第 4 章

交易策略

本文中用以建構軟體代理人的策略, 主要來自於研究雙方喊價市場中價格形成 (price formation) 的研究。其中雖然有部份交易策略並非以追求自身利潤爲目的, 但本研究仍然將之納入研究對象, 以探討各種類型交易策略同場競爭下的結果, 並嘗試發掘不同類型的策略是否會有不同的特徵。

在這些文獻研究中, 市場機制絕大多數皆爲連續型雙方喊價, 但本實驗平台採用的是非連續型雙方喊價市場機制, 因此在採納這些交易策略時, 便需要對這些策略進行局部修改。因此本研究所採用的文獻策略和其原始的版本或多或少會有些微的不同, 但因爲在修改策略時, 都已儘量遵循該策略原始的設計概念, 因此可以視爲是這些策略的非連續型雙方喊價市場版本。故在最後的實驗結果分析, 仍可以視爲是對這些交易策略概念的統一檢視。

4.1 基本名詞介紹

由於接下來介紹本研究所使用的交易策略時, 不論是交易流程圖、虛擬程式碼 (psuedo code)、或是文字的敍述, 都會用到一些市場資訊的專有名詞, 因此在本節中將統一予以說明。一方面將有助於讀者對這些策略運作過程的認識, 另一方面也可幫助讀者更加明白雙方喊價市場在本實驗平台上的構架。

保留價格

本研究中所指稱的「保留價格」(reservation price), 在其它喊價市場文獻中有許多不同的稱謂, 如「贖回價值」(redemption value)、「籌碼價值」(token value)、「成本」(cost)、或「眞實價值」(true value) 等等。這些名詞指的都是同一個概念。

如同第 3.1.1 節所言, 每位交易者在每個交易試合之初都會被分派數個籌碼。由於每個交易者都能擁有數個籌碼, 因此我們便以下面幾個名詞來指稱不同的籌碼:

- **HT** (Highest Token) – 目前手頭上排第一個的籌碼。對買方而言, 就是目前手頭上價值最高的籌碼; 對賣方而言, 就是目前手頭上價值最低的籌碼。HT 是一個變數, 它指的是目前所擁有的籌碼中排第一位的, 因此, 隨著交易不斷地發生, 交易者手上的 HT 也會不斷地改變。

- **NT** (Next Token) – 類似 HT 的概念, 指的是交易者目前手頭上排第二位的籌碼, 也會隨著交易情形而改變。

- **LT** (Last Token) – 指交易者手上排最後的籌碼, 與 HT 或 NT 不同的是, LT 指的永遠是同一個籌碼。[1]

價格資訊

由於在 AIE-DA 實驗平台中, 交易活動是以「交易步驟」(trading step) 爲最小單位, 而數個交易步驟爲一個「交易試合」(trial)。因此在過去的歷史價格方面, 提供有以下三個資訊:

[1]舉例而言, 若某個賣方交易者有四個籌碼, 依照價值由低到高分別爲 A、B、C、與 D。在他/她還未成交前, 其 HT 指的是四個籌碼中價值最低的籌碼, 也就是 A, 而 NT 是 B, LT 則爲 D。在他/她第一次成交之後, A 已使用掉了, 此時他/她手上只剩三個籌碼, 此時 HT 便爲 B, NT 爲 C, LT 爲 D。若他/她一路順利成交直到手上僅剩一個籌碼, 此時 HT = NT = LT, 三者皆爲 D。

- **PMax** – 指前一個交易試合的最高市場成交價。
- **PMin** – 指前一個交易試合的最低市場成交價。
- **PAvg** – 指前一個交易試合市場成交價格的平均。

喊價資訊

同樣地, 對於市場上每個交易者的喊價而言, 提供有以下諸項資訊:

- **CBID**、**CASK**、及 **CPrice** – 指前一個交易步驟的市場最高買方喊價 (current bid)、最低賣方喊價 (current ask)、及成交價格 (current price)。
- **PMaxBid**、**PMinBid**、及 **PAvgBid** – 前一個交易試合中, 成功達成交易的買方喊價中的最高值、最低值、以及平均值。
- **PMaxAsk**、**PMinAsk**、及 **PAvgAsk** – 前一個交易試合中, 成功達成交易的賣方喊價中的最高值、最低值、以及平均值。

時間資訊

每一個交易試合包括了數個交易步驟, 以下的時間概念都是以交易步驟爲單位:

- **TimeLeft** – 在這個交易試合中, 還剩下多少時間?
- **TimeNonTrade** – 在這個交易試合中, 已經有多久市場上沒有交易發生了?

除了以上各項資訊外, 不同的交易策略可能還會使用到更特別的資料。例如 GD 策略會利用詳細交易記錄來計算所有成交與不成交的喊價數目; 也有可能自行定義新的指標以供使用, 如 Skeleton 定義的 Most 等等, 在此則不贅述, 留待解說個別策略時一併說明。

4.2 文獻策略

本節將介紹本研究中自代理人基雙方喊價文獻中所搜集到的交易策略, 介紹的方式則是將類似的策略先後介紹, 而沒有任何其他的排名目的。

4.2.1 Truth Teller 交易策略

所謂的 Truth Teller, 也就是誠實喊價交易策略, 乃是指會直接按照本身保留價值出價的策略。而誠實喊價交易策略也是一種非策略性的行爲, 亦即交易者的喊價行爲不會受市場情況改變的影響。不論在任何情況, Truth Teller 都會按其現有的籌碼值喊價, 直到手上沒有籌碼爲止。

4.2.2 Skeleton 交易策略

Skeleton 交易策略是由 Rust et al. (1994) 等人所提出, 在 Santa Fe 所進行的雙方喊價交易競賽中, 主辦者提供 Skeleton 策略給所有撰寫交易程式的參賽者, 作爲他們各自發展交易策略的骨架。[2] 圖 4.1 爲其策略流程圖。

Skeleton 策略的基本運作方式爲 (以買方爲例):

- 如果市場上沒有同爲買方的人出喊, 表示來自於買方的競爭壓力較小, 可以出較低的價格, 因此其喊價參考市場上賣方的最低喊價及自身最低的保留價值, 再減去一個參考到自身保留價格分佈差異的隨機數字, 企圖一方面儘可能讓自己的每次喊價都有利可圖, 另一方面則隨市場規模稍作調整而不至於偏離市場價格過多。

- 如果市場上有同爲買方的人喊價, 則代表來自買方的壓力較大, 因此爲了獲

[2]主辦單位提供 Skeleton 給參賽者作爲參考, 參賽者可以直接使用 Skeleton, 或對 Skeleton 進行修改後再使用, 當然也可以完全不使用。

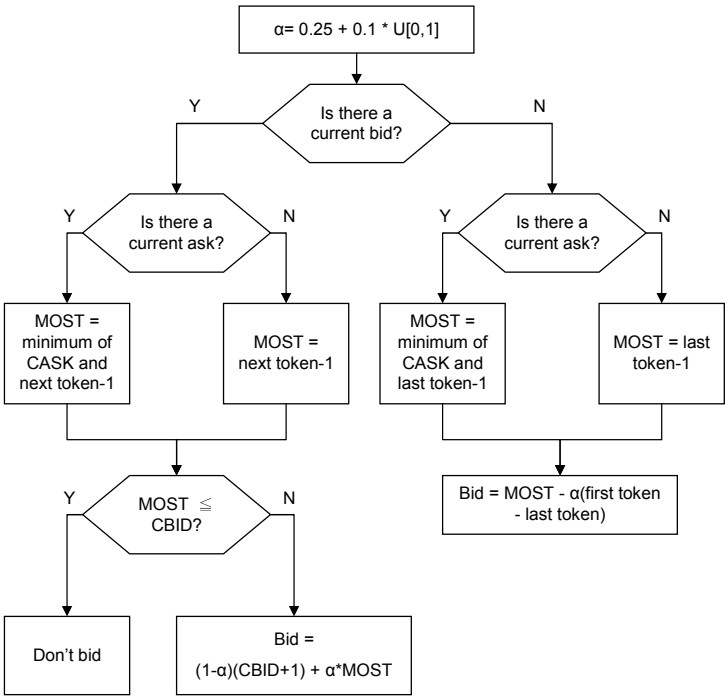

圖 4.1: Skeleton 交易策略 – 買方

取成交機會, 喊出的價格就不能像沒有買方喊價時那麼低了。此時一方面仍然想將價格壓低至賣方最低喊價或自身第二高保留價格的水準, 另一方面爲了考慮到同爲買方的競爭情形, 如果理想價格(稱爲 Most) 高過市場上買方最高喊價的話, 便將理想的價格與市場上買方的最高喊價作加權平均得到喊價價格; 如果理想價格不到市場上買方最高喊價的話, 便沒有喊價的需要了。

