

# 台灣地區外籍觀光旅客 人數預測模式之探討

吳柏林\* 賴家瑞 劉勇杉\*\*

## 摘 要

由於台灣地區國民所得大幅提高，休閒旅遊業愈來愈受到重視。加上為了配合政策上的產業轉型要求，政府積極推動素有無煙囪工業之稱的觀光事業，使得來台觀光之外籍觀光客人數有逐年增加的趨勢。但自1989年來華旅客突破二百萬人次之後，卻又呈衰退現象，觀光局及觀光旅遊業者均感重視。

觀光客之多寡直接影響本地觀光業者及政府對整體觀光環境之政策與投資。不準確的評估將造成觀光資源的浪費，因此對未來之外籍觀光人口數，作一個總體的意願分析與建立一個適當的預測模型是亟其必要。本文即以歷年來外籍觀光客人數與各種主要經濟指標作一個意願分析，並應用時間數列方法與神經網路模式，建構外籍觀光客人數預測模式，並比較其結果。

關鍵詞：外籍觀光人口數，意願分析，匯率，消費者物價指數，時間數列神經網路，預測。

## Abstract

During the second half of the twentieth century, tourism has become one of the largest and most rapidly growing sectors in the world economy. The policy and investment about the tourism are heavily affected by the population of tourist. Inappropriate prediction for the population of tourist

---

\*作者為本校應用數學研究所副教授。  
\*\*作者為本校應用數學研究所碩士

will lead to wasting the source of tourism. In this paper, we first survey the motivations of tourists visiting. Then we build certain models to forecast the population of foreign tourist of Taiwan in the following years. Three approaches are used, i.e., seasonal ARMA model, state space model, and neural networks computing, in the estimating and forecasting the population of foreign tourist. Finally, we compare the forecasting performance for these models.

Keywords: Tourists, motivations analysis, Seasonal ARMA model, state space model, neural networks, forecasting

## 壹、前 言

近年來由於台灣工商業蓬勃發展，公共建設日益進步，加上政府鼓勵推動素有「無煙囪」工業之稱的觀光事業，使得來台觀光之外籍觀光客人數有逐年增加的趨勢（見圖 1.1）。

觀光客之多寡直接影響本地觀光業者及政府對整體觀光環境之政策與投資。不當的評估將造成觀光資源的浪費，例如旅館房間之閒置，休憩場所之過度投資等。因此對未來之來華觀光人口數作一個有效率的預測是亟其重要的。

欲對來華觀光人口數作一有效率之預測，首先必須針對外籍觀光客來華意願作一調查與分析，以瞭解影響來華觀光之幾個主要因素。有關這方面的研究，讀者可參考趙義隆（民 80）。

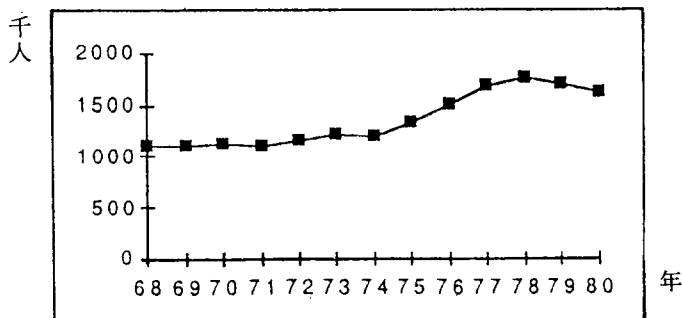
目前有關台灣地區來華觀光人口數預測的文獻並不多見，交通部觀光局雖然每年均有分析與評估，然其方法大都沿用古典的成長率模式。陳敦基（民 80）曾利用單變量 ARIMA 模式來預測未來來華觀光人口數；而國外有關之文獻可參考 Carey(1991)。Carey 將加勒比海地區觀光客人數建立為如下之確定型模式(deterministic model): $A = f(Y, P, R, T, E)$ ，其中 A 為觀光客人數，Y 為觀光客收入，P 為觀光服務價值，R 為匯率，T 為運輸成本，E 為宣導費，惟其方法係採傳統之迴歸分析模式，其準確度有待商榷，且無法考慮到觀光人口數與匯率等社會經濟因素之落差因果關係。所以，本文將探尋影響外籍觀光客來台意願之重要因素及其程度，並以此選取重要之社經變數，然後我們將以時間數列與神經網路的觀點來預測外籍觀光

客人數，提供另一種研究途徑和預測的方法。

時間數列方法在分析上具有簡潔易懂且短期預測精確度高之優點，對於殘差值有一套完善的診斷模式，預測之結果具穩健性(robustness)。所以本文在時間數列部份將採用Box and Jenkins(1976)建立之自我迴歸移動平均模式(ARIMA model)，與Tiao and Box(1981)建立之多變量自我迴歸移動平均模式(Vector ARIMA model)，研究來華之外籍觀光人口數，並期望能達到下列之目的：若過去的資料間存在相互影響的關係時，時間數列分析法的殘差值會比較小，所提供的預測值會有較高的準確度。因此，在模式建立後，比較真實值與預測值的差異，可作為決定該模式準確性之準則，如果該模式為可接受的，則可提供觀光業者及政府有關部門作為決策投資時之參考。

此外，近年來有些學者利用已迅速發展之人造神經網路(Artificial Neural Network)來作預測，如Lec et al. (1991), Park et al. (1991), Lu et al. (1992)及吳柏林等(民81)等。三者皆以逆傳遞法(Back-Propagation)修正網路中層次的連結比重(Linking weight)，最後再利用完成訓練之神經網路來作預測的工作。本文擬建構二組神經網路。第一組考慮本期來華之外籍觀光人口數 $T_t$ ，受其前一期 $T_{t-1}$ 及前六期 $T_{t-6}$ 之影響，亦即網路之輸入元為 $T_{t-1}$ ， $T_{t-6}$ 二變數，目標輸出則為 $T_t$ 。第二組則考慮 $T_t$ 受 $T_{t-1}, \dots, T_{t-6}$ 之影響。也就是以過去之歷史資料 $T_{t-1}, \dots, T_{t-6}$ 來解釋 $T_t$ 之變動情形。經由上述二組神經網路學習後，再對外籍觀光人口數作預測。最後，再將此預測結果與由時間數列法中所建構之ARIMA模式及狀態空間模式之預測結果，作一分析比較，並觀察何者之預測準確度較佳。

圖1.1 歷年來華外籍觀光旅客人數走勢圖



資料來源:觀光統計資料,交通部觀光局

表1.1 歷年來華外籍觀光旅客人數

年	來華外籍 旅客(千人)
68	1096.73
69	1111.13
70	1116.01
71	1111.41
72	1166.79
73	1227.54
74	1195.47
75	1333.30
76	1510.97
77	1696.68
78	1768.51
79	1712.68
80	1629.45

## 貳、旅客來華意願因素探討

### 2.1 概述

台灣之觀光事業在民國四十八年至民國六十七年間為快速成長之初創期，其間歷時二十年。以外籍來華觀光客人數為例，除了民國六十一年因台灣退出聯合國，成長率為百分之七點一，以及六十三年與六十四年因國際性能源危機，成長率分別為負百分之零點一及百分之一點八外，其餘皆有大約百分之十或十以上之成長率，旅客人數亦成長至1,045,916人次。

民國六十八年至七十四年這段期間，為成長趨向緩慢之成熟期；每年成長率均在百分之十以下，其間因受到第二次全球性能源危機之影響，使得民國七十四年呈現百分之負二點六的負成長率。然而此時旅客人數亦逐年增至1,195,443人次。

