

使用基因程式規劃預測股票買賣時機

吳榮訓

中正大學資訊管理所

廖高賢

中正大學資訊管理所

摘要

預測股票走勢的方法有基本分析及技術分析兩類，技術分析是頗受歡迎的一種分析方式，主要是技術分析在判讀上並不一定需要有受過財經教育的專業能力，一般投資人均可以使用技術分析來預測股價走勢。本研究主要目的是使用技術分析中的價量關係為預測變數，並使用十分鐘為一筆記錄的交易資料，應用基因程式規劃的快速搜尋及最佳化能力，透過歷史資料的學習，建立一個股票市場的股價預測模式，利用所建立的模式掌握個別股的未來動態與趨勢，使投資人能從中獲利。由於股票市場交易結構會隨著時間不斷改變，在訓練過程採用移動視窗的方式，以產生更符合市場動態的交易規則，然後和買進持有策略進行比較，期望在獲利上能優於買進持有策略。此外也將做基因程式規劃參數的實驗，以找出適合本研究的最佳參數。模擬實證的結果顯示，在考慮交易成本下，使用價量關係預測方式能打敗買進持有策略獲得超額的報酬，且依十分鐘交易資料進行預測，當買賣訊號出現時，即可在盤中立刻買進或賣出，操作比使用日資料預測還靈活。實驗中亦發現提高複製率及交配率時可以達到較佳的演化效果，產生較佳的交易規則。

關鍵字：技術分析、基因程式規劃、價量關係、機器學習



Using Genetic Programming to Predict Timing for Buy or Sell Stocks

Roung-Shiunn Wu

Department of Information Management, National Chung Cheng University

Kuo-Shuang Liao

Department of Information Management, National Chung Cheng University

Abstract

In term of stock market analysis, two schools are developed to analyze stock price by using either fundamental analysis or technical analysis. The major goal of fundamental analysis is to pick the right stocks to invest on. While technical analysis can be applied to provide price-and-volume relationship or indexes information for decision making when to trade stocks. To make profit from stock market, one must have capability to pick the right stocks and to know when to buy or sell them. In this research we applied genetic programming along with a machine learning methodology as technical analysis tool and used price-and-volume relationship as predicting parameter. By taking advantage of searching and optimizing capacities of genetic programming, a prediction model was developed using archive price and volume data for training individual stock. The prediction model generated trading rules. These rules were applied to detect timing for trading.

Keywords: Technical Analysis, Genetic Programming, Price-and-Volume Relationship, Machine Learning



壹、緒論

股票投資已成為一般民眾主要的理財工具，在台灣大多數的投資人都喜歡在股票市場去賺取比銀行定存利率或公債等其它金融商品更高的報酬率。但是在高報酬的背後，伴隨而來則是高風險的存在，因為投資不當而導致血本無歸的例子更是常見。所以在利用股票當作投資工具時，如何運用一套穩健的投資策略，達到歸避風險並且獲得超額的利潤，是一個值得探討及研究的問題。

影響股票價格漲跌的因素有很多，可以從基本面、技術面、消息面、籌碼面四個方向來探討（李政霖，1998），從基本面來看，企業的產業遠景看好或具有爆發力的成長，或者是接到大訂單及營收創新高等，皆會使得股價有一大波段的漲勢。從技術面來看，使用各種技術指標或者是過去股價的曲線圖形來研判，預測出某股票未來的走勢。從消息面來看，政府的政策變動或選情變化、天災、戰爭等外在環境因素以及國際金融環境的變化，都會對股價立刻造成影響。從籌碼面來看，三大法人對特定股票的持有股數，或是聯合拉抬特定股票等，都會對股價造成波動。

為了掌握股價的走勢，許多的分析方法因應而生，市場上大致可分為專業基本分析與專業技術分析兩派，所謂的專業基本分析乃是根據總體經濟情況、資金面、產業發展狀況以及個別公司之經營、獲利情形及財務報表來判斷股票價值。而專業技術分析則以市場資料為分析對象，分為市場整體資料及個別股票資料等兩大類，不僅分析價格及成交量，也分析各種技術指標。

最近幾年當中，技術分析已逐漸獲得大多數投資人的重視，原因是一般投資人和受過專業財經教育的股市專業研究人員不同，無法對於各項經濟和財務資訊做系統化的分析與比較的能力。但技術分析則較容易學習而判讀也較為簡單。

目前電腦科技的進步，運用於協助投資理財的決策上相當普遍。其中基因程式規劃（Genetic Programming）的強大的搜尋能力及速度，且不易陷入局部最佳解（Local Optimal Solution）的特性，適合應用於股市中交易策略搜尋的問題上。價量關係為技術分析方法中的一種，本研究將運用基因程式規劃強大的搜尋能力去對台灣股票市場的歷史資料（Archive Data）做搜尋的動作。以期望能導出合適的價量關係（Price-Volume Relationship）規則，進一步建立一套低風險而又有高報酬率的交易策略，使投資人能夠在變化萬千的股票市場中穩健的獲利。另外，本研究中也將測試基因程式規劃中訓練期間（Training）、複製率（Reproduction Rate）及交配率（Crossover Rate）等參數，期望能找出適合本研究的最佳參數，以使基因程式規劃的演化機制能發揮最大功能。

本文的架構如下：第二節將就基本分析及技術分析做相關的介紹，並說明價量關係理論，以及運用技術分析和基因程式規劃理論之相關研究進行探討。第三節將介紹本系統的架構，以及定義本研究所使用到的價量關係變數、實驗參數及交易規則建立等相關說明。第四節為實驗設計及實證結果分析。第五節為本研究的貢獻及發現。

貳、文獻探討

一、基本分析和技術分析

基本分析和技術分析，是對股票市場分析方法選擇的角度、採取的辦法、時間長短和作用各異的因素分析，以下即對這兩種學說進行探討。

（一）基本面分析（Fundamental Analysis）

基本分析的目的主要是在於分析股票內在的基本價值，假設公司股票本身具有其應有的價格水準，此即內涵價值（Intrinsic Value）的存在（李政霖，1998）。基本分析也就是對總體經濟情勢、產業展望、公司營運分析這三個構面的評價過程，進而了解股票的價值。在總體經濟情勢分析上，著重經濟面、資金面及景氣面三大方面，從中長期經濟面看股票市場的成長，從中長期及短期資金面探討股市的走勢，並探討景氣循環與股價週期的關係。在產業展望分析上，著重於產業的未來和發展，並且探討產業結構及對整體環境的了解，掌握產業的變化。最後在公司營運分析上，分別探討營收、盈餘、除權、現金增資、股利政策、本益比、殖利率與股價淨值比等各種基本分析與股價的關係。基本分析的判斷方式在於若股票目前的價格明顯低於估計之內涵價值即視為買進訊號。反之，如果內涵價值超過市場價值時，則可將股票拋售。

（二）技術分析（Technical Analysis）

技術分析則是利用歷史資料來判斷整個股市或某單一的個股變動方向及變動程度的分析方法，其所採用的歷史資料主要是成交價格及成交量，然後透過圖表型態解析（Chart Analysis）或計量化的技術指標（Technical Index）的買賣訊號來當作買進或賣出股票的準則（楊基鴻，1997）。技術分析的內容大概可區分為三類：以判斷股價趨勢為主的趨勢分析、以形態分析找尋所謂的價位關卡或關鍵、衡量人氣盛衰的指標等這三類。

技術分析者認為過去的股價移動將是未來股價移動的指標，Levy（1966）所指出技術分析的基本假設是：雖然時空更迭，但歷史是會一再重演，也就是過去的股市行為模式會在未來再度發生，因此只要掌握股價變動軌跡是屬於何種形態，就可以作為預測未來股價變化之用（Levy, 1966）。他將技術分析的基本邏輯歸納如下：研判過去及現在股價的變化走勢，以推論未來的股價變動趨勢（Trend），但不予深入研究其變動的理由。

在過去的相關研究已發展出許多的技術分析方式與技術指標（Pring, 1985），常見的技術分析方法有 K 線（Candlestick）、價量關係（Price-Volume Relationship）、KD 指標（Stochastics KD Line）、RSI 指標（Relative Strength Index）、移動平均線（Moving Average）、乖離率（Bias）、MACD（Moving Average Convergence and Divergence）、OBV 線（On Balance Volume）等等。

二、價量關係的理論

價格和成交量是市場機制下的聯合產物，兩者之間所呈現的關係也一直是投資人在技術分析領域中的主要議題，本節主要根據學者論點及實證研究，對於股價及成交量之間的關係做探討。

Osborne (1959) 是最早提出價格變動與交易量關係理論，雖然研究中未明白指出價和量的關係，但其模型中已經隱含發現交易量與股價變化的絕對值成正向相關 (Positive Correlation) (Osborne, 1959)。自此之後，交易量和價格的關係即受到熱烈的討論。Pring (1985) 認為股價和成交量之間有以下的關係：

成交量的不斷放大会帶動股票價格上漲，這是一般的市場特性。在這種情況之下，將來比較沒有出現價格反轉點的可能性。

雖然成交量持續不斷放大，可把價格推向另一個新高點，但若之後成交量卻低於先前幾天的量，即表示價格將會出現反轉點的可能性。

當成交量持續萎縮時，表示價格在近期之內將有可能出現反轉點。

在漲勢的波段中，最初是價量配合緩慢推升，但常會在漲勢末升段中，股價和成交量會以指數型態急速上漲。之後若隨著成交量大幅萎縮的同時，股價會隨之下跌，此即表示漲勢已近尾聲，趨勢即將出現反轉的現象。

