

非線性演化式股票評價與資金配置模型

Evolutionary Stock Valuation Model Based On Nonlinear Capital Allocation

柯博昌¹ Po-Chang Ko 林萍珍² Ping-Chen Lin 田育任¹ Yu-Jen Tien
國立中央大學資訊管理系 國立高雄應用科技大學金融資訊所 國立中央大學資訊管理系

¹Department of Information Management, National Central University and ²Institute of Finance and Information, National Kaohsiung University of Applied Sciences

(Received January 30, 2008; Final Version December 2, 2008)

摘要：近年來台灣股票市場蓬勃發展，市值成長快速，報酬波動度 (volatility) 擴大，股票市場投資需要承擔相對較高的風險。股票評價的目的是評估股票的合理價格並挑選被市場低估的股票，搭配適當的資金配置以降低投資風險並獲取超額報酬。然而，兼具股票評價與資金分配的模型的研究並不多見。傳統評價方法存在許多模型的假設前題，不一定能有效符合市場特性；應用不同傳統模型於相同的證券市場也可能產生不同的研究結果，這表示股票的合理價格應該是區間值而不一定是單一值。傳統資金配置常見的作法是均等分配或依特定順序組合的線性分配模型，不適合應用於複雜、雜訊多且資訊多變的股票市場。本研究的目的是應用遺傳演算法建構「演化式股票評價」新模型，以最佳化股票價值的合理區間與交易區間。同時結合三次方程內插法，建置最適的非線性資金配置策略，以提高投資效益。研究結果發現，內含交易成本的變動型交易成立點 (情境 4) 投資績效最佳，顯示本研究模型會依股票特性，演化出最適的合區股價區間與交易區間的資金配置策略，以提昇最終投資效益。此外，經由不同的盤勢分析發現，當大盤處於空頭時，股票愈低資金持有遞增分散持股成本；盤整走勢時，當股落入低估區與高估區才有交易行為，無形減少交易次數與成本，此兩種走勢最能表現其獲利能力。整體而言，演化式股票評價的投資績效仍優於大盤。

關鍵詞：股票市場、資金配置、股價評價、遺傳演算法、三次方程內插法。

Abstract: Taiwan stock market has experienced higher volatility including stock prices and liquidity recently. It means that the stock investment will take higher risk with higher market volatility. Stock valuation is to calculate the required rate of return that company we are valuing. However, using different traditional valuation models will get unique risk/return combinations, even those in the same stock market or same industry. It suggests that the fair value of a stock should be a range rather than a single value. In this article, we propose a nonlinear stock investment and capital allocation model using a hybrid of Genetic algorithm (GA) and cubic spline (CS), where GA is used to optimize the fair range of stock price, and CS is used to estimate nonlinear capital allocations. From our experiments, this hybrid of GA and CS model could get better investment returns than using buy&hold generally. In addition, the mean stock price almost falls into the fair stock price range predicted by our model.

Keywords : Stock Market, Capital Allocation, Stock Valuation, Genetic Algorithms, Cubic Spline.

1. 緒論

台灣證券市場成立於民國 49 年，至民國 69 年才蓬勃發展。市值從 69 年的 219,053 (百萬元) 成長到民國 95 年的 19,376,975 (百萬元)；上市家數由 102 家成長到 688 家；大盤指數也由 549.55 成長到 7,823.72 見表 1。從市值規模來看，成長相當驚人，可見台灣證券市場的運作相當活絡。但就波動度而言，即使是近十年大盤指數成長率的標準差仍有 0.25，此凸顯出要在證券市場獲利，需要承擔不小的風險。

投資組合的意義即是藉由挑選的證券集合做適當的資產配置以達到分散投資風險的效果。股票評價可以協助挑選有效的證券集合，其目的是評估證券的合理價格以及挑選被市場低估的證券；而資產配置則是決定資金分配到那些證券以及其百分比。因此，股票評價與資金配置的比例是影響投資組合報酬與風險的重要課題。然而，股票評價與資金分配是密不可分的，從過去的研究鮮少發現同時兼具股票評價與資金分配的模式。

股票評價模型企圖從淨值折現 (net present value) (Bebchuk, 2000; Francis *et al.*, 2000; Frankel and Lee, 1998)、資產價值 (asset appraisal) (Block, 1995; Fama and French, 1995)、剩餘價值(residual income) (Bebchuk, 2000) 與市場乘數 (price multiples) (Ohlson, 1995; Ohlson, 2005) 等方向評估出企業合理的價值。即使股票評價的研究議題近十年被熱烈的討論，學術界與實務界

表 1 台灣集中市場證券統計表

| 年度 | 公司數 | 市值 (百萬元) | 大盤指數 | 成長率 (%) |
|-----|-----|------------|----------|---------|
| 86 | 404 | 9,696,113 | 8,187.27 | 0.18 |
| 87 | 437 | 8,392,607 | 6,418.43 | -0.22 |
| 88 | 462 | 11,803,524 | 8,448.84 | 0.32 |
| 89 | 531 | 8,191,474 | 4,739.09 | -0.44 |
| 90 | 584 | 10,247,599 | 5,551.24 | 0.17 |
| 91 | 638 | 9,094,936 | 4,452.45 | -0.20 |
| 92 | 669 | 12,869,101 | 5,890.69 | 0.32 |
| 93 | 697 | 13,989,100 | 6,139.69 | 0.04 |
| 94 | 691 | 15,633,858 | 6,548.34 | 0.07 |
| 95 | 688 | 19,376,975 | 7,823.72 | 0.19 |
| 標準差 | | | | 0.25 |

資料來源: 證券交易所 (<http://www.tse.com.tw>)

仍存在有一些爭議。主要原因是每一種評估模型均有其特定的假設前題，實證的結果常出現不一致結論；而缺乏良好的建構技術與堅實的理論基礎也是原因之一；另外不同的模型評估出來的合理價格不同，或許證券的合理價值可能是一個區間而非單一價格。股票評價挑選出投資標物後，接著是決定資金分配比例。常見的資金分配是依經驗法則、均等分配或是線性分配。這些方法可能會因為人為的錯估或分配方法不當而稀釋報酬或增加投資的風險。

傳統嚴謹數學、財務建構的股票評價模型，受到較多的假設前題與限制，而且面對求解的問題複雜多變，同時要決定資金分配的最適比例，確實是個困難的課題。此外，由於股票金融市場均充斥複雜、雜訊多與資訊不確定性的問題，藉由計算智慧等資訊技術，除補強原有金融模型的限制與盲點，也能依真實股票市場特性最佳化投資效益。本研究結合演化式計算 (evolutionary computation) 中的遺傳演算法與數值方法的三次方程內插法 (cubic spline interpolation) 以建構一創新的股票評價與資金分配模型。

遺傳演算法能夠經由演化的方式達到最佳化，其理論方法在於隨機的產生一群可能解，再藉由模擬生物界的適者生存法則，擇強汰弱，最後演進至近似最佳解，遺傳演算法適合應用於股票評價，最佳化出合理的股價區間與交易區間，包含股價低估區、股價合理區、股價高估區，以取代單一股價點 Lin and Chen (2007)。此外，真實股票市場的最適資金配置，很難以傳統線性函數或既有的數學模式表示，為能依據市場特性，有效最佳化其資金配置，以獲取最大報酬，三次方程內插法能依據有限的資金配置樣本點，建立一連續平滑的非線性投資曲線，以得到更好的投資效益。同時，為避免股票市場進入盤整時期，交易太頻繁而產生高額的交易成本，本

模型也同時考慮交易成立時機，以避免高額的交易成本稀釋最後的投資報酬。

本研究在學術與實務上的主要意義有：(1) 結合遺傳演算法與三次方程內插法在股票評價尚屬起步階段，此一新的嘗試期望能改良評價模型的效率性、穩定性與推擴性。(2) 本研究提出的區間股票評價模型整合非線性資金分配之交易策略，同時具有擇股及擇時的決策機制，對投資管理具有創新性的意義。(3) 股票評價是投資管理的重要議題，諸如企業購併、重組、增資、釋股與銀行授信等問題，均需建立在一套有效、穩健的股票合理價值決定機制為輔助，才能制定最佳的投資決策，以達到企業價值極大化的目標。