至民國七十五年後，旅客人數之成長率又回升至正成長，但至七十九年以及八十年卻又跌回負成長，此應可歸究於伊拉克佔領科威特導致國際局勢緊張並引發波斯灣戰爭所致。

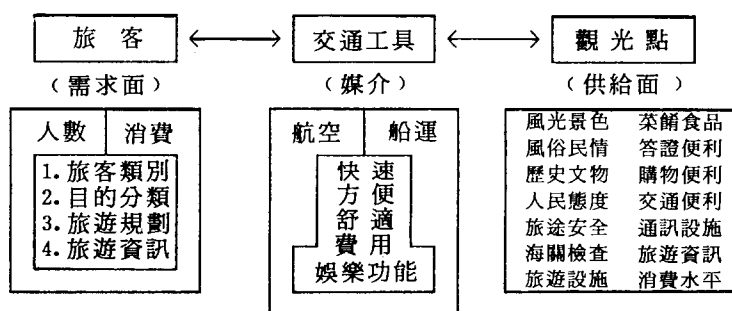
### 2.2 影響旅客來華意願因素

根據交通部觀光局對觀光旅客(Tourist)所作之定義：觀光旅客係以業務，觀光、探親、會議，求學及其它目的之入境外籍旅客與華僑旅客。基於此項定義可瞭解由於觀光旅客入境

之目的，動機各不相同，故實際上影響觀光客前往某特定地區從事觀光活動之意願因素極多。

趙義隆（民國80年）曾利用分析旅遊活動的TTD模式對來華旅遊之各類變項作一分析。其將國際旅遊活動之相關變項歸納為三類：第一為旅客變項(Tourist)，第二為交通工具變項(Transportation)，第三為觀光點（旅遊目的地）變項(Destination)。各變項間之關係及其細分變項可以下表表示：（見趙義隆，民80年，航空公司推廣國際旅遊之策略分析）表2.1

表2.1



就旅客變項之目的分類及旅遊資訊而言，根據觀光局委託政大公企中心對來華旅客所作之抽樣調查顯示：以全體旅客來看，來華以業務為目的者，78年占40.4%，79年占35.8%；純粹以觀光為目的者，78年占41.1%，79年占35.0%；以業務兼觀光為目的者，78年占3.4%，79年占6.3%。（參閱表2.2）其次就旅遊資訊而言：以全體來看，旅客之旅遊資訊來

表2.2 來華目的統計（百分比）

來 華 目 的	78年	79年
觀 光	41.1	35.0
業 務	40.4	35.8
訪 親 友	7.9	10.4
業 務 兼 觀 光	3.4	6.3
開會，展覽，比賽	3.7	5.4
其 他	3.5	7.1

資料來源：民78.79年，觀光旅客消費及動向調查報告觀光局委託政大公企中心製作

源為鄰居親友及同事者78年占26.1%，79年占35.4%，旅行社者78年占27.2%，79年占20.1%。（參考表2.3）

表2.3 旅客資訊來源（百分比）

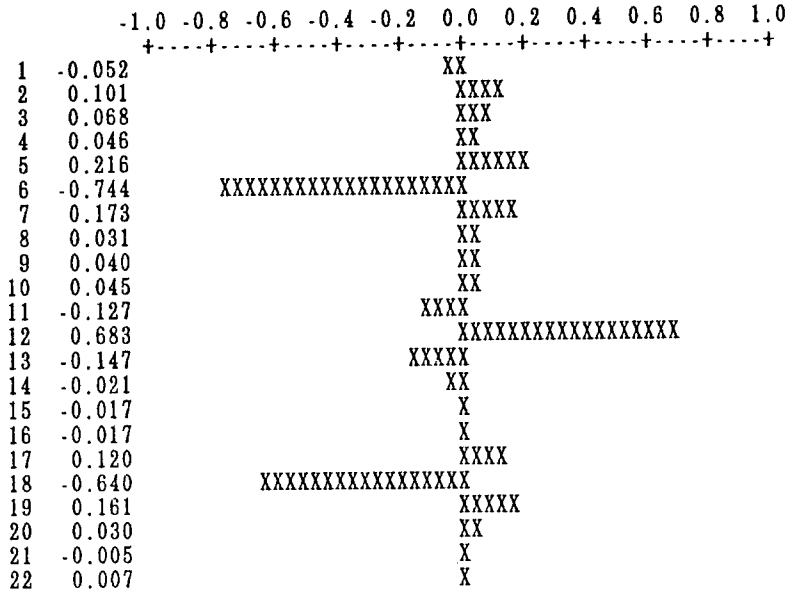
資 料 來 源	78年	79年
鄰居，親友，同事	26.1	35.4
旅 行 社	27.2	20.1
旅 遊 雜 誌	16.1	13.2
一 般 雜 誌 電 視	21.3	11.4
其 他	9.3	19.9

資料來源：見表2.2

綜觀上述論述，我們可作下述結論：

1. 旅客在作決旅遊決策時，以鄰居，親友，同事為資訊來源者占有相當之比例。其背後所隱含之意義可解釋為：過去來華之觀光旅客將影響未來之旅客。因此對於觀光人口數之預測模式中，以往之旅客人口數可作為一投入(input)因子。
2. 若將觀光旅客考慮為個別消費者之角度，其對財貨（旅遊商品）之需求主要影響因素將包括此財貨之價格，其他財貨價格，消費者之偏好及所得等。由經驗得之，觀光事業對於「價格」具有高度之敏感度。所以消費者物價指數(CPI)及匯率(Exchange-rate)將考慮於預測模式中以為重要之變量。
3. 觀光旅客來華目的中，牽涉到以業務為目的者亦占將近四成。此乃由於台灣近年來經貿高度發展所致。故選擇一些足以反映台灣經濟發展之經濟指標，如國民生產毛額(GNP)，經濟成長率，等亦可考慮於旅客人口之預測模式中。但是過多的變數，會增加模式建構之複雜性與困難度。亦非本文所感興趣，因此暫不考慮這些經濟指標因素。

表2.4 觀光人口數作季節性周期為6之差分後之ACF



### 2.3 因素量化分析：

在本文中之多變量模型裡，我們暫時只選取消費者物價指數與美元對台幣之即期匯率作為我們模式中之解釋變數，為了診斷我們所選取之變數是否恰當，我們運用線性迴歸方法來決定這些變數在模型中是否顯著。由表2.5我們得知觀光人口數有自我相關之傾向，且觀光人口數與消費者物價指數、匯率之迴歸方程式

$$T_t = 163.578 + 0.568 C_t - 3.094 E_t + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

中之誤差項亦呈正自我相關（相關係數 $\rho = 0.32$ ），故我們必須對(2.1)作調整，而修定後之迴歸方程式為

$$T_t - 0.32 T_{t-1} = 162.2 (1 - 0.32) + 0.57 (C_t - 0.32 C_{t-1}) - 3.067 (E_t - 0.32 E_{t-1}) + (\varepsilon_t - 0.32 \varepsilon_{t-1}) \quad (2.2)$$

其中DW統計量為2.07，誤差項之自我相關係數 $\rho = -0.04$ ，且 $R^2 = 0.767$ 。表2.4列出此迴歸方程式所估計參數之概括性統計：

