

## 灰預測在台灣地區電力需求上之應用研究

畢威寧<sup>1</sup> 劉亮成<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立聯合大學華語文學系

苗栗市公敬里聯大1號

<sup>2</sup>漢翔航空工業股份公司品保處

台中市福星北路68巷111號

### 摘要

預測的方法很多，但通常需要大量的數據為基礎；灰預測所需的歷史資料少而預測結果佳。本研究以灰預測模型做電力需求預測，預測結果與經濟部能源局發布之資料進行比對，以確認其準確性。在與官方發布之2001-2005年的實際電力消耗資料進行驗證時，誤差多維持在2%以內，精準度相當高，因而本研究可提供電力需求預測之另一種選擇。

**關鍵詞：**電力需求，需求預測，灰預測

## Electric Power Demand Forecasting in Taiwan via Grey Prediction

WEI-NING PI<sup>1</sup> and LIANG-CHENG LIOU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Chinese Language and Literature, National United University*

*No. 1, Lianda, Gongjing Village, Miaoli City, 36003, Taiwan, R.O.C.*

<sup>2</sup>*Department of Quality Assurance, Aerospace Industrial Development Corporation*

*No. 111, Lane 68, Fu-Hsing North Rd., Taichung, 407, Taiwan*

### ABSTRACT

There are many methods for predicting electric power requirements, but most forecasting models usually require many data. Needing only a few historical data, the grey prediction method obtains good results for forecasting. Therefore, this study employs a grey prediction model to forecast demand for electric power in Taiwan. For accuracy, the results obtained with this model are also compared with the official published data. Verified with Taiwan's official electric power consumption data from the years 2001-2005, the variations are within 2% for most years. This concurrence of data indicates that grey prediction can be an effective alternative method for forecasting electric power consumption.

**Key Words:** electric power requirements, electric power forecasting, grey prediction



## 一、前言

電力是奠定文明進步，經濟發展之基石，與兩者之關係呈正相關，此由台灣電力的需求隨著工商業的發展、經濟成長率的提升而逐漸增加，可獲得印證。而電力對於產業的發展，影響更大。蓋現代產業多以機器代替人工，機器的運轉，需仰賴充分的電力，若電力不足，則生產停滯，導致整個工廠運作停擺，可謂茲事體大，不可不慎！以台灣而言，一旦停電，產業損失金額動輒以億元計算，對企業的生產、銷售、利潤產生巨大的影響。是故，電力不僅關係企業的命脈，更影響國家的經濟發展。

然隨着世界人口的持續增多，經濟的不斷成長，世界各國的電量需求亦隨之增加。此趨勢衍生兩項問題，一是能源危機的產生；一是環境污染的嚴重。台灣自身屬於島國，能源多仰賴國外進口，除了必須維持穩定的能源供應以確保經濟發展外，同樣也面臨保護生態環境避免污染的課題。雖然台灣不屬於聯合國組織的成員，但身為國際經濟與貿易團體的一份子，也有義務遵守環境保護的規約，為地球村的永續生存盡份心力。回顧政府於 1996 年第四次核定修正「台灣地區能源政策及執行措施」，復在 1998 年召開全國能源會議，以研討兼顧經濟發展、能源供應及環境保護之能源發展策略；並於 2002 年擬定「再生能源發展條例（草案）」，加速再生能源之推動，以奠定再生能源之永續發展環境 [1]。能源的使用、開發與環境保護，成為目前國家能源政策及執行措施考量的主軸。

對於電力供應等能源政策的擬訂，要能高瞻遠矚，順利執行，達成目標。因此，預估能源需求是其中必要的一個步驟，唯有「鑑往知來」，能正確掌握需求狀況，方有利於訂定適合國情的能源政策。

