

# 不同模式之預測能力研究

陳鴻烈<sup>(1)</sup> 蔡大偉<sup>(2)</sup>

## 摘要

本研究是以德基水庫為對象，藉由時間序列分析模式來預測其未來之優養化狀況，以增強並協助水庫優養化現象的經營管理。研究分兩部分進行，第一部分是藉由不同型式的時間序列模式來作預測分析工作，選擇的五種模式乃由傳統時間序列中相加和相乘二模式衍生而來；第二部分則是藉由六種不同的模式比較方法來決定上述五種模式中之最佳者。研究結果顯示，模式中的相加性模式-虛擬變數法之預測能力最佳，亦即其預測值與實際觀測值最為接近，可模擬出最接近實際情形的優養化現象。

(**關鍵字**：模式預測、德基水庫、優養化管理)

## A Study of Predictive Abilities for Different Models

*Paris Honglay Chen*

Professor, Department of Soil and Water Conservation,  
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

*David D.-W. Tsai*

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,  
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

## ABSTRACT

This study was to predict the trophic status of Te-Chi reservoir by the time series models. The study was divided into two parts. One part was the model prediction of different time series models. Five models selected were derived from the conventional time series models of additive and multiplicative decomposition method. The other part was to find out the best prediction model from five models by six model appraisal methods. The results showed that the best predictive ability was the dummy variables model derived from the additive method. With predicted values closest to the observed values, i.e., the dummy model could provide a most actual trophic status. It is hoped the results could enhance and help the management of an eutrophication condition in reservoir.

(**Keywords**: Model prediction, Te-Chi reservoir, Eutrophication management)

---

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2) 國立中興大學水土保持學系研究生

## 前言

近年來我國集水區經營的重要性逐漸顯現，而水庫優養化管理亦是其中重要的一環，對下游居民生活飲水之品質具有相當大的影響。

以大甲河流域上游的德基水庫為例，在相關的優養化時間序列分析中，是以長期連續變化的觀測值所形成的數列作為基礎，將具有相依性的因子分為長期趨勢、季節變動、循環變動與不規則變動四個成分來進行分析 (Kuersteiner, 2002a)。有關傳統時間序列之研究，已有相當豐碩的成果，包括運用相乘性時間序列模式於優養化管理，以分析其長期趨勢 (陳, 1998)、運用相加性時間數列模式，來探討德基水庫近年來優養化變化情形 (陳, 1999)、比較相加與相乘性兩模式之異同，以找出兩種模式之特性 (陳, 2004)。

本研究之目的在於 (1) 藉由不同預測模式來比較優養指數 (TSI) 的預測結果；(2) 利用不同檢定法來比較各種模式的優劣，找出最佳之預測模式。研究結果將有助於集水區的經營管理，更對未來集水區總量管制的發展預作準備。

## 理論分析

### 一、TSI 值的計算

在優養化定量指標方面，最常被使用的是 1977 年卡爾森所發展的 TSI (Tropic Status Index) 優養指數。分別以總磷、葉綠素 a 與透明度三種數據計算出來的 TSI 值，可用以評判水體的優養化程度 (經, 2002)。

由於在大甲河流域河川水質長期追蹤計畫工作報告中，以總磷的資料最為完整，故以此資料的 TSI 值來做分析研究。

總磷與 TSI 的關係可表示為：

$$TSI = 10 \left[ 6 - \frac{3.7 - 0.98 \ln[TP]}{\ln 2} \right]$$

式中 [TP] = 總磷的濃度 (mg/m<sup>3</sup>)。

### 二、基礎理論

時間序列分析研究近年來已發展至相當成熟的境界，所以近代有許多新發展的預測模式，如 AR、ARMA (林, 1992)、Wold Decomposition (Kuersteiner, 2002b)、ARMA-GARCH (康, 2002)、ARIMA (陳, 2000)、sARIMA (Navarro-Esbri, 2002)、Bayesian Estimation (李, 2002)、k Nearest Neighbor Classification Approach (楊, 2001)、Time Varying Method (Terui, 2002)、Holt's Method (Ord, 2004) 與 Anderson's Critique of Time Series Model (Diewert, 2004) 等。