表2.5

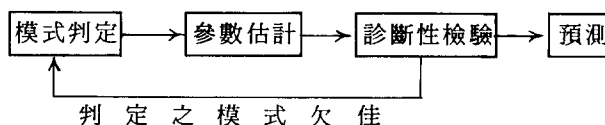
估計參數	係數	標準差	t-統計量
常數	162.400	20.481	7.929
物價指數	0.570	0.139	4.105
即期匯率	-3.067	0.290	-10.570

由表2.5我們由t-統計量與其標準差可以得知先前所選定之解釋變數相對於觀光人口數在迴歸模式中相當顯著，且解釋程度( $R^2$ )高達百分之七十以上，所以在此項研究中對於我們所選取之變數是可以接受的。我們將利用此二變數建構觀光人口數之多變量模式。

### 參、應用時間數列分析

#### 3.1 多變量時間數列分析法

多變量時間數列分析法乃Tiao & Box(1981)延伸Box & Jenkins(1976)之單變量時間數列的概念，考慮多變數時間數列間的互動關係，對於模式的建立，有下列四步程序可協助我們得到最佳的配適模型：(1)模式判定 (identification)(2)參數估計 (estimation)(3)診斷性檢驗(diagnostic checking)(4)預測(forecasting)。其流程圖如下：



一多變量時間數列VARMA(p,q)的模型形式如下：

$$\Phi_p(B)Z_t = \theta_q(B) a_t$$

$Z_t$ 為 $m$ 維之穩定(stationary)向量， $a$ 為 $m$ 維白噪音(white noise)隨機向量， $B$ 為落後運算子(即 $BZ_t = Z_{t-1}$ )，而

$$\Phi_p(B) = \Phi_0 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p \text{ 為 } p \text{ 階自我迴歸矩陣多項式}$$



$\theta_q(B) = \theta_0 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$  為q階移動平均矩陣多項式

$\Phi_i, i=1, \dots, p; Q_j, j=1, \dots, q$ , 均為非奇異性(nonsingular)之 $m \times m$ 矩陣。

### (一) 模式判定

多變數時間數列的模式判定理論上是類似於單變數時間數列的，將一非穩定(non-stationary)之數列轉換(取差分或對數等)為穩定之數列後，我們可由其樣本相關矩陣(sample correlation matrix)與樣本偏相關矩陣(sample partial correlation matrix)來判定可能之模式。

樣本相關矩陣  $\hat{\rho}(k) = \left[ \hat{\rho}_{ij}(k) \right]$ ,  $\hat{\rho}_{ij}(k)$  為  $Z_{i,t}$  與  $Z_{j,t+k}$

間之樣本交互相關函數，且

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_{i,t} - \bar{Z}_i) (Z_{j,t+k} - \bar{Z}_j)}{\left[ \sum_{t=1}^n (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)^2 \sum_{t=1}^n (Z_{j,t} - \bar{Z}_j)^2 \right]^{1/2}}$$

其中 $Z_i, Z_j$ 分別為其相對之樣本平均數。

當樣本相關矩陣在落差q 後近似零矩陣時，則我們可判定其為q階之向量移動平均(VMA(q))。Tiao和Box(1981)介紹了一種具概括性且簡便的方法來表示在樣本相關矩陣(i, j)位置上數值的顯著程度，其中以“+”表示其值大於2倍標準差，以“-”表示其值小於-2倍標準差，以“·”表示其值介於2倍標準差之內。

至於樣本偏相關矩陣的功用則是在協助判定自我迴歸的階數，當樣本偏相關矩陣在落後p期之後呈現立即切斷(近似零矩陣)的形式時，則我們可判定其模式為VAR(p)。當VAR(p)與VMA(q)同時存在時，即可合並為VARMA(p,q)。

## (二) 參數估計

VARMA(p,q)模式中，一旦p與q之階數決定後，再來的工作就是估計 $\Phi_i(i=1, \dots, p)$ 與 $\theta_j(j=1, \dots, q)$ 和共變異矩陣 $\Sigma$ (covariance matrix)，使用的方法是最大概似函數估計法，其中大致又可分為條件概似法(conditional likelihood)與正合概似法(exact likelihood)，兩者不同的地方是條件概似法假設估計式中的殘差項為零，而正合概似法卻無此假設。雖然正合概似法的運算較為煩雜，但卻可以避免估計移動平均(moving average)參數值時產生較大的誤差，特別是當行列式多項式 $|\theta(B)|$ 的某些根很接近單位圓時。

## (三) 診斷性檢核

在模式判定與參數估計之後，再來就是要對我們所建立的模式加以檢驗及修正，一般以殘差值檢定作為判定該模式是否可接受之依據。我們可由殘差數列之交互相關矩陣(cross-correlation matrix)視其顯著程度，如果其顯著程度趨近於零，則其殘差值數列符合白噪音(white noise)，則我們可接受此模式為多變數時間序列之最佳配適模式，否則，我們必須利用殘差項所反應的訊息重新假設模式，重覆上述之步驟，直到一合理且可接受之模型出現為止。

## (四) 預測

當我們尋得一最佳配適模式之後，就可利用此模式對未來作短期之預測。

### 3.2 狀態空間模式與ARMA模式之關係

在現代的控制理論上，狀態空間(state space)是一系統中最基本的範疇。我們定義一系統之狀態(state)為現今與過往之資訊所構成之最小集合，而此系統未來的行為將完全受到此集合與未來新輸入變因之影響。所以，對於一線性非時變(time-invariant)系統，其狀態方程式為

$$Y_{t+1} = FY_t + GX_{t+1}$$

而輸出方程式為  $Z_t = HY_t$

其中  $Y_t$  為  $k$  維之狀態向量  $F$  為  $k \times k$  之轉換(transition)矩陣

$G$  為  $k \times n$  之輸入矩陣  $X_t$  為  $n \times 1$  之系統輸入向量

$Z_t$  為  $m \times 1$  之輸出向量  $H$  為  $m \times k$  之輸出矩陣

在理論上，ARMA 模式與狀態空間模式是等價的，以下我們就來討論它們之間的關係。考慮一 ARMA 模式如下：

$$\text{或} \quad \Phi(B) Z_t = \theta(B) a_t$$

$$Z_t - \Phi_1 Z_{t-1} - \dots - \Phi_p Z_{t-p} = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \dots + \theta_q a_{t-q} \quad (3.1)$$

在此， $a_t$  是具有平均數為零，變異數矩陣為  $\Sigma$  之多變數獨立常態分配之隨機向量， $\Phi(0) = \theta(0) = I$ ，該模式之型式亦可改寫成

$$Z_t = \Phi^{-1}(B) \theta(B) a_t = \sum_{s=0}^{\infty} \Psi_s a_{t-s}$$

$\Psi_s$  為脈衝矩陣(impulse response)，且可由  $\Phi^{-1}(B)\theta(B)$  求得。

以下之處理過程可將該方程式聚集寫成一狀態空間的格式：

$$Z_{t+i|t} = \sum_{s=i}^{\infty} \Psi_s a_{t+i-s}$$

及

$$Z_{t+i|t+i} = Z_{t+i|t} + \Psi_{i-1} a_{t+1} \quad (3.2)$$

$$Z_{t+p|t} = \Phi_1 Z_{t+p-1|t} + \dots + \Phi_p Z_t$$

所以當  $i=p$  時，(3.2) 式右邊可以  $Z_{t+p-1|t}$  代替，此時方程式將形成一封閉系統，此種代替形成一個狀態空間的模式可改寫如下：

$$\begin{bmatrix} Z_{t+1} \\ Z_{t+2 | t+1} \\ \vdots \\ Z_{t+p | t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & I & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & I & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_p & \Phi_{p-1} & \dots & \dots & \Phi_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_t \\ Z_{t+1 | t} \\ \vdots \\ Z_{t+p-1 | t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I \\ \Psi_1 \\ \vdots \\ \Psi_{p-1} \end{bmatrix} a_{t+1}$$

