

出國報告（出國類別：國際研討會）

出席「第十三屆海峽兩岸環境保護研討會」心得報告

服務機關：國立中興大學

姓名職稱：林明德教授

派赴國家：中國重慶

出國期間：99年4月20日至27日

報告日期：99年7月1日

摘要

有鑑於海峽兩岸之互動日益密切，各領域之交流活動也益形頻繁，因此海峽兩岸環境工程界以及海外華人環境保護學會自 1980 年代即輪流由海峽兩岸之大學負責主辦環境保護研討會，共同研討相關之環境問題，並交流彼此之技術與經驗，迄今已邁入第十三屆，由對岸重慶大學主辦，台灣高雄第一科技大學協辦。今年的研討會主題為「節能減排，COOL 地球」。本人此次亦參與此一兩岸的環境保護盛會，並發表兩篇論文，分別為「台灣高速鐵路沿線噪音之個案衝擊評估」以及「利用類神經網路評估臭氧減量策略」，期間也與與會來賓進行交流，獲益良多。

一、活動目的

為瞭解對岸現今較受矚目的環境保護議題以及相關研究的發展現況，本人報名參與由重慶大學主辦，高雄第一科技大學與海外華人環境保護學會協辦的「第十三屆海峽兩岸環境保護研討會」，所投之兩篇論文「台灣高速鐵路沿線噪音之個案衝擊評估」以及「利用類神經網路評估臭氧減量策略」也皆有幸為主辦單位所審查通過，收錄於論文集。

二、活動過程

於 99 年 4 月 20 日深夜抵達成都，經過 1 天休息，於 22 日參訪四川大學以及中國最古老的水利工程—都江堰。23 日抵達重慶研討會會場進行報到，並參與研討會。三天的研討會議程緊湊，主要議題分為：1. 飲用水淨化與安全管理；2. 廢(污)水處理與回收再利用；3. 廢棄物處理與資源化利用；4. 空氣污染防治與空氣質量管理；5. 地下水污染治理與土壤復育技術；6. 區域環境治理、生態安全、環境毒性及環境災害評估與控制；7. 溫室效應影響與溫室氣體減量及新能源技術；8. 清潔生產、可持續環境規劃與管理及政策法規；以及 9. 其他等議題，共有來自海峽兩岸以及美加地區共兩百多篇論文參與。研討會期間之相關活動照片，請參閱第 3~5 頁所示，而本人所發表之論文內容則請參閱附件。



第十三屆海峽兩岸環境保護研討會開幕式



海峽兩岸與會代表於歡迎晚宴上舉杯互助



本人於研討會上口頭發表論文



本人於研討會上口頭發表論文



海外華人代表發表論文情形



研討會論文海報展示

三、心得及建議

本屆研討會的規模以及參與人數皆相當可觀，顯示兩岸環境保護的交流活動已日趨緊密。由研究議題也可以發現，兩岸也都面對、聚焦於相似的空、水、廢、毒等環境問題。且近年來大陸各大學投注於環境相關議題的研究及經費皆相當龐大，顯見環境保護意識在大陸也已日益受到重視。因此建議應鼓勵國內環工研究人員多參與此類學術研討會，以促進兩岸研究人員之交流與互動，可以為彼此未來的研發方向提供相當寶貴的參考。

台灣高速鐵路沿線噪音之個案衝擊評估

黃耀德¹ 蔡岡廷² 林明德^{1*}

(¹中興大學環境工程學系, ²中興大學農村規劃研究所, 台中市, 台灣)

摘要: 本研究主要目的為評估台灣高速鐵路沿線的噪音影響, 探討高鐵沿線的噪音防護措施及噪音管制標準是否恰當。本研究之區域以台中縣大雅鄉橫山村及秀山村為主, 且根據日本新幹線噪音振動評估管制範圍, 以沿線兩側200公尺內為研究範圍。研究結果指出列車通過時之 L_{Amax} 對於民宅樓層較高處影響較大, 且列車通過部分噪音測量點時, 其噪音增量與背景音量相差20dB以上。分別利用Cadna-A和SoundPlan進行噪音模擬的結果顯示, SoundPlan之模擬結果較為準確, 與實測值之誤差皆在3dB以內。根據問卷調查之結果, 距離高鐵軌道中心線100公尺內之範圍, 屬噪音干擾較嚴重之區域, 推估其噪音曝露人口約有1,227~1,528人。若要符合居民之感受, 台灣高速鐵路之 L_{Amax} 建議值應再適度降低。

關鍵字: 台灣高速鐵路; SoundPlan; Cadna-A; 噪音曝露人口; 問卷調查

Noise Impact Along the Taiwan High-Speed Rail

Yao-Te Huang¹ Kang-Ting Tsai² Min-Der Lin^{1*}

(¹Dept. of Environmental Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

(²Graduate Institute of Rural Planning, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

Abstract Although Taiwan High-Speed Rail (THSR) has installed metal sound barriers along noise-sensitive areas, many residents still keep complaining about the noise, indicating that the noise problem along THSR is an emergent issue to be investigated. This study assesses the noise impacts along THSR, and evaluates the robustness of the noise reduction strategies and control regulations. Taya Township of Taichung County is employed as the study area. The investigation range used in this study is within 200 meters along both sides of the THSR. The results show that when the trains pass by, the L_{Amax} has greater impacts on upstairs residents, and the noise may increase over 20dB(A) than the background noise level. According to the questionnaire analysis, areas within 100m away from the track are regarded as seriously noisy districts, and the noise-exposed population is about 1,227 to 1,528.

