

東海大學高階經營管理碩士在職專班(研究所)

碩士學位論文

西屯區空氣汙染監測與減量模擬

—穩健迴歸之應用

**Air Pollution Monitoring and Abatement Simulation in Xitun
District – An Application of Robust Regression Model**

指導教授：林灼榮 博士

研究生：李協裕 撰

中華民國 108 年 06 月

論文名稱：西屯區空氣汙染監測與減量模擬—穩健迴歸之應用

校所名稱：東海大學高階經營管理碩士在職專班(研究所)

畢業時間：108 年 06 月

研究生：李協裕

指導教授：林灼榮 博士

摘要

本文使用環保署空氣品質監測公開資料，選擇 2018/01/01 至 2018/12/31 西屯空氣品質監測站的時資料為研究對象，由於監測站所呈現資料，存在遺漏值及離群值問題。首先，結合倒傳遞類神經網路法(Back Propagation Neural Network)，填補遺漏值；其次，利用可解決離群值問題之穩健迴歸模型(Robust Regression Model)，進行迴歸參數之推估，並與普通最小平方法(Ordinary Least Square)，進行預測績效評比；最後進行空氣汙染減量模擬。實證結果顯示：(1)穩健迴歸 S 估計法之預測能力，優於其他方式。(2) 滯留落遲 1 小時之 PM_{2.5}，與上下班時段的汽機車氣體排放，對西屯地區 PM_{2.5} 濃度的衝擊最大。(3)對該地區的 PM_{2.5} 的減量幅度，依序為移動汙染源、固定汙染源、最後是商業活動，住宅，餐廳。

關鍵字：PM_{2.5}監測模型、穩健迴歸、預測評價、減量模擬

Title of Thesis : Air Pollution Monitoring and Abatement Simulation in Xitun District –
An Application of Robust Regression Model

Name of Institute : Tunghai University

Executive Master of Business Administration

Graduation Time : 06 / 2019

Student Name : Lee Hsieh-Yu

Advisor Name : Dr. Lin, Jwu-Rong

Abstract :

This paper uses the EPA's air quality monitoring public information to select the time data of the 2018/01/01 to 2018/12/31 Xiqiao Air Quality Monitoring Station as the research object. Due to the data presented by the monitoring station, there are missing values and outliers. . First, the Back Propagation Neural Network is used to fill in the missing values. Secondly, the Robust Regression Model, which solves the outlier problem, is used to estimate the regression parameters. The Ordinary Least Square method is used to predict the performance of the performance; finally, the air pollution abatement simulation is performed. The empirical results show that: (1) the predictive power of the robust regression S-estimation method is better than other methods. (2) $PM_{2.5}$ with a delay of 1 hour and the gas emissions from steam locomotives during commuting hours have the greatest impact on $PM_{2.5}$ concentration in Xiqiao area. (3) The reduction of $PM_{2.5}$ in this area is in the order of mobile pollution sources, fixed pollution sources, and finally commercial activities, residential, restaurants.

Keywords: $PM_{2.5}$ Monitoring Model, Robust Regression, Predictive Evaluation, Abatement Simulation

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
表目錄	IV
圖目錄	V
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究資料選取與簡介	4
第四節 研究流程	5
第二章 文獻探討	6
第一節 空氣汙染與健康危害相關文獻	6
第二節 空氣汙染預測之相關文獻	6
第三節 穩健迴歸模型之相關文獻	7
第三章 研究方法	9
第一節 變數考量與資料特性分析	9
第二節 迴歸模型設定	16
第三節 估計方法簡介	17
第四章 研究結果與討論	19
第一節 空氣品質時空差異分析	19
第二節 迴歸實證與預測評價	24
第三節 減量模擬	27
第五章 結論與建議	29
第一節 研究結論	29
第二節 管理意涵	30
第三節 研究限制和方向	30
參考文獻	31

表目錄

表 1-1 行政院救空污管制措施與經費·····	2
表 3-1 單根檢定表·····	12
表 4-1 敘述統計表·····	19
表 4-2 環境因子差異性分析表·····	20
表 4-3 西屯站相關係數·····	22
表 4-4 迴歸實證·····	24
表 4-5 預測績效·····	26
表 4-6 2018 西屯測站排放量·····	27
表 4-7 西屯空污減量目標/時排放量·····	28
表 4-8 西屯空污減量目標/年排放量·····	29

圖目錄

圖 1-1 西屯測站位置.....	4
圖 1-2 研究架構圖.....	5
圖 3-1 大氣懸浮微粒來源.....	9
圖 3-2 遺漏值資料.....	10
圖 3-3 正向傳遞與反向傳遞示意圖.....	10
圖 3-4 西屯空氣品質測站資料盒鬚圖.....	13
圖 3-5 西屯空氣品質測站資料影響點分析.....	14
圖 3-6 西屯空氣品質測站資料槓桿圖分析.....	15
圖 4-1 PM _{2.5} 月別平均值比較與檢定.....	21
圖 4-2 PM _{2.5} 日別平均值比較與檢定.....	21
圖 4-3 PM _{2.5} 時別平均值比較與檢定.....	22
圖 4-4 預測評價.....	27

第一章 緒論

本章旨在說明空氣汙染對國人健康危害的嚴重程度，政府所提空氣汙染防治策略目的，並據以延伸研究背景、動機、目的及研究對象；最後闡述研究架構與章節安排。

第一節 研究背景與動機

這幾年來，環境永續跟空氣汙染的議題一直是討論的焦點，不論是在各大傳播媒體甚於在 107 年 11 月的五都市長的選舉中，候選人間對空汙的政見，政策也佔了極大篇幅。空氣汙染確實存在，懸浮微粒也確實地在影響著所有人的健康。「懸浮微粒 PM_{2.5}」指的是粒徑小於 2.5 μm 以下的空氣汙染粒子，由原生性氣膠(Primary Aerosol,PA)，與衍生性氣膠(Secondary Aerosol,SA)所組成，其粒徑更小，呼吸時更容易進入到肺部中，而引起發炎或心血管的疾病讓氣喘反應加劇等。袁中新，(1998)；蘇育德，(2011)。空氣中的污染物，對於呼吸道疾病影響大多於當天與延遲一天有最顯著。其中以呼吸道疾病，空氣污染物濃度高低呈現正相關(鄭亭宜，2017)。

隨著國人對於空氣汙染的相關議題不斷關注，越來越重視健康。行政院亦在 2017 年 4 月 13 日提出「空氣汙染防治策略」，預期 PM_{2.5} 年平均濃度從目前的 22 微克/立方公尺，在 2019 年底降至 18 微克/立方公尺，如表 1-1 所示，改善比率達 18.2%。政府、台電及民間，至少要投資 2,150 億元救空汙計畫¹。

¹ 行政院 2017 年 4 月 13 日所發布「空氣汙染防制策略」，共 14 項措施。

表 1-1 行政院救空污管制措施與經費

單位：億元

管制措施		政府投入金額		民間投入金額	台電 (106~108 年)
		基金預算	公務預算		
固定 汗 染 源	電力設施管制	-	-	46.2	101.19
	鍋爐管制	4.874	24.004	90	-
	餐飲油煙管制	2.4	-	7	-
	改變風俗習慣燃燒排 煙	2.1	-	-	-
	營建及堆置揚塵管制	7.05	-	139.25	-
	農業廢棄物燃燒排煙 管制	2.34	-	1.125	-
	河川揚塵管制	3.1	2.7	-	-
移 動 汗 染 源	汰換一、二期柴油車	137.5	-	1,078~1,725	-
	三期柴油車加裝濾煙 器	26	-	68.4	-
	汰除二行程機車	11.5	-	244~390	-
	港區運輸管制	-	1.08	0.75	-
	推動電動蔬果運輸車	3.46	-	3.592	-
	提升公共運輸使用人 次	-	140.9	5.3	-
	提升軌道貨運運能	-	0.1	0.26	-
合計		200.324	164.784	1,684~2,477	101.19

註：台電公司 109 年以後將再投資 221.56 億元。

第二節 研究目的

PM_{2.5} 正無時無刻的戕害著國人，無人能倖免。本文以西屯空氣品質監測站為對象；首先，使用迴歸推估方式預測未來 24 小時 PM_{2.5} 的數值。比對同時段 PM_{2.5} 實際數值，確認其預測評價。其次，使用預測評價較佳的迴歸推估結果，進一步進行 PM_{2.5} 的減量模擬。希冀能在各項污染源中，找出測站範圍內降低 PM_{2.5} 濃度的可能方法。

具體而言，本文擬達成之研究目的為：

- 一. 以倒傳遞類神經網路法填補遺漏值，關注原生性氣膠(PA)與衍生性氣膠(SA)濃度的變化量趨勢。
- 二. 依測站資料變化量，並就樣本內迴歸參數推估結果，推估樣本外 24 小時的 PM_{2.5} 的濃度，並比對實際濃度做預測評價。而在實證方法上，以最小平方法(Ordinary Least Square, OLS)與穩健迴歸進行預測評價。
- 三. 進行 PM_{2.5} 減量模擬:希冀能提供台中市政府在防治空污的施政上，針對西屯地區空氣汙染防制，提供環境治理可行性建議。

第三節 研究資料選取與簡介

空氣品質監測網測站類型，可區分成：(1)一般空氣品質監測站：設置於人口密集處，用以監測該行政區人口曝露的污染物濃度。(2)工業空氣品質監測站：設置於工業區之下風區用以監測工業污染對環境影響。(3)交通空氣品質監測站：設置於交通流量頻繁之位置，監測該地區行人曝露於車輛廢氣污染狀態的程度。(4)國家公園空氣品質監測站：設置於國家公園內，監測保護區內空氣品質現況及變化趨勢。(5)背景空氣品質監測站：設置於人為污染少的地區或總量管制區之上風區，監測大尺度之空氣品質狀態，研判有無境外地區長程傳輸而來的污染。(6)特殊空品監測站包括：移動式監測車、研究型監測站等。

本文選取西屯測站，地理位置在於台中啟聰學校，西方即為：台中工業區；西南方為：精密科學園區；西北方為：中部科學園區；其東方有快速道路、高速公路。又因大肚山地形關係，導致當地氣象會影響污染物之擴散情形，使其污染特徵不明確，其位置如圖 1-1。污染的來源可分為：(1)固定汙染源，三個工業區的排放。(2)移動汙染源，汽機車的排放。(3)住宅與商業活動的排放，因人口集中，餐廳眾多。

