

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文



用決策樹法則探討
非對稱三人英國式拍賣的效率性質
Exploring the Properties of Efficiency of
Asymmetric 3-bidder English Auctions through
Decision Tree Algorithm

研究生：何青樺

指導教授：梁高榮博士

中華民國九十九年七月

用決策樹法則探討非對稱三人英國式拍賣的效率性質
Exploring the Properties of Efficiency of Asymmetric 3-bidder
English Auctions through Decision Tree Algorithm

Student : Ching-Hua Ho

Advisor : Gau-Rong Liang



A Thesis Submitted to
Department of Industrial Engineering and Management
College of Management
National Chiao Tung University
In Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Engineering in
Industrial Engineering and Management
July 2010
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

摘要

在給定估價函數的情形下，已經發掘出許多非對稱有效率英國式拍賣的充分條件。舉例來說，單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件都是典型的案例。如何發現更多充分條件是一個研究上的主要目標。在本論文中，提出以決策樹演算法探勘出未知的充分條件。本論文建立了一個以電腦為基礎的探勘系統，它包含了拍賣資料產生器、關聯式資料庫、有效率拍賣的測試系統、決策樹的演算法。拍賣資料的產生是利用隨機產生的資料來建構估價函數。關聯式資料庫是用來儲存稍後統計上所需的資料。拍賣測試系統用來鑑定拍賣資料是否有效率。對通過測試資料的有效率拍賣而言，決策樹演算法是用來學習其可能的充分條件。這學習結果顯示出探勘有效率拍賣充分條件研究方向的可行性。

關鍵詞：

有效率的拍賣(Efficient Auction)

效率性質(Properties of Efficiency)

決策樹演算法(Decision Tree Algorithm)

Exploring the Properties of Efficiency of Asymmetric 3-bidder English Auctions through Decision Tree Algorithm

Student : Ching-Hua Ho

Advisor : Dr. Gau-Rong Liang

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao-Tung University

Abstract

Many sufficient conditions of asymmetric efficient English auction have been developed from the given valuation functions. For example, pairwise single-crossing condition, average crossing condition, cyclical crossing condition are typical ones. Also how to find more sufficient conditions is the research goal. In this thesis, a decision tree algorithm is proposed to explore additional sufficient conditions. Moreover, a computer-based exploring system consisting of an auction data generator, a relational database, an efficient auction testing system, and a decision tree algorithm has been built. The auction data generator is used for generating random data for constructing valuation functions. The relational database is used for storing the generated data for statistic use lately. The auction testing system is used for identifying whether the auction data is efficient or not. Given the well-tested data of efficient auctions, the decision tree algorithm is used to learn the rules as their possible pre-conditions. The learning result is to show a possible research direction for exploring more sufficient conditions of efficient auction.

Keyword :

Efficient Auction, Properties of Efficiency, Decision Tree Algorithm

致謝

在本論文完成的同時，本人誠摯的感謝我的指導教授梁高榮老師對我的幫助及教誨。由於老師對於花卉批發市場的研究成果相當豐碩，影響台灣花卉產業甚遠，也因此讓我有機會見識到花卉市場拍賣的機制並瞭解其原理，並對拍賣的領域產生興趣。爾後有榮幸與老師一同參與關於頻譜拍賣的研究計畫，並藉著研究計畫的資源，讓我有機會進行拍賣相關的研究，並完成本論文。而老師在學問上的堅持與追求，成為我學習的榜樣並且深深地影響了我在日後做事的態度。並且在我遇到困難的時候，老師適時地提點我；在我遇到挫折的時候，老師時時鼓勵我；在我倦怠的時候，老師及時地激發我對研究的熱誠。如果沒有老師像燈塔一樣指引我的方向，在無盡的學海中，我只能像迷失方向的小船一樣，無法在短短兩年之內完成我的研究。

接著我要感謝清大經濟所的周嗣文教授。因為在周教授開授的拍賣理論課程中，讓我學習到許多與本研究息息相關的理論。並且感謝唐麗英教授、張永佳教授與周嗣文教授，在百忙之中抽空替我審核論文、參與我的論文口試，並且給我許多珍貴的意見，讓我可以更加充實論文的內容。

並且感謝研究室的所有研究夥伴，包含跟我同屆的魏良瑩、顧佳樺、黃柏勳、鄭瑋廷與鄭惠華，以及下一屆的連惠珍、彭思瑜、鄭仲元、劉思宇以及朱名典學弟妹，還有對面研究室的林宗賢、林晏生、張雅棉與黃仕婷。因為有你們，讓我研究所的生涯充滿歡笑，讓我適時地充電後，更有動力面對我的研究。

目錄

目錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的與問題界定.....	3
1.3 研究方法與論文架構.....	4
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 拍賣架構.....	5
2.1.1 拍賣格式.....	5
2.1.2 價值模式.....	6
2.2 有效率的拍賣.....	8
2.2.1 對稱競價者.....	8
2.2.2 非對稱競價者.....	9
2.3 共同價值在英國式拍賣為有效率的條件.....	10
2.3.1 單次超越對手條件.....	10
2.3.2 均值超越條件與循序超越條件.....	12
2.3.3 單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件的比較.....	13
2.4 競價者的出價模式.....	16
2.5 共同價值拍賣的實驗分析.....	18
2.6 決策樹演算法.....	19
第三章 拍賣模式的設計.....	20
3.1 基本定義.....	20
3.2 數學模式.....	23
3.2.1 首價閉式拍賣.....	23
3.2.2 次價閉式拍賣.....	24
3.2.3 英國式拍賣.....	26
3.2.4 荷蘭式拍賣.....	27
3.3 拍賣程式的設計.....	28
第四章 拍賣模擬系統的實作.....	31
4.2 拍賣模擬系統實作.....	33
4.2.1 資料庫設計.....	33

4.2.2 建立資料庫.....	34
4.2.3 建立 DTS 封裝.....	36
4.3 系統操作流程示範.....	40
第五章 決策樹法則分析效率性質.....	42
5.1 三人拍賣的資料表達法.....	42
5.2 拍賣模擬樣本的決定.....	46
5.3 建構決策樹.....	49
第六章 結論.....	52
6.1 貢獻.....	52
6.2 未來方向.....	54
參考文獻.....	55
附錄一 競價者資料表.....	56
附錄二 拍賣資料表.....	61



圖目錄

圖 1.1 拍賣結果分類.....	1
圖 1.2 研究方法與論文架構對照.....	4
圖 1.3 研究階段與論文架構對照.....	4
圖 2.1 拍賣架構.....	5
圖 2.2 拍賣結果的關聯.....	6
圖 2.3 單交點情形.....	11
圖 2.5 影響力矩陣.....	13
圖 2.4 均值超越條件與循序超越推導流程.....	13
圖 2.6 投影平面示意.....	14
圖 2.7 交點條件.....	15
圖 2.8 決策樹建構流程.....	19
圖 3.1 模擬情境.....	20
圖 3.2 拍賣計算過程.....	21
圖 3.3 首價閉式拍賣的作業流程.....	23
圖 3.4 次價閉式拍賣的作業流程.....	25
圖 3.5 英國式拍賣的作業流程.....	26
圖 3.6 程式架構類別.....	28
圖 3.7 程式作業流程.....	30
圖 4.1 模擬系統架構設計與開發流程對照.....	31
圖 4.2 系統開發流程與工具.....	32
圖 4.3 用 ERWIN4.0 設計資料表.....	35
圖 4.4 匯入資料庫中的資料表.....	35
圖 4.5 資料庫的關聯性綱要.....	36
圖 4.6 DTS 封裝設計畫面.....	37
圖 4.7 供應人資料表轉換.....	38
圖 4.8 拍賣品資料表轉換.....	38
圖 4.9 拍賣資料表轉換.....	38
圖 4.10 競價者資料表轉換.....	39

圖 4.11 參數設定畫面	40
圖 4.12 模擬程式的輸出檔案	40
圖 4.13 執行 DTS 封裝成功畫面	41
圖 4.14 執行 DTS 資料轉換後的資料表	41
圖 5.1 向量投影	42
圖 5.2 座標轉換對照	43
圖 5.3 均值超越條件判斷	44
圖 5.4 循序超越條件判斷	45
圖 5.5 樣本篩選流程	48
圖 5.6 樣本比例	49
圖 5.7 SCC 的子集合	49
圖 5.8 SCC 與 R1 比較	50
圖 5.9 包含 ACC 的集合	50
圖 5.10 決策樹	51
圖 6.1 訓練樣本資料分布統計	52



表目錄

表 2.1 在對稱模式中，有效率拍賣的組合.....	8
表 2.2 在非對稱模式中，有效率拍賣的組合.....	9
表 3.1 範例一之拍賣參數表.....	24
表 3.2 範例二之拍賣參數表.....	25
表 3.3 範例三之拍賣參數表.....	27
表 3.4 變數名稱的意義.....	29
表 3.5 各類別的目的與操作.....	29
表 3.6 程式類別與流程圖對照.....	29
表 4.1 屬性系統.....	33
表 4.2 最小覆蓋.....	34
表 5.1 模擬環境設定.....	46
表 5.2 競價者資料表範例.....	47
表 5.3 拍賣資料表範例.....	48
表 5.4 分類規則.....	50
表 5.5 樣本資料處理範例.....	51
表 A.1 競價者資料.....	56
表 A.2 拍賣資料表.....	61

第一章 緒論

本章在說明本論文研究方向及整體的架構，本章分四個小節。分別是 1.1 節「研究動機」，1.2 節「問題界定與研究目的」，1.3 節「研究方法與論文架構」。

1.1 研究動機

交易行為的本質，就是透過交換的方式，將物品從效用低的人轉移到效用高的人，以創造社會價值。在經濟學中，交易的價格的訂定，不外乎標價(Posted Price)、議價(Bargaining)與拍賣(Auction)[1]。當買方人數不只一人時，賣方會想要將商品賣給效用最高的人，以獲得較高的利潤，由於存在非對稱資訊(Asymmetric Information)的現象，導致賣方不清楚誰才是效用高的人。在資訊經濟學(Information Economics)當中，這種問題稱為委託人-代理人問題(Principal-agent Problem)，資訊少的一方稱為委託人，資訊多的一方為代理人。當賣方為委託人的時候，可以利用拍賣制度，解決非對稱資訊所造成的問題。因為拍賣制度利用了誘因匹配的原理，令每個買家為了買到商品而持續加價[1]。

雖然拍賣制度提供了一種解決非對稱資訊的方法，但是卻無法保證會產生有效率的拍賣結果。有效率的拍賣是指，透過拍賣的方式，將商品賣到了效用最高的買家手上[6]。已知當競價者(Bidder)的價值模式(Value Model)為私有價值(Private Value)時，拍賣會產生有效率的結果；若競價者的價值模式為共同價值(Common Value)時，則拍賣有可能會產生無效率的結果[6]。

在共同價值模式中，雖然會產生無效率的拍賣結果，但是只要滿足特定的條件，還是可以保證拍賣結果為有效率的。在拍賣格式(Auction Format)為英國式拍賣(English Auction)的情形下，若競價者的估價函數(Valuation)滿足成對的單次超越對手條件(Pairwise Single Crossing Condition, PSCC)，則拍賣結果為有效率的；若競價者的估價函數滿足均值超越條件(Average Crossing Condition, ACC)或循序超越條件(Cyclical Crossing Condition, CCC)，則無論參與拍賣的人數的多寡，拍賣結果為皆有效率的[10]。

已知在多人拍賣中，若滿足均值超越條件或循序超越條件，則可以確定拍賣產生有效率的結果。但是仍然存在著，雖然不滿足條件，卻是有效率的拍賣結果，如圖 1.1 所示。因此本研究希望藉由資料挖礦(Data Mining)技術，從拍賣結果的資料中，找尋其他可能影響拍賣結果是否有效率的元素，以提供未來研究中，找尋其他條件的參考方向。

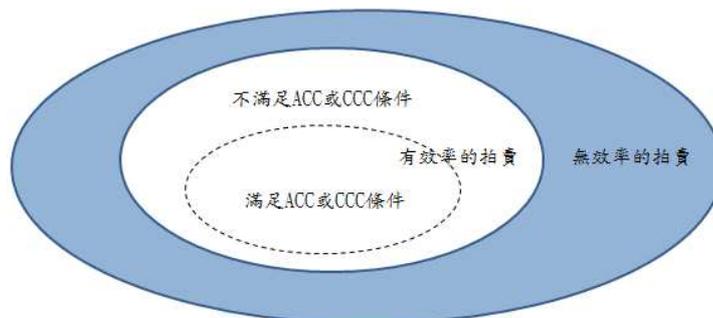
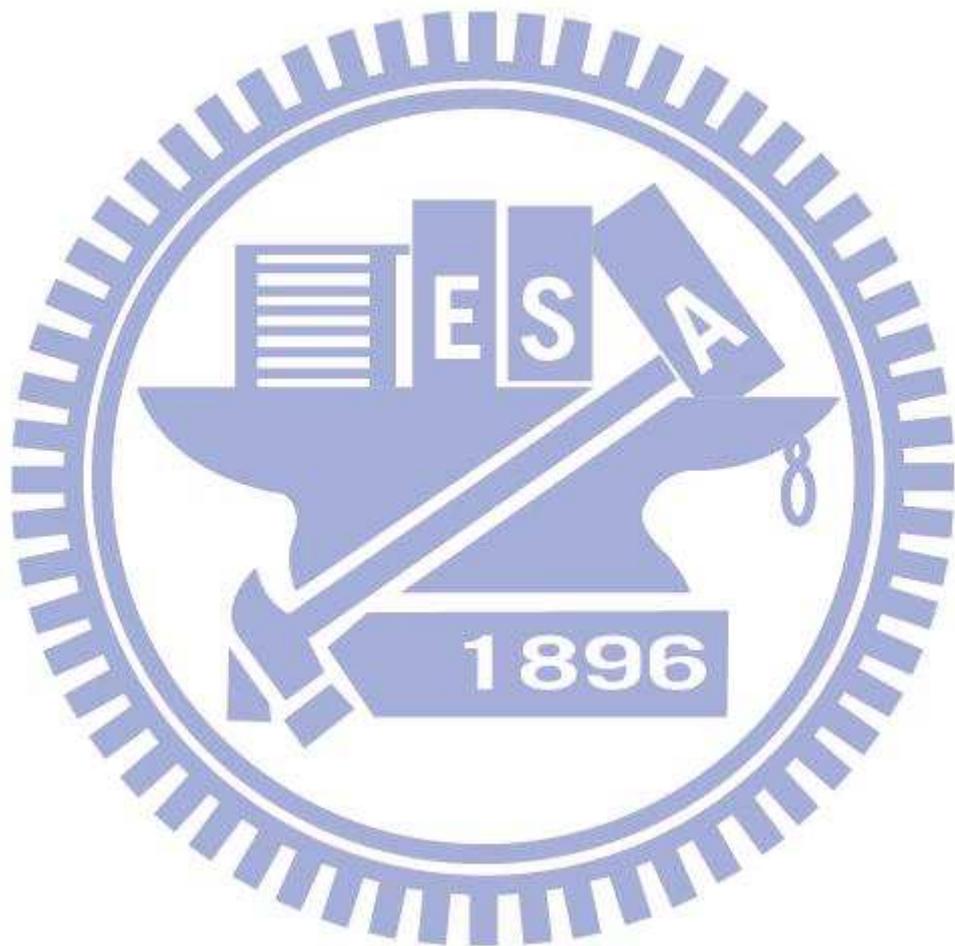


圖 1.1 拍賣結果分類

在拍賣資料的取得方面，由於競價者許多藏在心中的資料無法取得，例如價值模式、私有信號(Private Signal)、估價函數等等。會導致無法判斷拍賣結果是否有效，也無法分析估價函數的性質。因此實際拍賣紀錄的資料，不足以提供本研究分析之用。基於以上理由，本研究希望透過撰寫拍賣模擬軟體的方式，以電腦模擬競價者的行為模式，進行多次拍賣的模擬。藉由模擬的方式，可以蒐集到許多實際拍賣無法記錄的資料，例如競價者的估價函數與真實價值(Ture Value)。再利用資料庫(Database)技術，蒐集並儲存模擬的拍賣結果，用來進行資料挖礦分析。



1.2 研究目的與問題界定

本研究主要目的在於，利用資料挖礦找出其他可能影響拍賣效率的因素。在英國式拍賣、荷蘭式拍賣(Dutch Auction)、首價閉式拍賣(First-Price Seal-Bid)和次價閉式拍賣(Second-Price Seal-Bid)中，都會產生拍賣結果無效率的問題。由於英國式拍賣為最古老且最常被使用的拍賣機制；並且在 Krishna 針對英國式拍賣的研究中，提出的均值超越條件與循序超越條件仍無法完全區分出有效率與無效率的拍賣，因此本研究選擇英國式拍賣作為分析的拍賣格式。

為了達到此目的，必須蒐集競價者的估價函數以及拍賣結果的資訊，從中找出可能影響拍賣效率的因素。但是在實際的拍賣當中，無法取得分析所需要的資訊。因此本研究藉由撰寫拍賣模擬軟體，以取得實際拍賣中無法得到的資訊。為了分析模擬拍賣的資料，本研究利用資料庫作為儲存、分析資料的環境。

本研究針對英國式拍賣，探討可能影響拍賣效率的性質。但是在撰寫拍賣模擬軟體的過程中，一方面考量到模擬軟體的完整性；另一方面考量到其它拍賣格式皆為一次性出價，比起英國式拍賣的多回合出價容易許多。因此在拍賣軟體的設計上將四種拍賣格式都考量在內，也涵蓋價值模式中的私有價值(Praivate Value)與共同價值(Common Value)，信號方式的機率分配有均勻分配、常態分配以及指數分配三種。並且假設所有競價者的風險型式都為風險中立(Risk Neutral) [9] 在本論文中，如有範例提到拍賣環境的設定，將以拍賣參數表的型式呈現。

1.3 研究方法與論文架構

根據 1.2 節的研究目的，可以訂出研究的架構，如圖 1.2。為了提供分析所需的樣本資料，必須建立拍賣模擬系統，其中又分為模擬軟體與資料庫兩部分。因此本研究一共分為三個階段，如下列所示：

第一階段「產生資料」：將競價者的行為模式整理、分析，並以爪哇(Java)語言撰寫模擬軟體，以提供拍賣資料。

第二階段「資料蒐集、儲存」：建立拍賣模擬系統，並以 SQL Server 2000 資料庫系統儲存模擬的結果。

第三階段「資料挖礦」：利用資料挖礦的決策樹(Decision Tree)技術，從模擬的資料中，找出拍賣的效率性值。

本論文共分為六個章節，其中個章節的內容大綱如下所示：

第一章「緒論」：說明本論文的研究動機、問題的界定、研究方法以及論文架構。

第二章「文獻回顧」：針對拍賣模擬軟體，進行拍賣研究的各種基礎理論整理。以及資料挖礦技術的回顧。

第三章「拍賣模式的設計」：為了撰寫拍賣模擬軟體，必須重新定義拍賣的數學模型，並以流程圖的方式表示各種拍賣的過程。

第四章「拍賣模擬系統的實作」：實作整個拍賣模擬系統，並建立資料庫做為資料儲存、分析的環境。

第五章「案例分析」：利用拍賣模擬的系統所模擬的數據，找出除了均值超越條件與循序超越條件外的性質。

第六章「結論與未來方向」：依照分析的結果，提出未來找尋其他條件的方向。

研究階段與論文架構的對照如圖 1.2。

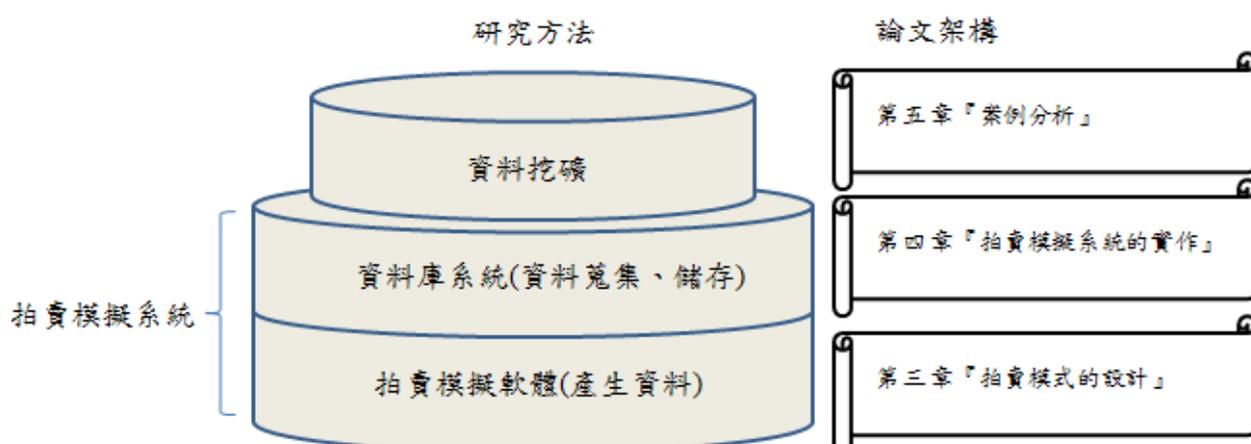


圖 1.2 研究方法與論文架構對照

第二章 文獻回顧

本章目的在回顧本論文相關研究。在 2.1 節中會介紹拍賣架構，2.2 節則說明何謂有效率的拍賣，並且整理出各種情況中拍賣是否為有效率的，2.3 節則是集中說明在什麼條件底下可以確定拍賣為有效率的。2.4 節說明競價者在不同的拍賣格式中的行為模式。並在 2.5 節中，回顧共同價值模式底下，對於拍賣結果是否有效率的實驗分析。2.6 節回顧本研究使用的決策樹演算法。

2.1 拍賣架構

一個拍賣架構中包含三個層次，拍賣格式(Auction Format)、價值模式(Value Model)與風險型式(Risk Type)。其中拍賣格式涵蓋整個拍賣活動本身，是競標者之間競爭的規則，會影響到所有競標者的出價行為。價值模式是競標者對於拍賣品的價值認定，有時會競標者會參考其他人的出價，因此有可能影響單一競標者或多個競標者的出價行為。風險型式是競標者本身對於風險的愛好程度，影響單一競標者本身的出價行為。

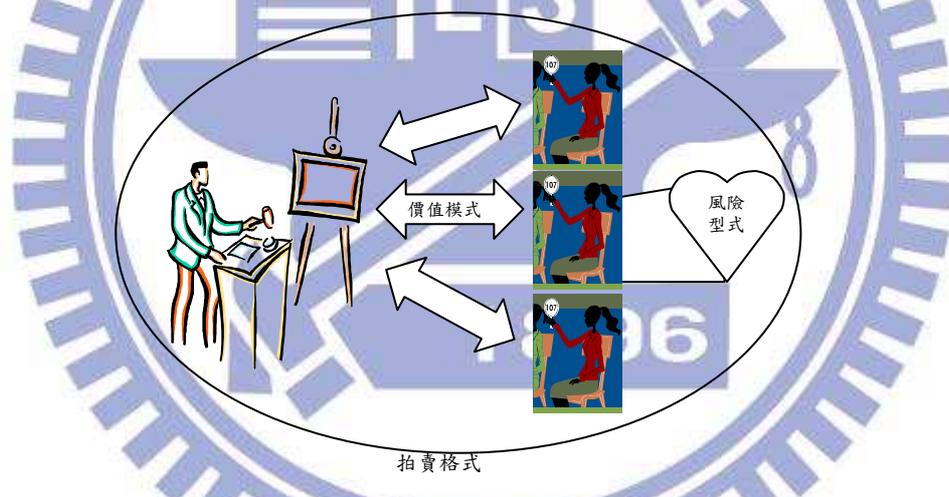


圖 2.1 拍賣架構

在 2.1.1 小節中會介紹常見的四種拍賣格式，分別是英國式拍賣、荷蘭式拍賣、首價閉式拍賣和次價閉式拍賣，2.1.2 小節中舉出了三種價值模式的假設，分別是私有價值、共同價值與隸屬價值(Affiliated Value)[9]。

2.1.1 拍賣格式

常見的拍賣格式共有四種，分別為英國式拍賣、荷蘭式拍賣、首價閉式拍賣和次價閉式拍賣[9]。其中英國式拍賣與荷蘭式拍賣為開式拍賣，而首價閉式拍賣與次價閉式拍賣為閉式拍賣。將以上四種拍賣格式，依照首價、次價與開式、閉式來分類的話，可以分成四類。每一種拍賣在私有價值或是共同價值的情況下，會產生不同的結果，總共可以分成八

種情形。單從賣方的角度來看，荷蘭式拍賣和首價閉式拍賣會得到一樣的效果，英國式拍賣和次價閉式拍賣只有在私有價值的情況底下會得到一樣的效果，其關係如圖 2.2 所示。

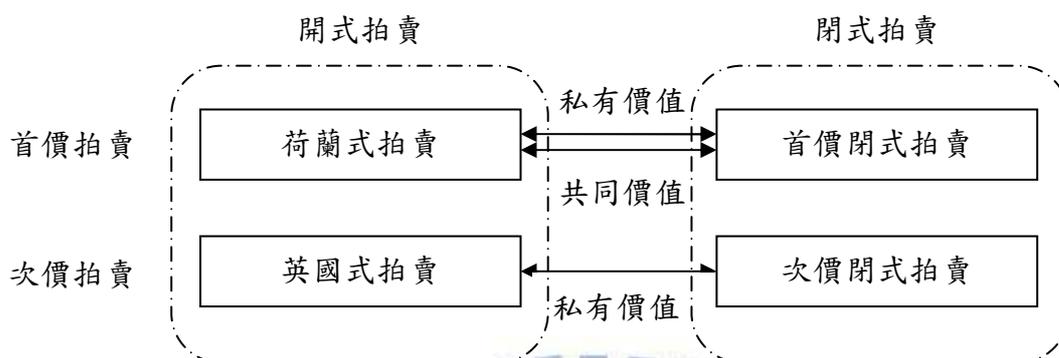


圖 2.2 拍賣結果的關聯[9]

英國式拍賣又稱次價開式拍賣，是一種最古老也是最流行的拍賣格式。auction 這個字來自於拉丁字 *avgere*，有上升、增加的意思。在英國式拍賣中，由拍賣者先提出一個較低的價格，然後慢慢的提高價格，直到剩下唯一一位對拍賣品有興趣的競標者後停止。

最基本的模型是：價格的提升是連續的，競標者用舉手來表示購買的意願。一旦競標者發現價格太高，競標者會放下他的手來表示他不再有購買的意願。當只剩下唯一一位有興趣的競標者時拍賣活動就結束，此時唯一一位有興趣的競標者即為得標者，他必須付出的價格等同於最後一位競標者退出時的價格。常見的拍賣網站或是藝術品拍賣都是以英國式拍賣為主。

荷蘭式拍賣又稱首價開式拍賣。在拍賣過程中，首先由拍賣者提出一個高到沒有任何競標者有興趣的價格，再慢慢降低價格直到有拍賣者表達出對拍賣品的興趣，拍賣品即以此價格賣給此競標者。每個拍賣品會有一個最低底價，如果低於這個底價還沒有競標者有興趣，即為流標。因此荷蘭式拍賣為一次性競價，有節省時間的優點，因此常使用在花卉或蔬果等，必須盡快交易確保新鮮的農產品。現行台灣花卉供應鏈的交易型式即是荷蘭式拍賣。

