國立臺灣師範大學
資訊工程研究所碩士論文

指導教授： 林順喜 博士

吹牛骰子之人工智慧改良

Artificial Intelligence Improvement of Liar Dice

研究生： 唐心皓 撰

中華民國一百年六月

摘要

吹牛骰子主要分為 individual hand（多人共用一副骰子）與 common hand（玩家各自擁有一副骰子)兩種。其中 individual hand 類型在過去已有些許研究成果，例如使用近似模擬法、經驗法則、對手行為模式與動態規劃等。而 common hand 類型於 2009 年由國立台灣師範大學黃信翰研究生發表吹牛骰子之人工智慧論文中首度呈現研究結果。其捨棄傳統常用的賽局樹搜尋與亂數模擬法等耗用大量計算資源的方法，利用賽局理論，以一種簡單明快的作法來達到此遊戲的最佳（或較佳）玩法，並採用貝氏信賴網路，在連續對局中對網路進行訓練，達成對手行為模擬的效果，藉此發掘對手的弱點來提高勝率。此為 common hand 類型的吹牛骰子之創新與突破的研究，對於其他與各種啟發式規則所實作之程式均有六至七成的勝率，並且與具有一定水準的人類玩家對戰，也有與之抗衡的能力。

本論文主要針對黃信翰研究生的吹牛骰子之人工智慧程式加以改良，並提出更佳的電腦決策流程，以期提高與其他電腦程式和人類對戰的能力。

實驗結果顯示，與黃信翰研究生的吹牛骰子之人工智慧程式對局，勝率約為 56%；與目前網路上吹牛骰子程式對局，勝率可達八成以上。

ABSTRACT

Artificial Intelligence Improvement of Liar Dice

By

Hsin-Hao Tang

Liar dice evolved two different versions, one is individual hand and the other is common hand. In “individual hand”, there is only a set of dice which is passed from player to player. In “common hand”, each player has his own set of dice. There are some researches in individual hand version in the past, and the algorithms they used were simulation approximate method, empirical rule, opponent modeling and dynamic programming, etc. There is no research on common hand version until 2009. One graduate student Huang studied this game by applying game theory and using Bayesian belief network to train it by successive by playing to build a model of an opponent. The model can help us to find the weakness of the opponent and win more games. This was an innovative approach and achieved about 60 to 70 percent of winning rate against other heuristic-based test programs. And it is competitive when playing with human players.

This thesis focuses on improving Huang’s liar dice program, bring up a better strategy, and expects to win more games again other computer programs and human players.

The experiment results show that we can achieve 56% win rate on Huang’s liar dice program, and achieve more than 80% percent win rate on other liar dice programs on the Internet.

目錄

附表目錄

附圖目錄

第一章　緒論

第一節　研究背景與動機

賽局理論[4]一般的定義為「兩個或兩個以上的玩家（players）在理性的前提下，為追求己身目標而造成行為相互衝突的一種抗衡狀態。」為了在這樣的抗衡狀態下獲得勝利，而有所謂的賽局理論。小至遊戲，大至國家經濟、社會活動等，賽局理論都有廣泛的研究與應用[1][12]。

關於具有賽局性質的決策問題之研究可以追溯到十八世紀甚至更早。然而，一般認為，賽局的觀念雖然早已根深柢固於人們的日常行為中，但是賽局理論的成型與闡揚仍應歸功於 1944 年馮紐曼（John Von Neumann）[10]和摩根斯坦（Oskar Morgenstern）探討零和賽局（zero-sum game）理論的大作《賽局理論與經濟行為》（Theory of Games and Economic Behavior）[6]。所謂「零和」是指一方所得與另一方所失相等的經濟行為。馮紐曼以數學方式證明在雙人賽局中，只要彼此的利益完全對立，就存在一個理性的行動方針，此一證明稱為「大中取小定理」[18]。它適用於所有一輸一贏的兩人遊戲，馮紐曼證明了在這樣的賽局中，總有一個最佳或最適當的玩法。而該書《賽局理論與經濟行為》也提供了一套系統化分析方法，尋求利害衝突下的最適因應策略，標誌著系統化賽局理論的成形。納許（John Forbes Nash, Jr.）在 1950 年和 1951 年發表了兩篇關於非合作賽局的重要論文[7][9]，塔克（Albert W. Tucker）也於 1950 年定義了「囚徒困境」（prisoners' dilemma）[17]。他們兩個人的著作基本上奠定了現代非合作賽局理論的基石[20]。

之後，賽局理論在各個領域的應用間迅速擴展開來，並經由一些數學家不斷突破其格局。

賽局可依參賽者的先後順序、參賽者對其他參與者的瞭解程度、參賽者之間是否合作進行分類而分為「靜態賽局/動態賽局」(static or dynamic)、「完全資訊賽局/不完全資訊賽局」(perfect information or imperfect information)、「合作賽局/非合作賽局」(cooperative or non-cooperative)，分述如下[16]。

若按照參賽者的先後順序進行分類，此時賽局可劃分為靜態賽局和動態賽局。靜態賽局又稱為單回合賽局（one-shot game)，在賽局中，參賽者同時出招，互動一次即終止賽局，例如猜拳遊戲「剪刀、石頭、布」。動態賽局又稱為多回合（重複）賽局（repeated game)，在賽局中，參賽者的行動有先後順序，且後行動者能觀察到先行動者所選擇的行動。即在動態競爭下，參與者出招有先後之別，往往在觀察到對手的動作之後，才決定自己的動作，競爭者之間形成動態的互動現象，例如象棋、圍棋與井字遊戲。若按照參賽者對其他參與者的瞭解程度進行分類，此時賽局可劃分為完全資訊賽局和不完全資訊賽局。完全資訊賽局，在賽局過程中，每一位參賽者對其他參賽者的特徵、策略空間及收益函數有準確的資訊，即訊息完整。不完全資訊賽局，參賽者對其他參賽者的特徵、謀略空間及收益函數資訊瞭解得不夠準確，或者不是對所有參賽者的特徵、策略空間及收益函數都有準確資訊，即訊息不完整。若按照參賽者之間是否合作進行分類，此時賽局可以劃分為合作賽局和非合作賽局。其中「合作賽局」是指參賽者之間存有一

個對各方具有約束力的協定，參賽者在協定範圍內進行的賽局。反之，就是「非合作賽局」。

1950 年，納許提出了「納許均衡（Nash Equilibrium，簡寫為 NE）」的概念[8]，他擴展了馮紐曼的理論，證明了非零和的兩人賽局中也存在著均衡解，只要對手策略確定，競爭者就可以有最適反應，而當一組策略互為最適反應時就稱為「納許均衡」。

另外，不同的賽局也有其相對應的均衡觀念以求得最大效益。完全資訊中的靜態賽局均衡觀念是由納許提出，塞爾登（Reinhard Selten）以此為基礎提出子賽局完美均衡（Subgame Perfect Nash Equilibrium，簡寫為 SPNE）[26]；不完全資訊的靜態賽局可用哈珊伊（John Harsanyi）提出的貝氏納許均衡（Bayesian Nash Equilibrium）分析。若無均衡則求最適解。納許、塞爾登與哈珊伊於 1994 年共同獲得諾貝爾獎[19]。

納許均衡，又稱為非合作賽局平衡，「囚徒困境」是最經典的例子，其大意為：警方逮捕甲、乙兩名嫌疑犯，但沒有足夠證據指控二人入罪。警方分開囚禁嫌疑犯，分別和二人見面，並告訴兩名嫌疑犯「如果兩人都認罪（即互相背叛），各判刑 2 年；如果其中一人認罪（即背叛對方），認罪者立即釋放，而對方被判刑 10 年；如果兩人均不認罪（即互相合作），因證據不足則皆被判刑半年」（如表 1-1）。於是，兩人同時陷入招供與不招供的兩難處境。但因兩人無法溝通，於是從各自的利益角度出發，都依據各自的理性而選擇了招供，這種情況就稱為納

氏均衡點。這時，個體的理性利益選擇是與整體的理性利益選擇不一致的。兩個囚犯符合自己利益的選擇是坦白招供，原本對雙方都有利的策略不招供從而均被判刑半年就不會出現。事實上，這樣兩人都選擇坦白的策略以及因此被判兩年的結局被稱作是「納許均衡」(也叫非合作均衡)，換言之，在此情況下，無一參與者可以「獨自行動」(即單方面改變決定）而增加收穫。只要對手的策略確定，就可以有最適的反應（best response)。納許均衡即指一組互為最適反應之策略組合，或任一位參賽者均無誘因單方面偏離之均衡[27]。

表 1-1　囚徒困境

	甲沉默（合作）	甲認罪（背叛）
乙沉默（合作）	兩人各服刑半年	甲立即被釋放，乙服刑 10 年
乙認罪（背叛）	乙立即被釋放，甲服刑 10 年	兩人各服刑 2 年

通常在完全資訊賽局中，靜態時討論納許均衡（Nash Equilibrium，簡稱為NE)，動態時討論子賽局完美納許均衡（Subgame Perfect Nash Equilibrium，簡稱為 SPNE)；在不完全資訊賽局中，靜態時討論貝氏納許均衡（Bayesian Nash Equilibrium，簡稱為 BNE)，動態時討論完美貝氏納許均衡（Perfect Bayesian Nash Equilibrium，簡稱為 PBNE)。靜動態賽局定義請見表 1-2。

賽局中的三大要素為「玩家」(players)、「行動」(strategies）與「報酬」（payoffs)。

表 1-2 歸納賽局中最常見的分類方式與其差異點；表 1-3 呈現「完全資訊/

不完全資訊」與「靜態/動態」賽局相對應的均衡關係； 表 1-4 列出常見遊戲在賽局中的分類，此篇論文研究的對象是吹牛骰子，屬於必須考慮機率的不完全資訊賽局。

表 1-2　不同賽局彼此之間的差異

賽局分類	差異點
合作/不合作	合作：玩家協議出遵守的規則 不合作：玩家各自出招，諜對諜
靜態/動態	靜態：玩家同時行動，或雖非同時但後行動者並不知道先行動者的具體行動 動態：玩家的行動有先後順序，且後行動者能觀察到先行動者的行動，並藉以擬訂策略採取行動
兩人/多人	兩人：玩家只有兩位 多人：玩家有多位
零和/非零和	零和：玩家的報酬總和為零 非零和：玩家的報酬總和不一定為零
完全資訊/不完全資訊	完全資訊：賽局三大要素都清楚 不完全資訊：賽局三大要素至少有一個不清楚

表 1-3　四種不同的賽局與相對應的均衡關係

	完全資訊	不完全資訊
靜態	納許均衡（NE）	貝氏納許均衡（BNE）
動態	子賽局完美納許均衡（SPNE）	完美貝氏納許均衡（PBNE）

表 1-4　常見遊戲的賽局分類

	完全資訊賽局	不完全資訊賽局
無機率問題	西洋棋（Chess） 圍棋（Go） 象棋（Chinese Chess）	走私者（Inspection Game） 戰艦遊戲（Battleship）
需要考慮機率	西洋雙陸棋（Backgammon） 大富翁（Monopoly）	OPEC 遊戲（OPEC Game） 撲克（Poker） 吹牛骰子（Liar Dice）

第二節　研究方向與目的

吹牛骰子主要分為 individual hand（多人共用一副骰子）與 common hand（玩家各自擁有一副骰子）兩種。其中 individual hand 類型在過去已有些許研究成果，例如使用經驗法則[2]、對手行為模擬[14]、近似模擬法與動態規劃[3]等。而 common hand 類型於 2009 年由國立台灣師範大學黃信翰研究生發表吹牛骰子之人工智慧論文中首度呈現研究結果[21]。其捨棄傳統常用的賽局樹搜尋與亂數模擬法等耗用大量計算資源的方法，利用賽局理論，以一種簡單明快的作法來達到此遊戲的最佳（或較佳）玩法，並採用貝氏信賴網路[5][11][13]，在連續對局中對網路進行訓練，達成對手行為模擬的效果，藉此發掘對手的弱點來提高勝率。此程式為 common hand 類型的吹牛骰子之創新與突破的研究，對於其他與各種啟發式規則所實作之程式均有六至七成的勝率，並且與具有一定水準的人類玩家對戰，也有與之抗衡的能力。

本論文主要針對黃信翰研究生的吹牛骰子之人工智慧程式加以改良，並提出更佳的電腦決策流程，以期提高與其他電腦程式和人類對戰的能力。

第三節　論文架構

本論文共分為五章，第一章為緒論，包含研究背景與動機、研究方向與目的及論文架構。第二章介紹吹牛骰子的歷史、遊戲規則、進行方式與相關研究探討。

第三章闡述電腦吹牛骰子改良程式之流程與架構、喊牌與抓牌策略的改進，以及其他策略改進。第四章為實作系統之實驗與測試結果。最後在第五章提出本論文之總結與未來發展方向。

第二章　吹牛骰子

第一節　簡介

骰子，中國博戲中六博之一，被視為博具之祖，相傳為三國時代文學家曹植所發明，最初用於占卜，後來演變為後宮嬪妃的遊戲，用來賭酒或賭絲綢香袋等物。骰子的點穴原本是塗黑的，到了唐代才增加描紅。考古學家在西元前兩千年的古埃及墓中發現與骰子極其相似的設計，以羊的後足跟製成稱為「astragal」之賭具。這種賭具有四個面且不對稱，每次投擲會落在四個面之一方。

時至今日，演變出來的骰子遊戲五花八門，其中最出名的有吹牛骰子、盲公骰與花旗骰等。而骰子也被廣泛的利用於各種不同的博弈遊戲中，作為決策與增加娛樂性的輔具[25]。

吹牛骰子（liar dice），據說最初起源於南美，一開始只是一個在酒吧裡打發時間或賭酒的小遊戲，後來經由海盜傳至世界各地，所以吹牛骰子又有海盜骰子（pirate dice）的別稱。

吹牛骰子是目前國內最流行於酒吧的骰子遊戲，又稱大話骰、騙子骰或古惑骰。遊戲規則分為 individual hand 與 common hand 兩種類型。individual hand 為多人共用一副骰子，上家喊牌後下家選擇抓牌或繼續喊牌，並且同一副牌從第一個玩家傳至最後一個玩家；common hand 則為玩家各自擁有一副骰子，輪流抓牌與喊牌。

此遊戲曾在電影「神鬼奇航 2」中出現，並因為幾年前的博奕電視節目「小

氣大財神」而在台灣大為風行。

第二節　遊戲進行方式

吹牛骰子經長期演化而有多人共用一副骰子的 individual hand 與玩家各自擁有一副骰子的 common hand 兩大類型。本論文以 common hand 為主題，且為方便起見，以下以雙人的 common hand 基本規則開始著手。

玩家各自擁有一副骰子(一副為 5 顆)，以骰盅蓋住不讓其他玩家看見，只有自己可以隨時查看，如圖 2-1。除了第一回合的先手玩家只能選擇「喊牌」外，接下來的各回合玩家皆可選擇「喊牌」或「抓牌」。

在此假設先手玩家為 A，後手玩家為 B。

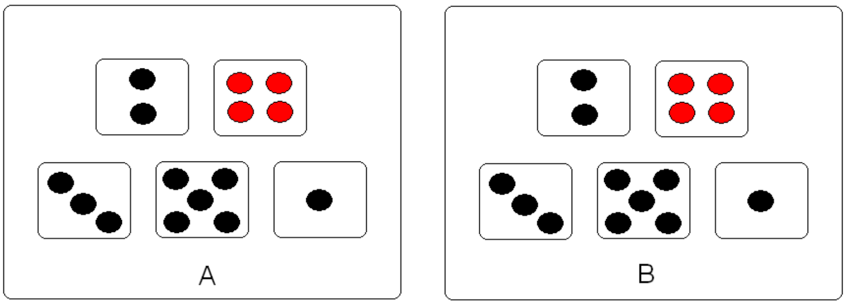


圖 2-1　遊戲初始情形

先手玩家 A 進行喊牌「X 個 Y」，代表宣告「Y 為點數，X 為兩位玩家此 Y 點骰子的總個數」，如圖 2-2。

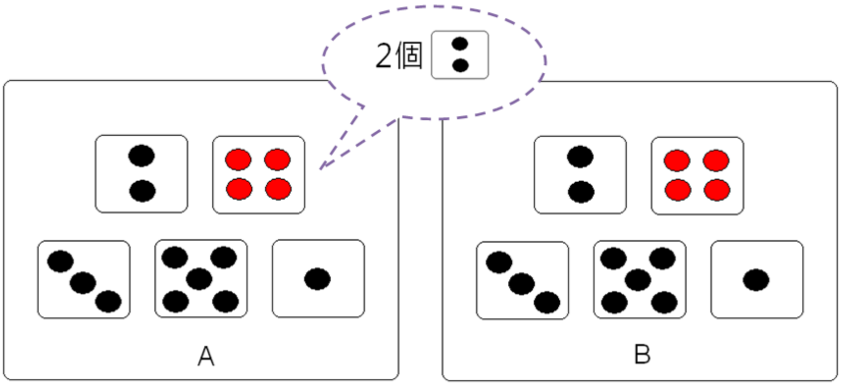


圖 2-2　先手玩家 A 喊牌

由於玩家只能看見自己的骰子，因此喊牌未必成立，輪到的後手玩家必須決定相信先手玩家的喊牌或選擇不相信而抓牌。若相信先手玩家的喊牌則必須喊一個更大的牌，如圖 2-3 所示。而「更大」的意義有以下兩種：「個數更大，點數任意」與「個數相同，點數更大」。

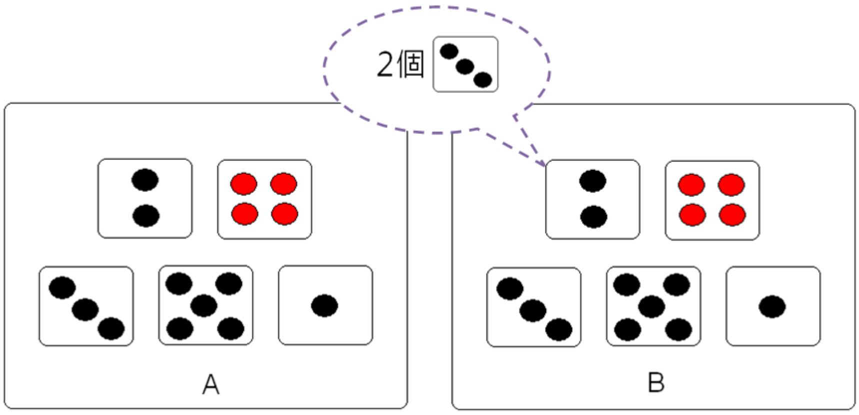


圖 2-3　後手玩家 B 喊牌

若後手玩家認為先手玩家的喊牌不成立，則必須「抓牌」，此時雙方互揭骰盅看喊牌是否成立。若喊牌成立則抓牌者輸；若喊牌不成立則抓牌者贏。如圖 2-4 所示，若此時後手玩家選擇抓牌，因為先手玩家喊牌「兩個 2」成立，所以

先手玩家獲勝，遊戲結束。

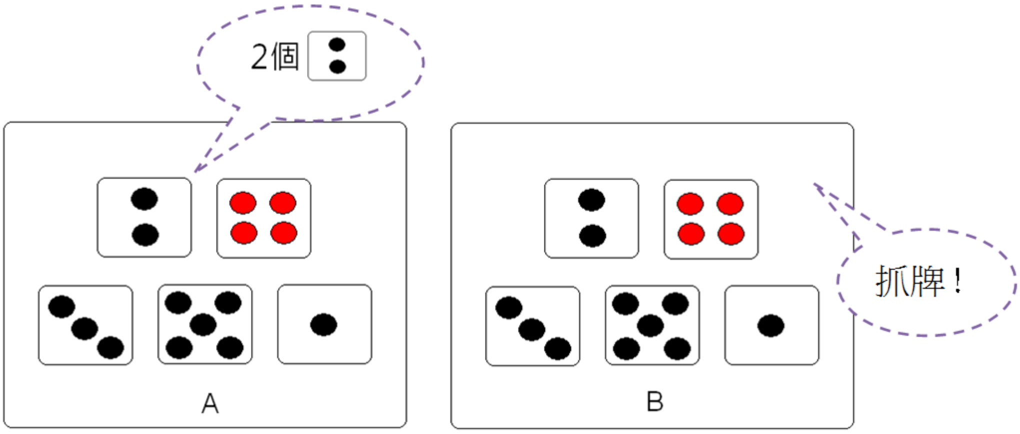


圖 2-4　勝負判定

如同其名「吹牛骰子」，在遊戲結束前無法得知對手的底牌，對手的喊牌是唯一資訊來源，故在遊戲中吹牛而提供給其他玩家錯誤的資訊也是合理的策略。圖 2-5 所示即為吹牛的情形。

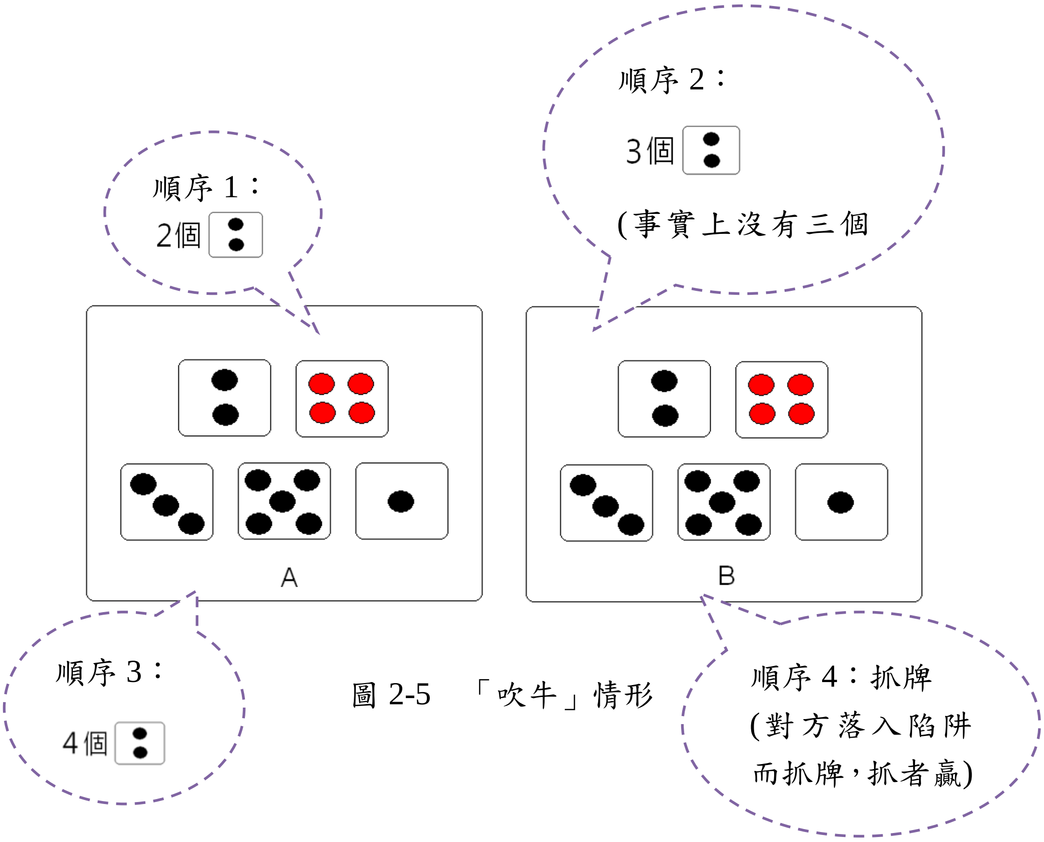


圖 2-5　「吹牛」情形

即使是相同牌型，也會因為玩家心態、個性或選擇策略等不同而影響遊戲發展，導致有不同的結果。

為增加遊戲的趣味性，發展出延伸規則，說明如下。

- 1點當作王牌：若之前沒有玩家喊過1點，則1點可被當成任意點。但若有玩家在遊戲過程中喊過1點,則遊戲結束後便只能當作1點來計算。如圖2-6所示，喊牌「五個3」成立，因為玩家A的「1點」此時當成「3點」。