- 賣方策略依此類推。

在此必須說明的是, Skeleton 策略爲 Santa Fe 所提出的策略, 因此本研究乃透過 Rust et al. (1994) 所公佈的策略流程圖建構而成。然而 Rust et al. (1994) 並未同時公開 Skeleton 策略針對賣方交易者的交易流程圖, 因此本研究中的賣方策略乃是依 Rust et al. (1994) 中的買方策略流程圖類推而成。

4.2.3 Kaplan 交易策略

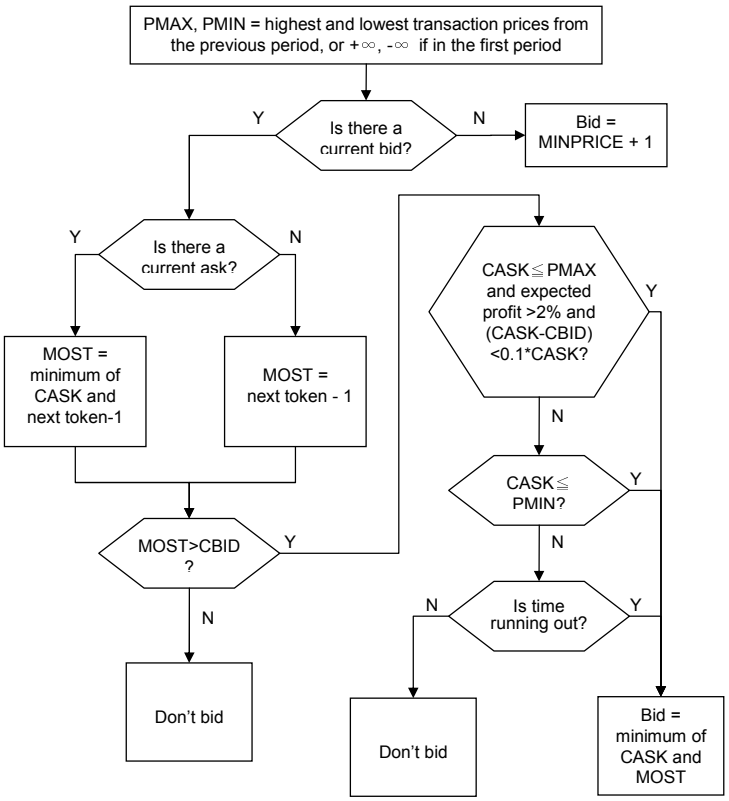

圖 4.2: Kaplan 交易策略 – 買方

Kaplan 策略是 Santa Fe 雙方喊價市場交易策略競賽中獲得第一名的策略, 乃由經濟學者 Todd Kaplan 所設計。[3] 在 Santa Fe 的交易競賽中, Kaplan 在大多數的情況下皆獲勝, 因而本研究將之納入比較範圍。

圖 4.2 爲 Kaplan 之策略流程。Kaplan 策略的基本運作方式爲(以買方爲例):

- 首先, Kaplan 是一種所謂的「背景交易者」, 亦即其主要概念是先讓市場上的其他交易者不斷地探索價格, 直到買賣雙方的喊價差距在一定範圍內時,

[3]Todd Kaplan 現爲英國 University of Exeter 經濟系助理教授, 在參與 Santa Fe 競賽時 Kaplan 爲 University of Minnesota 的博士生。

再跳出來攔截掉最有利的成交機會, 藉此來提高自身的獲利。

- 由流程圖所示, 在市場上同爲買方的其他交易者沒有喊價時, Kaplan 交易者會喊出一個極低的價格 (前期最低成交價格再加上一的價格), 此喊價如果能成交, 正常情況下那便可賺進鉅額利潤; 如果不成交, 也不會透露太多訊息給其他交易者。

- 如果市場上有買賣雙方喊價的記錄, 則透過類似 Skeleton 的方式來定訂理想的價格, 但與 Skeleton 交易策略不同的是, Kaplan 加上了更爲精巧設計的條件來決定喊價的時機 – Kaplan 會等待三個條件成熟時下單: (1) 目前市場上賣方最低喊價小於前期最高成交價。(2) 預期獲利率大於百分之二。[4] (3) 買方最高喊價及賣方最低喊價的差距十分接近時。

- 若條件一直不如預期, 但交易時間已所剩不多, 便直接出價以免喪失成交機會。

如同 Skeleton 策略, 本研究中 Kaplan 策略乃是利用 Rust et al. (1994) 所公佈之策略流程圖建構而成。然而 Rust et al. (1994) 並未同時公開 Kaplan 策略針對賣方交易者的交易流程圖, 因此本研究中的賣方策略乃是依 Rust et al. (1994) 中的買方策略流程圖類推而成。

4.2.4 Ringuette 交易策略

Ringuette 交易策略同樣是由 Santa Fe 競賽中脫穎而出的策略, 其設計者爲計算機學者 Marc Ringuette。Ringuette 策略也是所謂「背景交者策略」的一種, 其交易概念爲:

- 以買方爲例, 先讓市場上其他交易者去協商價格, 等到市場上買方的喊價高過賣方喊價達到一定的程度, 也就是當 Ringuette 交易者認爲眞的「有利可

[4] Rust et al. (1994) 並未說明預期獲利率如何計算, 在本研究中乃是將交易者目前的保留價格與賣方最低喊價之差距再除以保留價格作爲獲利率的代表。

圖」時, 才會出面喊價。

- 市場情況是否有利可圖的判斷, 首先是看買方喊價超過賣方喊價的部分是否大於某個「獲利區間」, 當買方與賣方喊價夠大時, 代表 Ringuette 交易者便有以低價格「搭順風車」獲取交易機會的空間。

- 在「獲利區間」夠大時, Ringuette 交易者會選擇在市場買賣雙方的喊價之間的一個較低的範圍內隨機喊價。

- 當市場流動性不佳, 或交易時間所剩無多時, 便改採修改過的 Skeleton 交易策略來較積極地出價。

- 賣方策略依此類推。

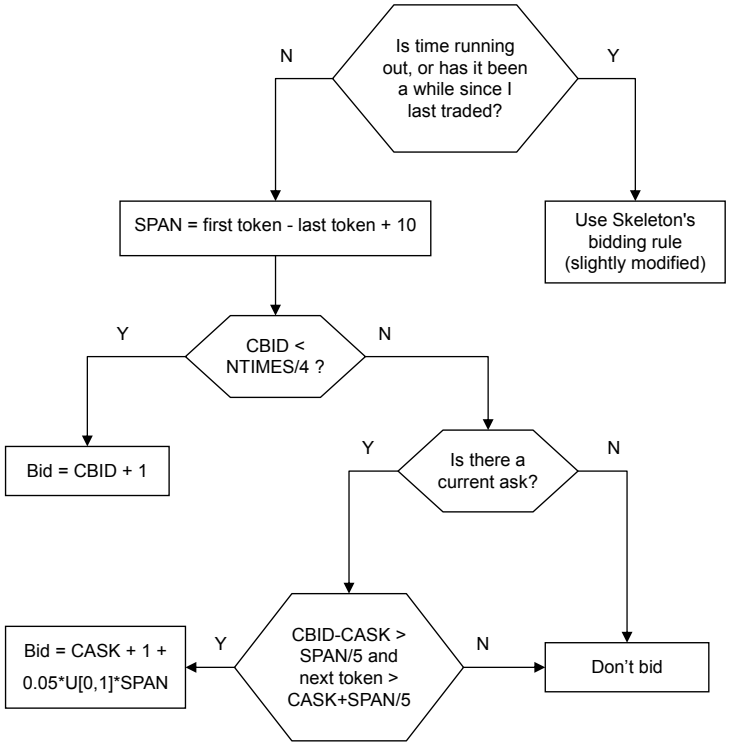

圖 4.3: Ringuette 交易策略 – 買方

圖 4.3 爲 Ringuette 交易策略的流程圖。同樣地, Rust et al. (1994) 僅公佈 Ringuette 策略的買方流程圖, 並且對於策略中的諸多變數並未有詳細的解釋。因此本研究中乃根據買方的流程圖來建構賣方的交易法則, 並且利用 Rust et al. (1994) 對於 Ringuette 策略的側寫來建構出詳細的交易策略細節。

4.2.5 ZIC 交易策略

ZIC 策略全名爲 Zero-Intelligence Constrained。Zero-Intelligence (ZI) 交易者是 Gode and Sunder (1993) 所提出的相當著名的軟體交易者, 之所以被稱爲「零智能」交易者, 乃是因爲 ZI 交易者不管市場條件如何, 皆在一固定範圍中採取隨機的喊價方式來應對。隨機喊價的行爲由於不具任何的邏輯、毫無章法, 因此被視爲一種完全不具智慧表現的喊價行爲。ZI 交易者被提出的目的, 本來便不在於追求本身利潤的最大化。Gode and Sunder (1993) 提出 ZI 交易者的動機乃在於檢視各種市場交易機制的本質, 在一個完全由 ZI 交易者所組成的市場中, 若市場價格呈現某種程度上的收斂性, 便可將價格的行爲歸因於交易機制的作用, 而非交易者策略中所挾帶的知識與策略性行爲的結果。