「預測」在電力事業的決策過程中佔非常重要的地位，亦為電力事業之規劃、調度、開發投資的重要依據。精準的電力需求預測，可避免供電量不足而有限電的情形，形成經濟發展的瓶頸；或過度的設備投資，導致資源的浪費，加重電廠的負擔。是故，應儘可能精準地預測未來的電力需求，以為電力經營規劃的依據。再就電力需求的面向而言，因電力無法大量儲存，故其需求屬於「瞬間即時」性，如無等量以上的電力供給，就會造成限電、停電危機。以往，台灣電業均由台灣電力公司獨家經營，近年來，政府對電業採開放政策，故多家民營電廠，加入了供電行列，以維持穩定的供電系統並提供多元化的服務。電業的自由化，使電力預測更

形重要。蓋如能較精準做需求預測，以規劃電業的開放程度與規模，可使開放的程度「適當」，避免產生過與不及之弊。

電力需求預測的方法不一，較常使用的是類神經網路（neural network）模式和迴歸分析（regression）模式。但是不論使用何種方法，皆需蒐集大量的歷史資料以建構之。本研究採用灰預測（grey prediction）進行需求預測模式之建構，僅需使用 4 筆歷史資料即可完成，不僅資料取得方便，且具有相當的預測精準度，提供了預測方法之另一種選擇。

## 二、文獻探討

### （一）預測的定義

人類置身於浩瀚的自然界、複雜的社會中，所面臨的諸多問題，有許多具有未知與不確定的因素存在，但人類為了實現某些願望、達成某些目的，會利用各種不同的方法，預測未來，探究未來，此乃「預測」之起因。對於預測的定義，學者有著不同的見解，擇其要者，分述如下：Makridis 與 Wheelwright [26] 認為預測係說明在某一既定的情形下將發生的事實；溫坤禮等 [9] 認為預測是通過現實與未來的關係去分析未來。而「預測」的幾項特性為：（1）預測事項的連續性：預測事項能持續出現，方能有系統地呈現實質資料的型態，而藉此型態推衍未來；（2）預測程序的持續性：因環境因素的影響，預測者應根據現況適時修正以往的預測結果；（3）預測情況的不定性：預測所依據的相關因子之間交互影響程度難以測量，易造成預測未來情況的不定性；（4）預測結果的錯誤性：由於未來情況「不確定性」的存在，使預測結果無法全部吻合事實真相，故錯誤性的存在實屬必然 [19]。

綜合上述可知，預測是：依據所要分析對象的過去資料，以推理的方式，客觀評估事件的未來情況；換句話說，就是透過現在和未來的定量關係的建立，預測未來事件的發展，且由於未來情況「不確定性」的存在，預測結果與實際的事實未必完全吻合。

### （二）電力需求預測模型

電力需求的預測方法，已發展出數種模型，概述如下：

#### 1. 類神經網路

使用類神經網路進行電力需求預測的研究近年頗為普遍，Mizukami 與 Nishimori [28] 應用類神經網路，以連續 2 週的尖峰負載之溫度數據資料、差異情形、尖峰負載的變化值為基礎，預測最大尖峰電能的負荷值，並以日本 KEPCD



公司 1990 年 7-8 月間的電能負荷資料，驗證該方法之平均預測誤差可達 3% 左右，並推估如果隱藏層 (hidden layers) 及神經網路參數的改變，可減少預測誤差值。Carmona 等人 [22] 亦以類神經網路預測西班牙區域電力能源的需求值，以 1959 年 1 月至 2000 年 9 月間計 501 筆歷史資料建立模型，其研究結果指出：以此模型對於未來月份電力需求的預測，誤差值大部分能維持在 5% 以內，可滿足實用需求。

#### 2. 自我回歸移動平均與類神經網路模型 (autoregressive integrated moving average - Artificial neural network, ARIMA-ANN)

Lu 等人 [24] 認為電力負荷之歷史資料複雜及受許多隨機不確定因子的影響，這些資料包含線性與非線性的特性，因而以 ARIMA 做線性預測、ANN 做非線性預測，而提出 ARIMA-ANN 電力負荷的短期預測模型。經應用於中國河北地區 2003 年電力負載之評估，使用 ARIMA-ANN 模型進行預測較使用單一方法可改善預測的精確度。