當價格長期下跌，且低於或只稍微高於前波低點，倘若此時的成交量比前波低點的量還低，則為多頭市場 (Bullish Market) 之訊號，價格有反轉向上的可能。

當價格跌破上升趨勢線 (Upward Trend Line)、移動平均線 (Moving Average) 或頸線 (Neck Line)，而成交量卻持續增加時，則可幫助確認趨勢反轉。

當價格急速下跌，但成交量卻反而持續增加時，此為賣出股票的時機。

當價格從谷底開始回升時，通常會伴隨著成交量減少，這種量減價漲的現象被視為一種正常的價量關係。而此時通常就代表空頭市場 (Bearish Market) 即將結束。

三、股票價格決定理論

股票價格決定理論主要探討股價形成與決定因素，並分析其漲跌原因。由於可能影響股價變動之因素眾多，因此有很多理論及學說被提出，本文將僅介紹具代表性的部分。

(一) 傳統學說 (Conventional Theory)

傳統股價理論認為影響股票價格變動之基本因素，來自於投資者對企業盈餘的預期。若企業的獲利能力佳，投資人必購進股票，以期獲得優厚之股息或是資本利得，股票買盤便會大增，如此股價必然上漲。反之如預期企業之獲利能力大減，或出現虧損，投資人必將其持有之股票爭先賣出，股票賣盤大增，如此股價必然下跌。此理論主要是認為發行股票的企業，在未來營運業績之好壞將會正確反映到股票價格的漲跌上 (黃子祐，民 91)。

（二）信心股價理論（Confidence Theory）

信心股價理論是基於市場的心理觀點所發展出來的，此學說雖然認為盈餘和股利皆為影響股價變動的原因，但特別強調是股票市場上心理因素對股價所造成的影響，也就是股票價格變動之因素，是投資者對於未來股價、公司營餘與股利發放率等條件，所產生信心上強弱之影響，並不完全單靠企業的財務報告資料。此學說主要的優點在於可解釋傳統學說所不能說明的反常現象，例如當經濟情況良好時而股價反而疲軟，或經濟情勢欠佳而股價反而扶搖直上的原因，但信心學說的缺點在於投資人信心不易衡量，這將使得在分析股價時相當的困難（林建成，民 90）。

（三）效率資本市場（Efficient Capital Market）

效率資本市場的概念由 Fama 於 1965 年提出，這一理論強調，任何時刻的股價都是對該種股票內在價值的評估（Fama, 1965），是投資者利用現有資訊和預期將會公開的新資訊後所做出的評估結果。

資訊是這一學派對所有影響股價變動的資料總描述，並在股價的形成過程中有著相當重要的作用。效率資本市場理論強調，一個充分有效率的證券市場，應具備的條件是：（1）投資者具理性；（2）資訊能及時公開；（3）市場充分公開競爭，任何投資者無力操縱股價的變動。根據上述三個條件的滿足程度，可以將證券市場的效率分為以下三種類型（Fama, 1970）：

（1）弱勢效率（Weak Form Efficiency）市場：

在這個市場上，股票價格已充分反映了過去股票價格的各種資訊，投資人除非有別的公開可獲利的資訊，否則無法獲得超額利潤。因此，投資人利用各種歷史之交易資料從事分析與預測，並不能因此而獲得超額報酬。所以顯然的弱式效率愈高，則以過去價量為分析基礎的技術分析將趨於無效。

（2）半強式效率（Semi-Strong Form Efficiency）市場：

在這個市場上，目前之股票價格充分地反映了所有已經公開的資訊，例如已公開財務報表，投資人無法因分析這些資訊而獲得超額報酬。顯而易見的半強式效率愈高，以總經濟及財務分析為基礎的基本分析在半強式效率資本市場中將失去效用。

（3）強式效率（Strong Form Efficiency）市場：

在這個市場上，由於股票價格充分地反映了已公開和未公開的所有資訊，此時股票價格已調整到與其股票價值完全一致。在這種情況下，投資者即使有內幕消息，例如內線交易（Insider），也無法獲得超額報酬。

效率資本市場學說給投資者的啟示如下列幾點：（1）要注意股票內在價值的分析和評估；（2）要有效利用已公開的股票資訊，及時蒐集新的股市訊息，進行準確及時的研判，據此作進出股市的投資決策。

台灣股市是否具有效率性，目前有所爭議。先前以台灣股市為目標市場的市場效率性研究中，有部份研究結論顯示台灣股市不具弱勢效率性（高梓森，民 82）（賴宏

祺，民 85)。但也有部份研究指出台灣股市符合弱式效率性的假設(陳建全，民 86)(廖清達，民 86)。針對這兩類研究結論進行比較和分析，發現造成結論差異的主要原因有二：(1)實證樣本的不同(包括時間不同、股票不同)。(2)採用的技術指標不同(包括指標種類、單一指標或綜合指標)。也就是說，當證明技術分析在其研究樣本中無法獲得超額報酬，即認為台灣股市具弱勢效率性；當證明技術分析使用在其研究樣本中可獲得超額報酬，則認為台灣股市不具弱勢效率性。

雖然台灣股市是否具弱勢效率性仍無明確的文獻來支持，但由部份研究證明在某些樣本中存在技術分析方法為有效的這個事實來看，應該可以推翻技術分析「絕對無效」的觀念。所以本研究在進行時，即假設台灣股市不具弱勢效率性。

四、技術分析相關文獻

本研究是使用技術分析來預測股市，所以介紹國內外在技術分析上相關的研究文獻，並加以探討。

Ratner & Leal (1999) 採用移動平均法線法則探討技術分析交易法則在拉丁美洲(阿根廷、巴西、智利、墨西哥)等市場與亞洲(印度、南韓、馬來西亞、菲律賓、台灣、泰國)市場共十個國家是否能獲利，研究期間自 1982 年 1 月至 1995 年 4 月止。其實證結果顯示，在考慮交易成本後，技術分析交易策略僅在台灣、泰國及墨西哥三個國家具有統計上顯著獲利能力。在不考慮統計顯著性的情況下，使用在十個國家的市場中，總計 100 個交易規則策略中有 82 個能正確預測報酬序列的方向變化，研究結果顯示技術分析可提供重要的投資資訊給予投資人。

Gunasekarage & Power (2001) 使用移動平均線交易法則於孟加拉共和國、印度、巴基斯坦與斯里蘭卡等四個南亞洲股票市場，研究樣本期間自 1990 年 1 月至 2000 年 3 月。其實證結果顯示，技術交易法則在這些國家可獲得超額報酬，因此結論認為在南亞洲股市不符合弱式效率市場。

Hsu & Kuan (2004) 利用技術分析規則且使用交易策略對 Dow-Jones Industrial Average, S&P 500, Nasdaq Composite, Russell 2000 等四個成熟及新興的市場做實證研究。研究顯示，在 Nasdaq Composite 及 Russell 2000 兩個市場中有統計顯著的投資報酬，在考慮交易成本之下，投資報酬也優於買進持有策略，結果且也支持市場的成熟度和市場效率是有關的。

趙永昱(民 90)以美國、英國、法國、日本與香港等已開發市場，另外包括新加坡、南韓、台灣、印尼、馬來西亞、菲律賓、泰國等亞洲新興市場當作研究對象，使用移動平均線交易法則評估在這十二個國家中的十四種股價指數的市場擇時能力。研究期間自 1990 年 1 月至 2002 年 3 月 22 日。其研究結果顯示，移動平均線法則對已開發市場無市場擇時能力，然而，對亞洲新興市場則具有市場擇時能力，建議投資人在新興市場中可以使用一般人均熟知的移動平均線做為市場擇時參考。

李良俊(民 91)以台灣股票市場中的上市和上櫃共 118 家公司及台灣股票市場加權股價指數週資料為研究樣本，研究期間自民國 85 年 7 月 2 日起至民國 91 年 6 月 28

日止，將常用的四種技術分析指標，分別為移動平均線法則、KD 值、RSI、乖離率組合出 15 種不同的操作策略，進行模擬實證。研究結果顯示，有 12 種操作策略能優於買進持有策略。

陳應慶（民 92）以台灣證券交易所台股大盤加權指數收盤指數為資料，研究樣本期間自民國 86 年 1 月 4 日起民國 92 年 6 月 30 日止，分別探討 RSI、MACD 及 DIF 三項指標在股票市場之互動關係，並試圖找出其間各種不同之組合及找出最適買進切入點之組合。研究使用 6 日 RSI、MACD、DIF 及 D-M 指標，實證研究結果顯示在民國 86、88、89、91、92 皆有買進切入點。

五、基因程式規劃（Genetic Programming）相關文獻

目前有很多研究使用基因程式規劃（Genetic Programming）來改進或產生新的技術分析交易策略，本節主要是整理及探討一些學者的相關研究。

Tsang & Li (1999) 以 Genetic Programming 結合技術分析的指標去做股市的預測。研究的目標市場是 Dow-Jones Industrial Average。使用 1969 年 4 月 7 日到 1976 年 10 月 11 日當作訓練資料（Training Data），以 1976 年 10 月 12 日到 1980 年 5 月 5 日做為測試資料（Testing Data），實驗的方法以六條技術分析規則為基礎，並和今日的盤中價格相比來決定買賣訊號。實證的結果顯示在不考慮交易成本之下，Genetic Programming 可以改善技術分析指標的預測，可以從市場上獲得報酬。

