

# 應用狀態空間模型與基因類神經網路濾波技術於風險值預測之研究：以台股指數與台指期貨為例

## Using SSM and GANN Filter for an Empirical Investigation of Value at Risk: Taking Taiwan Stock Spot and Futures Indexes as an Example

古永嘉 / 國立台北大學企業管理學系教授

Yeong-Jia Goo, Professor, Department of Business Administration, National Taipei University

許世璋 / 國立台北大學企業管理學系博士

Shih-Chang Hsu, Ph. D. Department of Business Administration, National Taipei University

*Received 2006/11, Final revision received 2009/1*

### 摘要

以往針對風險值的估計，大致以 GARCH 模型估計波動度後，再以蒙地卡羅模擬法估計風險值績效。本研究延伸過去的方式，試圖以 Bi-GARCH 模型估計波動度後，分別以狀態空間及基因類神經網路兩種模型，應用於波動度濾化 (Filtering) 的處理，之後再與傳統 GARCH 模型，藉由回溯測試以及 Kupiec 概似比檢定對風險值估計模型的績效進行比較。本研究以台灣發行人加權股價指數與股價指數期貨結算價格為研究標的，取樣期間為 2002 年 1 月 1 日至 2004 年 12 月 31 日之資料，共計 745 筆。研究發現，無論在台股指數現貨或期貨，經由狀態空間與基因類神經網路濾化後之風險值的模式績效，不論短長期或多空階段之評比，皆遠優於傳統估算法。

【關鍵字】類神經網路、狀態空間模型、風險值

### Abstract

Previous researchers usually use GARCH models in estimating volatility in evaluating value at risk (VaR) performance. In this study, Bi-GARCH models were adopted in estimating volatility. The estimated volatility is then filtered by using both State Space Models (SSM) and Generic Algorithm-Artificial Neural Network (GANN) models. The VaR performances of these models are compared using back-testings and Kupiec likelihood tests. A total of 745 daily data of Taiwan stock indexes of spot and futures ranging from Jan. 2, 2002 to Dec. 31, 2004 were collected. The results show that the filtered GANN and SSM models are better than traditional estimation methods for the evaluation of VaR for both stock spot and futures indexes.

【Keywords】artificial neural network, state space model, value at risk

## 壹、緒論

在 1990 年，Morgan (1996) 銀行首先採用以「在某段時間內，損失某一金額的機率為多少」作為呈現風險的方式，成為風險值的濫觴。1994 年巴塞爾協定 (Basle Accord) 納入風險值作為風險管理的基礎，並於 1996 年的修正案中，允許金融機構自行開發風險值內部模型，作為風險評估的基礎，使得風險值逐漸成為風險管理相當重要的主流工具。風險值估算的研究中，常見的方法有移動平均法、GARCH、歷史模擬法與蒙地卡羅模擬法，而不同的估算方法，對相同的標的所算出的風險值有相當顯著的差異 (Beder, 1995)，且無法得知何種方法是絕對優於其他方法 (Hendricks, 1996)。風險值的衡量，其重點在對波動度的預測，預測方式有兩種，一是傳統時間序列方法，另一則是運用衍生性商品的隱含波幅 (Implied Volatility) 進行預測，若準確的預測波動度，風險值便可精確的呈現 (Granger & Poon, 2003)。

過去進行風險值衡量的研究，多對 GARCH (General Auto Regressive Conditional Heteroskedastic; GARCH) 家族模型有所推崇，許多研究均發現 GARCH 的績效相較其他模型，如移動平均法、隨機漫步等，表現更為亮眼 (Alexander & Leigh, 1997; Brooks & Persaud, 2003; Gloria, Lee, & Mishra, 2004)。對國內金融市場而言，也發現 GARCH 的績效同樣也較其他預測方式表現更好 (沈大白、柯瓊鳳、鄒武哲, 1998; 翁勝彬, 1996; 陳宜玫, 2000; 王倩茵, 2003)。透過 GARCH 估算出波動度，建立共變異數矩陣，配合常態分配的假設下，計算風險值的局部評價法，雖然估計過程快速簡單，但是成效往往受到強烈的質疑。主要原因在於實際金融市場的報酬率並不見得合乎常態分配，而報酬率之間的關係亦不見得為線性，使得風險值有可能被錯估。因此部分學者推崇使用模擬法 (完全評價法) 來計算風險值，除了排除非線性的問題外，也不需要常態分配的假設，因而較貼近市場，對風險值的預測也較為準確 (Jackson, Maude, & Perraudin, 1997; Venkatarman, 1997)。

由上述可知，若我們運用 GARCH 在波動度估計上的優勢，以 GARCH 估算出的波動度作為變異數的參數值，配合選定期間的平均報酬率，再運用完全評價法進行風險值的估算，應能夠提高風險值的估算表現 (張簡彰程, 2001; 林保霖, 2002)。過去的實證研究的結果，都顯示出 GARCH 估算波動度的優勢：相較其他波動值估算方式其偏誤最小 (Akgiray, 1989)；可以輕易的掌握資產波動的特性 (Bollerslev, 1986)；隨著資料頻率的增加，解釋力與預測準確性也會隨之提高 (Andersen & Bollerslev, 1998)；GARCH 的參數估計值都有一定水準以上的顯著程度 (Chu & Freund, 1996)。而完全評價法的除了貼近市場的優點外，透過模擬過去所有可能的情況來估算風險值，因而同樣可以捕捉到金融資產波動叢聚的特質 (陳宜玫, 2000)。

由於完全評價法的部份參數為 GARCH 模式的預測值取代，GARCH 的問題同樣會反映在整個完全評價法中，因此完全評價法不再保證估算過程中不產生「模型風險」

的問題。GARCH 雖有許多的優點，但是也存在兩個重大的缺失，一則需要大量的資料來求得參數的估計值，一則為隨著預測期間增加，預測品質將會快速的下降 (Figlewski, 1997)。尤其是第二點，將可能會造成預測的風險值產生較大的偏誤，而提高風險管理策略的成本，此風險概稱為模型風險 (Figlewski & Green, 1999)。Koutmos 與 Tucker (1996) 指出，在區域市場中，存在著波動外溢效果，若將市場的互動性加以考量，將會提高 GARCH 模型的預測能力。是故，本研究試圖納入多元 GARCH 模式，將期貨與現貨市場之報酬率聯立估算波動度，以降低模型風險的產生。

此外，由於進行實際波動度估算時，在某些時間區段仍會有波動度過大且異常情形。雖然多元 GARCH 可以改善一元 GARCH 的預測能力，但仍無法有效解決上述問題。為矯正此波動度異常的現象，本研究擬以「狀態空間模型」及「類神經網路模型」兩種不同的新方法，分別將多元 GARCH 的預測波動值進行過濾 (Filtering) 並加以比較優劣。採用這兩種方法的主要原因，是他們皆為移動窗格 (Moving Windows) 的估計技術，利用誤差極小、即時回饋與長期平均的概念來降低估計誤差。

狀態空間模型 (State-space Model ; SSM) 乃運用觀察方程式與狀態方程式描述市場體系的動態移轉情況。狀態空間經常用於描繪區域市場間的連動情況 (Ball & Torous, 2000)，相較於向量自我迴歸移動平均模型 (Vector Auto Regressive Moving Average ; VARMA)，允許存在不可觀察的變數，使用卡門濾波演算法 (Kalman, 1960)，能使預測更為準確，尤其在長期趨勢的情形下 (古永嘉、萬文隆，2002)。此外，狀態空間更可轉換於各種時間序列模型 (Akaike, 1976)。因為狀態空間於長期趨勢有顯著的表現，因此本研究選定此模型作為波動值過濾的模型，藉助狀態空間的強項，提高多元 GARCH 在長期的預測能力，藉此降低模型風險的機會。

類神經網路 (Artificial Neural Network ; ANN) 已廣泛的應用在財務研究領域，由金融危機預警 (Tam & Kiang, 1992) 與金融市場的價格預測 (Chang & Wu, 1998; Lam, 2004)，都顯示類神經網路的績效顯著優於其他模型。相較於 GARCH 家族的預測能力，類神經網路藉由非線性的運算，所展現出的預測能力，確實較為突出 (Lee, 2006)，因此本研究選取具有非線性計算能力的類神經網路進行波動度的修正，期望能夠有效的提高預測風險值的準確性。

本研究首先將針對不同長短期間的資料進行風險值的預測，探討 GARCH 的缺失是否會形成模型風險。其次，比較各種優化方式，看是否能提高預測能力並找出較為適當的解決方案。再者，本研究將探討優化後的方式在不同情況下的市場，其績效是否穩定。本研究的架構如下所述：第一部份在敘述研究的背景與動機，並提出研究目的；第二部份說明研究設計與模型選擇；第三部份則為敘述資料；第四部份為實證分析；最後則是結論。

## 貳、研究方法

### 一、研究設計

本研究將以 GARCH 模式估算波動度後，再將估算的波動度納入蒙地卡羅模擬法中進行風險值的預測。張簡彰程 (2001) 對台灣現貨市場的實證結果指出運用 GARCH 估算，確實能有效的提升兩種模擬法的預測績效；且由上述的文獻得知，GARCH 的估算績效優於其他方法，因此研究中僅選取 GARCH 從事波動度的估算。歷史模擬法需要大量的歷史資料，才能建立報酬率的完整分配。由於使用歷史資料，可能無法模擬未來的情況，而且當市場發生結構性轉變或較大的變化時，預測的風險值會產生偏誤。蒙地卡羅模擬法雖然需要耗費較高的時間成本，但若能選擇正確的模擬路徑則可以精確的預測出風險值。而且重複模擬的程序，可以處理複雜及不穩定的分配，可以避免市場的變化造成預測的錯誤。有鑒於此，研究中將選擇蒙地卡羅模擬法進行風險值的預測。