本研究後續內容結構如下：第 2 節文獻探討效率市場、股票評價、遺傳演算法。第 3 節說明系統架構與研究設計，包括編碼、適應函數、三次方程內插法以及交易策略。第 4 節說明實驗環境工具與實驗設計；實驗結果與討論；最後一節是結論與後續研究方向。

2. 文獻探討

本研究的特点是提出一個區間股票評價與資金分配機制。故本節將介紹股票評價方法、相關文獻探討，並說明傳統評價模式的限制；最後，引入遺傳演算法如何應用於財務金融領域，以及說明本研究採用遺傳演算法之優勢。

2.1 股票評價文獻回顧

股票評價主要目的是尋找被錯估價格 (mispriced) 的股票。在證券市場中找到被錯估價格 (被低估或被高估) 的股票並不容易，同時效率市場假說也不排除以股票評價獲取超額的可能性。股票評價模式一般可分析三類：第一類以資產負債表為評價基礎，稱為資產負債表評價法；第二類是以企業未來獲利能力折現後計算的公司價值，稱為折現法；第三類是以公司股票市價與同產業其他公司之乘數比計算企業價值，稱為價格乘數法。

資產負債表為基礎的評價法中最常見的是帳面價值 (book value) 法。David and Gregory (2006) 採帳面價值法結合剩餘收入模型 (residual income model) 與超額盈餘模型 (excess earnings model) 評估公司價值。經實證發現，混合模型較其他單一評價模型更能正確的反應公司價值。Fama and French (1995) 等學者發現市場價值對報酬率有解釋能力，高的帳面價值對市場價值顯示低盈餘。

折現法是將企業未來的現金流量、股利與盈餘等因子折現後計算公司價值。Palepu *et al.* (1997) 認為超常盈餘折現法的帳面價值與預測期間的盈餘會反映預期終期的現金流量。Penman (1998) 以超常盈餘折現法的估計誤差相較於自由現金流量折現法與現金股利折現法是最低的。Luca and Carlo (2003) 應用馬可夫鏈 (markov chain) 預測下一期的股利成長率並計算公司價值，改善股利固定成長模式的限制。O'Brien (2003) 改善傳統現金流量折現法 (discounted cash

flow) 中的高登模型 (Gordon model) 所面對的限制，即成長率不得大於預期報酬率，否則會無法收斂。市場乘數法可探討價格對帳面價值比、股東權益報酬率、本益比、成長率與盈餘變動間的關係，以及股東權益報酬率會影響本益比和成長率，並與盈餘程正向關係 Block (1995)。

2.2 遺傳演算法在股票市場的應用

在股票市場上，存在著複雜的影響因子與雜訊干擾，並且其評價模型的假設前題存在部分爭議與實證結果不一致現象，使得傳統股票評價模型相當不容易尋找到被低估的股票。反觀人工智慧對於資料雜訊處理具有智慧性及自我學習，能有效從過去的歷史資料發現有用的樣版 (pattern)，應用於預測股票市場有顯著的成效。

截至目前為止，遺傳演算法於股票評價的相關研究數量極少，多數是應用在最佳化投資組合選股等財務相關領域。林萍珍等 (民 89) 應用遺傳演算法，利用使用者對產業及公司財務比率之偏好，發展出一套穩健、理性、積極且操作簡易的投資組合選擇模型，以提供投資人依個人不同的需求挑選出最適的投資組合，投資績效勝過國內基金與大盤報酬。Shoaf and Foster (1998) 提出以 GA (Genetic algorithm) 找投資組合效率集合之方法，其目的是找出同時考慮極大化報酬與極小化風險之投資組合，此方法主要在遺傳演算法之編碼及輪盤法作形式上的改變，但方法上之缺點是遺傳演化過程非常的不易收斂，可能導致好基因被劣等基因所取代，進而產生無意義的投資組合。同樣以遺傳演算法來最佳化投資組合的研究，其報酬率的評估準則是以期望值法取代算術平均法 Xia *et al.* (2000)，即根據過去報酬率來估計近似的期望報酬率，投資組合中資金分配比例是藉由正規化處理才能保持總和為 100%。此舉將會發生同一組基因在不同染色體中的編碼所表示的投資比例將會不同，其比例強調的是在投資組合的相對位置而不是絕對位置，為其不合理之處。

應用其他計算智慧的技術於股票評價計算企業價值的研究有：Lin and Chen (2007) 研究發展出以遺傳程式規劃 (GP, genetic programming) 為基礎，配合個股基本面因素 (如：會計科目、財務比例及股價相關資料)，來建立股價評估模型及線性資金配置。其貢獻是將合理股價由傳統的單一值，轉換成多值屬性的模糊區間。經研究結果顯示，由遺傳程式規劃所演化出的評價模型，不僅能有效的將個股股價合理區間化，並可依據其偏離合理區間值之大小，依線性配置資金。當股市進入整盤局勢時，不會因股價時高時低於合理股價點，而全進全出手中持的股票，以減少投資成本。McKee (2004) 提出以模糊理論為基礎的區間合理股價，不同以往的傳統單一價值。加入考慮當盈餘成長最大化與最小化之間取一區間合理成長率，若將合理成長率區間轉換成股票價值，則視為合理價值。其中合理成長率設定，可利用一般統計方法的信賴區域方式設定，排除極值所帶來的短期誤差。

綜合前述文獻的討論，本研究選擇以遺傳演算法建構股票評價模型，並結合三次方程內插

法最佳化資金配置。相較於上述文獻，本研究特點歸納如下幾點：(1) 合理的股價區間：過去的傳統股票評價文獻的假設前題與實證結果存在一些爭議與不一致現象。相同的評估模型所計算的評估值在不同的證券市場可能產生不同的研究結果，此意謂著股票的合理價格可能是區間而非單點；(2) 模型沒有假設前題：一般評價方法專注於模型萃取，多數評價模型有使用上的假設前題（例如：資料要符合常態分配），本研究採用計算智慧的非線性特性改善計量模型對資料分配的假設限制；(3) 整合交易策略與資金配置：多數文獻專注於股價挑選或買賣策略，甚少結合買賣策略與資金配置，易造成買賣時機出現，卻不知該如何配置投資資金的情形。本研究發展的演化式股票評價模型，當股價進入超跌或超漲的股價區間時，會建議採用買入或賣出交配策略，同時會算出適合的資金配置部位，提高投資的便利性與有效性；(4) 非線性資金配置：Lin and Chen (2007) 及 McKee (2004) 的研究限於考量當股價偏離合理區間時，以線性方式做適當的資金配置，欠缺彈性。股票市場具有資料量龐大、資訊超載及訊息快速變化等特性，本研究結合遺傳演算法與三次方程內插法以非線性方式決定資金配置比例，期望能捕捉複雜的股票市場投資規則，以獲取超額報酬。

3. 研究模型

本研究主要利用遺傳演算法演化出最適的合理股價區間 (Fair Value Range, FVR)、股價高估區 (Overvalue Range, OR) 間與股價低估區 (Undervalue Range, UR)，同時探討股價波動時，投資者應如何靈活配置資金，以進行股票交易策略。本模型亦利用遺傳演算法結合三次方程內插法，分別在股價高估與低估區，模擬非線性區間交易曲線。亦即買賣股票是依據當時股價對應至總投資金額的百分比，依此比例增減目前持有股票數。有別於傳統方法，只能明確計算買賣股價點，卻無法同時於各股價間作有效資金配置；或是只能作線性資金分配的投資策略。