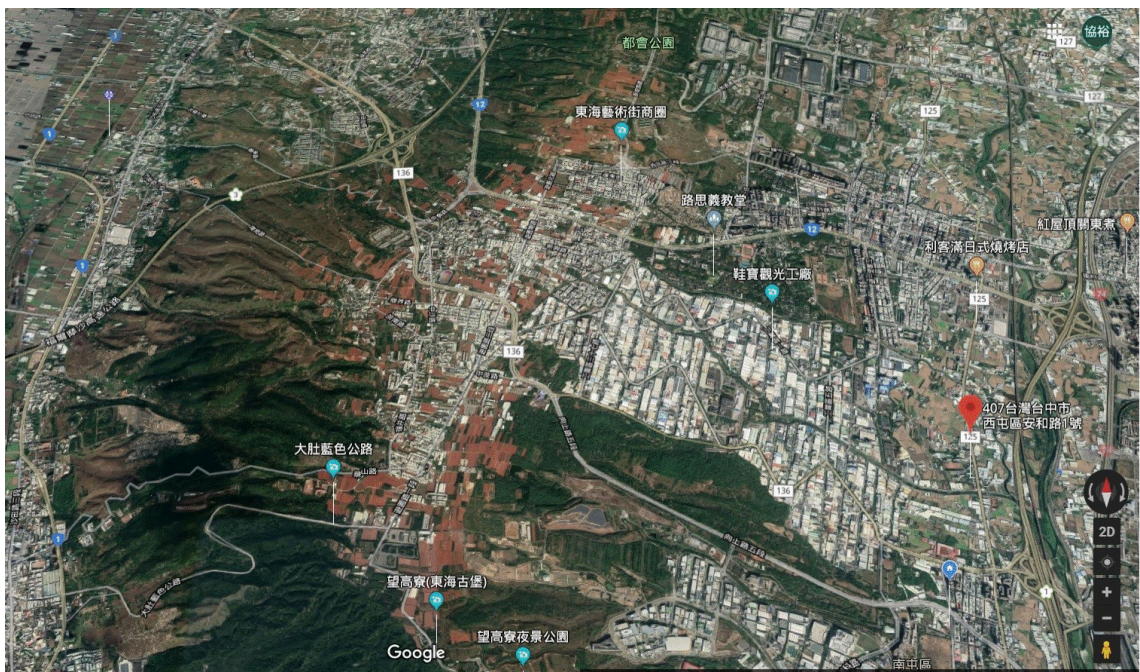


圖 1-1 西屯測站位置

第四節 研究流程

本文內容共分為五章，第一章為緒論，內容為研究背景與動機、研究目的、研究資料選取與簡介、研究架構；第二章為文獻回顧，旨在說明空污與建康相關文獻、空氣汙染預測之相關文件、穩健迴歸模型研究之相關文獻回顧，並提出本文之具體貢獻；第三章為研究方法，資料之收集與整理、迴歸模型設定、估計方法簡介；第四章為實證結果分析，包括研究期間穩健迴歸參數估計結果解析、預測評價與減量模擬；第五章為結論與建議。茲將本文之研究架構，如圖 1-2 所示。

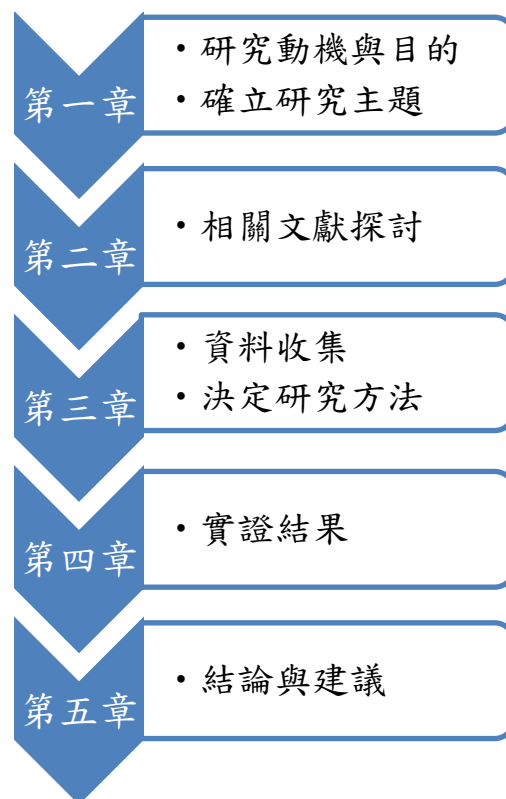


圖 1-2 研究架構圖

第二章 文獻探討

本章分為三部分論述，第一節為空氣汙染與健康危害之相關文獻；第二節為空氣汙染預測相關文獻；第三節為應用穩健迴歸模型研究之相關文獻。

第一節 空氣汙染與健康危害之相關文獻

1. 鄭亭宜 (2017) 運用廣義加法模型(generalized additive models, GAMs)探討 2007 年至 2013 年間，健保資料與空氣品質監測站資料，發現空氣汙染濃度，對於呼吸道疾病影響，在於當天與延遲一天有最顯著。其中以呼吸道疾病空氣汙染物濃度高低呈現正相關。
2. 李文惠(2013)流行病學研究發現，大氣中細懸浮微粒濃度高低，與心臟血管疾病及呼吸道疾病發作，及死亡率有相關性影響。細懸浮微粒可進入下呼吸道，穿透微血管而引起體內微血管發炎，引發血管內血栓形成機會增加及提高血壓有關。探討台灣地區，大氣中細懸浮微粒濃度對心臟血管疾病，及呼吸道系統疾病死亡率之影響程度。實證結果發現，前一天的細懸浮微粒濃度對心血管疾病死亡，及呼吸道系統疾病死亡衝擊顯著。
3. 陳思穎(2013)大氣細懸浮微粒中的化學因子短期暴露，對台大醫院缺血性心臟疾病，及急性腦中風急診住院率之相關影響。實證在空氣汙染短期暴露下，細懸浮微粒，及交通污染源或工業污染源排放的大氣汙染物濃度增高，使缺血性心臟疾病與急性腦中風的急診率增高。

第二節 空氣汙染預測之相關文獻

1. 傅文閣(2018)對高雄市一般空氣品質監測站各測站資料，分季建立複線性迴歸模型，以預測次日 PM_{2.5} 日均值。實證結果，顯示春季模型解釋力最佳，R² 值達 0.65~0.80；就預測濃度區間，以夏季模型的預測準確率最高，達 98% 以上，依序為：春季準確率 71.1~83.1%、秋季準確率 67.1~89.9%，最低為冬季，準確率僅達 50.0~64.4%。
2. 楊軒(2018)使用布建在臺灣地區大量的 PM_{2.5} 感測器的資料。運用線性迴歸、正規化、時間序列方式，預測未來五小時內的 PM_{2.5} 數值，設計一套適定性迭代方法 (Adaptive Iterative Forecast)，預測 PM_{2.5}，根據過往資料的變化，迅速預測出未來數小時 PM_{2.5} 的濃度值。

3. 朱容慧(2018) 以 DBN、SDBN、ARIMA 模型及 SARIMA 模型。使用林口測站、二林測站、花蓮測站、楠梓測站，四個監測站的空品資料，預測 SO₂、CO、O₃、PM₁₀、NO_x、NO 與 NO₂ 等。找出不同地區空氣汙染物最適預測模型，提高預測精準度，當預測出有異常資料出現時可提早警示，用以增加防範的時間。

第三節 穩健迴歸模型之相關文獻

1. Rousseeuw (1984) 所提出的最小中位數平方 (Least Median of Square)，其容離值為 50%，而 50% 是在所有穩健迴歸估計量中可達到的最高的容離值，這表示資料中的極端值對於 LMS 的影響很小。在後期，所發展的穩健迴歸估計量中，還有最小消去平方法 (Least Trimmed Square) (Rousseeuw,1983,1984) 及 S 估計法 (Rousseeuw and Yohai,1984) 等。而其中 S 估計法 (S-Estimators) 運用在當自變數或控制變數存在有離群值時的迴歸模型中。
2. Peason (1984) 所提出動差法 (Method of Moments,MM)，在一些條件下，依據大數據法則，樣本動差在機率上會趨近於母體動差，而動差又是參數的函數，固可利用反函數及 Slutsky 定理來得到參數估計式。其中的 MM 估計法 (MM-Estimators) 即是屬於使用在當應變數、自變數或控制變數皆存在有離群值時的迴歸模型中。
3. 顏培俊 (2003) 以最小平方法 (OLS)、最小消去平方法 (least Trimmed Squares, LTS)，及線性混合效果模型 (Linear Mixed Effects,LME)，對 1981 至 1991 年共 516 家臺灣上市公司股票預期報酬之三種模型：資本資產定價模型、特徵模型、因子模型，分別做配適並比較。實證結果，在 OLS、LTS 及 LME，股票報酬解釋變數：公司規模、系統風險、帳面權益對市值比等皆為股票報酬的顯著解釋因子；而在模型比較方面，三種模型 LME 都較 OLS 為較適當配適模型。這顯示，LME 在分析長期性資料時，的確是一個較佳的統計分析模型。
4. 林公韻 (2005) 使用羅吉斯模型 (Logit Model)，並混合穩健羅吉斯迴歸 (Robust Logistic Regression)，進行信用違約機率之預測，避免資料中的極端值影響估計結果，進而提升預測的準確性。在變數上使用 Z-SCORE 模型中的變數，在考慮公司的營收品質下，針對公司的應收帳款周轉率，而對相關的變數做了調整。並使用信用風險模型效力驗證的方法，來比較模型預測評價，實證結果顯示：

針對樣本內資料，穩健羅吉斯迴歸對於模型的預測效力，有提升的效果；當營收品質成為模型變數的考量因素後，能提高模型的預測能力。

5. 謝依珊(2010)以穩健 Logit 模型，進行極端值進行處理，建立一個新的公司財務危機預測模型，並且以一般的 Logit 模型作為對照組，藉以比較穩健 Logit 模型，與一般的 Logit 模型，對於公司財務危機預測能力。實證結果顯示：樣本內預測穩健 Logit 模型的模型解釋能力優於 Logit 模型，越接近財務危機發生日其準確率、K-S 值及 ROC 面積隨之遞增；樣本外的測試，穩健 Logit 模型的模型只略優於 Logit 模型。

關於空氣汙染，細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的預測文獻，多數使用迴歸模型與機械學習(Machine Learning)的方式進行預測。自環保署測站所下載之資料經整理後發現，各變數均存在著離群值(Outliers)而文獻中，並無發現針對有離群值存在的資料補救措施。因此本文以較不受離群值影響的穩健迴歸來建立 $PM_{2.5}$ 的預測模型。本文先對迴歸方程式中，依變數 (Y) 及 k 個自變數 ($X_j, j=1\sim k$) 存有離群值，進行推估方法如下：(1)若 Y 存在離群值所產生大的殘差值 (Large Residuals) 的 M 估計法 (M-estimators) (Huber,1975)；(2)當 k 個 X 變數中，有某些 X 變數存在離群值所產生高槓桿值 (High Leverages) 的 S 估計法 (S-estimators) (Rousseeuw and Yohai,1984)；(3)若 Y 及 X 變數皆有離群值的 MM 估計法 (MM-estimators) (Yohai,1987)。再與普通最小平方法(OLS)進行估計的預測評價。最後選擇最佳的迴歸估計法，進行空氣汙染減量模擬；並依迴歸參數推估與減量模擬結果，提出對應結論與建議。