GARCH 在長期性預測的品質缺失是否會對風險值的估算產生模型風險，為本研究的目的之一，本研究在研究期間的選定上將分為一年、兩年與三年，分別探討 GARCH 結合模擬法是否會產生上述的問題。其次，透過改良模式的方法，找出估算能力較強或是能合理解決模型風險問題的模式。於本研究的設定中，我們選擇過去實證研究上有顯著連動的兩個市場的報酬率，台股指數與台指期貨作為研究標的，藉此來降低產生新問題的疑慮。因此研究中將以 Bi-GARCH 作為 GARCH 的替代方案，探討在納入波動度的交互影響下，是否能提高預測能力或改善 GARCH 所產生的問題。

為了避免 Bi-GARCH 所估算的風險值存在同樣的風險，研究中納入狀態空間模型與類神經網路進行濾化，藉由即時回饋、誤差極小等特性試圖提高估算能力。在類神經網路的選擇上，本研究採用簡化式的基因倒傳遞類神經網路。由於研究資料連續性高，無論在輸入值或輸出值皆是如此，因此非常適用於倒傳遞類神經網路 (Rumelhart, Hinton, & Williams, 1986)。但是倒傳遞演算法，很容易收斂至局部最佳化，因此我們將使用基因演算法進行改良，以降低發生局部最佳化的機會。由於研究資料筆數非常充足，突變產生多樣性的效果不大，本研究擬將基因演算法的突變程序摘除，藉此以降低演算所花費的時間成本。

對於估算風險值的驗證，本研究採用回溯測試與 Kupiec 概似比檢定 (Kupiec, 1995)，藉此比較不同模式的績效，並確認模式的適用性。由於研究主要以模式的預測能力為主，因此探討模型的穩定性相當重要。為了驗證在不同的情境下，各種風險值的估算流程表現是否一致，本研究亦選取了大盤下跌與上揚的情況與長短期間進行比較，確認模式的穩定情形。

## 二、實證模型

### (一) GARCH

依據 Bollerslev (1986) 所提出的 GARCH 模式，本研究經由資料配適後，採用 AR (p)-GARCH (1,1)，模型設定如下：

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, h_t) \quad (2)$$

$$h_t = \beta_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_1 h_{t-1} \quad (3)$$

方程式 (1) 為平均數方程式， $Y_t$  與  $Y_{t-i}$  分別代表現貨 (期貨) 當期與落差期的報酬率，即自我迴歸模型 AR (p)。p 為最佳落差期數，由最小 AIC 來決定。方程式 (2) 說明了在第一期至 t-1 期資訊集合 ( $\Omega_{t-1}$ ) 的條件下，殘差 ( $\varepsilon_t$ ) 服從平均數為零，條件變異數為的常態分配。方程式 (3) 為條件變異數方程式，即 GARCH (1,1)，說明了條件變異數受到前期殘差平方與前期條件變異數的影響，可用方程式 (3) 進行變異數的估計。而方程式 (3) 的參數，本研究遵從 Bollerslev (1986) 的建議，採用 BHHH (Berndt, Hall, Hall, & Hausman, 1974) 演算法進行估計。

### (二) Bi-GARCH

由於本研究研究的標的市場有二，因此採用 Bi-GARCH 進行變異數的估計，經資料配適後，本研究決定採用 VAR (p)-GARCH (1,1) (註<sup>1</sup>)，模型設定如下：

平均數方程式：

$$S_t = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} S_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{1i} F_{t-i} + \varepsilon_{s,t} \quad (4)$$

註<sup>1</sup> VAR (p)：為落差期 p 的向量自我迴歸的縮寫。由於風險值 (Value at Risk) 簡稱也為 VaR，在本文中風險值的簡稱採用 VaR，a 為小寫，而 VAR 指的是向量自我迴歸。

$$F_t = \alpha_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} S_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{2i} F_{t-i} + \varepsilon_{f,t} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{s,t} | \Omega_{t-1} \sim N(0, h_{s,t}) \quad (6)$$

$$\varepsilon_{f,t} | \Omega_{t-1} \sim N(0, h_{f,t}) \quad (7)$$

條件變異數方程式：

$$h_{s,t} = \theta_{10} + \phi_{11} \times h_{s,t-1} + \lambda_{11} \times \varepsilon_{s,t-1}^2 + \tau_{11} \times h_{f,t-1} + \omega_{11} \times \varepsilon_{f,t-1}^2 \quad (8)$$

$$h_{f,t} = \theta_{20} + \phi_{22} \times h_{f,t-1} + \lambda_{22} \times \varepsilon_{f,t-1}^2 + \tau_{22} \times h_{s,t-1} + \omega_{22} \times \varepsilon_{s,t-1}^2 \quad (9)$$

$$h_{s,f,t} = \theta_{12} + \phi_{12} \times h_{s,f,t-1} + \lambda_{12} \times \varepsilon_{s,t-1} \times \varepsilon_{f,t-1} \quad (10)$$

方程式 (4) (5) 為平均數方程組，最佳落差期數 (p) 由最小落差期數決定。S 與 F 分別代表現貨市場與期貨市場的報酬率，除了報酬率間的相互影響項外，其餘的概念與 GARCH 的平均數方程式相同。方程式 (6) (7) 為殘差的分配說明。方程式 (8) (9) 為條件變異數方程式，與方程式 (3) 不同的地方在於條件變異數除了本身市場前期條件變異數與殘差平方影響外，亦同樣受到另一市場的前期條件變異數與殘差平方影響。方程式 (10) 為條件共變異數方程式，條件共變異數受到前期條件共變異數與兩市場殘差交乘的影響。Bi-GARCH 的參數估計仍然採用 BHHH 演算法進行估計。

### (三) 狀態空間模型

研究中的狀態空間模型將應用於過濾 Bi-GARCH 所估算波動度。實證模型設定如下：

$$\hat{h}_{t+1} = \mathbf{F} \times \hat{h}_t + \mathbf{G} \times \bar{\varepsilon}_{t+1} \quad (11)$$

$$\bar{h}_t = \mathbf{H} \times \hat{h}_t + w_t \quad (12)$$

方程式 (11) 為狀態方程式， $\hat{h}_t$  為條件變異數的狀態向量，由 Bi-GARCH 所估算出的條件變異數組合而成。狀態方程式透過歷史波動度的資料，建立移轉矩陣  $F$  與投入創新矩陣  $G$ ，說明當前的條件變異數與過去各種條件變異數，在長期動態均衡體系下某一時點的狀態。方程式 (12) 為觀察方程式， $\hat{h}_t$  為觀察變數即本研究經濾化後的波動度，觀察變數受到狀態向量的影響， $H$  為影響觀察變數的係數矩陣。因為觀察方程式顯示，無法明確觀察的變數受到狀態向量的影響，因此將由狀態方程式所估算出的狀態向量代入觀察方程式中，即可進行條件變異數的濾化。

實務上建立狀態向量  $\hat{h}_t$  方式，會先建立過去條件變異數的組合與未來條件變異數組合，透過正典相關分析，以具有顯著相關組合中，變數最多的組合作為狀態向量。再使用近似最大似法 (Approximate Maximum Likelihood) 來估計移轉矩陣與創新投入矩陣，藉此建立狀態方程式描述過去狀態與未來狀態間的關連。接著透過卡門濾波演算法，藉由誤差的回饋技術進行觀察方程式的參數估計，藉此求得觀察方程式的係數矩陣，建立觀察方程式以進行本研究波動度的濾化。

#### (四) 簡化基因類神經網路

本研究採用倒傳遞類神經網路做為主體，輔以簡化的基因演算法進行變異數的過濾。倒傳遞神經網路的主要結構設定為單隱藏層，輸入層的輸入為由 Bi-GARCH 所估算出來的現貨與期貨的波動度，各以落差五期的資料分別代入倒傳遞神經網路來進行波動度的濾化，輸出層的輸出即為濾化後的波動度。隱藏層中設定 2~5 個神經元的範圍，轉換函數為邏輯轉換函數；輸入層至隱藏層與隱藏層至輸出層，分別設定學習率，以加速網路的收斂速度，其數值範圍介於 0~1 之間。濾化過程則採用移動窗格法 (Moving Windows) 進行，基期為 30 天，所以訓練期的樣本為 30 筆 Bi-GARCH 所估算出來的波動度，訓練循環為 50 個循環。

由於本研究採用移動窗格的技術於類神經的預測上，因此簡化基因演算法也以每個窗格為限。基因染色體的編碼則採用實數非二進位數，編碼為隱藏層神經元個數、學習率以及網路內部參數 (註<sup>2</sup>)，效能指標為平均絕對誤差百分比 (MAPE)，並採用菁英法進行子代的選取，即保留績效最佳的組合，而演化代數最多為 10 代，當演化至第十代時，模式將終止演算。

每個移動窗格下，首先均隨機產生 50 組染色體，執行倒傳遞類神經網路，以效能指標最佳的 10 組作為母代染色體。染色體的交換方式先隨機選取兩組作為交換的

註<sup>2</sup> 網路內部參數：即輸入層至隱藏層間的權重矩陣與隱藏層至輸出層間的權重矩陣。

主體，並隨機選取染色體內的編碼位置，對選到的位置進行交換主體的編碼的交換，形成子代染色體，再隨機選取兩組作交換主體，以此類推，共生成 20 組第一代子代。以先前保留的最佳 10 組 (母代)，輔以新生成的子代染色體再次執行倒傳遞類神經網路，以此遞迴步驟直到 10 代演化或績效指標為為止。

由於研究樣本非常充裕，已具備多樣化的特性，因此本研究排除突變的可能性。而每一移動窗格，皆輸入 30 筆波動度，以基因演算法決定類神經網路內部的參數，在運用倒傳遞神經網路進行波動度的過濾，藉此獲得濾化後的波動度。

### (五) 蒙地卡羅模擬法

本研究所設定之蒙地卡羅模擬法，採用幾何布朗運動 (Geometric Brownian Motion ; GBM)，作為描述現貨與期貨價格變動行徑的模擬程序。假設價格的變動與時間不相關，該變動可由下列微分方程所表示：

