國立交通大學

管理學院碩士在職專班科技管理組

碩士論文

模糊多目標雙人零和賽局理論應用於

無線網路市場分析

Analyzing the Wireless LAN Market: An Approach of Two-Person Zero-sum Game with Multiple Fuzzy Goals

研究生：廖抱元

指導教授：曾國雄 博士

中華民國九十五年六月

模糊多目標雙人零和賽局理論應用於無線網路市場分析

Analyzing the Wireless LAN Market: An Approach of Two-Person Zero-sum Game with Multiple Fuzzy Goals

研 究 生：廖抱元　　Student：Pao-Yuan Liao

指導教授：曾國雄　　Advisor：Dr. Gwo-Hshiung Tzeng

國 立 交 通 大 學
管理學院碩士在職專班科技管理組

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Institute of Management of Technology

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Business Administration

in

Management of Technology

June 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

國立交通大學

論文口試委員會審定書

本校 管理學院碩士在職專班科技管理組 碩士班 廖抱元 君

所提論文:

模糊多目標雙人零和賽局理論應用於無線網路市場分析

Analyzing the Wireless LAN Market: An Approach of Two-Person Zero-sum Game with Multiple Fuzzy Goals

合於碩士資格水準、業經本委員會評審認可。

口試委員：

____

____

____

指導教授：

____

研究所所長：______________

中華民國九十五年六月三十日

模糊多目標雙人零和賽局理論應用於無線網路市場分析

學生：廖抱元　　　　　　指導教授：曾國雄博士

國立交通大學管理學院碩士在職專班科技管理組碩士班

摘　要

本研究參考模糊單目標賽局理論之文獻，據以構建模糊多目標雙人零和賽局規劃模式。傳統雙人零和賽局模式中，報酬矩陣中各元素皆為定值，且未考慮決策者之期望水準。論文中引進模糊多目標賽局理論於雙人零和賽局模式，使模式能反映出決策者之期望水準與報酬矩陣中各元素的模糊性，使模式更符合現實且決策更富彈性，本研究並以模糊報酬值之賽局進行研究，以 Sakawa 所提出的模糊線性規劃求得多目標的最佳化，其中並利用 Ramik 提出將模糊區間轉換成數條明確限制式的想法，做為求解模糊線性規劃的方法，由數學限制式的推導，配合數學線性規劃軟體求解，求出雙人非合作賽局中，各玩家的最大期望報酬與混合策略機率值。

本論文並以無線區域網路市場競爭分析為例，由實際的市場資料，將國內外晶片商股價及出貨量對晶片價格和性能做研究，晶片的性能以無線網路速度代表，以指數成長曲線表示技術的成長趨勢，利用迴歸統計的方法得到晶片商股價對晶片價格/性能迴歸式的係數，表示調整晶片價格或提昇晶片性能對股價之影響程度，針對其定價策略及產品研發策略進行模糊非合作雙人賽局分析，求得提昇股價及增加出貨量為目標的最適解，以驗證本研究之實用性。由計算結果，無論是 Sakawa 模糊賽局模式或是 Ramik 的模糊線性規劃法，大部份的條件下，都是建議玩家(國內晶片供應商)採取提供產品性能的策略，目標的達成度較高。

關鍵字：模糊、多目標決策、模糊目標、零和、非合作、賽局、競局、報酬矩陣、無線區域網路。

Analyzing the Wireless LAN Market: An Approach of Two-Person Zero-sum Game with Multiple Fuzzy Goals

Student: Pao-yuan Liao Advisor: Dr. Gwo-Hshiung Tzeng

Institute of Management of Technology

National Chiao Tung University

ABSTRACT

This study is to construct a two-person fuzzy matrix game with multiple fuzzy goals and able to perform fuzzy element values of pay-off matrix in a traditional two-person zero-sum game model, so that the game model can reflect more facts and decision elasticity. According to the fuzzy game model and fuzzy linear programming method proposed by Sakawa and Ramik individually, the study is focused on two-person non-cooperative game, and combined with mathematic programming software to solve the fuzzy linear problems, and get the maxima expected pay-offs and mixed strategy ratios for each player.

Finally, the fuzzy game model is applied in a case study of domestic and foreign wireless LAN market share analysis in Taiwan. The performance of the chip is represented by WLAN throughput, and the technology growth tendency is expressed by the exponential curve. Using the above two assumptions, the pay-off matrix parameters are obtained from the regression calculation result, which is to decide the optimize solution for marketing strategy to adjust the chip price or improve chip specs. According to the calculation results, using both Sakawa's fuzzy game model and Ramik's fuzzy programming method, under most circumstances, the conclusions are suggesting decision makers (IC vender) to adopt the strategy of improving product's performance to achieve company's goals.

Keywords: fuzzy, multiple objective decision making (MODM), fuzzy goal, zero-sum, non-cooperative, game, pay-off matrix, wireless LAN

目錄

表目錄

圖目錄

第一章　緒論

1.1 研究動機與目的

賽局(game)是面臨競爭狀況下的一種表現方式，在我們生活中到處都充滿了賽局，以及需要為各種的賽局狀況做決策，從公司的商業策略運用、人際關係的互動、投資標的的選擇、政黨的選舉策略、國際間的貿易談判到戰爭等等都是賽局，我們可以利用數學模式表示競爭者間相互的競爭情勢及利益衝突的狀況，然後以數學求解的方式求得最適解，也就是賽局的最佳競爭策略。

賽局理論最早由匈牙利數學家 John Von Neumman 和普林斯頓經濟學者 Oscar Morgenstern 在 1994 年合著 "Theory of Game and Economic Behavior" 一書，開始發展，由許多數學家和政治及經濟學者等社會學家的努力之下，在政治、經濟等領域已發展成重要的決策及分析工具，對於多變的競爭狀況，已發展出各種不同類型的賽局模式，針對不同的玩家人數、賽局規則、各種報酬型式及目標型態等應用，加以研究討論。

賽局主要分成合作賽局和非合作賽局兩種，合作賽局以整個結盟團體整體的利益作考量，以達到整體利益最大化為優先；後者則以自我利益考量為出發點，在決策過程中是以達到本身利益的最大化為考量，本論文是以非合作賽局模式進行探討。

模糊理論(Fuzzy Theory)是由 Zadeh 在 1965 年提出模糊集合理論，把決策中不確定難以精確表達的部份加以量化表示，並加以處理的一門學問，其理論可處理原先數學模式中無法確實表現的特性，如決策態度的模稜兩可 (fuzziness)、資訊的不確定性(uncertainty)及不精確性(imprecise)，以及報酬及目標的模糊性等，能夠表現出較真實的狀況而加以分析，增加預測賽局結果的有準確性。

從 Butnariu (1978)研究兩人模糊非合作賽局開始，至今已有不少學者針對不同類型的模糊賽局，提出各種不同的求解模式，但綜觀目前相關的研究成果，發現下列幾點仍可做進一步的探討與改善，賽局矩陣中的報酬值絕大部份是明確數值，目標值的型式，大都以明確數值表示，考慮單一目標。針對上述幾點，本研究針對模糊非合作賽局發展較完整的求解模式，由各玩家根據可能採取的策略，與影響策略選擇的屬性因素，整合建立各玩家在不同策略組合下的綜合報酬值與完整的賽局矩陣，以 Sakawa 及 Remik 所提出的模糊線性規劃模式，運用數學規劃軟體，求出各玩家的最大期望報酬與混合策略機率值。期望能由簡單及合理的數學推導過程，提供個人或企業在面臨賽局的決策時，根據有限的參考資訊，做出正確的決策。

1.2 研究範圍與方法

以賽局玩家的相互關係來分類，可分為合作賽局及非合作賽局；以各玩家的決策行動順序來分類，可分為同時賽局及依序行動賽局；以玩家的行動次數來分類，可細分為一次賽局及多次賽局，本研究僅考慮同時行動非合作一次賽局，其他的賽局類型暫不在本論文的討論範圍內。

本研究的雙人模糊非合作賽局求解模式，考量影響各玩家策略的屬性因素與報酬值的型式等，以增加其完整性與實用性。本研究以模糊報酬值之賽局進行研究，以Sakawa所提出的模糊線性規劃求得多目標的最佳化，同時利用Ramik提出將模糊區間轉換成數條明確限制式的想法為基礎，做為求解模糊線性規劃的方法。而後以無線區域網路市場競爭分析為例，針對其定價策略及產品研發策略進行模糊非合作賽局分析，以驗證本研究之實用性。

1.3 研究內容與流程

本研究之研究流程主要分為緒論、文獻整理與探討、分析模式之建立、市場調查與個案研究成果整理，得出結論與建議，完成研究報告。

第一章為緒論，說明研究動機、研究目的、研究範圍及簡述本論文論文所使用的方法及限制。

第二章為文獻探討，主要針對過去非合作賽局所做過的研究，以雙人模糊賽局研究發展的過程，做概略的介紹，並簡介限制式為模糊時，模糊線性規劃模式的求解方法。

第三章為模糊賽局模式的建構及演算法，說明整個研究的理論架構，建立賽局矩陣的詳細步驟，並介紹求解混合策略機率的方法。

第四章為實例探討與驗證，根據第三章所建立的賽局模式，以無線網路市場為例，由Sakawa所提出的模糊線性規劃式求最佳解，以及Ramik所提出將模糊限制式轉換成數條明確限制式的想法，求得多目標的最佳化，由實際的市場資料，將國內外晶片商股價及出貨量對晶片價格和性能做研究，晶片性能以無線網路速度代表，以指數成長曲線表示技術的成長趨勢，利用迴歸的方法得到晶片價格及性能對晶片商股價及出貨量對的影響程度，針對其定價策略及產品研發策略進行模糊非合作雙人賽局分析，驗證模糊雙人非合作賽局模式之實用性。

第五章為結論，針對本研究所探討的雙人非合作賽局求解模式及實例的分析結果，提出相關的結論及未來可以研究的方向。

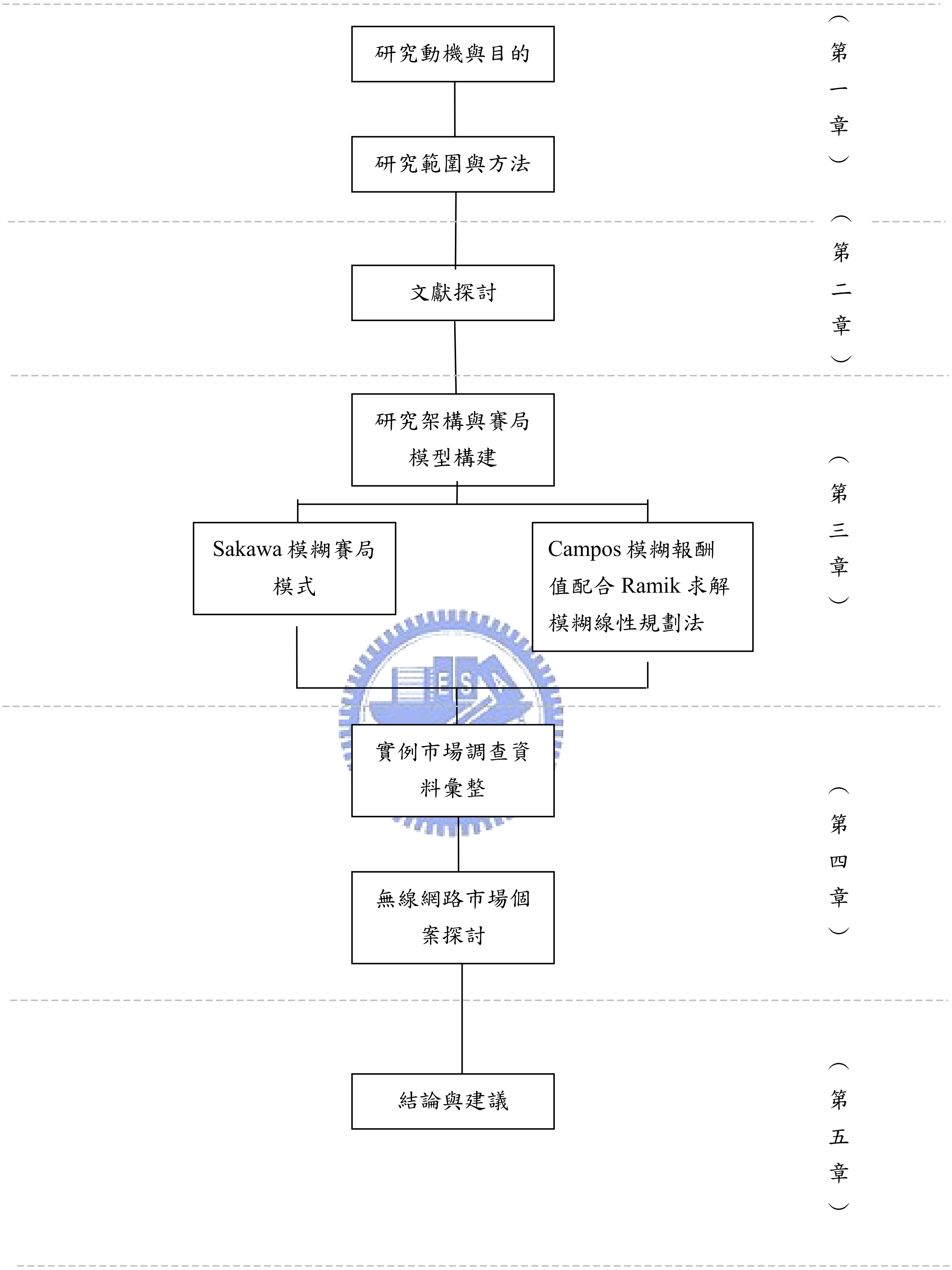
研究動機與目的
研究範圍與方法
（第一章）
文獻探討
（第二章）
研究架構與賽局模型構建
Sakawa 模糊賽局模式
Campos 模糊報酬值配合 Ramik 求解模糊線性規劃法
（第三章）
實例市場調查資料彙整
無線網路市場個案探討
（第四章）
結論與建議
（第五章）