在首價閉式拍賣中，競標者將出價放在信封中呈遞出去，收齊後再打開比價，由出價最高的競標者得標，得標者付出自己的出價購買到拍賣品。次價閉式拍賣又稱為維氏拍賣，競標者將出價放在信封中呈遞出去，收齊後再打開比價，由出價最高的競標者得標，但是競標者只需付出第二高的出價購買拍賣品。

2.1.2 價值模式

當賣方不確定商品對於買方的價值時，意即賣方無法得知買方最高願意付出多少金額來取得商品時，拍賣是一種可行且常被使用的方法。假使賣方確切知道商品的價值，他可以將直接將商品提供給願意付出這個價格的人而不必經由拍賣的方式。對於賣方和買方來說，這種對於商品價值的不確定性，可以說是拍賣與生俱來的特色。拍賣的價值模式大致上分成三種：私有價值、共同價值與隸屬價值[9]。

私有價值是指個別競價者在出價的時候清楚地知道這個商品對於自己的價值。在這種情形之下，所有的競價者只知道商品對於自己的價值，並不知道商品對於其他競價者的價值，而且其他競價者的價值並不會影響到自己對於商品價值的認定。

這個假設看似合理，當商品對於競價者的價值取決於競價者本身的使用。舉例來說，所有的競價者對於油畫、郵票給予不同的價值認定只是根據持有這些商品對於自己有多少效用，或是將其視為消費，那麼私有價值的假設是合理的。但是如果競價者給予價值認定是根據商品在未來再度投入市場時的價值，並將其視為投資，那麼私有價值的假設就不是一個好的假設。

共同價值是指在很多情況底下，競價者本身不知道商品的價值。他可能依據同種類商品的價值或是其他私有的信號來估計這個商品的價值。這些私有的信號可能是專家的估計或是測試的結果，但這些信號是和商品的真實價值相關聯的。當然，其他的競價者也會持有某些私有信號。假使這些資訊被公開，也會影響到競價者對於商品價值的認定。也就是說，競價者在開始拍賣的時候，雖然不知道商品的真實價值，但是會受到自己和其他競價者所持有的資訊所影響。

在特殊的情形下，假如在拍賣的時候並不知道商品的價值，而商品的價值對於所有競價者而言都相同，則稱為共同價值。如果拍賣商品的價值是經由市場機制決定並且在拍賣的時候仍為未知，則使用共同價值的模式是恰當的。舉例來說，在拍賣油田採礦權的時候，每家鑽油公司都會去做地質測試。根據這些測試結果來決定投標金額，並且受到不同公司之間的信號影響。但是油田的價值卻是固定的，只是在拍賣的時候並不能知道油田的價值，要等到開發完畢才能知道油田到底產了多少油。

隸屬價值的情形和私有價值、共同價值相比，較為特殊。在私有價值與共同價值的假設中，相同的是私有信號都假設出自獨立的機率分配，不同的是私有信號對於商品的價值認定。而隸屬價值則是放寬信號來源的假設，它認為競價者間的信號不應該是出自獨立的機率分配，而是互相關聯，並且為正相關。意即若有一個競價者得到一個很高的信號，則其他競價者所得到的信號也都會是差不多高的。換句話說，所有競價者對於商品的價值估計並不會落差太大。

2.2 有效率的拍賣

如果拍賣的結果，得標者是對於商品價值的認定最高者，則稱這個拍賣是有效率的 (Efficient) 拍賣[6]。不管是在首價閉式拍賣、次價閉式拍賣、荷蘭式拍賣或是英國式拍賣中，都是由出價最高的競價者得標；但是在某些特殊情形下，出價最高的得標者不等同於對商品價值認定最高者。當這種情形發生的時候，這個拍賣便是無效率的拍賣。因此本節整理出已被證明必定有效率的拍賣架構與被證實可能無效率的拍賣架構。2.2.1 小節中整理了對稱模式的各種情形，2.2.2 小節則是非對稱模式的情形。

2.2.1 對稱競價者

在拍賣的模型中，通常會假設競價者 i 對於商品的價值認定為 S_i ，隨機變數 S_i 的定義區間為 $[0, \omega]$ ，且累積機率分配函數為 F 。只有競價者 i 本身知道 S_i 的實際值 s_i ，但是 S_i 的分配 F 是公開的信號。如果所有的競價者對商品價值認定的隨機變數 S 的累積機率分配函數 F 都相同，則稱這些競價者為對稱的競價者。

如果是對稱的競價者，且價值模式為私有價值，則每個競價者的競價函數 (Bidding Function) 均為 $b(s_i)$ ，且 $b(s_i)$ 是一個嚴格遞增函數，所以出價最高者亦即對商品價值認定最高者。因此在這種情形下，已被證明無論採用甚麼拍賣格式都是有效率的拍賣[12]。

針對共同價值模式而言，由於商品價值與所有人所得到的資訊都有關聯。所以在共同價值的模式底下，並不適合一次性競價。在一次性競價的拍賣中，競價者無法經由拍賣過程中其他人的出價而去修正自己的出價，因此會產生無效率的拍賣[6]。因此在私有價值模式底下進行首價閉式拍賣、次價閉式拍賣或是荷蘭式拍賣都可能會產生無效率的拍賣結果。

如果在共同價值模式底下進行英國式拍賣，由於競價者可以透過其他人的出價行為來推測別人持有的資訊，因此有可能產生有效率的拍賣。目前已經證明，如果競價者的估價函數滿足某些特定條件的話，在共同價值模式底下進行英國式拍賣必然會產生有效的結果[10]。表 2.1 中整理了在對稱模式底下各種組合的拍賣結果。

表 2.1 在對稱模式中，有效率拍賣的組合[6]

	私有價值	共同價值
首價閉式拍賣	有效率	可能無效率
次價閉式拍賣	有效率	可能無效率
英國式拍賣	有效率	條件下有效率
荷蘭式拍賣	有效率	可能無效率

舉共同價值的次價閉式拍賣為例，當兩位競價者的價值模式為共同價值，第一位競價者的私有信號 $s_1 = 4$ 且估價函數 (Valuation) 為 $0.4s_1 + 0.6s_2$ ；第二位競價者的私有信號 $s_2 = 5$ 且估價函數為 $0.5s_1 + 0.5s_2$ 。已知在次價閉式拍賣中，競價者會依照自己的真實價值出價，但是因為不知道其他競價者的信號導致真實價時無法得知時，會用自己的信號來

估計其他競價者的信號。因此在上述條件中，第一位競價者的出價為 $0.4 \times 4 + 0.6 \times 4 = 4$ ；第二位競價者的出價為 $0.5 \times 5 + 0.5 \times 5 = 5$ ，此時第二位競價者會得標。但是第一位競價者的真實價值為 $0.4 \times 4 + 0.6 \times 5 = 4.6$ ，第二位競價者的真實價值為 $0.5 \times 4 + 0.5 \times 5 = 4.5$ ，因此第二位競價者並非真實價值最高者，造成無效率的拍賣結果。

2.2.2 非對稱競價者

如果是非對稱的競價者，那麼競價者對於商品價值認定的隨機變數 S_i 所服從的分配 F 就不相同，並且隨機變數的範圍 $[0, \omega_i]$ 也不會相同。如果是非對稱的競價者，且價值模式為私有價值。則在次價閉式拍賣與英國式拍賣中，由於得標者付出的價格實際上是次高價，因此所有的競價者都是依照自己對商品的價值認定來出價，所以最高出價者等同於對商品價值認定最高者，此為有效率的拍賣。但是在首價閉式拍賣與荷蘭式拍賣中則可能產生無效的結果。舉例來說，現在有兩個競價者，他們私有信號的隨機變數範圍分別為 $[0,1]$ 與 $[0,10]$ ，則根據賽局的結果，均衡解的出價函數為 $b_1(1) = b_2(10)$ ，則有可能發生對商品價值認定較高者卻沒有得標的情形[6]。

如果是在共同價值模式底下，也是除了英國式拍賣滿足特定條件情形下可以產生有效拍賣的結果以外，其餘的拍賣方式都不能保證產生有效率的拍賣。表 2.2 中整理了在非對稱模式底下各種組合的拍賣結果。

表 2.2 在非對稱模式中，有效率拍賣的組合[6]

	私有價值	共同價值
首價閉式拍賣	可能無效率	可能無效率
次價閉式拍賣	有效率	可能無效率
英國式拍賣	有效率	條件下有效率
荷蘭式拍賣	可能無效率	可能無效率

舉私有價值的首價閉式為例，兩位競價者的私有信號範圍為 $[0,1]$ 與 $[0,10]$ ，且競價策略分別為 $b_1(s_1)$ 、 $b_2(s_2)$ ，則均衡的出價函數應該為 $b_1(1) = b_2(10)$ 。若 $b_1(1) < b_2(10)$ ，則二號競價者的私有信號為 10 時，二號競價者可以選擇降低出價，而贏得拍賣的機率仍為 1，這違反了均衡的假設，反之亦然。但是在均衡的情形下，假定一號競價者的私有信號為 1，二號競價者的私有信號為 9，因為出價函數為嚴格遞增函數，因此 $b_2(9) < b_2(10) = b_1(1)$ 。依照上述情形，二號競價者的真實價值較高，但是得標者為一號競價者，造成無效率的拍賣結果。

2.3 共同價值在英國式拍賣為有效率的條件

在 2.2 節中提到，如果價值模式是共同價值且在英國式拍賣情形下，則只要滿足特定條件即可證明會產生有效拍賣的結果[10]。2.3.1 節進一步說明了單次超越對手條件會產生有效率的拍賣，2.3.2 節則更進一步將只適用於兩位競標者的單次超越對手條件推廣到可以適用 3 人以上的均值超越條件與循序超越條件，2.2.3 節解說單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件的相互關係。

在拍賣開始之前，每個競價者都會持有自己的私有信號 s_i ，以及估價函數 v_i 。如果知道所有競價者的私有信號，則競價者可以得到競標品的真實價值 $v_i(S)$ 。但是在大多數情形下，競價者僅僅知道自己的私有信號，因此對於其他競價者的私有信號，只能以自己的信號去估計，因此得到的估計價值為 $v_i(s_i)$ 。在競標的過程當中，競價者依照自己的估計價值去訂定自己的競價策略 $\beta_i(v_i(s_i))$ ，也可以寫成 $\beta_i(s_i)$ 。而 σ_i 為 β_i 的反函數，當得知其他競價者的出價 p 時，可以透過 σ 來反推出該競價者的信號為何。在以下的推導過程均使用上述符號代表。

2.3.1 單次超越對手條件

假設在英國式拍賣底下，而且競價者只有兩個，則只要滿足單次超越對手條件即可確保為有效拍賣。假設現在有兩位競價者 i, j ，其私有信號為 s_i, s_j ，在此針對競價者 j 的信號 s_j 如何影響競價者 i 的估價函數 v_i ，於是將 v_i 對 s_j 微分得 $v'_{ij}(s) = \frac{\partial v_i}{\partial s_j}(s)$ 。對所有競價者的估價函數而言，若滿足 $v'_{ij}(s) > v'_{ji}(s)$ 的條件時，則稱為符合單次超越對手條件[10]。其圖形如圖 2.3 所示。

令 β_i 表示第 i 位競價者的競價策略函數， σ_i 為 β_i 的反函數， s_i 為競價者 i 的私有信號，則兩位競價者的出價分別為 $\beta_1(s_1) \equiv p_1$ 、 $\beta_2(s_2) \equiv p_2$ ，則

$$\begin{cases} v_1(\sigma_1(p), \sigma_2(p)) = p & (1) \\ v_2(\sigma_1(p), \sigma_2(p)) = p & (2) \end{cases}$$

若 1 號競價者為得標者，則 $\beta_1(s_1) = p_1 > p_2 = \beta_2(s_2)$ 。由(1)式可得

$$v_1(\sigma_1(p_2), \sigma_2(p_2)) = v_2(\sigma_1(p_2), \sigma_2(p_2)) \quad (3)$$

且已知 $s_1 = \sigma_1(p_1) > \sigma_1(p_2)$ 與 $\sigma_2(p_2) = s_2$ ，若 $v'_{11} > v'_{21}$ 則可得

$$v_1(s_1, s_2) > v_2(s_1, s_2) \quad (4)$$

同理可證，若 2 號競價者為得標者，則 $\beta_1(s_1) = p_1 < p_2 = \beta_2(s_2)$ 。由(2)式可得

$$v_1(\sigma_1(p_1), \sigma_2(p_1)) = v_2(\sigma_1(p_1), \sigma_2(p_1)) \quad (5)$$

且已知 $s_1 = \sigma_1(p_1)$ 與 $\sigma_2(p_1) < \sigma_2(p_2) = s_2$ ，若 $v'_{12} < v'_{22}$ 則可得

$$v_1(s_1, s_2) < v_2(s_1, s_2) \quad (6)$$

由(1)至(6)式可得知，若滿足單交點性質，則出價最高之得標者，其真實價值也是最高[10]。

在圖 2.3 中是以競價者 i 的角度去計算兩人的價值，X 軸是競價者 i 在競價過程透露的信號，Y 軸是商品的估計價值， V_i 線段表示競價者 i 對商品價值的估計， V_j 線段表示競價者 j 對商品價值的估計。當競價者 i 出價透漏的信號高出 X_i^* 時，競價者 j 即會退出競標。單次超越對手條件告訴競價者，只要持續向上出價，當所透露出的信號高出 S_i^* 時即會贏得拍賣。單次超越對手條件的性質提供競價者向上出價的誘因，因此能保證得標者的價值是最高的。

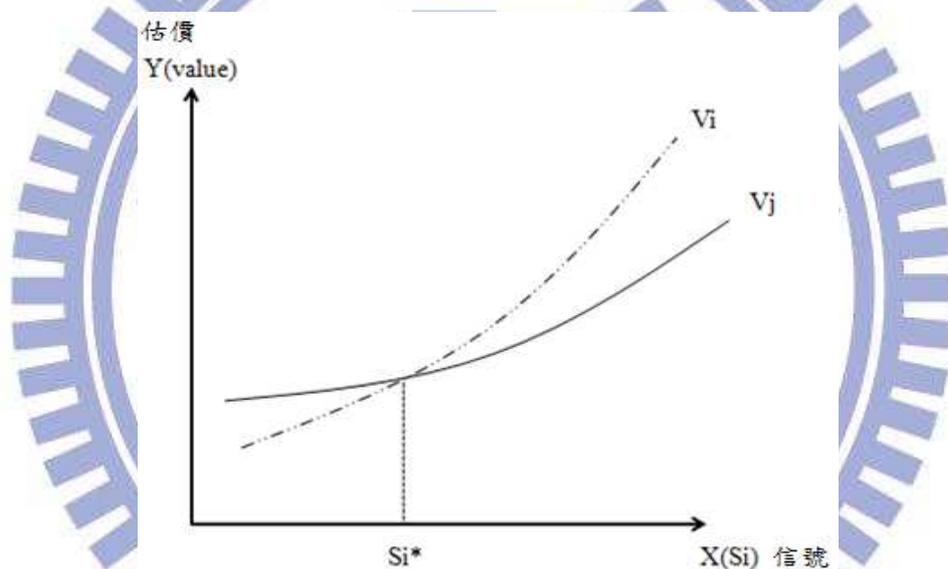


圖 2.3 單交點情形

但是單次超越對手條件只適用於兩個競價者的拍賣。當競價者超過 2 人時，即使滿足單次超越對手條件，仍然不一定能保證為有效拍賣。舉例來說，如果現在有三個競價者且假設參數 $0 < \alpha < \frac{1}{18}$ ，而它們的估價函數分別為：

$$v_1(s_1, s_2, s_3) = s_1 + 2s_2s_3 + \alpha(s_2 + s_3)$$

$$v_2(s_1, s_2, s_3) = \frac{1}{2}s_1 + s_2$$

$$v_3(s_1, s_2, s_3) = s_3。$$

為了滿足單次超越對手條件，接下來考慮 2 號競價者的信號對所有競價者的影響。因此可以得到 $v'_{12} = 2s_3 + \alpha$ ， $v'_{22} = 1$ 。假設現在 $v_1 = v_2$ 則

$$(v'_{22} - v'_{12})s_2 = (1 - 2s_3 - \alpha)s_2 = \frac{1}{2}s_1 + \alpha s_3 > 0, \text{ if } s_1 > 0, s_3 > 0。$$

若 $s_1 > 0$ 或 $s_3 > 0$ ，則 $v'_{22} > v'_{12}$ 。若 $s_1 = 0$ 且 $s_3 = 0$ ，則 $v'_{22} > v'_{12}$ 。因此不論在什麼情形下， $v'_{22} > v'_{12}$ 皆成立。相同的，也可以由 $v_1 = v_3$ 推導出 $v'_{33} > v'_{13}$ 。由以上方法，所有的組合都可以被證實滿足單次超越對手條件。假設 $s_2 > \frac{1}{2}$ 且 $s_3 > \frac{1}{2}$ ，則不管 s_1 的值為何， v_1 都是最大的，應該由 1 號競價者得標。因此在其他競價者退出拍賣之前，無法保證他們的信號是低於 $\frac{1}{2}$ 的；因此在有效拍賣的情形底下，1 號競價者不應該是第一個退出拍賣的競價者。在此假設三個競價者的出價策略為 $\beta_i, i = 1, 2, 3$ 。在還沒有競價者退出之前，所有的競價者持有的資訊只有自己的信號，因此他們會願意出的價錢分別為 $\beta_1(s_1), \beta_2(s_2), \beta_3(s_3)$ 。現假設 1 號競價者對商品的價值認定最小，意即 $v_1 < v_2, v_1 < v_3$ ，例如 $(s_1, s_2, s_3) = (\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{5}{16})$ 。那麼當 $\beta_2(s_2) = \beta_3(s_3)$ 時，由於 1 號競價者並不會是最先退出拍賣的，因此 2 號或 3 號競價者必須先退出。但是由於他們的經過出價策略所算出來的值是相等的，因此他們會同時退出拍賣，造成 1 號競價者得標，而產生無效率的拍賣；在 $\beta_2(s_2) < \beta_3(s_3)$ 的情形下，2 號競價者會先退出拍賣。如果此時 1 號競價者的信號為 $s_1 + \varepsilon$ ，那麼 2 號競價者對商品的價值認定最高卻退出拍賣，而產生無效率的拍賣；在 $\beta_2(s_2) > \beta_3(s_3)$ 的情形下，3 號競價者會先退出拍賣。如果此時 1 號競價者的信號為 $s_1 - \varepsilon$ ，那麼 3 號競價者對商品的價值認定最高卻退出拍賣，而產生無效率的拍賣。

因此在超過 2 個競價者的情形底下，光是滿足單次超越對手條件已經無法確保有效率的拍賣。在 2.3 節中，列出在 3 人以上還可以確保有效拍賣的條件[10]。

2.3.2 均值超越條件與循序超越條件

若有 n 個競價者參與拍賣，且他們對商品的估價函數分別為 $v_1(s), v_2(s), \dots, v_n(s)$ ，則平均的估價函數為 $\bar{v}(s) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i(s)$ 。以 $\bar{v}'_j(s) = \frac{\partial \bar{v}}{\partial s_j}(s)$ 表示第 j 位競價者的信號對平均估價函數的影響。對於所有 j 且 $i \neq j$ 皆滿足 $\bar{v}'_j(s) > v'_{ij}(s)$ ，意即自己的信號對平均估價函數的影響大於對其他人估價函數的影響，稱為均值超越條件[10]。

定義下列的矩陣 D_v ，為將所有競價者的競價函數對所有競價者的信號微分得到的矩陣，以三位競價者為例子。如果滿足 $v'_{jj} > v'_{j+1,j} > v'_{j+2,j} > \dots > v'_{j-1,j}$ ，如箭頭所示，則滿足循序超越條件[10]。

$$D_v = \begin{bmatrix} v'_{11} & v'_{12} & v'_{13} \\ v'_{21} & v'_{22} & v'_{23} \\ v'_{31} & v'_{32} & v'_{33} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} v'_{11} & v'_{12} & v'_{13} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ v'_{21} & v'_{22} & v'_{23} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ v'_{31} & v'_{32} & v'_{33} \end{bmatrix}$$

Vijay Krishna 已經證明[10]在英國式拍賣中，只要滿足均值超越條件或是循序超越條件其中一個，就必定產生有效率的拍賣。其推導流程如圖 2.4。

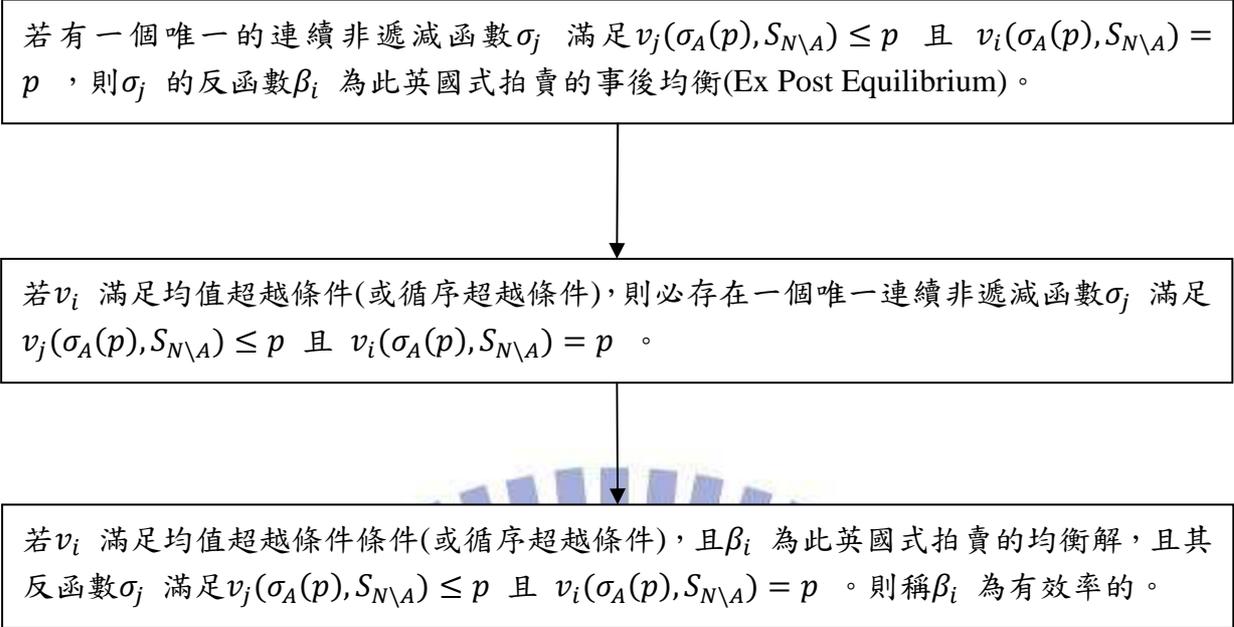


圖 2.4 均值超越條件與循序超越推導流程

2.3.3 單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件的比較

為了方便解說單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件的相互關係，本小節以三位拍賣者為例。如圖 2.5 所示， D_v 為所有競價者的影響力矩陣， $v'_j = (v'_{j1}, v'_{j2}, v'_{j3})$ 表示第 j 位競價者所持有信號對於其他競價者的影響。因此在單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件中，所比較的即是 v'_j 向量中各分量的大小關係。

由於 v'_j 向量是三度空間向量，為了方便解釋，將其投影到 $x + y + z = 1$ 的平面上，如圖 2.6 所示。由於估價函數的係數不能為負數，因此投影一定會落在圖 2.6 右邊的三角型區域。接下來重新定義三角型區域內的點為 $Z = (Z_1, Z_2, Z_3)$ ， $x = y$ 、 $y = z$ 、 $x = z$ 三個平面與投影平面的交會處，分別為 $Z_1 = Z_2$ 、 $Z_2 = Z_3$ 、 $Z_3 = Z_1$ 。

$$D_v = \begin{bmatrix} v'_{11} & v'_{12} & v'_{13} \\ v'_{21} & v'_{22} & v'_{23} \\ v'_{31} & v'_{32} & v'_{33} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{1號競價者價值函數的係數} \\ v'_{ij} = \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \end{array}$$

$$v'_j = (v'_{1j}, v'_{2j}, v'_{3j})$$

1號競價者訊息對於其各競價者的影響

圖 2.5 影響力矩陣

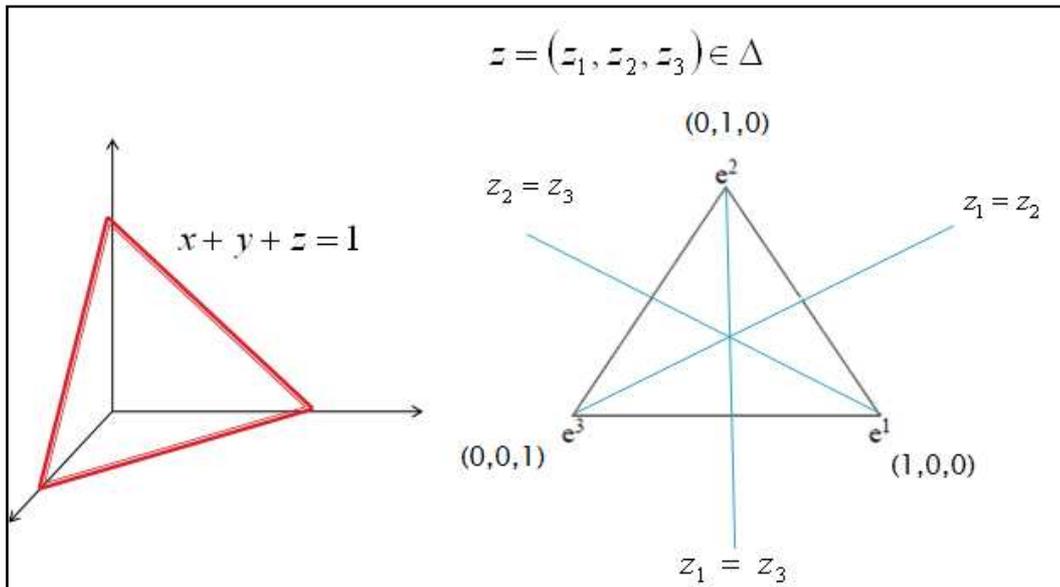
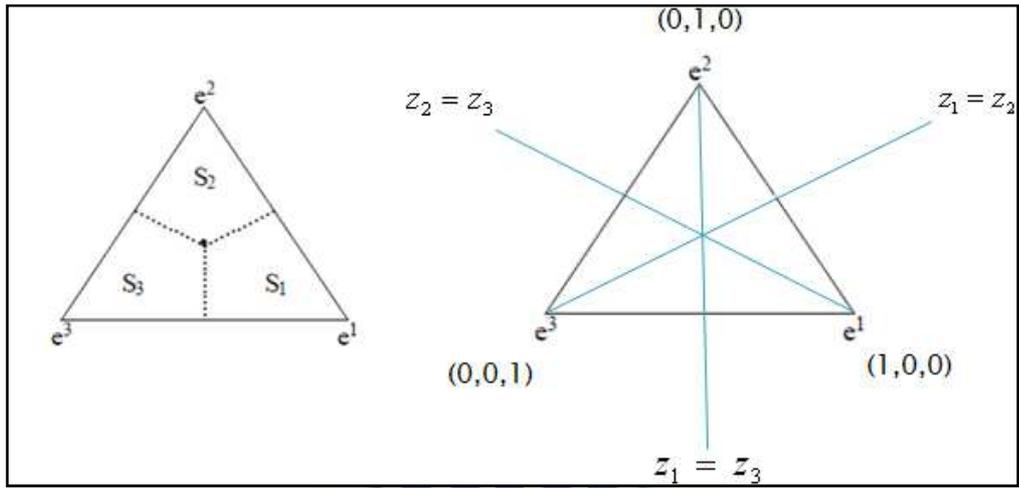
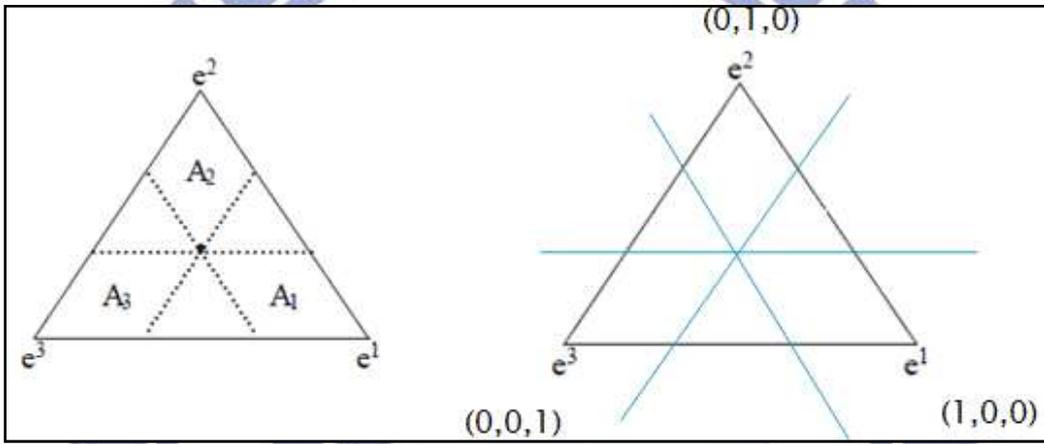