Liad (2003) 使用 Genetic Programming 和技術分析相結合去做投資組合的評估，期望選出報酬最大的投資組合。研究的目標市場是 Dow-Jones Industrial Average，樣本期間是 1979 年到 1980 年間，共選擇 300 檔的股票，以 10 檔股票為一個投資組合，用六條技術分析規則，且每條規則給予一個權重來評估每個投資組合中的股票。實證的結果顯示報酬可超越存款利率。

Lee & Seshadri (2003) 以 S&P 500 指數為研究目標市場，運用 Genetic Programming 來演進技術分析規則，研究樣本使用月資料，期間以 1960 年到 1990 為訓練資料（Training Data），以 1991 年到 2002 為測試資料（Testing Data）。實驗中加入懲罰因子（Complexity-Penalizing Factor）在適存函數上避免出現局部最佳化（Overfitting）。最後實證結果顯示，可以打敗買進持有策略獲得超額報酬。

Jean-Yves & Patrick & Maxime (2004) 以多倫多證券交易所 14 家公司的股票為樣本資料，使用基因程式規劃（Genetic Programming）來演化技術分析的規則和指標。實驗分為短期長期交易規則演化，在短期的交易規則演化方面，以 1998 年 6 月 22 日到 1999 年 6 月 25 日為訓練資料（Training Data），以 1999 年 6 月 28 日到 2000 年 6 月 30 日為測試資料（Testing Data）。長期的交易規則演化方面，以 1993 年 7 月 2 到 1999 年 6 月 25 日為訓練資料（Training Data），以 1999 年 6 月 28 日到 2000 年 6 月 30 日為測試資料（Testing Data）。實驗結果顯示，當市場為跌勢或平穩時，報酬將會超越買進持有策略，當市場為漲勢時，報酬將無法超越買進持有策略。

參、運用基因程式規劃建立交易策略

一、系統架構

本研究主要目的是利用基因程式規劃的搜尋能力，針對台灣股市中的股票買賣找出適當的交易策略。系統的運作方式如圖 1 所示，從股市歷史資料中粹取出每十分鐘的價格及成交量等統計資料，然後再利用基因程式規劃（Genetic Programming）從這些輸入變數中找尋出合用的項目，並且搜尋出適當的買賣點關鍵值，以建立起利用歷史資料和運用機器學習（Machine Learning）而導出的交易規則。然後將導出的交易規則運用在一段測試期間作交易測試，之後評估該交易規則應用於測試期間的報酬績效，最後則是和買進持有策略（Buy-and-Hold Strategy）做評估和比較。

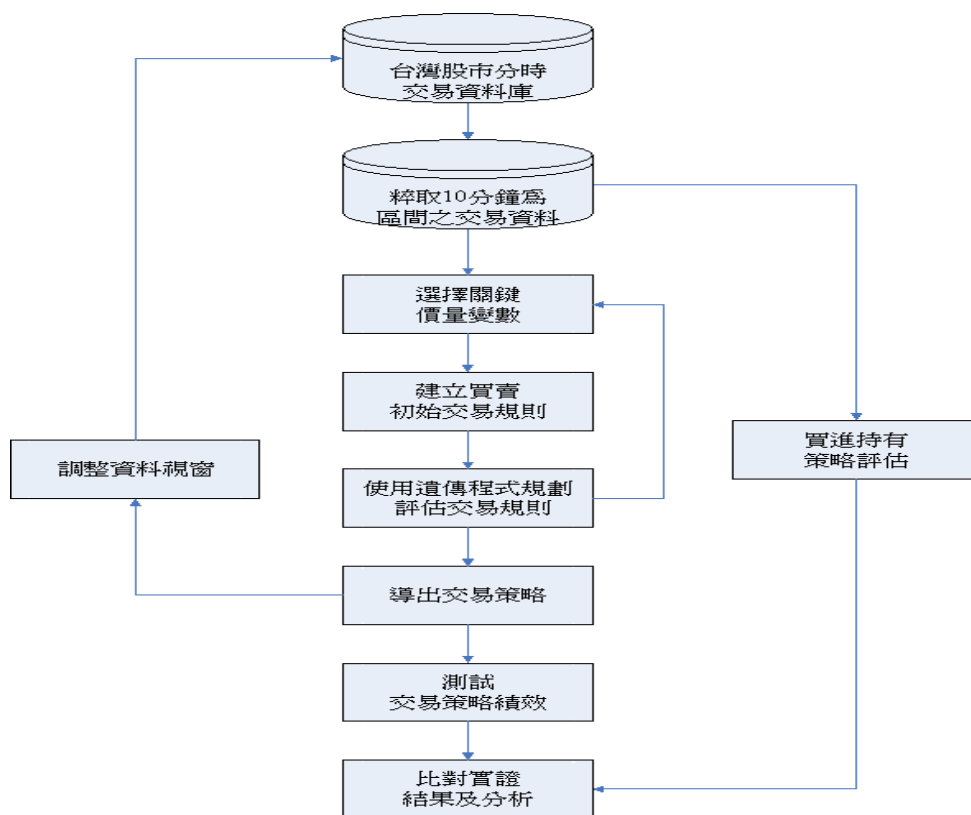


圖 1：系統模式架構圖

系統模式架構各部分的說明如下：

- (1) 台灣股市交易分時資料庫：資料來源為台灣經濟新報（TEJ）資料庫，此資料庫存放過去台灣股票市場個股分時交易之原始資料。

- (2) 粹取 10 分鐘區間之交易資料：從股市分時交易原始資料庫中，以 10 分鐘為區間，粹取研究中訓練及測試所需的股市歷史資料。此資料庫中包含有過去每個交易日中以十分鐘為一筆交易記錄的個股開盤價、收盤價、最高價、最低價、成交量等價量資料，以及計算完成的價量關係變數等。
- (3) 選擇關鍵價量關係變數：選擇合適的價量關係輸入變數，運用基因程式規劃自動去搜尋出合適的交易策略。而關於本研究中所使用的價量關係其它統計資料將在下節中詳細描述。
- (4) 建立買賣交易規則：選擇出適當的變數之後，即可以建立買賣點的交易規則，並產生最初的母體 (Population)。詳細的交易規則建立方式也將在下一節詳細描述。
- (5) 基因程式規劃評估交易規則：利用基因程式規劃來訓練資料 (Training Data) 並且導出交易規則。是本系統內部運作的重要的步驟。此階段為訓練階段 (Training)，運用繁殖 (Reproduction)、交配 (Crossover) 及突變 (Mutation) 等方式，不斷的進行世代演化及搜尋，並使用適存函數 (Fitness Function) 評估每個交易規則，期望找出最佳的買賣點規則。若無法導出良好的交易規則時，則必須重新設計及選擇價量變數。
- (6) 導出交易策略：在經過基因程式規劃不斷的對交易規則進行演化和搜尋之後，最後導出在訓練階段的最佳交易策略，交易策略是指交易規則的集合。
- (7) 測試交易策略績效：這個階段即運用所導出的最佳交易策略進行測試 (Testing) 的工作，並且計算該交易策略在測試期間的績效。
- (8) 買入持有策略評估：使用和測試期間相同的時間，在時間的一開始即立刻買進股票，並全程進行持有，等到測試期間結束時，計算其當時的股票價值及績效報酬。
- (9) 比對實證結果及分析：將測試期間的交易績效和買進持有策略的績效進行比對，以實證由基因程式規劃所導出的最佳交易策略是否優於買進持有策略，並提出具體的結論。
- (10) 調整視窗 (Sliding Windows)：由於股票市場是千變萬化的，隨著時間的增長，整個趨勢會改變。所以若只做一次訓練及測試所產生的交易策略卻一直使用的話，或者是訓練後的交易策略用於測試期間太長，其可信度就另人質疑。所以本研究採用調整視窗的方式 (圖 2 所示) 來縮短資料區間的長度，以使導出的交易策略能有最佳的預測能力。



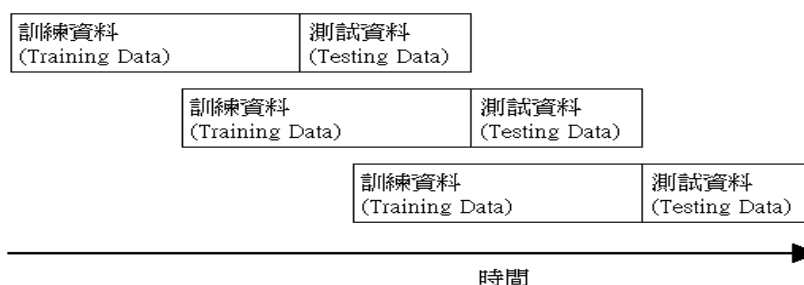


圖 2：調整視窗概念圖

二、基因程式規劃簡介

基因程式規劃 (Genetic Programming)，是基因演算法 (Genetic Algorithms) 應用上的一個分支，由 Koza (1992) 提出。主要是使電腦在不提供它詳盡程式指令的情況下，能夠自動學習且最佳化方式解決問題而提出的一套隨機性搜尋法，基因程式規劃特別適用於搜尋解答空間 (Solution Space) 很大、複雜、可能有雜訊、非線性而且無法預測可能解的問題上。

基因程式規劃是以基因演算法為基礎，可視為其更深一層的演化。基本原理是運用達爾文 (Darwin) 所提倡的物競天擇理論，適者生存，不適者淘汰的理論來演化，這兩者的整體運作方式和流程也是相同的，都以世代的演化交替為主要核心，兩者皆為搜尋目標最佳化的演算法 (Optimization Algorithm)。