3.1 系統架構

本研究的系統架構如圖 1。第一步，由遺傳演算法產生初始化的染色體。第二步，各染色體內容做區性重整，以得知合理股價區間、股價高估區間與股價低估區，同時，為方便下一步三次方程內插法模擬非線性投資交易策略，在股價高估區間與股價低估區分別最適化 N 個取樣點，共 $2 \times N$ 個取樣點。第三步，將解碼後染色體中的 $2 \times N$ 個取樣點帶入三次方程內插法，求算出非線性區間交易曲線。第四步，依據此一演化後的非線性區間交易曲線模型，套入股價日資料進行交易求算投資報酬，報酬率高的即視為高適應函數值。第五步，依據適應函數值選擇優良的染色體，放進交配池 (mating pool) 之中。接著進行第六與第七步，交配池之中的染色體進行交配與突變產生新子代。如此循環演化，直到達中止條件為止。

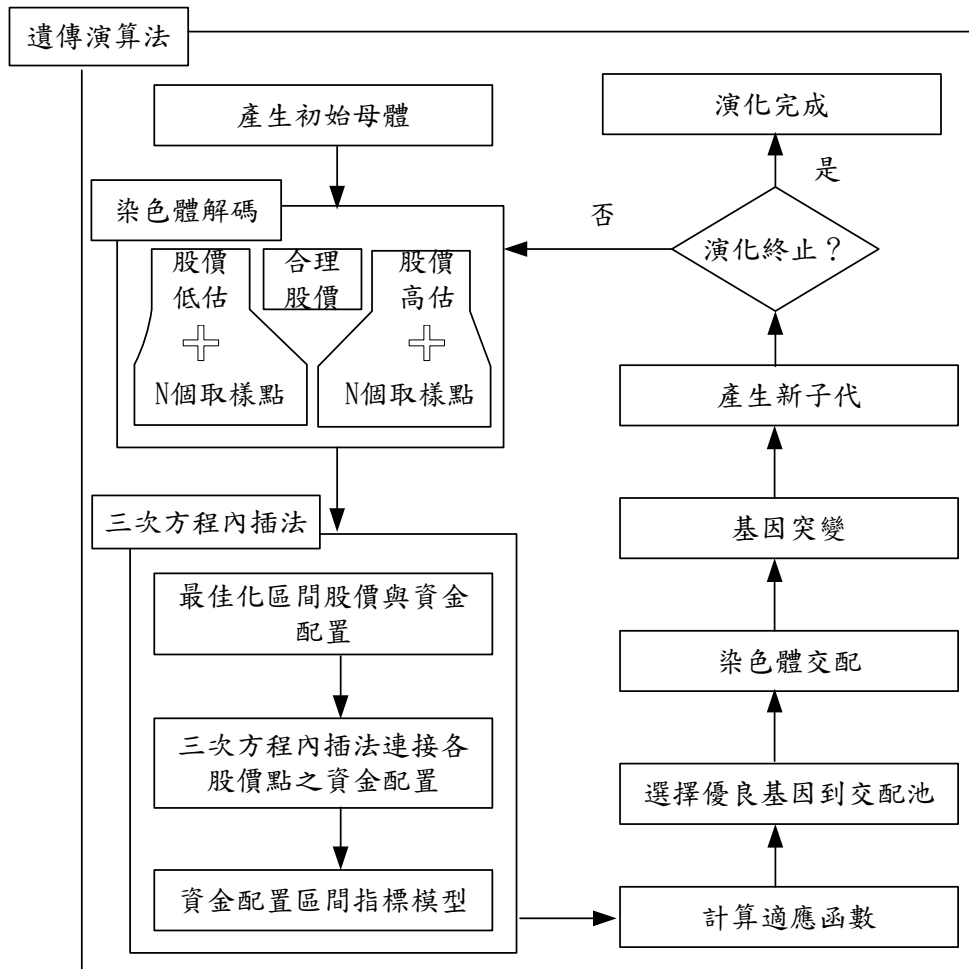


圖 1 系統架構

買賣資金配置比例會依據當時股價值來決定如圖 2。當股價處於 sp_1 與 sp_2 之間，表示該公司股票被低估。此時，投資者應適時買進該公司股票，以持股價落入高估區時，在適時賣出；當股價 sp_2 與 sp_3 之間，表示該公司處於合理股價區，在此區段間投資者將不進行任何買賣交易動作行為；當股價 sp_3 與 sp_4 之間，表示該公司股票被高估。此時，投資者應適時賣出股票該公司股票，進行獲利。

3.2 遺傳演算法之編碼規則

本研究採用二元碼之方式來行進編碼，其編碼規則如圖 3。染色體的編碼首先包含 sp_1 , sp_2 , sp_3 與 sp_4 以區分股價低估區、合理股價區與股價高估區等四個階段。資金配置區則代表在股價

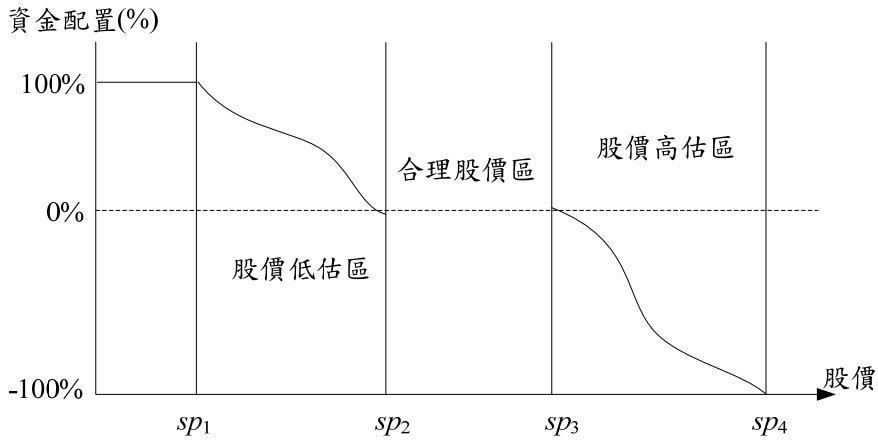


圖 2 非線性區間股價的買賣策略

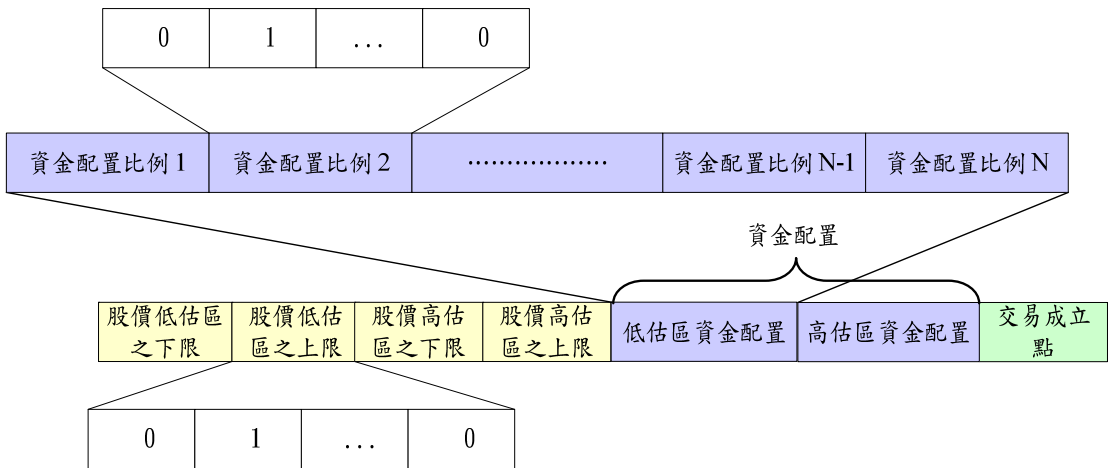


圖 3 染色體編碼

低估與高估區中，各股價點應持有的資金比例。此外，為避免頻繁交易削弱最後的投資效益，我們亦利用遺傳演算法最適化交易成立點。所謂交易成立點，意指當距離上一次交易的股價變動量比例未達交易成立點時，不予進行交易。例如，交易成立點為 2%，上一次交易股價為 30 元，當目前股價漲跌超過 0.6 元，交易才會進行。反之，則不予交易。綜合上述，基因編碼長度計算方法見公式(1)。

$$\sum_{i=1}^4 L(sp_i) + \sum_{i=1}^N L(up_i) + \sum_{i=1}^N L(dp_i) + L(TP) \quad (1)$$