#### 3. 通用迴歸類神經網路模型 (general regression neural network, GRNN)

蔡蓉媛 [17] 探討使用年份、月份、氣溫、平均每人所得、工業生產指數等因素，提出 GRNN 的方法來預測中長期電力需求。廖炳坤 [13] 針對台灣地區的用電狀況，以類神經網路方法建立良好的短期電力需求預測模式。在此預測模式中，根據過去的用電紀錄、時間變數及氣象變數，預測隔日之尖峰用電、低谷用電及二十四小時的每小時用電量。研究中所使用的資料，為各項電力需求及氣象紀錄。楊惠婷 [11] 根據台灣北、中、南、東四區域及各行業需要的不同情況，透過單變量整合自我迴歸移動平均模式，分別建立其用電量之預測模式。

#### 4. 灰動態模型

Morita 等人 [29] 使用灰動態模型進行某設施之每年最大電能需求區間估計，將灰動態模型加上界限值、信賴水準，用於決定所需要的供應電能，使用 1979 至 1986 年該設施之實際需求數據資料，估計其在 1987 至 1992 年之可能最大與最小需求區間值。

前述各種電力預測方法，大致上均需要相當數量的數據或經驗訊息以建立預測模型，其中使用較少歷史數據資料的為 Morita 等人 [29] 使用 7 組數據之灰動態模型。

### (三) 灰預測理論

灰色 (grey) 二字與模糊 (fuzzy)、朦朧 (hazy) 之意

涵相似，意謂「不完全明確」。蓋人類置身於複雜的社會中，所面臨的問題，所接受的訊息也包含大量未知的、不確定的、訊息不完全的因素存在。此因素中，有些無法被人類完全掌握、控制。因此，人們不得不在「部分已知、部分未知」；「部分確定、部分不定」；「部分完全、部分不全」的情況下，充分應用已獲得的相關訊息，進行預測與決策。換句話說，也就是在灰色、模糊、朦朧的環境下，依據不確定、不明確、不完全的訊息，確定自己的目標與行為 [9]。宇宙浩瀚，人類在探討多種領域時，常會面臨訊息不明確的狀況。如果以「黑色」表示訊息完全缺乏，對系統內部一無所知；以「白色」表示訊息完全確知，對系統完全了解；則當訊息不夠充分或不完全確知時，便介於黑白之間的「灰色」地帶了。因此，訊息不完全之系統即成為灰色系統 [15]。

灰預測理論 (grey prediction theory) 屬於灰色系統理論的研究內容之一。主要是針對系統模型之不明確性及資訊之不完整性，進行系統的關聯分析及模型建構，並藉著預測及決策的方法探討系統的情況。並能對事物的不確定性、多變數輸入、離散的數據及數據的不完整性做有效處理。而其中的灰色預測，即是以 GM(1,1) 模型為基礎，對現有數據所進行的預測方法。此法所需的數據不需要太多，且數學基礎較簡單，頗具使用上的方便性 [9]。

### (四) 灰預測方法

預測的方法很多，應用的範圍頗廣，茲略述一二，以見梗概。例如：用迴歸分析法以家庭收支分析預測未來國人之休閒發展 [14]；應用向量回歸法於國際旅遊需求之預測 [6]；應用模糊回歸結合灰預測於台灣股市加權指數之預測分析 [7]；應用整合時間序列資料與總體經濟變數預測失業率 [3]；以時間數列模型預測我國牌照稅稅收 [4]；RFM 模型結合貝氏隨機模式與時間序列模式運用於顧客狀態模式預測 [21]；用人工神經網路在區域一次變電所預測負載 [5]；以類神經網路預測淡水河河口之潮位 [8]。

本研究所採用者為灰色系統理論中的灰預測方法，其特質在於「數據少，不確定」，與「樣本大，不確定」的概率論暨「認知不確定」的模糊集合論 (fuzzy sets theory) 迥然有別，三者的差異可以表 1 歸納之 [16]。