或是寫成一個更緊湊的格式  $Y_{t+1} = FY_t + Ga_{t+1}$

狀態向量  $Y_t$  由  $Z_t$  的條件期望值組成。

將一個 ARMA 格式轉換成一個狀態向量格式時，可以產生比事實需要還大的狀態向量格式。當由狀態向量格式轉換到 ARMA 格式時，可加入非零的共同要素在自我相關迴歸與移動平均運算子內，產生一個比事實需要還大的 ARMA 模式。

## 肆、神經網路建構

### 4.1 神經網路之基本構造及原理

圖 4.1.(a) 顯示出人類神經細胞的簡圖。人腦中約有一千億個神經元 (Neuron)，每個神經元約有一萬個輸入及輸出的連接 (Connection)。神經元可藉由樹突 (Dendrite) 內之突觸 (Synapse) 而從其它神經元得到輸入訊號。神經元的輸出亦是透過軸突而傳導至其它之神經細胞。當一個神經元被輸入突觸所激發時，它就會產生一連串脈衝 (Pluse)，沿著軸索送出。若是激發在興奮突觸，則會加快脈衝速率，若是在抑制突觸，則會減低脈衝速率。因此，神經細胞生成訊號 =  $F$  (興奮性突觸效能，抑制性突觸效能)。脈衝的速率同時取決於輸入信號的大小及突觸連接的強度，即加權函數 (Weighting function)  $F$ 。

根據上述神經細胞之運作原理，我們可建立基本的神經單元。如圖 4.1(b) 所示。神經元間彼此藉著加權連接。輸入信號  $X$  經過加權  $W$  之後，由神經元加以收集。

神經元本身需配合轉換函數 (Transfer function)，以符合放大器之功能。通常之轉換函

數為S形函數(Sigmoid function)，其形式如下：

$$F(x) = (1 + \exp(-x))^{-1}$$

整個神經網路之行爲是由神經細胞連接方式而決定。爲了方便描述，圖4.1(c)顯示一簡單之三層網路（一輸入層具 $p$ 個輸入神經元，一隱藏層具 $q$ 個神經元，及一輸出層具1個輸出神經元，輸入層直接傳輸信號不經任何轉換函數），其中 $w_{ij}$ 表隱藏層中第 $i$ 個神經元與輸入層中第 $j$ 個神經元間之權數， $w_{i0}$ 表隱藏層中第 $i$ 個神經元之臨界值（相當於抑制性突觸效能）， $v_j$ 表示輸出神經元與隱藏層中第 $j$ 個神經元之權數， $v_0$ 表輸出元之臨界值。若給定一輸入向量 $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_p)$ 則網路可經由下式產生一輸出值：

$$\begin{aligned} O &= F\left(\sum_{i=1}^q v_i F\left(\sum_{j=1}^p w_{ij} x_j + w_{i0}\right) + v_0\right) \\ &= f(X, \theta) \end{aligned} \quad (4.1)$$

其中 $\theta$ 表所有權數之集合， $f$ 稱爲網路輸出函數，注意此時網路輸出值僅與向量 $X$ 及權數值有關（若在 $p$ 與 $q$ 固定之情形下）。

假設我們所感興趣者爲變數 $X$ 與 $Y$ 之關係，不論 $X$ 與 $Y$ 之關係是否爲確定或隨機， $X$ 與 $Y$ 之觀測值可被測定，我們可利用這些觀測值作爲描述 $X$ 與 $Y$ 之關係，設有 $n$ 個觀測值 $\{(X_t, Y_t) | t = 1, \dots, n\}$ 則此 $n$ 個序對(pattern)即可作爲網路之訓練樣本。對每一樣本 $X_t$ 作爲網路之輸入，經由(4.1)，可得一網路實際輸出，定義目標值爲 $Y_t$ ，若誤差爲實際值與目標值之差距，則「網路學習」可描述爲「經由權數之調整使得訓練樣本之誤差得以不斷減小之過程」。當一個網路建構完成後，給定一組初始加權值(Initial Weights, 記爲 $\theta^0$ )，並指出一套訓練演算法(Training Algorithm)以及一組訓練樣本，網路即可開始學習。在學習過程中，網路不斷地調整加權以期網路之輸出值能與目標值相同。當網路達成此目標後，固定網路中之加權值（記爲 $\theta^*$ ），訓練即算完成。此時

$$O = f(X, \theta^*)$$

當給予一輸入向量 $X_t$ ，經由(4.2)，網路輸出將很接近目標值 $Y_t$ 。因此，藉由(4.2)式， $X$ 與 $Y$ 之關係可充分地表達。

即  $Y = f(X, \theta^*)$ 。

本文網路內之訓練演算法係採用倒傳遞訓練法(Backpropagation training Algorithm)。倒傳遞法之基本精神在於輸出層之實際輸出值(Actual Output)與我們所希望之目標值(Desired Output)之間的平均方差(mean Square Error)最小，使整個網路之加權，朝此目標調整。

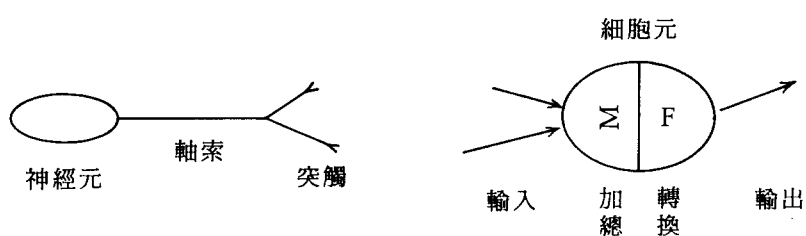


圖4.1(a) 神經細胞之簡圖

圖4.1(b) 基本神經細胞功能圖

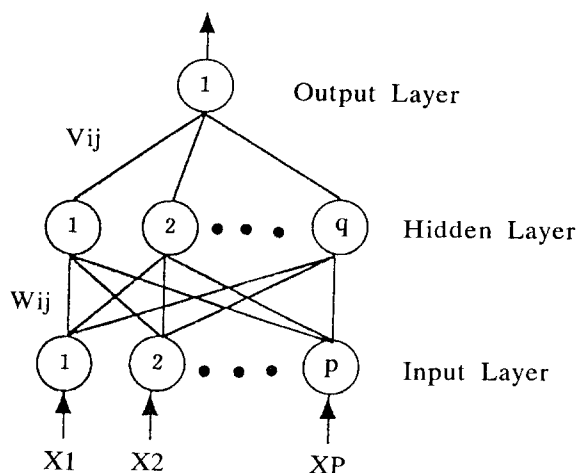


圖4.1(c) 簡單之三層網路

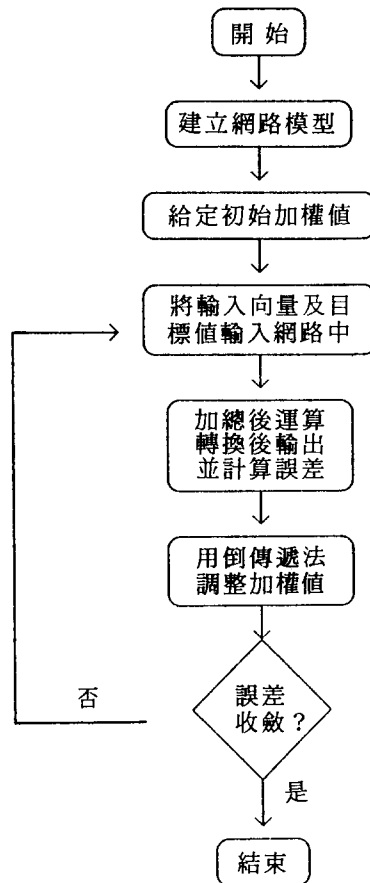


圖4.2 神經網路學習過程之流程圖

整個訓練過程分類為下列步驟：

1. 給予整個網路一組初始加權值。
2. 將輸入向量 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 輸入Input Layer，再將目標值設定為 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 。
3. 神經元收集各輸入與加權之乘積，將其加總後，經轉換函數計算輸出。並計算誤差。
4. 利用逆傳導法，從Output Layer開始，逆向回頭調整加權值。調整之方式為Delta rule。
5. 回到步驟2，直到誤差收斂為止。

