

大氣能見度預測之研究—以臺北都會區空氣劣化日為例

楊宏宇¹ 王怡君²

¹ 中華科技大學土木防災與管理碩士班

² 中華科技大學土木防災與管理碩士班碩士

摘要

大氣能見度是空氣污染的重要指標之一。臺北盆地因為地形特殊，空氣品質易受當地氣候因子影響，並間接反應於大氣能見度上。不論是工業發展所帶來的空氣污染，或者是汽機車排放所夾帶的空氣污染物，會因天氣類型不同下氣象因子的變化造成空氣品質的劣化，進而影響大氣能見度好壞。因此本研究中擬採用模糊時間序列模式發展出一個可以預測大氣能見度的方法對臺北都會區能見度進行模擬預測以了解其預測方法之可行性。本文針對 2004-2007 年北部地區淡水測站、新店測站、松山測站之懸浮微粒 PM₁₀ 濃度、臭氧 O₃ 濃度、空氣污染指標 PSI，相關的觀測資料配合歷年來實測的能見度觀測數據，進行模糊時間序列模式預測進行 2008 年臺北都會區空氣品質劣化日及平日大氣能見度及區域能見度模擬預測值與實測值差異化之關係，並進行驗證及差異性分析。

研究結果顯示，平日（不考慮 PSI 是否超過 100）模擬預測值與實測值差異化百分比演算結果為淡水 PM₁₀ 絕對誤差百分比為 38%、新店 PM₁₀ 絕對誤差百分比為 36%、松山 PM₁₀ 絕對誤差百分比為 38%；淡水 O₃ 絕對誤差百分比為 36%、新店 O₃ 絕對誤差百分比為 36%、松山 O₃ 絕對誤差百分比為 35%，由此可知 PM₁₀ 和 O₃ 結果影響差異不大。若取區域劣化日（單一測站 PSI ≥ 100），則新店絕對誤差百分比為 29%、松山絕對誤差百分比為 33%，其中淡水僅有 4 筆與都會區劣化日（三測站及以上地區 PSI ≥ 100）僅有 7 筆，因數據太少，無法演算，所以本研究無將其納入。平日的大氣能見度及劣化日發生時的區域能見度相比較，後者較前者有好的預測效果。依模糊時間序列預測結果，皆落在合理預測範圍（20%-50%）之內，且其誤差等級皆落在 1-2 之間為主，可以相當程度的以懸浮微粒及臭氧來預測出大氣能見度。另，隨著模糊規則庫的資料更完備，可使預測結果更趨近於真值，唯仍有部份無法預測的部份，則有待其它影響因素如氣象因子及天氣類型的納入，並可進一步了解其是否有具體之改善。

關鍵字：能見度、模糊時間序列、劣化日。

一、前言

(一) 研究動機

近幾年來，由於全球環境變遷、地球暖化、溫室效應日趨嚴重，導致臺灣氣候大受影響，嚴重威脅到我們的生命

財產安全，以及無法想像的嚴重後果。由於隨著經濟發展，造成了人口快速成長，大量污染物隨著工業發展而排入大氣中，其在都市中濃度的隨著工廠與車輛的急劇增加而日益嚴重。空氣污染的現象也比以往更為顯著，而各種不同的

空氣污染指標中，能見度是十分重要的一項。主要的原因是它與懸浮微粒的污染有密切的關聯，而懸浮微粒與氣候變遷以及人體健康都有密切的關係。

全球氣候的異常，以及我國隨著經濟發展，人口快速成長，大量污染物隨著工業發展而排入大氣中，其在都市中濃度的隨著工廠與車輛的急劇增加而日益嚴重，也使得懸浮微粒對臺灣的空氣污染日漸嚴重，近來陸續聽到有關於沙塵暴的報導，其實也是自然界懸浮微粒污染的現象之一。

因此，如何經由對懸浮微粒與能見度關係的研究，來瞭解大自然中的空氣污染現象，也是現在的科學家所面臨的重要課題。

(二)研究目的

大氣能見度是空氣污染與民眾直接判別空氣品質好壞的重要指標之一。臺北盆地因為地形特殊，空氣品質易受當地氣候因子影響，並間接反應於大氣能見度上。不論是工業發展所帶來的空氣污染，或者是汽機車排放所夾帶的空氣污染物，會因天氣類型不同下氣象因子的變化造成空氣品質的劣化，進而影響大氣能見度好壞。臺北都會區空氣污染指標值PSI≥100的主要污染物多為懸浮微粒PM₁₀及臭氧O₃，可知兩者對空氣品質與區域能見度均具有高度相關性，因此本研究中僅採用污染因子PM₁₀及O₃來進行預測。

有很多人採以模糊時間序列演算，但用此方法來做大氣能見度預測的人卻曾未有，因此本研究中擬採用模糊時間序列模式發展出一個可以預測大氣能見度的方法對臺北都會區能見度進行模擬預測以了解其預測方法之可行性。本文針對2004-2007年北部地區淡水測站、新

店測站、松山測站之懸浮微粒PM₁₀濃度、臭氧O₃濃度、空氣污染指標PSI，相關的觀測資料配合歷年來實測的能見度觀測數據，進行模糊時間序列模式預測進行2008年臺北都會區空氣品質劣化日及平日大氣能見度及區域能見度模擬預測值與實測值差異化之關係，並進行驗證及差異性分析。

二、文獻回顧

(一)能見度之定義與特性

1.能見度之定義

能見度之定義[11]為觀測者以天空為背景，沿水平方向觀測，在正常肉眼下所能分辨黑色物體之最大距離。所謂肉眼係指正常目視，不得使用望遠鏡或經緯儀等儀器之輔助，但加載近視眼鏡以獲得正常視力者不在此限。而所謂能分辨者，不僅能分辨某物體之存在並且能確認物體種類。能見度為民眾直接判別空氣品質好壞的重要指標之一，能見度好壞代表大氣之清濁程度，故當夜間大氣清濁度與日間相等時，能見度亦應與日間相同，並不因夜間觀測而有所差異。能見度的判斷一般可採用下列兩種方式，一為氣象範圍 (meteorological range)，另一為盛行能見度 (prevailing visibility)。茲就此兩種能見度判斷方式分述如下：

(1)氣象範圍 (meteorological range)

氣象範圍係以觀測者正常眼力之極限，判斷水平最遠可見暗色物體之距離，若該物體相對於天空背景僅呈現模糊影像 (唯必須確認為何種物體)，亦可視為最遠能見度。一般而言，當物體和周圍環境的光強度對比為低於0.02時，即可視為超越人類肉眼之偵測極限。因此，由上述理論可

得出關係式：

$$Lv = \frac{-\ln s - \ln(0.02) - 3.91}{\sigma_{ext}} \quad (2-1)$$

其中

Lv：能見度 (visibility)

e：光強度對比界限值 (threshold value)

σ_{ext}：消光係數(extinction coefficient)

(2)盛行能見度 (prevailing visibility) 盛行能見度的定義如下：

A.在白天時，由不同之多數方位所能視別之最遠暗色目標物之水平距離。

B.在夜間時，由不同之多數方位所能視別之最遠未聚焦可見光源之水平距離。

上述所謂多數方位之認定，不一定要連續的方位，但至少必須超過半個水平圈以上，例如：觀測十六個方位中超過八個方位以上即可視為多數方位。雖然，氣象範圍與盛行能見度在定義上有所差異，並且在短時間內之觀測值亦略有不同，但就長期觀測值而言，兩者似乎並無顯著差異而可視為相等。 [11]

2.能見度影響因子

影響能見度[11]的主要污染物為懸浮微粒及二氧化氮，其中又以懸浮微粒對能見度之影響程度最大。對光線行進影響最明顯的懸浮微粒粒徑大小係介於可見光波長範圍內 (0.4~0.7微米)，可使光線偏離原來行進方向 (稱為散光效應) 或將光線強度減弱 (稱為吸光效應) 而導致能見度之降低。懸浮微粒的化學組成亦為影響能見度的重要因子之一，不同粒徑大小之懸浮微粒，因污染來源不同而具有不同的化學成份，對於光線的折射、散射與吸收的能力有不同程度之影響。影響能見度之主要化學成份為硫

酸鹽、硝酸鹽、有機碳、元素碳、土壤揚塵等。此外，空氣中相對溼度的增加，使得硫酸鹽及硝酸鹽等物質發生潮解現象，進而改變懸浮微粒之大小及成份，並造成能見度之降低。

能見度的好壞受多種因素影響，氣象條件對能見度的影響更是重要，尤其是相對溼度的變化不但直接影響天氣，並且對於能見度具有相當大的相關性，例如：冬季期間，都會區常因晨間溫度偏低，造成能見度普遍不佳，此乃因氣溫降至露點附近，使得空氣中相對溼度升高，間接導致懸浮微粒之化學成份及粒徑大小發生改變，使得懸浮微粒物化特性發生變化，此亦為冬季能見度不佳的主要原因之一。[1]

表2-1能見度影響因子[11]

項目	影響參數
物理因子	懸浮微粒的折射率、濃度、粒徑及形狀等
化學成份	臭氧、硫酸鹽、硝酸鹽、有機碳、元素碳等
氣象因子	風速、風向、相對溼度、天氣類型 (型態) 等
其他	觀測位置高度

3.能見度觀測方法

以肉眼觀測能見度時，常因觀測員本身的喜好或視覺感受度不同，而造成誤差，為提高能見度觀測之準確性，必須增加標的物數目以利觀測，且須知兩者間距離。此外，當標的物之間沒有適

當的目標物時，則可能因兩者因距離太大，而增加能見度觀測的誤差。而觀察範圍內不一定皆是暗色的標的物且背景為天空，常造成觀察員觀測時的偏差。

[1]

能見度係以觀測範圍內的標的物之清晰程度加以判斷，於觀測時需注意下列事項：

- (1) 觀測站附近局部煙塵或地面吹起揚塵，影響範圍甚小，故不予考慮。
- (2) 視程範圍，若落在遠近二個連續目標之間時，應予推估並決定之，同時可就此二目標物之輪廓清晰程度及背景之差異性比較估計，不可以較近標的物之距離為能見度。
- (3) 當能見度非常良好，最遠之標的物仍清晰可見並又無更遠之參考標的物，故可確信能見度必大於該最遠標的物之距離時，不能以最遠標的物之直線距離為能見度，應由標的物輪廓之鮮明度或顏色加以推估決定之。
- (4) 盡量避免在日出或日落時，面對太陽方向進行標的物觀測，易因背景光線照射而造成誤差。

能見度觀測區分為密集觀測及例行觀測，其中密集觀測在夏半季與冬半季各選八天為一期進行，觀測時間自上午9：00至下午5：00，每小時進行一次能見度觀測；而例行觀測部分，則分別於每日上午11：00及下午2：00各進行一次觀測。

決定此觀測時間之考慮因素如下：

- (1) 清晨或傍晚時分，太陽東昇西落，因觀測站由西向東往松山方向觀測，太陽光會直射或背對觀測者眼睛，易造成觀測上的誤差。
- (2) 清晨或傍晚時分相對濕度較大，水氣易凝結成水滴，氣象因子對能見度之

影響較大，污染因子之影響反而較小。中午時段太陽日正當中，大氣熱對流最為激烈，污染物混合最為均勻，較不易有局部污染物排放影響當地能見度的情形。

- (3) 中午時段大氣熱對流及光化學反應皆最為激烈，光化學產物如臭氧、二次氣膠大量形成，污染物混合最為均勻，較不易有局部污染物排放，污染因子影響能見度較大。
- (4) 為與中央氣象局之能見度觀測之頻率一致，因此，其中選定上午11：00及下午2：00進行能見度例行觀測，以利用於未來進行能見度之分析探討。[1]