其中， $L(\cdot)$ 表示各基因編碼的長度； sp ：合理股價區間值； dp ：低估區資金配置； up ：高估區資金配置； TP ：交易成立點

3.3 遺傳演算法之適應函數

適應函數可說是物種演化的環境，若一演化世代愈能符合適應函數的要求，便表示此物種愈能適應環境，因而可以演化出更優良的子代。本研究適應函數計算分三步驟見圖 4。首先，由遺傳演算法演化出最適合理股價區間與資金配置。接著，將股價低估與高估區間各資金配置點，帶入三次方程內插法，使各資金配置點相互連接形成非線性資金配置曲線。最後，套入真實股價日資料並進行交易求算投資報酬。報酬率愈高其適應函數值愈高，則有較高的機率演化到下一世代。

本研究之適應函數採用報酬率最大為原則，其定義與計算方式如(2)。

$$ROI = \frac{W_{Final} - W_{Original}}{W_{original}} \quad (2)$$

其中 w_{Final} 與 $w_{Original}$ 分別表示投資後的資金與原始投入資金； ROI 為最後的投資報酬率，此數值越大，表示最終的獲利越高。

3.4 三次方程內插法

三次方程內插法觀念主要以各點區段以近似曲線相連，形成點與點之間具有平滑曲線之概念下進行內插法。反之，每區段間僅以直線進行內插法，會有斜率不連續的缺點。因此 Cubic spline

適應函數 {
 將染色體解碼
 套入三次方程內插法
 將真實股價代入轉換成持資金配置比例
 依據實驗理論模型計算出投資報酬率
 }

圖 4 適應函數計算流程

即修正線性內插法之缺點形成平滑曲線。請參照圖 5 線性內插法與非線三次方程內插法，便可以明顯看出三次方程內插法在曲線上表現是比較平滑。

三次方程內插法基本假設

若假設在平面 $[a,b]$ 上，若給定 $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$ ，且已知 $f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_n)$ 之值，令 $S_i(x) = f(x)$ ， $x \in [x_i, x_{i+1}]$ ， $i = 0, 1, \dots, n-1$ 。其中， $S_j(x)$ 最高次方為三次方，並滿足式(3)至(8)。

$$S_i : \deg(S_i) = 3, i = 0, 1, \dots, n-1 \tag{3}$$

$$S_i(x_i) = f_i(x_i), i = 0, 1, \dots, n-1 \tag{4}$$

$$S_i(x_{i+1}) = S_{i+1}(x_i), i = 0, 1, \dots, n-1 \tag{5}$$

$$S_i'(x_{i+1}) = S_{i+1}'(x_i), i = 0, 1, \dots, n-1 \tag{6}$$

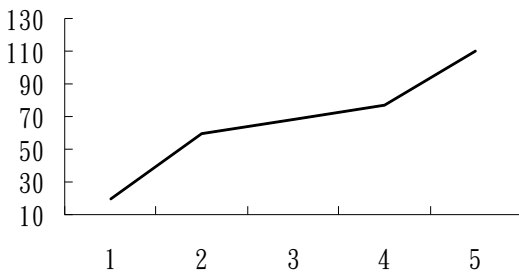
$$S_i''(x_{i+1}) = S_{i+1}''(x_i), i = 0, 1, \dots, n-1 \tag{7}$$

$$S_i'(x_0) = S_0'(x_0) = 0, S_i''(x_0) = S_0''(x_0) = 0, \text{自由邊界} \tag{8}$$

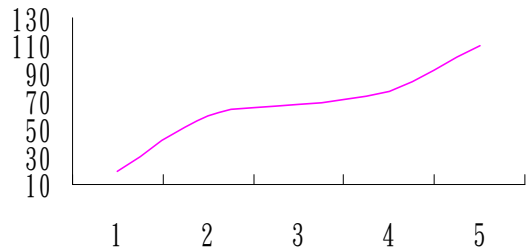
則稱 S 為 f 之三次方程內插法。假設 $S_i(X)$ 如式(9)。

$$S_i(X) = a_i + b_i(X - x_i) + c_i(X - x_i)^2 + d_i(X - x_i)^3, i = 0, 1, \dots, n-1 \tag{9}$$

由式(4)與(9)可得式(10)，並求出參數 a 之解。



(a) 線性內插法



(b) 非線性內插法

圖 5 線性與非線性之內插法

$$S_i(x_i) = f_i(x_i) = a_i, i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (10)$$

爲了計算上方便，令 $h_i = x_i - x_{i+1}$ 並由式(5)與(9)得式(12)

$$a_i = a_{i+1} + b_{i+1}h_i + c_{i+1}h_i^2 + d_{i+1}h_i^3, i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (11)$$

由式(6)與(9)得式(12)

$$b_i = b_{i+1} + 2c_{i+1}h_i + 3d_{i+1}h_i^2, i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (12)$$

由式(7)與(9)得式(13)

$$c_i = c_{i+1} + 3d_{i+1}h_i, i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (13)$$

將式(13)加以整理，可得式(14)，並求得參數 d 之解。

$$d_{i+1} = \frac{1}{3h_i}(c_i - c_{i+1}), i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (14)$$

將式(14)代入式(11)得式(15)

$$b_{i+1} = \frac{1}{h_i}(a_i - a_{i+1}) - \frac{h_i}{3}(c_i + 2c_{i+1}), i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (15)$$

將式(14)代入式(12)得式(16)

$$b_i = b_{i+1} + h_i(c_i + c_{i+1}), i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (16)$$

將式(15)代入式(16)得式(17)

$$h_{i-1}c_{i-1} + 2c_i(h_{i-1} + h_i) + h_i c_{i+1} = \frac{3}{h_i}(a_{i+1} - a_i) - \frac{3}{h_{i-1}}(a_i - a_{i-1}), i = 0, 1, \dots, n \quad (17)$$

上述方程組除 c_i 未知外，其餘皆爲已知。以矩陣表示成 $\mathbf{A} \times \mathbf{x} = \mathbf{b}$ 的形式，其中式(18)爲 $(n+1) \times (n+1)$ 矩陣

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ h_0 & 2(h_0 + h_1) & h_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_0 & 2(h_0 + h_1) & h_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & h_0 & 2(h_0 + h_1) & h_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

而式(19)中的 \mathbf{x} 與 \mathbf{b} 為向量

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{n-1} \\ c_n \end{bmatrix} \quad \text{且} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{3}{h_1}(a_2 - a_1) - \frac{3}{h_0}(a_1 - a_0) \\ \vdots \\ \vdots \\ \frac{3}{h_{n-1}}(a_n - a_{n-1}) - \frac{3}{h_{n-2}}(a_{n-1} - a_{n-2}) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

經由上述方程組，可求得參數 a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i 解，其中 a_i 為截距項， b_i 為一次方係數， c_i 為二次方係數，變數 d_i 為三次方係數。

3.5 交易策略

為驗證評估函數之投資報酬率，需定出資金配置的交易策略準則。本研究模型針對每個染色體均會最佳化出其合理股價區間以及建議的交易區間如圖 6。在圖 6(a)部分，代表當股價落於 sp_1 與 sp_2 之間，屬於被低估區，投資者應在此區間投入適量的資金以買進股票。當股價落於 sp_3 與 sp_4 之間見圖 6(c)，屬於被高估區間，此時，投資者需賣出手中適量的持有股票數。若投資者手中無任何股票數，則不進行任何賣出的交易動作。當股價落於 sp_2 與 sp_3 之間波動時見圖 6(b)，表示股價落入合理區間，系統則不會行進任何買賣股票的交易行為。

