

《清雲學報》第三十卷 第三期  
～～目 錄～～

電資類

- 以鄰近像素掃描線相關性演算法作改善動態影像品質之設計與實現  
Design and implementation for improving quality of motion video based on neighboring pixel scan lines algorithm  
陳碧東、沈榮欣、簡維廷-----1~26
- 截取窗口對升餘弦插值器之效用  
Truncation Window Effect on Raised Cosine Interpolator  
林銀議、蔡蕙逢-----27~40
- 太陽能發電系統之PI電導法最大功率追蹤控制  
PI-Conductance Maximum Power Point Tracking Control of Solar Power Generation Systems  
江東昇-----41~58

商管類

- 手機產業進入策略與經營模式之研究—台灣宏達電子公司成功案例分析  
Verifying the Effect of Penetrating Strategy and Business Model of the Cellular Phone Industry— Case Analysis of Taiwan HTC Corporation  
邱吉鶴、沈群英-----59~76
- 利用分群決策樹預估軟體維護成本  
Estimation of Software Maintenance Effort Based On Clustering Trees  
邱南星、黃榮廣-----77~92
- 競爭型連鎖商店之最佳化選址模式  
Location Selection Optimization Model for the Competitive Chain of Retail Stores  
楊至中、祝國忠、林文晟-----93~112

## 人文社會類

元詞隱逸思想初探

A Preliminary Investigation on the Thought about Reclusion of Ci in the Yuan Dynasty

趙桂芬-----113~130

跨文化視訊會議融入台灣大學生英語學習之探究

The Investigation of the Use of Videoconferencing to Facilitate Taiwanese EFL Students' English Language Learning

謝怡娟、張有智-----131~148

以Oxford的語言策略模型檢視台灣英語系大學生的英語學習成就

Testing Oxford's Taxonomy of Language Learning Strategy on Taiwanese English Major University Students' English Achievement

高柏祺、Philip Craigie-----149~164

世界級男子桌球選手成績表現之預測

The Performance Prediction for the Global Top Male Table Tennis Players

謝瑄容、陳金海、郭明珍、侯淑玲-----165~175

## 附錄

《清雲學報》徵稿辦法

## 學報序

時序小暑，酷熱炎夏，熱浪襲人之際，《清雲學報》第三十卷第三期即將出刊，在總召集人杜教務長及眾編輯委員的齊心努力之下，《學報》的運作，愈臻完善，每一次的編輯會議，感謝委員們的專業意見與監督，每一期的《學報》能順利出刊，感謝各審查委員們的用心與細心，因為諸位委員們的無私與公正，使得《清雲學報》一步一步邁向更專業的學術殿堂，也許眼前的我們仍有不足，但只要堅持下去，相信無妨我們向前的決心！

本期共收稿件二十六篇，其中校內稿十八件，校外稿八件，本期通過審查共十篇論文：電資類三篇、商管類三篇、人文社會類四篇，以下則對接受刊登的論文作一大致介紹：

電資類方面：首為陳碧東、沈榮欣、簡維廷三人的〈以鄰近像素掃描線相關性演算法作改善動態影像品質之設計與實現〉一文，本論文的研究目的就是將去交錯處理後的影像失真加以改善，利用線重覆法之去交錯架構下，設計鄰近像素相關性演算法，以改善畫面失真情況並有效提昇畫面品質。其次為林銀議、蔡蕙逢的〈截取窗口對升餘弦插值器之效用〉，本文是針對截取窗口對升餘弦插值器效用的研究，其最後研究結果顯示，矩形截取窗口在均方誤差和錯誤性能均可達最佳的性能表現。末為江東昇〈太陽能發電系統之PI電導法最大功率追蹤控制〉一文，本文以PI電導法與簡化PI電導法追蹤太陽能發電系統之最大功率點，不同於目前文獻上演算法則，能發展出簡易之MPPT，於實際運用上可見莫大功效。

商管類方面：第一篇為邱吉鶴、沈群英的〈手機產業進入策略與經營模式之研究—台灣宏達電子公司成功案例分析〉，本研究採取個案研究比較分析方式，分析台灣宏達電子公司如何成功的進入手機產業及其採行的經營模式，並與手機產業及其龍頭企業Nokia公司近五年財務資料進行財務績效比較分析，探討進入途徑及經營策略是否能反應在財務績效上？而本研究最大貢獻在於所得出的宏達電子公司成功進入策略與經營模式結論，可提供未來相關研究及廠商實務經營的參考。第二篇為邱南星、黃榮廣二人的〈利用分群決策樹預估軟體維護成本〉，本研究提出一個新的分群預估樹之模式，藉由此方法提升預估軟體維護工作量的準確性。實驗採用國內地區醫院所提供的實際軟體維護工作量資料集，並且採用一般常用的軟體維護工作量模式來進行預估效能比較。本研究不僅「實驗過程十分嚴謹」，實驗所得

的結果亦佳，同時亦有詳細的文獻佐證，備受審查委員之肯定。第三篇為楊至中、祝國忠、林文晟三人的〈競爭型連鎖商店之最佳化選址模式〉一文，本研究以企業的立場，考量中心(Center)問題與中位(Medium)問題，以「最遠最小」、「加權和為最小」的原則，探討競爭模式環境中連鎖商店的選址問題。

人文社會類方面：首篇為趙桂芬〈元詞隱逸思想初探〉一文，本文以元詞中的隱逸思想為主題，探討世異時變之下，元代詞人的心理意識與生命情調，研究共得出元詞中所呈現的三種隱逸思想類型，不僅可從詞意闡發，區隔出不同的思想內涵，同時亦具備「學術研究的價值與貢獻」。次為謝怡娟、張有智〈跨文化視訊會議融入台灣大學生英語學習之探究〉，本研究探討台灣大學生對於與美國母語人士經由電腦視訊會議學習英語之感受與反應。同時，本研究更進一步探究使用電腦視訊於英語口語互動學習上的價值所在。再則為高柏祺、Philip Craigie〈以 Oxford 的語言策略模型檢視台灣英語系大學生的英語學習成就〉一文，本研究利用 Oxford 的 SILL 理論模型以探索台灣英語系大學生的英語策略。研究期間共有 114 個受測者參與，透過多元回歸分析，研究發現認知策略及情意策略可以預測學生的英語學習成就，而研究數據證實了 Oxford 的 SILL 理論模型對英語學習成就的預測性，也彰顯了 Oxford 的 SILL 理論模型用來了解英語學習經驗的潛在價值。末為謝瑄容、陳金海、郭明珍、侯淑玲〈世界級男子桌球選手成績表現之預測〉，本文研究目的在探討世界級男子桌球選手在單打比賽中各項綜合技術得分率對成績表現的預測效果。研究對象為 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的各國優秀男子選手 15 名，並蒐集完整的 13 場(26 筆資料)比賽為研究範圍，使用觀察法以比賽技術統計表格為研究工具，所有資料以逐步多元迴歸分析法來進行分析。本論文研究結果不論對桌球運動之訓練或從事桌球科研者，均能確實提供相當的參考價值。

一份好的學術期刊，能使學校提升學術地位，也能使教師的研究成果公開發表，更可在校園中使學術研究蔚為風氣，當《清雲學報》的能見度在學術界愈來愈高，外稿增加也穩定成長的同時，雖眾多投稿中偶有遺珠之憾，但透過審查委員的專業意見，也可修正自己未見之病，在學術生涯中，未嘗不是一得？期待全校師生的踴躍賜稿，則《清雲學報》的壯大與興盛將指日可待！

清雲學報編輯委員會謹識  
中華民國九十九年七月八日

# 以鄰近像素掃描線相關性演算法作改善動態影像 品質之設計與實現

Design and implementation for improving quality of motion video based on  
neighboring pixel scan lines algorithm

陳碧東<sup>1</sup>

Pi-Tung Chen

清雲科技大電機工程系

副教授

chenpi@cyu.edu.tw

沈榮欣<sup>2</sup>

Jung-Hsin Shen

清雲科技大電機工程系

碩士生

簡維廷<sup>3</sup>

Wei-Ting Jian

清雲科技大電機工程系

碩士生

## 摘 要

由於在循序式掃描格式的顯示器中觀賞交錯式掃描的影像節目時，必須先做去交錯的處理，但是在處理過後卻容易產生影像失真的情況。本文的研究目的就是將去交錯處理後的影像失真加以改善，利用線重覆法之去交錯架構下設計鄰近像素相關性演算法，來改善畫面失真情況並有效的提昇畫面品質。

我們以去交錯後的掃描線像素訊號做運算處理，使用 FPGA 實現相鄰兩線平均運算法、拉普拉斯運算法、索貝爾運算法以及其他相關延伸方式做即時影像處理。

**關鍵詞：**去交錯處理、線重覆法、拉普拉斯運算法、索貝爾運算法

## Abstract

The main goal of this research is using the post de-interlacing processing to improve the image distortion situations. A neighboring pixel scan lines algorithm is proposed to reduce the visual artifact caused by line doubling de-interlacing method.

Line averaging, Laplacian, Sobel and other extended proposed methods are implemented by DE2 FPGA real-time development system with Verilog HDL. The quality of images from these methods are compared and measured by eye inspection. After a series of experiments, this method has been proved to improve image quality effectively.

**Keywords** : de-interlacing processing, line repeat method, Laplace operator method, Sobel algorithm

## 壹、前言

近年來，由於多媒體影音市場需求增加，一般性電子消費市場中，LCD 平面顯示器佔有率日益增加並朝著大型尺寸發展，而大型化的數位顯示器在畫質上為重要考量因素。較早之前 LCD 大多以處理靜態畫面為主，面板反應速度只要達到 25ms 就符合使用者的需求，然而，隨著 DVD、數位播放器與高畫質(High Definition Television, HDTV)播放環境成熟，使 LCD 的解析度、亮度及對比度都幾乎要與 CRT 相當，如表 1 所示。而且 LCD 輕薄短小、低電壓驅動、低功耗率，所以有取代 CRT 的趨勢，而 LCD 也快速的朝高細緻化、廣視角、高速響應、高畫質、低瓦數供電，響應綠能的趨勢發展。

為了滿足高速移動影像顯示需求，使得 LCD TV 面板必需具備快速反應的能力(12msec 以下)，在畫面邊緣與動態品質上，若處理不佳容易造成模糊化、拖曳與殘影等不良現象，為了改善其影像品質，除了從液晶面板本身種類改善外，還可以從去交錯處理方式、Scalar 處理器、倍頻技術與 Gamma 值調整，或其它相關處理技術等方面做修改。

表 1：顯示器技術比較

	項目	LCD	CRT	PDP		項目	LCD	CRT	PDP
商品化特性	省電	◎	△	△	顯示品質	解析度	◎	◎	○
	厚度	◎	※	○		色彩	◎	◎	◎
	壽命	◎	◎	○		亮度	◎	○	○
	小尺寸	◎	△	※		視角	○	◎	◎
	成本	○	◎	○		對比	○	◎	○
	尺寸	~52	~40	~60		反應速度	○	◎	○

註：◎→優 ○→尚可 △→待改進 ※→差

由於無線傳輸技術及訊號頻寬的限制，人類視覺系統(Human Visual System)較容易察覺畫面中大範圍區域的閃爍，而對於小範圍區域閃爍較不敏感。交錯式掃描(Interlaced Scan)一直是過去幾十年來視訊傳輸與儲存的主要格式，近幾年來，顯示設備與視訊技術逐漸進步，使得高解析度的循序掃描(Progressive Scan)格式逐漸廣泛的被採用，在同樣的畫面更新頻率下，循序掃描可以有效降低閃爍並提高畫面解析度，而去交錯演算法主要目的是將交錯掃描格式的畫面轉換成循序掃描的畫面。

現今隨著數位電視的發展、頻寬與硬體處理速度的提升，使得原本交錯式的掃描技術演進為循序式掃描(Progressive Scan)。交錯式掃描如圖 1 所示，是將影像分成奇、偶數條掃描線來交替傳送，在每個時間點出現奇數或是偶數條掃描線。循序式掃描如圖 2 所示，處理方式為一次掃描一個圖框(Frame)，也就是一張完整的影像，而非交錯式同一個時間點只掃描一個圖場。

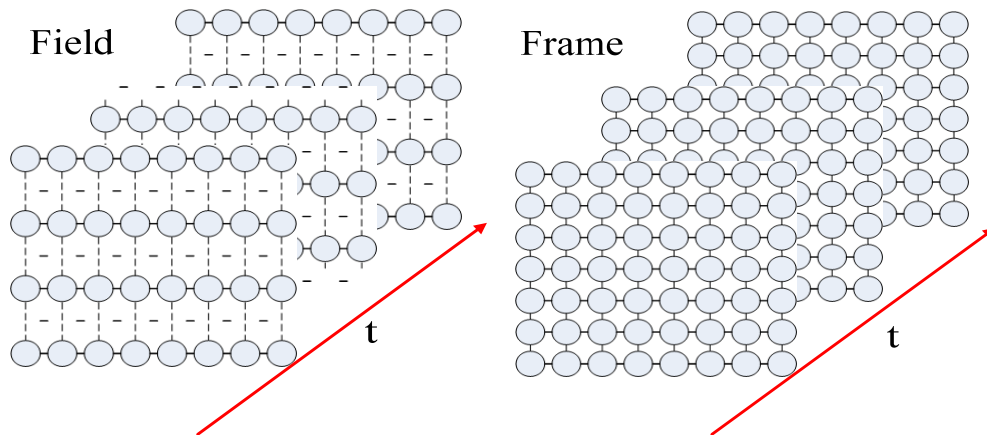


圖 1：交錯式掃描方式

圖 2：循序式掃描

LCD 螢幕影像顯示的清晰以「面板」的真實解析度佔了很大的因素，只有原始面板支援的解析度，即一般所稱的「真實解析度」，才能顯示出最精確的影像畫面，由於 LCD 液晶顯示器的解析度屬於「定點形式」，所以 LCD 的解析度是可以通過電腦作業系統來調節。

如表 2 所示，各種畫面規格有著不同的輸出解析度，因此可以藉由 Scalar 處理器來使畫面輸出達到預先所設定之解析度。若輸入信號解析度小於輸出信號解析度，則需要做 Scaling Up 將補點後的畫面輸出；反之，大於輸出信號解析度則需要做 Scaling Down 將畫素抽點或合併，如圖 3 所示，我們也藉由 Scalar 處理器來改變輸入與輸出間的畫面格式。

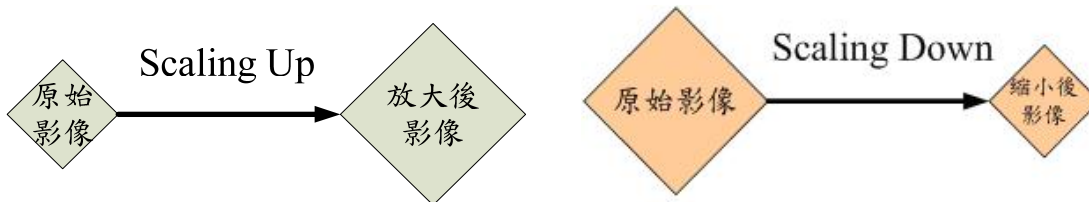


圖 3：影像畫面縮放處理

表 2：標準影像解析度格式

標準顯示			寬螢幕顯示		
顯示名稱	畫面解析	顯示比例	顯示名稱	畫面解析	顯示比例
SVGA	800*600	4:3		1280*768	15:9
XGA	1024*768	4:3	WXGA	1280*800	16:10
SXGA	1280*1024	5:4		1366*768	16:9
UXGA	1600*1200	4:3	WXGA+	1440*900	16:10
QXGA	2048*1536	4:3	WSXGA+	1680*1050	16:10
			WUXGA	1920*1200	16:10



## 貳、去交錯技術種類

在 NTSC 的視訊標準中，整張畫面有效的解析度為水平 720 像素點乘以垂直 480 掃描線，但在同一時間點畫面只會更新半個畫面的資料量，也就是奇數場和偶數場交替更新，得到的更新資料量只有水平 720 像素點乘以垂直 240 掃描線，因此去交錯演算法主要是將畫面每次更新都是以水平 720 像素點乘以垂直 480 掃描的方式來處理。

### 2.1 空間域之去交錯處理(Spatial Domain Processing)

空間域之去交錯處理，是將圖像變換到另一個域中有利於進行處理和計算。主要是利用目前的圖場垂直相鄰掃描線，對消失的圖場資料做插補，以得到新的圖場資料並加以合併，亦稱為圖場內去交錯處理(Intra Field De-interlacing)。

#### 一、線重複法(Double Line)[15][16][17]

圖 4 所示，線重複法處理方式是從欲插補圖場的上下掃描線，取一列直接替代缺少的掃描線，或由前後圖場相對應的掃描線直接取代缺少的掃描線。

空間域的實作方式是將每一列掃描線重複一次，補償方式可取上一列或下一列補償，這種演算法又稱為掃描線重複法(Line Repetition)。<sup>[17]</sup>

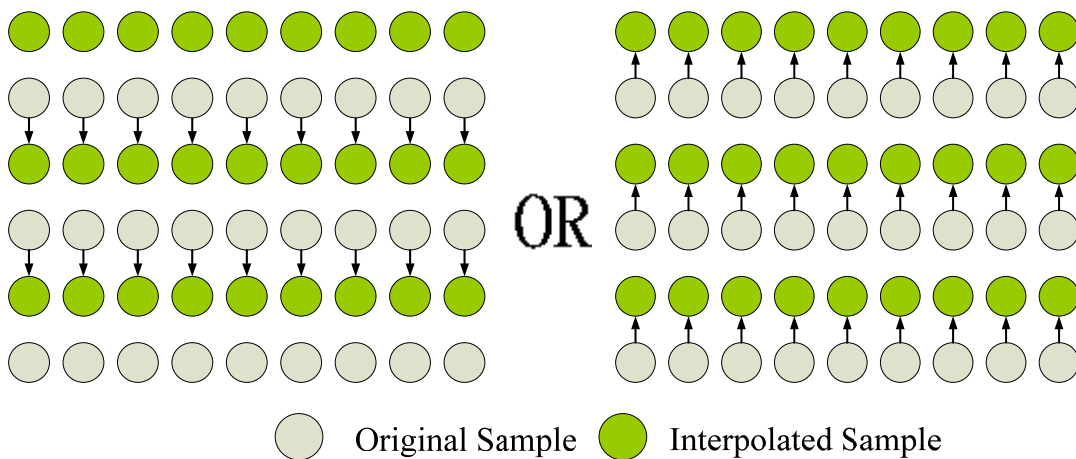


圖 4：線重複法(Double Line)

如式 (1) 所示為取(y-1)的掃描線來替代缺少的掃描線(y)達成重複取代的目的。

$$F_0(\bar{x}, n) = \begin{cases} F(\bar{x}, n), & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ F(\bar{x} - y, n), & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

#### 二、邊緣基礎型線平均(Edge-based Line Averaging, ELA)

空間域資訊的去交錯技術中，較常使用的方法為 ELA[17](Edge-base Line Average) 圖 5 所示。其概念是根據邊緣特性，在插補時選擇上下列差值最小的像素對作為欲插補像素之參考，由於邊緣能準確地被預測出來，因此使用 ELA 方法在高頻區域能獲得良

好的插補效果。雖然 Line Averaging 可以讓插補出來的點較自然些，但會遇到經過邊緣的點，假如只是單純用 Line Averaging 而不去考慮邊緣方向，則會造成修補的誤差。

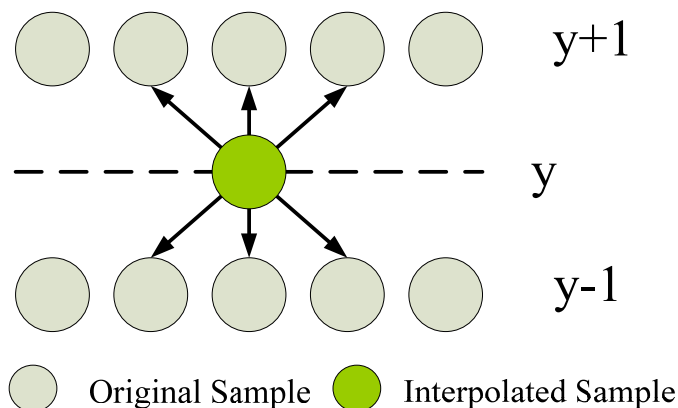


圖 5：邊緣基礎型線平均(Edge-based Line Averaging, ELA)

## 2.2 時間域去交錯處理(Temporal Domain Processing)

考慮時間域資訊之去交錯技術，是參考前後場資訊作為像素插補時的依據，比較簡單的處理方法，是將前一場的資訊與目前場的資訊直接合併(Merge)產生一張完整的影像，如圖 6 所示，也稱為直接合併法(Weave 法)[15][16][17]，如式(2)所示。

使用合併的方法運算量極低，在影片畫面中靜態區域由於畫面資訊未產生位移，因此直接使用前一場資訊插補會有不錯的表現，在靜態影像上亦可得到清晰且正確的畫面資訊，然而對於影片中物體若有發生運動狀態時，由於物體已經移動位置，直接使用前一場的相同位置作合併容易產生爪痕現象(Line crawling effect)，造成不良的視覺效果 [13]。

$$h(k, m) = \begin{cases} 1, & (k = 0, m = -1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

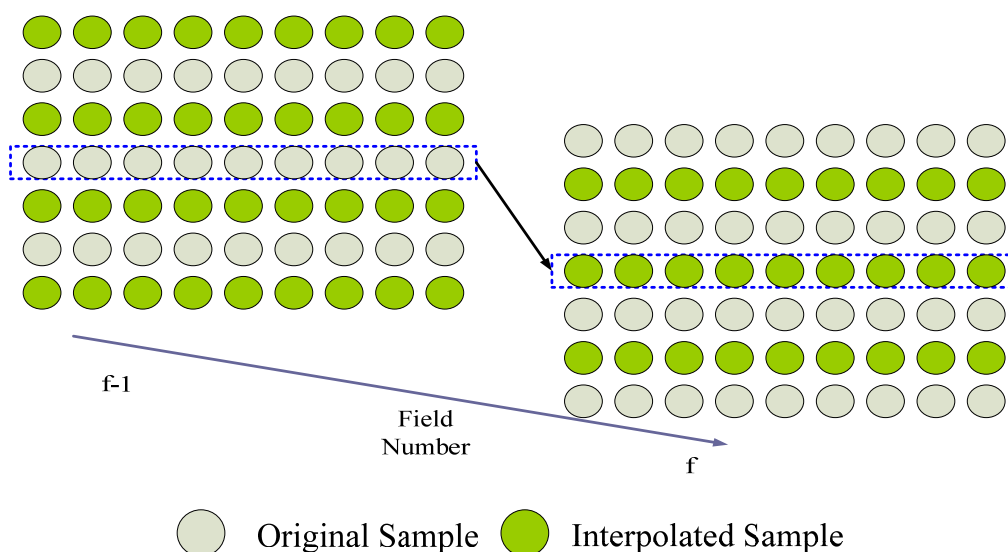


圖 6：直接合併法(Directly Combine)

### 2.3 結合空間域與時間域去交錯處理(Spatial-temporal Domain Processing)

以上所敘述的空間域與時間域去交錯演算法各有優缺點，因此 G. de Hann 與 E. B. BELLERS 教授於 1997、2000 年提出透過設定之權重值，來將空間域與時間域這兩種去交錯方式加以整合[15][16]，如圖 7 所示，也稱為垂直-時間性插補(Vertical Temporal Interpolation)，如式(3)所示。

$$h(k, m) = \begin{cases} 1, 8, 8, 1, & (k = \{-3, -1, 1, 3\}, m = 0) \\ -5, 10, -5 & (k = \{-2, 0, 2\}, m = -1) \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (3)$$

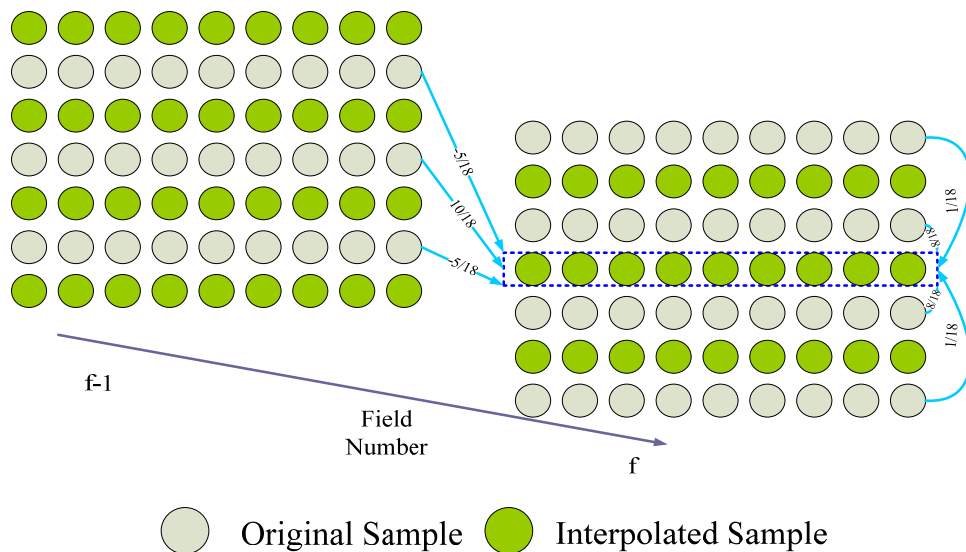


圖 7：垂直-時間性插補(Vertical Temporal Interpolation)

## 參、影像強化技術

影像強化技術可以將使用在特定區域或整張影像上做處理，可以將影像上某些程度不協調狀況或失真現象(邊緣模糊、鋸齒化)在去交錯後，加入影像強化技術的相關演算法，有效地改善影像。影像強化的方法主要分為兩大類：

- 空間域(Spatial Domain)：指影像平面本身可直接對影像中的畫素做處理。
- 頻率域(Frequency Domain)：頻率域處理的技術是以傅立葉轉換做為影像修改的基礎。

### 3.1 空間域(Spatial Domain)

『空間域』這個形容主要是指一幅影像的像素集合，而空間域方法是直接在這些像素上進行運算，影像處理函數在空間域可以表示如公式(4)。

$$f(i, j) = T[g(i, j)] \quad (4)$$

式中  $g(i, j)$  是輸入影像， $f(i, j)$  是處理後的影像， $T$  是作用在  $g$  上的一個運算子，它定義在  $(i, j)$  的某一個鄰域上。以下將介紹空間域影像改善方式的處理原理。

### 一、平滑線性濾波器

平滑濾波器又稱為平均濾波器，利用遮罩(Mask)的原理將所定義相鄰區域中的灰階做平均化的處理以取代影像中的像素，使用於模糊化和減少雜訊，如：在讀取物體之前從影像中消去小的細節、把直線或曲線上的小間隙連接起來等。式(5)為像素的平均方式。圖 8 定義此遮罩是為  $3 \times 3$  鄰域中的像素灰階平均，像素權重係數皆為 1，最後再除以 9。

$$R = 1/9 \sum_{i=1}^9 Z_i \quad (5)$$

$$\frac{1}{9} * \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

圖 8：3×3 平均濾波器

### 二、中值濾波器(Median Filter)

中值濾波器(Median Filtering)是 1971 年由 J. W. Jukey[19]所提出，其對干擾脈衝和點狀雜訊有良好抑制作用，而對影像邊緣能保持較好的非線性影像增強效用，是最常見運用在訊號處理上的一種非線性的方法。

中值濾波是非線性運算，且具有消除雜訊的功能，因此隨機輸入雜訊的分析較複雜，當輸入為零均值雜訊時，中值濾波的雜訊方差  $\sigma_{med}^2$  約為如(6)式：

(  $\bar{n}$  : 輸入雜訊值 、  $f(\bar{n})$  : 輸入雜訊密度函數 、  $\sigma_i^2$  : 輸入雜訊功率 )

$$\sigma_{med}^2 = \frac{1}{4mf(\bar{n})} \approx \frac{\sigma_i^2}{m + \frac{\pi}{2} - 1} \approx \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

### 三、拉普拉斯(Laplacian)

[7]數位影像處理中的模糊影像可以在空間域中將鄰域內的像素取平均來達成，然而平均類似積分，因此能夠合理的推斷銳化影像及邊緣強化可以藉由空間域的微分來達成。對於二個變數的影像函數  $f(x, y)$  的拉普拉斯的定義為式(7)：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (7)$$

我們在  $x$  方向上用二階偏微導數定義可用(8)式來表示；同理在  $y$  方向上定義可用(9)式來表示；將  $x$  與  $y$  方向的偏微二階導數這兩部分組成二維拉普拉斯函數，如(10)式所示：

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \quad (9)$$

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y) \quad (10)$$

圖 9 為各種不同的拉普拉斯濾波器遮罩圖，由(10)式所示，可以利用圖 9(a)中所顯示的遮罩來實現，此遮罩是以 90 度增量旋轉有等方性(Isotropic)的結果。

0	1	0	1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1
1	-4	1	1	-8	1	-1	4	-1	-1	8	-1
0	1	0	1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1
	(a)		(b)		(c)			(d)			

圖 9：不同的拉普拉斯濾波器遮罩

### 四、索貝爾運算子(Sobel Operator)

我們較常用且感興趣的是  $3 \times 3$  大小的濾波器遮罩，索貝爾遮罩[7]使用絕對值，中心點在  $Z_5$ ，使用  $3 \times 3$  遮罩的一個近似如(11)式：

$$\nabla f \approx |(Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3)| + |(Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7)| \quad (11)$$

3×3 影像區域內的第三列和第一列的差似於  $x$  方向上的導數，而第三行和第一行的差近似於  $y$  方向上的導數，如圖 10 中所顯示的遮罩為索貝爾運算子(Sobel Operator)。

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

圖 10：3×3 索貝爾運算子遮罩

### 3.2 頻率域(Frequency Domain)

根據研究[8]，頻率域技術的基礎是旋積定理，根據積分定理成立如式

$$g(x, y) = h(x, y) \times f(x, y) \quad (12) \quad G(u, v) = H(u, v) \times F(u, v) \quad (13)$$

式中  $G$ 、 $H$  和  $F$  分別是  $g$ 、 $h$  和  $f$  的傅立葉轉換。

#### 一、理想低通濾波器(Ideal lowpass filter, ILPF)

根據研究[7][8][19]，影像中的邊緣和其它灰階的劇烈變化部分(如雜訊)在傅立葉轉換中含有大量的高頻部分。因此將原有影像轉換成一個特定的高頻範圍衰減，可以使影像模糊(平滑)在頻率上達成。最簡單低通濾波器是「截止」所有傅立葉轉換高頻成分的一個濾波器，此濾波器稱為二維(2-D)理想低通濾波器(Ideal lowpass filter, ILPF)其轉移函數如(14)式：

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{若 } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{若 } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (14)$$

其中  $D_0$  是一個指定的非負數值，而  $D(u, v)$  是從點  $(u, v)$  到頻率矩形圓點的距離。

#### 二、巴特沃斯低通濾波器(Butterworth lowpass filter, BLPF)

巴特沃斯低通濾波器不像理想低通濾波器一樣，並沒有尖銳的不連續點來建立通過和濾除頻率之間清楚的分界。對於有平滑轉換函數的濾波器，通常將截止頻率軌跡定義在  $H(u, v)$  降到它的最大值的某個比例時的點。圖 11 顯示出 BLPF 階數的徑向剖面圖。

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D(u, v) / D_0]^{2n}} \quad (15)$$

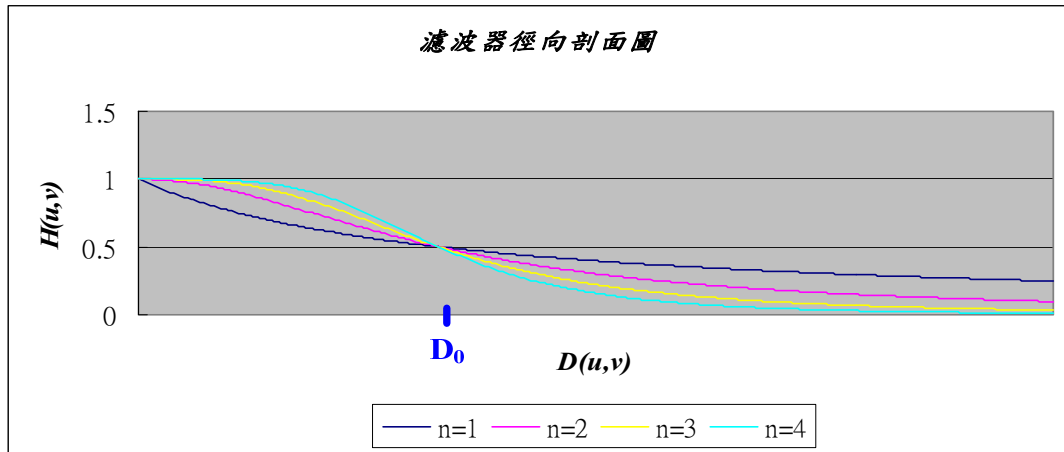


圖 11：從 1 到 4 階數的濾波器徑向剖面圖

一階巴特沃斯濾波器沒有振鈴現象在二階中也是感受不到的。圖 12 列出各種不同階數之 BLPF 在空間表示法之間的比較。一階沒有振鈴也沒有負數值，二階濾波器就有輕微振鈴和小的負數值，但沒有比 ILPF 明顯。以圖 12(d)為 20 階的巴特沃斯濾波器已逐漸呈現與 ILPF 相同的特性。

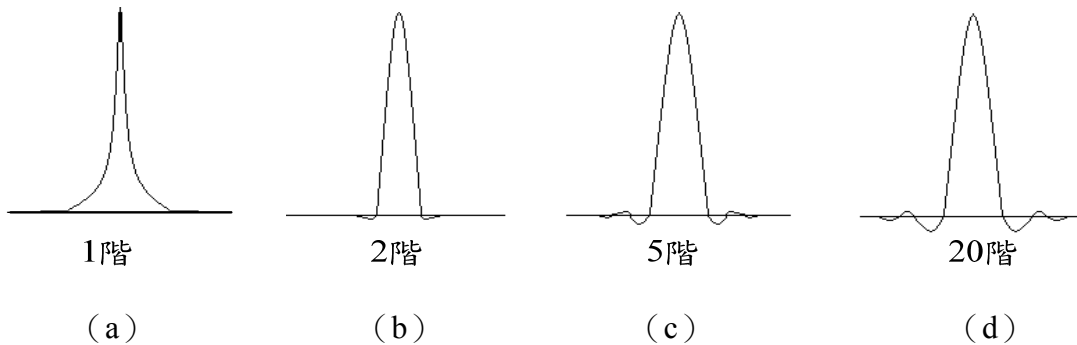


圖 12：階數為 1、2、5、20 的 BLPF 空間表示

### 3.3 本文提出之邊緣強化法

前面介紹了許多強化技術，因此本文提出三種由像素點交叉方式的平均法，主要是以線性與非線性的方式來做到邊緣清晰度強化目的。

#### 一、H 型平均運算法

H 型平均如圖 16 主要是結合了水平像素點及垂直像素點，做出線性與非線性的結合，已達到強化的效果如(15)式。



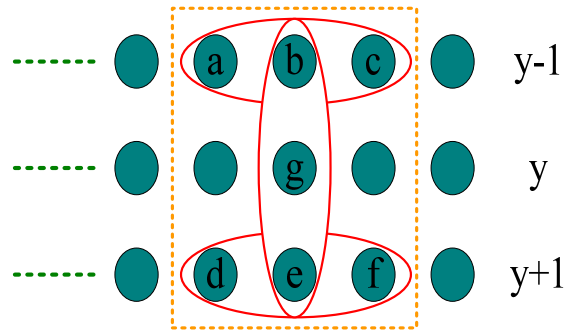


圖 13：H 型平均運算法

$$\begin{aligned}
 g' &= \{a, b, c, d, e, f, g\} \\
 &= \{[a+b+c]/3 + [d+e+f]/3 + [b+g+e]/3\} / 3
 \end{aligned} \tag{15}$$

## 二、邊緣基礎型平均運算法

此法主要是以去交錯邊緣基礎型平均(ELA)為構思所實現的平均演算法，此演算法是以上下掃描線的五個像素點對中間像素點作交叉式的平均，如(16)式。由於畫面中垂直高頻區域容易有階梯效應或邊緣閃爍的現象，主要原因在影像邊緣的高頻部份沒有處理好所造成。所以必須沿著邊緣方向做處理，才能使其邊緣連續並獲得較好的影像品質，如圖 14。

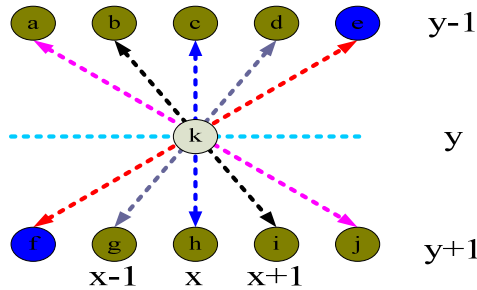


圖 14：邊緣基礎型平均運算法

$$\begin{aligned}
 k' &= \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k\} \\
 &= \{[a+k+j]/3 + [b+k+i]/3 + \\
 &\quad [c+k+h]/3 + [d+k+g]/3 + \\
 &\quad [e+k+f]/3\} / 5
 \end{aligned} \tag{16}$$

## 三、五線對角交叉平均運算法

此法主要是以邊緣基礎型平均衍生而來，它的平均範圍擴大，由於範圍愈大所能插補出來的邊緣角度越多，使其影像在邊緣部份看起來會更加平滑，如圖 15，因此所給中間值的權重值也會更為細膩。五線對角交叉平均演算法是對中間像素點的上下各兩條掃描像素點做對角交叉的平均，如(17)式，比起之前的演算法此法為較複雜，但對邊緣卻



有較好的影像品質顯示。

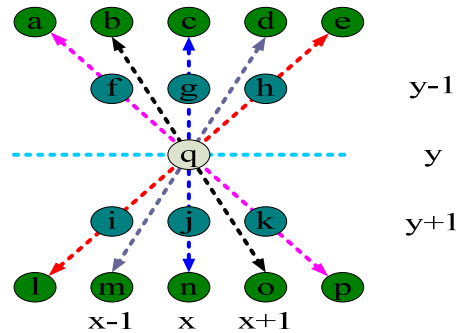


圖 15：五線對角交叉平均運算法

$$\begin{aligned}
 q' &= \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q\} \\
 &= \{[a + f + q + k + p]/5 + [c + g + q + j + n]/5 + \\
 &\quad [e + h + q + i + l]/5 + [b + q + o]/3 + \\
 &\quad [d + q + m]/3\} / 5
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

## 肆、系統架構與演算法設計

本文研究設計目標為一個嵌入式即時影像顯示品質改善系統，如圖 16，此平台的開發工具為 Altera 公司與友晶共同開發的 DE2 FPGA 實驗板，並於合成軟體 QuartusII 7.2 SP1 環境下以 Verilog HDL 硬體描述語言來設計。

### 4.1 系統架構

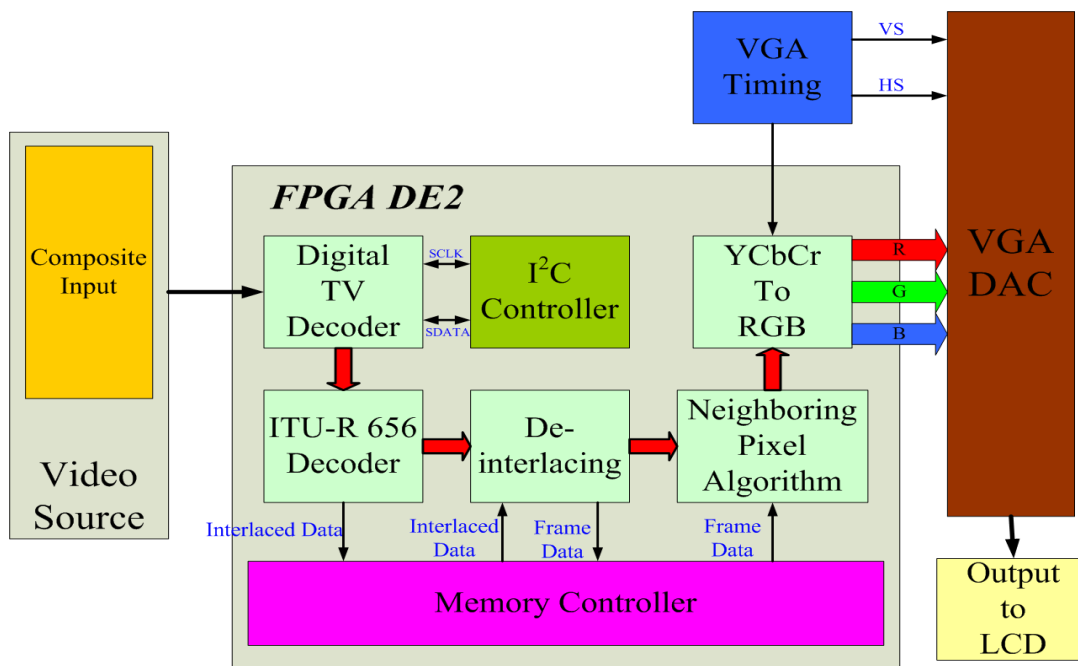


圖 16：系統架構圖

- 信號源：Pioneer DVD Player DV-676A
- FPGA 開發板：Altera DE2 Development and Education Board
- 處理晶片：CycloneII EP2C35672C6
- 設計軟體：QuartusII 7.2 SP1
- 硬體描述語言：Verilog HDL
- 顯示器：REAL Sync S1502D 15 吋 LCD

我們主要是探討在去交錯後端加入鄰近像素掃描線相關性演算法的原理與效果，以下是系統流程步驟。

1. 使用 DVD 播放器透過 Video Source 端傳送複合式(Composite)訊號給 DE2 FPGA 接收影像。
2. 透過 TV Decoder 將類比視頻信號轉為 YCbCr 數位信號，並擷取 FVH 同步信號用來取出奇偶場的判定(F)、垂直遮沒狀態(V)及水平返馳狀態(H)的訊號，若擷取成功，則將信號送至 ITU-R656 解碼器做處理；若未擷取成功，則在 TV Decoder 重新抓取信號。
3. 將 ITU-R656 解碼器處理後的信號透過去交錯處理轉為循序式掃描，並於去交錯處理器後端加入本文所設計的鄰近像素掃描線相關性演算法處理，目的是強化輸出影像品質，此步驟為本文主要探討部分。
4. 將處理後的 YCbCr4:2:2 影像信號還原為 YCbCr4:4:4，並將 YCbCr 轉為 RGB 信號再經由 VGA Controller 處理，最後透過 VGA Port 於 15 吋 LCD 顯示器播放。