圖 1 研究流程

第二章　文獻回顧

Butnariu (1978)研究雙人模糊零和賽局，假設玩家的所有策略沒有相等的可能性，而其可能策略集合的隸屬度是根據對手行為而定。其基本的概念為當有 A、B 兩玩家參加賽局時，玩家 A 預測玩家 B 所採取策略 j 的可能性為 j_B 身採取 i 的機率為 $E(j_B, i_A)$，即玩家在考慮本身的策略時，會受對手之影響，最後玩家 A 所採取的混合策略為 $\max[E(j_B, i_A), j_B]$。

傳統雙人零和賽局模式(two-person zero-sum game model)，其報酬矩陣(pay-off matrix)中各元素值是固定的(Roth, 1985; Rasmusen, 1989)若雙方同時有多個競爭策略可選擇時，採機率觀念可求取模式中之唯一均衡解。在現實決策環境中，雙方同時有多個策略可能用以競爭時，報酬矩陣中各元素值應是不明確的，故可引進模糊觀念用於傳統模式。

Campos (1989)研究雙人零和模糊矩陣賽局大中取小的問題，將賽局矩陣中的報酬值以三角模糊數表示，使賽局報酬值更能反映現實狀況，並應用 Delgado et al. (1989)所提出的模糊線性規劃一般式，針對限制式中≦之關係，提出五種不同的模糊數排序(ranking fuzzy numbers)方式，將模糊線性規劃之式轉換成明確限制式，並計算出賽局中兩位玩家的賽局值及混合策略機率。

Sakawa 和 Nishizaki (1994)提出在雙人零和賽局中考量模糊報酬與模糊目標，以滿意度 0~1 來衡量模糊目標，最高目標達成度為 1，未達最低滿意值時，目標達成度為 0。對於模糊報酬與模糊目標運用 Max-min 的觀念，在對手決策變數所構成的函數最小值中取最大值，求解的方法為利用目標達成度λ在 0 與 1 之間變動的互動式解法求出玩家混合策略的機率值。

模糊線性規劃是以模糊數的方式表示參數的不確定，可表示參數的變化情形且可充分描述參數的分佈趨勢，為目前處理不明確參數的方法中，最被廣泛使用的一種方法。模糊線性規劃最早是由 Zimmermann 首先提出，其主要討論資源限制為模糊時的問題，在此之後，線性規劃問題中模式參數為模糊的型式也相繼被提出，發展至今，模糊線性規劃問題有許多求解的方法，對於模糊限制式參數為模糊時的解法，主要方式是將模糊線性規劃問題轉成多個明確的線性規劃問題，再利用線性規劃方式求解，就是利用多條明確限制式來描述模糊限制式所形成的模糊區域。

Remik (1985)提出對於數條模糊限制式，利用 Zadeh 延伸原理(1975)合併成一個模糊集合 $\widetilde{A}_i(x)$，模糊限制式 $\widetilde{A}_i(x) \le \widetilde{b}_i$ 可用數條明確限制式代替，將限制式代換後，模糊線性規劃式即成為傳統的線性規劃式，再套用現有的方法即可求出解答。

曾國雄、馮正民及陳郁文(1997)利用 Sakawa 和 Nishizaki 的概念，將雙人零和賽局應用於台灣地區小汽車市場競爭分析，探討國產車商與進口車商對車價及維修費調整對市佔率之影響，以三角模糊數表示國產車與進口車在台灣地區的小汽車市佔率，透過輸入不同的λ值，以互動式解法求得最大目標達成度λ，代入賽局中市佔率之三角

模糊數，得到一個新的模糊區間，該區間較原來的區間為小，有利於決策者做更準確的決策和判斷。

王俊皓、劉浩天(2004)利用 Campos 將賽局矩陣中的報酬值以三角模糊數表示，並配合 Remik 提出將模糊限制式以數條明確限制式代替的方法，建立非合作賽局模糊線性規劃模式，對高雄地區某電信公司所設置的三家手機通路商銷售據點為例，對其行銷策略進行評估、選擇及分析，使其公司銷售量成長獲得最大的報酬，並降低其行銷成本，提供決策者有系統的進行完整的賽局決策分析。

Joseph P. Martino 在 “Technological Forecasting for Decision Making”(中文譯本「技術預測方法與實例」, 袁建中, 謝志宏, 彭弼聲編譯)一書中，提到技術演進的趨勢外插法，認為最常見的成長趨勢為指數成長曲線，若將技術的發展資料取對數，會得到線性的關係式。書中以飛機的飛行速度為例，是以推進器的發展如螺旋槳、噴射引擎等不同設計而進步，但將速度取對數做圖，竟發現長期而言，速度的記錄是一條直線，故對技術的發展，可使用指數的趨勢外插法來預測某種技術的出現。

第三章　模糊賽局模式之構建與演算法

構建本研究所需之模糊雙人零和多目標賽局研究模式，須分別定義由 Sakawa 模糊賽局模式所建立的相關報酬矩陣、目標達成度隸屬函數(membership function)數學式，以及由 Campos 對模糊報酬數值的表示方式，並敘述 Ramik 求解模糊線性規劃的方法。另外，在實例中，對網路速度的演進採指數成長曲線的做法，也在此做一說明。

3.1 Sakawa 模糊賽局模式之構建

為逐步構建本研究所需之模糊雙人零和賽局研究模式，首先須定義相關數學式如下(Sakawa and Nishizaki, 1994)。

定義一：假定競爭者 A 選擇決策 i，競爭者 B 選擇決策 j 之預期獲利或損失以 $\tilde{a}_{ij}$ 表示，則競爭者 A 之報酬矩陣 (pay-off matrix)，可以 $\tilde{A}$ 矩陣表示：

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} \end{bmatrix} \tag{1}$$

其中

$\tilde{a}_{ij}$：競爭者 A 選擇決策 i，競爭者 B 選擇決策 j 之預期獲利或損失，$i = 1, 2; j = 1, 2$。

定義二：由定義一，假定競爭者 A 選擇之混合策略(mixed strategy)為比例 x，競爭者 B 選擇策略比例為 y 時，預期獲利或損失以 $\tilde{E}(x, y)$ 表示，則可以 $\tilde{a}_{ij}$ 表示如下：

$$\tilde{E}(x,y) = \sum_i \sum_j \tilde{a}_{ij} x_i y_j \tag{2}$$

其中

x：競爭者 A 選擇之混合策略 (mixed strategy) 的比例；$x = \left\{ (x_1, x_2) \mid \sum_i x_i = 1,\ i = 1,2 \right\}$

y：競爭者 B 選擇之混合策略 (mixed strategy) 的比例；$y = \left\{ (y_1, y_2) \mid \sum_j y_j = 1,\ j = 1,2 \right\}$

定義三：由定義二，假定$\tilde{a}_{ij}$為以a_{ij}為中心，上限為$a_{ij}+\beta_{ij}$、下限為$a_{ij}-\alpha_{ij}$之三角模糊數，則可以推得$\tilde{E}(x,y)$為以$\sum_i\sum_j a_{ij}x_iy_j$為中心，下限為$\sum_i\sum_j a_{ij}x_iy_j-\sum_i\sum_j \alpha_{ij}x_iy_j$、上限為$\sum_i\sum_j a_{ij}x_iy_j+\sum_i\sum_j \beta_{ij}x_iy_j$之三角模糊數如下：

$$\tilde{E}(x,y)=\left(\sum_i\sum_j a_{ij}x_iy_j,\ \sum_i\sum_j \alpha_{ij}x_iy_j,\ \sum_i\sum_j \beta_{ij}x_iy_j\right)_{LR} \tag{3}$$

其中

$\tilde{a}_{ij}$：以a_{ij}為中心，上限為$a_{ij}+\beta_{ij}$、下限為$a_{ij}-\alpha_{ij}$之三角模糊數；

$\tilde{a}_{ij}=\left(a_{ij},\ \alpha_{ij},\ \beta_{ij}\right)_{LR}; i=1,2;\ j=1,2$。

定義四：由定義三，可以定義預期獲利模糊隸屬函數$\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P)$、模糊目標隸屬函數$\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P)$以及定義目標達成度模糊隸屬函數$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P)$。$\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P)$為$\tilde{E}(x,y)$至[0, 1]之映射，$\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P)$為 fuzzy goal $\tilde{G}$至[0, 1]之映射，如圖一所示。最適均衡解為P^*，隸屬函數最佳化$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^*)$如下表示：

$$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P)=\min(\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P),\ \mu_{\tilde{G}(x,y)}(P)) \tag{4}$$

$$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^*)=\max\min(\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P),\ \mu_{\tilde{G}(x,y)}(P)) \tag{5}$$

定義五：由定義四，考慮傳統賽局均衡解找尋原則，競爭者A、B分別採混合策略(mixed strategy) x、y時，最佳化策略可由 max min $\hat{\mu}_{\tilde{a}(x,y)}(P^*)$求得。

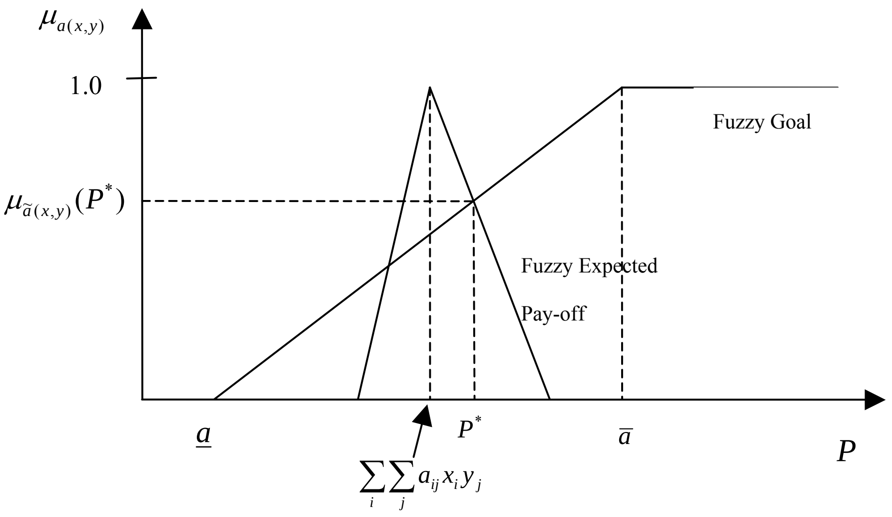

圖 2 預期獲利模糊隸屬函數 $\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P)$ 與目標達成度模糊度隸屬函數 $\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P)$ 關係