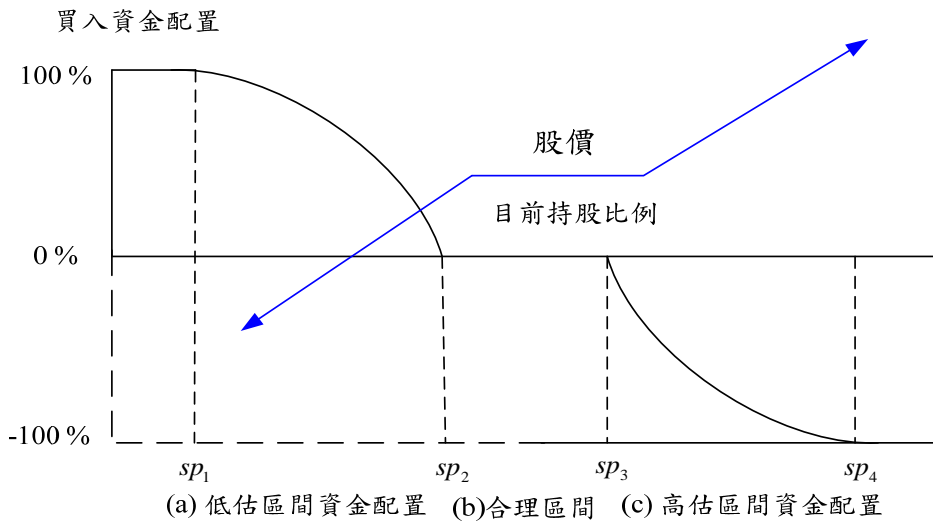


圖 6 合理股價與交易策略

當目前股價落於低估區，由(20)式，求算應再投資資金比例

$$R_i^b = \begin{cases} R_i^e - R_i^a & sp_1 < sp_t < sp_2 \\ 1 & sp_t < sp_1 \end{cases} \quad (20)$$

其中， R_i^b ：再投資的資金比例； i ：期數； R_i^e ：預期增加或減少的資金比例，此變數是利用遺傳演算法染色體解碼後結合三次方程內插法求算出來的預期投入的資金比率； R_i^a ：已投資資金比例； sp_t ：第 t 期股價； sp_1 ：股價低估區最小邊界值； sp_2 ：股價低估區最大邊界值

若 $R_i^b > 0$ ，由(21)式計算應買入股票張數。反之，則不做任何買賣交易活動。

$$SN_i^b = \frac{R_i^b \times f}{sp_t \times (1 + fee)} \quad (21)$$

其中， SN_i^b ：買進股票張數； f ：原始投資總資金； fee ：交易手續費
最後，重新計算(22)式投資資金比例，

$$R_{i+1}^a = R_i^a + R_i^b \quad (22)$$

及(23)式持有股有股票數，其中 SN_i^a 表示已取得的股票數。

$$SN_{i+1}^a = SN_i^a + SN_i^b \quad (23)$$

當目前股價落於高估區時，由(24)式求算賣出股票數比例

$$R_i^s = \begin{cases} \frac{R_i^e}{R_i^a} & sp_3 < sp_i < sp_4 \text{ and } \frac{R_i^e}{R_i^a} \leq 1 \\ 1 & sp_i > sp_4 \text{ or } \frac{R_i^e}{R_i^a} > 1 \end{cases} \quad (24)$$

其中， R_i^s ：賣出持股比例； R_i^a ：第 i 期已投資資金比例； sp_t ：第 t 期股價； sp_3 ：股價高估區最小邊界值； sp_4 ：股價高估區最大邊界值

接著由(25)式計算應賣出股票數目

$$SN_i^s = R_i^s * SN_i^a \quad (25)$$

其中， SN_i^s ：賣出股票張數； R_i^s ：由公式 24 求得。

換算得到的資金 w_i^s 為(26)式。

$$w_i^s = SN_i^s * [sp_i * (1 - fee - tax)] \quad (26)$$

其中，*fee*：交易手續費；*tax*：交易稅；

經由上述買賣交易策略，計算最後的資金總數，即可計算最後報酬。

4. 實驗結果分析

本研究之實驗目的為驗證非線性資金配置為基礎的股票評價模型之可行性。因此，本節將依序說明研究期間和樣本來源、實驗之染色體設定、實驗設計與實驗結果分析。

4.1 研究期間和資料來源

本研究各實驗所需資料來源為「台灣經濟新報財經資料庫」之台灣證券市場調整後股價日資料。資料取得期間為2000/02/01至2005/01/31止，並依據不同的實驗設計做適當的資料切割。此外，樣本公司的選擇以台灣五十指成份股中佔指數比較最高的二十一家公司見表2。

4.2 實驗之染色體長度設定

實驗之染色體的編碼分為四大部分，其長度設定彙整於表3。第一部分為合理股價區間點，此部分共有4個股價點（ sp_1 、 sp_2 、 sp_3 與 sp_4 ），每一個股價點編碼長度為9 bits，其可表達範圍0至512，即佔36 bits。第二部分為低估區間之資金配置的精準度，共細分成10個資金配置點，每點將以14 bits編碼，可表達範圍從0~16384不同值之倒數，即佔140 bits。第三部分為高估區間之精準度，與低估區間之精準度是相同地，也是佔140 bits。最後，交易成立點，以8 bits編碼表示，其可表達範圍0~256之倒數，即佔8 bits。將這四部分相加總和即為324 bits。

表2 樣本公司

| 股票代號 | 公司名稱 | 股票代號 | 公司名稱 |
|------|------|------|------|
| 1301 | 台灣塑膠 | 2324 | 仁寶電腦 |
| 1303 | 南亞塑膠 | 2325 | 矽品精密 |
| 1326 | 台灣化纖 | 2330 | 台積電 |
| 1402 | 遠東紡織 | 2352 | 明碁電通 |
| 2002 | 中國鋼鐵 | 2353 | 宏碁科技 |
| 2201 | 裕隆汽車 | 2354 | 鴻準精密 |
| 2301 | 光寶科技 | 2357 | 華碩電腦 |
| 2303 | 聯華電子 | 2382 | 廣達電腦 |
| 2308 | 台達電子 | 2474 | 可成科技 |
| 2311 | 日月光 | 9904 | 寶成工業 |
| 2317 | 鴻海精密 | | |

表 3 染色體編碼規則表

| | | |
|------|-----------|---------|
| 第一部分 | 股票價值表達範圍 | 9 bits |
| 第二部分 | 低估區間精準度 | 10 bits |
| | 低估區間值表達範圍 | 14 bits |
| 第三部分 | 高估區間精準度 | 10 bits |
| | 高估區間值表達範圍 | 14 bits |
| 第四部分 | 交易成立點表達範圍 | 8 bits |

4.3 實驗設計

為驗證模型的可行性，本研究的實驗方向將朝三個方面進行驗證如下：第一，研究不同的訓練期間與測試期間對演化式股票評價模型與報酬率之相關性研究。第二，研究分析不同交易情境條件之報酬率相關性研究。第三，分析不同盤勢（空頭、多頭與盤整）下演化式股票評價模型的投資績效。

(1) 視窗切割

依據不同訓練時間及測試時間驗證實驗的結果，將移動視窗大小設為1年，見圖7，分析獲利能力變化情形。視窗移動 (sliding window, SW) 以一年為一個單位，可得SW₁: 2000/02/01至2001/01/31、SW₂: 2001/01/31至2002/02/01、SW₃: 2002/02/01至2003/01/28、SW₄: 2003/01/28至2004/01/30等四個視窗。