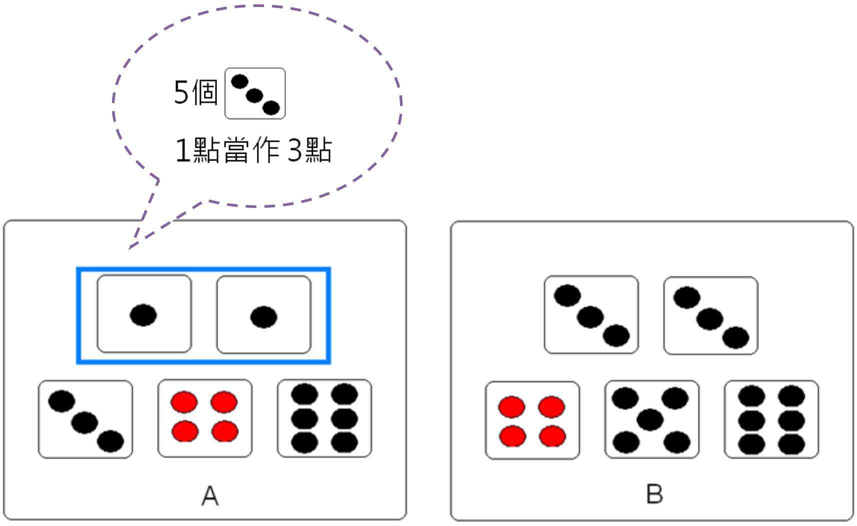


圖 2-6　「1點」當作王牌

- 允許重新搖骰子：遊戲中常會遇到喊牌難以喊上去的情況，若採用此規則，玩家可以有重新搖骰的機會，而更有把握地喊出更大的牌組。首先玩家先由骰盅內取出任意個想要對己身有利且想要保留點數的骰子，此時自骰盅取出的骰子成為全體玩家的公共資訊。接下來對仍在骰盅內的

骰子重新搖骰並決定喊牌。如圖 2-7 所示。

這條規則也有所限制，若選擇重新搖骰後則不能反悔，必須喊牌；而亮出的骰子也不得拿回，必須放到牌桌上直到遊戲結束。

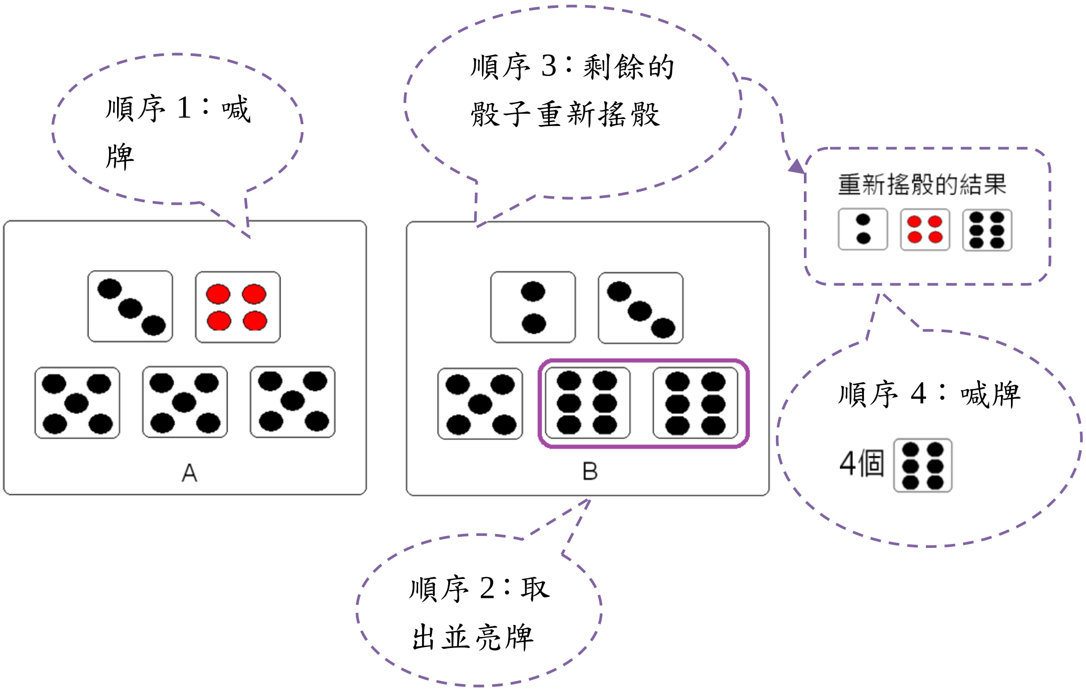


圖 2-7　重新搖骰

- 懲罰機制：落敗玩家會被取走一顆骰子，直到有一方失去所有骰子，遊戲才告終。

黃信翰研究生發表吹牛骰子之人工智慧研究的論文與本論文皆無納入延伸規則，僅以基本規則的雙人 common hand 吹牛骰子為研究對象。

第三節　相關研究探討

黃信翰研究生從賽局理論之策略矩陣的方向開始探討，以期在隨機選取策略中能找到不吃虧的混合策略方法，並將策略分為三個部份：是否抓牌、如何叫牌與流程安排。以下說明引用自黃信翰研究生的論文。

- 是否抓牌

抓牌準則如下：當對手喊牌「X 個 Y」後，由 0~5 中隨機挑選一個數作為對手 Y 點的實際個數，若「己方 Y 點個數 ＋ 猜測對手 Y 點的實際個數≧X」則不抓；反之若「己方 Y 點個數 ＋ 猜測對手 Y 點的實際個數< X」則採取抓牌的行動。範例如圖 2-8 所示。

假設我方牌組為玩家 A 之手牌，對手手牌為玩家 B 之手牌但未知並喊牌「三個 4」，此時我方猜測對手有「兩個 4」，且「己方 4 點的個數(2 個) + 猜測對手 Y 點的實際個數(2 個) > 喊牌個數(3 個)」，因此選擇不抓牌。

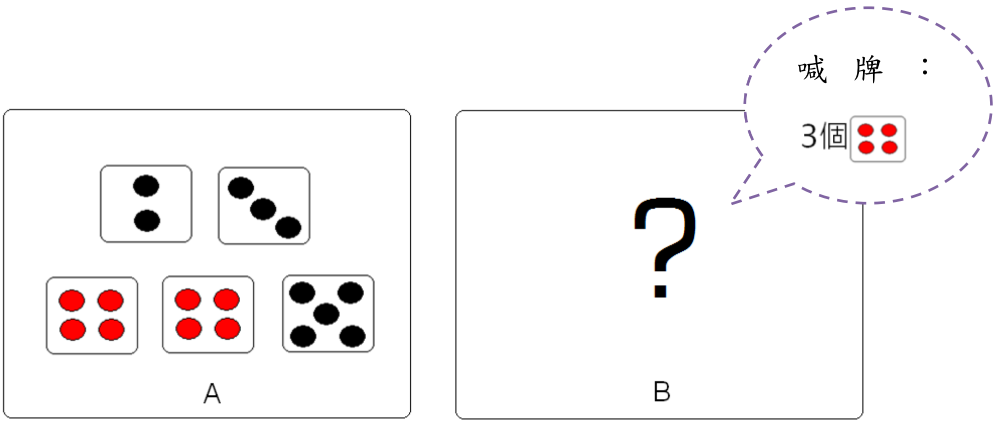


圖 2-8　我方考慮是否抓牌的範例

● 如何叫牌

由於喊牌的勝利原則為「所喊的牌組成立」且「讓對手採取抓牌行動」，因此先考慮對手考慮己方喊牌的方法。

對手考慮己方喊牌是否成立的方法即為己方考慮方式之逆轉。即當我方喊牌「X 個 Y」後，對手由 0~5 中隨機挑選一個數作為我方 Y 點的實際個數，若「對手 Y 點個數 ＋ 猜測我方 Y 點的實際個數≧X」則不抓；反之若「對手 Y 點個數 ＋ 猜測我方 Y 點的實際個數< X」則採取抓牌的行動。因此，喊出勝利牌組的策略如下：首先隨機產生對手的牌組，再搭配己方的牌組，找出所有成立的牌組，接著隨機選取任一牌組，使用上述考慮方法判斷對手是否抓牌，若「牌組成立且對手抓牌」，則採用此牌組。範例如圖 2-9 所示。

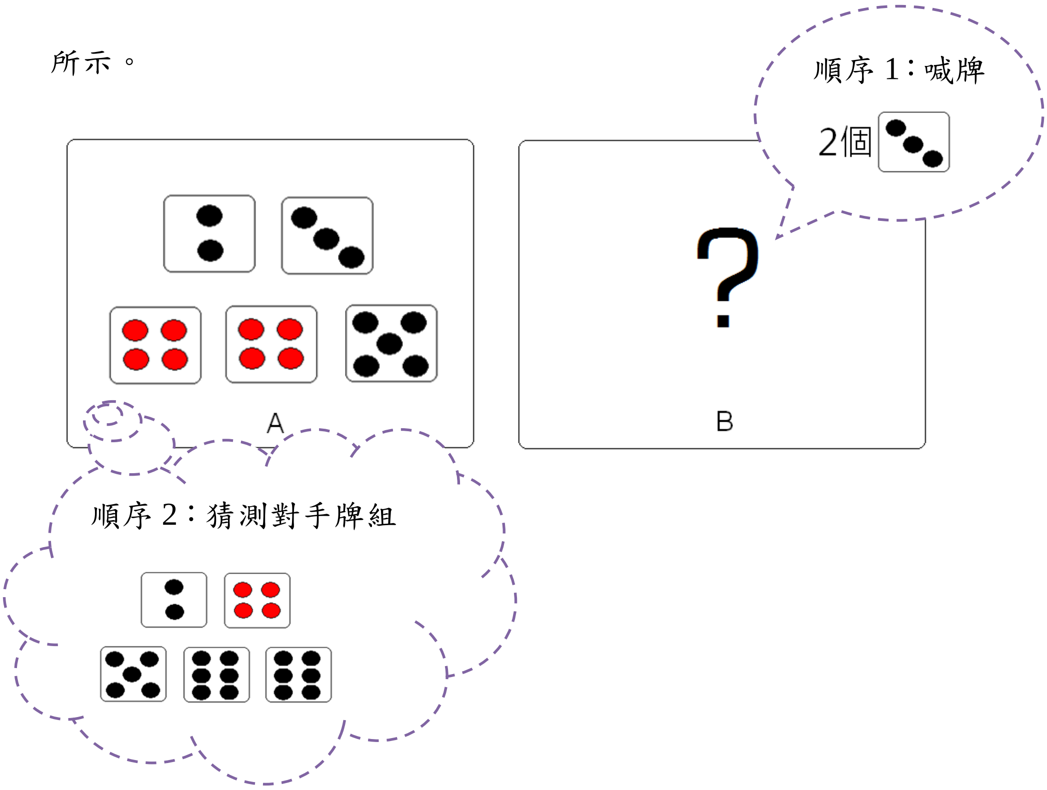


圖 2-9　我方考慮喊牌的範例

對手喊牌「兩個 3」，我方隨機產生猜測的對手牌組，並找出所有大於「兩個 3」的可行牌組(例如：「兩個 4」、「兩個 5」、「兩個 6」與「三個 4」等)，從中隨機挑選。假設選到「三個 4」，為判斷對手是否採取抓牌行動，又假設對手猜測己方擁有「一個 4」，而「對手 4 點個數(1 個) + 對手猜測己方擁有 4 點的實際個數(1 個)< 實際上雙方擁有 4 點的個數(3 個)，」對手誤認己方說謊而採取抓牌行動，此牌組達成導致己方獲勝的目的，故可選擇喊出此牌組。

- 流程安排

由於抓牌與喊牌僅能擇一，因此若「事先決定抓牌，若不抓再決定要喊什麼牌」，則會面臨問題「有牌可喊卻選擇抓牌，而可喊的牌有機會贏」，如圖 2-10 所示；但若「事先決定喊牌，若無牌可叫再考慮抓牌」，則會面臨問題「抓牌會贏，但卻選擇喊牌」，如圖 2-11 所示。

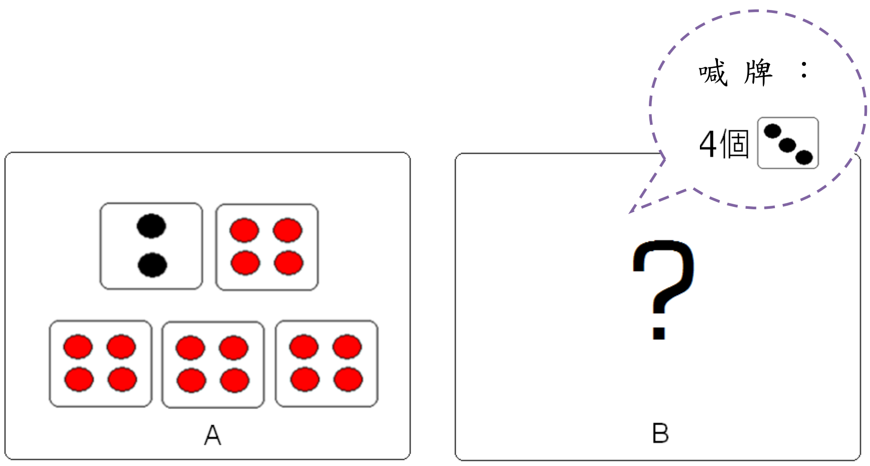


圖 2-10　先考慮抓牌再考慮喊牌的範例

如圖 2-10 所示，我方若喊牌「四個 4」是絕對安全的，但若事先決定抓牌的情況下，是不會喊出「四個 4」這個牌組的。

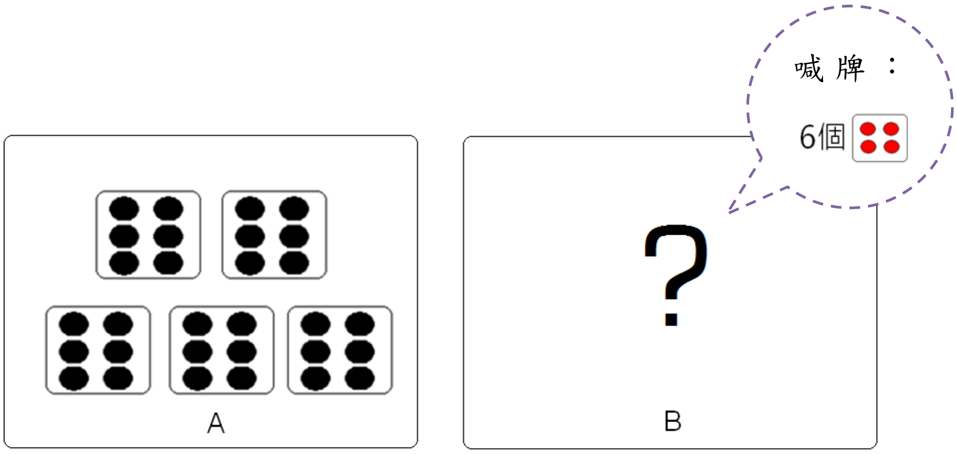


圖 2-11　先考慮喊牌再考慮抓牌的範例

如圖 2-11 所示，由於己方的牌組為「五個 6」，因此對手喊牌「六個 4」是絕對不可能成立的。但若事先決定喊牌的情況下，是不會抓「六個 4」這個牌組的。因此改進方法為「各自決定抓牌和喊牌的結果，再以成立機率選取」。

由於在遊戲中無法獲得任何可靠的資訊，因此玩家在做決策時，很容易摻入自身的情感、直覺與偏見，於是「對手行為模型」因運而生。藉由建立「對手行為模型」，使程式具有學習能力，在重覆對局中發現對手的行為模式與弱點，進而提高勝率。

貝氏信賴網路（Bayesian Belief Network）是一種資料探勘[23][24]的方法，常被用於觀察對象具有不確定特性時。貝氏信賴網路以圖的方式來表達一群隨機變數之間的機率關係。一個貝氏信賴網路是一個具有以下特性的圖：

- 一個隨機變數的集合構成該網路的各個節點。

- 一個有向連結或箭號的集合連結成對的節點，一個由節點 Q 到節點 R 的箭號代表 Q 對 R 有直接影響。

- 每個節點有一個條件機率表(Conditional Probability Table)用來記錄父節點對子節點的定量關係。一個節點的箭號所指向的所有節點都稱為該節點的父節點。

- 圖中不存在有向循環。

這個結構可以顯示各個因素彼此之間的互動關係，再藉由重覆的觀察並對網路進行訓練，便能推測出各個因素之間互相影響的概略機率。

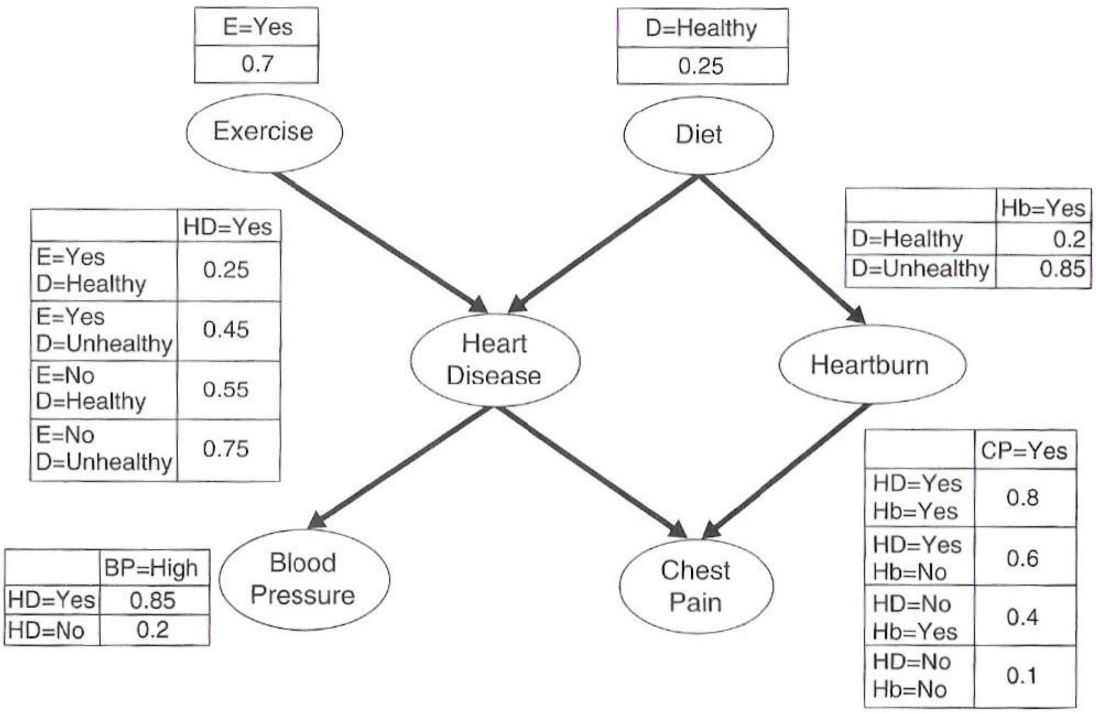


圖 2-12　描述心臟疾病的貝氏信賴網路

圖 2-12 是一個描述心臟疾病病患身體狀況與生活習慣之間的關聯性的貝氏信賴網路模型，每個節點都有兩種可能的值。位於中層的兩個節點分別代表兩種疾病「心臟病」(Heart Disease)與「心臟灼熱」(Heartburn)。它們的父節點代表生活習慣，意即不良的生活習慣可能導致這些疾病，例如「飲食」(Diet)與「運動」(Exercise)。「心臟病」與「心臟灼熱」的子節點則是可能導致的外顯症狀，例如「血壓」(Blood Pressure)與「胸口疼痛」(Chest Pain)。

完成網路節點設計後，即對網路進行訓練。每個節點都存有一個記錄與其相關節點的機率表格，藉由對系統的重覆觀測，統計出各項因素間互相影響的機率值。一旦累積足夠的觀測次數，機率表格的內容便能逼近真實機率，也就能利用對現有資訊的觀測，合理的以此機率推算接下來的結果。

其中使用貝氏規則作為貝氏信賴網路之計算機率的推導工具，即「事件 B 已發生的前提下，發生事件 A 的機率」，公式表示如下。已知 B 已發生的前提下，A 發生的機率為

$$p(A|B) = \frac{\text{A 和 B 同時發生的次數}}{\text{B 發生的次數}} = \frac{p(A \cap B)}{p(B)} ------------(1)$$

又，已知 A 已發生的前提下，B 發生的機率為

$$p(B|A) = \frac{p(B \cap A)}{p(A)} \rightarrow p(B \cap A) = p(B|A) \times p(A)$$

又，交集具有交換性

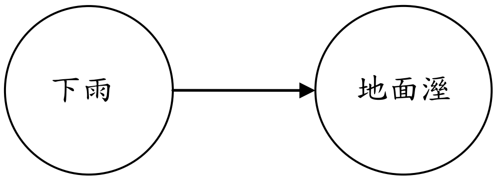
$$p(A \cap B) = p(B \cap A) \rightarrow p(A \cap B) = p(B|A) \times p(A) ------------(2)$$