第三章 研究方法

本章共分為三部分，於第一節先說明變數考量及資料特性分析；第二節為迴歸模型設定；第三節為估計方法簡介。

第一節 變數考量與資料特性分析

一、空氣汙染變數選定

PM_{2.5} 來源依據 Seinfeld and Pandis (1998) 書中整理的懸浮微粒衍生如圖 3-1 所示，原生性氣膠(PA)來源可分為無機及有機氣膠，無機氣膠飛為物理性破碎所產生如飛灰、揚塵等，有機氣膠為一次汙染排放如工廠及汽機車的排放等；衍生性氣膠(SA)為由 H₂SO₄、SO₂、NH₃ 及其他有機氣體在大氣反應後生成。

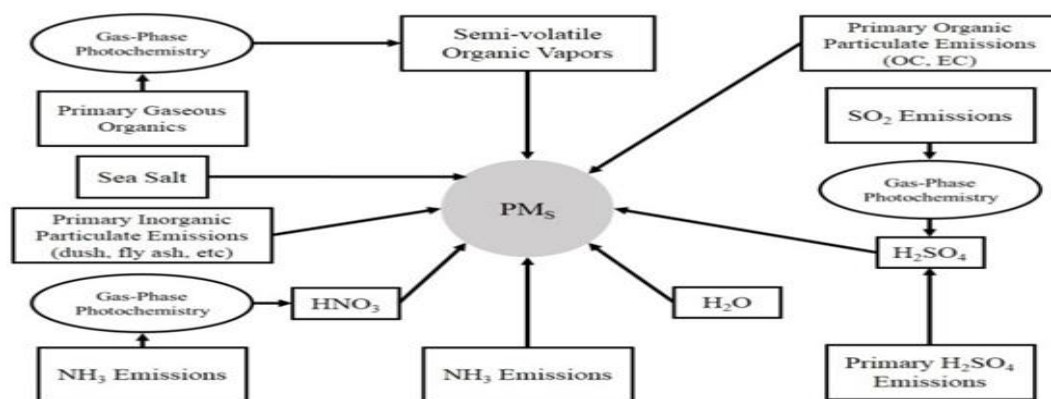


圖 3-1 大氣懸浮微粒來源 (摘自 Seinfeld and Pandis, 1998)

依據上述 PM_{2.5} 的來源可分為:原生性氣膠及衍生性氣膠。將變數區分成化學因子、氣象因素及季節性虛擬變數等三構面 (張立農等, 2015)。在化學因子(即衍生性氣膠), 構面列入二氧化氮(NO₂)、二氧化硫(SO₂)、一氧化碳(CO)。在氣象因子構面, 列入氣溫的時變化量(DAT)、相對溼度的時變化量(DRH)、風向角度(WD)、風速的時變化量(DWS)等變數。

二、遺漏值填補

由於空氣品質監測網所下載的資料中, 存在遺漏值如下圖 3-2。其原因有機械保養停機, 或機械故障所造成。在遺漏值的處理, 本文使用倒傳遞類神經網路法, 填補遺漏值。

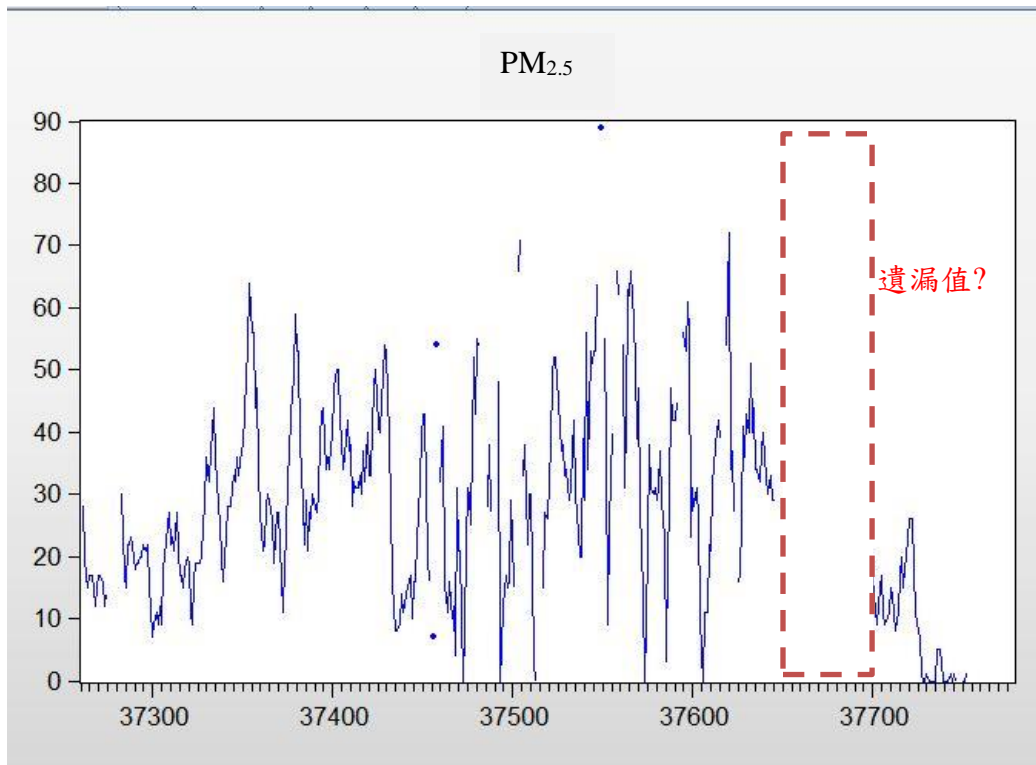


圖 3-2 遺漏值資料來源:西屯空氣品質測站

倒傳遞演算法分成兩個部份為:正向傳遞與反向傳遞之演算，正向傳遞是將信號由輸入層經過隱藏層後達到輸出層所產生輸出值的過程，當此傳遞至輸出層得不到期望的輸出時，將此輸出值及目標值代入能量函數並透過最陡坡降法得到加權值修正量稱為反向傳遞。藉由不斷重複正向與反向的演算產生一組最佳之加權值，如圖 3-3，並以最佳加權值產生輸出值。

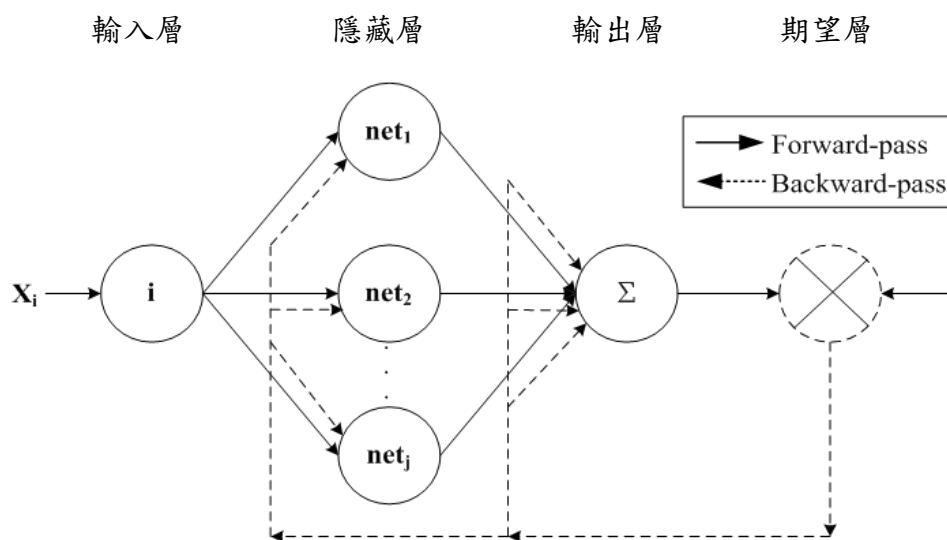


圖 3-3 正向傳遞與反向傳遞示意圖

二、單根檢定

資料填補遺漏值後，在建立迴歸模型前，需先檢視資料為定態(Stationary State)，或非定態(Non-Stationary State)。定態與非定態資料差別在於，定態的時間序列在長期預測會收斂至無條件的平均數及數列具未隨時間變動之條件變異數；而非定態的時間序列的平均數及變異數會隨著時間的更迭而變動，該資料具有隨機漫步(Random Walk)性質，稱為非定態時間序列。檢測變數是定態或非定態的時間序列資料，最常使用的方法是單根檢定。本文在進行單根檢定時採用 Augmented-Dickey Fuller(ADF)的三種方式，檢定時間序列資料是否呈現穩定的狀態分別為：

(一)、沒有截距項和時間趨勢項(τ 檢定):

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

(二)、有截距項，無時間趨勢(τ_μ 檢定):

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

(三)、有截距項和時間趨勢項(τ_τ 檢定):

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \alpha_1 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

其結果，如表 3-1：經過(ADF)檢定後變數顯示，PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、DAT、DWS、DRH 皆呈現顯著拒絕虛無假設，代表每個變數都不存在單根，為定態的時間序列；故本文以不需差分之水準項，進行實證模型設定之依據。

表 3-1 單根檢定表

變數	τ	τ_{μ}	τ_{τ}
PM _{2.5}	-5.042***	-10.810***	-10.812***
PM ₁₀	-3.602***	-9.432***	-9.747***
SO ₂	-4.009***	-11.638***	-11.952***
NO ₂	-3.613***	-10.092***	-10.360***
CO	-3.204***	-9.192***	-10.004***
AT	-0.740	-3.824***	-3.873**
WS	-3.876***	-10.666***	-10.691***
RH	-1.111	-10.023***	-10.096***
DAT	-19.573***	-19.572***	-19.580***
DWS	-18.876***	-18.875***	-18.874***
DRH	-21.520***	-21.518***	-21.517***

註：*、**及***，分別代表 $\alpha=10\%$ 、5%與 1%顯著。

四、離群值 (Outlier) 分析

本文中使用的三種方式確認西屯測站資料中的各個變數，是否存在顯著離群值。分別為：盒鬚圖 (Box Plot)、影響點 (Influence Statistics) 及槓桿圖 (Leverage Plots)，進行離群值之偵測。

(一)、盒鬚圖分析

西屯空氣品質測站資料，使用盒鬚圖可明顯判讀，細懸浮微粒(PM_{2.5})、懸浮微粒(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、溫度(AT)及濕度(RH)具有離群值的存在。僅風向(WD)，不存在離群值。