本研究所使用的基礎理論仍為傳統時間序列分析模式，原因是此模式發展歷史最久遠，應用範圍最廣泛。傳統時間序列模式可分為相加性與相乘性兩種 (張, 2002)，運用這些基礎理論可計算出預測時所需的數據 (陳, 1997b)。

#### (一) 相加性分解模式 (additive decomposition method)

若將 TSI 值以 Y 來替代，再將長期趨勢 (T)、季節變動 (S)、循環變動 (C) 與不規則變動 (I) 四個變動成分以相加的型式來表示，即形成時間序列模式中的相加模式，可以下式來表示：

$$Y = T + S + C + I$$

在經過相加模式分析後，分別求出 T、S、C、I 四個變動成份的數值，即可藉由這些數據來預測未來優養化的趨勢。

(二)相乘性分解模式 (multiplicative decomposition method)

若將 TSI 值以 Y 來代表，再將 T、S、C、I 四個變動成分以相乘的型式來表示，即形成時間序列模式中的相乘模式，可以下式來表示：

$$Y = T \times S \times C \times I$$

三、預測方法

本研究所採用的預測方式，是先根據前人所做的水質監測報告資料，計算出 TSI 平均值，再求出對應的時間序列模式。最後，再藉由此模式求得預測值。

本研究以時間序列分析模式為根基，衍生出不同的預測方法 (圖 1)。由圖 1 可知，在相加性模式中，包括了虛擬變數法 (dummy variables method) 和加減法；而在相乘性模式中，則是用相同的相乘法。其中，加減法和相乘法為了比較誤差的影響，又將模式分成兩部分來進行；至於誤差，則是由循環變動 (C) 與不規則變動 (I) 兩個成份所組成。所以，預測的方法包括：

1. 虛擬變數法
2. 不考慮誤差的影響
  - (1) T + S 方法
  - (2) T × S 方法
3. 考慮誤差的影響
  - (1) T + S + C + I 方法
  - (2) T × S × C × I 方法

共五種方法來預測 TSI 值。

(一) 虛擬變數法

利用迴歸分析法以虛擬變數 (dummy variables) 來表示時間數列之季節變動。虛擬變數是由原本的定性變數分成兩個變數的意思，所以假設一個時間數列具有相加

性季節變動之型態，即可表示為 (陳，1997a)：

$$Y = T + S + \varepsilon$$

Y：TSI 值

T：長期變動

S：季節變動

ε：誤差

根據民國 72-84 年的大甲溪長期水質資料所求出的 TSI 值，經過分析後，求得 Tt 與 St (陳，1999)，再代回原始方程式中，即可求得 85 年的預測值，即

$$Y_t = T_t + S_t + \varepsilon_t$$

(二) 加減法 (T+S，不考慮變動誤差值)

根據 72-84 年間資料的時間序列分析後，求得 T 的趨勢及 S 值 (陳，1999)，再藉由兩數據的相加求得預測值，即：

$$Y = T + S$$

(三) 加減法 (T+S+C+I，考慮變動誤差值)

將時間序列分析所求出來的 C + I 值取平均，加入原式即可求得預測值：

$$Y = T + S + C + I$$

(四) 相乘法 (T×S，不考慮變動誤差值)

把經過時間序列分析後所求出的 T 與 S 值相乘，即可求出未來的預測值：

$$Y = T \times S$$

(五) 相乘法 (T×S×C×I，考慮誤差變動值)

求出 C × I 值的平均後，代入原式即可求得考慮循環及不規則變動後的預測值：

$$Y = T \times S \times C \times I$$

四、檢定方法

我們採用誤差平方和 (Sum of Squares Error, SSE)、平均誤差平方 (Mean Square

Error, MSE)、均方誤差 (Root Mean Squared Error, RMSE)、泰爾不等係數 (Theil's Inequality Coefficient, THEIL)、平均絕對誤差百分比 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) 以及平均平方根百分比誤差 (Root Mean Square Percentage Error, RMSPE) 等六種檢定方法進行交叉比較, 包括個別方法的比較和不同方法間的綜合比較, 希望藉此能得到最正確的結果, 並選出最佳的預測模式。