Key words Taiwan High Speed Rail, SoundPlan, Cadna-A, noise-exposed population, questionnaire investigation

1. 前言

高速鐵路(high speed railway, HSR)為目前新興之交通工具，其便利性利於縮短城鄉差距、平衡區域發展，但隨之而來的是衝擊環境的噪音、震動等公害問題，尤其是鐵路沿線的鄉鎮居民，暴露在頻繁的高音量之中，勢必會對他們的生活造成影響。原本環保署的噪音管制標準為小時均能音量(L_{Aeq})，但是高鐵通過時的噪音量和背景音量相差甚多，單以此標準似乎尚欠完備，無法達到沿線居民的容忍標準。因此，環保署研擬後追加高速鐵路最大音量建議值(L_{Amax})，無非是要能更符合當地的現況，降低居民陳情事件。若進一步搭配噪音地圖，分析音量的分佈情況，並與噪音法規標準進行比較，更可提供噪音防治計畫之參考。

本研究以台中縣大雅鄉為例，位為於台中盆地之西北方，東鄰潭子鄉，西接沙鹿鎮，北與神岡鄉相鄰，南連台中市與西屯區為界，東西寬南北窄，地形略呈菱形(劉等，2005)。大雅鄉屬台中市之衛星市鎮，土地面積約為32.411平方公里，2008年總人口約為82,321人，且劃分為15村359鄰，(台中市政府，2009)。主要研究地區為秀山村及橫山村，此地為住商混合區，有不少零星住家分佈在高鐵四周，且戶數疏密不一，但高鐵沿線仍有不少3層以上透天厝。

本研究之目的是評估台灣高速鐵路對於沿線鄉鎮的噪音影響，探討目前高鐵沿線的噪音防護措施及噪音管制標準是否恰當，進一步瞭解噪音對於居民的影響程度，以及電腦模式對於本土適用性的比較及應用方式，並利用噪音地圖更快速且精確地推估噪音的變化及影響範圍。

2. 研究方法

2.1 電腦模式

本研究分別使用兩套聲學軟體SoundPlan和Cadna-A，此兩套軟體為行政院環保署於2003年公告「鐵路交通噪音評估模式技術規範」中之適用軟體，軟體輸入參數包括(1)班次 (2)車速 (3)車長 (4)車種 (5)煞車比 (6)軌道種類 (7)路線座標 (8)地面高程 (9)兩軌道距離 (10)交軌路段 (11)高架路段 (12)車軌半徑 (13)多重反射，可模擬目前噪音現況以及未來可能的改變，並模擬隔音牆的建置及增高。

2.2 現場噪音量測

由於高速鐵路的噪音因其行駛速度而異，因此本研究於搭乘台灣高鐵時，搭配軌跡紀錄器紀錄其速度變化與經緯度座標。噪音測量儀器則使用三台積分型噪音計及一台音量校正器，噪音計使用前必須校正音量，以確保數據之準確性。噪音測點與離軌道中心線之距離，採用雷射測距儀量測計錄。

本研究探討台灣高鐵通過時之噪音影響，噪音測點在戶外時，皆為間實平坦地面且前方無遮蔽物，量測距離位於軌道兩側200公尺範圍內，測量指標為最大音量 L_{Amax} 及測量5分鐘之均能音量 $L_{Aeq(5)}$ 當其背景音量，同一測點至少須量測南下北上車輛各一班次。

2.3 問卷調查

本研究之噪音測量屬於物理量之部分，但噪音同樣取決於民眾心理量之感受，因此本研究進行台灣高速鐵路沿線噪音對於居民之影響，調查對象以台中縣大雅鄉高鐵沿線居民為主，調查範圍除了參考日本新幹線噪音管制評估範圍外，因Miller(1974)指出當周圍環境音量超過65分貝時，雙方談話距離必須在一公尺以內或以不自然的方式提高音量，在後續研究中發現65分貝約距離高鐵200公尺，針對以上兩點，調查範圍以高鐵沿線兩側200公尺內。

問卷採取逐戶面訪，面訪時由調查員向居民解說問卷目的，若因村民自身無法作答時，由調查

員口述表達問卷內容，再由調查人員填寫，調查時間自2009年3月至5月。

本研究之「高速鐵路沿線居民問卷調查表」內容係參考國內外噪音汙染相關文獻(Chen *et al.*, 2007; 吳, 2008)，主要包含「居民及建築物基本屬性資料」與「噪音來源及居民主觀評價」兩個部份。前者乃欲了解當地居民的基本屬性及當地建物相關特性，探討其分佈狀況；後者則是調查當地居民對於住家周圍噪音來源之感受以及受影響之狀況，並整理居民對於噪音改善的想法。問卷之重點在噪音影響程度方面，仿效先前文獻分為5種感受度—不吵(not at all)、稍微吵(slightly)、普通(moderately)、很吵(very)以及非常吵(extremely)(Field, 1997)，利用這5種感受度配合距離實測值及問卷內容，利用統計軟體比較分析找出其相關性，探討國內噪音管制標準是否與居民主觀意識相符合。