ZI 交易者的運作原理非常簡單: 其喊價是在一個事先給定的範圍中隨機選取而得。然而, Gode and Sunder (1993) 發現單純的 ZI 交易者並不能造成市場價格之收斂, 需要另一種稍爲修改後的 ZI 交易者方能達成價格收斂的目標, 這種修改過後的版本即爲本研究中所採用的 ZIC 交易者。[5]

ZIC 交易者與 ZI 交易者的不同之處在於預算限制的概念。以買方爲例, 一個 ZIC 的買方交易者雖然也是在一個事先給定的範圍中採取隨機的方式的喊價, 但 ZIC 交易者還會進一步地將隨機選取而得的數字與其保留價格作比較, 如果該數

[5]Gode and Sunder (1993) 的研究得出了一個相當強烈的結論: 即使市場交易者都是些沒有智慧的隨機喊價者, 雙方喊價市場的機制仍可發揮強大的作用, 將市場價格引領導至均衡水準。因此市場力量之大可能超過一般人的想像, 因此交易者行爲只需要具有簡單的預算限制概念, 整個市場就會在那「看不見的手」的運作下逐步達到均衡狀態。Gode and Sunder (1993) 的研究引發了熱烈的討論, 並開啓了代理人基計算經濟學界一系列對價格形成過程之探討。

字高過其保留價格, 便代表此喊價極有可能會造成損失, 因此 ZIC 的買方交易者便會捨棄所有高過其保留價格的隨機喊價價格。換言之, 實際上 ZIC 買方交易者的隨機行爲, 乃是在保留價格到某個價格下限之間的區間內進行隨機喊價的動作, 也因爲如此而被稱爲受限制的 ZI 交易者。

本研究選擇納入 ZIC 交易者而非 ZI 交易者的理由, 除了 ZIC 交易者具有造成價格收斂的特性外, 在比較各類型交易策略穫利能力的優劣時, 顯然不考量自身的保留價格是一種非常不利的行爲。而其隨機喊價的上下限, 則除了本身的保留價格之外, 復使用市場的供給與需求曲線之上下緣作爲其喊價之範圍。實際上的作法在買方較不成問題, 因爲其喊價範圍可以簡單地設定在 $[0, HT]$ 的範圍裡; 對賣方而言, 則勢必要設立一個上限, 而且同時要讓賣方的喊價範圍不至於和買方差異過大。因此賣方上限的設法爲: 市場裡所有賣方籌碼中最低者, 加上同市場中的買方的最大喊價範圍(即買方籌碼中再高者減去零), 所得到的數字即爲所有賣方喊價的共同上限。這樣做的目的在於使 ZIC 交易者不會因爲在差異極大的市場供需曲線中因爲採取固定的喊價範圍而蒙受鉅額損失。[6]

4.2.6 Markup 交易策略

Markup 策略是由 Zhan and Friedman (2007) 所提出, 同樣是用於研究價格形成的交易策略。

Markup 策略的概念十分簡單: 交易者會以自身的保留價值再加上(或減去)

[6]在一般使用到 ZI 的文獻中, 對於 ZI 隨機喊價範圍的設定大多採用以下兩種方式進行: (1) 設定一個大於模擬中市場供需所在範圍的區間, 讓 ZI 在此區間內隨機挑選喊價, 便可保證隨機挑選之範圍涵蓋市場供需之範圍。(2) 將 ZI 隨機挑選數字的範圍定爲市場的供需範圍, 如此一來 ZI 隨機挑選的範圍便會與市場範圍完全吻合。在本研究中, 由於每個模擬皆會隨機產生市場供需曲線, 因而市場間的差異頗大。若採取第一類作法, 則該隨機選取範圍勢必過於寬大, 而造成 ZIC 交易者喊價偏離現實過多的問題。

一定的比例作爲喊價價格。買賣雙方的喊價方程式如下:

$$\begin{aligned} b_i &= v_i(1-m) \\ a_j &= c_j(1+m) \end{aligned} \tag{4.1}$$

其中 b_i 代表買方 i 的喊價, a_j 代表賣方 j 的喊價; v_i 代表買方的保留價格, c_j 代表賣方的保留價格, 而 m 則爲喊價的「加碼」。

由此可知, 加碼值愈高, 代表交易者所欲賺取的利潤就愈大。[7] 在本研究中所採用的加碼值爲 0.1, 因爲在 Zhan and Friedman (2007) 的研究中, 當交易者皆採用 0.1 的加碼值時, 市場的效率將會達到最大。[8]

同時, 借用 Markup 交易策略的概念, 我們可以把 ZIC 想像成一個具有隨機加碼值的 Markup 交易者。以買方爲例, ZIC 交易者的喊價行爲乃是以其保留價格爲根據, 向下隨機選取一個數字作爲喊價, 這種行爲便像是隨機選取一個加碼值, 再透過式 4.1 計算出 b_i 一樣; 賣方亦然。因此從這個角度出發來看, ZIC 以及稍後會介紹到的 ZIP 及 EL 交易策略, 其實都是很顯著地操作著一個類似於「加碼」的參數, 因此都可視廣義的 Markup 交易策略。

4.2.7 ZIP 交易策略

ZIP 策略的全名爲 Zero-Intelligence Plus, 是由 Cliff and Bruten (1997) 所提出的交易策略。顧名思義,ZIP 交易策略乃是透過改良 ZI 策略而來。

Cliff and Bruten (1997) 創造此策略的動機, 在於 Gode and Sunder (1993) 的結論指出只要考量了預算限制的簡單交易者行爲, 雙方喊價機制便可將價格導

[7]但實際上並不一定會賺到這麼多的利潤, 加碼值訂得高, 雖然喊價較爲犀利, 但同時也代表在市場上的競爭力不高, 很容易被同一方的其他交易者比過去, 因而喪失成交機會。

[8]本研究亦進行了先行的測試, 試圖找出能夠最大化交易者獲利的加碼值。然而經過在不同類型市場下的測試後, 發現不同的加碼值在不同的市場型態中有不同的優勢。因此, 基於市場型態的隨機性、加碼值的連續性、以及對手策略的多樣性, 除非經過極大量的模擬測試, 很難找出哪一個加碼值可以最大化交易者的利潤。執是之故, 本研究乃採用 Zhan and Friedman (2007) 的結果, 以 0.1 作爲加碼之參數值。

引至均衡的水準。然而 Cliff and Bruten (1997) 則認爲 Gode and Sunder (1993) 的研究結果僅局限於對稱的市場結構: 在對稱的市場結構下, 隨機的喊價行爲自然會造成成交價格落在接近供需曲線交點的均衡價格附近, 然而若是在非對稱的市場供需情況下, 隨機的喊價行爲便會造成成交價格偏離供需曲線的交點(均衡價格)。

有鑑於此, Cliff and Bruten (1997) 提出了 ZI 交易策略的「加強版」來克服此一問題。[9] ZIP 交易者的基本運作原理爲:

- ZIP 擁有一個稱爲「利潤率」(margin) 的參數, 此參數等同於 Markup 交易者的加碼值。但不同的是 ZIP 交易者會視市場情況調整利潤率, 並且會保留此利潤率到往後的交易日, 直到市場情況改變促使 ZIP 交易者更新其值爲止。

- ZIP 交易者會依市場上其他交易者的喊價及成交情況來調整自身的利潤率。以買方爲例, 當其觀察到市場上有人成交, 且其成交價格比自己依照現有的利潤率所欲喊出的價格還低的時候, 代表自己的喊價過於厚道, 可以再把喊價壓低一些, 此時該交易者便交易者便會調高其利潤率。

- 如果 ZIP 買方觀察到市場上有買方喊價但未成交, 而自己依照現有利潤率所欲喊的價格甚至比市面上未成交的買方喊價還低時, 代表自己所出的價格過低, 此時 ZIP 交易者便會調降自己的利潤率以增加成交的機會。

- 同樣地, 如果一個 ZIP 買方觀察到市場上有交易發生, 但該成交價格比自己依現有利潤率所欲喊的價格還高時, 就代表自己的喊價可能過低了, 此時應調降自己的利潤率以增加交易機會。

- 賣方依此類推。

[9] 乍看之下, ZIP 的交易法則似乎與 ZIC 有著頗大的差異, 但若將 ZIC 視爲廣義 Markup 策略的一種, 那麼 ZIP 就是把 ZIC 中隨機選取加碼值的作法改爲視市場情況調整的作法。是故 ZIP 便可視爲 ZIC 的改良版本。