4. 能見度觀測標的物

根據[1]其所選定之能見度觀測標的物距觀測站(臺北縣政府大樓)之距離，而觀測站與觀測角度如圖2-1所示。能見度觀測係以觀測範圍內建築物之清晰程度加以判斷，每一測站於開始觀測前，必須先選定測站四周之能見度觀測標的物，並量測其距觀測站之距離與方位，製成能見度觀測標的物目標圖，標的物數量愈多愈佳，但必須符合下列能見度觀測標的物之選擇條件：

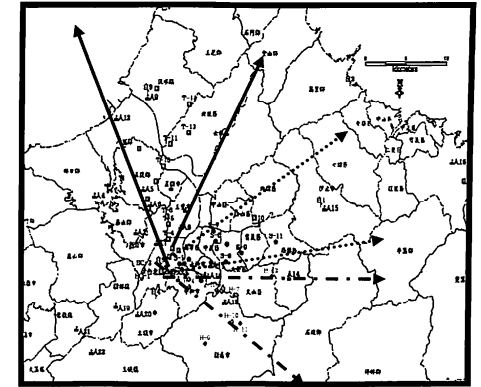
- (1) 標的物應為黑色或暗色無反光之物體，背景以天空為佳。若標的物為淡色或反光之物體，則所觀測之能見度值恐會造成誤差。
- (2) 盡量避免以地面物為背景之標的物，若不得不選用時，亦應注意背景與標的物之距離至少應為標的物與觀測站距離之一半以上。
- (3) 標的物之大小，在垂直方向與水平方向之視角以0.5~5.0度為佳。選定之方法可用一張卡紙，開一直徑7.5mm之圓孔，手持此卡紙伸直手臂，自圓孔中若能見整個物體，即可選定為標的

物。

- (4) 標的物之位置，應盡量在觀測角度範圍內分布均勻，並量測每一標的物與觀測點之直線距離，且製成觀測站之能見度目標圖。

在[1]之研究中，能見度觀測站位於臺北縣府大樓頂樓(R1F)，並以此觀測點向外選取適當之標的物，選定標的物後，到各標的物現場，以衛星定位儀(GPS 45 FCC ID IPH-1300, GARMIN Corp. LENEXA KS, USA)搜尋衛星，再利用上述衛星進行全球衛星定位。全球定位系統(GPS)係利用24顆美國導航衛星的信號求定三維位置之系統，以專屬的信號接收天線與處理器，可計時距離而獲得觀測量，以利即時UTM座標系統的絕對定位。將各標的物定位後，將各標的物與觀測站之座標以距離公式，計算兩點之間距離，再利用MAP INFO軟體將座標繪製成標的物空間分佈圖。王與楊於淡水方向共選取15個標的物，且多為一般建築物，其中亦包含觀音山及關渡大橋等景觀標的物，其標的物分佈共跨越板橋市、新莊市、五股鄉、八里鄉及淡水鎮等鄉鎮，標的物距離介於1.38 km至18 km之間；松山方向共選取11個標的物，此方向之標的物分佈較密集且不易辨別，標的物距離介於0.79 km至11.5 km之間，其中臺北金融大樓為該方向較明顯之標的物；新店方向共選取12個標的物，因觀測距離受山脈阻擋之影響，其標的物距離介於0.956 km至12.5 km之間。[1]

圖2-1 觀測站與觀測角度示意圖[1]



(二) 空氣品質劣化的成因與特性

1. 空氣品質劣化之定義

空氣污染因子與能見度間具有極密切之相關性，能見度的好壞常常用來做為空氣污染的評估。臺北都會區由於高人口密度、高工廠密度、高機動車輛密度，以及近年來營建工程增加……等，使得空氣污染問題日漸嚴重，加上偶有不良氣象條件影響，將更不利於污染物的擴散，導致車輛排放的廢氣、工廠排放之煙氣及營建工程所造成的塵土飛揚……等污染物累積增加，造成部分地區空氣品質、能見度惡化，對民眾的健康構成相當大的威脅。

什麼是空氣品質劣化？[10]空氣品質劣化主要是以空氣污染指標(PSI)來區分，而空氣污染指標PSI(Pollutants Standard Index)，亦有人稱之為空氣品質指數，也就是指空氣中的污染物，例如懸浮微粒(PM₁₀) (粒徑10微米以下之細微粒)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)及臭氧(O₃)濃度等，將各監測站所測得各項污染物的濃度數值，以其對人體健康的影響程

度，分別換算出不同污染之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣污染指標值 (PSI)。表2-2為環保署訂定之PSI值與健康影響之關係。

表2-2 PSI值與健康影響[10]

空氣污染指標 (PSI)	0~50	51~100	101~199	200~299	≥300
對健康的影響	良好 Good	普通 Moderate	不良 Unhealthful	非常不良 Very Unhealthful	有害 Hazardous
人體健康影響	對一般民眾無影響。	對敏感族群無影響。	對敏感族群有輕微症狀惡化的現象，如嗅氣濃度在此範圍，眼鼻會略有刺激感。	對敏感族群有明顯惡化的現象，降低其運動能力；一般大眾則視身體狀況，可能產生各種不同的症狀。	對敏感族群除了不適症狀並造成某些疾病提早開始；降低正常人的運動能力。

依測站涵蓋區域之監測結果顯示，空氣污染濃度達發布空氣品質惡化警告數值 (表2-3)，且氣象條件將促成空氣污染濃度維持或高於其數值十二小時以上，或未來二十四小時內臭氧或二氧化氮濃度將有再超過其一小時均值之虞者，應即發布該測站涵蓋區域對應等級之空氣品質惡化警告。[10]

表2-3發布各級空氣品質惡化警告之空氣污染濃度條件[10]

項 目	空 氣 污 染 物 濃 度		
	空氣品質劣化警告等級		
	初級	中級	緊急
二氧化硫連續 24 小時平均值	0.3 ppm	0.6 ppm	0.8 ppm
懸浮微粒(粒徑≤10微米之顆粒) 24小時平均值 懸浮微粒(粒徑≤10微米之顆粒) 1小時平均值	350 (μg/m3) —	420 (μg/m3) 2000 (μg/m3) 連續 2 小時	500 (μg/m3) 3000 (μg/m3) 連續 3 小時
一氧化碳連續 8 小時平均值	15 ppm	30 ppm	40 ppm
臭氧之 1 小時值	0.2 ppm	0.4 ppm	0.5 ppm
二氧化氮之 1 小時值	0.6 ppm	1.2 ppm	1.6 ppm
二氧化氮連續 24 小時平均值	0.2 ppm	0.4 ppm	0.5 ppm

三、研究方法

(一)以模糊理論預測能見度

1.模糊理論之定義

人類日常生活中有許多具有「模糊」(Fuzzy)的概念。模糊時間序列已經被用來處理很許多預測問題，例如：學生註冊人數的預測、溫度預測、貨物需求量預測、股票預測等。目前已存在之模糊時間序列預測的方法其目標均在追求更高的預測準確率。即預測的愈準確，從中得到的益處就更多。[2]

對於模糊集可以採用以下的記號[8]：用帶或者不帶下標的U、A、W、...來標記一個統定的領域，它們可以是目標、概念或數學結構的任意集合。例如：用U表示所有實數的集合，如污染因子的名稱集合，污染因子的數值集合等。

設A為U的一個模糊子集，其元素為

u_1, u_2, \dots, u_n ，則A可以寫作：

$$A = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (3-1)$$

或

B的隸屬函數，即：

$$A=B \Leftrightarrow \mu_A = \mu_B \quad (3-9)$$

模糊集的基本運算法則說明如下。

模糊集A和B的連集或連，即A∪B，定義為至少包含集A及集B兩者之一的最小模糊集。

設C=A∩B，則其隸屬函數可以表示

$$\mu_C(x) = \text{Max}[\mu_A(x), \mu_B(x)], \forall x \in X \quad (3-10)$$

$$\text{即 } C=A \cap B \Leftrightarrow \mu_C = \text{Min}[\mu_A, \mu_B] \quad (3-11)$$

例如在點x處，

$$\mu_A(x) = 0.9, \mu_B(x) = 0.4, \text{ 則 } \mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}[0.9, 0.4] = 0.9.$$

模糊集A和B的交集或交，即A∩B，定義為包含於A、B兩者的最大模糊集。

$$\mu_C(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)], \forall x \in X \quad (3-12)$$

$$\text{即 } C=A \cap B \Leftrightarrow \mu_C = \text{Min}[\mu_A, \mu_B] \quad (3-13)$$

模糊集的代數積，記為AB，其隸屬函數可以定義為：

$$\mu_{AB} = \mu_A \mu_B \quad (3-14)$$

模糊集的代數和，記為A+B，其隸屬函數可以定義為：

$$A = u_1, u_2, \dots, u_n \quad (3-2)$$

或

$$A = \sum_{i=1}^n u_i \quad (3-3)$$

根據集合的運算原則有：

$$u_i + u_j = u_j + u_i \quad (3-4)$$

$$u_i + u_i = u_i \quad (3-5)$$

當U為有限模糊子集時，作為這種技法的推廣，得：

$$F = \mu_1 u_1 + \mu_2 u_2 + \dots + \mu_n u_n \quad (3-6)$$

或

$$F = \frac{\mu_1}{u_1} + \frac{\mu_2}{u_2} + \dots + \frac{\mu_n}{u_n} \quad (3-7)$$

式中 μ_i 表示 u_i 對F的隸屬程度，稱為隸屬度。

2.模糊邏輯與模糊運算

所謂空間X={ }中[8]的模糊集A就是

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (3-8)$$

這個隸屬函數表示其特徵的集合。

若 $\mu_A(x)$ 接近1，表示x屬於A的程度

高，反之，若 $\mu_A(x)$ 接近0，則表示x屬於A的程度低。

定義：所謂模糊集A、B相等，就是

只對於所有的 $x \in X$ ，有 $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ ，

記為 $A=B$ 。 μ_A, μ_B 分別是模糊集A，

$$\mu_{A+B} = \mu_A + \mu_B - \mu_{AB} \quad (3-15)$$

模糊集A、B的絕對差，以|A-B|表示，可以定義如下：

$$\mu_{|A-B|} = |\mu_A - \mu_B| \quad (3-16)$$

模糊關係（或模糊變量）

在直積空間 $X \times Y = \{(x, y) | x \in X, y \in Y\}$ 中的模糊關係R，就是 $X \times Y$ 模糊集R，它以 $\mu_R(x, y)$ 這個隸屬函數表示其特徵。[8]

3. 模糊關聯分析

設環境品質的要素集合為[8]：

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\} \quad (3-17)$$

u_1, u_2, \dots, u_m 為參與評估的 m 個環境因子的數值。而環境品質的評估標準集合為：

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (3-18)$$

v_1, v_2, \dots, v_n 為與 u_i 相應的評估標準的集合。

就環境品質評估中的問題來看，U 一般是一個模糊向量，而V則是一個二維矩陣。

在U和V都給定之後，因素域（各污染因子）與評估域（評估標準）之間的模糊關係可以用模糊關係矩陣R來表達：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-19)$$

根據模糊關係的定義， r_{ij} 表示第i種

污染物的環境品質數值，可以被評為第

級環境品質的可能性，即i對j的隸屬度。

因此模糊關係矩陣R中的第i行

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}), \quad i=1, 2, \dots, n,$$