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dw \quad (13)$$

$$dw \sim N(0, dt) \quad (14)$$

$S_t$  代表現貨 (期貨) 的報酬率， $dw$  即為幾何布朗運動， $u_t$  與  $\sigma_t$  分別代表在時間  $t$  下的報酬率的瞬間漂移項 (Drift) 與波動性。對方程式 (13) 進行定積分求解，值域為  $t \sim T$ ，可以得到價格的變動大小：

$$\Delta S_t = S_{t-1} (\mu \Delta t + \sigma_t \varepsilon \sqrt{\Delta t}) \quad (15)$$

$$S_{t+1} = S_t + \Delta S_t \quad (16)$$

$t$  為現在時點， $T$  為目標時間， $\Delta t$  表示時間間隔， $\varepsilon$  是平均數為 0，標準差為 1 的標準常態隨機變數。在本研究中將以各種模式所計算出的波動度作為  $\sigma_t$  的參數。接著使用亂數產生器配合常態累積機率分配 (CDF) 的反函數轉換，決定隨機變數  $\varepsilon$ 。本研究採用移動窗格法進行風險值的預測，利用台股指數與台指期貨的報酬率進行 10000 次的模擬，將價格轉換為報酬率後，以次數分配法建立預測日的價格分配，設定可容忍的損失為 0.01，則堆疊於下方報酬之累積次數百分比為 0.01 的報酬率，即為預測風險值。



### 三、模型績效之驗證

#### (一) 回溯測試法

依巴賽爾協定的建議，本研究採用回溯測試來驗證模型的優劣。回溯測試的目的在於檢視金融機構發展內部的風險值模型 (Internal VaR Model) 的可靠度，以每天估算風險值與資產的實際損益相比。根據巴賽爾協定定義，令  $VaR_i$  為第  $i$  次風險值模型所算出的預測值，若實際損益報酬率落入風險值之外，將記一個離位點 (Outlier)，將所有的離位點相加即為失敗次數，除以估計的總筆數轉換成失敗比率 (Loss Ratio)，可透過比較此失敗率的高低來檢測模式的績效，當失敗比率越低，表示該風險值模式的績效越佳。

#### (二) Kupiec 概似比檢定

Kupiec 概似比檢定是在二項分配之下，所求出的一個概似比率統計量 LR，檢定實際失敗比率是否符合事前設定的理論失敗比率，若該統計檢定不顯著時，表示模型的正確性高，其檢定統計量如下：

$$LR = -2\ln[(1-\alpha)^{T-N} \alpha^N] + 2\ln\left[\left(1 - \frac{N}{T}\right)^{T-N} \left(\frac{N}{T}\right)^N\right] \sim \chi_{\alpha}^2(1) \quad (17)$$

其中， $T$  為觀察期間的總樣本數， $N$  為失敗 (註<sup>3</sup>) 的次數， $\alpha$  為失敗機率 (顯著水準)，在虛無假設成立下 ( $H_0: \alpha = \alpha_0$ )，檢定統計量為自由度為 1 的卡方分配。若檢定統計量超過臨界值，拒絕虛無假說，表示該模式不適用。

### 參、資料說明

本研究採用台灣發行情加權股價指數 (現貨市場) 報酬率與台灣證券交易所股價指數期貨結算價格 (期貨市場) 報酬率作為研究標的，資料取自時報資訊所提供的「情報贏家」財經資料庫。取樣時間為 2002 年 1 月 1 日至 2004 年 12 月 31 日兩市場報酬率的日資料。由於本研究的目的著重於模型的設計，必須測度模型的穩定度，因此選取多頭市場與空頭市場的期間與長短期間的日資料，並且針對模型進行測試。欲驗證 GARCH 所產生的模型風險是否存在，必須以相同的模式，對不同長短的期間進行測試，以檢視此風險的存在性。又考量到資料期間的連續性若高，可能可以產生出不錯的策略意涵，因此本研究選取 2002 至 2004 年度這段期間。

如圖 1、圖 2 所示 (S 表示現貨、F 表示期貨)，在 2002 年間股價指數呈現空頭市

註<sup>3</sup> 此處「失敗」指的是實際報酬率低於預測的風險值。

場的狀態，而 2003 年股價上揚，呈現出多頭市場的情況。是故本研究將針對 2002、2003 年進行單年度的風險值模型測試，以檢視模型的穩定度。合併 2002、2003 兩年，進行中期間的風險值預測，並對照單年度與全期間(三年)的預測績效，檢視各種風險值模式的特徵。

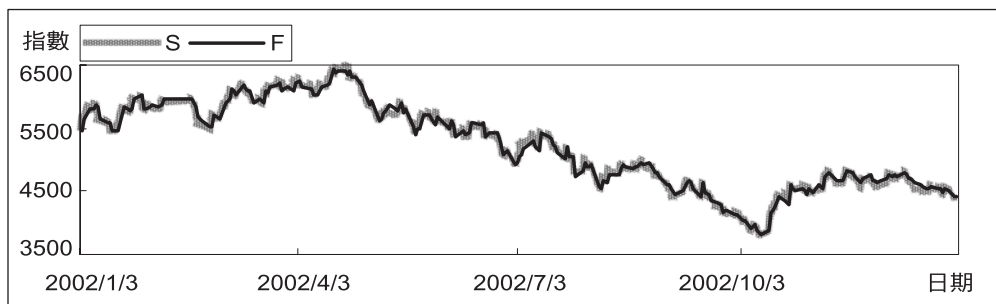


圖 1 2002 年現貨與期貨價格走勢圖

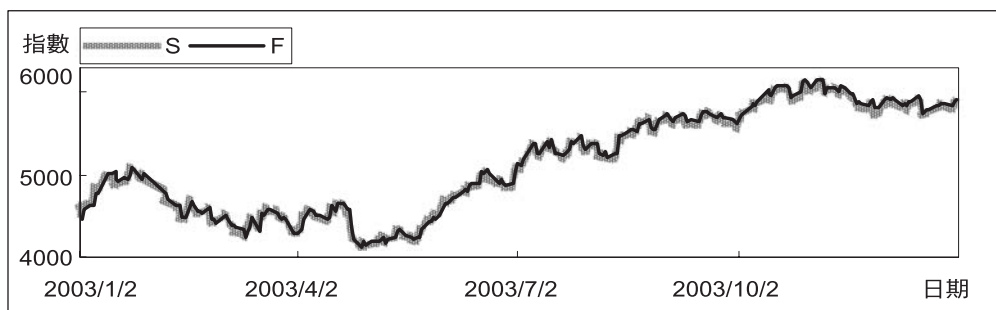


圖 2 2003 年現貨與期貨價格走勢圖

## 肆、實證分析

### 一、ADF 檢定

表 1 為對現貨與期貨市場報酬率的 ADF 檢定，當 ADF 所包含的落差期數為 4 期時，便已考慮了誤差項序列相關的問題了，即使採用更長的落差期數，所得的結果仍很相似 (Bachman, Choi, Jeon, & Kopecky, 1996)，所以設定落差期為 4 期。統計值不論是在 5% 或是 1% 的顯著水準下，其檢定結果均顯著的拒絕單根效果的虛無假說，表示資料定態，值得進一步研究。

表 1 ADF 單根檢定結果—適用 GARCH 資料

	t 統計量	Pr<t	F 統計量	Pr <F
現貨報酬率	-14.05	<.0001**	98.78	0.001**
期貨報酬率	-14.43	<.0001**	104.19	0.001**

\* 表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準

## 二、GARCH 模式建立

本研究運用 E-VIEWS 4.0 建立 GARCH 模式並進行參數估計，GARCH 模式各期間的完整檢定結果附於附錄中(附一表 1 與附一表 2)，表 2 僅摘要條件變異數方程式非截距項的係數部份。由表中我們可以發現 GARCH 的特性，資料長度僅一年的模型顯著參數估計值較少，而在長時期的模型中，顯著的參數估計值較多，指出良好的 GARCH 模式，需要大量的資料來進行配適。若我們由顯著性來評斷模型的好壞，則長期模型的預測波動度的能力應較短期為佳。無論資料期間的長短，GARCH 模型均能夠捕捉到現貨與期貨市場中，波動叢聚的現象，因此我們可以透過條件變異數方程式，進行波動度的預測。在模型的診斷上，無論是單年度、兩年或是三年的模式，其殘差已不具有顯著的自我相關，殘差平方也不具自我相關。

表 2 GARCH (1,1) 條件變異數方程式檢定摘要

年度	2002		2003		2002~2003		2002~2004	
	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場
殘差平方	-0.061*	-0.058**	-0.007	-0.002	-0.003**	-0.006**	0.059**	0.075**
條件變異數	-0.344	-0.901**	1.006**	1.003**	1.005**	1.005**	0.929**	0.910**

\* 表示達 5% 顯著水準；\*\* 表示達 1% 顯著水準；本表僅摘要非截距項的係數部分。

## 三、Bi-GARCH 模式建立

本研究採用 RATS5.0 進行 Bi-GARCH 的建立與參數估計，並且將各期間的完整檢定資料整理成表，附於附錄中(附一表 3~附一表 7)。進行 Bi-GARCH 前，必須決定平均數方程式的最佳落差期間，本研究採用建立向量自我迴歸(VAR)模型，以模型最小 AIC 為決策指標，表 3 彙總最適落差期的資訊。由此本研究決定 Bi-GARCH 模式在 2002 年的最適落差期為三期，2003 年與 2002~2003 年的最適落差期同樣為四期，而 2002~2004 年的最適落差期為五期。

表 3 VAR 落差期數 AIC 值表

落差期數	AIC				
	1	2	3	4	5
2002	0.131469	0.141613	0.052853	0.058008	0.077903
2003	-1.04258	-1.07247	-1.0568	-1.10003	-1.08196
2002~2003	-0.38684	-0.39685	-0.44868	-0.46797	-0.45845
2002~2004	-0.44482	-0.47735	-0.50071	-0.52314	-0.53131

■ 表示 AIC 值最小，即最適落差期數；資料長度 2002 年有 247 筆，2003 年有 249 筆，2004 年有 249 筆，2002~2003 年有 496 筆，2002~2004 年有 745 筆。