3. 結果與討論

3.1 噪音實地量測結果

本研究高鐵噪音測量地點，延伸之長度約為3公里，分別針對一般軌道與加裝金屬隔音牆之區域，測量距離測點較遠的軌道(遠軌)及距離較近的軌道(近軌)的噪音值 L_{Amax} ，以及測點的背景音量 $L_{Aeq(5)}$ 。而高鐵通過此路段之車速，經量測結果發現介於238~275 km/hr之間。

對於未加裝金屬隔音牆之一般軌道區域，本研究之噪音量測點分佈於距軌道25~155m之範圍內，測量結果整理如表1所示。可以發現無論是遠、近軌之 L_{Amax} 噪音值大致由74dB逐步降低至69dB，若以距軌道100公尺作為分界，則100公尺內遠近軌 L_{Amax} 噪音值相差約2dB~3dB，而100公尺外之差值約1dB~2dB。惟高鐵通過時產生之噪音增量，在100公尺內者皆超過7dB以上，甚至達15dB之譜。

表1 高鐵一般軌道區域噪音實測值

距離 (m)	近軌 L_{Amax} (dB)	遠軌 L_{Amax} (dB)	背景音量 (dB)	噪音增量 (dB)	
				近軌	遠軌
25	74.3	72.7	65.9	8.4	6.8
50	72.8	73.2	66	6.8	7.2
50	72	69.2	58.9	13.1	10.3
83	72.5	69.5	57.6	14.9	11.9
130	68.9	68.6	64.3	4.6	4.3
155	68.9	66	62.6	6.3	3.4

至於有加裝金屬隔音牆之區域，本研究分別在距離軌道25~75公尺之測點進行噪音量測，結果整理如表2所示。可以發現在距離軌道25公尺處，3樓的噪音較1樓高約3dB，應該是高鐵係採用高架結構所致。此外，高鐵通過時所產生之噪音增量幾乎都在5dB以上，甚至高達22dB，其中近軌之噪音增量較遠軌尤為顯著，顯示金屬隔音牆似乎並未發揮預期的效果。

表2 高鐵加裝金屬隔音牆軌道區域噪音實測值

距離 (m)	近軌 L_{Amax} (dB)	遠軌 L_{Amax} (dB)	背景音量 (dB)	噪音增量 (dB)	
				近軌	遠軌
25*	74.8	69.4	52.5	22.3	16.9
25*	72.4	67.9	50.6	21.8	17.3

25*(民宅庭院)	74	71.5	68.6	5.4	2.9
25*(民宅3樓)	76.7	73.7	54.5	22.2	19.2
75*	71.9	68.3	62.8	9.1	5.5
110	72.4	68.4	57.8	14.6	10.6

註：*表示有加裝金屬隔音牆。

3.2 噪音模式模擬結果

本研究分別根據噪音評估指標 L_{Aeq} 及 L_{Amax} 對於噪音模擬模式的準確性進行驗證，結果分述如下。

3.2.1 L_{Aeq} 噪音值之驗證結果

SoundPlan和Cadna-A兩個模式主要依據德國鐵路局Schal103程式，其噪音評估指標為 L_{Aeq} ，故須把實測值 L_{Amax} 利用公式進行轉換。研究結果顯示，兩套軟體的模擬值與實測值之誤差皆在3dB之內，均滿足模式精度之要求。惟Cadna-A有普遍低估的情況，而SoundPlan的誤差則均在1dB內，較Cadna-A更為精確。兩者模擬值與實測值之比較如圖1所示，圖中SoundPlan和Cadna-A的模擬值分別以S與C代表之。