## 4.2 系統設計

如圖 17 所示，在硬體設計架構中的 Video Input 端，是以 13.5Mhz 輸入的交錯式掃描格式，為 CVBS 影像複合式信號。De-interlacing Processor 端是將交錯式掃描轉換為循序式信號，並在去交錯處理器後端加入鄰近像素掃描線相關性演算法設計。最後 Video Out 影像輸出部分，是以 27Mhz 循序式掃描輸出。Memory Controller 控制去交錯與輸出入間的信號讀取。

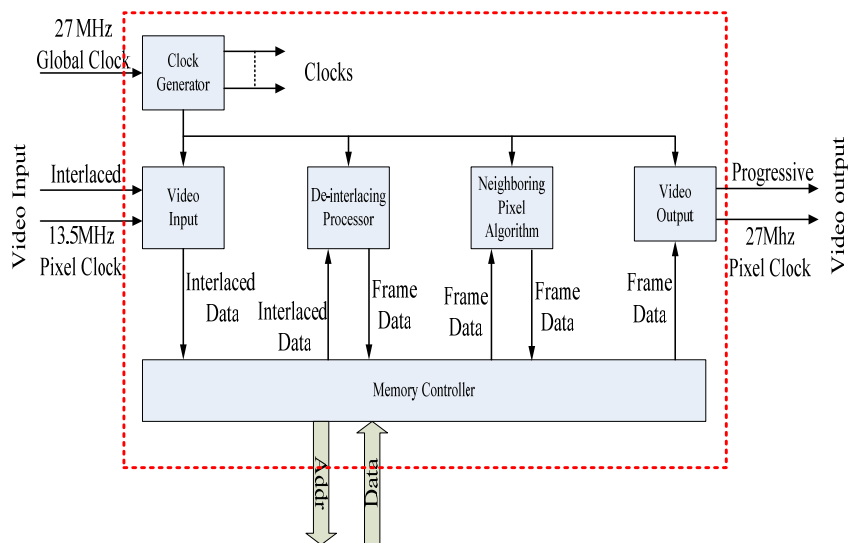


圖 17：系統方塊圖

本研究中所使用的 FPGA 影像輸出介面為 VGA Port，所以必須透過 YCbCr to RGB 的轉換，將先前所設計的數位 YCbCr 信號轉為類比 RGB 視頻信號，其轉換方式如圖 18 所示。

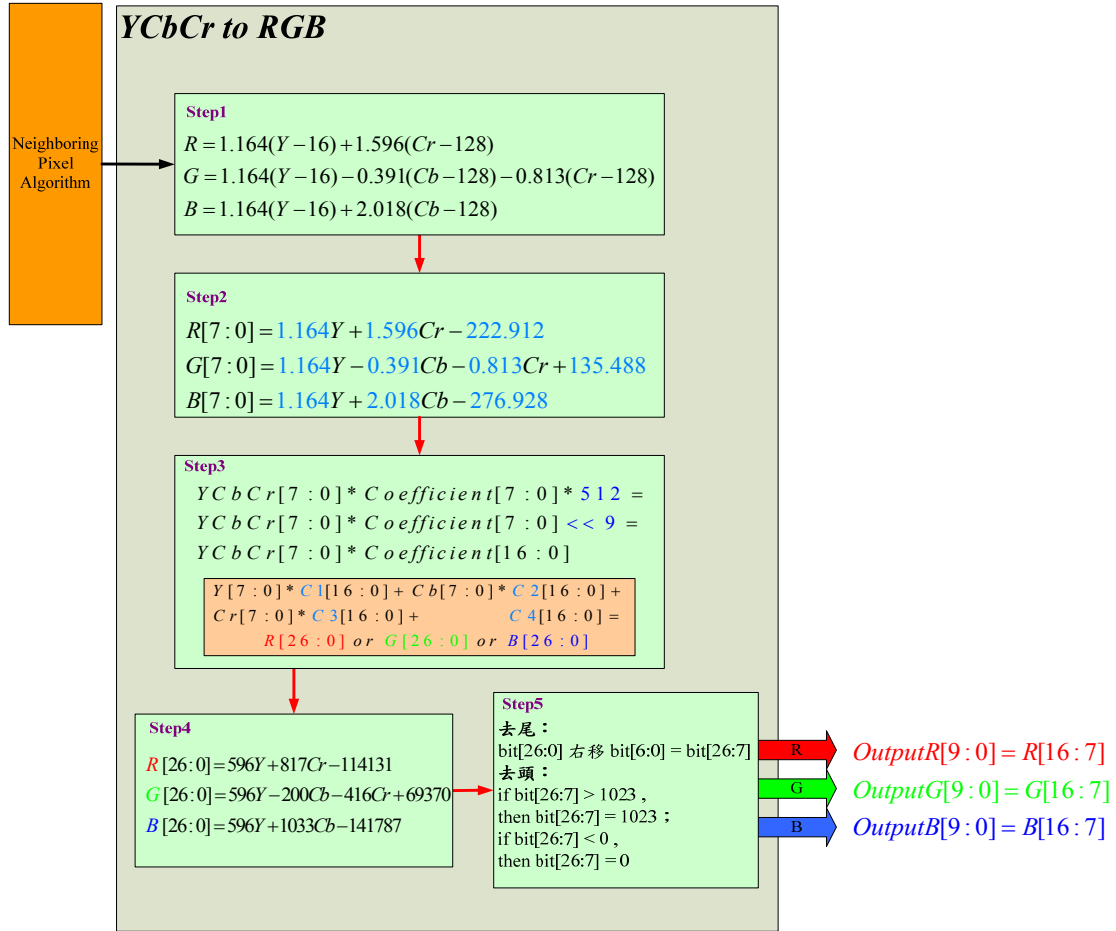


圖 18：YCbCr to RGB 轉換

在經過去交錯與鄰近像素掃描線演算法處理後要經由 YCbCr to RGB 端再傳送到螢幕顯示，YCbCr 信號一開始為 8Bit，step1~5 中的處理過程及硬體實現之架構圖：

- Step1：先將鄰近像素掃描線輸入的 YCbCr 信號轉為 RGB 信號公式。
- Step2：將 Step1 公式乘開，並以 8bit 表示。
- Step3：因為我們是使用 Verilog 來撰寫，不能處理浮點數運算，所以我們將整個算式先放大處理再縮小，先將算式左右兩邊放大 512 倍，即就是  $2^9$ ，相當於  $\ll 9$ 。
- Step4：浮點數經由 Step3 放大 512 倍後的轉換之結果，因為在硬體描述語言中不能運算小數點，所以我們使用所有放大處理後再縮小的方式。
- Step5：最後調整至所要輸出到螢幕的 RGB 值，由於做了放大再縮小的運算，難免會造成 overflow 的狀況，所以最後多加了判斷，若大於 1023，就以 1023 計，若小於 0，就當成 0。

如圖 19 所以，為 YCbCr to RGB 硬體架構圖，主要是先將 YCbCr 所輸入的信號乘上 C1、C2、C3 的值加以放大存入暫存器中後相加，之後在相加常數項放大後的 C4 值在與

先前的值相加，在送入到比較器中做相關性判斷，之後輸出 R、G、B 值至螢幕上顯示。

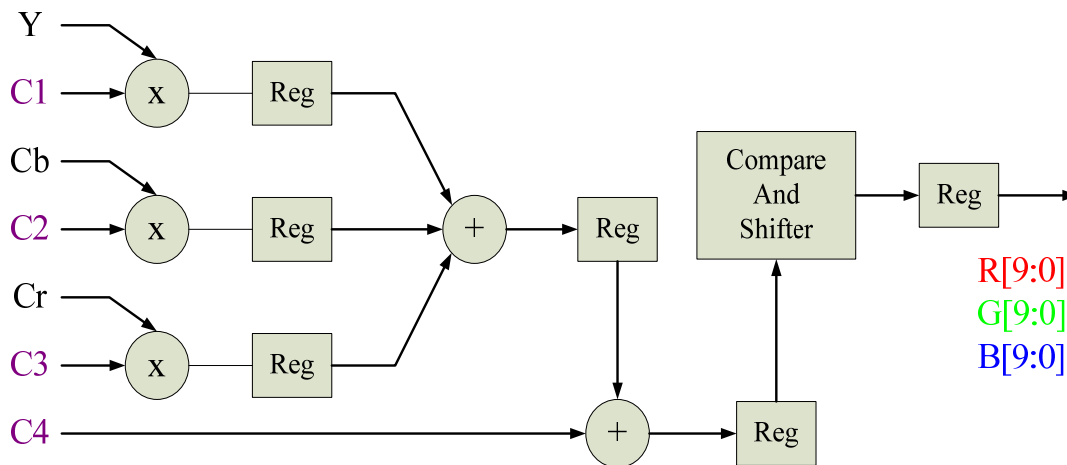


圖 19：YCbCr to RGB 硬體架構圖

### 4.3 鄰近像素掃描線相關性演算法設計

#### 一、相鄰兩線平均法

如圖 20 所示，此法是將去交錯後的相鄰兩條掃描線的畫素取平均值，我們是以平均濾波器的概念，實現上下兩條掃描線畫素平均運算，運算架構如表 3 所示。經處理後畫面邊緣較未處理影像平滑化，但平滑效果並沒有非常顯著的改善。

表 3：相鄰兩線平均法運算架構

原始掃描線(a~h)	經鄰近像素掃描線處理(a'~h')
a	$(a + b)/2$
b	$(b + c)/2$
c	$(c + d)/2$
d	$(d + e)/2$
e	$(e + f)/2$
f	$(f + g)/2$
g	$(g + h)/2$
h	$(h + a)/2$

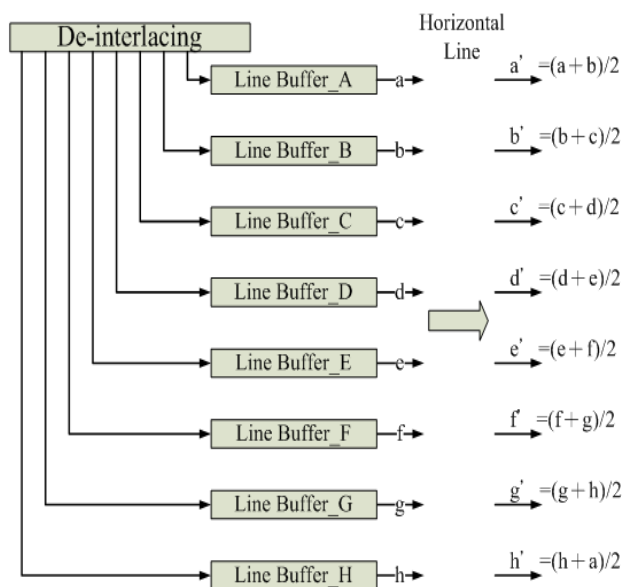


圖 20：相鄰兩線平均法

## 二、H 型平均運算法

H 型平均運算法是對原始像數點的上下兩條掃描線取三個像素點，對原始像素點的垂直方向取三個像素點來做平均運算，此法為相鄰兩線平均法的延伸，效果有比相鄰兩線平均來的平滑。因為 H 型平均運算法主要是加強中間像素，如圖 21 所示，這樣可達到線性與非線性的運算平均。

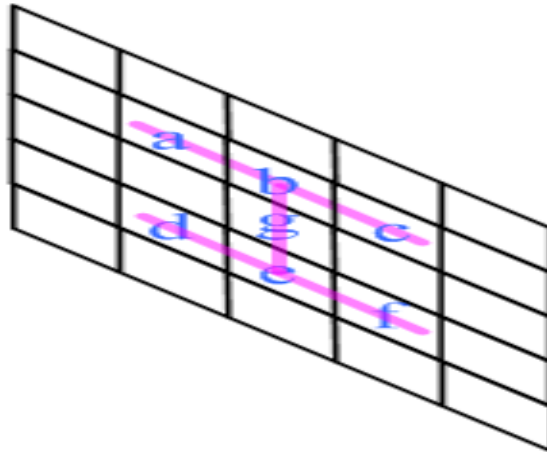


圖 21：H 型平均運算法示意圖

表 4：H 型平均運算法運算架構

原始掃描線(a~h)	經鄰近像素掃描線處理(a'~h')
a	$\{[(h-1)+h+(h+1)]/3+[(b-1)+b+(b+1)]/3+[h+a+b]/3\}/3$
b	$\{[(a-1)+a+(a+1)]/3+[(c-1)+c+(c+1)]/3+[a+b+c]/3\}/3$
c	$\{[(b-1)+b+(b+1)]/3+[(d-1)+d+(d+1)]/3+[b+c+d]/3\}/3$
d	$\{[(c-1)+c+(c+1)]/3+[(e-1)+e+(e+1)]/3+[c+d+e]/3\}/3$
e	$\{[(d-1)+d+(d+1)]/3+[(f-1)+f+(f+1)]/3+[d+e+f]/3\}/3$
f	$\{[(e-1)+e+(e+1)]/3+[(g-1)+g+(g+1)]/3+[e+f+g]/3\}/3$
g	$\{[(f-1)+f+(f+1)]/3+[(h-1)+h+(h+1)]/3+[f+g+h]/3\}/3$
h	$\{[(g-1)+g+(g+1)]/3+[(a-1)+a+(a+1)]/3+[g+h+a]/3\}/3$

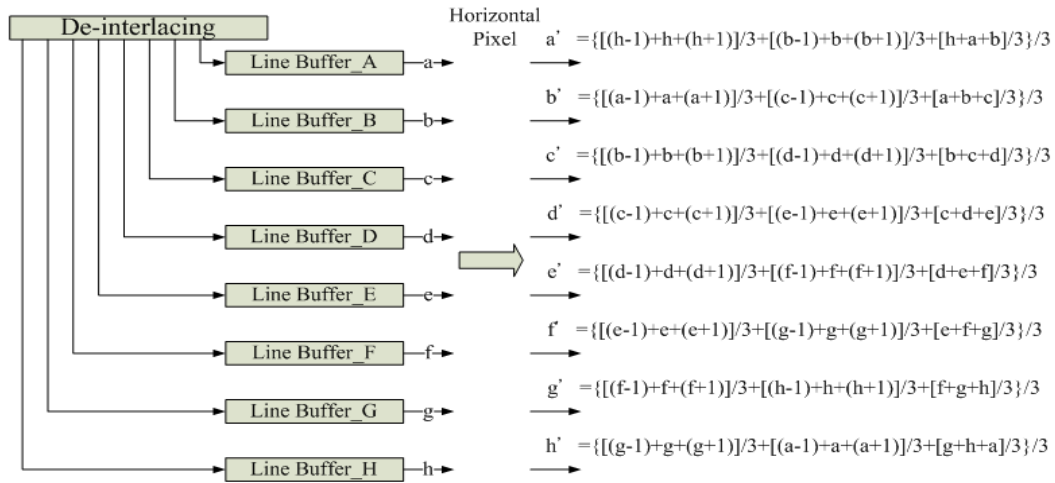


圖 22：H 型平均運算法

### 三、邊緣基礎平均運算法

邊緣基礎平均運算法是做五點像素點的交叉平均，再將處理完的交叉線取平均，如圖 23 所示，目的是要使邊緣更具平滑效果，如表 5 所示。邊緣基礎平均運算法是以去交錯 ELA 原理加以實現，此法能有效將所造成的毛邊現象平滑化，以及降低邊緣鋸齒的情況，如圖 24 所示。

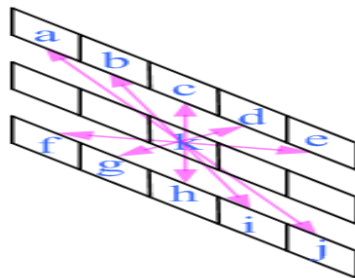


圖 23 邊緣基礎平均運算法示意圖

表 5：邊緣基礎平均運算法運算架構

原始掃描線(a~h)	經鄰近像素掃描線處理(a'~h')
a	$\{[(h-2)+a+(b+2)]/3 + [(h-1)+a+(b+1)]/3 + [(h+a+b)/3] + [(h+1)+a+(b-1)]/3 + [(h+2)+a+(b-2)]/3\}/5$
b	$\{[(a-2)+b+(c+2)]/3 + [(a-1)+b+(c+1)]/3 + [(a+b+c)/3] + [(a+1)+b+(c-1)]/3 + [(a+2)+b+(c-2)]/3\}/5$
c	$\{[(b-2)+c+(d+2)]/3 + [(b-1)+c+(d+1)]/3 + [(b+c+d)/3] + [(b+1)+c+(d-1)]/3 + [(b+2)+c+(d-2)]/3\}/5$
d	$\{[(c-2)+d+(e+2)]/3 + [(c-1)+d+(e+1)]/3 + [(c+d+e)/3] + [(c+1)+d+(e-1)]/3 + [(c+2)+d+(e-2)]/3\}/5$
e	$\{[(d-2)+e+(f+2)]/3 + [(d-1)+e+(f+1)]/3 + [(d+e+f)/3] + [(d+1)+e+(f-1)]/3 + [(d+2)+e+(f-2)]/3\}/5$
f	$\{[(e-2)+f+(g+2)]/3 + [(e-1)+f+(g+1)]/3 + [(e+f+g)/3] + [(e+1)+f+(g-1)]/3 + [(e+2)+f+(g-2)]/3\}/5$
g	$\{[(f-2)+g+(h+2)]/3 + [(f-1)+g+(h+1)]/3 + [(f+g+h)/3] + [(f+1)+g+(h-1)]/3 + [(f+2)+g+(h-2)]/3\}/5$
h	$\{[(g-2)+h+(a+2)]/3 + [(g-1)+h+(a+1)]/3 + [(g+h+a)/3] + [(g+1)+h+(a-1)]/3 + [(g+2)+h+(a-2)]/3\}/5$

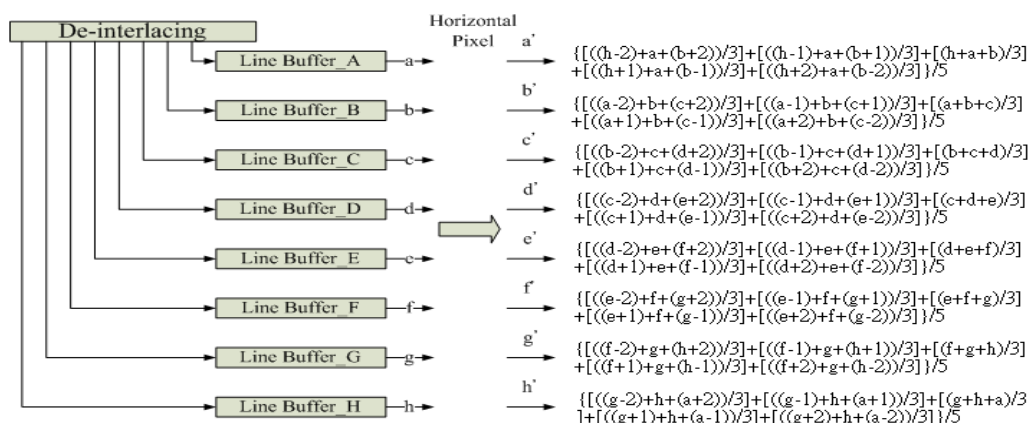


圖 24：邊緣基礎平均運算法

#### 四、五線對角交叉平均運算法

五線對角交叉平均運算法主要是從邊緣基礎型平均衍生，其設計架構是使用五條掃描線中17個像素點所組成，針對這17個點做交叉式的平均，由於平均範圍擴大，因此所能插補出來的邊緣角度越多，使其影像在邊緣部份看起來會更加平滑，如圖 25所示。

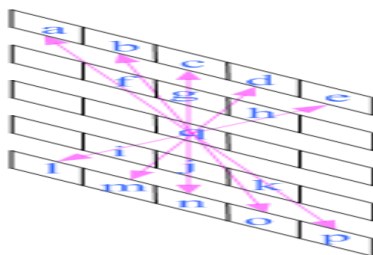


圖 25：五線對角交叉平均運算法示意圖

表 6：五線對角交叉平均運算法運算架構

原始掃描線 (a~h)	經鄰近像素掃描線處理 (a'~h')
a	$\{[(g-2)+(h-1)+a+(b+1)+(c+2)]/5 + [(g+2)+(h+1)+a+(b-1)+(c-2)]/5 + [(g+h+a+b+c)]/5 + [(g-1)+a+(c+1)]/3 + [(g+1)+a+(c-1)]/3\}/5$
b	$\{[(h-2)+(a-1)+b+(c+1)+(d+2)]/5 + [(h+2)+(a+1)+b+(c-1)+(d-2)]/5 + [(h+a+b+c+d)]/5 + [(h-1)+b+(d+1)]/3 + [(h+1)+b+(d-1)]/3\}/5$
c	$\{[(a-2)+(b-1)+c+(d+1)+(e+2)]/5 + [(a+2)+(b+1)+c+(d-1)+(e-2)]/5 + [(a+b+c+d+e)]/5 + [(a-1)+c+(e+1)]/3 + [(a+1)+c+(e-1)]/3\}/5$
d	$\{[(b-2)+(c-1)+d+(e+1)+(f+2)]/5 + [(b+2)+(c+1)+d+(e-1)+(f-2)]/5 + [(b+c+d+e+f)]/5 + [(b-1)+d+(f+1)]/3 + [(b+1)+d+(f-1)]/3\}/5$
e	$\{[(c-2)+(d-1)+e+(f+1)+(g+2)]/5 + [(c+2)+(d+1)+e+(f-1)+(g-2)]/5 + [(c+d+e+f+g)]/5 + [(c-1)+e+(g+1)]/3 + [(c+1)+e+(g-1)]/3\}/5$
f	$\{[(d-2)+(e-1)+f+(g+1)+(h+2)]/5 + [(d+2)+(e+1)+f+(g-1)+(h-2)]/5 + [(d+e+f+g+h)]/5 + [(d-1)+f+(h+1)]/3 + [(d+1)+f+(h-1)]/3\}/5$
g	$\{[(e-2)+(f-1)+g+(h+1)+(a+2)]/5 + [(e+2)+(f+1)+g+(h-1)+(a-2)]/5 + [(e+f+g+h+a)]/5 + [(e-1)+g+(a+1)]/3 + [(e+1)+g+(a-1)]/3\}/5$
h	$\{[(f-2)+(g-1)+h+(a+1)+(b+2)]/5 + [(f+2)+(g+1)+h+(a-1)+(b-2)]/5 + [(f+g+h+a+b)]/5 + [(f-1)+h+(b+1)]/3 + [(f+1)+h+(b-1)]/3\}/5$



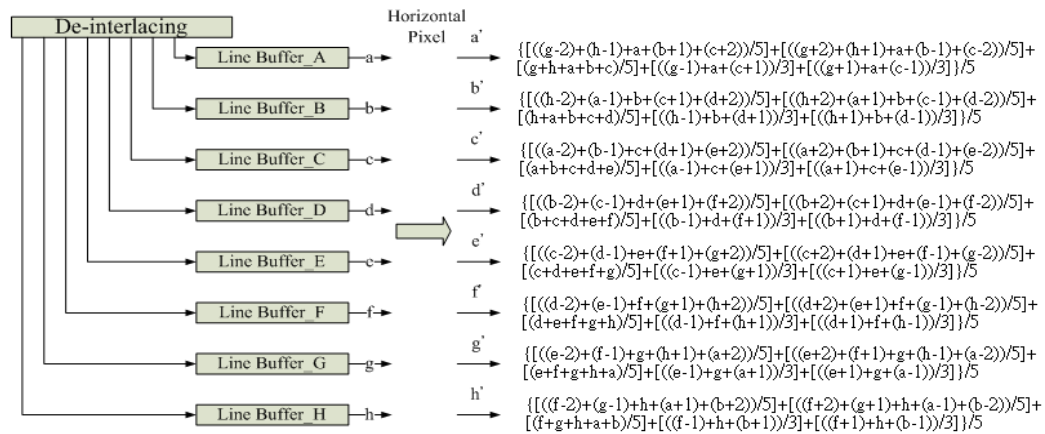


圖 26：五線對角交叉平均運算法

### 五、邊緣基礎型平均運算法加拉普拉斯運算法

雖然邊緣基礎平均運算法有明顯的改善部分鋸齒現象，但是效果仍然沒有五線對角交叉平均運算法來的明顯與較佳的效果。所以我們將邊緣基礎型平均加拉普拉斯運算法的設計如圖 27 所示，此法我們是先做邊緣基礎型平均運算法，如圖 27 中的 A1~H1 所示，之後再將運算出來的 A1~H1 做拉普拉斯運算法處理而得到 a' ~h'。主要是加入一個銳化濾波器，讓鋸齒現象能有更顯著的改善效果，突顯了影像中灰階的不連續處。

表 7：邊緣基礎型平均運算法加拉普拉斯運算法運算架構

原始掃描線(a~h)	經鄰近像素掃描線處理(a'~h')
a	$[-(A1+1)-(A1-1)-H1-B1]+4A1$
b	$[-(B1+1)-(B1-1)-A1-C1]+4B1$
c	$[-(C1+1)-(C1-1)-B1-D1]+4C1$
d	$[-(D1+1)-(D1-1)-C1-E1]+4D1$
e	$[-(E1+1)-(E1-1)-D1-F1]+4E1$
f	$[-(F1+1)-(F1-1)-E1-G1]+4F1$
g	$[-(G1+1)-(G1-1)-F1-H1]+4G1$
h	$[-(H1+1)-(H1-1)-G1-A1]+4H1$



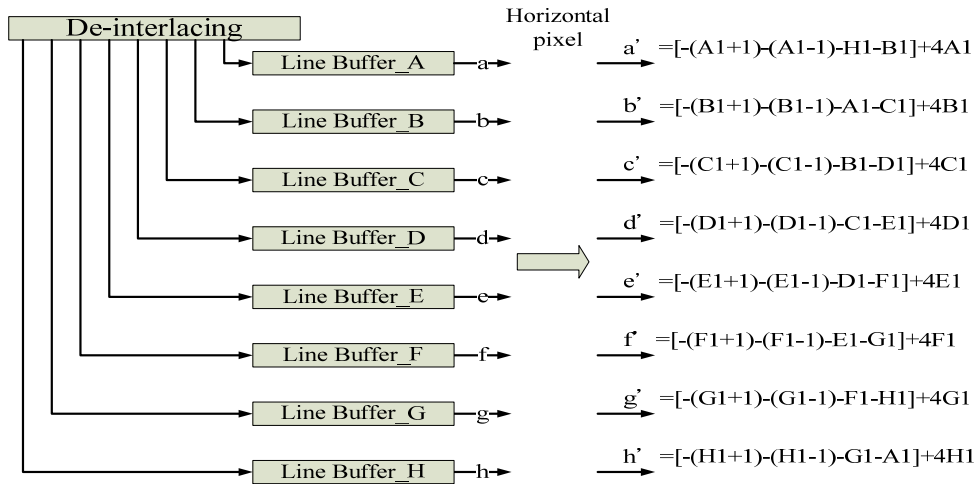


圖 27：邊緣基礎型平均運算法加拉普拉斯運算法

$A1 = \{ [((h-2)+a+(b+2))/3] + [((h-1)+a+(b+1))/3] + [(h+a+b)/3] + [((h+1)+a+(b-1))/3] + [((h+2)+a+(b-2))/3] \} / 5$	$B1 = \{ [((a-2)+b+(c+2))/3] + [((a-1)+b+(c+1))/3] + [(a+b+c)/3] + [((a+1)+b+(c-1))/3] + [((a+2)+b+(c-2))/3] \} / 5$	$C1 = \{ [((b-2)+c+(d+2))/3] + [((b-1)+c+(d+1))/3] + [(b+c+d)/3] + [((b+1)+c+(d-1))/3] + [((b+2)+c+(d-2))/3] \} / 5$
$D1 = \{ [((c-2)+d+(e+2))/3] + [((c-1)+d+(e+1))/3] + [(c+d+e)/3] + [((c+1)+d+(e-1))/3] + [((c+2)+d+(e-2))/3] \} / 5$	$E1 = \{ [((d-2)+e+(f+2))/3] + [((d-1)+e+(f+1))/3] + [(d+e+f)/3] + [((d+1)+e+(f-1))/3] + [((d+2)+e+(f-2))/3] \} / 5$	$F1 = \{ [((e-2)+f+(g+2))/3] + [((e-1)+f+(g+1))/3] + [(e+f+g)/3] + [((e+1)+f+(g-1))/3] + [((e+2)+f+(g-2))/3] \} / 5$
$G1 = \{ [((f-2)+g+(h+2))/3] + [((f-1)+g+(h+1))/3] + [(f+g+h)/3] + [((f+1)+g+(h-1))/3] + [((f+2)+g+(h-2))/3] \} / 5$	$H1 = \{ [((g-2)+h+(a+2))/3] + [((g-1)+h+(a+1))/3] + [(g+h+a)/3] + [((g+1)+h+(a-1))/3] + [((g+2)+h+(a-2))/3] \} / 5$	

圖 28：邊緣基礎型平均運算法(A1~H1)

## 伍、實驗結果

本節中，對於先前介紹的一般演算法做硬體上的實現，並討論各種演算法的輸出結果，然後在依據所提的系統設計概念與鄰近像素掃描線相關性演算法做整個硬體上的呈現，此實驗目的主要針對動態影像與靜態影像的物件邊緣品質做處理改善，並針對輸出結果與一般常見的邊緣改善方法做比較。

本演算法系統實驗平台中，我們使用 DVD 播放器播放測試影片做為視頻訊號來源，然後藉由影像解碼器 ADV7181B 將複合式訊號轉為 ITU-656 YCbCr 4:2:2 的格式，再透過 ITU-656 Decoder 模組，將原先的 YCbCr 4:2:2 的格式取樣提升(Upsampling)為 YCbCr 4:4:4 的訊號格式，再將其升頻後的訊號送入 Altera CycloneII2C35672C6 內，進行本文所提之

去交錯訊號處理與鄰近像素掃描線相關性演算法處理，最後得到 720x480 的循序式圖框，再經由數位/類比轉換 ADV7123，將其訊號輸出至液晶螢幕顯示。

表 8：去交錯方式與鄰近像素掃描線相關性演算法設計種類

去交錯方式	線重複法演算法
鄰近像素掃描線相關性演算法設計種類	相鄰兩線平均法、拉普拉斯運算法、索貝爾運算法、巴特沃斯運算法、H 型平均運算法、邊緣基礎型平均運算法、五線對角交叉平均運算法、邊緣基礎線平均加拉普拉斯運算法

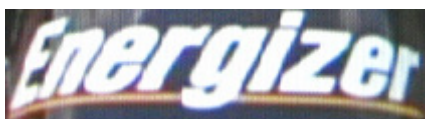
### 5.1 測試影像：F1 賽車

測試影像屬於快速動態影片，其攝影機固定於車身前方隨著 F1 賽車快速左右移動。

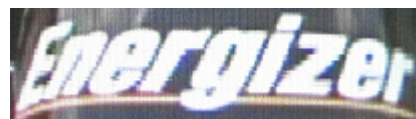


圖 29：測試影像原始圖

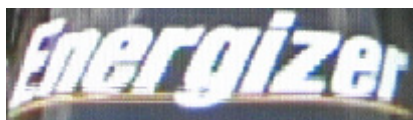
如圖 29 所示，我們針對車身英文字擷取畫面中動態物件的一部分局部放大，並對車身英文字的線條做特性比較。圖 30(a)為原始循序式影像，圖 30(b)為將循序式影像擷取出交錯式影像而且未經過相鄰掃描線演算法處理，畫面上存在著鋸齒化現象且線條較不明顯。雖然其他演算法有增強邊緣並有效改善去交錯後所產生的鋸齒，但還是有少量的階梯鋸齒現象，因此結合平滑空間濾波器與銳化空間濾波器延伸出的邊緣基礎型平均+拉普拉斯運算法(圖 30(j))處理，也有效的保有原始邊緣特性。



(a) 原始畫面



(b) 未經過相鄰掃描線演算法處理



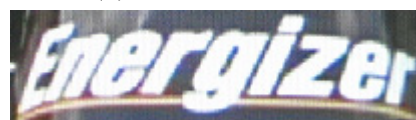
(c) 相鄰兩線平均法



(d) 巴特沃斯運算法



(e) H 型平均運算法



(f) 拉普拉斯運算法

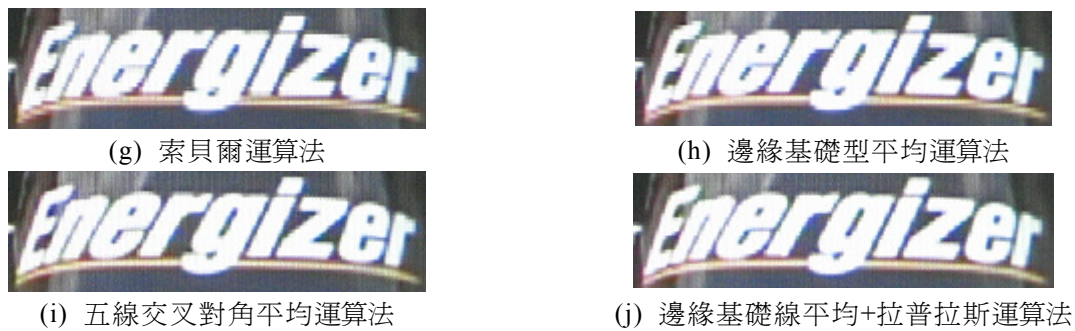


圖 30：測試影像局部放大結果

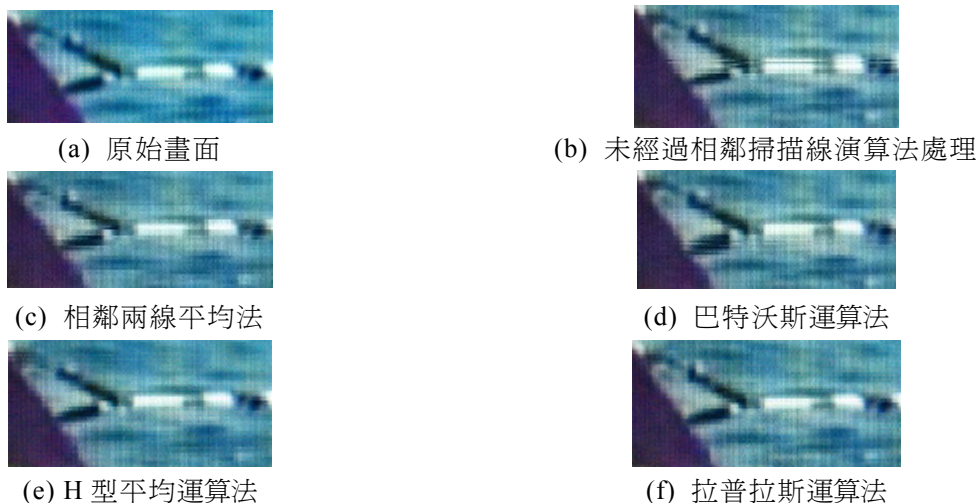
## 5.2 測試影像：水上運動

測試影像為動態影像，攝影機定點拍攝，運動選手前面為一輛快艇，運動選手拉著拉繩做快速翻轉的極限表演。



圖 31：測試影像原始圖

如圖 31 所示，此測試影片在衝浪者所拉住的拉繩部分會出現不連續的階梯現象，我們針對拉繩線條擷取畫面一部份局部放大。圖 32(a)為原始循序式影像，圖 32(b)則是交錯式影像且未經過相鄰掃描線演算法處理的影像，畫面上存在著鋸齒化現象。經過設計的邊緣基礎型平均處理後鋸齒狀線條有較為減緩但不夠明顯，而經過設計的五線交叉對角平均運算法(圖 32(i))、邊緣基礎型平均+拉普拉斯運算法(圖 32(j))處理，可以從看出邊緣鋸齒的情形明顯改善。



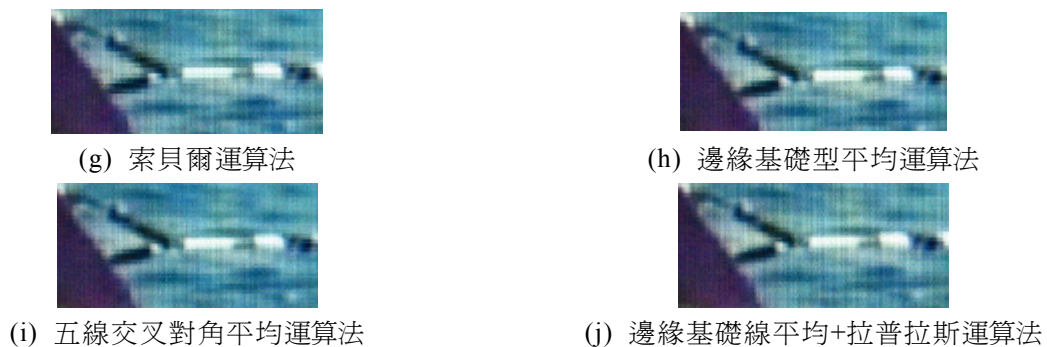


圖 32：測試影像局部放大結果

## 陸、結論

本論文主要是在探討各種鄰近像素掃描線相關性演算法的影像改善效果，其方法主要是於去交錯處理器後端加入 Line Buffer 來儲存經去交錯處理器的視訊訊號，並經由我們提出的演算法，做相鄰掃描線的相關性運算，以影像像素點做平均或是影像像素相減之影像空間域增強技術做處理。我們結合了影像均化與影像銳化之混合技術，其目的是希望可以改善只使用單一種影像強化技術的缺點。

我們是以線重複法的去交錯架構下，設計這些技術：相鄰兩線平均法、巴特沃斯運算法、H 型平均運算法、拉普拉斯運算法、索貝爾運算法、邊緣基礎線平均運算法、五線對角交叉平均運算法、邊緣基礎線平均加拉普拉斯運算法...等八種鄰近像素掃描線相關性演算法。由實驗中我們清楚得知於去交錯線重複法後出來的影像在影像邊緣部份會有嚴重的鋸齒現象及不連續的階梯效應，我們發現使用某些鄰近像素掃描線相關性演算法處理後的影像，可以有效地降低原本經過線重複法去交錯處理後的鋸齒化邊緣現象，使畫面較為平滑化。因此我們在線重複法的去交錯架構下加入鄰近像素掃描線相關性演算法設計，經過實驗證明可以有效地保留影像邊緣特性並突顯細微影像。

在本文中，我們使用 Verilog HDL 將本文所提出之鄰近像素掃描線相關性演算法實現於 FPGA 中，並依據 FPGA 所實現出來的結果，以主觀性的角度探討處理前後的影像品質效果，並加以驗證本文所提出之鄰近像素掃描線相關性演算法設計。由上述實驗結果，我們可以得知本文所提出之方法能有效的減緩經由線重複法去交錯處理後的鋸齒現象及階梯現象，使影像品質效果提升。



## 參考文獻

- [1] 尤信程等編著(2007)。數位電視之原理及技術。台灣。出版地：出版者。
- [2] 林家福(2006)。利用連續有效場景資訊之動態適應性解交錯技術。私立東海大學資訊工程與科學研究所。碩士論文。
- [3] 林宏熾(2003)。適用於視訊倍頻器之移動補償解交錯演算法之研究與硬體實現。台灣大學。碩士論文。
- [4] 張毓麟(2004/3)。電視訊號去交錯處理及其架構(上)。Chip 123 IC Design Magazine, 第 46 期, 1~13 頁。
- [5] 郭德潤(2006)。適應性的空間-時間域之解交錯掃瞄線演算法。國立東華大學電機工程研究所。碩士論文。
- [6] 黃國峰、張真誠、陳同孝著(2003)。數位影像處理技術。台北：旗標出版社。
- [7] Gonzalez 著(2004)。數位影像處理。繆紹綱譯。台北：台灣培生出版社。
- [8] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods 著(1996)。數位影像處理。吳成柯、程湘君、戴善榮等譯。台北：儒林圖書有限公司。
- [9] Altera Corporation, *DE2 Development and Education Board User Manual*。
- [10] Altera DE2 Datasheets, *DE2 Development and Education Board*。(2005)
- [11] Altera DE2 Datasheets, *Multiformat SDTV Video Decdor*。(2005)
- [12] Altera DE2 Datasheets, *Triple 10-Bit High Speed Video DAC ADV7123*。(2006)
- [13] C. Hentschel,(1996,Aug) High Quality Noise Insensitive Motion Detector Using on Field Memory, *IEEE Trans. on Consumer, Electronics*, Vol. 42, pp. 696-704.
- [14] E.W.Engstrom,(1935) A study of Television Image Characteristics-Part Two:  
甲、Determination of Frame Frequency for Television in terms of Flicker  
乙、Characteristic, in *Proceeding of the I.R.E.*, vol. 23, pp.295-310.
- [15] G. de Haan and E. B. Bellers,(1997,Aug) De-interlacing of Video Data, *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 44, Issue 3, pp. 819-825.
- [16] G. de Haan and E. B. Bellers,(2000) De-interlacing a Key Technology for Scan Rate Conversion, *ELSEVIER*.
- [17] G. de Haan and E. B. Bellers,(1998,Sep) De-interlacing-an Overview, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 86, Issue 9, pp. 1839-1857.
- [18] H. Rantanen, M. Karlsson, P. Pohjala. and S. Kalli,(1992,Aug) Color Video Signal Processing with Median Filters, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vo 1.38, No. 3, pp. 1-4.
- [19] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods,(1992) Digital Image Processing, *Addison Wesley Publishing Company*, pp. 191-200.



# 截取窗口對升餘弦插值器之效用

## Truncation Window Effect on Raised Cosine Interpolator

蔡蕙逢<sup>1</sup>

Hui-Feng Tsai

清雲科技大學資工系

助理教授

hftsai@cyu.edu.tw

林銀議<sup>2</sup>

Yinyi Lin

中央大學通訊系

教授

### 摘 要

截取升餘弦(raised cosine)插值器(interpolator)對時序恢復之研究已發表在[8]文獻中，研究顯示升餘弦的效能優於其它內插，如正弦、多項式、spline 和 MMSE 等插值器。在這篇文章，截取窗口對升餘弦插值器效用之研究。研究結果顯示，矩形截取窗口在均方誤差和錯誤性能均可達最佳之性能。

**關鍵詞：**插值器濾波器、升餘弦濾波器

## Abstract

The truncated raised cosine interpolator for timing recovery has been proposed in [8], and shown its superiority over other interpolators such as the sinc, polynomial, spline and MMSE interpolators. In this paper the truncation window effect on the raised cosine interpolator is investigated. The result showed that the rectangular truncation window achieves the best performance in both MSE and error performances.