### 結果與討論

#### 一、不同模式預測趨勢比較

五種模式預測 85-88 年之 TSI 值如表 1 所示。若將預測值和觀測值作成圖 2, 由圖 2 的趨勢可看出, 相加性模式之虛擬變數法的變化起伏不大, 但有漸增的趨勢; 至於其他四種方法則呈現週期性之規律變化。此外, 相加模式中兩種方法的趨勢相當接近; 至於相乘模式, 雖然亦有類似情形, 但相較於相加模式, 可看出相乘模式

於冬春之際有較大的變動情形。

#### 二、不同預測結果之檢定研究

本研究採誤差平方和、平均誤差平方、均方誤差、泰爾不等係數、平均絕對誤差百分比, 以及平均平方根百分比誤差等六種不同檢定法來做預測結果之檢定研究。六種方法又可依數學理論而分成三大類, 使最後檢定的結果可依此分類來做綜合比較。

##### (一) 誤差平方和

當誤差平方和 (Sum of Squares Error, SSE) 的值愈小時, 表示預測值與觀測值間的離散程度愈小, 即預測結果愈佳 (黃, 2002a)。其計算方法可用下列方程式來表示:

$$SSE = \sum (y - y')^2$$

$y$  : 觀測值

$y'$  : 預測值

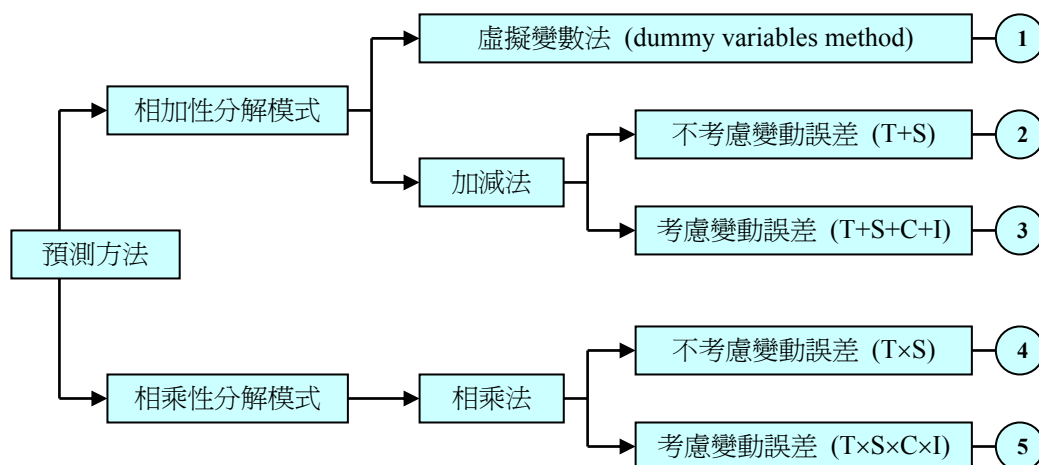


圖 1. 預測方法樹狀圖

Figure 1. Overview of the prediction method.

表 1. 各種預測方法之預測結果  
Table 1. Prediction results of different models.