其流程可由圖4.2表示。必須說明的是在本文研究中，吾人考慮之網路目標值為 $T_t$ ，而其輸入向量為 $T_t$ 之過去歷史資料，如 $(T_{t-1}, T_{t-2}, \dots, T_{t-6})$ 。此乃源於自我迴歸觀念之表

達。

## 4.2 如何以神經網路作預測

神經網路為目前發展極為迅速之一門科學。且已知神經網路能就一確定模式做相當良好之函數近似(Functional Approximation)(Lapedes and Farber, 1988)。

若給予一組時間數列資料  $\{ Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_t \}$ ，其模式建構之土一般式可寫成：

$$Y_{t+1} = F ( Y_{t-k}, Y_{t-k+1}, \dots, Y_t ) + \varepsilon_{t+1} \quad (4.3)$$

其中 $\varepsilon_t$ 為隨機亂數項，為不可控制之未知項。而我們以神經網路來作預測時，觀點與上述之傳統方式有所不同。我們利用神經網路具備對任一函數均可作良好之近似的特性，建構一個函數  $f$ ， $f$  具有下述勁能：在時間數列中之某一筆資料 $Y_t$ 若可由前  $m$  筆資料經由函數  $f$  求得，即

$$Y_{t+1} = f ( Y_{t-m}, Y_{t-m+1}, \dots, Y_t ) \quad (4.4)$$

此時(4.4)式中不再具有 $\varepsilon_t$ 項，此隨機項被視為是神經網路函數  $f$  轉換之一部份。神經網路之學習過程即是要建立此函數  $f$ 。

以預測準確與否之觀點來看，在我們作預測前，必須事先建立一套規則(Rule)讓神經網路學習。如同在(4.4)式中之規則：第  $t$  筆資料之求得必須依賴其前  $m$  筆之資料。只要規則確立後，網路即可依此開始學習。待網路學習完成，亦即函數  $f$  已建構完成，則可以此作預測。假設我們所訂定之規則與事實有所出入，網路依然能照此規則學習，只是預測之結果亦將與實際值有所差距。因此，規則之優良與否將直接影響預測值之準確度。如何定立一套適合之規則，則有賴統計之方法對資料加以分析以尋求出其規律性來訂定其規則。目前一般皆以時間數列法分析資料。



## 伍、結果比較與分析

### 5.1 單變量季節性時間數列模式

考慮外籍來華觀光旅客之季節性時間數列模式，由Box-Jenkins模式建構程序，我們比較下列數種較佳的模式：

ARIMA(0,1,1)X(1,1,1)<sub>6</sub> : MS=54.4, AIC=593.52

ARIMA(1,1,1)X(1,1,1)<sub>6</sub> : MS=54.4, AIC=591.69

ARIMA(1,1,0)X(1,1,1)<sub>6</sub> : MS=60.2, AIC=608.31

ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)<sub>6</sub> : MS=62.9, AIC=616.95

由上述，我們選取最佳的模式為：SARIMA(1,1,1)\*(1,1,1)<sub>6</sub>，即

$$(1 + 0.11B)(1 + 0.83B^6)(1 - B)X_t = (1 - 0.55B)(1 - 0.46B^6)(1 - B)\varepsilon_t$$

並以此模式對未來之來華觀光旅客人數作預測，其殘差值等相關之資料可參考表5.1及5.2。至於預測之結果則見表5.3(a)及5.3(b)。

表5.1

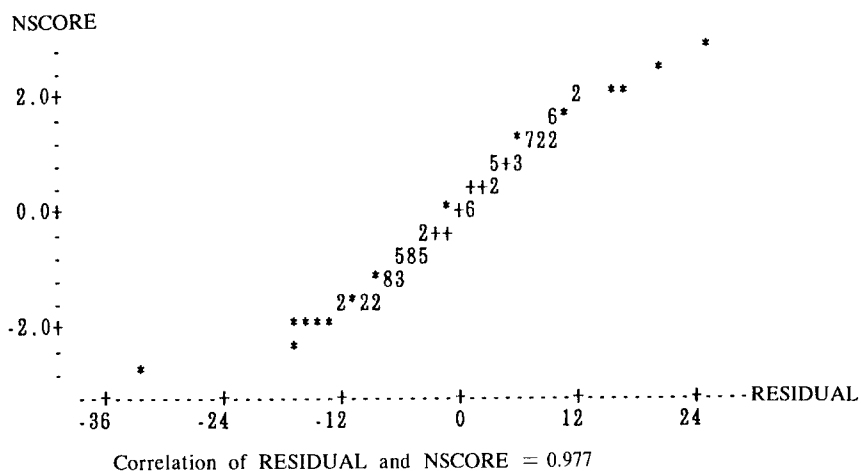


表5.2 殘差值之ACF

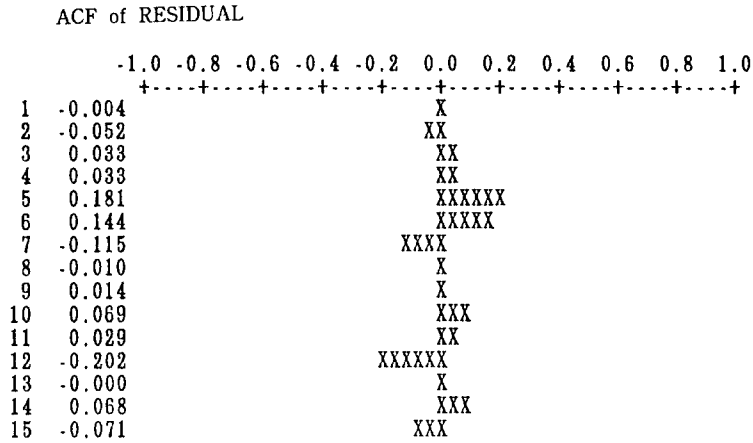


表5.3(a)係以上述之模式，對68年至80年上半年之資料作配適之後再預測80年下半年之人數，並與實際值比較，作為預測效果之參考。表5.3(b)則以68年至80年之資料來預測81年上半年之外籍來華旅客數。

表5.3.(a) (此表之預測值係由68年至80年6月150筆資料之時間序列預測值)

	80年7月	80年8月	80年9月	80年10月	80年11月	80年12月
預測值	117.910	129.134	128.697	135.077	145.129	121.148
真實值	127.461	127.060	131.821	157.962	156.958	141.065
誤差值	7.49	1.63	2.37	14.49	7.54	14.12
絕對誤差	9.551	2.074	3.124	22.885	11.829	19.917