而灰預測不需要大量數據，且無論短、中、長期預測均可使用，準確度高，其特色如表 2 [19]。

灰色系統理論在 1982 年由中國華中理工大學教授鄧聚龍提出後，初期多應用在資訊、電機等理工領域，其後逐漸



表 1. 灰預測、概率論、模糊集合論的區別

	灰色系統	概率論	模糊集合論
內涵	小樣本不確定	大樣本不確定	認知不確定
基礎	灰朦朧集	康托集(Cantor set)	模糊集
依據	信息覆蓋	概率分布	隸屬度函數
手段	生成	統計	邊界取值
特點	少數據	多數據	經驗(數據)
要求	允許任意分佈	要求典型分佈	函數
目標	現實規律	歷史統計規律	認知表達
思維方式	多角度	重複再現	外延量化 (quantifying extension)
信息準則	最少信息	無限信息	經驗信息

資料來源：鄧聚龍 [16]

延伸至管理、教育等社會學領域。如 Wang 等人 [30] 以灰預測理論應用在熱濕度 (heat-moisture) 系統之負載預估，以廣州某旅館於 1974-1978 年間的系統負載資料建立模型，用於估計該系統 1979 至 1982 年之可能負載。Luo *et al.* [25] 使用 GM(1,1) 模型函數轉換法 (function-transfer method) 用於能源消耗之預測，以礦場開採單位礦石所需消耗的燃油估計其燃油消耗隨時間的增加趨勢。Mao 與 Chirwa [27] 使用灰模型 GM(1,1) 於交通致命意外風險的估計，以美國 1966 年至 2000 年，每 5 年為週期的歷史致命率資料預測 2001-2005 年間可能的致命率。Lin 與 Yang [23] 將灰預測模型應用於台灣的光電產業出口值預測上，以台灣地區光電產業由 1994 到 1999 年的統計資料為基礎建立模型，推估 2000 年到 2005 年的出口值。楊容驊 [10] 應用灰色理論建構兩岸軍事衝突危機預測量表之研究；盧靜怡 [18] 有企業經營績效排名之預測－灰色關聯分析與類神經網路之應用；李昌明 [2] 有多層次灰色預測方法－以國軍軍官考績評鑑為例之研究；韓季霖 [20] 有台灣地區醫師人力供需之研究－灰色預測模式之應用；廖世裕 [12] 有應用灰色系統理論建立茶葉產銷預測。

表 2. 灰色預測法與各種系統數量預測方法之使用條件

預測方法	所需最少之數據	數據之型態	數據之間隔	準備時間	數學需求
簡單指數型	5 至 10 個	等間距	短間隔	短	基本
Holt's 指數型	10 至 15 個	同趨勢	短或中間隔	短	稍高
Winter's 指數型	至少 5 個以上	同趨勢且具規律性	短或中間隔	短	中等
迴歸分析	10 個或 20 個以上	同趨勢具同規律性	短或中間隔	短	中等
Causal 迴歸法	10 個以上	可各稱型態相混合	短、中及長間距	長	高等
時間序列壓縮法	2 個峰值以上	同趨勢，同規律性且可自我調整	短或中間隔	短(稍長)	基本
Box Jenkins 法	50 個以上	等間距	短、中及長間距	長	高等
灰色預測法	4 個	等間距及非等間距	短、中及長間距	短	基本

資料來源：應立志、潘美秋 [19]

### 三、灰預測模式之建立

#### (一) 建立步驟

灰預測理論的基礎是對於系統過去已發生之序列的數據，經過灰色逐次累加生成 (accumulated generating operation, AGO) 計算以改變數據的層次，從而發現、揭示潛在的規律，並由規律中預測未來可能的情況。本文採用單變量一階模型，GM(1,1) Model，用於台灣地區電量消耗的預測。GM(1,1) Model 的建立步驟共 6 個 [16]，分述如下：

##### 1. 第一個步驟：

將原始數據以序列排列，如下所述：

$$X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(i), \dots, X^{(0)}(n)\} \quad (1)$$