實際上代表了第i個因子對各級環境品質標準的隸屬性；而模糊關係中的第j列

$$R_j = (r_{j1}, r_{j2}, \dots, r_{jn}), \quad j=1, 2, \dots, n$$

n ，則代表了各個污染因子對第j級環境品質評估標準的隸屬性。

如果因素域U上的模糊子集為：

$$A = \frac{a_1}{u_1} + \frac{a_2}{u_2} + \dots + \frac{a_m}{u_m} \quad (3-20)$$

式中 a_i 表示單因素 u_i 在所有因素中

所起的作用大小的度量，可以視為第i種污染因子在環境品質問因子中的權重係數。

評估域上的模糊子集為：

$$B = \frac{b_1}{v_1} + \frac{b_2}{v_2} + \dots + \frac{b_m}{v_m} \quad (3-21)$$

式中 b_j 表示 v_j 對綜合評定模糊子集

的隸屬程度，也就是第j級的環境品質標準對綜合環境分級指數的隸屬程度。

在模糊向量A和模糊關係矩陣R已知時，綜合評估模糊子集可以表達為：

$$B = A \cdot R \quad (3-22)$$

根據模糊集的運算方法，可以有四

種模型用來計算 b_j 值。

模型1： $M_1(\cap, U)$

$$b_j = \bigcup_{i=1}^m (a_i \cap r_{ij}) = \text{Max} \{ \text{Min}(a_1, r_{1j}), \text{Min}(a_2, r_{2j}), \dots, \text{Min}(a_m, r_{mj}) \} \quad (3-23)$$

$$j=1, 2, \dots, n$$

式中 \cup 和 \cap 分別模糊集的并與交。

$M_1(\cap, U)$ 模型是按小中取大的進行判別。

模型2： $M_2(\cdot, U)$

$$b_j = \bigcup_{i=1}^m a_i \cdot r_{ij} = \text{Max}$$

$$\{ a_1 \cdot r_{1j}, a_2 \cdot r_{2j}, \dots, a_m \cdot r_{mj} \}$$

$$j=1, 2, \dots, n \quad (3-24)$$

式中 \cdot 表示代數乘；模型 M_1 和 M_2 都

是突出主因素型，在所有因素對第j級環境標準的隸屬度中取其最大者。

模型3： $M_3(\cdot, \oplus)$

$$b_j = \sum_{i=1}^m a_i \cdot r_{ij} = \text{Min} \{ 1, \sum_{i=1}^m a_i \cdot r_{ij} \}$$

$$j=1, 2, \dots, n \quad (3-25)$$

這是加權模型， a_i 的含意可以理解為某種因子的權係數。隸屬度的最高值為1。

模型4： $M_4(\cap, \oplus)$

$$b_j = \sum_{i=1}^m a_i \cap r_{ij} = \text{Min} \{ 1, \sum_{i=1}^m (a_i \cap r_{ij}) \}$$

$$j=1, 2, \dots, n \quad (3-26)$$

由於模型4遵循“小中取小”的原則，一般不適用於環境品質評估。[8]

4. 隸屬函數的概念與求法

模糊關係矩陣R[8]代表了每一個污染因子對每一級環境品質標準的隸屬程度。因此，可以把隸屬度看成污染物的濃度和環境品質標準的函數。

假定環境品質標準劃分為n級，如果污染濃度低於一級標準，則它對於一級的隸屬度為1，對其他級別的隸屬度為0；同樣，如果污染物的濃度較第n級標準為高，那麼它對於第n級的隸屬度為1，對其餘則為0。

目前的環境品質標準的劃分值一般都指一個濃度區間，如表3-1所示的BOD₅的分級值：

表3-1 各類水體的BOD₅標準[8]

水體類別	I	II	III	IV	V
BOD ₅ (mg/L)	<3	3	4	6	10

BOD₅ 的濃度小於 3 者，當劃入 I 類，等於 3 者劃入 II 類，介於 3、4 之間者劃入 III 類，...。那麼，各類水體的 BOD₅ 的代表值是多少呢？可以取個相鄰兩類標準的均質做表值。例如：I 類水體 BOD₅ 的代表值取 3，II 類的代表值亦取 3，

III 類取 3.5，IV 類取 5，V 類取 8，IV 類取 10；分別記為 $e(1)$ 、 $e(2)$ 、...、 $e(6)$ 。

有了分級代表值之後，就可以根據實際環境污染因子的數值在兩代表值之間的位置來計算其隸屬度。

假設某個污染因子的監測濃度為 x ，那麼這個因子對各個環境品質級的隸屬度可以這樣計算：

$$\left. \begin{aligned} \mu_1(x) &= \begin{cases} \frac{\sigma(\text{II})-x}{\sigma(\text{II})-\sigma(\text{I})} & x \leq \sigma(\text{I}), \\ \frac{\sigma(\text{I})-x}{\sigma(\text{I})-\sigma(\text{II})} & \sigma(\text{I}) < x < \sigma(\text{II}), \\ 0 & x \geq \sigma(\text{II}), \end{cases} \\ \mu_2(x) &= \begin{cases} \frac{1-\mu_1(x)}{\sigma(\text{III})-\sigma(\text{II})} & \sigma(\text{I}) < x \leq \sigma(\text{II}), \\ \frac{\sigma(\text{II})-x}{\sigma(\text{II})-\sigma(\text{III})} & \sigma(\text{II}) < x < \sigma(\text{III}), \\ 0 & x \leq \sigma(\text{I}), x \geq \sigma(\text{III}), \end{cases} \\ \vdots \\ \mu_m(x) &= \begin{cases} \frac{1-\mu_{m-1}(x)}{\sigma(m+1)-\sigma(m)} & \sigma(m-1) < x \leq \sigma(m), \\ \frac{\sigma(m)-x}{\sigma(m)-\sigma(m+1)} & \sigma(m) < x < \sigma(m+1), \\ 0 & x \leq \sigma(m-1), x \geq \sigma(m+1), \end{cases} \\ \mu_{m+1}(x) &= \begin{cases} \frac{0}{1} & x < \sigma(\text{III}), \\ \frac{\sigma(m)-x}{\sigma(m)-\sigma(m+1)} & \sigma(m) < x < \sigma(m+1), \\ 1 & x \geq \sigma(m+1), \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (3-27)$$

式中 $\mu_1(x)$ 、 $\mu_2(x)$ 、...、 $\mu_{m+1}(x)$ 環境品質 x 對一級，二級，...， $m+1$ 級環境品質標準的隸屬度，且假設隸屬度為線性函數。[8]

5. 模糊預測與權重係數

前已述及[8]，係數 a_i 表示單因子 u_i 在所有因子中所起的作用大小的度量，因此，可以將 a_i 視為第 i 種污染因子在環

境品質評估間因子中的權重係數。

對於模型 1 和模型 2， a_i 的計算方法為：

$$a_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (3-28)$$

式中 C_i 代表某種污染物的監測濃度； S_i 代表某種污染物的環境品質基點值。

可以把“清潔”與“污染”之間的分界點的值定義為基點值。例如：當水質標準分為 5 級時，可以將中間一級，即第 3 級的值定義為基點值。

對於模型 3，則需進行單一化處理，即令

$$a_i = \frac{a_i^*}{\sum_{i=1}^n a_i^*} \quad (3-29)$$

$$a_i^* = \frac{C_i}{S_i} \quad (3-30)$$

6. 模糊預測之案例

(1) 鑑定未知樣本類別[3]

設論域 V ， A_1, A_2, \dots, A_l 是 V 中的 l 個已知類型的模糊子集，又有 $A_i(u) (u \in V)$ ，其中 $i=1, 2, \dots, l$ ，是

A_i 在 V 上的模糊數學模式（實際就是隸屬函數 $\mu_{A_i}(u)$ ），則該分類（即識別）就是對任意給定的元素（待判樣品）用 $u_0 \in V$ 進行識別，看它是屬於 A_i 中的哪一類。

其判決原則如下：

若存在有 $A_k(u_0) = \max_{1 \leq i \leq l} A_i(u_0)$ ，當樣

品 V 代入模型 $A_i(u_0) = c_i$ ，

$A_2(u_0) = c_2, \dots, A_l(u_0) = c_l$ 中後，若

最大值（即隸屬度）為 $c_k = A_k(u_0)$ ，則

可將 u_0 劃分為第 k 類。

【例】設高度論域（各元素單位為 m ）為 $U = [20, 150] h$ ，若屬於重度污染層的模式為

$$A_1(x) = \begin{cases} \frac{1}{1 + [2.5(h-50)]^2} & (50 < h < 150) \\ 0 & (20 < h < 50) \end{cases} \quad (3-31)$$

屬於輕度污染層的模式為

$$A_2(x) = \begin{cases} \frac{0}{1 + [2.5(h-80)]^2} & (h < 80, h > 100) \\ 1 & (80 < h < 100) \end{cases} \quad (3-32)$$

試求 $u_0 = h = 60m$ 時，應劃入何種類

型。

得中度污染層的模式為

$$A_3(h) = A_1 \wedge A_2 = \min\{[1 - A_1(h)], [1 - A_2(h)]\} \quad (3-33)$$

將 $u_0 = 60$ 代入上式 $A_1 \sim A_3$ ，則

$$A_1(60) = \frac{1}{1 + [0.25(60-50)]^2} = 0.038$$

$$A_2(60) = 0$$

$$A_3(60) = \min\{(1-0.038), (1-0)\} = 0.962$$

由於 max

$$A_i(h) = \max\{0.038, 0, 0.962\} = 0.962$$

$$(1 \leq i \leq 3)$$

故得 $k=3$ 所以 60m 屬於 $A_3(h)$ 類，即高度為 60m 時，屬中度污染層範圍。

(2) 判定樣品相似程度[3]

利用公式判定兩個子集相似與否，在前面已敘述，在此以下面例子說明。

$$\text{【例】設 } A = \frac{0.7}{a} + \frac{0.5}{b} + \frac{0.4}{c} + \frac{1}{d},$$

$$B = \frac{0.5}{a} + \frac{0.4}{b} + \frac{0.2}{c} + \frac{0.3}{d}, \text{ 求集合 } A \text{ 與 } B \text{ 的貼}$$

近度，即判定是否相近。

【解】選用貼近度定義 1，即式

$$L_{(A, B)} \stackrel{\Delta}{=} (A \cdot B) \Delta \frac{1}{2} [A \cdot B + (1 - A \oplus B)]$$

【解】根據重、輕度污染層的模式，

得 $A \cdot B =$

$$\sqrt{\{0.7 \wedge 0.5, 0.9 \wedge 0.4, 0.4 \wedge 0.2, 1 \wedge 0.3\}} =$$

$$\sqrt{\{0.5, 0.4, 0.3, 0.3\}} = 0.5$$

$$A \oplus B =$$

$$\Lambda\{0.7 \vee 0.5, 0.9 \vee 0.4, 0.4 \vee 0.2, 1 \vee 0.3\} =$$

$$\Lambda\{0.7, 0.9, 0.4, 1\} = 0.4$$

$$\text{代入上式得 } L_{(A, B)} = \frac{1}{2} \{0.5 + (1 - 0.4)\}$$

$$= 0.55$$

結果說明， A 與 B 的貼近度一般化，或說偏貼近（相近）。

(3) 對樣品進行相似判斷[3]

【例】表3-2是某河川連續6年的監測值，每次監測項目6個，試判斷這6年中哪年的監測結果與1998年同期監測結果最相符，實際是判斷哪年與1998年的污染程度相近。

表3-2 某河川連續6年的監測值[3]

年分	測定值/($\mu\text{g L}^{-1}$)	x_{10}	x_{20}	x_{30}	x_{40}	x_{50}	x_{60}	採樣時間
		耗氧量	pH值	色度	木質素	溶解氧	氨氮	
固定樣品	1998	0.048	8.25	24	0.68	9.8	0.48	6月4日
"	1999	6.80	8.11	26	2.40	10.2	0.52	8月4日
	2000	4.55	8.6	24	0.73	8.52	0.03	5月20日
	2001	8.56	7.8	28	3.46	10.41	0.18	5月20日
	2003	16.90	8.5	32	0.99	9.25	0.45	5月20日
	2004	8.8	6.5	37	2.20	7.67	0.06	5月20日
	2005	6.48	6.55	40	2.40	9.9	0.06	5月21日