年	月	相加法			相乘法		觀測值
		dummy 法	T+S	T+S+C+I	T×S	T×S×C×I	
85	1	65.77156	53.58760	53.27920	52.02705	52.06549	50.30000
	2	63.17556	41.21040	40.90200	34.39390	34.41932	
	3	61.74653	61.63320	61.32480	60.18800	60.23248	70.68000
	4	62.84535	66.40600	66.09760	65.07480	65.12289	
	5	62.38650	72.62880	72.32040	72.72352	72.77726	64.14000
	6	63.28174	71.89160	71.58320	71.26485	71.31752	
	7	59.89108	72.70440	72.39600	72.62225	72.67592	58.94000
	8	62.78038	72.41720	72.10880	72.81663	72.87045	
	9	60.45473	67.14000	66.83160	66.25664	66.30561	68.66000
	10	62.78374	70.97280	70.66440	70.19429	70.24616	
	11	61.71360	57.49560	57.18720	55.37394	55.41486	54.74000
	12	63.43447	45.59840	45.29000	42.12558	42.15671	
86	1	66.63303	54.46120	54.15280	52.64705	52.68596	65.03000
	2	64.03702	42.08400	41.77560	34.80337	34.82909	
	3	62.60799	62.50680	62.19840	60.90384	60.94885	65.11000
	4	63.70681	67.27960	66.97120	65.84799	65.89665	
	5	63.24797	73.50240	73.19400	73.58673	73.64111	63.08000
	6	64.14321	72.76520	72.45680	72.10992	72.16321	
	7	60.75255	73.57800	73.26960	73.48256	73.53686	58.82000
	8	63.64185	73.29080	72.98240	73.67840	73.73284	
	9	61.31620	68.01360	67.70520	67.04000	67.08954	
	10	63.64521	71.84640	71.53800	71.02338	71.07586	
	11	62.57507	58.36920	58.06080	56.02734	56.06874	54.68000
	12	64.29593	46.47200	46.16360	42.62216	42.65366	
87	1	67.49449	55.33480	55.02640	53.26705	53.30642	28.50633
	2	64.89849	42.95760	42.64920	35.21283	35.23885	
	3	63.46946	63.38040	63.07200	61.61968	61.66521	
	4	64.56828	68.15320	67.84480	66.62118	66.67041	
	5	64.10944	74.37600	74.06760	74.44995	74.50497	57.18630
	6	65.00468	73.63880	73.33040	72.95498	73.00889	
	7	61.61402	74.45160	74.14320	74.34287	74.39781	
	8	64.50332	74.16440	73.85600	74.54016	74.59524	44.97529
	9	62.17767	68.88720	68.57880	67.82335	67.87347	
	10	64.50667	72.72000	72.41160	71.85247	71.90557	
	11	63.43653	59.24280	58.93440	56.68074	56.72263	44.35216
	12	65.15740	47.34560	47.03720	43.11874	43.15061	
88	1	68.35596	56.20840	55.90000	53.88706	53.92688	45.16703
	2	65.75996	43.83120	43.52280	35.62230	35.64862	
	3	64.33093	64.25400	63.94560	62.33551	62.38158	
	4	65.42975	69.02680	68.71840	67.39437	67.44418	
	5	64.97091	75.24960	74.94120	75.31316	75.36882	36.76282
	6	65.86615	74.51240	74.20400	73.80004	73.85458	
	7	62.47549	75.32520	75.01680	75.20318	75.25876	
	8	65.36478	75.03800	74.72960	75.40192	75.45764	
	9	63.03913	69.76080	69.45240	68.60670	68.65740	
	10	65.36814	73.59360	73.28520	72.68156	72.73527	
	11	64.29800	60.11640	59.80800	57.33414	57.37651	
	12	66.01887	48.21920	47.91080	43.61533	43.64756	