圖 2.6 投影平面示意

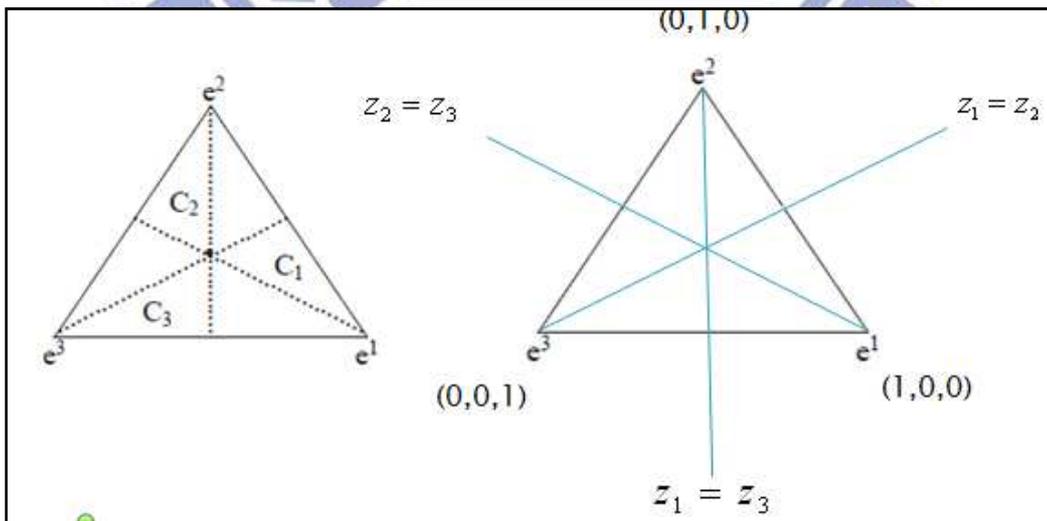
根據單次超越對手條件得知，當第 j 位競價者信號對於其他競價者價值影響的向量 $v'_j = (v'_{j1}, v'_{j2}, v'_{j3})$ 所投影的點皆落在 S_j 區域內時，即滿足單次超越對手條件，如圖 2.7 所示。由相同方法，亦可以得到均值超越條件與循序超越條件所投影的範圍。圖 2.8 為均值超越條件的範圍，圖 2.9 為循序超越條件的範圍。比較圖 2.7、2.8、2.9 可以得知，單次超越對手條件包含於均值超越條件的集合中，單次超越對手條件也包含於循序超越條件的集合中，而均值超越條件與循序超越條件無互相包含的關係，但兩者存在聯集的区域。



(a) 單次超越對手條件區域



(b) 均值超越條件區域



(c) 循序超越條件區域

圖 2.7 交點條件

2.4 競價者的出價模式

競價者在不同的拍賣格式下會調整其出價模式，其目的是使自己收益的期望值最大[9]。競價者的出價模式依照拍賣格式可以分成四種情形，分別是首價閉式拍賣、次價閉式拍賣、英國式拍賣與荷蘭式拍賣。各種拍賣格式下，競價者又會依據價值模式來改變策略，所以又分為私有價值與共同價值兩種情形。

在首價閉式拍賣中，若競價者為私有價值模式，競價者 i 的私有信號為 x_i ，競價 b_i 為私有信號的函數，亦可表達為 $\beta(x_i)$ ，則列出競價者的收益 π_i 如(7)式。

$$\pi_i = \begin{cases} x_i - b_i & \text{if } b_i > \max_{j \neq i} b_j \\ 0 & \text{if } b_i < \max_{j \neq i} b_j \end{cases} \quad (7)$$

每一個競價者的目的，都是要使自己收益的期望值最大化。為了計算收益的期望值，必須定義得標的隨機變數 Y_1 機率分配為 G 。因為得標的意義，就是其他 $n-1$ 人的出價都小於自己，所以 $G(x)$ 又可以寫成 $F(x)^{n-1}$ 。 Y 表示除了競價者本身，其餘的競價者私有信號的順序統計量， Y_1 就表示了「除了自己以外，其他人最高的私有信號」。當競價者的出價 $b > \beta(Y_1)$ 即為得標者，所以可以得到競價者的收益期望值如(8)式。

$$G(\beta^{-1}(b)) \times (x - b) \quad (8)$$

令其一次微分為 0，可以求得使收益期望值最大的出價策略，如(9)至(12)式，最後可以化簡到(13)式的型式[9]。

$$\frac{g(\beta^{-1}(b))}{\beta'(\beta^{-1}(b))} (x - b) - G(\beta^{-1}(b)) = 0 \quad (9)$$

$$G(x)\beta'(x) + g(x)\beta(x) = xg(x) \quad (10)$$

$$\frac{d}{dx} (G(x)\beta(x)) = xg(x) \quad (11)$$

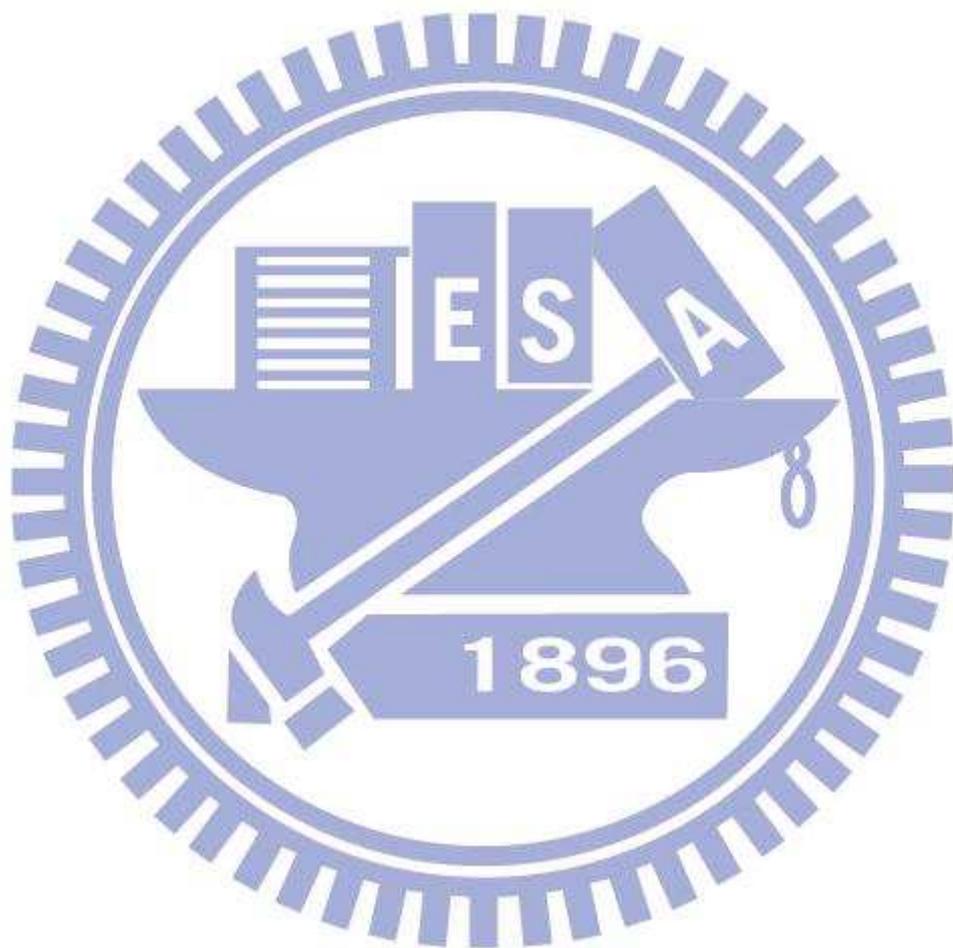
$$\beta(x) = \frac{1}{G(x)} \int_0^x yg(y) dy = E[Y_1 | Y_1 < x] \quad (12)$$

$$\beta(x) = x - \int_0^x \frac{G(y)}{G(x)} dy, \quad \frac{G(y)}{G(x)} = \left[\frac{F(y)}{F(x)} \right]^{N-1} \quad (13)$$

在首價閉式拍賣中，若競價者為共同價值模式，則在(7)式中的 x_i 必須改 $v(x_i)$ ，即共同價值模式的價值。但是在本研究中，將共同價值模式的估價函數定為參考各競價者資訊的比重，因此當競價者用自己的信號來猜測其他人的信號時，所得到的價值等同於自己的信號 x_i 。所以(13)的結果同樣適用於共同價值模式[9]。

在次價閉式拍賣中，得標者必須付出第二高的價格。假設某個競價者的價值為 x ，除了此競價者之外，最高的價值為 z 。假設 $z > x$ ，那麼競價者出價低於 x 對自己的收益並無幫助；若競價者出價高於 x ，就算得標也要付出 z 的價格，反而造成損失。假設 $z < x$ ，那麼競價者出價高於 x 並無幫助；若競價者出價低於 x ，也無法降低所付出標金，反而降低得標的機率。所以在次價拍賣中，競價者依照自己的價值誠實出價是最好的策略[9]。

英國式拍賣由於是開式拍賣，所以競價者不需要計算期望值，只要目前喊價低於自己的價值，就表示仍有收益，直到喊價高於自己的價值才會退出拍賣。而荷蘭式拍賣的模式和大家把心中的價格寫在信封裡，之後由拍賣者選出最高價的人這種首價閉式拍賣的模式相同。因此在荷蘭式拍賣當中，拍賣者的行為與首價閉式拍賣相同。



2.5 共同價值拍賣的實驗分析

Oliver Kirchkamp 與 Benny Moldovanu 曾經做過在共同價值下，進行英國式拍賣的實驗[8]。在實驗中，每三位受測者為一組，圍成一個圓圈。因此以任意受測者的角度，另外兩名受測者分別為左方受測者與右方受測者。在每一位受測者的面前有一個電腦螢幕與一個按鈕，螢幕上有三個鐘，分別顯示左方受測者、自己、右方受測者的價格。在實驗一開始，三位受測者都必須按著自己的按鈕，此時拍賣鐘的價格開始往上升，直到達到自己價格的底限時，受測者會放開按鈕。當按鈕放開後，顯示該名受測者的拍賣鐘價格便不再往上升。因此另外兩名受測者可以知道有人退出拍賣，且退出的價格為何，以此方式來模擬英國式拍賣的結果。

在實驗開始之前，每一位受測者會依照均一分配，隨機得到一個介於 0 到 100 的信號，為此受測者的私有信號。而每位受測者個估價函數為，自己的信號加上 α 倍右方受測者的信號，為 $v = s + \alpha s_R$ 。而 α 為實驗的控制變因，在每一回合的實驗當中分別給予不同的 α 值。

若在風險中立的情形之下，第一位退出的競價者，其競價策略應為 $\beta_0 = s(1 + \alpha)$ 。以第一位退出的競價者為中心，位於其左方的競價者，競價策略應為 $\beta_L = s_L + \frac{\alpha}{1 + \alpha} \beta_0$ ；位於其右方的競價者，競價策略應為 $\beta_R = \frac{1}{1 - \alpha} s_R - \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} \beta_0$ 。

但是根據實驗的數據顯示，第一位退出的競價者偏向出價過高。從右方競價者的出價顯示，當競價函數較為複雜的時候，競價者不會善用拍賣過程中得到的資訊。

2.6 決策樹演算法

資料挖礦依照功能性區分[2]，可以分為分類(Classification)、估計(Estimation)、預測(Prediction)、分組(Grouping)、分群(Clustering)。分類是指將樣本資料，依照屬性建立類別(Class)，例如將信用卡申請者分為低風險跟高風險兩類。估計是指利用相關屬性的資料來估計未知屬性的值，例如用信用卡申請者的教育程度、性別等等估計消費量。預測是指利用對象過去的屬性，預測未來的屬性；例如用信用卡持有人過去的消費量，預測未來的消費量。分組是將有關聯的物件放在一起；分群則是將性質相同的物件放在一起。

而分類的資料挖礦技術，最常使用的就是決策樹(Decision Tree)演算法[2]。自從 Quinlan 在 1979 年提出 ID3 的決策樹演算法後，又於 1986 年提出 ID3 演算法的修正模式[14]。自此之後，開始有許多決策樹的演算法被提出，如 C4.5、CART 等等。不論後續演算法如何改進，本研究整理出決策樹的主要概念如圖 2.8 所示。首先要尋找資料的切割屬性，再依照選擇的屬性培養決策樹。為了解決過度適配(Overfit)的現象，可以選擇事前避免或事後修正。事前避免的方法是藉由純度分析，判斷決策樹分支子節點的純度是否有提升，如純度提升幅度小於設定值，則決策樹停止分支。事後修正是指，先讓決策樹完全增長，再對決策樹進行修剪。過度適配指的是，在決策樹中，過度地分支造成決策樹過於龐大、規則過於複雜，而增加的分類能力並沒有顯著的提升。其中尋找分割常用 ID3 演算法，修剪決策樹可以利用 C4.5 或 CART 演算法，純度分析可以利用吉尼(Gini)值、亂度(Entropy)或是資訊量增益比例(Information Gain Ratio)作為指標[5]。

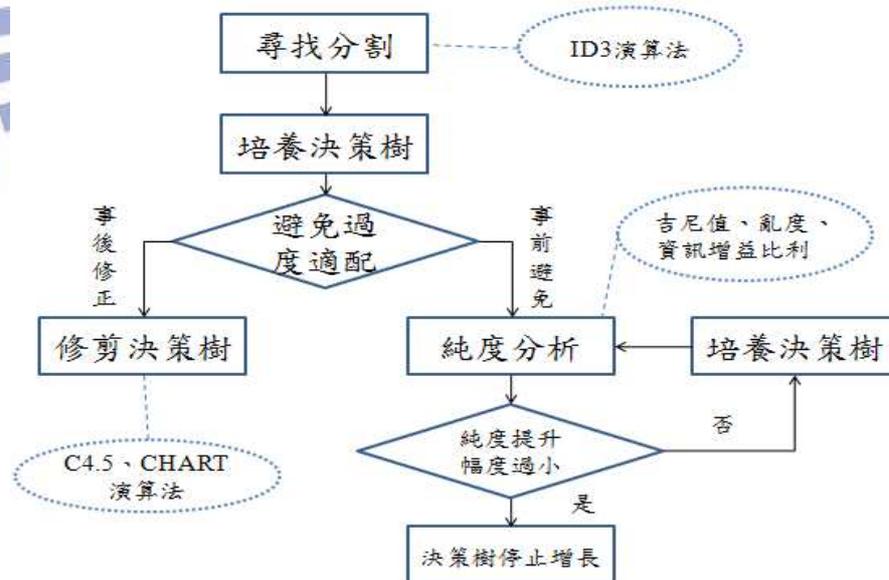


圖 2.8 決策樹建構流程

本研究的目的是在於找出規則，將拍賣結果分類，符合決策樹演算法的目的。因此本研究選擇決策樹演算法作為分析的工具。本研究選擇的切割屬性只有四種，切割的方式最多只有 2^4 種，因此在尋找分割時不需用到 ID3 演算法。由於切割屬性只有四種，產生的決策樹最多只有五階層，因此無須考慮過度適配的問題。

第三章 拍賣模式的設計

本章內容為研究的第一階段「產生資料」，目的在於將競價者的行為模式整理、分析，並以爪哇(Java)語言撰寫模擬軟體，以提供拍賣資料。首先在 3.1 節基本定義中，會重新定義拍賣架構的數學符號，目的是方便撰碼。3.2 節則是說明基本的四種拍賣其運作與邏輯，再以流程圖表示。最後在 3.3 節則是介紹整個模擬程式的架構。最後完成的模擬情境如圖 3.1，在系統中會有數個競價者與一個主持人。每個競價者有自己的私有信號，進行彼此互相猜測的賽局後決定投標金額，最後由主持人公布得標者與得標金額。



圖 3.1 模擬情境

3.1 基本定義

在進行拍賣行為研究時，會考慮到每個參與拍賣者的一些屬性，例如價值模式、私有信號等等。因為本章研究的對象不是單一拍賣者的行為，而是整個拍賣中，所有參與者的行為。所以在本節中會將一場拍賣中所有參與者的屬性集合起來，重新定義成一場拍賣的屬性，並且以向量、矩陣的方式表達。這除了方便運算以外，也考量到軟體撰碼時的便利性。本研究先利用共同價值模式英國式拍賣的情境說明拍賣的過程，再對照各符號的定義進行說明。

在共同價值模式當中，每位競價者會有自己的私有信號與估價函數。私有信號指的是對於拍賣物品價值的部份資訊。拍賣物品的價值可以是各種形式，如名聲、金錢等等，當慈善家在慈善拍賣會上出價，商品的價值可能是名聲；當商人在競標油田時，商品的價值就是金錢。不論如何，得標後付出的都是金錢，所以在本論文中都將價值用金錢衡量，以簡化問題的本質。但是每個競價者只能得到物品價值的部份資訊，因此競價者間的信號部

一定會相同，這是因為每個競價者得到的部分資訊不一樣。在共同價值模式下，如果競價者得到所有競價者的信號，就可以估計此商品的價值。因此估價函數是全部競價者信號的函數，估價函數可能為線性或非線性，本研究僅討論線性的估價函數。

假設在一場富比士拍賣會中，要用英國式拍賣售出一個花瓶，競價者有三位且其價值模式皆為共同價值。此時三位競價者所得到花瓶價值的部份資訊分別為 0.3、0.9、0.5，因為 1 號競價者根據小道消息，認為商品在市場中價值 0.3 億；2 號競價者根據另一個管道的小道消息，認為商品在市場中價值 0.9 億；第三位競價者是很有經驗的專家，認為商品價值 0.5 億。如圖 3.2 所示，此時 0.3、0.9、0.5 即為三位競價者的私有信號，以 $S(s_1 s_2 s_3) = (0.3 0.9 0.5)$ 表示，並且競價者只知道自己的私有信號。1 號競價者對自己的信號很有信心，但是其他人的信號對他的估價也有參考價值，因此對商品的估價為 0.5 倍自己的信號，加上 0.3 倍 2 號競價者的信號，再加上 0.2 倍 3 號競價者的信號，這就是 1 號競價者的估價函數，表示為 $V_1 = 0.5s_1 + 0.3s_2 + 0.2s_3$ 。相同的，2、3 號競價者也會有自己估價的方式，分別以競價函數表示為 $V_2 = 0.3s_1 + 0.5s_2 + 0.2s_3$ 、 $V_3 = 0.3s_1 + 0.3s_2 + 0.4s_3$ ，如圖 3.2 所示。

在英國式拍賣當中，一開始競價者之間不知道互相的私有信號，因此會利用自己的信號猜測別人的信號，來進行第一回合的出價。此時 1 號競價者將所有人的信號以自己的信號代替，帶入估價函數得到 0.3 億，表示當價格上升到 0.3 億時，1 號競價者就無法繼續出價，此時 1 號競價者就會退出拍賣。相同地，2 號競價者也用相同的模式計算第一回合的出價上限為 0.9 億，3 號競價者為 0.5 億。因為英國式拍賣的價格是由最低價慢慢往上升，當價格到達 0.3 億時，1 號競價者就會選擇退出拍賣，此時其他競價者就會知道 1 號競價者的私有信號，並以此修改自己在第二回合的估價。在第二回合中，2、3 號競價者已經得知 1 號競價者的私有信號，因此重新帶入自己的估價函數中，修正此回合出價的上限，得到 2 號競價者為 0.72 億、3 號競價者為 0.44 億。此時當價格上升至 0.44 億時，3 號競價者會選擇退出拍賣，由 2 號競價者得標，且得標金額為 0.44 億元。以上為共同價值英國式拍賣的過程，其詳細計算步驟如圖 3.2 所示。

私有信號	$S(s_1 s_2 s_3) = (0.3 0.9 0.5)$	
估價函數	第一回合：	第二回合：
$V_1(S)$	$= 0.5s_1 + 0.3s_2 + 0.2s_3 = 0.4*0.3 + 0.3*0.3 + 0.3*0.3 = 0.3$	(於 0.3 時退出)
$V_2(S)$	$= 0.3s_1 + 0.5s_2 + 0.2s_3 = 0.3*0.9 + 0.5*0.9 + 0.2*0.9 = 0.9$	$= 0.3*0.3 + 0.5*0.9 + 0.2*0.9 = 0.72$
$V_3(S)$	$= 0.3s_1 + 0.3s_2 + 0.4s_3 = 0.3*0.5 + 0.3*0.5 + 0.4*0.5 = 0.5$	$= 0.3*0.3 + 0.3*0.5 + 0.4*0.5 = 0.44$

圖 3.2 拍賣計算過程

以下為流程圖使用的符號其定義與實例的關係對照，在往後提及這些符號時便不再多作說明。信號向量定義如下。參數 s_i 表示第 i 個競價者的私有信號， $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ，令 $S = [s_1, s_2, \dots, s_n]$ 表示所有競價者的信號，稱為這次拍賣的信號向量。以圖 3.2 為例，是 $S = [s_1, s_2, \dots, s_n] = [0.3, 0.9, 0.5]$ 。由於競價者的私有信號並無法得知，所以假設每個競價

者的私有信號服從某特定的機率分配函數。

估價函數向量定義如下。在共同價值模式底下，每個競價者會互相參考彼此的信號來決定產品最終的價值。以 v_{ij} 來表示競價者 i 參考競價者 j 信號 s_j 的權重， v_i 表示競價者 i 的估價函數， $v_i(S)$ 表示競價者 i 把已知或估計的信號集合帶入信號函數中，估計出來的商品價值。

令 $V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}\}$ 來表示競價者 i 的估價函數向量，即是對於所有競價者信號參考權重的向量，也就是估價函數中各信號的係數向量，以圖 3.2 為例，即為 $V_1 = \{0.5, 0.3, 0.2\}$ 、 $V_2 = \{0.3, 0.5, 0.2\}$ 、 $V_3 = \{0.3, 0.3, 0.4\}$ 。若是在私有價值模式下，則可視為此競價者參考自己信號的權重為 1，參考其他人信號的權重為 0，即表示 $v_{ij} = 0, v_{ii} = 1, i \neq j$ 。

影響力矩陣定義如下。在此把所有競價者的估價函數向量結合成一個矩陣，令

$$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & \cdots & v_{nn} \end{bmatrix}, \text{ 則 } V \text{ 稱為這次拍賣的影響力矩陣(Influence Matrix), 以圖 3.2}$$

為例，可以表示成 $V = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 \end{bmatrix}$ 。若是在私有價值模式底下，則影響力矩陣為一個

單位矩陣。

真實價值向量定義如下。如果把競價者 i 的估價函數向量乘上信號向量，則可以得到競價者 i 的真實價值 $t_i = v_{i1} \times s_1 + v_{i2} \times s_2 + \dots + v_{in} \times s_n$ 。把價值矩陣乘上信號向量，則可以得到在公開資訊的情形底下，拍賣的真實價值向量，即 $T^T = V \times S^T$ ，以圖 3.2 為例，

$$\text{即為 } T^T = \begin{bmatrix} 0.5 * 0.3 + 0.3 * 0.9 + 0.2 * 0.5 \\ 0.3 * 0.3 + 0.5 * 0.9 + 0.2 * 0.5 \\ 0.3 * 0.3 + 0.3 * 0.9 + 0.4 * 0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.52 \\ 0.64 \\ 0.56 \end{bmatrix}。 \text{但是由於競價者之間不會分享私有的}$$

信號，因此真實價值向量並不可以當作競價者出價的依據。但是經由真實價值向量，可以和實際拍賣結果比較，判斷是否有贏家的詛咒以及是否為有效拍賣。

競價向量定義如下。令 b_i^j 表示競價者 i 在第 j 回合的出價，若是在閉式拍賣中則只會有一個回合， b_i^j 表示競價者 i 實際的出價。若是在開式拍賣中則表示競價者在那一個回合中的出價策略。例如英國式拍賣則表示退出拍賣前的價格上限，荷蘭式拍賣則表示心中預設按下拍賣鐘的價格。 $B^k = \{b_1^k, b_2^k, \dots, b_n^k\}$ 表示第 k 回合拍賣的競價向量，以圖 3.2 為例，第一回合的競價向量可以表示為 $B^1 = \{0.3, 0.9, 0.5\}$ 。競價向量的算法依照拍賣的架構而有所不同，是競價者利用能取得的資訊加以計算後，使自己效用極大化的函數。

3.2 數學模式

在本節中，整理出常用的四種拍賣架構中，競價者的行為模式，並且將拍賣進行的情形以流程圖表達。最後會舉一些簡單的範例說明拍賣進行的過程，分別為 3.2.1 首價閉式拍賣、3.2.2 次價閉式拍賣、3.2.3 英國式拍賣、3.2.4 荷蘭式拍賣。

3.2.1 首價閉式拍賣

若競價者的價值模式為私有價值，則根據競價者 i 自己的私有信號，以及所有競價者的私有信號機率分配函數 $F(x)$ ，依照 2.4 節，競價者 i 可以計算出其出價策略為

$$\beta(s_i) = s_i - \int_0^{s_i} \frac{G(y)}{G(s_i)} dy, \quad \frac{G(y)}{G(s_i)} = \left[\frac{F(y)}{F(s_i)} \right]^{n-1} \text{ 時, 效用會最大 [6]。}$$