如同大部分研究價格形成的文獻, Cliff and Bruten (1997) 的研究也是在連續型雙方喊價市場 (Continuous Double Auction, CDA) 的交易機制下進行的。而本實驗平台採用的是非連續型的雙方喊價機制, 因此在納入 ZIP 交易策略時必須將其稍作修改。修改後的 ZIP 交易策略虛擬程式 (pseudo code) 如下:

```
If (the there was a transaction in the last trading step)
then
      Any buyer b_i for which p_i ≥ CBid should raise its margin.
      Any buyer b_i for which p_i ≤ CAsk should lower its margin.
else
      Any buyer b_i for which p_i ≤ CBid should lower its margin.
```

而利潤率之調升或調降, 則採用機器學習(machine learning) 中最簡單的調適法則 Widrow-Hoff 法則來調整, 讓交易者在原來的利潤率附近隨機選一新值, 並且再加上動能係數 (momentum coefficient) 的設計來平滑化調整的軌跡。[10]

4.2.8 Easley-Ledyard 交易策略

Easley-Ledyard 策略, 在本研究中又稱爲 EL 策略, 是 Easley and Ledyard (1993) 之市場價格形成研究中所使用的策略。在其研究中發現使用 EL 策略的結果可以與眞人實驗的資料相吻合。而 EL 策略的設計, 根據 Easley and Ledyard (1993) 所指出, 不但符合有限理性的假設, 也同時擁有最適化的行爲設計。

EL 交易者除了先天擁有的保留價格外, 還會建立一個理想價格。[11] 而交易者

[10]Widrow-Hoff 調適法則的公式爲 $A(t+1) = A(t) + \Delta(t)$, 其中 $\Delta(t) = \beta(D(t) - A(t))$, $D(t)$ 爲目標值。

[11]在 Easley and Ledyard (1993) 的研究中稱交易者先天的保留價格爲「眞實價值」(true value), 稱交易者在考量眞實價值與市場情況後, 心中認爲可以接受的價格爲「保留價格」(reservation price)。爲了與本研究中及其他文獻中的用法一致化, 本研究將 Easley and Ledyard (1993) 所謂的保留價格改稱爲理想價格。

所喊的價格不會是其保留價值, 而是以利潤率的概念來調整理想價格, 喊價時會直接以理想價格出價。

EL 交易者喊價的方式如下(以買方爲例):

- 爲了最大化利潤, 應該要讓利潤率愈大愈好。但同時爲了維持成交的機會, 利潤率不能太大, 以免降低成交機會。[12] 而利潤率愈大, 就代表理想價格要訂得愈低。

- 理想價格的訂定會參考到對市場的預期, 而此預期則是以上一期的最高買方喊價(或最高成交價) 與上一期的最低賣方喊價 (或最低成交價) 所形成的區間, 用來估計市場上買賣雙方交易者保留價格的分配空間。

- 操作方法: 理想價格除了一定要低於自己的保留價格外, 也要儘可能將理想價格壓低在預期區間上限之下, 以免自己多付錢 (overpay) 而吃虧了。所以在一開始要先在預期區間內以較低的價格出發。在實際操作上, EL 買方交易者會先利用上一回合的最高買方喊價 (PMaxBid) 及最低賣方喊價 (PMinAsk) 來建構預期區間。[13] 在喊價時, EL 賣方會先在預期區間內隨機喊價, 此時定義預期區間上限爲 $\bar{P}$, 下限爲 $\underline{P}$。

- 如果過了某個時間點後無法成交, 則會逐步提高理想價格, 直到達到預期區間上限爲止。在實際操作上, 如果一直沒有成交, EL 買方交易者會將理想價格先調到 $\bar{P}-1$ 的水準。如果還是無法成交, 則再將理想價格依序調至 $\bar{P}$、$\bar{P}+1$ 的水準。[14]

- 但如果仍舊還無法成交, 才不得不將理想價格拉到預期區間上限之上, 但絕對不可超過自己的保留價格。操作方法爲由 $\bar{P}+1$ 的水準逐步加 1, 直到到

[12] Easley and Ledyard (1993) 的市場環境是雙方喊價市場, 因此交易者的喊價便有時間上的先後之別。爲了簡化情況, Easley and Ledyard (1993) 假設價格訂得愈高的交易者喊價的速度會快過價格較低的交易者, 因此市場上成交的順序永遠是價高者得, 不會發生喊價比別人低者卻因爲動作上比別人快而得利的情況。

[13] 若自己的保留價格 (HT) 低於 PMaxBid, 則預期區間由 HT 及 PMinAsk 構成。

[14] 如果預期區間的上限就是本身的保留價格, 那理想價格最高只會訂到自己保留價格的水準。

達自己的保留價格爲止。

- 賣方交易策略依此類推。

在本研究中, 由於交易者的籌碼是透過隨機過程產生的, 因此籌碼的數值大小差異非常大。在籌碼數值很大, 但交易時間有限時, 以上作法中等待某個時間點過後再調整的作法恐有緩不濟急之虞。所以在本研究中, 只要喊價後沒有成交, 就會直接調高理想價格。此外, 當喊價已達 $\bar{P}+1$ 卻還是無法成交時, 會直接喊自己的保留價格 HT。

此外, 在 Easley and Ledyard (1993) 的設定中, 交易者只有一個籌碼, 成交過後便會離開市場。但在本研究中, 交易者有四個籌碼, 故在本研究中若 EL 交易者交易成功了, 對接下來的籌碼將會採取同的方式來喊價。

EL 策略基本上可視爲廣義的 Markup 家族之一員, 藉著隨時觀察市場上的情況, EL 策略彈性地調整其利潤率, 與 ZIP 交易策略在設計概念層面上是十分接近的。

4.2.9 Gjerstad-Dickhaut 交易策略

GD 策略是由 Gjerstad and Dickhaut (1998) 所提出, 用於研究價格形成的一種交易策略。GD 策略的公式與實際操作十分複雜, 但事實上其概念十分的簡單。GD 策略採取最適化的作法, 透過市場資訊來估算喊出某個價格後成交的可能性, 用以計算各個可能喊價的獲利期望值, 再選出致使期望值最大者作爲最後的喊價。

式 4.2 爲 GD 策略用來估算各個喊價價格下成交可能性的方法(以賣方爲例)。

$$\begin{aligned}\hat{p}(a) &= \frac{\sum_{d\geq a} TA(d) + \sum_{d\geq a} B(d)}{\sum_{d\geq a} TA(d) + \sum_{d\geq a} B(d) + \sum_{d\leq a} RA(d)} \\ &= \frac{TAG(a) + BG(a)}{TAG(a) + BG(a) + RAL(a)}\end{aligned} \tag{4.2}$$

其中 $\hat{p}(a)$ 代表 GD 交易者對喊出價格 a 後可以成交的機率之估計; $TAG(a)$ 代表在過去的成交記錄中, 賣方喊價超過 a 而且成功交易的次數總共有多少; $BG(a)$ 代表在過去的成交記錄中, 買方曾喊超過 a 的次數總共有多少; 至於 $RAL(a)$ 則表示在過去的成交記錄中, 賣方有人喊價低於 a, 但卻被拒絕的次數總共有多少。

GD 交易者會在一個價格範圍內進行以上估計成交機率的動作, 因此便可用以計算在該喊價範圍內喊出各個價格後的期望獲利, 其中期望獲利最高者, GD 交易者便會依照該價格來出價。在本研究中, GD 買方交易者會在自身的保留價格與前一交易步驟中市場最低賣價之間進行喊價, 而所使用的則是當期各個交易步驟的歷史資料。

由於在 Gjerstad and Dickhaut (1998) 的研究中市場環境是連續型雙方喊價市場, 當一個喊價送達市場並且被接受時, 成交價格便會是該喊價價格 (買賣雙方喊價配對中較晚到達市場的喊價), 因此在計算期望利潤時較爲簡單, 送出的喊價與本身保留價格的差距 (以賣方爲例) 即爲利潤。但在非連續型雙方喊價市場中, 由於交易價格定爲買賣雙方的喊價平均值, 所以 GD 雖然可以估算喊出某個數字後成交的可能性有多大, 卻無法事先得知成交價格會是多少。因此在本研究中, 仍舊採行 Gjerstad and Dickhaut (1998) 的作法, 以自身保留價格與喊價之間差異作爲利潤的代表。

4.2.10 BGAN 交易策略

BGAN 策略的全名爲 Bayesian Game Against Nature, 是 Friedman (1991) 所提出用以研究價格形成的交易策略。顧名思義, BGAN 策略的核心就是一個「貝氏賽局」(Bayesian Game), 是在對整個雙方喊價活動的結構不清楚的情況下, 將「不完全訊息」(incomplete information) 轉化爲一場應對自然的賽局。Friedman (1991) 假設雙方喊價市場中的交易者會忽略市場上其他交易者對其策略運用所可能產生的反應, 而將整個喊價活動視爲與「大自然」(nature) 互動的賽局。

BGAN 交易者的基本運作方式如下 (以賣方爲例):