表 4 為條件共變異數方程式的檢定結果摘要，可以得知在研究的各期間中，前期條件共變異數與兩市場的前期殘差交乘積都顯著。這個結果指出現貨與期貨市場的波動情形有強烈的交互作用，或稱波動外溢效果，是值得使用多元 GARCH 模型進行風險值的估算 (Brooks & Persaud, 2003)。表 5 為條件變異數方程式檢定結果的摘要，各期間的表現非常一致，前期條件變數均不顯著，而前期的殘差平方無論是本身的影響或是其他市場的影響，均有 1% 的顯著水準。但是對照 GARCH (1,1) 的檢定結果 (表 2)，兩者的表現有所出入，GARCH 模型的檢定結果，前期條件變異數均有顯著的影響，而殘差平方的影響程度反而較弱。原因可能在於兩個市場存在交互影響的事實，而 GARCH 卻無法同時考量到該情境，因此造成本身殘差平方的影響力較小，而其他變數的影響則全部反應在前期的條件變異數中，進而產生了 Bi-GARCH 與 GARCH 間檢定結果的衝突。由於條件變異數方程式的檢定結果可接受，而條件共變異數方程式表現亮眼，因此本研究將採用條件變異數方程式進行波動值的估計。在模型的診斷上，無論是單年度、兩年或是三年的模式，其殘差已不具有顯著的自我相關，殘差平方也不具自我相關。

表 4 Bi-GARCH (1,1) 條件共變異數方程式檢定摘要

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
截距項	0.00032832**	0.00018576	0.00026703**	0.00022290**
前期條件 共變異數	0.08406735**	0.09196062**	0.06038185**	0.05101970**
兩市場前期 殘差乘積	0.08976691**	0.08900956**	0.08843322**	0.07072579**

\* 表示達 5% 顯著水準; \*\* 表示達 1% 顯著水準；樣本資料長度 2002 年有 244 筆，2003 年有 245 筆，2002~2003 年有 492 筆，2002~2004 年有 740 筆。

表 5 Bi-GARCH 條件變異數方程式檢定摘要

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
反應變數	現貨市場條件變異數			
截距項	0.00028277**	0.00016622	0.00024136**	0.00017556**
現貨市場				
前期條件變異數	0.04753859	0.04910352	0.04332990	0.04494046
前期殘差平方	0.04577711**	0.04516848**	0.04196998**	0.03557076**
期貨市場				
前期條件變異數	0.03700421	0.04417341	0.04487765	0.00979376
前期殘差平方	0.04628178**	0.04351469**	0.04337620**	0.03698875**
反應變數	期貨市場條件變異數			
截距項	0.00037877**	0.00020987*	0.00030015**	0.00028056**
現貨市場				
前期條件變異數	0.04453695	0.04767172	0.04139124	0.00045551
前期殘差平方	0.04601669**	0.04547716**	0.04580817**	0.03791107**
期貨市場				
前期條件變異數	0.03857915	0.04307823	0.00126647	0.04765180*
前期殘差平方	0.04149351**	0.04381295**	0.04570567**	0.03112743**

\*表示達 5% 顯著水準;\*\*表示達 1% 顯著水準; 樣本資料長度 2002 年有 244 筆, 2003 年有 245 筆, 2002~2003 年有 492 筆, 2002~2004 年有 740 筆。

#### 四、狀態空間模型(SSM) 模式建立

本研究採用 SAS 9.0 ETS 模組進行狀態空間模型的建立與參數估計, 並且將各期間的完整檢定資料整理成表, 並附於附錄中(附一表 8)。由於狀態空間模型屬於時間序列的範疇, 而本研究乃將 Bi-GARCH 估算出來的波動度帶入空間狀態模型中進行濾波運算, 因此必須對波動度進行 ADF 檢定, 以確認資料的型態。表格 6 說明了波動度資料為定態, 可以進行狀態空間模型的分析。

狀態向量的挑選, 採用正典相關分析進行選取。本研究考量選取的效率, 首先建立波動度的 VAR 模型, 採用 AIC 最小值來判定最大的落差期間後, 再分組進行正典相關分析, 狀態向量的選取結果如表 7 所示。

表 6 ADF 單根檢定結果—適用 SSM 資料

年度	波動度	t 統計量	Pr<t	F 統計量	Pr<F
2002	現貨	-10.06	<.0001**	50.64	0.001**
	期貨	-10.03	<.0001**	50.30	0.001**
2003	現貨	-10.43	<.0001**	54.40	0.001**
	期貨	-10.44	<.0001**	54.54	0.001**
2002~2003	現貨	-15.12	<.0001**	114.63	0.001**
	期貨	-15.72	<.0001**	123.93	0.001**
2002~2004	現貨	-17.01	<.0001**	144.70	0.001**
	期貨	-16.91	<.0001**	143.03	0.001**

\*表示達 5% 顯著水準; \*\*表示達 1% 顯著水準；樣本資料長度 2002 年有 244 筆，2003 年有 245 筆，2002~2003 年有 492 筆，2002~2004 年有 740 筆。

表 7 狀態向量選取結果整理

年度	狀態向量					
2002	S (T;T)	F (T;T)	S (T+1;T)	F (T+1;T)		
2003	S (T;T)	F (T;T)	S (T+1;T)	F (T+1;T)		
2002~2003	S (T;T)	F (T;T)	S (T+1;T)	F (T+1;T)	S (T+2;T)	
2002~2004	S (T;T)	F (T;T)	S (T+1;T)	F (T+1;T)	S (T+2;T)	F (T+2;T)

S 表示現貨市場，F 表示期貨市場，T 表示時間。

表 8 狀態空間模型檢定摘要

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
移轉矩陣 (F 矩陣)				
F (3,1)	0.585641**	5.443685**	0	0
F (3,2)	-0.91769**	-5.18493**	0	0
F (3,3)	-68.1457**	-26.7318**	0	0
F (3,4)	70.58205**	27.67884**	0	0
F (4,1)	0.581118**	5.362438**	0.008507	0
F (4,2)	-0.90482**	-5.10518**	0.015915	0
F (4,3)	-66.6984 **	-26.3446**	-0.20291**	0
F (4,4)	69.08685**	27.28160**	0.095367*	0

表 8 狀態空間模型檢定摘要 (續)

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
F (4,5)			1.024797**	0
F (5,1)			0.337380	-0.87172**
F (5,2)			0.297459	1.632415**
F (5,3)			-5.22559**	56.82358
F (5,4)			5.226639**	-59.1414**
F (5,5)			0.524292**	28.36280**
F (5,6)				-29.8813**
F (6,1)				-0.89761**
F (6,2)				1.628477**
F (6,3)				54.42672**
F (6,4)				-56.6514**
F (6,5)				26.84876**
F (6,6)				-28.2865**
投入創新矩陣 (G 矩陣)				
G (3,1)	-0.50402**	-2.09967**	11.97036**	-5.74828**
G (3,2)	0.498125**	2.022176**	-11.6818**	5.837681**
G (4,1)	-0.48704**	-2.22717**	12.14035**	-5.56656**
G (4,2)	0.484337**	2.141209**	-11.9564**	5.667245**
G (5,1)			-9.91462**	-0.71960**
G (5,2)			9.593547**	0.698678**
G (6,1)				-0.73207**
G (6,2)				0.711068**

\* 表示達 5% 顯著水準; \*\* 表示達 1% 顯著水準。

表 8 為狀態空間模型的檢定摘要，變數欄位代表元素在矩陣的位置，F 為移轉矩陣，G 為投入創新矩陣。比較各年度的模型，可以發現 2002~2003 年的模型相較其他組模型來的較差，移轉矩陣中，若將不顯著的元素限制為零後，會使整個模型不顯著。因此，此為該資料區間中最佳的模型。由於模式可接受，因此本研究將以此四個模式進行波動度的濾化。

## 五、簡化式基因類神經網路 (GANN) 的建立

本研究採用 SAS 9.0 IML 編輯器，自行開發簡化式基因類神經網路，而基因類神

經網路的預測績效整理於表 9 中，由於研究資料類型屬於比率尺度，因此本研究選擇平均絕對誤差百分比做為選取基因類神經網路的參數以及預測績效的主要指標。

表 9 神經網路預測績效

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
現貨市場				
MAPE	0.2729%	0.2639%	0.2685%	0.3704%
期貨市場				
MAPE	0.1689%	0.3629%	0.1767%	0.2666%

## 六、預測風險值的比較與驗證

本研究利用蒙地卡羅模擬法進行報酬率分配模擬 10000 次，設定可容忍的損失為 0.01，分別預測上述四組波動度之風險值。由於各組在各期間的最適落差期不一致，因此本研究估算出風險值後，乃將不一致的期間予以刪除，達成各期間風險值的可比較性。

表 10 預測風險值敘述統計表

期間	模型	平均數	標準差	最小值	最大值
現貨市場					
2002	GARCH	-0.0351127	0.0050976	-0.0462269	-0.0135496
	Bi-GARCH	-0.0682990	0.0575651	-0.3993718	-0.0151136
	狀態空間模型	-0.0508201	0.0051331	-0.0596834	-0.0287427
	類神經網路	-0.0464595	0.0048090	-0.0630361	-0.0254746
2003	GARCH	-0.0216837	0.0050444	-0.0360823	-0.0131957
	Bi-GARCH	-0.0518743	0.0421618	-0.3570768	-0.0128458
	狀態空間模型	-0.0325858	0.0028562	-0.0411724	-0.0237776
	類神經網路	-0.0353400	0.0040861	-0.0475528	-0.0206063
2002~2003	GARCH	-0.0216837	0.0050444	-0.0360823	-0.0131957
	Bi-GARCH	-0.0518743	0.0421618	-0.3570768	-0.0128458
	狀態空間模型	-0.0325858	0.0028562	-0.0411724	-0.0237776
	類神經網路	-0.0353400	0.0040861	-0.0475528	-0.0206063
2002~2004	GARCH	-0.0290006	0.0087922	-0.0536585	-0.0143492
	Bi-GARCH	-0.0603572	0.0516734	-0.3635251	-0.0108849
	狀態空間模型	-0.0434658	0.0093235	-0.0775644	-0.0077760
	類神經網路	-0.0393289	0.0056039	-0.0666352	-0.0196929



表 10 預測風險值敘述統計表 (續)