基因程式規劃運作方式則是根據基因演算法的機制，將原本以位元字串構成的單元，推廣到以程式構成的單元。在 Holland (1975) 所描述的基因演算法則 (Simple Genetic Algorithm)，也適用於基因程式規劃。

與基因演算法最大的不同，就是基因程式規劃改變了基因演算法在模擬生物染色體那方面的概念，不再以一條以 (0、1) 當作基因所組成的布林字串來表示染色體，取而代之的是以形狀、大小和結構都具高度變化彈性的樹狀結構 (Tree) 來表示「規劃」(Programming)，也就是兩者群體 (Population) 中個體的表示方法有很大差異的。因此，基因程式規劃不用再對所要解決的問題染色體進行編碼 (Encoding) 及解碼圖 (Decoding) 的動作，完全以自動化的方式產生解答，而規劃在不同的問題領域表示也不同，其可為數學函數、電腦程式、邏輯運算式或交易規則等。例如： $Z = 3 * X + 5 * Y$ 在基因程式規劃中可表現為圖 3 的樹狀形式。



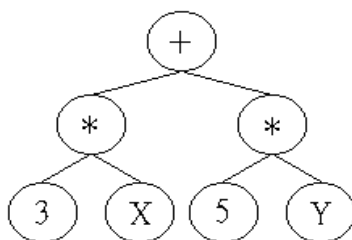


圖 3：基因程式規劃樹狀圖

同樣的，交配（Crossover）及突變（Mutation）等機制也可透過樹狀的形式來呈現，如圖 4 所示：

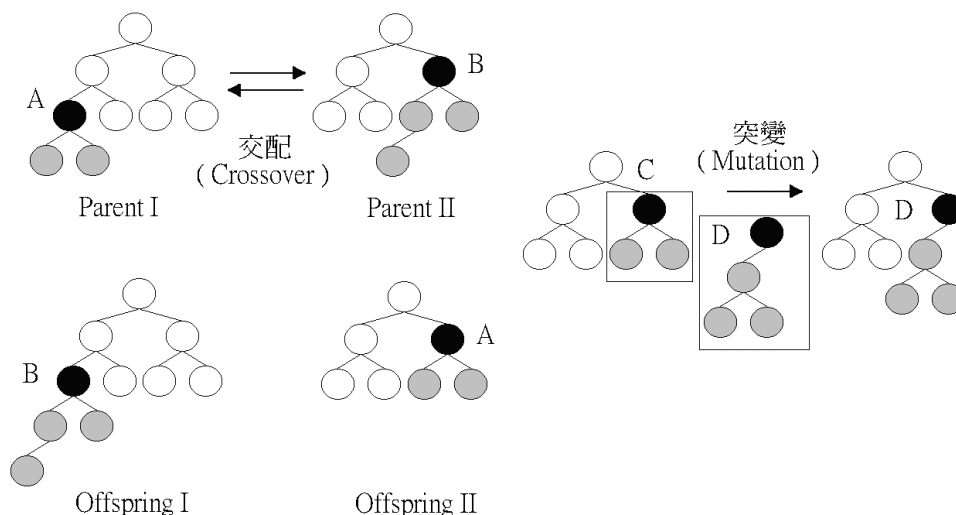


圖 4：交配及突變樹狀圖

本研究採用基因程式規劃為演化方式，而不採用基因演算法，主要原因是基因演算法在規則上皆依主觀的設計，並定義好固定的型式，然後再對規則中的所有門檻值或參數進行編碼，由於規則固定型式，因此造成搜尋空間受到侷限，因此無論交易規則的型式如何設計，在進行演化時，只是值的改變，無法跳脫出固定的結構框架，所以在發展交易規則上並不適用。而基因程式規劃是以樹狀結構表示交易規則，在行進演化時具有強大彈性，經由節點的交換，可以產生全新的交易規則，因此即有可能發掘潛在的交易規則，所以在搜尋交易策略上具有比基因演算法更好的優勢。

基因程式規劃之基本架構主要有以下幾個部分：

- (1) 終端集合（Terminal Set）：是由輸入基因規劃程式中的值所組成，由於處於樹狀結構分枝終端之葉片（Leaf）部分，因此稱之為終端集合。輸入值可為常數或引數為零的函數（Zero-Argument Function）。

- (2) 函數集合 (Function Set): 函數集合可以是邏輯函數 (Logical Operations: AND、OR、NOT)、一般的四則運算函數 (Arithmetic Operations: +、-、×、÷)、標準的數學函數 (Standard Mathematical Function)、標準程式運算子 (Standard Programming Operators) 或是使用者自行定義的函數 (Domain-Specific Function) 等。也就是說, 函數集合可由許多的程式敘述 (Statement)、運算子 (Operator)、及各種遺傳規劃可運作的函數 (Function) 所組成。
- (3) 適合度 (Fitness): 為配合目標方程式及選取方法所產生的一個函數式, 群體中的每個個體在經由適合度函數運算後會得到一個適合度值 (Fitness Value)。適合度值越大, 即表示被選取的機率會較高。
- (4) 控制參數: 包括群體的大小 (Population Size)、樹的深度 (Depth)、交配的機率 (Crossover Probability) 及突變的機率 (Mutation Probability) 等。
- (5) 中止條件: 依研究的問題及領域而有所不同, 可設定為固定之群體數、錯誤的容忍度或演化的世代數。

三、價量關係

股票價格與成交量之間的關係, 也一直是技術分析的重要領域。許多的研究亦顯示價和量存在著因果關係 (高櫻芬、吳東安, 2001)。通常股價上漲, 會伴隨著成交量擴大; 股價下跌, 成交量也會減少 (許溪南、羅志賢, 1999)。上升的行情中, 隨著成交量的擴大, 股市日漸活躍, 越來越多的投資者進入股市, 大量的資金湧入市場, 推動了股價的上升, 於是成交量和股價之間形成一個正向的良性循環。下跌的行情中, 投資者的信心不足, 大量的資金紛紛離開股市, 成交量逐漸少, 股價不斷下跌, 成交量和股價之間形成一個惡性循環。

美國著名的投資專家葛蘭碧 (Granville) 曾經說過:「成交量才是股市的元氣, 股價只是成交量的反應而已, 成交量的變化是股價變化的前兆。」在價量關係中, 判斷的重點在於「量」與「價」需要相互配合, 一旦價量配合, 股價上漲或下跌的「趨勢」將會一直持續下去。如果出現「量」與「價」背離的情況, 如「價跌量增」或「價漲量縮」, 那麼股價上漲或下跌的「趨勢」就存在著反轉的可能了。成交量的判斷方式整理如下 (李進財、謝佳穎、阿民, 2004) (洪季志, 2003) (楊耀堂、盧德豐, 2000):

- (1) 價漲量增: 價漲量增是良好的價量配合關係, 通常是代表多頭的訊號出現。在多頭行情之中, 成交量亦隨之適當增加時, 有利於多頭市場的一直持續。在空頭走勢中出現價漲量增的情況時, 極有可能是止跌訊號。在多頭行情的末升段中, 價漲量增有時會是高點已至的訊號。尤其是成交量異常放大而且後繼無力之時, 會有發生反轉的可能。
- (2) 價跌量增: 是價量背離的訊號, 是反轉的訊號。在跌勢末期時, 量增代表低檔買盤進入轉趨積極, 距離價格低檔應不遠。在漲勢初期或低檔盤整階段, 可能是多頭買氣正在醞釀。在漲勢末期則為獲利了結心態濃厚, 未來反轉可能性大增。若處於跌勢初期則未來下跌將會持續。

- (3) 價平量增：持續原來行情的走勢。若處於跌勢末段或漲勢初升段時，應是多頭買氣仍在持續醞釀，未來上漲機會很大。多頭走勢或空頭走勢的盤整期間，則為多頭或空頭力道重新醞釀的時機，在未來盤勢朝原來趨勢發生突破時，原來的趨勢將持續發展。若漲勢處於末升段，極有可能是多頭力道逐漸衰退的跡象。
- (4) 價漲量縮：屬價量背離現象，未來走勢一般以偏空因應。處於漲勢初升段或盤整階段時，應採取觀望態度。若為漲停鎖死，則漲勢仍將持續。處於末升段時，則可能因為多頭追漲意願不高，指數反轉而下機率大增。
- (5) 價跌量縮：若股價處於初跌段或主跌段時，代表多方接手意願不高，仍視為賣出訊號。若為末跌段時，則為空頭力量衰竭，應注意買進時機。若在上漲趨勢中，通常代表持股者惜售，未來應可續漲。
- (6) 價平量縮：亦屬於背離現象，但不確定性較強。若處於漲勢末升段則代表離高點不遠，應注意賣出時機。若處於盤整期間，則對於盤勢較無影響力。
- (7) 價漲量平：若處於多頭走勢中則有可能是處於換手過程中。若後續成交量無法擴大，則上漲可能會無力，應密切留意賣出訊號。在空頭趨勢中極可能是短暫技術的反彈，後市仍然偏空。若處盤勢於整理階段，則較無特殊意義。
- (8) 價跌量平：判斷的方式同價漲量平。
- (9) 價平量平：價平量平顯示市場上的投資人觀望氣氛濃厚，指數未來仍以原來趨勢發展居多。

四、基因程式規劃建立交易策略

基因程式規劃是由電腦模擬進化機制及過程，具有自動化求解的強大功能，且改進了基因演算法初始化資料的機制，並無須要對問題進行編碼，僅須針對問題領域指定基本的函數節點集合及終端節點集合，再搭配其引導演化方向的適存函數（Fitness Function）即可。關於本研究基因程式規劃部份之設計，將詳細描述如下：