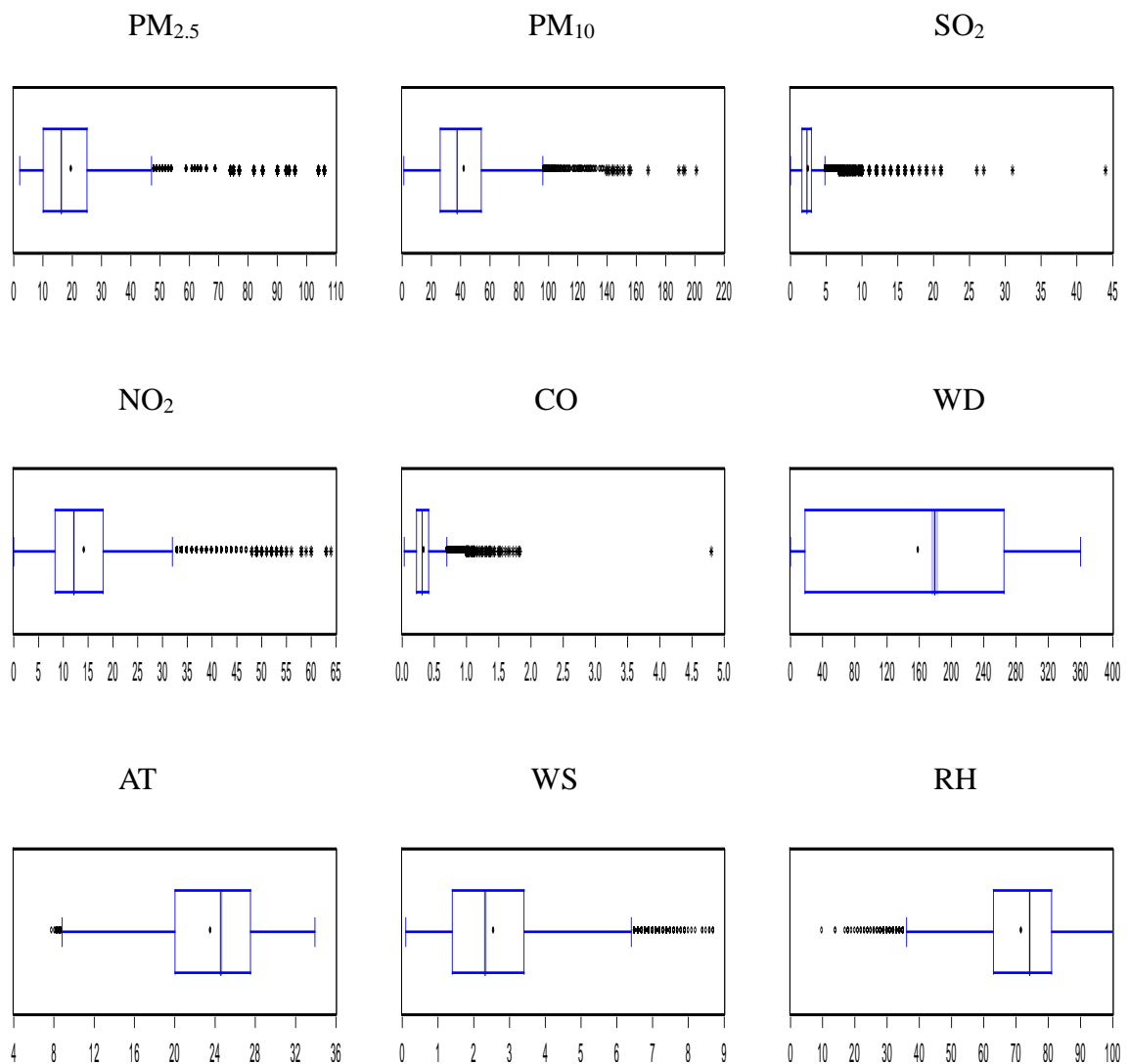


圖 3-4 西屯空氣品質測站資料盒鬚圖

(二)、影響點分析

西屯空氣品質測站資料使用(RStudent)、(Hat Matrix)、(DFFITS)、(COVRATIO)、(Dropped Resid)方式分析影響點如圖 3-5，發現最小平方法迴歸方程式存有影響點。

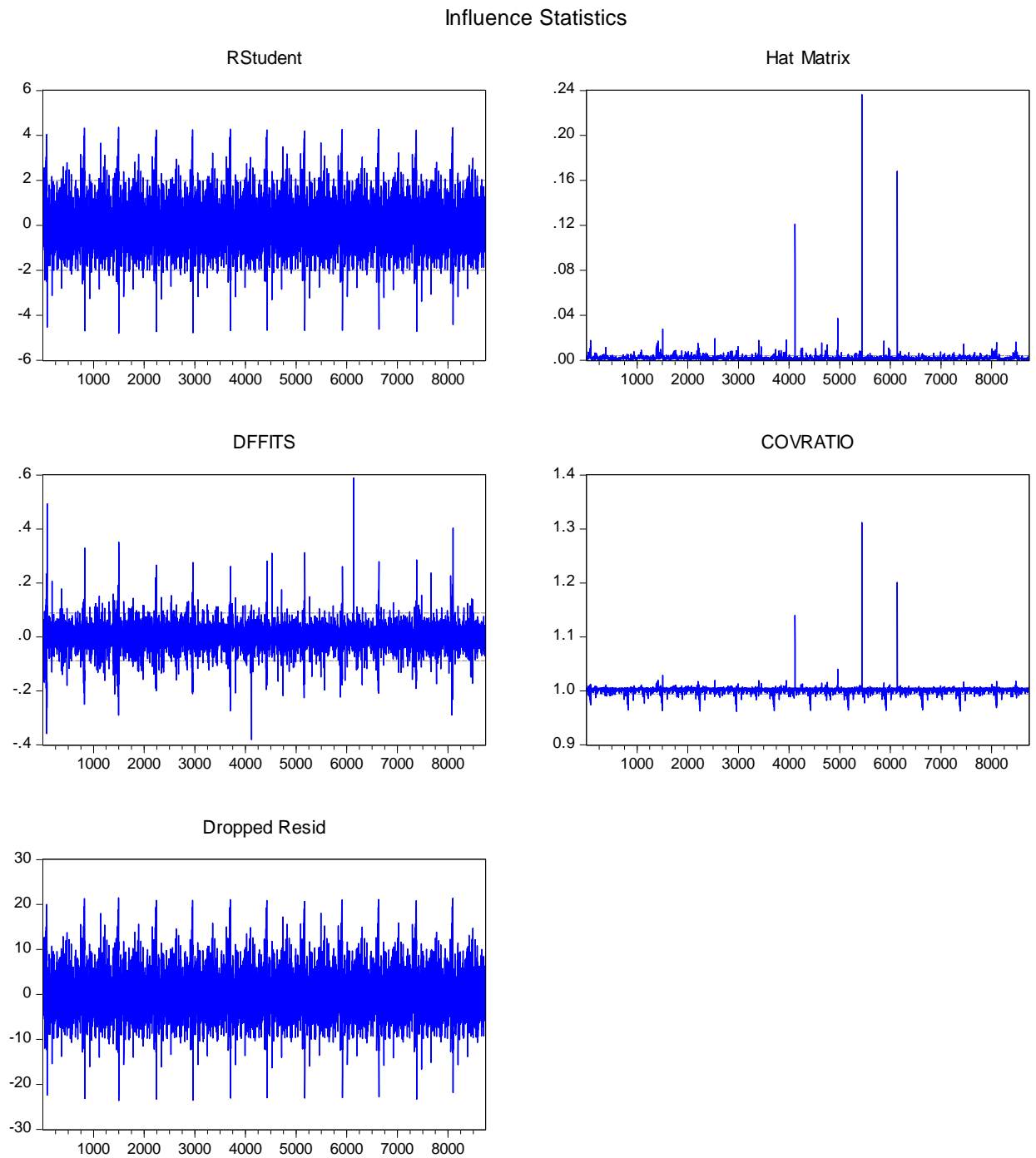


圖 3-5 西屯空氣品質測站資料影響點分析

(三)、槓桿圖分析

西屯空氣品質測站資料，使用槓桿圖分析判讀，結果發現自變數 CO、NO₂、SO₂、溫度變化量(DAT)、相對溼度變化量(DRH)、風速變化量(DWS)，均存在離群值而存在高槓桿值，如圖 3-6。

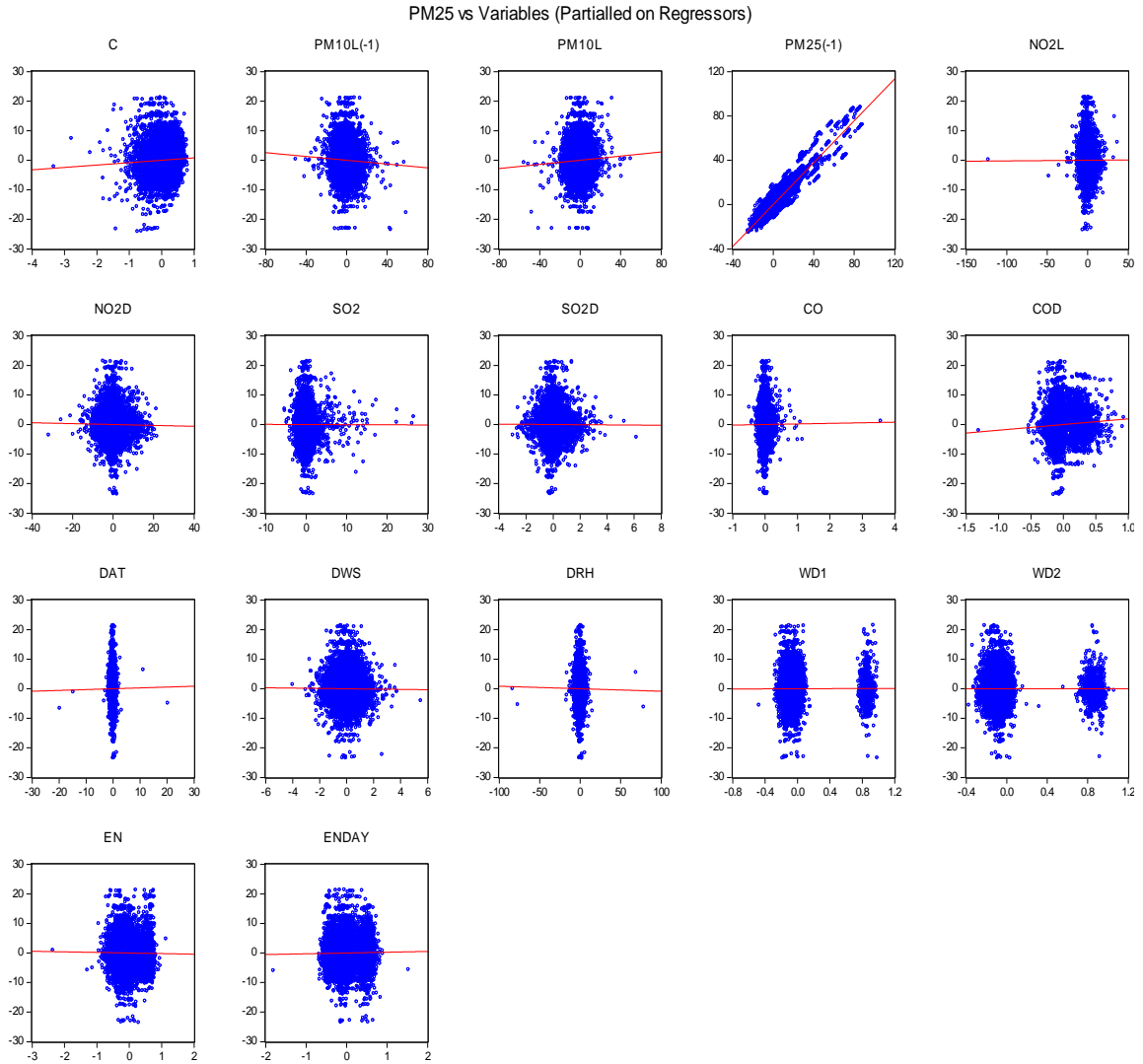


圖 3-6 西屯空氣品質測站資料槓桿圖分析

第二節 迴歸模型設定

迴歸模型的設定上，在上一節所提到的變數： $(PM_{2.5})$ 、 (PM_{10}) 、 (SO_2) 、 (NO_2) 、 (CO) 及氣象因子的時變化量 (DAT) 、 (DWS) 、 (DRH) 。