若競價者的價值模式為共同價值，則競價策略為 $\beta(s_i) = \int_0^{s_i} v(y, y) dL(y|s_i)$ ， $L(y|s_i) = e^{-\int_y^{s_i} \frac{g(t|t)}{G(t|t)} dt}$ 。此時競價者 i 的效用會極大化。由於估價函數是競價者參考其他人信號的權重，因此系數總和為 1。若加入這個條件可以發現，共同價值的競價策略可以簡化成與私有價值的競價策略一樣。

根據上述結果，無論是私有價值模式或是共同價值模式，只須將拍賣的競價向量帶入競價函數中，即可得到所有競價者的出價。所有出價中最高者即為得標者，出價即為成交價格。其流程如圖 3.3。

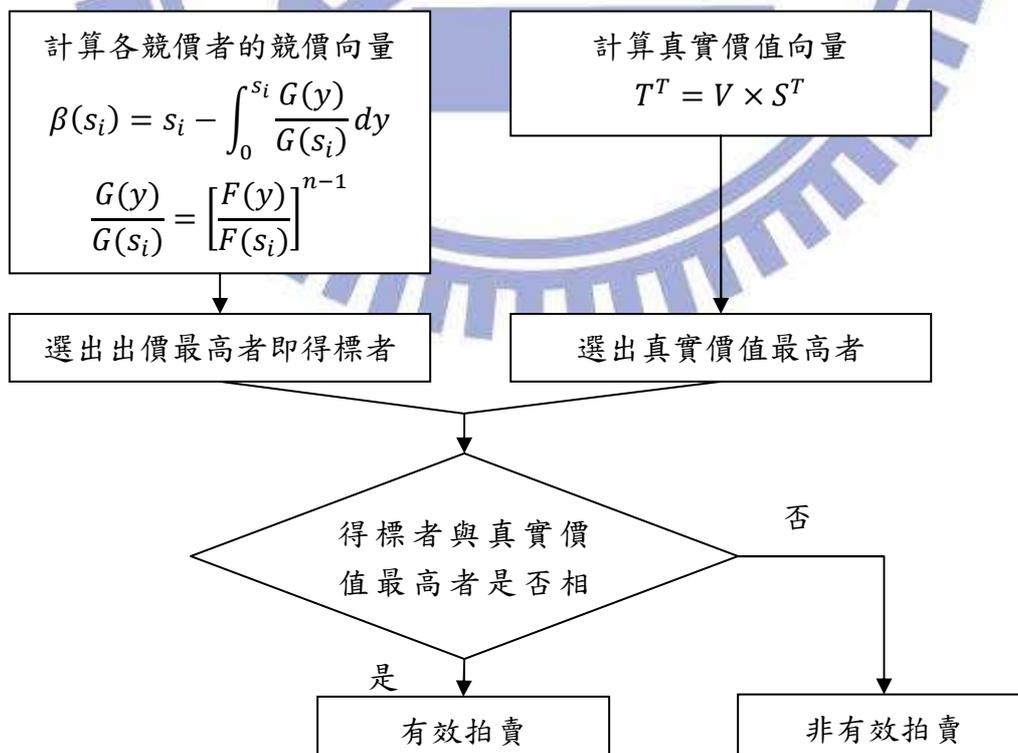


圖 3.3 首價閉式拍賣的作業流程

範例一：

現在有 3 個競價者參與首價閉式拍賣，已知每個人的信號服從 [0,1] 的均一分配 (Uniform Distribution)，私有信號向量為 $S = [0.3, 0.9, 0.6]$ 。此價值模式為私有價值。表 3.1 為拍賣參數表。

表 3.1 範例一之拍賣參數表

拍賣格式	首價閉式拍賣
價值模式	私有價值
風險型式	風險中立
信號方式	對稱的競價者

1. 將機率分配函數代入公式，由於已知每個人的信號服從 [0,1] 的均一分配，經由 (1-1)(1-2)式可得競價函數為 $\beta(s_i) = \frac{2}{3}s_i$ 。

$$\frac{G(y)}{G(s_i)} = \left[\frac{F(y)}{F(s_i)} \right]^{n-1} = \left[\frac{y}{s_i} \right]^2 \quad (1-1)$$

$$\beta(s_i) = s_i - \int_0^{s_i} \frac{G(y)}{G(s_i)} dy = s_i - \int_0^{s_i} \left[\frac{y}{s_i} \right]^2 dy = s_i - \left[\frac{1}{3} \left[\frac{y}{s_i} \right]^3 \times \frac{1}{s_i} \right]_0^{s_i} = \frac{2}{3}s_i \quad (1-2)$$

經由(1-3)式可以得到所有人的競價向量，最高出價者為 2 號競價者，出價為 0.6。

$$B^1 = \left[\frac{2}{3} \times 0.3 \quad \frac{2}{3} \times 0.9 \quad \frac{2}{3} \times 0.6 \right] = [0.2, 0.6, 0.4] \quad (1-3)$$

2. 價值模式為私有價值，所以影響力矩陣為單位矩陣， $V = I$ 。依照(1-4)式將影響力矩陣乘上信號向量可以得到真實價值向量， $T = [0.3, 0.9, 0.6]$ ，真實價值最高者為 2 號競價者。

$$T^T = V \times S^T = I \times \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.9 \\ 0.6 \end{bmatrix}, T = [0.3, 0.9, 0.6] \quad (1-4)$$

3. 實際得標者與真實價值最高者為同一人，此拍賣為有效拍賣。

3.2.2 次價閉式拍賣

根據 2.4 節的整理，在次價閉式拍賣中，無論是私有價值或是共同價值，競價者的競價策略都是誠實出價。也就是說，競價向量等同於信號向量， $B^1 = S$ ，不需要知道競價者的信號機率分配函數即可計算。比較所有競價者的出價，最高者即為得標者，次高者則為成交價格。其作業流程如圖 3.4。

範例二：

現在有 3 個競價者參與次價閉式拍賣，私有信號向量為 $S = [0.3, 0.9, 0.6]$ 。此價值模

式為共同價值，影響力矩陣為 $V = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$ 。表 3.2 為拍賣參數表。

表 3.2 範例二之拍賣參數表

拍賣格式	次價閉式拍賣
價值模式	共同價值
風險型式	風險中立
信號方式	對稱的競價者

1. 經由(2-1)式計算競價向量 $B^1 = [0.3, 0.9, 0.6]$ ，得標者為 2 號競價者，成交金額為 0.6。

$$B^1 = S = [0.3, 0.9, 0.6] \quad (2-1)$$

2. 由(2-2)式計算真實價值向量 $T = [0.48, 0.63, 0.75]$ ，真實價值最高者為 3 號競價者。

$$T^T = V \times S^T = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.9 \\ 0.6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.63 \\ 0.75 \end{bmatrix}, T = [0.48, 0.63, 0.75] \quad (2-2)$$

3. 得標者為 2 號競價者，真實價值最高者為 3 號競價者，因此為無效率的拍賣。

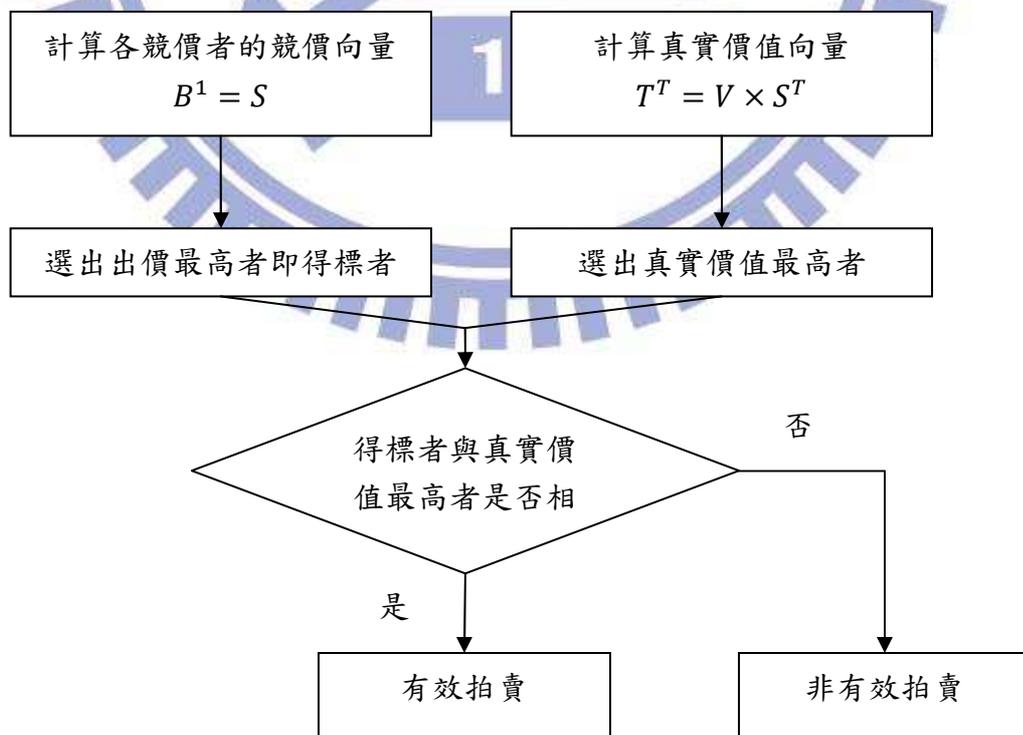


圖 3.4 次價閉式拍賣的作業流程

3.2.3 英國式拍賣

在英國式拍賣中，每一回合開始前，競價者都會計算自己的價格上限 b_i^j 。在拍賣進行中，價格不斷往上升，一直到高出競價者的價格上限後，該競價者就會退出拍賣，而拍賣就會進入下一個回合，同時，該名退出拍賣者所持有的信號將會被大家知道。因此剩下的競價者有了新的資訊，可以重新計算下一個回合自己的價格上限。

每一回合結束後會退出一個競價者，已知參與拍賣的競價者有 n 人，因此可以得出，當拍賣進行到 $n+1-k$ 回合時，會剩下 k 位競標者。此時假定競價者 i 仍未退出拍賣，那麼競價者 i 在此回合修正的價格上限為 $b_i^{n+1-k} = v_i(S_i, S_{-k})$ 。 S_{-k} 表示已經退出的那些競價者所暴露出來的資訊， S_i 表示競價者 i 用自己的信號來估計剩餘競價者的信號。

拍賣在第 $n-1$ 回合的時候只剩下兩位競價者參與拍賣，在此回合結束拍賣就產生得標者，得標價格即是次高價者的價格上限。其作業流程如圖 3.5。

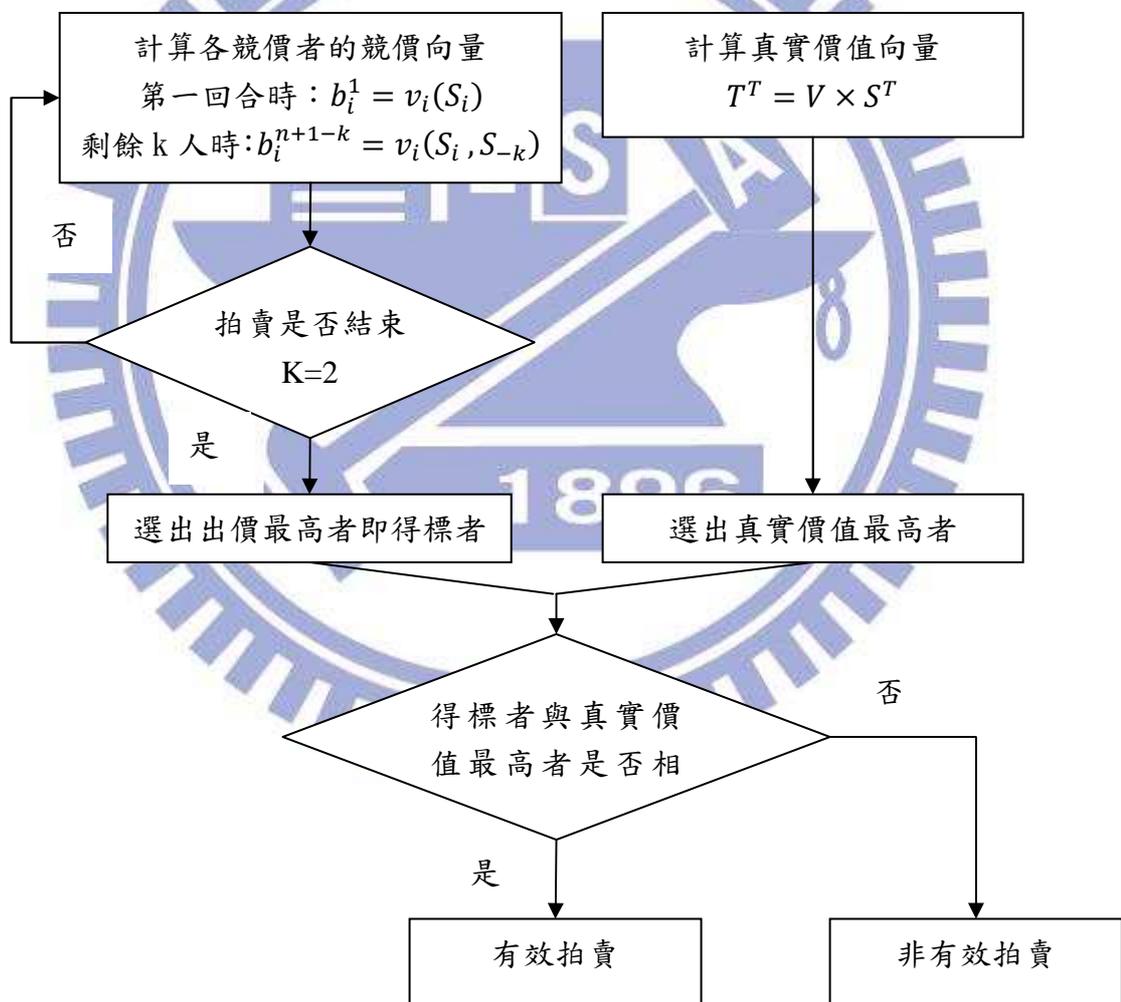


圖 3.5 英國式拍賣的作業流程

範例三：

現在有 3 個競價者參與英國式拍賣，私有信號向量為 $S = [0.3, 0.9, 0.6]$ 。此價值模式

為共同價值，影響力矩陣為 $V = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$ 。表 3.3 為拍賣參數表。

表 3.3 範例三之拍賣參數表

拍賣格式	英國式拍賣
價值模式	共同價值
風險型式	風險中立
信號方式	對稱的競價者

1. 開始第一回合拍賣，由於競價者之間互相不知道對方的信號，因此以自己的信號估計其他人的信號，經由(3-1)式計算第一回合的競價向量為 $B^1 = [0.3 \ 0.9 \ 0.6]$ ，在價格上升到 0.3 時，1 號競價者會退出拍賣，此時 1 號競價者的信號會暴露。

$$B^1 = [v_1(0.3,0.3,0.3) \ v_2(0.9,0.9,0.9) \ v_3(0.6,0.6,0.6)] = [0.3 \ 0.9 \ 0.6] \quad (3-1)$$

進入第二回合，由於 1 號競價者信號已經暴露，因此其他人修正自己的價格上限。已經退出的競價者不會再修正自己的價格，在此以 $\boxed{0.3}$ 表示其退出時的價格。由(3-2)式計算第二回合的競價向量為 $B^2 = [\boxed{0.3}, 0.72, 0.6]$ ，此時剩餘人數為 2 人，所以此回合為拍賣的最後一回合，得標者為 2 號競價者，得標價格為 0.6。

$$B^2 = [\boxed{0.3} \ v_2(0.3,0.9,0.9) \ v_3(0.3,0.6,0.6)] = [\boxed{0.3} \ 0.72 \ 0.6] \quad (3-2)$$

2. 經由(3-3)式計算真實價值向量 $T = [0.48, 0.63, 0.75]$ 。真實價值最高者為 3 號競價者。

$$T^T = V \times S^T = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.9 \\ 0.6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.63 \\ 0.75 \end{bmatrix}, T = [0.48, 0.63, 0.75] \quad (3-3)$$

3. 得標者為 2 號競價者，真實價值最高者為 3 號競價者，因此為無效率的拍賣。

3.2.4 荷蘭式拍賣

在荷蘭式拍賣當中，主持人由一個很很高的價格往下降，每個競價者在心中預想一個願意購買的價格。當價格下降至符合最高價者心中的價格，最高價者即表示購買的意願，拍賣就結束。這種模式和大家把心中的價格寫在信封裡，之後由拍賣者選出最高價的人這種首價閉式拍賣的模式相同。因此在荷蘭式拍賣當中，拍賣者的行為與首價閉式拍賣相同，故不再多做說明。

3.3 拍賣程式的設計

根據四種拍賣格式的流程圖，即圖 3.3、圖 3.4 以及圖 3.5，可以將拍賣執行的流程分為三大部分。第一部分為計算競價向量，第二部分是計算真實價值向量，最後一部分則是判斷是否有效。除了第一部分計算競價向量，會因為拍賣模式而有所不同之外，其餘兩個部分則是執行一樣的動作，因此可以將四種拍賣的三個流程圖結合，如圖 3.7 的程式執行流程圖。

根據流程圖，可以繪製程式類別圖，再選用爪哇程式語言撰寫程式，使其在個人電腦上執行，以圖形使用者介面(Graphical User Interface, GUI)呈現。本程式共 Main、Is Efficient、Set Attribute、First Price Auction、English Auction 與 Second Price Seal Bid 六個類別，如圖 3.7 所示。其中 Main 類別的功能在於命令其他五個類別執行所需要的程序，並且產生隨機的私有價值向量與影響力矩陣。Is Efficient 類別的功能是判斷得標者與實際價值最高者是否為同一人，進而判斷是否為有效率的拍賣。Set Attribute 類別的功能是設定拍賣的人數、拍賣的格式、私有信號的分配、還有競價者的價值模式。English Auction 類別是用來執行英國式拍賣的流程，即圖 3.5 的作業流程。First Price Auction 類別是用來執行首價拍賣的流程，即圖 3.3 的作業流程。Second Price Seal Bid 類別是用來執行次價閉式拍賣的流程，即圖 3.4 的作業流程。各個變數的意義如表 3.4 所示，各類別的目的與操作如表 3.5 所示。表 3.6 為類別圖中的類別與程式執行流程圖的對照關係。

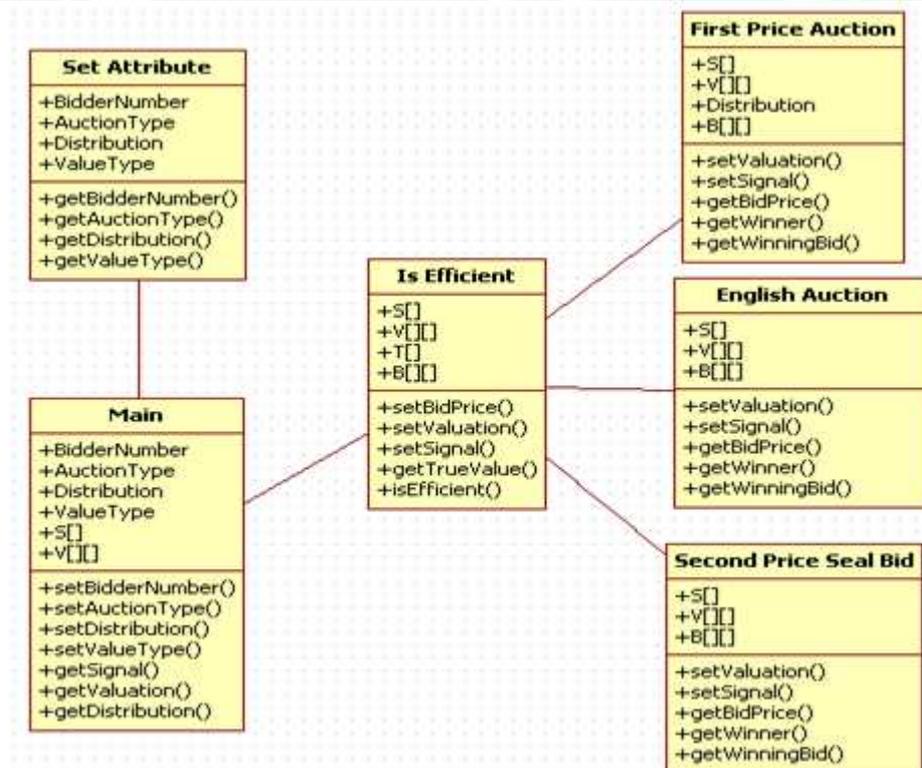


圖 3.6 程式架構類別

表 3.4 變數名稱的意義

變數名稱	類型	變數意義
BidderNumber	int	參與拍賣的人數。
AuctionType	int	用 1~4 分別表示四種拍賣格式。
Distribution	string	私有信號的機率分配函數。
ValueType	int	價值模式，用來表示私有價值或是共同價值。
S[]	double	私有信號向量。
V[][]	double	影響力矩陣。
B[][]	double	競價向量，B[0][]表是第 0 回合結束後的競價向量，以此類推。
T[]	double	真實價值向量。
Efficient	boolean	是否為有效拍賣。

表 3.5 各類別的目的與操作

類別名稱	目的	相關操作
Main	依照各種屬性，產生私有價值向量與影響力矩陣。	將設定好的私有價值向量、影響力矩陣傳送給 Is Efficient 類別。
Set Attribute	設定拍賣人數、拍賣格式、信號方式、價值模式等屬性。	將設定好的屬性傳送給 Main 類別。
Is Efficient	計算真實價值向量，接收各拍賣的結果，互相比較後判斷是否為有效率的拍賣。	將私有價值向量、影響力矩陣傳送給各拍賣類別。
First Price Auction	進行首價拍賣，計算得標者、得標金額。	將結果回傳給 Is Efficient 類別。
English Auction	進行英國式拍賣，計算得標者、得標金額。	將結果回傳給 Is Efficient 類別。
Second Price Seal Bid	進行次價閉式拍賣，計算得標者、得標金額。	將結果回傳給 Is Efficient 類別。

表 3.6 程式類別與流程圖對照

類別名稱	程式流程圖操作
Set Attribute	1
Is Efficient	2、3、9、10
Frist Price Auction	7
English Auction	5、6
Second Price Seal Bid	8

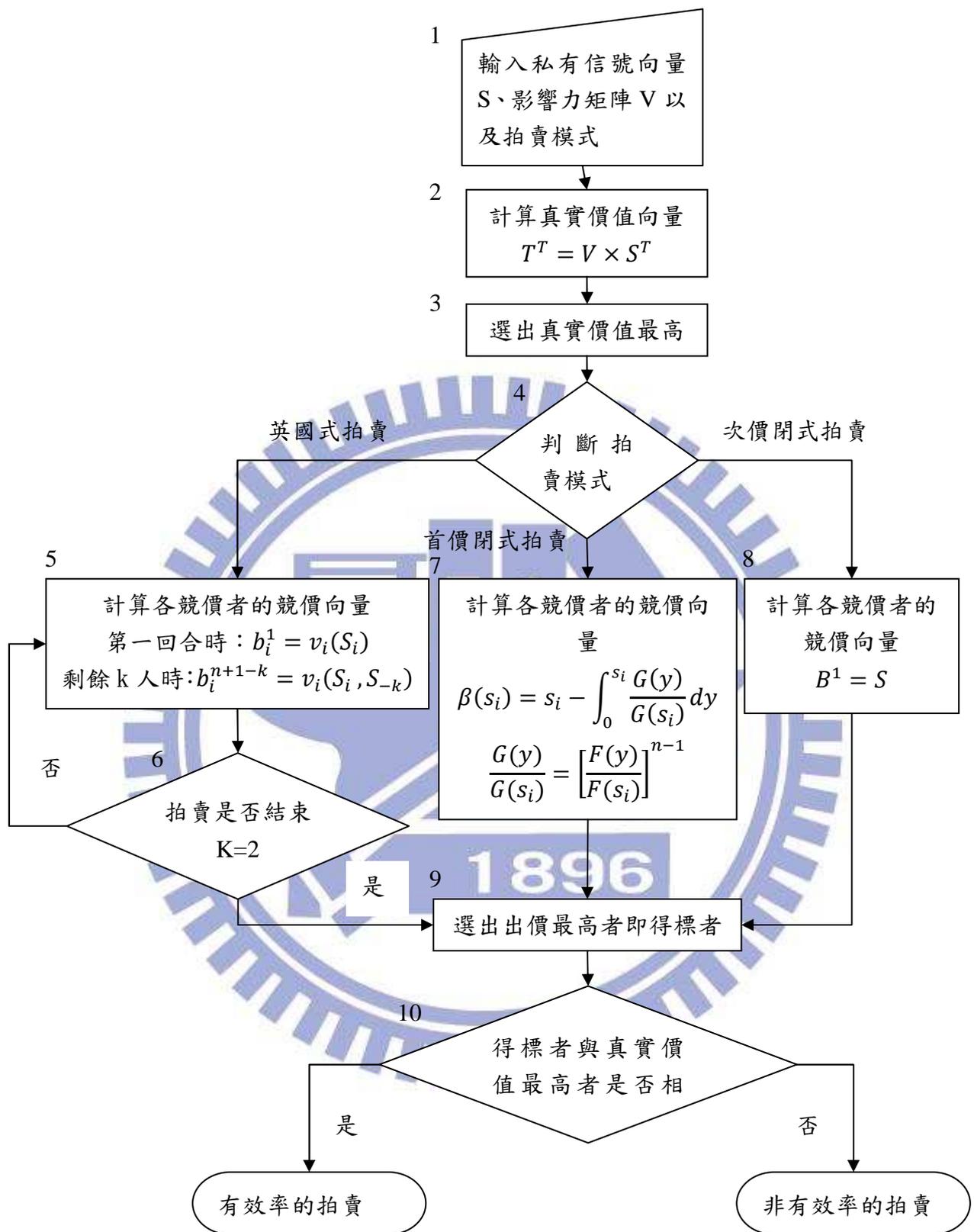


圖 3.7 程式作業流程

第四章 拍賣模擬系統的實作

本章內容為研究的第二階段「資料蒐集、儲存」，目的在於建立拍賣模擬系統，並以 SQL Server 2000 資料庫系統儲存模擬的結果。4.1 節說明系統的架構設計與開發流程。4.2 節依照設計架構建立資料庫。4.3 節為操作流程的示範。

4.1 系統架構設計與開發流程

在拍賣模擬系統中，使用者可以使用拍賣模擬的軟體，模擬出拍賣結果的資料。在模擬拍賣結果之前，使用者必須先透過軟體的使用者介面，將拍賣的各項參數輸入電腦。這個動作就像是執行一場拍賣會一樣，必須先決定使用的拍賣規則，接著再限制競價者的數目，最後是競價者的價值模式與信號分配的設定。

為了有效率的存取、管理模擬資料，必須建構一個資料庫來儲存。若要將模擬拍賣結果的資料儲存到資料庫中，依照 IDEF1X 規格[11]，就必須對資料表做三階正規化的動作，再將模擬的資料經由資料轉換服務(Data Transformation Services, DTS)[11]儲存於資料庫中。因此模擬軟體若要與資料庫結合，則必須依照三階正規化後的資料表格式，輸出檔案。