- 將市場上其他交易者的行爲都視爲大自然的某種隨機現象, 所以其他交易者所喊的價格都是大自然隨機產生的數字。在此概念下, BGAN 會以一個常態分配來描述整個買方喊價, 並在心中利用貝式法則來更新此分配的參數。

- BGAN 交易者相信他的行爲對其他人並不會有影響, 也不考慮其他賣方的競爭行爲, 因此一個 BGAN 賣方交易者的喊價將只考慮買方喊價之多寡。[15] 根據心中對整個買方喊價分配的信念(belief), BGAN 賣方交易者便會計算在此分配下可以獲得的期望利潤有多少。意即當大自然依照該機率分配函數來產生一系列的買方喊價時, 如果按照目前自己所擁有的保留價格, 所能獲得的預期利潤爲何, 如式 4.3 所示。

$$\begin{aligned}\pi^* &= \int_{-\infty}^{\infty}(p-c)^+ \mathrm{d}\hat{F}^b(p) \\ &= \bar{N}\int_{c}^{\infty}(p-c)[F^b(p)]^{\bar{N}-1}\mathrm{d}F^b(p) \\ &= \bar{N}\int_{c}^{\infty}(p-c)[F^b(p)]^{\bar{N}-1}\mathrm{d}f^b(p)\mathrm{d}p\end{aligned} \tag{4.3}$$

  其中 π^* 爲 BGAN 賣方交易者的預期獲利, c 爲其保留價格, p 爲大自然所產生之買方喊價。由於 BGAN 賣方只會和買方最高的喊價成交, 因此便需要利用 p 的機率密度函數 $f^b(p)$ 及累積機率密度函數 $F^b(p)$ 來求得**買方最高喊價**之機率分配。而 $\hat{F}^b(p)$ 便爲此**市場最高買方喊價**的累積機率密度函數, 是由 $f^b(p)$ 及 $F^b(p)$ 所建構的序數統計量 (ordered statistic), 其中 $\bar{N}$ 爲 BGAN 賣方交易者預期在交易時間結束前可以觀測到的買方喊價數量。

- 計算出預期利潤後, BGAN 交易者的喊價便是自己的保留價格再加上預期利潤所得的數字, 這便是 BGAN 交易者所認爲的「合理」喊價, 如式 4.4 所示。

$$V = \pi^* + c \tag{4.4}$$

  其中 V 爲喊價, π^* 計算方式見式 4.3, 而 c 則爲保留價格。

[15]在 Friedman (1991) 的設定中, 交易者是在一個連續雙方喊價市場中交易, 如果在某個 BGAN 賣方出價之前, 有其他賣方先出價並且成交了, 此時這位 BGAN 賣方會視那個被別的賣方搶去交易的買方喊價爲沒有觀測到的, 稱爲被截掉的 (censored) 觀測值。然而在本研究中由於採行非連續型雙方喊價市場機制, 沒有時間先後的問題, 因此將不對此作特別處理。

- 在觀測到買方的數個喊價之後, BGAN 賣方交易者會利用所觀察到的數字, 以貝式法則來更新其信念。這時 BGAN 賣方假設買方的喊價呈常態分配 $N(m^b, \rho)$, 其中 m^b 爲買方喊價分配的期望值, ρ 爲其準確度 (變異數之倒數)。爲了估計新的買方喊價機率密度函數, BGAN 賣方交易者必須透過買方喊價分配期望值之分配來求得, 如式 4.5 所示。[16]

$$f^b(p) = \int_{-\infty}^{\infty} (p|m^b) g(m^b) \mathrm{d}m^b \tag{4.5}$$

其中 $m^b \sim N(m, p)$ 爲買方喊價分配的期望值, $g(m^b)$ 爲 m^b 之機率分配函數。

- BGAN 交易者會利用實際觀察到的買方喊價來更新對其機率分配平均值的估計。在假設 BGAN 賣方相信買方喊價爲常態分配的情況下, 其更新過後的事後機率也會是常態分配。在本研究中, 我們利用 Fink (1997) 所提出的方法來更新對 m^b 分配的信念, 如式 4.6 所示。

$$\begin{aligned} m' &= \frac{mp + n\rho\bar{x}}{p + n\rho} \\ p' &= p + n\rho \end{aligned} \tag{4.6}$$

其中 m^b 的機率分配爲 $N(m, p)$, m 爲其期望值而 p 爲其準確度(變異數的倒數); ρ 則爲買方喊價分配的準確度。BGAN 賣方利用觀察到的買方喊價個數 $n = \bar{N}$ 及平均值 $\bar{x}$ 來更新對 m 、p 的估計。

- 買方喊價方式依此類推。

要特別說明的是由於本研究採用非連續型雙方喊價機制, 在計算期望利潤時理當利用喊價及成交價的差距來計算利潤, 但由於我們並無法得知成交價格會是多少, 因此本研究仍舊使用 Friedman (1991) 在連續型雙方喊價市場下的計算方式來計算預期利潤。

[16]此時買方喊價分配的變異數直接由資料所求得的變異數取代。

4.2.11 Empirical 交易策略

相對於 BGAN 策略運用複雜的貝式法則來調整對隨機事件的信念, 近年在許多研究中都提出了直接利用實際資料分佈而非統計分佈來建構人類信念的方法, 如 Chan et al. (1999) 所提出的 Empirical Bayesian 交易者。

有鑑於此, 本研究創造出一種以實際資料分配來衡量隨機事件的交易者, 嘗試以另一種方式來刻劃交易者對市場的預期。如圖 4.4 所示, Empirical 交易者不再以統計分配的概念來表遠對市場不確定情況的認知, 而是直接以市場資料的分佈作爲描述市場的資訊

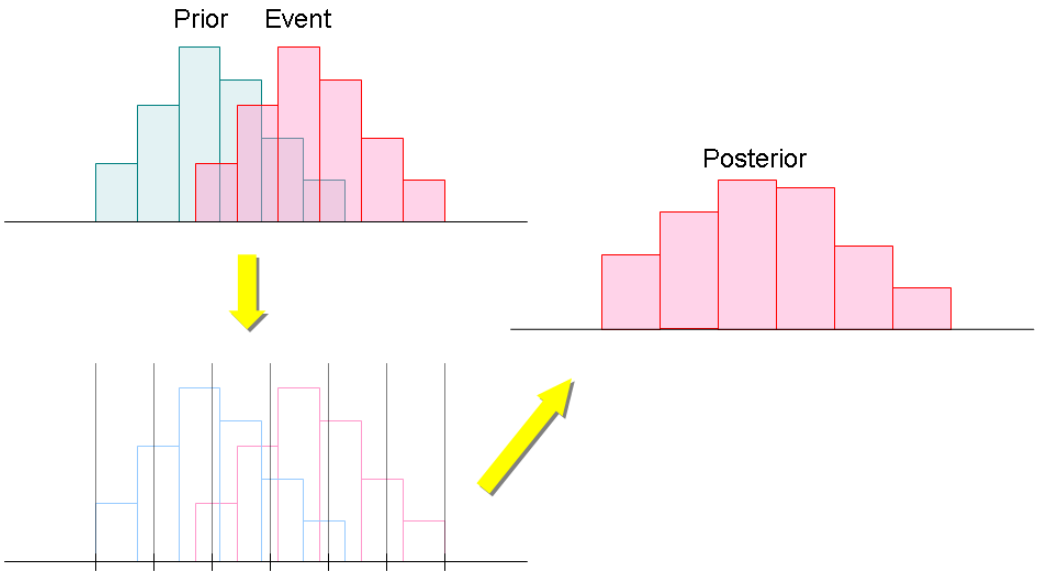

圖 4.4: Empirical 交易策略更新預期的方式

而 Empirical 要如何更新其對於市場的信念呢? 以買方爲例, 如圖 4.4 所示, Empirical 交易者會將市場上賣方喊價的次數長條圖直接拿來作爲對賣方喊價的評估。當市場上出現另一筆新的賣方喊價資料時, Empirical 交易者便將原先的次數直方圖 (prior), 與新的次數直方圖 (event) 相交疊, 計算出一個新的次數直方圖 (posterior), 並依此更新過的次數直方圖來計算其預期利潤。

Empirical 交易者的出價策略與 BGAN 完全相同, 在計算出預期利潤後, Empirical 買方交易者便會以其保留價格減去預期利潤作爲喊價。所以同樣地, Empirical 交易者也會忽略市場上其他交易者的行爲, 並且不考慮同爲買方的交易者競爭關係。

Empirical 交易策略與 BGAN 另一個不同之處在於其更新頻率。考量到資料數目的問題, Empirical 交易者的更新頻率較低, 只有在每一交易日的二十五次交易步驟結束後, 才會收集所有的資料更新自身的信念。