為說明上述雙人模糊零和賽局的賽局模式求解過程，定義 $\overline{a}$ 、$\underline{a}$ 分別表示決策者混合策略運用所得報酬期望值 P 的上、下界，則可建立決策者模糊目標隸屬函數 $\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P)$ (Sakawa and Nishizaki, 1994)如下：

$$\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P) = \begin{cases} 0 & if \ P < \underline{a} \\ (P - \underline{a})/(\overline{a} - \underline{a}) & if \ \underline{a} < P < \overline{a} \\ 1 & if \ \overline{a} < P \end{cases} \tag{6}$$

而玩家一的目標達成度模糊隸屬函數 $\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P)$ ，由先前三角模糊數

$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, \ \alpha_{ij}, \ \beta_{ij})_{LR}$ 的定義，可表示如下:

$$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P) = \begin{cases} 0 & if \quad P < a_{ij} - \beta_{ij} \\ (P - a_{ij} + \alpha_{ij}) / \alpha_{ij} & if \quad a_{ij} - \alpha_{ij} \le P < a_{ij} \\ (a_{ij} + \beta_{ij} - P) / \beta_{ij} & if \quad a_{ij} \le P \le a_{ij} + \beta_{ij} \\ 0 & if \quad a_{ij} + \beta_{ij} < P \end{cases} \tag{7}$$

最佳化策略可由定義四中求得，可證明 max $\min(\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P),\ \mu_{\tilde{G}(x,y)}(P))$ 與下式數學規劃問題同義(Sakawa and Nishizaki,1994):

max λ

$$\text{st.}\quad \left[\sum_i\sum_j (a_{ij}+\beta_{ij})x_i y_j - \underline{a}\right] \Big/ \left[\sum_i\sum_j \beta_{ij}x_i y_j + \bar{a} - \underline{a}\right] \ge \lambda \quad \forall y \in Y \tag{8}$$

$$\sum_i x_i = 1,\ \sum_i y_j = 1$$

$$i = 1, 2;\ j = 1, 2.$$

上式為一非線性模式求解。

3.2 Sakawa 模糊多目標賽局模式之演算法

模糊多目標雙人零和賽局之賽局理論(fuzzy multiple objective two-person zero-sum game model)，考慮模糊報酬矩陣為 $\tilde{A}^k$，k =1,2,..,r。定義 $\bar{a}^k$、$\underline{a}^k$ 分別表示決策者混合策略對第 k 個目標運用所得報酬期望值 P^k 的上、下界，模糊目標隸屬函數為 $\mu_{\tilde{G}^k(x,y)}(P^k)$，則可建立決策者目標對第 k 個模糊目標隸屬函數 $\mu_{\tilde{G}^k(x,y)}(P^k)$ 可表示如下：

$$\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P^k) = \begin{cases} 0 & if\ \ P^k < \underline{a}^k \\ \left(P^k - \underline{a}^k\right) \Big/ \left(\bar{a}^k - \underline{a}^k\right) & if\ \ \underline{a}^k < P^k < \bar{a}^k \\ 1 & if\ \ \bar{a}^k < P^k \end{cases} \tag{9}$$

定義三角模糊數 $\tilde{a}_{ij}{}^k = \left(a_{ij}{}^k,\ \alpha_{ij}{}^k,\ \beta_{ij}{}^k\right)_{LR}$，對第 k 個目標，模糊報酬矩陣 $\tilde{A}^k$，假設玩家一的目標達成度模糊隸屬函數 $\mu_{\tilde{a}^k(x,y)}(P^k)$ 為線性，可表示如下:

$$\mu_{\tilde{a}^k(x,y)}(P^k)=\begin{cases} 0 & if \quad P^k < a_{ij}^k-\beta_{ij}^k \\ (P^k-a_{ij}^k+\alpha_{ij}^k)/\alpha_{ij}^k & if \quad a_{ij}^k-\alpha_{ij}^k \le P^k < a_{ij}^k \\ (a_{ij}^k+\beta_{ij}^k-P^k)/\beta_{ij}^k & if \quad a_{ij}^k \le P^k \le a_{ij}^k+\beta_{ij}^k \\ 0 & if \quad a_{ij}^k+\beta_{ij}^k < P^k \end{cases} \tag{10}$$

由隸屬函數最佳化$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^*)$可表示如下：

$$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^*)=\min_{k\in K}\max_{P^k}\min(\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P^k),\ \mu_{\tilde{G}^k(x,y)}(P^k)) \tag{11}$$

其中$P^*=(P^{1*},...,P^{r*})$，最佳化策略可證明與下式數學規劃問題同義:

max λ

$$\text{st.}\ \left[\sum_i\sum_j\left(a_{ij}^k+\beta_{ij}^k\right)x_iy_j-\underline{a}^k\right]\Big/\left[\sum_i\sum_j\beta_{ij}^k x_iy_j+\overline{a}^k-\underline{a}^k\right]\ge\lambda \quad \forall y\in Y, k=1,2...,r \tag{12}$$

$$\sum_i x_i=1,\ \sum_i y_j=1$$

$$i=1,2;\ j=1,2.$$

上式為一非線性模式求解，最佳解λ滿足$0\le\lambda\le1$。

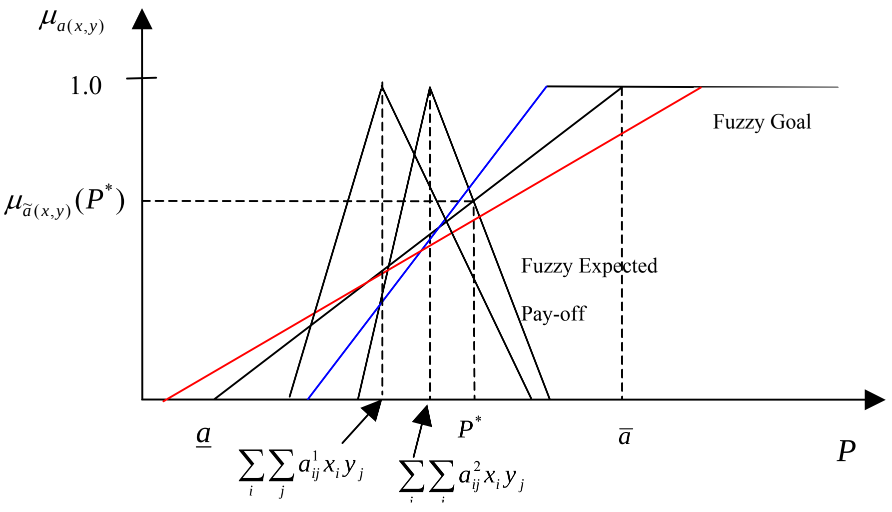

圖 3 預期獲利模糊隸屬函數 $\mu_{\tilde{E}(x,y)}(P^k)$ 與多目標達成度模糊度隸屬函數 $\mu_{\tilde{G}(x,y)}(P^k)$ 關係

3.3 Ramik 求解模糊線性規劃法

模糊線性規劃問題有許多求解的方法，對於模糊限制式參數為模糊時的解法，主要方式是將模糊線性規劃問題轉成多個明確的線性規劃問題，再利用線性規劃方式求解，就是利用多條明確限制式來描述模糊限制式所形成的模糊區域。

Remik (1985)提出對於數條模糊限制式，左側可利用 Zadeh 延伸原理(1975)合併成一個模糊集合 $\tilde{A}_i(x)$，則模糊限制式 $\tilde{A}_i(x) \le \tilde{b}_i$ 可用下列三條明確限制式代替：

$$\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{n} a_i^L x_j \le b_i^L \\ &\sum_{j=1}^{n} a_i^M x_j \le b_i^M \\ &\sum_{j=1}^{n} a_i^U x_j \le b_i^U \end{aligned} \tag{13}$$

以上所述的模糊限制式參數皆以三角模糊數 $\tilde{a}_i = (a_i^L, a_i^M, a_i^U)$ 表示，模糊資源限制皆以三角模糊數 $\tilde{b}_i = (b_i^L, b_i^M, b_i^U)$ 表示。將限制式代換後，模糊線性規劃式即成為傳統的線性規劃式，套用現有的方法即可求出線性規劃的解答，本研究即採用此方法做為求解模糊線性規劃模式之方法。

3.4 模糊線性規劃模式之求解

參考王俊皓、劉浩天(2004)將賽局矩陣中的報酬值以三角模糊數表示，並配合 Remik 求解模糊線性規劃法，求最大期望報酬及混合策略機率。首先，建立模糊線性規劃模式時，若任一玩家其報酬值中有負值或零時，必須將該玩家在所有策略組合下的報酬值全部加上一個常數 K，使其全部變為正數，避免以最大期望報酬 V 遍除各式時，不等式的方向會改變或消失。在非合作賽局中，玩家希望獲取本身最大利益，因此線性規劃模式之目標函數即為玩家的最大期望報酬，報酬值並以模糊數 $\widetilde{V}$ 表示，其目標函數為：

$$\max \tilde{V} \tag{14}$$

在限制式方面，應用賽局均衡之概念，當對手的策略決定時，玩家選擇滿足均衡之策略，可獲得最大的期望報酬 V，因此玩家在面對對手的各種策略組合時其混合策略所之賽局值應趨近於最大期望報酬 $\widetilde{V}$。

同樣假定有玩家 A 與 B，可能選擇的策略數為 i、j，$\widetilde{a}_{ij}$ 為競爭者 A 選擇決策 i，競爭者 B 選擇決策 j 競爭者 A 之預期獲利或損失，$\widetilde{b}_{ij}$ 為競爭者 A 選擇決策 i，競爭者 B 選擇決策 j 競爭者 B 之預期獲利或損失，其中 x_i 為競爭者 A 選擇之混合策略的比例，$\sum_i x_i = 1$，$i = 1,2$，y_j 為競爭者 B 選擇之混合策略的比例，$\sum_j y_j = 1$，$j = 1,2$，$\widetilde{V}_A$ 為玩家 A 的最大期望報酬，$\widetilde{V}_B$ 為玩家 B 的最大期望報酬，則模糊線性規劃模式之限制式可表示如下：

$$\begin{aligned}
&\widetilde{a}_{11}x_1 + \widetilde{a}_{21}x_2 \ge \widetilde{V}_A \\
&\widetilde{a}_{12}x_1 + \widetilde{a}_{22}x_2 \ge \widetilde{V}_A \\
&\sum_{i-1}^{2} x_i = 1 \\
&x_i \ge 0
\end{aligned} \tag{15}$$

$$
\begin{aligned}
&\tilde{b}_{11}y_1 + \tilde{b}_{21}y_2 \geq \tilde{V}_B \\
&\tilde{b}_{12}y_1 + \tilde{b}_{22}y_2 \geq \tilde{V}_B \\
&\sum_{i-1}^{2} y_j = 1 \\
&y_j \geq 0
\end{aligned}
\tag{16}
$$

針對兩位玩家，必須考量在對手的策略組合下，自己混合策略的賽局值是否為最大。

假設兩位玩家其報酬值皆為正值，先前提到的常數 K 為零，則可將目標式及限制式右側 $\tilde{V}$ 值以 $V+\tilde{0}$ 表示，$\tilde{V}_A = V_A + \tilde{0}$，$\tilde{V}_B = V_B + \tilde{0}$，再以 $\tilde{V}_A$、$\tilde{V}_B$ 遍除各式，令

$$X_i = \frac{x_i}{V_A} \tag{17}$$

$$Y_i = \frac{y_i}{V_B} \tag{18}$$

則上述之限制式即變為：

$$
\begin{aligned}
&\tilde{a}_{11}X_1 + \tilde{a}_{21}X_2 - 1 \geq \tilde{0} \\
&\tilde{a}_{12}X_1 + \tilde{a}_{22}X_2 - 1 \geq \tilde{0} \\
&X_i \geq 0
\end{aligned}
\tag{19}
$$

$$
\begin{aligned}
&\tilde{a}_{11}Y_1 + \tilde{a}_{21}Y_2 - 1 \geq \tilde{0} \\
&\tilde{a}_{12}Y_1 + \tilde{a}_{22}Y_2 - 1 \geq \tilde{0} \\
&Y_i \geq 0
\end{aligned}
\tag{20}
$$