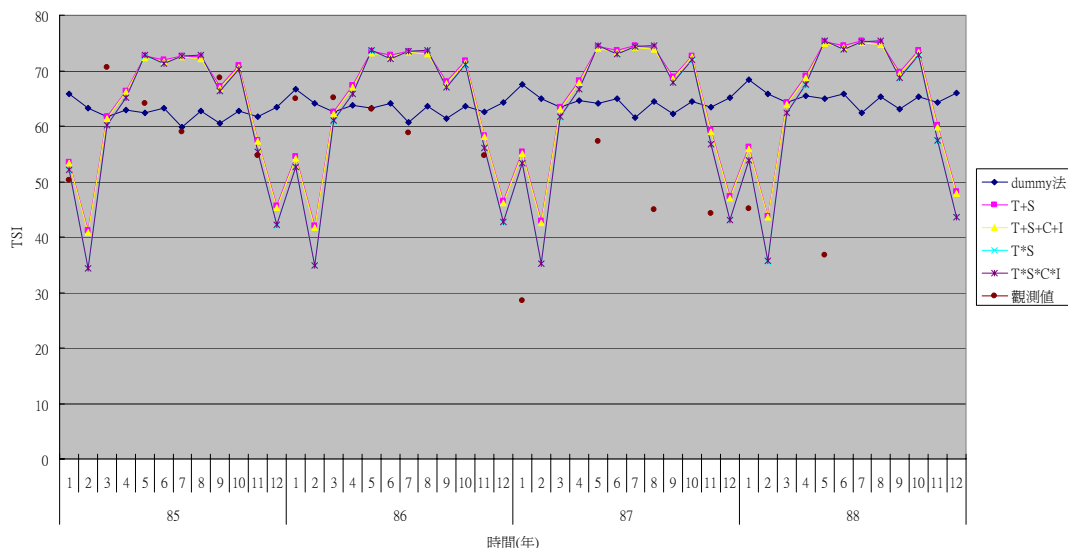


圖 2. 各種預測方法的趨勢圖

Figure 2. The trend of different prediction methods.

表 2. 誤差平方和之比較

Table 2. Comparison of SSE.

方法	SSE
dummy	4160.96900
T + S	4514.69260
T + S + C + I	4410.80600
T × S	4377.71067
T × S × C × I	4393.78534

SSE 檢定結果如表 2 所示，由表 2 可知，相加法模式之虛擬變數法之誤差值最小，顯示其趨勢與觀測值較為一致。另外，結果亦指出相乘法較加減法為佳，但相差不大。至於相乘法在考慮變動誤差後，其預測精準度反而下降，推論是因誤差值大於 1，因此在乘入後，將誤差放大，導致準確度下降。

由此可知，在 SSE 鑑定法中，是以相加法模式中的虛擬變數法具有最佳的預測結果。

### (二) 平均誤差平方

平均誤差平方 (Mean Square Error, MSE) 之值愈小時，代表模式離散程度愈小，預測能力愈好 (劉，1999)。採用此檢定法是由於使用方便及觀念簡單 (孫，2004)，而 MSE 的計算方法可以下列方程式來表示：

$$MSE = \frac{\sum (y - y')^2}{n}$$

$y$  : 觀測值

$y'$  : 預測值

$n$  : 預測值數目

各個預測方法經過計算後的結果如表 3 所示，由表 3 可知，相加法模式之虛擬

變數法模式離散程度最小。而在加減法和相乘法中，不考慮誤差和考慮誤差的模擬結果均相當類似。然若將加減法和相乘法進行比較，則可發現相乘法有較佳的預測結果。

由於 MSE 的計算是等於誤差平方和除以預測數值之總個數，故得到與誤差平方和檢定法相似的結果，亦即在此一鑑定法中，仍以相加性模式中的虛擬變數法表現最佳。至於其他模擬結果，則以相乘法優於加減法。

表 3. 平均誤差平方之比較  
Table 3. Comparison of MSE.

方法	MSE
dummy	244.7629
T + S	265.5702
T + S + C + I	259.4592
T × S	257.5124
T × S × C × I	258.4580

(三) 均方誤差

均方誤差 (Root Mean Squared Error, RMSE) 之值可用來表示誤差的分布情形，當其值愈小時，可代表預測的結果愈準確 (林，2000)。其計算方法就是將平均誤差平方進一步取均方，可以下式來表示：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y - y')^2}$$

y：觀測值  
y'：預測值  
n：預測值數目

經過 RMSE 法檢定後的結果如表 4，由表 4 可知，相加性模式之虛擬變數法所產生的誤差仍是最小；而加減法考慮誤差

後，模式誤差有減小的趨勢，相乘法則有增加的趨勢，兩方法比較，其結果相當接近，但相乘法仍略優於加減法。

RMSE 檢定法結果也和前面兩種檢定法相同，但由於是取均方的關係，各種方法所產生的鑑定結果之差距會縮小，但最後結果仍是相加性模式之虛擬變數法優於相乘法，相乘法則優於加減法。

前三種鑑定方法由於計算方法相似，且彼此間具有關連性，故可將這三種方法視為一大類，亦即為鑑定方法中的第一大類。

表 4. 均方誤差之比較  
Table 4. Comparison of RMSE.