（一）終端節點集合

在基因程式規劃中，終端節點（Terminal Node）的內容主要為存放運算元（Operand），所以終端節點的集合也就代表了所有的搜尋空間。終端節點通常為常數或變數，或者是不需參數代入運算的函數。在本研究中，由於是使用價量關係方法來預測股價，價量關係皆由原始資料透過運算而產生，因此終端節點只包含常數（Constants）及價量關係變數。本研究的終端節點包含如下：

隨機常數（Ephemeral Random Constants）：隨機產生的常數，若有小數則由小數以下第四位四捨五入到小數點以下第三位。以個別股來說，其最大值 5，最小值為 0.010。

價量關係：本研究所用的變數，包括今日開盤價和今日平盤價比（今日開盤價／今日平盤價）、今日開盤量和昨日開盤量比（今日開盤量／昨日開盤量）、以十分鐘為一筆的收盤價和當日平盤價比（十分鐘收盤價／當日平盤價）及以十分鐘為一筆的累

計成交量和昨日的總成交量比（十分鐘累計成交量／昨日的總成交量）等四個變數。

其中價量關係資料之表示如下：

開盤價和當日平盤價比，其代碼為 OPENP。

今日開盤量和昨日開盤量比，其代碼為 OTC。

十分鐘為一筆的收盤價和當日平盤價比，其代碼為 PXXXX。

十分鐘為一筆的累計成交量和昨日總成交量比，其代碼為 VPXXXX。

其中 XXXX 為一組時間數字，例如 9 點 20 分表示為 0920；13 點 20 分表示為 1320。P0920 則表示由 9 點 10 分 01 秒開始至 9 點 20 分 00 秒收盤時的收盤價除上當日平盤價之值，VP1320 則表示由今日開盤至 13 點 20 分 00 秒時的累計成交量除上昨日總成交量之值。依台灣股市現行的交易時間，所有的時間數值如下：0910，0920，0930，0940，0950，1000，1010，1020，1030，1040，1050，1100，1110，1120，1130，1140，1150，1200，1210，1220，1230，1240，1250，1300，1310，1320，1330。例如終端節點內容有可能包含 P0910、VP1230、OPENP 或 OTC 等變數，或是 0.975、1.110 或 1.050 等隨機產生的值。

（二）函數節點集合

在基因程式規劃中，函數節點（Function Node）的內容是提供運算子（Operator），本研究中文函數節點配合終端節點組合成一組「規劃」，用以陳述交易規則。函數節點可以包含以下運算子或函數：

- (1) 算術運算子：+（加），-（減），*（乘），/（除）等四則運算；
- (2) 比較運算：如 <=，<，>=，>，<>，= 等；
- (3) 數學函數：sin，cos，exp，log，mix，min 等；
- (4) 布林運算子：AND，OR，NOT 等；
- (5) 條件判斷式：If-Then-Else；
- (6) 迴圈函數（Do-Until）；
- (7) 遞迴函數（Recursive）；
- (8) 其他特殊領域所使用到的函數。

圖 5 即為一個交易規則的算式樹的範例，本範例所代表的交易規則為(((P1030 > 0.985) AND (VP1030 > 0.5)) AND (OPENP < 0.995))，即 10 點 20 分 01 秒至 10 點 30 分 00 秒那筆 K 線的收盤價除平盤價的值大於 0.985 以及 10 點 20 分 01 秒至 10 點 30 分 00 秒那筆 K 線的累積成交量除昨日總量的值大於 0.5 以及開盤價除平盤價的值小於 0.995。



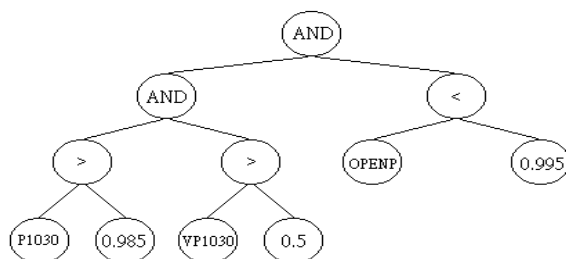


圖 5：交易規則之算式樹範例

(三) 適存函數 (Fitness Function)

基因程式規劃對於個體的演化會朝著一個特定的方向進行，也就是說將有一個機制來控制著演化方向，這個機制就是適存函數 (Fitness Function)。適存函數在不同用途的個體時，有不同的定義。適存函數會影響到整個程式族群演化的方向，因為適存函數會評估每個基因程式規劃個體的優劣程度，並加速度優良個體的演化。

本研究的適存值即為其投資報酬率，由於研究中的買方規則及賣方規則是採用分開個別訓練，所以投資報酬率的計算方式會因買方規則或賣方規則而有所不同。其中買方規則和賣方規則的投資報酬率計算如下：

$$\text{買方報酬率 (Buy)} = \frac{\sum \left(\frac{\text{買進後未來最高價} - \text{買進價}}{\text{買進價}} \right)}{\text{買進次數}}$$

其中買進後未來最高價是指：在訓練期間內，在某一個時點以某一價位買進股票後，在訓練期間終止前，所有高於買進價格中之最高價格。

$$\text{賣方報酬率 (Sell)} = \frac{\sum \left(\frac{\text{賣出價} - \text{賣出後未來最低價}}{\text{賣出價}} \right)}{\text{賣出次數}}$$

其中賣出後未來最低價是指：在訓練期間內，在某一個時點以某一價位賣出股票後，在訓練期間終止前，所有低於賣出價格中之最低價格。

報酬率的小數部分將由小數點第三位四捨五入到第二位。在個體演化的過程中，採用菁英保留的方式，因為無法預期在訓練的過程中股價的波動程度為何，所以不論買方規則或賣方規則，只要報酬率有到達 5% 即加以保留。最後演化結束後，選取保留的買方及賣方規則前三高報酬率當作買方及賣方的輸出規則。因為若只有選取最高報酬規則，將有可能使結果變成局部最佳化 (Local Optimal)，若採用隨機存取規則，則良好的規則被選中的機會將大幅減低。

(四) 交易規則選取限制

基因程式規劃在演化的過程中，是採用隨機選取單點交配，因為本研究是採用價和量搭配的方式來找出買賣規則，因此當演化結束之後，在最後買賣規則的選取上，

必須去除一些不合理的交易規則，這些型式將分別介紹如下：

規則中所有的變數皆為同一種時，如下列情況：

$(((((OTC > 1.010) \text{ AND } (OTC < 0.985)) \text{ AND } (OTC > 0.550)) \text{ AND } (OTC < 1.020)))$

規則中不包含任何量的變數時，如下列情況：

$(((((P1230 < 0.980) \text{ AND } (P0950 > 0.955)) \text{ AND } (P1220 < 0.400)) \text{ AND } (P0910 < 0.350)))$

規則中不包含任何價的變數時，如下列情況：

$(((((VP0910 < 0.065) \text{ AND } (VP1230 > 0.500)) \text{ AND } (VP0920 > 0.850)) \text{ AND } (VP1030 < 0.550)))$

為增加交易規則的區別度，當規則只包含不到四個變數時，也將不採用，如下列情況：

$((P0950 < 0.995) \text{ AND } (VP0910 < 0.050))$ 或

$(((((OPENP > 1.000) \text{ AND } (OTC > 1.020)) \text{ AND } (VP1000 > 0.600)))$

若交易規則包含四個（或以上）的變數，但若違反前述的三個原則之一時，則也將捨棄不採用。此外，若一條規則中包含到兩個相當的變數時，則這兩個變數將視為同一個變數，如下列情況所示：

$(((((OPENP < 0.960) \text{ AND } (OPENP < 0.600)) \text{ AND } (VP1230 > 0.650)) \text{ AND } (VP0910 > 0.050)))$

因為有兩個 OPENP，所以只視為同一個變數，所以此條交易規則只算包含三個變數，相同的情況以此類推。

（五）初始交易規則建立

初始交易規則即為基因程式規劃的母體（Population），初始交易規則組成將如圖 6 所示。

$(((((VP0910 > 0.050) \text{ AND } (VP0950 > 0.400)) \text{ AND } ((OPENP > 0.500) \text{ AND } (P1230 > 0.550))),$
 $(((((P0910 > 0.960) \text{ AND } (VP0930 > 0.500)) \text{ AND } ((VP0950 > 0.600) \text{ AND } (VP1200 > 0.750))),$
 $(((((VP0920 > 0.050) \text{ AND } (OPENP > 1.020)) \text{ AND } ((VP1000 < 0.450) \text{ AND } (VP1300 < 0.550))),$
 $(((((OPENP > 1.010) \text{ AND } (OTC < 1.500)) \text{ AND } ((P1030 > 1.005) \text{ AND } (P1210 > 1.015))),$
 $(((((VP0930 > 0.300) \text{ AND } (VP0950 > 0.500)) \text{ AND } ((P0910 < 0.970) \text{ AND } (P1200 > 1.000))),$
 $\vdots$
 $\vdots$
 $\vdots$

圖 6：初始交易規則例子

初始交易規則將採固定四個變數，規則中所採用的價量關係變數經由隨機的方式產生，交易規則中的運算子（Operator）有 $<$ 、 $>$ 、 $=$ 、 $<=$ 、 $>=$ 等種類，運用隨機的方式選取一種。在數值方面，PXXXX 變數的值將界於 1.070 ~ 0.930 之間，VPXXXX、OPENP、OTC 等變數的值將界於 5 ~ 0.010 之間，各變數在所屬值的區間隨機產生一個數字。以圖 7 的第一條交易規則為例，先用隨機的方式產生 VP0910 變數，接著用隨機的方式產生一個運算子 $>$ ，然後再用隨機的方式產生一個數值 0.050，即完成一個子樹，然後再隨機產生一個變數 VP0950，隨機產生一個運算子 $>$ ，隨機的方式產生一個數值 0.400，即又完成另一個子樹，以此類推。根部節點（Root Node）及子樹和子樹之間的串接一律使用 AND，這是為了讓交易規則的區別度增加，並減少樹的高