在系統架構設計完成後，可以依照順序，由後往前訂定開發流程。系統的架構設計與開發流程的對照如圖 4.1 所示，系統開發的方法與工具如圖 4.2 所示。在建立資料庫的時候，要先將欲儲存的資料表做三階正規化的動作，再以 ERwin4.0 繪製資料表，再經由正向工程將資料表與其關聯匯入 SQL Server 2000 的資料庫當中，再利用 SQL Server 2000[11]的「資料轉換服務」撰寫 DTS 封裝。接著再依照資料表的格式，用物件導向的爪哇程式語言撰寫拍賣模擬的程式，此部分在第三章中已經說明設計過程。

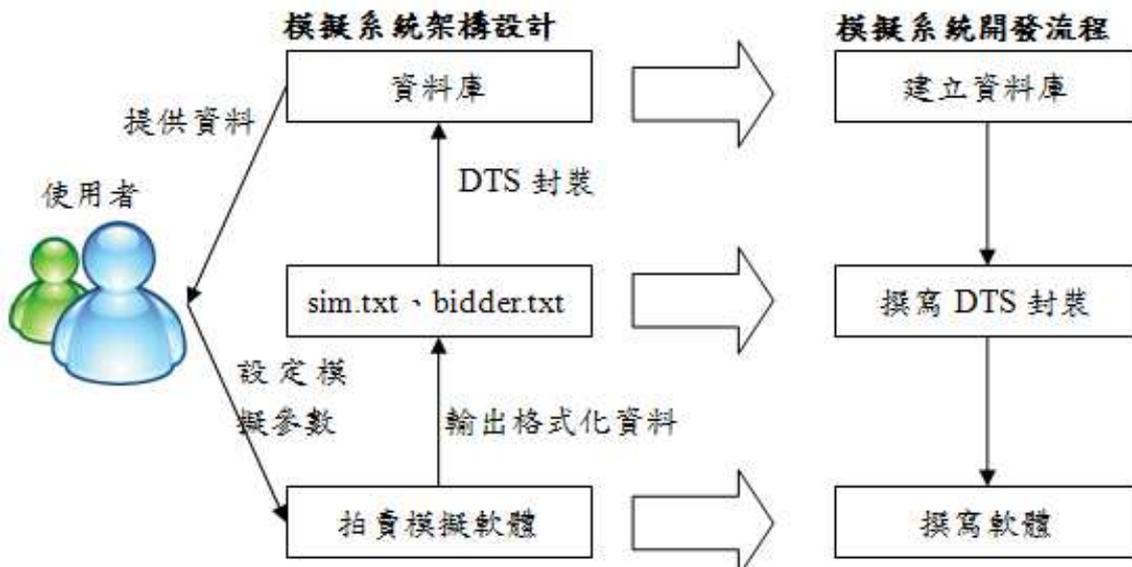
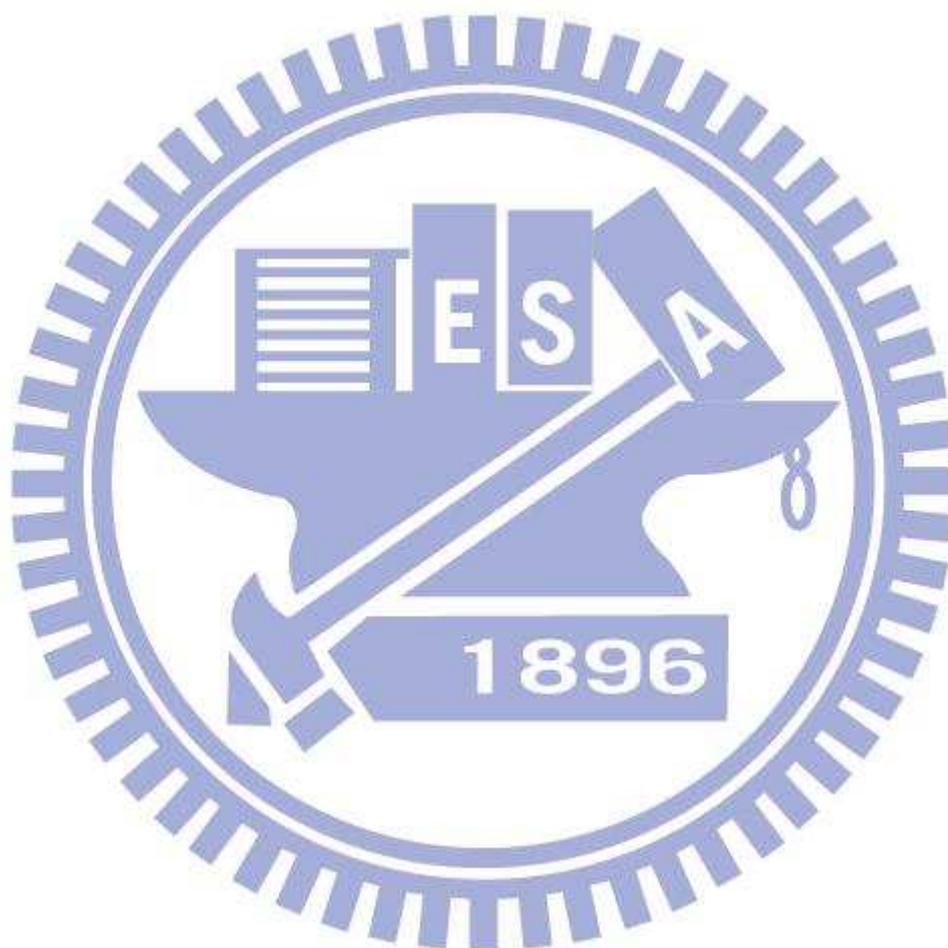


圖 4.1 模擬系統架構設計與開發流程對照



圖 4.2 系統開發流程與工具



4.2 拍賣模擬系統實作

在 4.1 節當中已經訂定好系統的開發流程，以及開發方法與工具，在本節中會依照圖 4.2 的方法說明如何將資料庫與 DTS 封裝實作。4.3.1 節中，說明如何用關聯性合成法[3]建立資料庫的關聯性綱要。4.3.2 節中，會說明如何利用 ERwin4.0[11]在 SQL Server 2000 當中建立資料庫。4.3.3 節中，說明如何利用 SQL Server 2000 的「資料轉換服務」撰寫 DTS 封裝。

4.2.1 資料庫設計

依照關聯性合成法(Composition of Relations)[3]建立符合三階正規劃的系統共包括三個步驟。首先要從屬性表中建立各屬性的關係，如表 4.1 所示。表 4.1 列出所有欲儲存的屬性，其相依關係再表 4.1 中以 X 表示。例如第 9 列的供應人姓名，與第 3 行的供應人編號欄位的交接處有 X，代表供應人姓名這一個屬性功能相依於供應人編號，也就是供應人編號決定了唯一一個供應人姓名。再依照屬性表，從中挑選出能覆蓋所有屬性的最小集合，如表 4.2 的陰影部分，如果已知 1、2、3 與 16，四種屬性，就可以得到所有的屬性。最後再依照表 4.2 所選取的屬性以及其相依關係建立資料表，如圖 4.3。

表 4.1 屬性系統

	1 拍賣場次	2 拍賣品名稱	3 供應人編號	4 參與人數	5 得標者	6 得標金額	7 是否有效率	8 拍賣品說明	9 供應人姓名	10 供應人住址	11 供應人電話	12 估價函數	13 私有信號	14 實際價值	15 參與場次	16 競價者編號
1 拍賣場次																X
2 拍賣品名稱	X															
3 供應人編號	X															
4 參與人數	X															
5 得標者	X															
6 得標金額	X															
7 是否有效率	X															
8 拍賣品說明		X														
9 供應人姓名			X													
10 供應人住址			X													
11 供應人電話			X													
12 估價函數																X
13 私有信號																X
14 實際價值																X
15 參與場次																X
16 競價者編號																

表 4.2 最小覆蓋

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	拍賣場次	拍賣品名稱	供應人編號	參與人數	得標者	得標金額	是否有效率	拍賣品說明	供應人姓名	供應人住址	供應人電話	估價函數	私有信號	實際價值	參與場次	競價者編號
1 拍賣場次																X
2 拍賣品名稱	X															
3 供應人編號	X															
4 參與人數	X															
5 得標者	X															
6 得標金額	X															
7 是否有效率	X															
8 拍賣品說明		X														
9 供應人姓名			X													
10 供應人住址			X													
11 供應人電話			X													
12 估價函數																X
13 私有信號																X
14 實際價值																X
15 參與場次																X
16 競價者編號																

4.2.2 建立資料庫

在 4.3.1 節中依照關聯性合成法，將資料表分成拍賣資料表、競價者資料表、拍賣品資料表與供應人資料表。拍賣資料表中儲存了拍賣場次、參與人數、得標者、得標金額、是否有效率、拍賣品編號與供應人編號的資訊。競價者資料表儲存了競價者的編號、估價函數、私有信號、實際價值與參與的拍賣場次。拍賣品資料表則是儲存了拍賣品名稱與拍賣品說明的資訊。供應人資料表儲存了供應人的編號、姓名、電話與住址。各表格屬性的資料型態如圖 4.3 所示，關聯網要(Relational Schema)[11]如圖 4.3 所示。接下來利用 ERwin4.0 建立所有的資料表與其關聯，並且設定各屬性的資料型態，如圖 4.3 所示，每個資料表中的主鍵為表 4.2 中所選取的屬性，即拍賣場次、拍賣品名稱、供應人編號與競價者編號。再使用 ERwin4.0 的正向工程將資料表及其關聯匯入指定的資料庫當中，完成後如圖 4.4 所示，在資料庫中的關聯性綱要圖如圖 4.5。由關聯性綱要圖可以看出，所有的資料表在資料庫中已經被正確的建立，並且相互關係與設計上相符合。

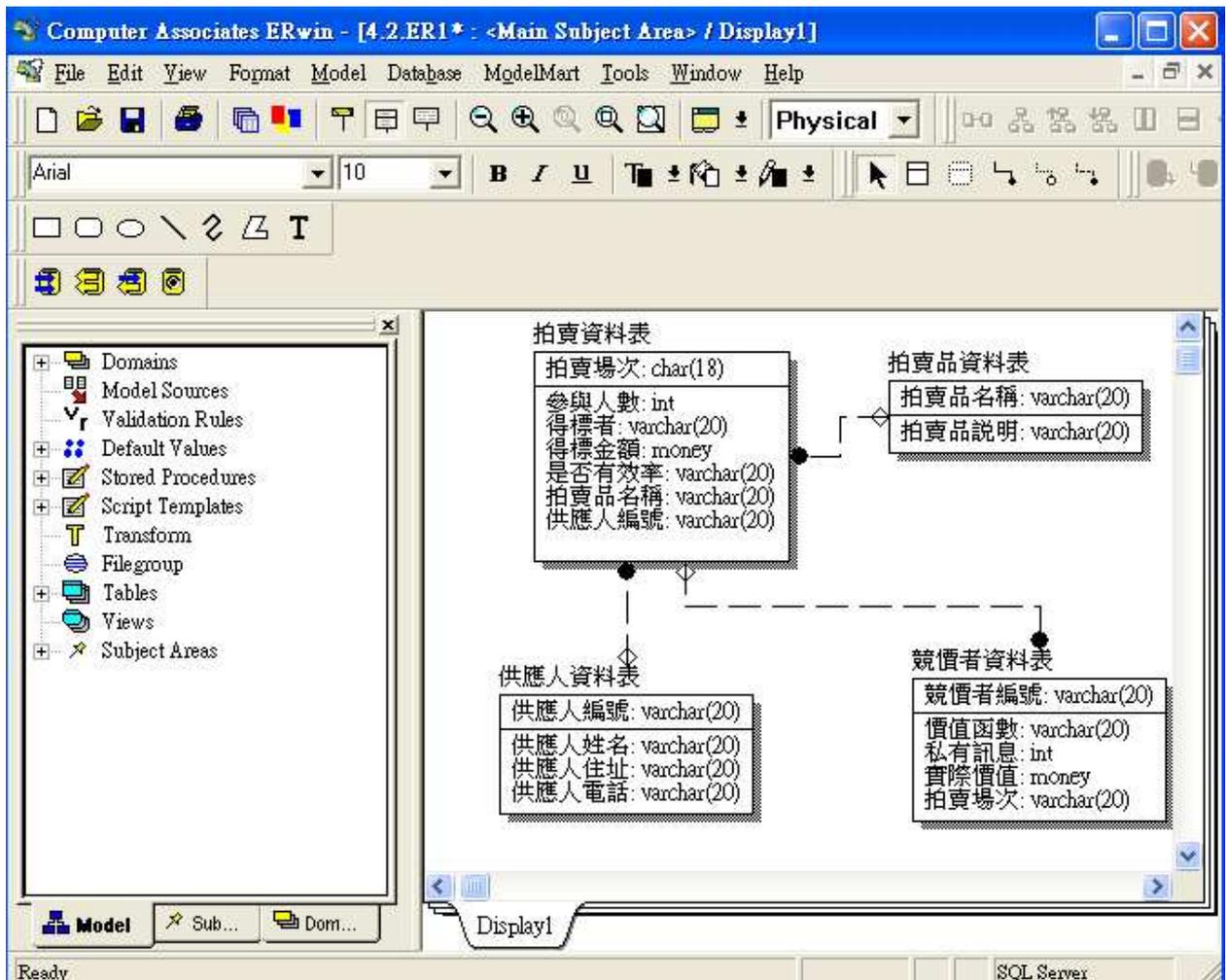


圖 4.3 用 ERwin4.0 設計資料表

The screenshot shows the SQL Server Enterprise Manager interface. The left pane shows the server hierarchy: 主控台根目錄 > Microsoft SQL Servers > SQL Server 群組 > (local) (Windows NT) > 資料庫 > auction. The right pane shows a list of tables in the 'auction' database:

名稱	擁有者	類型
競價者資料表	dbo	使用者
拍賣資料表	dbo	使用者
拍賣品資料表	dbo	使用者
供應人資料表	dbo	使用者
sysusers	dbo	系統
systypes	dbo	系統
sysreferences	dbo	系統
sysprotects	dbo	系統
sysproperties	dbo	系統

圖 4.4 匯入資料庫中的資料表

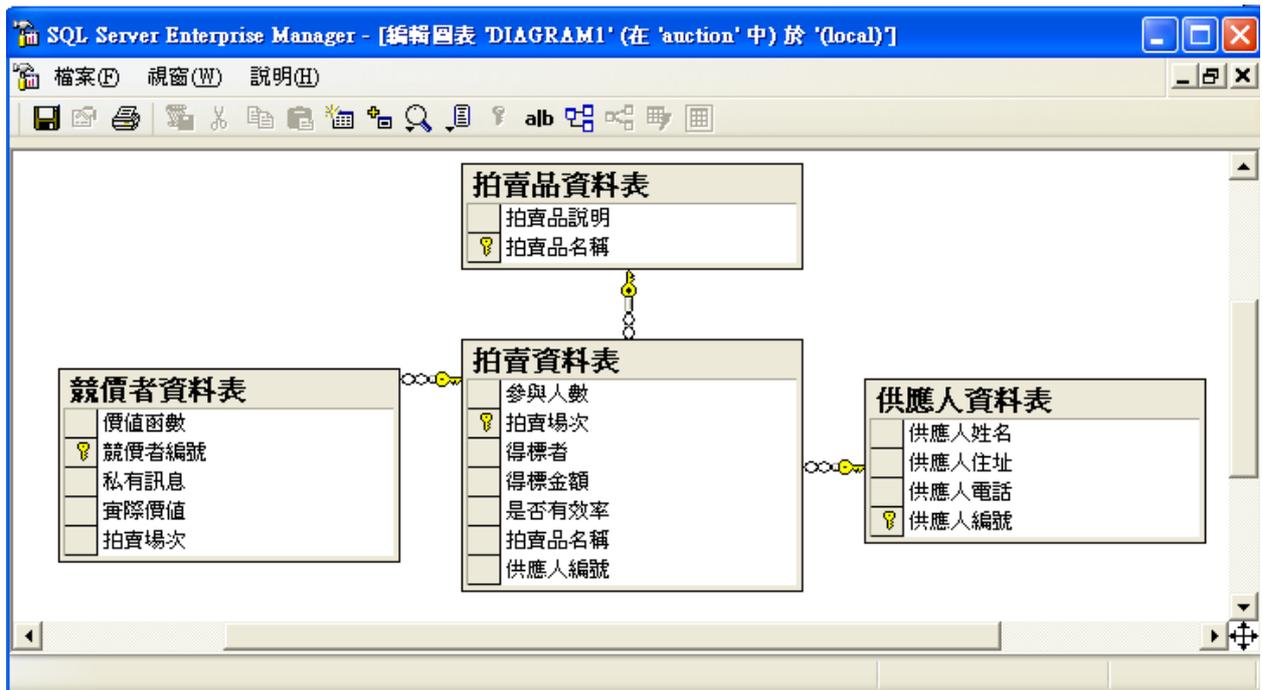


圖 4.5 資料庫的關聯性綱要

4.2.3 建立 DTS 封裝

接下來可以在 SQL Server 2000 的「資料轉換服務」中，建立 DTS 封裝，如圖 4.6。依照圖 4.5 資料庫的關聯性綱要圖，可以知道，在 DTS 封裝的順序中，拍賣品資料表與供應人資料表的轉換必須在拍賣資料表之前，而拍賣資料表的轉換又必須在競價者資料表之前完成。因為相依於供應人編號的屬性都儲存在供應人資料表中，而在拍賣資料表中，供應人編號又相依於拍賣場次，若供應人資料表中沒有供應人編號的資料，供應人編號就無法儲存在拍賣資料表當中。因此 DTS 封裝分為三個步驟，首先進行拍賣品資料表與供應人資料表的轉換，其次進行拍賣資料表的轉換，最後進行競價人資料表的轉換。完成後的 DTS 封裝設計如圖 4.6，圖中的編號 1 至 6 表示轉換的順序。

標號 1 的動作為供應人資料表的轉換，其轉換來源為「su.txt」檔案，目的地為資料庫中的供應人資料表。在「su.txt」檔案中，第一個欄位儲存的是供應人姓名，所以轉換到供應人資料表中的供應人姓名。第二個欄位儲存的是供應人住址，所以轉換到供應人資料表中的供應人住址。第三個欄位儲存的是供應人電話，所以轉換到供應人資料表中的供應人電話。第四個欄位儲存的是供應人編號，所以轉換到供應人資料表中的供應人編號。其詳細轉換內容如圖 4.7。

標號 2 的動作為拍賣品資料表的轉換，其轉換來源為「goods.txt」檔案，目的地為資料庫中的拍賣品資料表。在「goods.txt」檔案中，第一個欄位儲存的是拍賣品說明，所以轉換到拍賣品資料表中的拍賣品說明。第二個欄位儲存的是拍賣品名稱，所以轉換到拍賣品資料表中的拍賣品名稱。其詳細轉換內容如圖 4.8。

標號 3 與標號 5 則表示在前面動作完成以後，才進行後面的動作。是排定 DTS 轉換順序的功能。

標號 4 的動作為拍賣資料表的轉換，其轉換來源為「sim.txt」檔案，目的地為資料庫中的拍賣資料表。在「sim.txt」檔案中，第一個欄位儲存的是參與人數，所以轉換到拍賣資料表中的參與人數。第二個欄位儲存的是拍賣場次，所以轉換到拍賣資料表中的拍賣場次。第三個欄位儲存的是得標者編號，所以轉換到拍賣資料表中的參得標者。第四個欄位儲存的是得標金額，所以轉換到拍賣資料表中的得標金額。第五個欄位儲存的是是否有效率，所以轉換到拍賣資料表中的是否有效率。第六個欄位儲存的是拍賣品名稱，所以轉換到拍賣資料表中的拍賣品名稱。第七個欄位儲存的是供應人編號，所以轉換到拍賣資料表中的供應人編號。其詳細轉換內容如圖 4.9。

標號 6 的動作為競價者資料表的轉換，其轉換來源為「bidder.txt」檔案，目的地為資料庫中的競價者資料表。在「bidder.txt」檔案中，第一個欄位儲存的是競價者的估價函數向量，所以轉換到競價者資料表中的估價函數。第二個欄位儲存的是競價者編號，所以轉換到競價者資料表中的競價者編號。第三個欄位儲存的是競價者的私有信號，所以轉換到競價者資料表中的私有信號。第四個欄位儲存的是競價者的實際價值，所以轉換到競價者資料表中的實際價值。第五個欄位儲存的是競價者參與的拍賣場次，所以轉換到競價者資料表中的拍賣場次。其詳細轉換內容如圖 4.10。

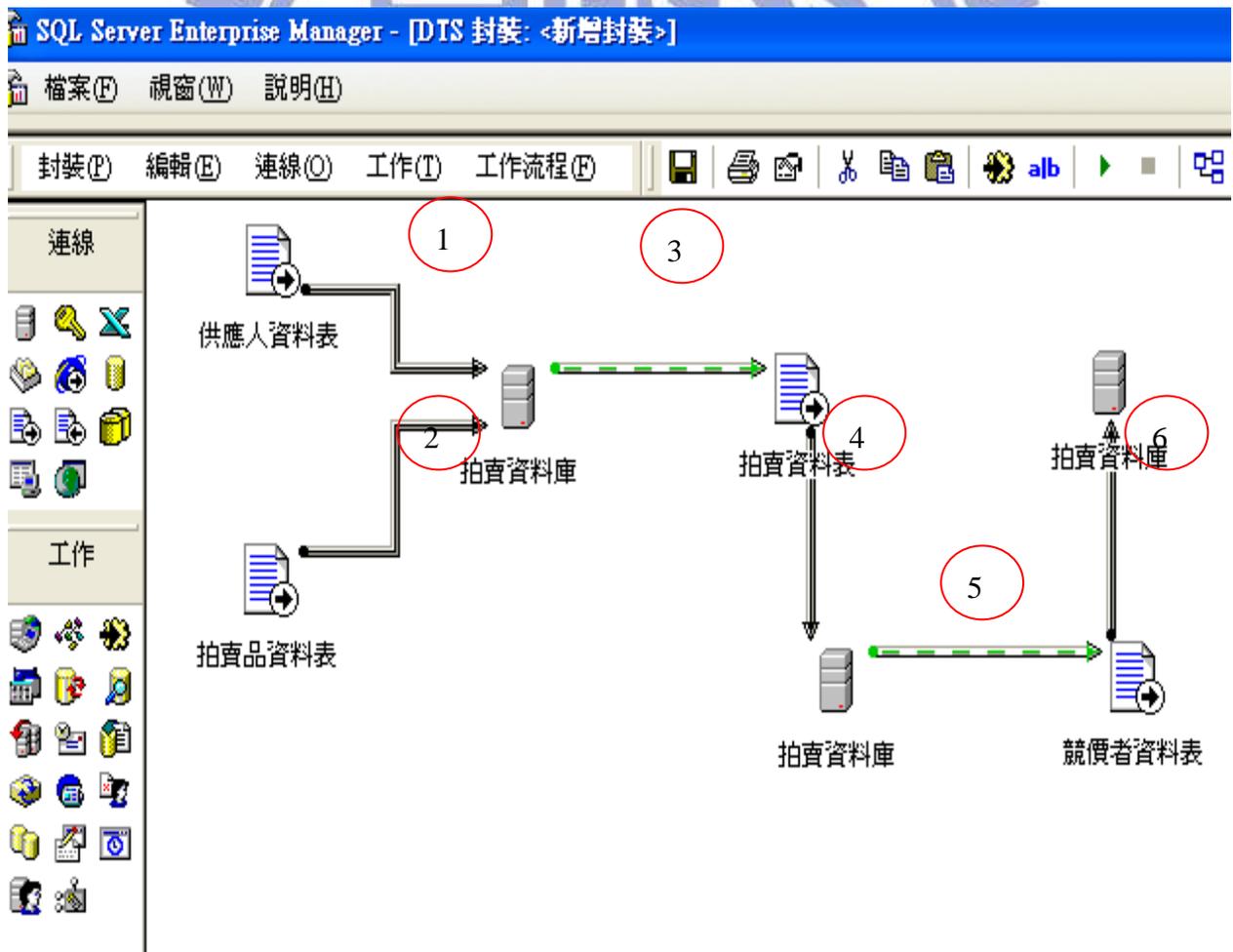


圖 4.6 DTS 封裝設計畫面

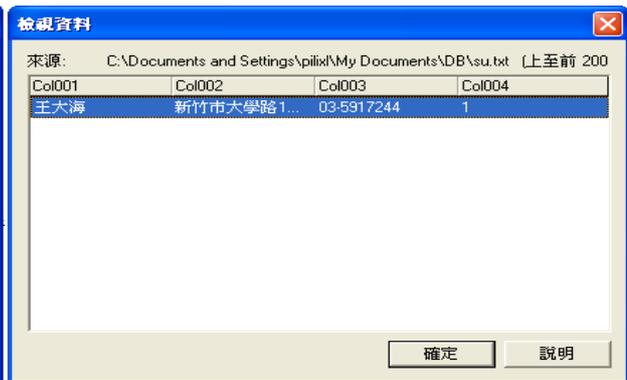


圖 4.7 供應商資料表轉換



圖 4.8 拍賣品資料表轉換

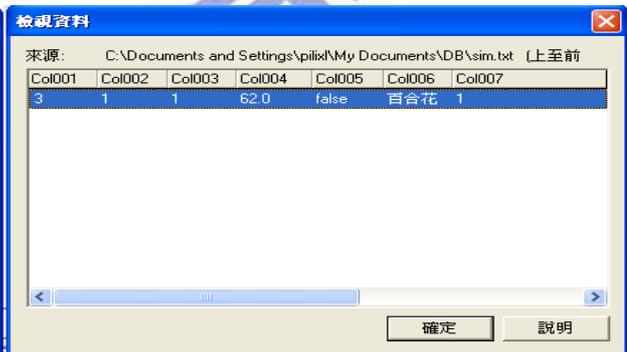


圖 4.9 拍賣資料表轉換

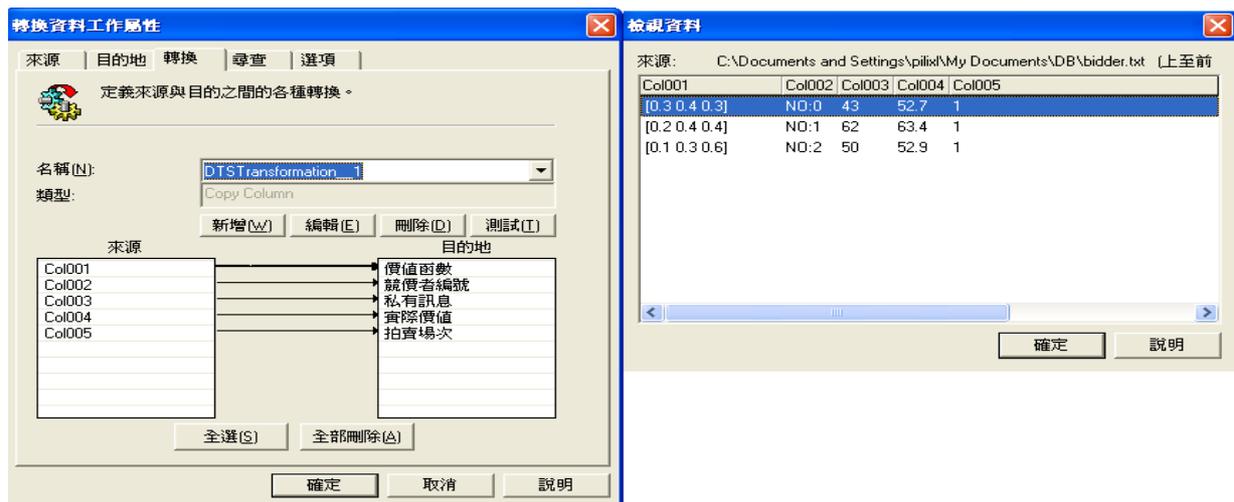
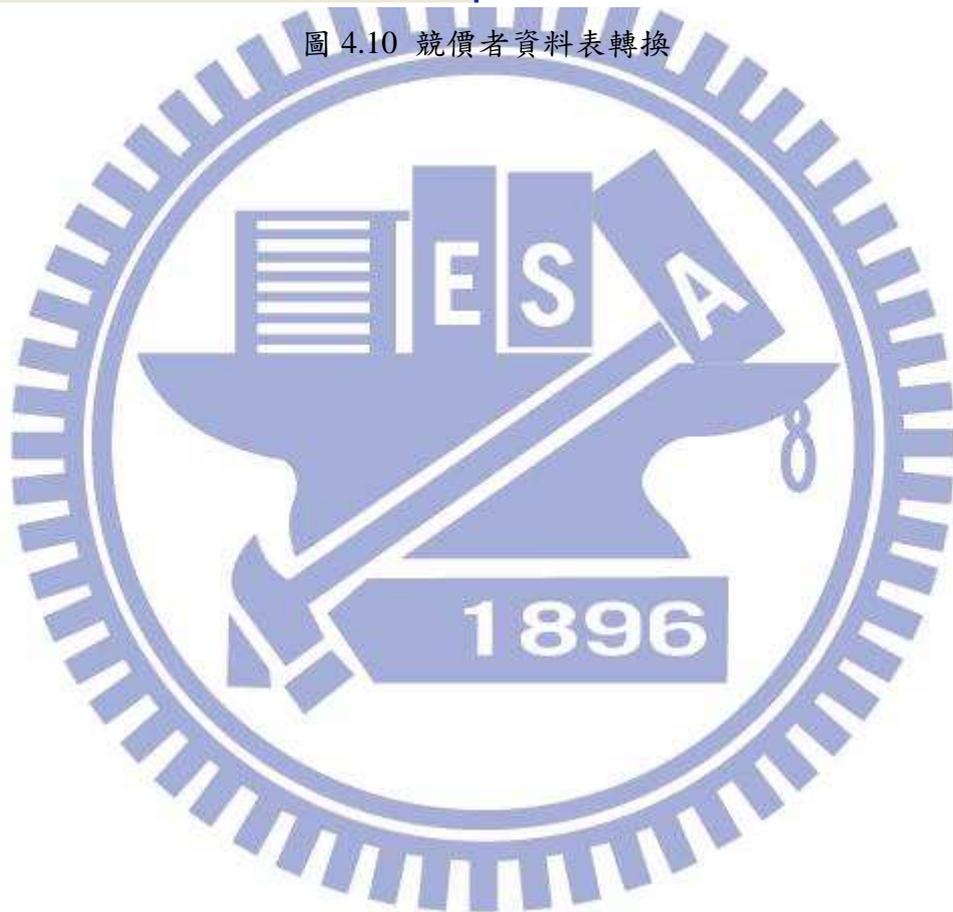