又

$\max \tilde{V} = \max V + \max \tilde{0} = \max V + C$ (常數)，且

$$\sum X_i = \sum \frac{x_i}{V_A} = \frac{1}{V_A} \sum x_i = \frac{1}{V_A} \tag{21}$$

$$\sum Y_i = \sum \frac{y_i}{V_B} = \frac{1}{V_B} \sum y_i = \frac{1}{V_B} \tag{22}$$

則對玩家而言欲求得最大報酬$\widetilde{V}$，即求最小$\sum X_i$、$\sum Y_i$值，所以對玩家一模糊線性規劃模目標函數可轉換為：

$$\min \sum X_i \tag{23}$$

接下來以 Remik 求解模糊線性規劃法的方法，將每一條模糊限制式以下列三條明確限制式代替：

$$\begin{aligned} &a_{11}^L X_1 + a_{21}^L X_2 - 1 \geq 0^L \\ &a_{11}^M X_1 + a_{21}^M X_2 - 1 \geq 0^M \\ &a_{11}^U X_1 + a_{21}^U X_2 - 1 \geq 0^U \end{aligned} \tag{24}$$

因此，模糊線性規劃模式轉換為：

$$\min \sum X_i$$

st.

$$\begin{aligned} &a_{11}^L X_1 + a_{21}^L X_2 - 1 \geq 0^L \\ &a_{11}^M X_1 + a_{21}^M X_2 - 1 \geq 0^M \\ &a_{11}^U X_1 + a_{21}^U X_2 - 1 \geq 0^U \\ &a_{12}^L X_1 + a_{22}^L X_2 - 1 \geq 0^L \\ &a_{12}^M X_1 + a_{22}^M X_2 - 1 \geq 0^M \\ &a_{12}^U X_1 + a_{22}^U X_2 - 1 \geq 0^U \\ &X_i \geq 0 \end{aligned} \tag{25}$$

經轉換後，目標式與限制式皆為明確之數學式，即為傳統線性規劃模式，利用數學規劃軟體求解線性規劃模式，可求得 X_i 值，根據 X_i 值可求得最大期望報酬 V_A，$V_A = \dfrac{1}{\sum X_i}$，而每一個策略之機率 x_i 可由(18)式求得：

$$x_i = X_i \times V_A \tag{26}$$

同理，玩家二可以依照上述步驟，將模糊線性規劃式，轉變為明確之傳統線性規劃模式數學式求解，得到雙人賽局中的最大期望報酬 V_B，以及混合策略機率 y_i。本研究即是用此方法，再次求得雙人非合作賽局中的最大期望報酬及混合策略機率，用來比較 Sakawa 的模糊線性規劃法多目標最佳化的結果。

3.5 技術發展的指數趨勢

Joseph P. Martino 在 “Technological Forecasting for Decision Making” 一書中，認為最常見的成長趨勢為指數成長曲線，若將技術的發展資料取對數，會得到線性的關係式。書中以飛機的飛行速度為例，是以推進器的發展如螺旋槳、噴射引擎等不同設計而進步，但將速度取對數做圖，竟發現長期而言，速度的記錄是一條直線，故對技術的發展，可使用指數的趨勢外插法來預測某種技術的出現。

指數的成長趨勢線可如下列表示：

$$dy/dt = ky \qquad (k \text{ 為比例常數}) \tag{27}$$

$$y = y_0 e^{kt} \tag{28}$$

$$\ln y = Y = \ln y_0 + kt \tag{29}$$

其公式的推導為

$$dy/dt = ky \rightarrow (1/y)dy = kdt \rightarrow \ln y = kt + c \quad (c \text{ 為常數})$$

兩邊取指數得

$$y = e^{(kt+c)} \rightarrow y = e^{kt} \times e^{c} \rightarrow t = 0,\ \ y(0) = e^{c} \rightarrow y = y(0) \times e^{kt}$$

當兩邊取自然對數後，即可得線性關係式：$\ln y = \ln y(0) + kt$。

第四章　賽局模式應用於無線區域網路市場分析

本章為實例探討與驗證，根據第三章所建立的賽局模式，以無線網路市場為例，由 Sakawa 所提出的模糊線性規劃式求最佳解，以及 Ramik 所提出的模糊線性規劃法，求得多目標的最佳化，由實際的市場資料，將國內外晶片商股價及出貨量對晶片價格和性能做研究，配合迴歸統計的方法，針對其定價策略及產品研發策略進行模糊非合作雙人賽局分析，驗證雙人非合作賽局模式之實用性。

4.1 無線網路晶片市場介紹

為說明上述雙人模糊非合作賽局模式的求解過程，本論文以無線網路市場為例，討論國內及國外無線網路晶片供應商，以假設提高股價及晶片出貨量為企業目標，所採取的不同賽局策略選擇來做研究。

4.1.1 無線網路產業概況

WLAN 產業大致可分成上游晶片業者、中游 WLAN 設備 ODM 業者及下游 WLAN 品牌業者，產業價值鍊十分完整。2005 年在全球生產地位上，上游晶片業出貨量約佔全球 20%，中游代工產量約佔全球 95%，自有品牌的全球銷售量則約佔 20%，表現搶眼。

在 802.11b 時期，上游晶片業者原供應商為：TI、Conexant、Broadcom、Atheros、Agere，2003~2004 年 WLAN 市場規格從 802.11b 進入 802.11g，陸續加入: Intel、Marvell、 AMD、瑞昱、雷凌及益勤等公司，無線網路晶片價格隨著市場的成長持續下滑。近年來 WLAN 晶片組市場經過激烈的市場競爭後，一些早期的晶片供應廠商逐漸退出市場，目前外商以 Broadcom、Marvell 和 Atheros 的市場佔有率較大，而台系 WLAN 晶片廠則以雷凌、益勤及瑞昱市場佔有率較大。2005 本土晶片設計商，也推出 802.11b/g WLAN 晶片組，以符合市場規格的性能以及合理的價格，在無線網路晶片市場上也佔有一席之地。在 2006 年，各家陸續推出 pre 802.11n 的產品，預計到 2007 年才會推出相容性佳的 11n 量產無線產品，到時候市場必定又會有一番激烈的市場競爭。

從出貨數字方面來看，據估計 2004 年全球 WLAN 設備出貨量約 6781 萬 4 千台，較 2003 年成長 70%，台灣 2004 年 WLAN 設備出量約 5764 萬 2 千台，較 2003 年成長 74%，全球出貨量佔有率約 85%。 NB 內建模組及 AP（橋接器）成長率分別為 130% 及 85%，為 WLAN 設備主要成長動力。2005 年全球 WLAN 設備出貨量約為 12610 萬台，較 2004 年成長 84% 。

台灣無線網路業者主要產品目標市場可分成：主攻網卡 /模組市場、主攻家庭無線

路由器市場 (SOHO Wireless Router)、主攻電信市場 (Telecom Wireless)三類。 其中，台灣業者正文、環電主攻網卡 /模組市場；建漢、中磊主攻家庭無線路由器市場；鴻海、亞旭主攻電信市場。 而每一家無線網路系統製造業者又和上游無線網路晶片商有錯綜複雜的合作關係，系統製造業者及晶片供應商都期望其產品價格及性能在市場上有競爭優勢，並且能有效運用企業內部資源，目標在正確的時間點推出符合市場需求的產品，以增加公司的獲利及市場佔有率。

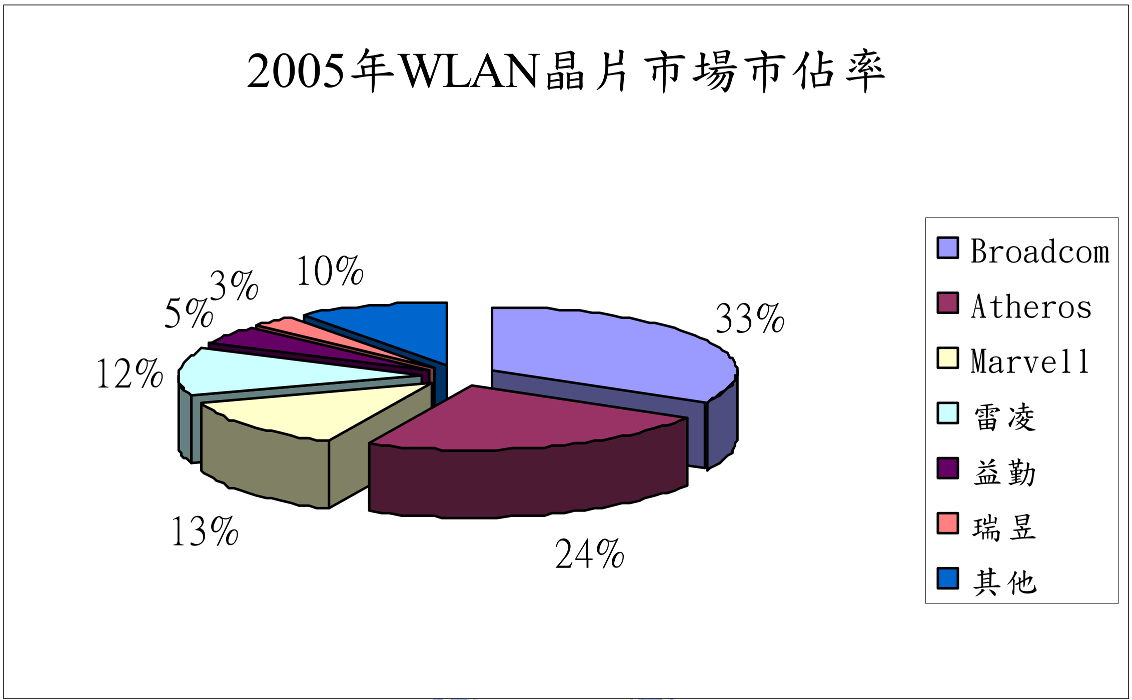

圖 4　2005 年 WLAN 晶片市場市佔率分布情形 (拓撲產業研究所, 2005)

4.1.2 賽局問題描述

本研究將無線區域網路業者分為國內及國外無線網路晶片供應商兩大團體，假定今均期待股價及晶片出貨量提昇，兩大團體有調降晶片價格(USD)或提昇晶片性能(data throughput; Mbps)二方案可選擇，由附錄一國內外晶片商股價及出貨量對晶片價格和性能市場分析，資料晶片性能以無線網路速度代表，以指數成長曲線表示技術的成長趨勢，首先，將無線網路的速度取自然對數，以國內晶片商所提供的無線網路晶片的傳輸速度自然對數值ln(throuthput; Mbps)對時間做圖，結果如下圖：

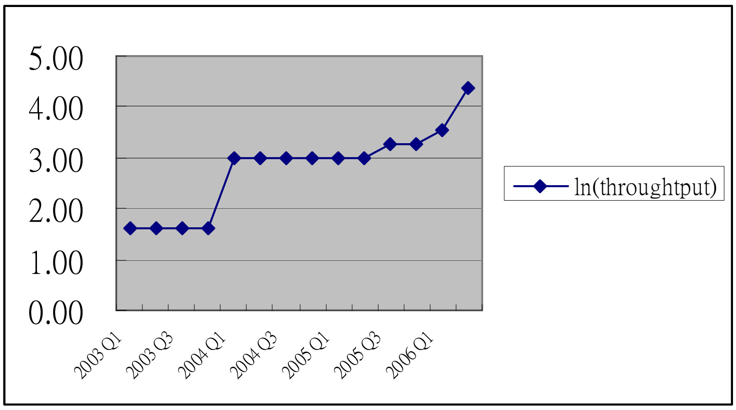

圖 5 2003~2006 無線網路傳輸速度變化之自然對數值

由上圖說明了無線網路傳輸速度取自然對數值後的線性關係，接下來的計算，晶片的性能就以無線網路傳輸速度變化之自然對數值來表示。

國內外晶片商股價及出貨量對晶片價格和性能的關係，利用Excel裏迴歸統計的功能，結果如附錄二，股價/出貨量對晶片價格及性能的迴歸式如下：

國內晶片商股價(USD) = 1.52 – 0.198*晶片價格 + 0.276*晶片性能

國內晶片商出貨量(M) = 11.25 – 1.284*晶片價格 + 0.437*晶片性能

國外晶片商股價(USD) = 23.18 – 1.135*晶片價格 + 2.905*晶片性能

國外晶片商出貨量(M) = 41.04 – 2.567*晶片價格 + 0.299*晶片性能

註：晶片性能為無線網路傳輸速度取自然對數

由ANOVA判定各迴歸式的適配結果良好，迴歸模式的預測能力顯著。根據國內外晶片商股價對晶片價格/晶片性能迴歸式的係數，可表示調降晶片價格或提昇晶片性能對股價之影響程度，如表一所示：