在時空因素上，由於西屯測站區內為人口集中區域(住宅、商業、餐飲業)，且周邊又有三個工業區(固定污染源)，及兩條快速道路(中山高與74號快速公路)車流量大。除了南來北往的交通，還有三個工業區上下班的車潮(移動污染源)。致使白天與晚上空污排放有所不同。本文新增時間虛擬變數，白天時段 $DEN=(08:00\sim 17:00)$ 與晚上時段 $DIN=(02:00\sim 08:00)$ 、上下班時段 $DTR=(07:00\sim 09:00\&17:00\sim 19:00)$ 。

文中將時間虛擬變數 (DEN) 、 (DIN) 、 (DTR) 與衍生性氣膠因子變數 (SO_2) 、 (NO_2) 、 (CO) 結合成新變數為： $(1)NO_2D=DIN*NO_2$ ，在 $02:00\sim 08:00$ 量測的 NO_2 。 $(2)SO_2D=DIN*SO_2$ 濃度，在 $02:00\sim 08:00$ 量測的 SO_2 濃度。 $(3)COD=CO*DTR$ ，在 $07:00\sim 09:00\&17:00\sim 19:00$ 量測的 CO 濃度。

每年10月至隔年3月東北季風時期，考量大陸地區所帶來的霧霾污染。文中設定季節虛擬 (EN) 。並考慮居民活動時間，建立在東北季風且又白天的 $ENDAY$ 。在風向的設定上為、 $WD1$ 為東北風、 $WD2$ 為西南風。由於西屯地區因為地形關係，導致當地微氣象會影響污染物之擴散情形，使其污染特徵不明確而降低估計效率，且為評估 $PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 存在滯留落遲效應；故本文將落遲一期依變數，加入獨立變數中。所設定迴歸方程式如下：

$$\begin{aligned} PM_{2.5} = & \beta_1 SO_2 + \beta_2 NO_2 + \beta_3 CO + \beta_4 PM_{10}(t-1) + \beta_5 PM_{10} + \beta_6 PM_{2.5}(t-1) + \beta_7 NO_2D + \beta_8 SO_2D \\ & + \beta_9 COD + \beta_{10} DAT + \beta_{11} DWS + \beta_{12} DRH + \beta_{13} WD1 + \beta_{14} WD2 + \beta_{15} EN + \beta_{16} ENDAY \\ & + \beta_{17} + \varepsilon \end{aligned} \quad (4)$$

第三節 估計方法簡介

為簡化計算，在式(1)中，依變數PM_{2.5}以Y取代，各個獨立變數以X_i(i=1~16)取代。茲簡介三種迴歸模型如下：

一、普通最小平方法(OLS)

令殘差平方和極小化之目標函數為：

$$\min \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2 = \varepsilon' \varepsilon \quad (5)$$

式(2)殘差項 $\hat{\varepsilon} = Y - \hat{Y}$ ($\hat{Y} = X\hat{\beta}$)，則普通最小平方法(Ordinary Least Square, 簡稱OLS)迴歸參數估計量為：

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (6)$$

式(6)中， $\hat{\beta}' = [\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1 \sim \hat{\beta}_{16}]$ 。

二、穩健迴歸

當樣本存在離群值時，採上述OLS方法，所推估之迴歸參數，將無法正確反映統計關係。由Huber(1973)、Rousseeuw and Yokai(1984)及Yokai(1987)，所提出之穩健迴歸，旨在降低極端值對迴歸參數之偏誤。假設有n筆資料，p個變數，以Z代表所有n筆資料所組成的樣本集合：

$$Z = \{(X_{11}, \dots, X_{1p}, Y_1), \dots, (X_{n1}, \dots, X_{np}, Y_n)\} \quad (7)$$

T是依據Z樣本及迴歸後得到的迴歸參數(因有p個變數，故T代表一個p維度的陣列)：

$$T(Z) = \hat{\theta} \quad (8)$$

現假設Z樣本集合n筆資料中，有m筆資料被任意值所取代，這代表有m筆資料與原樣本群不相關之數值(極端值概念)，而被m筆資料混合取代後的樣本集合以Z'表示。

以bias(m;T,Z)表示Z樣本中有m筆資料被任意取代後，在進行迴歸估計，所得到的最大誤差值，其定義可寫為：

$$\text{bias}(m; T, Z) = \frac{\text{SUP} \|T(Z^{\wedge'}) - T(Z)\|}{Z} \quad (9)$$

若 $\text{bias}(m; T, Z)$ 為無限大 (Infinite)，表示這 m 筆極端值的資料對於 T 有極大的影響，等於是估計量 T 產生「Break Down」(故障、損壞)；所以對於樣本 Z 而言，估計量 T 的容離值，以 $\varepsilon_n^*(T, Z)$ 表示為：

$$\varepsilon_n^*(T, Z) = \min \left\{ \frac{m}{n}; \text{bias}(m; T, Z) \text{ is infinite} \right\} \quad (10)$$

即 $\varepsilon_n^*(T, Z)$ 是使得估計量 $T(Z')$ ，任意 (arbitrarily) 遠離原估計量 $T(Z)$ 的極端值，占所有樣本數的比例。

若使用最小平方法，則 $\varepsilon_n^*(T, Z) = \frac{1}{n}$ ，只要存在極端值，便會使得估計量 $T(Z')$ 任意遠離原估計量 $T(Z)$ 。所以當 $\varepsilon_n^*(T, Z)$ 越高，表示在估計量 $T(Z)$ 中可容忍的極端值比例越大，故該估計量 $T(Z)$ 便能較不受極端值的影響， $T(Z)$ 也就越穩健 (robust)；式(10)，即為穩健迴歸之理論思維。

本文先對迴歸方程式的選定為先行比較穩健迴歸的三種估計法，(1)M 估計法當 Y 存在離群值而有產生大的殘差值。(2)S 估計法當變數中，有某些 X 變數存在離群值而產生高槓桿值。(3)MM 估計法若 Y 及 X 變數皆有離群值。何者為最適估計法後再與最小平方法 (OLS) 進行預測評價，最後以此迴歸方程式進行減量模擬。

第四章 研究結果與討論

第一節 空氣品質時空差異分析

一、敘述統計

西屯空氣品質測站，2018年1月1日起至2018年12月31日止的細懸浮微粒(PM_{2.5})、懸浮微粒(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、風向角度、風速、溫度及濕度等。時資料資料敘述性統計，如表4-1顯示，說明如下：

西屯站所搜集資料之中央位置量數(平均數與中位數)，及變異量數(極大、極小、標準差)，大抵呈現PM₁₀、PM_{2.5}及RH之平均值與標準差相對大於其他變數。西屯平均PM_{2.5}濃度19.711微克/立方公尺距離行政院目標在2019年底降至18微克/立方公尺還有差距。

表 4-1 敘述統計表

變數	平均數	中位數	最大值	最小值	標準差
PM _{2.5}	19.711	16.000	106.000	2.000	15.205
PM ₁₀	42.528	37.000	201.000	1.000	22.753
SO ₂	2.508	2.200	44.000	0.000	1.750
NO ₂	14.248	12.000	64.000	0.000	8.382
CO	0.340	0.300	4.800	0.030	0.185
WD	158.991	178.000	360.000	0.000	126.711
AT	23.585	24.600	33.900	7.800	5.238
WS	2.557	2.300	8.700	0.100	1.510
RH	71.670	74.000	100.000	9.800	12.654
EN	0.499	0.000	1.000	0.000	0.500

二、環境因子差異性分析

本文因西屯測站的地理因素，新增時間虛擬變數，白天時段(1)DEN=(08:00~17:00)；與晚上時段(2)DIN=(02:00~08:00)；上下班時段(3)DTR=(07:00~09:00&17:00~19:00)；在風向的設定上為(4)WD1 為東北風、(5)WD2 為西南風；季節虛擬變數(6)EN 為東北季風時期。各變數與時間虛擬變數的關係如表 4-2 所示。

PM_{2.5} 濃度白天高、SO₂ 濃度白天時段高、NO₂ 濃度夜間、上下班時段及東北季風時期高，CO 在夜間、上下班時間及東北季風時期濃度高。

表 4-2 環境因子差異性分析表

變數	DEN		DIN		DTR		WD1		WD2		EN	
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
PM _{2.5}	19.908	19.570	18.114	20.368	20.214	19.543	20.019	19.682	20.75	19.616	19.742	19.679
	(1.042)a		(-39.960 ^{***})		(1.67 [*])a		(0.332)		(3.741 [*])		(0.037)	
PM ₁₀	44.023	41.46	38.838	44.048	21.881	23.038	46.648	42.147	21.919	22.815	45.867	39.208
	(5.304)a		(-95.910 ^{***})		(-0.200)a		(4.704 ^{***})a		(-9.292 ^{***})		(13.836 ^{***})a	
SO ₂	2.795	2.303	2.222	2.626	2.463	2.523	2.644	2.496	2.426	2.516	2.346	2.670
	(11.836 ^{***})a		(-12.814 ^{***})a		(-1.474)a		(2.951 ^{***})a		(-2.124 ^{**})a		(-8.682 ^{***})a	
NO ₂	12.091	15.788	14.329	14.214	15.602	13.796	15.283	14.152	18.021	13.903	15.996	12.509
	(-21.575 ^{***})a		(0.608)a		(76.873 ^{***})		(2.866 ^{***})a		(165.176 ^{***})		(19.883 ^{***})a	
CO	0.308	0.363	0.354	0.334	0.377	0.328	0.349	0.339	0.398	0.334	0.392	0.288
	(-14.187 ^{***})a		(20.225 ^{***})		(11.088 ^{***})a		(1.188)a		(9.551 ^{***})a		(27.377 ^{***})a	
WD	192.979	134.714	130.552	170.702	147.768	126.444	218.47	153.495	35.074	170.307	130.103	187.722
	(21.262 ^{***})a		(-14.710 ^{***})a		(22.965 ^{***})		(42.250 ^{***})a		(-92.233 ^{***})a		(-21.831 ^{***})a	
AT	25.478	22.234	21.848	23.3	23.573	23.589	26.293	23.335	21.273	23.796	19.954	27.196
	(29.787 ^{***})a		(-20.837 ^{***})a		(-0.014)		(17.379 ^{***})a		(-14.788 ^{***})a		(-89.453 ^{***})a	
WS	3.158	2.128	2.141	2.729	2.562	2.556	1.582	2.647	1.999	2.608	2.827	2.289
	(33.241 ^{***})a		(-283.315 ^{***})		(0.162)a		(-28.039 ^{***})a		(-14.070 ^{***})a		(16.909 ^{***})a	
RH	63.600	77.435	78.299	68.941	71.295	71.796	71.718	71.666	73.990	71.459	71.313	72.026
	(-57.877 ^{***})a		(37.812 ^{***})a		(-1.791 [*])a		(0.113)a		(26.968 ^{***})		(2.636 ^{***})a	