式中  $X^{(0)}(i)$  為於時間次序  $i$  時之序列數據， $n$  為最末時間次序，其值應不小於 4。

##### 2. 第二個步驟：

利用原始序列  $X^{(0)}$  進行累加生成運算變換為序列  $X^{(1)}$ ，本項過程之目的在使原來彼此間變異較大與不規則的序列，經轉換後呈現出較平緩與明顯的規律。經 AGO 轉換後的序列，較原始序列  $X^{(0)}$  更容易建立模型予以逼近。AGO 序列  $X^{(1)}$  之定義如下：

$$X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(k), \dots, X^{(1)}(n)\} \quad (2)$$

其中  $X^{(1)}$  與  $X^{(0)}$  轉換關係：

$$X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i) \quad (3)$$

##### 3. 第三個步驟：

建立 GM(1,1) 模型，以灰微分方程式表示為



$$X^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b, \quad k=2,3,\dots,n \quad (4)$$

其中

$$Z^{(1)}(k) = \alpha X^{(1)}(k) + (1-\alpha)X^{(1)}(k-1) \quad (5)$$

$a$  與  $b$  為待定參數， $\alpha$  為調整係數 (adjusting factor)， $\alpha$  通常設定為 0.5，於資料結構特殊時始予修改調整。而前述灰微分方程式可解為

$$X^{(1)}(k+1) = \left( X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (6)$$

4. 第四個步驟：

由方程式  $X^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b, k = 2,3,\dots,n$ ，求解

GM(1,1) 模型之參數  $a$  與  $b$ ，

以矩陣表示如下

$$\begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (7)$$

令

$$Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

則矩陣方程式為

$$Y = BA \quad (8)$$

現以最小平方方法 (ordinary least-square method) 估計矩陣  $A$  之值

令誤差矩陣  $E = Y - BA$

$$Q = (Y - BA)^T (Y - BA)$$

欲尋找使  $Q$  值最小的參數  $A$ ，則

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

$$\begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (9)$$

5. 第五個步驟

將解得的參數估計值  $\hat{a}$  與  $\hat{b}$ ，帶入方程式 (6) 中以求解  $\hat{X}^{(1)}(k+1)$ 。

6. 第六個步驟

將前一步驟所獲得的  $\hat{X}^{(1)}(k+1)$  進行逆累加生成還原為  $\hat{X}^{(0)}(k+1)$ ，所得的值即為所要的預測值。

由 (3) 式  $X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i)$ ，得

$$\hat{X}^{(0)}(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - \hat{X}^{(1)}(k) \quad (10)$$

未來時間次序數  $\zeta$  時之預測值即可由下式中求得，

$$\hat{X}^{(0)}(n+\zeta) = \hat{X}^{(1)}(n+\zeta) - \hat{X}^{(1)}(n+\zeta-1) \quad (11)$$

## (二) 模式的誤差檢驗

預測模式是否可信必須經過檢驗以確認其誤差在可接受的範圍內，作法為將計算得的預測值與實際的值比較，觀察其誤差情況，相對誤差  $Er$  的計算式：

$$Er(p) = \frac{\hat{X}^{(0)}(p) - X^{(0)}(p)}{X^{(0)}(p)} \times 100\% \quad (12)$$

以上 GM(1,1) 灰色模型預測方法之步驟及誤差檢驗，摘要如圖 1 所示。

## 四、以灰預測方法估計台灣之電力需求

本研究以灰預測 GM(1,1) 模式，4 筆已知之總用電消耗資料，預測未來 1 筆或更多的用電消耗情況，並驗證其預測結果與實際值的差異情形，確認本方法是否適合應用於本類問題的預測。