期間	模型	平均數	標準差	最小值	最大值
期貨市場					
2002	GARCH	-0.0405622	0.0087541	-0.0629511	-0.0024132
	Bi-GARCH	-0.0673702	0.0556599	-0.3967366	-0.0162788
	狀態空間模型	-0.0500228	0.0049094	-0.0590981	-0.0290997
	類神經網路	-0.0456000	0.0045127	-0.0587395	-0.0284425
2003	GARCH	-0.0241383	0.0053358	-0.0392194	-0.0156790
	Bi-GARCH	-0.0521249	0.0423765	-0.3605663	-0.0131431
	狀態空間模型	-0.0329678	0.0030263	-0.0411233	-0.0242958
	類神經網路	-0.0356062	0.0041452	-0.0476447	-0.0226598
2002~2003	GARCH	-0.0241383	0.0053358	-0.0392194	-0.0156790
	Bi-GARCH	-0.0521249	0.0423765	-0.3605663	-0.0131431
	狀態空間模型	-0.0329678	0.0030263	-0.0411233	-0.0242958
	類神經網路	-0.0356062	0.0041452	-0.0476447	-0.0226598
2002~2004	GARCH	-0.0325941	0.0111293	-0.0691403	-0.0151471
	Bi-GARCH	-0.0609194	0.0507411	-0.3521268	-0.0122420
	狀態空間模型	-0.0638317	0.0130150	-0.1125137	-0.0159861
	類神經網路	-0.0579276	0.0078516	-0.0968317	-0.0264210

資料長度 2002、2003 年有 202 筆，2002~2003 年有 443 筆，2002~2004 年有 693 筆。

表 11 回溯測試與 Kupiec 概似比檢定結果比較

年度	市場	指標	GARCH	Bi-GARCH	狀態空間模型	類神經網路
2002	現貨	成功率	98.5%	97.0%	99.5%	99.0%
		失敗率	1.5%	3.0%	0.5%	0.1%
		Kupiec LR	0.418*	5.184*	0.639*	0*
	期貨	成功率	96.0%	97.0%	98.0%	97.5%
		失敗率	4.0%	3.0%	2.0%	2.5%
		Kupiec LR	10.242	5.184*	1.525*	3.148*
2003	現貨	成功率	96.0%	98.0%	99.0%	99.5%
		失敗率	4.0%	2.0%	1.0%	0.5%
		Kupiec LR	10.242	1.525*	0*	0.639*

表 11 回溯測試與 Kupiec 概似比檢定結果比較 (續)

年度	市場	指標	GARCH	Bi-GARCH	狀態空間模型	類神經網路
2003	期貨	成功率	96.5%	98.0%	98.0%	99.0%
		失敗率	3.5%	2.0%	2.0%	1.0%
		Kupiec LR	7.564	1.525*	1.525*	0*
2002~2003	現貨	成功率	97.3%	97.1%	98.4%	99.1%
		失敗率	2.7%	2.9%	1.6%	0.9%
		Kupiec LR	8.908	11.019	1.280*	0.044*
	期貨	成功率	96.8%	96.2%	97.5%	98.0%
		失敗率	3.2%	3.8%	2.5%	2.0%
		Kupiec LR	13.289	20.947	6.968	3.667*
2002~2004	現貨	成功率	97.1%	97.7%	99.6%	98.8%
		失敗率	2.9%	2.3%	0.4%	1.2%
		Kupiec LR	16.505	8.756	2.859*	0.159*
	期貨	成功率	96.1%	97.5%	99.6%	99.4%
		失敗率	3.9%	2.5%	0.4%	0.6%
		Kupiec LR	33.892	10.519	2.859*	1.476*

\*表 LR 未超過卡方 0.01 臨界值；表示回溯測試最好的模式；資料長度 2002、2003 年有 202 筆，2002~2003 年有 443 筆，2002~2004 年有 693 筆。

表 10 為預測風險值進行敘述統計量整理而成，可以協助檢視各模式的預測表現，表 11 為模型績效檢定的結果，包含回溯測試與 Kupiec 概似比檢定。由於風險值為最大可能損失，所以在分析模式表現上，本研究將著眼於敘述統計表中的標準差與績效檢定的結果，藉此說明各模式的特性。首先檢視單一年度的部份，2002 年處於空頭市場，在現貨與期貨市場各模型的表現相似，標準差集中在 0.05 左右，僅有 Bi-GARCH 的標準差較大，為 0.3 左右。而 2003 年處於多頭市場，在現貨與期貨市場各模型的表現相似，標準差集中在 0.02~0.05 左右，僅有 Bi-GARCH 的標準差較大，為 0.4 左右。就 GARCH 與 Bi-GARCH 的差異上來看，Bi-GARCH 考量兩市場的波動外溢效果，因此可以藉由不同市場的價格資訊來進行波動度的預測，因此可以捕捉到較多極端的報酬率走勢使其預測風險值的標準差有較大的趨勢，但相對也可能產生高估風險值的疑慮。

而狀態空間模型與神經網路的表現上，標準差相對較小，原因在於過濾 Bi-GARCH 所估算出來的波動度，使得風險值產生趨中的效果，排除較為誇張的極端影

響，也將合理的極端效果加以考量，使得其標準差較小，但其平均數卻大於 GARCH 模式。在 LR 檢定上，除了 2002 年的現貨市場為四個模式均可接受外，GARCH 模式在其他期間都不適用，其原因在於 GARCH 模式雖然可以捕捉到波動叢聚的效果，但對於極端現象的考量有所欠缺，使得預測風險值的穿透(失敗)率過大，因而導致模型的不適用。透過回溯測試的部份，我們可以發現到狀態空間模型與神經網路的績效，都比 Bi-GARCH 的績效來的好，原因在於狀態空間模型與神經網路合理的考量極端值的影響，使得其估算的風險值較 Bi-GARCH 預測的風險值來的高。而且這兩種模式均有誤差回饋的演算技術，使得其估算的失敗率能較 Bi-GARCH 表現更為良好。因此在單一年度上，本研究建議採用狀態空間模型與神經網路進行風險值的估算，一方面在於預測的失敗率較低，一方面在於資本準備的金額也可以減少，增加更多的可運用資金。

在兩個年度的部份，標準差的變化與單一年度的情況相似，但在 LR 的檢定上，GARCH 與 Bi-GARCH 都是不適用模式。而在濾化模型的表現中，誠如狀態空間模型建立時所產生的限制，模式顯著程度較差，進而使得風險值的預測表現較差。因此，兩個年度的風險值估算績效，以基因類神經網路的表現最為亮眼。而在三個年度的部份，GARCH 與 Bi-GARCH 亦為不適用模式。而狀態空間模型的表現是最好的。整體而言，單就以 LR 檢定與回溯測試的結果，本研究認為狀態空間模型與神經網路用以預測風險值的能力是最佳的。

表 12 濾化模式預測績效差異比較

年度	市場	指標	狀態空間模型	類神經網路	差異 (%)	差異資料筆數(筆)
2002	現貨	成功率	99.5%	99.0%	0.5	1.01
	期貨		98.0%	97.5%	1.5	3.03
2003	現貨		99.0%	99.5%	0.5	1.01
	期貨		98.0%	99.0%	1.0	2.02
2002~2003	現貨		98.4%	99.1%	0.7	3.10
	期貨		97.5%	98.0%	0.5	2.22
2002~2004	現貨		99.6%	98.8%	0.8	5.54
	期貨		99.6%	99.4%	0.2	1.39

預測績效為成功率；差異資料筆數為各期間資料長度乘以差異百分比；資料長度 2002、2003 年有 202 筆、2002~2003 年有 443 筆、2002~2004 年有 693 筆。

表 12 為狀態空間模型與神經網路預測績效差異表，其差異均在 2 個百分點下，指出兩模型的績效差異非常微小，表示無論是市場情況為多頭或是空頭時，兩模式的

預測績效相當。在預測資料期間的長短上，單一年度、兩個年度以至於到三個年度，個別的預測績效差異都很微小，表示無論在短期、中期或是長期，兩模式的預測績效相當。因此本研究認為狀態空間模型與神經網路預測風險值的能力都非常良好。

表 13 與表 14 為狀態空間模型與神經網路各期間預測績效差異，績效指標採用各期間現貨與期貨市場成功率的平均值，狀態空間模型的差異程度在 2 個百分點以下，而神經網路的差異程度在 1 個百分點以下，差異都很微小，尤其是神經網路在各期間的差異微乎其微，在預測風險值上的表現非常穩定。狀態空間模型與神經網路在預測風險值上，均具有一定程度的穩定性。經上述實證結果比較，本研究認為狀態空間模型與神經網路，穩定性高且績效表現優異，適合用來進行風險值的預測。

**表 13 狀態空間模型預測績效穩定性比較**

年度		2002	2003	2002~2003	2002~2004
		98.75%	98.50%	97.95%	99.60%
2002	98.75%	0	0.25%	0.80%	0.85%
2003	98.50%	0.25%	0	0.55%	1.10%
2002~2003	97.95%	0.80%	0.55%	0	1.65%
2002~2004	99.60%	0.85%	1.10%	1.65%	0

預測績效為成功率；由年度成功率差異大小來看穩定性。

**表 14 類神經網路各期間的平均預測差異**

年度		2002	2003	2002~2003	2002~2004
		98.25%	99.25%	98.55%	99.10%
2002	98.25%	0	1.00%	0.30%	0.85%
2003	99.25%	1.00%	0	0.70%	0.15%
2002~2003	98.55%	0.30%	0.70%	0	0.55%
2002~2004	99.10%	0.85%	0.15%	0.55%	0

預測績效為成功率；由年度成功率差異大小來看穩定性。

本研究曾經提及預測期間較長預測品質將快速的下降，在此對 2002~2003 年與 2002~2004 年的組別特別進行探討，首先對兩組中各別年度與以區別後，對應各年度計算預測成功率，來檢視成功率是否有隨年度的增加而產生下滑的現象。我們以上述的方法將資料整理於表 15 中，GARCH 模型與 Bi-GARCH 模型具有相似的特性，在表中僅列示兩模型的績效比較。GARCH 模式的預測成功率確實有逐年下滑的趨