註：a 採變異數不相等之 Welch-T 檢定。

三、時空差異性分析

西屯空氣品質測站 2018 年 1 月 1 日起至 2018 年 12 月 31 日止的細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 時空資料、如圖 4-1、圖 4-2、圖 4-3 顯示，分別說明如下：

西屯站 PM_{2.5} 的月平均值可看出 2018 細懸浮微粒的濃度變化呈現各月份差距不大的狀況

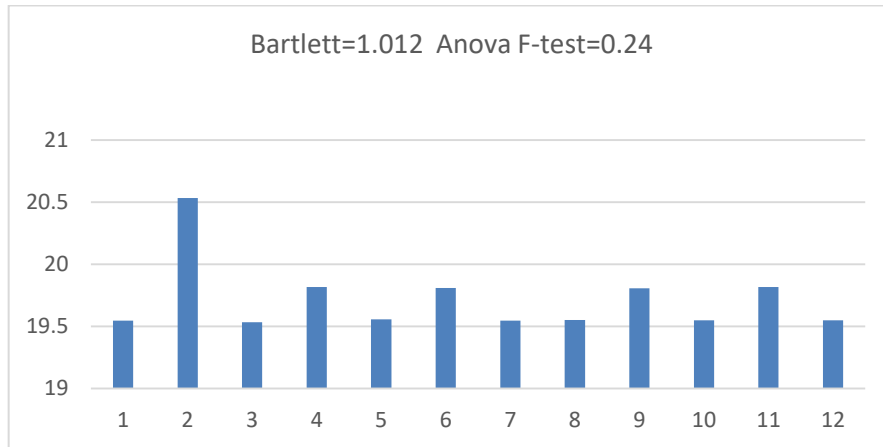


圖 4-1 PM_{2.5} 月別平均值比較與檢定

西屯站 PM_{2.5} 的每月日平均值可看出，2018 細懸浮微粒的濃度變化呈現周期性的變化，在上班日週一至週五較高，六日時相對低。

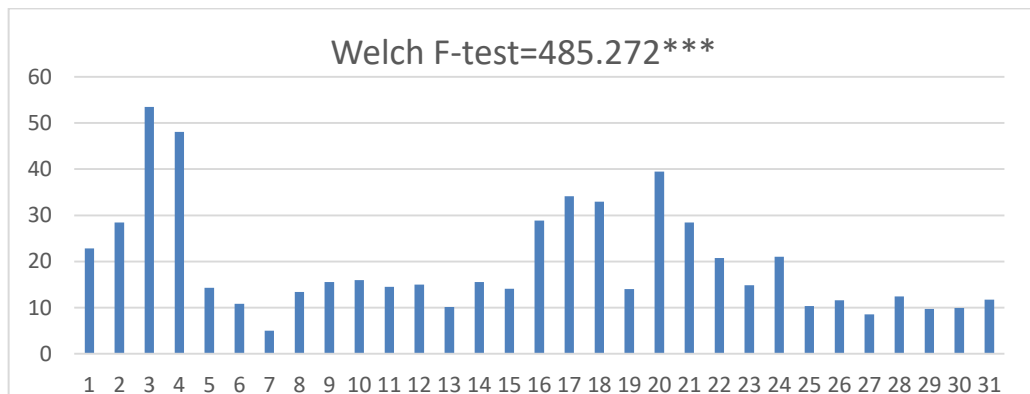


圖 4-2 PM_{2.5} 日別平均值比較與檢定²

²西屯測站日平均值之變異數顯著不相等(Bartlett 檢定)，故採 Welch-F 檢定進行平均數差異性檢定，***代表 $\alpha=1\%$ 顯著。

西屯站 PM_{2.5} 的每日時平均值可看出，2018 細懸浮微粒的濃度呈現空氣最好的時段落在，凌晨 2 時至早晨 7 時。

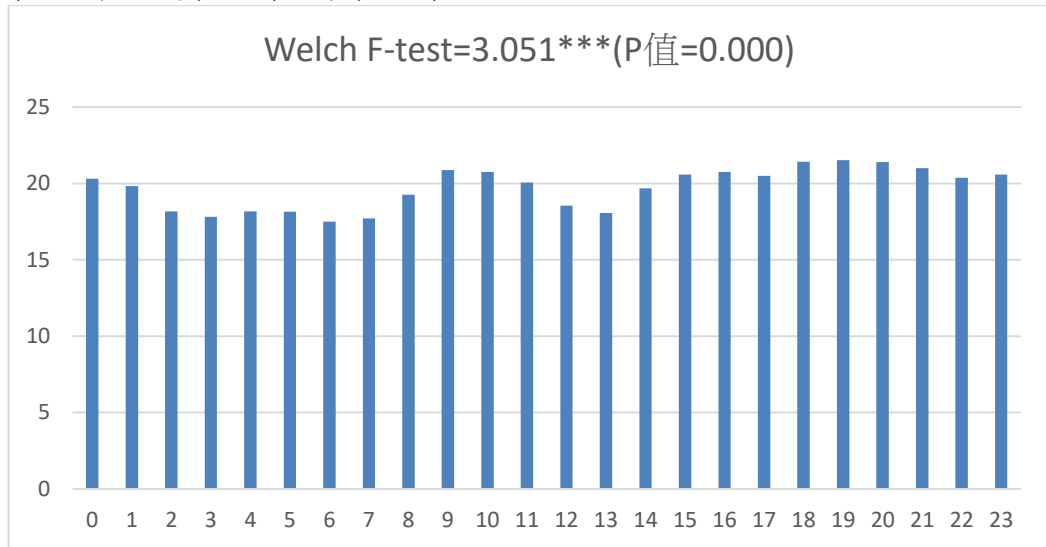


圖 4-3 PM_{2.5} 時別平均值比較與檢定³

四、相關係數分析

西屯空氣品質測站資料可判讀，如表 4-3，之相關係數表發現：依變數(PM_{2.5})與落遲一期的原生性氣膠 PM_{2.5}(t-1)、PM₁₀(t-1)。衍生化學因子 CO、NO₂、及交互因子變數 COD、DRH 呈現顯著正相關；而與交互因子變數 NO₂D、SO₂D 則呈現顯著線性負相關。

³西屯測站時平均值之變異數顯著不相等(Bartlett 檢定)，故採 Welch-F 檢定進行平均數差異性檢定，***代表 $\alpha=1\%$ 顯著。

《表 4-3》西屯站相關係數

變數	PM ₂₅	PM ₁₀₍₋₁₎	PM ₁₀	PM ₂₅₍₋₁₎	NO ₂	NO _{2D}	SO ₂	SO _{2D}	CO	COD	DAT	DWS	DRH	WD1	WD2	EN	ENDAY
PM ₂₅	1	0.101***	0.103***	0.901***	0.038***	-0.088***	0.026**	-0.088***	0.049***	0.011	-0.052***	-0.015	0.052	0.003	0.022**	0.003	0.037***
PM ₁₀₍₋₁₎	0.100***	1	0.937***	0.103***	0.384***	-0.076***	0.414**	-0.020***	0.469***	0.029***	-0.132***	-0.015	0.117***	0.045***	0.043***	0.123***	0.090***
PM ₁₀	0.101***	0.951***	1	0.097***	0.402***	-0.071***	0.442**	-0.086***	0.497***	0.049***	-0.103***	0.004	0.113***	0.048***	0.042***	0.123***	0.116***
PM ₂₅₍₋₁₎	0.946***	0.101***	0.096***	1	0.037***	-0.080***	0.020*	-0.080***	0.043***	-0.016	-0.069***	-0.020**	0.065***	0.005	0.023**	0.003	0.017
NO ₂	0.065***	0.441***	0.466***	0.059***	1	0.132***	0.339***	0.074***	0.789***	0.185***	-0.070***	0.041***	0.107***	0.003	0.161***	0.183***	0.010
NO _{2D}	-0.040***	0.073***	0.075***	-0.038***	0.279***	1	-0.029***	0.978***	0.123***	0.093***	0.235***	0.090***	-0.222***	-0.013	0.112***	0.011	-0.204
SO ₂	0.0135	0.296***	0.316***	0.009	0.304***	-0.016	1	0.027**	0.317***	0.023**	0.021**	0.051***	0.046***	0.068***	0.029***	-0.038***	0.020**
SO _{2D}	-0.047***	0.010	0.017	-0.044***	0.109***	0.856***	0.047***	1	0.079***	0.086***	0.238***	0.085***	-0.224***	-0.015	0.102***	-0.001	-0.207***
CO	0.066***	0.497***	0.524***	0.059***	0.812***	0.283***	0.347***	0.141***	1	0.232***	0.026**	0.056***	-0.000	-0.032***	0.134***	0.324***	0.088***
COD	0.036***	0.089***	0.114***	0.011	0.278***	0.208***	0.059***	0.156***	0.333***	1	0.100***	-0.022**	-0.114***	-0.049***	0.024**	0.027**	0.073***
DAT	-0.016	-0.064***	-0.045***	-0.025**	0.000	0.175***	0.001	0.180***	0.067***	0.203***	1	0.205***	-0.800***	0.000	0.047***	-0.012	0.122***
DWS	-0.009	-0.006	0.005	-0.008	0.042***	0.080***	0.030***	0.074***	0.055***	-0.005	0.196***	1	-0.151***	-0.059***	0.030***	-0.005	0.040***
DRH	0.019*	0.051***	0.058***	0.026**	0.045***	-0.172***	0.038***	-0.181***	-0.033***	-0.174***	-0.698***	-0.125***	1	0.019**	-0.029***	0.011	-0.094***
WD1	0.006	0.053***	0.055***	0.005	0.038***	0.005	0.024**	-0.001	0.016	-0.050***	-0.001	-0.059***	0.010*	1	-0.092***	-0.178***	-0.122***
WD2	0.021*	0.036***	0.033***	0.022**	0.136***	0.123***	-0.014	0.100***	0.096***	0.044***	0.050***	0.031***	-0.038***	-0.092***	1	0.128***	-0.026**
EN	0.002	0.146***	0.146***	0.002	0.208***	0.053***	-0.092***	-0.007	0.281***	0.076***	0.000	0.000	0.001	-0.178***	0.128***	1	0.514***
ENDAY	0.008	0.080***	0.101***	-0.002	-0.01	-0.153***	-0.005	-0.180***	0.039***	0.099***	0.156***	0.048***	-0.101***	-0.122***	-0.026**	0.514***	1