將(2)代入(1)，得到

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \times P(A)}{P(B)}$$

此即為貝氏規則(Bayesian Rule)，18 世紀英國數學家 Thomas Bayes[15]首先提出這個規則，之後便以此命名。

下雨	
是	否
37	63



		地面溼	
		是	否
下雨	是	29	8
	否	18	45

圖 2-13　描述天氣與地面乾濕的貝氏信賴網路

圖 2-13 是一個描述天氣與地面乾濕的貝氏信賴網路模型，經過一百天的觀察後得到機率表格如圖左、右。左為「下雨」節點的機率表，右為「地面濕」節點的機率表。第 101 天時，希望藉由「地面乾溼情況」來推測今天是否下過雨。

$$p(\text{下雨} = \text{是} \mid \text{地面濕} = \text{否})$$

$$= \frac{p\left(\text{地面濕} = \text{否} \mid \text{下雨} = \text{是}\right) \cdot p(\text{下雨} = \text{是})}{p(\text{地面濕} = \text{否})}$$

$$= \frac{\left(\frac{8\%}{8\% + 29\%}\right) \cdot \left(\frac{37\%}{37\% + 63\%}\right)}{\left(\frac{8\% + 45\%}{37\% + 63\%}\right)}$$

$$= 15\%$$

因此，第 101 天時，若已知地面濕的情況，則已經下過雨的機率是 15%。

黃信翰研究生在其論文中提出建構吹牛骰子的貝氏信賴網路模型，如圖 2-14

所示。

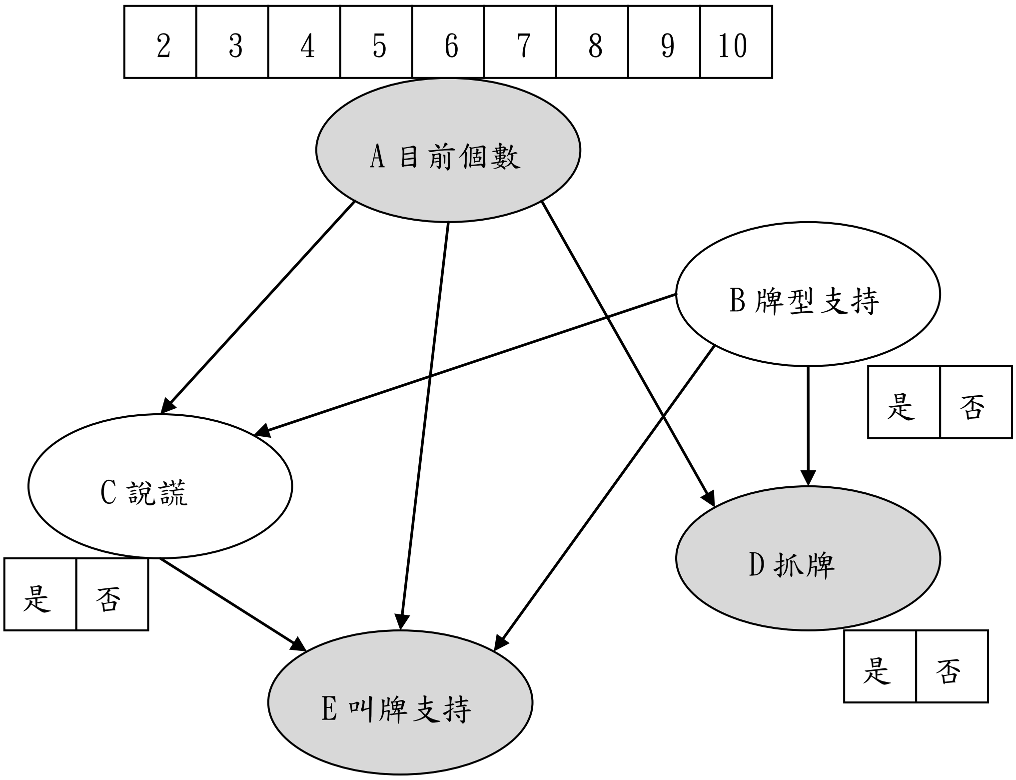


圖 2-14　描述吹牛骰子遊戲的貝氏信賴網路

圖 2-14 所示為針對吹牛骰子所建構的貝氏信賴網路模型，試圖找出每一回合中影響玩家的參數與所需要做的決策，並根據其相依性做出連結。

- A，目前個數：前一名玩家所喊的牌的個數，值為 2~10。
- B，牌型支持：玩家的手牌是否支持前一個玩家所喊的點數。在此將「支持」定義為「手上擁有此點數的個數與對手所喊的數目差距小於3」。例如對手喊牌「三個 5」而己方擁有一個，便算是支持。
- C，說謊：玩家所決定的喊牌是否為說謊。「說謊」的定義為「所喊出的個數與實際擁有的個數差距大於 1」。例如喊出「三個 5」而手

上實際擁有兩個即是誠實，但若實際上只擁有一個即是說謊。由於六種點數分配在五顆骰子上的期望值為 5/6，大約一顆，及期望對方提供一顆骰子來達成可行的喊牌是合理的，但期待兩顆便不合理，於是做如此定義。

- D，抓牌：玩家是否採取抓牌的行動。
- E，叫牌支持：玩家的叫牌是否支持前一個玩家所喊的點數。

其中，節點 A、B 是輪到的玩家所面臨的局面，節點 C、D 與 E 是玩家所要做出的決策，且標示灰色的節點 A、D 與 E 是玩家結束一回合後所透露的資訊，由此推測標示為灰色的節點 B、E 的數值。

B：牌型是否支持？計算 P(B | ADE)如下。

P(B | ADE)

$$= \mathrm{p}(\mathrm{BC_0}|\mathrm{ADE}) + \mathrm{p}(\mathrm{BC_1}|\mathrm{ADE})$$

$$= \frac{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{ABC_0})\mathrm{p}(\mathrm{BC_0}|\mathrm{AE})}{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{A})} + \frac{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{ABC_1})\mathrm{p}(\mathrm{BC_1}|\mathrm{AE})}{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{A})}$$

$$= \frac{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{ABC_0})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{AB})\mathrm{p}(\mathrm{BC_0}|\mathrm{A})}{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{A})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{A})} + \frac{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{ABC_1})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{AB})\mathrm{p}(\mathrm{BC_1}|\mathrm{A})}{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{A})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{A})}$$

$$= \frac{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{ABC_0})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{AB})\mathrm{p}(\mathrm{C_0}|\mathrm{AB})\mathrm{p}(\mathrm{B})}{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{A})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{A})} + \frac{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{ABC_1})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{AB})\mathrm{p}(\mathrm{C_1}|\mathrm{AB})\mathrm{p}(\mathrm{B})}{\mathrm{p}(\mathrm{D}|\mathrm{A})\mathrm{p}(\mathrm{E}|\mathrm{A})}$$

由於計算節點 B 之前，節點 C 為不明朗資訊，但其值仍會對其他節點產生影響，因此將節點 C 的每種情況都考慮進來，其中 C_0 代表「說謊」，C_1 代表「誠

實」。

C：有無說謊？計算 P(C | ADE) 如下。

P(C | ADE)

$$
\begin{aligned}
&= p(B_0C|ADE) + p(B_1C|ADE) \\
&= \frac{p(D|AB_0C)p(B_0C|AE)}{p(D|A)} + \frac{p(D|AB_1C)p(B_1C|AE)}{p(D|A)} \\
&= \frac{p(D|AB_0C)p(E|AB_0)p(B_0C|A)}{p(D|A)p(E|A)} + \frac{p(D|AB_1C)p(E|AB_1)p(B_1C|A)}{p(D|A)p(E|A)} \\
&= \frac{p(D|AB_0C)p(E|AB_0)p(C|AB_0)p(B_0)}{p(D|A)p(E|A)} + \frac{p(D|AB_1C)p(E|AB_1)p(C|AB_1)p(B_1)}{p(D|A)p(E|A)}
\end{aligned}
$$

由於計算節點 C 之前，節點 B 為不明朗資訊，但其值仍會對其他節點產生影響，因此將節點 B 的每種情況都考慮進來，其中 B_0 代表「牌型支持」，B_1 代表「牌型不支持」。

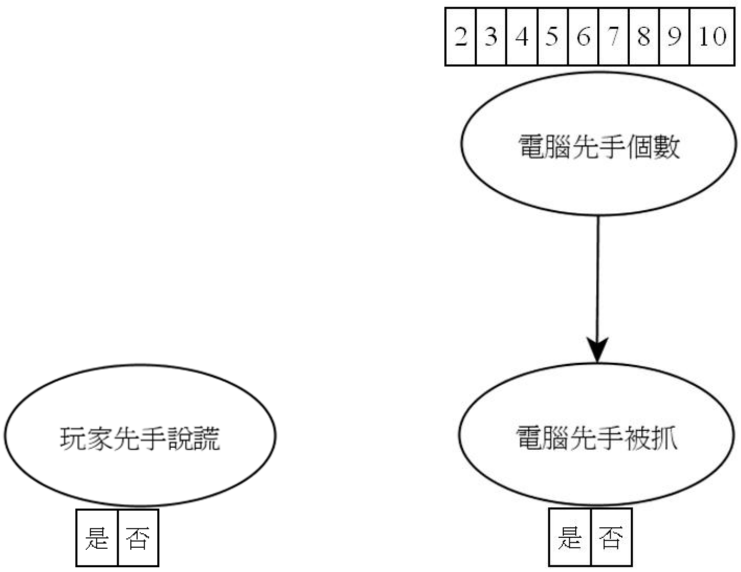


圖 2-15　描述開叫情形的貝氏信賴網路

然而上述的貝氏信賴網路模型並沒有囊括所有的情形，因此另外建構以下兩個模型以記錄其他情況的資訊，如圖 2-15。

玩家首先開叫時並沒有過去的歷史資訊，因此沒有節點 A(目前個數)與節點 B(牌型支持)這兩項資訊。於是關於玩家首先開叫的歷史資訊，必須保存於另一個貝氏信賴網路模型中，如圖 2-15(a)，此網路僅包含一個節點，用來記錄玩家開叫是否說謊。另一種情況是若為程式首先開叫時，同樣也因為沒有之前玩家喊牌的資訊，無法套用上面的貝氏信賴網路模型做計算，因此將程式首先開叫的資訊紀錄如圖 2-15(b)的網路模型中，在此記錄的是程式開叫的個數與隨後被下家玩家抓牌的機率關係。

目前設計出來的三個貝氏信賴網路模型，經過計算後可得以下四種資訊：

- 玩家開叫說謊的機率
- 玩家的牌型支持上家喊牌的機率
- 玩家回應為說謊的機率
- 程式喊牌會被抓牌的機率

運用這些資訊來輔助決策的方法如下。

採信開叫記錄的貝氏信賴網路模型之門檻為

$$\frac{(\text{開叫次數})}{\text{開叫次數} + 10}$$

採信記錄叫牌的貝氏信賴網路模型之門檻為

$$\frac{(\text{在目前個數為 k 的情況下做決策的次數})}{(\text{在目前個數為 k 的情況下做決策的次數})+10}$$

以上採用的機率將隨著相同情況的累積漸漸提高。

若決定採信後，以下提供已得出的資訊進行對對手的底牌猜測與抓牌喊牌的輔助策略。

採信提供的機率後，對於對手底牌的推論方法如下。在每回合遊戲開始時，先安排兩個資料結構「一個空的牌組」和「一個限制陣列」。空的牌組用於儲存推論結果，而限制陣列用於記錄點數個數(-1 表示不限制)。隨著遊戲的進行而得到對手的資訊，慢慢將這些資料結構填滿。以下分四種情況討論「採信對手的喊牌」、「認定對手牌型支持」、「不採信對手的喊牌」與「認定對手牌型不支持」。「採信對手的喊牌」的情況。若採信對手的喊牌，則補足空白牌組到「對手喊牌的個數-1」；當我方喊完牌，根據對手回應判斷對手牌型支持，若對手的牌組是支持我方的喊牌的，則補足此空牌組到「我方喊牌的個數-2」。範例如圖 2-16、圖 2-17、圖 2-18 與圖 2-19 所示。

圖 2-16 為每局遊戲開始時所設立的一個空的假想牌組與一個限制陣列，陣列中的-1 代表目前對六種骰子的個數都不做限制。

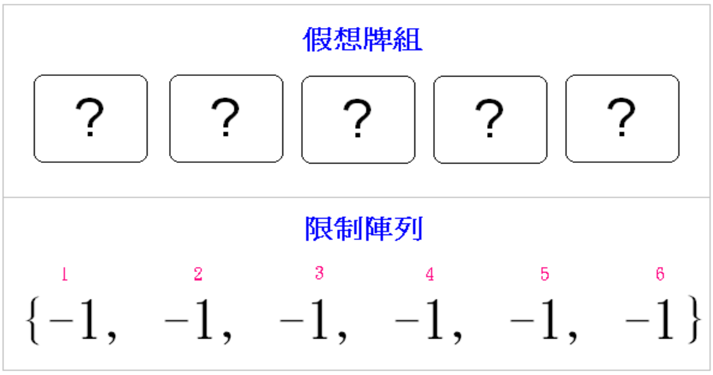


圖 2-16　假想牌組與限制陣列的初始情況

假設對手喊牌「兩個 3」且我方決定採信，則補足空白牌組到「對手喊牌的個數-1」，如圖 2-17 所示。

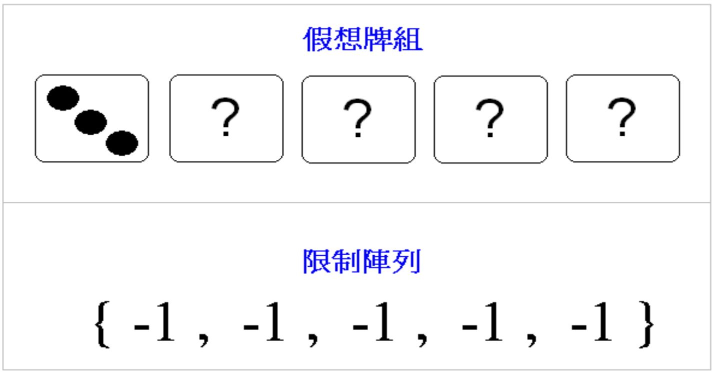


圖 2-17　採信對手開叫時的情況

接著我方喊牌「三個 5」，對手回應喊牌「三個 6」，若判斷對手支持我方的喊牌，則補足此空白牌組到「我方喊牌的個數-2」，如圖 2-18 所示。

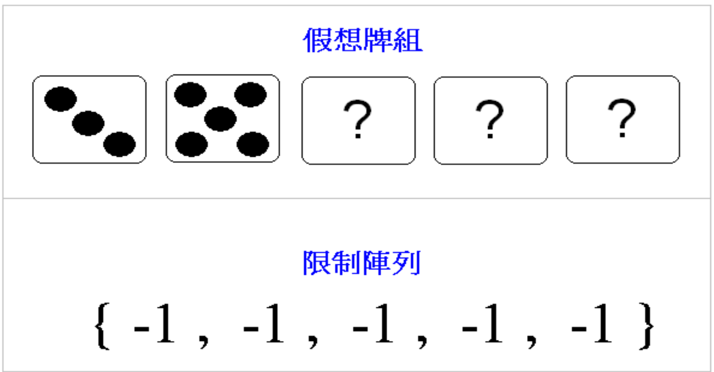


圖 2-18　對手支持我方喊牌時的情況

若採信對手喊牌則補足空白牌組到「對手喊牌的個數-1」，如圖 2-19 所示。

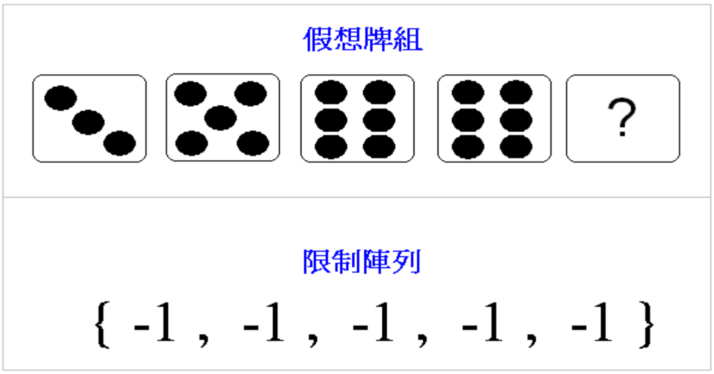


圖 2-19　採信對手喊牌時的情況

「不採信對手的喊牌」的情況下，若不相信對手的牌，則將限制陣列顯示在「喊牌的個數-2」；我方喊牌之後，根據對手的反應判斷出對手不支援我方的牌組時，則設定限制陣列為「喊牌的個數-2」。範例如圖 2-20、圖 2-21、圖 2-22 與圖 2-23 所示。

圖 2-20 為每局遊戲開始時所設立的一個空的假想牌組與一個限制陣列，陣列中的-1 代表目前對六種骰子的個數都不做限制。

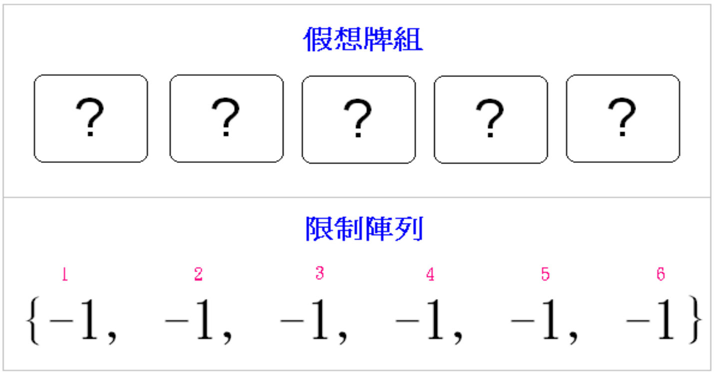


圖 2-20　假想牌組與限制陣列的初始情況

假設對手喊牌「兩個 3」且我方決定不採信，則將限制陣列顯示在「喊牌的個數-2」，如圖 2-21 所示。

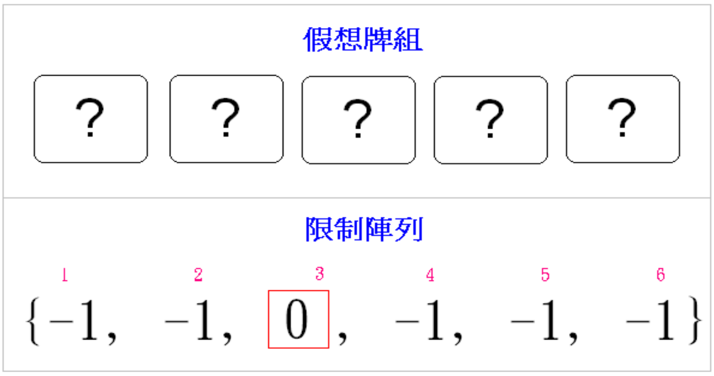


圖 2-21　不採信對手開叫時的情況

接著我方喊牌「三個 5」，對手回應喊牌「三個 6」，若判斷對手不支持我方的喊牌，則設定限制陣列為「喊牌的個數-2」，如圖 2-22 所示。

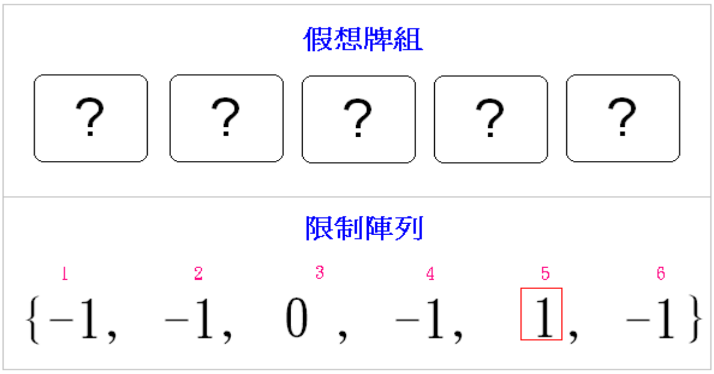


圖 2-22　對手不支持我方喊牌時的情況

若不採信對手喊牌則設定限制陣列為「喊牌的個數-2」，如圖 2-23 所示。

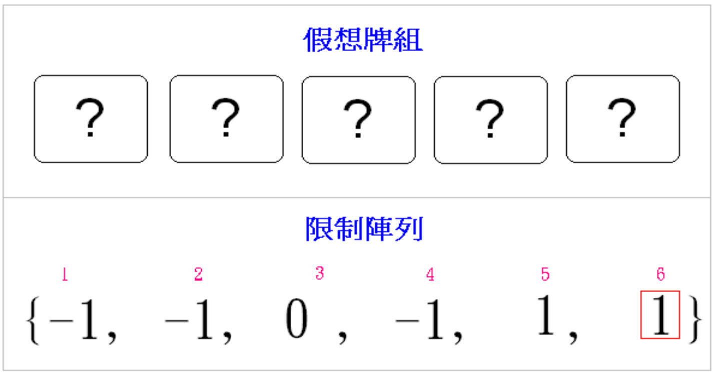


圖 2-23　不採信對手喊牌時的情況

黃信翰研究生將以上構想實作為純文字介面的電腦自動對局程式與圖形化界面的人機對局程式，與各種啟發式規則所實作之程式均有六至七成的勝率，並且與具有一定水準的人類玩家對戰，也有與之抗衡的能力，如圖 2-24、圖 2-25、圖 2-26、圖 2-27 與表 2-4 所示。