勢，但在 2002~2004 年的期貨市場中，確顯示出逆勢上揚的反向效果，因此表示 GARCH 模型的缺點，不一定會展現在風險值的預測上。不過就本研究與 0203 組與 0204 的現貨組的實證結果，此模型風險確實有值得觀察與注意的地方。而在 Bi-GARCH 的部份成功率下滑現象沒有 GARCH 模型那樣明顯，表示當我們考慮到相關市場間的影響時，提高了 GARCH 的預測能力後確實有降低模型風險的可能。表格十六則列示狀態空間模型與神經網路的績效表現，由表中並沒有看出任何的趨勢走向，而又驗證了此兩模式的預測能力與穩定性。

表 15 VaR 模型風險—GARCH 模式與 Bi-GARCH 模式

年度	2002~2003		2002~2004	
市場	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場
GARCH				
2002	98.45%	97.94%	97.44%	96.92%
2003	96.39%	95.98%	97.19%	97.19%
2004			96.79%	98.80%
Bi-GARCH				
2002	96.91%	95.36%	96.41%	96.41%
2003	97.19%	96.79%	95.98%	97.59%
2004			95.98%	98.39%

隨預測期間的增加，模型的預測成功率是否有遞減現象。

表 16 VaR 模型風險—狀態空間與類神經網路

年度	2002~2003		2002~2004	
市場	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場
狀態空間模型				
2002	98.45%	96.91%	99.49%	99.51%
2003	98.39%	97.99%	100%	100%
2004			99.20%	99.18%
類神經網路				
2002	98.45%	97.42%	98.97%	99.48%
2003	99.59%	98.39%	99.59%	100%
2004			97.99%	98.79%

隨預測期間的增加，模型的預測成功率是否有遞減現象。

藉由實證的研究結果，我們得知 GARCH 系列的模型風險，不見得會延伸至風險值預測模式中，但是在進行模式的建立上仍需要注意到模式風險的產生。而 Bi-GARCH 模式，確實能夠提高 GARCH 模式對於風險值的預測能力，但是對於長期間的資料而言，無論是 GARCH 還是 Bi-GARCH，都為不適用的風險值預測模式。對於狀態空間模型與類神經網路，兩者在預測風險值的績效上不分軒輊，都優於 GARCH 與 Bi-GARCH 模型，對於模式在期間內的預測能力或是不同情境的市場預測績效還是跨期間的績效表現上都十分穩定，表示兩者模式預測績效良好。對波動度進行濾波改良後，Bi-GARCH 模式的績效能夠有所提升，除了降低了預測錯誤的風險外，也能有效降低準備資本的比率。預測風險值越低，準備資本越高，才能夠滿足資本適足性的要求。然而濾波後的模式，可以以較高的預測風險值做更精確的預測，因此確實可以有效的降低準備資金，提高銀行或是企業的資金運用多元性。

## 伍、結論與建議

本研究針對 2002 年 1 月 1 日至 2004 年 12 月 31 日的台股指數以及台指期貨，共計 745 筆資料，使用 GARCH、Bi-GARCH 模式以及透過狀態空間模型與類神經網路進行 Bi-GARCH 波動度的濾化，接著運用蒙地卡羅模擬法估算出四組風險值，並藉回溯測試以及 Kupiec 的概似比檢定，驗證模式績效何者較佳。無論在現貨市場或是期貨市場報酬率中，運用狀態空間模型以及類神經網路表現都較 GARCH 家族模型的績效來的好，而且其所估算出來的風險值又大於 GARCH 家族的估算風險值，表示納入濾化技術的模式可以在降低資本適足性的情況下，能可防禦最大損失的發生。除此之外，在較的長期間 GARCH 家族模型皆被認定為是不適用的模式。狀態空間模型與類神經網路在預測的穩定性上表現良好，是故整體上狀態空間模型與基因類神經網路，也就是採用經由濾波後再進行風險值預測的模式績效表現非常優異。而在模型風險的現象中，本研究發現 GARCH 模式中，可能存在著預測品質下降的趨勢，但是在 2002 到 2004 年的期貨市場中，預測的成功率卻呈現上升的趨勢，使得本研究無法提出證據說明模型風險的存在。但是基於 2002~2003 年間的預測品質下滑現象，本研究認為以 GARCH 建立風險值模型時，應該要注意模型風險是否會產生。而其他三種改良模式，並無任何趨勢的存在，因此本研究所提出的三種改良方法，應有防止模型風險產生的能力。

隨著金融環境的日益複雜，新金融商品推陳出新，因此風險管理也越來越重要。國內面臨巴塞爾協定的壓力下，各金融機構皆致力於發展、建構自身的風險管理模型，期望在未來的交易上，能更安全更有保障。本研究所建立的模型，一方面可以有效的估算出最大損失的可能性，另一方面又可以調降資本適足性，可供各金融機構在不調高準備資金下進行有效的風險管控，可以做為發展其風險管理的最佳基礎，建

立出完善的風險管理系統。由於本研究的模型可以同時考量到不同市場之間波動性的相互影響，可以透過變異數與共變異數方程式，計算出不同市場間的動態相關係數，有利於建立以風險值為限制條件的投資組合或是作為投資組合的風險管理模式。

由於本研究採用台灣發行量加權股價指數與台灣證券交易所股價指數期貨作為研究對象，所以受到台灣法令對股市所設定的漲跌幅限制，可能會導致市場無法充分的反應消息以及消息遞延所產生的衝擊，進而對本研究的結果造成影響。本研究採用狀態空間模型作為濾化模式，因為模型的限制可能造成無法收斂甚至產生無顯著參數的模式，可能會提升模式預測風險值的失敗率。本研究只針對近三年的資料進行分析，研究資料皆為事後資料，因此所得獲得的預測能力將也可能受到部分限制，保守而言僅能說明近三年的狀況無法完全且正確的預測出未來的情況。

## 參考文獻

- 王倩茵，2003，金控公司市場風險值之研究，國立臺灣大學商學研究所未出版之碩士論文。(Wang, Chien-Yin. 2003. *Market risk VaR models for financial holding company*. Unpublished master's thesis, Graduate Institute of Business Administration, NTU.)
- 古永嘉、萬文隆，2002，「兩岸三地連動之研究：狀態空間模型之應用」，證券櫃檯月刊，70 期：頁 48-65。(Goo, Yeong-Jia, & Wan, Wen-Lung. 2002. Study of major events on the interrelationships about stock price index in the straits and Hong Kong: The application of state space model and intervention model. *Monthly Journal of GreTai Securities Market*, 48-65.)
- 沈大白、柯瓊鳳、鄒武哲，1998，「風險值衡量模式之探討：以台灣上市公司權並證券為例」，東吳經濟學報，22 期：頁 57-76。(Shen, Da-Bai, Ko, Chiung-Feng, & Tsou, Wu-Jer. 1998. Measurement of Value at Risk: A case study of Taiwan listing company. *Soochow Journal of Economics and Business*, 22: 57-76.)
- 林保霖，2002，增進蒙地卡羅模擬法評估風險值之績效研究，國立台北大學企業管理學系未出版之碩士論文。(Lin, Pao-Lin. 2002. *A study on increasing Monte Carlo Simulation Method's ability for assessing Value-at-Risk (VAR)*. Unpublished master's thesis, Department of Business Administration, NTPU.)
- 翁勝彬，1996，認購權證發行人市場風險衡量與評估，東吳大學經濟系未出版之碩士論文。(Wung, Shin-Bin. 1996. *The market risk measurement of the warrants of the issuer*. Unpublished master's thesis, Department of Economics, SCU.)
- 張簡彰程，2001，增進模擬法估計風險值之績效研究：以台股票市場為例，義守大學管理科學研究所未出版之碩士論文。(Chang Cheng, Chang-Chien. 2001. *A study on improving the simulation methods' effects for value-at-risk: An empirical study on Taiwan Stock Market*. Unpublished master's thesis, Department of Industrial Engineering and Management, ISU.)
- 陳宜玫，2000，風險值估測模型之研究：以台灣股票市場為例，義守大學管理科學研究所未出版之碩士論文。(Chen, Yimei. 2000. *The study on the Value at Risk model: An empirical study on Taiwan Stock Market*. Unpublished master's thesis, Department of Industrial Engineering and Management, ISU.)
- Akaike, H. 1976. *Canonical correlations analysis of time series and the use of an information criterion*. New York, NY: Academic Press.
- Akgiray, V. 1989. Conditional heteroskedasticity in time series of stock returns: Evidence and forecasts. *Journal of Business*, 62 (1): 55-80.



- Alexander, C. O., & Leigh, C. T. 1997. On the covariance matrices used in value at risk models. *Journal of Derivatives*, 4 (3): 50-62.
- Andersen, T. G., & Bollerslev, T. 1998. Answering the skeptics: Yes, standard volatility models do provide accurate forecasts. *International Economic Review*, 39 (4): 885-905.
- Bachman, D., Choi, J. J., Jeon, B. N., & Kopecky, K. J. 1996. Common factor in international stock prices: Evidence from a cointegration study. *International Review of Financial Analysis*, 5 (1): 39-53.
- Ball, C. A., & Torous, W. N. 2000. Stochastic correlation across international stock markets. *Journal of Empirical Finance*, 7 (3/4): 373-388.
- Beder, T. S. 1995. VaR: Seductive but dangerous. *Financial Analysts Journal*, 51 (5): 12-24.
- Berndt, E. K., Hall, B. H., Hall, R. E., & Hausman, J. A. 1974. Estimation and inference in nonlinear structural model. *Annals of Economic and Social Measurement*, 3 (4): 653-665.
- Bollerslev, T. 1986. Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 31 (2): 307-327.
- Brooks, C., & Persaud, G. 2003. Volatility forecasting for risk management. *Journal of Forecasting*, 22 (1): 1-22.
- Chang, K. H., & Wu, C. S. 1998. A gray time series model on forecasting the Chinese New Year effect in the Taiwan stock market. *Journal of Gray System*, 1 (1): 55-63.
- Chu, S. H., & Freund, S. 1996. Volatility estimation for stock index options: A GARCH approach. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 36 (4): 431-450.
- Figlewski, S. 1997. Forecasting volatility. *Financial Markets, Institutions and Instruments*, 6 (1): 1-88.
- Figlewski, S., & Green, T. C. 1999. Market risk and model risk for a financial institution writing options. *Journal of Finance*, 54 (4): 1465-1499.
- Gloria, G. R., Lee, T. H., & Mishra, S. 2004. Forecasting volatility: A reality check based on option pricing, utility function, value-at-risk, and predictive likelihood. *International Journal of Forecasting*, 20 (4): 629-645.
- Granger, C., & Poon, S. 2003. Forecasting volatility: A survey. *Journal of Economic Literature*, 41 (2): 478-539.
- Hendricks, D. 1996. Evaluation of value-at-risk models using historical data. *Economic Policy Review*, 2 (1): 39-70.