設計 Empirical 交易策略的目的, 在於與 BGAN 作一比較, 試圖找出傳統貝式方法與利用實證資料的貝式方法何者會有較好的表現。

4.2.12 文獻策略之比較

以上我們介紹了本研究中使用到的所有文獻策略, 這些文獻具有不盡相同的設計, 且每個策略專注的範圍也不一樣。爲了較具體地顯示出其間的差異, 我們將每個交易策略所參考及使用到的訊息整理於表 4.1 中。

表 4.1 中所列的, 是所有交易策略中的買方策略所使用到的參考資訊, 以及更新本身變數的頻率。在使用資訊的部分, 又區分爲判斷用資訊與喊價用資訊。這個表的目的在於讓我們可以很快地比較各策略設計的精巧程度(或複雜度)。所謂的判斷用訊息, 指的是策略是否會將其所面臨的複雜問題區分爲不同的情境, 例如在本研究所採用的策略中, 有的策略的喊價行爲其實是和市場無關的 (如 Truth Teller, Markup, ZIC); 有的策略會參考市場訊息 (如 Skeleton, Kaplan, Ringuette, BGAN, Empirical); 有些策略會額外依自己的成交情況作調整 (如 EL); 有的策略則會全面檢視市場上的交易情況 (如 GD, ZIP)。一般而言, 用於判斷的資訊愈多, 代表策略的考量愈精細, 其複雜度也會相對較高。但考量的情況愈多, 是否就代表可以較有彈性, 進而獲得較高的利潤呢? 恐怕唯有透過實際的模擬, 才能一窺其功效。

另一方面, 用以喊價的資訊則是呈現另一個極端。所謂喊價所參考的資訊, 指

表 4.1: 文獻策略之比較

策略	判斷用資訊	喊價用資訊	備註
Truth Teller		HT	
Skeleton	CBid, CAsk	HT, NT, LT	
	NT	CBid, CAsk	
Kaplan	CBid, CAsk	NT	
	HT, NT	CBid	
	PMin	PMin	
	TimeLeft		
Ringuette	CBid, CAsk	HT, NT, LT	
	HT, NT, LT	CBid, CAsk	
	TimeLeft, TimeNonTrade		
ZIC	HT	HT	
Markup		HT	
ZIP	CBid, CAsk, CPrice	HT, CBid, CAsk	每交易步驟更新一次 margin
	HT		
	自己及他人成交狀況		
GD	本試回中完整的喊價訊息	HT	每交易步驟更新一次機率預測
	本試回中完整的交易訊息	CBid, CAsk	
	HT		
EL	PMaxBid, PMinAsk	HT	每交易步驟更新一次 margin
	HT	PMaxBid, PMinAsk	
	自己的成交訊息		
BGAN	所有賣方喊價	所有賣方喊價	每交易步驟更新一次機率預測
		HT	
Empirical	所有賣方喊價	所有賣方喊價	每試合更新一次機率預測
		HT	

的是計算喊價價格時所用到的訊息。最複雜的爲使用所有對手喊價價格計算而得的數字 (BGAN, Empirical); 其他策略則會選擇在某個範圍內喊價, 而並不一定要用大量的資訊來計算 (GD, EL, ZIP, Skeleton, Kaplan, Ringuette); 有些策略的喊價則是隨機的, 或僅以自己保留價格作爲依據的非策略性行爲 (Truth Teller, ZIC, Markup)。但要注意的是, 使用的資訊多, 不見得代表喊出的價格會是由許多數字計算而得的, 以 Ringuette 爲例, 它雖然使用了四個資訊, 但卻是在不同的情境下使用的; 相對的, BGAN 及 Empirical 策略所喊出的價格, 就眞的是由衆多的資訊所計算出來的。換言之, 策略可以選擇一個一般化的簡單資訊作爲喊價以應付多變的環境, 可以選擇在不同的情境下使用不同的資訊作爲喊價以應付多變的環境, 或選擇參考大量的情報來取得一個衡盱全局後的妥善喊價。

而不管是由判斷用的資訊, 或者是喊價參考用的資訊, 不但展現了設計上及執行上的複雜度, 也可以藉此看出交易策略設計哲學上的差異: 有的策略以不變應萬變 (如 Markup), 有的策略汲汲營營 (如 GD), 也有的策略企圖掌控全局 (如 BGAN)。由這個角度來看交易策略的多樣性, 或許也可以間接反映人類在決策考量上的差異。

4.3 Genetic Programming 交易者

本研究利用遺傳規劃 (Genetic Programming, GP) 作爲建構學習型代理人的演算法。本節將介紹本研究所使用的遺傳規劃操作方法, 以及如何建構交易代理人的細節。

4.3.1 基本概念

遺傳規劃是由現任美國史丹佛大學醫學資訊學及電機工程系顧問教授 John Koza 所發明的演算法。顧名思義, Genetic Programming 乃是藉由生物學中的遺傳方法, 來進行電腦程式的自我設計, 以達到解決特定問題的一種計算智慧工具。GP

之所以能夠自行組合電腦程式, 乃是透過以樹狀結構表達的程式語言如 LISP 所達成。

簡單來說, LISP 是一種電腦語言, 它可以利用「符號表示式」(Symbolic-expression, 簡稱 s-expression) 的方式, 將一般的程式用函數 (functions) 與原子 (atoms) 組合而成的結構語法來表達。因此可以將一段程式如 $(x+1)*2$ 透過符號表示式以 (* (+ x 1) 2) 的形式來表示。再以一個雙方喊價市場中的交易程式爲例, 一個簡單的交易策略「如果交易時間只剩下四個步驟, 就用自己的保留價格作爲喊價, 否則就喊保留價格的一半。」如果用 LISP 表示, 便會是這樣的形式: (IF-Than-Else (< TimeLeft 4) (HT) (/ HT 2))。

而使用 LISP 來表達的好處是, 所有的 LISP 程式都可以同時用樹狀的結構來表示。所以剛才的數學式 $(x+1)*2$ 便如圖 4.5 所示。圖 4.5 中的 $*$ 和 $+$ 稱爲函數節點, X、1、和 2 稱爲終點節點。終點節點是函數節點運作時所會操作的元素。

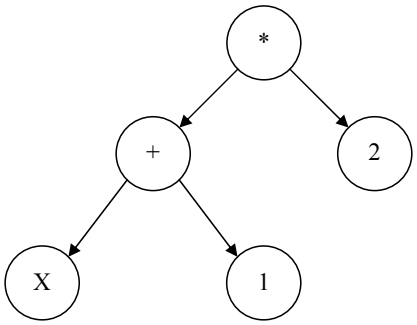

圖 4.5: $(x+1)*2$ 的樹狀結構圖

所以, 任何能夠被寫成 LISP 語言的程式和策略, 都可以用樹狀結構來表示。而遺傳規劃正可以透過對樹狀結構的重組與變化, 來達到自動產生程式的功能。那麼遺傳規劃是如何辦到的呢? 我們將對 GP 交易者運作的方式介紹於後。

GP 交易者

我們可以想像 GP 交易者是一個心中擁有許多想法的決策者。這位決策者隨著時間經過, 會將他心中的各種想法拿到市場上去實驗。每試過一個想法, 不論好壞都會得到一個結果, 這個決策者便會參考實行的結果好壞爲這個想法打分數。

時間久了, 這位決策者便會停下來檢視他心中的這些概念想法, 其中是不是有些實際試了之後發現並不好用, 想要丟掉的? 是不是有些實際用了之後效果良好, 想要把他多放在心中以便將來再用, 甚至是想把它改一改看能不能表現更好的呢?

本研究中的 GP 交易者運作方式就像這位決策者一樣。每個 GP 交易者都擁有一群策略, 稱爲其策略群體 (population), 其中每一個都是以樹狀結構來表達的交易策略。在實驗模擬開始之初, 會以所謂的「成長法」(grow method) 隨機產生一群樹深不超過五層的策略樹作爲起點。

GP 交易者每天都會隨機挑選一個策略送到市場上去進行交易, 並且根據交易的損失或利得替這個策略打分數, 此分數便是這個策略「配適值」(fitness)。每隔一段時間, 在 GP 交易者大略嘗試過許多策略後, 就會依照策略過去的表現 (fitness) 來進行汰弱留強的工作 (即 genetic operations)。等到汰弱留強的工作完成了, GP 交易者就會擁有一個新的策略群體, 可以供其繼續使用。

GP 運作流程

在本研究中, 當 GP 交易者每隔一段時間要更新其策略群體時, 會採用以下的流程和方法:

首先, 依照策略的配適值, 將一定數量的表現特好 (fitness 高) 的策略直接保送到下一代新的策略群體中, 這樣的動作稱爲「菁英保留制」(Elitism)。

保留完表現特別好的策略後, GP 交易者會以交配 (Crossover) 及突變 (Mutation) 兩種方法, 來一一製造出新的策略以填滿新的策略群體中尙有的名額空位。