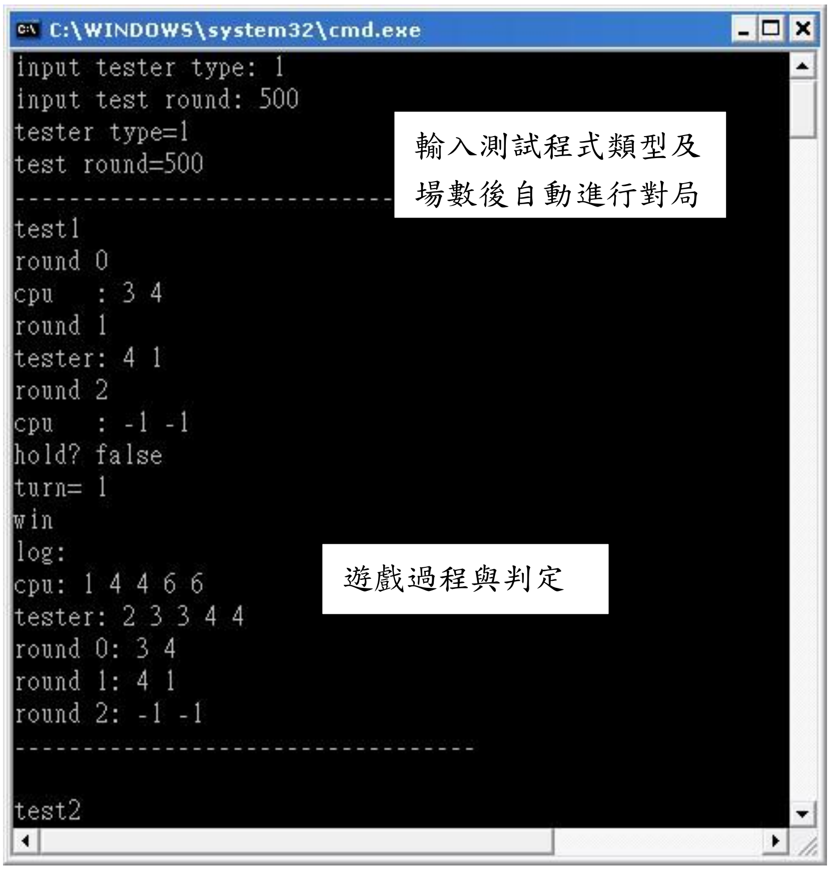


圖 2-24　文字介面測試程式運作畫面

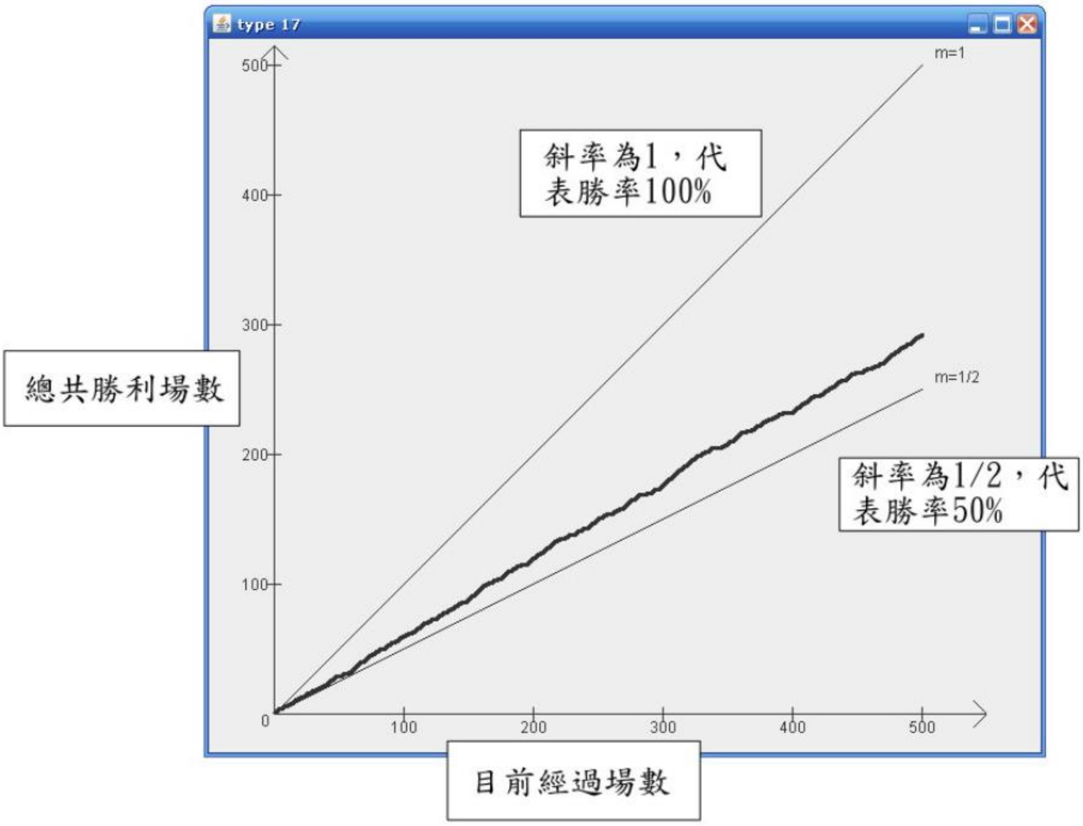


圖 2-25　勝率走向說明圖

圖 2-25 為勝率走向說明圖，期望研發的系統之勝率至少有 50%，也就是累積場數的走向大致能被夾在斜率為 1/2 與斜率為 1 的直線中間。

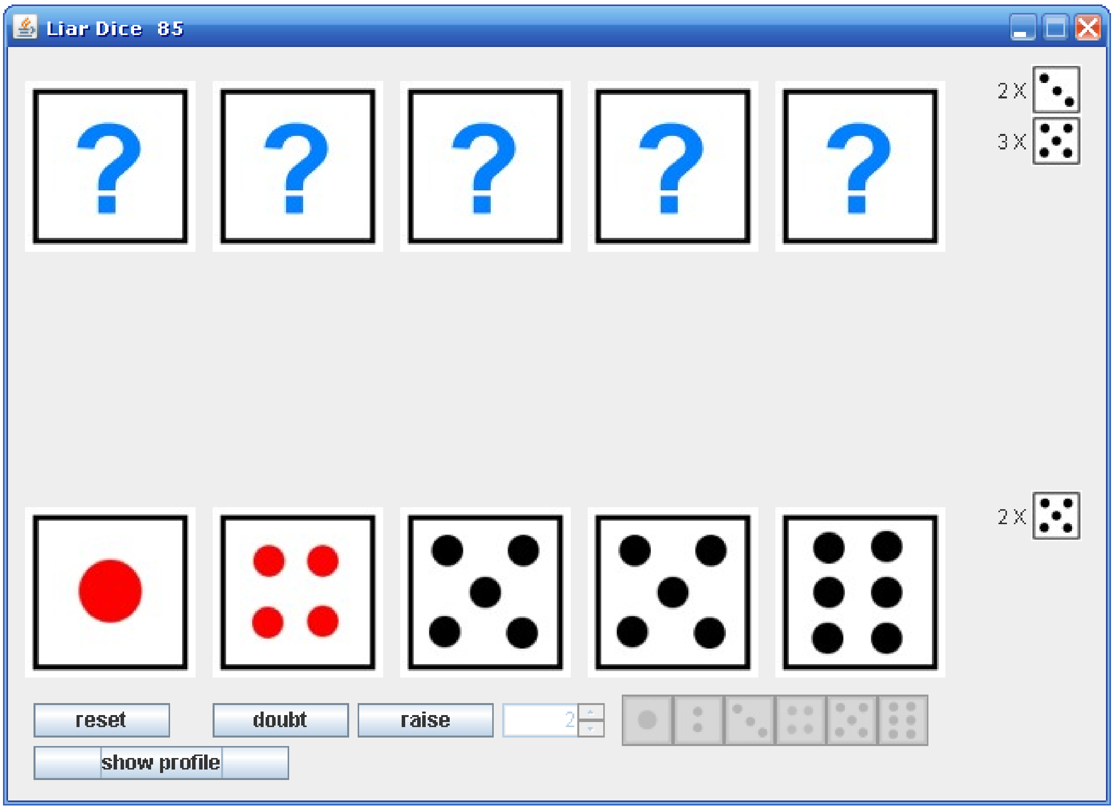


圖 2-26　吹牛骰子系統人機介面

圖 2-26 為可供人類玩家進行測試的吹牛骰子系統介面外觀。按下「show profile」按鈕後顯示畫面如圖 2-27 所示。其中測試分為兩部份，第一部份僅使用隨機玩法的主程式分別與 32 種測試程式及人類玩家對戰，第二部份則加入貝氏信賴網路。以僅使用隨機玩法策略的主程式與這 32 種測試程式進行對戰，都可以得到六~七成的勝率。而當隨機玩法的主程式加入貝氏信賴網路的輔助後，對於大部分的測試程式勝率都提高 5%~10%，顯示加入貝氏信賴網路後的確能從重覆對局中發現對手的行為模式與弱點，對於對手的底牌得到一定準確程度的猜測，並利用於決策輔助上已能提高勝率。但在少部份的測試類型中，貝氏信賴網路並沒有明顯的提升勝率。

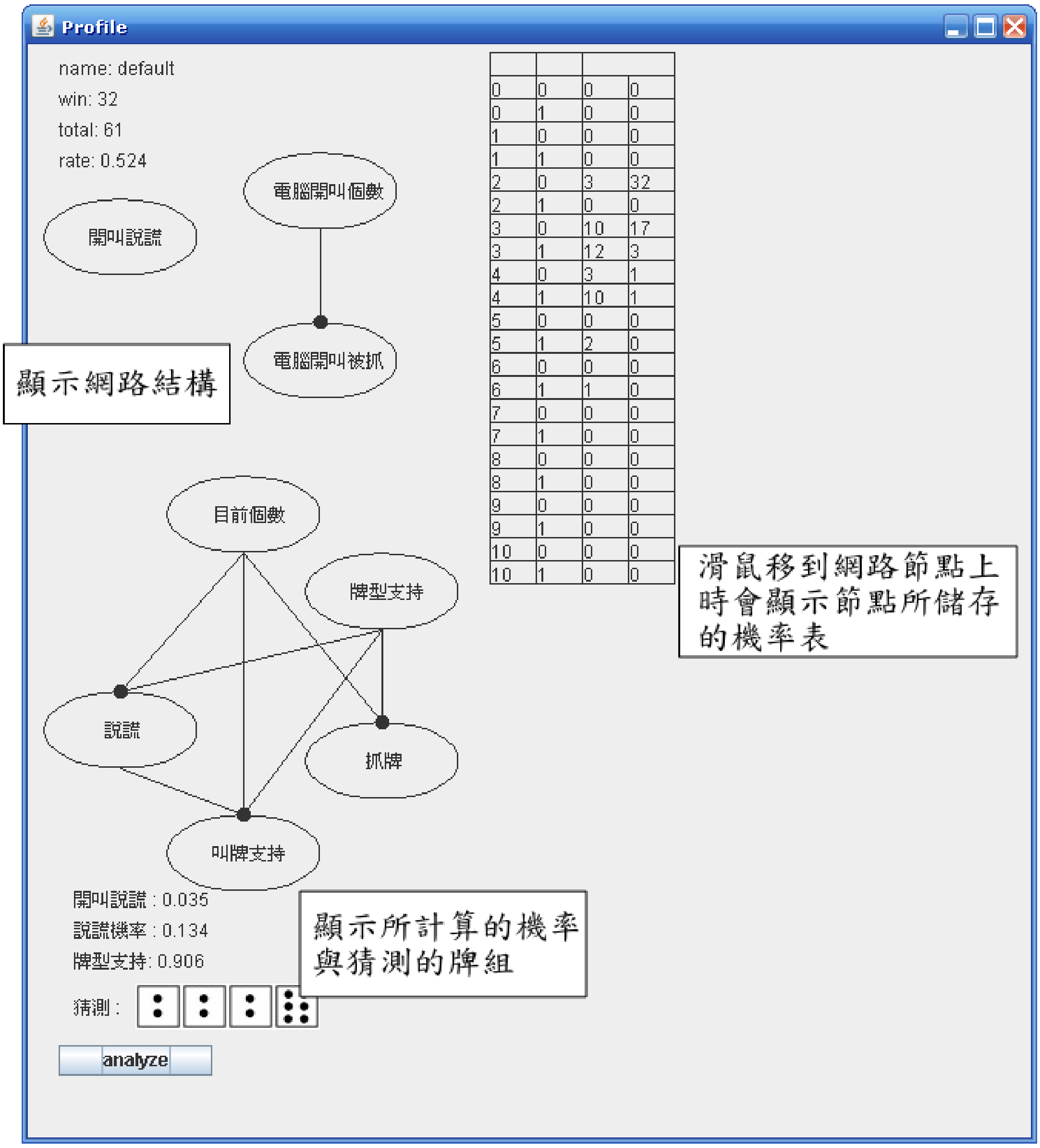


圖 2-27　玩家資訊畫面

另外也找了四位人類玩家進行測試，如表 2-1 所示。

表 2-1　程式對四位人類玩家所取得的勝率

玩家名稱	隨機玩法	搭配貝氏信賴網路	差異
Ad0219	49%	52.5%	+3.5%
Gozha	43.5%	46%	+2.5%
Julian	42.5%	43%	+0.5%
Scott	48.5%	43.5%	-5%

如表 2-1 所示，在僅使用隨機玩法的情況下，對於每位人類玩家的測試都可取得 40%以上且接近 50%的勝率，展現出約略足以與人類玩家相抗衡的實力。但在加入貝氏信賴網路後，並非對每位玩家都有效果，甚至在對上某一位玩家時的勝率反而下降。此使用貝氏信賴網路的系統無論對電腦或人類玩家皆有一部份的測試結果並不十分理想，實際去觀察一些對局內容也有一些高估或低估的情形，而無法準確猜測對手底牌牌型。完整測試結果可參閱黃信翰研究生的「吹牛骰子之人工智慧研究」之碩士論文。

第三章　進一步改良吹牛骰子程式

第一節　程式流程與架構

本論文的吹牛骰子程式之流程與架構如圖 3-1 所示。首先程式會隨機產生雙方手牌，並將所有符合喊牌規則的牌組（即可行牌組）加入候選牌組中，之後喊牌都會從候選牌組中挑選一個欲喊牌組來喊。接下來判斷是否為程式開叫，假設為程式開叫，則從候選牌組中選出欲喊牌組並喊牌；假設不為程式開叫，則等待對方喊牌後，程式判定採取抓牌或喊牌的動作，其中判定方式詳述於後。每次判定期間除了計算選擇抓牌與喊牌的比例外，也會重新審視在遊戲開始時所使用的候選牌組是否皆為可行，並預先從中決定欲喊牌組，與做邏輯偵測（此時若無法通過邏輯偵測，則立即採取抓牌行動）、採信對方喊牌與否等。若程式決定喊牌，則喊出先前選好的欲喊牌組，然後對方玩家也可選擇抓牌或喊牌；若程式決定抓牌，則採取抓牌行動。遊戲中若有任一方採取抓牌行動，則遊戲結束。

步驟 1：隨機產生雙方手牌牌組

本論文的吹牛骰子程式（以下簡稱為己方程式）首先會隨機產生雙方手牌，此時對方手牌是隱藏的，己方程式只知道自己擁有手牌的點數與個數。

步驟 2：將所有可行牌組加入候選牌組

己方程式將手牌依照 5 同～5 異共七種類型做分類（如表 3-1），依分類將所

有可行牌組加入候選牌組中，其中可行牌組的定義為「符合喊牌規則的牌組」，例如已知對方喊牌「三個 5」，牌組「三個 6」，則為己方可行牌組，可加入候選牌組中；牌組「三個 4」，則不為己方可行牌組，不加入候選牌組中。

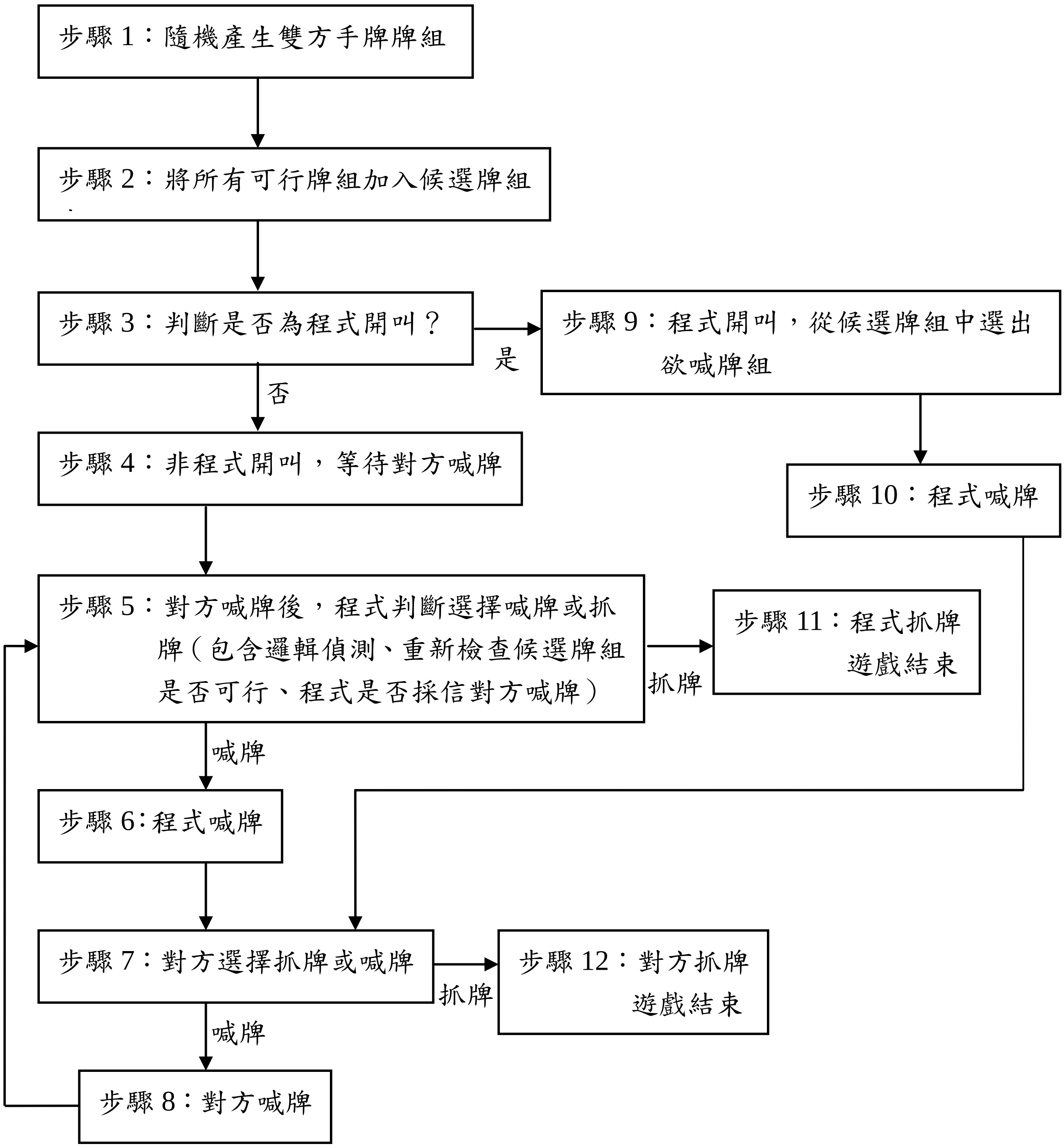


圖 3-1　吹牛骰子程式流程圖

表 3-1　手牌牌型分類

牌型	出現機率	近似值
5 同	$[C(6,1)\times(5!/5!)\times(5!/5!)]/6^5=6/7776=1/1296$	1/1000
4 同 1 異	$[C(6,2)\times(2!/(1!\times1!))\times(5!/4!)]/6^5=150/7776$	1/50
3 同 2 同	$[C(6,2)\times(2!/(1!\times1!))\times(5!/(2!\times3!))]/6^5=300/7776$	1/25
5 異	$[C(6,5)\times(5!/5!)\times5!]/6^5=720/7776$	1/10
3 同 2 異	$[C(6,3)\times(3!/(1!\times2!))\times(5!/3!)]/6^5=1200/7776$	1/5
2 同 2 同 1 異	$[C(6,3)\times(3!/(1!\times2!))\times(5!/(2!\times2!))]/6^5=1800/7776$	1/4
2 同 3 異	$[C(6,4)\times(4!/(1!\times3!))\times(5!/2!)]/6^5=3600/7776$	1/2

可行牌組又分為「誠實」與「說謊」兩種。「說謊」的定義為「期待對方提供此點數的骰子個數，否則喊牌無法成立，對方抓牌己方即輸。」而期待對手可提供此點數的骰子個數範圍為 2~5 顆，即說謊的骰子個數範圍為 2~（己方程式擁有此點數的個數+5）。此過程舉例如下。

假設隨機產生手牌後，己方程式手牌為「1、1、1、2、2」。此時程式判斷此牌型為「3 同 2 同」，並依「3 同 2 同」類型將所有可行牌組加入候選牌組中，其中誠實與說謊的可行牌組列舉如表 3-2。

表 3-2　誠實與說謊的可行牌組範例

誠實/說謊可行牌組	期待對方提供個數	成立機率	選取比例
誠實：「兩個 1」、「兩個 2」、「三個 1」（共三組）	0	1	7776
說謊：「四個 1」、「三個 2」（共兩組）	1	3125/7776	3125
說謊：「五個 1」、「四個 2」、「兩個 3」、「兩個 4」、「兩個 5」、「兩個 6」（共六組）	2	1250/7776	1250
說謊：「六個 1」、「五個 2」、「三個 3」、「三個 4」、「三個 6」、「三個 6」（共六組）	3	250/7776	250
說謊：「七個 1」、「六個 2」、「四個 3」、「四個 4」、「四個 5」、「四個 6」（共六組）	4	25/7776	25
說謊：「八個 1」、「七個 2」、「五個 3」、「五個 4」、「五個 5」、「五個 6」（共六組）	5	1/7776	1

將可行牌組加入候選牌組的同時，也會同時標註每一牌組的選取比例，定義選取比例為「成立機率值之分子」。當對方喊牌後，己方程式即以此選取比例從候選牌組中挑選欲喊牌組，例如「兩個 1」的被挑中為欲喊牌組的比例是 7776，而「五個 6」被挑中為欲喊牌組的比例是 1，示意如圖 3-2。

圖 3-2　選擇欲喊牌組的示意圖

步驟 3：判斷是否為程式開叫

開叫者的定義為「每回合遊戲開始時，最先喊牌的玩家」，在此程式以亂數決定開叫者，開叫者可為己方程式（則執行步驟 9）或是對方玩家（則執行步驟 4）。開叫者在遊戲開始時由於無過去喊牌記錄，因此只能選擇喊牌，之後雙方玩家都能選擇抓牌與喊牌，只要有任何一方採取抓牌行動，遊戲即結束。