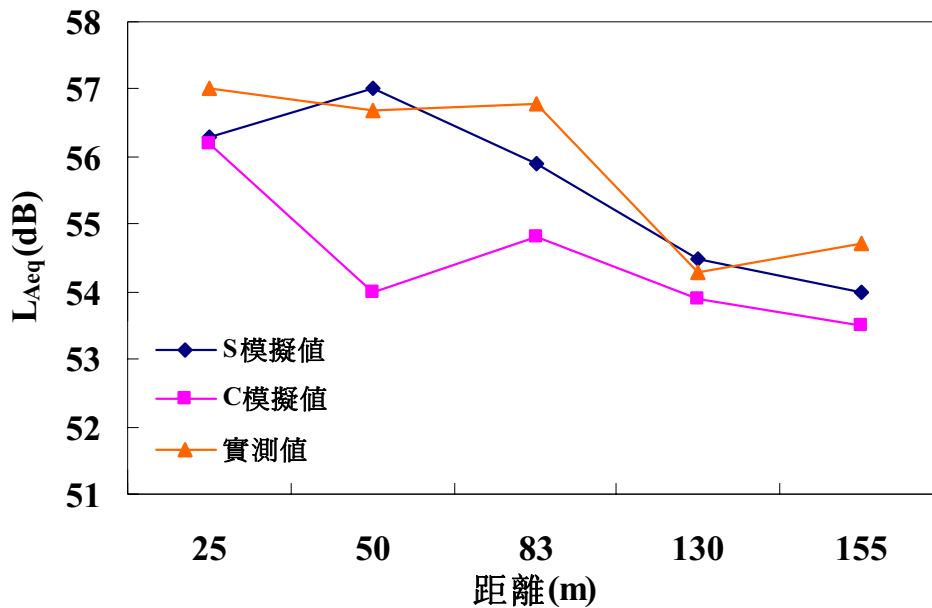


圖1 均能噪音 L_{Aeq} 模擬值與實測值之比較圖

3.2.2 L_{Amax} 噪音值之驗證結果

由於SoundPlan模擬之噪音值僅為 L_{Aeq} ，在比較 L_{Amax} 時須也利用轉換公式，把SoundPlan之 L_{Aeq} 轉換為 L_{Amax} ；而在Cadna-A部分，則可模擬 L_{Amax} ，並不須加以轉換。結果顯示，SoundPlan模擬之 L_{Amax} 的誤差約在1dB以內，而Cadna-A之誤差則較大，且有高估之情形，且隨著距離越遠誤差有增加的情況。兩者模擬值與實測值之比較如圖2所示

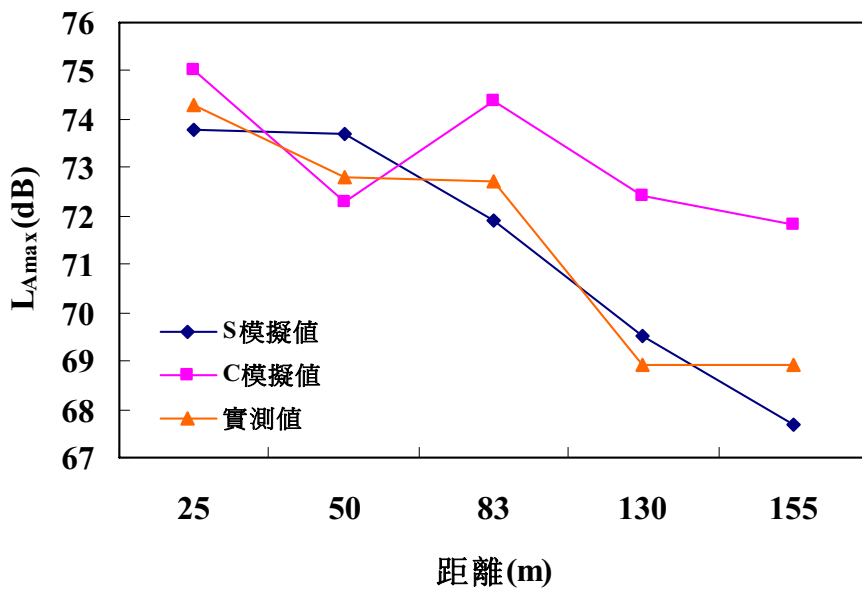


圖2 最大噪音 L_{Amax} 模擬值與實測值之比較圖

3.3 問卷調查結果

本研究問卷調查之分析對象為台中縣大雅鄉秀山村及橫山村之居民，調查方式採取逐戶面訪，但村民拒訪率甚高，加以部份問卷填寫內容不完整，因此扣除無效問卷後，回收的有效問卷為93份。

居民主觀意識分析的結果發現，受訪者認為台灣高鐵是周遭較為明顯之噪音來源，雖然本研究之噪音實測結果，並未超出最大音量建議值，但對於受訪者來說，台灣高鐵產生的聲音仍被視為噪音。

而在受訪者於台灣高鐵噪音干擾程度方面，在住家距離高鐵軌道25公尺內之受訪者，認為高鐵“很吵”及“非常吵”者各佔50%及22.73%，且沒有人認為“不吵”，可以看出此區域之受訪者對於台灣高鐵之噪音有相當強烈之反應。至於距離25公尺~100公尺內者，也並無勾選“不吵”之選項，比較特別的是認為“非常吵”者佔32.65%，比距離25公尺內者還高，可能與高鐵高架路段聲音的傳播路徑有關，整體主觀意識還是傾向高度吵雜。接著在距離100~200公尺內已無受訪者勾選“非常吵”之選項，而“稍微吵”之選項則佔了45%，表示高鐵對於此區域的噪音影響已較緩和。此外，本研究亦利用地理資訊系統進行曝露人口分析，發現25公尺內噪音最嚴重之區域，曝露人口約有317~371人；25~100公尺間之區域，其曝露人口約有910~1157人。

4. 結論

大雅鄉沿線在距離高鐵25公尺之地面，測得之 L_{Amax} 約為74dB；在民宅3樓部份影響較大，會高出地表測值2~3dB，因此住宅樓層較高之居民影響較大，且高速鐵路通過時之噪音增量非常明顯，與背景音量最高相差20dB。對於有設置金屬隔音牆之區域，其遠軌隔音效果較佳。