**Keywords :** interpolator filter, raised cosine interpolator



## 1. Introduction

Symbol synchronization or timing recovery plays an important role for digital communications. In conventional timing recovery an analogy phase locked loop (PLL) employing a voltage control oscillator (VCO) is used to adjust the sampling phase at each sampling time. Gardner [1] first suggested a fully digital timing recovery algorithm in which an A/D converter is employed to sample the received signal with a fixed sampling rate. An interpolation filter is then used to recover the synchronized samples from the A/D converter output.

The synchronized samples can be perfectly recovered using an ideal lowpass filter provided that the sampling rate is above the Nyquist rate. Thus, the interpolation filter design can be normally based upon a sinc pulse [3]. However, the infinite-length sinc interpolator is not practical from the application point of view. Instead of the sinc interpolator, Erup et al. [2] suggested employing polynomial interpolators (such as linear, parabolic and cubic polynomials) [4-5] to obtain the synchronized samples from the A/D converter outputs. The polynomial interpolator is simple; however, they are only suitable for high sampling rates [6]. Kim et al. [7] suggested designing the interpolator by minimizing the mean square error (MMSE) that takes the background noise into account. The MMSE interpolator is an optimal interpolator in the sense that it minimizes the timing error, but it always suffers from computational complexity. In addition to the sinc pulse, there is an interpolation pulse called the raised cosine pulse that also satisfies the first Nyquist criterion and can be applied to the design of the interpolation filter. The raised cosine interpolator design has been investigated in [8], and shown superior to other interpolators. The raised cosine pulse with rolloff factor  $\beta$  between 0.4 and 0.6 introduces less aliasing effect and achieves good MSE and error performances. In this paper, the truncated raised cosine pulse with rolloff factor  $\beta = 0.5$  is employed to study the effect of the truncation window on the raised cosine interpolator. Simulation results indicate that the rectangular-truncated window achieves the best performance in both MSE and error performances, although it has a worse aliasing effect than Hamming and Hanning windows.

## 2. Raised Cosine Interpolation Filter

In an all-digital interpolated timing recovery scheme, as depicted in Fig. 1, an A/D converter samples the received signal  $r(t)$  using a fixed clock with period  $T_s$ . Neither its frequency nor its phase is synchronized with the received signal. An interpolation filter is then used to obtain the desired samples for detection from unsynchronized input samples. As shown, the output of the interpolation filter  $y(t)$  can be expressed as

$$y(t) = \sum_m r(mT_s)h_I(t - mT_s), \quad (1)$$

where  $h_I(t)$  represents the impulse response of the interpolator. The synchronized sample

$y(kT)$  is obtained by sampling  $y(t)$  at time  $t = kT$ , where  $T$  is the channel bit period and  $y(kT)$  is given by

$$y(kT) = \sum_m r(mT_s)h_I(kT - mT_s). \quad (2)$$

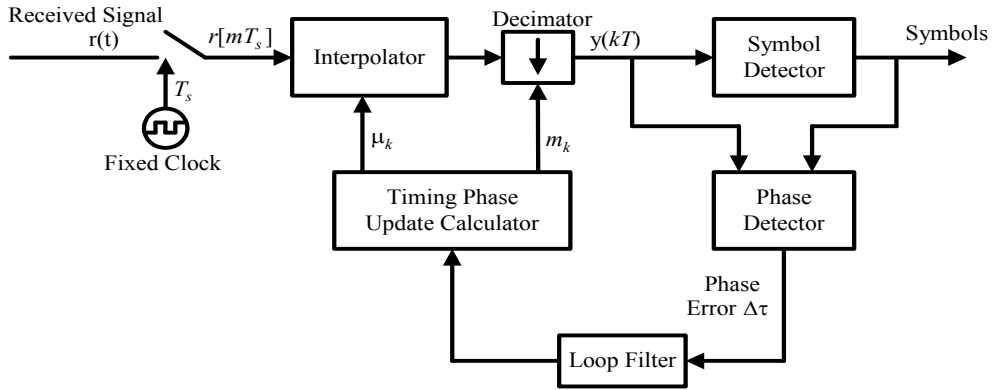


Fig. 1 All digital interpolated timing recovery scheme

As shown in Fig. 2 [1], assume that the time  $t = kT$  is located between  $[m_k T_s, (m_k + 1)T_s]$ ,  $y(kT)$  can be written as

$$y(kT) = y((m_k + \mu_k)T_s) = \sum_{n=-N_1}^{N_2} r((m_k - n)T_s)h_I((n + \mu_k)T_s), \quad (3)$$

where the basepoint index  $m_k$  and the fractional interval  $\mu_k$  are respectively given by [1]

$$m_k = \text{int} \left\lfloor \frac{kT}{T_s} \right\rfloor, \quad \mu_k = \frac{kT}{T_s} - m_k, \quad \text{and} \quad n = m_k - m. \quad (4)$$

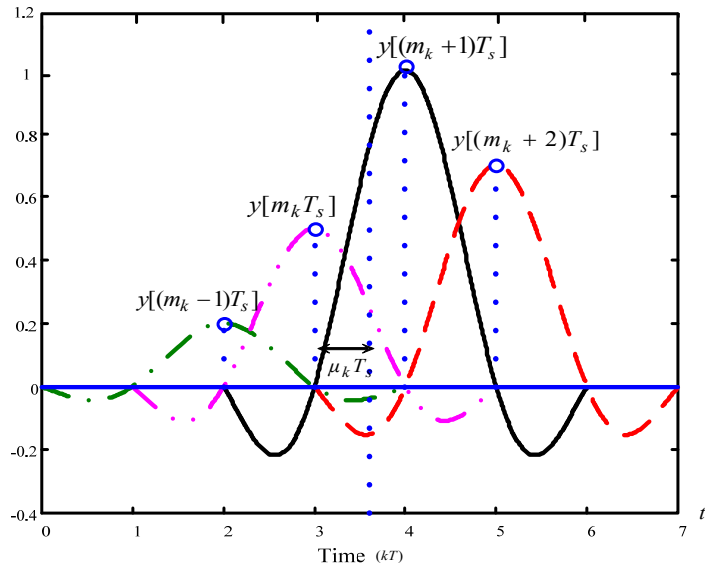


Fig. 2 Resample  $y(kT)$

Theoretically, the received signal  $r(t)$  can be perfectly recovered by the interpolation filter using an infinite-length sinc pulse (i.e.,  $h_I(t) = \sin(\pi t/T_s)/(\pi t/T_s) = \text{sinc}(t/T_s)$ ) if the sampling rate is above the Nyquist rate. However, it is not practical to use an infinite-length sinc pulse in actual applications. The interpolation filter design has been investigated in many papers [2-7], including using truncated sinc pulse [3] and polynomial functions (linear, parabolic and cubic functions) [4-5]. As the tails of the sinc pulse only decay as  $1/t$ , a truncated sinc interpolation filter would introduce some severe errors if its truncated length  $M$  ( $= N_1 + N_2 + 1$ ) is short. Although the polynomial filters are simple, they are only suitable for high sampling rates [6]. In addition, Kim etc. [7] proposed using MMSE (Minimum Mean Square Error) criterion to design an interpolation filter in which the background noise has been taken into account. The MMSE interpolation filter can outperform other filters, but it suffers from computational complexity.

Instead of the sinc pulse, in this paper a raised cosine pulse is proposed for use as an interpolation filter. As the sinc pulse the raised cosine pulse also satisfies the first Nyquist criterion for zero intersymbol interference (ISI) in which ISI is absent when sampling at the  $kT$  instants. The impulse response of the raised cosine interpolator is given by

$$h_{RC}(t) = \frac{\cos(\beta\pi t/T_s) \sin(\pi t/T_s)}{1 - 4\beta^2 t^2/T_s^2} \frac{\pi t/T_s}{\pi t/T_s} \quad (5)$$

with  $0 \leq \beta \leq 1$ . For  $\beta = 0$ , the raised cosine pulse is exactly the sinc pulse. The frequency response  $H_{RC}(w)$  of the raised cosine interpolator is given by

$$H_{RC}(w) = \begin{cases} T_s & , 0 \leq |wT_s| \leq \pi(1-\beta) \\ \frac{T_s}{2} \left\{ 1 - \sin\left(\frac{|wT_s| - \pi}{2\beta}\right) \right\} & , \pi(1-\beta) \leq |wT_s| \leq \pi(1+\beta) \\ 0 & , |wT_s| \geq \pi(1+\beta) \end{cases} \quad (6)$$

where  $\beta$  is called the rolloff factor. The tails of the raised cosine pulses with  $\beta \neq 0$  decay as  $1/t^3$ . It is expected that the truncated raised cosine pulse can introduce less Gibbs oscillation than a sinc pulse with the same truncation length. There are some commonly used windows to truncate the raised cosine pulse, such as rectangular, triangular, Blackman, Hamming and Hanning windows. The impulse response of the truncated raised cosine interpolator is given by

$$h_I(t) = h_{RC}(t)w_r(t) = \begin{cases} h_{RC}(t), & -\frac{M}{2}T_s \leq t \leq \frac{M}{2}T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

where the truncation length  $M$  is an even integer, and  $w_r(t)$  is the truncation window. For example, the rectangular window  $w_r(t)$  is given by

$$w_r(t) = \begin{cases} 1, & -\frac{M}{2}T_s \leq t \leq \frac{M}{2}T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

It follows from the modulation or windowing property that the frequency response  $H_I(w)$  of an interpolation filter using a truncated raised cosine pulse can be expressed as

$$H_I(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H_{RC}(\theta) W_r(w-\theta) d\theta \quad (9)$$

The Fourier transform of the rectangular window  $W_r(w)$  is given by

$$W_r(w) = \frac{2 \sin(wMT_s / 2)}{w} \quad (10)$$

### 2.1 Aliasing Effects

When the truncated raised cosine interpolator is employed, the aliasing effect occurs because of the sidelobe and/or excess spectra existing in the truncated pulses. Fig. 3 shows the frequency response of the truncated raised cosine interpolator with truncation length  $M=12T_s$  and rolloff factor  $\beta=0.5$  for various truncation windows. Consider that the channel is a bandlimited raised cosine channel with 40% excess bandwidth and the received signal  $r(t)$  is sampled at a rate of 2 samples/symbol (i.e.,  $T/T_s=2$ ). Fig. 4 displays the peak amplitude of the aliasing introduced in the truncated raised cosine interpolator versus truncation lengths for various truncation windows. The aliasing effect can be significantly reduced when the truncation length increases. And the result indicates that both Hanning-truncated and Hamming-truncated interpolators achieve the least aliasing effect.

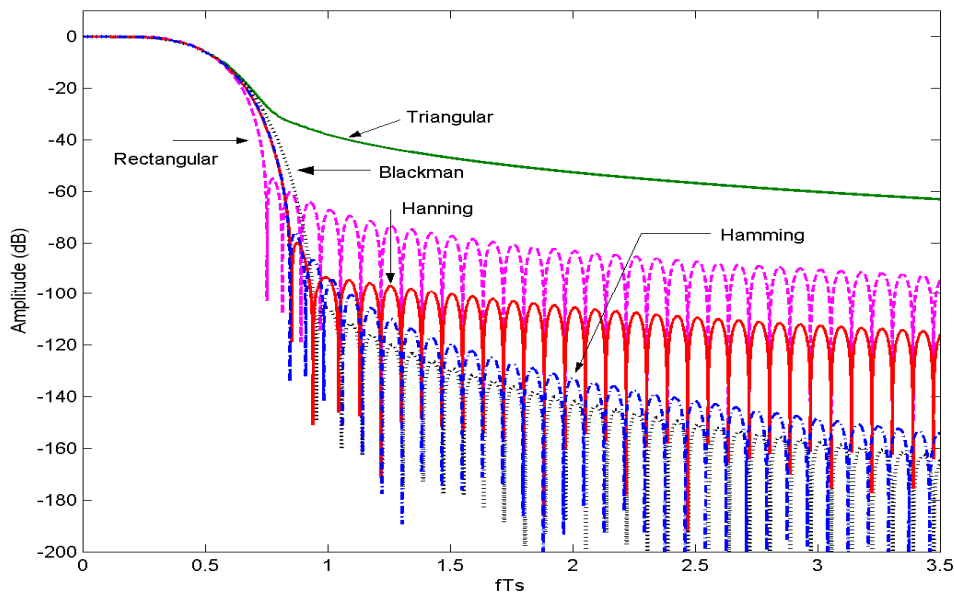


Fig. 3 Frequency response of truncated raised cosine interpolators

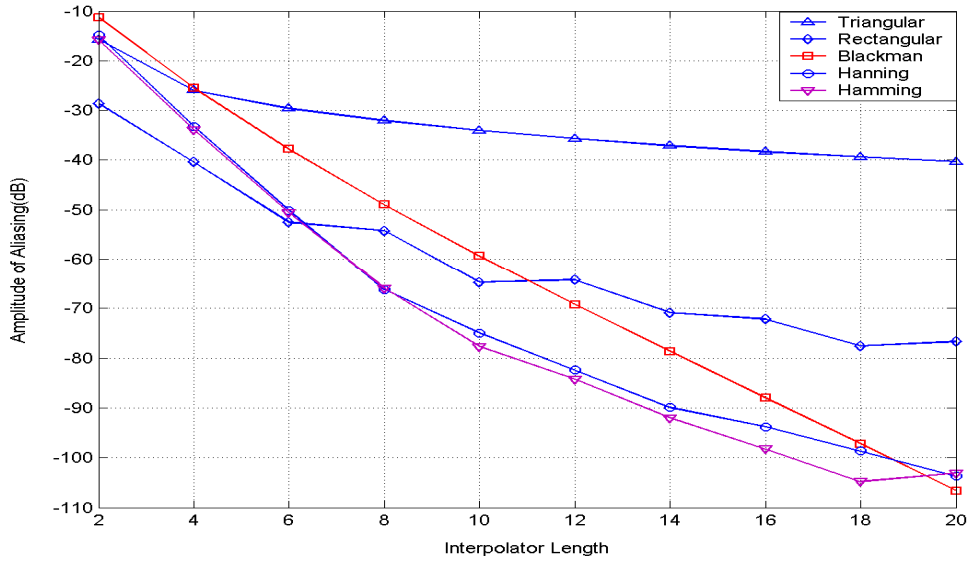


Fig. 4 Peak amplitude of aliasing versus truncation length

## 2. 2 Mean Square Error (MSE) Performance

Assume that the received signal before the A/D converter is given by

$$r(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_j g(t - jT) + N(t), \quad (11)$$

where  $\{a_j\} \in \{\pm 1\}$  is the binary transmitted sequence and  $g(t)$  is the overall channel impulse response, and  $N(t)$  is the background noise. The receiver requires obtaining  $r(kT)$ , but it is sampled at a period  $T_s$  probably with a time offset  $\mu$  (normalized to  $T_s$ ). Therefore, the resample of the interpolation filter is given by

$$\begin{aligned} \tilde{y}(kT) &= y((m_k + \mu_k + \mu)T_s) \\ &= \sum_{n=-N_1}^{N_2} r((m_k - n)T_s) h_I((n + \mu_k + \mu)T_s), \\ &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_{k-i} \tilde{G}_i + \tilde{N}_k \end{aligned} \quad (12)$$

where

$$\tilde{G}_i = \sum_{n=-N_1}^{N_2} h_I((n + \mu_k + \mu)T_s) g(iT - (n + \mu_k + \mu)T_s) = G_i^T H_I \quad (13)$$

$$\tilde{N}_k = \sum_{n=-N_1}^{N_2} h_I((n + \mu_k + \mu)T_s) N((m_k - n)T_s) = N^T H_I. \quad (14)$$

To compare the performance of the truncated interpolators, the mean square error

$MSE(\mu)$  between the ideal (synchronized) sample and the asynchronous resample is defined as

$$\begin{aligned} MSE(\mu) &= E\{[a_k - \tilde{y}(kT)]^2\} \\ &= E\left\{[a_k - \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_{k-i} G_i^T H_I + N^T H_I]^2\right\}, \\ &= 1 - 2G_0^T H_I + H_I^T (R_{NN} + \sum_{i=-\infty}^{\infty} G_i G_i^T) H_I \end{aligned} \quad (15)$$

where  $R_{NN} = E\{NN^T\}$  is the autocorrelation matrix of the background noise. The last equality is obtained by assuming  $P\{a_k = 1\} = P\{a_k = -1\} = 1/2$ .

For the MMSE interpolator [8] (i.e.,  $\partial MSE(\mu) / \partial H_I = 0$ ), the optimal impulse response  $H_I$  of the interpolation filter is given by

$$\begin{aligned} H_{I,opt} &= [h_I((-N_1 + \mu_k + \mu)T_s) \quad h_I((-N_1 + 1 + \mu_k + \mu)T_s) \quad \cdots \quad h_I((N_2 + \mu_k + \mu)T_s)] \\ &= G_0 (R_{NN} + \sum_{j=-\infty}^{\infty} G_j G_j^T) \end{aligned} \quad (16)$$

The impulse responses  $H_I$  of the truncated raised cosine interpolator is given by

$$H_I = \left[ w_r[-N_1 + \mu_k + \mu] \frac{\cos\beta(-N_1 + \mu_k + \mu)\pi}{1 - 4\beta^2(-N_1 + \mu_k + \mu)^2} \text{sinc}(-N_1 + \mu_k + \mu) \quad \cdots \quad w_r[-N_2 + \mu_k + \mu] \frac{\cos\beta(N_2 + \mu_k + \mu)\pi}{1 - 4\beta^2(N_2 + \mu_k + \mu)^2} \text{sinc}(N_2 + \mu_k + \mu) \right]^T. \quad (17)$$

The MSE performance comparison is made under the assumption of no noise corruption (i.e.,  $R_{NN} = 0$ ) and a channel with 40% excess bandwidth. Fig. 5 depicts the MSE performance of the raised cosine interpolators as a function of the truncation length for the time offset  $\mu = 0.5$ . As shown in Fig. 5, with the same truncation length the rectangular truncation window outperforms other truncation windows.

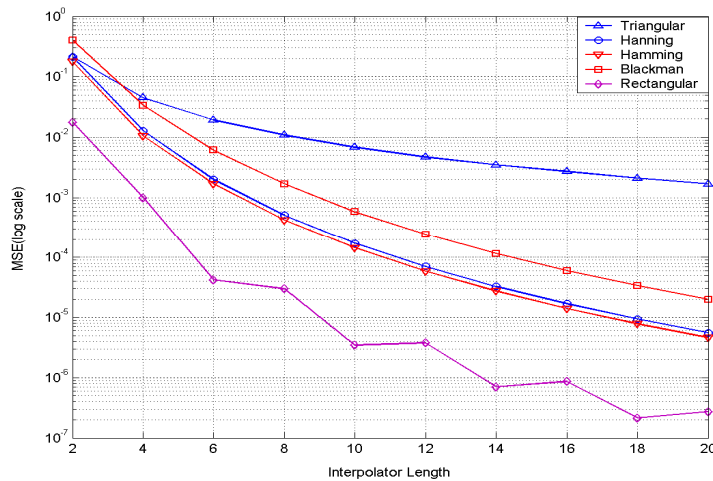


Fig. 5 MSE performances with truncated windows for time offset  $\mu = 0.5$

### 3. Error Performance

The raised cosine interpolator with different truncation windows are also compared through computer simulations on a general pulse amplitude modulation (PAM) system. Fig. 6 compares the performance of the interpolators with different truncation windows. The SNR in dB is defined here as the ratio of the input complex waveform signal energy generated by 127-bit pseudorandom binary sequence to the channel noise energy of the same duration. As displayed in Fig. 6, rectangular-truncated interpolator is superior in error performance to the interpolators with other truncation windows. The result shows that the rectangular-truncated raised cosine interpolator improves other interpolators by approximately 1-2 dB in error performance.

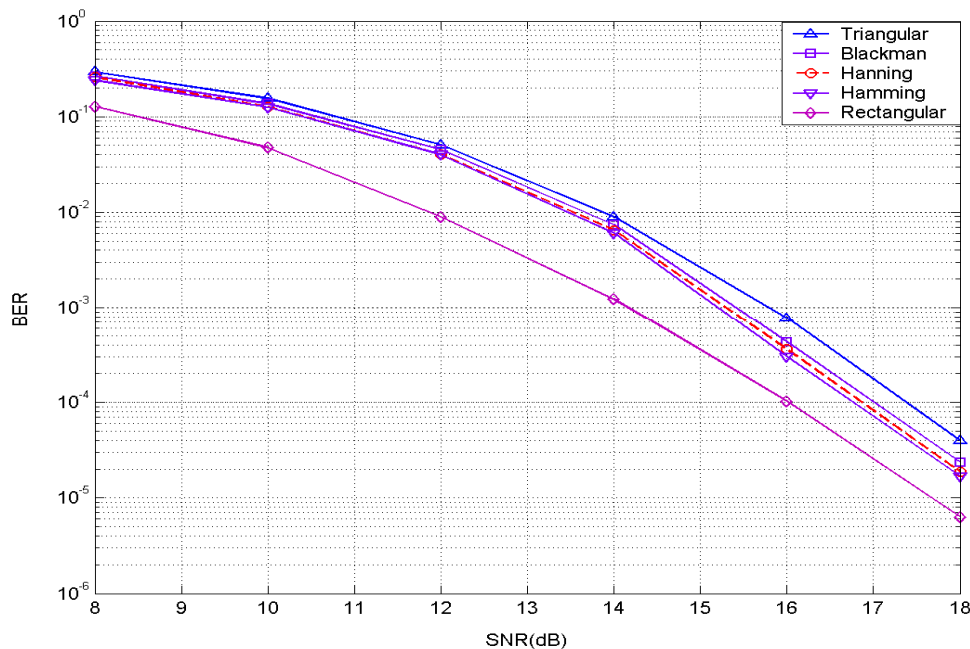


Fig. 6 Error performances with truncated windows

### 4. Computational Complexity

In interpolated timing recovery the synchronized output signal  $y(kT)$  is obtained by computing the interpolant at the time  $kT = (m_k + \mu_k)T_s$  in which the fractional interval  $\mu_k$  is evaluated using a time phase estimator. The interpolant can be calculated using two types of FIR filters. The first FIR filter stores the impulse response  $H_I$  from the interpolation filter in a finite memory. In this type of implementation, the fractional interval  $\mu_k$  is quantized into  $P$  uniform intervals and each sample value from the fractional interval  $\mu_k$  is stored in a memory that requires  $MP$  words. For each interpolation, each sample from the memory is loaded into a transversal filter as the filter coefficient. Both the sinc and raised cosine interpolators can be implemented in this kind of transversal filter. For the *MMSE* interpolator, it is impossible to store the impulse response from the filter because the impulse response is

dependent upon the noise or the fractional interval  $\mu_k$ . Therefore the interpolant must be computed directly on-line. In this type of implementation, all computations are performed on-line and no memory for the filter coefficient or quantization is required. The computational complexity is much higher than that of the sinc or raised cosine filter. For polynomial interpolators such as linear, parabolic or cubic interpolators, the interpolation can be accomplished by direct computation with a Farrow structure [2] and the computational complexity is greatly reduced. Table 1 shows the computational complexities of interpolation filters that require computing an interpolant. Note that since the sinc interpolator has the same computational complexity as the raised cosine interpolator, it is not shown in the table. As displayed in this table, only  $(M-1)$  multipliers are required for the sinc or raised cosine interpolators with truncation length  $M$ . This is much less than that of the *MMSE* interpolator. As displayed in Table 1, the raised cosine interpolator with truncation length  $M=16T_s$  has much less computational complexity than that of the *MMSE* interpolator with length  $M=4T_s$ . The computational complexity of B-spline interpolator [12] is also shown in Table 1 for comparison.

## 5. Performance Comparison

The raised cosine interpolator and different interpolator filters (such as cubic, sinc, half sine [9-10], B-spline [11-13], and *MMSE*) are compared through computer simulation on a general pulse amplitude modulation system. Figure 7 compares the performance of the interpolators. The  $4T_s$  raised cosine interpolator is superior in error performance to cubic, sinc, and half sine interpolators of same truncation length. As can also be seen from Fig. 7 and Table 1, the B-spline interpolator is only slightly better than that of the  $4T_s$  raised cosine interpolator by approximately 0.2 dB but with more computational complexity. However, the  $12T_s$  raised cosine interpolator, with a similar computational complexity to that of the B-spline interpolator, has an improvement of 0.5 dB over the B-spline interpolator. In addition, both  $12T_s$  and  $16T_s$  raised cosine interpolators outperform the  $4T_s$  *MMSE* interpolator and with much lower computational complexity. At BER of  $10^{-5}$ , the  $16T_s$  raised cosine interpolators is about 10 dB far from the Shannon limit [14], as can be seen from Fig. 7.



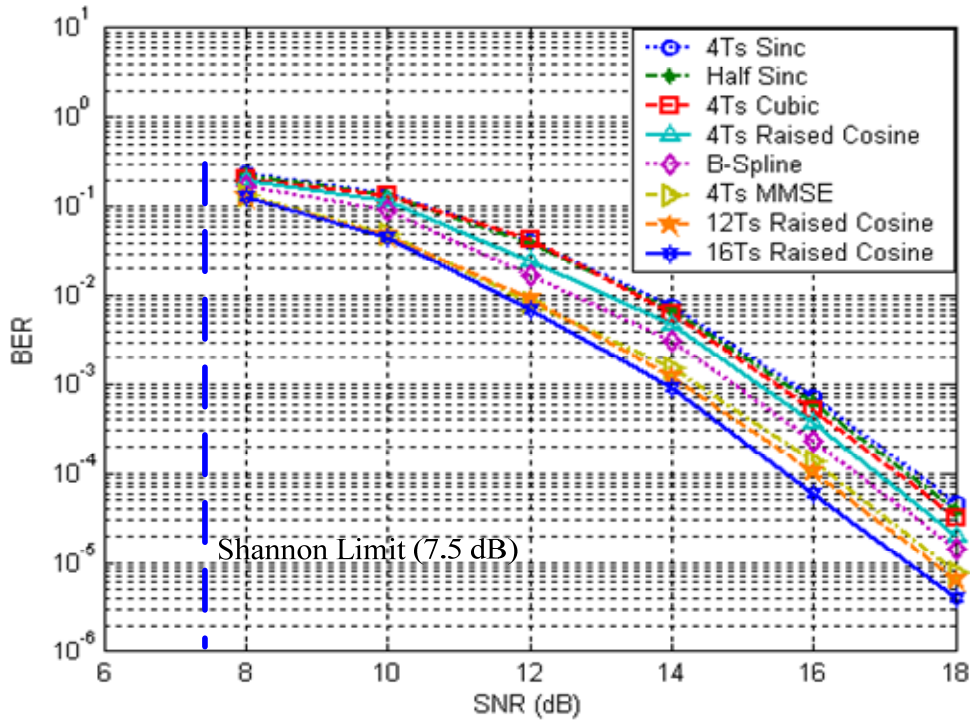


Fig. 7 Bit error probability versus SNR for different interpolators

Table 1 Computational complexities versus various interpolation filters

Interpolator \ Operation	Cubic	Raised Cosine $4T_s$	Raised Cosine $8T_s$	Raised Cosine $12T_s$	Raised Cosine $16T_s$	Raised Cosine $20T_s$	B-spline
	Add/Subtract	11	3	7	11	15	19
Multiply/Divide	3	4	8	12	16	20	12

Interpolator \ Operation	MMSE $4T_s$	MMSE $6T_s$	MMSE $8T_s$	MMSE $10T_s$	MMSE $12T_s$
	Add/Subtract	102	370	910	1818
Multiply/Divide	236	1542	5560	14690	32100

## 6. Conclusions

In this paper the truncation window effect on the raised cosine interpolator is presented, and the result reveals that the rectangular-truncated window achieves the best performance in both MSE and error performances (1-2 dB gain), although it has worse aliasing effect than Hamming and Hanning windows. The error performance result indicates that with similar

computational complexity the raised cosine interpolator is superior to other interpolators in common use such as sinc, polynomial, half sine, B-spline and MMSE interpolators.

## References

- [1] Gardner, F. M. (1993). Interpolation in digital modems – Part I: Fundamentals. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 41, No. 3, pp. 501-507.
- [2] Erup, L., Gardner, F. M., and Harris, R. A. (1993). Interpolation in digital modems – Part II: Implementation and performance. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 41, No. 6, pp. 998-1008.
- [3] Armstrong, J. and Strickland, D. (1993). Symbol synchronization using signal samples and interpolation. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 41, No. 2, pp. 318-321.
- [4] Dong, X., Lu, W. S., and Soong, A. C. K. (2007). Linear interpolation in pilot symbol assisted channel estimation for OFDM. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 6, No. 5, pp.1910 – 1920.
- [5] Pulikkoonattu, R., Subramanian, H. K., and Laxman, S. (2008). Least square based piecewise parabolic interpolation for timing synchronization. in *Proceedings IEEE Transactions on Radio and Wireless Symposium*, Orlando, FL, USA, pp. 155-158.
- [6] Hong, K. K., Yoon, S. H., and Chong, J. W. (2006). Design and implementation of the high speed VP (variable parameter)-cubic interpolator for the system of MB-OFDM UWB. in *Proceedings International Conference on Digital Telecommunications*, Cote d'Azur , France, pp. 44-48.
- [7] Kim, D., Narasimha, M. J., and Cox, D. C. (1997). Design of optimal interpolation filter for symbol timing recovery. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 45, No. 7, pp. 877-884.
- [8] Tsai, H. F., Jiang, Z. H., and Lin, Y. (2005). Interpolation filter using raised cosine pulse for timing recovery. *International Journal of Electrical Engineering*, Vol. 12, No. 4, pp. 391-398.
- [9] Yamabuchi, T., Takagi, T., and Mano, K. (1971). Matched filters for rectangular, raised cosine, and half sine wave signals. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 19, No. 3, pp. 369-371.
- [10] Yang, L. L., and Hanzo, L. (2003). Performance of generalized multicarrier DS-CDMA using various chip waveforms. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 51, No. 5, pp. 748-752.
- [11] Cezanne, J., and Papoulis, A. (1988). The use modulated splines for the reconstruction of band-limited signals. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. 36, No. 9, pp. 1521-1525.
- [12] Lehmann, T. M., Gönner, Claudia., and Spitzer, K. (1999). Survey: interpolation methods in medical image processing. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 18, No. 11, pp. 1049-1075.
- [13] Du, Y., Li, B., Lin, W., and Yang, X. (2009). A B-spline surface interpolator for precision machining of free-form surfaces. in *Proceedings IEEE Transactions on Information and Automation*, Zhuhai, Macau, pp. 1642-1647.
- [14] Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, Vol. 27, pp. 379–423 (Part I), 623-656 (Part II).



# 太陽能發電系統之 PI 電導法最大功率追蹤控制

## PI-Conductance Maximum Power Point Tracking Control of Solar Power Generation Systems

江東昇

Tung-Sheng Chiang

清雲科技大學電機工程系

tschiang@cyu.edu.tw

### 摘 要

本文 PI 電導法與簡化 PI 電導法追蹤太陽能發電系統之最大功率點，不同於目前文獻上演算法則，發展出簡易之 MPPT。PI 電導法控制器以電導回授函數回授訊號，並控制電導回授函數漸近為零，而達到最大功率點追蹤。簡化 PI 電導法減少對溫度量測，以簡化電導回授函數回授訊號。即以 PI 控制器控制 DC-DC 轉換器之開關工作週期，隨著日照強度和工作溫度維持電導回授函數為零而達到 MPPT。所提控制器可由四種情況驗證獲得滿意結果。

**關鍵詞：**最大功率點追蹤控制、太陽能發電、DC-DC 轉換器

## **Abstract**

This paper proposes PI-conductance and simplified PI-conductance maximum power point tracking control of solar power generation systems. This approach is not the same as conventional algorithm for MPPT. The goal is asymptotic MPPT control, in which a function of conductance as feedback signal is asymptotically to zero. This means that the MPPT control is achieved. Simplified PI-conductance is proposed to reduce to measure temperature. The output of PI controller control DC-DC converters to generate maximum power from photovoltaic with varying temperature and insolation. The effectiveness of the proposed controllers are verified with four cases satisfactory numerical results.

**Keywords** : MPPT, photovoltaic, DC-DC converter

## 壹、緒 論

近年來太陽能最大功率追蹤之研究陸續被提出，文獻[1, 2]為被廣泛使用之擾動觀察法，其架構有簡單且控制容易之優點，但於太陽能照射強度改變過快時仍無法快速取得最大功率點。文獻[3]為直接功率控制法，其控制法近似於擾動觀察法，文獻[4~7]採用增量電導法，為穩定且可靠之追蹤法，以上方法雖可確實追蹤到最大功率點，但於最大功率點附近仍會產生些許振盪。因此文獻[8]提出模糊邏輯適應控制法，可有效解決振盪問題，但方法複雜。文獻[9]提出無電流迴授之最大功率追蹤法，可省去電流迴授電路，但控制法則較複雜。觀察太陽能電池的輸出功率，可發現其最大功率輸出點與短路電流問幾乎為比例關係，文獻 [10~12]提出比例電流控制法，其優點為控制法則簡單並可省去電壓迴授信號，亦不會產生振盪問題，但須顧慮陰影遮蔽所造成之工作點偏移問題。文獻[13~15]探討 DC-DC 轉換器於太陽能最大功率追蹤下之多組並聯法則，以確保太陽能電池最大功率之取用。

不同於目前文獻上演算法則，同時考慮太陽能電池模組與 DC-DC 轉換器之最大功率點追蹤，以電導回授函數回授訊號，控制電導回授函數為零，即以 PI 控制器控制 DC-DC 轉換器之開關工作週期，此法稱為 PI 電導法，此法需測量 PV 之電壓、電流與環境溫度。簡化 PI 電導法則可減少對溫度量測，以修正電導回授函數回授訊號。隨著日照強度和工作溫度維持電導回授函數為零而達到 MPPT，在最大功率點附近並不會產生振盪。

本文首先介紹太陽能電池的特性與規格於第 II 節，第 III 節敘述 PI 電導法與簡化 PI 電導法，第 IV 節數值模擬驗證與比較，結論於第 V 節。

## 貳、太陽能電池

太陽能電池組合了多個  $p-n$  接面的半導體材料；它可直接將光能轉換為電能，故可將太陽能電池等效為一獨立電流源、及些許的電路元件所組成的，並且太陽能電池可將太陽能能直接轉換為電能以提供負載使用。如圖 1 所示即為太陽能電池等效電路，其中  $I_{ph}$  為太陽能光電池所產生的電流源、 $D$  為  $p-n$  接面的二極體、 $R_{sh}$  為等效並聯電阻、 $R_s$  為等效串聯電阻。通常在分析時可將  $R_{sh}$  視為無限大(斷路)而  $R_s$  則為零(短路)，此等效可將太陽能光電池的分析簡化以方便計算。經由化簡後的等效電路圖，利用以下的數學方程式來表示太陽能電池的輸出電流：

$$i_{pv} = n_p I_{ph} - n_p I_{rs} \left( e^{\frac{q}{kpn_s} \times \frac{v_{pv}}{T}} - 1 \right) \quad (1)$$

其中

$I_{rs}$  太陽能電池的反向飽和電流

$i_{pv}$ : 太陽能光電池模組的輸出電流

$n_p$ : 太陽能光電池模組的並聯個數

$n_s$ : 太陽能光電池棋組的串聯個數

$q$ : 電子所代的電荷量  $1.602 \cdot 10^{-19}$  庫倫

$k$ : 波茲曼常數  $1.38 \cdot 10^{-23} J/^{\circ}K$

$T$ : 太陽能電池的溫度 (以絕對溫度表示, 單位為  $^{\circ}C$ )

$p$ : 太陽能電池的理想因數 ( $p=1 \sim 5$ ), 主要用來決定與理想  $p-n$  接面半導體間的差異。

為  $I_{rs}$  太陽能電池的反向飽和電流, 可表示為

$$I_{rs} = I_{rr} (T / T_r)^3 e^{qE_{gp}(1/T_r - 1/T)} \quad (2)$$

其中

$T_r$ : 太陽能光電池的參考溫度

$I_{rr}$ : 太陽能電池在參考溫度下的反向飽和電流

$E_{gp}$ : 跨越半導體材料能隙所需的能量 ( $E_{gp} = 1.1eV$ )

太陽能電池所產生的電流  $I_{ph}$ , 其隨著太陽照度和大氣溫度的變化而改變, 可由下列的數學式表示:

$$I_{ph} = (I_{sc} + K_I(T - T_r))\lambda / 100 \quad (3)$$

其中

$I_{sc}$ : 太陽能光電池在參考溫度和日照條件 ( $100mW/cm^2$ ) 下, 所測量到的短路電流

$K_I$ : 太陽能光電池的短路電流溫度係數

$\lambda$ : 太陽的日照強度 (單位  $mW/cm^2$ )



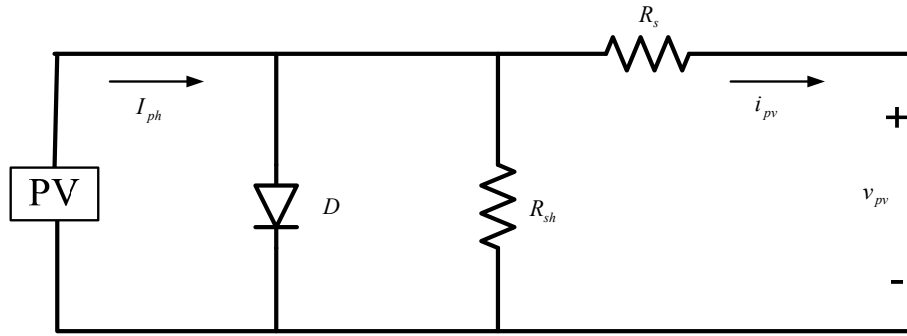


圖1 太陽能電池等效電路

太陽能電池的輸出功率  $P_{pv}$  如下所示：

$$P_{pv} = n_p I_{ph} v_{pv} - n_p I_{rs} v_{pv} \left( e^{\frac{q}{kpn_s} \times \frac{v_{pv}}{T}} - 1 \right) \quad (4)$$

藉由改變日照強度和大氣溫度等條件，由(1)~(5)即可得到太陽能光電池的輸出電壓 ( $v_{pv}$ )、輸出電流 ( $i_{pv}$ )及輸出功率( $P_{pv}$ )，隨著日照強度和工作溫度  $T$  變化曲線關係圖(以

SP75 為例)。圖 2(a)表示在相同的日照強度下，改變太陽能電池的工作溫度由  $0^\circ C$  變化

至  $70^\circ C$  時的輸出電流與電壓的關係；2(b)表示為相同的日光照強度條件下輸出功率與輸出電壓隨著溫度而變化的關係。由圖 2(a)可看出太陽能電池雖然在相同的日光條件下，輸出電流雖然因為工作溫度而增加，但其輸出電壓卻因而下降；故整體而言，太陽能電池的額定輸出功率是隨著各個溫度的增加而下降的，由此可見太陽能電池的輸出功率受到工作環境溫度的變化有直接影響，同時最大功率點也因而不同。由圖 3(a)得到太陽能電池在不同的照度條件下，輸出電流對輸出電壓的關係；可知太陽能電池的輸出電流依照度的增加而有明顯變大的現象，而與電壓的關係、除了在靠近開路電壓外，其輸出電壓幾乎不會有太大的影響。由圖 3(a)可知，日光照度的大小影響著輸出功率曲線的高低，而輸出功率便隨著電流的增加而上升，所以日照的強度是影響太陽能電池輸出功率大小的重要因素。

綜合以上討論，太陽能電池的輸出功率與日照強度、溫度與電池本身材料有關係。

當  $\frac{dP_{pv}}{dv_{pv}} = 0$  時獲得最大功率，

$$\begin{aligned} \frac{dP_{pv}}{dv_{pv}} &= i_{pv} + v_{pv} \frac{di_{pv}}{dv_{pv}} \\ &= i_{pv} - v_{pv} \frac{n_p I_{rs} q}{kpn_s T} e^{\frac{q}{kpn_s} \times \frac{v_{pv}}{T}} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

但此式為複雜非線性方程式，難以獲得解析解，這也是最大功率追蹤難以解決的原因之

一。在此建立控制目標並設為

$$y_c = \frac{i_{pv}}{v_{pv}} - \frac{n_p I_{rs} q}{kpn_s T} e^{\frac{q}{kpn_s} \times \frac{v_{pv}}{T}} \quad (6)$$

此式稱為電導回授函數，若  $y_c = 0$  則表示  $\frac{dP_{pv}}{dv_{pv}} = 0$  即達到 MPPT 目標。

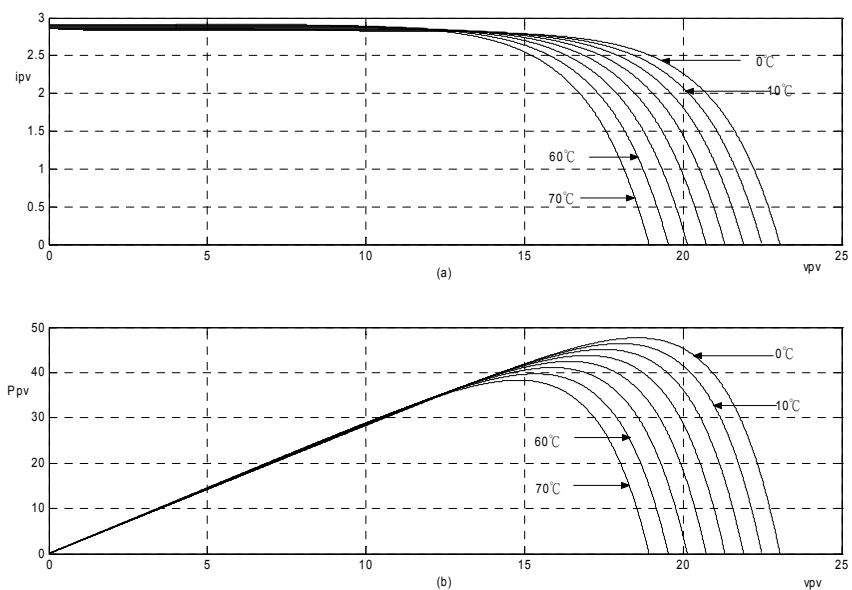


圖 2 不同溫度下太陽能電池模組特性

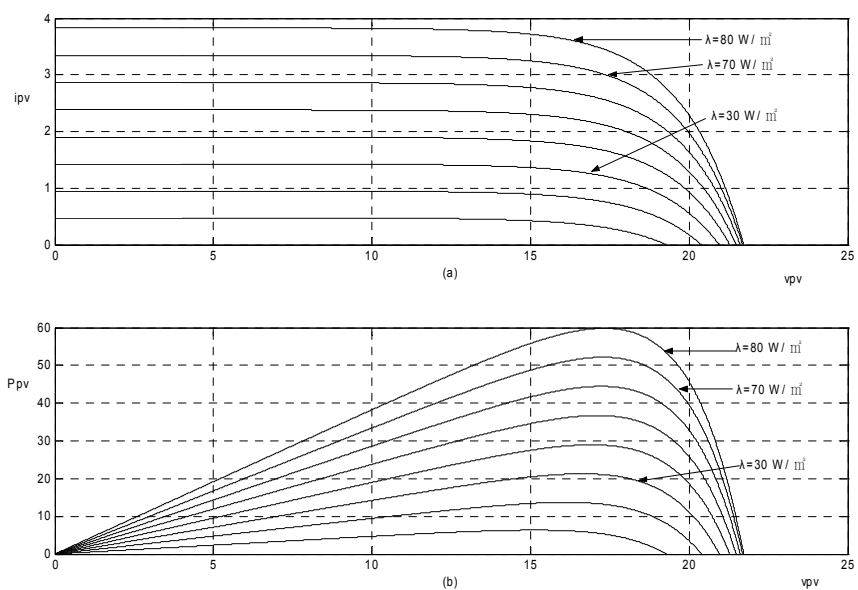


圖3 不同照度下太陽能電池模組特性

為取得電導回授函數，現以太陽能電池之電器規格說明並取得相關參數

表1 太陽能電池之電器規格( $1\text{KW}/\text{m}^2$ )