方法	RMSE
dummy	15.64491
T + S	16.29633
T + S + C + I	16.10774
T × S	16.04720
T × S × C × I	16.07664

(四) 泰爾不等係數

在模式預測準確度方面可引用泰爾不等係數 (Theil' Inequality Coefficient, THEIL) 來做檢定，其計算方法如下：

$$THEIL = \frac{RMSE}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum y^2}}$$

RMSE：均方誤差  
y：觀測值  
n：觀測值數目

當 THEIL 之值小於 0.55 時，模式之預測能力可視為良好 (黃，2002b)。利用 THEIL 檢定法計算的結果如表 5 所示，其結果說

明每個預測方法的值都小於 0.55，表示預測能力均為良好，但也表示這種檢定法之標準較為寬鬆，鑑別力較弱，無法明顯鑑別出各種方法的優劣。

由於此一鑑別法之標準與其他方法較為不同，僅能分辨出模式模擬結果為良好或不良，無法分出模式之間之優劣，故將此方法獨立分為一大類，即為鑑定法中的第二大類。

(五) 平均絕對誤差百分比

平均絕對誤差百分比 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) 之值愈小時，表示預測值與觀測值間的誤差愈小，結果也愈好

表 5. 泰爾不等係數之比較  
Table 5. Comparison of THEIL.

方法	THEIL
dummy	0.279704
T + S	0.291350
T + S + C + I	0.287979
T × S	0.286896
T × S × C × I	0.287423

(蔡，2001)。其計算方法可用下式來表示：

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - y'}{y} \right| \times 100\%$$

y：觀測值

y'：預測值

n：預測值數目

其評估準則如表 6 所示。

表 6. MAPE 預測準確度之評估標準

Table 6. Standards of the predictive accuracy for MAPE.

MAPE	預測能力
<10%	高精確度
10%~20%	良好
20%~50%	合理
>50%	不正確

資料來源：黃，2002b。

表 7. 平均絕對誤差百分比之比較

Table 7. Comparison of MAPE.

方法	MAPE
dummy	27.0659%
T + S	28.4445%
T + S + C + I	28.0653%
T × S	27.2838%
T × S × C × I	27.3432%

MAPE 之計算結果如表 7，結果顯示每一種預測方法皆落在表 6 之「合理」範圍內。然由表 6 亦可知，MAPE 鑑定法之數值愈小，表示其預測能力越佳，故相加性模式中之虛擬變數法仍表現最佳。而加減法在考慮誤差前後，其預測能力相似，至於相乘法，則亦有類似的結果。雖然此兩種方法之結果都相當接近，但相乘法仍優於加減法。由上述討論可看出，此一鑑定法之結果仍顯示相加性模式中之虛擬變數法具有最佳的預測能力。

這個檢定方法之「合理」範圍頗為寬鬆，因此，若模式之預測結果均落在此一範圍內，則對預測方法間的鑑別能力較弱。



(六) 平均平方根百分比誤差

平均平方根百分比誤差 (Root Mean Square Percentage Error, RMSPE) 檢定法與平均絕對誤差百分比類似，只是改求平均平方根。其計算方法可用下式來表示：

$$RMSPE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum \left( \frac{y - y'}{y} \right)^2} \times 100\%$$

- y：觀測值
- y'：預測值
- n：預測值數目

經由 RMSPE 法檢定後的結果如表 8 所示，而其檢定標準和 MAPE 法是相同的 (參見表 6)。表 8 顯示，加減法與相乘法在考慮誤差與否的情況下，其結果都十分接近，但相乘法在數值上依然小於相加法。至於相加性模式中之虛擬變數法，在此鑑定法中數值最大，表示與觀測值間之誤差亦最大。

虛擬變數法在這個檢定法中表現最差，原因是 87 年 1 月的預測值誤差較大，經過平方根計算過程後，得出的數值會大於其他預測方法。

表 8. 平均平方根百分誤差之比較  
Table 8. Comparison of RMSPE.