對於模式驗證後之結果，SoundPlan滿足 L_{Aeq} 及 L_{Amax} 兩種評估指標之適用性，對於各測點之預測值皆與實際值相差3dB以內；而Cadna-A雖滿足 L_{Aeq} 評估指標，但有預測值有低估的情況，而對於 L_{Amax} 評估指標，以距離50公尺以內有較佳之模擬效果，誤差在1dB以內，隨著距離增加 L_{Amax} 則有高估之情況。

問卷調查的結果則發現，目前高鐵沿線居民普遍仍然對於高鐵的噪音相當排斥。而從最大音量建議值來看，與日本管制標準比較之下，目前台灣高鐵噪音之最大音量建議值似有偏高之情況，若

能予以適度降低，應更能為沿線居民所接受。

限於篇幅，有關本研究更詳細之資訊請參閱黃(2009)。

參考文獻

- [1] Chen, X., Tang, F., Huang, Z., and Wang, G. High-speed maglev noise impacts on residents: A case study in shanghai. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2007, 12(6): 437-448.
- [2] Fields, J. M. Guidelines for reporting core information from community noise reaction surveys, 1997, 206(5): 685-695.
- [3] Miller, J. D. Effects of noise on people. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1974, 56(3): 729-764.
- [4] 台中市政府，「擬定中部科學工業園區台中基地附近特定區計畫細部計畫案」，2009。
- [5] 吳靜怡，高速鐵路噪音、振動對沿線居民影響之研究—以台南縣歸仁鄉社區為例，碩士論文，台南：成功大學建築系，2008。
- [6] 黃耀德，台灣高速鐵路沿線噪音之衝擊評估—以台中縣大雅鄉為例，碩士論文，台中：中興大學環境工程學系，2009。
- [7] 劉立偉、許國威、楊敏芝，「台中縣景觀綱要計畫」，台中縣政府，2005。

利用類神經網路評估臭氧減量策略

楊詠傑 郭佩萱 莊秉潔 林明德*

(中興大學環境工程學系, 台中市, 台灣)

摘要: 造成台灣地區空氣品質不良的主要污染物為臭氧及懸浮微粒。為了解大氣傳輸至竹山地區的 NO_x 對此區臭氧之影響, 本研究使用高斯軌跡煙流模式逆推計算不同時段之臭氧前驅物 NO_x 的吸納量, 並以類神經網路(artificial neural network, ANN)探討不同時段 NO_x 吸納量與臭氧之關係, 以預測在 NO_x 減量分別為10%、30%、50%及70%下, 竹山地區各季節總臭氧之變化趨勢。研究結果顯示, ANN模式的總臭氧預測效果以夏季效果較佳。此外, 各 NO_x 減量策略下均可降低總臭氧增量。而針對不同逆推時間 NO_x 吸納量之減量效應所進行之分析結果發現, 逆推1小時之 NO_x 吸納量減少, 對降低總臭氧濃度有較顯著之效果。

關鍵字: 臭氧、吸納量、類神經網路、高斯軌跡煙流模式、減量策略

Assessment of the ozone reduction strategy using artificial neural network

Yung-Jie Yang Pei-Hsuan Kuo Ben-Jei Tsung Min-Der Lin*

(Dept. of Environmental Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

Abstract According to the results from Air Quality Monitoring Network of Taiwan Environmental Protection Administration, ozone and particulate matters are the major air pollutants that worsen air quality in Taiwan. In order to understand the influence of transmitted NO_x on the ozone of Jhusan township, this study used Gaussian trajectory transfer-coefficient model (GTx) to calculate absorbing amounts of NO_x during different time periods, and then employed artificial neural network (ANN) to analyze the relations between NO_x absorbing amounts and ozone concentrations. The variation of ozone concentrations under four NO_x reduction rates, namely 10%, 30%, 50% and 70%, were also predicted by ANN models to evaluate the effects of NO_x reduction rates on ozone concentrations.

Key words Ozone, absorption, artificial neural network, Gaussian trajectory, reduction strategy

1. 前言

臭氧為空氣中的二次污染物, 是由光化學煙霧的前驅物(precursors)-氮氧化物(NO_x)及非甲烷

碳氫化合物(NMHC)，經過一系列的光化學反應而衍生出的二次污染物，臭氧因具有高刺激性及氧化性，會對人體、動植物以及環境造成不良的影響。一般對於臭氧的控制策略為控制與臭氧濃度敏感性較高之前驅物，但往往忽略了外地經由大氣傳輸過來之前驅物所造成的影響，有鑑於此，本研究將利用類神經網路模式 (artificial neural network, ANN)，搭配高斯軌跡煙流模式 (Gaussian trajectory transfer-coefficient model, GTx) 探討外地傳輸的臭氧前驅物 NO_x 對於台灣南投縣竹山地區的臭氧造成的影響程度，並訂出減量策略。