依據中華民國經濟部能源局之電力消費統計報告，台灣地區由 1997 至 2004 年之電力消耗統計資料如表 3 [1]。

依據前節建立的 GM(1,1) 灰預測模型，進行 2001 年的電力消耗灰預測值如下：



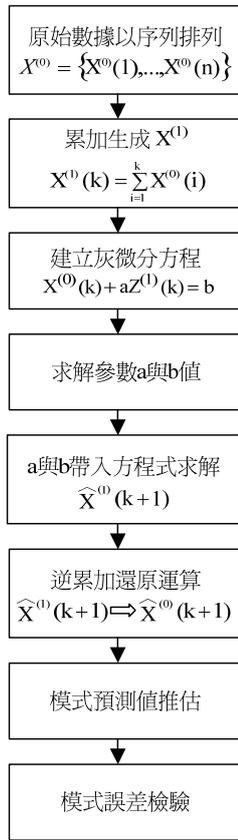


圖 1. GM(1,1) 灰色模型預測方法之步驟及誤差檢驗流程

表 3. 台灣地區各年電力消耗統計值

年別	1997	1998	1999	2000	2001
總用電量(10 <sup>9</sup> 度)	137.8	145.7	156.3	171.9	175.9
年別	2002	2003	2004	2005	
總用電量(10 <sup>9</sup> 度)	186.1	196.1	206.1	214.2	

資料來源：經濟部能源局能源統計月報－電力 [1]

1. 取 1997 年至 2000 年數據構成序列 X<sup>(0)</sup>

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), X^{(0)}(4)) \\ = (137.8, 145.7, 156.3, 171.9)$$

2. 對 X<sup>(0)</sup>作 AGO 累加生成計算為 X<sup>(1)</sup>

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), X^{(1)}(4)) \\ = (137.8, 283.5, 439.8, 611.7)$$

3. 建立微分方程式 X<sup>(0)</sup>(k) + aZ<sup>(1)</sup>(k) = b

並對 X<sup>(1)</sup>作均值生成，求取 Z<sup>(1)</sup>：

$$Z^{(1)} = (Z^{(1)}(2), Z^{(1)}(3), Z^{(1)}(4)) = (210.65, 361.65, 525.75)$$

4. 求解參數 a 與 b 之值

$$\begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -210.65 & -361.65 & -525.75 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -210.65 & 1 \\ -361.65 & 1 \\ -525.75 & 1 \end{bmatrix} * \\ = \begin{bmatrix} -0.0833 \\ 127.470 \end{bmatrix} \\ \hat{a} = -0.0833, \hat{b} = 127.470$$

5. 求解 GM(1,1) 白化響應式

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left( x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a}$$

$$\text{得 } \hat{x}^{(1)}(k+1) = 1668.052e^{0.0833k} - 1530.252$$

令 K+1 = n+ξ， n 為 x<sup>(0)</sup> 序列之數據 (n=4)。

設 ξ 為預測未來年數，取 ξ=1，則

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(n+\xi) = \hat{x}^{(1)}(5) = 797.392$$

$$\hat{x}^{(1)}(k) = \hat{x}^{(1)}(4) = 611.355$$

6. 進行逆累加還原運算，計算 X̂<sup>(0)</sup>(k+1)

$$\hat{x}^{(0)}(n+\xi) = \hat{x}^{(0)}(5) = \hat{x}^{(1)}(5) - \hat{x}^{(1)}(4) \cong 186.0$$

使用 GM(1,1) 模型預測 2001 年電力消耗為 186.0。

使用相同的模式利用已知 4 年的電力消耗資料預估未來的電力消耗需求，可得 2002 年為 188.3，其餘各年的預測值詳如表 4。

表 4. 台灣電力消耗預測值與實際消耗值

年別	2001	2002	2003	2004
GM 預測值	186.0	188.3	192.7	206.9
實際消耗值	175.9	186.1	196.1	206.1
預測誤差 %	5.7	1.2	-1.7	0.4
年別	2005	2006	2007	
GM 預測值	216.9	228.3	235.3	
實際消耗值	214.2	N/A	N/A	
預測誤差 %	1.3			



## 7. 模式之誤差檢驗

相對預測誤差 Er(2001)% 為

$$\begin{aligned} \text{Er}(2001) &= \frac{\hat{X}^{(0)}(2001) - X^{(0)}(2001)}{X^{(0)}(2001)} \times 100\% \\ &= \frac{186.0 - 175.9}{175.9} = 5.74\% \end{aligned}$$