度，使規則中的子樹能充份演化。過去大多數使用基因程式規劃去演化股票交易規則的研究都混合使用 AND、OR、NOT 來串連子樹，這樣常會導致產生很高的一顆樹，則演化效果肯定不好。本研究改良子樹間串接的方式，只使用 AND，交易規則轉換成樹時相當簡單，且能使樹和樹之間能充份進行演化，進而產生良好的交易規則。

初始的交易規則將總共由 350 條隨機產生的交易規則所組成，演化過程中交易規則的型式將不受任何限制。但樹的高度以不超過 5 為原則，樹的高度不宜過高，否則接近樹根之節點成為交配點（Crossover Point）的機率將會過低。

（六）實驗參數

在本研究中，會考慮到的其它參數如下：族群大小、演化代數、複製率、交配方式、交配率、樹的高度上限及選擇方式。將詳細解說如下：

- (1) 族群大小：本研究的族群大小為 350。
- (2) 演化代數：執行 50 代的演化。
- (3) 複製率：依實驗設計而定。
- (4) 交配方式：以代表規則的樹為單位，採隨機單點交換子樹的方式。
- (5) 交配率：依實驗設計而定。
- (6) 樹的高度上限：樹的高度最高將以 5 為限制。

肆、實驗設計

一、交易假設

本研究的目的是對於台灣加權股市中的個別股票找出良好的交易策略，因此在模擬實驗時，將盡可能做到符合台灣股市的實際買賣交易規則，以期產生的交易策略能真正使用在股票市場上來預測股價的走勢。研究中比較重要的交易假設將詳述如下：

- (1) 手續費的計算方式比照實際規定，買進和賣出股票之時分別支付股款的 0.1425%，且不考慮退傭及折扣之情形。
- (2) 證交稅的計算方式比照實際規定，在賣出股票時支付股款之 0.3%。
- (3) 使用融券進出時不考慮利息及借券費，也不考慮保證金制度，也就是融券進出時成本以實際金額計算。
- (4) 將不考慮因要除權除息時融券必須強制回補的情形。
- (5) 本研究將不考慮「漲停鎖死」及「跌停鎖死」無法成交的情形，當股價發生「漲停鎖死」時，此時系統若產生買進股票的訊號，此筆交易將屬有效。當股價發生「跌停鎖死」，此時系統若產生賣出股票的訊號，此筆交易將屬有效。
- (6) 融券的使用將比照實際規則，平盤以下不准放空。
- (7) 不論使用現股或融券的操作方式，當股價走勢不如預期時，將啟動停損機制，皆以 7% 為停損原則，將自動賣出或回補。

二、實驗標的及設計

(一) 實驗標的

本研究的實驗標的為台灣加權股市的股票，所選定的標的有台積電（2330）、精英（2331）、南科（2408）等三檔股票。選擇這些股票的主要有以下幾點考量：

- (1) 流通性高：研究中所挑選的股票，每日皆有數千張或者上萬張以上的成交量，所以在買進及賣出時相當容易，成交也將會相當的迅速，具有可操作靈活的特性。
- (2) 股本大：若屬於股本大的股票較不會遭受到人為的控制及炒作，較難出現暴漲暴跌等難以預測的情況，股價也比較能自然反應出股票本身的價值。
- (3) 熱門股：其中台積電晶元代工的龍頭股，南科為動態隨機存取記憶（DRAM）產業的龍頭股，精英為主機板產業的龍頭股，且都具有開放信用交易，且股價也有波動性，所以適合預測。

(二) 交易策略的訓練方式

本研究採用基因程式規劃來搜尋出最佳的交易策略，在訓練資料（Training Data）方面，詳述如下：

- (1) 將使用調整視窗（Sliding Windows）的訓練方式，運用此種訓練機制主要的原因是使交易規則不斷的修正，以適應變化萬千的股市環境，讓所導出的交易策略能有最佳的預測能力。
- (2) 訓練時主要是針對每檔股票做分開的個別訓練，以使每檔股票擁有本身最佳的交易策略。
- (3) 每檔股票皆以多單買進、多單賣出、融券放空及融券回補等四種操作方式分別訓練。

(三) 系統交易流程

系統的運作上將採用下列機制：

- (1) 若無任何持有部位的話，則系統將使用「現股買進」及「融券賣出」等規則，來決定是否建立持有股票。
- (2) 若持有多單的話，則系統將使用「多單賣出」及「多單停損」的規則，以判斷何時該賣出所持有的股票。
- (3) 若持有空單的話，則系統將使用「融券買進」及「空單停損」的規則，以判斷何時該回補所持有的空單。

系統交易方式將會依照規則判斷出現買進或賣出時機，出現買進訊號時，若持有空單部位的話，則空單將全數回補。若無持有任何空單部位，則買進該股票 10 張。出現賣出訊號時，若持有多單部位，則多單將全數賣出，若無持有任何多單部位，則放空該股票 10 張。若出現停損訊號時，即將持有的股票做賣出或將空單做回補的動作。

(四) 系統報酬率計算方式

本系統模擬交易的報酬率計算方式將如下所示：

$$\text{報酬率}(\%) = \frac{\text{獲利金額}}{\text{最大連續買進(或賣出)次數的金額}} * 100$$

(五) 買賣點時機

買賣點即為最後所演化出來的買方和賣方之交易規則。當股價走勢符合買方或賣方交易規則時，即依目前股票庫存情況進行買進或賣出的動作。例如有一買方規則如下：

(((VP0910 > 0.02) AND (P0910 > 0.995)) AND ((VP0950 > 0.1) AND (P0950 > 0.995)))

即當九點十分時的累計成交量和昨天總成交量的比大於 0.02、九點十分時的股價和平盤價比大於 0.995、九點五十分時的累計成交量和昨天總成交量的比大於 0.1 及九點五十分時的股價和平盤價比大於 0.995 時，立即對股票進行買入或回補的動作。

又例如有一賣方規則如下：

(((OTC < 1.200) AND (OPENP > 1.005)) AND ((VP0930 > 0.400) AND (P0930 > 1.020)))

即今日開盤量和昨日開盤量的比小於 1.200、開盤價和平盤價的比大於 1.005、九點三十分時的累計成交量和昨天總成交量的比大於 0.400 和九點三十分時的股價和平盤價比大於 1.020 時，立即對股票進行賣出或放空的動作。

(六) 實驗設計

本研究規劃出三種實驗設計的方式，分別說明如下：

- (1) 實驗設計一：將採用不同的訓練期間對母體進行訓練，所設定的六個期間為 1 個月、2 個月、3 個月、4 個月、5 個月及 6 個月，複製率及交配率分別設定為 100%。將選用南科 (2408) 這支股票為主要實驗標的，每種區間將分別實驗五次取其平均值顯示。本實驗目的主要是探討不同的訓練期間是否對報酬產生有所差異，將選報酬最佳的訓練期間當作往後實驗的訓練期間。
- (2) 實驗設計二：將採用不同的母體複製率 (Reproduction Rate) 並搭配基因程式規劃對母體進行演化，本實驗所設定的三種母體複製率設為 100%、95% 及 90%，交配率設為 100%，將選用南科 (2408) 這支股票為主要實驗標的，每種複製率將分別實驗五次，取其平均值顯示。此實驗的主要目的是要探討不同的母體複製率，是否對所產生的報酬率將有所差異。交易規則的訓練方式採用調整視窗方法。
- (3) 實驗設計三：利用實驗設計二所產生的結果，找出最佳報酬的一組，選用該組的母體複製率，然後調整其交配率。本實驗所設定的交配率為 100%、90% 及 80%，將以台積電 (2330)、精英 (2331) 及南科 (2408) 三支股票為實驗標的，每種交配率將分別實驗五次，取其平均值顯示。此實驗的目的主要是要了解不同的交配率是否能產出較佳的交易策略，獲得更好的報酬。交易規則的訓練方式亦採用調整視窗方法。
- (4) 實驗設計四：將利用實驗設計三的結果，分別和買進持有策略做比較，驗證是否能打敗買進持有策略，獲得超額報酬。

三、實驗結果

(一) 實驗設計一

實驗標的股票為南科(2408)，所設定的六個期間為 1 個月、2 個月、3 個月、4 個月、5 個月及 6 個月，茲將實驗結果詳列於表 1。由表 1 的數據來看，以 4 個月為訓練期間之測試期間有較高的報酬率，所以將選用 4 個月的訓練期間帶入往後實驗中。實驗結果將於實驗結果分析章節中加以探討。

表 1：南科不同訓練期間之報酬率

股票：南科(2408)		複製率：100 %	交配率：100 %
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/12/10-93/01/09	21.22	93/01/12-93/04/09	-13.62
92/11/10-93/01/09	25.39	93/01/12-93/04/09	2.15
92/10/10-93/01/09	47.21	93/01/12-93/04/09	9.87
92/09/10-93/01/09	89.29	93/01/12-93/04/09	16.23
92/08/10-93/01/09	101.39	93/01/12-93/04/09	11.05
92/07/10-93/01/09	113.26	93/01/12-93/04/09	12.58