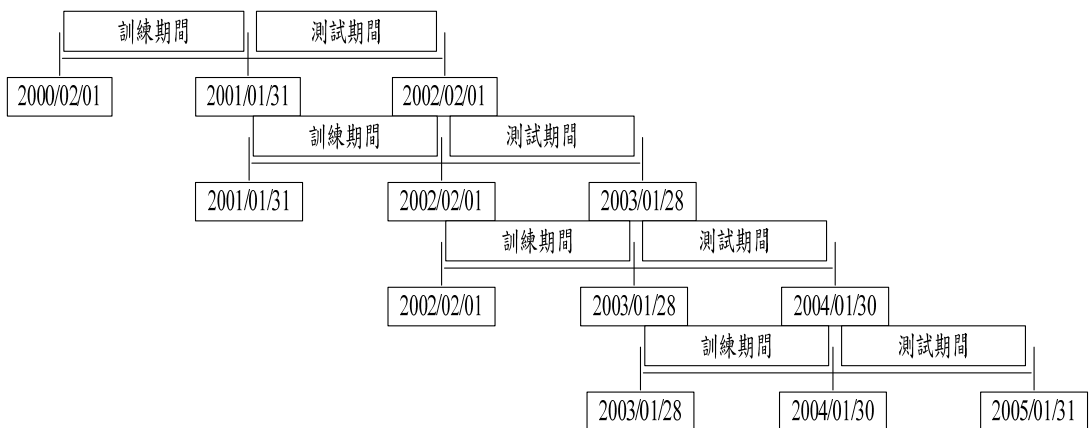


圖 7 樣本時間切割

(2) 交易情境

交易情境分析主要針對交易成立點內是否有考量交易成本成效。分析在不同的情境下，各報酬的變化情形見表4。即固定交易成立點內無考量交易成本、固定交易成立點內有考量交易成本、變動的交易成立點內無考量交易成本、變動的交易成立點內有考量交易成本，共4個情境進行交叉實驗。以固定交易成立點內考量交易成本為例，目前股價30元，交易時機點為10%，交易成本為1%。圖8(a)中，下期股價變動到33元以上或27元以下，在無加成交易成本情境下會進行此交易。圖8(b)中，在有考量成交易成本的情境下，則需要到33.3元以上或26.7元以下，在會進行交易動作。因為，加入交易成本的因素考量之後，其真實漲跌幅未達10%。

(3) 大盤走勢

本實驗以不同的大盤走勢之下演化式股票評價模型的報酬率與大盤報酬率做比較。資料期間選自 2000 年 1 月至 2005 年 2 月之間的大盤指數日資料見圖 9，依較明顯走勢中截取出區段¹

表 4 交易決策條件

| | | 未內含交易成本 | 內含交易成本 |
|--------|-----|---------|--------|
| 有交易成立點 | 固定值 | 情境 1 | 情境 3 |
| | 變動值 | 情境 2 | 情境 4 |

註：交易時機點為10%、交易成本為1%

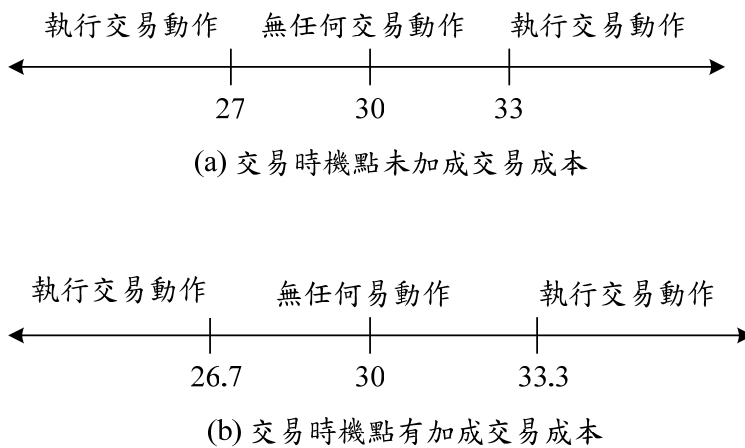


圖 8 交易時機點與交易成本之關係

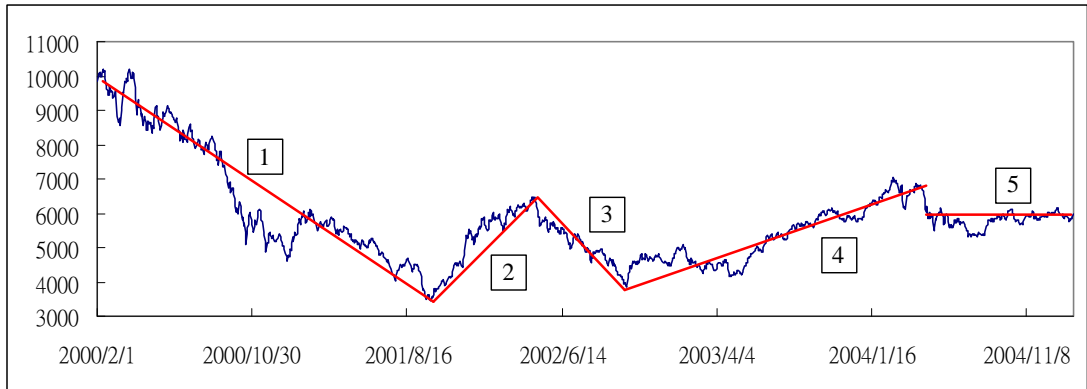


圖 9 大盤走勢圖

視爲空頭、區段 4 視爲多頭與區段 5 視爲盤整共三區段期間之趨勢資料，再切割成 4 個移動視窗進行實驗，各走勢的時間切割見表 5。此實驗是以績效較佳的情境 4 爲實驗基礎。

4.4 實驗結果分析

本節將依實驗設計之移動視窗、交易情境以及不同盤勢之 21 家上市上櫃總平均報酬實驗結果進行細步探討分析。

表 5 大盤走勢移動視窗表

| 視窗 | 訓練期間 | 測試期間 |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 空頭 |
| SW ₁ | 2000/02/01 至 2000/05/02 | 2000/05/03 至 2000/08/01 |
| SW ₂ | 2000/03/01 至 2000/06/01 | 2000/06/02 至 2000/09/01 |
| SW ₃ | 2000/04/01 至 2000/07/03 | 2000/07/04 至 2000/10/02 |
| SW ₄ | 2000/05/02 至 2000/08/01 | 2000/08/02 至 2000/11/01 |
| | | 多頭 |
| SW ₁ | 2003/06/02 至 2003/09/01 | 2003/09/02 至 2003/12/01 |
| SW ₂ | 2003/07/01 至 2003/10/01 | 2003/10/02 至 2004/01/02 |
| SW ₃ | 2003/08/01 至 2003/11/03 | 2003/11/04 至 2004/02/02 |
| SW ₄ | 2003/09/01 至 2003/12/01 | 2003/12/02 至 2004/03/01 |
| | | 盤整 |
| SW ₁ | 2004/05/03 至 2004/08/02 | 2004/08/03 至 2004/11/01 |
| SW ₂ | 2004/06/01 至 2004/09/01 | 2004/09/02 至 2004/12/01 |
| SW ₃ | 2004/07/01 至 2004/10/01 | 2004/10/04 至 2005/01/03 |
| SW ₄ | 2004/08/02 至 2004/11/01 | 2004/11/02 至 2005/01/31 |

(1) 移動視窗分析

本實驗針對四個交易情境分別進行不同時期的移動視窗分析，並彙整於表 6。實驗發現，SW₃ 四個情境的平均報酬率最高為 26.39%，雖然低於個股平均報酬率 41.04%，兩者離差為-14.65%。其餘移動視窗的績效均明顯優於個股平均報酬率。並且四個期間的移動視窗平均值是 11.97%，高於個股報酬平均值 3.50%。「個股報酬」是指每一個視窗進行 21 家上市上櫃的個別實驗後再取其平均。