月平均絕對百分比誤差為7.94% 月平均絕對誤差為11.565 (單位千人)

表5.3.(b) (此表之預測值係由68年至80年156筆資料之時間序列預測值)

	81年1月	81年2月	81年3月	81年4月	81年5月	81年6月
預測值	139.933	119.006	136.092	133.823	141.208	141.120
真實值	145.934	138.713				
誤差%	4.11	14.21				
絕對誤差	6.001	19.707				

(單位千人)

## 5.2 多變量時間數列模式

在多變量時間數列模式中，我們將以觀光人口數，匯率與消費者物價指數構一多變量狀態空間模式。我們應用SASETS之PROCSTATSPACE得出其結果，並摘要如表5.4，其預測結果則見表5.5(a)及(b)。

表5.4

Information Criterion for Autoregressive Models

p	0	1	2	3	4	5
AIC	614.34	525.88	488.04	493.14	471.85	411.06
p	6	7	8	9	10	
AIC	351.87	325.95	334.40	330.61	339.70	

Schematic Representation of Correlations

Name/Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X1	+	..	...	...	...	+	..	+	..	...	...
X2	..	+	..	+	..	+	..	+	..	+	..
X3	..	+	..	..	+	..	..	+	..	..	..

+ is  $> 2 * \text{siderror}$ , -  $< - 2 * \text{std error}$ , .. is between

Schematic Representation of Partial Autocorrelations

Name/Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
X2	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
X3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

State Vector

X1(T;T)	X2(T;T)	X3(T;T)	X1(T+1;T)
X2(T+1;T)	X1(T+2;T)	X1(T+3;T)	X1(T+4;T)
X1(T+5;T)			

國立政治大學學報第六十八期

Parameter Estimates

Parameter	Estimates	Std. Err.	T value
F(3,1)	-0.01406	0.004542	-3.09684
F(3,2)	0.259143	0.335188	0.773126
F(3,3)	0.209671	0.076924	2.725694
F(3,4)	-0.01328	0.00489	-2.71548
F(3,5)	-0.32453	0.618422	-0.52477
F(5,1)	-0.00226	0.001752	-1.29246
F(5,2)	0.115004	0.106697	1.07786
F(5,3)	0.035271	0.020715	1.702712
F(5,4)	-0.00178	0.002509	-0.7097
F(5,5)	0.728338	0.156379	4.65751
F(5,6)	0.000828	0.002314	0.35762
F(9,1)	-0.6943	0.124297	-5.58582
F(9,2)	3.044026	1.547867	1.966594
F(9,3)	-1.10811	0.76577	-1.44705
F(9,4)	0.327372	0.110058	2.97455
F(9,5)	-3.48119	2.021314	-1.72224
F(9,6)	0.211806	0.094359	2.24467
F(9,7)	0.327789	0.076921	4.261364
F(9,8)	0.130443	0.119823	1.088634
F(9,9)	-0.07351	0.139249	-0.52788
G(4,1)	-0.4375	0.083909	-5.21397
G(4,2)	-2.48927	1.884528	-1.3209
G(4,3)	0.621285	0.817503	0.759979
G(5,1)	-0.00458	0.002191	-2.08892
G(5,2)	0.193175	0.080985	2.385319
G(5,3)	-0.01228	0.023449	-0.52358
G(6,1)	0.130128	0.091777	1.417879
G(6,2)	-0.3955	1.901947	-0.20794
G(6,3)	0.42588	0.879493	0.484234
G(7,1)	-0.16044	0.094627	-1.69556
G(7,2)	-1.36842	1.837828	-0.74458
G(7,3)	-0.08258	0.864352	-0.09554
G(8,1)	-0.00365	0.094329	-0.03866
G(8,2)	3.334653	1.824228	1.827981
G(8,3)	1.33134	0.828661	1.606615
G(9,1)	0.22601	0.093542	2.416136
G(9,2)	-2.88716	1.84963	-1.56094
G(9,3)	-0.33123	0.849405	-0.38995

表5.5.(a) (此表之預測值係由68年至80年上半年150筆資料之時間數列預測值)

	80年7月	80年8月	80年9月	80年10月	80年11月	80年12月
預測值	118.518	125.019	133.120	141.983	171.927	145.388
真實值	127.461	127.060	131.821	157.962	156.958	141.065
誤差 %	7.02	1.61	0.99	10.12	9.54	3.06
絕對誤差	8.943	2.041	1.299	15.979	14.969	4.323

月平均絕對百分比誤差為5.38% 月平均絕對誤差為7.926 (單位千人)

表5.5.(b) (此表之預測值係由68年至80年156筆資料之時間序列預測值)

	81年1月	81年2月	81年3月	81年4月	81年5月	81年158.358
預測值	149,227	125.144	149.047	154.575	150.324	
真實值	145.934	138.718				
誤差 %	2.26	9.8				
絕對誤差	3.293	13.569				

(單位千人)

### 5.3 神經網路模型之建立

依據上述之時間數列之分析，可知其具有週期為六之特性。對任一筆資料 $T_t$ ，可知其與 $T_{t-1}$ 及 $T_{t-6}$ 關係非常密切。若單只考慮觀光人口數，我們第一個網路將建立成二個輸入元(Input node)及一個輸出元(Output note)，輸入資料為序對(Pair)( $T_{t-1}, T_{t-6}$ )，輸出則為 $T_t$ 。中間有二層隱藏層(Hidden Layer)，其個數各為40(目前為止對隱藏層內結點之個數尚無一定之定論)。

第二個網路則將輸入改為向量( $T_{t-1}, T_{t-2}, T_{t-3}, T_{t-4}, T_{t-5}, T_{t-6}$ )，即輸入層之節點個數為6。輸出則仍為 $T_t$ 一個。隱藏層仍為二，分別具有99個節點(因受程式限制)。

上述二個網路之內設值均為：

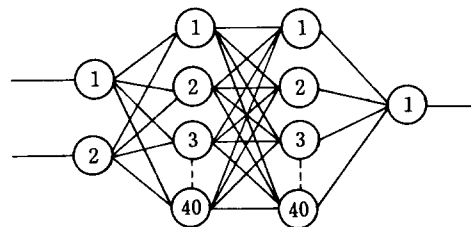
輸入之壓縮範圍為-3.00至3.00

加權值調整方式為Delta rule

轉換後輸出之範圍0.30至0.60

訓練法則為Backpropagation training rule

二個網路之架構圖可參考圖5.1(a)及5.1(b)。



Input Layer Hidden1 Layer Hidden2 Layer Output Layer

圖5.1(a) 模型1之結構圖：

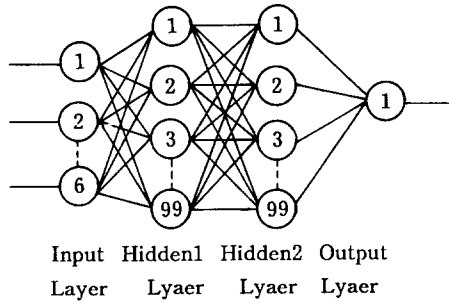


圖5.1(b) 模型2之結構圖：

以模型1所預測出之結果見表5.6(a)及5.6(b)

以模型2所預測出之結果則見表5.7(a)及5.7(b)

表5.6.(a)