- Jackson, P., Maude, D. J., & Perraudin, W. 1997. Bank capital and value at risk. *Journal of Derivative*, 4 (3): 73-90.
- Kalman, R. E. 1960. A new approach to linear filtering and prediction problems. *ASME Journal of Basic Engineering*, 83 (1): 34-45.
- Koutmos, G., & Tucker, M. 1996. Temporal relationship and dynamic interactions between spot and futures stock markets. *Journal of Future Markets*, 16 (1): 55-69.
- Kupiec, P. H. 1995. Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. *Journal of Derivatives*, 3 (2): 73-84.
- Lam, M. 2004. Neural network techniques for financial performance prediction: Integrating fundamental and technical analysis. *Decision Support Systems*, 37 (4): 567-581.
- Lee, W. C. 2006. Forecasting high-frequency financial data volatility via nonparametric algorithms-evidence from Taiwan financial markets. *New Mathematics and Natural Computation*, 2 (3): 345-359.
- Morgan Guaranty Trust Company of New York. 1996. *Riskmetrics-technical document* (4th ed.). New York, NY: Morgan Guaranty Trust Company of New York.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. 1986. Learning internal representations by error propagation. In D. E. Rumelhart, & J. L. McClelland (Eds.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructures of cognition*: 318-362. Cambridge, MA: MIT Press.
- Tam, K. Y., & Kiang, M. Y. 1992. Managerial application of neural networks: The case of bank failure predictions. *Management Science*, 38 (7): 926-947.
- Venkatarman, S. 1997. Value at risk for mixture of normal distribution: The use of quasi-bayesian estimation techniques. *Economic Perspectives*, 23 (1): 2-13.

## 附錄

附一表 1 GARCH (1,1) 模式 2002、2003 檢定結果

年度	2002		2003	
市場	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場
平均數方程式				
截距項	-0.000657 (0.001141) [0.5650]	-0.001078 (0.001215) [0.3750]	0.000547 (0.000737) [0.4584]	0.000588 (0.000735) [0.4235]
落差一期報酬率	0.012576 (0.067174) [0.8515]	-0.095438 (0.064624) [0.1397]	0.045837 (0.067556) [0.4975]	-0.050295 (0.057422) [0.3811]
落差二期報酬率			0.054886 (0.060551) [0.3647]	
落差三期報酬率			-0.097235 (0.063522) [0.1258]	
變異數方程式				
截距項	0.000437 (0.000192) [0.0229]*	0.000837 (6.60e-05) [<0.0001]**	-7.63e-07 (1.03e-06) [0.4602]	-1.39e-06 (3.69e-07) [0.0002]**
前期殘差平方	-0.061814 (0.026340) [0.0189]*	-0.058468 (0.013156) [<0.0001]**	-0.006597 (0.010844) [0.5429]	-0.001651 (0.001797) [0.3583]
前期條件變異數	-0.344002 (0.597938) [0.5651]	-0.901001 (0.043376) [<0.0001]**	1.006061 (0.017475) [<0.0001]**	1.003538 (0.000282) [<0.0001]**
Q (10)	10.909 [0.364676]	7.7974 [0.648621]	2.7906 [0.985931]	4.5478 [0.919271]
Q (20)	15.530 [0.745345]	10.630 [0.955260]	4.9245 [0.999754]	8.9330 [0.983670]
Q (30)	20.518 [0.902342]	15.220 [0.988436]	9.3584 [0.999888]	14.438 [0.992549]
Q <sup>2</sup> (10)	0.216 [0.215918]	15.304 [0.121370]	5.7100 [0.839009]	2.7136 [0.987384]
Q <sup>2</sup> (20)	0.289 [0.288715]	21.232 [0.383610]	16.932 [0.657417]	10.298 [0.962440]
Q <sup>2</sup> (30)	0.526 [0.525832]	25.569 [0.696927]	31.879 [0.373156]	31.147 [0.408191]

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value

附一表 2 GARCH (1,1) 模式 2002~2003、2002~2004 檢定結果

年度	2002~2003		2002~2004	
市場	現貨市場	期貨市場	現貨市場	期貨市場
平均數方程式				
截距項	0.000436 (0.000660) [0.5087]	0.000603 (0.000723) [0.4044]	0.000825 (0.000508) [0.1041]	0.001089 (0.000565) [0.0539]
落差一期報酬率	0.039371 (0.054002) [0.4660]	-0.055286 (0.052800) [0.2951]	0.066204 (0.038045) [0.0818]	-0.031606 (0.035854) [0.3780]
落差二期報酬率	0.024014 (0.045509) [0.5977]	0.016074 (0.049512) [0.7454]		
落差三期報酬率	-0.016682 (0.047671) [0.7264]			
變異數方程式				
截距項	-1.16e-06 (3.26e-07) [0.0004]**	-7.62e-07 (2.88e-07) [0.0083]**	2.88e-06 (1.57e-06) [0.0668]	4.69e-06 (2.04e-06) [0.0213]*
前期殘差平方	-0.003312 (0.001223) [0.0068]**	-0.006310 (4.11e-05) [<0.0001]**	0.058876 (0.011501) [<0.0001]**	0.075312 (0.012770) [<0.0001]**
前期條件變異數	1.005162 (0.002121) [<0.0001]**	1.004900 (0.000745) [<0.0001]**	0.928671 (0.014242) [<0.0001]**	0.910126 (0.015081) [<0.0001]**
Q (10)	5.1425 [0.881459]	4.0091 [0.946938]	8.2556 [0.603882]	5.9302 [0.821090]
Q (20)	8.0447 [0.991568]	6.8366 [0.997187]	13.357 [0.861535]	13.018 [0.876593]
Q (30)	12.622 [0.997746]	11.976 [0.998626]	18.089 [0.957074]	19.934 [0.918241]
Q <sup>2</sup> (10)	8.3081 [0.598772]	10.026 [0.438223]	12.980 [0.224817]	12.551 [0.249850]
Q <sup>2</sup> (20)	18.539 [0.551972]	17.473 [0.622101]	17.298 [0.633518]	17.833 [0.598418]
Q <sup>2</sup> (30)	28.818 [0.527185]	29.052 [0.514853]	26.761 [0.635804]	27.559 [0.593777]

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value

附一表 3 Bi-GARCH (1,1) 2002、2003 平均數方程式檢定結果

年度	2002		2003	
平均數方程式				
反應變數	現貨報酬率			
解釋變數	現貨報酬率	期貨報酬率	現貨報酬率	期貨報酬率
截距項	-0.000872965 (0.001136471) [0.4432]		0.000835831 (0.000874011) [0.33989094]	
落差一期報酬率	0.048888020 (0.215788357) [0.8210]	-0.034270538 (0.193076736) [0.8593]	-0.200351425 (0.226556501) [0.3774]	0.214826801 (0.205398964) [0.2967]
落差二期報酬率	0.224556605 (0.224750973) [0.3187]	-0.191068420 (0.206204001) [0.3551]	-0.442321899 (0.247140212) [0.0748]	0.489030138 (0.229889647) [0.0344]*
落差三期報酬率	0.048493254 (0.205214184) [0.8134]	0.008081820 (0.187546987) [0.9657]	-0.446497348 (0.243643810) [0.0681]	0.393648389 (0.230033458) [0.0883]
落差四期報酬率			-0.178832005 (0.217312406) [0.4114]	0.228215787 (0.203599177) [0.2635]
反應變數	期貨報酬率			
解釋變數	現貨報酬率	解釋變數	現貨報酬率	解釋變數
截距項	-0.000885215 (0.001266376) [0.4852]		0.001025403 (0.000965672) [0.2894]	
落差一期報酬率	0.421905036 (0.240454039) [0.0806]	-0.468596655 (0.215146367) [0.0304]*	0.322479427 (0.250316394) [0.1989]	-0.312895669 (0.226939980) [0.1693]
落差二期報酬率	0.481801786 (0.250441127) [0.0556]	-0.445233059 (0.229774144) [0.0538]	-0.204850542 (0.273058802) [0.4539]	0.230082232 (0.253999100) [0.3659]
落差三期報酬率	0.365124401 (0.228671185) [0.1117]	-0.305237396 (0.208984540) [0.1455]	-0.240466888 (0.269195718) [0.3726]	0.179648537 (0.254157993) [0.4804]
落差四期報酬率			0.096415753 (0.240102833) [0.6884]	-0.020760079 (0.224951443) [0.9265]