圖 4.10 競價者資料表轉換



4.3 系統操作流程示範

根據圖 4.1 的系統架構，可以將使用拍賣模擬系統分為三個步驟，分別是設定參數、執行 DTS 封裝與呼叫資料庫中的資料表。首先使用者必須在拍賣軟體中設定拍賣格式、參與人數、信號分配與價值模式的資料，如圖 4.7 所示，當使用者點選拍賣格式與價值模式之後，下方會出現相關文字說明。

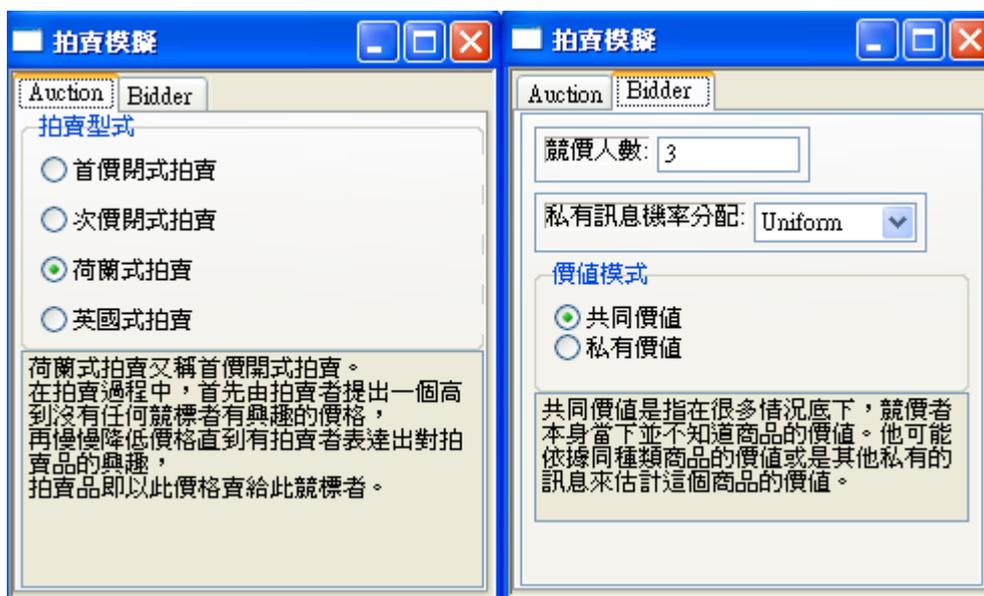


圖 4.11 參數設定畫面

軟體執行結束後，會將模擬的結果輸出成「sim.txt」、「bidder.txt」、「su.txt」與「goods.txt」四個檔案。「sim.txt」檔案中儲存了拍賣資料表中各屬性的資料，分別是拍賣場次、參與人數、得標者、得標金額、是否有效率、拍賣品編號與供應人編號的資訊。「bidder.txt」檔案中儲存了競價者資料中各屬性的資料，分別是競價者的編號、估價函數、私有信號、實際價值與參與的拍賣場次。「su.txt」檔案中儲存了供應人資料表中各屬性的資料，分別是供應人的編號、姓名、電話與住址。「goods.txt」檔案中儲存了拍賣品資料表中各屬性的資料，分別是拍賣品名稱與拍賣品說明的資訊。如圖 4.12 所示。接下來進行 DTS 封裝轉換資料，開啟 DTS 封裝如圖 4.6，執行後可以得到資料轉換成功的畫面，如圖 4.13。接著在資料庫中可以找出轉換進去的資料，如圖 4.14。



圖 4.12 模擬程式的輸出檔案

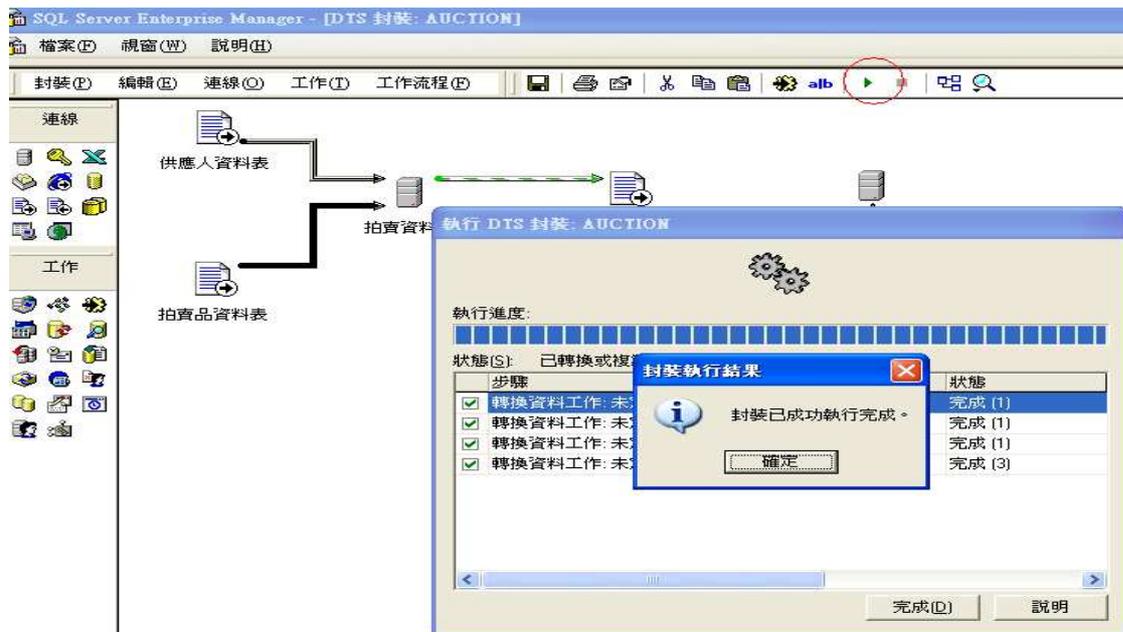


圖 4.13 執行 DTS 封裝成功畫面

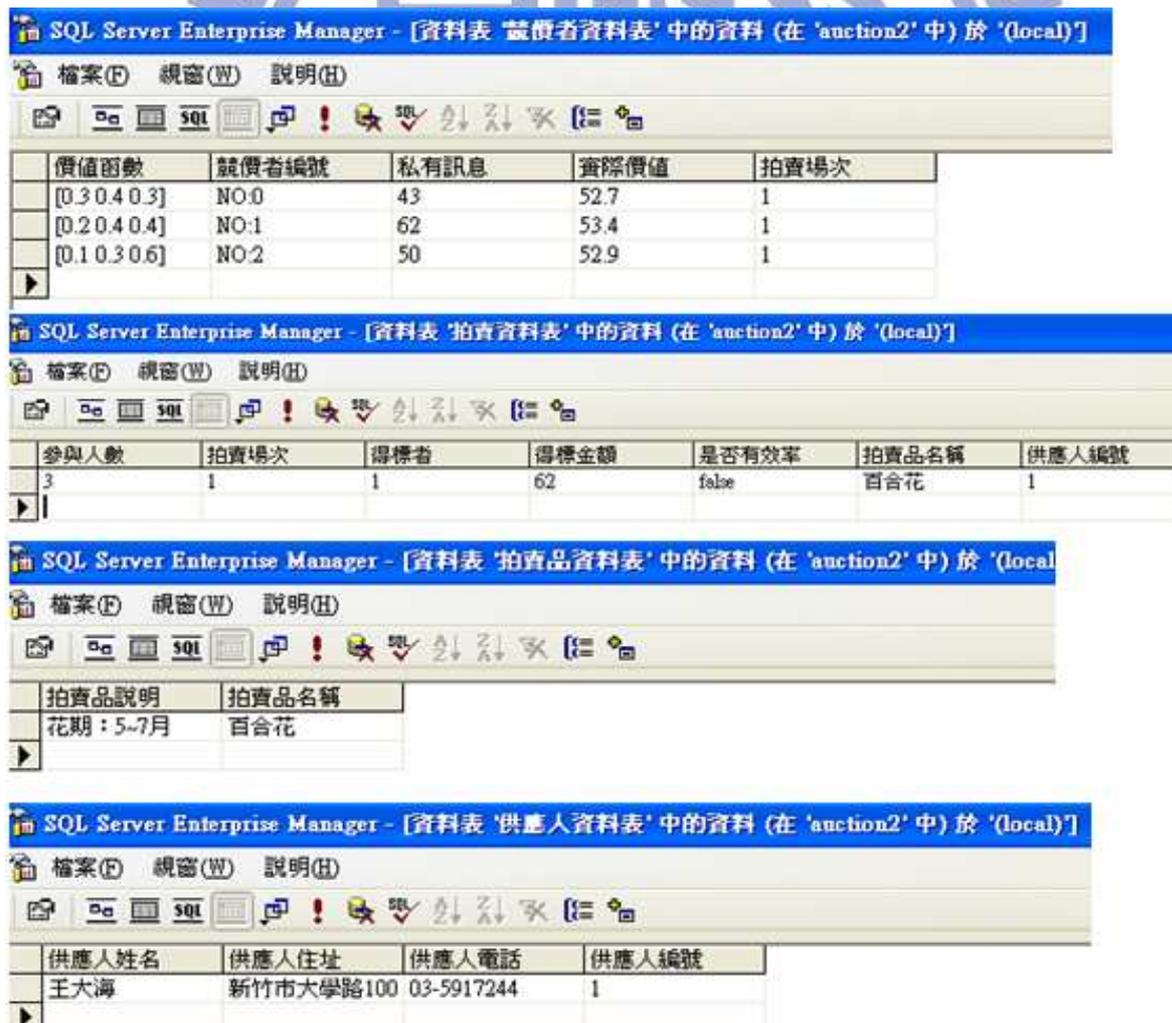


圖 4.14 執行 DTS 資料轉換後的資料表

第五章 決策樹法則分析效率性質

如圖 1.1 所示，已知滿足 ACC 或 CCC 時，拍賣的結果一定為有效率的。但是不滿足 ACC 與 CCC 的情形下，拍賣的結果一部分為有效率的，另一部分為無效率的。ACC 與 CCC 無法完全地將有效率的拍賣結果區分出來，也就是說其中還存在著未知的條件，可以區分出有效率的拍賣。因此本研究利用第三、四章所建立的拍賣模擬系統，模擬出拍賣結果的資料，以資料挖礦的技術，嘗試找出有效率拍賣的規則。5.1 節「三人拍賣的資料表達法」說明如何以投影平面的圖形判讀，分辨出滿足 ACC 或 CCC 的三人拍賣。5.2 節「拍賣模擬樣本的決定」說明如何決定樣本數量，以及篩選資料的流程與用意。5.3 節「建立決策樹」說明利用樣本資料建構決策樹，及找尋分類規則的過程。

5.1 三人拍賣的資料表達法

在 2.3.3 節中提到，在三個競價者的拍賣當中，若將每位競價者私有信號對於其他競價者的影響係數看成一個向量，可以得到三個私有訊息的影響向量。再將此向量投影到 $x+y+z=1$ 的平面上，利用得到的三個投影點，即可依照圖 2.7 的範圍，判斷是否滿足單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件。由於人的肉眼只能看到二維的平面，因此本節將會說明如何將三度空間的向量與投影，轉換為二維的座標平面。利用三度空間轉換成二維座標平面的方法，可以藉由圖形看出單次超越對手條件、均值超越條件與循序超越條件的現象。

如圖 5.1 所示， $v = (v_1, v_2, v_3)$ 為一個從原點出發的第一象限向量， $v_1, v_2, v_3 \geq 0$ 。若點 p 為向量 v 投影在 $x+y+z=1$ 平面上的投影點。那麼點 p 的座標為 $(\frac{v_1}{v_1+v_2+v_3}, \frac{v_2}{v_1+v_2+v_3}, \frac{v_3}{v_1+v_2+v_3})$ 。此時點 p 已經在 $x+y+z=1$ 平面上，但是其座標為三度空間座標，因此接下來必須經由座標的轉換，使圖形可以在二維的座標平面上表達。

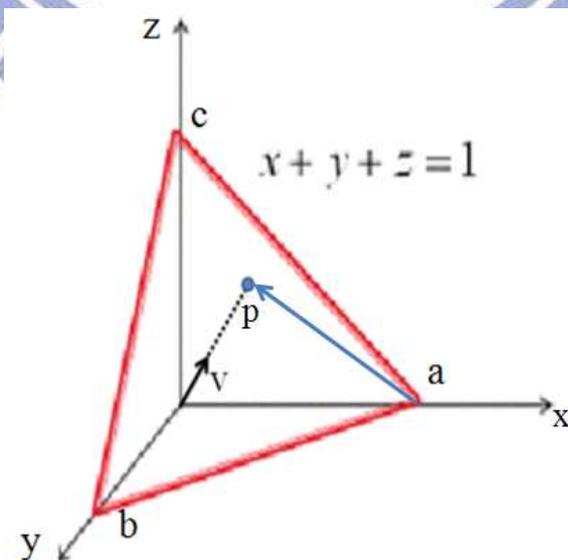


圖 5.1 向量投影

如圖 5.2 所示，在三度空間中，座標軸與 $x + y + z = 1$ 平面的交點為形狀為一正三角形，其座標為 $a(1,0,0)$ 、 $b(0,1,0)$ 、 $c(0,0,1)$ 。在轉換為二維座標平面後，將 a 點定為座標原點， \overline{ab} 為 x 軸方向且 \overline{ab} 為單位長度。因此轉換後的座標為 $a(0,0)$ 、 $b(1,0)$ 、 $c(\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2})$ 。點 p 在經過空間與座標的轉換後，有兩個性質不會改變。其一是線段 \overline{ap} 與 \overline{ab} 長度的比值，其二是向量 \overline{ap} 和 \overline{ab} 的夾角 θ 。藉由以上兩個不變量可以算出，轉換後的 \overline{ap} 長為轉換前 \overline{ap} 長的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍，因此可以得到轉換後的 \overline{ap} 長度為 $R = \sqrt{(x-1)^2 + y^2 + z^2} / \sqrt{2}$ 。由於夾角 θ 不會改變，可以得到， $\cos \theta = \overline{ap} \cdot \overline{ab} / |\overline{ap}| |\overline{ab}| = \frac{(-1) \times (x-1) + 1 \times y + 0 \times z}{\sqrt{(x-1)^2 + y^2 + z^2} \times \sqrt{(-1)^2 + 1^2}} = \frac{1-x+y}{\sqrt{(x-1)^2 + y^2 + z^2} \times \sqrt{2}}$ 。且 $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$ 。轉換後，點 p 的座標為 $(R \cos \theta, R \sin \theta)$ ，將舊有的座標代入以上公式，即可得到轉換後的座標。

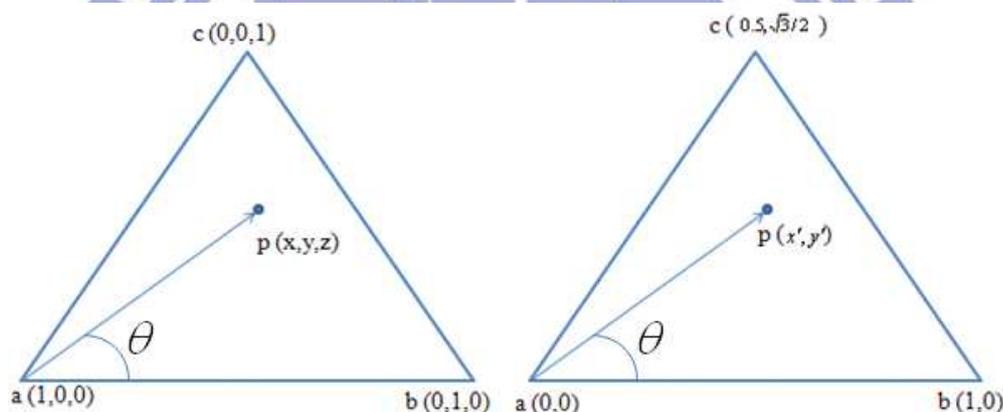


圖 5.2 座標轉換對照

以下利用兩個範例，分別說明如何利用本節的方法，判斷競價者的影響力矩陣是否滿足 ACC 與 CCC 規則。

範例一：

在英國式拍賣中，有三位競價者，其估價函數矩陣為 $V = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.7 \end{bmatrix}$ ，私有信號

向量為 $S = [0.7 \quad 0.8 \quad 0.5]$ 。利用坐標轉換後，其影響力矩陣中各信號向量的投影點，判斷此拍賣是否滿足均值超越條件。

以下利用步驟 1 至 5 求解：

1. 將每個信號對於競價者影響的向量列出，得到 $v'_1 = [0.6 \quad 0.2 \quad 0.1]$ 、 $v'_2 = [0.2 \quad 0.5 \quad 0.2]$ 、 $v'_3 = [0.2 \quad 0.3 \quad 0.7]$ 。
2. 計算每個向量投影到 $x + y + z = 1$ 平面的投影點，得到 $p_1(\frac{2}{3}, \frac{2}{9}, \frac{1}{9})$ 、 $p_2(\frac{2}{9}, \frac{5}{9}, \frac{2}{9})$ 、

$$p_3\left(\frac{1}{6}, \frac{1}{4}, \frac{7}{12}\right)。$$

3. 計算座標轉換後的距離原點的長度以及與 x 軸的夾角，得到 $R_1 = 0.29, \cos \theta_1 = 0.94, \sin \theta_1 = 0.33$ 、 $R_2 = 0.69, \cos \theta_2 = 0.96, \sin \theta_2 = 0.28$ 、 $R_3 = 0.74, \cos \theta_3 = 0.73, \sin \theta_3 = 0.68$ 。
4. 計算座標轉換後，三個點所在的座標，得到 $p_1(0.2778, 0.0962)$ 、 $p_2(0.6667, 0.1925)$ 、 $p_3(0.5417, 0.5052)$ ，並繪製圖 5.3。
5. 利用圖 5.3 對照圖 2.7 的區域，判斷滿足均值超越條件。

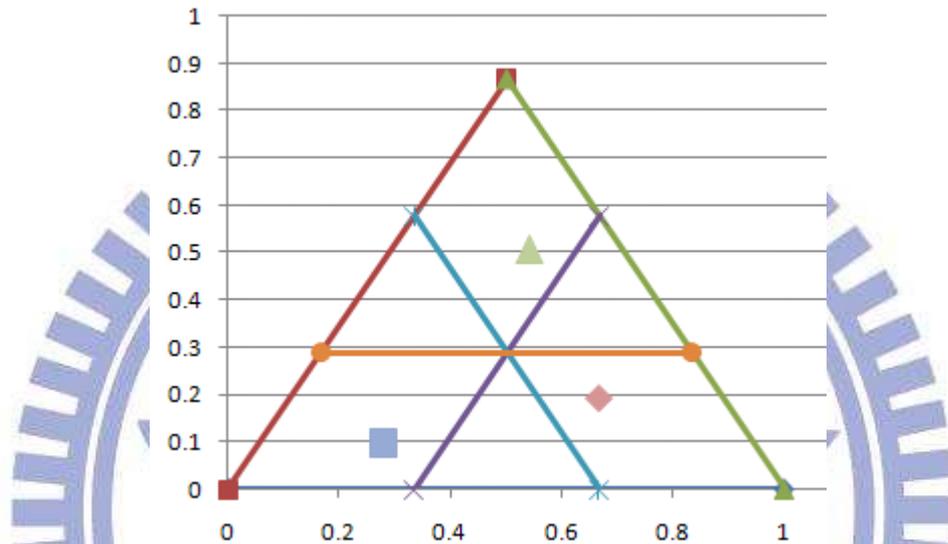


圖 5.3 均值超越條件判斷

範例二：

在英國式拍賣中，有三位競價者，其估價函數矩陣為 $V = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.1 & 0.3 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.7 \end{bmatrix}$ ，私有信號

向量為 $S = [0.6 \quad 0.5 \quad 0.8]$ 。利用坐標轉換後，其影響力矩陣中各信號向量的投影點，判斷此拍賣是否滿足循序超越條件。

以下利用步驟 1 至 5 求解：

1. 將每個信號對於競價者影響的向量列出，得到 $v'_1 = [0.6 \quad 0.4 \quad 0.1]$ 、 $v'_2 = [0.1 \quad 0.4 \quad 0.2]$ 、 $v'_3 = [0.3 \quad 0.2 \quad 0.7]$ 。
2. 計算每個向量投影到 $x + y + z = 1$ 平面的投影點，得到 $p_1\left(\frac{6}{11}, \frac{4}{11}, \frac{1}{11}\right)$ 、 $p_2\left(\frac{1}{7}, \frac{4}{7}, \frac{2}{7}\right)$ 、 $p_3\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{6}, \frac{7}{12}\right)$ 。
3. 計算座標轉換後的距離原點的長度以及與 x 軸的夾角，得到 $R_1 = 0.42, \cos \theta_1 = 0.98, \sin \theta_1 = 0.19$ 、 $R_2 = 0.76, \cos \theta_2 = 0.94, \sin \theta_2 = 0.33$ 、 $R_3 = 0.68, \cos \theta_3 = 0.67, \sin \theta_3 = 0.74$ 。

4. 計算座標轉換後，三個點所在的座標，得到 $p_1(0.4091, 0.0787)$ 、 $p_2(0.7143, 0.2474)$ 、 $p_3(0.4583, 0.5052)$ ，並繪製圖 5.4。
5. 利用圖 5.4 對照圖 2.7 的區域，判斷滿足循序超越條件。

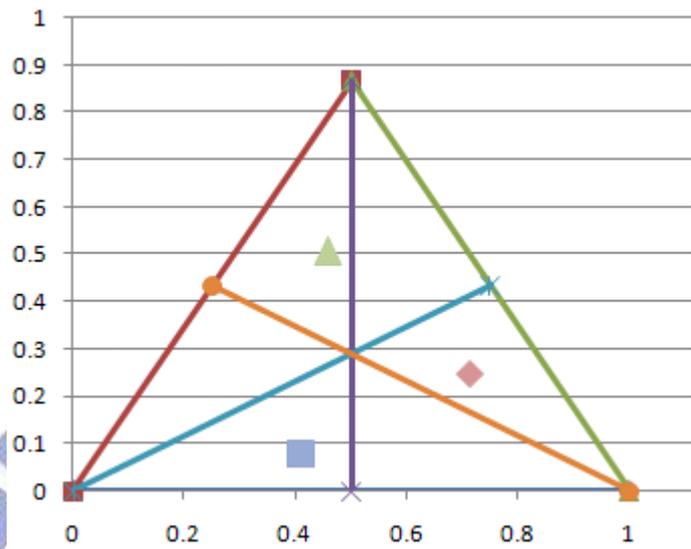


圖 5.4 循序超越條件判斷

5.2 拍賣模擬樣本的決定

本研究目的為透過決策樹的技術，找出影響拍賣效率的性質，以找到能分類出有效率拍賣的規則。假設母體滿足分類規則的比例為 P 時，此時抽樣一次成功的次數服從成功機率為 P 之白努力分配(Bernoulli Distribution)[7]。連續抽樣 n 次中，成功次數則服從成功機率為 P 且樣本數為 n 之二項分配(Binomial Distribution)[7]。由中央極限得知，若樣本數 n 大於 30 時，樣本比例 \hat{P} 即服從期望值為 P 且變異數為 $\frac{P(1-p)}{n}$ 之常態分配。因此在母體

比例 P 之假說檢定中，當樣本數 n 大於 30 時，樣本比例 \hat{P} 服從期望值為 P 且變異數為 $\frac{P(1-p)}{n}$ 之

常態分配，其對應之檢定統計量為 $Z = \frac{\hat{P}-P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}}$ 。在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 時，欲檢定母體中滿足

分類規則的比例 P 超過 99.9%，此時虛無假說 H_0 為 $P \leq 99.9\%$ ，對立假說 H_1 為 $P > 99.9\%$ 。此時 Z 值經查表後得知為 1.645，拒絕域為 $C = \{Z > 1.645\}$ ，若要拒絕虛無假說，則要滿足

$Z = \frac{\hat{P}-P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}} > 1.645$ 。當樣本比例 \hat{P} 皆為 100% 時， $Z = \frac{\hat{P}-P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}} = \frac{1-0.999}{\sqrt{\frac{0.999(1-0.999)}{n}}} > 1.645$ ，經