爲了要創造出優良的新策略, 就必須要在好的基礎上下工夫。所以 GP 交易者會先利用一種稱爲「競賽選擇法」(Tournament Selection) 的方法, 從原有的策略集合中隨機挑出五個策略出來比較配適值的高低。[17] 被抽出來的這五個策略中, 配適值最高的會被指派爲母親, 次高的會被指派爲父親, 兩個策略將會透過交配此一遺傳運作機制來產生一個「子代策略」(Offspring)。[18]

由於子代策略都是由舊有策略互相交配所產生出來的, GP 交易者便會爲了要在自己的新策略群體中加入某種程度的新元素, 會使用「突變」的手段來作一些隨機的變化。

新產生出來的這個子代策略送到了突變這個步驟時, 會有一個機率被眞的送去作突變, 這個機率稱爲「突變率」(Mutation Rate)。一旦經過突變這個步驟後, 不論有沒有被實際發生突變, 都已經完成了策略的成年禮, 從此便成爲新策略群體中的一員, 等著被 GP 交易者挑出來使用了。

交配 (Crossover)

遺傳規劃中最常使用的遺傳運作元便是「交配」機制。交配機制的目的, 在於將兩個策略的部分元件互相重組, 以構成新的策略樹。

如圖 4.6 所示, 假設我們有兩個策略樹, 我們把其中當成父樹, 另一個當作母樹。交配運作元的運作方式是, 在父樹和母樹的身上分別隨機選取一個節點, 然後首先將母樹身上將被選取的節點以下 (包括被選到的節點) 全部刪除, 然後將父樹身上由被挑選到的節點開始, 將該節點以下的部分切取出來, 最後將取出的部分植入母樹原本被刪掉而留白的節點, 如此便產生了一個新的子樹。

[17] 五這個數字是一個參數, 稱爲「競賽大小」(Tournament Size)。

[18] 挑選策略時採用抽後放回的方式, 所以每個策略都有可能會一直被重覆挑到, 此時若某個策略的配適值愈高, 它在競賽中會脫穎而出成爲父親或母親的次數也就會愈多, 其策略元素被流傳到後世策略的機會也會愈高。

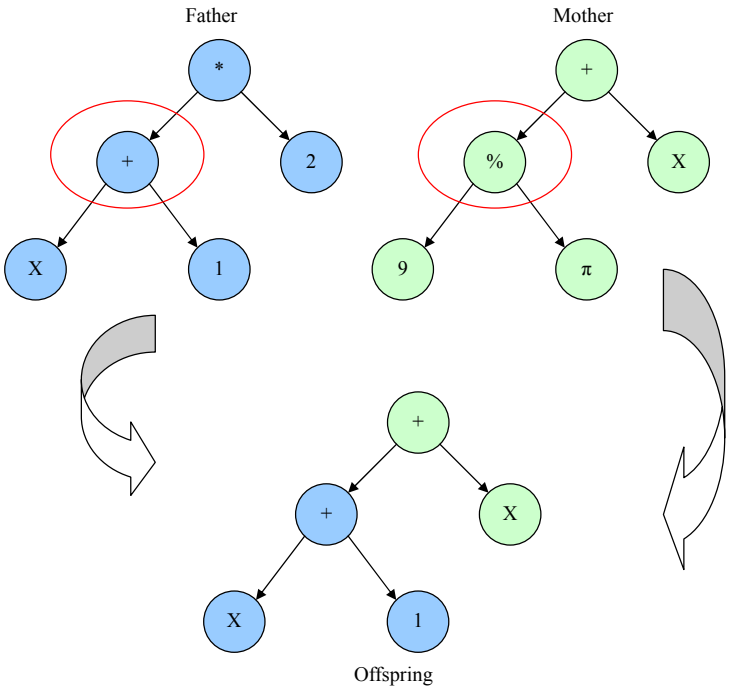

圖 4.6: Crossover 示意圖

突變 (Mutation)

除了交配之外, 基本的遺傳規劃中還包含了另一個常用的運作元, 稱爲「突變」。突變運作元會在運作在經過交配所產生的子代身上。

突變的目的, 在於隨入引入新的元素, 可爲策略的演化帶來隨機的額外訊息。突變又可分爲「點突變」和「樹突變」兩種。「點突變」意指在子樹的身上隨機選取一個節點作爲突變點, 然後以隨機產生的另一個節點取代之, 如圖 4.7 所示。

如果被選到的點是終點節點, 則必須要隨機產生另一個終點元素來替代之; 如果被選到的點是函數節點, 則隨機產生的節點除了必須是函數外, 還必須是參數個數完全一樣的函數, 才可以用來取代原來的函數節點。[19]

[19]例如, 如果被抽到要作點突變的點是 “+”, 由於 ”+” 的計算用到了兩個運算子, 就代表 ”+” 這個節點底下一定還接著另外兩個節點。所以, 必須要隨機找出一個也是可以下掛兩個節點的函數如 “*” 才可以順利地取代掉 “+” 這個節點。

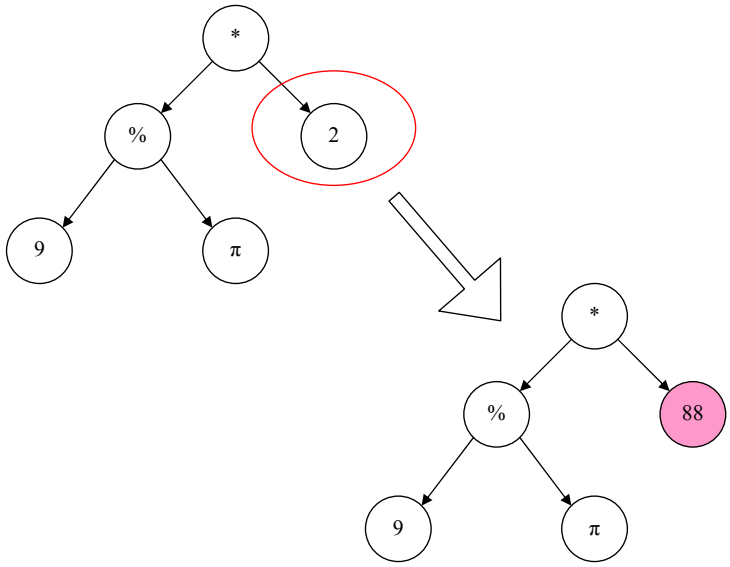

圖 4.7: 點突變示意圖

「樹突變」則是在子樹身上隨機選取一個函數節點作爲突變點, 然後將此點以下的部分刪除, 以隨機產生的另一顆子樹補上。如圖 4.8 所示。

4.3.2 AIE-DA GP 交易者

本研究所使用的 GP 交易者乃內建於 AIE-DA 平台之中, 其遺傳規劃運作部分之程式碼由 Adam P. Fraser 所撰寫之程式碼修改而來。而 AIE-DA 中的 GP 交易者雖然使用的是最基本的 GP 運作機制, 並未採取交配及突變以外任何的架構變換運作 (architecture-altering operations, 如 ADF)。不過 AIE-DA 中的 GP 交易者有些獨特的部分, 在此將分別介紹之。

平行演化

AIE-DA 中的 GP 交易者有一個稱作「平行演化」的設計。其原由是一般 GP 演化策略時, 會將自己策略群體中的策略逐一拿出來測試, 但測試策略時的對手會是

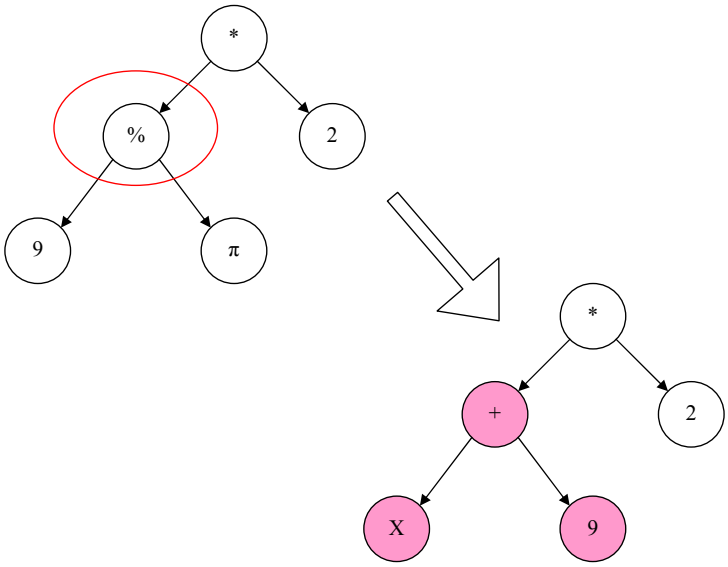

圖 4.8: 樹突變示意圖

誰呢? 通常的作法是把對手上一回合的策略當作測試自己策略的對手, 但這樣會有兩個問題:

1. 一般情況下, 交易中的對手是不會透露其策略的。所以爲了給自己策略集合中的策略配適值, 而把每一個策略拿來與他人策略互動的作法, 是建立在想像自己曾經眞正使用過這個策略, 或者是在知曉競爭對手策略的假設之上。

2. 即使不用假設知道對手的策略一樣有辦法利用市場資訊來測試自己的所有策略, 在理性上還是有不合適的地方。因爲假設自己在測試策略的同時, 其他對手卻不會改變其策略, 這個想法是過於樂觀的。

因此, AIE-DA 中採取一個務實的作法, 就是每個 GP 交易者每一天都會從其策略群體中, 隨機挑選一個策略出來實際使用一整天。在經過一段時日的實地測試後, 因爲大部分的策略都已被實際使用過, 便可以計算策略的配適值, 並進行策略群體之更新。

在此要注意的是, 由於採用隨機挑選策略實際交易測試的作法, **故 AIE-DA 中的 GP 交易者並不會每天更新其策略集合。**取而代之的, 是在交易過數天之後, 才會作一次遺傳運作來更新策略群體。而且爲了讓策略集合中的每個策略都儘可能有配適值, **在本研究中更新策略的週期便被設為策略群體大小的兩倍, 使得每個策略在理論上會有兩次被挑選出來交易的機會。**也因此在本研究中, 演化「代數」和「交易日」是兩個不同頻率的時間概念, GP 交易者用以更新策略的時間頻率代, 每一代則是由數個交易日所構成。

終點集合

AIE-DA 提供給 GP 發展策略所需要的終點元素包含了各式的市場資訊與必要的數字。其內容包含: PMax、PMin、Pavg、PMaxBid、PMinBid、PAvgBid、PMaxAsk、PMinAsk、PAvgAsk、HT、NT、LT、CASK、CBID、TimeLeft、TimeNonTrade、Pass、以及 Constant。

此外, AIE-DA 允許實驗者可以自行選擇提供或不提供上列終點集合中的任何元素, 或改變其相對比重, 其介面如圖 4.9 所示。

函數集合

AIE-DA 提供給 GP 發展策略所需要的函數元素包含了各式常用之簡單算術與邏輯判斷計算函式。其內容包含: Add、Minus、Multiply、Divide、Abs、Log、Exp、Sin、Cos、If-Than-Else、If-Bigger-Than-Else、Max、Min、以及 Bigger。

此外, AIE-DA 允許實驗者可以自行選擇提供或不提供上列終點集合中的任何元素, 或改變其相對比重, 其介面如圖 4.9 所示。

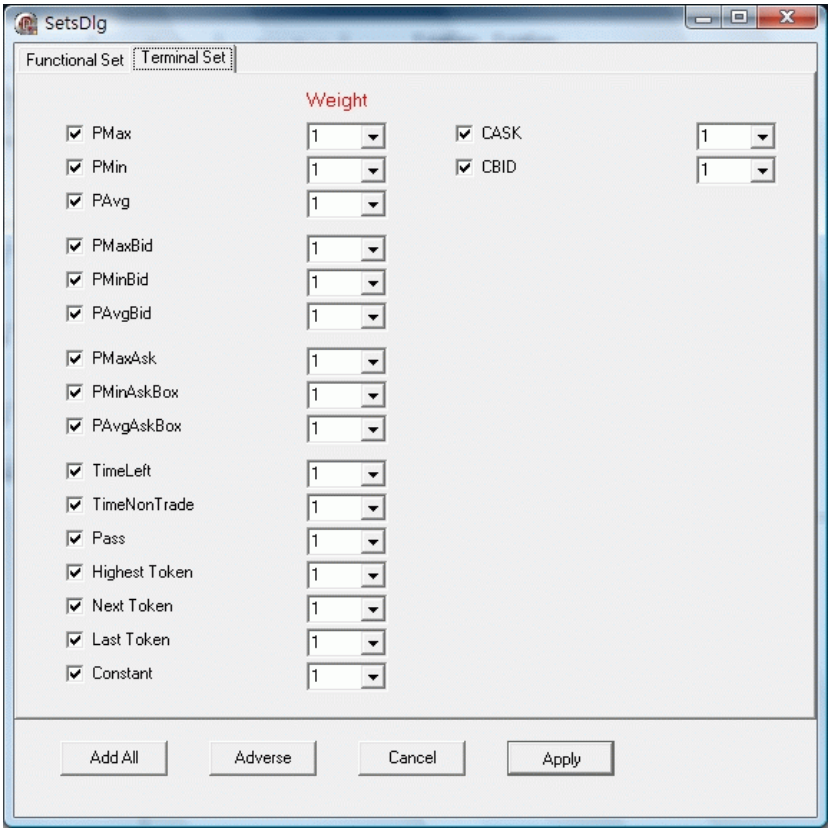

圖 4.9: AIE-DA 中 GP 終點集合元素設定之介面

4.4 策略分類

根據第 3.2.1 的探討, 我們在此將本研究所使用到的策略分類於表 4.2 中。

首先可以注意到的是固定性策略與調適性策略的分野, 如第 4.4 節所述: 結構固定者, 不論是否具有策略性思考, 都屬於固定型策略; 凡是策略中具有一些需要隨環境改變而變動的參數或指標, 就屬於調適型策略, 而其與固定型的分野在於更新參數或指標時的計算複雜程度。執是之故, 雖然 EL、ZIP、及 ZIC 在廣義上都可視爲具有 Markup 精神的策略, 但由於 ZIC 及 Markup 採用固定的利潤率, 而 ZIP 及 EL 採用較爲複雜的方式來決定其利潤率, 因此前兩者被歸於固定策略, 後兩者被歸於調適型策略之中。

表 4.2: 文獻策略之分類

策略	分類	備註
Truth Teller	固定型	非策略性
Kaplan	固定型	
Ringuette	固定型	
Skeleton	固定型	
ZIC	固定型	非策略性
ZIP	調適型	
Markup	固定型	非策略性
GD	調適型	
BGAN	調適型	
EL	調適型	
Empirical	調適型	
GP	創新學習型	

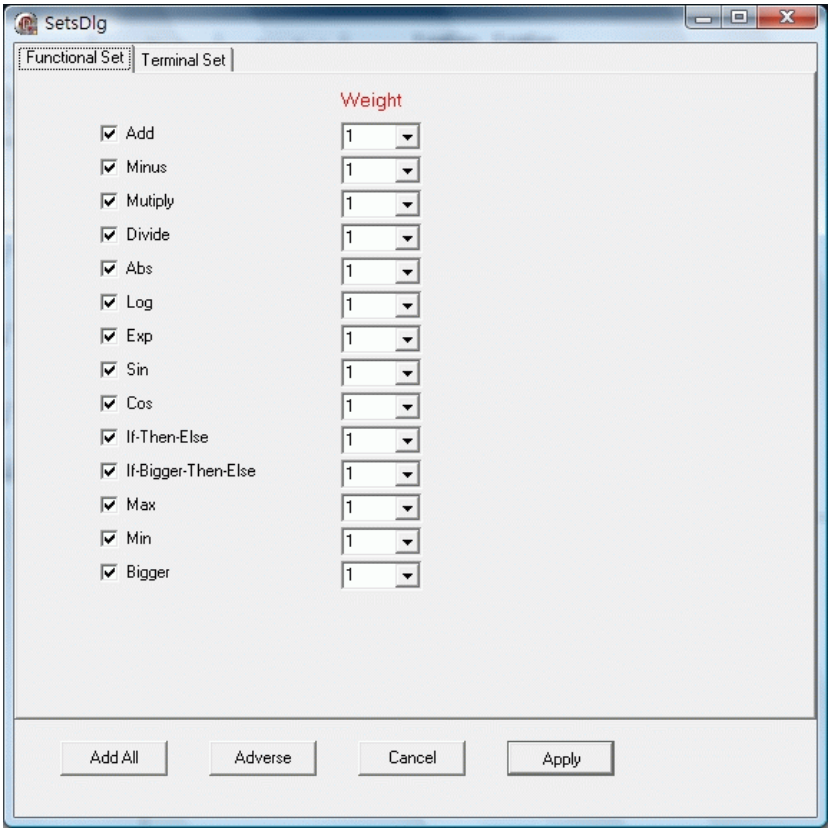

圖 4.10: AIE-DA 中 GP 函數集合元素設定之介面

在此我們希望強調的是, 此一分類無可避免的具有相當的主觀成份, 甚至於分類的方式也許都有可以討論的空間。然而進行此分類的目的卻是十分具有意義的: 將我們所知的策略分爲固定型、調適型、以及創新學習型不僅和策略的設計哲學有關, 也與本研究欲突顯學習與設計兩類解決問題模式的主題相應。

因此, 儘管在分類上也許當有改進的空間, 但本研究仍期望這樣的分類能讓我們對決策者解決問題的模式進行有根據的討論。