² Assistant Professor, Department of Geomatics, National Cheng Kung University

* Corresponding Author, E-mail: z10608024@email.ncku.edu.tw

Received Date: Jan. 31, 2019

Revised Date: Feb. 28, 2019

Accepted Date: Mar. 11, 2019