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value

附一表 4 Bi-GARCH (1,1) 2002~2003、2002~2004 平均數方程式檢定結果

年度	2002~2003		2002~2004	
平均數方程式				
反應變數	現貨報酬率			
解釋變數	現貨報酬率	期貨報酬率	現貨報酬率	期貨報酬率
截距項	0.000123528 (0.000710047) [0.8620]		0.000191234 (0.000568159) [0.7365]	
落差一期報酬率	-0.050812459 (0.158326093) [0.7484]	0.074948710 (0.142702700) [0.5997]	0.006287335 (0.130475508) [0.9616]	0.034658070 (0.115927828) [0.7651]
落差二期報酬率	0.015787461 (0.165087487) [0.9239]	0.033169408 (0.153498343) [0.8290]	0.179233498 (0.139110776) [0.1980]	-0.168465371 (0.127319566) [0.1862]
落差三期報酬率	-0.135744870 (0.164704341) [0.4102]	0.152049842 (0.153137062) [0.3213]	0.088460450 (0.139753960) [0.5269]	-0.061792846 (0.128691568) [0.6313]
落差四期報酬率	-0.265046234 (0.150597905) [0.0790]	0.213936541 (0.139504160) [0.1258]	-0.026280346 (0.138120979) [0.8492]	-0.025807296 (0.126599892) [0.8385]
落差五期報酬率			0.186830570 (0.124678140) [0.1344]	-0.170840969 (0.113676711) [0.1333]
反應變數	期貨報酬率			
解釋變數	現貨報酬率	解釋變數	現貨報酬率	解釋變數
截距項	0.000221577 (0.000789713) [0.7792]		0.000299919 (0.000637888) [0.6384]	
落差一期報酬率	0.414592728 (0.176090002) [0.0190]*	-0.427202754 (0.158713692) [0.0074]**	0.495950159 (0.146488532) [0.0007]**	-0.473902399 (0.130155441) [0.0003]**
落差二期報酬率	0.286798240 (0.183610012) [0.1189]	-0.248265044 (0.170720586) [0.1465]	0.507447967 (0.156183591) [0.0012]**	-0.508832852 (0.142945267) [0.0004]**
落差三期報酬率	0.171931948 (0.183183878) [0.3484]	-0.153652507 (0.170318771) [0.3674]	0.372001509 (0.156905712) [0.0180]*	-0.342313792 (0.144485653) [0.0181]*
落差四期報酬率	-0.107971968 (0.167494725) [0.5195]	0.058811549 (0.155156281) [0.7048]	0.226704071 (0.144485653) [0.1442]	-0.260367415 (0.142137268) [0.0674]
落差五期報酬率			0.339189877 (0.139979664) [0.0156]*	-0.316097267 (0.127628049) [0.0135]*

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( )內為標準誤；[ ] 內為 p-value

附一表 5 Bi-GARCH (1,1) 條件變異數方程式檢定結果

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
反應變數	現貨市場條件變異數			
截距項	0.000282772 (0.000084583) [0.0008]**	0.000166226 (0.000099090) [0.0934]	0.000241366 (0.000055476) [<0.0001]**	0.000175568 (0.000032243) [<0.0001]**
現貨市場				
前期條件變異數	0.047538590 (0.114604625) [0.6783]	0.049103527 (0.702904525) [0.9443]	0.043329908 (0.022457977) [0.0537]	0.044940460 (0.025075657) [0.0731]
前期殘差平方	0.045777113 (0.005264103) [<0.0001]**	0.045168483 (0.007377075) [<0.0001]**	0.041969985 (0.005384734) [<0.0001]**	0.035570766 (0.002562475) [<0.0001]**
期貨市場				
前期條件變異數	0.037004216 (0.119980046) [0.7578]	0.044173415 (0.699067186) [0.9496]	0.044877650 (0.024758025) [0.0699]	0.009793764 (0.026410759) [0.7108]
前期殘差平方	0.046281786 (0.003446786) [<0.0001]**	0.043514696 (0.001725536) [<0.0001]**	0.043376202 (0.001989211) [<0.0001]**	0.036988751 (0.001365452) [<0.0001]**
反應變數	期貨市場條件變異數			
截距項	0.000378772 (0.000114369) [0.0009]**	0.000209870 (0.000105336) [0.0463]*	0.000300151 (0.000059004) [<0.0001]**	0.000280561 (0.000041731) [<0.0001]**
現貨市場				
前期條件變異數	0.044536950 (0.117727233) [0.7052]	0.047671727 (0.714571578) [0.9468]	0.041391242 (0.022215589) [0.0624]	0.000455514 (0.020776353) [0.9825]
前期殘差平方	0.046016693 (0.003588661) [<0.0001]**	0.045477165 (0.001937995) [<0.0001]**	0.045808176 (0.002328727) [<0.0001]**	0.037911074 (0.001412793) [<0.0001]**
期貨市場				
前期條件變異數	0.038579154 (0.123740341) [0.7552]	0.043078234 (0.711025704) [0.9517]	0.001266475 (0.019155624) [0.9473]	0.047651806 (0.022121813) [0.0312]*
前期殘差平方	0.041493514 (0.004865741) [<0.0001]**	0.043812951 (0.008127973) [<0.0001]**	0.045705673 (0.006162125) [<0.0001]**	0.031127433 (0.002083542) [<0.0001]**

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value

附一表 6 Bi-GARCH (1,1) 條件共變異數方程式檢定結果

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
截距項	0.000328327 (0.000090766) [0.0003]**	0.000185760 (0.000097647) [0.0571]	0.000267033 (0.000054279) [<0.0001]**	0.000222905 (0.000035716) [<0.0001]**
前期條件 共變異數	0.084067352 (0.009956031) [<0.0001]**	0.091960620 (0.006964742) [<0.0001]**	0.060381857 (0.007092305) [<0.0001]**	0.051019709 (0.005134946) [<0.0001]**
兩市場前期 殘差乘積	0.089766914 (0.000293647) [<0.0001]**	0.089009561 (0.001513444) [<0.0001]**	0.088433228 (0.000239106) [<0.0001]**	0.070725791 (0.000874667) [<0.0001]**

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value

附一表 7 Bi-GARCH (1,1) 殘差與殘差平方檢定結果

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
現貨市場				
Q (20)	15.2927 [0.7594]	13.1881 [0.8692]	12.4733 [0.8988]	24.0335 [0.2409]
Q (40)			36.2792 [0.6385]	38.3138 [0.5463]
Q2(20)	30.1533 [0.1674]	10.1654 [0.9651]	12.8609 [0.8833]	41.3156 [0.1003]
Q2(40)			19.9464 [0.9966]	48.3869 [0.5704]
期貨市場				
Q (20)	18.9731 [0.8785]	16.2511 [0.7009]	6.9589 [0.9968]	17.5599 [0.6164]
Q (40)			29.6023 [0.8860]	32.1813 [0.8059]
Q <sup>2</sup> (20)	22.7787 [0.2998]	19.2840 [0.5034]	8.8119 [0.9850]	22.5425 [0.3118]
Q <sup>2</sup> (40)			20.6605 [0.9951]	34.4015 [0.7198]

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value



附一表 8 狀態空間模型檢定結果

年度	2002	2003	2002~2003	2002~2004
	移轉矩陣 (F 矩陣)			
F (3,1)	0.585641 (0.004600) [127.31]**	5.443685 (0.014516) [375.00]**	0	0
F (3,2)	-0.91769 (0.004750) [-193.18]**	-5.18493 (0.013874) [-373.72]**	0	0
F (3,3)	-68.1457 (0.029675) [-999.00]**	-26.7318 (0.117734) [-227.05]**	0	0
F (3,4)	70.58205 (0.030491) [999.00]**	27.67884 (0.125919) [219.82]**	0	0
F (4,1)	0.581118 (0.004440) [130.88]**	5.362438 (0.013278) [403.85]**	0.008507 (0.006801) [1.25]	0
F (4,2)	-0.90482 (0.004587) [-197.25]**	-5.10518 (0.014138) [-361.09]**	0.015915 (0.008508) [1.87]	0
F (4,3)	-66.6984 (0.028683) [-999.00]**	-26.3446 (0.126543) [-208.19]**	-0.20291 (0.049862) [-4.07]**	0
F (4,4)	69.08685 (0.029349) [999.00]**	27.28160 (0.110870) [246.07]**	0.095367 (0.048165) [1.98]*	0
F(4,5)			1.024797 (0.003444) [297.54]**	0
F (5,1)			0.337380 (0.309559) [1.09]	-0.87172 (0.005655) [-154.15]**
F (5,2)			0.297459 (0.327128) [0.91]	1.632415 (0.005765) [283.18]**
F (5,3)			-5.22559 (0.918291) [-5.69]**	56.82358 (0.020800) [999.00]
F (5,4)			5.226639 (0.896181) [5.83]**	-59.1414 (0.022114) [-999.00]**

F (5,5)			0.524292 (0.110999) [4.72] **	28.36280 (0.019176) [999.00] **
F (5,6)				-29.8813 (0.020231) [-999.00] **
F (6,1)				-0.89761 (0.005302) [-169.31] **
F (6,2)				1.628477 (0.005651) [288.15] **
F (6,3)				54.42672 (0.020218) [999.00] **
F (6,4)				-56.6514 (0.021027) [-999.00] **
F (6,5)				26.84876 (0.018497) [999.00] **
F (6,6)				-28.2865 (0.019390) [-999.00] **
投入創新矩陣 (G 矩陣)				
G (3,1)	-0.50402 (0.004426) [-113.89] **	-2.09967 (0.014079) [-149.14] **	11.97036 (0.018623) [642.78] **	-5.74828 (0.007459) [-770.67] **
G (3,2)	0.498125 (0.004580) [108.75] **	2.022176 (0.014377) [140.65] **	-11.6818 (0.018084) [-645.99] **	5.837681 (0.007803) [748.15] **
G (4,1)	-0.48704 (0.004269) [-114.08] **	-2.22717 (0.013709) [-162.46] **	12.14035 (0.019206) [632.11] **	-5.56656 (0.007140) [-779.61] **
G (4,2)	0.484337 (0.004419) [109.59] **	2.141209 (0.013808) [155.07] **	-11.9564 (0.018624) [-642.00] **	5.667245 (0.007480) [757.65] **
G (5,1)			-9.91462 (0.559944) [-17.71] **	-0.71960 (0.005882) [-122.34] **
G (5,2)			9.593547 (0.543301) [17.66] **	0.698678 (0.006156) [113.49] **

G (6,1)				-0.73207 (0.005645) [-129.68] **
G (6,2)				0.711068 (0.005899) [120.54] **

\*表示達 5% 顯著水準；\*\*表示達 1% 顯著水準；( ) 內為標準誤；[ ] 內為 p-value

## 作者簡介

### 古永嘉

德州大學阿靈頓分校企管博士，現任國立台北大學企業管理學系教授，研究領域為公司理財、投資學、企業診斷、多變量時間序列分析。

### 許世璋

國立台北大學企業管理學系企管碩士，現為國立台北大學企業管理學系博士。