計算後必須樣本數 $n > 2703.3$ 筆才能拒絕虛無假說。因此要在 95% 的信心水準之下，透過假說檢定說明母體滿足分類規則的比例超過 99.9% 時，樣本數最少要 2704 個[7]。

因此本研究利用模擬系統，產生出 2800 筆拍賣資料以進行決策樹分析。模擬環境的設定如表 5.1，拍賣格式為英國式拍賣、價值模式為共同價值、信號方式為均勻分配 $U(0,10)$ 、影響力矩陣的各元素服從均勻分配 $U(0,1)$ 以及競價人數為三人。

由於競價人數在四人的情形下，2800 筆模擬的資料中，不一定能找到滿足 ACC 或 CCC 條件的樣本。其原因是 ACC 與 CCC 條件，隨著競價人數增加，限制也越嚴苛。舉例來說，在 ACC 中每個競價者都必須滿足，且 $i \neq j$ 皆滿足 $v_j'(s) > v_{ij}'(s)$ ，若競價者人數為 n 時，會產生 $n(n-1)$ 條不等式。當 n 增加時，不等式的數目是呈平方增長。

在信號方式的分配方面，採用均勻分配是為了使各種信號的值出現機率相同，避免資料過度集中導致得到偏頗的結論。在影響力矩陣的各元素採用均勻分配，也是為了避免因為分配的集中，導致偏頗的結果。

表 5.1 模擬環境設定

拍賣格式	英國式拍賣
價值模式	共同價值
信號方式	均勻分配 $U(0,10)$
競價人數	三人
影響力矩陣	各元素服從 $U(0,1)$
拍賣次數	2800 次

附錄一為拍賣模擬的競價者資料表，由於全部資料數量過於龐大，僅列出前 100 筆。第一個欄位標示拍賣場次，是用來對照附錄二的拍賣資料表。第二個欄位代表每場拍賣的

競價者，由編號 NO.1 至 NO.3 共三人。第三個欄位代表此競價者的估價向量，是此競價者對於所有競價者私有信號參考的係數。第四個欄位為此競價者的私有信號，第五個欄位表示此競價者的真實價值，是利用每個競價者的估價向量與私有信號計算求得。

以下利用表 5.2 說明競價者資料表的解讀方式。首先拍賣場次為 1，表示這是模擬資料中的第一場拍賣，此欄位只紀錄拍賣的開始，因此後面空白表示「同上」的意思，直到編號 2 的資料開始出現，表示接下來為第 2 場拍賣。第二個欄位則表示此列資料屬於哪位競價者，依序為第 1 至 3 號競價者。第三個欄位表示此競價者的估價向量，以 1 號競價者來說，其估價向量為[0.5 0.1 0.4]，將其估價函數以線性表示為 $v_1 = 0.5s_1 + 0.1s_2 + 0.4s_3$ 。

若要考慮非線性的估價函數，則也可以表示為 $v_1 = \frac{5}{6}s_1^2 + 0.1s_2 + 0.4s_3$ ，將 $\frac{5}{6}s_1^2$ 對 s_1 微分

後得到 $\frac{5}{3}s_1$ ， $s_1 = 0.3$ ，因此 $\frac{5}{3}s_1 = 0.5$ ，與線性估價函數一樣的結果，在本研究中為了方便

表示，皆採用線性的表達法。對 2 號競價者來說，其估價向量為[0.3 0.4 0.3]，將其估價函數以線性表示為 $v_2 = 0.3s_1 + 0.4s_2 + 0.3s_3$ ；對 3 號競價者來說，其估價向量為[0 0.5 0.5]，將其估價函數以線性表示為 $v_3 = 0.5s_2 + 0.5s_3$ 。利用三位競價者的估價函數，可以得到一個影響力矩陣。影響力矩陣定義為所有人的估價函數分別對所有人的私有訊息作微分，即

為 $\begin{bmatrix} \frac{dv_1}{ds_1} & \dots & \frac{dv_1}{ds_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{dv_3}{ds_1} & \dots & \frac{dv_3}{ds_3} \end{bmatrix}$ 。將 1 號競價者的估價函數，分別對 1、2、3 號競價者的信號微分，可以

得到[0.5 0.1 0.4]；將 2 號競價者的估價函數，分別對 1、2、3 號競價者的信號微分，可以得到[0.3 0.4 0.3]；將 3 號競價者的估價函數，分別對 1、2、3 號競價者的信號微分，可以

得到[0 0.5 0.5]。將微分後的結果依序組成一個矩陣，則可以得到 $\begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$ ，即為此

拍賣的影響力矩陣。第四個欄位表示此拍賣者的真實價值，是將私有信號帶入估價函數計算得到，是用來比較私有價值最高者與得標者是否為同一人的依據，若相同則表示拍賣為有效率的。

表 5.2 競價者資料表範例

拍賣場次	競價者編號	估價向量	私有信號	真實價值
1	NO:1	[0.5 0.1 0.4]	0.3	0.48
	NO:2	[0.3 0.4 0.3]	0.9	0.63
	NO:3	[0 0.5 0.5]	0.6	0.75

附錄二為拍賣模擬的拍賣結果資料，第一個欄位表示參與拍賣的人數，第二個欄位表示得標的競價者編號，第三個欄位為得標金額，第四個欄位表示拍賣的效率。以下利用表 5.3 說明拍賣資料表解讀的方式。拍賣場次為 1，表示此拍賣對應競價者資料表中拍賣場次同為 1 的所有競價者，如表 5.2。利用表 5.2 的競價者資料進行英國式拍賣，在經過兩個回

合後，得標者為 2 號競價者，其得標金額為 0.6，分別為第二、三欄位表示。因為表 5.2 中真實價值最高者為 3 號競價者，表 5.3 中得標者為 2 號競價者，因此拍賣為無效率的，如第四欄位所示。其詳細計算過程參考 3.2.3 節範例三。

表 5.3 拍賣資料表範例

拍賣場次	得標競價者	得標金額	是否有效率
1	2	0.6	false

本研究目的為找出除了 ACC 與 CCC 以外的分類規則，因此在樣本篩選方面必須先將滿足 ACC 與 CCC 規則的拍賣資料去除，以避免建構決策樹後，所呈現的分類規則包含於 ACC 或 CCC。樣本篩選的流程如圖 5.5，首先去除滿足 ACC 的樣本，再接著去除滿足 CCC 的樣本，最後剩下的資料又可以分為有效率與無效率兩類。利用最後有效率與無效率的兩類資料進行決策樹分析，以找出有效率的樣本具備、無效率的樣本卻不具備的性質。

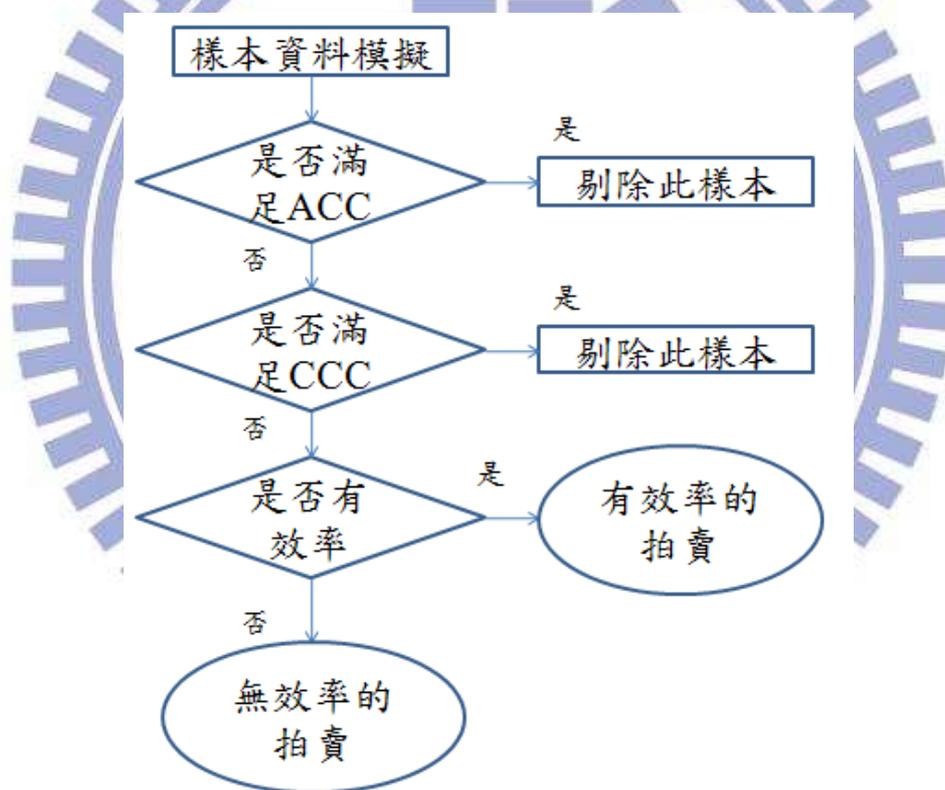


圖 5.5 樣本篩選流程

5.3 建構決策樹

模擬出的 2800 筆訓練樣本中，滿足 ACC 或 CCC 的資料共有 105 筆。將該資料去除後，剩下的 2695 筆資料中，有效率的資料佔了 1079 筆，無效率的資料共有 1616 筆，其比例如圖 5.6 所示。本研究所猜測的分類規則有四個，分別命名為 R0、R1、R2、R3，其內容如表所示。

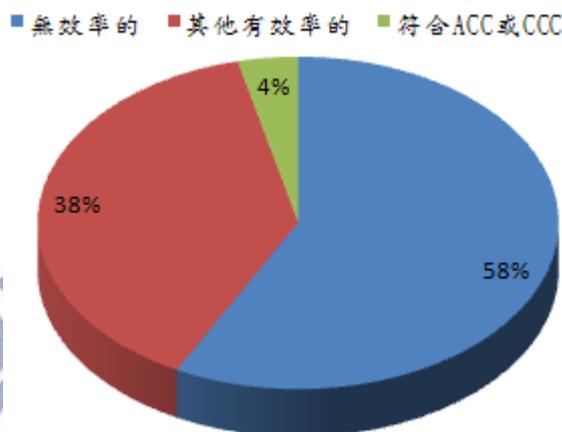


圖 5.6 樣本比例

R0 指的是 SCC，雖然 SCC 在三位競價者以上的拍賣無法保證有效率的，但是若滿足 SCC 的樣本有 154 筆，有效率的樣本佔了 131 筆，比例明顯提高。在滿足 SCC 的集合中，分為有效率以及無效率的拍賣，其中必定存在一個未知條件 X 只包含有效率的拍賣，且未知條件 X 為 SCC 的子集合，如圖 5.7 所示。若將 SCC 加上其他限制條件後，便能分類出有效率的拍賣結果。

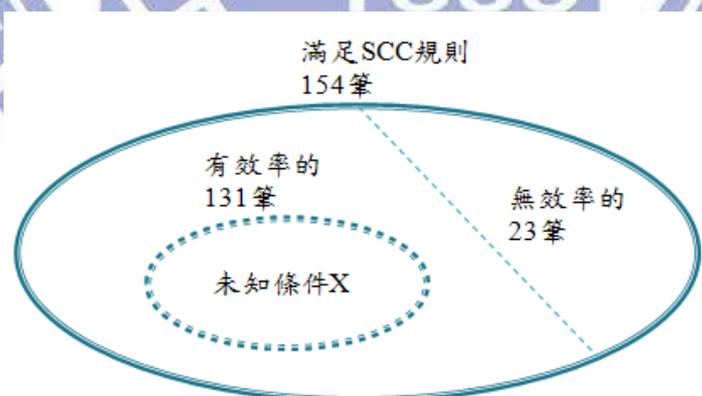


圖 5.7 SCC 的子集合

R1 規則指的是，對所有競價者的估價函數而言，若滿足 $v_{ii}'(s) > v_{ij}'(s)$ 。以圖 5.8 來說明 R1 與 SCC 的差別。SCC 指的是虛線(橢圓形)方向的超越，R1 指的是實線(矩形)方向的超越。以物理意義來說，SCC 是對於單一信號而言，對信號持有者的影響大於對其他競價者的影響；R1 規則是對於單一競價者而言，自己持有信號對估價的影響力大於其他信號的影

響力。滿足 R1 規則的樣本數有 127 筆，其中有效率的佔了 104 筆，有效率資料的比例明顯有上升。

R2 規則本研究命名為弱化的 ACC(Weak Average Crossing Condition, WACC)。在 ACC 中每個競價者都必須滿足，且 $i \neq j$ 皆滿足 $\bar{v}_j'(s) > v_{ij}'(s)$ 。R2 規則是指，只有一位競價者不滿足 ACC。雖然 ACC 規則可以分類出有效率的拍賣，但是仍有許多有效率的拍賣沒有規則可以分類。在滿足 ACC 的集合外，仍存在著其他有效率的結果，其中必定存在一個 YCC 集只包含有效率的拍賣，且 ACC 為 YCC 之子集合，如圖 5.9 所示。滿足 R2 規則的樣本數有 120 筆，其中有效率的佔了 107 筆，有效率資料的比例明顯有上升，因此本研究希望藉由放寬 ACC 的限制，來找到更多有效率的結果。

R3 規則本研究命名為弱化的 CCC(Weak Cyclical Crossing Condition, WCCC)，是指只有一位競價者不滿足 CCC。滿足 R3 規則的樣本數有 111 筆，其中有效率的佔了 85 筆，有效率資料的比例明顯有上升，以 R3 規則分類的用意如同 R2 規則，希望藉由放寬 CCC 的限制，來找到更多有效率的結果。

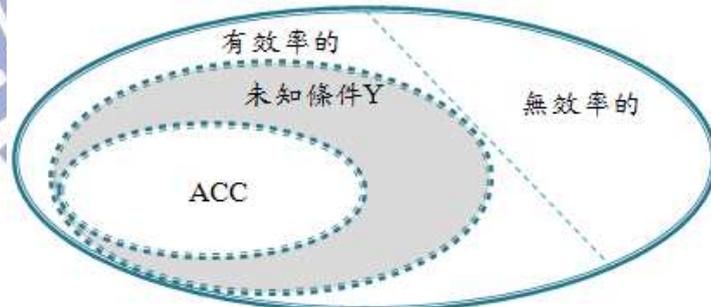
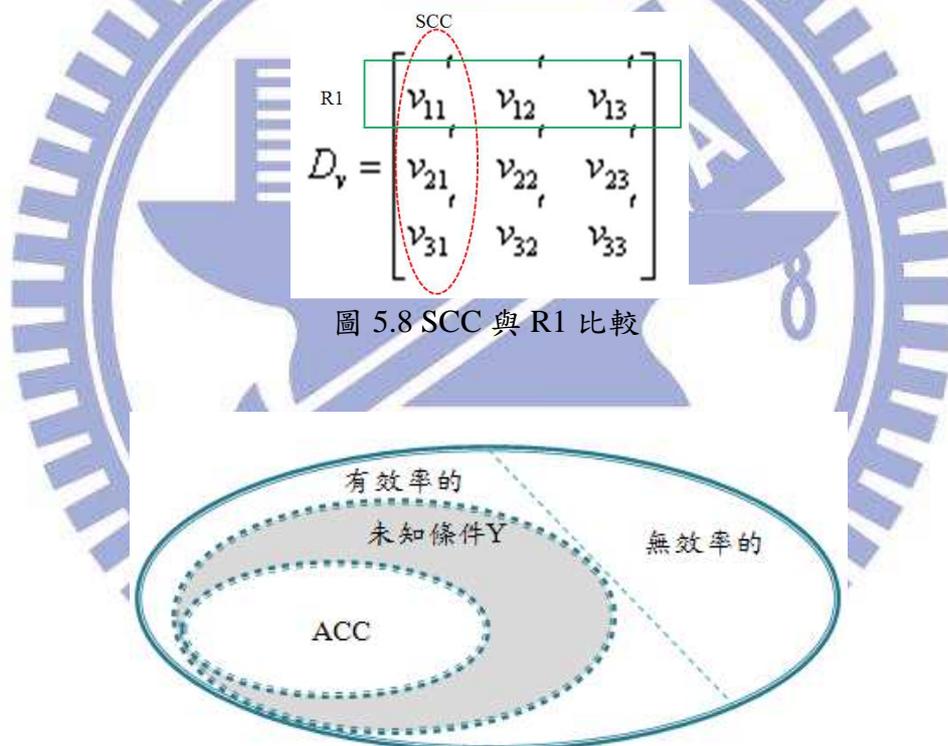


圖 5.9 包含 ACC 的集合

表 5.4 分類規則

規則代號	意義
R0	SCC
R1	反向的 SCC
R2	WACC(允許一位競價者不滿足 ACC)
R3	WCCC(允許一位競價者不滿足 CCC)

本研究所需的資料為各競價者的估價函數，以及拍賣是否有效率兩欄位的資料，分別位於附錄一及附錄二。可以將資料合併整理成表 5.5 的型式，第一個欄位為影響力矩陣，第二個欄位為拍賣是否有效率，第三至六個欄位分別表示是否符合分類規則。

表 5.5 樣本資料處理範例

影響力矩陣	有效率	R0	R1	R2	R3
$\begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$	X	○	○	X	X

利用樣本資料建構出的決策樹如圖 5.10，每個分支末端的表格，由上而下分別表示有效率的個數、無效率的個數。由此決策樹可以發現兩條分類規則，第一條為：當影響力矩陣滿足 R0、R1、R2、R3 時，結果為有效率的；第二條為：當影響力矩陣滿足 R0、R2、R3 但不滿足 R1 時，結果為有效率的。以邏輯式表達即為 $R0 \wedge R1 \wedge R2 \wedge R3$ 或 $R0 \wedge \bar{R1} \wedge R2 \wedge R3$ 則為有效率的拍賣。以上兩個邏輯式又可以簡化為若 $R0 \wedge R2 \wedge R3$ 則拍賣結果為有效率的。

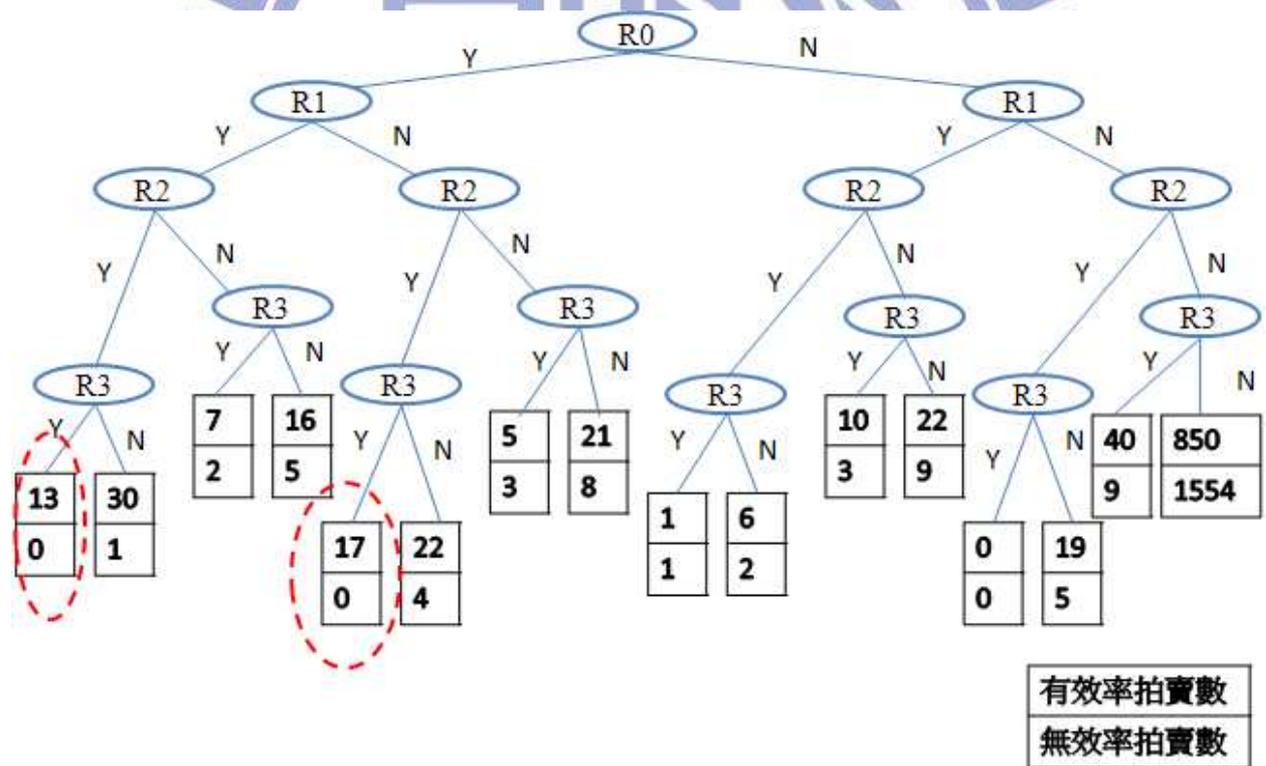


圖 5.10 決策樹

第六章 結論

本章主要目的在說明研究成果與未來方向，共分為兩小節。6.1 節說明研究結果帶來的貢獻，6.2 節針對未來可發展的方向做深入的探討。

6.1 貢獻

在模擬的拍賣資料當中，全部有效率的拍賣只有約 5% 滿足 ACC 或 CCC，如圖 6.1 所示。也就是說，ACC 或 CCC 條件僅能解釋一小部分有效率的原因。只藉著 ACC 或 CCC 並無法明顯的區別出有效率與無效率的拍賣。因此本研究藉由資料挖礦技術，希望從中找出影響拍賣效率的因素。為了達到研究的目的，共經歷三個階段。第一階段撰寫拍賣模擬的軟體，以提供模擬樣本進行資料挖礦。第二階段實作拍賣模擬的系統，建立資料庫以儲存資料，並作為分析的環境。第三階段進行決策樹演算法，從樣本中找出可能的規則。以上三個階段分別為本論文第三、四、五章。

如圖 5.4 所示，本研究提出的分類規則能確實分類出有效率的拍賣，並且使分類的比例從 4% 上升至 5%，增加了 25% 的分類能力，如圖 6.2。因此本研究認為，未來在拍賣的規範性研究中，若要發展出在英國式拍賣中，影響力矩陣如何導致拍賣產生有效率結果的條件，如 ACC、CCC 時，本研究提出的分類規則會是一個重要的思考方向。

並且大膽預測，當競價者人數為 n 時，若其中僅有 m 人滿足 ACC，若另外 $n-m$ 人滿足 CCC，此時拍賣結果也會是有效率的。

相較於以往規範性理論在推導新的理論時，僅能從數學公式下手，本研究提出了一個新的思考方向。若能利用模擬的方式，產生樣本資料，再從資料中尋找規則，會比純粹從數學公式發現新現象要容易的多。由於以往對於拍賣資料的蒐集，無法蒐集到競價者心中的屬性，利用模擬的方式可以解決這類問題。

雖然對於拍賣理論的研究很多，實用的理論也很多，但是知道且會使用的人太少。透過拍賣模擬軟體簡易的操作，讓使用者即使不懂某些拍賣的理論，但是卻可以透過模擬的方式幫助做決策，使拍賣理論的應用更加廣泛，是本研究所建立拍賣模擬系統的附加價值。

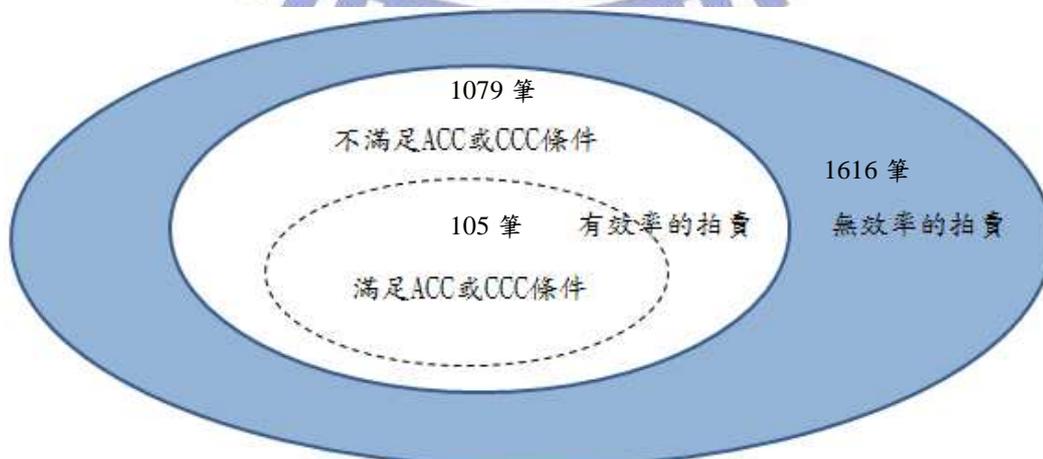


圖 6.1 訓練樣本資料分布統計

■ 無效率 ■ 未知條件的有效率拍賣 ■ 已知條件的有效率拍賣

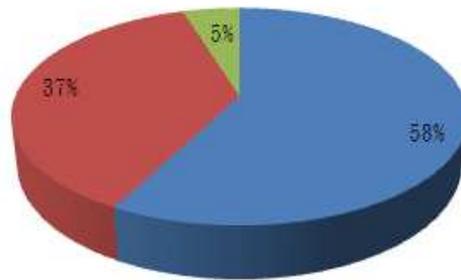
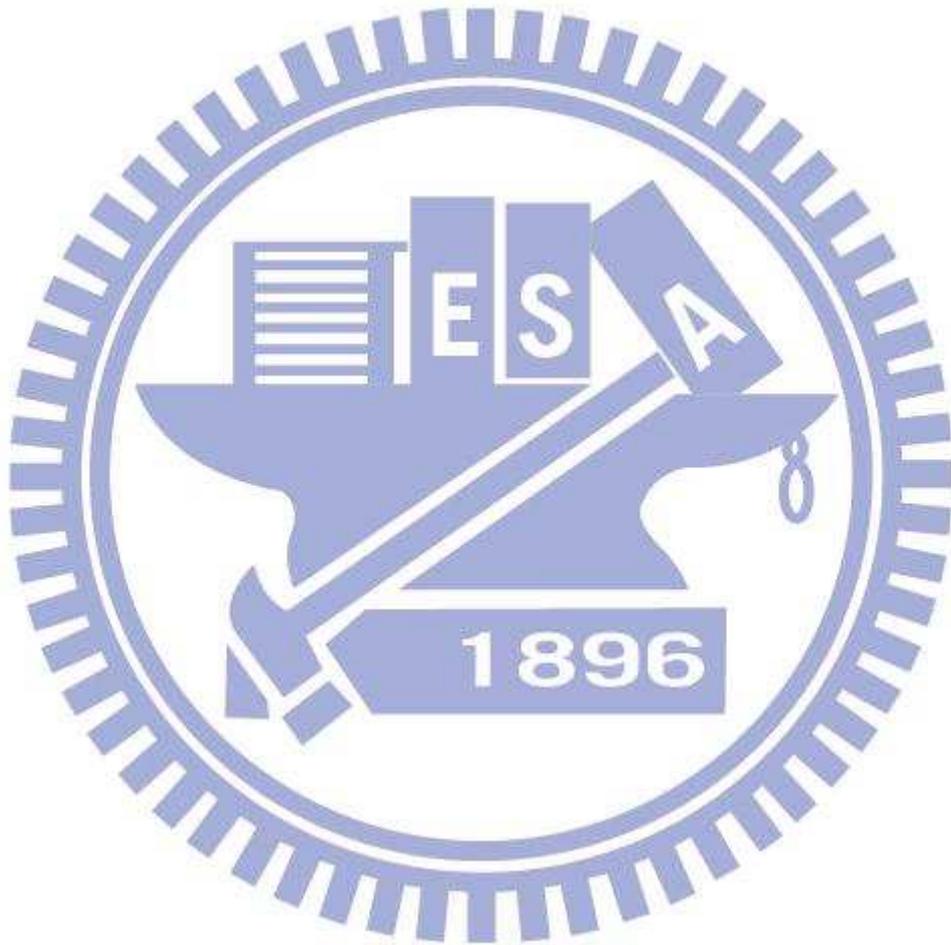