【解】從表3-2看出，該問題共有6個樣品，每個樣品有6個特徵值，因此

A. 根據優先比公式逐個 r_{ij} 值，建立

優先比矩陣。先建立耗氧量 x_1 的優先比

矩陣，根據公式 $r_{ij} = \frac{D_{ji}}{D_{ij} + D_{ji}}$ 得

$$D_1 = |0.048 - 6.8| = 6.75$$

$$D_2 = |0.048 - 4.55| = 4.50$$

$$\text{同理， } D_3 = |0.048 - 8.56| = 8.51, D_4 =$$

$$|0.048 - 16.9| = 16.85, D_5 = 8.75, D_6 = 6.43, \text{ 故}$$

$$r_{12} = \frac{D_2}{D_1 + D_2} = \frac{4.50}{6.75 + 4.50} = 0.40$$

$$r_{21} = 1 - 0.40 = 0.6$$

$$\text{同理， } r_{13} = \frac{8.51}{6.75 + 8.51} = 0.56, r_{31} =$$

$$1 - 0.56 = 0.44, \text{ 依此類推 } r_{14} = 0.71, r_{41} =$$

$$0.29, r_{15} = 0.56, r_{51} = 0.44, r_{16} = 0.49,$$

$$r_{61} = 0.51, r_{23} = 0.65, r_{24} = 0.79, r_{25} =$$

$$0.66, r_{26} = 0.59。$$

結果見 R 所示， r_{ij} 的含意為，如 $r_{12} =$

0.4說明對於1998年（固定樣品），相似程度上2000年優於1999年。

$$R = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.40 & 0.56 & 0.71 & 0.56 & 0.49 \\ 0.60 & 1.00 & 0.65 & 0.79 & 0.66 & 0.59 \\ 0.44 & 0.36 & 1.00 & 0.66 & 0.51 & 0.43 \\ 0.29 & 0.21 & 0.34 & 1.00 & 0.34 & 0.28 \\ 0.29 & 0.21 & 0.34 & 1.00 & 0.34 & 0.28 \\ 0.44 & 0.34 & 0.49 & 0.64 & 1.00 & 0.42 \\ 0.51 & 0.41 & 0.57 & 0.72 & 0.58 & 0.42 \end{bmatrix}$$

先取 $\lambda_1 = 0.59$ （觀察法確定），則

$$R = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.40 & 0.56 & 0.71 & 0.56 & 0.49 \\ 0.60 & 1.00 & 0.65 & 0.79 & 0.66 & 0.59 \\ 0.44 & 0.36 & 1.00 & 0.66 & 0.51 & 0.43 \\ 0.29 & 0.21 & 0.34 & 1.00 & 0.34 & 0.28 \\ 0.29 & 0.21 & 0.34 & 1.00 & 0.34 & 0.28 \\ 0.44 & 0.34 & 0.49 & 0.64 & 1.00 & 0.42 \\ 0.51 & 0.41 & 0.57 & 0.72 & 0.58 & 0.42 \end{bmatrix}$$

可以看出，第2行元素首先達到全為“1”，把它編為1號，同時，將樣品2從 R 中剔除，其意是說，樣品2（2000年的樣品），關於耗氧量的監測結果與1998年最接近。

B. 從 R 矩陣中去掉第2個樣品的矩陣

設為 R' ，即

$$R' = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.56 & 0.71 & 0.56 & 0.49 \\ 0.44 & 1.00 & 0.66 & 0.51 & 0.43 \\ 0.29 & 0.34 & 1.00 & 0.34 & 0.28 \\ 0.44 & 0.49 & 0.64 & 1.00 & 0.42 \\ 0.51 & 0.57 & 0.72 & 0.58 & 1.00 \end{bmatrix}$$

先取 $\lambda_2 = 0.51$ ，則

$$R'_{\lambda_2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

第6行先達到全為“1”，可將6號列為2號，即對耗氧量來說，2005年的化驗結果與1998年的相似程度居於第2位。依此類推，順序為2000、2005、2000、2001、2004、2003年。以上是對於耗氧量的優先比計算結果，仿此再計算其他5個特徵值的相似係數，詳細計算過程不再重述。結果見表3-3。

表3-3 某河川特徵值的相似係數[3]

年分	名次	x_{10}	x_{20}	x_{30}	x_{40}	x_{50}	x_{60}	Σ	名次
		耗氧量	pH值	色度	木質素	溶解氧	氨氮		
1999	3	1	2	4	2	2	14	1	
2000	1	3	1	1	5	5	16	2	
2001	4	4	3	5	4	3	23	5	
2003	6	2	4	2	3	1	18	3	
2004	5	6	5	3	6	4	29	6	
2005	2	5	6	4	1	4	22	4	

計算結果表明，1999年的合計數為14，最少，說明1999年的監測值與1998年最相似。從污染程度看，1999年最接近1998年，其次是2000年。同時可以看出，污染逐年加重，2005年相應減輕，這與有污染的工廠停工有關。

經過計算，可以總結出一個規律：

以特徵因子 x_1 為例，2000年之所以與1998年的監測結果相似，是因二者的離差比任何年分與1998年的離差都小，故在相似程度上，它排在第1號；同理2005年排在第2號。依此類推，對於其餘5個

因子的計算，就不必再像計算 x_1 那樣繁瑣，直接由離差大小排列出。如pH值，1999~2005年的各測值與1998年的值相減，其離差的絕對值分別為：0.14、0.35、

0.45、0.25、1.75、1.7，由小到大排列，其名次分別為1999年第1，2003年第2等，結果見表2-7。對於上述的計算方法，完全可以推廣到其他相似的問題。

(4)預報大氣逆溫的程度[3]

【例】某環保局採用綜和評估法進行預報，設該地逆溫層發生在秋季（9~11月），並與氣壓、溫度、風速有關，即 $V = \{\text{氣壓}, \text{溫度}, \text{風速}\}$ ，另設上述3個因素的權數分配為

$$A = (0.40, 0.10, 0.50)$$

級，即 $V = \{\text{易發生}, \text{較易發生}, \text{不易發生}, \text{不發生}\}$ 。根據經驗，發生逆溫的適宜條件為：氣壓 $P > 90\text{kPa}$ （該市秋季的平均氣壓為 98.48kPa ），平均溫度 $t = 5^\circ\text{C}$ ，風速 $v < 2.5\text{m/s}$ 。

【解】A.對氣壓的隸屬函數為（由歷年氣象資料得）

$$\mu_p = \begin{cases} 1 & P=90 \\ 1 & 90 \leq P \leq 1000 \\ \frac{1}{1+0.02(P-90)} & P \geq 100 \\ 0 & \end{cases}$$

對溫度的隸屬函數有

$$\mu_t = \begin{cases} 1 & t \geq 5 \\ 1 & -20 \leq t \leq 5 \\ \frac{1}{1+0.0178(t-5)^2} & t < -20 \\ 0 & \end{cases}$$

對溫度的隸屬函數有

$$\mu_v = \begin{cases} 1 & v \leq 1 \\ 1 & 1 \leq v < 4 \\ \frac{1}{1+0.667(v-1)} & v \geq 4 \\ 0 & \end{cases}$$

B.劃等級

根據隸屬度大小我們規定：

- $\mu \geq 0.95$ 為易發生逆溫；
- $\mu \geq 0.85$ 為較易發生逆溫；
- $\mu \geq 0.75$ 為不易發生逆溫；
- $\mu < 0.75$ 為不發生逆溫。

C.求本市的模糊矩陣R

統計一年氣象資料（取暖期是5個月，按150天計算，將此氣象因子值帶入各自的隸屬函數，求出隸屬度，然後與等級比較），對氣壓來說，屬於易發生逆溫的有80天，即 $\frac{80}{150} = 0.53$ ；屬於較易發生逆溫的有20天，即 $\frac{20}{150} = 0.13$ ；屬於不發生逆溫的有50天，即 $\frac{50}{150} = 0.33$ ；屬於不易發生逆溫的有0天。按同樣方法求出溫度和風速的易發生、較易發生、不易發生、不發生的概率值，從而得模糊矩陣R為

$$R = \begin{bmatrix} 0.53 & 0.13 & 0.33 & 0.00 \\ 0.45 & 0.22 & 0.15 & 0.08 \\ 0.56 & 0.15 & 0.24 & 0.05 \end{bmatrix}$$

根據 $B = A \cdot R$ 即可判定該市本年度發生逆溫的程度，即

$$B = (0.40, 0.10, 0.50) \cdot \begin{bmatrix} 0.53 & 0.13 & 0.33 & 0.00 \\ 0.45 & 0.22 & 0.15 & 0.08 \\ 0.56 & 0.15 & 0.24 & 0.05 \end{bmatrix} \\ = (0.50, 0.15, 0.33, 0.08) \\ \Leftrightarrow (0.472, 0.142, 0.311, 0.0755)$$

即本年很易發生逆溫的程度占47.2%；比較易發生的程度占14.2%；不易發生的程度占31.1%；不發生的程度占7.55%。比較結果，今年很易發生逆溫。

[3]

(二)模糊時間序列

陳（2009）曾經做過之研究「懸浮微粒濃度的模糊時間序列與類神經網路分析」其中提出一個模糊類神經網路分析的模型，用以預測空氣中的懸浮微粒濃度。由於大氣中懸浮微粒為一非線性內部結構的模糊時間序列，因此可以採用同屬非線性結構的類神經網路來處理。[7]

本研究以模糊時間序列進行分析，求取兩個相鄰時間懸浮微粒濃度的模糊關係，首先劃分全距並設立分組，並定義模糊集，求取模糊邏輯關係，接著建構類神經網路系統，以倒傳遞演算法求取對應關係，最後再以所訓練完成的類神經網路進行預測。

模糊時間序列可以下式表示之：

$$A_i = fA_1(u_1)/u_1 + fA_2(u_2)/u_2 + \dots + fA_n(u_n)/u_n \quad (3-31)$$

以實測之大氣中懸浮微粒濃度進行實證。本研究的結果顯示出在『已出現過』（known pattern）的樣本與『未出現過』（unknown pattern）的樣本中，前者會有較佳的預測結果，其值可優於一般

的模糊時間序列模型，但是對於後者的濃度，則預測誤差較高。

(三)模糊演算規則庫

本預測模型是採用模糊規則演算，因此若規則覆蓋率越高，預測到的機率越高，但預測誤差百分比不一定會隨之降低，因為有可能影響因子並非我們用來預測的 PM_{10} 或 O_3 ，有可能是 CO 或 SO_2 等。由數據中可以看出用來預測的比數越高，規則覆蓋率則越多。

表 3-4 覆蓋率與預測結果之關係

筆數	未覆蓋筆數	覆蓋率
10	52	95
20	49	98
30	49	98
50	32	115
100	23	124
120	23	124

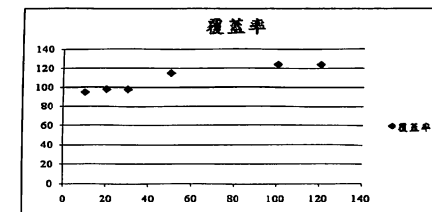


圖3-1 覆蓋率與預測結果之關係比較

1.演算規則多於區間

以下推導一個模糊預測規則庫內的規則數與預測結果的判斷法則，即以規則數和預測區間數來相比較，若規則數 > 區間數 \Rightarrow 很容易預測到，但可以預測到並不表示誤差值就會隨之降低。

如圖 3-2 所示，當演算規則多於模

糊區間之時，代表函數值可能會映射到不同的值域，因此必須先行加以處理，本研究中採用統計法，將不同演算規則的函數值加權平均，取其統計平均值做為模糊預測值，以增加預測結果之準確性。

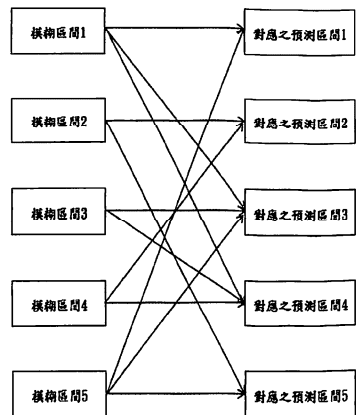


圖 3-2 演算規則多於區間數

2. 演算規則等於區間數

規則數 = 區間數 ⇨ 不太可能發生，因為百分之百預測到的機率太低了。還要加上許多外來的因素，例如：全球環境變遷、地球暖化、溫室效應等。再者，目前能見度的量測數據並非觀測因子之一，數據不全也是重要的影響因素之一。