2. 研究方法

2.1 類神經網路

本研究使用的臭氧預測模式為倒傳遞類神經網路 (back propagation network, BPN)，具有可以解釋非線性問題的特性，是目前 ANN 學習模式中最具代表性，且應用層面最廣者。其基本原理是利用最陡坡降法 (Gradient Steepest Descent Method) 的觀念，將誤差函數予以最小化。BPN 是屬於監督式學習網路，需要使用輸入值與輸出值來進行訓練，因而適合診斷、預測等問題的應用。透過 BPN 的學習法則，可以找出網路輸入及期望輸出值之間的差異性，而網路神經元間的輸出方式係以扇狀方式發送，其結果會成為其他處理單元的輸入，藉由調整神經元間的連結權重，以達到學習訓練的效果。BPN 的架構如圖 1 所示，圖中 X_i 為第 i 項輸入變數， W_{ik} 為輸入層第 i 個神經元與隱藏層第 k 個神經元間的連結權重， W_{kj} 為隱藏層第 k 個神經元與輸出層第 j 個神經元間的連結權重， Y_j 網路輸出第 j 個變數 (葉，1994)。

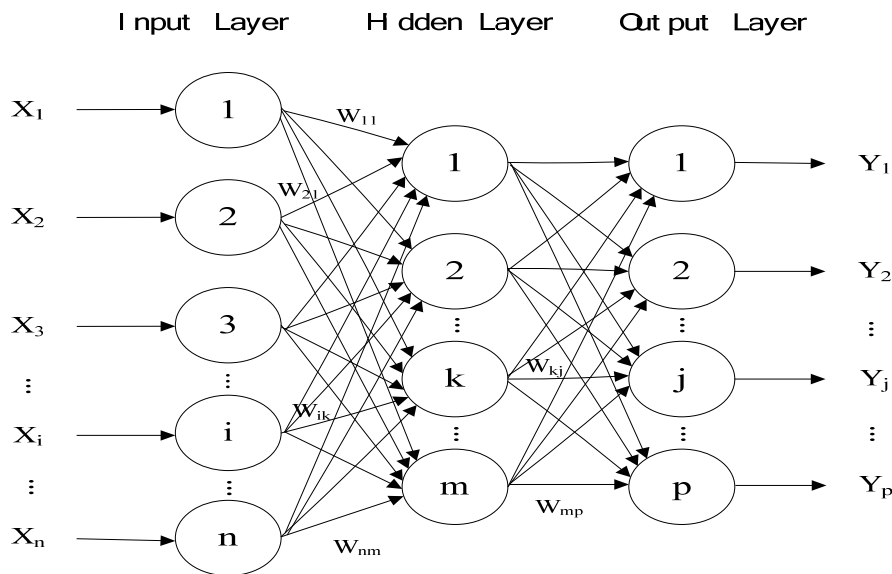


圖 1 倒傳遞網路架構

2.2 軌跡模式

本研究所使用之軌跡模式為 Tsuang et al. (2003) 所提出之高斯軌跡煙流模式 (Gaussian Trajectory transfer-coefficient modeling system, GTx) gtx.980 版，可計算出污染物沿著軌跡線對受體點所造成的貢獻濃度。主要係以 GTx 計算氣團行進至竹山的軌跡線，並計算軌跡線上每小時所吸納到之污染源所排放之 NO_x 量，並以此 NO_x 吸納量做為建構 ANN 之資料。

軌跡模式之時間解析度 (temporal resolution) 為 1 小時，即每個小時利用軌跡點當時所在位置與其他測站進行氣象資料的內插，計算出每個軌跡點上各種氣象資料 (如氣溫、相對濕度、氣壓、風速、風向、雲量及降雨強度)，軌跡線逆推的時間為 12 小時。逆軌跡模式計算共分為中央主軌跡線

和左、右副軌跡線，可計算軌跡線經過的範圍，並藉由模式中的傳導係數計算出點、線及面污染源內各污染物隨著軌跡線到達受體點的污染物貢獻量，其中線污染源及面污染源是以多個 1km×1km 的網格表示，與點源使用以修正過後的高斯模式來求得污染源貢獻濃度。

本研究使用 GTx 計算 NO_x 吸納量的方式為參考余(2000)所提出，為了解造成竹山地區臭氧污染的前驅物 NO_x 是由何處所貢獻，因此假設污染氣團沿著軌跡線前進時會吸入 NO_x，以推估氣團在經過大氣的傳輸後，到達竹山地區時沿路所吸入的 NO_x 貢獻量共有多少，且可計算出是由哪些時段所貢獻。

吸納量的計算是以軌跡於網格上的滯留時間乘以軌跡經過時的污染物排放量，前述之計算方式可以式(1)及式(2)來表示：

$$En_{ij} = \sum_{k=1}^3 E_{ijk} \times \tau_{ijk} \quad (1)$$

$$\tau_{ijk} = \frac{L}{\mu} \quad (2)$$

其中 En_{ij} 為 ij 網格的吸納量(單位: Ton)， E_{ijk} 為 k 軌跡線在 t 時段的排放量(單位: Ton/s)， τ_{ijk} 為第 k 條軌跡線通過 ij 網格的滯留時間(單位: s)， L 為每一軌跡網格長度(單位: m)， μ 為軌跡網格內之平均風速(單位: m/s)。