表一 調降晶片價格或提昇晶片性能對股價之影響

競爭方案屬性每增加一單位	國內晶片供應商股價變動 (USD)	國外晶片供應商股價變動 (USD)
調降晶片價格 (USD)	0.198	1.135
提昇晶片性能 (Mbps)	0.276	2.905

今假設調降晶片價格或提昇晶片性能二方案對另一目標晶片出貨量之影響，國內晶片供應商晶片出貨量變化之模糊報酬矩陣如表二所示。

表二　調降晶片價格或提昇晶片性能對晶片出貨量之影響

競爭方案屬性每增加一單位	國內晶片供應商晶片出貨量變動 (M set)	國外晶片供應商晶片出貨量變動 (M set)
調降晶片價格 (USD)	1.284	2.567
提昇晶片性能 (Mbps)	0.437	0.299

由表一資料，可依(1)式，國內晶片供應商股價變化之模糊報酬矩陣如表三所示。

表三　國內晶片供應商股價變化之模糊報酬矩陣

	國外晶片供應商調降晶片價格一單位之股價變化	國外晶片供應商提昇晶片性能一單位之股價變化
國內晶片供應商調降晶片價格一單位之股價變化	-1.135~0.198 ($\tilde{a}_{11}^{1}$)	-2.905~0.198 ($\tilde{a}_{12}^{1}$)
國內晶片供應商提昇晶片性能增加一單位之股價變化	-1.135~0.276 ($\tilde{a}_{21}^{1}$)	-2.905~0.276 ($\tilde{a}_{22}^{1}$)

表三中各元素值，表示國內晶片供應商與國外晶片供應商採各競爭手段下的國內晶片供應商預期股價變化區間，負值表減少，正值表增加。同樣由表二資料，可依(1)式，國內晶片供應商晶片出貨量變化之模糊報酬矩陣如表四所示。

表四　國內晶片供應商晶片出貨量變化之模糊報酬矩陣

	國外晶片供應商調降晶片價格一單位之晶片出貨量變化	國外晶片供應商提昇晶片性能一單位之晶片出貨量變化
國內晶片供應商調降晶片價格一單位之晶片出貨量變化	-2.567~1.284 ($\tilde{a}_{11}^{2}$)	-0.299~1.284 ($\tilde{a}_{12}^{2}$)
國內晶片供應商提昇晶片性能增加一單位之晶片出貨量變化	-2.567~0.437 ($\tilde{a}_{21}^{2}$)	-0.299~0.437 ($\tilde{a}_{22}^{2}$)

表四中各元素值，表示國內晶片供應商與國外晶片供應商採各競爭手段下的國內晶片供應商預期晶片出貨量變化區間，負值表減少，正值表增加。

4.2 單一目標/多目標賽局配合 Sakawa 模糊賽局模式之應用

由上一節所得到的模糊報酬矩陣，以下就 Sakawa 模糊賽局求解的方法，對單一目標賽局及多目標賽局模式分別做討論。

4.2.1 單一目標模糊賽局

由以上資料，參考式(2), (3)，由表三分別定義 a_{ij}^k, α_{ij}^k, β_{ij}^k $(i, j, k = 1, 2)$ 如下：

$$a_{11}^1 = a_{12}^1 = a_{21}^1 = a_{22}^1 = 0 \tag{30}$$

$$\alpha_{11}^1 = \alpha_{21}^1 = -1.135 \tag{31}$$

$$\alpha_{12}^1 = \alpha_{22}^1 = -2.905 \tag{32}$$

$$\beta_{11}^1 = \beta_{12}^1 = 0.198 \tag{33}$$

$$\beta_{21}^1 = \beta_{22}^1 = 0.276 \tag{34}$$

假定國內晶片供應商預期股價變動區間為 0~0.2，可定義目標達成度之模糊度隸屬函數 $\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^1)$ 如下：

$$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^1) = \begin{cases} 0 & \text{if } P^1 \le 0 \\ P^1 / 0.2 & \text{if } 0 < P^1 < 0.2 \\ 1 & \text{if } 0.2 < P^1 \end{cases} \tag{35}$$

由以上定義可以由式(8)，整理國外與國內無線網路晶片供應商競爭模式之數學規劃式如下：

$$\max \ \lambda$$

$$\text{st.} \quad \left[\sum_i \sum_j \left(a_{ij}^1 + \beta_{ij}^1 \right) x_i y_j \right] \Big/ \left[\sum_i \sum_j \beta_{ij}^1 x_i y_j + 0.2 \right] \ge \lambda \quad i, j = 1,2 \tag{36}$$

$$x_1 + x_2 = 1 \,,\ y_1 + y_2 = 1$$

由 LINGO 軟體，程式如附錄四，可求得(29)式最適解 λ=0.58，x_1=0，x_2=1，表示對國內晶片供應商而言，選擇策略 2，最適解的股價能增加 0.2*0.58=0.116(USD)。

同樣由表四出貨量變化的資料可得到定義 a_{ij}^k, α_{ij}^k, β_{ij}^k $(i, j, k = 1, 2)$ 如下：

$$a_{11}^2 = a_{12}^2 = a_{21}^2 = a_{22}^2 = 0 \tag{37}$$

$$\alpha_{11}^2 = \alpha_{21}^2 = 2.567 \tag{38}$$

$$\alpha_{12}^2 = \alpha_{22}^2 = 0.299 \tag{39}$$

$$\beta_{11}^2 = \beta_{12}^2 = 1.284 \tag{40}$$

$$\beta_{21}^2 = \beta_{22}^2 = 0.437 \tag{41}$$

再假定國內晶片供應商預期晶片出貨量變動區間為 0~0.5，可定義目標達成度之模糊度隸屬函數 $\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^2)$ 如下：

$$\mu_{\tilde{a}(x,y)}(P^2) = \begin{cases} 0 & if\ \ P^2 \le 0 \\ P^2 / 0.5 & if\ \ 0 < P^2 < 0.5 \\ 1 & if\ \ 0.3 < P^2 \end{cases} \tag{42}$$

由以上定義由式(12)，整理國外與國內無線網路晶片供應商競爭模式之數學規劃式如下：

$$\max \ \ \lambda$$

$$\text{st.} \quad \left[\sum_i \sum_j \left(a_{ij}^2 + \beta_{ij}^2\right) x_i y_j\right] \Big/ \left[\sum_i \sum_j \beta_{ij}^2 x_i y_j + 0.5\right] \ge \lambda \quad i, j = 1,2 \tag{43}$$

$$x_1 + x_2 = 1 \,,\ y_1 + y_2 = 1$$

由 LINGO 軟體，可求得(43)式最適解 λ=0.72， x_1=1， x_2=0，表示對國內晶片供應商而言，選擇策略 1，最適解的出貨量能增加 0.5*0.72=0.36(Mset)。

4.2.2 多目標混合策略模糊賽局

若國內晶片供應商欲同時增加股價及晶片出貨量，欲求得最大的股價及晶片出貨量，由以上資料定義 a_{ij}^k, α_{ij}^k, β_{ij}^k $(i, j, k = 1, 2)$及目標達成度之模糊度隸屬函數，同樣假設國內晶片供應商預期股價變動區間為 0~0.2，及國內晶片供應商預期晶片出貨量變動

區間為 0~0.5，同樣採用 Sakawa 的模糊線性規劃式(8)，整理國外與國內無線網路晶片供應商競爭模式之多目標數學規劃式如下：

max λ

$$\text{st.}\quad \left[\sum_i\sum_j\left(a_{ij}^1+\beta_{ij}^1\right)x_iy_j\right]\Bigg/\left[\sum_i\sum_j\beta_{ij}^1x_iy_j+0.2\right]\geq\lambda\quad i,j=1,2 \tag{44}$$

$$\left[\sum_i\sum_j\left(a_{ij}^2+\beta_{ij}^2\right)x_iy_j\right]\Bigg/\left[\sum_i\sum_j\beta_{ij}^2x_iy_j+0.5\right]\geq\lambda\quad i,j=1,2 \tag{45}$$

$$x_1+x_2=1,\ y_1+y_2=1$$

由 LINGO 軟體，可求得(44)及(45)式多目標模糊線性規劃式的最適解 λ=0.562，x_1=0.24，x_2=0.76，表示對國內晶片供應商而言，選擇混合策略，最適解的股價能增加 0.2*0.562=0.112，晶片出貨量能增加 0.5*0.562=0.281。

4.2.3 最佳解與期望報酬值的關係

4.2.2 節先假設國內晶片供應商預期股價變動區間為 0~0.2，及國內晶片供應商預期晶片出貨量變動區間為 0~0.5，去求得最適解及混合策略比例，接下來就幾組不同之目標一及目標二的期望報酬上界值，代入(44)、(45)式中分析最佳解 λ 的變化，結果如下表：

表五　Sakawa 賽局模式最佳解與目標期望報酬值上界之關係

	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5
目標一期望報酬值上界 $\bar{a}^1$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
目標二期望報酬值上界 $\bar{a}^2$	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
最佳解 λ	0.52	0.40	0.32	0.25	0.22
玩家一混合策略 x_1	0.76	0.11	0	0	0
玩家一混合策略 x_2	0.24	0.89	1	1	1

由以上五組不同的目標期望上界的分析結果，說明了在不同的期望值條件下，會得到不同的最佳解λ，賽局玩家選擇混合策略的比例也會有所不同，以本例來說，目標一(提昇股價)的期望報酬越高，賽局模式計算的結果傾向建議玩家一(國內晶片商)採取策略二(提昇產品規格性能)，而目標二(增加出貨量)的期望報酬越高，賽局模式計算的結果傾向建議玩家一採取混合策略(同時提昇產品規格性能及採價格策略)。由此可知，在 Sakawa 賽局模式中，對多目標的每個目標期望報酬會直接影響到決策的結果及策略的選擇，在決策前瞭解每個目標期望的達成度，可提供比較明確的目標期望報酬值上下界，有助於最佳解的結果的估計及混合策略的選擇。

4.3 Ramik 模糊線性規劃法應用於模糊雙人賽局求解

再以雙人零和賽局矩陣中模糊報酬數值以三角模糊數表示，配合 Ramik (1985)線性規劃模式求解的方法，就單一目標及多目標來計算以上的實例。

4.3.1 單一目標模糊賽局

參考表三的數據，對玩家一(國內晶片商)及玩家二來說，目標一(提高股價)的模糊報酬矩陣為：

$$\begin{bmatrix} (0.1\tilde{9}8, 1.1\tilde{3}5) & (0.1\tilde{9}8, 2.9\tilde{0}5) \\ (0.2\tilde{7}6, 1.1\tilde{3}5) & (0.2\tilde{7}6, 2.9\tilde{0}5) \end{bmatrix} \tag{46}$$

假設模糊報酬區間為 10%，則雙人模糊報酬非零和賽局的賽局矩陣為：

$$\begin{bmatrix} ((0.178, 0.198, 0.218), (1.022, 1.135, 1.249)) & ((0.178, 0.198, 0.218), (2.610, 2.905, 3.196)) \\ ((0.248, 0.276, 0.304), (1.022, 1.135, 1.249)) & ((0.248, 0.276, 0.304), (2.610, 2.905, 3.196)) \end{bmatrix} \tag{47}$$

假設 x_1、x_2 為玩家一選擇策略一及策略二的機率，y_1、y_2 為玩家二選擇策略一及策略二的機率，$\tilde{V}_A^1$ 為玩家一對目標一的最大期望報酬，$\tilde{V}_B^1$ 為玩家二對目標一的最大期望報酬，由以上的矩陣可以建立玩家一模糊線性規劃式如下：

$$\max \ \tilde{V}_A^1$$

st.　$(0.178, 0.198, 0.218)\, x_1 + (0.248, 0.276, 0.304)\, x_2 \geqq \widetilde{V}_A^1$　(48)

$x_1 + x_2 = 1$,

$x_1, x_2 \geqq 0$

玩家二模糊線性規劃式如下：

max $\widetilde{V}_B^1$

st.　$(1.022, 1.135, 1.249)\, y_1 + (2.610, 2.905, 3.196)\, y_2 \geqq \widetilde{V}_B^1$　(49)