電器特性
額定最大輸出功率 $P_{\max}$ W
額定電流 $I_{\max}$ A
額定電壓 $V_{\max}$ V
短路電流 $I_{sc}$ A
開路電壓 $V_{oc}$ V
(Normal Operating Cell Temperature ) NOCT °C
短路電流溫度係數 $K_I$ mA/°C
開路電壓溫度係數 $\alpha_{oc}$ V/°C

可由短路、開路與額定測試，獲得太陽能電池的理想因數、太陽能電池在參考溫度下的反向飽和電流與反向飽和電流。

短路測試  $I_{sc}$ :  $v_{pv} = 0$  ,  $i_{pv} = I_{sc}$

由(1)與(4)得

$$I_{sc} = n_p (I_{scr} + K_I (T - T_r)) \lambda / 100$$

反向飽和電流

$$I_{scr} = \frac{100 I_{sc}}{\lambda} - K_I (T - T_r) \quad (7)$$

開路測試:  $v_{pv} = v_{oc}$  ,  $i_{pv} = 0$

由(1)與(4)得

$$n_p I_{sc} = n_p I_{rs} (e^{qv_{oc}/(kpTn_s)} - 1) \quad (8)$$

額定測試:  $v_{pv} = v_{\max}$  ,  $i_{pv} = i_{\max} \lambda$

由(1) 得

$$n_p I_{sc} - i_{\max} = n_p I_{rs} (e^{q v_{pv} / (k p T n_s)} - 1) \quad (9)$$

由(8)與(9)得，太陽能電池的理想因數

$$p = \frac{q(v_{oc} - v_{\max})}{k T n_s \ln \left( \frac{n_p I_{sc}}{n_p I_{sc} - i_{\max}} \right)} \quad (10)$$

太陽能電池在參考溫度下的反向飽和電流  $I_{rr}$

$$I_{rr} = \frac{1}{(T/T_r)^3 e^{q E_{gp} (1/T_r - 1/T)}} \cdot \frac{n_p I_{sc}}{n_p (e^{q v_{oc} / (k p T n_s)} - 1)} \quad (11)$$

故由太陽能電池之電器規格可得知(1)~(4)表示，使得電導回授函數(6)。

### 參、PI 電導法

目前文獻上許多追蹤法則之探討，大致可分為：(1)電壓回授法；(2)擾動觀察法；(3)斜率攀爬法；(4)增量電導法；(5)實際量測法；(6)短路電流法等，這些演算法提供了從太陽能模組中取出最大功率。本文所提方法將與擾動觀察法、增量電導法比較追蹤法則性能。

本文提出 PI 電導法，其目的為隨著日照強度和工作溫度皆可達到最大功率點追蹤。此方法，以(6)為回授訊號，其控制目標為控制電導回授函數零。即以 PI 控制器之輸出控制 DC-DC 轉換器之開關工作週期而達到最大功率點追蹤，故簡稱為 PI-電導法。

DC/DC 轉換器(converter)常見有降壓轉換器(buck converter)與升壓轉換器(boost converter)。為說明 PI-電導法，先簡介如後。由圖 4 升壓轉換器電路圖得

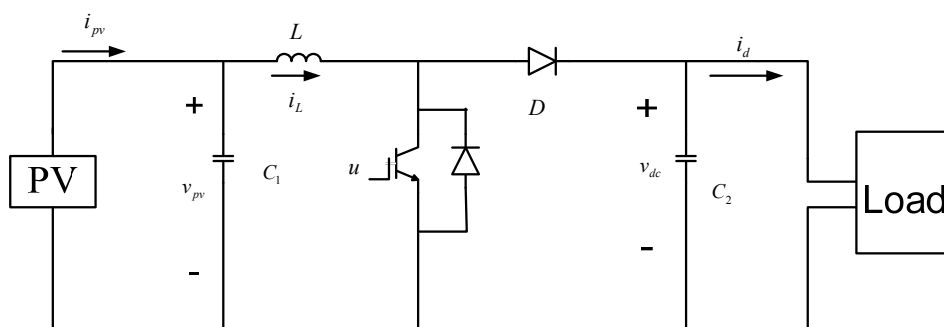


圖 4 升壓轉換器電路圖

其動態方程式為

$$\begin{aligned} \dot{v}_{pv} &= \frac{1}{C_1}(i_{pv} - i_L) \\ \dot{i}_L &= \frac{1}{L}(v_{pv} - v_{dc} + v_{dc}u_{pv}) \\ \dot{v}_{dc} &= \frac{1}{C_2}(i_L - i_L u_{pv} - i_d) \end{aligned} \quad (12)$$

其中  $C_1$ 、 $C_2$  為電容， $L$  為電感， $Q$  為開關， $u$  為 PWM (pulse width modulation) 控制訊號之切換比(duty ratio)。由圖 5 降壓轉換器電路圖得

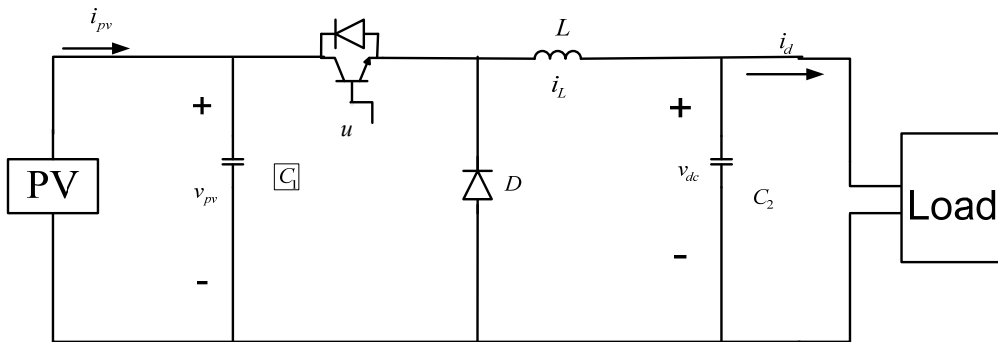


圖 5 降壓轉換器電路圖

其動態方程式為

$$\begin{aligned} \dot{v}_{pv} &= \frac{1}{C_1}(i_{pv} - i_L u_{pv}) \\ \dot{i}_L &= \frac{1}{L}(v_{pv} u_{pv} - v_{dc}) \\ \dot{v}_{dc} &= \frac{1}{C_2}(i_L - i_d) \end{aligned} \quad (13)$$

其中  $C_1$ 、 $C_2$  為電容， $L$  為電感， $Q$  為開關， $u$  為 PWM 控制訊號之切換比。

## A. PI 電導法

PI 電導法需測量 PV 之電壓  $v_{pv}$ 、電流  $i_{pv}$  與溫度  $T$ ，用電導回授函數(6)回授訊號。

設誤差為

$$e = -y_c$$

其控制目標為使誤差為零，設計 PI 電導法控制器，即以 PI 控制器決定 DC-DC 轉換器開關工作週期，隨著日照強度和工作溫度維持誤差為零，而達到最大功率點追蹤。其 PI 電導法方塊圖，如圖 6 所示。

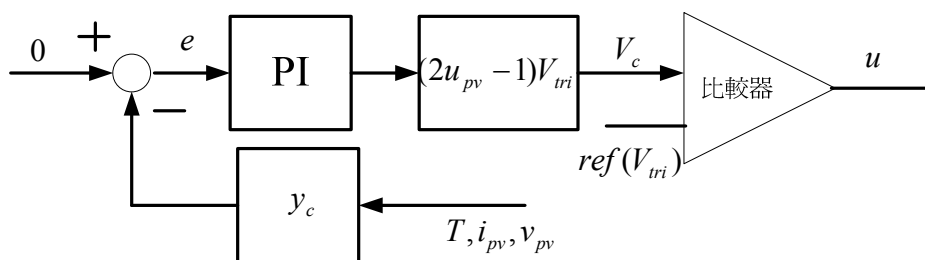


圖 6 PI 電導法方塊圖

圖 6 中  $ref$  為三角波，其頻率由 DC/DC 轉換器之開關特性決定。設振幅為  $V_{tri}$  則 PWM 之控制輸入  $V_c$  與  $u_{pv}$  關係為  $V_c = (2u_{pv} - 1)V_{tri}$ ，而  $u$  為 DC/DC 轉換器之開關控制輸入。

## B. 簡化 PI 電導法

簡化 PI 電導法需測量 PV 之電壓  $v_{pv}$  與電流  $i_{pv}$ ，即不需要測量環境溫度  $T$ 。電導回授函數訊號改為簡化電導回授函數，即

$$\hat{y}_c = \frac{i_{pv}}{v_{pv}} + \frac{\Delta i_{pv}}{\Delta v_{pv}}$$

其中  $\Delta i_{pv} = i_{pv}(t) - i_{pv}(t-1)$  與  $\Delta v_{pv} = v_{pv}(t) - v_{pv}(t-1)$ ，即  $\Delta i_{pv}$  與  $\Delta v_{pv}$  分別為此時刻與上一時刻電流與電壓差，並設誤差為

$$e = -\hat{y}_c$$

簡化 PI 電導法方塊圖如圖 7 所示。

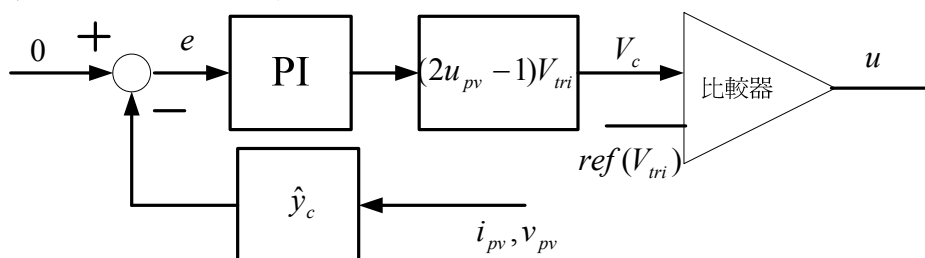


圖 7 簡化 PI 電導法方塊圖

圖 7 中  $ref$  為三角波，其頻率由 DC/DC 轉換器之開關特性決定。

## 肆、數值模擬

為驗證 PI 電導法與簡化 PI 電導法之最大功率點追蹤性能，以 SP75 太陽能電池與 DC/DC 轉換器驗證，並用 MATLAB 之 Simulink 進行數值模擬。SP75 太陽能電池規格為  $P_{\max} = 75\text{W}$ ， $I_{\max} = 4.4\text{A}$ ， $V_{\max} = 17\text{V}$ ， $I_{sc} = 4.8\text{A}$ ， $V_{oc} = 21.7\text{V}$ ， $N_{oc} = 45^\circ\text{C}$ ， $K_f = 2.06\text{mA}/^\circ\text{C}$ ， $\alpha_{oc} = -0.077\text{V}/^\circ\text{C}$ 。為嚴格測試最大功率點追蹤方法，日照強度和工作溫度在極短時間變化，可視為日照強度和工作溫度劇烈變化。

表 2 MPPT 法比較

MPPT 法	測量訊號	參數	PI/演算法
PI 電導法 (PI inductance)	$v_{pv}, i_{pv}, T$	$K_p = 12, K_i = 0.1$	PI
增量電導法 (incremental inductance)	$v_{pv}, i_{pv}$	步距(step size) -0.01	演算法
簡化 PI 電導法 (simplified PI inductance)	$v_{pv}, i_{pv}$	$K_p = 15, K_i = 0.1$	PI
擾動觀察法 (perturbation and observation)	$v_{pv}, i_{pv}$	步距(step size) -0.01	演算法

分成四種情況，隨著日照強度和工作溫度驗證最大功率點追蹤。情況一~三為 PV 經降壓轉換器如圖 5 所示，且降壓轉換器初值為  $v_{pv}(0) = 5$ 、 $i_L(0) = 1$ 、 $v_{dc}(0) = 2$ ，依表 2 所示 4 種方法比較。降壓轉換器其規格  $C_1 = 1000\mu\text{F}$ ， $L = 150\mu\text{H}$ ， $C_2 = 1000\mu\text{F}$  與負載  $R_L = 2\Omega$ 。情況四為 PV 經升壓轉換器如圖 4 所示，且升壓轉換器初值為  $v_{pv}(0) = 7.4$ ， $i_L(0) = 0.63$ ， $v_{dc}(0) = 9.7$ ，升壓轉換器規格  $C_1 = 220\mu\text{F}$ 、 $L = 225\mu\text{H}$ 、 $C_2 = 220\mu\text{F}$  與負載  $R_L = 20\Omega$ ，取樣時間為  $1\text{ m sec}$ ，驗證分別敘述如後：

情況一：  $T = 25^\circ\text{C}$  時太陽的日照強度變化  $\lambda = 30 + 50\sin(2\pi t)\text{ mW}/\text{cm}^2$

圖 8 所示為表 2 所述四種方法經降壓轉換器所取得功率比較。觀察圖 8(b)與 8(d)分別為增量電導法與擾動觀察法，最初追蹤過程中功率有較大振盪；之後在最大功率點附近小幅振盪，此小振盪幅度與步距(step size)成正比。簡化 PI 電導法圖 8(c)最初追蹤過程中功率之振盪與之後在最大功率點附近小幅振盪。PI 電導法 8(a)最初追蹤過程中與在最大功率點附近無振盪。由 PI 電導法經降壓轉換器電路取得功率，其結果如圖 9 所示 (a)  $v_{pv}$  (b)  $i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $\lambda$ 。

情況二：  $T = 25^{\circ}C$  時太陽的日照強度步階變化(如圖 11(d))

觀察圖 10(b)與 10(d)分別為增量電導法與擾動觀察法，PV 輸出電壓小幅振盪，此小振盪幅度與步距(step size)成正比。簡化 PI 電導法圖 8(c)與 PI 電導法 8(a) PV 輸出電壓小幅振盪附近無振盪。由 PI 電導法其結果如圖 11 所示(a)  $v_{pv}$  (b)

$i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $\lambda$ 。

情況三：  $\lambda = 60 mW/cm^2$  時環境溫度變化

觀察圖 10(b)與 10(d)分別為增量電導法與擾動觀察法，PV 輸出電壓振盪，此小振盪幅度與步距(step size)成正比。簡化 PI 電導法圖 8(c)與 PI 電導法 8(a) PV 輸出電壓小幅振盪附近無振盪，但簡化 PI 電導法圖對環境溫度變化不明顯。

由 PI 電導法其結果如圖 11 所示 (a)  $v_{pv}$  (b)  $i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $\lambda$ 。

情況四：  $T = 25^{\circ}C$  時太陽的日照強度變化  $\lambda = 30 + 50\sin(\pi t/3) mW/cm^2$

由 PI 電導法經升壓轉換器電路取得功率，其結果如圖 9 所示 (a)  $v_{pv}$  (b)  $i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $\lambda$ 。其餘情況與降壓轉換器情況類似。

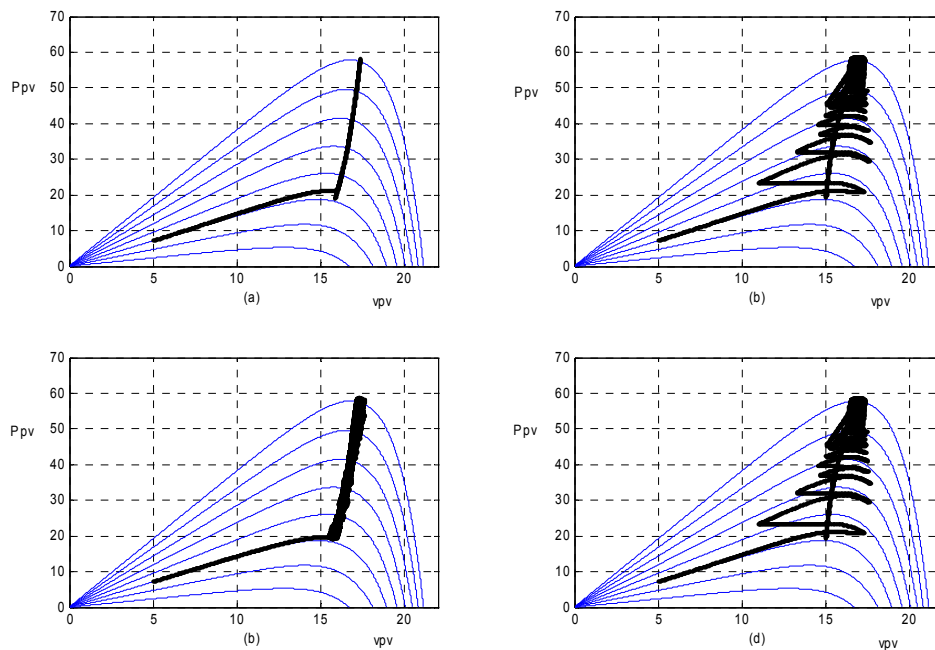


圖 8  $T = 25^{\circ}C$  時  $\lambda$  變化(a)PI 電導法(b)增量電導法(c)簡化 PI 電導法(d)擾動觀察法



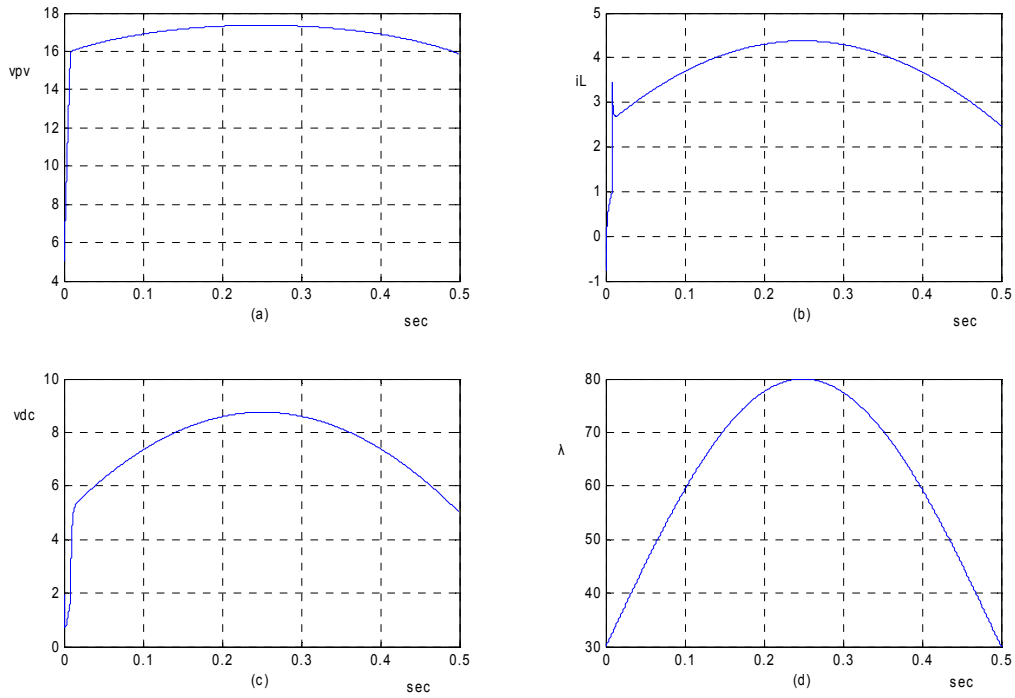


圖 9  $T = 25^{\circ}C$  時太陽的日照強度變化(a) $v_{pv}$  (b) $i_L$  (c) $v_{dc}$  (d) $\lambda$

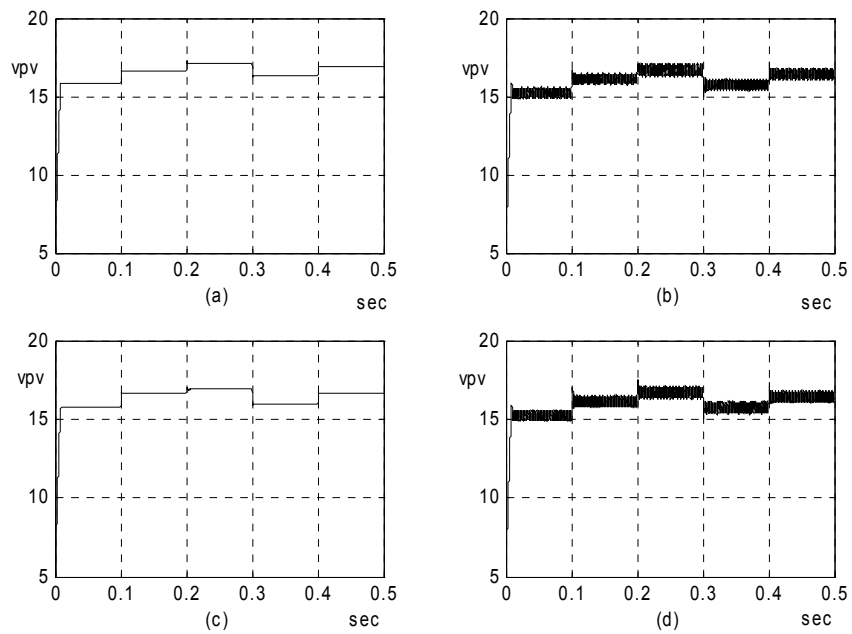


圖 10  $25^{\circ}C$  時  $\lambda$  變化之  $v_{pv}$  (a)PI 電導法 (b)增量電導法 (c)簡化 PI 電導法 (d)擾動觀察法

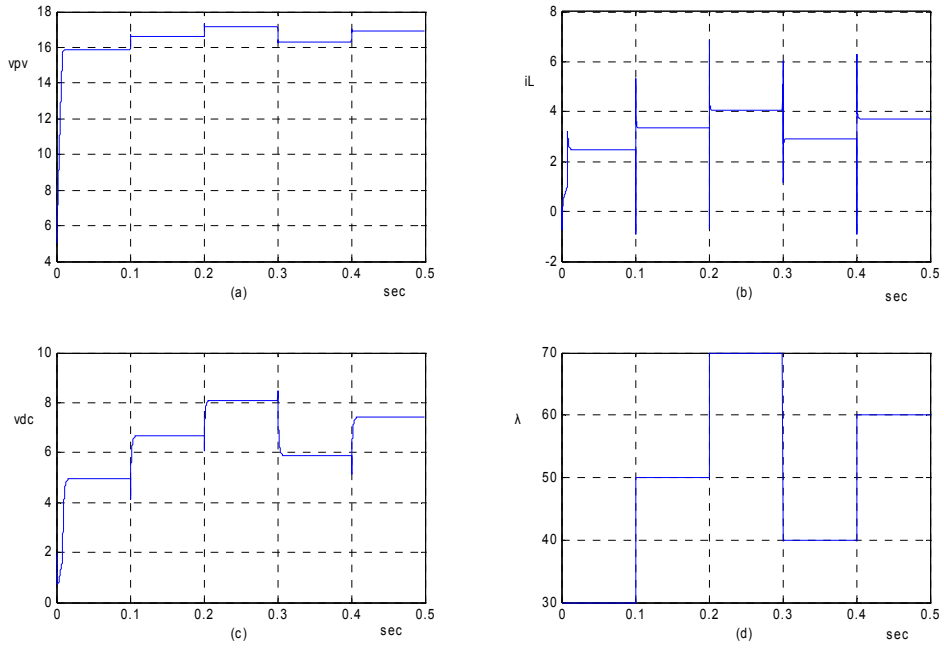


圖 11  $T = 25^\circ C$  時太陽的日照強度變化(a)  $v_{pv}$  (b)  $i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $\lambda$

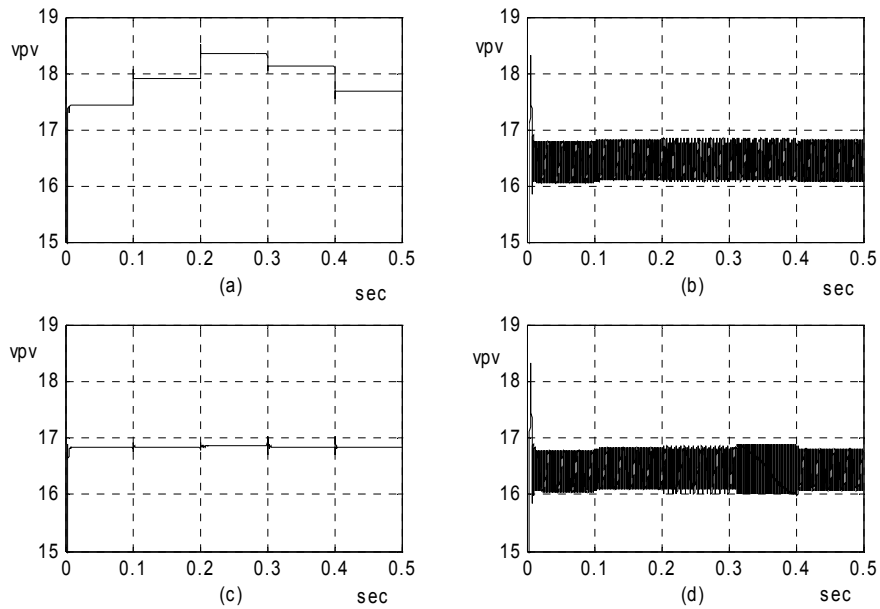


圖 12  $\lambda = 60 mW/cm^2$  時溫度變化之  $v_{pv}$  (a)PI 電導法(b)增量電導法

(c)簡化 PI 電導法(d)擾動觀察法

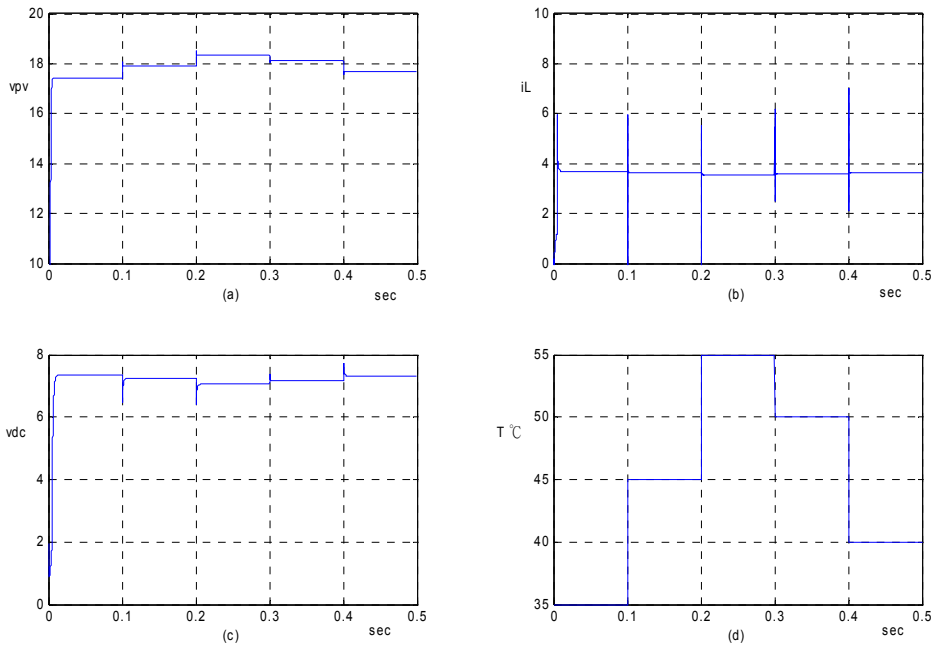


圖 13  $\lambda = 60 \text{ mW/cm}^2$  時溫度變化(a)  $v_{pv}$  (b)  $i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $T^\circ\text{C}$

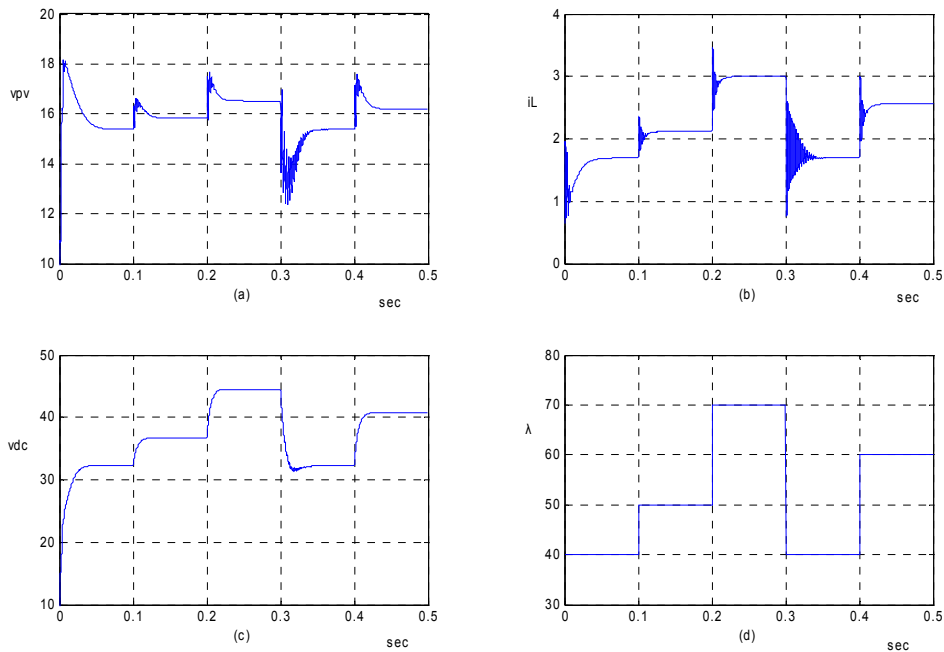


圖 14  $T = 25^\circ\text{C}$  時太陽的日照強度變化(a)  $v_{pv}$  (b)  $i_L$  (c)  $v_{dc}$  (d)  $\lambda$

由以上四種情況模擬得知，本文所提 PI 電導法之最大功率點追蹤，相較於增量電導法與擾動觀察法不僅方法簡單且效能亦佳。

## 伍、結論

本文 PI 電導法與簡化 PI 電導法追蹤太陽能發電系統最大功率點，發展出簡易之 MPPT。PI 電導法以電導回授函數回授訊號，控制目標為使電導回授函數零；簡化 PI 電導法減少對溫度量測，以簡化電導回授函數回授訊號，控制目標為使簡化電導回授函數為零。即以 PI 控制器控制 DC-DC 轉換器之開關工作週期，隨著日照強度和工作溫度維持電導回授函數為零而達到 MPPT。由四種情況驗證得知，相較於增量電導法與擾動觀察法不僅方法簡單且效能亦佳，在最大功率點附近並不會產生振盪。

## 參考文獻

- [1] C. C. Hua, J. Lin and C. Shen, (1998), Implementation of a DSP-controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 45, pp. 99-107.
- [2] H. Yongji and L. Deheng, (May, 1992), A New Method for Optimal Output of Solar Cell Array, *IEEE Proceedings of the Industrial Electronics International Symposium*, Vol. 1, pp.456-459.
- [3] E. Koutroulis, K. Kalaitzakis, and N. C. Voulgaris, (Jan, 2001), Development of a Microcontroller-Based, Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control system, *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 16, no. 1, pp. 46-54.
- [4] C. R. Sullivan and M. J. Powers, (1993), A High - Efficiency Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Array in a Solar-Powered Race Vehicle, *IEEE PESC Conf. Rec.*, pp.574-580.
- [5] K. H. Husse, I. Muta, T. Hoshino, and M. Osakada, Maximum Photovoltaic Power Tracking: an Algorithm for Rapidly Changing Atmospheric Conditions, (January, 1995), *Proceedings of the IEE Gener-TransIII. Distrib.*, Vol. 429, No.1, pp.59-64.
- [6] M. Bodur, M. Ermis, (1994), Maximum Power Point Tracking for Low Power Photovoltaic Solar Panels, *Proceedings of the IEEE Electro Technical Conference*, Vol. 29, pp.758-761.
- [7] Y. C. Kuo, and T. J. Liang, (June, 2001), Novel Maximum-Power-Point--Tracking Controller for photovoltaic Energy Conversion System *IEEE Trans. on Ind. Electron* vol. 48, no. 3.
- [8] N. Patcharaprakiti and S. Premrudeepreechacharn, (2002), Maximum Power Point Tracking Using Adaptive Fuzzy Logic Control for Grid-Connected Photovoltaic System, *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, vol. 1, pp. 390372-377.
- [9] M. Veerachary, T. Seniyu and K. Uezat, (2002), Voltage-Based Maximum Power Point Tracking Control of PV System, *IEEE Trans.on Aerospace and Electronic Systems* ,vol. 38, pp. 262-270.
- [10] N. Mutoh, T. Matuo, K. Okada and M. Sakai, (June, 2002), Prediction-Data-Based Maximum Power-Point-Tracking Method for Photovoltaic Power Generation systems, *IEEE Power Electronics Specialists Conference 33rd Annual*, vol 1 .3, pp. 1489-1494.
- [11] S. Yuvarjan, S. Xu, (2003), Photo-Voltaic Power Converter with a Simple Maximum Power-Point-Tracker, *IEEE Proceedings of the International Symposium on Circuits and systems*, Vol. 3,pp.399-402.
- [12] T.Noguchi, S.Togashi and R. Naltamoto, (2002), Short-Circuit Pulse-Based Maximum-Power-Point Tracking Method for-Multiple Photovoltaic-and-Converter Module System *IEEE Trans. on Industrial Electronics*,Vol. 49 pp.217-223.
- [13] K. Siri and K. A. Comer, (Feb, 2003), Independently Sourced Parallel-Connected Power Systems with Maximum Power Tracking, *IEEE Applied Power Eletronics Conference*

*and Exposition Eighteenth Annual*, vol. 1 , pp. 533-539.

- [14] K. Siri and K. A. Conner, (March, 2002), Parallel-Connected Converters with Maximum Power Tracking, *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition Seventeenth Annual*, vol.1, pp. 419-425.
- [15] W. Wenk, N. Pongratananukul, Q, Wecihong, K.Rustom, T. Kasparis and L. Batarseh, (Feb, 2003), DSP-based multiple peak power tracking for expandable power system, *IEEE, Applied Power Electronics Conference and Exposition Eighteenth Annual Vol. 1*, pp. 525-530.

# 手機產業進入策略與經營模式之研究

## —台灣宏達電子公司成功案例分析

### Verifying the Effect of Penetrating Strategy and Business Model of the Cellular Phone Industry— Case Analysis of Taiwan HTC Corporation

邱吉鶴<sup>1</sup>

Chi-Ho Chiou

清雲科技大學企管系

助理教授

chiho@mail.cyu.edu.tw

沈群英<sup>2</sup>

Chun-Yinc Shen

清雲科技大學企管系

助理教授

## 摘 要

知識與科技的時代，高科技產業的廠商競爭愈來愈激烈，新進入者/廠商如何成功的進入產業中競爭，其所採取的進入策略及經營模式，為本研究主要探討的議題。本研究採取個案研究比較分析方式，分析台灣宏達電子公司如何成功的進入手機產業及其採行的經營模式，並與手機產業及其龍頭企業 Nokia 公司近五年財務資料進行財務績效比較分析，探討進入途徑及經營策略是否反應在財務績效上。本研究研究結果發現：1、競爭激烈的產業，仍存在成長的策略群組或明星產品，新進入廠商選對產業中群組或產品，為其經營成功的基礎；2、新進廠商必須擁有獨特的技術與管理的能力，並對產業的特性非常熟習，才能快速在產業中創造佳績；3、產業、策略群組或產品隨著競爭環境呈動態的演進，新進廠商必須採取動態創新的經營策略，才能持續創造財務績效。本研究提出的宏達電子公司成功進入策略與經營模式，可提供未來相關研究及廠商實務經營的參考。

**關鍵詞：**手機產業、進入策略、經營模式、財務績效

## Abstract

The business environment becomes more competitive in recent year. Our research discusses what is the best penetrating strategy entering the new market and which business model should be employed in the cellular phone industry .This work analyzes the penetrating strategy and business model of the case company, HTC (High Tech Computer), and compares his 5 years' financial performance with the leading corporation, Nokia, in the cellular phone industry. The findings of this study are: Firstly, the new entrant needs to find out the keeping growth and star product portfolio in order to success in the competitive industry. Secondly, the new entrant should be familiar with the character of industry and have the core competences of technology and management. Thirdly, the new entrant should sustain the dynamic and innovative business model in order to keep growing. The empirical model of HTC proposed by this research could be referent to future study and business application.