2.3 類神經網路臭氧預測模式

本研究考慮到臭氧光化學反應之生成及降解機制以及境外之污染物傳輸的影響，因此以所謂「總臭氧濃度」為預測標的。總臭氧濃度為考慮到光化學反應中的在滴定效應被反應掉之 O₃ 所訂定之濃度，如式(3)所示：



滴定效應中，一個 O₃ 分子會與一個 NO 分子反應後生成一個 O₂ 分子及一個 NO₂ 分子，故一個 O₃ 分子的降解會產生一個分子的 NO₂，為了將降解之 O₃ 納入污染物的計算，故本研究以 O₃ 加上 NO₂ 之濃度為總臭氧濃度。

本研究將利用 ANN，依據四個不同季節(以 3 至 5 月為春季，6 至 8 月為夏季，9 至 11 月為秋季，12 至 2 月為冬季)建構總臭氧預測模式，並據以評估減量策略之成效。限於篇幅，更詳細之研究方法資訊請參考楊(2009)。

3. 結果與討論

3.1 ANN 模式架構與參數

ANN 模式 2003~2005 年間，春、夏、秋、冬四季之有效資料筆數分別為 207、252、171 以及 230 筆，各以隨機方式排列後取 80% 作為訓練集資料，20% 用於測試集。

本研究使用 MathWork 公司之 Matlab (2007a) 作為模式建構工具，輸出變數為下午兩點(14 時)台灣南投竹山地區之總臭氧濃度，輸入變數則有 17 個，包括 14 時竹山測站溫度(K)、由 14 時逆推 0~12 小時處之 NO_x 吸納量(ton) (計有 13 筆資料)、由 14 時逆推 12 小時處之 NO_x 濃度(ppb)、由 14 時逆推 12 小時處之 O₃ 濃度(ppb) 以及由 14 時逆推 12 小時處之非甲烷碳氫化合物(NMHC)濃度(g/m³)。ANN 之最佳網路架構如表 1 所示，而圖 2 與圖 3 則為 ANN 訓練與測試集之總臭氧預測值與實際值之比較。

表 1 ANN 總臭氧預測模式之最佳網路架構

季節	模式	網路架構	訓練		測試	
		輸入-隱藏-輸出	RMS	r	RMS	r
春	ANN_2_spr	17-15-1	0.12	0.83	0.16	0.71
夏	ANN_2_sum	17-8-1	0.08	0.88	0.10	0.84
秋	ANN_2_fal	17-11-1	0.14	0.72	0.13	0.62
冬	ANN_2_win	17-13-1	0.13	0.77	0.16	0.62

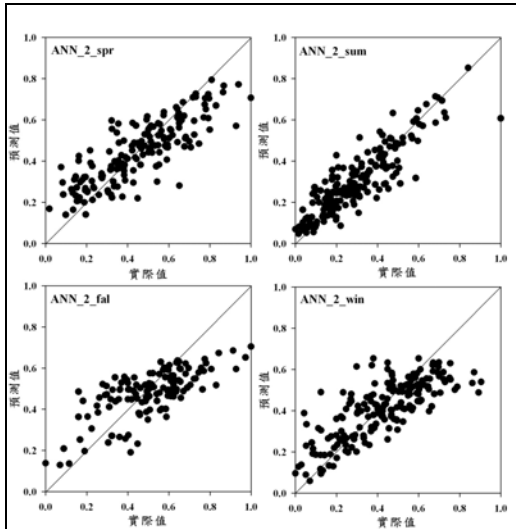


圖2 訓練集資料預測值與觀測值比較圖

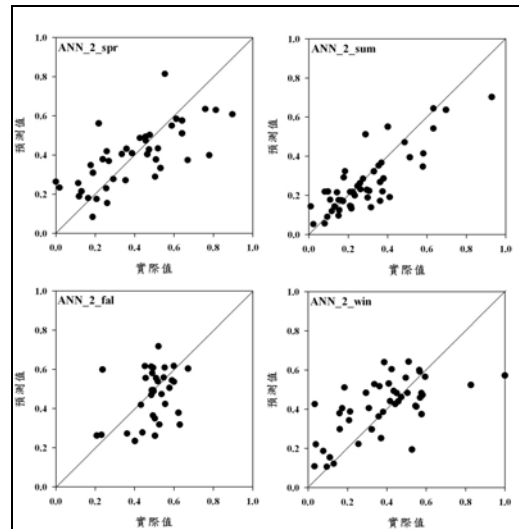


圖3 測試集資料預測值與觀測值比較圖

3.2 NO_x吸納量分析

對各季節之不同時段之NO_x吸納量進行分析，圖4為2003到2005年間各季節不同逆推時段之NO_x吸納量平均值，由圖4中可以觀察以各時段比較下，以逆推第3和第4小時的NO_x吸納量為最高，此時污染源的排放時間為上午10時和11時。而逆推時間8~12小時的NO_x吸納量均為較低，其原因為逆推8~12小時時，氣團所經歷的時間為夜間2時到早上6時，此時段較無人類活動排放污染物，因此造成吸納量較低。