步驟 4：非程式開叫，等待對方喊牌

非程式開叫，等待對方喊牌，對方輸入喊牌的點數與個數後，程式即進入步驟 5。

步驟 5：對方喊牌後，程式判斷選擇喊牌或抓牌（包含邏輯

偵測、重新檢查候選牌組是否可行、程式是否採信對方喊牌）

對方喊牌後，己方程式會執行以下事情：

- 由過去歷史資訊推測對方說謊的機率，來決定是否採信此次喊牌，詳情請見本章第二節。
- 將對方此次喊牌做邏輯偵測，若不合邏輯則執行步驟 11，直接採取抓牌行動，詳情請見本章第三節。
- 篩選候選牌組，將不可行的牌組刪除，若採信此次對方喊牌，則將己方與對手可能擁有的牌組加入候選牌組中。
- 從候選牌組中挑選出欲喊牌組（並標記選取比例），詳情請見本章第二節。
- 判斷對方喊牌的成立機率，詳情請見本章第三節。以隨機的方式依比例選擇抓牌或喊牌，示意如圖 3-3。

  例如，對方喊牌後，由計算得知對方喊牌成立機率為 3125/7776，此時取分子 3125 為選取比例；從候選牌組中挑選欲喊牌組，此牌組成立機率為 3125/7776，取分子 3125 為選取比例。由於選取比例皆為 3125，因此採取抓牌與喊牌的機率各為 50%。
- 程式若決定抓牌，則執行步驟 11，程式抓牌，遊戲結束；程式若決定喊牌，則執行步驟 6。

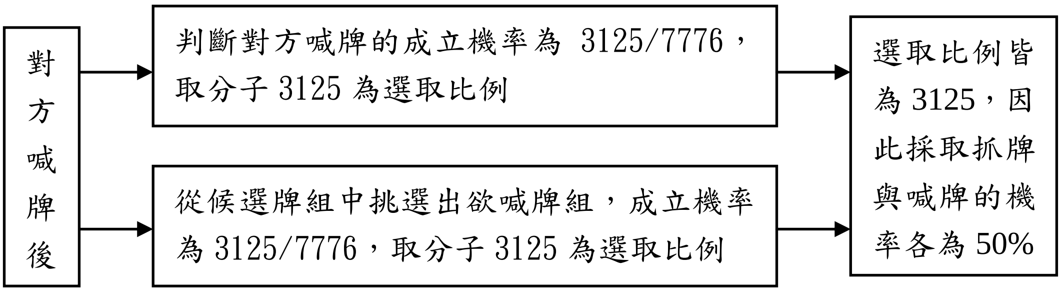


圖 3-3　以隨機的方式依比例選擇抓牌或喊牌之示意圖

步驟 6：程式喊牌

程式在步驟 5 時若決定喊牌，則喊出預先選好的欲喊牌組。

步驟 7：對方選擇抓牌或喊牌

程式喊牌後，對方可選擇採取抓牌或喊牌的行動。若對方決定抓牌，則執行步驟 12，對方抓牌，遊戲結束。

步驟 8：對方喊牌

對方若在步驟 7 時決定喊牌，則在步驟 8 時輸入喊牌的骰子點數與個數，接著進入步驟 5。

步驟 9：程式開叫，從候選牌組中選出欲喊牌組

在步驟 3 時，若判定為程式開叫，則程式從候選牌組選一欲喊牌組來喊。

步驟 10：程式喊牌

在步驟 9 時，程式選擇欲喊牌組，並於步驟 10 喊牌。

步驟 11：程式抓牌，遊戲結束

在步驟 5 時，若程式決定採取抓牌行動，則在步驟 11 時抓牌，遊戲結束。

步驟 12：對方抓牌，遊戲結束

程式喊牌後，對方選擇抓牌，遊戲結束。

第二節　喊牌策略之改進

程式隨機產生雙方手牌牌組，己方程式將所有可行牌組加入候選牌組中。若選擇喊牌，則從候選牌組中依比例隨機選取。此選取比例為「期待對方提供某指定點數骰子之顆數」機率值之分子。例：假設己方擁有「2 個 3」，想要喊牌「3 個 3」，即期望對手提供「1 個 3」，選此牌組來喊的比例為 3125。詳細推導與計算過程見附錄 A。

表 3-3　期待對方提供某指定點數骰子之個數、機率值與選取比例對應表

期待對方提供某指定點數骰子之個數	0	1	2	3	4	5
機率值	3125/7776	3125/7776	1250/7776	250/7776	25/7776	1/7776
選取比例	3125	3125	1250	250	25	1

若為對方開叫，根據對方歷史開叫資訊得知，開叫說謊的機率為 40%（例如在過去對方歷史開叫資訊中，對方開叫總次數為 100 次，開叫說謊次數為 40 次），因此採信對方開叫的機率為 60%（100%－40%＝60%），其中「開叫誠實」的定義為「開叫所喊的牌組，不需對方提供某指定點數骰子之個數即可成立」。例如，開叫若喊牌「兩個 3」且自己至少已擁有兩個 3，即開叫誠實，反之即開叫說謊。另外，若判定對方開叫誠實，則隨機採信對方擁有「喊牌個數」或「喊牌個數－

1」，並將可行牌組加入己方程式擁有手牌個數到候選牌組中。例如，對方喊牌「兩個 3」且己方程式決定採信對方擁有「一個 3」，又己方程式手牌擁有「三個 3」，此時應可加入「兩個 3」、「三個 3」、「四個 3」到候選牌組，但因為「兩個 3」並非可行牌組（喊「兩個 3」是不合法的），因此將「三個 3」與「四個 3」加入候選牌組中，並且設定選取比例為 1000000，目的是希望己方誠實喊牌後，對方無法喊出更好的牌組，只能選擇說謊或抓牌，藉此提高己方勝率。

表 3-4　後續喊牌採信記錄

對方後續喊牌個數	採信實際對方擁有個數項目
2	0~2 個以上
3	0~3 個以上
4	0~4 個以上
5	0~5 個以上
6	0~6 個以上
7	0~7 個以上
8	0~8 個以上
9	0~9 個以上
10	0~10

如表 3-4 所示，「對方後續喊牌個數」可為 2~10 個，而對方實際手上擁有的個數並非喊牌個數，而是期待己方程式提供來讓喊牌成立。根據歷史資訊統計，可得知當對方喊某個數後，實際擁有個數的機率值。例如對方喊牌「兩個 Y」（Y 為點數，Y＝1~6），實際擁有「零個 Y」的機率是 30%，「一個 Y」的機率是 40%，「兩個（含以上）Y」的機率是 30%，範例如表 3-5。假設對方喊牌「三個 5」，己方程式有 30%的機率採信對方實際擁有 0 個、30%的機率採信對方實際擁有 1 個、30%的機率採信對方實際擁有 2 個、10%的機率採信對方實際擁有 3 個以上

此點數的骰子。假設己方程式依此比例選擇採信對方實際擁有兩個 5 且己方實際用有一個 5，本來應該將「三個 5」加入候選牌組中，但因為「三個 5」不是合法喊牌，因此此次不將任何牌組加入候選牌組中。但若假設己方程式依此比例選擇採信對方實際擁有三個 5 且己方實際擁有一個 5，則可加入「四個 5」到候選牌組中，且標記選取比例為 1000000。

表 3-5　後續喊牌採信記錄範例

對方後續喊牌個數	採信實際對方擁有個數(機率值)
2	0 個(30%)、1 個(40%)、2 個以上(30%)
3	0 個(30%)、1 個(30%)、2 個(30%)、3 個以上(10%)
4	0 個(30%)、1 個(10%)、2 個(20%)、3 個(20%)、4 個以上(20%)
5	0 個(30%)、1 個(5%)、2 個(5%)、3 個(20%)、4 個(20%)、5 個以上(20%)
6	0 個(30%)、1 個(10%)、2 個(10%)、3 個(10%)、4 個(20%)、5 個(20%)、6 個以上(0%)
7	0 個(20%)、1 個(30%)、2 個(20%)、3 個(30%)、4 個(0%)、5 個(0%)、6 個(0%)、7 個以上(0%)
8	0 個(40%)、1 個(20%)、2 個(20%)、3 個(20%)、4 個(0%)、5 個(0%)、6 個(0%)、7 個(0%)、8 個以上(0%)
9	0 個(15%)、1 個(5%)、2 個(10%)、3 個(40%)、4 個(30%)、5 個(0%)、6 個(0%)、7 個(0%)、8 個(0%)、9 個以上(0%)
10	0 個(10%)、1 個(90%)、2 個(0%)、3 個(0%)、4 個(0%)、5 個(0%)、6 個(0%)、7 個(0%)、8 個(0%)、9 個(0%)、10 個(0%)

第三節　抓牌策略之改進

當對方喊牌後，己方程式可採取抓牌行動。在決定是否抓牌前，會先評估抓牌的選取比例，計算方式如下：

- 若對方喊牌的個數為 2，有 1/2 的機率捨棄抓牌，另有 1/2 的機率依以下規則之選取比例選擇採取抓牌或喊牌行動；若對方喊牌的個數大於 2，完全依以下規則之選取比例選擇採取抓牌或喊牌行動。
- 對方手牌應提供的個數＝對方喊牌個數－程式擁有個數。
- 程式猜測對方手牌擁有的個數＝對方手牌應提供的個數－依權重隨機選取的個數。
- 抓牌的選取比例＝累加 0~（程式猜測對方手牌擁有的個數-1）之權重值。

表 3-6　數值與比例選取的對應表

數值	0	1	2	3	4	5
選取比例	7776	4651	1526	276	26	1

表 3-7　抓牌的選取比例(尚未累加)

程式猜測對方擁有個數	0	1	2	3	4	5
權重值	3125	3125	1250	250	25	1

當對方喊牌後，對方手牌應提供此點數的個數為對方喊牌個數減去己方程式擁有此點數骰子的個數。例如，已知己方程式手牌為「1、1、1、2、2」，對方喊牌「五個 1」，則對方手牌應提供的個數為 2 個。此時程式會以一定比例選取 1~6 任意一數，選取比例如表 3-6 所示，將對方手牌應提供的個數減去選到的數值，

即為程式猜測對方手牌擁有的個數。例如，如前所述，對方手牌應提供的個數為2個，程式依比例選取一數0，則程式猜測對方手牌擁有的個數為2個(2－0＝2)，此時參考表 3-7，抓牌的選取比例即為 6250（3125＋3125＝6250）。由於對方喊牌個數為 4，因此完全依選取比例決定採取抓牌或喊牌行動。

此外，程式也會做邏輯偵測，當對方喊牌後，扣除己方程式手牌擁有個數，若總數超過 5，必定抓牌。這是由於對方並不知道己方手牌，所以可能會喊了對方無法提供或就算提供此點數的個數，依然無法成立的喊牌。例如，對方喊牌「六個 3」，己方程式手牌為「1、1、1、2、2」，此時就算對方擁有「五個 3」，仍期待己方程式手牌提供一個 3，而己方程式並沒有 3，因此選擇抓牌。而每次喊牌前，都會將候選牌組中不合法的牌組刪除。若候選牌組個數為零，則直接選擇抓牌。

第四章　實驗與結果

第一節　系統研發

本論文的吹牛骰子程式使用 Microsoft Visual Basic 2010 Express 撰寫的 GUI 程式，測試平台為 Pentium Dual-Core CPU 2.8GHz、2G RAM、Windows 7 Enterprise。

程式初始畫面如圖 4-1 所示。

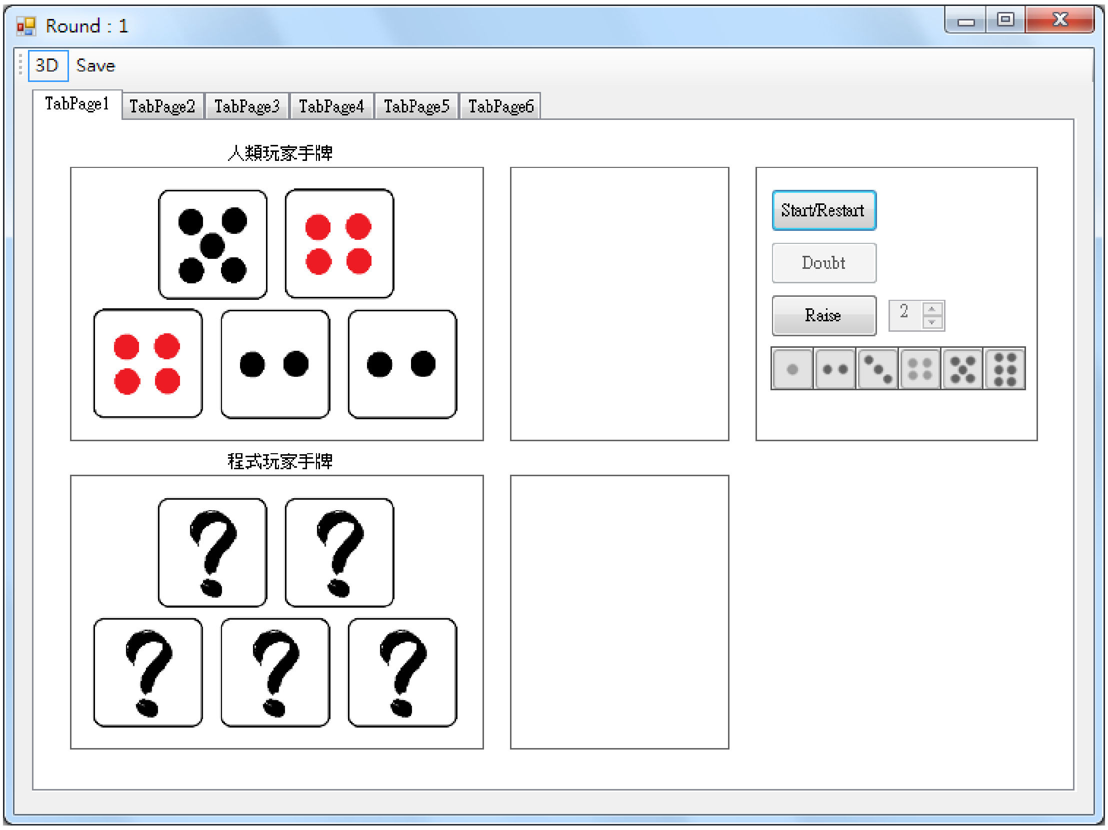


圖 4-1　程式初始畫面

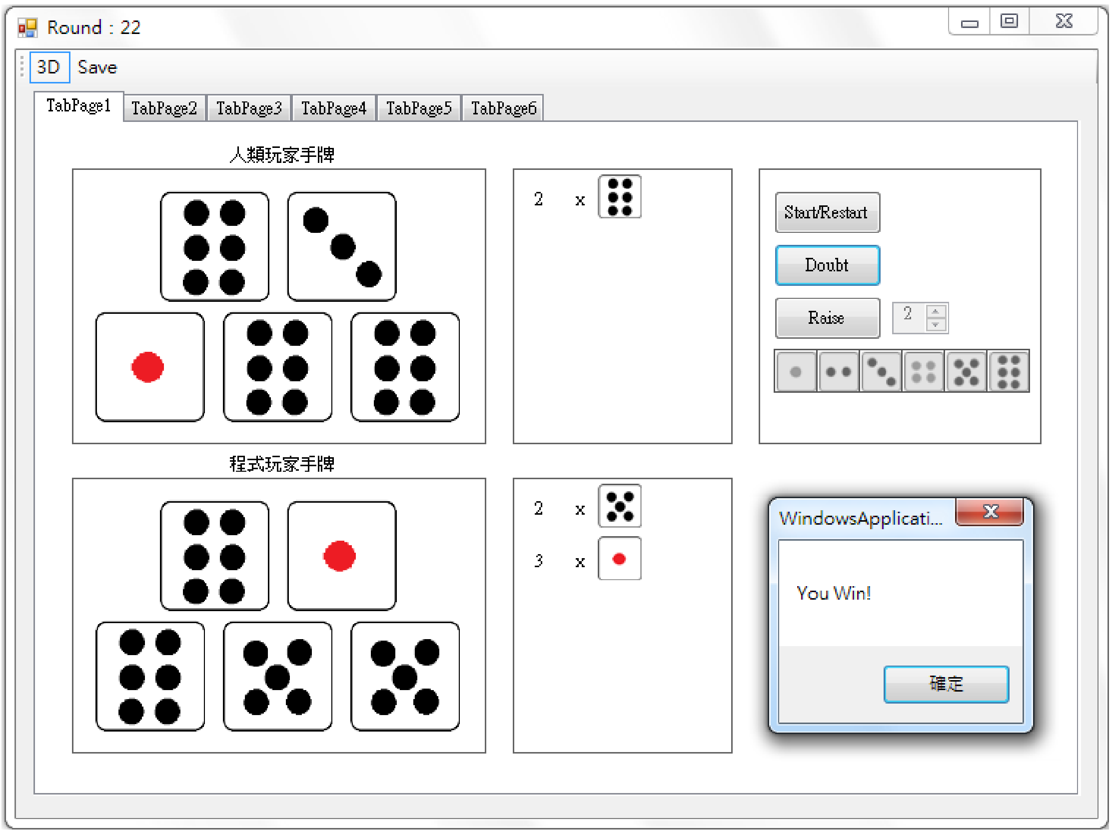


圖 4-2　程式介面說明

程式介面如圖 4-2 所示，一共有六個 TabPage。TabPage1 為對局介面，其按鈕功能說明如下：

Start/Restart：與人類玩家對局，遊戲（重新）開始

Doubt：抓牌

Raise：喊牌，可點選喊牌個數與點數

最後會用一個對話視窗顯示人類玩家的輸贏結果，如圖 4-2 左下角所示。

TabPage2、TabPage3、TabPage4、TabPage5、TabPage6 分別如圖 4-3、圖 4-4、圖 4-5、圖 4-6、圖 4-7 與圖 4-8 所示，此程式可統計以下資訊：程式勝率、人類玩家說謊的機率、程式／人類玩家抓牌的正確率、邏輯偵測、採信人類玩家喊牌

而加入候選牌組的次數、程式各牌型勝率、人類玩家後續喊牌統計與繪製程式取得勝率的折線圖。

TabPage2 如圖 4-3 所示，共分為三個部份統計：程式勝率、人類玩家說謊狀況、程式與人類抓牌次數與正確率等。程式勝率會顯示程式取得勝利的次數與百分比，其中也包含程式因抓牌而贏的次數和比例與程式喊牌後，人類玩家採取抓牌行動但抓錯的次數和比例。人類玩家說謊狀況方面，則會統計開叫說謊次數與機率、在不同喊牌個數下後續喊牌的說謊次數與機率。程式與人類抓牌次數與正確率方面，則會統計程式與人類玩家抓牌總次數、抓牌正確或失誤次數與抓牌正確率或失誤率。

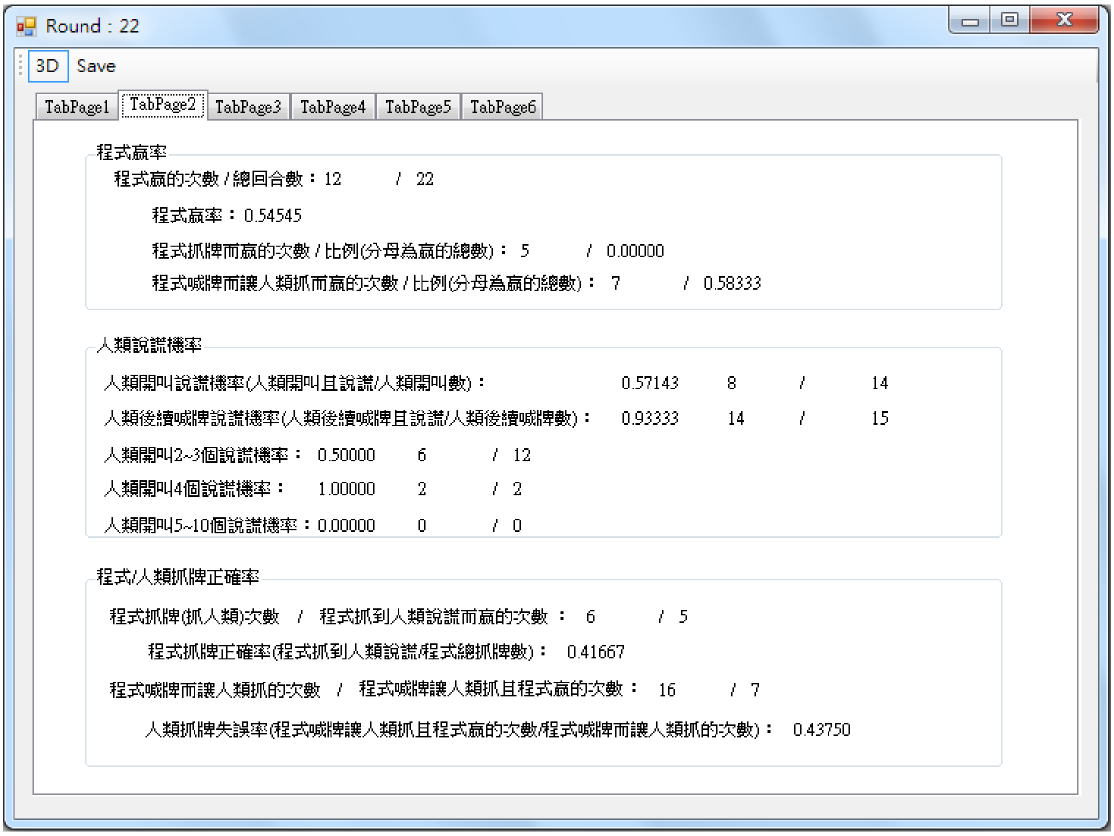


圖 4-3　程式勝率、人類玩家說謊機率、程式與人類玩家抓牌正確率統計

TabPage3 如圖 4-4 所示，統計人類玩家喊牌沒有通過邏輯偵測而使程式抓牌的次數，程式採信人類玩家開叫或後續喊牌而加入候選牌組的次數，與統計程式手牌各牌型的勝率。