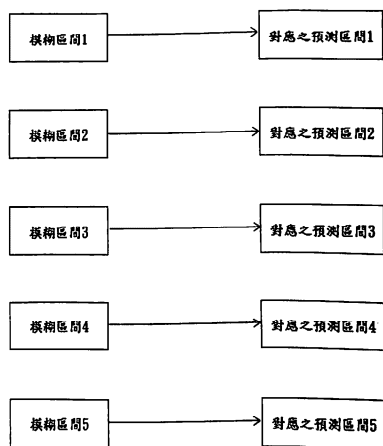


圖 3-3 演算規則等於區間數

如果演算規則等於區間數，代表每一個模糊預測值均有一個模糊預測區間，如上圖所示。

3. 演算規則少於區間數

規則數 < 區間數 很容易連預測都無法預測，因為規則太少。

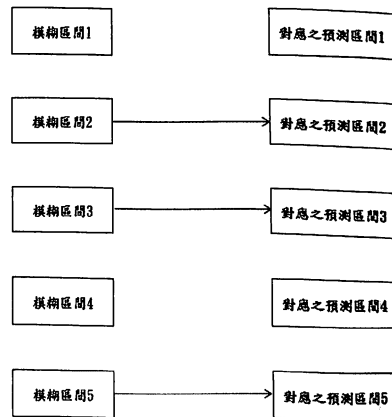


圖 3-4 演算規則少於區間數

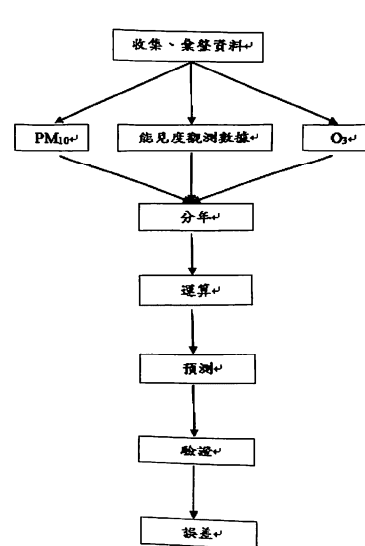
演算規則少於區間數是一個特例，代表沒有足夠的經驗規則在規則庫中，因此也就是覆蓋率低的時候，無法預測到正確的結果。如圖3-4所示。

4. 大量規則對預測結果的影響

由於本研究所提出的預測理論是一個十分仰賴經驗的預測模式，因此若有足夠的以往經驗，即有成功預測之可能。大量的規則之存在，代表我們所知道的法則多，因此成功預測得結果的可能性即隨之而增高。

(四) 觀測資料統計

首先先把淡水、新店、松山這三個測站的五年（2004~2008）能見度觀測數據、PM₁₀日平均值、O₃日平均值找出來。



1. 資料分析步驟

(1) 把淡水、新店、松山這三個測站的五年（2004~2008）能見度觀測數據、

- PM₁₀日平均值、O₃日平均值找出來。
- (2) 將數據依日期排序分別取前 10 筆、20 筆、30 筆、50 筆、100 筆、120 筆、2004 年、2004+2005 年、2004+2005+2006 年、2004+2005+2006+2007 年。
- (3) 各別將淡水測站、新店測站、松山測站之能見度觀測數據與 PM₁₀ 日平均值、O₃ 日平均值，依日期一一的對照、排序。
- (4) 把其中該天能見度觀測數據有或 PM₁₀ 日平均值、O₃ 日平均值沒有數據者剔除，不列入計算。

四、結果與討論

(一) 能見度與污染因子之關聯分析

1. PM₁₀與能見度之模糊關聯分析

- (1) 將能見度觀測數據與 PM₁₀ 日平均值做關聯。
 - (2) 統計關聯結果。
 - (3) 做出模糊關係。
- ※模糊關係計算方法：

$$\frac{(A^1 \times B + A^2 \times B + \dots)}{A^1 + A^2 + \dots} \quad (4-1)$$

其中

A：統計後的值

B：區間序列

- (4) 看區間落在哪裡，再去找對應的能見度區間中間值，加總後即可算出預測的能見度值。
- (5) 以 PM₁₀ 日平均值與求出來的能見度值畫 XY 散佈圖。
- (6) 找出 2008 年能見度觀測數據與 PM₁₀ 日平均值。
- (7) 依日期一一的對照、排序，再把其中

- 該天沒有數據的刪除，不列入計算裡。
- (8)將2008年能見度觀測數據與PM₁₀日平均值依先前做的10筆、20筆、30筆、50筆、100筆、120筆、2004年、2004+2005年、2004+2005+2006年、2004+2005+2006+2007年之區間值做區間。
- (9)把10筆、20筆、30筆、50筆、100筆、120筆、2004年、2004+2005年、2004+2005+2006年、2004+2005+2006+2007年模糊關係求的能見度值，套上2008年PM₁₀日平均值上。
- (10)同時算出預測出來的能見度誤差值。

※誤差值計算方法：

$$\frac{(A-B)}{B} \quad (4-2)$$

其中

A：預測能見度值
B：實際能見度值

- (11)再把算出來的誤差值，再加上絕對值。
- (12)都算完了之後，再將一一求出來的值，全部加總起來÷總筆數，即可得平均絕對誤差值。
- (13)加上%，即得到平均絕對誤差百分比(MAPE)。有關平均絕對誤差百分比(MAPE)的評估標準如附件一。
- (14)另外，將步驟11，一一除以平均絕對誤差值，即可得到平均絕對誤差等級。
- (15)同樣的方法總共要做淡水測站、新店測站、松山測站PM₁₀日平均值，10筆、20筆、30筆、50筆、

- 100筆、120筆、1年、2年、3年、4年。
- (16)再來做預測2008年之能見度誤差值。
- (17)都做完再來畫關係折線圖。
- (18)即可看出各筆數的預測關係。
- 2.O₃與能見度之模糊關聯分析
- (1)將能見度觀測數據與O₃日平均值做關聯。
- (2)統計關聯結果。
- (3)做出模糊關係。

※模糊關係計算方法：

$$\frac{(A^1 \times B + A^2 \times B + \dots)}{A^1 + A^2 + \dots} \quad (4-1)$$

其中

A：統計後的值
B：區間序列

- (4)看區間落在哪裡，再去找對應的能見度區間中間值，加總後即可算出我們預測的能見度值。
- (5)以O₃日平均值與求出來的能見度值畫XY散佈圖。
- (6)找出2008年能見度觀測數據與O₃日平均值。
- (7)依日期一一的對照、排序，再把其中該天沒有數據的刪除，不列入計算裡。
- (8)將2008年能見度觀測數據與O₃日平均值依先前做的10筆、20筆、30筆、50筆、100筆、120筆、2004年、2004+2005年、

- 2004+2005+2006年、2004+2005+2006+2007年之區間值做區間。
- (9)把10筆、20筆、30筆、50筆、100筆、120筆、2004年、2004+2005年、2004+2005+2006年、2004+2005+2006+2007年模糊關係求的能見度值，套上2008年O₃日平均值上。
- (10)同時算出預測出來的能見度誤差值。

※誤差值計算方法：

$$\frac{(A-B)}{B} \quad (4-2)$$

其中

A：預測能見度值
B：實際能見度值

- (11)再把算出來的誤差值，再加上絕對值。
- (12)都算完了之後，再將一一求出來的值，全部加總起來÷總筆數，即可得平均絕對誤差值。
- (13)加上%，即得到平均絕對誤差百分比(MAPE)。有關平均絕對誤差百分比(MAPE)的評估標準如附件一。
- (14)另外，將步驟11，一一除以平均絕對誤差值，即可得到平均絕對誤差等級。
- (15)同樣的方法總共要做淡水測站、新店測站、松山測站O₃日平均值，10筆、20筆、30筆、50筆、100筆、120筆、1年、2年、3年、4年。

- (16)再來做預測2008年之能見度誤差值。
- (17)都做完再來畫關係折線圖。
- (18)即可看出各筆數的預測關係。
- (二)影響預測結果之因素

原先預計採用月平均去做，由於數據太少，所以改用日平均進行。以下是本研究所演算出來的絕對誤差百分比與絕對誤差等級：

1. PM₁₀污染因子預測能見度結果

(1)淡水PM₁₀平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

表4-1 淡水PM₁₀平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

次數	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比	平均絕對誤差等級
10筆	0.41185689	41%	1.09
20筆	0.350172432	35%	0.93
30筆	0.360548088	36%	0.96
50筆	0.355160928	36%	0.94
100筆	0.370165119	37%	0.98
120筆	0.37477388	37%	0.99
一年	0.413003849	41%	1.09
二年	0.374413288	37%	0.99
三年	0.363992737	36%	0.96
四年	0.400930782	40%	1.06
平均	0.377501799	38%	1.00

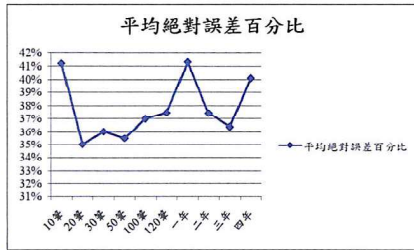


圖4-1 淡水PM10平均絕對誤差百分比

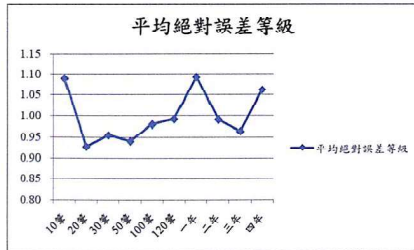


圖4-2 淡水PM10平均絕對誤差等級

(2)新店 PM10 平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

表 4-2 新店 PM10 平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

次數	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比	平均絕對誤差等級
10年	0.339968866	34%	0.94
20年	0.369340251	37%	1.03
30年	0.367632833	37%	1.02
50年	0.346719363	35%	0.96
100年	0.380831957	38%	1.06
120年	0.374176069	37%	1.04
一年	0.371981795	37%	1.03
二年	0.350835435	35%	0.97
三年	0.337826580	34%	0.94
四年	0.363503324	36%	1.01
平均	0.360281648	36%	1.00

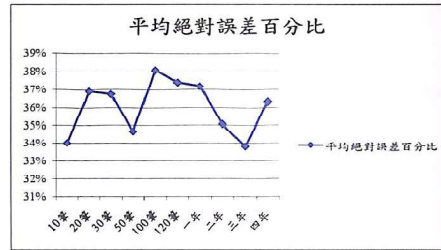


圖4-3 新店PM10平均絕對誤差百分比

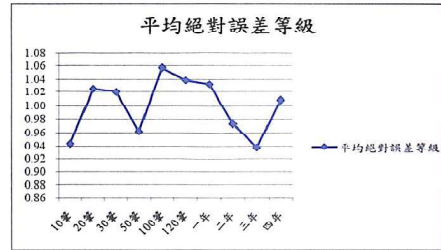


圖4-4 新店PM10平均絕對誤差等級

(3)松山 PM10 平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

表4-3 松山PM10平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

次數	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比	平均絕對誤差等級
10年	0.380256211	38%	1.01
20年	0.349358248	35%	0.92
30年	0.355238136	36%	0.9
50年	0.365122533	37%	0.97
100年	0.371034349	37%	0.98
120年	0.366928802	37%	0.97
一年	0.404417397	40%	1.07
二年	0.404223266	40%	1.07
三年	0.387934785	39%	1.03
四年	0.393216846	39%	1.04
平均	0.377773057	38%	1.00