(二) 實驗設計二

實驗標的股票為南科(2408)，主要是將交配率固定為 100%，然後設定三組不同的複製率，分為別 90%，95%及 100%，茲將實驗結果詳列如下：

表 2：南科不同的複製率及交配率 100 %之報酬率

股票：南科(2408)		第一組：複製率：90 %	交配率：100 %
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/07/10-92/10/31	59.29	92/11/03-93/01/30	-4.23
92/10/01-93/01/30	36.39	93/02/02-93/04/30	6.05
93/01/02-93/04/30	40.17	93/05/03-93/07/22	2.07
平均報酬	45.28	平均報酬	1.29
股票：南科(2408)		第二組：複製率：95 %	交配率：100 %
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/07/10-92/10/31	25.36	92/11/03-93/01/30	3.90
92/10/01-93/01/30	22.90	93/02/02-93/04/30	5.05
93/01/02-93/04/30	30.25	93/05/03-93/07/22	6.41
平均報酬	26.17	平均報酬	5.12
股票：南科(2408)		第三組：複製率：100 %	交配率：100 %
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/07/10-92/10/31	28.57	92/11/03-93/01/30	12.98
92/10/01-93/01/30	26.39	93/02/02-93/04/30	15.83
93/01/02-93/04/30	35.15	93/05/03-93/07/22	13.67
平均報酬	30.03	平均報酬	14.16

由表 2 數據來看，在固定交配率 100%之下，訓練期間報酬率，以第一組 90%複製率有較高的報酬，第二組 95%複製率及第三組 100%複製率之報酬則為接近但較低；測試期間報酬率以第三組有較高的報酬，第二組次之，第一組的報酬為最低，所以將選用第三組的複製率 100 %帶入實驗設計三中。實驗結果將於實驗結果分析章節中加以探討。

(三) 實驗設計三

實驗標的股票為台積電 (2330)、精英 (2331) 及南科 (2408) 三支股票，使用 100%的複製率，然後設定三組不同的交配率，分別為 80%、90%及 100%，茲將實驗結果詳列於表 3、表 4 和表 5 中。

表 3：台積電複製率 100 %及不同的交配率之報酬率

股票：台積電 (2330) 第一組：複製率：100 % 交配率：80 %			
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/06/16-92/09/30	25.18	92/10/01-93/12/31	2.32
92/09/01-92/12/31	7.69	93/01/02-93/03/31	3.11
92/12/01-92/03/31	13.25	93/04/01-93/06/11	5.98
平均報酬	15.37	平均報酬	3.80
股票：台積電 (2330) 第二組：複製率：100 % 交配率：90 %			
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/06/16-92/09/30	28.55	92/10/01-93/12/31	2.01
92/09/01-92/12/31	7.98	93/01/02-93/03/31	3.25
92/12/01-92/03/31	19.79	93/04/01-93/06/11	6.37
平均報酬	18.77	平均報酬	3.87
股票：台積電 (2330) 第三組：複製率：100 % 交配率：100 %			
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/06/16-92/09/30	29.13	92/10/01-93/12/31	2.11
92/09/01-92/12/31	8.13	93/01/02-93/03/31	3.95
92/12/01-92/03/31	20.23	93/04/01-93/06/11	6.29
平均報酬	19.16	平均報酬	4.11

表 4：精英複製率 100 %及不同的交配率之報酬率

股票：精英 (2331) 第一組：複製率：100 % 交配率：80 %			
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/07/24-92/10/31	42.58	92/11/03-93/01/30	0.17
92/10/01-93/01/30	6.95	93/02/02-93/04/30	13.11
93/01/02-93/04/30	24.93	93/05/03-93/07/22	9.85
平均報酬	24.82	平均報酬	7.71
股票：精英 (2331) 第二組：複製率：100 % 交配率：90 %			
訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
92/07/24-92/10/31	43.32	92/11/03-93/01/30	1.93

92/10/01-93/01/30	16.61	93/02/02-93/04/30	10.58
93/01/02-93/04/30	20.43	93/05/03-93/07/22	13.55
平均報酬	26.78	平均報酬	8.68
股票：精英（2331） 第三組：複製率：100 % 交配率：100 %			
訓練期間	報酬率（%）	測試期間	報酬率（%）
92/07/24-92/10/31	45.81	92/11/03-93/01/30	1.21
92/10/01-93/01/30	15.67	93/02/02-93/04/30	11.34
93/01/02-93/04/30	26.63	93/05/03-93/07/22	14.38
平均報酬	29.37	平均報酬	8.97

表 5：南科複製率 100 %及不同的交配率之報酬率

股票：南科（2408） 第一組：複製率：100 % 交配率：80 %			
訓練期間	報酬率（%）	測試期間	報酬率（%）
92/07/10-92/10/31	17.36	92/11/03-93/01/30	9.45
92/10/01-93/01/30	15.15	93/02/02-93/04/30	8.02
93/01/02-93/04/30	20.28	93/05/03-93/07/22	10.57
平均報酬	17.60	平均報酬	9.35
股票：南科（2408） 第二組：複製率：100 % 交配率：90 %			
訓練期間	報酬率（%）	測試期間	報酬率（%）
92/07/10-92/10/31	20.12	92/11/03-93/01/30	10.38
92/10/01-93/01/30	17.25	93/02/02-93/04/30	9.83
93/01/02-93/04/30	25.66	93/05/03-93/07/22	11.58
平均報酬	21.01	平均報酬	10.60
股票：南科（2408） 第三組：複製率：100 % 交配率：100 %			
訓練期間	報酬率（%）	測試期間	報酬率（%）
92/07/10-92/10/31	28.57	92/11/03-93/01/30	12.98
92/10/01-93/01/30	26.39	93/02/02-93/04/30	15.83
93/01/02-93/04/30	35.15	93/05/03-93/07/22	13.67
平均報酬	30.03	平均報酬	14.16

（四）實驗設計四

將台積電（2330）、精英（2331）和南科（2408）實施買進持有策略，報酬率如表 6 所示。

表 6：台積電、精英及南科買進持有策略與不同交配率之報酬率比較

期間	買進 持有策略	複製率 100% 交配率 80%	複製率 100% 交配率 90%	複製率 100% 交配率 100%
台積電（2330）	報酬率 （%）	報酬率（%）	報酬率（%）	報酬率（%）
92/10/01-93/12/31	-4.51	2.32	2.01	2.11
93/01/02-93/03/31	-5.51	3.11	3.25	3.95

93/04/01-93/06/11	-15.12	5.98	6.37	6.29
平均報酬	-8.38	3.80	3.87	4.11
精英 (2331)	報酬率 (%)	報酬率 (%)	報酬率 (%)	報酬率 (%)
92/11/03-93/01/31	3.29	0.17	1.93	1.21
93/02/02-93/04/30	-30.45	13.11	10.58	11.34
93/05/03-93/07/22	-44.18	9.85	13.55	14.38
平均報酬	-23.78	7.71	8.68	8.97
南科 (2408)	報酬率 (%)	報酬率 (%)	報酬率 (%)	報酬率 (%)
92/11/03-93/01/31	16.82	9.45	10.38	12.98
93/02/02-93/04/30	4.81	8.02	9.83	15.83
93/05/03-93/07/22	-8.13	10.57	11.58	13.67
平均報酬	4.50	9.35	10.60	14.16

然後以實驗設計三不同交配率的測試期間報酬和買進持有策略的報酬做比較，如表 6 所示，結果將在下節做探討。

四、實驗結果分析

由實驗設計一結果來看，發現訓練期間為四個月時，在測試期間有較佳的報酬率。訓練期間為一個月及二個月時，因為時間較短，所演化出來的規則對於往後行情的變化較不能適應，因此報酬率不佳。在本實驗架構下，使用四個月的訓練期間較能貼近市場變動，找到較合適的規則。訓練期間增加時，規則易陷入局部最佳化的情況，對未來測試期間的適應力相對降低。因此選擇使用 4 個月的訓練期間到往後的實驗中。

實驗設計二目的主要是測試使用不同的複製率之下，對於報酬率是否有影響。實驗結果顯示，複製率較低時，在訓練期間有較高的報酬，原因是由於複製率較低時，母體在進行演化過程時的收斂的速度較快，然而也造成有些好的個體並沒有被複製到下一代，導致產出的買賣規則也比較少，當規則少時，相對也減少其買賣次數，並減少其交易成本，所以在訓練期間會有較高的報酬。但由於買賣規則數不多，故在測試期間並無法適應股價波動的變化，結果在測試期間的報酬則變的相當的低，且會有發生虧損的現象產生。當逐漸提高複製率時，母體收斂速度減緩，複製率到 100%時，母體則是代代完整的複製，所以產生的買賣規則會比較低的複製率時多，相對的在交易次數會增加且較密集，交易成本增加，所以在訓練期間報酬會減低，但在測試期間則較能適應股價波動的變化，所以測試期間的報酬則相對提高。因此由實驗的結果得知，母體採用完整的複製時會有較好的報酬，所以將 100%的複製率帶入實驗設計三。

在實驗設計三中，所使用的實驗標的是台積電(2330)、精英(2331)和南科(2408)三支股票，實驗目的主要是想了解不同的交配率對報酬率是否有影響。實驗結果發現使用不同交配率時，對報酬亦是有影響的。當交配率增加時，訓練期間和測試期間的平均報酬也相對提升。低的交配率和高交配率所產生的結果其差別在於所產生買賣