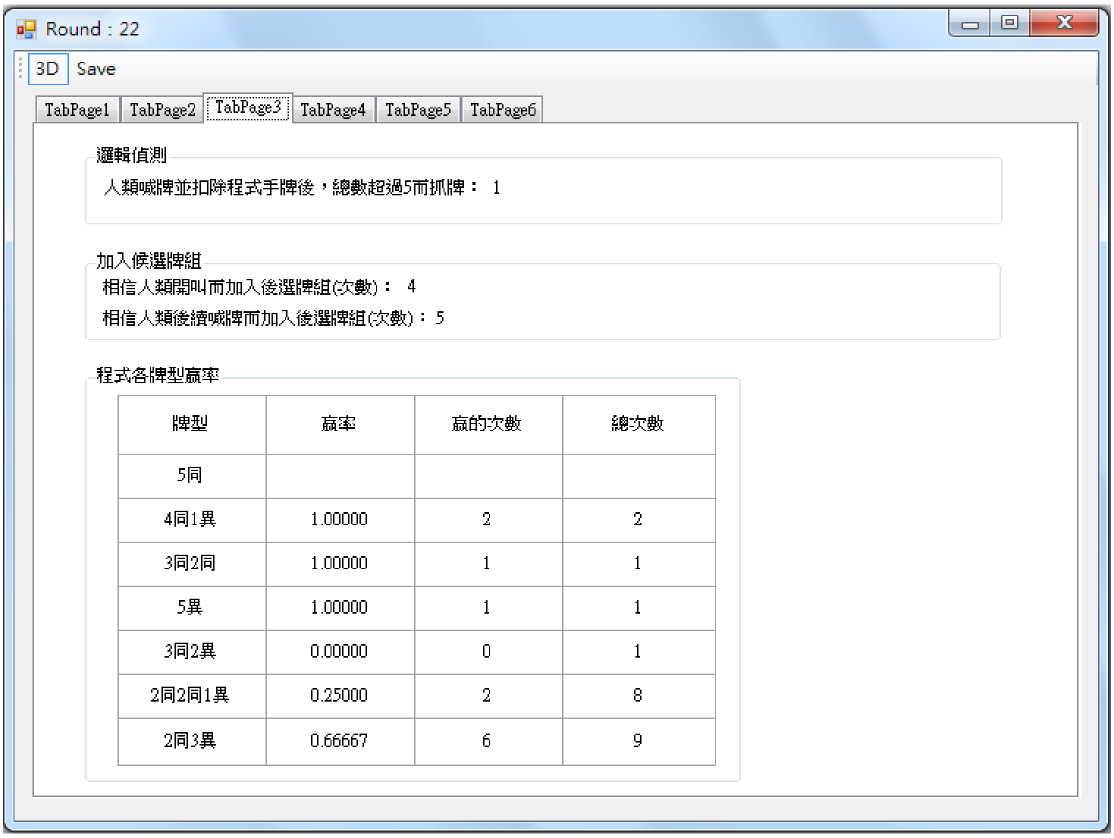
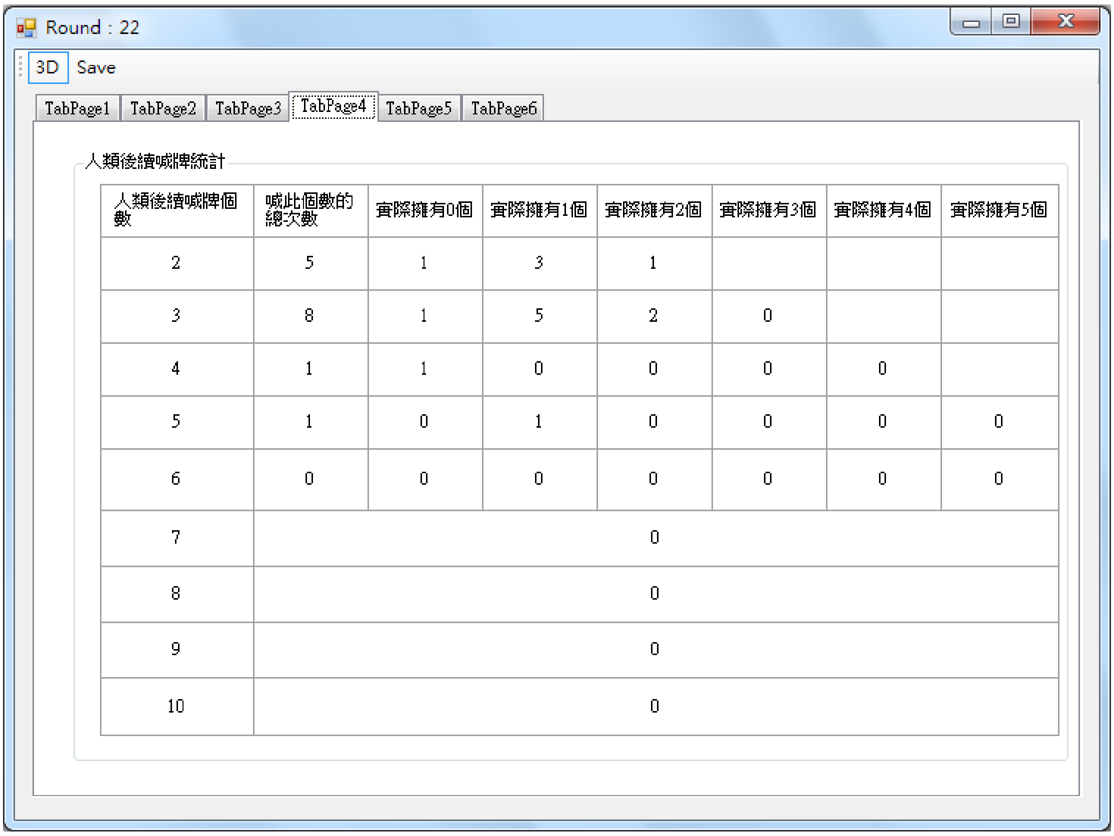


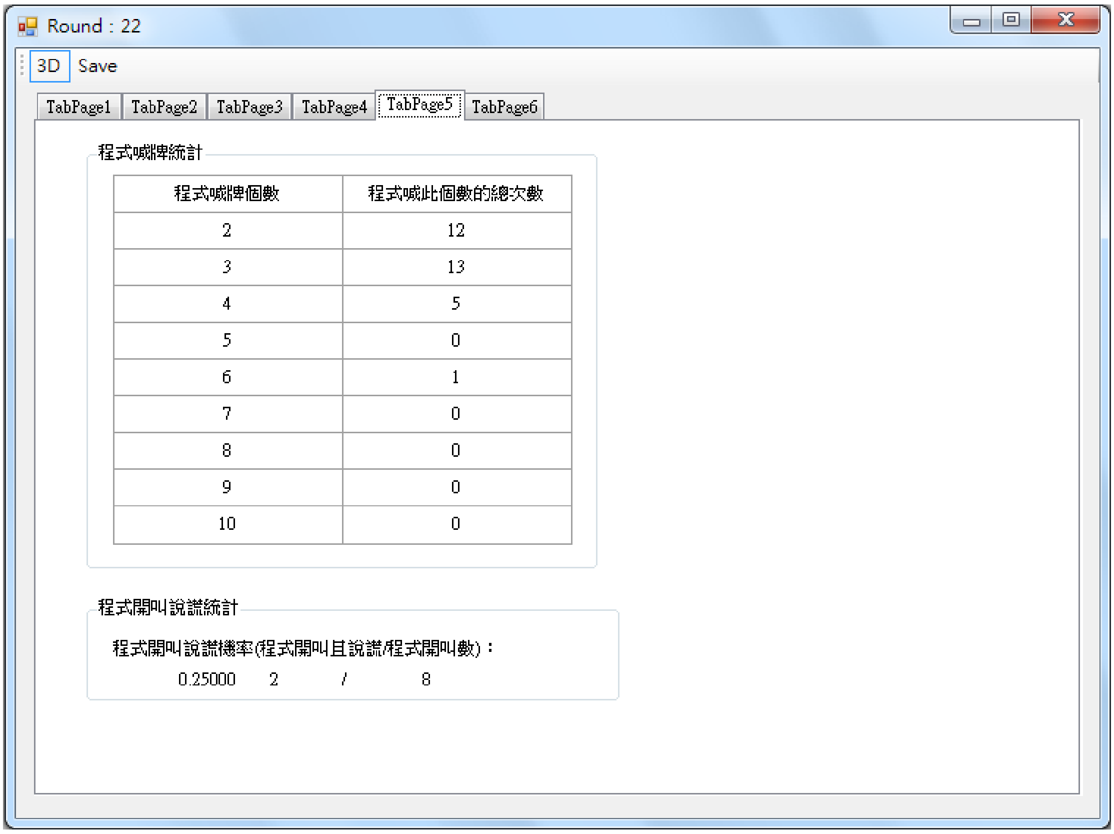
圖 4-4　邏輯偵測、採信人類玩家喊牌而加入候選牌組的次數統計、程式各牌型勝率統計

TabPage4 如圖 4-5 所示，統計人類玩家後續喊牌個數與實際手牌擁有個數的關係。在統計人類玩家後續喊牌方面，人類玩家後續若喊牌「2 個 Y」(Y 為任意點數)，則會統計遊戲過程中喊牌「2 個 Y」的總次數、人類玩家實際擁有 0 個、人類玩家實際擁有 1 個、人類玩家實際擁有 2 個（含兩個以上）的情況，同理「3 個 Y」與「4 個 Y」。「5 個 Y」~「10 個 Y」會完全統計人類玩家實際擁有 0 個~5 個的所有情況。



人類後續喊牌個數	喊此個數的總次數	實際擁有0個	實際擁有1個	實際擁有2個	實際擁有3個	實際擁有4個	實際擁有5個
2	5	1	3	1			
3	8	1	5	2	0		
4	1	1	0	0	0	0	
5	1	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0						
8	0						
9	0						
10	0						

圖 4-5　人類玩家後續喊牌統計



程式喊牌個數	程式喊此個數的總次數
2	12
3	13
4	5
5	0
6	1
7	0
8	0
9	0
10	0

圖 4-6　程式喊牌狀況統計

TabPage5 如圖 4-6 所示，統計程式後續喊牌個數與實際手牌擁有個數的關係，並統計程式開叫說謊的次數與機率。

TabPage6 如圖 4-7 與圖 4-8 所示，按下「繪製折線圖」後，可繪製遊戲開始到目前為止局數程式取得勝率的折線圖，並以文字的方式呈現所有回合數與贏勝率之詳細狀況於圖右側。可按「3D」切換以 2D 或 3D 的繪製方式，按「Save」可儲存成圖檔。圖 4-9 與圖 4-10 分別為 3D 與 2D 的儲存結果。

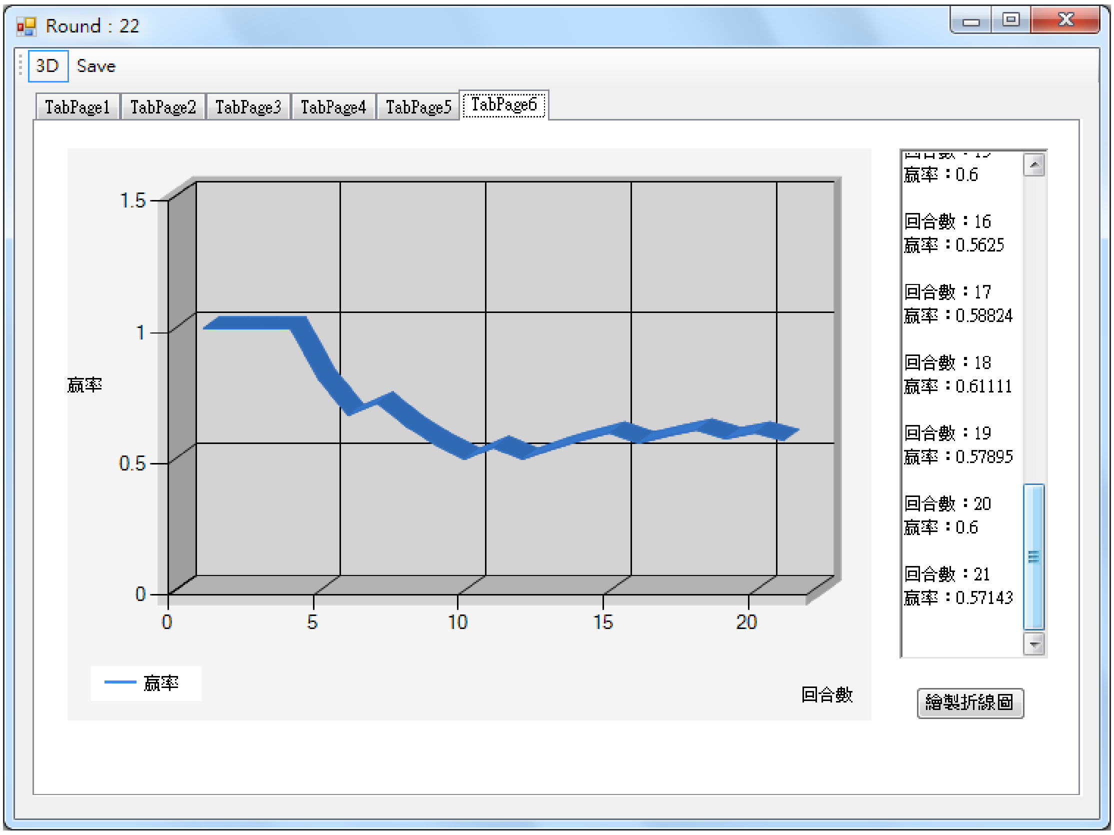


圖 4-7　繪製程式取得勝率 3D 折線圖

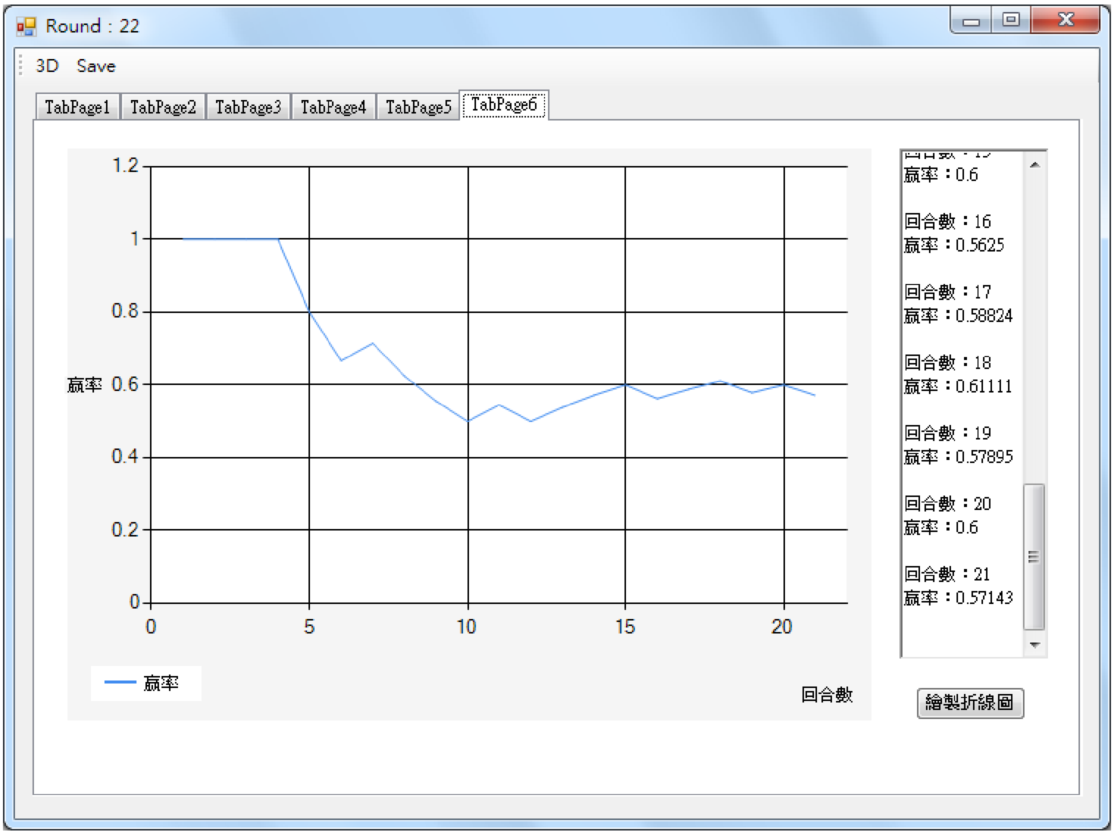


圖 4-8　繪製程式取得勝率 2D 折線圖

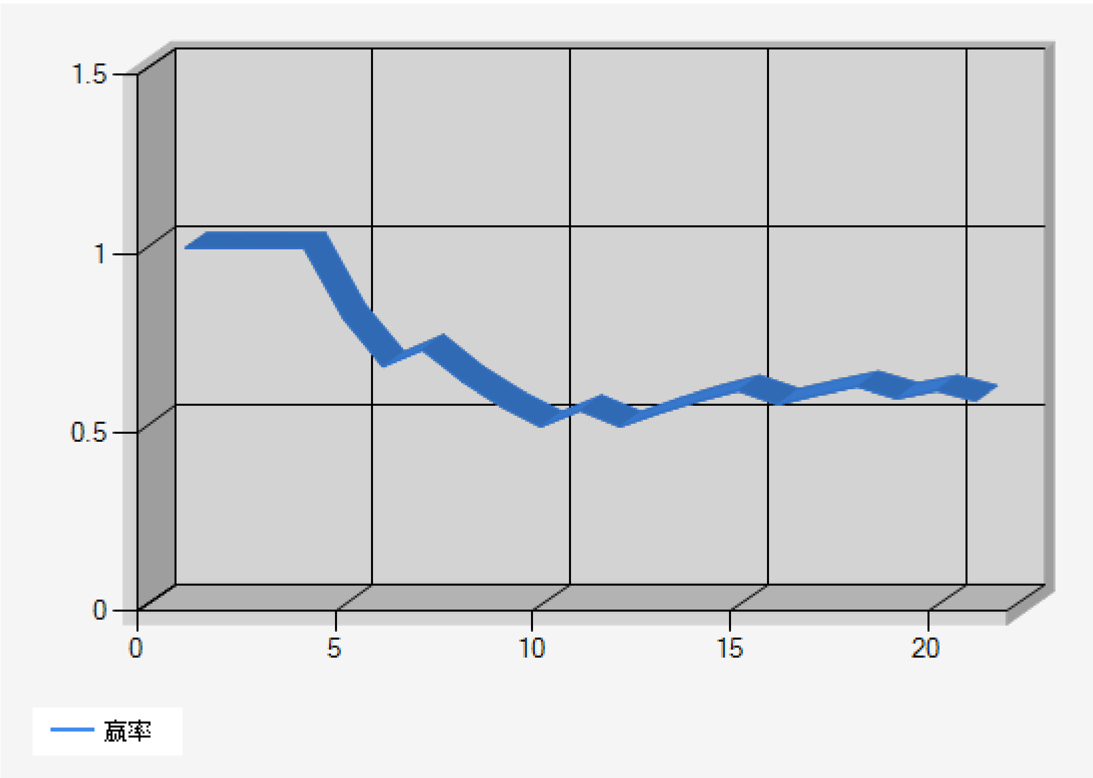


圖 4-9　3D 折線圖儲存結果

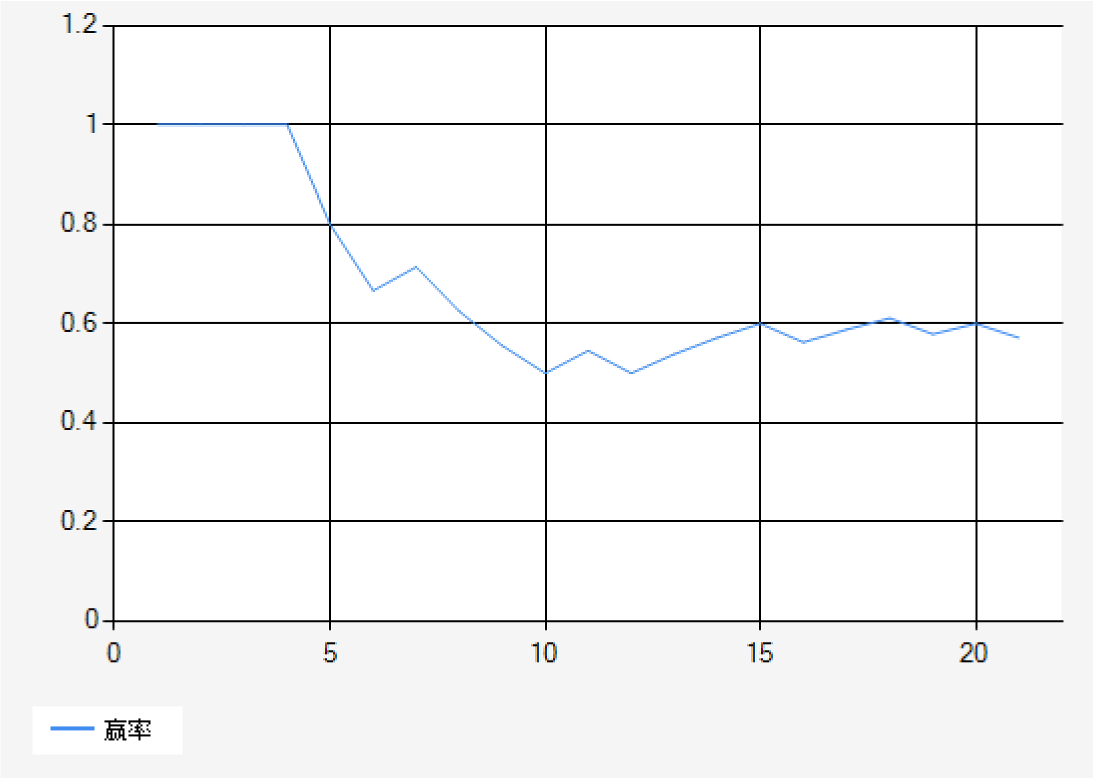


圖 4-10　2D 折線圖儲存結果

第二節　測試結果

本程式的測試分為與黃信翰研究生等人所研發之程式對局和與人類玩家對局。在此簡稱黃信翰研究生論文的程式對局為 A 程式，B 程式為「古惑大話骰（難度 7）」，此為香港首創的電腦吹牛骰子遊戲，其來源請見「古惑大話骰」遊戲網頁[22]。

測試程式	取得勝率
A 程式（與完整版本測試）	56.206%　(10917 局)
A 程式（與去除開叫採信功能版本測試）	53.36%　(10000 局)
A 程式（與去除後續喊牌採信版本測試）	52.98%　(10000 局)
A 程式（與去除開叫與後續喊牌採信功能版本測試）	50.33%　(10000 局)
A 程式（與去除邏輯偵測功能版本測試）	55.049%　(10131 局)
B 程式（與完整版本測試）	82%　(50 局)

表 4-1　與不同程式對局所取得的勝率

如表 4-1 所示，在與 A 程式測試方面，我們分別將部份功能去除與之對局。其中可知，去除開叫與後續喊牌功能後勝率大減，只剩下 50.33%的勝率。而完整功能的程式勝率為 56.206%，圖 4-11 所示為與 A 程式對局之本論文程式取得勝率 2D 折線圖，由此可知大約 125 盤後勝率開始大幅成長，並約於 1100 盤後勝率趨於平穩。