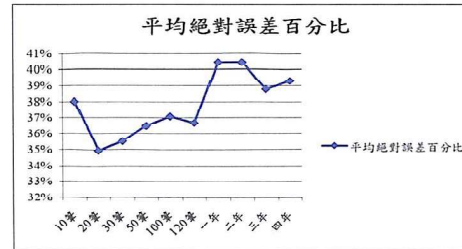


圖4-5 松山PM10平均絕對誤差百分比

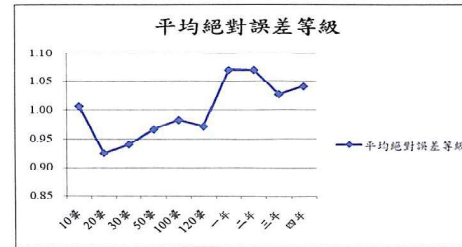


圖4-6 松山PM10平均絕對誤差等級

2. O3污染因子預測能見度結果

(1)淡水O3平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

表4-4 淡水O3平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

次數	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比	平均絕對誤差等級
10年	0.358913608	36%	1.00
20年	0.357833348	36%	1.00
30年	0.331656271	33%	0.93
50年	0.308393954	31%	0.86
100年	0.345360912	35%	0.96
120年	0.351030431	35%	0.98
一年	0.386633699	39%	1.08
二年	0.369544822	37%	1.03
三年	0.369087003	37%	1.03
四年	0.405854575	41%	1.13
平均	0.358619827	36%	1.00

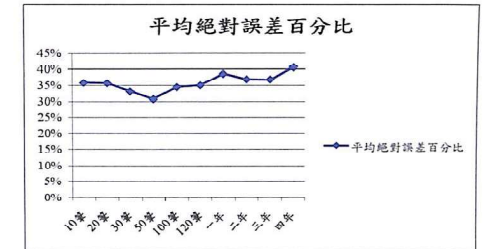


圖4-7 淡水O3平均絕對誤差百分比

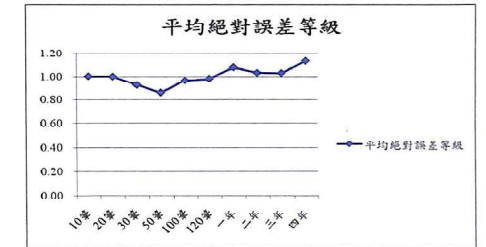


圖4-8 淡水O3平均絕對誤差等級

(2)新店 O3 平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

表4-5 新店O3平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

次數	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比	平均絕對誤差等級
10年	0.35777722	36%	1.00
20年	0.311472041	31%	0.87
30年	0.309457887	31%	0.86
50年	0.323264496	32%	0.90
100年	0.420590126	42%	1.17
120年	0.386788674	39%	1.08
一年	0.408569621	41%	1.14
二年	0.354990519	35%	0.99
三年	0.332372006	33%	0.93
四年	0.38091568	38%	1.06
平均	0.358619827	36%	1.00

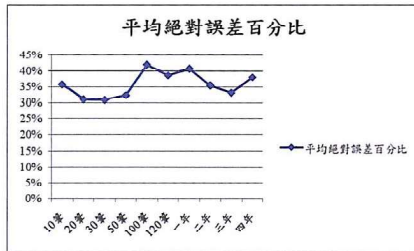


圖4-9 新店O₃平均絕對誤差百分比

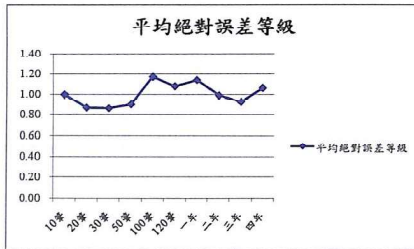


圖4-10 新店O₃平均絕對誤差等級

(3)松山 O₃ 平均絕對誤差百分比與平均

絕對誤差等級關係

表4-6 松山O₃平均絕對誤差百分比與平均絕對誤差等級關係

次數	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比	平均絕對誤差等級
10筆	0.2099075	30%	0.85
20筆	0.306392995	31%	0.87
30筆	0.306770779	31%	0.87
50筆	0.31891596	32%	0.90
100筆	0.385928132	39%	1.00
120筆	0.381076375	38%	1.08
一年	0.39882619	40%	1.13
二年	0.371281268	37%	1.05
三年	0.368280518	37%	1.04
四年	0.392326003	39%	1.11
平均	0.352970572	35%	1.00

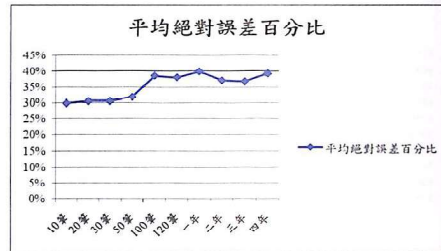


圖4-11 松山O₃平均絕對誤差百分比

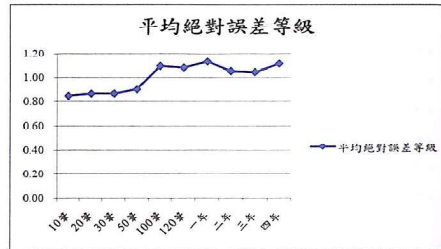


圖4-12 松山O₃平均絕對誤差等級

3.各站PM₁₀和O₃之比較

(1)淡水PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

表4-7 淡水PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

次數	淡水 PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比	淡水 O ₃ -平均絕對誤差百分比
10筆	41%	36%
20筆	35%	36%
30筆	30%	33%
50筆	36%	31%
100筆	37%	35%
120筆	37%	35%
一年	41%	39%
二年	37%	37%
三年	30%	37%
四年	40%	41%
平均	38%	36%

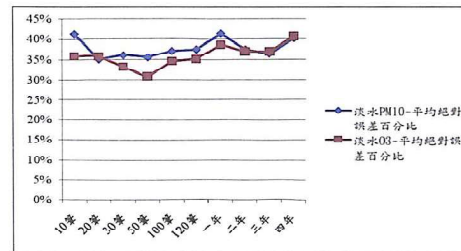


圖4-13 淡水PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

(2)淡水 PM₁₀ 和 O₃ 之平均絕對誤差等級

關係

表4-8 淡水PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

次數	淡水 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級	淡水 O ₃ -平均絕對誤差等級
10筆	1.09	1.00
20筆	0.93	1.00
30筆	0.96	0.93
50筆	0.94	0.86
100筆	0.98	0.96
120筆	0.99	0.98
一年	1.09	1.08
二年	0.99	1.03
三年	0.96	1.03
四年	1.06	1.13
平均	1.00	1.00

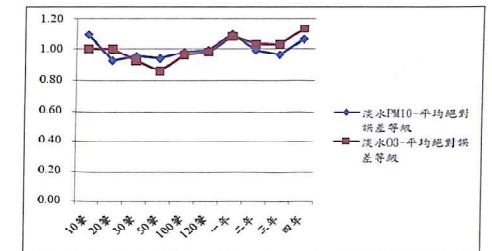


圖4-14 淡水PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

(3)新店 PM₁₀ 和 O₃ 之平均絕對誤差百分比

關係

表4-9 新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

次數	新店 PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比	新店 O ₃ -平均絕對誤差百分比
10筆	34%	36%
20筆	37%	31%
30筆	37%	31%
50筆	35%	32%
100筆	38%	42%
120筆	37%	39%
一年	37%	41%
二年	35%	35%
三年	34%	33%
四年	36%	38%
平均	36%	36%

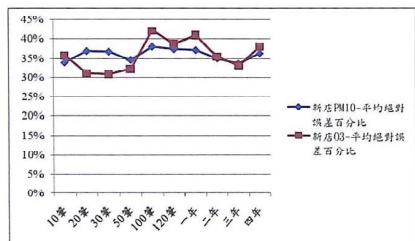


圖4-15 新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

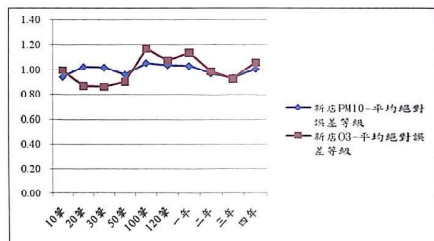


圖4-16 新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

(4)新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

表4-10 新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

次數 [Ⓔ]	新店PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 [Ⓔ]	新店O ₃ -平均絕對誤差等級 [Ⓔ]
10筆 [Ⓔ]	0.94 [Ⓔ]	1.00 [Ⓔ]
20筆 [Ⓔ]	1.03 [Ⓔ]	0.87 [Ⓔ]
30筆 [Ⓔ]	1.02 [Ⓔ]	0.86 [Ⓔ]
50筆 [Ⓔ]	0.96 [Ⓔ]	0.90 [Ⓔ]
100筆 [Ⓔ]	1.06 [Ⓔ]	1.17 [Ⓔ]
120筆 [Ⓔ]	1.04 [Ⓔ]	1.08 [Ⓔ]
一年 [Ⓔ]	1.03 [Ⓔ]	1.14 [Ⓔ]
二年 [Ⓔ]	0.97 [Ⓔ]	0.99 [Ⓔ]
三年 [Ⓔ]	0.94 [Ⓔ]	0.93 [Ⓔ]
四年 [Ⓔ]	1.01 [Ⓔ]	1.06 [Ⓔ]
平均 [Ⓔ]	1.00 [Ⓔ]	1.00 [Ⓔ]

(5)松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

表4-11 松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

次數 [Ⓔ]	松山PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 [Ⓔ]	松山O ₃ -平均絕對誤差百分比 [Ⓔ]
10筆 [Ⓔ]	38% [Ⓔ]	30% [Ⓔ]
20筆 [Ⓔ]	35% [Ⓔ]	31% [Ⓔ]
30筆 [Ⓔ]	36% [Ⓔ]	31% [Ⓔ]
50筆 [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	32% [Ⓔ]
100筆 [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	30% [Ⓔ]
120筆 [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	38% [Ⓔ]
一年 [Ⓔ]	40% [Ⓔ]	40% [Ⓔ]
二年 [Ⓔ]	40% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]
三年 [Ⓔ]	39% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]
四年 [Ⓔ]	39% [Ⓔ]	39% [Ⓔ]
平均 [Ⓔ]	38% [Ⓔ]	35% [Ⓔ]

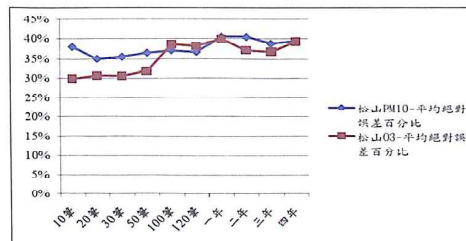


圖4-17 松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

(6)松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

表4-12 松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

次數 [Ⓔ]	松山PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 [Ⓔ]	松山O ₃ -平均絕對誤差等級 [Ⓔ]
10筆 [Ⓔ]	1.01 [Ⓔ]	0.85 [Ⓔ]
20筆 [Ⓔ]	0.92 [Ⓔ]	0.87 [Ⓔ]
30筆 [Ⓔ]	0.9 [Ⓔ]	0.87 [Ⓔ]
50筆 [Ⓔ]	0.97 [Ⓔ]	0.90 [Ⓔ]
100筆 [Ⓔ]	0.98 [Ⓔ]	1.09 [Ⓔ]
120筆 [Ⓔ]	0.97 [Ⓔ]	1.08 [Ⓔ]
一年 [Ⓔ]	1.07 [Ⓔ]	1.13 [Ⓔ]
二年 [Ⓔ]	1.07 [Ⓔ]	1.05 [Ⓔ]
三年 [Ⓔ]	1.03 [Ⓔ]	1.04 [Ⓔ]
四年 [Ⓔ]	1.04 [Ⓔ]	1.11 [Ⓔ]
平均 [Ⓔ]	1.00 [Ⓔ]	1.00 [Ⓔ]