圖 6.2 分類規則篩選比例



6.2 未來方向

在決策樹切割屬性的選擇方面，本研究僅提出一些可能的切割屬性進行分析。雖然比起 ACC 與 CCC 條件，可以多分類出一部分的結果，但是距離完全辨識出有效率以及無效率的條件還很遙遠。希望透過本研究的概念，可以找出更多可能的因素，用來作為幫助找出類似 ACC、CCC 的方向。透過這樣的方式，在未來能夠找出更多的超越條件，將影響力矩陣對於拍賣結果效率的影響完全分析透徹。

在拍賣模擬軟體的價值模式方面，本研究僅考慮私有價值與共同價值兩種，在隸屬價值模式底下，競價者會如何修正自己的競價策略並不在考慮範圍之中。如果未來對於隸屬價值的研究更加深入，又有新的理論被提出時，可以將隸屬價值模式加入模型當中。在風險型式方面，由於對於風險愛好與風險規避者，其競價策略如何訂定方面，並沒有公認的模式。在各種研究中，關於風險的數學模式皆不相同，若將來對於風險的模型有共識，並且有公認的理論被提出，就可以再將目前的風險型式擴充。在私有信號方面，目前僅考慮均一分配、常態分配與指數分配，在這方面可以再將隨機變數的分配類型擴充。

本研究著重在令拍賣結果有效率的因素上，雖然拍賣會產生無效率的結果，但是若沒有更好的選擇，則被迫進行無效率的拍賣。在這種情形下，若能在拍賣模擬軟體中，加入計算各種情形下拍賣損失效率的功能。利用各種拍賣模擬的結果，比較何種方式可以產生損失效率較低的拍賣結果，能在找不到最佳解的時候，幫助選擇次佳的解。



參考文獻

- [1] 梁高榮，農產品交易工程學，交大出版社，1999年。
- [2] 孫惠民，資料採礦理論與實務規劃手冊，文魁資訊，2007年。
- [3] 洪欣儀，「軸承工業的現場監控資訊系統設計與實作」，國立交通大學工業工程與管理研究所碩士論文，1995年。
- [4] <http://www.fcc.gov/>, Federal Communications Commission (FCC), 2009.
- [5] Buntine, W. and Niblett, T., “A Further Comparison of Splitting Rules for Decision-Tree Induction,” *Machine Learning*, pp. 75-85, 1992
- [6] Dasgupta, P. and Maskin, E., “Efficient Auctions,” *The Quarterly Journal of Economic*, Vol. CXV, Issue 2, 2000.
- [7] Johnson, R.A., “Probability and Statistics for Engineers,” Prentice Hall, 2000.
- [8] Kirchkamp, O. and Moldovanu, B., “An Experimental Analysis of Auctions with Interdependent Valuations,” *Games and Economic Behavior*, Vol. 48(1), pp. 54-85, 2004.
- [9] Krishna, V., *Auction Theory*, Academic Press, 2002.
- [10] Krishna, V., “Asymmetric English Auctions,” *Journal of Economic Theory*, pp. 261–288, 2003.
- [11] Kroenke, D., *Database Processing*, Prentice Hall, 2006.
- [12] Milgrom, P. and Weber, R., “A Theory of Auctions and Competitive Bidding,” *Econometrica*, Vol. 50, No. 5, pp. 1089-1122, 1982.
- [13] Myerson, R., “Optimal Auction Design,” *Mathematics of Operations Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 58-73, 1981.
- [14] Quinlan, J.R., “Induction of Decision Trees,” *Machine Learning*, pp. 81-106, 1986
- [15] Spence, M., “Job Market Signaling,” *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 87, No. 3, pp. 355-374, 1973.

附錄一 競價者資料表

表 A.1 為前 100 筆模擬的競價者資料，其中第一個欄位的資料為拍賣的場次，依序為 1 到 100。第二個欄位代表每場拍賣的競價者，由編號 NO.1 至 NO.3 共三人。第三個欄位代表此競價者的估價向量。第四個欄位為此競價者的信號，第五個欄位表示此競價者的真實價值。

表 A.1 競價者資料

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
1	NO:1	[0.30 0.30 0.40]	7	3.4
	NO:2	[0.30 0.50 0.20]	3	3.8
	NO:3	[0.32 0.36 0.32]	1	3.64
2	NO:1	[0.07 0.27 0.67]	1	1.27
	NO:2	[0.14 0.29 0.57]	2	1.29
	NO:3	[0.29 0.57 0.14]	1	1.57
3	NO:1	[0.36 0.14 0.50]	6	3.43
	NO:2	[0.21 0.42 0.37]	2	2.84
	NO:3	[0.43 0.50 0.07]	2	3.71
4	NO:1	[0.22 0.56 0.22]	2	0.89
	NO:2	[0.15 0.62 0.23]	0	0.77
	NO:3	[0.19 0.43 0.38]	2	1.14
5	NO:1	[0.33 0.29 0.38]	6	6.46
	NO:2	[0.15 0.35 0.50]	5	6.65
	NO:3	[0.28 0.56 0.17]	8	5.78
6	NO:1	[0.70 0.20 0.10]	5	4.5
	NO:2	[0.14 0.43 0.43]	2	4.14
	NO:3	[0.38 0.38 0.25]	6	4.12
7	NO:1	[0.25 0.42 0.33]	7	4.67
	NO:2	[0.36 0.27 0.36]	7	4.45
	NO:3	[0.08 0.50 0.42]	0	4.08
8	NO:1	[0.27 0.09 0.64]	7	3.91
	NO:2	[0.18 0.59 0.24]	8	6.41
	NO:3	[0.17 0.17 0.67]	2	3.83
9	NO:1	[0.77 0.08 0.15]	6	5.15
	NO:2	[0.07 0.29 0.64]	1	2.64
	NO:3	[0.43 0.33 0.24]	3	3.62
10	NO:1	[0.64 0.18 0.18]	0	0.73
	NO:2	[0.38 0.29 0.33]	2	1.25

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:3	[0.60 0.20 0.20]	2	0.8
11	NO:1	[0.50 0.17 0.33]	3	1.67
	NO:2	[0.11 0.33 0.56]	1	0.67
	NO:3	[0.10 0.20 0.70]	0	0.5
12	NO:1	[0.50 0.06 0.44]	9	8.44
	NO:2	[0.31 0.06 0.62]	7	8.25
	NO:3	[0.45 0.14 0.41]	8	8.32
13	NO:1	[0.43 0.35 0.22]	5	6.48
	NO:2	[0.21 0.50 0.29]	8	7.07
	NO:3	[0.27 0.67 0.07]	7	7.13
14	NO:1	[0.17 0.58 0.25]	0	5.17
	NO:2	[0.17 0.50 0.33]	8	4.67
	NO:3	[0.35 0.15 0.50]	2	2.2
15	NO:1	[0.14 0.14 0.71]	7	1.86
	NO:2	[0.33 0.33 0.33]	1	3
	NO:3	[0.48 0.19 0.33]	1	3.86
16	NO:1	[0.43 0.21 0.36]	3	6.43
	NO:2	[0.25 0.31 0.44]	9	7.5
	NO:3	[0.31 0.38 0.31]	9	7.15
17	NO:1	[0.27 0.33 0.40]	3	3.6
	NO:2	[0.17 0.56 0.28]	6	4.39
	NO:3	[0.37 0.33 0.30]	2	3.7
18	NO:1	[0.30 0.40 0.30]	7	7.4
	NO:2	[0.38 0.08 0.54]	8	7.08
	NO:3	[0.43 0.29 0.29]	7	7.29
19	NO:1	[0.45 0.41 0.14]	2	2.14
	NO:2	[0.20 0.40 0.40]	0	4
	NO:3	[0.45 0.25 0.30]	9	3.6
20	NO:1	[0.14 0.50 0.36]	2	4.79

表 A.1 競價者資料(續)

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.17 0.50 0.33]	4	4.67
	NO:3	[0.32 0.41 0.27]	7	4.18
21	NO:1	[0.35 0.30 0.35]	1	1.35
	NO:2	[0.15 0.46 0.38]	1	1.38
	NO:3	[0.21 0.42 0.37]	2	1.37
22	NO:1	[0.06 0.41 0.53]	0	7
	NO:2	[0.42 0.29 0.29]	8	4.38
	NO:3	[0.27 0.32 0.41]	7	5.41
23	NO:1	[0.35 0.20 0.45]	9	6.75
	NO:2	[0.73 0.18 0.09]	0	7.27
	NO:3	[0.05 0.45 0.50]	8	4.45
24	NO:1	[0.23 0.15 0.62]	4	7.08
	NO:2	[0.38 0.21 0.42]	4	6.08
	NO:3	[0.28 0.17 0.56]	9	6.78
25	NO:1	[0.22 0.44 0.33]	4	1.67
	NO:2	[0.36 0.36 0.27]	1	2.09
	NO:3	[0.39 0.44 0.17]	1	2.17
26	NO:1	[0.09 0.45 0.45]	1	4.18
	NO:2	[0.67 0.25 0.08]	7	2.58
	NO:3	[0.23 0.08 0.69]	2	2.15
27	NO:1	[0.50 0.42 0.08]	2	5.17
	NO:2	[0.30 0.30 0.40]	9	5.3
	NO:3	[0.44 0.11 0.44]	5	4.11
28	NO:1	[0.25 0.62 0.12]	3	5.38
	NO:2	[0.56 0.22 0.22]	7	3.67
	NO:3	[0.33 0.33 0.33]	2	4
29	NO:1	[0.27 0.45 0.27]	7	4.64
	NO:2	[0.11 0.78 0.11]	3	3.67
	NO:3	[0.09 0.27 0.64]	5	4.64
30	NO:1	[0.12 0.75 0.12]	1	5.62
	NO:2	[0.45 0.36 0.18]	7	3.36
	NO:3	[0.31 0.34 0.34]	2	3.41
31	NO:1	[0.38 0.50 0.12]	8	8.62
	NO:2	[0.18 0.36 0.45]	9	8.82
	NO:3	[0.69 0.23 0.08]	9	8.31
32	NO:1	[0.48 0.24 0.29]	5	3.52

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.54 0.38 0.08]	0	3
	NO:3	[0.45 0.18 0.36]	4	3.73
33	NO:1	[0.27 0.09 0.64]	7	6.64
	NO:2	[0.50 0.17 0.33]	3	6.33
	NO:3	[0.21 0.47 0.32]	7	5.11
34	NO:1	[0.19 0.38 0.43]	0	4.38
	NO:2	[0.33 0.33 0.33]	7	3.67
	NO:3	[0.19 0.43 0.38]	4	4.52
35	NO:1	[0.42 0.21 0.37]	4	4.95
	NO:2	[0.31 0.38 0.31]	5	5
	NO:3	[0.33 0.50 0.17]	6	4.83
36	NO:1	[0.33 0.25 0.42]	1	2
	NO:2	[0.19 0.44 0.38]	0	1.69
	NO:3	[0.37 0.16 0.47]	4	2.26
37	NO:1	[0.28 0.32 0.40]	1	5.4
	NO:2	[0.33 0.17 0.50]	6	5.33
	NO:3	[0.43 0.43 0.14]	8	4.14
38	NO:1	[0.19 0.43 0.38]	8	6.67
	NO:2	[0.48 0.10 0.43]	4	8.05
	NO:3	[0.23 0.69 0.08]	9	5.31
39	NO:1	[0.69 0.23 0.08]	0	1.08
	NO:2	[0.29 0.29 0.43]	2	4
	NO:3	[0.19 0.62 0.19]	8	2.75
40	NO:1	[0.62 0.19 0.19]	0	0.19
	NO:2	[0.33 0.33 0.33]	1	0.33
	NO:3	[0.22 0.28 0.50]	0	0.28
41	NO:1	[0.28 0.28 0.44]	5	5.56
	NO:2	[0.42 0.53 0.05]	7	6.05
	NO:3	[0.27 0.09 0.64]	5	5.18
42	NO:1	[0.32 0.37 0.32]	1	2.95
	NO:2	[0.44 0.06 0.50]	2	3.56
	NO:3	[0.23 0.41 0.36]	6	3.23
43	NO:1	[0.11 0.37 0.53]	8	4.47
	NO:2	[0.54 0.08 0.38]	7	5.62
	NO:3	[0.50 0.25 0.25]	2	6.25
44	NO:1	[0.33 0.24 0.43]	4	3.24

表 A.1 競價者資料(續)

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.27 0.18 0.55]	8	2.55
	NO:3	[0.32 0.32 0.36]	0	3.86
45	NO:1	[0.10 0.60 0.30]	1	3.4
	NO:2	[0.26 0.26 0.47]	2	4.11
	NO:3	[0.25 0.12 0.62]	7	4.88
46	NO:1	[0.29 0.57 0.14]	6	5.29
	NO:2	[0.27 0.07 0.67]	4	7.87
	NO:3	[0.06 0.56 0.39]	9	6.06
47	NO:1	[0.25 0.58 0.17]	1	2.75
	NO:2	[0.06 0.41 0.53]	2	5.12
	NO:3	[0.53 0.40 0.07]	8	1.87
48	NO:1	[0.24 0.29 0.48]	9	5.48
	NO:2	[0.35 0.06 0.59]	5	5.82
	NO:3	[0.67 0.22 0.11]	4	7.56
49	NO:1	[0.33 0.42 0.25]	4	4.83
	NO:2	[0.50 0.10 0.40]	6	4.2
	NO:3	[0.42 0.47 0.11]	4	4.95
50	NO:1	[0.28 0.32 0.40]	6	4
	NO:2	[0.62 0.25 0.12]	1	4.62
	NO:3	[0.41 0.45 0.14]	5	3.59
51	NO:1	[0.71 0.21 0.07]	1	1
	NO:2	[0.33 0.50 0.17]	0	1
	NO:3	[0.60 0.20 0.20]	4	1.4
52	NO:1	[0.09 0.73 0.18]	7	2.64
	NO:2	[0.20 0.45 0.35]	2	3.35
	NO:3	[0.25 0.42 0.33]	3	3.58
53	NO:1	[0.28 0.40 0.32]	3	3.4
	NO:2	[0.56 0.33 0.11]	4	3.33
	NO:3	[0.55 0.09 0.36]	3	3.09
54	NO:1	[0.37 0.47 0.16]	7	7.47
	NO:2	[0.15 0.46 0.38]	8	7.46
	NO:3	[0.73 0.18 0.09]	7	7.18
55	NO:1	[0.20 0.40 0.40]	5	6.6
	NO:2	[0.19 0.44 0.38]	7	6.62
	NO:3	[0.50 0.30 0.20]	7	6
56	NO:1	[0.62 0.31 0.06]	3	1.88

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.50 0.10 0.40]	0	1.5
	NO:3	[0.38 0.38 0.23]	0	1.15
57	NO:1	[0.27 0.07 0.67]	5	3.73
	NO:2	[0.33 0.30 0.37]	6	4.56
	NO:3	[0.27 0.27 0.47]	3	4.33
58	NO:1	[0.13 0.43 0.43]	0	2.17
	NO:2	[0.43 0.14 0.43]	4	1
	NO:3	[0.36 0.57 0.07]	1	2.36
59	NO:1	[0.20 0.47 0.33]	0	4.8
	NO:2	[0.25 0.31 0.44]	6	4.5
	NO:3	[0.25 0.17 0.58]	6	4.5
60	NO:1	[0.09 0.18 0.73]	1	2.27
	NO:2	[0.09 0.18 0.73]	4	2.27
	NO:3	[0.15 0.35 0.50]	2	2.55
61	NO:1	[0.38 0.33 0.29]	1	3.17
	NO:2	[0.25 0.19 0.56]	4	3.81
	NO:3	[0.06 0.50 0.44]	5	4.25
62	NO:1	[0.55 0.27 0.18]	6	4.64
	NO:2	[0.62 0.15 0.23]	3	4.85
	NO:3	[0.25 0.25 0.50]	3	3.75
63	NO:1	[0.22 0.33 0.44]	2	2
	NO:2	[0.28 0.44 0.28]	2	2
	NO:3	[0.11 0.33 0.56]	2	2
64	NO:1	[0.11 0.44 0.44]	0	2.67
	NO:2	[0.55 0.36 0.09]	6	2.18
	NO:3	[0.10 0.80 0.10]	0	4.8
65	NO:1	[0.18 0.55 0.27]	1	4.82
	NO:2	[0.50 0.15 0.35]	5	3.7
	NO:3	[0.31 0.50 0.19]	7	4.12
66	NO:1	[0.32 0.23 0.45]	2	2
	NO:2	[0.45 0.32 0.23]	4	2.41
	NO:3	[0.36 0.45 0.18]	1	2.73
67	NO:1	[0.12 0.25 0.62]	4	3.5
	NO:2	[0.40 0.28 0.32]	2	3.44
	NO:3	[0.33 0.50 0.17]	4	3
68	NO:1	[0.50 0.29 0.21]	4	2.29

表 A.1 競價者資料(續)

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.50 0.39 0.11]	1	2.39
	NO:3	[0.59 0.18 0.24]	0	2.53
69	NO:1	[0.42 0.17 0.42]	2	5.42
	NO:2	[0.27 0.27 0.47]	5	6.07
	NO:3	[0.12 0.53 0.35]	9	6.06
70	NO:1	[0.71 0.07 0.21]	3	3.71
	NO:2	[0.21 0.47 0.32]	7	5.53
	NO:3	[0.20 0.20 0.60]	5	5
71	NO:1	[0.07 0.43 0.50]	8	1.5
	NO:2	[0.33 0.37 0.30]	1	3.33
	NO:3	[0.21 0.21 0.57]	1	2.5
72	NO:1	[0.28 0.28 0.44]	5	1.94
	NO:2	[0.33 0.33 0.33]	2	2.33
	NO:3	[0.36 0.41 0.23]	0	2.64
73	NO:1	[0.44 0.28 0.28]	1	3.22
	NO:2	[0.43 0.22 0.35]	1	3.78
	NO:3	[0.67 0.07 0.27]	9	3.13
74	NO:1	[0.29 0.43 0.29]	4	3.86
	NO:2	[0.35 0.12 0.53]	3	4.41
	NO:3	[0.38 0.46 0.15]	5	3.69
75	NO:1	[0.58 0.25 0.17]	9	8
	NO:2	[0.40 0.40 0.20]	5	7.4
	NO:3	[0.27 0.67 0.07]	9	6.33
76	NO:1	[0.25 0.42 0.33]	2	3.67
	NO:2	[0.32 0.36 0.32]	2	3.61
	NO:3	[0.07 0.27 0.67]	7	5.33
77	NO:1	[0.11 0.44 0.44]	6	6.89
	NO:2	[0.27 0.13 0.60]	5	7.67
	NO:3	[0.37 0.26 0.37]	9	6.85
78	NO:1	[0.39 0.06 0.56]	1	4.22
	NO:2	[0.09 0.45 0.45]	9	6.91
	NO:3	[0.62 0.08 0.31]	6	3.15
79	NO:1	[0.30 0.39 0.30]	1	5.48
	NO:2	[0.06 0.44 0.50]	7	7.17
	NO:3	[0.40 0.50 0.10]	8	4.7
80	NO:1	[0.59 0.29 0.12]	4	2.65

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.43 0.30 0.26]	1	2.04
	NO:3	[0.17 0.39 0.43]	0	1.09
81	NO:1	[0.57 0.36 0.07]	3	4
	NO:2	[0.14 0.43 0.43]	5	5.57
	NO:3	[0.08 0.23 0.69]	7	6.23
82	NO:1	[0.36 0.07 0.57]	7	4.21
	NO:2	[0.53 0.27 0.20]	8	6.27
	NO:3	[0.46 0.23 0.31]	2	5.69
83	NO:1	[0.44 0.19 0.38]	8	6.5
	NO:2	[0.47 0.16 0.37]	4	6.63
	NO:3	[0.50 0.06 0.44]	6	6.88
84	NO:1	[0.62 0.19 0.19]	9	6.75
	NO:2	[0.37 0.26 0.37]	4	5.11
	NO:3	[0.44 0.06 0.50]	2	5.22
85	NO:1	[0.50 0.06 0.44]	3	3.75
	NO:2	[0.07 0.64 0.29]	8	6.5
	NO:3	[0.36 0.21 0.43]	4	4.5
86	NO:1	[0.67 0.07 0.27]	8	6.13
	NO:2	[0.36 0.18 0.45]	8	4.82
	NO:3	[0.27 0.36 0.36]	1	5.45
87	NO:1	[0.11 0.22 0.67]	1	6.78
	NO:2	[0.45 0.45 0.10]	3	2.7
	NO:3	[0.20 0.20 0.60]	9	6.2
88	NO:1	[0.67 0.20 0.13]	9	6.4
	NO:2	[0.38 0.25 0.38]	0	4.5
	NO:3	[0.27 0.18 0.55]	3	4.09
89	NO:1	[0.43 0.26 0.30]	9	7.3
	NO:2	[0.50 0.43 0.07]	6	7.5
	NO:3	[0.50 0.17 0.33]	6	7.5
90	NO:1	[0.29 0.29 0.43]	1	3.29
	NO:2	[0.43 0.43 0.14]	0	1.43
	NO:3	[0.23 0.54 0.23]	7	1.85
91	NO:1	[0.53 0.18 0.29]	6	4.18
	NO:2	[0.33 0.33 0.33]	4	3.67
	NO:3	[0.18 0.45 0.36]	1	3.27
92	NO:1	[0.45 0.14 0.41]	2	5

表 A.1 競價者資料(續)

拍賣場次	競價者	估價向量	私有信號	真實價值
	NO:2	[0.06 0.44 0.50]	9	7.56
	NO:3	[0.59 0.29 0.12]	7	4.65
93	NO:1	[0.05 0.42 0.53]	6	5.47
	NO:2	[0.36 0.36 0.27]	1	5
	NO:3	[0.27 0.64 0.09]	9	3.09
94	NO:1	[0.40 0.27 0.33]	3	3.2
	NO:2	[0.35 0.30 0.35]	5	3.25
	NO:3	[0.17 0.42 0.42]	2	3.42
95	NO:1	[0.25 0.25 0.50]	0	1.5
	NO:2	[0.32 0.47 0.21]	4	2.11
	NO:3	[0.18 0.45 0.36]	1	2.18
96	NO:1	[0.35 0.39 0.26]	2	4.09
	NO:2	[0.33 0.19 0.48]	4	4.76
	NO:3	[0.09 0.36 0.55]	7	5.45
97	NO:1	[0.41 0.27 0.32]	7	7
	NO:2	[0.62 0.25 0.12]	7	7
	NO:3	[0.08 0.67 0.25]	7	7
98	NO:1	[0.20 0.53 0.27]	4	6.4
	NO:2	[0.31 0.50 0.19]	6	5.94
	NO:3	[0.33 0.22 0.44]	9	6.67
99	NO:1	[0.21 0.42 0.38]	0	3.17
	NO:2	[0.18 0.18 0.64]	4	3.27
	NO:3	[0.53 0.42 0.05]	4	1.89
100	NO:1	[0.11 0.39 0.50]	6	4.44
	NO:2	[0.75 0.12 0.12]	2	5.5
	NO:3	[0.28 0.28 0.44]	6	4.89

附錄二 拍賣資料表

表 A.2 為拍賣得標結果的資料，第一個欄位的資料是拍賣的場次，依序由 1 到 100。第二個欄位為得標的競價者編號，第三個欄位為得標金額，第四個欄位為拍賣結果是否有效率。

表 A.2 拍賣資料表

拍賣場次	參與人數	得標競價者	得標金額	是否有效率
1	3	1	4.6	false
2	3	2	1.86	false
3	3	1	5.43	false
4	3	3	1.14	true
5	3	3	6.33	false
6	3	3	4.5	false
7	3	1	4.67	true
8	3	2	6.59	true
9	3	1	5.62	true
10	3	2	1.25	true
11	3	1	2	true
12	3	1	8.89	true
13	3	2	7.36	false
14	3	2	6.67	false
15	3	1	6.14	false
16	3	2	7.5	true
17	3	2	4.89	true
18	3	2	7.62	false
19	3	3	6.75	false
20	3	3	5.41	false
21	3	3	1.79	false
22	3	3	5.09	false
23	3	1	7.2	false
24	3	3	7.61	false
25	3	1	3	false
26	3	2	3	false
27	3	2	6.9	true
28	3	2	5.89	false
29	3	1	5.18	false
30	3	2	4.27	false
31	3	2	8.82	true
32	3	1	3.81	false
33	3	1	6.64	true
34	3	2	4.67	false
35	3	3	5.33	false
36	3	3	3.37	true
37	3	3	5	false
38	3	1	6.29	false
39	3	3	6.5	false
40	3	2	0.67	true
41	3	2	6.16	true
42	3	3	4.86	false
43	3	2	5.08	false
44	3	2	3.64	false
45	3	3	5.5	true
46	3	3	6.22	false
47	3	3	4.27	false
48	3	1	6.62	false
49	3	2	5.2	false
50	3	1	4.4	false
51	3	3	3.2	true
52	3	1	3.36	false
53	3	2	3.44	false
54	3	2	7.85	false
55	3	2	6.62	true
56	3	1	2.06	true
57	3	2	4.89	true
58	3	2	2.29	false
59	3	2	4.5	false
60	3	2	3.73	false

表 A.2 拍賣資料表(續)

拍賣場次	參與人數	得標競價者	得標金額	是否有效率	拍賣場次	參與人數	得標競價者	得標金額	是否有效率
61	3	3	4.75	true	81	3	3	6.69	true
62	3	1	5.18	false	82	3	2	6.8	true
63	3	2	2	false	83	3	1	7.25	false
64	3	2	2.73	false	84	3	1	7.69	true
65	3	3	5.12	false	85	3	2	7.64	true
66	3	2	3.32	false	86	3	1	6.13	true
67	3	1	3.5	true	87	3	3	7.4	false
68	3	1	3.14	false	88	3	1	7.2	true
69	3	3	8.18	false	89	3	1	8.22	false
70	3	2	6.16	true	90	3	3	3.23	false
71	3	1	5	false	91	3	1	4.53	true
72	3	1	2.78	false	92	3	2	8.56	true
73	3	3	3.67	false	93	3	3	3.91	false
74	3	3	4.08	false	94	3	2	3.95	false
75	3	1	8	true	95	3	2	2.74	false
76	3	3	6.67	true	96	3	3	6.55	true
77	3	3	7.96	false	97	3	1	7	true
78	3	2	8.27	true	98	3	3	7.33	true
79	3	2	6.67	true	99	3	2	3.27	true
80	3	1	3.53	true	100	3	3	4.89	false