**Keywords** : Cellular phone industry, Penetrating Strategy, Business model, Financial Performance



## 壹、緒 論

知識與科技的時代，手機為人們生活中必備的溝通工具，由於無線通訊技術的發展，使人與人間的資訊流通與溝通，毫無時間及空間的限制。近年來，更由於電子技術與網通科技的發展，手機已由傳統的音效通訊，進入結合音效通訊、資料處理及使用加值等行動網通功能；根據 IDC (International Data Corporation, 2009)的統計，全球手機市場不再是 Nokia、Motorola 及 Ericsson 等三大廠商的天下，已有更多的亞洲廠商進入該市場分食大餅。手機市場在如此激烈的競爭的環境下，新廠商如何成功的進入市場，為一值得探討的議題。

台灣宏達電子公司(High Tech Computer, HTC)自 1997 年開始進入手機產業，短短十餘年時間已成為全球第三大智慧型手機品牌廠商(Gartner, 2008)，2006 年及 2007 年宏達電每股盈餘(earnings per share, EPS) 超過新台幣 50 元，為其資本額的五倍。2008 年全球金融海嘯，全球各大手機品牌廠商紛紛虧損，宏達電每股盈餘仍有 36.64 元，預估 2009 年營業額及獲利仍維持成長(宏達電子公司；HTC,2009)，而且該公司近十年來曾有多次榮登台灣股市股王的寶座。宏達電子公司如何成為一家成功的企業，其進入智慧型手機市場策略及經營模式頗具有參考價值，可做為未來相關廠商經營的借鏡。

Zikmund (2000) 認為研究工作的核心首先需將相關問題建構起來，研究者必須提出一個研究範圍或研究問題，作為研究目的之正式說明。因此本研究提出主要研究問題與目的如下：

- 一、新進廠商採取的進入策略為何？本研究自台灣宏達電經營過程中，找出其產業進入策略。
- 二、新進廠商如何建構其經營模式？本研究自台灣宏達電採取的經營策略中，找出其成功的經營模式。
- 三、新進廠商進入策略、經營模式對財務績效產生的效果如何？本研究自宏達電成功個案分析中，找出其間的關聯性，並與手機產業及其龍頭企業 Nokia 公司近五年財務資料進行財務績效比較分析。

本研究除了本節提出研究動機、議題與目的外，第二節將回顧研究主題的相關文獻；第三節闡明研究方法；第四節分析台灣宏達電子公司成功個案；第五節說明研究結果與管理意涵。

## 貳、文獻回顧

本節就研究主題之手機產業、進入策略、經營模式及財務績效等構面進行文獻探討，作為建構研究架構的基礎。

### 一、手機產業

根據 Strategy analytics (2009)統計，2008 年全球手機廠商出貨量為 11 億 7810 餘萬支，成長率為 4.3%，2009 年預估成長率約為負 10% (Isuppli, IDC, Gartner, Inferna, MIC,

2009)。2008 年全球前五大手機廠商市占率分別為 Nokia 39.8%、三星 16.7%、樂金 8.6%、摩托羅拉 8.5%及索尼易利信 8.2%，而五大手機廠商中，僅有南韓三星及樂金仍保持 14%與 8%的成長率，主要原因為其採取與全球電信業者合作策略。總體而言，全球手機產業已呈飽和狀態。

手機產業雖呈飽和狀態，但依其手機產品功能層級區分，其中高階多功能之智慧型手機 2008 年出貨量為 1 億 7360 餘萬支，2004 年到 2008 年的每年複合成長率分別為 60.5%至 109%，2009 年在全球經濟不景氣下，預估仍為成長的趨勢(Isuppli, IDC, Gartner, Inferna, MIC, 2009)；全球智慧型手機廠商排行分別為 Nokia 47.5%、RIM17.4%、宏達電 4.1%、夏普 4.1%及富士通 3.3%，其中最令人意外的是宏達電子(股)公司 2008 年第二季成長 119.6%，為全球成長最快速的廠商，摘下全球市占率第三名的寶座(Gartner, MIC, 2008)。換言之，智慧型手機在手機產業中為一成長階段的群組，仍為一高獲利的產品。

## 二、進入策略

創業家重點工作在於依據企業不同發展階段，採取適當的策略，通常需要有特定組織結構、人員、領導風格與決策過程等，才能滿足各階段發生的問題(侯佳雯, 2001)。Kazanjian 等(1987)研究指出假設在其他條件不變之下，一個新創事業若能夠採用配合其成長階段的組織結構與流程，則其成長的速度高過那些未能採用合適組織結構與流程的其他新創事業。新事業的創立是一種程序，包含了許多活動，例如：創新、主動進取、資源的合併、組織的管理與承擔風險等，同時新事業的發展可分成準備階段、創立時期、成長早期、成長晚期階段，每個發展階段都有不同的活動與決策(陳志昕, 2002)。

廠商決定進入產業中競爭，基本來自於對該產業市場有深入的瞭解(Geroski, 2002)，瞭解在產業中如何獲利；具有此種特質的進入者，通常可分為三類，包括：1、相關產品市場上的廠商，對產品的獲利來源有較深的瞭解；2、產業價值體系的上下游廠商，對於該產業營運與獲利因素相當熟習；3、具有該產業的關鍵能耐的廠商，可做為未來市場競爭的利器(鐘憲瑞, 2008)。

其次，一家廠商在產業中競爭之成功與否，係來自於能否建立或獲取競爭優勢。依產業組織(Industrial Organizations, I/O)學派的主張，競爭優勢主要由產業內的競爭地位決定(David, 2009；方世榮譯, 2009)，廠商必須致力於具吸引力的產業中競爭，並對產業關鍵外部因素充分理解，廠商的績效主要與產業性質之規模經濟、市場進入障礙、產品差異化及競爭程度等因素有關；另依資源基礎觀點(Resource-Based View, RBV)認為，廠商的績效主要由內部資源所決定，包括實體資源、人力資源及組織資源(Barney, 2001；方世榮譯, 2009)，廠商應發展與利用其獨特的資源與能力，以及持續地維護與強化這些競爭優勢。根據相關研究發現，約有 20%的廠商獲利由產業決定，而 36%的獲利變異量歸因於內部因素(McGahan and Porter, 1997)。綜上相關理論及研究主張，廠商必須對外部與內部因素做充分的瞭解與有效的配合，才是確保競爭優勢及維持獲利與生存。

新進入廠商在評估過產業環境及內部資源與能耐後，如果決定進入一個產業中競爭，到底在產業生命週期中哪個階段進入或選擇產業中哪個策略群組競爭，為廠商未來成功與否的關鍵因素。產業的生命週期係根據產品生命週期理論(Dean, 1950, 1976)發

展而來的，依其發展階段可分為導入期、成長期、成熟期及衰退期。企業進入產業中競爭，尤其競爭激烈的手機產業，必須充分了解整體產業或產業中不同策略群組（Hunt, 1972；Potter, 1980）的發展階段，由於產業或策略群組發展階段不一，其應具備的競爭條件亦有所差異，例如手機產業一般消費型手機大都為具經濟規模的大型廠商，這些廠商具有品牌、市場先占及規模經濟等優勢，如果選擇進入智慧型手機策略群組，必須具備高度創新技術及經營管理能力，這些都是廠商必須克服的進入障礙。

### 三、經營模式

經營模式一詞首次在 1957 年出現在研究文獻，1990 年代末期，經營模式開始被許多學者廣泛的討論（Osterwalder et al., 2005）。迄今，經營模式的論述出現在許多公司的年報、媒體報導、雜誌與期刊中，已成為商業界時下最流行的名詞，在公司管理上也扮演深具正面影響力的角色（Shafer, Smith and Linder, 2005）。

一般而言，經營模式所涵蓋的範圍極廣，包括一個企業如何組織企業的員工與面對客戶，以及如何擬定策略與藉由執行該策略而獲取收益。如果要給經營模式一個簡單的論述，其實經營模式就是指能將各項投入資源轉化為利潤的一種經營方式，因此創造利潤是發展經營模式的主要目的。Osterwalder 等人（2005）認為，經營模式為描述廠商將價值傳遞給一個或數個市場區隔中的顧客，並結合網絡中的合作夥伴，一起創造、行銷與傳遞價值，最後為公司獲取利潤與維持生存；經營模式需要不斷的創新與保持動態，才能制敵機先或避開對手的威脅，唯有創新才能使廠商獲利與生存（Afuah and Tucci, 2001； Afuah, 2004）。

創新的目的在於提昇企業經營績效與利潤，Schumpeter 是最早將企業創新的行為列入經濟活動的學者，1943 年首創產業演化理論，提出創造性破壞的觀念，他認為創新在於技術與觀念的不斷推陳出新，是取得進步的根源，意味著現行經營模式將被新的或更好的經營模式所取代（Fleisher and Bensoussam, 2003）。Schumpeter（1943）運用五種評定基準檢測企業改變經營模式時是否涉及到創新，包括：1.新產品、2.新生產流程、3.新市場開拓、4.為原料及半製品創造新的供給來源、5.建立獨占與打破獨占。Schumpeter 主張的創新幾乎涵蓋所有企業管理活動，最早被應用在研發活動之創新，而經營模式的觀念也是 Schumpeter 創新的概念而來，因為創新就是「建立一種新的生產要素組合的生產函數。」也因此引起學術界與業界的高度重視，成為企業與國家競爭力提升的主要利器。

Afuah 與 Tucci（2001）認為經營模式需不斷的創新，才能制敵機先或避開競爭對手的威脅，所以經營模式是動態的。Afuah（2004）定義創新經營模式是利用新知識對顧客提供新產品或新型態的服務，他認為許多能讓企業賺錢的商業經營模式，往往立基於創新，亦即創新企業才能賺錢。

Hamel（2000）在「管理大未來」一書中提出四種廠商經營創新模式，包括管理創新、策略創新、產業創新及營運創新（廖建容等譯, 2007），每一個創新將帶來不同程度的成功，愈高的位階代表愈高的價值創造力與競爭優勢。依策略管理的層級觀點，管理創新屬整體公司層級的策略，廠商如何在產業或市場中找到自我的定位，讓公司的願景、目標、策略、經營組織和科技相互配通，在面對經營環境變動時反應的更為敏捷（Osterwalder et al., 2005）；策略創新與產品創新屬於事業層級的策略，廠商採取何種產品市場策略，創造目標市場顧客的價值及產生收益（Rappa, 2004）；營運創新屬於功能

層級的策略，廠商在生產、行銷、財務、研發及人管等不同功能部門，採用的營運策略組合，在創造公司整體或事業群體的績效。

綜上而言，經營模式為一家廠商在產業或市場中競爭，採取整體公司、事業及功能層級不同的策略組合，藉由創造顧客價值，以達到獲利與生存的目的。就手機產業而言，一家新廠商進入產業競爭環境中，如何找到自我的定位，採取專注於單一事業或多角化的經營領域，或依 Porter 的一般性競爭策略，選擇成本領導 (cost leadership)、差異化 (differentiation) 及集中化 (focus) 策略，或經由功能層級的不同策略，以達成較佳的效率、品質、創新及顧客回應，建立公司持續的競爭優勢及獲利能力(朱文儀等譯, 2007)。

#### 四、財務績效

根據產業組織理論的架構 (structure) — 行為 (conduct) — 績效 (performance) 模式，其核心觀點認為，產業結構將會影響廠商行為，而廠商行為進而影響廠商個體與總體績效(Scherer et al., 1970；鐘憲瑞, 2008：80)，也就是廠商選擇不同的產業或競爭市場，將決定其對產品價格的影響力及能否獲得超額的利潤。

其次，依據資源基礎理論 (*resource-based view*, RBV) 主張，廠商應運用組織的資源 (resources) 和潛能 (capabilities) 建立其獨特能力 (distinctive competency)，促使企業達到較佳的效率、品質、創新及顧客回應，獲得競爭優勢，以創造更高的價值與利益(朱文儀等譯, 2007)；所謂競爭優勢即是一個廠商經營能夠持續獲利，且其利潤高於產業的平均水準，而效率、品質、創新及顧客回應都是取得競爭優勢的重要變數，效率能為廠商降低成本，品質、創新及顧客回應能帶來產品較高的價格，結合這四項因素，可為廠商創造更多的價值及低成本或差異化優勢，獲利及利潤水準超越其他競爭者。

財務績效是廠商競爭力的具體表現之一，可以評估廠商目前獲利表現、檢視廠商營運的方向及採取的策略。Venkatramam 與 Ramanujam (1986) 在企業績效衡量之策略一文中，提出衡量企業應包括組織成果 (organizational effectiveness)、營運績效 (operational performance) 及財務績效 (financial performance) 三個構面，由於組織成果與營運績效可由廠商經營策略及財務績效來表達，而廠商的經營策略是否得到成果，最後將直接反映在財務績效上。因此，Hsin, Chang 與 Chang (2006) 提出財務績效是任何廠商獲利水準最主要績效指標，Fleisher 與 Bensoussam (2003) 認為採取財務比率比較廠商歷史數據，或與產業平均值及標竿競爭者比較會更具意義 (張保隆, 陳瑋玲, 2007)，而廠商財務績效最常用的衡量比率包括資產報酬率 (return on assets, ROA)、股東權益報酬率 (return on equity, ROE) 及淨利率 (net profit margin, NPM) (Venkatraman and Ramanujam, 1986；Robinson, 1982；Galbraith and Schendel, 1983)，茲說明如下：

- (一) 資產報酬率 (ROA)：用以衡量廠商如何運用資產來創造更多的利潤。Davies 與 Boczko (2006) 認為，資產報酬率是比較同產業廠商績效最好的一種方法，為公開上市公司獲利基本比較指標。
- (二) 股東權益報酬率 (ROE)：用以衡量廠商為股東創造價值的效率，即每一塊錢的淨資產所產生的獲利，展現廠商如何有效運用股東投資金額，創造公司利潤的成長。
- (三) 淨利率 (NPM)：用以衡量廠商每年實際獲利能力。Davies 與 Boczko (2006) 指出淨利率經常使用在比較產業中不同廠商採行的策略下之獲利及成本控制能力。

## 參、研究方法

本研究採取個案研究方法針對台灣宏達電公司進行歷史質性資料分析、探討其進入策略及經營模式；最後以其經營成果與手機產業、龍頭公司 Nokia 進行財務比率比較分析。個案研究早期應用在社會學方面研究，Yin（1994）與 Stake（1995）等學者認為：個案研究方法經由嚴謹程序的設計，可以應用在任何科學研究領域，亦為一實驗或準實驗（experimental or quasi-experimental）的研究方法，在企業知識的發展扮演一個重要角色（Stake, 1995）。本研究選擇台灣宏達電子公司作為個案探討的理由為：宏達電為台灣手機廠商第一家以品牌業者成功進入全球市場，並為全球第 3 大智慧型手機廠商；為台灣上市上櫃公司獲利王，曾有 3 年以上時間為台灣股票市場的股王。而本研究分析工具係參考 Fleisher 與 Bensoussan（2003）所著策略與競爭分析一書，所整理出來最具應用價格的分析工具（Fleisher and Bensoussan, 2003）。根據前節文獻探討提出本研究研究分析架構如圖 1，並說明如下：

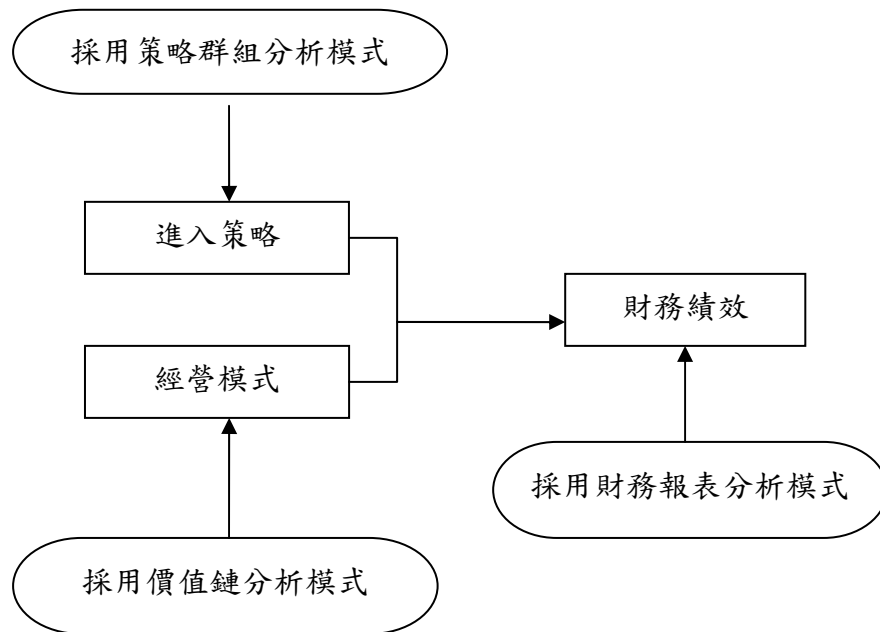


圖 1 本研究分析架構

### 一、進入策略分析

主要在瞭解新進入廠商背景，欲進入何產業與產業中何種策略組群，以及選擇什麼時期與策略途徑。本研究採用策略群組（Strategic Group, SG）分析模式，分析個案台灣宏達電子公司選擇的產業及策略群組，以及選擇的進入產業競爭時間點其所採行的競爭策略途徑。

策略群組（SG）分析模式為 Hunt（1972）所提出，依績效差異因素將產業劃分為不同的策略群組，在描繪廠商在產業中所佔據的不同競爭地位，分析產業群組間的競爭強度及可能獲得的利潤，以決定廠商的定位與競爭策略（張保隆，陳瑋玲，2007）。

本研究以策略群組（SG）分析模式評估廠商進入手機產業中時，其所採取的策略對於經營績效是否產生正面的影響。例如手機產業中區分為一般通訊手機與智慧型手機，智慧型手機又可分為商務及一般智慧型手機，每一類型手機形成不同的策略群組，其市場吸引力及競爭狀態有所差異，新進入廠商必須具備不同的能力及競爭策略；Nutton（2006, 2007）指出，若廠商選擇具吸引力的產業，且在產業中具相對優勢競爭地位，將可創造高獲利及股東價值。

## 二、經營模式分析

主要在解析個案之總公司、事業及功能層級的策略組合。根據產業組織理論（I/O）及資源基礎理論（RBV）的主張，廠商必須對外部環境因素及內部資源能力作充分的配適，以形成有效的策略，才能維持競爭優勢及長期獲利。

本研究運用 Porter（1985）的價值鏈分析模式，分析個案在產業環境價值體系地位及內部資源與潛能，以及為達成競爭優勢所採行的相關策略。

價值鏈分析模式為 Porter（1985）在競爭優勢中提出，以產業活動為基礎對產業整體進行解構（Forrester, 1961），運用五力分析（Porter, 1980, 1985）解析廠商在產業價值體系中的競爭力；其次，Porter（1985）認為，價值鏈分析可幫助廠商銜接其內部專長與外部競爭機會或威脅，擬定差異化的策略，創造顧客的價值與經營的利潤。本研究使用價值鏈分析模式分析廠商在手機產業之作業系統—產品廠商—通訊業者的價值鏈，以及在內部經營活動之研發—生產—行銷等的價值鏈中，所採取的策略是否對公司產生競爭優勢及經營績效。

## 三、財務績效分析

主要在分析個案所採取的進入途徑及經營模式，其績效是否反應在財務報表上。本研究採用財務報表分析法（financial ratio and statement analysis；FRSA），利用財務報表中資產報酬率、股東權益報酬率及淨利率等財務比率指標，蒐集了個案、手機產業及產業中龍頭企業 Nokia 公司之近五年財務資料，進行財務比率之比較分析。

財務報表分析主要目的在審視企業的財務決策和營運績效，完整的分析必須包括財務比率、歷史財務資料，並結合產業的經營分析。財務報表應用比率分析，可以讓廠商判別競爭成敗、發展的軌跡，以及和產業或競爭者績效的比較。Fleisher 與 Bensoussan（2003）認為，一般的標竿或比較的準則，包括廠商本身的歷史績效、特定競爭者及整個產業的比較（張保隆、陳瑋玲, 2007）。

## 肆、宏達電子公司個案分析

宏達電子公司創立於 1997 年 5 月，為台灣威盛集團的關係企業，致力於設計、製造及行銷新穎且多功能的智慧型手機。2007 年，該公司正式宣佈以 HTC 品牌跨入全球手機市場的佈局，期望透過 HTC 品牌與顧客溝通該公司創新的能力與價值。本研究擬從該公司創立進入策略、經營模式及財務績效的歷史文件資訊中，探究其經營成功關鍵因素及可能面臨的問題。

## 一、進入策略

宏達電子公司與威盛公司董事長同為王雪紅，由於威盛公司長期從事邏輯系統及網通晶片的經營，對手機產業相當熟習，1997 年宏達電子公司創立時，選擇手機產業中智慧型商務手機產品為其經營的重心。根據資策會（MIC, 2009）統計，1997 年以後全球手機產業每年複合成長率約 10%，2008 年為 4.3%，2009 年預估為負成長 8.3%，顯示手機產業已呈飽和狀態；如就手機產業以其用途、功能及價值區分為不同策略組群，其中智慧型手機 1997 年代每年複合成長率達 80% 以上（IDC, 2009）；Isuppli（2009）預測，2008 年至 2013 年複合成長率，樂觀情境下為 21%，悲觀情境下為 18.3%（MIC, 2009），顯示智慧型手機群組在手機產業中仍為成長型事業。如再就智慧型手機的作業系統應用區分，全球主要作業系統包括 Symbian（63%）、Windows Mobile（11.3%）、Linux（10.2%）、RIM（10%）、Mac OS（4.2%）及 Palm（1.3%）等次策略組群（MIC, 2008），其中 Windows Mobile 為平台的產品因與 PC 及企業內部的 IT 架構有相當好的連結性，定位在商務手機，依據 IDC（2008）估計，截至 2008 年止年複合成長率達 60% 以上，廣受商務人士肯定。1997 年代，宏達電子公司選舉進入智慧型商務手機市場，當時智慧型商務手機產業中正處於產業中明星群組，具有高市場吸引力，且宏達電子公司在母公司威盛集團財力及技術支持下，1999 年開始盈餘，2005 年以後連續三年盈餘超過資本額五倍，2008 成為全球第三大智慧型手機廠商（MIC, 2008/2009），相對具備高市場占有率擴展空間

從上述相關資料依據策略群組模式分析，1990 年代正逢智慧型手機始創（開發）期（MIC, 2008），並為產業中高市場成長率及高相對市場占有率群組，1997 年宏達電子公司選擇進入該市場，避開與 Nokia、Motorola 及 Ericsson 等大型廠商在一般手機策略群組市場中激烈的競爭；選擇與美國 Microsoft 公司策略聯盟，在 Windows Mobile 作業系統穩定支持下，且具備相對技術能力能進入該市場的競爭者較少，有利於宏達電子公司創造顧客高度使用經驗及取得優勢的競爭地位；更由於智慧型商務手機屬高品質產異化產品，具備市場定價的能力，因而創新該公司高獲利的績效。

宏達電子公司之進入策略，經運用 SG 模式分析彙整如表 1。該公司進入手機產業定位在智慧型手機的先驅者，選擇手機產業中明星群組—智慧型商務手機市場競爭，奠定了其市場經營成功的基礎；其次，該公司在智慧型商務手機始創期進入市場，建立與上游作業系統廠商及下游電信服務業者合作關係，累積了其產品顧客使用的經驗，為顧客創造更多價值。綜上述分析，該公司進入手機產業為採取集中差異化策略與合作策略。

表 1、宏達電子公司進入策略彙整表

類別 內涵	市場定位	產業選擇	進入時期	進入策略	分析工具
重要內容	智慧型手機的先驅者	手機產業中明星群組—智慧型商務手機	智慧型商務手機始創期	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 集中差異化策略</li> <li>• 合作策略</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SG</li> </ul>

資料來源：作者自行整理

## 二、經營模式

宏達電子公司經營策略的成功與否，必須依賴其在產業價值中分得的利潤，以及內部主要功能價值鏈策略的支持，本研究從價值鏈分析模式找出其運用的策略。

### (一) 產業價值鏈

1990 年代正逢智慧型手機始創（開發）期（MIC, 2008），其經營成功與否除了母公司威盛集團財力及技術大力支援外，則有賴智慧型手機產業價值鏈的連結關係，必須在作業系統、產品生產及通訊業者三者廠商間相互配合；宏達電子公司為產品生產廠商，採取合作策略，與上游微軟 Windows Mobile 作業系統廠商策略聯盟，並分別在 2001 年到 2003 年與歐洲 Vodafone、T-Mobile、Orange、mmO2 plc、Virgin 及 Teliasonera 手機服務業者合作；2005 年進入美國市場與 AT&T、Sprint、Verizon、Cingular 及 T-mobile 等業者合作；2006 年進入日本市場與 NTT DocMo 及 Softbank Mobile 等業者合作；2008 年與鮮京電信合作打入韓國市場；2008 年 8 月再與中國移動電信簽定合約，作為進入中國 3G 通訊市場的準備。亦即宏達電子公司係以智慧型商務手機先驅者定位，採用上游作業系統及下游通信服務業者合作策略，奠定了其進入智慧型手機市場成功的基礎。綜上分析，宏達電子公司主要採行差異化集中策略及合作策略，差異化集中策略為聚焦在提供商務人士高階多功能智慧型手機產品；合作策略為與上游作業系統廠商策略聯盟，穩固其產品技術持續發展，並與下游電信服務業者合作，提供業者或顧客之客製化產品，累積了其產品之顧客使用經驗，為公司經營績效帶來了豐厚的獲利。

### (二) 內部功能價值鏈

本研究就宏達電子公司之研發、生產及行銷等主要功能價值鏈分析如下：

- 1、研究發展方面：研發是宏達電子公司核心價值，協助該公司產品技術在產業中領先六個月到一年（HTC, 2009）。該公司研發經費的強度（R&D 花費/營業收益）約為 5%，研發人員從 1998 年的 70 位工程師、2006 年增加到 1140 位，到 2008 年已超過 1800 位；充份運用創新策略，該公司除了自行開發新技術外，認為創新是研發的核心價值，只要做到我是第一（Me First），充分利用產業中的新技術，更能發揮創新的效果，例如 1999 年領先使用 Intel Strong ARM Processor、LTPS LCD display、Lithium Polymer Battery；2002 年領先使用 TIOMAP 及 Samsung ARM 9 Processor；2003 年領先使用 DoC in WinCE；2004 年領先使用 Intel Bulverde 520 MHZ 技術，以及 2005 年後與 Qualcomm 公司合作運用其 3G 晶片測試技術、與 Motorola 公司合作測試其智慧型手機產品（HTC, 2009），充分運用競爭者技術提升其核心能力。
- 2、生產策略方面：宏達電子公司採客製化拉式策略（Pull strategy），依顧客需求生產客製化產品，同時建立了與經銷商合作關係；而且，建立客製化產品完全在相同平台上生產系統，使該公司可以快速設計生產顧客需求產品，並能降低其生產成本。例如 1999 年領先推出 Color Palm-size PC、2000 年 Microsoft Pocket PC、2002 年 Microsoft Wireless Pocket PC 及 Microsoft Powered Smartphone、2004 年 Microsoft Smart Music Phone、2005 年 Microsoft 3G Phone、及 2007 年推出 HTC 品牌手機，均充分運用其創新能力及 Me First 策略，不斷推出新產品，以取得市場競爭優勢。
- 3、行銷策略方面：本研究從行銷策略 4P 解析該公司的策略。首先，在產品（product）策略方面，該公司初期採取客製化品牌產品代工及提供業者 Qtek、Imate 與 AudioVox



品牌產品策略，2007 年推出 HTC 自有品牌；在價格（price）策略方面，該公司初期鎖定商務高消費顧客，採取高價位擷取高利潤，近年來智慧型商務手機群組進入競爭的廠商逐漸增加，一般消費性智慧型手機如蘋果 I-phone 及 RIM 的 Blackberry 等產品功能的提升，已大量浸蝕高價位智慧型手機的市場，2009 年該公司宣佈進入中價值智慧型手機市場，將以中國大陸為主要市場；在促銷（promotion）策略方面，該公司前期採行與經銷商合作銷售方式，由經銷商負責促銷活動，自 2007 年推出 HTC 自有品牌後，進行自有品牌促銷活動，強調以使用者為中心的“HTC sense”，表達品牌產品之“Make it mine, Stay close, Discover the unexpected”三項主題意念，致力於產品外觀及價格定位；在通路（place）策略方面，該公司配合產品經營的發展，在不同時期與歐洲、美國、日本、韓國及中國大陸等國家或地區電信服務業者建立合作關係，近年將配合 HTC 品牌開發自有產品通路（HTC, 2009）。

從上述分析中顯示，宏達電子公司的經營策略隨著手機產業競爭之智慧型手機群組或次群組的發展。就整體公司經營策略而言，其經營模式是動態的演變，隨者智慧型手機技術的發展及市場的成長，在市場競爭者與替代品快速發展下，該公司從集中在智慧型商務手機產品，逐漸擴張到包括一般消費型的智慧型手機產品組合，而其合作策略在上游作業系統方面，由與微軟之 Windows mobile 商務產品作業系統，擴張進入 Google 之 Android 一般消費產品作業系統合作；在下游經銷商合作方面，除持續選擇各國合作對象外，同時發展其自有通路。就宏達電子公司企業功能性策略而言，在研發策略方面，將以發展整合性裝置的創新功能為競爭利器，使其產品更貼近電信業者和使用者的消費端應用與需求的最佳情境；在生產策略方面，持續改善整體經營效率包括技術、製造及策略性供應鏈管理，以推展中價位智慧型手機產品；在行銷策略方面，由高價位產品走向中價位產品，由 ODM、OEM 走向 HTC 自有品牌，強烈促銷“HTC sense”自有品牌意念，並逐步建立自由品牌通路。

宏達電子公司之經營模式，利用 Porter 的價值鏈分析模式彙整如表 2。該公司經營模式隨者智慧型商務手機市場成熟，呈動態的發展，本研究將該公司經營模式的創新區分為二個階段，第一階段為該公司自 1997 年進入市場到 2006 年間穩定成長階段，第二階段為 2007 年後智慧型手機市場競爭逐漸激烈，該公司採行整合創新經營策略階段。此就該公司或事業層級經營策略及功能層級經營策略分別說明如下：

- 1、宏達電子公司經營單一事業產品，其公司與事業層級策略相同。該公司第一階段公司或事業層級策略，配合進入途徑與產業經營環境，採行集中差異化策略及合作策略；2007 年以後智慧型商務手機競爭廠商增加，以及一般消費智慧型手機功能提升，具有替代效用，該公司除原有差異化及合作策略外，2007 年推出 HTC 自有品牌策略，並提升產品整合創新功能及降低生產成本，準備進入中價位一般消費智慧型手機市場。
- 2、宏達電子公司之企業功能層級策略係配合公司及事業層級策略，追求企業經營之顧客價值、品牌、效率及創新等競爭優勢，可以從研發、生產及行銷等重要內部價值活動中分析看出。在研發策略方面，第一階段採取每年 5% 研究經費及大量聘用研發工程師，並採行“Me First”策略，充分運用競爭者先進技術；第二階段著重在創造顧客價值產品研發，以及發展整合裝置創新功能，提升顧客使用經驗的價值。在生產策略方面，第一階段採用客製化拉式策略及彈性生產作業平台，以生產符合顧客

需求產品及降低生產成本；第二階段著重在改善製程技術及策略性供應鏈管理，以提升經營效率。

表 2、宏達電子公司經營模式彙整表

階段 策略		第一階段	第二階段	分析 工具
公司或事業層級策略		<ul style="list-style-type: none"> <li>集中差異化策略</li> <li>合作策略</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>整合創新策略</li> <li>低成本策略</li> <li>合作策略</li> <li>自有品牌策略</li> </ul>	
功能層級策略	研發	<ul style="list-style-type: none"> <li>自行研發—5%研發經費，優質研發人員</li> <li>Me First 策略—充分運用競爭者技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研發整合裝置功能</li> <li>貼近顧客價值的研發</li> </ul>	價值鏈分析模式
	生產	<ul style="list-style-type: none"> <li>客製化拉式策略</li> <li>彈性生產作業平台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善製程技術</li> <li>策略性供應鏈管理</li> </ul>	
	行銷	<ul style="list-style-type: none"> <li>產品（product）—OEM 及提供 Otek 等自有品牌產品</li> <li>價格（price）—高價位商務產品</li> <li>促銷（promotion）—由經銷商負責</li> <li>通路（place）—與歐、美、日等電信服務業者合作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>產品—HTC 自有品牌</li> <li>價格—高價位商務手機與中價位一般消費手機</li> <li>行銷—HTC sense，媒體行銷</li> <li>通路—拓展韓國、中國電信業者合作，建立自有品牌通路</li> </ul>	

資料來源：作者自行整理

在行銷 4P 策略方面，產品（product）策略第一階段採取 OEM 及提供合作經銷廠商 Otek 等自有品牌產品經營方式，第二階段積極發展 HTC 自有品牌；價格（price）策略，第一階段採取高價位商務產品策略，第二階段將進入中國大陸等一般消費智慧型手機市場，採取中價位產品策略；促銷（promotion）策略，第一階段配合 OEM 生產，由經銷商自行促銷，第二階段配合 HTC 自有品牌發展，推出媒體“HTC sense”行銷，建立顧客對 HTC 品牌價值意念；通路（place）策略，第一階段配合智慧型商務手機市場的拓展，自歐洲、美國到日本逐步建立電信服務業者合作關係；第二階段除持續建立韓國及中國大陸電信服務業者合作關係外，並配合 HTC 自有品牌，發展自有通路。

### 三、財務績效

財務績效是廠商競爭力的具體表現，可用以評估廠商營運的方向、採取的策略及獲

利的表現。本研究採用財務報表分析模式之財務比率分析，判別宏達電子公司發展的軌跡、競爭的成敗，以及與手機產業和手機產業中龍頭廠商績效的比較，相關財務比率統計如表 3。

首先，從表 3.宏達電子公司財務比率數據觀之，該公司近五年（2004~2008）平均淨利率為 18.8%、資產投資報酬率為 34.2%及股東權益報酬率為 59%，且近五年每股獲利（EPS）分別為 13.49、32.81、56.97、50.48 及 36.64；整體而言，該公司為具高競爭力及高獲利的企業。但從該公司近五年的 EPS 及財務比率趨勢來看，自 2007 年起已有明顯下降的現象，探究其主要原因包括：1.智慧型手機群組已有更多廠商進入競爭；2.智慧型商業手機遭一般消費智慧型手機功能提升的侵蝕，逐漸不具高價位的優勢；3.2008 年全球金融風暴的影響。

表 3、手機產業、Nokia 公司及宏達電子公司相關財務比率彙整表

區別 \ 年度		2004	2005	2006	2007	2008	平均
手機產業	ROA (%)	24.50	15.50	7.44	8.30	7.40	11.23
	ROE (%)	32.20	20.00	14.39	14.48	11.25	18.46
	NPM (%)	18.40	13.20	12.34	9.09	9.47	12.50
Nokia 公司	ROA (%)	14.15	16.22	19.04	19.20	5.24	14.77
	ROE (%)	22.52	29.75	35.70	48.80	27.50	32.84
	NPM (%)	11.00	10.60	10.50	14.10	7.90	10.82
宏達電子公司	ROA (%)	20.00	38.00	48.00	37.00	28.00	34.20
	ROE (%)	41.00	69.00	77.00	59.00	49.00	59.00
	NPM (%)	11.00	16.00	24.00	24.00	19.00	18.80

資料來源：Reuters, IDC, Nokia 公司，宏達電子公司

其次，從表 3.宏達電子公司與 Nokia 公司財務比率數據觀之，宏達電子公司近五年平均淨利率、資產報酬率及股東權益報酬率均優於 Nokia 公司，五年趨勢成長率亦優於 Nokia 公司，且 2008 年受到全球金融風暴的影響低於 Nokia 公司，顯示宏達電子公司選擇集中於智慧型手機群組經營策略，其競爭力及獲利能力優於 Nokia 公司在手機產業中採取的多元產品策略；另根據 Gartner（2008）智慧型手機統計資料顯示，宏達電子公司截至 2008 年第二季市場佔有率為 4.1%，較上年度同期成長 119.6%，而 Nokia 公司 2008 年第二季市場佔有率 47.5%，較上年度同期負成長 8.1%（MIC, 2008），顯示宏達電子公司相對市場佔有率優於 Nokia 公司，其經營與獲利能力均具優勢。

再從表 3.宏達電子公司與手機產業財務比率數據來看，宏達電子公司近五年平均三項比率均明顯優於整體手機產業；另根據 Gartner（2008）智慧型手機科技資料顯示，宏達電子公司 2008 年第二季年成長率 119.6%，遠優於智慧型手機群組成長率 15.7%（MIC, 2008），顯示宏達電子公司無論在手機產業或智慧型手機群組中，其經營與獲利績效均有優異的表現。

## 伍、結論與管理意涵

### 一、結論

根據前節宏達電子公司個案分析，可以發現該公司之進入策略、經營模式及其與財務績效的關聯性，茲就重要發現說明如下：

- (一) 從本研究宏達電子公司進入策略及經營模式分析中顯示，該公司經營擇手機產業中智慧型商務手機明星產品群組，奠定其經營成功的基礎，經由建構動態經營模式，創造其比競爭者更具顧客價值、品質、效率及創新的競爭優勢。
- (二) 由本研究對個案財務績效分析中發現，該公司具備的競爭優勢，在市場成長率、相對市場佔有率、淨利率、資產報酬率及股東權益報酬率，其比率均較整體手機產業、智慧型手機群組，以及手機產業龍頭廠商 Nokia 公司表現優異，顯示進入策略及經營模式對財務績效產生影響的效果。
- (三) 本研究根據分析結果提出宏達電子公司經營策略模式如圖 2 所示。

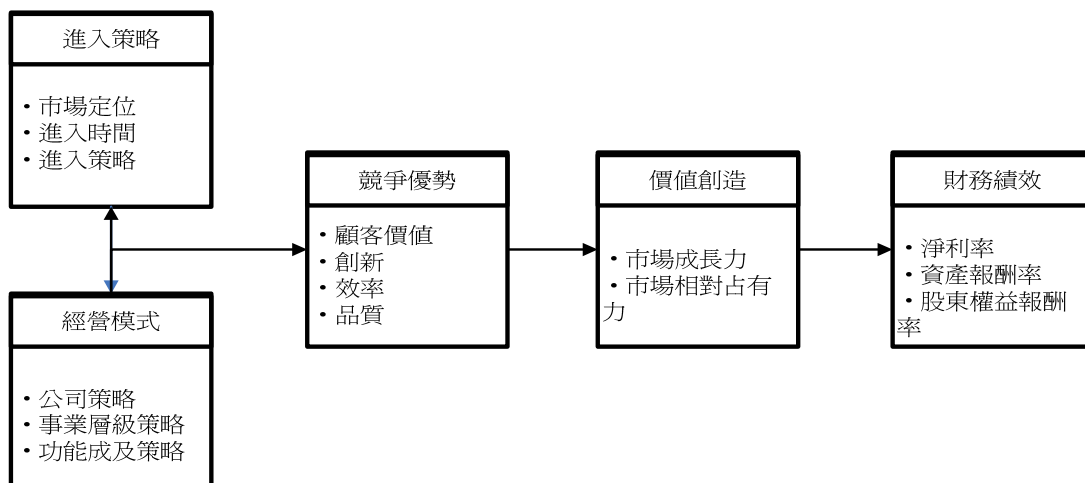


圖 2 宏達電子公司經營策略模式

資料來源：作者自行繪製

### 二、管理意涵

從本研究個案分析結果在企業經營管理上具有下列意涵：

- (一) 每一產業存在市場的時間長短不一，其競爭程度具有不同的差異；但成熟的產業中仍存在不同生命週期的策略群組，每一策略群組中廠商競爭狀態及獲利程度的消長不一。例如手機產業已呈現飽和競爭狀態，但在手機產業中智慧型手機群組仍為明星產品，宏達電子公司選擇進入該策略群組中經營，避開了激烈的市場競爭，以及取得比產業中其他競爭者更高的獲利能力與利潤。
- (二) 廠商選擇產業中具市場優勢的策略群組競爭，且需在該群組始創期進入取得市場先

- 占優勢，為其成功的重要因素。宏達電子公司選擇在智慧型手機始創期進入市場，取得先占的優勢，奠定其在產業中經營成功的基礎。
- (三)技術資源及經營管理能力為企業成功與否的關鍵因素。宏達電子公司為台灣威盛集團新創事業，擁有研發的人才與技術，並且具備資訊與通訊產業的經營管理能力，使其能在手機產業中快速的創造佳績。
- (四)企業必須因應產業或策略群組市場競爭狀況、生命週期演變進行動態的創新。宏達電子公司經營模式隨者智慧型手機市場競爭狀態，進行階段性的創新，前期採集中化策略，集中在智慧型商務手機市場經營，採取技術創新及合作策略，能在市場中取得競爭優勢，成為台灣手機產業中最賺錢的企業；但是隨著產業環境及產品競爭狀態的改變，宏達電子公司將面臨產品利潤下降及原產品市場被浸蝕的危機，現階段逐漸擴展經營一般消費智慧型手機市場。

### 三、研究限制與未來研究建議

本研究對象為高科技手機產業，並為採取個案研究方式，因限於資源、人力及時間等因素，無法進行較大範圍的研究與調查。更由於高科技產業具有產業環境變化快速、市場競爭激烈及產品生命週期較短等特性，有別於傳統產業的經營模式；且高科技產業中不同的廠商或產品，其經營模式與策略亦有所差異。因此，本研究結果應用的範圍將受到限制。

其次，本研究所建構的研究分析架構及個案經營模式，將可提供相關研究及實務應用的參考。惟值此全球化及超競爭的時代，高科技產業的定義與範圍將逐漸擴大與模糊，其一般性經營模式及相關議題，頗值得未來相關領域學者持續的擴大研究。

## 參考文獻

### 中文

- [1] 方世榮譯(2009)。策略管理 (Fred R.David 原著)。台北：學銘圖書公司、歐亞書局公司。
- [2] 台灣宏達電子公司 (HTC)： <http://www.htc.com> (2009/08)。
- [3] 朱文儀、陳建南、黃豪巨譯(2007)。策略管理 (Charles W.L. Hill and Gareth R.Jones 原著)。台北：華泰出版公司。
- [4] 侯佳雯(2001)。創業與網絡關係之研究-以資訊業與通訊業個案為例。國立政治大學碩士論文。
- [5] 財團法人資訊工業策進會 (MIC)： <http://mic.iii.org.tw/intelligence> (2009/08)。
- [6] 張保隆、陳瑋玲審訂(2007)。企業策略與競爭分析－工具與應用 (Fleisher and Bensoussan 原著)。台北：滄海圖書。
- [7] 陳志昕(2002)。大陸台商創立期與成長期關鍵成功因素之比較研究 - 以大上海地區為例。中正大學碩士論文。
- [8] 廖建容、楊美齡、周宜芳(2007)。管理大未來：新管理正在淘汰舊商業 (Hamel,G and Breen,Bill 原著)。台北：天下文化出版社。
- [9] 鐘憲瑞(2008)。產業分析精論－多元觀點與策略思維。台北：前程文化事業公司。

### 英文

- [1] Afuah, A. & Tucci, C.L.,(2001),*Internet Business Models and Strategies :Text and Cases*, NY : McGraw－Hill.
- [2] Afuah, A.,(2004), *Business Models : A Strategic Management Approach*, NY : McGraw－Hill.
- [3] Barney, J.B.,(2001), Is the Resource-Based View－A Useful Perspective for Strategic Management Research ? Yes, *Academy of Management Review* 26, NO.1 : 41-56.
- [4] Davies, T. & Bockzo,T., (2006),*Principles of Accounting and Finance*, NY : McGraw－Hill.
- [5] David, F.R., (2009), *Strategic Management: Concepts and Cases*, New Jersey: Pearson Education Inc.
- [6] Dean, J., (1950－1976),Pricing Policies for new Products, *Harvard Business Review*, 29 : 45-53.
- [7] Fleisher, C.S. & Bensoussam, B.E.,(2003),*Strategic and Competitive Analysis : Methods and Techniques for Analyzing Business Competition*,New Jersey: Pearson Education Inc.
- [8] Forrester, J.,(1961),*Industrial Dynamics*,Cambridge,MA : MIT Press.

- [9] Galbraith C. and Schendel,D.,(1983),An Empirical Analysis of Strategic Types,*Strategic Management Journal*,Vol.4 : 153-173.
- [10] Gartner : Available at : <http://www.gartner.com/technology/research.jsh> ( Accessed:Sep.20,2009 ) .
- [11] Geroski,P., 2002, *Market Dynamics and Entry*,Wikipedia : Blackwell Publishers.
- [12] Hamel, G.,(2000), *Leading the Revolution*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- [13] Hsin, J.Y.,Chang,Wen-C. & Chang wen-L,(2006),Analysis of Financial Performance by Strategic Group of Digital Learning Industry in Taiwan, *Journal of American Academy of Business*, Cambridge, Vol.10, Num.1 : 141-155.
- [14] Hunt,M.S., (1972), *Competition is the Major Home Appliance Industry 1960-1970*, Unpublished Doctoral Dissertation.
- [15] Internation Data Corporation ( IDC ) : [www.idc.com.tw](http://www.idc.com.tw)\_(Accessed : Sep.20,2009)
- [16] Isuppli : Available at : <http://cdnet.org.tw/techroom/market/eetelecommmobile/09.htm> (Accessed : Sep.20,2009 ) .
- [17] Inferma : Available at :<http://www.inferma.com> (Accessed Sep.20,2009 ) .
- [18] Kazanjian, R. K. and Drazin, R.,(1997),Implementing Internal Diversification: Contingency Factors for Organization Design Choices. *The Academy of Management Review*, 12, 342.
- [19] McGaham ,A.M. & Porter,M.E.,(1997),How Much Does Industry Matter,Really ? *Strategic Management Journal*,Vol.18 ( Summer Special Issue ) : 15-30.
- [20] Nokia Official Website : Available at ; <http://www.nokia.com> (Accessed : Sep.20,2009).
- [21] Nutton S.E.,(2006),Management Accounting – Business Strategy,*Financial Management* , Dec-Jem : 43-45.
- [22] Osterwalder, A.,Pigneur, Y. & Tucci, C.,(2005),Clarifying Business Models : Origins,Present,and Future of the Concept, *Communications of the Association for Information System*, 15 : 751-775.
- [23] Rappa,M.A.,(2004),The Utility Business Model and the Future of Computing Services, *IBM System Journal*, 43 : 32-42.
- [24] Robinson,R.R.,(1982),The Importance of Outsiders in Small Firm Strategic Planning, *Academy of Management Journal*, 25 : 80-93.
- [25] Scherer, F.M. & Ross, D., (1990), *Industrial Market Structure and Economic Performance*, 3rd ed. Boston : Houghton Mifflin Company.
- [26] Schumpeter, J. A.,(1943), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [27] Shafer, S.M., Smith J. & Linder J.C.,(2005),The Power of Business Models,

- Business horizons*, 48, 199-207, 2005.
- [28] Stake, R. (1995), *The Art of Case Research*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- [29] Strategy Analytics : Available at : <http://www.strategyanalytics.com> (Accessed : Sep. 20, 2009).
- [30] Porter, M.E., (1980), *Competitive Strategy : Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, London: Collier Macmillan Publishers.
- [31] Porter, M.E., (1985), *Competitive Advantage : Creating and Sustaining Superior Performance*, London: Collier Macmillan Publishers.
- [32] Venkatraman, N. & Ramanugam, V., (1986), Measurement of Business Performance on Strategy Research : A Comparison of Approaches, *Academy of Management Review*, Vol.11 : 801-814.
- [33] Reuters : Available at : <http://www.reuter.com/finance> (Accessed : Sep. 20, 2009).
- [34] Yin, R. (1994), *Case Study Research: Design and Methods (2nd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.
- [35] Zikmund, W.G., (2002), *Business Research Methods*, Orlando: Harcourt College Publisher.