	80年7月	80年8月	80年9月	80年10月	80年11月	80年12月
預測值	128.76	126.55	124.74	124.77	126.48	128.59
真實值	127.461	127.060	131.821	157.962	156.958	141.065
誤差值	0.1	0.4	5.3	21	19.4	10.3
絕對誤差	1.299	0.51	7.081	33.192	30.478	14.475

月平均絕對百分比誤差9.4%   月平均絕對誤差為14.506   (單位：千人)

表5.6.(b)

	81年1月	81年2月	81年3月	81年4月	81年5月	81年6月
預測值	133.3	128.63	127.29	133.96	137.59	135.32
真實值	145.934	138.713				
誤差 %	8.7	7.3				
絕對誤差	12.634	10.083				

(單位千人)

說明：a表係以民國68年至80年上半年之資料學習並預測民國80年之人口數，與實際值作一比較並計算其個別誤差。以此作為此模型之預測效果之參考。

b表則以上述之模式作一修正(加入80年之實際資料繼續學習)，並預測81年前半年之觀光人口數。

台灣地區外籍觀光旅客人數預測模式之探討

表5.7.(a)

	80年7月	80年8月	80年9月	80年10月	80年11月	80年12月
預測值	121.01	128.63	131.72	151.57	150.26	135.43
真實值	127.461	127.060	131.821	157.962	156.958	141.065
誤差值	5	1.2	0.07	4	4.3	4
絕對誤差	6.451	1.57	1.101	6.392	6.698	5.635

月平均絕對百分比誤差3.1% 月平均絕對誤差為4.475 (單位:千人)

表5.7.(b)

	81年1月	81年2月	81年3月	81年4月	81年5月	81年6月
預測值	142.78	137.92	151.88	148.81	147.98	147.38
真實值	145.935	138.713				
誤差%	2.2	0.6				
絕對誤差	3.154	0.793				

(單位千人)

說明：a表係以民國68年至80年上半年之資料學習並預測民國80年後半年之人口數，並與實際值作一比較並計算其個別誤差。

b表則以上述之模式作一修正(加入80年後半年之實際資料繼續學習)，並預測81年前半年之觀光人口數。

最後，我們將各種模式之預測表現結果列於表5.8：

表5.8

	單變量 ARIMA	多變量 STATESPACE	神經網路 模式(一)	神經網路 模式(二)
MAPE	7.94%	5.39%	9.4%	3.1%
MAE	11.565	7.926	14.506	4.475
RMSE	13.938	9.865	19.546	5.189

## 陸、結論與進一步的研究

在本文中我們利用(1)：單變量時間數列(2)：多變量時間數列(3)：神經網路模式等方法建立了四個來華外籍觀光人口數預測模式並比較其結果，可明顯地發現由多變量時間數列所建構之預測模型其結果優於單變量之模式，至於第二組神經網路模式亦有不錯之表現。然而，網路第一組模式之預測結果並不理想。此現象與4.2節之推論相符合。我們可解釋

為「以 $X_{t-1}$ 及 $X_{t-6}$ 為輸入變數尚不足以充分描述 $X_t$ 之行爲」。如何選擇合適之輸入變數以期充分表達一系統之動態行爲是我們日後將研究之課題。

檢視表5.3(a)及表5.6(a)，我們發現單變量ARIMA模式與神經網路第一組模式對系統均有低估之情形。此現象可歸因於自民國75年起來華觀光人口數有明顯之結構性變化（平均值提昇至10萬 / 月以上，參考附錄1及附錄2圖1）。因此過多之較低歷史資料導致預測值低估之情形。但表5.4(a)因有較多之解釋變數，其解釋系統之能力較佳。

此外，值得一提的是：一般傳統之模式建構過程均事先假設變數與解釋變數之相關性（通常為線性），再估計其參數而完成其模式，對一複雜動態系統而言，傳統之方法則有其不適性。然而，對神經網路模式而言，吾人只須給定網路一組訓練樣本，其變數間之真實關聯（可能為非線性）則可經由網路對樣本之學習而獲得。此特性乃基於神經網路無論對線性或非線性映射均為一良好之函數逼近子(Functional Approximator)(Hornik et al., 1989)。

根據上一節之預測結果，預測民國81年上半年來華之外籍旅客人數應可達到88萬人次（以神經網路模式），較去年同期成長8.6%。根據交通部觀光局委託政大公企中心對來華旅客所作之抽樣調查，以平均每人每天花費129.74美元，平均停留3天計算，則預估81年上半年度因外籍旅客所帶來之觀光收益將可達到3億4千萬美元。值得政府有關單位及旅行業者之重視。

其次，就本文中多變量模式內之變數選擇而言，下列兩點必須加以說明：1.實際上影響匯率及消費者物價指數(CPI)之因素極多，且頗複雜，因此本文多變量模式中有關匯率及CPI之預測，我們僅利用它來輔助來華外籍旅客之預測，其實際情形之差異並非本文所研究之範圍。2.就影響旅客來華之決策因素而言，匯率，CPI等因素固然必需考慮，但觀光目的地之可替代性應可亦考慮進去。因此，對於我鄰近之其它國家地區如香港，新加坡，中國大陸等地之旅遊吸引條件亦應考慮於模式之中，如此將可更臻完善。對於此課題似乎可考慮以多變數時空數列模式(multivariate Space time series model)來探討。



## 參 考 文 獻

### 中文部份

趙義隆，民國80年，「航空公司推廣國際旅遊之策略分析」，民國80年觀光事業發展學術研討會論文集。

陳敦基，民國80年，「來華觀光旅客之需求特性與時間序列分析」，民國80年觀光事業發展學術研討會論文集。

吳柏林，劉文卿，陳奕光，民國81年，「隨機模式與混沌模式之預測穩健性探討」，中國統計學報，30,2,169-189。

### 英文部份

Box, G. E. P., and Jenkins, G. M., (1976) Time Series Analysis Forecasting and Control. 2nd. ed. San Francisco: Holden-Day.

Carey, K. (1991) Estimation of Caribbean tourism demand: Issues in measurement and methodology. Annals of tourism Research Vol XIX, 3, 32-41.

Hornik K., Stinchcombe M. and White H. (1989) Multilayer feed-forward networks are universal approximators, Neural Networks 2 359-366.

Lapedes, A. and Farber, R. (1988). How neural nets work. Theoretical Division. Los Alamos National Laboratory Los Alamos, NM87545.

Lee, K.Y., Cha, Y.T. & Part, J.H. (1991) Short-term load forecasting using an artificial neural network. IEEE Winter Power Meeting, Paper No. 91WM 199-0 PWRS.

Lu, C.N., Wu, H.T. and Vemuri, S. (1992) neural network based short term load forecasting. will appear IEEE.

Park, D.C., El-dhstkei, M.A., Marks, R.J., Atlas, L.E. & Damborg, M.J., (1991), Electric load forecasting using an artificial neural network., IEEE Winter Power Meeting, paper No. 91WM 190-0 PWRS.

Tiao, G.C. and Box, G.E.P. (1991) Modeling multiple time series time series with applications. J. Amer. Statist. Assoc. 76. 802-816.

Wei, W.W.-s. (1990) Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Addison-Wesley Inc.