$y_1 + y_2 = 1$,

$y_1, y_2 \geqq 0$

將上式轉換成線性規劃式，令 $\widetilde{V}_A^1 = V_A^1 + \widetilde{0}$ 且 $\widetilde{0} = (-0.01, 0, 0.01)$，$X_i = x_i / V_A^1$，$\widetilde{V}_B^1 = V_B^1 + \widetilde{0}$ 且 $\widetilde{0} = (-0.01, 0, 0.01)$，$Y_i = y_i / V_B^1$，以 Ramik 法(1985)做為求解模糊線性規劃的方法，則玩家一的線性規劃模式為：

min $\sum_{i=1}^{2} X_i$

st.　$0.178\, X_1 + 0.248\, X_2 - 1 \geqq -0.01$

$0.198\, X_1 + 0.276\, X_2 - 1 \geqq 0$　(50)

$0.218\, X_1 + 0.304\, X_2 - 1 \geqq 0.01$

$X_1, X_2 \geqq 0$

同樣的，玩家二的線性規劃模式可轉換為：

$$\min \sum_{i=1}^{2} Y_i$$

$$\begin{aligned} \text{st.}\quad & 1.022\,Y_1 + 2.610\,Y_2 - 1 \geqq -0.01 \\ & 1.135\,Y_1 + 2.905\,Y_2 - 1 \geqq 0 \\ & 1.249\,Y_1 + 3.196\,Y_2 - 1 \geqq 0.01 \\ & Y_1, Y_2 \geqq 0 \end{aligned} \tag{51}$$

以上(50)、(51)式可由數學規劃軟體 LINGO 求解，求得結果如下：

$X_1 = 0,\ X_2 = 3.99$

$Y_1 = 0,\ Y_2 = 0.379$

依據前面最大期望報酬的定義，可得V_A^1、V_B^1：

$$V_A^1 = \frac{1}{\sum X_i} = 0.25$$

$$V_B^1 = \frac{1}{\sum Y_i} = 2.64$$

由 Ramik 求解模糊線性規劃的方法，就目標一(提高股價)而言，玩家一及玩家二（國外晶片商）採取策略二(提昇晶片性能)，目標的達成率最高。

同樣的，目標二(提高出貨量)也可以採用 Ramik 求解模糊線性規劃的方式來計算。由表四的數據，對玩家一(國內晶片商)及玩家二來說，目標二的模糊報酬矩陣為：

$$\begin{bmatrix} (1.2\tilde{8}4, 2.5\tilde{6}7) & (1.2\tilde{8}4, 0.2\tilde{9}9) \\ (0.4\tilde{3}7, 2.5\tilde{6}7) & (0.4\tilde{3}7, 0.2\tilde{9}9) \end{bmatrix} \tag{52}$$

假設模糊報酬區間為 10%，則雙人模糊報酬非零和賽局的賽局矩陣為：

$$\begin{bmatrix} ((1.156, 1.284, 1.412), (2.310, 2.567, 2.824)) & ((1.156, 1.284, 1.412), (0.269, 0.299, 0.329)) \\ ((0.393, 0.437, 0.481), (2.310, 2.567, 2.824)) & ((0.393, 0.437, 0.481), (0.269, 0.299, 0.329)) \end{bmatrix}$$

(53)

同樣假設 x_1、x_2 為玩家一選擇策略一及策略二的機率，y_1、y_2 為玩家二選擇策略一及策略二的機率，$\tilde{V}_A^2$ 為玩家一對目標二的最大期望報酬，$\tilde{V}_B^2$ 為玩家二對目標二的最大期望報酬，由以上的矩陣可以建立玩家一模糊線性規劃式如下：

$$
\begin{aligned}
&\max \ \tilde{V}_A^2 \\
&\text{st.} \quad (1.156, 1.284, 1.412)\, x_1 + (0.393, 0.437, 0.481)\, x_2 \geqq \tilde{V}_A^2 \\
&\qquad x_1 + x_2 = 1, \\
&\qquad x_1, x_2 \geqq 0
\end{aligned}
\tag{54}
$$

玩家二模糊線性規劃式如下：

$$
\begin{aligned}
&\max \ \tilde{V}_B^2 \\
&\text{st.} \quad (2.310, 2.567, 2.824)\, y_1 + (0.269, 0.299, 0.329)\, y_2 \geqq \tilde{V}_B^2 \\
&\qquad y_1 + y_2 = 1, \\
&\qquad y_1, y_2 \geqq 0
\end{aligned}
\tag{55}
$$

將上式轉換成線性規劃式，令 $\tilde{V}_A^2 = V_A^2 + \tilde{0}$ 且 $\tilde{0} = (-0.01, 0, 0.01)$， $X_i = x_i / V_A^2$ ，$\tilde{V}_B^2 = V_B^2 + \tilde{0}$ 且 $\tilde{0} = (-0.01, 0, 0.01)$，$Y_i = y_i / V_B^2$ ，同樣以 Ramik 法求解模糊線性規劃，則玩家一的線性規劃模式為：

$$
\begin{aligned}
&\min \ \sum_{i=1}^{2} X_i \\
&\text{st.} \quad 1.156\, X_1 + 0.393\, X_2 - 1 \geqq -0.01 \\
&\qquad 1.284\, X_1 + 0.437\, X_2 - 1 \geqq 0
\end{aligned}
\tag{56}
$$

$1.412\, X_1 + 0.481\, X_2 - 1 \geqq 0.01$

$X_1 , X_2 \geqq 0$

同樣的，玩家二的線性規劃模式可轉換為：

$$\min \sum_{i=1}^{2} Y_i$$

$$\begin{aligned} \text{st.} \quad & 2.310\, Y_1 + 0.269\, Y_2 - 1 \geqq -0.01 \\ & 2.567\, Y_1 + 0.299\, Y_2 - 1 \geqq 0 \\ & 2.824\, Y_1 + 0.329\, Y_2 - 1 \geqq 0.01 \\ & Y_1 , Y_2 \geqq 0 \end{aligned} \tag{57}$$

以上(56)、(57)式可由數學規劃軟體 LINGO 求解，求得結果如下：

$X_1 = 0.856,\ X_2 = 0$

$Y_1 = 0.429,\ Y_2 = 0$

依據前面最大期望報酬的定義，可得V_A^1、V_B^1：

$$V_A^1 = \frac{1}{\sum X_i} = 1.17$$

$$V_B^1 = \frac{1}{\sum Y_i} = 2.33$$

由 Ramik 求解模糊線性規劃的方法，就目標二(提高出貨量)而言，玩家一(國內晶片商)及玩家二（國外晶片商）採取策略一(調降晶片價格)，目標的達成率最高。

4.3.2 多目標模糊賽局

若同時考慮目標一及目標二，則玩家一的線性規劃模式為：

$$\min \sum_{i=1}^{2} X_i$$

$$
\begin{aligned}
\text{st.}\quad & 0.178\,X_1 + 0.248\,X_2 - 1 \geqq -0.01 \\
& 0.198\,X_1 + 0.276\,X_2 - 1 \geqq 0 \\
& 0.218\,X_1 + 0.304\,X_2 - 1 \geqq 0.01 \\
& 1.156\,X_1 + 0.393\,X_2 - 1 \geqq -0.01 \\
& 1.284\,X_1 + 0.437\,X_2 - 1 \geqq 0 \\
& 1.412\,X_1 + 0.481\,X_2 - 1 \geqq 0.01 \\
& X_1 , X_2 \geqq 0
\end{aligned}
\tag{58}
$$

同樣的玩家二的線性規劃模式可轉換為：

$$\min \ \sum_{i=1}^{2} Y_i$$

$$
\begin{aligned}
\text{st.}\quad & 1.022\,Y_1 + 2.610\,Y_2 - 1 \geqq -0.01 \\
& 1.135\,Y_1 + 2.905\,Y_2 - 1 \geqq 0 \\
& 1.249\,Y_1 + 3.196\,Y_2 - 1 \geqq 0.01 \\
& 2.310\,Y_1 + 0.269\,Y_2 - 1 \geqq -0.01 \\
& 2.567\,Y_1 + 0.299\,Y_2 - 1 \geqq 0 \\
& 2.824\,Y_1 + 0.329\,Y_2 - 1 \geqq 0.01 \\
& Y_1 , Y_2 \geqq 0
\end{aligned}
\tag{59}
$$

以上(58)、(59)式可由數學規劃軟體 LINGO 求解，求得結果如下：

$X_1 = 0,\ X_2 = 3.99$

$Y_1 = 0.403,\ Y_2 = 0.222$

依據前面最大期望報酬的定義，可得 V_A 、 V_B ：

$$V_A = \frac{1}{\sum X_i} = 0.134$$

$$V_B = \frac{1}{\sum Y_i} = 1.60$$

由 Ramik 求解模糊線性規劃的方法，就同時考慮目標一(提高股價)及目標二(提高出貨量)而言，玩家一(國內晶片商)採取策略一(調降晶片價格)，玩家二（國外晶片商）採取混合策略(調降晶片價格以及提昇晶片性能)，目標的達成率最高。

4.3.3 最大期望報酬與模糊區間的關係

接下來討論在模糊報酬矩陣中，在不同之模糊區間時，最大期望報酬的變化，假設幾組期望報酬在模糊區間為 5%、10%、15%、20%、30%，改變(48)式及(54)式的模糊賽局矩陣，同樣利用多目標的方程式(25)式，結果如下表：

表六　Ramik 模糊線性規劃法最大期望報酬與報酬矩陣模糊區間之關係

模糊報酬區間	5%	10%	15%	20%	30%
(X_1, X_2)	(0, 3.78)	(0, 3.99)	(0, 4.22)	(0, 4.48)	(0, 5.12)
(Y_1, Y_2)	(0.382, 0.210)	(0.403, 0.221)	(0.426, 0.234)	(0.453, 0.249)	(0.518, 0.285)
V_A	0.265	0.251	0.236	0.223	0.195
V_B	1.690	1.603	1.515	1.425	1.205

由以上的最大期望報酬與報酬矩陣模糊區間的關係做圖，其結果如下：

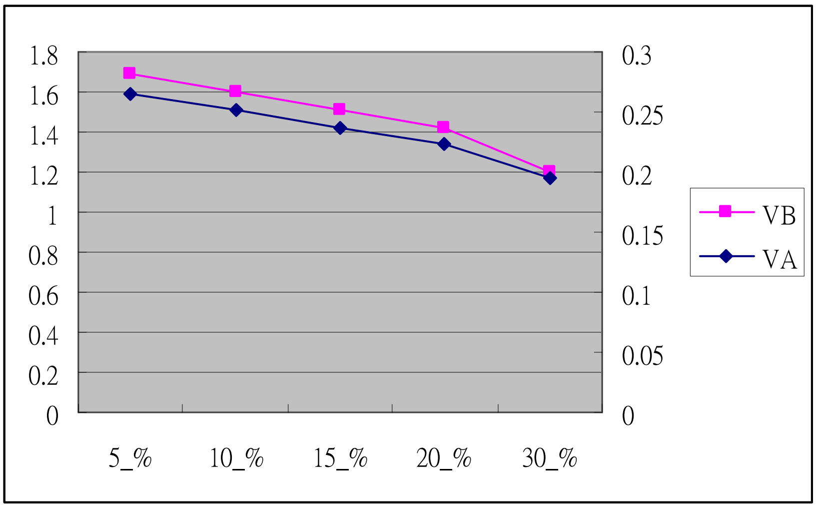

圖 6 Ramik 模糊線性規劃法最大期望報酬與報酬矩陣模糊區間之關係

由圖中可得到此例的模糊報酬區間越大，最大期望報酬值越小。以上的分析結果，說明了在不同的模糊報酬區間條件下，最大期望報酬也會隨之變化，但賽局玩家選擇混合策略的比例並沒有不同。以此例來說，模糊報酬區間越大，最大期望報酬值越小，玩家一的策略沒有改變，而玩家二的混合策略比例也是固定，約為 0.65: 0.35, 並沒有隨模糊報酬區間增大而改變。故模糊報酬區間不確定，會影響到最大期望報酬的預測結果，但對於決策所需要的策略選擇及混合策略的比例，並不會有影響。