方法	RMSPE
dummy	10.6491%
T + S	9.9901%
T + S + C + I	9.8782%
T × S	9.6999%
T × S × C × I	9.7170%

在 RMSPE 檢定結果 (表 8) 中，每個模式都接近於「高精準度」(表 6)，推論是因 RMSPE 中平方根的計算會將各個模式的預測值和觀測值間的誤差縮小。

雖然 RMSPE 與 MAPE 法的判定標準 (表 6) 相同，但 RMSPE 會將計算結果縮小，讓標準顯得更為寬鬆。雖然如此，但 RMSPE 法之結果仍能使誤差分布情形顯現出來。

RMSPE 法之結果除了虛擬變數法異於其他方法外，其餘均相同。亦即相乘法不考慮誤差的結果最佳，其次是考慮誤差後，再其次是考慮誤差的加減法，以及不考慮誤差的加減法，至於相加法中的虛擬變數則表現最差。

因 RMSEP 法與 MAPE 法之鑑別標準相同，故可視為一大類，為鑑定法中的第三大類。

三、各種檢定方法之比較

各種檢定結果之排序可以表 9 來表示，由表 9 可知，除了 RMSPE 法外，三大類鑑定方法有一致的結果，亦即預測準確性之優劣排列順序如下：虛擬變數法 → 相乘法 (不考慮誤差) → 相乘法 (考慮誤差) → 加減法 (考慮誤差) → 加減法 (不考慮誤差)。

由上述各種檢定方法之結果顯示，第一大類中的誤差平方和法 (SSE) 可完整呈現原始誤差值，清楚區分各個模式間，甚至模式本身在有無考慮誤差情況下的差別，是一種最常被應用的檢定法。而第三大類中的平均絕對誤差百分比法 (MAPE)，因具有明顯的判別標準 (表 6)，在使用時可簡單清楚的判斷模式之優劣情形，亦相當好用。

因此，在日後進行模式誤差檢定時，可考慮先採用泰爾不等係數法 (THEIL) 來初步篩選模式之預測能力，其次再分別以 SSE 及 MAPE 法進一步判別模式的準確度。

表 9. 各種檢定法檢定結果排序

Table 9. The order for the results of every examination method.

方法 排序	SSE	MSE	RMSE	THEIL	MAPE	RMSPE
1	dummy	dummy	dummy	-	dummy	T×S
2	T×S	T×S	T×S	-	T×S	T×S×C×I
3	T×S×C×I	T×S×C×I	T×S×C×I	-	T×S×C×I	T+S+C+I
4	T+S+C+I	T+S+C+I	T+S+C+I	-	T+S+C+I	T+S
5	T+S	T+S	T+S	-	T+S	dummy

註：「-」表示 THEIL 檢定法僅能判斷模式的好或壞，無法細分模式間的差別。

### 結論與建議

在本研究絕大部分的檢定法中均顯示，虛擬變數法具有不錯的預測能力，推論可能是其在進行預測時，因趨勢變化不大，可以平均掉許多誤差，故可做出較為精確的預測。然而，在趨勢探討方面，虛擬變數法則無法顯示出趨勢變動的情形。

另外，加減法在考慮變動誤差後，其預測準確度有所提升，與預期結果相符合。至於相乘法在考慮變動誤差後，反而使預測精準度下降，推測是因本研究所採用的數據使誤差值大於 1，在相乘後，反而放大了誤差，以而造成預測準確度下降。不過因此兩種方法均有明顯規律的週期變動，適合用來做優養化趨勢變動之研究。

本研究發現虛擬變數法對時間序列模式有不錯的預測能力，在日後從事相關研究或在集水區經營管理中，可考慮以此模式之預測結果作為參考。另外，在模式模擬方面，結果顯示其準確度仍稍嫌不足，如 MAPE 鑑定法即指出，模式預測能力僅落在「合理」範圍。因此，希望日後能藉由模式校正方法，來將模式預測能力提升