# 利用分群決策樹預估軟體維護成本

## Estimation of Software Maintenance Effort Based On Clustering Trees

邱南星<sup>1</sup>

Nan-Hsing Chiu

清雲科技大學資管系

助理教授

nhchiu@cyu.edu.tw

黃榮廣<sup>2</sup>

Rong-Guang Huang

清雲科技大學資管系

碩士生

### 摘 要

軟體專案在承接報價時，通常需要對專案的維護工作量、成本或時間進行預估。以便進行專案維護的時程規劃、人力資源配置及流程監控等工作。能夠精確預估軟體維護工作量，對軟體專案規劃、監控成功與否，是一個非常重要的關鍵因素。本研究提出一個新的分群預估樹之模式，藉由此方法提升預估軟體維護工作量的準確性。實驗採用國內地區醫院所提供的實際軟體維護工作量資料集，並且採用一般常用的軟體維護工作量模式來進行預估效能比較。實驗結果證實所提出的方法在不同的軟體維護工作量模式評估指標之下，預估結果優於一般常用的軟體維護工作量預估模式。

**關鍵詞：**軟體專案管理、軟體成本預估、資料探勘、最佳化、預估

## Abstract

Estimation of software maintenance cost is a very important issue for planning, organizing, leading, and controlling software projects. Providing an accurate estimation of software maintenance effort plays a crucial factor for software project management. This study proposes a novel approach for improving software maintenance effort estimation based on the clustering trees. We apply the real data of software maintenance effort from local hospital for our experiments. The well-known estimation models for software maintenance effort estimation are also utilized in comparison with the proposed approach in this study. The experiments show that the proposed approach outperforms the well-known software maintenance effort models under different evaluation criteria.

**Keywords** : Software project management, Software effort estimation, Data mining, Optimization, Prediction

## 壹、緒 論

一個成功的軟體維護專案必需在一定的時間與預算內完成，而且軟體品質也必須達到客戶所要求的規範。根據一項全球性八千個樣本為基準的調查顯示，現在軟體專案的開發中有 85% 的專案是時程落後、大幅超出預算以及功能不全，甚至在未完全檢測瑕疵及未完全除錯情形下即上線使用。其中 30% 的專案在開發半途中就被撤銷，其它完成的專案也大都是逾時完成，平均成本大幅超出預算的 190% (洪祺焜, 2006)。再加上目前國內的軟體工業面臨與世界各國競爭，提升我國軟體產業的競爭力便成為目前所被關注的議題。

通常軟體維護團隊會在專案承接報價時或維護初期，即會對專案所需的維護工作量、成本或時間進行預估，以便進行專案維護的時程規劃、人力資源配置及流程監控等工作。如果低估軟體專案維護工作量，會因資源分配的不足而造成電腦軟體品質不佳，導致整個軟體專案計畫的失敗。當高估軟體專案計畫維護的工作量時，會因為投入過多的專案資源，而造成專案資源的浪費，進而在競標時失去能夠得標的機會。目前國內軟體維護團隊在預估軟體維護工作量時，大多是依據專家經驗來度量軟體的大小及複雜程度，再以現有人力與相關專案資源初步估計需要多少人月之維護工作量，進而推算軟體維護成本 (張祚佳, 2005)。整體而言，國內軟體產業多數仍以主觀的經驗法則來預估軟體維護成本，因此預估值值的精確度就受到很不客觀的影響。

在近二十年內已有很多的軟體維護工作量預估模式被提出；像迴歸 (Shepperd 與 Cartwright, 2005)、類神經網路 (Peng 與 Yao, 2009)、分類與迴歸樹 (Srinivasan 與 Fisher, 1995)。在目前種類繁多之軟體維護工作量預估模式中，以透過統計方法或其它的數學方法產生預估模式的演算法較常見 (林信惠、黃明祥與王文良, 2002)。例如著名的 COCOMO 與 COCOMOII 就是一個利用統計方法所產生的預估模式 (Boehm, 1981)。資料探勘技術則是近年來被廣泛應用於各個領域，其主要訴求是從大量的歷史資料中挖掘隱藏其中的有用資訊。為此本研究提出以粒子群最佳化技術來建構之分群預估樹，來挖掘隱藏在軟體維護工作量歷史資料中的有用資訊。透過粒子群搜尋最佳化的特點，以最快和最準確的方式去尋找各分群中心點。再藉由相似度的計算，算出每個歷史軟體維護工作量資料歸屬於哪一群組。並將此分群出來的結果建立分群預估樹，藉以提高軟體維護工作量預估的正確性及提高預估出來的品質。

## 壹、文獻探討

軟體維護工作量是指在整個軟體專案維護過程中，從開始到最後結束各個作業所需花費的人力成本。早期則是以軟體成本來代表軟體專案整體所需之花費。但由於各公司的薪資結構或國家貨幣的不同，因此現今大都稱為軟體維護工作量，並以人-月或人-年為單位。只要將其值乘以每人每月的平均薪資，就可以得到軟體維護人力成本的估計值 (張鴻林, 2001)。目前主要用來評估軟體大小或軟體規模的指標除了有軟體的程式碼千行數；也有其它研究利用程式內的運算元及運算子的個數來做為軟體規模的度量指標，

或是利用功能點數來做為軟體規模度量指標(Sommerville,1995)。而一般在預估軟體維護工作量時，則會先估計出軟體大小，然後再參考其它會影響軟體維護工作量的因子後，再依據預估模式來算出軟體維護工作量。軟體維護工作量影響因子是指所有會影響到維護工作量之專案、流程、產品以及資源之特徵集合。而軟體維護工作量影響因子，對於早期在維護專案預估軟體維護工作量時具有相當的影響力。

早期的軟體專案在功能與需求上較為單純，大部份的系統維護都著重於程式撰寫。因此一般僅以程式碼的大小來預估軟體維護工作量(張鴻林，2001)。然而近期的軟體維護專案，面對的是更多的開放式軟硬體平台架構。企業組織為了要增加競爭優勢，對於軟體的功能性與非功能性提出了許多的需求(鄭宇修，2002)。要完成一個軟體專案已不只是注重程式撰寫，而是需要完全掌握使用者的需求與軟體維護專案外在維護環境。所以在評估整個軟體專案的維護工作量上，也就必須要考慮到更多的影響因子(Sommerville, 1995)。但是整個軟體維護工作量影響因子眾多，使得專案管理者在預估軟體維護工作量時，無法有效估算出精確的數值。如果能透過資料發掘技術，從大量的軟體維護工作量資料庫中，發掘出不同的資訊以及知識出來作為軟體維護工作量決策支援使用，必定能有效幫助專案管理者的提升競爭優勢。因此採用資料探勘技術，便是關鍵的因素以找出有用的資訊，以提供相關人員使用(Petry 與 Zhao, 2009)。

軟體工作量預估在實務上採用之情況方面，已經有不少實務上運用的案例。Lefley 與 Shepperd(2003)針對歐洲芬蘭國家之非網路為基礎的資訊系統之 164 筆實務資料，採用基因規劃之軟體工作量預估方法，來進行建置軟體工作量預估模式。Wieczorek 與 Ruhe(2002)採用在歐洲國家非網路之資訊管理系統的 206 筆資料，建構不同的實務軟體工作量預估模式。Jeffery 等學者(2001)採用世界上各國彙整的 324 筆資料，針對非網路為基礎的資訊系統，採用最小平方的迴歸方法來建立軟體工作量預估模式。Mair(2005)等學者也針對軟體工作量預估相關實務進行分析，其中探討從世界上不同國家的軟體維護工作量之實務資料集，來建置不同之軟體工作量預估模式。其統計分析實務軟體工作量預估模式所使用之資料集，以美國與英國之軟體工作量資料被使用來建置軟體工作量預估模式的比率最高。

目前常見採用資料探勘技術之軟體維護工作量估算模式中，類神經網路可藉助本身的學習力，由輸入的資料中歸納出隱含關係。一旦學習完成之後，以各神經元間連結強弱程度來表示，並且將此關係儲存於各人工神經元中。如果再遇到相似的輸入，就會自動依照所學習成的關係，來產生最近似的輸出，進而作出軟體維護工作量預測。Park 與 Baek(2008)提出使用神經網路建立一個軟體工作量預估模式。實驗結果也證明能夠比專家精準的判斷及傳統的迴歸模式還要精確的正確率預估。Pendharkar(2010)提出概率式的類神經作軟體工作量預估，其實驗結果展現出所提出的模式有較佳的結果，可以有效改善軟體工作量預估效能。Peng 與 Yao(2009)則是提出一個以迴歸分析和模糊神經網路為基礎之估算，實驗結果證明類神經網可以得到有效的提升預估正確率。

此外 Shepperd 與 Cartwright(2005)應用迴歸分析在軟體工作量預估上，實驗證明迴歸分析對軟體工作量預估的準確率，可以比常見的軟體工作量預估模式還好。Koch 與 Mitlöchner(2009)將基因演算法結合了迴歸分析，建構一個嶄新之軟體工作量預估模式。其結果呈現所提出的軟體工作量預估模式，可以改善軟體工作量預估的精確性。在 2002 年，Mizuno 等學者(2002)提出建構多元線性迴歸模型。其實驗結果證明此方法是優於其

它的預估模式。Elish(2009)採用分類與迴歸樹來建構一個軟體工作量預估模式，以提高軟體工作量預估精確度。其結果證實以分類與迴歸樹之軟體工作量預估模式，能夠比一般常被使用的軟體工作量預估方法，擁有較好的軟體工作量預估精確度。此外 Chiu 與 Huang(2007)提出使用基因演算法來找出最佳的切割的線性方程式。運用相似度的措施及調整機制建立軟體工作量預估模式。實驗結果證實所提出的模式可以提高預估精確度。使用搜尋技術來改善軟體工作量預估模式，呈現出不錯的結果。

粒子群最佳化是近年來常被採用的搜尋技術，主要概念是源自於對動物群體行為的研究，是由 Kennedy 與 Eberhart (1995)所提出。在自然界中有許多生物其生活行為都會呈現群體的活動，因此自從 90 年代開始，利用自然界生物的群體行為去做搜尋最佳化技術的研究則成爲一股潮流。粒子群最佳化在這幾年也被廣泛的使用；Kuo 等學者(2009)則是將粒子最佳化群演算法，搜尋出最佳的關聯規則。Sheta 等學者(2008)則是使用粒子群最佳化加強傳統的軟體成本預估 COCOMO 模式，藉由粒子群的特性調整 COCOMO 之參數。實驗結果則是能夠比傳統的成本預估模式來的佳。Chiu(2009)將粒子群最佳化結合了灰關聯分析建立一個預估模式，其結果顯示整體效果能夠比被廣泛使用的分類迴歸樹及 C4.5 擁有較好的預估能力。

本研究則是運用了粒子群最佳化建構一個分群預估樹，藉由此方法提高軟體維護工作量預估模式之精確度，進而改善軟體維護工作量預估能力。分群預估樹是透過分群的概念，所建構而成的預估樹。分群主要是將一個軟體維護工作量資料集分成數個群集。同個群集內軟體維護工作量數值相似度較高，反之不同群集則軟體維護工作量數值差異性較大。由於在分群過程中，群集中心點的位置將會影響到整個軟體維護工作量預估結果精確度。確定的群集中心點的位置，對於軟體維護工作量預估的結果有明顯的相互影響。故本研究透過粒子群最佳化之搜尋技術，找尋合宜的群集中心點，藉以提升軟體維護工作量預估出來的精確度及正確性。

## 貳、研究方法

本研究所提出的方法主要是基於粒子群最佳化搜尋技術，來建構軟體維護工作量的分群預估樹。分群主要是運用相似度的計算，將軟體維護工作量資料作分群的動作。分群過程利用軟體維護工作量之歷史資料，以粒子群最佳化來尋找分群的中心點。當群集中心點確定之後，軟體維護工作量資料點透過相似度計算，將每筆資料分配到距離最相似的群集內。分配完成後則利用粒子群最佳化來尋找分群的新中心點後，而群集中心點會慢慢的移動到較佳之群集中心位置。如果群集中心位置還可以繼續移動，則會再回到相似度計算，評估軟體維護工作量預估模式的精確度。反之如果群集中心位置不會再移動，則是結束分群以確定最終之軟體維護工作量預估模式。

而圖 1 爲透過粒子群最佳化建立軟體維護工作量預估樹流程圖。爲了提升整體軟體維護工作量的預估精確度，透過粒子群最佳化快速收斂的特性，以及它可以在最短的時間內找尋到最佳解，來找尋最佳中心點位置。當群集中心點確定後會與每筆軟體維護工作量資料做歐幾里德計算，將每筆軟體維護工作量資料歸屬於最相近之群集。當分配完後計算各群集裡的中心值爲軟體維護工作量預估值，進而計算出所有軟體維護工作量歷

史資料的正確率。將此計算之正確率結果回饋，判斷出上下層是否有改善。有改善再回到粒子群最佳化搜尋中心點，繼續向下分群直到建樹完成。如果上下層沒有改善，則停止建立軟體維護成本預估樹。最後每個群集的軟體維護工作量之中心值，為落入此一群集之軟體維護工作量預估值。

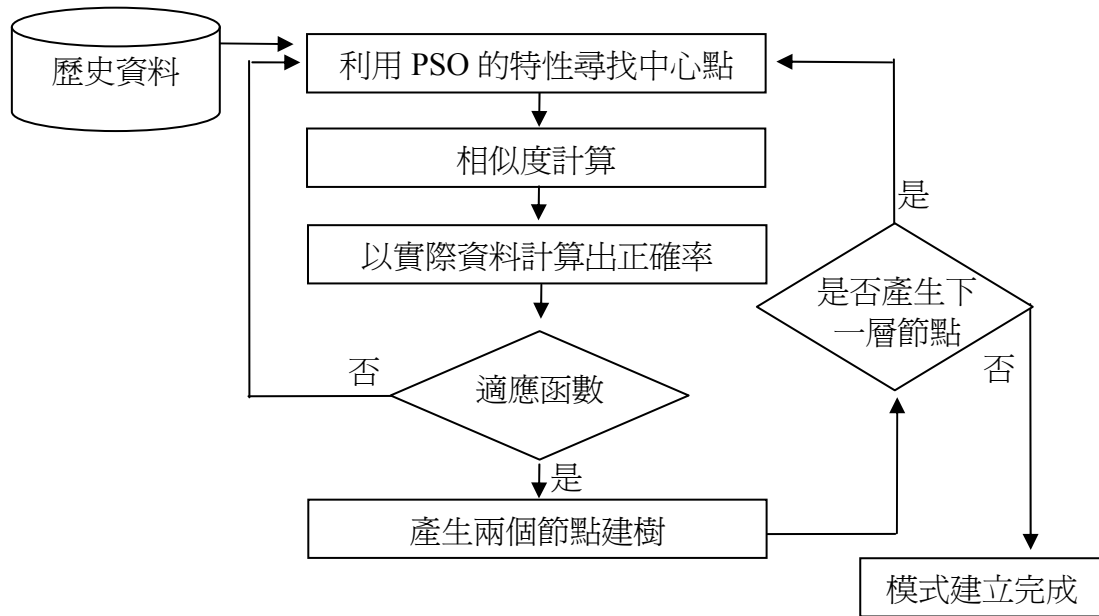


圖 1 建立軟體維護成本預估樹流程圖

圖 2 為粒子群最佳化之架構流程圖，粒子群最佳化搜尋技術在軟體維護工作量分群決策樹中，每一個粒子就代表軟體維護工作量的群集中心位置。其中每個粒子有一個位置向量及速度，而公式(1)與(2)為更新粒子之速度和位置。粒子群最佳化演算法開始時以隨機方式產生粒子群，計算各粒子所得的適應值來進行演化。而適應值依照軟體維護工作量效能指標函數計算，在每一次疊代當中粒子會根據自己過去曾經瀏覽過的最佳解  $Pbest_{id}$ ，以及整個群體曾經瀏覽過的最佳解  $Gbest_{id}$ 。粒子的速度  $V_{id}$  是粒子每次演化過程移動的向量值；其中  $i$  為每個粒子的編號， $d$  則是資料的維度。 $C_1$  與  $C_2$  為  $Pbest_{id}$  與  $Gbest_{id}$  的加速係數，用來幫助粒子在有效的範圍進行搜尋。而  $R_1$  與  $R_2$  則是一個介於 0 與 1 之間的隨機亂數。最後再藉由公式(1)計算出下次要移動之向量後，再透過公式(2)由  $X_{id}$  目前所在位置加上新的移動向量  $V_{id}$  到新的位置  $X_{id}$ 。當每個粒子都更新到新的位置之後，會再度計算每個粒子之適應值。如果達到停止條件則結束搜尋，否則將再繼續下一次的搜尋直到滿足停止條件為止。

$$V_{id} = V_{id} + C_1 \times R_1 \times (Pbest_{id} - X_{id}) + C_2 \times R_2 \times (Gbest_{id} - X_{id}) \quad (1)$$

$$X_{id} = X_{id} + V_{id} \quad (2)$$

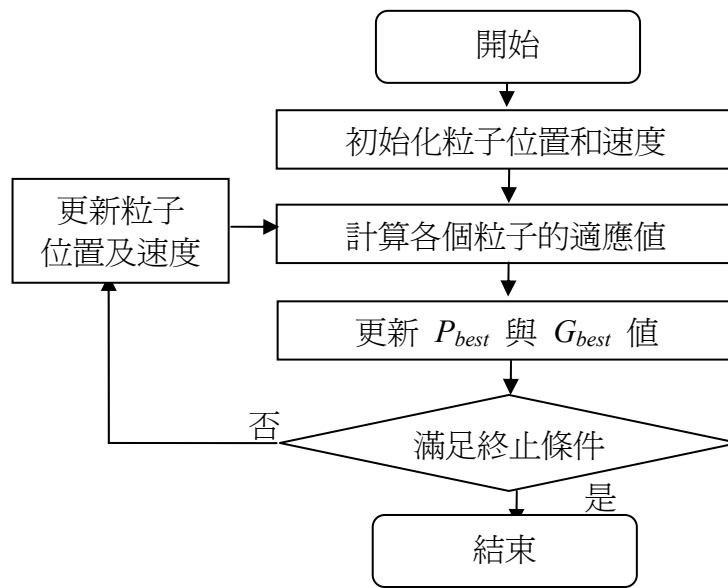


圖 2 粒子群最佳化架構流程圖

搜尋技術中的粒子群最佳化與基因演算法大致上相同，首先都先透過隨機解開始，再經過不斷搜尋演化之後求出最佳的解答。不過在搜尋機制上兩個演算法有比較明顯的差異性，Eberhart 與 Shi 兩位學者(1998)指出，粒子群最佳化方法的長處包括了每個粒子擁有記憶性的特點，只有少數的公式與參數需要做計算，在搜尋的過程中可快速搜尋出最佳的解答。相較之下基因演算法則是需要透過交配及突變機制來搜尋出最佳解，搜尋出好的解答相對需要較繁瑣的運算過程。

在軟體維護工作量分群過程中，當利用粒子群最佳化找尋到軟體維護工作量集群中心點位置以後，需透過公式(3)將軟體維護工作量資料集裡的每筆軟體維護工作量資料跟各個集群中心點作相似度的計算，分群出軟體維護工作量歷史資料是歸屬於哪一群組中。其中  $S$  為相似程度、 $C$  為中心、 $E$  為資料點、 $i$  是維度、 $n$  則是資料筆數。藉由粒子群最佳化方法將軟體維護工作量資料分群，再採用每一群組內所有軟體維護工作量數值取平均值，來做為軟體維護工作量預估。

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - E_i)^2} \quad (3)$$

軟體維護工作量預估模式效能的比較，採用平均相對誤差率(Mean of  $MRE$  ;  $MMRE$ )、評估等級(Prediction level :  $PRED$ )與正確率。透過上述預估模式效能指標來求出最佳的預估結果。相對誤差率(Magnitude of Relative Error :  $MRE$ )為評估單一筆軟體維護工作量估計的誤差比率值。將實際軟體的維護工作量與預估軟體的維護工作量誤差值，除上實際軟體的維護工作量所得到的比率值。相對誤差率可經由公式(4)計算出結果，其中  $A$  是實際值， $E$  是預估值。相對誤差率數值愈小愈好。平均相對誤差率則是透過相對誤差率加總後的平均，平均相對誤差率可經由公式(5)計算出結果，這個預估模式效能指標比值的平均值則是愈小愈好。

$$MRE = \frac{|A - E|}{A} \quad (4)$$

$$MMRE = \frac{\sum_{i=1}^n MRE_i}{n} \quad (5)$$

軟體維護工作量模式效能指標中，軟體維護工作量評估等級的意義表示有  $k/n$  比例的軟體維護工作量相對誤差率值小於  $x$  的門檻值。其中  $k$  為軟體維護工作量相對誤差率小於或等於  $x$  的評估數量， $n$  為所有軟體維護工作量資料的評估數量。評估等級的值愈大愈好，評估等級大表示滿足軟體維護工作量相對誤差率門檻值  $x$  內的資料數量愈多，軟體維護工作量測量值愈能接近實際值，其軟體維護工作量預估模型準確度愈高。通常軟體維護工作量相對誤差率門檻值  $x$  為 0.25。因此軟體維護工作量評估等級的  $PRED(0.25)$  可透過公式(6)計算出結果，公式(7)則是判斷軟體維護工作量相對誤差率是否小於或等於門檻值。

$$PRED(0.25) = \frac{k}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P(i)}{n} \quad (6)$$

$$P(i) = \begin{cases} 1 & , \quad \text{if } MRE_i \leq x \\ 0 & , \quad \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

圖 3 為分群決策樹之程式虛擬碼(pseudo code)，在建分群決策樹的過程中主要透過粒子群最佳化的特性來搜尋節點之最佳中心點。粒子群最佳化初始過程先隨機設定每個粒子的初始位置及速度， $X_{id}(i)$ 與  $V_{id}(i)$ 函數分別計算出粒子  $i$  的位置及所要移動的向量。 $X_{id\_left}(i)$ 與  $X_{id\_right}(i)$ 分別為一個節點之左右兩個中心點位置， $np$  則是粒子數。 $fitness(X_{id\_left}(i), X_{id\_right}(i))$ 函數計算出一個節點之適應值後， $P_{best\_i}$  會記憶粒子  $i$  過去所有解答中的最佳解，而  $G_{best}$  則是紀錄所有粒子的最佳解答。透過  $move()$ 函數可計算出粒子下次所要移動的向量與新的位置後， $check(G_{best})$ 函數計算出新的適應值以判斷粒子群最佳化是否達到停止條件。如果達到停止條件是則結束一個節點之搜尋，否則繼續搜尋一個節點之中心點。搜尋不同節點之中心點過程重複進行，直到  $stop\_condition()$ 函數滿足建立分群樹之停止條件。

```

1) flag=true // flag: the flag to find the next node of trees //
2) while (flag)
3)     // initial particles //
4)     for i=1 to np // pn: number of particle //
5)          $X_{id\_left}(i)$ =initial_  $X_{id}(i)$ 
6)          $X_{id\_right}(i)$  =initial_  $X_{id}(i)$ 
7)          $V_{id\_left}(i)$ =initial_  $V_{id}(i)$ 
8)          $V_{id\_right}(i)$  =initial_  $V_{id}(i)$ 
9)         fitness_of_particle_ i=fitness( $X_{id\_left}(i)$ ,  $X_{id\_right}(i)$ )
10)         $P_{best\_i}$ = fitness_of_particle_ i

```



```

11)       $G_{best} = \min(P_{best\_i})$ 
12)      next  $i$ 
13)       $unsatisfied = \text{check}(G_{best})$ 
14)      // find the best vales of particles //
15)      while ( $unsatisfied$ )
16)          for  $i=1$  to  $np$ 
17)               $\text{new\_}V_{id\_left}(i) = \text{move}(V_{id\_left}(i))$ 
18)               $\text{new\_}V_{id\_right}(i) = \text{move}(V_{id\_right}(i))$ 
19)               $\text{new\_}X_{id\_left}(i) = \text{move}(X_{id\_left}(i))$ 
20)               $\text{new\_}X_{id\_right}(i) = \text{move}(X_{id\_right}(i))$ 
21)               $\text{fitness\_of\_Particle\_}i = \text{fitness}(\text{new\_}X_{id\_left}(i), \text{new\_}X_{id\_right}(i))$ 
22)               $P_{best\_i} = \text{update\_of\_fitnss}(i)$ 
23)               $G_{best} = \min(P_{best\_i})$ 
24)          next  $i$ 
25)           $unsatisfied = \text{check}(G_{best})$ 
26)      wend
27)       $\text{flag} = \text{stop\_condition}()$ 
28) wend

```

圖 3 分群預估樹之程式虛擬碼

## 參、實驗結果

本研究實驗之軟體維護工作量資料，採用桃園地區醫院所提供的軟體維護工作量資料集進行實驗分析。軟體維護工作量歷史資料筆數總共為 355 筆，每筆歷史資料代表一張軟體維護工作之工單，而每一張軟體維護工作工單以一人完成為基準。資料收集期間則是從 2006 年的 1 月 2 日到 2007 年的 10 月 2 日為止，累計共 21 個月。每筆軟體維護工作工單共有五個軟體維護工作量成本因子；包含了新增內部邏輯數目、輸出檔案數目、修改內部邏輯數目、外部查詢數目及外部介面數目。軟體維護工作量則為每一筆軟體維護工作之實際工作時數。表 1 為軟體維護資料集之敘述統計量；包含了軟體維護工作量成本因子及實際軟體維護工作量之平均數、中位數、眾數、標準差、變異數、範圍、最小值與最大值。整個資料集之實際軟體維護工作量平均數為 45.24 小時，眾數為 16 小時；其中最小值為 8 小時，最大值為 96 小時，標準差達到 24.06。

表 1 軟體維護資料集之敘述統計量

敘述 統計 指標	軟體維護工作量成本因子					實際 軟體維護 工作量 (小時)
	新增內部 邏輯 數目	修改內部 邏輯 數目	輸出檔案 數目	外部查詢 數目	外部介面 數目	
平均數	1.45	0.36	0.39	0.30	0.10	45.24

中位數	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00
眾數	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00
標準差	0.80	0.65	0.73	0.56	0.36	24.06
變異數	0.64	0.43	0.53	0.31	0.13	579.01
範圍	3.00	3.00	6.00	3.00	2.00	88.00
最小值	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
最大值	4.00	3.00	6.00	3.00	2.00	96.00

為了防止軟體維護工作量資料可能會因為資料分布不均造成實驗出來的結果不客觀，透過三疊交叉驗證分析法(Three-Fold Cross-Validation)進行實驗(Chiu 2009)。其方法為將軟體維護工作量資料集平均分為 F1、F2、F3 三等份，將此三等份做交叉的訓練以及測試。資料集 A 的訓練結果是取 F2、F3 兩部分的軟體維護工作量資料，資料集 A 的測試結果則是取 F1 的軟體維護工作量資料來做實驗。三疊交叉驗證分析法之訓練取兩份資料，而測試取一份資料的方式進行實驗。資料集 B 與資料集 C 則以此類推，最後再將結果作平均。軟體維護工作量預估效能指標採用正確率、平均相對誤差率與  $PRED(0.25)$ 。軟體維護工作量預估模式採用迴歸(Shepperd 與 Cartwright, 2005)、類神經網路(Peng 與 Yao, 2009)、分類與迴歸樹(Srinivasan 與 Fisher, 1995)三種預估模式，來比較所提出之分群預估樹之效能。而軟體維護工作量分群預估樹之粒子群最佳化參數設定，依據本研究實驗經驗與參考以往研究之設定(Chiu, 2009)。其中粒子數為 50、加速係數  $C_1$  與  $C_2$  皆為 2。

由表 2 可看出軟體維護工作量分群預估樹在資料集 A、資料集 B、資料集 C 訓練分別為 93.53%、92.45%、93.82%。其結果在所有軟體維護工作量預估模式當中為最佳。而正確率的平均結果為 93.26%，也可以高於第二名的類神經網路 92.11%。軟體維護工作量預估之測試結果方面，軟體維護工作量分群預估樹在資料集 A、資料集 B、資料集 C 分別為 91.82%、92.08%、92.08%。而資料集 A、資料集 B 在所有軟體維護工作量預估模式當中為最佳，雖然資料集 C 結果也接近最好的軟體維護工作量預估模式。整體上軟體維護工作量測試平均結果，分群預估樹呈現出最佳之預估模式。

表 2 軟體維護工作量預估正確率

階段	預估模式	正確率			
		資料集 A	資料集 B	資料集 C	資料集平均結果
訓練	分群預估樹	93.53%	92.45%	93.82%	93.26%
	類神經網路	92.02%	92.32%	92.00%	92.11%
	分類與迴歸樹	91.84%	92.01%	91.33%	91.73%
	迴歸	90.54%	90.86%	90.93%	90.78%
測試	分群預估樹	91.82%	92.08%	92.08%	91.99%
	類神經網路	91.52%	91.08%	92.77%	91.79%
	分類與迴歸樹	91.35%	90.69%	92.18%	91.41%
	迴歸	88.79%	87.43%	90.63%	88.95%

圖 4 為軟體維護工作量預估正確率所繪製的直方圖。藉由圖能夠更明顯看出，本研究提出的軟體維護工作量分群預估樹，在三個資料集平均結果中，可以看出高於其它三個被廣泛使用的方法。其中軟體維護工作量分群預估樹略高於類神經網路及分類與迴歸樹兩個預估模式。尤其軟體維護工作量分群預估樹與迴歸模式的比較之下，呈現明顯高於迴歸模式。

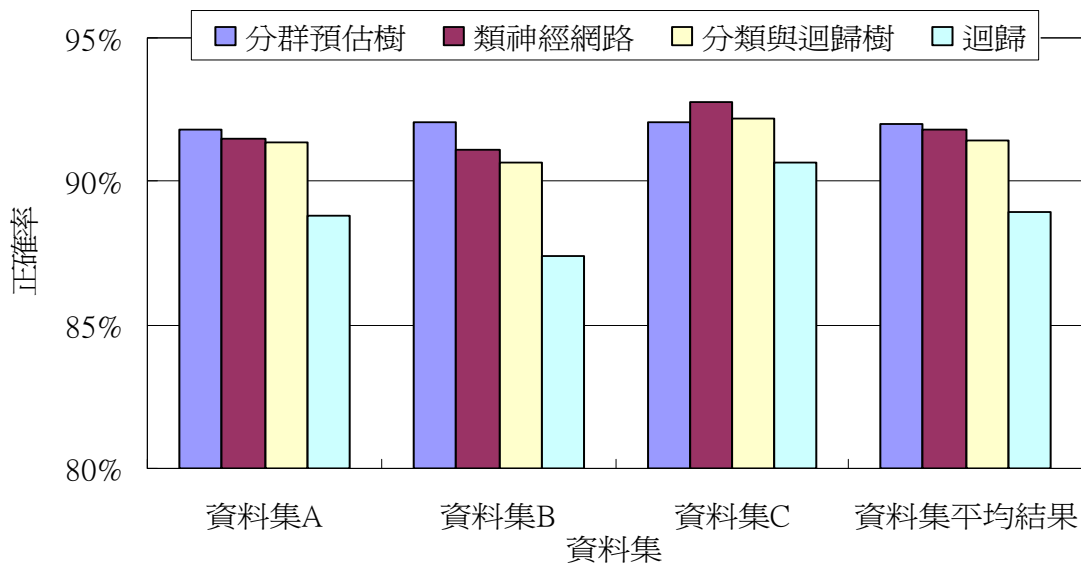


圖 4 預估正確率直方圖

表 3 為軟體維護工作量預估平均相對誤差率比較表，其值越小則代表軟體維護工作量預估模式越精準。軟體維護工作量訓練結果方面，由表可看出軟體維護工作量分群預估樹在資料集 A、資料集 B 與資料集 C 中，其平均相對誤差率指標之訓練結果分別為 0.57、0.66 與 0.48。軟體維護工作量預估結果在所有比較模式當中是最低的，表示分群預估樹在軟體維護工作量預估模式相較之下是精準的。而軟體維護工作量預估平均相對誤差率的平均結果為 0.57，也低於第二名的類神經網路的 0.72。軟體維護工作量測試結果方面，分群預估樹在資料集 A、資料集 B 與資料集 C 分別為 0.67、0.55 與 0.66。其結果在所有比較模式當中為最低的。而分群預估樹在三個資料集平均結果呈現 0.63，遠低於第二名的類神經網路之 0.76。整體而言在軟體維護工作量預估平均相對誤差率比較方面，分群預估樹在軟體維護工作量預估模式相較之下是比較優良的。

表 3 平均相對誤差率

階段	預估模式	平均相對誤差率			
		資料集 A	資料集 B	資料集 C	資料集平均結果
訓練	分群預估樹	0.57	0.66	0.48	0.57
	類神經網路	0.67	0.77	0.71	0.72
	分類與迴歸樹	0.84	0.82	0.65	0.77
	迴歸	0.79	0.80	0.75	0.78
測試	分群預估樹	0.67	0.55	0.66	0.63
	類神經網路	0.92	0.63	0.73	0.76

	分類與迴歸樹	0.79	0.74	0.79	0.77
	迴歸	0.75	0.70	0.92	0.79

圖 5 為軟體維護工作量預估平均相對誤差所繪製的直方圖。針對平均相對誤差評估指標上，不管是資料集 A、資料集 B 或資料集 C，甚至是 3 個資料集平均結果，本研究所提出的軟體維護工作量分群預估樹，都能明顯低於迴歸、類神經網路、分類與迴歸樹之軟體維護工作量預估模式。由於平均相對誤差值越低則代表軟體維護工作量預估結果精確度越高。因此藉由此圖可以更明顯看出，分群預估樹在軟體維護工作量預估模式，相較之下在平均相對誤差評估指標上是優於其他模式。

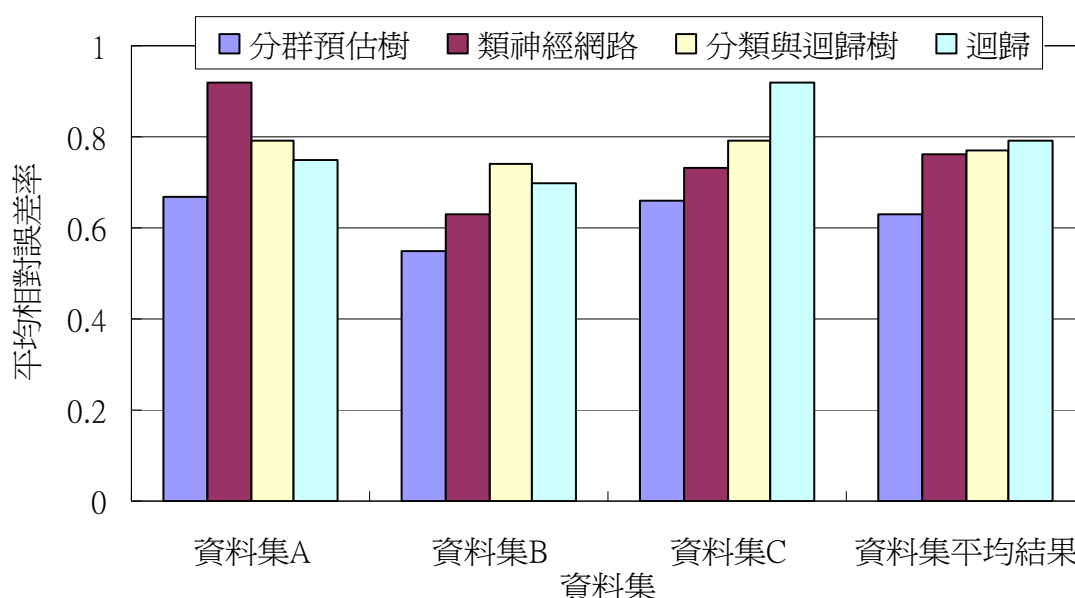


圖 5 平均相對誤差率直方圖

針對軟體維護工作量評估等級的  $PRED(0.25)$  評估指標方面，值越大則代表軟體維護工作量預估模式越精準。由表 4 可看出軟體維護工作量分群預估樹在資料集 A、資料集 B 與資料集 C，在評估等級的  $PRED(0.25)$  指標中，訓練結果分別為 0.55、0.56 與 0.57。整體上 3 個資料集平均結果與類神經網路相同，在各個模式當中呈現出最佳的 0.56 數值。關於軟體維護工作量測試結果方面，分群預估樹在資料集 A、資料集 B 與資料集 C 分別為 0.61、0.52 與 0.45。在 3 個資料集平均結果的  $PRED(0.25)$  評估指標也高達 0.53，為各個軟體維護工作量模式中表現為最好。其結果高於第二名的分類與迴歸樹的 0.41。

表 4 評估等級  $PRED(0.25)$  的結果

階段	預估模式	評估等級 $PRED(0.25)$			
		資料集 A	資料集 B	資料集 C	資料集平均結果
訓練	分群預估樹	0.55	0.56	0.57	0.56
	類神經網路	0.55	0.55	0.57	0.56
	分類與迴歸樹	0.35	0.62	0.56	0.51

	迴歸	0.50	0.39	0.41	0.43
測試	分群預估樹	0.61	0.52	0.45	0.53
	類神經網路	0.31	0.40	0.43	0.38
	分類與迴歸樹	0.35	0.46	0.42	0.41
	迴歸	0.25	0.27	0.25	0.26

圖 6 為針對軟體維護工作量評估等級的  $PRED(0.25)$  評估指標所繪製的直方圖。藉由圖可以明顯看出，本研究所提出的分群預估樹之軟體維護工作量預估模式，不管是在資料集 A、資料集 B、資料集 C 或是 3 個資料集之平均結果，都能明顯高於迴歸、類神經網路、分類與迴歸樹之軟體維護工作量預估模式。由於軟體維護工作量評估等級的  $PRED(0.25)$  值越高則代表預估結果精確度越高。此圖的結果代表軟體維護工作量之分群預估樹模式，針對評估等級的  $PRED(0.25)$  評估指標上呈現出為較好的軟體維護工作量預估模式。

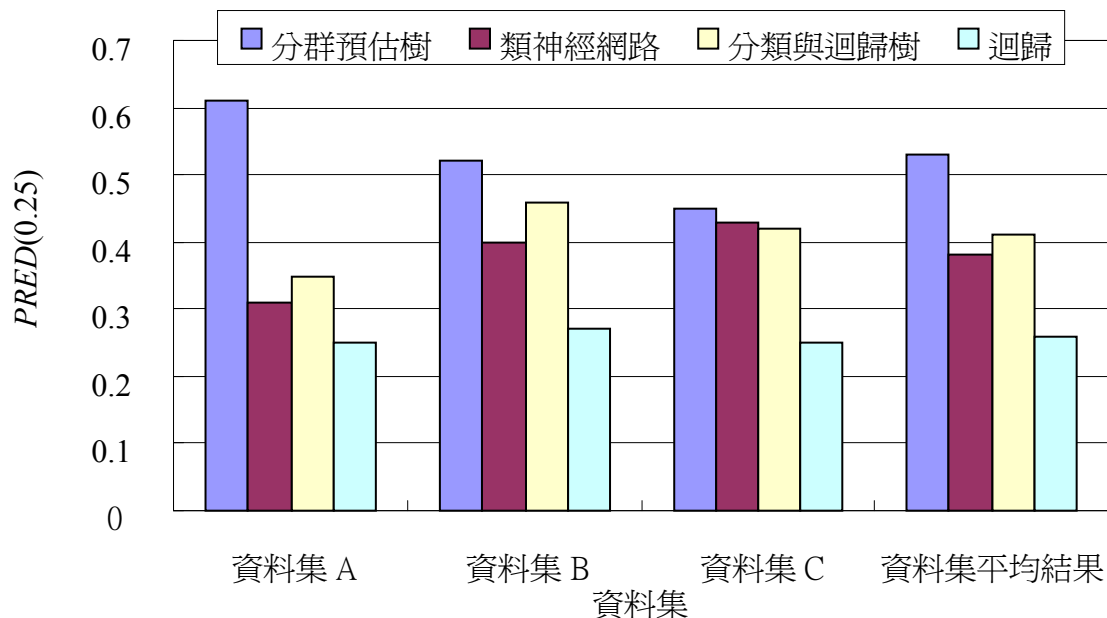


圖 6 評估等級  $PRED(0.25)$  的直方圖

## 肆、結論

以一個專家經驗為基礎的軟體維護工作量預估模式，在軟體工程的領域中是一個最被採用的方法。但是由於這種方法過於主觀，導致軟體維護工作量預估所得到的值往往差異過大。而開發一個可靠度高和高準確度的軟體維護工作量預估模式，一直是一個嚴峻的挑戰。如無法精確的預估軟體維護工作量，其中最大的傷害就是整個軟體專案計畫的失敗，造成公司重大的損失。為此本研究提出一個新的軟體維護工作量預估方法，採用粒子群最佳化技術建構出分群預估樹，藉由此方法以提高軟體維護工作量預估的效能，進而能夠準確的進行軟體維護工作量的預估。

本研究實驗採用國內實際的軟體維護工作量之歷史資料來進行模式驗證。並且透過三疊交叉驗證分析法進行實驗，以防止軟體維護工作量資料可能會因為資料分布不均造成實驗出來的結果不客觀結果。此外採用軟體維護工作量預估之正確率、平均相對誤差率與評估等級的 *PRED(0.25)* 三個評估指標，來進行評估與比較不同的軟體維護工作量預估模式之優劣。經由實驗之三疊交叉驗證分析法結果發現，整體上在三個評估指標的表現上，所提出的分群預估樹的軟體維護工作量預估模式，都能夠優於迴歸、類神經網路及分類與迴歸樹三個常被使用的軟體維護工作量預估模式。結果呈現出所提出的分群預估樹之軟體維護工作量預估模式是可行的。運了用粒子群最佳化找尋最佳分群中心點，建構出一個分群預估樹能夠提供較佳的軟體維護工作量預估結果。

然而在軟體維護工作量預估這個領域中，其中一個挑戰就是可用的軟體維護工作量歷史資料少。因為大多數的公司並不願意多投入成本在收集軟體維護工作量歷史資料。這也造成在開發軟體維護工作量預估模式的過程中是一個極大的困擾。也因為這個原因，使得本研究在收集到的實際軟體維護工作量資料之下，所提出的軟體維護工作量預估模式，可以提供一個有精確度與效能的軟體維護工作量預估模式變得非常重要。未來的研究可以讓所提出的方法能應用於軟體開發成本的估算，或者是軟體品質的分類。使分群預估模式能夠在不同資料集與不同應用問題之下，都能夠建構出最佳的預估模式。

## 參考文獻

- [1] 林信惠、黃明祥、王文良(2002)。軟體專案管理。智勝文化。
- [2] 洪祺焜(2006)。應用 WebML 設計一個線上軟體專案維護工作量。逢甲大學學資訊管理研究碩士論文。
- [3] 張祚佳(2005)。應用模擬退火法於軟體維護工作量預估之研究。台灣科技大學資訊管理研究所碩士論文。
- [4] 張鴻林(2001)。動態軟體維護工作量估算模式之研究。台灣科技大學資訊管理研究所碩士論文。
- [5] 鄭宇修(2002)。模糊類神經網路軟體維護工作量預估模式。台灣科技大學資訊管理研究所碩士論文。
- [6] Boehm, B.W. (1981). *Software Engineering Economics*. Englewood Cliff, NJ: Prentice-Hall.
- [7] Chiu, N.H. (2009). An Early Software Quality Classification Based on Improved Grey Relational Classifier. *Expert Systems with Applications*, 36, 10727-10734.
- [8] Chiu, N.H. and Huang, S.J. (2007). The Adjusted Analogy-Based Software Effort Estimation Based on Similarity Distances. *The Journal of Systems and Software*, 80, 628-640.
- [9] Elish, M.O. (2009). Improved Estimation of Software Project Effort using Multiple Additive Regression Trees. *Expert Systems with Applications*, 36, 10774-10778.
- [10] Eberhart, R.C. and Shi, Y. (1998). Comparison Between Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization. *Lecture Notes in Computer Science*, 611-616.
- [11] Jeffery, R., Ruhe M. and Wiczorek, I. (2001). Using Public Domain Metrics to Estimate Software Development Effort. *Proceedings Metrics '01*, London, 16-27.
- [12] Kennedy, J. and Eberhart, R.C. (1995). Particle Swarm Optimization. *Proceeding of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks*, 5, 1942-1948.
- [13] Koch, S. and Mitlöhner, J. (2009). Software Project Effort Estimation with Voting Rules. *Decision Support Systems*, 46, 895-901.
- [14] Kuo, R.J., Chao, C.M. and Chiu, Y.T. (2009). Application of Particle Swarm Optimization to Association Rule Mining. *Applied Soft Computing*. in press.
- [15] Lefley, M. and Shepperd, M.J. (2003). Using Genetic Programming to Improve Software Effort Estimation Based on General Data Sets. *Proceedings of GECCO 2003*, Springer-Verlag, 2477-2487.
- [16] Mair, C., Shepperd, M. and Jorgensen, M. (2005). An Analysis of Data Sets Used to Train and Validate Cost Prediction Systems. *Proceedings of the International Conference on Software Engineering*, 1-6.
- [17] Mizuno, O., Shigematsu, E., Takagi, Y. and Kikuno, T. (2002). On Estimating Testing Effort Needed to Assure Field Quality in Software Development. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Software Reliability Engineering*, 139-146.