接下來再討論最大期望報酬 $\tilde{V}$ 在不同之模糊區間時，最大期望報酬的變化，先前令最大期望報酬 $\tilde{V}$ 的模糊區間為 1%，$\tilde{V} = V + \tilde{0}$ 且 $\tilde{0} = (-0.01, 0, 0.01)$，在此假設幾組不同的模糊期望報酬區間 1%、5%、10%、15%、20%給 $\tilde{0}$，假設模糊報酬矩陣的區間固定為 10%，由(51)及(52)式，求 Ramik 模糊線性規劃法多目標賽局的最大期望報酬及策略選擇的變化，結果如下表：

表七　Ramik 模糊線性規劃法最大期望報酬與模糊區間之關係

模糊報酬區間	1%	5%	10%	15%	20%	30%
(X_1, X_2)	(0, 3.99)	(0, 3.82)	(0, 3.62)	(0, 3.79)	(0, 3.95)	(0, 0.428)
(Y_1, Y_2)	(0.403, 0.211)	(0.386, 0.212)	(0.366, 0.201)	(0.383, 0.210)	(0.399, 0.219)	(0.433, 0.238)
V_A	0.251	0.261	0.276	0.264	0.253	0.234
V_B	1.603	1.672	1.763	1.686	1.616	1.493

由以上的最大期望報酬與模糊期望報酬區間的關係做圖，其結果如下：

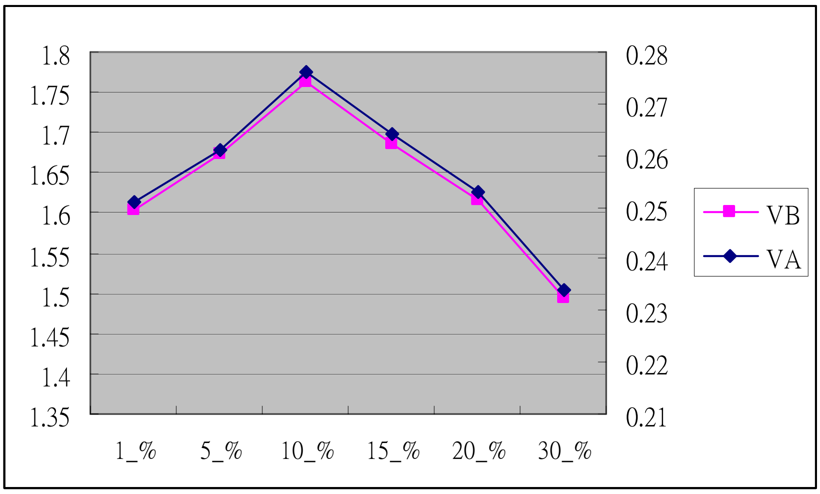

圖 7 Ramik 模糊線性規劃法最大期望報酬與模糊區間之關係

由圖中可見到，此例玩家一及玩家二的最大期望報酬值，隨模糊期望報酬區間變化的趨勢是相同的，而模糊期望報酬區間在 10%時，玩家一及玩家二的最大期望報酬值最大。

以上的分析結果，說明了在不同的模糊期望報酬區間條件下，最大期望報酬會隨之變化，賽局玩家選擇混合策略的比例並不會有所不同。以此例來說，在期望模糊報酬區間 10%時，最大期望報酬值最大，而玩家一的策略沒有改變，而玩家二的混合策略比例也是固定，維持在 0.65: 0.35, 並沒有隨模糊期望報酬區間增大而改變。故模糊期望報酬區間不確定，會影響到最大期望報酬的預測結果，但對於決策所需要的策略選擇及混合策略的比例，並不會有影響。

本研究所使用的第二個方法，應用 Ramik 模糊線性規劃法於模糊雙人賽局求解，在報酬矩陣及最大期望報酬的報模糊區間需要做兩次的假設，對混合機率的選擇不會有影響，但增加在估計最大期望報酬值的誤差的機會，對要求精確估計目標達成度的實例較不合適，是方法的缺點所在。

4.4 結果之分析與討論

由以上的計算結果，在不同的期望值及模糊區間條件下，會得到不同的最佳解及不同策略組合。在大部份的不同條件下，兩種方法的結果多半都是建議玩家一（國內晶片商）採用策略二（提昇晶片性能），也就是推出傳輸速度較快的新一代晶片，對股價及出貨量的增加，會有直接的幫助。

在多目標雙人非合作賽局決策時，報酬矩陣的值可如同本研究的實際案例，由過去的歷史資料得到模糊報酬矩陣的值，其目標期望報酬值上下界明確的例子，使用 Sakawa 模糊賽局模式，可以得到明確的最佳解及混合策略的組合，因計算過程簡單且結果明確，是良好的的決策參考工具。在 Sakawa 賽局模式中，對多目標的每個目標期望報酬會直接影響到決策的結果及策略的選擇，在決策前瞭解每個目標期望的達成度，可提供比較明確的目標期望報酬，去定義目標期望報酬值的上下界，有助於最佳解的結果及混合策略的選擇。

使用 Ramik 模糊線性規劃法，也能得到最大期望報酬值的預測結果，但預測結果會因報酬矩陣中模糊報酬區間大小而有所不同，在報酬矩陣及最大期望報酬的模糊區間需要做兩次的假設，對混合機率的選擇不會有影響，但增加在估計最大期望報酬值的誤差的機會，而一般報酬矩陣中模糊區間的大小是比較主觀的，是決策者假設的區間，故預測最大報酬值的結果能提供參考，但由 4.3.3 節的研究結果，策略的選擇及混合策略的比例是不會因為模糊報酬區間的大小而有所改變，故對決策者而言，使用 Ramik 模糊線性規劃法來做策略的選擇，仍是很好的方法。

在多準則的情形下，欲求得目標的最佳化，由於要兼顧到各個多個目標，可能會做權衡(trade-off)犧牲掉某個目標，無法達到各單目標時的目標達成度。由 Sakawa 及 Ramik 所提出的模糊線性規劃法，可嘗試獲得多目標的最適解，配合混合策略的運用，不會過度犧牲各個目標的達成度。本研究在無線網路市場的賽局中，目標為提昇股價及增加晶片出貨量，為求得多目標的最適解，整體的目標達成度會比單一目標時來得稍低，但就整體企業的利益考量，兼顧了多目標的策略對企業本身，還是正確的決策。

在實際情況下，混合策略的執行也是一項挑戰，如何讓資源分配如混合策略的計算結果，按比例分配及執行，還要依實際狀況而定。

本研究僅利用 Sakawa 模糊非合作賽局的模式，針對零和一次同時行動雙人賽局進行討論，並沒有討論到實際賽局中可能會有雙贏的情況發生，後續可針對其他型式之賽局(如合作賽局、依序賽局、多次賽局、多人賽局)進行研究，可讓賽局理論的應用更完備。

在討論實際案例時，本論文中假設對在各競爭方案屬性及目標重要性相同，並沒有針對不同目標有不同的權重值，若能根據各玩家對競爭方案屬性及目標的相互關係，給於適當的權重值，能使模糊賽局模式更具實用性。

對於 Sakawa 模糊線性規劃式，假設目標達成度模糊度隸屬函數為線性，對目標達成度非線性的例子本研究所提出的模式就不適用。

本論文第二方法對模糊報酬數值，採用 Ramik 的方法求解模糊線性規劃，未來研究可配合其他模糊線性規劃求解的方式，比較計算的結果，期望能更符合現實決策者之所需。

以下就 Sakawa 模糊賽局模式及 Ramik 模糊線性規劃的方法求解雙人賽局模糊線性規劃式，就模糊賽局實例的應用上，以本論文的研究做一比較表如下：

表八　Sakawa 模糊賽局模式及 Ramik 模糊線性規劃法之比較

賽局模式	Sakawa 模糊賽局模式	Ramik 模糊線性規劃法
適用範圍	1.非合作一次同時行動多目標雙人賽局 2. 目標達成度模糊度隸屬函數必須為線性 3. 瞭解每個目標期望的達成度，以定義目標期望報酬值之上下界 4. 各競爭方案屬性及目標重要性相同，各目標權重相同	1.非合作一次同時行動多目標雙人賽局 2. 目標達成度模糊度隸屬函數必須為線性 3. 需設定報酬矩陣及最大期望報酬的模糊區間 4. 各競爭方案屬性及目標重要性相同，各目標權重相同

	5. 可得到明確的目標期望報酬值及決策所需的混合機率值	5. 可得到決策所需明確混合機率值，但目標期望報酬值的準確度受到模糊區間大小的影響

另外，在實際情況下，混合策略的執行也是一項挑戰，如何讓資源分配如混合策略的計算結果，按比例分配及執行，也要依實際狀況而定，才能達到當初設定目標所預期的期望報酬。

第五章　結論與建議

本研究所討論的模糊非合作賽局求解模式，考量影響各玩家策略的屬性因素與報酬值的型式等，採用模糊的概念，以增加其完整性與實用性。由 Sawaka 模糊賽局模式及 Ramik 的模糊數學規劃法，使賽局模式能反映出決策者之期望水準與報酬矩陣中各元素的模糊性，也使模式更符合現實且決策更富彈性以求得多目標的最適解。最後以無線區域線路市場競爭分析為例，由實際的市場資料，將國內外晶片商股價及出貨量對晶片價格和性能做研究，晶片性能以無線網路速度代表，以指數成長曲線表示技術的成長趨勢，利用迴歸統計的方法得到晶片商股價對晶片價格/性能迴歸式的係數，表示調整晶片價格或提昇晶片性能對股價之影響程度，針對其所採取之定價策略及產品的功能性進行模糊非合作雙人賽局分析，求得提昇股價及出貨量為單一目標及多目標的最適解，以驗證本研究之實用性。

本研究先分別求得單一目標的最適解，再討論多目標時的最佳賽局解。由計算結果，無論是 Sakawa 模糊賽局模式或是 Ramik 的模糊線性規劃法，大部份的條件下，都是建議玩家(國內晶片供應商)採取提供產品性能的策略，目標的達成度較高。

在多目標雙人非合作賽局決策時，目標期望報酬值上下界明確的例子，使用 Sakawa 模糊賽局模式，可以得到明確的最佳解及混合策略的組合，因計算過程簡單且結果明確，是良好的的決策參考工具。在 Sakawa 賽局模式中，對多目標的每個目標期望報酬會直接影響到決策的結果及策略的選擇，在決策前瞭解每個目標期望的達成度，可提供比較明確的目標期望報酬，去定義目標期望報酬值的上下界，有助於最佳解的結果的估計及混合策略的選擇。

使用 Ramik 模糊線性規劃法，也能得到最大期望報酬值的預測結果，但預測結果會因報酬矩陣中模糊報酬區間大小而有所不同，在報酬矩陣及最大期望報酬的模糊區間需要做兩次的假設，對混合機率的選擇不會有影響，但增加在估計最大期望報酬值的誤差的機會，而一般報酬矩陣中模糊區間的大小是比較主觀的，是決策者假設的區間，故預測最大報酬值的結果能提供參考，由本論文的研究結果，策略的選擇及混合策略的比例是不會因為模糊報酬區間的大小而有所改變，故對決策者而言，使用 Ramik 模糊線性規劃法來做策略的選擇，仍是很好的方法。

在多準則的情形下，欲求得目標的最佳化，由於要兼顧到各個多個目標，可能會做權衡(trade-off)犠牲掉某個目標，無法達到各單目標時的目標達成度。由 Sakawa 及 Ramik 求解的方式，所提出的模糊線性規劃法，可以求得多目標的最適解，是提供管理者或決策者在選擇公司經營策略或面對賽局時，可以使用的良好方法。

本研究提出的模式增加多目標賽局的實用性，但仍有部份未考慮之處，對後續研究方面，可朝以下幾個方向發展：

1. 本研究僅針對零和一次同時行動雙人賽局進行討論，並沒有討論到實際賽局中可能會有雙贏的情況發生，後續可針對其他型式之賽局(如合作賽局、依序賽局、多次賽局、多人賽局)進行研究，可讓賽局理論的應用更完備。

2. 在各競爭方案屬性及目標重要性假設相同，未來的研究可根據玩家對競爭方案屬性及目標的相互關係，給於適當的權重值，能使模式更具實用性。

3. 對於 Sakawa 模糊線性規劃式，假設目標達成度模糊度隸屬函數為線性，未來可針對非線性的模式加以討論。

4. 本論文對模糊報酬數值，採用 Ramik 的方法求解模糊線性規劃，未來研究可配合其他模糊線性規劃求解的方式，比較計算的結果，期望能更符合現實決策者之所需。

參考文獻

曾國雄、馮正民、陳郁文(1997)，「模糊雙人競局應用於台灣地區小汽車市場競爭分析」，中國行政評論，6(3)，pp71-79。

林秋如(1998) 「油電合式車輛競爭策略之評估-模糊多目標競局之應用」，華梵大學工業管理學系碩士論文。

王俊皓(2002) 「多人多屬性模糊非合作賽局之研究」，義守大學工程與管理學系碩士論文。

鄧友清(2005)「2005 年前三季全年台灣 WLAN 產業產銷分析」，IEK 產業情報網。

施雅茹(2006) 「 2006 年第二季台灣 WLAN 產業產銷動態瞭望」，MIC 資訊市場情報中心，Document Code:CDOC20060421012。

Butnariu, D. (1978), "Fuzzy games: A description of the concept", Fuzzy Sets and Systems, 1(3), pp. 181-192.