到「高準確度」範圍。

### 參考文獻

1. 李向宇 (2002)，「貝氏估計在時間序列上的應用」，碩士論文，交通大學。
2. 林茂文 (1992)，「時間數列分析與預測」，華泰出版社，台北市。
3. 林紀男 (2000)，「結合類神經網路與分位數回歸估計多期報酬率之風險值」，碩士論文，台北大學。
4. 孫嘉鴻 (2004)，「灰預測與演化式類神經網路應用於台指選擇權之研究」，碩士論文，朝陽科技大學。
5. 康健廷 (2002)，「我國商業銀行風險值 (VaR) 評價模型之比較分析」，碩士論文，台北大學。
6. 張維泰 (2002)，「空氣污染之線性趨勢分析檢定方法的比較」，碩士論文，中正大學。
7. 陳伶姮 (2000)，「河川旬流量時間序列研究~以石門水庫入流量為例」，碩士論文，海洋大學。
8. 陳登源、楊錦洲、林茂文、蔡豐清 (1997a)，「管理數學」，國立空中大

- 學發行，臺北縣。
9. 陳鴻烈、鄭慧玲 (1997b)，「台中縣政府大甲溪及德基水庫水質監測研究方案」，台中縣環境保護局委託研究計畫，pp.94~117。
  10. 陳鴻烈、鄭慧玲 (1998)，「水庫優養化之時間數列分析研究」，水土保持學報，第三十卷，第四期，第 331~337 頁。
  11. 陳鴻烈、梁家柱、鄭慧玲、王久泰 (1999)，「利用相加性季節變動模式之德基水庫優養化時間數列分析」，水土保持學報，第三十一卷，第三期，第 139~144 頁。
  12. 陳鴻烈、梁家柱、羅惠芬、鄭慧玲 (2004)，「水庫優養化時間序列模式分析比較研究」，水土保持學報，第三十六卷，第二期，第 169~178 頁。
  13. 黃信源 (2002a)，「台灣地區行動電話需求預測模式之建構與評估~時間序列之應用」，碩士論文，台北大學。
  14. 黃意茹 (2002b)，「都市綠覆率與氣溫之相關研究~衛星影像類神經網路分類法之應用」，碩士論文，逢甲大學。
  15. 楊景婷 (2001)，「時間序列分類分析方法：技術發展與評估」，碩士論文，中山大學。
  16. 經濟部水利署德基水庫集水區管理委員會 (2002)，「德基水庫集水區第四期整體治理計畫水質監測與管理工作成果摘要總報告」。
  17. 蔡裕春 (2001)，「台灣地區營造工程物價指數預測之研究~以類神經網路與 ARIMA 模式」，碩士論文，輔仁大學。
  18. 劉錦蕙 (1999)，「乾、濕季時間序列分析」，碩士論文，逢甲大學。
  19. Diewert, W. E., W. F. Alterman and R. C. Feenstra (2004), "Time Series Versus Index Number Methods of Seasonal Adjustment", Discussion Paper No.04-06, The University of British Columbia Vancouver, Canada.
  20. Kuersteiner, G. M. (2002a), *Time Series Analysis Lecture Note NO.1*, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A.
  21. Kuersteiner, G. M. (2002b), *Time Series Analysis Lecture Note NO.4*, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A.
  22. Navarro-Esbri, J., E. Diamadopoulos and D. Ginestar (2002), "Time Series Analysis and Forecasting Techniques for Municipal Solid Waste Management", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.35, pp.201~214.
  23. Ord, K. (2004), "Charles Holt's Report on Exponentially Weighted Moving Averages: An Introduction and Appreciation", *International Journal of Forecasting*, Vol.20, pp.1~3.
  24. Terui, N. and Herman K. van D. (2002), "Combined Forecasts from Linear and Nonlinear Time Series Models", *International Journal of Forecasting*, Vol.18, pp.421~438.

---

93 年 03 月 15 日 收稿  
93 年 04 月 13 日 修改  
93 年 04 月 22 日 接受

水土保持學報 37(2) : 127-138 (2005)

Journal of Soil and Water Conservation, 37(2) : 127-138 (2005)