註：1.*、**及***分別代表α在 10%、5%及 1%顯著。

2.左下角為 Pearson 相關係數，右上角為 Spearman 相關係數。

第二節 迴歸實證與預測評價

一、迴歸參數推估結果

本節中使用第三章第三節所提出的四種迴歸模型執行預測評價，實證結果，如表 4-4，在最小平方法(OLS)、穩健迴歸(ROBUST)中。對於 PM_{2.5} 的解釋力為穩健迴歸($\bar{R}_w^2=0.914$)優於最小平方法($\bar{R}^2=0.895$)的解釋力。變數 PM_{2.5}(t-1)、PM₁₀、SO₂、COD、DAT 及 ENDAY 呈現顯著正相關；變數 PM₁₀(t-1)、NO₂、SO₂D、EN 則呈現負相關。其結果如下表：

表 4-4 迴歸實證

變數	OLS (t 值)	ROBUST-M (z 值)	ROBUST-S (z 值)	ROBUST-MM (z 值)
SO ₂	-0.005 (-0.142)	0.021 (0.672)	0.062 (1.797 ^{**})	0.021 (0.653)
NO ₂	0.002 (0.196)	-0.003 (-0.283)	-0.0327 (-2.904 ^{***})	-0.003 (-0.282)
CO	0.197 (0.358)	0.117 (0.235)	0.169 (0.3070)	0.123 (0.246)
PM ₁₀ (-1)	-0.032 (-4.261 ^{***})	-0.018 (-2.644 ^{***})	-0.006 (-0.835)	-0.018 (-2.700 ^{***})
PM ₁₀	0.035 (4.553 ^{***})	0.02 (3.226 ^{***})	0.014 (1.869 ^{**})	0.023 (3.273 ^{***})
PM _{2.5} (-1)	0.945 (270.779 ^{***})	0.927 (292.725 ^{***})	0.913 (260.832 ^{***})	0.928 (292.935 ^{***})
NO ₂ D	-0.015 (-1.026)	-0.016 (-1.221)	0.000 (0.007)	-0.016 (-1.210)
SO ₂ D	-0.031 (-0.325)	-0.130 (-1.490 ^{**})	-0.169 (-1.753 ^{**})	-0.128 (-1.474 [*])
COD	1.921 (6.139 ^{***})	1.794 (6.314 ^{***})	1.592 (5.072 ^{***})	1.803 (6.345 ^{***})
DAT	0.028 (0.290)	0.183 (2.058 ^{**})	0.389 (3.958 ^{***})	0.180 (2.023 ^{**})
DWS	-0.054 (-0.736)	-0.079 (-1.183)	-0.010 (-0.129)	-0.078 (-1.160)
DRH	-0.008 (-0.431)	-0.003 (-0.178)	0.034 (1.715 ^{**})	-0.003 (-0.189)
WD1	0.096 (0.491)	0.000 (0.001)	0.145 (0.742)	0.002 (0.013)
WD2	0.027 (0.137)	0.162 (0.913)	0.176 (0.894)	0.156 (0.879)

《表 4-4》迴歸實證(續)

變數	OLS (t 值)	ROBUST-M (z 值)	ROBUST-S (z 值)	ROBUST-MM (z 值)
EN	-0.196 (-1.417*)	-0.274 (-2.189**)	-0.171 (-1.233)	-0.274 (-2.189***)
ENDAY	0.265 (1.605*)	0.534 (3.568***)	0.615 (3.718***)	0.532 (3.552***)
C	0.811 (5.332***)	0.976 (7.064***)	0.884 (5.795***)	0.970 (7.024***)
R-squared	0.895	0.641	0.598	0.646
Adjusted R-squared	0.895	0.641	0.598	0.646
Rw-squared	NA	0.914	NA	0.914
Adjust Rw-squared	NA	0.914	NA	0.914

註：括弧數字 t 統計值(Robust 迴歸式為 z 值)；***、**及*，分別代表 $\alpha=1\%$ 、5%與 10%顯著異於 0。

二、預測績效

西屯站空品測站樣本區間，自 2018/01/01 至 2018/12/31 的樣本資料，用此四組迴歸模型執行樣本外 24 小時預測，並與 2018/12/31 的西屯測站的 PM_{2.5} 實際資料，進行預測評價分別以：均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)、平均絕對誤差(Mean Absolute Error, MAE)，及平均絕對誤差百分比(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)。公式如下，進行預測評價。

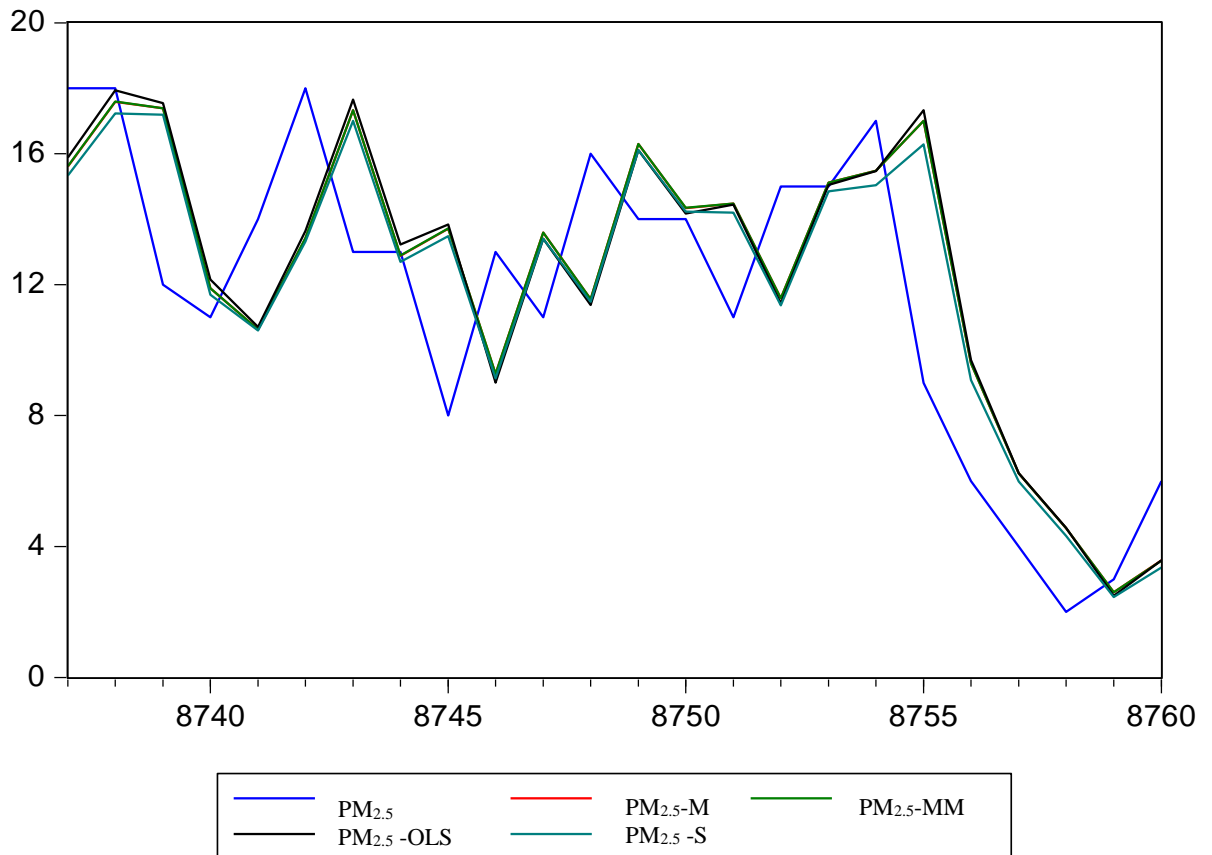
1. $RMSE = \sqrt{MSE}$
2. $MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - y_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i|$ 。
3. $MAPE = \left| \frac{Y_{n_0+t} - \hat{Y}_{n_0+t}}{Y_{n_0+t}} \right|$ 。

實證結果如表 4-5，比較此四組迴歸模型中，以穩健迴歸中的 S 估計法優於其它三組迴歸模型。而在圖 4-4 亦可看出預測績效評價。

表 4-5 預測績效

時	PM ₂₅	PM ₂₅ -OLS	PM ₂₅ -M	PM ₂₅ -S	PM ₂₅ -MM
0	18	15.887	15.608	15.333	15.616
1	18	17.939	17.590	17.227	17.599
2	12	17.543	17.392	17.187	17.392
3	11	12.155	11.885	11.691	11.890
4	14	10.711	10.629	10.598	10.629
5	18	13.637	13.418	13.315	13.423
6	13	17.651	17.326	17.001	17.332
7	13	13.227	12.879	12.697	12.890
8	8	13.841	13.706	13.484	13.714
9	13	9.002	9.273	9.131	9.270
10	11	13.403	13.594	13.402	13.593
11	16	11.382	11.553	11.474	11.553
12	14	16.106	16.301	16.108	16.300
13	14	14.168	14.343	14.228	14.344
14	11	14.443	14.475	14.196	14.477
15	15	11.428	11.588	11.370	11.586
16	15	15.042	15.116	14.853	15.117
17	17	15.466	15.479	15.034	15.483
18	9	17.328	17.001	16.285	17.008
19	6	9.698	9.596	9.081	9.597
20	4	6.241	6.235	5.983	6.232
21	2	4.575	4.564	4.323	4.562
22	3	2.495	2.606	2.453	2.600
23	6	3.577	3.572	3.358	3.569
預測評價					
RMSE	NA	3.521(4)	3.451(2)	3.335(1)	3.452(3)
MAE	NA	2.871(4)	2.847(2)	2.797(1)	2.848(3)
MAPE	NA	32.721(4)	32.213(2)	30.969(1)	32.222(3)

註:括弧數字,代表預測優劣排序。



第三節 減量模擬

在尚未進行PM_{2.5}減量模擬前，首先，須瞭解2018年西屯測站的空氣污染排放總量，如表4-6顯示，因PM_{2.5}為原生性氣膠(PA)與衍生性氣膠(SA)所組成，文中以PA代表細懸浮微粒、SA代表衍生性氣膠(SO₂、NO₂、CO)。而西屯測站在2018年的每小時PM_{2.5}排放量，平均為19.711微克/立方公尺，目標要降至18微克/立方公尺，目標減量為1.711微克/立方公尺，幅度為8.68%。

表4-6 年排放表

2018 西屯測站排放量(噸/年)								
來源	PM _{2.5}	佔比	SO ₂	佔比	NO ₂	佔比	CO	佔比
固定污染源	3.02	28.7%	7.24	98.33%	5.743	4.8%	0.792	1.4%
移動污染源	7.49	71.1%	0.055	0.75%	112.32	94.8%	55.169	98.2%
住宅、商業 (含餐飲業)	0.027	0.3%	0.068	0.92%	0.458	0.4%	0.235	0.4%
總計	10.537	100%	7.363	100%	118.521	100%	56.196	100%