附 錄

1.原始資料：

資料來源：觀光統計資料，交通部觀光局EPS資料庫，教育部電算中心

年	月	來華外籍 旅客人數 (千人)	匯 率	消費者物 價指數
68	1	93.110	35.775	64.44
	2	108.059	35.921	64.75
	3	95.736	35.950	65.62
	4	94.426	36.000	66.92
	5	90.266	36.000	67.49
	6	89.530	36.088	68.19
	7	79.290	36.100	68.82
	8	90.923	36.052	70.61
	9	85.182	36.030	72.88
	10	90.833	36.030	72.69
	11	104.044	36.030	71.67
	12	75.336	36.030	72.26
69	1	94.168	36.030	75.19
	2	96.867	36.030	76.70
	3	100.264	36.026	77.11
	4	96.486	36.063	77.51
	5	89.258	36.050	78.99
	6	86.956	36.028	81.09
	7	82.177	36.007	81.63
	8	93.599	35.966	83.52
	9	84.632	35.930	86.74
	10	99.905	35.937	88.27
	11	105.890	35.930	88.41
	12	80.928	35.952	88.30
70	1	99.523	35.964	92.29
	2	94.577	35.923	93.87
	3	100.393	36.163	94.27
	4	99.440	36.487	94.65
	5	95.669	36.348	94.30
	6	89.828	36.312	95.18
	7	78.336	36.261	95.53
	8	94.874	37.342	96.47
	9	83.823	37.830	97.66
	10	98.256	37.865	97.08
	11	100.878	37.780	96.44
	12	80.411	37.840	96.31
71	1	89.911	37.712	96.95
	2	99.427	37.912	96.63
	3	97.965	38.097	96.89
	4	92.976	38.337	97.12
	5	86.666	38.756	97.73
	6	85.906	39.092	97.94
	7	88.508	39.429	97.88
	8	90.041	39.799	100.83

台灣地區外籍觀光旅客人數預測模式之探討

	9	83.461	39.850	99.88
	10	98.764	39.963	99.09
	11	111.096	40.479	98.30
	12	86.685	40.062	98.67
72	1	93.282	39.880	98.70
	2	94.764	39.877	99.67
	3	108.190	39.955	100.10
	4	101.588	39.992	100.54
	5	92.089	39.975	99.83
	6	90.992	40.131	100.59
	7	86.955	40.040	99.45
	8	96.345	40.186	99.41
	9	87.940	40.167	99.72
	10	105.009	40.147	99.68
	11	118.054	40.208	98.82
	12	91.583	40.224	97.47
73	1	99.133	40.203	97.57
	2	105.593	40.184	98.52
	3	112.075	40.024	98.80
	4	110.125	39.735	99.00
	5	101.211	39.669	100.20
	6	99.711	39.784	100.11
	7	89.701	39.424	99.85
	8	93.644	39.043	100.21
	9	92.913	39.100	100.55
	10	110.476	39.173	100.14
	11	119.473	39.364	99.57
	12	93.485	39.461	99.09
74	1	102.317	39.269	99.14
	2	93.802	39.187	99.93
	3	117.034	39.486	99.97
	4	106.912	39.678	99.49
	5	97.675	39.582	99.16
	6	97.602	39.823	99.03
	7	87.686	40.108	99.12
	8	94.653	40.434	98.70
	9	88.354	40.411	100.32
	10	104.745	40.154	100.24
	11	108.886	39.922	98.81
	12	95.801	39.859	97.78
75	1	102.983	39.585	98.72
	2	96.795	39.188	99.00
	3	119.588	38.990	98.99
	4	109.966	38.630	99.23
	5	106.311	38.380	99.36
	6	108.918	38.110	99.61
	7	101.684	38.069	99.36
	8	107.035	37.348	99.92
	9	104.833	36.835	102.44
	10	127.126	36.600	102.23
	11	133.426	36.370	100.79
	12	114.630	35.952	100.36
76	1	113.312	35.244	100.09
	2	119.676	35.000	99.90
	3	133.042	34.626	99.10
	4	119.180	33.099	99.46
	5	123.726	32.273	99.48
	6	133.744	31.156	99.55

國立政治大學學報第六十八期

	7	121.754	31.067	100.70
	8	119.611	29.672	101.52
	9	115.286	30.099	101.88
	10	141.524	29.984	100.96
	11	147.693	29.745	101.25
	12	122.424	28.912	102.30
77	1	134.572	28.578	100.64
	2	122.282	28.616	100.25
	3	160.299	28.637	99.68
	4	141.461	28.648	99.80
	5	142.320	28.616	100.94
	6	144.130	28.677	101.57
	7	136.559	28.687	101.55
	8	132.616	28.647	102.99
	9	125.977	28.861	103.30
	10	154.252	28.822	104.05
	11	164.811	28.118	103.52
	12	137.398	28.154	103.43
78	1	159.237	27.767	103.43
	2	126.773	27.657	104.33
	3	169.588	27.526	104.60
	4	149.595	26.963	105.51
	5	147.393	25.820	106.30
	6	152.680	26.027	106.02
	7	129.336	25.821	105.51
	8	134.770	25.681	106.41
	9	137.481	25.715	109.21
	10	154.410	25.741	110.23
	11	171.599	26.023	107.40
	12	135.649	26.143	106.68
79	1	145.475	26.078	107.42
	2	153.121	26.120	107.26
	3	163.715	26.353	108.05
	4	147.280	26.363	109.14
	5	146.301	26.974	110.26
	6	146.992	27.386	109.85
	7	128.398	27.164	110.58
	8	127.558	27.291	112.42
	9	126.420	27.300	116.33
	10	141.857	27.286	113.81
	11	153.991	27.243	111.61
	12	131.572	27.156	111.54
80	1	138.561	27.180	112.17
	2	107.532	27.118	113.15
	3	129.982	27.273	112.58
	4	132.569	27.337	113.00
	5	135.594	27.282	113.16
	6	142.883	27.165	113.80
	7	127.461	26.985	115.41
	8	127.060	26.727	116.09
	9	131.821	26.565	115.99
	10	157.962	26.408	117.05
	11	156.958	25.978	117.51
	12	141.065	25.759	116.44

台灣地區外籍觀光旅客人數預測模式之探討

圖1 來華外籍觀光旅客人數走勢圖(月)

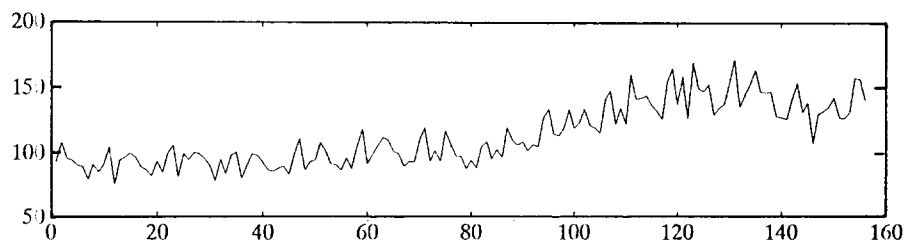


圖2 匯率走勢圖(月)

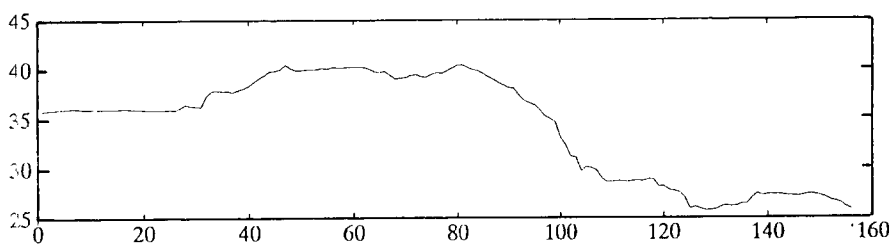


圖1 消費者物價指數走勢圖(月)