各年度預測之相對誤差如表 4。

## 8. 灰預測使用不同歷史數據資料量預測結果之比較

本研究範例對於台灣電力預測所使用的歷史數據為 4 個，有 80% 預測之誤差在 2% 以下，在可接受的水準內。當預測使用的歷史數據為 5 或 6 個時，其預測結果如表 5 所示。

由表 5 數據可知，使用 6 筆數據進行預測 5 年度的誤差平均值較 4 或 5 數據者略低，使用較多的數據預測可取得學習成長的一些優勢。惟就各單預測年度的誤差進行評估，其 2002 年之預測效果低於使用 4 數據者，2003 年低於 5 數據者，較多數據之應用其預測誤差並不確定必低於數據少者，此外亦要考慮資料蒐集與時效問題，對於使用歷史數據數量，有賴應用者依需求進行取捨。

## 五、結論

電力需求是經濟發展的重要指標之一，可做為企業規劃和政府決策的依據。若能精準地預測電力需求，將對決策者有很大的幫助。尤其台灣能源多仰賴進口，發展經濟和兼顧環境保護是國家的重要政策。以往學者預測電力需求，常依賴大量的歷史資料進行模式的建構，但歷史資料愈多，對預測未來是利？是害？見仁見智，未有定論。

本研究採用灰系統理論中的灰預測進行建構電力需求模式，不需要大量的歷史資料，最低的資料需求量可降為 4 筆，此乃和其他預測法最主要的相異處。研究結果顯示，以使用 4 筆歷史資料之灰預測方法應用於台灣地區之電力需

求之預測時，經與 2001 年至 2005 年的實際消耗值比較，除 2001 年之預測誤差較高達 5.74% 外，各年度的預測誤差均在 2% 以下。2001 年的台灣是非常特殊的一年，當時由於政黨輪替，國內政治局勢騷擾不安，經濟成長率由 2000 年的 5.77% 突然降至 -2.17%，至 2002 年後經濟成長率始再由負值轉正。

以 GM(1,1) 模型預測台灣之電力消耗情況，可以發現除 2001 年因政治與經濟情況的急速改變，使電力消耗成長率呈不正常的減少，致灰預測方法無法提供適當的估計，其它自 2002 至 2005 年的預測誤差均小於 2%，準確度相當高。由本研究也可發現，以灰預測法推估台灣 2006-2007 年的電力需求，呈現需求持續成長的態勢。灰預測方法由於僅需使用少量的數據建立模型，且有足夠的預測準確度，對於電力需求的預測，不失為一項簡便的選擇方案。

## 參考文獻

1. 中華民國經濟部能源局網站(民 95)，網址：<http://www.moeaec.gov.tw/>。
2. 李昌明(民 89)，多層次灰色預測方法—以國軍軍官考績評鑑為例之研究，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
3. 胡愈寧、張宏淵、陳靜怡(民 93)，應用整合時間序列資料與總體經濟變數預測失業率，育達學院學報，8，139-170。
4. 施淑惠(民 94)，以時間數列模型估預測我國牌照稅稅收，空大商學學報，13，145-158。
5. 許哲強、賴正文、陳家榮(民 92)，用人工神經網路在區域一次變電所負載預測之應用研究，能源季刊，33(1)，54-64。
6. 陳寬裕、何嘉惠、蕭宏城(民 93)，應用支援向量回歸法於國際旅遊需求之預測，旅遊管理研究，4(1)，81-97。
7. 陳筱琪、徐作聖、曾國雄、胡宜中(民 94)，應用模糊回歸結合灰預測於台灣股市加權指數之預測分析，資訊管理學報，12(1)，195-213。
8. 郭振泰、楊智傑、陳彥璋(民 93)，以類神經網路預測淡水河河口之潮位，台灣水利，52(4)，24-30。
9. 溫坤禮、黃宜豐、陳繁雄、李元秉、連志峰、賴家瑞(民 91)，灰預測原理與應用，頁 1-3,4；3-2，全華科技圖書公司，台北。