圖 10 為四個移動視窗不同情境的投資報酬率分析，橫軸為移動視窗期間，縱軸為投資報酬率。根據圖示，演化式股票評價模型，除 SW₃ 外，其餘三個視窗 SW₁(14.91%)、SW₂(0.80%) 以及 SW₄(5.79%) 皆高於個股平均負報酬率 (-2.77%、-11.76%以及-12.51%)。

表 6 移動視窗彙整分析

| 視窗 | 情境 1 | 情境 2 | 情境 3 | 情境 4 | 平均 | 個股報酬 | 離差 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------|---------|
| SW ₁ | 13.19% | 14.26% | 14.64% | 17.54% | 14.91% | -2.77% | 17.67% |
| SW ₂ | -3.11% | 0.50% | 1.17% | 4.62% | 0.80% | -11.76% | 12.56% |
| SW ₃ | 18.48% | 23.82% | 26.33% | 36.92% | 26.39% | 41.04% | -14.65% |
| SW ₄ | 5.60% | 13.28% | -7.87% | 12.14% | 5.79% | -12.51% | 18.30% |
| 平均 | 8.54% | 12.97% | 8.57% | 17.81% | 11.97% | 3.50% | 8.47% |

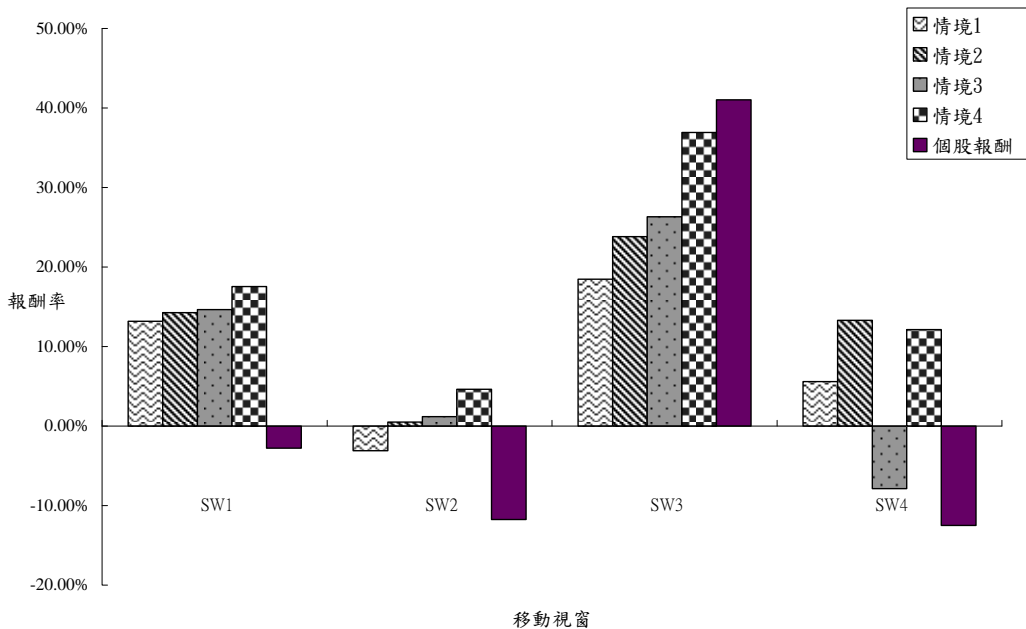


圖 10 股票評價模型各移動視窗報酬率分析

(2) 實驗情境分析

表 6 的情境綜合平均為 11.97%，高於個股平均報酬 3.50%。4 種情境平均報酬率分別為 8.54%、12.97%、8.57% 以及 17.81%，皆優於個股平均報酬 3.50%。圖 11 是根據表 6 的四種交易情境平均報酬率與個股平均報酬率繪成圓形圖，其中報酬率面積最大者為情境 4 佔總面積的 34%，其次為情境 2 佔 25%、情境 1 與情境 3 分別各佔 17%，個股平均報酬率則僅佔總面積的 7%。表示變動的交易成立點是藉由遺傳演算法演化而得，其投資績效無論是否內含交易成本(情境 2 與情境 4) 均明顯大於無自我演化即固定值的交易成立點 (情境 1 與情境 3)。

(3) 盤勢分析

空頭走勢實驗結果見圖 12(a)，本研究模型與大盤在空頭走勢下雖然均為負報酬，但是本模型的每期跌幅均較大盤來得小，其中以 SW₄ 的表現最佳-8.92%優於大盤-31.97%。多頭走勢實驗結果見圖 12(b)，本模型在 SW₂ 與 SW₃ 報酬率高於大盤，但是整體報酬率不如大盤。主要原因是 SW₄ 這一期大盤急漲走勢，較有利於大盤的買入持有策略。盤整走勢實驗結果見圖 12(c)，本模型在 SW₁(5.44%)、SW₂(6.28%)、SW₃(3.59%) 與 SW₄(6.67%) 的績效均優於大盤(4.78%、-1.51%、0.48% 與 3.48%)。綜合走勢分析是將每一種走勢中四個移動視窗的報酬率加總後進行比較見圖 12(d)，多頭市場總報酬為 15.01% 低於大盤總報酬 20.89%；空頭市場總報酬為-28.77 優於大盤的-80.42%；盤整走勢總報酬 21.97% 明顯高於大盤 7.23%；將三種走勢總報酬平均後，演化式股票評價模型的平均報酬率為 0.74% 優於大盤的-17.43%。

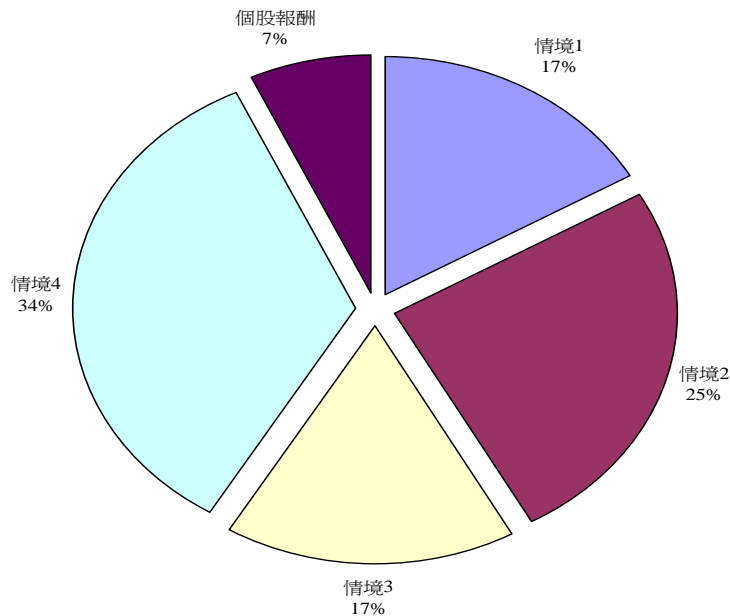
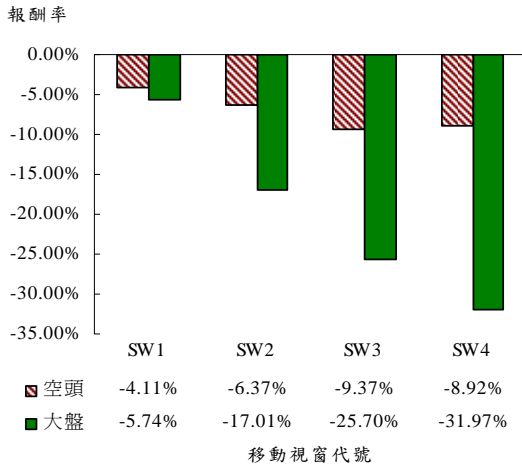
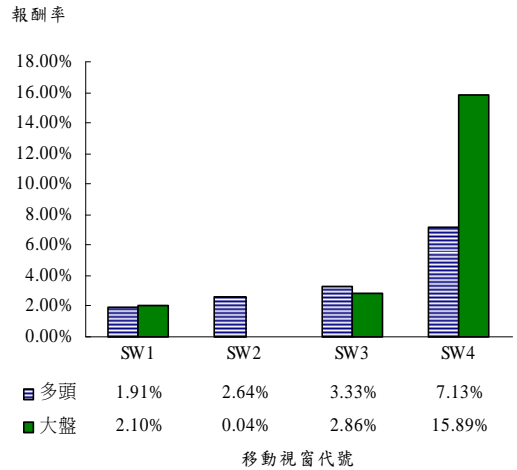