註 資料來源:TEDS 9.0

本文最終目的，旨在分別模擬PA、SA等關鍵變數平均等比例減量後，對PM_{2.5}改善程度；茲將模型之減量模擬結果，列示在表4-7、表4-8中顯示：(1)西屯測站2018年之PM_{2.5}樣本，平均值為19.711微克，高於行政院目標的18微克，時排放量須減量1.711微克。(2)由於環境政策在短期無法改變氣候及季節性虛擬變數，故本文在進行情境模擬時，皆以平均值乘以對應迴歸係數，推估這些變數對平均PM_{2.5}之影響。(3)將上述變數平均值，帶入表4-3之迴歸係數，可求得減量1.711微克之PM_{2.5}(SA+PA)，並在90%的信賴區間求得減量的上限與下限值，公式如下：

一、減量目標模擬

$$PM_{2.5} = \widehat{PM}_{2.5} + \widehat{\varepsilon}$$

$$PM_{2.5} = \widehat{\beta}_1 SO_2 + \widehat{\beta}_2 NO_2 + \widehat{\beta}_3 CO + \widehat{\beta}_4 PM_{10}(t-1) + \widehat{\beta}_5 PM_{10} + \widehat{\beta}_6 PM_{2.5}(t-1) + \widehat{\beta}_7 NO_2D + \widehat{\beta}_8 SO_2D + \widehat{\beta}_9 COD + \widehat{\beta}_{10} DAT + \widehat{\beta}_{11} DWS + \widehat{\beta}_{12} DRH + \widehat{\beta}_{13} WD1 + \widehat{\beta}_{14} WD2 + \widehat{\beta}_{15} EN + \widehat{\beta}_{16} ENDAY + \widehat{\beta}_{17} + \widehat{\varepsilon} \quad (11)$$

$$\Delta PM_{2.5} = \Delta \widehat{PM}_{2.5} + \Delta \widehat{\varepsilon}$$

$$= \Delta SA + \Delta PA$$

$$= \widehat{\beta}_6 \Delta SO_2 + \widehat{\beta}_4 \Delta NO_2 + \widehat{\beta}_8 \Delta CO + \Delta PA \quad (12)$$

二、減量模擬上限與下限

$$\widehat{\beta}_k - t_{\frac{\alpha}{2}} \times SE(\widehat{\beta}_k) < \widehat{\beta}_k < \widehat{\beta}_k + t_{\frac{\alpha}{2}} \times SE(\widehat{\beta}_k) \quad k=1, 2, 3 \quad (13)$$

表4-7 減量模擬(時資料)

2018 西屯空污減量目標/時排放量/(微克/m ³)					
減量	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	PA 及其他 SA
上限	1.748	2.601E-05	-1.753E-05	0.032	1.716
目標	1.711	1.358E-05	-4.044E-05	0.005	1.716
下限	1.694	1.149E-06	-6.334E-05	-0.022	1.716

表 4-8 減量模擬(年資料)

2018 西屯空污減量目標/年排放量/噸						
來源	減量	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	PA 及其他 SA
固定污染源	上限	2.119	1.204	0.216	0.437	0.262
	目標	1.458	0.628	0.499	0.069	0.262
	下限	0.796	0.053	0.781	-0.300	0.262
移動污染源	上限	35.343	0.009	4.227	30.457	0.650
	目標	15.194	0.005	9.750	4.789	0.650
	下限	-4.956	4.040E-04	15.273	-20.879	0.650
住宅、商業 (含餐飲業)	上限	0.161	0.011	0.017	0.130	0.002
	目標	0.068	0.006	0.040	0.020	0.002
	下限	-0.024	4.990E-04	0.062	-0.089	0.002

第五章 結論與建議

第一節 研究結論

本文於研究過程中發現以下幾點：

- 一、西屯測站空氣品質資料呈現PM_{2.5}濃度，平均值19.711微克/立方公尺，距離行政院目標，在2019年底降至18微克/立方公尺，還有差距。
- 二、西屯監測站周圍PM_{2.5}濃度影響主要來自於：(1)移動污染源，三個工業區的上下班人潮與車流的排放。(2)固定污染源，因工業區的建立，工廠的增加，使工業廢氣排放越高。(3)商業活動，住宅與餐廳。因人口的移入，活動的增加導致排放也增加。
- 三、以西屯監測站資料，執行四組迴歸模型解釋力優劣為(1)穩健迴歸 $\bar{R}_w^2=0.914$ 優於最小平方法 $\bar{R}^2=0.895$ 。
- 四、以西屯測站資料，執行四組迴歸模型預測績效評價優劣為穩健迴歸的S-估計法為最優。
- 五、西屯地區的空污改善，首先應由汽機車的排放開始。

第二節 管理意涵

台中地區的空氣污染來源，從媒體相關所得到訊息不外乎，境外污染、中火、台中港船舶等。當研究單一測站西屯時發現，當地的地形、地貌、微氣象、經濟活動的發展才是空氣污染來源主因。

空氣污染的防治，以西屯監測站為例，政府單位應就不同地區的地理環境因素，氣象因素等。才能提出有效的防治策略。西屯因地理因素導致擴散現象不明顯，其主要來源順序為：移動污染源、固定污染源、商業活動與住宅與餐廳。文中依據 2018 年西屯空污的排放量，以行政院 18 微克/立方公尺為目標。計算出各污染源需減量的數值。清楚的呈現，西屯地區的空污防治的方向與(PA)與(SA)減量的目標值。

第三節 研究限制和方向

研究限制：

- 一、綜合上述分析結果，本文中只選取西屯站(一般測站)資料，進行迴歸預測評價，樣本數過少。難以充分說明西屯地區整個 PM_{2.5} 濃度的變化狀況。
- 二、文中的減量模擬，係以等比例對原生性氣膠與衍生性氣膠進行情境減量，與現實的台中市政府，在西屯地區的空污防治存在著落差，這亦是本文的限制之一。
- 三、文中未使用多重比較法檢定各變數之間平均數的差異，建議後續研究者能採用多重比較法，使各資料變數因子之間的關係處理上更為嚴謹。

未來研究方向：

- 一、西屯測站資料中，所能選取之資料與國民健康之關聯性的監測因子，建議能加入 PM_{1.0} 及致癌物質，如：砷、鎘、鎳、戴奧辛等。能使空污與國民健康的監測與預測更具參考性。
- 二、文中穩健迴歸 S 估計法，係當 k 個 X 變數中，有某些 X 變數存在離群值所產生高槓桿值時使用。當 Y 為 PM_{2.5} 有離群值時，建議後續研究者，可結合醫療相關資料，研討 PM_{2.5} 的離群值對區域居民健康或相關疾病之衝擊效應。

參考文獻

一、中文部份

1. 李文惠 (2013)。大氣 PM_{2.5} 暴露與台灣民眾健康成本效益評估(未出版之碩士論文)。長榮大學，台南市。
2. 朱容慧 (2018)。應用深度置信網路預測空氣污染濃度(未出版之碩士論文)。龍華科技大學，桃園市。
3. 林公韻 (2004)。信用違約機率之預測—Robust Logistic Regression(未出版之碩士論文)。國立政治大學，台北市。
4. 袁中新 (1998)。空氣懸浮微粒之特性及其對人體健康及空氣品質之影響。臺灣環境保護，19，12-20。
5. 陳思穎 (2013)。大氣懸浮微粒短期暴露對心血管系統健康效應之研究(未出版之博士論文)。國立臺灣大學，台北市。
6. 傅文閣 (2018)。2012-2016 年高雄市 PM_{2.5} 污染分布暨建構 PM_{2.5} 之預測模型(未出版之碩士論文)。國立中興大學，台中市。
7. 張立農，江孟玲與林昭遠 (2015)。台灣交通空氣品質監測站 PM₁₀ 變異影響因素之研究。水土保持學報，47-1，1235-1246。
8. 鄭亭宜 (2017)。台灣中部空品區空氣污染物對民眾健康之影響(未出版之碩士論文)。國立中興大學，台中市。
9. 楊軒 (2018)。基於時間序列、迴歸和正規化的快速預測 PM_{2.5} 方法(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
10. 謝依珊 (2010)。公司財務危機預測模型之再探討穩健 LOGIT 模型的應用(未出版之碩士論文)。國立東華大學，花蓮縣。
11. 顏培俊 (2003)。資本資產定價模型之穩健估計分析(未出版之碩士論文)。國立政治大學，台北市。
12. 廖麗娜 (2003)。加權最小平方法及穩健迴歸模型之簡介。取自 http://biostatdept.cmu.edu.tw/doc/epaper_c/3.pdf

二、英文部份

1. Atkinson, A. C. (1994). Fast Very Robust Methods for the Detection of Multiple Outliers. *Journal of the American Statistical Association*, 89, 1329-1339.
2. Barrett, B. E., and Gray J. B. (1997). Leverage, Residual, and Interaction Diagnostical for Subsets of Cases in Least Squares Regression. *Computational Statistics and Data Analysis*, 26, 39-52.
3. Cook, R. D. and Weisberg, S. (1982). *Residuals and Influence in Regression*. London: Chapman and Hall.
4. Donoho, D. L., and Huber, P. J. (1983). The Notion of Breakdown Point. In Bickel, P. J., Doksum, K. A. and Hodges, J. L. Jr. (Eds.), *A Festschrift for Erich L. Lehmann* (pp.157-184). Belmont, California. Wadsworth.
5. Geng, F., Zhang, Q., Tie, X., Huang, M., Ma, X., Deng, Z., Yu, Q., Quan, J. and Zhao, C. (2009). Aircraft measurements of O₃, NO_x, CO, VOCs, and SO₂ in the Yangtze River Delta region. *Atmospheric Environment*, 43, 584-593.
6. Hu, X., Zhang, Y., Ding, Z., Wang, T., Lian, H., Sun, Y. and Wu, J. (2012). Bioaccessibility and Health Risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM_{2.5} in Nanjing. *China Original Research Article Atmospheric Environment*, 57, 146-152.
7. Khedairia, S. and Khadir, M. T. (2012). Impact of clustered meteorological parameters on air pollutants concentrations in the region of Annaba, Algeria. *Atmospheric Research*, 113, 89-101.
8. Rousseeuw, P. J., and Annick, M. L. (1987). *Robust Regression and Outlier Detection*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
9. Rousseeuw, P. J. (1983). Regression Techniques with High Breakdown Point. *The Institute of Mathematical Statistics Bulletin*, 12, 155.
10. Rousseeuw, P. J. (1984). Least Median of Squares Regression. *Journal of the American Statistical Association*, 79, 871-880.
11. Rousseeuw, P.J. and Yohai, V.J. (1984). Robust Regression by Means of S-estimators. In W. H. Franke and R.D. Martin (Eds.), *Robust and Nonlinear Time Series Analysis* (pp.256-272). New York. Springer Verlag.
12. Seinfeld, J. H., and Pandis, S. N. (1998). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, Wiley.com.