表 5. 使用不同數目歷史數據預測電力需求誤差結果

年別 誤差 (%)	2001	2002	2003	2004	2005	平均 誤差
4 數據 GM 預測	5.7	1.2	-1.7	0.4	1.3	2.1
5 數據 GM 預測	4.3	2.3	0.5	-0.9	1.5	1.9
6 數據 GM 預測	3.7	2.3	1.5	0.4	0.6	1.7



10. 楊容驊 (民 90), 應用灰色理論建構兩岸軍事衝突, 危機預測量表, 國防管理學院國防決策科學研究所碩士論文。
11. 楊惠婷 (民 91), 長期需求預測之研究—以台灣電力需求為例, 淡江大學管理科學學系碩士論文。
12. 廖世裕 (民 88), 應用灰色系統理論建立茶葉產銷預測系統之研究, 中興大學農產運銷學系碩士論文。
13. 廖炳坤 (民 83), 類神經網路在電力負載需求預測上之應用, 元智大學工業工程研究所碩士論文。
14. 廖振宏、沈易利 (民 93), 用迴歸分析法以家庭收支分析預測未來國人之休閒發展, 國立臺灣體育學院學報, 14、15, 33-50。
15. 趙慕芬 (民 92), 灰預測 GM(1,1) 於台灣地區失業率之應用, 臺灣銀行季刊, 54(4), 164-183。
16. 鄧聚龍 (民 92), 灰色系統理論與應用, 頁 105-107, 高立圖書公司, 台北。
17. 蔡蓉媛 (民 90), 通用迴歸類神經網路在中長期電力預測模式之研究, 元智大學工業工程研究所碩士論文。
18. 盧靜怡 (民 89), 企業經營績效排名之預測—灰色關聯分析與類神經網路之應用, 台灣科技大資訊管理研究所碩士論文。
19. 應立志、潘美秋 (民 92), 以灰色理論探討台電公司人力需求預測, 台電工程月刊, 656, 131-145。
20. 韓季霖 (民 89), 台灣地區醫師人方供需之研究—灰色預測模式之應用, 銘傳大學管理科學研究所碩士論文。
21. 蘇柏全 (民 95), RFM 模型結合貝氏隨機模式與時間序列模式運用於顧客狀態模式預測, 電子商務學報, 8(2), 193-217。
22. Carmona, D., M. Jaramillo, E. Gonzalez and J. Alvarez (2002) Electric energy demand forecasting with neural networks. *Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference of the IEEE*, 3, 5-8 (Nov.), 1860-1865.
23. Lin, C. T. and S. Y. Yang (2003) Forecast of the output value of Taiwan's opto-electronics industry using the Grey forecasting model. *Technological Forecasting and Social Change*, 70, 177-186.
24. Lu, J. C., D. X. Niu and Z. Y. Jia (2004) A study of short-term load forecasting based on ARIMA-ANN. *Proceedings of Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Shanghai.
25. Luo, Y., L. Zhang, A. Cai and Z. He (2004) Grey GM(1,1) model with function-transfer method and application to energy consuming prediction. *Kybernetes*, 33(2), 322-330.
26. Makridakis, S. and S. C. Wheelwright (1989) *Forecasting Methods for Management*, 18-23. John Wiley & Sons, New York, NY.
27. Mao, M. and E. C. Chirwa (2006) Application of grey model GM(1,1) to vehicle fatality risk estimation. *Technological Forecasting and Social Change*, 73, 588-605.
28. Mizukami, Y. and T. Nishimori (1993) Maximum electric power demand prediction by neural network. *Proceedings of the Second International Forum on Applications of IEEE*, 296-301.
29. Morita, H., T. Kase, Y. Tamura and S. Iwamoto (1996) Interval prediction of annual maximum demand using grey dynamic model. *Electrical Power & Energy Systems*, 18(7), 409-413.
30. Wang, X., Z. Chen, C. Yang and Y. Chen (1999) Gray predicting theory and application of energy consumption of building heat-moisture system. *Building and Environment*, 34, 417-420.

收件：95.07.19 修正：95.09.08 接受：95.10.16