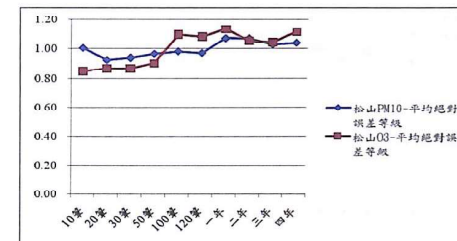


圖4-18 松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

4.綜合三站PM₁₀和O₃之關係

(1)綜合三站PM₁₀之平均絕對誤差百分比關係

比關係

表4-13 綜合三站PM₁₀之平均絕對誤差百分比關係

次數 [Ⓔ]	淡水PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 [Ⓔ]	新店PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 [Ⓔ]	松山PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 [Ⓔ]
10筆 [Ⓔ]	41% [Ⓔ]	34% [Ⓔ]	38% [Ⓔ]
20筆 [Ⓔ]	35% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	35% [Ⓔ]
30筆 [Ⓔ]	36% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	36% [Ⓔ]
50筆 [Ⓔ]	36% [Ⓔ]	35% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]
100筆 [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	38% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]
120筆 [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]
一年 [Ⓔ]	41% [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	40% [Ⓔ]
二年 [Ⓔ]	37% [Ⓔ]	35% [Ⓔ]	40% [Ⓔ]
三年 [Ⓔ]	36% [Ⓔ]	34% [Ⓔ]	39% [Ⓔ]
四年 [Ⓔ]	40% [Ⓔ]	36% [Ⓔ]	39% [Ⓔ]
平均 [Ⓔ]	38% [Ⓔ]	36% [Ⓔ]	38% [Ⓔ]

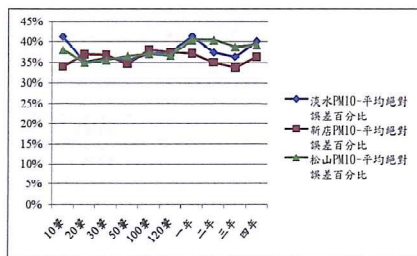


圖4-19 綜合三站PM₁₀之平均絕對誤差百分比關係

(2)綜合三站 PM₁₀之平均絕對誤差等級關係

表4-14 綜合三站PM₁₀之平均絕對誤差等級關係

次數 ^a	淡水 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 ^a	新店 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 ^a	松山 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 ^a
10 筆 ^a	1.09 ^a	0.94 ^a	1.01 ^a
20 筆 ^a	0.93 ^a	1.03 ^a	0.92 ^a
30 筆 ^a	0.96 ^a	1.02 ^a	0.9 ^a
50 筆 ^a	0.94 ^a	0.96 ^a	0.97 ^a
100 筆 ^a	0.98 ^a	1.06 ^a	0.98 ^a
120 筆 ^a	0.99 ^a	1.04 ^a	0.97 ^a
一年 ^a	1.09 ^a	1.03 ^a	1.07 ^a
二年 ^a	0.99 ^a	0.97 ^a	1.07 ^a
三年 ^a	0.96 ^a	0.94 ^a	1.03 ^a
四年 ^a	1.06 ^a	1.01 ^a	1.04 ^a
平均 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a

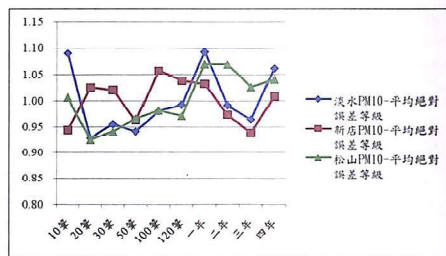


圖4-20 綜合三站PM₁₀之平均絕對誤差百分比關係

(3)綜合三站 O₃之平均絕對誤差百分比關係

表4-15 綜合三站O₃之平均絕對誤差百分比關係

次數 ^a	淡水 O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^a	新店 O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^a	松山 O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^a
10 筆 ^a	36% ^a	36% ^a	30% ^a
20 筆 ^a	36% ^a	31% ^a	31% ^a
30 筆 ^a	33% ^a	31% ^a	31% ^a
50 筆 ^a	31% ^a	32% ^a	32% ^a
100 筆 ^a	35% ^a	42% ^a	39% ^a
120 筆 ^a	35% ^a	39% ^a	38% ^a
一年 ^a	39% ^a	41% ^a	40% ^a
二年 ^a	37% ^a	35% ^a	37% ^a
三年 ^a	37% ^a	33% ^a	37% ^a
四年 ^a	41% ^a	38% ^a	39% ^a
平均 ^a	36% ^a	36% ^a	35% ^a

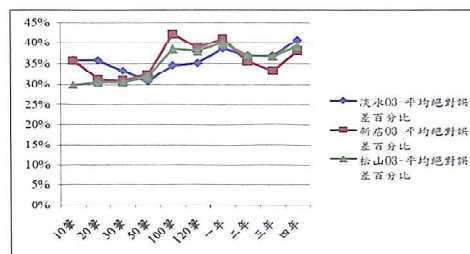


圖4-21 綜合三站O₃之平均絕對誤差百分比關係

(4)綜合三站 O₃之平均絕對誤差等級關係

表4-16 綜合三站O₃之平均絕對誤差等級關係

次數 ^a	淡水 O ₃ -平均絕對誤差等級 ^a	新店 O ₃ -平均絕對誤差等級 ^a	松山 O ₃ -平均絕對誤差等級 ^a
10 筆 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a	0.85 ^a
20 筆 ^a	1.00 ^a	0.87 ^a	0.87 ^a
30 筆 ^a	0.93 ^a	0.86 ^a	0.87 ^a
50 筆 ^a	0.86 ^a	0.90 ^a	0.90 ^a
100 筆 ^a	0.96 ^a	1.17 ^a	1.09 ^a
120 筆 ^a	0.98 ^a	1.08 ^a	1.08 ^a
一年 ^a	1.08 ^a	1.14 ^a	1.13 ^a
二年 ^a	1.03 ^a	0.99 ^a	1.05 ^a
三年 ^a	1.03 ^a	0.93 ^a	1.04 ^a
四年 ^a	1.13 ^a	1.06 ^a	1.11 ^a
平均 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a	1.00 ^a

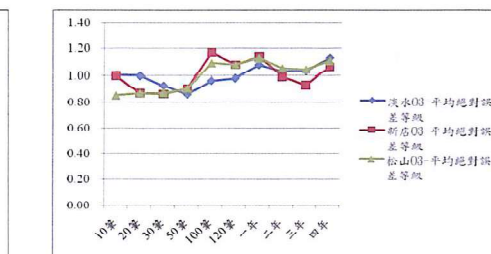


圖4-22 綜合三站O₃之平均絕對誤差等級關係

(5)綜合三站 PM₁₀和 O₃之平均絕對誤差百分比及等級關係

表4-17 綜合三站PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比及等級關係

次數 ^a	淡水 PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 ^a	淡水 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 ^a	新店 PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 ^a	新店 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 ^a	松山 PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 ^a	松山 PM ₁₀ -平均絕對誤差等級 ^a	淡水 O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^a	淡水 O ₃ -平均絕對誤差等級 ^a	新店 O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^a	新店 O ₃ -平均絕對誤差等級 ^a	松山 O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^a	松山 O ₃ -平均絕對誤差等級 ^a
10 筆 ^a	41% ^a	1.09	34% ^a	0.94	38% ^a	1.01	36% ^a	1.00	36% ^a	1.00	30% ^a	0.85
20 筆 ^a	35% ^a	0.93	37% ^a	1.03	35% ^a	0.92	36% ^a	1.00	31% ^a	0.87	31% ^a	0.87
30 筆 ^a	36% ^a	0.96	37% ^a	1.02	36% ^a	0.9	33% ^a	0.93	31% ^a	0.86	31% ^a	0.87
50 筆 ^a	36% ^a	0.94	35% ^a	0.96	37% ^a	0.97	31% ^a	0.86	32% ^a	0.90	32% ^a	0.90
100 筆 ^a	37% ^a	0.98	38% ^a	1.06	37% ^a	0.98	35% ^a	0.96	42% ^a	1.17	39% ^a	1.09
120 筆 ^a	37% ^a	0.99	37% ^a	1.04	37% ^a	0.97	35% ^a	0.98	39% ^a	1.08	38% ^a	1.08
一年 ^a	41% ^a	1.09	37% ^a	1.03	40% ^a	1.07	39% ^a	1.08	41% ^a	1.14	40% ^a	1.13
二年 ^a	37% ^a	0.99	35% ^a	0.97	40% ^a	1.07	37% ^a	1.03	35% ^a	0.99	37% ^a	1.05
三年 ^a	36% ^a	0.96	34% ^a	0.94	39% ^a	1.03	37% ^a	1.03	33% ^a	0.93	37% ^a	1.04
四年 ^a	40% ^a	1.06	36% ^a	1.01	39% ^a	1.04	41% ^a	1.13	38% ^a	1.06	39% ^a	1.11
平均 ^a	38% ^a	1.00 ^a	36% ^a	1.00 ^a	38% ^a	1.00 ^a	36% ^a	1.00 ^a	36% ^a	1.00 ^a	35% ^a	1.00 ^a

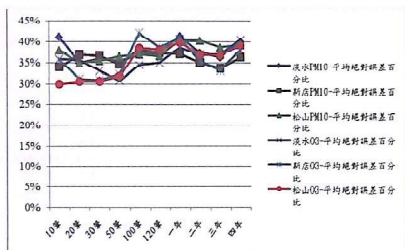


圖4-23 綜合三站PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

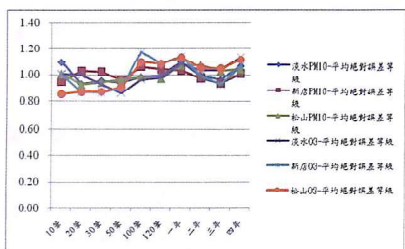


圖4-24 綜合三站PM₁₀和O₃之平均絕對誤差等級關係

5.新店、松山PSI \geq 100劣化日PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

本研究採用之PSI \geq 100，乃根據環保署訂定之PSI值與健康影響(表2-3)。將數據都只取PSI \geq 100，則淡水有12筆、新店98筆、松山74筆、萬里26筆、板橋52筆、新莊37筆，若這六個測站其中同一天有三站及以上PSI \geq 100就可視為當天為劣化日，其筆數共有24筆。而實際可用來預測的筆數為淡水4筆、新店28筆、松山19筆、三站及以上PSI \geq 100劣化日為7筆。其中淡水僅有4筆與都會區劣化日(三測站及以上地區PSI \geq 100)僅有7筆，因數據太少，無法演算，所以本研究無將其納入。依先前演算方式得：

(1)新店PSI \geq 100劣化日PM₁₀和O₃之

絕對誤差百分比關係

表4-18 新店PSI \geq 100劣化日PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

次數 ^次	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比
10筆 ^次	0.332478632 ^次	33% ^次
20筆 ^次	0.284002849 ^次	28% ^次
一年 ^次	0.302393162 ^次	30% ^次
二年 ^次	0.294188034 ^次	29% ^次
三年 ^次	0.275854701 ^次	28% ^次
四年 ^次	0.271965812 ^次	27% ^次
平均 ^次	0.293480532 ^次	29% ^次

平均絕對誤差百分比

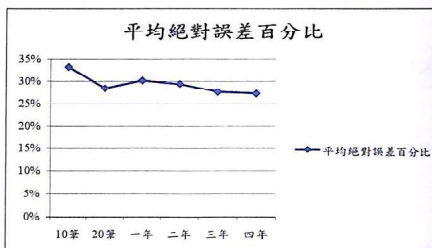


圖4-25 新店PSI \geq 100 PM₁₀和O₃劣化日之平均絕對誤差百分比關係

由於新店測站數據較為充足，所以可明顯看出其預測效果較先前不考慮PSI是否超過100所來得好。

(2)松山PSI \geq 100劣化日PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

表4-19 松山PSI \geq 100劣化日PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

次數 ^次	平均絕對誤差值	平均絕對誤差百分比
10筆 ^次	0.295454545 ^次	30% ^次
15筆 ^次	0.354545455 ^次	35% ^次
一年 ^次	0.295454545 ^次	30% ^次
二年 ^次	0.342727273 ^次	34% ^次
三年 ^次	0.342727273 ^次	34% ^次
平均 ^次	0.326181818 ^次	33% ^次