規則的多寡和品質，當複製率使用到 100%時，所有的個體會全部複製，但低交配率由於個體間交換的次數較少，所以產生的買賣規則也會比採用高交配率少，且因為交配率較低，能發掘好規則的機會也相對減低。高交配率則因為充分的做交配和演化，自然能找出比較多條且品質較佳的買賣規則，且規則的穩定度也比較高，自然能應付往後股價的變化。

在實驗設計四中，將實驗設計三的結果和買進持有策略相互比較，在考量交易成本之下，由台積電(2330)、精英(2331)和南科(2408)三支股票模擬操作績效顯示，以長期而言，樣本測試期間之平均報酬皆能打敗買進持有策略。但由短期來看，例如精英在測試時間 92 年 11 月 3 日到 93 年 1 月 31 日，這期間由於股價的波動程度不大，使用本研究的價量關係預測方式並無法獲得較高的報酬，主要原因在於這段期間內價格和成交量都並無太特別的變化，因此導致預測準確度下降。當股價均呈現多頭或空頭的走勢時，經由基因程式規劃所演化出來的買賣規則能夠適應樣本期間內的多頭或空頭的市場，並做出較正確的判斷，因此可獲得較高的投資報酬。以總體而言，研究也實證了使用基因程式規劃並搭配價量關係能找出好的買賣規則及進出場時機，並能減少股票投資風險，進而獲得超額利潤。

伍、研究貢獻與發現

本研究主要是在於使用價量關係，並搭配使用基因程式規劃的技術去發掘股票的買賣時機。其目的主要是了解價量關係是否能提供有效的投資訊息，做為買賣時點的參考依據，讓投資人在使用股票進行理財時，能使投資風險降到最低且獲得超額的報酬。且使用十分鐘線為判斷的方式，比使用日線的方式將更為靈活，可使投資人於盤中即可進行買賣交易，增加交易的彈性。另外也對實驗所用的參數進行測試，找出適合本研究架構下的最佳參數。

本研究的實證結果及發現陳述如下：

- (1) 在樣本期間內，使用價量關係做為預測因子，在考慮交易成本之下，長期之平均報酬能夠打敗買進持有策略，獲得超額報酬，此結果亦與本研究的期望相符合。使用十分鐘線做預測，可增加操作的靈活度。
- (2) 在樣本期間內，複製率越高情況之下，較有機會保留好的基因到下一代，使良好的買賣規則產生機會相對提高。
- (3) 在樣本期間內，交配率增加的情況之下，個體與個體之間進行交配的機會將變多，有助於產生優良的買賣規則，進而提高報酬率。
- (4) 樣本期間內，採用 4 個月為較佳訓練期間，過長訓練期間易使演化進入局部最佳化的情況，無法獲得較高的報酬。
- (5) 在本研究中，交易規則中之子樹和子樹間的連接皆用布林運算子 AND，而不使用 OR 或 NOT，目的在於使交易規則的表達簡單化，並且減少樹的高度，使交

易規則能充份演化。實證顯示在只有使用 AND 的情況依然能產生良好的買賣規則，獲得良好報酬。

- (6) 在樣本期間內，當股價呈現盤整時，或者是股價波動程度不大時，價格和成交量的變化並不明顯，所以預測準確率會降低。當股價波動為多頭或空頭走勢時則預測效果較佳。

由研究結果得知，如果能增加個體間的演化機會，即能提高產生優良規則的機率。本研究起初使用五分鐘的統計資料來進行實驗，但由於五分鐘的期間較為短暫，價格和成交量變動程度不夠大，在關鍵的臨界值上較難判斷，因此所產生的交易規則區別力不佳，預測能力因此下降。以南科為例，如表 7 所示。實驗結果顯示，在訓練期間不論使用五或十分鐘為一筆 K 線的資料報酬皆為正的且相近，因為訓練期間必定可找到良好買賣點的緣故。但在測試期間使用五分鐘為一筆 K 線的資料報酬率皆為負的，顯示預測效果不佳。原因則在於五分鐘為一筆 K 線的資料價量關係變化並不大，因此很難有好的一個臨界值去做預測，導致預測錯誤機率很高，交易皆以停損出場。在使用十分鐘的統計資料之後則預測效果大幅改善，因此本研究最後採用十分鐘為一筆的統計資料做為判斷依據。本研究提供了投資人一個預測股票買賣時點的方式，希望能夠幫助投資人在變化多端的股市中，打敗市場，獲得超額利潤。

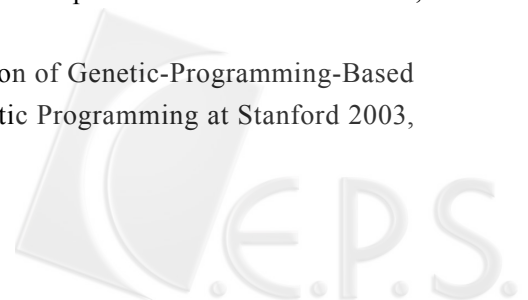
表 7：南科不同資料取樣之報酬率

股票：南科（2408）		複製率：100 %	交配率：100 %	
資料取樣	訓練期間	報酬率 (%)	測試期間	報酬率 (%)
五分鐘	92/09/10-93/01/09	85.63	93/01/12-93/04/09	- 27.16
	92/08/10-93/01/09	100.25	93/01/12-93/04/09	- 21.87
	92/07/10-93/01/09	112.58	93/01/12-93/04/09	- 22.32
十分鐘	92/09/10-93/01/09	89.29	93/01/12-93/04/09	16.23
	92/08/10-93/01/09	101.39	93/01/12-93/04/09	11.05
	92/07/10-93/01/09	113.26	93/01/12-93/04/09	12.58

參考文獻

1. 李良俊、民 91，台灣股票市場技術分析有效性之研究，全國博碩士論文資訊網。
2. 李政霖，民 87，如何讓股票賺錢，高寶國際有限公司。
3. 李進財、謝佳穎、阿民，民 93，主控戰略 K 線，寰宇出版股份有限公司。
4. 林建成、民 90，遺傳演化類神經網路於台灣股市預測與交易策略之研究，全國博碩士論文資訊網。
5. 洪季志，民 92，技術分析入門，早安財經文化。
6. 高梓森、民 82，台灣股市技術分析之實證研究，台灣大學財務金融研究所碩士論文。

7. 高櫻芬、吳東安，民 90，『股價波動與交易量之關係：台灣股市之實證分析』，台灣經濟學會 2001 年年會。
8. 許溪南、羅志賢，民 88『股票價格與成交量之關聯性理論與實證回顧』，證券金融，第 62 期：89~111 頁。
9. 陳建全、民 86，台灣股市技術分析之實證研究，台灣大學商學研究所碩士論文。
10. 陳應慶、民 92，應用技術分析指標於台灣股票市場加權指數買進時機切入之實證研究，全國博碩士論文資訊網。
11. 黃子祐、民 91，股價與景氣指標關聯性之研究—以台灣股市為例，全國博碩士論文資訊網。
12. 楊基鴻，民 86，股票操作大全，產經實業。
13. 楊耀堂、盧德豐，民 89，量價趨勢與技術分析，朝日文化經銷。
14. 廖清達，民 86，綜合性技術指標的有效性驗證—兼論台灣股市的弱勢效率性假說，東華大學國際經濟研究所碩士論文。
15. 趙永昱、民 90，技術分析交易法則在股市擇時之實證研究，全國博碩士論文資訊網。
16. 賴宏祺、民 85，技術分析有效性之研究，中興大學企業管理研究所碩士論文。
17. Fama, E.F. "The Behavior of Stock Market Prices", Journal of Business, pp. 285-299, January 1965.
18. Fama, E.F. "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", Journal of Finance, Vol. 25, pp.383-417, May 1970.
19. Gunasekarage, A. and Power, D.M. "The profitability of moving average trading rules in South Asian stock markets", Emerging Markets Review, 2, pp.17-33. 18, 2001.
20. Hsu P.H., and Kuan C.M. "Re-Examining the Profitability of Technical Analysis with White's Reality Check", IEAS Working Paper, 2004.
21. Holland, J. "Adaptation in Natural and Artificial Systems", The University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 1975.
22. Jean-Yves P., Patrick S., and Maxime V. "Generating trading rules on the stock markets with genetic programming", Computers and Operations Research, Vol 31, Issue: 7, pp.1033-1047, 2004.
23. Koza, J. "Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection", MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
24. Levy, R.A. "An Evaluation of Selected Applications of Stock Market Timing Techniques, Trading Tactics and Trend Analysis", in Unpublished PH.D Dissertation, The American University, 1966.
25. Liad, W. "Stock Portfolio Evaluation: An Application of Genetic-Programming-Based Technical Analysis", Genetic Algorithms and Genetic Programming at Stanford 2003, 2003.



26. Lee, A.B., and Seshadri, M. "GP-evolved Technical Trading Rules Can Outperform Buy and Hold", *Financial Applications of Genetic Programming*, 2003.
27. Osborne, M.F.M. "Brownian Motion in the Stock Market", *Operations Research*, Vol.7, no.3, pp.35-346, 1959.
28. Pring, M.J. "Technical Analysis Explained", 2nd ed., New York, McGraw-Hill Book Co., 1985.
29. Ratner, M., and Leal, R.P.C. "Test of technical trading strategies in the emerging equity markets of Latin America and Asia", *Journal of Banking and Finance*, 23, pp.1887-1905, 1999.
30. Tsang, E.P.K., and Li, J. "Improving Technical Analysis Predictions: An Application of Genetic Programming", *Proceedings of the Florida Artificial Intelligence Research Symposium*, USA, 1999.