- [18] Park, H. and Baek, S. (2008). An Empirical Validation of a Neural Network Model for Software Effort Estimation. *Expert Systems with Applications*, 35, 929-937.
- [19] Pendharkar, P.C. (2010). Probabilistic Estimation of Software Size and Effort. *Expert Systems with Applications*, 37, 4435-4440.
- [20] Peng, W. and Yao, L. (2009). An Approach of Software Quality Prediction Based on Relationship Analysis and Prediction Model. *International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing*, 713-717.
- [21] Petry, F.E. and Zhao, L. (2009). Data Mining by Attribute Generalization with Fuzzy Hierarchies in Fuzzy Databases. *Fuzzy Sets and Systems*, 160, 2206-2223.
- [22] Shepperd, M. and Cartwright, M. (2005). A Replication of the Use of Regression Towards the Mean (R2M) as an Adjustment to Effort Estimation Models. *11<sup>th</sup> IEEE International Software Metrics Symposium*, 10, 28-38.
- [23] Sheta, A., Rine, D. and Ayesh, A. (2008). Development of Software Effort and Schedule Estimation Models Using Soft Computing Techniques. *Congress on Evolutionary Computation*, 1283-1289.
- [24] Sommerville. (1995). *Software Engineering* (4nd ed). Addison Wesley.
- [25] Srinivasan, K. and Fisher, D. (1995). Machine Learning Approaches to Estimating Software Development Effort. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 21(2), 126-137.
- [26] Wiczorek, I. and Ruhe, M. (2002). How Valuable is Company-specific Data Compared to Multi-company Data for Software Cost Estimation?. *Proceedings Metrics '02*, Ottawa, June, 237-246.



# 競爭型連鎖商店之最佳化選址模式

## Location Selection Optimization Model for the Competitive Chain of Retail Stores

楊至中<sup>1</sup>

Chih-Chung Yang

清雲科技大學

企業管理系

兼任講師

chih-chung@cyu.edu.tw

祝國忠<sup>2</sup>

Kuo-Chung Chu

國立台北護理學院

資訊管理系

副教授

林文晟<sup>3</sup>

Wen-Cheng Lin

清雲科技大學企業管理系暨

經營管理研究所

助理教授

### 摘 要

本研究以企業的立場，考量中心(Center)問題與中位(Medium)問題，以「最遠最小」、「加權和為最小」之原則，探討競爭模式環境中連鎖商店之選址。在兼顧成本、時間、距離等因素條件下，求得連鎖商店最佳的設點位置，達成市場佔有率最大之目標。我們將選址問題描述成數學最佳化模式，在考慮競合關係限制之情況下，求市場佔有率最大，利用拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)來求解。並考慮在競爭環境下競爭者之市場潛力，分析競爭者之商店數目、設置地點和其發展方向，做為市場佔有率之衡量指標，以利找尋市場佔有率最大之店址，做為設新設點之店址，解決競爭環境下，設立新商店之問題，並使連鎖商店總市場佔有率最佳化。研究結果可輔助連鎖商店評估店址決策方案，並可作為預測新設商店的潛在獲利能力及市場佔有率之參考。研究結果顯示競爭型連鎖商店之選址，確實可利用本研究之啟發式演算法，有效率地求出最佳化之選址模式以利參考之用。

**關鍵詞：**拉氏鬆弛法、店址決策、市場佔有率

## Abstract

The optimal number of retail stores and location problems become the most important issues in current competitive environment. In this research, we try to solve the above problems using Center and Medium problems. First, we first calculate number of retail stores in the selected county based on marketing potential. Then, using the method of Lagrangean Relaxation method searches the possible locations. The selected possible store locations shall fit in actual environmental constraints considering potential market, analysis store numbers of competition and development way. Finally, we will develop a model to compute the market share within the possible locations. The objective in this stage is to find the maximal market share. The empirical results can generate a priority list for all selected possible locations and confirmed the locations with high priority.

**Keywords** : Lagrangean Relaxation, Location Selection, Market Shares

## 壹、緒 論

由於工商業發展快速之結果，使得產業結構發生改變，朝向大型化、多元化、連鎖經營、國際化、無店舖經營、資訊化的方向前進。可以預見未來必定會透過開發連鎖店的方式積極展店，搶攻行銷市場、擴大採購規模、降低經營與進貨的成本，所以連鎖店經營是目前商業發展的主流。連鎖商店因其本身內部經營型態（加盟連鎖）加上其獨到的目光，使得其得以選擇最能吸引消費者的店址，並透過內部的宣傳策略，如廣告的配合、空間的設計等，在消費者心目中建立起獨特的企業形象，因此買氣及人氣總是不斷的在連鎖商店匯集，不僅讓連鎖商店成為通路業的代表，也帶動了附近的商圈發展。

由於產業轉型，服務業大幅成長，在這種趨勢影響下，使得商業發展呈倍數增加，導致超過規模經濟，獲利程度也相對減少，然而要能健全發展一個良好的經營體系，首先應評估出適當的開店數目及尋找良好的設點地點，並且適切評估商圈範圍，瞭解競爭店的影響力與競爭力。擁有一定店數與適當的設點店址的連鎖商店系統，將會架構出一個最佳運作的組織模式。連鎖商店家數不斷的增加，相互競爭的結果淘汰了許多不良店，產生失敗店的重要因素是地點選擇失敗。研究調查指出經營成功的連鎖商店，其所需要的條件很多，不過商圈好壞的影響力，可說首當其衝，因為地點的好壞直接影響商店營運成功率達 60%，研究商業立地條件指出：「如何能抓住消費者，掌握良好的商圈發展，成了當務之急，將來可能獲致最大利益的所在，就在於地點的選擇。」「成功的立地選擇，對於一家商店經營的成敗，具有相當的影響力，尤其是連鎖店的營運，由於各分店均位於不同的立地環境，因此適切的選擇開店地點，是開店創業成功的首要工作。」

目前有關連鎖商店店址選擇之文獻，大都由商店之消費金額為應變項，而選取相關之立地條件為自變項進行迴歸分析，遴選足以解釋連鎖商店消費額之主要立地條件。但 Bahl(1983)、Diaby *et al.*(1992)、Galvao and ReVelle(1996)、Tempelmeier and Derstroff(1996) 及 Süral *et al.*(2009)等學者提出拉氏鬆弛法(Lagrangean Relaxation)可解決迴歸分析法的古典受到研究者所使用的關係模式的影響，當使用不同的關係模式時，即使是同樣的資料，也會得到不一樣的結果，再加上拉氏鬆弛法在研究問題條件多且考慮因素複雜時可快速收斂並獲得最佳解。所以本研究嘗試應用拉氏鬆弛法於連鎖商店店址選擇最佳化之分析，遴選連鎖商店立地位置與市場競爭力的因素，進一步瞭解連鎖商店店址條件，並建立數學模型，解釋立地條件與商圈競爭力，此即本研究之主要動機。再者，目前連鎖商店集中於同一街廓中，在競爭激烈的態勢下，依然存在於市場中；反之，一些街廓中僅存在一家連鎖商店，卻面臨倒閉的窘況。因此，當總公司在選擇設立分店時，除了要考慮法令規定、總公司限制外，設立店址的選擇亦是相當重要的因素。

在市場自由競爭已然形成的情況下，傳統商店單憑單打獨鬥所賺取的收入已逐漸縮小，因此必須開發新的促銷方式，或採取策略聯盟以增加競爭優勢。再加上國人的消費習慣的改變，及都市新興區域發展，造就許多新連鎖商店的設立。而新連鎖商店的設立，除了考慮區域性的條件，也必須納入立地條件作為考量的重要決策。而何者為區域條件及立地條件，亦為本研究之主要動機與目的。

有鑑於此，故本研究之目的是建立啟發式演算法，透過拉氏鬆弛法(Lagrangean Relaxation)數學模式求解過程，考量其立地條件、企業體質、競合關係、商圈環境等，

以達到市場佔有率最大的目標，進一步來討論與競爭者之互動態勢。爲了使連鎖商店之設置決策能有較全面性的瞭解，故本研究擬達成下列之研究目的：

1. 透過拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)，求解連鎖商店最佳化模式，並考量其立地優勢、商圈競爭力，以達到市場佔有率最大的目標。
2. 本研究擬應用拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)來建立啓發式演算法，納入商圈優勢與立地條件，來討論與競爭者之互動態勢。
3. 針對不同的立地優勢及商圈吸引力，利用啓發式演算法來重複測試，以瞭解主要的關鍵影響要素，明確界定市場中成功的連鎖商店店址選擇所應該具備之條件。

本研究首先說明研究動機與目的，第二節探討區位選擇因素、店址選址模式之探討及拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)之理論基礎等相關文獻；第三節爲研究設計；第四節爲實驗分析與管理意義；最後結論與建議，將針對本研究之議題提出結論及貢獻。

## 貳、文獻探討

本節首先探討店址選擇考量因素，接著爲店址選擇模式相關文獻的介紹。

### 一、店址選擇考量因素

連鎖商店之所以受到各業界的重視，在於它是一國未來在國際市場上商業競爭的最佳標竿。事實上，連鎖商店對一區域未來的發展，也將扮演著決定性的角色，因爲以現代化管理與一元化服務，結合週邊及上下游產業，連鎖商店產業的投資與發展，可進一步來刺激市場的消費與推動商圈的活躍。

由於連鎖商店店址的選擇，乃是長期的且不容任意變更的決策，一旦選定某個地點設立店面，若再變更決策則往往損失巨額固定投資成本，所以事前精確的評估極爲重要。連鎖商店實務專家李孟熹(1995；1998)認爲：「成功的立地選擇，對於一家商店經營的成敗，具有舉足輕重的影響。」是故，適切的選擇開店地點，乃是開店創業成功的首要工作。如何評估及選擇合適的連鎖商店開店位置，一直是國內、外學術研究者及實務業者關心的課題。Craig *et al.*(1984)、Goodchild (1984) 與林聖欽(1991)等研究者即指出：「店址選擇的決策，乃是長期且不易更改的固定投資，由於店址選擇錯誤所造成的後果，往往難以其他方法加以彌補。」易言之，店址決策之優劣，幾乎足以影響商店營運之成敗。李奇勳(1995)、紀勝財等人(1997)、Tobin *et al.* (1995) 與 Marianov *et al.* (1999) 等的報告亦指出：「店址選擇是一項相當重要且繁瑣的工作，但它卻是連鎖商店體系的首要投資決策。良好的店址可促使顧客易於接近，吸引消費者購買，進而提高營業績效。」張景銘(2008)指出連鎖便利商店店址因素與營業額的高低有密切關係，調查分析結果顯示，兩者呈高度正相關。」因此，最初的店址選擇決策正確與否，具有關鍵性的影響。由此可知，連鎖商店營運管理決策，首重商店位址選擇。在國外文獻部份則有：Demirel *et al.* (2010) 以模糊積分爲基礎之整合口語化資訊(Choquet Integral)進行多準則之便利商店倉儲地址的評選，實證結果發現以口語化資訊所建構的多準則便利商店倉儲地址評選有利於進行物流公司在模糊環境下之評選；Khouja *et al.* (2010) 則以顧客導向爲基礎進行便利商店通路選擇之研究，實證結果發現將顧客群區分成大中小三類後，則各有不同的通路選擇結果；在顧客群大型時，決策者在評選便利商店通路時應以直營店爲考量；顧客群爲中型時，便利商店的通路宜採委託加盟；若顧客群爲小型時，則便利商店

的通路選擇宜採特許加盟，乃由於顧客群小型時，租金成本增加將侵蝕便利商店的經營成本，故特許加盟乃自備土地可省去通路的成本。

關於店址決策評估技術，可大致分類如下：經驗法則、檢核表法、類比推估、數學規劃、統計分析、電腦模型等。關於連鎖商店店址選擇所考量的原則及因素，國內外研究頗為豐碩，茲加以彙整於表 1。

表 1 店址評估原則及因素相關研究彙整

相關文獻	研究主題	原則/因素
Lewison & Delozier(1989)	地點評估原則	攔截原則、累積吸引力原則、相容原則 商店擁擠原則、近便性原則
Jones & Simmons(1993)	零售業店址之店址的因素	基地環境包括週邊土地使用的考量、消費者特性與社經背景及競爭因素、基地本身包括立地條件及經營管理因素
Berman & Evans(1995)	店址主要考量因素	人口的規模、特性勞工的取得、供貨來源的接近性、法規、促銷、經濟基礎、競爭情形、商店有無店址
詹宏霖(2003)	運用網路分析程序(ANP)選擇台灣電子化便利商店連鎖企業通路型態之研究	競合關係、基地性質、可及性'交通動線、固定成本、人口特質、可見度、經營管理
王品惠(2007)	利用田口損失函數及層級分析法於便利商店店址選擇之研究	消費者運動距離、馬路寬度、立地點、流動人潮、天然及人工障礙物、月平均收入、公共場所
張景銘(2008)	以品質機能展開法探討連鎖便利商店的服務品質—以統一超商為例	商圈的大小、消費水準、店前之人潮、商圈內便利商店數、最近競爭商店距離、鄰近是否有平價中心、店面是否位於公共場、店前之車流量、附近店面面積、附近人口是否呈正成長、馬路寬度、店面是否在三角窗位置、店面的寬度、店面是否位於商店街上或辦公大樓旁
Demirel et al. (2010)	使用口語化模糊積分法進行便利商店倉儲位址評選之研究	成本因素、勞動者特徵、基礎建設、市場佔有率、總體經濟環境
Khouja et al. (2010)	以零售業顧客導向之便利商店通路選擇之研究	顧客特徵、加盟方式、顧客成長、市場店有率、總體經濟變數

從連鎖商店業發展的過程中，我們可看出立地條件之選取，扮演了極重要的角色，因為店址選擇關係著商業經營的成敗、土地利用效率的優劣，良好的店址選擇足以吸引

消費者，並增加業者的收益，且可以彌補其它經營條件的不足，因此店址選擇的問題是非常重要的。屬工商服務業在設立其分店時，更應該重視店址的選擇，一個良好的店址可以造就無數的商機。

依商業活動的特性有其著重的店址選擇因素，如將商業活動因素分為以下八類來評量，分別為：競合關係、基地性質、可及性、交通動線、固定成本、人口特質、可見性、經營管理因素；並有所相對應之所需店址因素，依商業活動特性的不同，所著重的店址因素也各異，如此就可更準確的區分出各商業活動特性與各店址因素之間的影響關係。本研究再進一步依陳春益與郭振峰(1994)、葉純榮(1996)、紀勝財等人(1997)、Compo *et al.*, (2000)與 Demirel *et al.* (2010)歸納出三大功能：轉運功能、陳列功能、銷售功能，轉運功能著重於交通動線的規劃與建築物距離的遠近；陳列功能則重視商品的擺設、購物動線、商店本身的吸引力與不可抗拒因素及各類成本之間的取捨和調和；銷售功能則須考慮同性質商店、競爭對手、消費市場及競爭優勢。詳細各商業活動特性與各店址因素間之關係，如下表 2 所示。

表 2 零售業所需之店址因素

商業活動特性	所需之店址因素
競合關係	·商圈內同性質的商店 ·商圈內同性質且為競爭對手之商店 ·商圈內大型設施家數
基地性質	·營業面積 ·可能擴充店面坪數 ·土地使用分區 ·周圍環境是否便於裝貨、卸貨
可及性	·與大型設施之距離 ·店址與公車、客運、火車站之距離 ·與角地（三角窗）之距離
交通動線	·道路寬度 ·公車客運路線數
固定成本	·店面租金 ·裝潢費用 ·總銷售額（因變數）
人口特質	·人口總數 ·人口密度 ·人口成長 ·消費者年齡 ·平均消費額度
可見性	·商品陳列種類 ·基地可見性 ·店內購物動線
經營管理因素	·是否為直營店 ·專職比例 ·營業時間

## 二、店址選擇模式之探討

過去在空間、時間的限制之下，人類為了達成交易行為，必須到達特定地點，進行面對面，人與人的相互溝通，為了使交易成本能夠最小化，都市逐漸形成，都市正是人口、資訊、交易行為、公司行號集中的場所。店址選擇的特性，從古典經濟學者屠能的「農業區位理論」，韋伯的「工業區位理論」開始，其命題中心以成本為考量因素，同時更是把人類活動匯集於同一區域，其後又與市場需求、原料、勞工等生產因素結合，產生了設址上的偏好。其後以行為研究為主的店址選擇，說明設址受限於資訊及自身條

件能力；企業地理研究說明設址因素受大型企業組織的影響；而結構主義學派則是以馬克斯的概念，運用歷史及社會的脈絡去解釋店址選擇的行為(孔繁志，1993；謝慧娟，1994；謝武昌，1997；Demirel *et al.*, 2010；Khouja *et al.*, 2010；Taaffe *et al.* 2010)。

近十多年來連鎖商店的快速發展，其店址現象以古典經濟論點的靜態店址選擇無法適當解釋，必須應用動態的模型去因應連鎖商店其所具備的創新特質與快速成長的特性，因而產生區位決定論、產品週期理論、長期循環理論、生產結構組織理論等等之應用。不論是古典經濟下的區位選擇，或是連鎖商店特殊的區位條件，在各個階段影響區位決定的因素都不盡相同。Bahl(1983)、Klincewicz and Luss (1986)、Diaby *et al.*(1992)、Tempelmeier and Derstroff(1996)、Süral *et al.*(2009) Taaffe *et al.* (2010)等學者提出拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)可解決迴歸分析法的古典受到研究者所使用的關係模式的影響，當使用不同的關係模式時,即使是同樣的資料，也會得到不一樣的結果，再加上拉氏鬆弛法在研究問題條件多且考慮因素複雜時可快速收斂並獲得最佳解。

對投資者而言，市場分析非常重要。因為市場分析對於判斷投資時機、決定產品銷售路線、形式、以及評估同類商品間的競爭力，具有極高的「參謀作業」價值。投資者尤其應特別注意，如果缺乏準確的市場調查工作，就只能從「嘗試錯誤」中摸索，靠運氣決定成敗，甚至讓其他競爭者先搶佔市場先機。由於對於計劃成果具有決定性的評估功能，也更突顯了市場分析的重要性。故本研究之目的是建立啓發式演算法，透過拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)數學模式求解過程，考量其立地條件、企業體質、競合關係、商圈環境等，以達到市場佔有率最大的目標，進一步來討論與競爭者之互動態勢。

## 參、問題定義

店址選擇是在預計設置商店前，首先應該思考的問題，並且需衡量其企業本身情形，並考量外在實際需求和競爭者情況下，將設店的位置做最適當的決策，才能使整個組織可以擁有一定程度的彈性與機動性。故有鑑於此本研究將以企業的立場，探討在競爭模式環境中，去估算設置商店的家數，然後再選擇適當設點位置，使得成本、時間、距離等因素能夠最佳化，以達到市場佔有率最大的目標。

首先描述問題，本研究是考慮競爭環境中設置連鎖商店的位置，其中所謂競爭商店指在一定距離內和候選商站經營有影響的同性質商店，我們把這種競爭態勢轉換為消費者分配表示法，試圖估算出此區域消費者人數與可能的消費金額。城市中的消費者除了自發性的進行消費讓商店獲得基本利潤之外，本研究另考慮商店為主的誘發性消費，例如：商圈大小、促銷活動、廣告效果等，可能誘發消費者進行消費，讓商店獲得超額利潤。

### 一、位置影響模式

以範例解釋而言， $i_1$ 、 $i_2$  和  $i_3$  為城市所在位置，每個城市都具有自己的消費水準，各城市對應的消費水準以  $e_1$ 、 $e_2$  和  $e_3$  表示， $j_1$  為候選商店所在位置， $k_2$  為競爭者商店所在位置，所以我們可以算出候選商店到各城市的距離為  $d_{11}$ 、 $d_{21}$  和  $d_{31}$  表示，競爭者商店到各城市的距離為  $d_{12}$ 、 $d_{22}$  和  $d_{32}$  表示，商店的吸引消費者的影響力會隨著距離增加而減弱，所以另定距離反比的變數  $w_{11}$ 、 $w_{21}$ 、 $w_{31}$ 、 $w_{12}$ 、 $w_{22}$  和  $w_{32}$  表示商店的影響力，如圖 1 所示。

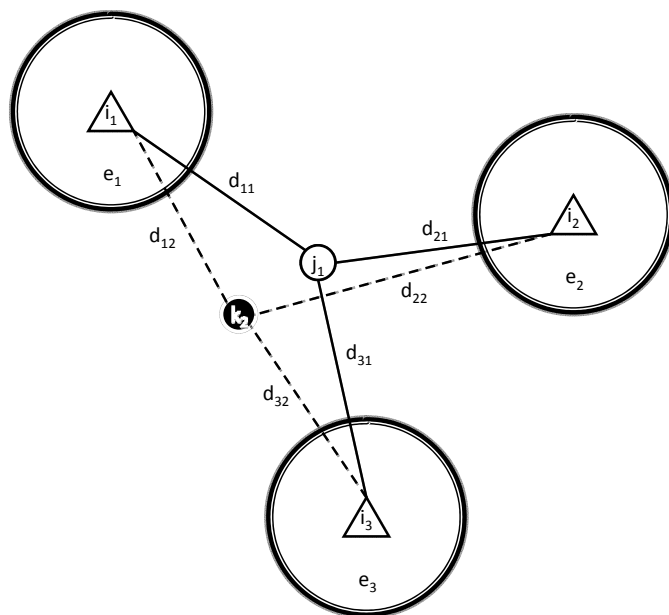


圖 1 距離與消費水準示意圖

## 二、消費分配模式

依據圖 1 的範例而言，我們利用城市的消費水準、位置與距離就可以決定影響力的模式，近一步加入人數的估算可以決定各商店消費的消費者人數與金額，接下來將以此模式解釋估計分配消費者人數， $s_1$ 、 $s_2$  和  $s_3$  為各城市人口總數，所以我們可以算出分配至候選商店的消費人數為  $s_{11}$ 、 $s_{21}$  和  $s_{31}$  表示，分配至競爭者商店到各城市的消費人數為  $s_{12}$ 、 $s_{22}$  和  $s_{32}$  表示，當然每一個城市的總消費人口數要等於分配至各商店消費者人數之加總，藉此模式我們可以順利的將消費人數分配至各商店，並進行合理的估算，如圖 2 所示。

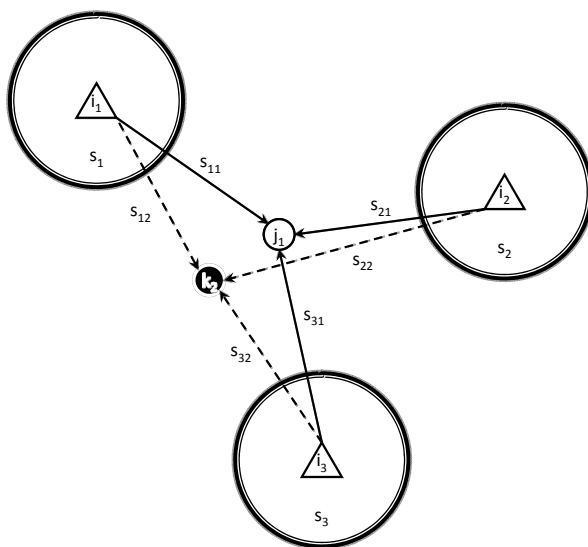


圖 2 分配城市消費人數示意圖



### 三、商圈需求模式

這裡需要注意的是分配的消費人數分為自發性消費和誘發性消費，所以單純考慮消費水準與距離因素是無法較實際掌握消費者的人數，因為這種模式大都僅考慮城市人數分配的概念，無法反應消費者端的需求，也沒有考量商店的實際情況與環境。故本研究另考量商店模式之誘發性的消費需求，因為商店常使用手法增加其銷售量，例如：商圈大小、廣告效果、促銷方案都會影響到銷售數量，我們把這些影響效果的總量歸究於商圈的大小的效果，商圈大於規模經濟將具有超額利潤，且讓消費者也比較願意來逛街消費。所以我們單看一個商店為例，候選商店  $j_1$  的商圈規模以  $p_1$  表示，如果商圈規模  $p_1$  夠具有驅力則以  $p_1=1$  表示，以圖例虛線圓圈所示，城市  $i_2$  因為在商圈影響範圍之內，所以具有自發性消費  $c_2$  和誘發性消費  $t_2$ ，城市  $i_1$  和  $i_3$  因為在商圈影響範圍之外，所以僅有自發性消費  $c_1$  和  $c_3$ ，反之，不具驅力則以  $p_1=0$  表示，以圖例實線圓圈所示，城市  $i_1$ 、 $i_2$  和  $i_3$  均在商圈影響範圍之外，所以僅有自發性消費  $c_1$ 、 $c_2$  和  $c_3$ ，如圖 3 所示。

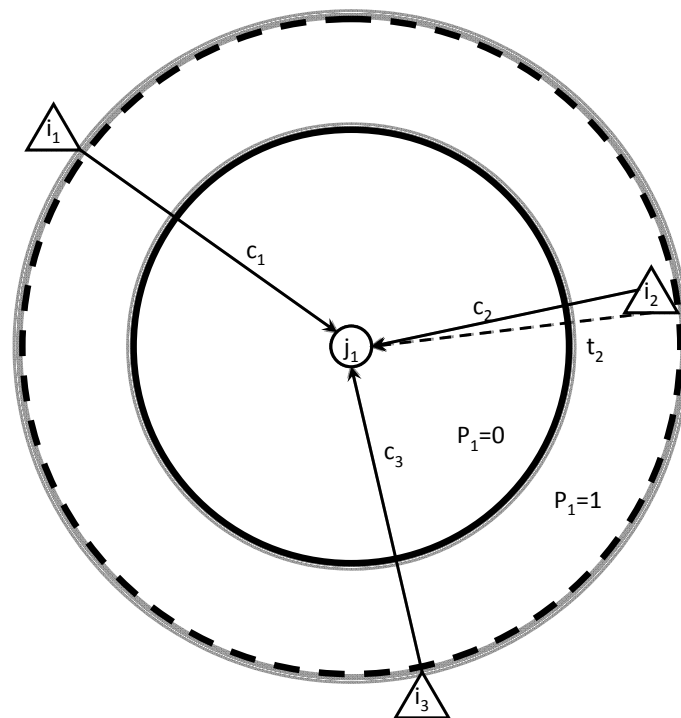


圖 3 自發需求與誘發需求示意圖

傳統的店址決策大都根據經營者知識及經驗法則加以判斷，由於缺乏客觀且可靠的評估標準及方法，決策的風險相對的較高。本研究建議採用拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)，建立可靠的決策分析程序及模型，以評選最佳店址選擇方案。首先介紹數學模型，接著第二部份為解題程序。

### 肆、數學模型與解題程序

本研究依據上述模式概念建立數學模型求解，然而過人的行銷策略和多元的供需管

道有時會主宰選擇的決策，所以本研究假設廠商之間會採行常用的跟隨策略，來讓企業能夠節省大量的營銷費用，則所有候選商店及競爭商店都採用同樣的廣告及促銷情況，以巨觀的角度來凸顯企業整體未來發展與投資效益成長趨勢，本節以均衡概念來合理推測投資選址組合，以下為數學模型與解題程序。

## 一、數學模型

符號介紹：

$i$ ：設  $i$  變數為決策範圍中第  $i$  個城市

$j$ ：設  $j$  變數為決策範圍中第  $j$  個候選點商店設置位置點

$k$ ：設  $k$  變數為決策範圍中第  $k$  個競爭者商店所在位置點

$S_{ij}$ ：設  $S_{ij}$  變數為第  $i$  個城市到候選點商店  $j$  的消費者人數

$S_{ik}$ ：設  $S_{ik}$  變數為第  $i$  個城市到競爭者商店  $k$  的消費者人數

$S_i$ ：設  $S_i$  變數為第  $i$  個城市的總人口數

$e_i$ ：設  $e_i$  變數為第  $i$  個城市每人平均消費水準

$d_{ij}$ ：設  $d_{ij}$  變數為第  $i$  個城市到候選點商店  $j$  之距離

$d_{ik}$ ：設  $d_{ik}$  變數為第  $i$  個城市到競爭者商店  $k$  之距離

$w_{ij}$ ：設  $w_{ij}$  變數為第  $i$  個城市到候選商店  $j$  之距離反比

$w_{ik}$ ：設  $w_{ik}$  變數為第  $i$  個城市到競爭者商店  $k$  之距離反比

$c_i$ ：設  $c_i$  變數為第  $i$  個城市的自發性需求

$t_i$ ：設  $t_i$  變數為第  $i$  個城市的誘發性需求

$v_j$ ：設  $v_j$  變數為設置候選點商店  $j$  所需成本

$p_j$ ：設  $p_j$  變數為決定商圈規模是否夠大，足以引來驅力(True / False)

決策變數：

$x_j$ ：設  $x_j$  為決策變數，以使得目標式 Max 化，表決定是否實際設置候選點商店  $j$  之位置(True / False)

目標式：

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i x_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} t_i e_i p_j - \sum_{j \in J} v_j x_j \quad \text{利潤最大(佔有率最大)} \\ & = \text{Minimize} \sum_{j \in J} v_j x_j - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i x_j - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} t_i e_i p_j \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i x_j \quad \text{城市 } i \text{ 對候選點商店 } j \text{ 的自發需求(基本利潤)} \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} t_i e_i p_j \quad \text{候選點商店 } j \text{ 吸引城市 } i \text{ 的誘發需求(超額利潤)} \\ & \sum_{j \in J} v_j x_j \quad \text{候選點商店 } j \text{ 之設置所需成本} \end{aligned}$$

限制式:

$$w_{ik} = \frac{1}{d_{ik}} \tag{1}$$

$$w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \tag{2}$$

$$s_{ik} = \frac{w_{ik}}{\sum_{j \in J} w_{ij} + \sum_{k \in K} w_{ik}} s_i \tag{3}$$

$$s_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sum_{j \in J} w_{ij} + \sum_{k \in K} w_{ik}} s_i x_j \tag{4}$$

$$\sum_{k \in K} s_{ik} + \sum_{j \in J} s_{ij} x_j = s_i \tag{5}$$

$$\sum_{k \in K} w_{ik} + \sum_{j \in J} w_{ij} x_j = 1 \tag{6}$$

$$c_i + t_i = 1 \tag{7}$$

$$\sum_{j \in J} v_j < \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i \tag{8}$$

$$x_j \geq p_j \tag{9}$$

$$c_i \in [0,1], i \in I \tag{10}$$

$$t_i \in [0,1], i \in I \tag{11}$$

$$x_j \in \{0,1\}, j \in J \tag{12}$$

$$p_j \in \{0,1\}, j \in J \tag{13}$$

目標方程式是求利潤最大，亦佔有率最大。計算出自發性利潤和誘發性利潤，再減去固定成本，即是利潤最大的目標式。

限制式(1)是城市  $i$  到競爭者商店  $k$  之距離反比；限制式(2)是城市  $i$  到候選商店  $j$  之距離反比。利用「加權和為最小」的觀念，把原本距離和最小的觀念轉化成以人口來做表達，距離城市近的商店所分配之消費人口數相對比較多，最後商店總消費人數和最多也就相當於「加權和為最小」的觀念。

限制式(3)是將城市總人口數按比例分配至各競爭者商店；限制式(4)則是將城市總人口數按比例分配至各設置點商店。某個城市  $i$  分配至商店的消費人口依據距離的反比，意謂消費者進行消費時在乎商店距離的遠近，將選擇離自己較近的店家消費。

限制式(5)為限制商店消費總人數恆等於城市總人口數。假設消費者會持續就近在同一家店消費，所以在同一個城市出來的消費者總人數會等於人口總數。

限制式(6)是城市到商店的距離反比總和等於 1，以便分配比例。

限制式(7)是表示城市的自發性需求和誘發性需求總和為 100%，也就是相加和等於 1，本研究初步設定自發性與誘發性需求其比例為 1:1 之關係。

限制式(8)表成本要小於基本利潤才有設置商店的需要。基本利潤在於維持商店的必要成本，當基本利潤不足以維持商店成本時會使商店虧本，以致於沒有設置該商店的必要，因為無法設置該商店後進而提昇獲利。

限制式(9)決定實際設置候選商店才有可能有商圈範圍。商圈是出現於商店確定設立之後才會有的效益，所以當商店確定設立之後再行考量商圈規模是否足以引來驅力。

限制式(10)是表城市  $i$  的自發性需求為 0%~100%；

限制式(11)是表城市  $i$  的誘發性需求為 0%~100%。

限制式(12)決定是否實際設置候選商店  $j$  之位置。

限制式(13)表決定商圈規模是否多大，足以引來驅力。

## 二、拉氏鬆弛法

Lagrangean Relaxation(Fisher, 1981; Geoffrion, 1974; Held *et al.*, 1974; Goodchild, 1984; Galvao, and ReVelle, 1996)在運用上，可以去解決有關線性、整數問題、組合最佳化和非線性問題，本研究採用 Lagrangean Relaxation 其解題方式，來達成動態的最佳化模式，而它的優點分列如下：

(1)可以應用 Lagrangean Relaxation 去分解模型成不同部分(子問題)

(2)在分解中，Lagrangean Relaxation 可以處理各個獨立的子問題，用已知的理論或方法去解決這些子問題。

(3)Lagrangean Relaxation 允許我們可以多次的修改最佳化目標函式的界限值，而為了快速產生令人滿意的數值，會有些不必要的結果隨之產生，所以會使用 bound 界限其最佳化解，bound 是指從這些最佳解(在目標函式中的值)中，多少範圍內的解是可行的、可用的。如 Lagrangean Relaxation 提供了 bound 比其他方法更能有效解決其線性程式的問題。

(4)我們可以用 Lagrangean Relaxation 方法去設計啟發式演算法模型，來解決或處理其複雜的最佳化組合問題與整數問題。

大部份的店址選擇演算法都是先假設資訊充分且已知的情況下進行資料分析，其實假設資訊已知的條件有時是並不適用的，且還應該要去配合決策者能正確決定其最適的設置數目與設置地點，此時決策者必須要是理性的，不然決策出的資訊將不能符合實際情況。如此一來，有時候資訊已知的狀況就並不完全適用了，所以我們利用 Lagrangean Relaxation 的啓發式演算法，不但能求出最適店址選擇的結果(設置地點、設置數目)，並能彈性且動態的做調整，以符合大環境的即時變化，使得此啓發式演算法的適用性大幅提升，排除掉一些不必要的限制條件，相信本研究能以更客觀且實際的角度，來分析探討其店址選擇之相關議題。

本研究利用 Lagrangean Relaxation 發展出來一套啓發式演算法，經由啓發式演算法可以求出最適的店址選擇結果。Lagrangean Relaxation 求最佳解的步驟：首先，要已知店址選擇準則與其相關的條件限制，並利用 Lagrangean Relaxation 的最佳化步驟，確立目標式與限制式，設定所有變數的初值及計數器歸零後，再拆解子問題並找出子問題最佳化解，代入主問題檢查是否符合限制式或有無違反限制式，調整上下限與拉式乘數，逐步求出最適的店址選擇狀態，找出最適店址選擇的結果。

爲了求得店址選擇的最佳解，我們採用 Lagrangean Relaxation 和次梯度調整的方法，使其產生上限及下限，並藉由次梯度的調整產生主要的原問題之解。在整個解題的過程中，先代入所需要的資訊於子問題中，在依其符合該子問題之限制式求出其子問題最佳解再代入原問題，檢查是否符合限制式或有無違反限制式，經由上下限的調整找尋出最佳解。

### 三、解題程序

Lagrangean Relaxation 求最佳解的程序如下：爲了求得店址選擇的最佳解，在整個解題的過程中，要先已知店址選擇準則與其相關的條件限制，並利用 Lagrangean Relaxation 的最佳化步驟，確立目標式與限制式，設定所有變數的初值及計數器歸零後，再拆解出數個子問題，代入所需要的資訊參數於子問題中，找出子問題最佳化解，並須符合該子問題之限制式，求出其子問題最佳解後，再代入主問題，檢查是否符合限制式或有無違反限制式，調整上下限與拉式乘數，經由上下限的調整找尋出最佳解。上下限產生方式採用 Lagrangean Relaxation 和次梯度調整的方法，使其產生上限及下限，並藉由次梯度的調整產生主要的原問題之解。逐步求出最適的店址選擇狀態，找出最適店址選擇的結果。

我們放寬限制式(4)，產生一個 Lagrangean relaxation problem (LR)，使得解空間的限制得以放寬一些，以便更快速且方便的找尋到最佳解，使得啓發式演算法更有效率。之後，依決策變數爲準則來求出決策變數及其最佳解，再代入主問題，檢查是否符合或違反限制式，以便決定最大佔有率之結果。LR 列示如下：

目標式：

$$\begin{aligned}
 &= \text{Minimize} \sum_{j \in J} v_j x_j - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i x_j - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} t_i e_i p_j \quad (\text{LR}) \\
 &+ \sum_{j \in J} \mu_j^1 (s_{ij} \sum_{j \in J} w_{ij} + s_{ij} \sum_{k \in K} w_{ik} - w_{ij} s_i x_j) \\
 &= \text{Minimize} \left( \sum_{j \in J} v_j - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i - \sum_{j \in J} \mu_j^1 w_{ij} s_i \right) x_j - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} t_i e_i p_j \\
 &+ \sum_{j \in J} \mu_j^1 s_{ij} \sum_{j \in J} w_{ij} + \sum_{j \in J} \mu_j^1 s_{ij} \sum_{k \in K} w_{ik}
 \end{aligned}$$

限制式：

$$w_{ik} = \frac{1}{d_{ik}} \quad (1)$$

$$w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (2)$$

$$s_{ik} = \frac{w_{ik}}{\sum_{j \in J} w_{ij} + \sum_{k \in K} w_{ik}} s_i \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} s_{ik} + \sum_{j \in J} s_{ij} x_j = s_i \quad (5)$$

$$\sum_{k \in K} w_{ik} + \sum_{j \in J} w_{ij} x_j = 1 \quad (6)$$

$$c_i + t_i = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} v_j < \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} s_{ij} c_i e_i \quad (8)$$

$$x_j \geq p_j \quad (9)$$

$$c_i \in [0,1], i \in I \quad (10)$$

$$t_i \in [0,1], i \in I \quad (11)$$

$$x_j \in \{0,1\}, j \in J \quad (12)$$

$$p_j \in \{0,1\}, j \in J \quad (13)$$

使用 Lagrangean relaxation 方法，我們能夠放寬主要目標問題的限制，轉換成 Lagrangean relaxation problem (LR)，因此故意忽略限制式(4)而產生 Lagrangean relaxation problem (LR)求其最佳解。使得求出來的解能夠放寬，更容易的找尋到最佳解，並將其解代入主問題，利用上下限、拉式乘數和次梯度調整的方法來做調整，最後檢查是否符

合或違反限制式，以求得目標式的最佳解，找出最佳的店址選擇模式。

## 伍、實驗分析

爲了顯示本論文的適用性，本研究利用 C 程式語言，用亂數模擬出數個不同的樣本，用啓發式演算法來做測試，爲了廣泛的符合本論文之適用性，範例取出城市、候選商店與競爭者商店各 20 個樣本，地點位置由亂數來決定，發現依不同的情況有著不同的決策結果，其間都有明顯的差異，能夠充分表現出其最佳化模式的優越之處。

選取城市、候選商店與競爭者商店各 20 個樣本，利用亂數模擬出地點位置、城市的平均消費水準及人口，利用近便性的觀念透過啓發式演算法把這些消費額合理分配給各候選點商店與競爭者商店，進而求得連鎖商店店址選擇最佳化模式，求出實際設置商店數目、總成本及總利潤做交叉分析。