平均絕對誤差百分比

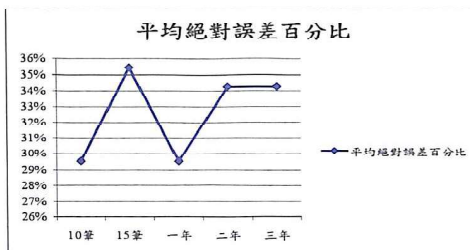


圖4-26 松山PSI \geq 100劣化日PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比關係

(3)新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比與PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比關係

表4-20 新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比與PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比關係

次數 ^次	新店PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 ^次	新店O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^次	新店PM ₁₀ 與O ₃ 之平均絕對誤差百分比 ^次	新店PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比 ^次
10筆 ^次	34% ^次	36% ^次	35% ^次	33% ^次
20筆 ^次	37% ^次	31% ^次	34% ^次	28% ^次
30筆 ^次	37% ^次	31% ^次	34% ^次	
50筆 ^次	35% ^次	32% ^次	33% ^次	
100筆 ^次	38% ^次	42% ^次	40% ^次	
120筆 ^次	37% ^次	39% ^次	38% ^次	
一年 ^次	37% ^次	41% ^次	39% ^次	30% ^次
二年 ^次	35% ^次	35% ^次	35% ^次	29% ^次
三年 ^次	34% ^次	33% ^次	34% ^次	28% ^次
四年 ^次	36% ^次	38% ^次	37% ^次	27% ^次
平均 ^次	36% ^次	36% ^次	36% ^次	29% ^次

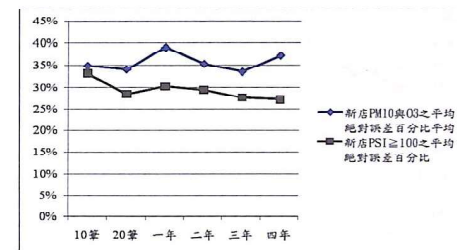


圖4-27 新店PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比與PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比關係

(4)松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比與PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比關係

表4-21 松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比與PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比關係

次數 ^次	松山PM ₁₀ -平均絕對誤差百分比 ^次	松山O ₃ -平均絕對誤差百分比 ^次	松山PM ₁₀ 與O ₃ 之平均絕對誤差百分比 ^次	松山PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比 ^次
10筆 ^次	38% ^次	30% ^次	34% ^次	30% ^次
20筆 ^次	35% ^次	31% ^次	33% ^次	35% ^次
30筆 ^次	36% ^次	31% ^次	33% ^次	
50筆 ^次	37% ^次	32% ^次	34% ^次	
100筆 ^次	37% ^次	39% ^次	38% ^次	
120筆 ^次	37% ^次	38% ^次	37% ^次	
一年 ^次	40% ^次	40% ^次	40% ^次	30% ^次
二年 ^次	40% ^次	37% ^次	39% ^次	34% ^次
三年 ^次	39% ^次	37% ^次	38% ^次	34% ^次
四年 ^次	39% ^次	39% ^次	39% ^次	
平均 ^次	38% ^次	35% ^次	37% ^次	33% ^次

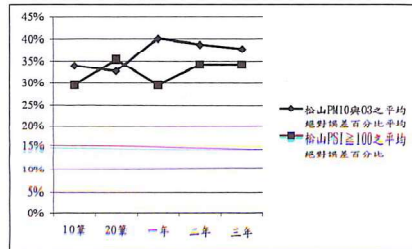


圖4-28松山PM₁₀和O₃之平均絕對誤差百分比與PSI \geq 100之平均絕對誤差百分比關係

研究結果顯示，平日（不考慮PSI是否超過100）模擬預測值與實測值差異化百分比演算結果為淡水PM₁₀絕對誤差百分比為38%、新店PM₁₀絕對誤差百分比為36%、松山PM₁₀絕對誤差百分比為38%；淡水O₃絕對誤差百分比為36%、新店O₃絕對誤差百分比為36%、松山O₃絕對誤差百分比為35%，由此可知PM₁₀和O₃結果影響差異不大。若取區域劣化日（單一測站PSI \geq 100），則新店絕對誤差百分比為29%、松山絕對誤差百分比為33%。平日的大氣能見度及劣化日發生時的區域能見度相比較，後者較前者有好的預測效果。依模糊時間序列預測結果，皆落在合理預測範圍（20%-50%）之內，評估標準如附錄一，且其誤差等級皆落在1-2之間為主，可以相當程度的以懸浮微粒及臭氧來預測出大氣能見度。另，隨著模糊規則庫的資料更完備，可使預測結果更趨近於真值，唯仍有部份無法預測的部份，則有待其它影響因素如氣象因子及天氣類型的納入，並可進一步了解其是否有具體之改善。

五、結果與討論

（一）結論

模糊理論做為空間數據分析的工具，具有良好的預測能力，本研究中文述了前人對模糊理論的學理以及其在

環境污染預測上之應用案例，希望能開拓模糊理論應用於空氣污染上之相關研究。

本研究採用模糊時間序列模式，利用懸浮微粒PM₁₀與臭氧O₃來預測空氣中的能見度，由初步的結果顯示出本法可以成功地預測出能見度的變化趨勢。

研究結果顯示，淡水、松山及新店三個測站之能見度分佈有顯著差異，其原因分別受海陸風、盆地效應及山谷風影響，且能見度變化主要受相對溼度、溫度、風速及天氣型態影響，因此上午之能見度略低於下午之能見度。因為清晨時段受到水氣而產生的濃霧及地面發生輻射逆轉現象影響，使得空氣擴散不良導致污染物累積，會使得能見度降低。[1]由於影響能見度的因素十分複雜，本研究中僅採用污染因子PM₁₀及O₃來進行預測，因此仍有許多無法預測的部份，有待進一步以其它的參數納入加以預測，應可有效改善其誤差百分比及等級。

本研究中，預測的誤差值不可能等於零（百分之百預測中），因為還要加上許多外來的因素，例如：全球環境變遷、地球暖化、溫室效應等，再者，目前能見度的量測數據並非觀測因子之一，數據不全也是重要的影響因素之一。

（二）建議

本研究由於時間所限，無法分析較大量的數據，因此在模糊規則庫的建立上仍有所不足，未來的研究希望能針對數據不足的部份加以補充，以得到良好的預測結果。

本研究模糊預測因子僅採用污染物（PM₁₀及O₃）變量，在解釋上有所不足，建議未來的研究者能引入氣象因子

及天氣類型，並加以類神經網路方式來演算，相信應可得到較好的預測結果。

六、參考文獻

中文部份

- [1] 王家玲,「臺北都會區微氣候變化與區域能見度相關性研究」,2006。
- [2] 王乃毅,「根據自動分群演算法及模糊時間序列以處理預測問題之新方法」,2008。
- [3] 王治禎、柏景方,「灰色系統及模糊數學在環境保護中的應用」。
- [4] 李建璋,「臺北盆地低能見度受空氣污染物及氣象條件影響之相關性分析」,2007。
- [5] 邱宏城,「臺北地區能見度受預報模式建立與視覺空氣品質改善策略研擬」,2009。
- [6] 吳岳岳,「微氣候對臺北盆地能見度之影響研究」,2005。
- [7] 陳王琨、蔡東亮,「懸浮微粒濃度的模糊時間序列與類神經網路分析」,第十屆全國氣溶膠年會暨第六屆海峽兩岸氣溶膠技術研討會,2009。
- [8] 程聲通、陳毓玲,「環境系統分析」。
- [9] 黃惠隆、翁忠川、黃月貞,「以車輛偵測器推估施行時間之研究—以北二高為例」,中華技術季刊,第63期,2004年7月。
- [10] 行政院環境保護署。
- [11] 臺北縣政府環境保護局,能見度自動觀測系統。

英文部份

- [12] Chung-Shin Jonathan Yuan, Chang-Gai Lee, Jui-Cheng Chang, San-Ho Liu, Ching Yuan, Horng-Yu Yang, "Correlation of Atmospheric Visibility with Chemical Composition and Size Distribution of Aerosol Particles in

Urban Area", accepted by the 93rd Air and Waste Management Association Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, June, 2000

- [13] Hsin-Chung Lu, Tseng-Shuo Chang, "Meteorologically adjusted trends of daily maximum ozone concentrations in Taipei, Taiwan", 2005
- [14] Horng-Yu Yang, Chung-Shin Yuan, "The correlation of the visibility variation with weather patterns and meteorological factors in the south of Taiwan", accepted by the 96th AWMA Annual Meeting, San Diego, California, June, 2003
- [15] Malm, W. C. and Pitchford, "Comparison of Calculated Sulfate Scattering Efficiencies as Estimated from Size-Resolved Particulate Measurements at the Three National Locations." Atmospheric Environment, Vol.31, pp.1315-1325,1997.
- [16] Saxena, P., Hudischewskyj, A.B., Seigneur, C.,and Seinfeld, J.H., "A Comparative Study of Equilibrium Approaches to the Chemical Characterization of Secondary Aerosols," Atmos. Environ. Vol.20, pp.1471-1483, 1986.
- [17] Yang, H.Y., Soong, W.K., "The Relationship between the Distribution of the Suspended Particulate Matter and the Local Circulation in the Southern Taiwan", accepted by Air & Waste Management Association 93rd Annual Conference & Exhibition Meeting, Salt Lake City, Utah, Jan., 2000

The Study of Atmospheric Visibility-Using Taipei Metropolitan Area

Episode Days as an example

Hong-Yu Yang¹ Yi-Jun Wang²

¹Associate Professor of the Master Section of Civil Disaster
Prevention and Management

²Master of the Master Section of Civil Disaster Prevention and Management

ABSTRACT

The atmospheric visibility is one of the important air pollution indicators. Taipei Basin's geomorphologic features make its air quality heavily depend upon local climatic factors and indirectly related with its atmospheric visibility. Air pollution out of industrial development and or motor vehicle CO₂ emission may deteriorate air quality along with changes in climatic factors under different weather types. This may affect atmospheric visibility too. This study employs fuzzy time series to establish a method for simulating and forecasting the atmospheric visibility of Taipei Metropolitan District. Observation data of suspended particulate concentration (PM₁₀), Ozone concentration (O₃), and Pollutant Standards Index (PSI) from Danshui, Xindian, and Songshan observation stations in the period from year 2004 to 2007 are reckoned together with corresponding visibility data to build this fuzzy time series model. Variations among actual and simulated air quality deterioration trend, atmospheric visibility, and regional visibility of Taipei Metropolitan District in year 2008 are studied. Further verification and deviation analysis are carried out.

This study found that deviations between simulated and actual values are insignificant for PM₁₀ and O₃. The absolute percentage errors for PM₁₀ at Danshui is 38%, Xindian 36%, and Songshan 38%. The same errors for O₃ at Danshui is 36%, Xindian 36%, and Songshan 35%. In case where specific district in episode days (PSI value observed by given station ≥ 100) the percentage errors get better. Here the absolute percentage error at Xindian is 29% and Songshan 33%. There are only four pieces of data for Danshui and seven ones for Metropolitan Taipei and both are excluded out of this study. It is clear that our forecast model does a good job for regional visibility in episode days than that of atmospheric visibility in normal days. All the forecast values are within reasonable range (20%-50%) and with error level between one and two. It is clear that we can forecast atmospheric visibility based on suspended particulate and Ozone concentration. The proposed forecast model can be improved for more accurate results when the fuzzy rulebase gets more sophisticated. For certain values cannot be simulated with this model now we may add other variables like climatic factor and weather type to make its forecasting possible and to find out measures for improvements.

Key words : Visibility, Fuzzy time series, Episode Day.