3.3 NO_x減量效應評估

本研究以ANN_2_spr、ANN_2_sum、ANN_2_fal及ANN_2_win模式分別預測四個季節在NO_x減量10%、30%、50%及70%的情況下平均總臭氧的變化量，各季節減量策略下平均總臭氧濃度變化如圖5所示。由圖15顯示，各季節在NO_x減量的情況下平均總臭氧均有下降，而NO_x減量越多總臭氧亦會隨之減量越多，尤其以秋季減量效果最佳，總臭氧可最多減少23.3ppb；冬季的減量效果則較不明顯，在70%的NO_x削減量下總臭氧只降低9ppb。

4. 結論

本研究使用2003~2005年間資料建構出各季節之ANN總臭氧預測模式，預測結果以夏季之效果最佳。而對於NO_x減量後之總臭氧濃度預測結果顯示，各季節在NO_x減量後之總臭氧濃度有明顯下降的趨

勢，當NO_x減量70%時，則春季總臭氧之削減量最多，可以減少23.4ppb，符合前驅物減量下可減少臭氧產生的合理預期。

至於不同時段NO_x吸納量減量後對於總臭氧濃度之影響，結果顯示各季節皆以軌跡逆推1小時處，所吸納之NO_x減量時，對竹山地區之臭氧削減有較明顯之影響。此外，各季節在不同時段NO_x吸納量減量情況下，亦有發現因滴定效應而造成臭氧濃度有微幅上升的現象。

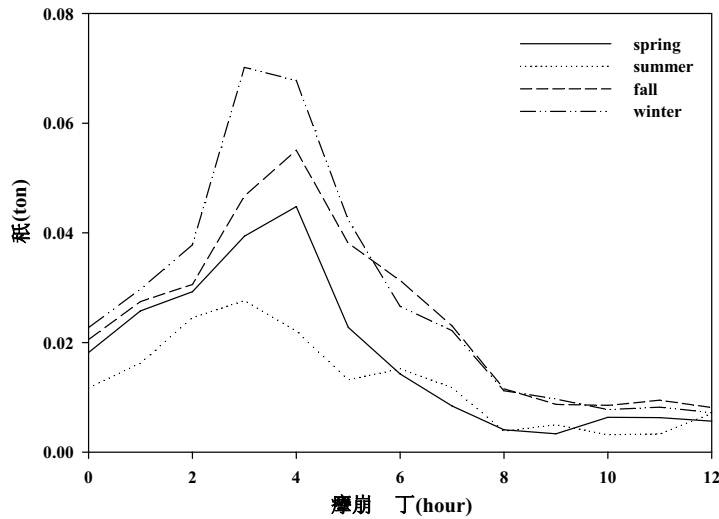


圖4 各季節不同逆推時段NO_x平均吸納量

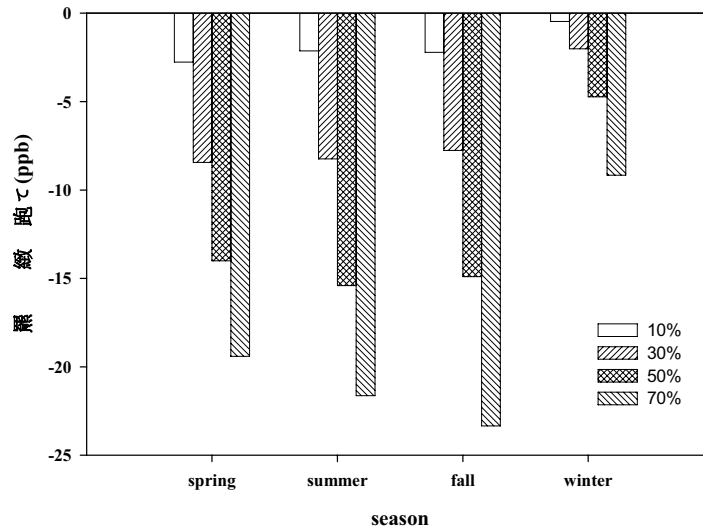


圖5 各季節NO_x減量與總臭氧平均濃度變化圖

參考文獻

[1] Tsuang, B. J, Chen, C. L., Lin, C. H., Cheng, M. T., Tsai, Y. I., Chio, C. P., Pan, R. C., and Kuo, P. H.. Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols by a gaussian plume trajectory model: Part II. case study. Atmospheric Environment, 2003, 37(28): 3993-4006.

- [2] Tsuang, B. J. Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols by a gaussian plume trajectory model: Part I - theory. *Atmospheric Environment*, 2003, 37(28): 3981-3991.
- [3] Tsuang, B. J., Lee, C. T., Cheng, M. T., Lin, N. H., Lin, Y. C., Chen, C. L., Peng, C. M., and Kuo, P.H. Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols by a gaussian plume trajectory model: Part III - asian dust-storm periods. *Atmospheric Environment*, 2003, 37(28): 4007-4017.
- [4] 余泰毅, 南高屏地區臭氧污染事件之篩選與其特徵探討, 碩士論文, 台灣大學環境工程研究所, 2000。
- [5] 楊詠傑, 以軌跡模式及類神經網路評估竹山地區臭氧減量策略, 碩士論文, 中興大學環境工程學研究所, 2009。
- [6] 葉怡成, 類神經網路-模式應用與實作, 儒林圖書公司, 1994。