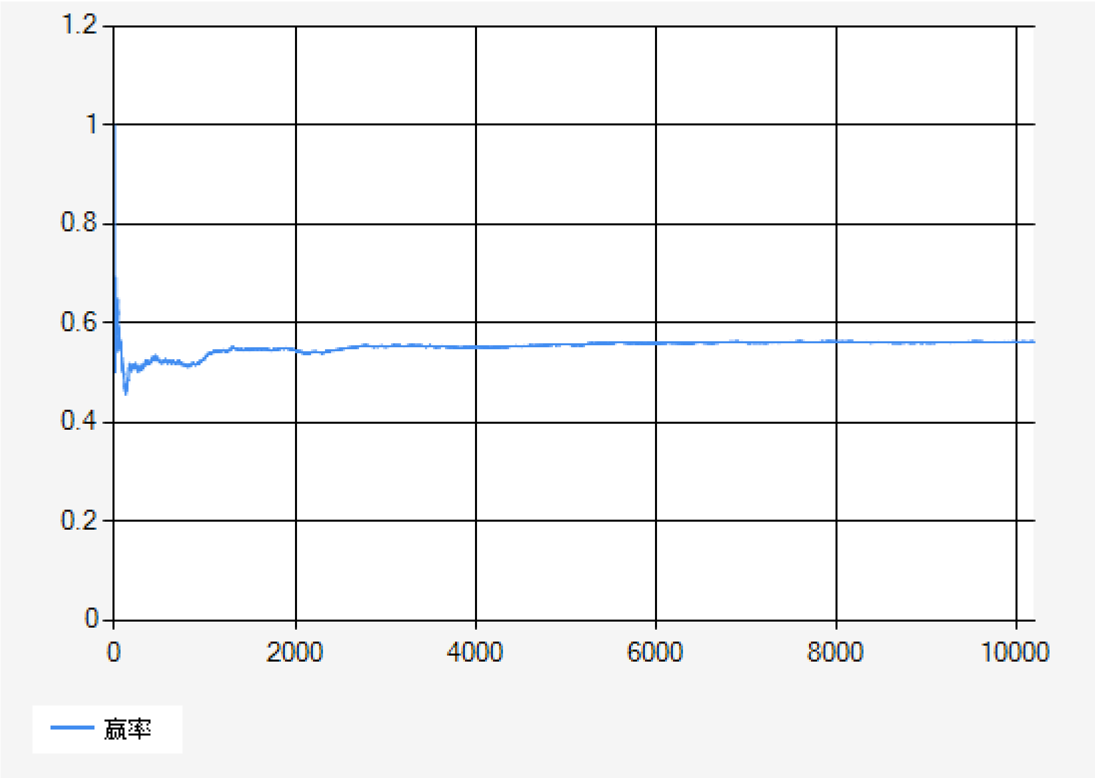


圖 4-11　與 A 程式對局之本論文程式取得勝率 2D 折線圖

在與 B 程式測試方面，程式並無學習能力，因此僅測試 50 局，勝率為 82%。其中 B 程式為目前網路上吹牛骰子程式普遍的程度，因此可知本論文程式並不會輸給任何一種已實作出來的程式。

詳細測試結果請見附錄 B。

第五章　結論與未來發展

本論文主要針對黃信翰研究生的吹牛骰子之人工智慧程式加以改良，並提出更佳的電腦決策流程，以期提高與其他電腦程式和人類對戰的能力。

在抓牌方面，原先黃信翰研究生以均等機率的方式選擇 0~5 的數字當成對方手牌擁有此點數的骰子個數，在本論文改進為精準計算出現機率以符合現實情況。另外也提出抓牌選取比例的計算方式，強調牌型成立機率所造成的影響。最後加入邏輯偵測的功能，排除對手玩家無法成立的喊牌，讓程式更具觀察能力。

在喊牌方面，期待以精確機率值的計算決定程式對於各種牌組喊牌的比率，同樣也是希望能更符合現實狀況，並利用統計的方式猜測對手誠實或說謊的比例，依此決定是否採信對手玩家喊牌。此法除了針對不同玩家而有不同的應對方式外，也改進原先黃信翰研究生論文貝氏信賴網路繁雜的計算方式，以更簡單明瞭的方式得知對手對局的行為模式。

而本研究尚有許多改進空間。在遊戲規則上，本論文仍以 common hand 的基本規則為主，並沒有加入多人遊戲或延伸規則。吹牛骰子遊戲大多是多人進行且加入延伸規則以增加遊戲樂趣的，之後的研究可考慮朝向人數或規則上的擴充。

每種牌型應可找出特殊的致勝玩法，當拿到較好的手牌時，勝率高是正常的，但大多數的情狀以拿到「2 同 3 異」、「2 同 2 同 1 異」、「3 同 2 異」與「5 異」為主。因此，提高「手牌牌型不佳但出現機率高」的勝率是十分重要的。

另外，本論文所提出的架構有很多地方是不夠客觀的，例如選取比例的數值，其值決定有些是以機率值的分子決定，有些是以實際對局的經驗決定的。

雖然研究仍有許多改進空間，但提出的流程架構與策略仍發揮一定作用，希望能提供未來研究類似相關議題者參考。

附錄 A　指定點數提供機率推導與計算過程

下表所示為「期待對方提供某指定點數骰子之個數」與「成立機率」的對應表，此資訊為本論文喊牌與抓牌策略的基礎，其詳細推導與計算過程列舉如表 A-1 所示。

表 A-1　期待對方提供某指定點數骰子之個數與成立機率的對應表

期待對方提供某指定點數骰子之個數	0	1	2	3	4	5
機率值	3125/7776	3125/7776	1250/7776	250/7776	25/7776	1/7776

某點數提供 1 顆的機率（假設指定為 1 點）：

4 同：$[1\times C(5,1)\times 1^4\times(1!/1!)\times(5!/4!)]/6^5=25/7776$

3 同 1 異：$[1\times C(5,2)\times 1^3\times(2!)\times(5!/3!)]/6^5=400/7776$

2 同 2 同：$[1\times C(5,2)\times 1^2\times 1^2\times(2!/2!)\times(5!/(2!\times 2!))]/6^5=300/7776$

2 同 2 異：$[1\times C(5,3)\times 1^2\times(3!/2!)\times(5!/2!)]/6^5=1800/7776$

4 異：$[1\times C(5,4)\times(4!/4!)\times 5!]/6^5=600/7776$

∴某點數提供 1 顆的機率是 $(25+400+300+1800)/7776=3125/7776$

某點數提供 2 顆的機率（假設指定為 1 點）：

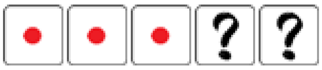
3 同：$[1^2\times C(5,1)\times 1^3\times(1!/1!)\times(5!/2!\times 3!)]/6^5=50/7776$

2 同 1 異：$[1^2 \times C(5,2) \times 1^2 \times (2!/(1! \times 1!)) \times (5!/2! \times 2!)]/6^5=600/7776$

3 異： $[1^2 \times C(5,3) \times (3!/3!) \times (5!/2!)]/6^5=600/7776$

∴某點數提供 2 顆的機率是(50+600+600)/7776=1250/7776

某點數提供 3 顆的機率（假設指定為 1 點）：

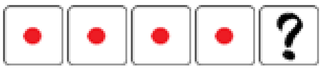


2 同：$[1^3 \times C(5,1) \times (1!/1!) \times (5!/(2! \times 3!))]/6^5=50/7776$

2 異：$[1^3 \times C(5,2) \times (2!/2!) \times (5!/3!)]/6^5=200/7776$

∴某點數提供 3 顆的機率是(50+200)/7776=250/7776

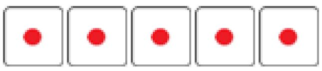
某點數提供 4 顆的機率（假設指定為 1 點）：



2 同：$[1^4 \times C(5,1) \times (1!/1!) \times (5!/4!)]/6^5=25/7776$

∴某點數提供 3 顆的機率是 25/7776

某點數提供 5 顆的機率（假設指定為 1 點）：



$1^5/6^5=1/7776$

∴某點數提供 5 顆的機率是 1/7776

附錄 B　詳細測試結果

與黃信翰研究生所研發的程式對局詳細結果如下，以下簡稱「本論文程式」為己方程式，「黃信翰研究生程式」為對方程式。

- 己方程式完整功能的測試結果
  - ✓ 己方程式贏的次數／回合數：5728/10191(次)
  - ✓ 己方程式取得的勝率：56.206%（其中抓牌而贏的機率為 26.781%，共 1534 次；因喊牌讓對方程式抓牌而贏的機率為 73.219%，共 4194 次。）
  - ✓ 對方程式說謊機率，如表 B-1。

表 B-1　對方程式說謊機率

	說謊機率（%）	說謊次數（次）	喊牌總次數（次）
開叫	46.567（開叫且說謊的機率）	2333	5010
開叫 2~3 個	44.064	2071	4700
開叫 4 個	82.9	223	269
開叫 5~10 個	95.122	39	41
後續喊牌	76.819	5415	7049

  - ✓ 己方程式／對方程式抓牌正確率，如表 B-2。

表 B-2　己方程式／對方程式抓牌正確率

	抓牌正確數（次）	總抓牌數（次）	抓牌正確率（%）
己方程式	1534	2462	62.307
對方程式	3535	7729	45.737

  - ✓ 未通過邏輯偵測而抓牌的次數：132 次
  - ✓ 採信對方程式開叫而加入候選牌組的次數：2680 次
  - ✓ 採信對方程式後續喊牌而加入候選牌組的次數：6070 次

✓ 己方程式各牌型的勝率，如表 B-3。

表 B-3　己方程式各牌型的勝率

牌型	勝率（%）	擁有此牌型而贏的次數(次)	擁有此牌型的總次數(次)
5 同	100	12	12
4 同 1 異	93.467	186	199
3 同 2 同	81.17	319	393
5 異	36.596	344	940
3 同 2 異	76.517	1173	1533
2 同 2 同 1 異	59.559	1405	2359
2 同 3 異	48.516	2289	4718

✓ 對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計，如表 B-4。

表 B-4　對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計

<table>
<tr><th>實際擁有個數
對方程式
後續喊牌個數</th><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>740</td><td colspan="4">949
（含實際擁有 2 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>3</td><td>23</td><td>740</td><td>2360</td><td colspan="3">617
（含實際擁有 3 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>4</td><td>36</td><td>137</td><td>645</td><td>514</td><td colspan="2">68
（含實際擁有 4 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>41</td><td>107</td><td>42</td><td>0</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>9</td><td>7</td><td>1</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">42</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="6">0</td></tr>
</table>

（單位：次）

✓ 己方程式喊牌情況統計，如表 B-5。

表 B-5　己方程式喊牌情況統計

己方程式喊牌個數(個)	次數(次)
2	5727
3	5883
4	2557
5	547
6	59
7	5
8	0
9	0
10	0

✓ 己方程式開叫說謊機率：18.973%（其中己方程式開叫總次數為 5181 次，開叫說謊數為 983 次。）

✓ 程式取得勝率的折線圖，如圖 B-1。

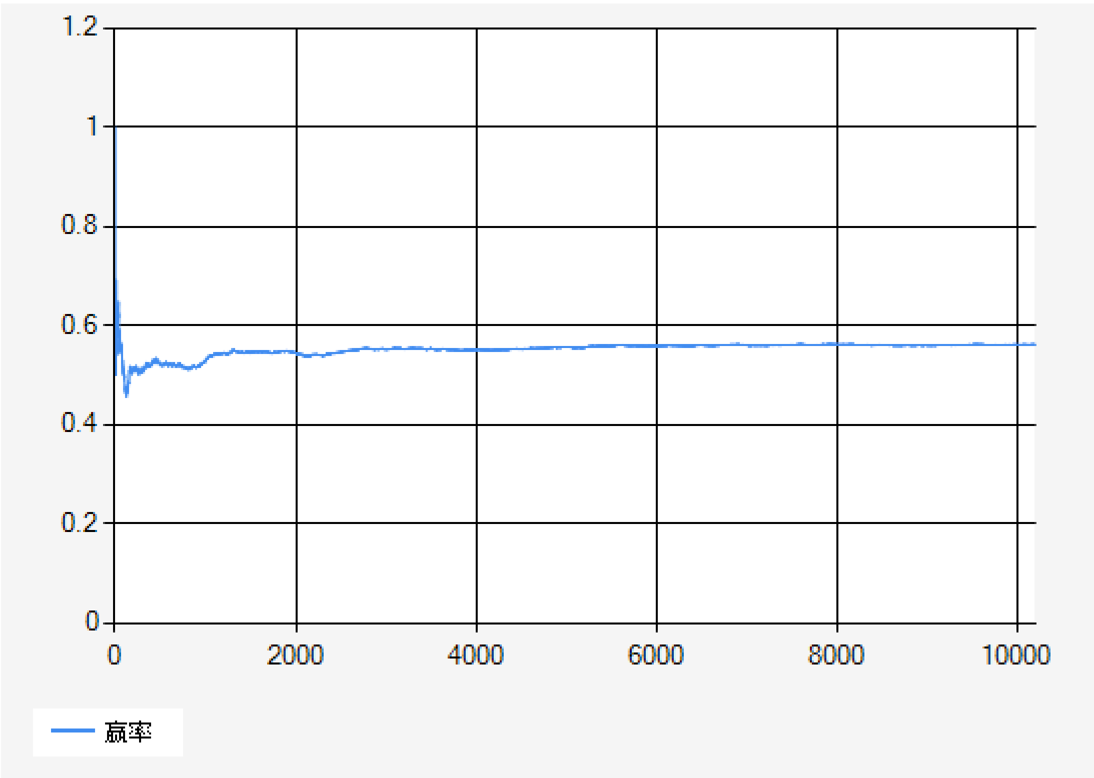


圖 B-1　程式取得勝率的折線圖

- 己方程式「去除開叫採信功能」的測試結果
  - ✓ 己方程式贏的次數／回合數：5336/10000(次)
  - ✓ 己方程式取得的勝率：53.36%(其中抓牌而贏的機率為 29.04%，共 1549 次；因喊牌讓對方程式抓牌而贏的機率為 70.971%，共 3787 次。)
  - ✓ 對方程式說謊機率，如表 B-6。

表 B-6 對方程式說謊機率

	說謊機率（%）	說謊次數（次）	喊牌總次數（次）
開叫	47.163（開叫且說謊的機率）	2345	4975
開叫 2~3 個	44.258	2054	4641
開叫 4 個	86.054	253	294
開叫 5~10 個	95	38	40
後續喊牌	76.696	5552	7239

  - ✓ 己方程式／對方程式抓牌正確率，如表 B-7。

表 B-7 己方程式／對方程式抓牌正確率

	抓牌正確數（次）	總抓牌數（次）	抓牌正確率（%）
己方程式	1549	2599	59.6
對方程式	3614	7401	48.831

  - ✓ 未通過邏輯偵測而抓牌的次數：165 次
  - ✓ 採信對方程式後續喊牌而加入候選牌組的次數：6277 次
  - ✓ 己方程式各牌型的勝率，如表 B-8。

表 B-8　己方程式各牌型的勝率

牌型	勝率（%）	擁有此牌型而贏的次數（次）	擁有此牌型的總次數（次）
5 同	90.909	10	11
4 同 1 異	96.429	189	196
3 同 2 同	81.698	308	377
5 異	30.021	287	956
3 同 2 異	79.041	1203	1522
2 同 2 同 1 異	55.18	1305	2365
2 同 3 異	44.478	2034	4573

- ✓ 對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計，如表 B-9。

表 B-9　對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計

<table>
<tr><th>實際擁有個數
對方程式
後續喊牌個數</th><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>709</td><td colspan="4">900
（含實際擁有 2 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>3</td><td>50</td><td>721</td><td>2509</td><td colspan="3">698
（含實際擁有 3 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>4</td><td>34</td><td>129</td><td>654</td><td>552</td><td colspan="2">86
（含實際擁有 4 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>5</td><td>3</td><td>11</td><td>37</td><td>87</td><td>44</td><td>3</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td><td>5</td><td>2</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">44</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="6">0</td></tr>
</table>

（單位：次）

✓ 己方程式喊牌情況統計，如表 B-10。

表 B-10　己方程式喊牌情況統計

己方程式喊牌個數(個)	次數(次)
2	5886
3	5894
4	2414
5	416
6	27
7	3
8	0
9	0
10	0

✓ 己方程式開叫說謊機率：20.239%（其中己方程式開叫總次數為 5025 次，開叫說謊數為 1017 次。）

✓ 程式取得勝率的折線圖，如圖 B-2。

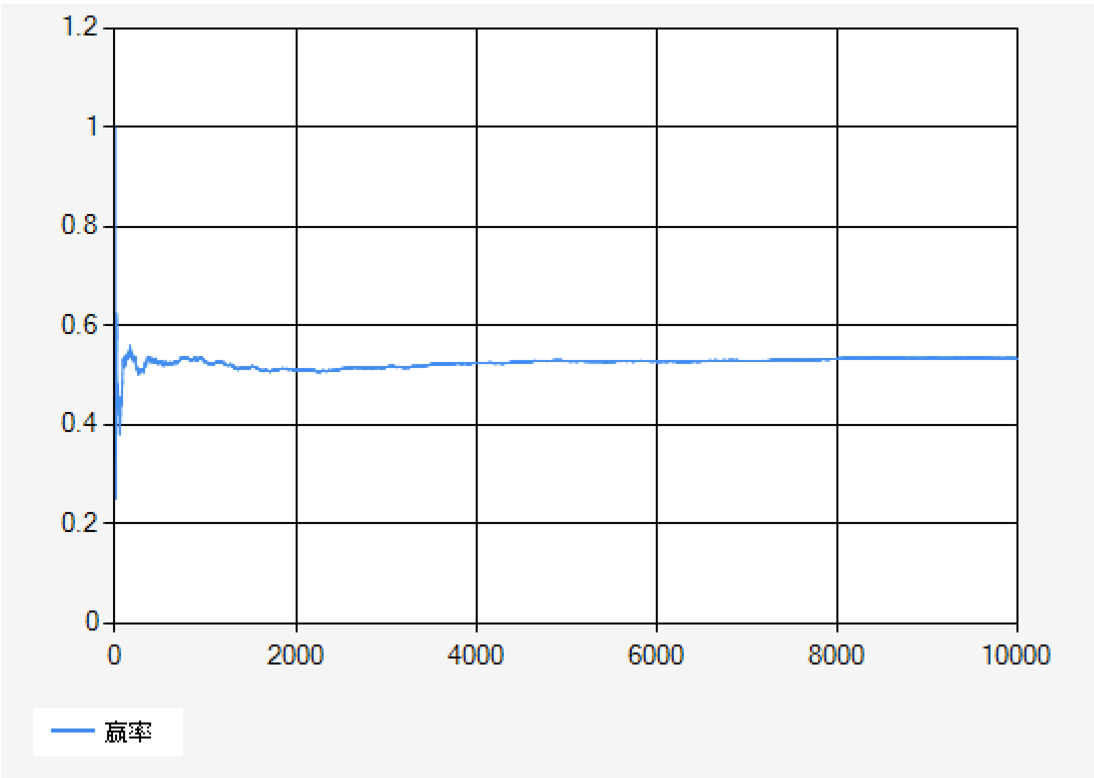


圖 B-2 程式取得勝率的折線圖

- 己方程式「去除後續喊牌採信功能」的測試結果
  - ✓ 己方程式贏的次數／回合數：5298/10000(次)
  - ✓ 己方程式取得的勝率:52.98%(其中抓牌而贏的機率為 28.431%,共 1506 次；因喊牌讓對方程式抓牌而贏的機率為 71.574%，共 3792 次。)
  - ✓ 對方程式說謊機率，如表 B-11。

表 B-11　對方程式說謊機率

	說謊機率（%）	說謊次數（次）	喊牌總次數（次）
開叫	48.973（開叫且說謊的機率）	2407	4915
開叫 2~3 個	45.685	2070	4531
開叫 4 個	86.095	291	338
開叫 5~10 個	100	46	46
後續喊牌	76.372	5317	6962

  - ✓ 己方程式／對方程式抓牌正確率，如表 B-12。

表 B-12　己方程式／對方程式抓牌正確率

	抓牌正確數（次）	總抓牌數（次）	抓牌正確率（%）
己方程式	1506	2620	57.481
對方程式	3588	7380	48.618

  - ✓ 未通過邏輯偵測而抓牌的次數：134 次
  - ✓ 採信對方程式開叫而加入候選牌組的次數：2515 次
  - ✓ 己方程式各牌型的勝率，如表 B-13。

表 B-13　己方程式各牌型的勝率

牌型	勝率（%）	擁有此牌型而贏的次數	擁有此牌型的總次數
5 同	100	6	6
4 同 1 異	92.891	196	211
3 同 2 同	78.079	317	406
5 異	31.162	287	921
3 同 2 異	78.571	1210	1540
2 同 2 同 1 異	52.587	1230	2339
2 同 3 異	44.862	2052	4574

✓ 對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計，如表 B-14。

表 B-14　對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計

<table>
<tr><td>實際擁有個數
對方程式
後續喊牌個數</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>731</td><td colspan="4">884
（含實際擁有 2 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>3</td><td>39</td><td>718</td><td>2324</td><td colspan="3">689
（含實際擁有 3 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>4</td><td>25</td><td>123</td><td>585</td><td>589</td><td colspan="2">70
（含實際擁有 4 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>5</td><td>7</td><td>7</td><td>36</td><td>85</td><td>36</td><td>2</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>7</td><td>1</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">36</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="6">0</td></tr>
</table>