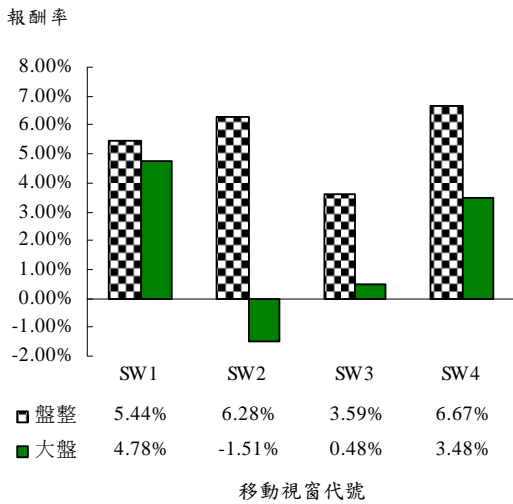
圖 11 各情境與個股平均報酬率比例分析



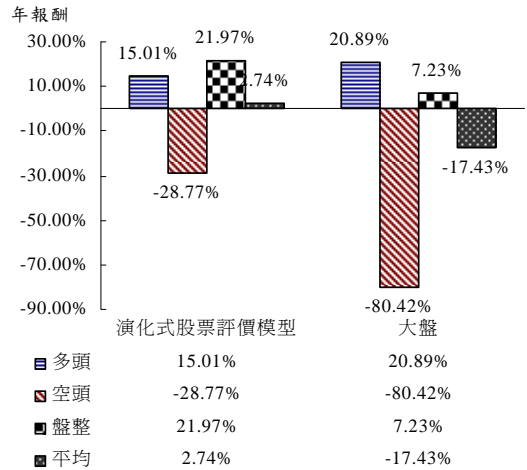
(a) 空頭走勢報酬率



(b) 多頭走勢報酬率



(c) 盤整走勢報酬率



(d) 演化式股票評價與大盤報酬率比較

圖 12 演化式股票評價於多頭、空頭、盤整走勢與大盤報酬率比較

整體而言，當大盤處於空頭走勢時，演化式股票評價模型的投資績效優於大盤，原因在於空頭市場時本模型的交易策略是股價愈低，持有股票的資金配置將會非線性遞增，分散持有成本；當大盤處於盤整走勢時，股票落入演化式股票評價模型的合理股票區，不會進行交易，直到股價低於低估區時才會進行買入動作，高於高估區時方會進行賣出的動作，有利於減少交易次數與成本並提高報酬績效。當走勢處理一般多頭時本模型的績效仍優於大盤，只有在大多頭時大盤的買入持有策略才能有稍好的績效。

5. 結論

台灣股票市場發展迅速，過去的股票評價模型受到許多限制，使得模型的適用性與實用性受到質疑。有鑑於此，本研究建構一個演化式股票評價模型結合非線性的資金配交易策略，利用遺傳演算法最佳化合理的股價區間與交易區間，並結合三次方程內插法以非線性方式規劃最適交易區間的資金配置。經由多項實驗以驗證本研究模型的績效與適合性。研究結果與發現，利用智慧型股票評估系統內含交易成本的交易時機點，具有明顯高獲利能力，表示演化式股票評價本身會依股票特性，自我發展出適合該股票的合理價格與買賣交易時機點進而提高獲利能力。另外，當大盤處於空頭時，演化式股票評價模型具有分散持股成本；盤整走勢時，股價需落入低估區與高估區才有交易行動，此將會減少交易次數與降低交易成本。因此，空頭與盤整走勢最能表現本模型的獲利能力；當走勢處理於大多頭時大盤的買入持有策略才能有稍好的績效。整體而言，演化式股票評價的投資績效優於大盤。未來研究方向可朝以下幾點進行延伸：(1) 加入財務報表指標如：獲利率、負債比率、股東報酬率等，以公司基本面評估企業的價值。(2) 除多頭趨勢、空頭趨勢及盤整趨勢外，未來可以加入重大轉折點應採取不同的交易策略。(3) 投資人可依據個人的風險風偏好來選擇特定產業決定合適的資產配置。(4) 可組合其他投資工具，例如債券與選擇權，甚至是不同證券市場做為為投資對象，以達到分散投資風險的目的。

參考文獻

- 林萍珍、陳稼興、林文修，「遺傳演算法在使用者導向的投資組合選擇之應用」，資訊管理學報，第七卷第一期，民國89年，155-171頁。
- Bebchuk, L. A., "Using Option to Divide Value in Corporate Bankruptcy," NBER Working Paper, No. 7614, 2000.
- Block, F. E., "A Study of Price to Book Relationship," *Financial Analysts Journal*, Vol. 20, No. 5, 1964, pp. 108-117.
- David, S. J. and Gregory, D. K., "A Contextual Analysis of Income- and Asset-Based Approaches to Private Equity Valuation," *Accounting Horizons*, Vol. 20, No. 1, 2006, pp. 19-35.
- Fama, E. F. and French, K. R., "Size and Book-to-Market Factors in Earnings and Returns," *Journal of Finance*, Vol. 50, No. 1, 1995, pp. 131-155.
- Francis, J., Olsson, P., and Oswald, D. R., "Comparing the Accuracy and Explainable of Dividend, Free Cash Flow, and Abnormal Earnings Equity Value Estimates," *Journal of Accounting Research*, Vol. 38, No. 1, 2000, pp. 45-70.
- Frankel, R. and Lee, C. M., "Accounting Valuation, Market Expectation, and Cross-Sectional Stock

- Returns,” *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 25, No. 3, 1998, pp.283-319.
- Lin, P. C. and Chen, J. S., “Fuzzy Tree Crossover for Multi-Valued Stock Valuation,” *Information Sciences*, Vol. 177, No. 1, 2007, pp. 1193-1203.
- Luca, L. G. and Carlo, P., “Stock Valuation Along a Markov Chain,” *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 141, No. 1, 2003, pp. 385-393.
- McKee, T. E., “A New Approach to Uncertainty in Business Valuations,” *The CPA Journal*, Vol. 74, No. 4, 2004, pp. 46-48.
- O’Brien, T. J., “A Simple and Flexible DCF Valuation Formula,” *Journal of Applied Finance*, Vol. 30, No. 1, 2003, pp. 54-62.
- Ohlson, J., “Earning, Book Value, and Dividends in Equity Valuation,” *Contemporary Accounting Research*, Vol. 18, No. 1, 1995, pp. 661-687.
- Ohlson, J., “On Accounting Based Valuation Formulae,” *Review of Accounting Studies*, Vol. 10, No. 2-3, 2005, pp. 323-345.
- Palepu, K. G., Bernard, V. L., and Healy, P. M., *Introduction to Business Analysis & Valuation*, New York: South Western Inc., 1997.
- Penman, S. H., “A Comparison of Dividend, Cash Flow, and Earnings Approaches to Equity Valuation,” *Contemporary Accounting Research*, Vol. 15, No. 3, 1998, pp. 343.
- Shoaf, J. and Foster, J. A., “The Efficient Set GA for Stock Portfolios,” In *Proceeding of IEEE International Conference on Evolutionary Computing (CEC)*, Anchorage, AK, 1998, pp. 354-359.
- Xia, Y., Liu, B., Wang, S., and Lai, K. K., “A Model for Portfolio Selection with Order of Expected Return,” *Computers & Operations Research*, Vol. 27, No. 1, 2000, pp. 409-422.