Campos, L. (1989), "Fuzzy linear programming models to solve fuzzy matrix games", Fuzzy Sets and Systems, 32(3), pp. 275-289.

Sakawa, M. and Nishizaki, I. (1994), "Max-min solution for fuzzy multi-objective matrix games", Fuzzy Sets and Systems, 67, pp. 53-69.

Zadeh, L. A. (1965), "Fuzzy set", Information and Control, 8(3), pp. 338-353.

Zadeh, L. A. (1975), "The concept of a linguistic variable and its application to approximate ressoning I, II, III", Information Sciences, 8(3), pp. 199-249; 8(4), pp. 301-357; 9(1), pp. 43-80.

Zimmermann, H. J. (1975), "Optimal entscheibungen bei unscharfen problembeschreibungen", Zeitschrift fur Betriebswirtschafiliche Forschung, 27, pp. 785-795

Cook, W. D. (1976), "Zero-sum games with multiple goals", Naval Research Logistics Quarterly, 23(4), pp. 615-622.

Ramik, J. and Rimanek, J. (1985), "Inequality relation between fuzzy numbers and its use in fuzzy optimization", Fuzzy Sets and Systems, 16(2), pp. 123-138.

Chen, Y. W. (2002), "An alternative approach to the bimatrix non-cooperative game with fuzzy multiple objectives", Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 19(5), pp. 9-16.

Chen, Y. W. and Larbani, M. (2006), "Two-person zero-sum game approach for fuzzy multiple attribute decision making problems", Fuzzy Sets and Systems, 157(1), pp. 34-51.

Sakawa, M. and Nishizaki, I. (2001), "Fuzzy and multiobjective games for conflict resolution", Physica-Verlag.

Bector, C. R. and Chandra, S. (2005), "Fuzzy mathematical programming and fuzzy matrix games", Springer.

Martino, J. P. (2005), "Technological forecasting for decision making, 3/e", McGraw-Hill. (中譯本：袁建中、謝志宏、彭弼聲「產業分析之技術預測方法與實例」，麥格羅希爾)

附錄一

國內晶片商 股價/ 出貨量 vs 晶片價格/性能

Year	ASP (USD)	Throughput (Mbps)	ln(Throughput) (Mbps)	Stock Price (USD)	Market Share (%)	出貨量 (M set)	WW WLAN IC 總出貨量 (M)	WLAN spec (Mbps)
2003 Q1	10	5	1.61	0.3	0	0	7.5	11
2003 Q2	10	5	1.61	0.3	0	0	10.5	11
2003 Q3	9	5	1.61	0.3	1	0.13	13	11
2003 Q4	9	5	1.61	0.3	7	1.1	15	11
2004 Q1	8	20	3.00	0.5	11	1.6	14.6	54
2004 Q2	8	20	3.00	0.5	14	2.0	14.2	54
2004 Q3	7	20	3.00	0.6	16	2.6	16.1	54
2004 Q4	6	20	3.00	0.8	18	3.9	21.9	54
2005 Q1	5	20	3.00	1.1	19	4.3	22.7	54
2005 Q2	5	20	3.00	1.3	20	5.2	26	54
2005 Q3	4	26	3.26	1.4	20	6.7	33.3	75
2005 Q4	4	26	3.26	1.7	21	9.3	44.1	75
2006 Q1	3.5	35	3.56	2.0	21	9.2	44	108
2006 Q2	3.5	80	4.38	2.9	22	10.3	47	240

國外晶片商 股價/ 出貨量 vs 晶片價格/性能

Year	ASP (USD)	Throughput (Mbps)	ln(Throughput) (Mbps)	Stock Price (USD)	Market share (%)	出貨量 (M set)	WW WLAN IC 總出貨量 (M)	WLAN spec (Mpbs)
2003 Q1	15	5	1.61	12	100	7.5	7.5	11
2003 Q2	13.5	5	1.61	9.4	100	10.5	10.5	11
2003 Q3	12	5	1.61	18	99	12.9	13	11
2003 Q4	11	5	1.61	19.5	93	13.9	15	11
2004 Q1	10	20	3.00	22	89	13.0	16	54
2004 Q2	9	20	3.00	21.8	86	12.2	18.5	54
2004 Q3	8	20	3.00	22.0	84	13.5	21	54
2004 Q4	8	20	3.00	17.8	82	18.0	26	54
2005 Q1	7.5	20	3.00	20.1	81	18.4	27.5	54
2005 Q2	7	40	3.69	19.7	80	20.8	30	125
2005 Q3	6	40	3.69	21.8	80	26.6	36	125
2005 Q4	5	40	3.69	25.4	79	34.8	43	125
2006 Q1	5	40	3.69	34.2	79	34.8	44	125
2006 Q2	5	80	4.38	40.3	78	36.7	47	240

附錄二

Excel 迴歸分析

1. 國內晶片商 股價 vs. 晶片價格/性能

摘要輸出

迴歸統計	
R 的倍數	0.893261
R 平方	0.797915
調整的 R	0.761173
標準誤	0.381234
觀察值個	14

ANOVA

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	6.312471	3.156236	21.71633	0.000152
殘差	11	1.598732	0.145339		
總和	13	7.911203			

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
截距	1.527673	1.277122	1.196185	0.256772	-1.28325	4.338599	-1.28325	4.338599
X 變數 1	-0.19812	0.090477	-2.18971	0.050994	-0.39726	0.00102	-0.39726	0.00102
X 變數 2	0.276064	0.259043	1.065708	0.309389	-0.29409	0.846214	-0.29409	0.846214

判定係數 R平方=89.32% 表示迴歸式適配良好，檢定值 F=21.71，p-value =1.52E-04，迴歸模式預測能力顯著，國內晶片商 股價 vs 晶片價格/性能的迴歸式為

國內晶片商股價(USD) = 1.52 – 0.198*晶片價格 + 0.276*晶片性能

註：晶片性能為無線網路傳輸速度取自然對數

2. 國內晶片商出貨量 vs. 晶片價格/性能

迴歸統計	
R 的倍數	0.951728
R 平方	0.905786
調整的 R	0.888657
標準誤	1.210675
觀察值個	14

ANOVA

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	155.0102	77.50509	52.87801	2.28E-06
殘差	11	16.12307	1.465734		
總和	13	171.1333			

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
截距	11.24747	4.055723	2.773234	0.018122	2.320882	20.17406	2.320882	20.17406
X 變數 1	-1.28369	0.287325	-4.46772	0.00095	-1.91609	-0.65129	-1.91609	-0.65129
X 變數 2	0.437168	0.822636	0.531423	0.605691	-1.37344	2.247777	-1.37344	2.247777

判定係數 R平方=90.57% 表示迴歸式適配良好，檢定值 F=52.88，p-value =2.28E-06，迴歸模式預測能力顯著，國內晶片商出貨量 vs 晶片價格/性能的迴歸式為

國內晶片商出貨量(M) = 11.25 – 1.284*晶片價格 + 0.437*晶片性能

註：晶片性能為無線網路傳輸速度取自然對數

3. 國外晶片商股價 vs. 晶片價格/性能

迴歸統計	
R 的倍數	0.795923
R 平方	0.633494
調整的 R	0.566856
標準誤	5.175202
觀察值個	14

ANOVA

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	509.2229	254.6114	9.506558	0.004004
殘差	11	294.6099	26.78272		
總和	13	803.8327			

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
截距	23.18378	22.50648	1.030094	0.325084	-26.3526	72.72021	-26.3526	72.72021
X 變數 1	-1.13451	1.224802	-0.92628	0.374178	-3.83028	1.561266	-3.83028	1.561266
X 變數 2	2.904966	4.206015	0.69067	0.504087	-6.35241	12.16234	-6.35241	12.16234

判定係數 R平方=63.34% 表示迴歸式適配良好，檢定值 F=9.51，p-value =4.00E-03，迴歸模式預測能力顯著，國外晶片商股價 vs 晶片價格/性能的迴歸式為

國外晶片商股價(USD) = 23.18 – 1.135*晶片價格 + 2.905*晶片性能

註：晶片性能為無線網路傳輸速度取自然對數

4. 國外晶片商出貨量 vs. 晶片價格/性能

迴歸統計	
R 的倍數	0.868162
R 平方	0.753706
調整的 R	0.708925
標準誤	5.291115
觀察值個	14

ANOVA

	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	2	942.4006	471.2003	16.83105	0.00045
殘差	11	307.9549	27.9959		
總和	13	1250.356			

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
截距	41.04452	23.01058	1.783724	0.102047	-9.60141	91.69046	-9.60141	91.69046
X 變數 1	-2.56721	1.252235	-2.0501	0.064965	-5.32336	0.188945	-5.32336	0.188945
X 變數 2	0.29881	4.300221	0.069487	0.945849	-9.16591	9.763532	-9.16591	9.763532

判定係數 R平方=75.37% 表示迴歸式適配良好，檢定值 F=16.83，p-value =4.5E-04，迴歸模式預測能力顯著，國外晶片商出貨量 vs 晶片價格/性能的迴歸式為

國外晶片商出貨量(M) = 41.04 – 2.567*晶片價格 + 0.299*晶片性能

註：晶片性能為無線網路傳輸速度取自然對數

附錄三

國內WLAN晶片商股價 (USD)

國內 WLAN 晶片商股價		Ralink	Zydas	Realtek
2003	Q1	10		90
	Q2	10		50
	Q3	12		40
	Q4	15		30
2004	Q1	15		20
	Q2	18	10	30
	Q3	20	10	42.7
	Q4	20	10	35.6
2005	Q1	30	10	35.1
	Q2	30	10	32.1
	Q3	45	10	34.5
	Q4	75	11	39
2006	Q1	90	12	37.9
	Q2	140	15	36.3

國外WLAN晶片商股價 (USD)

國外 WLAN 晶片商股價		Broadcom	Atheros	Marvell
2003	Q1	12		12
	Q2	8		13
	Q3	18		18
	Q4	19		21
2004	Q1	24		20
	Q2	26	17	20
	Q3	29	10	27
	Q4	20	9	29
2005	Q1	22	10	35
	Q2	20	10	38
	Q3	25	8	40
	Q4	30	9	45
2006	Q1	32	24	60
	Q2	45	25	58

附錄四　LINGO 程式

```
max=L;

a111=0;
a112=0;
a121=0;
a122=0;
bt111=0.148;
bt112=0.148;
bt121=0.0237;
bt122=0.0237;

((a111+bt111)*x1*y1+(a121+bt121)*x2*y1+(a112+bt112)*x1*y2+(a122+bt122)*x2*y
2)/(bt111*x1*y1+bt121*x2*y1+bt112*x1*y2+bt122*x2*y2+0.2)>=L;

a211=0;
a212=0;
a221=0;
a222=0;
bt211=0.653;
bt212=0.653;
bt221=0.0791;
bt222=0.0791;

((a211+bt211)*x1*y1+(a221+bt221)*x2*y1+(a212+bt212)*x1*y2+(a222+bt222)*x2*y
2)/(bt211*x1*y1+bt221*x2*y1+bt212*x1*y2+bt222*x2*y2+0.3)>=L;

x1+x2=1;
y1+y2=1;

end
```