（單位：次）

✓ 己方程式喊牌情況統計，如表 B-15。

表 B-15 己方程式喊牌情況統計

己方程式喊牌個數（個）	次數（次）
2	5734
3	6013
4	2155
5	384
6	51
7	4
8	1
9	0
10	0

✓ 己方程式開叫說謊機率：19.017%（其中己方程式開叫總次數為 5085 次，開叫說謊數為 967 次。）

✓ 程式取得勝率的折線圖，如圖 B-3。

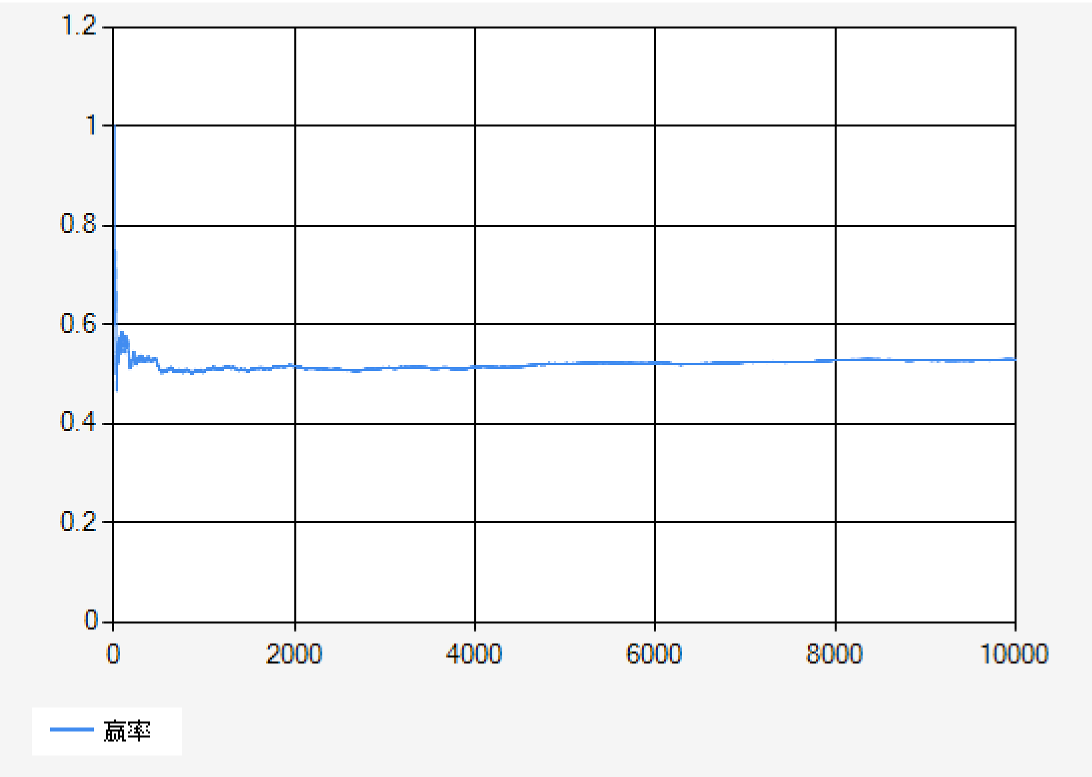


圖 B-3 程式取得勝率的折線圖

- 己方程式「去除開叫採信與後續喊牌採信功能」的測試結果
  - ✓ 己方程式贏的次數／回合數：5033/10000(次)
  - ✓ 己方程式取得的勝率:50.33%(其中抓牌而贏的機率為 29.452%,共 1482 次；因喊牌讓對方程式抓牌而贏的機率為 70.554%，共 3551 次。)
  - ✓ 對方程式說謊機率，如表 B-16。

表 B-16　對方程式說謊機率

	說謊機率（%）	說謊次數(次)	喊牌總次數(次)
開叫	47.897	2391	4992
開叫 2~3 個	44.708	2070	4630
開叫 4 個	86.984	274	315
開叫 5~10 個	100	47	47
後續喊牌	76.849	5560	7235

  - ✓ 己方程式／對方程式抓牌正確率，如表 B-17。

表 B-17　己方程式／對方程式抓牌正確率

	抓牌正確數（次）	總抓牌數（次）	抓牌正確率（%）
己方程式	1482	2738	54.127
對方程式	3711	7262	51.102

  - ✓ 未通過邏輯偵測而抓牌的次數：139 次
  - ✓ 採信對方程式後續喊牌而加入候選牌組的次數：無此統計資料
  - ✓ 己方程式各牌型的勝率，如表 B-18。

表 B-18　己方程式各牌型的勝率

牌型	勝率（%）	擁有此牌型而贏的次數（次）	擁有此牌型的總次數（次）
5 同	100	6	6
4 同 1 異	92.386	182	197
3 同 2 同	75.303	311	413
5 異	27.94	259	927
3 同 2 異	75.093	1212	1614
2 同 2 同 1 異	51.163	1166	2279
2 同 3 異	41.564	1897	4564

- ✓ 對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計，如表 B-19。

表 B-19　對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計

<table>
<tr><td>實際擁有個數
對方程式
後續喊牌個數</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>738</td><td colspan="4">851
（含實際擁有 2 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>3</td><td>43</td><td>750</td><td>2497</td><td colspan="3">731
（含實際擁有 3 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>4</td><td>21</td><td>138</td><td>621</td><td>580</td><td colspan="2">93(含實際擁有 4 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>5</td><td>1</td><td>6</td><td>32</td><td>92</td><td>28</td><td>0</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>7</td><td>2</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">28</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="6">0</td></tr>
</table>

（單位：次）

- ✓ 己方程式喊牌情況統計，如表 B-20。

表 B-20　己方程式喊牌情況統計

己方程式喊牌個數（個）	次數（次）
2	5863
3	6231
4	2095
5	291
6	14
7	3
8	0
9	0
10	0

✓ 己方程式開叫說謊機率：18.710%（其中己方程式開叫總次數為 5008 次，開叫說謊數為 937 次。）

✓ 程式取得勝率的折線圖，如圖 B-4。

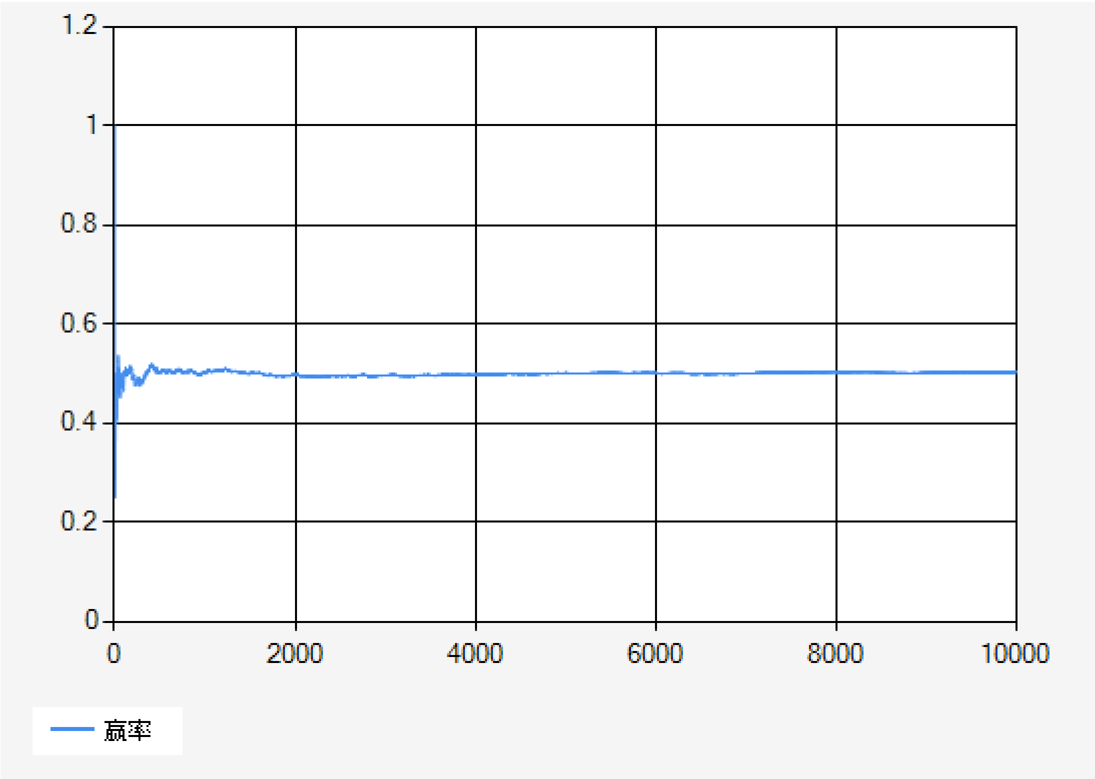


圖 B-4　程式取得勝率的折線圖

- 己方程式「去除邏輯偵測功能」的測試結果
  - ✓ 己方程式贏的次數／回合數：5577/10131(次)
  - ✓ 己方程式取得的勝率:55.049%(其中抓牌而贏的機率為 27.18%,共 1515 次；因喊牌讓對方程式抓牌而贏的機率為 72.835%，共 4062 次。)
  - ✓ 對方程式說謊機率，如表 B-21。

表 B-21　對方程式說謊機率

	說謊機率（%）	說謊次數（次）	喊牌總次數（次）
開叫	49.757（開叫且說謊的機率）	2462	4948
開叫 2~3 個	46.73	2151	4603
開叫 4 個	89.701	270	301
開叫 5~10 個	93.3182	41	44
後續喊牌	76.566	5293	6913

  - ✓ 己方程式／對方程式抓牌正確率，如表 B-22。

表 B-22　己方程式／對方程式抓牌正確率

	抓牌正確數（次）	總抓牌數（次）	抓牌正確率（%）
己方程式	1515	2418	62.655
對方程式	3651	7713	47.336

  - ✓ 未通過邏輯偵測而抓牌的次數：無此統計資料
  - ✓ 採信對方程式開叫而加入候選牌組的次數：2398 次
  - ✓ 採信對方程式後續喊牌而加入候選牌組的次數：5974 次

✓ 己方程式各牌型的勝率，如表 B-23。

表 B-23　己方程式各牌型的勝率

牌型	勝率（%）	擁有此牌型而贏的次數（次）	擁有此牌型的總次數（次）
5 同	100	5	5
4 同 1 異	94.811	201	212
3 同 2 同	82.353	322	391
5 異	34.412	319	927
3 同 2 異	73.3	1175	1603
2 同 2 同 1 異	57.75	1319	2284
2 同 3 異	47.585	2236	4699

✓ 對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計，如表 B-24。

表 B-24　對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計

<table>
<tr><th>實際擁有個數
對方程式
後續喊牌個數</th><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>696</td><td colspan="4">871
（含實際擁有 2 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>3</td><td>36</td><td>725</td><td>2339</td><td colspan="3">672
（含實際擁有 3 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>4</td><td>32</td><td>133</td><td>602</td><td>534</td><td colspan="2">76
（含實際擁有 4 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>5</td><td>5</td><td>15</td><td>39</td><td>98</td><td>31</td><td>1</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>2</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">31</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="6">0</td></tr>
</table>

（單位：次）

✓ 己方程式喊牌情況統計，如表 B-25。

表 B-25　己方程式喊牌情況統計

己方程式喊牌個數（個）	次數（次）
2	5688
3	5757
4	2599
5	513
6	66
7	3
8	0
9	0
10	0

✓ 己方程式開叫說謊機率：18.927%（其中己方程式開叫總次數為 5183 次，開叫說謊數為 981 次。）

✓ 程式取得勝率的折線圖，如圖 B-5。

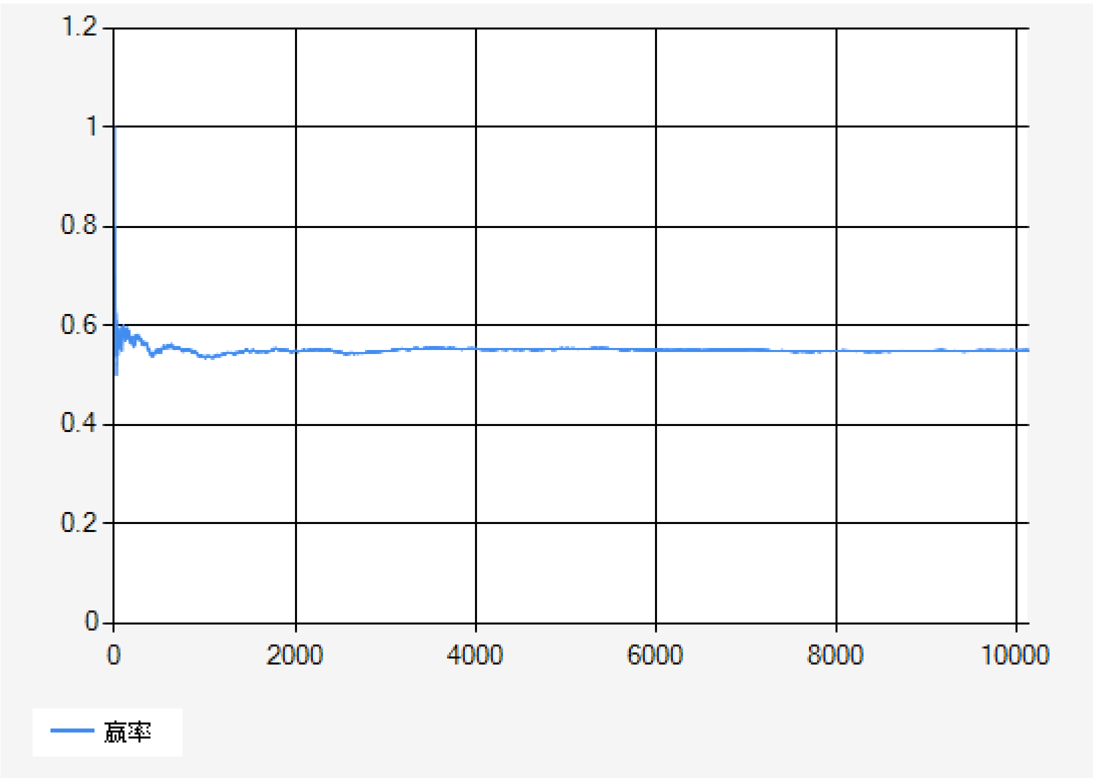


圖 B-5　程式取得勝率的折線圖

與古惑大話骰（難度 7）對局詳細結果如下，以下簡稱「本論文程式」為己方程式，「古惑大話骰（難度 7)」為對方程式。

- 己方程式完整功能的測試結果
  - ✓ 己方程式贏的次數／回合數：41/50(次)
  - ✓ 己方程式取得的勝率：82%（其中抓牌而贏的機率為 100%，共 41 次；因喊牌讓對方程式抓牌而贏的機率為 0%，共 0 次。）
  - ✓ 對方程式說謊機率，如表 B-26。

表 B-26　對方程式說謊機率

	說謊機率（%）	說謊次數（次）	喊牌總次數（次）
開叫	0 （開叫且說謊的機率）	0	0
開叫 2~3 個	0	0	0
開叫 4 個	0	0	0
開叫 5~10 個	0	0	0
後續喊牌	95	76	80

  - ✓ 己方程式／對方程式抓牌正確率，如表 B-27。

表 B-27　己方程式／對方程式抓牌正確率

	抓牌正確數（次）	總抓牌數（次）	抓牌正確率（%）
己方程式	41	48	100
對方程式	0	2	0

  - ✓ 未通過邏輯偵測而抓牌的次數：16 次
  - ✓ 採信對方程式開叫而加入候選牌組的次數：0 次
  - ✓ 採信對方程式後續喊牌而加入候選牌組的次數：39 次

✓ 己方程式各牌型的勝率，如表 B-28。

表 B-28　己方程式各牌型的勝率

牌型	勝率（%）	擁有此牌型而贏的次數(次)	擁有此牌型的總次數(次)
5 同	0	0	0
4 同 1 異	0	0	0
3 同 2 同	0	0	0
5 異	71.429	5	7
3 同 2 異	87.5	7	8
2 同 2 同 1 異	85.714	6	7
2 同 3 異	82.143	23	28

✓ 對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計，如表 B-29。

表 B-29　對方程式後續喊牌個數與對方程式實際擁有手牌個數之次數統計

<table>
<tr><th>實際擁有個數
對方程式
後續喊牌個數</th><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr>
<tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td colspan="4">0
（含實際擁有 2 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>3</td><td>21</td><td>8</td><td>7</td><td colspan="3">4
（含實際擁有 3 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>4</td><td>11</td><td>4</td><td>7</td><td>1</td><td colspan="2">0
（含實際擁有 4 個以上的次數）</td></tr>
<tr><td>5</td><td>9</td><td>6</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>9</td><td colspan="6">0</td></tr>
<tr><td>10</td><td colspan="6">0</td></tr>
</table>

（單位：次）

✓ 己方程式喊牌情況統計，如表 B-30。

表 B-30　己方程式喊牌情況統計

己方程式喊牌個數(個)	次數(次)
2	40
3	23
4	16
5	3
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0

✓ 己方程式開叫說謊機率：24%（其中己方程式開叫總次數為 50 次，開叫說謊數為 12 次。）

✓ 程式取得勝率的折線圖，如圖 B-6。

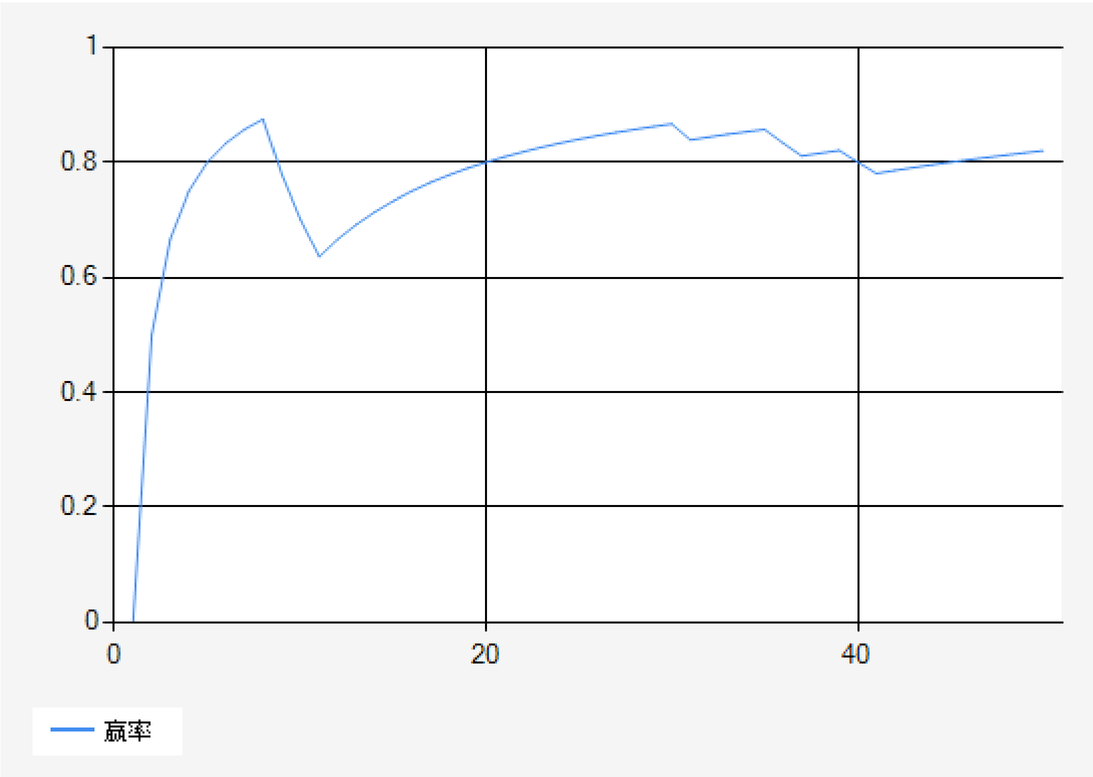


圖 B-6　程式取得勝率的折線圖

參考文獻

[1] Adam M. Brandenburger, Barry J. Nalebuff, “The Right Game: Use Game Theory to Shape Strategy,” Journal of Harvard Business Review, Vol.73, No.4, pp.57-71, 1995.

[2] G. H. Freeman, “The Tactics of Liar Dice,” Applied Statistics, Vol. 38, No.3, pp.507-516,1989.

[3] T. Johnson, “An evaluation of how Dynamic Programming and Game Theory are applied to Liar’s Dice”, Rhodes University, 2007.

[4] Daphne Koller, Avi Pfeffer, “Representations and Solutions for Game-theoretic Problems,” Artificial Intelligence, Vol.94, No.1, pp.167-215, 1997.

[5] Kevin B. Korb, Ann E. Nicholson, Nathalie Jitnah, “Bayesian Poker,” In proceedings of 15th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, pp.343-350, 1999.

[6] Oskar Morgenstern, John Von Neumann, “Theory of Games and Economic Behavior,” Princeton University Press, 1944.

[7] John Forbes Nash, Jr., “The Bargaining Problem,” Econometrica, Vol.18, No. 2, pp.155–162, 1950.

[8] John Forbes Nash, Jr., “Equilibrium Points in N-person Games,” Proc. Nat. Acad. Sc. 36, pp48-49, 1950.

[9] John Forbes Nash, Jr., “Non-cooperative Games,” Annals of Mathematics, Vol.54, No. 2, pp.286–295, 1951.

[10] John Von Neumann, “Zur Theorie der Gesellschaftsspiele,” Math. Ann., Vol.100, pp.295-320, 1928.

[11] Stuart J. Russell, Peter Norvig, “Artificial Intelligence: A Modern Approach,” Prentice Hall, 2002.

[12] Duncan Snidal, “Game Theory of International Politics,” in Kenneth Oye, eds.

Cooperation under Anarchy, pp.25-57, 1986.

[13] Finnegan Southey, Michael Bowling, Bryce Larson, Carmelo Piccione, Neil Burch, Darse Billings, Chris Rayner, "Bayes' Bluff: Opponent Modelling in Poker," in 21st Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-2005), pp.550-558, 2005.

[14] J. Sum, J. Chan, "On a Liar Dice Game - Bluff," International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Vol.4, pp.2179-2184, 2003.

[15] "Bayes' Theorem",
http://plato.stanford.edu/entries/bayes-theorem/

[16] "Game theory: Types of games",
http://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory

[17] "Prisoner's dilemma",
http://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner's_dilemma

[18] "Von Neumann's Minimax Theorem",
http://library.thinkquest.org/26408/math/minimax.shtml

[19] 巫和懋、夏珍，賽局高手—全方位策略與應用，台北：時報出版，2002。

[20] 張振華，人生無處不賽局，台北：書泉出版，2007。

[21] 黃信翰，"吹牛骰子之人工智慧研究"，國立臺灣師範大學資訊工程研究所碩士論文，2009。

[22] "古惑大話骰"
http://www.teddyboy.com.hk/gamezone/dicegame/main.php

[23] "資料探勘(Data Mining)的介紹"
http://www.uniminer.com/center01.htm

[24] "資料探勘(Data Mining)"
http://sunrise.hk.edu.tw/~msung/Ecommerce/Data_Mining/DM_Index.htm

[25] “骰子”

http://baike.baidu.com/view/28173.htm#1

[26] “賽局理論”

http://www.managertoday.com.tw/?p=588

[27] “賽局理論與經營策略”

http://web.thu.edu.tw/et/www/GT01.pdf