根據研究數據可知，競爭商店的數目對我們的市場佔有率不利，愈多的競爭者將使得市場分割更嚴重，使得我方較無利可圖；廣設候選商店對我們的市場佔有率是有正向的幫助，但應該考慮到市場飽和的問題，過與不及對整個企業的投資策略將是一大負擔，失敗的投資策略更有可能導致企業一落千丈。候選商店與競爭商店關係表，如下表 4 所示。

表 4 候選商店與競爭商店關係表

競爭者商店	候選商店	實際設置商店	總成本	總利潤	選取比率
5	5	5	1450572	205386050	100%
5	10	9	1925321	293329761	90%
5	15	13	2635517	409534988	87%
5	20	15	2979766	424193223	75%
10	5	5	1441523	189955142	100%
10	10	7	1520362	276637270	70%
10	15	12	2596634	340484921	80%
10	20	13	2662499	377865191	65%
15	5	4	1273244	179726478	80%
15	10	5	1485708	237058885	50%
15	15	7	1556056	272471452	47%
15	20	8	1702706	282661566	40%
20	5	3	1057454	152445102	60%
20	10	4	1254366	161671205	40%
20	15	5	1468276	180159337	33%
20	20	6	1444837	205184409	30%

依據表 4 的數據將競爭者商店、候選商店和總利潤分列於二維座標上，可清楚看出依競爭商店之影響可以繪出一條遞減的曲線，代表市場愈多競爭商店時將使我方佔有率減少，反之，依候選商店之影響可以繪出一條遞增的曲線，代表市場愈多候選商店時將能搶下較多的佔有率。考慮市場的競爭態勢與飽和度，其曲線將趨之於平緩而穩定，其

最佳的競合狀態就油然而生，可作為決策者評估市場之參考。

競爭者商店持續增加時，候選商店的數目也應有所不同，且所決策出來的最佳化模式當然也會隨著環境而各異。X 軸代表競爭商店家數，Y 軸表示最佳決策對應之總利潤，括號內則表示實際應該設置商店之數目，其曲線則反應出競爭商店家數不斷增加時，總利潤和實際設置家數之影響。候選商店與競爭商店關係圖，如下圖 4 所示：

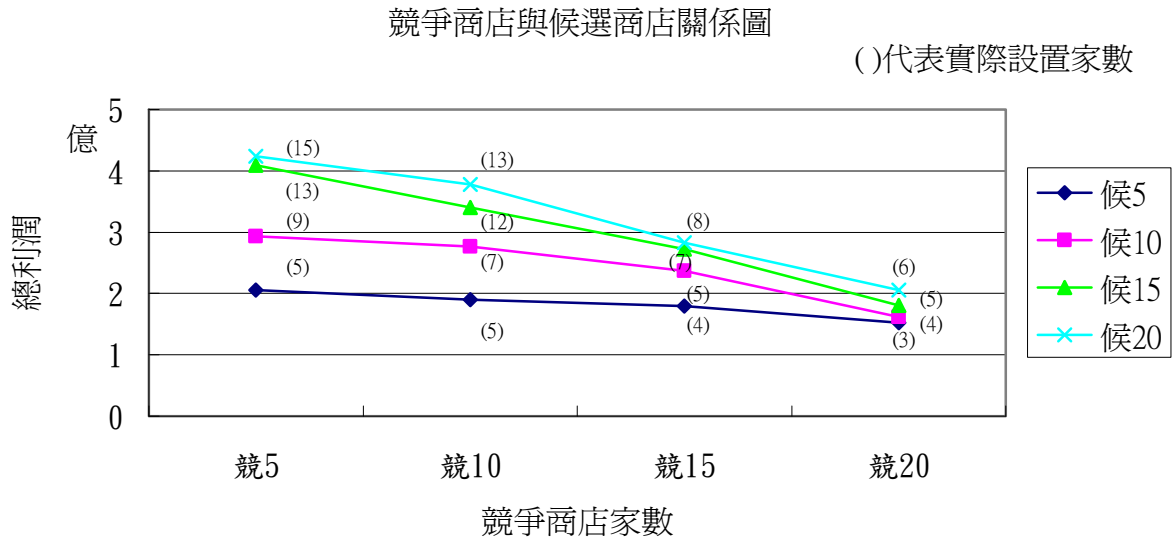


圖 4 競爭商店與候選商店關係圖

研究結果指出，競爭商店與城市之間的距離愈近表示其對城市的影響力相對比較大，對我們的市場佔有率不利，反之競爭商店與城市之間的距離愈遠，則表示其對城市的影響力相對比較小，對我們的市場佔有率有利。候選商店與城市之間的距離愈近表示其對城市的影響力相對比較大，對我們的市場佔有率有利，反之候選商店與城市之間的距離愈遠，則表示其對城市的影響力相對比較小，對我們的市場佔有率不利。

## 陸、結論與建議

### 一、結論

我們應用拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)試著去解決店址選擇的問題時，針對拉氏鬆弛法(Lagrangian Relaxation)的目標函式作子問題的拆解，而此拉式模型的確能對店址選擇的問題提供可行的解決方法。本研究試著模擬決策支援系統如何處理此店址選擇的問題，此系統能在時間限制下快速求得最佳結果，當資料量龐大或經常變動時，更能凸顯其效益，用以解決複雜性的問題可以事半功倍，本研究之店址選擇啟發式演算法具有下列的優缺點：

1. 可以解決當競爭對手會隨時變動的情況下，該如何選取最適當的店址，保持競爭優勢並使成本使用率最小，來達成整體最佳化的狀況。
2. 在有限的時間下能快速求得最佳化結果，並能有效率的解決問題，即時提供正確的決策以利參考之用。



3. 本研究的主要貢獻在於研究如何在競爭的環境中找尋較佳的設置地點，並隨著競爭環境的改變而互動，能即時掌握住最佳的決策。
4. 對吸引力的計算方式本研究是以顧客購買力及距離近便性觀念來衡量，尚有些缺失，故未來可進一步的將商店吸引力做修正，加入一些商品價格、顧客偏好、行銷策略...等相關因素，相信能夠使此模型更趨於完善。
5. 本研究之自發性與誘發性需求初步設定其比例為 1:1 之關係，但其比例應該要依實際環境狀況而變動，本研究後續將使用各式組合做交叉分析，再對照實際情況找出最佳解，以符合實際彈性之需要。

當企業在作店址選擇時，應考慮其如何彈性的作店址的選擇，以減低所產生的設置成本，才能讓企業的經營更有效率。而從此結果發現，只要當市場飽和到一定的程度後，其增設連鎖商店的效益和需求會逐漸的降低。在未來研究中因為本研究著重的是競爭型連鎖商店的店址選擇，實際上，對許多企業而言，這一假設並不完全的成立，因此，未來的研究如能考慮擴大其適用性，研究出更適合整個商業環境所能使用的機制，則將會使此模型更趨於完備。

## 二、管理意涵

由實驗數據可知，競爭者商店至城市之距離、候選商店至城市之距離、競爭者商店加入地點和位置、候選商店加入所需成本、候選商店加入所得利潤、城市人口數、城市平均消費水準...等考量因素，都會影響到其店址選擇的決策，所以決策並不是取決於單一因素的影響，每個影響因素都有可能造成其決策的變動。

但因本研究著重於競合關係，所以把距離當成和對手競爭的主要因素，其它當然還有很多的因素影響競合關係，但都不容易量化，所以本研究採用近便性的觀念來簡化其複雜度，其模型也充分反應出候選商店與城市之間的距離愈近代表我們的佔有率會增加，競爭商店與城市之間的距離愈近則表示我方的佔有率將減少，因此就距離而言，選擇服務範圍最大、距離最短且遠離競爭者的候選點，是較適合做為立地位置的地點。

依研究發現商圈市場具有飽和的特性，其開設的商店的個數、利潤有著向下遞減的趨勢，隨著商店的不斷增加時，就應該考慮是否繼續跟進設置，或是改採用其它的行銷策略，如價格競爭、策略聯盟、促銷方案...等，或許更能夠有效率的增加其佔有率。此發現表示設置連鎖商店固然可以增加營業額和佔有率，但還是要考慮到邊際效益遞減的危機，過度的增設連鎖店反而可能會有弄巧成拙的疑慮，造成總公司的負擔，以致於不能達到整體的最佳效益，唯有充分考慮兩者的競合關係、競爭優勢，再考量本身企業的體質，做出最好的決策，才是真正有效率的最佳化模式。

過去文獻中較少探討商店相互競爭的影響，而在這環境激烈的時代，需具高度的危機意識，才不至被後來進攻的商店所強奪市場，造成適者生存，不適者淘汰的悲慘結局，而本研究特別探討在競爭環境下的店址選擇問題，利用市場佔有率作決策的目標函數，在空間座標中尋找市場佔有率值較高的位置。然而空間上點座標位置數目是十分龐大，若對每一個點座標作搜尋的動作，將會耗費相當大的時間，故本研究提出可以節省搜尋時間的方法，使得搜尋設店的動作會在可設店區域內執行，這樣可以不需浪費時間在不可能設店區域做搜尋的動作，故本研究的貢獻在於研究如何在競爭的環境中找尋較佳的地點。

連鎖商店店址選擇最佳化模式決策支援系統，能夠有效率地求出最佳的經營模式，

但也只是輔助決策者做更有效率的決策，但其決策權還是依然落在企業領導人的手中，要如何有效率的決策出最具競爭力的市場可行性策略，將是要考驗決策者的經驗與經營能力。在現在連鎖商店趨於市場飽和的狀況中，店址選擇將是日後連鎖商店首要的評估指標，更有可能成爲決定企業成敗的關鍵。

## 參考文獻

- [1] 孔繁志(1993)。台灣地區新興工業空間發展模式之研究。成功大學都市計畫研究所碩士論文。
- [2] 王品惠(2007)。利用田口損失函數及層級分析法於便利商店店址選擇之研究。大葉大學工業工程研究所碩士論文。
- [3] 李奇勳(1995)。苗栗市連鎖便利商店商圈之評估與店址的選擇。聯合學報，13，159-174。
- [4] 李孟熹(1995)。連鎖開業、加盟實戰技術。台北市：群泰企業管理公司叢書。
- [5] 李孟熹(1998)。連鎖店管理—實務操演手冊。台北市：科技圖書股份有限公司。
- [6] 林聖欽(1991)。台北地區麥當勞速食業區位條件分析。地理教育，17，82-104。
- [7] 紀勝財，郭人介，高順興(1997)。便利商店店址決策模糊分析層級程序法之建立。工業工程學會 86 年會論文集，239-244。
- [8] 張景銘(2008)。以品質機能展開法探討連鎖便利商店的服務品質—以統一超商為例。大葉大學事業經營研究所碩士論文。
- [9] 郭崑謨(1995)。台灣連鎖零售消費行為及行銷策略之探討。台灣銀行季刊，46(2)，26-66。
- [10] 陳春益，郭振峰(1994)。建立物流中心區位模式之研究。運輸計劃季刊，23(3)，305-326。
- [11] 葉純榮(1996)。服飾零售業店址區位選擇之研究-以連鎖型服飾公司 GIORDANO 為例。逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
- [12] 詹宏霖(2003)。運用網路分析程序(ANP)選擇台灣電子化便利商店連鎖企業通路型態之研究。大葉大學工業工程研究所碩士論文。
- [13] 黎漢林等著(2001)。供應鏈管理與決策—最佳化方法之運用。儒林圖書有限公司。
- [14] 謝明昌(1995)。台灣地區大資本連鎖商店空間擴散之研究。文化大學地學研究所地理組碩士論文。
- [15] 謝武昌(1997)。臺灣地區積體電路產業空間分佈及其區位因素之研究。中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文。
- [16] 謝慧娟(1994)。台灣地區資訊工業間分佈特性之研究。台灣大學建築與城鄉研究所碩士論文。
- [17] Bahl, H. C. (1983). Column generation based heuristic algorithm for multi-item scheduling, *AIIE Transactions*, 15(2), 136-141.
- [18] Berman, B. & Evans, J. R. (1995). *Retail Management-A Strategic Approach*, Sixth Ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [19] Compo, K. et al. (2000). Impact of location factors on the attractiveness and optimal space shares of product categories, *International Journal of Research in Marketing*, 17, 255-279.
- [20] Craig, C. S., Ghosh, A. & McLafferty, S. (1984). Models of the retail location process: A review. *Journal of Retailing*, 60(1), 5-36.
- [21] Demirel, T., Demirel, N. C. & Kahraman, C. (2010). Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral, *Expert Systems with Applications*, 37, 3943 - 3952.

- [22] Diaby et al. (1992). Capacitated lot sizing and scheduling by Lagrangean relaxation, *European Journal of Operational Research*, 59, 444–458.
- [23] Fisher, M. L. (1981). The Lagrangian relaxation method for solving integer programming problems, *Management Science*, 27, 1-18.
- [24] Galvao, R. D. & ReVelle, C. (1996). A Lagrangean heuristic for the maximal covering location problem, *European Journal of Operational Research*, 88, 114-123.
- [25] Geoffrion, A. M. (1974). Lagrangean relaxation and its use in integer programming, *Math. Programming Study*, 2, 82-114.
- [26] Goodchild, M. F. (1984). ILACS: a Location Allocation Model for Retail Site Selection, *Journal of Retailing*, 60, 84-100.
- [27] Held, M., Wolfe, P. & Crowder, H. D. (1974). Validation of sub-gradient optimization, *Math. Programming*, 6, 62-88.
- [28] Jones, K. and Simmons, J., (1993). Location, Location, Location-Analyzing the Retail Environment, Scarborough, Ontario: Nelson Canada.
- [29] Khouja, M., Park, S. & Cai, G. (2010). Channel Selection and Pricing in the Presence of Retail-Captive Consumers, *International Journal of Production Economics*, doi:10.1016/j.ijpe.2010.01.005.
- [30] Klineciewicz, J. G., & Luss, H. (1986). A Lagrangian Relaxation Algorithm for Capacitated Facility Location with Single-Source Constraints, *Journal of Operational Research*, 86, 495-500.
- [31] Lewison, D. M. & Delozier, M. W. (1989). Retailing Management. Columbus, OH: Merrill Publishing Company.
- [32] Marianov, V. Serra, D. & ReVelle, C. (1999). Location of hubs in a competitive environment, *European Journal of Operational Research*, 114, 363-371.
- [33] Süral, H., Denizel, M., & Van Wassenhove, L. N. (2009). Lagrangean relaxation based heuristics for lot sizing with setup times, *European Journal of Operational Research*, 194(1), 51-63
- [34] Taaffe K., Geunes, J. & Romeijn H. E. (2010). Supply capacity acquisition and allocation with uncertain customer demands, *European Journal of Operational Research*, 204, 263 – 273.
- [35] Tempelmeier, H. & Derstroff, M. (1996). A Lagrangean-based heuristic for dynamic multilevel multi-item constrained lot sizing with setup times, *Management Science*, 42(5), 738–757.
- [36] Tobin, R.L., Miller, T. & Friesz, T. L. (1995). Incorporating competitors' reactions in facility location decisions: A market equilibrium approach, *Location Science*, 3(4), 239-253.

## 元詞隱逸思想初探

### A Preliminary Investigation on the Thought about Reclusion of Ci in the Yuan Dynasty

趙桂芬

Kuei-Feng Chao

台南科技大學通識教育中心

副教授

esther2001tw@yahoo.com.tw

### 摘 要

仕與隱的觀念一直支配著中國古代文人對於生命形態的抉擇，尤其是身處世異時變的元代文人，在求仕無門、干祿無階的困境下，普遍充斥一股消極避世的隱逸思想，反映出時代的情緒與文人的精神狀態，因而成為元詞中一項重要的主題。尤其元詞因其獨特的政治、地理、文化的背景，不自覺地浸染著濃厚的時代色彩，是以詞在元代，並不僅止於抒情寫志而已，而是詞人在社會裂變下，尋求生命的安頓與心靈寄託的一個出口。故本文擬以元詞中的隱逸思想為主題，探討世異時變之下，元代詞人的心理意識與生命情調。

**關鍵詞：**元代、詞、隱逸思想、生命情調

## Abstract

The concepts of serving the government and reclusion had always dominated the choice of lifestyles of the ancient literati in China, especially the literati who lived in a chaotic era. When facing the difficulties in serving the government and the failure of pursuing official position and fortune, a passive thought about reclusion generally flooded among literati, which reflected the atmosphere of time and the spiritual state of literati. Therefore, it became an important topic of object-chanting Ci. The Ci in the Yuan Dynasty particularly expressed strong color of time unconsciously due to its unique political, geographical, and cultural background. As a result, the Ci in the Yuan Dynasty was not only “an expression of the feeling and the will” but an outlet for writers to seek for the settlement of life and spiritual sustenance under the transformation of society. The purpose of this study is to investigate the mental consciousness and sentiment of life of writers of the Ci in the Yuan Dynasty in the chaotic time based on the topic of thought about reclusion of the Ci in the Yuan Dynasty.

**Keywords :** Yuan Dynasty, Ci, Thought about reclusion, Sentiment of life

## 壹、前言

蒙古鐵騎崛興於大漠草原，以其強大的武力征服中原，立國之初即特意漠視漢族文化，貶抑文人儒士，因而使得元代文人儒士在當時社會政治上的地位、出路與境遇，都面臨極大的困境與挑戰，難以得到應有的尊敬與仕進的機會；即使文人儒士不乏仕進的機會，不過多屈抑下僚，難有出將入相、櫻朱奪紫的地位與實權，致使元代文人儒士，無論或仕或隱，普遍充斥著一股隱逸潛歸的思潮，這種消極避世的隱逸主題，在元詞中的表現是極為普遍和突出的，它實質上反映的是一種時代情緒，一種普遍性的文人精神狀態，這一種「思潮化」的傾向，成為元詞隱逸思想中的一個重要特徵。<sup>1</sup>因此，無論作者是身處山林或是出為顯宦，隱逸之志都是其共同的思想傾向，也都懷有一種相通的「田園情結」。<sup>2</sup>〔元〕盛如梓（生卒年不詳）於《庶齋老學叢談》論曰：

凡居地上者，莫非寄也。寄則非我，知非我，則無所攀戀，故無往而不逍遙嗚呼。寄老於軒冕富貴之間者，危殆傾斂之患日至。寄老於山林泉石而人莫與之爭，可謂知所寄矣，不亦仁且智哉。<sup>3</sup>

盛氏有感於人世虛無，紅塵多紛擾，對人世已無所眷戀，故興不如歸去，選擇棲老山林以避禍全身，可謂明智之舉。傳統儒家思想中「窮則獨善其身，達則兼濟天下」<sup>4</sup>的處世哲學，始終是傳統文人根深柢固的人生理想，元代文人深刻體認到時代的不允許，以致被迫放棄「達」的機會，「隱」自然成為其現實生存的核心價值。此一思想普遍影響元代文人的出處選擇，成為他們心靈的永恆追求與無法抹滅的歷史傷痕。如王惲〈水龍吟〉

<sup>1</sup> 趙維江：《金元詞論稿》（北京：中國社會科學研究院，2002年2月1版），頁40。此一思潮不僅見於詞體文學，亦是同時代興盛勃發的元曲的主流思想，王師忠林於〈元代散曲對社會現實的反映〉一文中，根據隋樹森的統計曰：「《全元散曲》所收二一二位曲家（另有無名氏作品）中，有七十八位曲家有隱逸思想的作品，佔全部曲家的三分之一；而這七十八位曲家（另有無名氏）的作品中，又有四分之一的作品是表現隱逸思想的，由此我們可以知道，在元朝的散曲作家，不管仕宦為官的也好，隱居不仕的也好，大多有一種遠離世俗營求田園生活的思想。」見氏著：《元代散曲論叢》（高雄：復文圖書出版社，1989年8月初版），頁33。又包師根弟分析元詩之特色指出：「元代詩人，無論在朝在野，多愛好山林田園，故詩中多隱居思想。這完全是政治環境所造成。」見氏著：《元詩研究》（臺北：幼獅文化事業公司，1978年1月），頁48-51。

<sup>2</sup> 所謂「田園情結」，源自〔東晉〕陶淵明「不為五斗米折腰」，毅然辭官歸返田園，過著「結廬在人間，而無車馬喧」、「采菊東籬下，悠然見南山」的閒適生活，進而樹立其高潔恬淡、安貧樂道的形象，成為後代文人企慕的隱者風範。後代文人在詩文中大量詠陶、和陶、效陶，成為魏晉以後企慕隱逸者在文學表現上的一種常態。如蘇軾有〈和陶詩〉一百多首，表現其對陶淵明人生觀的認同與自我心境的轉折，其後相繼和陶者更是不計其數。詳參木齋等編著：《中國古代詩人的仕隱情結》（北京：京華出版社，2001年6月1版），頁147-154；陳英姬：《中國士人仕與隱的研究——以陶淵明詩文與蘇東坡和陶詩為主》（國立台灣師範大學國文所碩士論文，1982年），頁117；及劉翔飛：《唐人隱逸風氣及其影響》（國立臺灣大學中文研究所碩士論文，1976年），頁100-101。

<sup>3</sup> 〔元〕盛如梓：《庶齋老學叢談》（臺北：臺灣商務印書館，1983年，《景印文淵閣四庫全書》，第866冊，卷中上，頁534。

<sup>4</sup> 〔漢〕趙歧注，〔宋〕孫奭疏，〔清〕阮元校勘：《孟子注疏·盡心上》（臺北：藝文印書館，1989年1月11版，《十三經注疏》本），卷13上，頁230。

云：「功名些子，就中多少，艱危辛苦。北去南來，風波依舊，行人爭渡。聽滄浪一曲，漁人歌罷，對夕陽暮」<sup>5</sup>，即是對追求功名無望，轉而歸隱漁樵的無奈與慨嘆。

宋詞，被公認是詞體藝術達到登峰造極的「一代文學」<sup>6</sup>。具體而言，宋詞包括北宋詞與南宋詞，北宋政權覆亡於金後（1127），南宋立國於江南一帶（1127-1279），繼續昇歌燕舞的靡醉生活；北方大地則相繼隸屬於兩個非漢族王朝——金朝（1115-1234）與元朝（1260-1368），飽受戰火的蹂躪與摧殘。二者所處地理環境與政治背景截然不同，因而產生不同的風格與特色，以致後人評論宋詞時始終採用二分法，認為二者各有不同之承接系統與影響。而當南宋詞在江南一帶獨領風騷之際，承繼北宋政權的金、元二朝，在某種程度上亦深受北方漢族文化藝術之薰染，詞作為時代紀錄的一種文學體裁，當然不會瘖啞無聲，卻在特殊的時代為喧嘩一時的元曲光芒所掩蓋，以致塵埋歷史谷底。南宋覆滅，天下混一，南北詞壇復合，政治族群的影響、地域風俗的差異、審美趨向的左右、承接系統的不同，在在促使元詞在詞學發展史上扮演一個承繼與新變的重要階段，具有重要的意義與價值，是無法跨越與替代的。<sup>7</sup>換言之，元詞除了在異族政權下延續詞體命脈於不墜，亦為清詞的復興提供了最適宜的範本與借鑑；同時，元詞擺脫對音樂的倚賴，使詞體由應歌之詞的功能向抒情之詩轉化，實現了詞體藝術生命的一次蛻變<sup>8</sup>，此一深具歷史意義的重大轉變，卻始終為文學史家輕忽略過，實為關心詞學發展者宜更深入探究的一個議題。<sup>9</sup>是以本文依據唐圭璋輯編《全金元詞》作為取材範圍，擬以元詞中的隱逸思想為主題，探討世異時變下，元代詞人的心理意識與生命情調。

## 貳、元詞隱逸思想類型

仕與隱的觀念一直支配著中國古代文人對於生命形態的抉擇。古代文人們既關心政治，熱衷仕途而又不得不退出和躲避這樣一種矛盾雙重性<sup>10</sup>，以至於隱逸始終是中國古代文學中一個永恆的主題。詞體藝術在其初創之際，就已有隱者的身影，中唐詞人張志和（730-810）所作〈漁歌子〉可謂隱逸詞的濫觴，從此詞壇上的隱逸之歌便不絕如

<sup>5</sup> 唐圭璋編纂：《全金元詞》下冊，頁 653。以下所引元代詞作皆出自《全金元詞》下冊（北京：中華書局，2000 年 10 月）。為避免注文繁複，一概以括號註明頁數，不再另立註腳。

<sup>6</sup> 王國維：《宋元戲曲史·自序》曰：「一代之文學，楚之騷，漢之賦，六朝之駢語，唐之詩，宋之詞，元之曲，皆所謂一代之文學，而後世莫能繼焉者也。」（臺北：臺灣商務印書館，1994 年 12 月），頁 1。

<sup>7</sup> 陶然：〈“詞衰於元”辨〉曰：「總體而言，元詞是詞體發展過程中一個不可或缺的環節，正是由於元詞，才使得宋詞成為一個自成體系的完整結構。」《金元詞通論》（上海：上海古籍出版社，2001 年 7 月 1 版），頁 101。又張晶主編：《中國古代文學通論·遼金元卷》曰：「詞體於兩宋後又復興於清代，金元是一個關鍵的過渡時期，或曰轉型期——詞體形式上完成了由應歌之詞向抒情之詞的轉變。」（瀋陽：遼寧人民出版社，2005 年 5 月 1 版），頁 83。

<sup>8</sup> 趙維江：《金元詞論稿》，頁 13-16。

<sup>9</sup> 張晶：〈元詞論略〉曰：「元詞當然無法與宋詞對峙抗衡，與清詞相經，又可歎弗如，但並非黃茅白葦，無可觀者。作為由宋詞到清詞的過渡，元詞仍是有相當的研究價值的。宋詞與金詞的餘脈逐漸流於元詞之中，在藝術風貌上也是異彩紛呈的。在詞學研究中，對元詞的探索還是有待於深入的。」原載《光明日報》2001 年 12 月 19 日。收入氏著：《遼金元文學論稿》（北京：北京廣播學院出版社，2004 年 1 月 1 版），頁 382。又趙維江：《金元詞論稿》，頁 13-16。

<sup>10</sup> 李澤厚：《美的歷程》（臺北：蒲公英出版社，1985 年），頁 154。



縷，代有新聲，成爲創作內容的一個重要題材。<sup>11</sup>張志和因此成爲唐宋漁父詞之祖，更是漁父的典型。自是而後，「漁父」成爲隱逸文人的化身，同時亦成爲後代文學、藝術描繪的主要題材之一。<sup>12</sup>元詞亦承此流風餘韻，多借「漁父」形象，寄寓隱逸思歸之志。

元代由於異族入主中原，民族歧視嚴重，文士貶值尤甚，是以士人或因感情隔閡而不欲仕進，或因不得薦舉而無法仕進，或因備受傾軋而不肯合作到底，一時間避世高蹈、隱逸山林之風蔚然形成。<sup>13</sup>這種「不合作」<sup>14</sup>型的隱逸，在當時的元代詞人中極爲普遍，同時亦形成一種以「隱逸」爲時代風尚的價值關懷。謝大寧曾論及「隱」的價值意義說：

隱士之所以爲隱，其本質仍只是追求某種人生超越價值的貞定，捨此便無以名之爲隱，至於隱居之形，不過是成全其人生價值之一手段而已。<sup>15</sup>

由此可知，古代文人之「隱」是成全其人生價值的一種手段，以致中國文學史上「隱」與「仕」二大意識思潮，決定了屈原以降文學的內容與形式。<sup>16</sup>對於身處世變時異的元代詞人而言，心理上歷經改朝換代，江山易主的創傷已深難平撫；復受制於種族群歧視的屈辱與不公平的對待之中，「仕」，則違己交病；「隱」，又屈志難伸。在時命大謬的世代，大多數詞人不得已而選擇遯世無悶的生活態度，逃離世俗以避禍全身，或齋志歸隱縱身山林，因此元詞中普遍充溢著田園情調與山林氣息，並賦予隱逸之作一番新的風貌。元詞中隱逸之志的內容，主要體現於以下三種類型：身在魏闕，心懷湖海；寄跡園林，放情山水；高蹈遊仙，全性葆真等。分述如次：

## 一、身在魏闕，心懷湖海

<sup>11</sup> 趙維江：《金元詞論稿》，頁 38-45。

<sup>12</sup> 黃文吉：〈「漁父」在唐宋詞中的意義〉一文對「漁父」一詞形象的由來、轉變與影響有精闢深入的析論，其指出「漁父」並不是真正捕魚爲生的人，而是詞人看透擾攘塵世，所尋找到的一個心靈歸宿，可惜欠缺現實的透視，未能表現真正漁人的個性和生活風貌。詳參氏著：《黃文吉詞學論集》（臺北：臺灣學生書局，2003 年 11 月初版），頁 89-108；又劉師明宗：〈張志和〈漁歌子〉的逍遙世界〉亦說：「張志和雖說是『文人式的釣徒』，但詞中的描述無非是經過剪裁、取捨、安排、重點強化、事實轉換或改變後所呈現的一種心靈反映，它或非真實生活的反映，但絕對是真實心靈的反映，這種經過剪裁、取捨、重新組合轉變的寫作手法是爲藝術所容許、所強調的，蓋就藝術創作者而言，心靈生活更重於形式生活。」《國教天地》第 123 期（1997 年 9 月），頁 38-44。另據王岩統計，元詞中一共有漁父詞四十二首，他指出：「元代漁父詞歌詠了理想化、文人化的漁父生活，刻劃了一個鮮明生動的漁父形象。」見氏著：〈元代「漁父詞」隱逸思想探析〉，《福建工程學院學報》第 4 卷第 2 期（2006 年 4 月），頁 200。

<sup>13</sup> 鍾振振：〈論金元明清詞〉，《第一屆詞學國際研討會論文集》（臺北：中央研究院中國文哲研究所籌備處出版編輯，1994 年 11 月），頁 275。

<sup>14</sup> 韓兆琦在《中國古代的隱士》一書中，分析古代文人之所以成爲隱士的原因，有以下幾種：一爲政治黑暗或統治者爲異族，對社會現實不滿，不想與統治者合作，這些人所講的是一種氣節。二爲避亂遠害，求身家性命的安全，這些人屬於明哲保身。三爲官場上不如意或看透官場文化，因而退出官場是非之地。四爲生性淡泊，不慕榮利，或是不喜官場的拘束，或是喜愛山水自然，這些人屬於希望自由無拘束的逍遙生活。五爲有才識，想進取功名，但因時機尚未成熟，因而暫時隱忍，以求機緣，大展身手實現志向。六爲想正面求官不得，故改走終南捷徑。按：元代文人歸隱原因，大致屬於第一、二種爲多，也就是屬於「不合作」型，或避世遠禍型的隱逸。（臺北：臺灣商務印書館，1998 年），頁 16-30。

<sup>15</sup> 謝大寧：〈儒隱與道隱〉，《中正大學學報·人文分冊》第 3 卷第 1 期（1992 年 10 月），頁 140。

<sup>16</sup> 李辰冬：《文學新論》（臺北：東大圖書公司，1975 年 8 月），頁 39-45。

「隱」，不僅是一種生活方式，更重要的是一種人生理想和價值追求。中國傳統文化思維中，儒、道思想是建構傳統文人精神的二大支柱，「隱」在二者的價值觀念體系中，佔有極特殊的地位。對儒家思想而言，「仕」或「隱」，依據當下的「窮」或「通」作抉擇<sup>17</sup>；以道家思想而論，主隱反仕，唯求於亂世中保有精神上的獨立自主。<sup>18</sup>因此，圍繞這一終極人生至境，「隱」的具體行為方式則朝向多元化的選擇。居山僻野，體自然真趣，固然是一種「隱」；置身鬧市通衢而能淡泊於功名利祿，又何嘗不是一種「隱」？故陶淵明〈飲酒〉詩云：「結廬在人境，而無車馬喧。問君何能爾，心遠地自偏。」可見能否真「隱」，關鍵在於是否「心遠」，倘能「心遠」，即使人境結廬，亦不妨遊心世外。故白居易〈中隱〉詩云：「大隱住朝市，小隱入丘樊……不如作中隱，隱在留司官。」<sup>19</sup>正說明即使身居廟堂之高，仍不妨心遊江湖之遠，關鍵則在於主體精神的指向。

然而因為元代特殊的政治社會背景，文人雖有入仕為吏為官的機會，但人數不多，其中能受重用者，屈指可數<sup>20</sup>，更遑論位居要津？以致「中隱」成為文人內心一個複雜而又兩難的抉擇。是以元詞中這類身居魏闕，心懷湖海之作，常常以顯、隱二元對立之勢，交錯存於心中。當其身居魏闕之際，心生嚮往湖海之自由與閒適；當其歸隱田園之鄉，卻又心繫廟堂之上。誠如元代初期開國臺臣程文海（字鉅夫，1249-1318）於〈沁園春〉題序所言：「一以退為高，一以進為忠，二者皆是也。」（頁786）以致「要乞閒身」的願望，與「君恩重，卻許令便養，欲去躊躇」的矛盾情懷始終縈迴心頭。終元一世，「仕」或「隱」一直是元代詞人心理最難突破的衝突與掙扎。試看以下幾首詞作：

元初開國功臣劉秉忠（字仲晦，1216-1274），少時懷抱經世之才，因遭逢世亂而披剃為僧，後應忽必烈召入藩邸，意欲拯危當世而毅然入世，卻又因「煙霞痼疾」而無法同流於俗，以致常興「不如歸去」之思。如〈點絳脣·梅〉云：

策杖尋芳，小溪深雪前村路。暗香時度。更在清幽處。一見冰容，便有西湖趣。題新句。句成梅許。折得南枝去。（頁620）

詞人特地杖策雪中尋梅，「暗香」既狀梅格，亦是自況。劉秉忠雖被世祖留置君側，時見倚重，卻無法施展鴻鵠大志，有志難伸之無奈，迫使其常游移於仕與隱之間，內心

<sup>17</sup> 以孔子為代表的儒家，對於文人仕隱出處的主張為「有道則仕，無道則隱」，見於《論語·泰伯第八》記曰：「子曰：『篤信好學，守死善道。危邦不入，亂邦不居。天下有道則見，無道則隱。邦有道，貧且賤焉，恥也；邦無道，富且貴焉，恥也。』」〔魏〕何晏注，〔宋〕邢昺疏，〔清〕阮元校勘：《論語注疏》，《十三經注疏》本，頁72。

<sup>18</sup> 道家重生避世的主張，具體見於《莊子·人間世》記曰：「孔子適楚，楚狂接輿遊其門曰：『鳳兮鳳兮，何如德之衰也！來世不可待，往世不可追也。天下有道，聖人成焉；天下無道，聖人生焉。方今之時，僅免刑焉。福輕乎羽，莫之知載；禍重乎地，莫之知避。已乎已乎！臨人以德。殆乎殆乎！畫地而趨。迷陽迷陽，無傷吾行；郢曲郢曲，無傷吾足。』」引見〔清〕王先謙撰：《莊子集解》（臺北：世界書局，2001年11月），卷4，頁180。

<sup>19</sup> 〔唐〕白居易著，朱金城箋校：《白居易集箋校》（上海：上海古籍出版社，1988年12月1版），卷22，頁490。

<sup>20</sup> 王明蓀於〈元代之政治結構以及士人〉論及，忽必烈即位初年是漢士得勢時期，但為時短暫，受重用的有姚樞、竇默、許衡等正統儒士集團，但隨即因走實用路線的非正統儒生——王文統參與李壇之變受誅殺而削弱勢力。以故受重用者真乃萬中有一，甚或十萬百萬中方有一。見氏著：《元代的士人與政治》（臺北：臺灣學生書局，1992年3月初版），頁68-72。

的矛盾、掙扎與無奈，唯藉尋梅以求得心靈的撫慰，故云：「一見冰容，便有西湖趣」，動興歸棲山林之志。

另一位元初重臣趙孟頫（字子昂，1254-1322），原為宋室皇族，改節事元後，雖「被遇五朝，官居一品，名滿天下」<sup>21</sup>，卻始終懷志不遇，終其一生，不過是元室點綴太平之文學貢臣而已。身為南宋皇室遺族，卻又立身異朝，以致興亡之感與身世之悲在其詞作中，往往表現得比其他宋金遺民更為含蓄而隱晦。以致其始終過著一種「形見」於官場，而「神藏」於詩文及大自然的「吏隱」生活。<sup>22</sup>如〈虞美人·浙江舟中作〉云：

潮生潮落何時了。斷送行人老。消沉萬古意無窮。盡在長空、澹澹鳥飛中。 海門幾點青山小。望極煙波渺。何當駕我以長風。便欲乘桴、浮到日華東。（頁 805）

上片寫舟行大江之上，以潮生潮落起興，感嘆歲月匆逝，人老江湖。繼而轉眼望向澹澹長空，但見群鳥遠逝，不禁引人綿渺之思，因而頓興萬古無窮意緒——千古興亡之感。趙孟頫雖蒙舉薦入朝，位極榮顯，但內疚難消，且時遭人忌。元世祖嘗命其賦詩譏其父執留夢炎（宋室狀元，位至丞相），當時趙孟頫所賦詩，有「往事已非那可說，且將忠直報皇元」<sup>23</sup>之語，由是可見其心迹。因是知，其出仕蒙元雖非己願，亦未嘗不是莊子「時命」觀的一種實踐。如其〈水調歌頭〉所云：「行止豈人力，萬事總由天。燕南越北鞍馬，奔走度流年。」（頁 804）正道出其內心出仕異朝之無奈，其後因感悟久在君側，必為人所忌，遂自請外放，並藉此返鄉探視，曾賦詩云：「空有丹心依魏闕，又攜十口過濟州。閒身卻慕沙頭鷺，飛來飛去百自由。」<sup>24</sup>詩中透露其願效忠直，卻又嚮慕自由的矛盾心情。詞的下片則寫極目遠眺，見煙波渺渺，引發其欲學效孔子「乘桴海上」<sup>25</sup>，極於日華之東，進入玄玄之境，眾妙之門的異想情致。全篇由「潮生潮落」抒發浩然思歸之旨，及幽渺之情，而出之以清雅之詞，可謂「道賢人君子幽約怨悱不能自言之情，低徊要眇，以喻其致。」<sup>26</sup>

至於元中葉的名臣虞集（字伯生，1271-1348），以南人的身份側身廊廟，雖然宦途顯赫，任職奎章閣侍書學士<sup>27</sup>，受命纂修《皇朝經世大典》，並參與議論編修《遼金元史》，備受文宗賞識與信任。然無端捲入兩代四位君主繼位之爭<sup>28</sup>，後雖因順帝之維護得以全身而退，但早已種下其思遠離朝廷紛爭，乞外或歸隱之念，惜皆不獲，因而不免藉由詩詞抒發內心潛歸之志。虞集〈柳梢青·題楊補之梅花〉詞云：

<sup>21</sup> 麼書儀：《元代文人心態》（北京：文化藝術出版社，1993年10月1版），頁203。

<sup>22</sup> 詳參麼書儀：《元代文人心態》，頁222-223；及徐子方：《挑戰與抉擇——元代文人心態史》（石家莊：河北教育出版社，2001年11月1版），頁189-198。

<sup>23</sup> 事見〔明〕宋濂：《元史·趙孟頫傳》（北京：中華書局，2005年4月），卷172，頁4020-4021。

<sup>24</sup> 〔元〕趙孟頫：《松雪齋文集·至元庚辰繇集賢出之濟南暫還吳興賦詩書懷二首》（臺北：臺灣學生書局，1985年2月再版），卷4，頁179。

<sup>25</sup> 〔魏〕何晏注，〔宋〕邢昺疏，〔清〕阮元校勘：《論語注疏·公冶長第五》：「子曰：『道不行，乘桴浮于海，從我者，其由與？』」卷5，頁42。

<sup>26</sup> 〔清〕張惠言：《詞選·序》（臺北：廣文書局，1979年6月再版），頁6。

<sup>27</sup> 詳參姜一涵：《元代奎章閣及奎章人物》（臺北：聯經出版事業公司，1981年5月），頁35-40。

<sup>28</sup> 元順帝元統元年（1333），虞集因「御史有言」，提及其為文宗草詔順帝非明宗子一事，故以疾告老還家。事見〔明〕宋濂：《元史·虞集傳》，卷181，頁4180。

從別幽花。玉堂金馬，十載忘家。橫幅疏枝，如逢舊識，同在天涯。 荒村茅屋  
敲斜。待歸去、重尋釣槎。解卻絲鉤，青鞵藜杖，翠竹江沙。(頁 862)

此詞題序云：「至順癸酉立春，客有持逃禪翁此卷相示，清潤蘊藉，使人意消，因所題柳梢青調，亦賦一首云。」全詞以早春開放的疏梅起興，寫久別重逢的欣喜，雖是舊時相識，卻又各自天涯飄零。「待歸去」道出虞集心中嚮往回歸荒村茅屋，竹杖芒鞋，垂釣江海之趣。

元中後期文人中少數位至顯貴的許有壬（字可用，1286-1364），生於元代盛世，成長經歷於「不清平」之亂世，以致宦海屢生波瀾，前後迭經「六仕六隱」之曲折仕途，在元中後期民族矛盾衝突日益加劇的混亂世代下，位高而疏的許有壬深知，出仕元朝猶如坐繫囹圄，處處受制，加以仕途險惡，空有濟世之材，卻無施展理想的空間，因而興嘆云：「一生白浪紅塵，得歸才見乾坤闊。」（〈水龍吟·己亥中秋用婿韻〉，頁 956）故其早已參透「浮雲春夢，功名富貴」（〈水龍吟·甲申七月二十六日，偕王居仁仲武小酌洄堂〉，頁 966）與「閒方是真」（〈水龍吟·次前韻〉，頁 966）的人生哲理。<sup>29</sup>正是這一種深重的儒家使命意識，與洞澈時勢之不可違逆的衝突感，導致其心中時時浮現「倦鳥心態」<sup>30</sup>，云：

長鈇休彈，瑤琴時鼓，倦鳥誰教強去來。（〈沁園春·次班彥功韻〉，頁 956）  
青天外，斜陽澹澹，倦鳥正飛還。（〈滿庭芳·偕督士安馬明初登荀和叔廣思樓〉，  
頁 971）

以上二句皆表明其厭倦仕途，欲效陶淵明〈歸去來兮辭〉云：「雲無心以出岫，鳥倦飛而知還。」<sup>31</sup>一心嚮往歸耕田園，遠離宦海風波。而這樣微小的心願竟在仕宦四十三年之後，才得一嘗夙願。是以許有壬既知宦海浮沉之不可逃避，只有藉由他人的退藏行止抒發一己之幽怨，如〈沁園春·寄題詹事丞張希孟綽然亭，用王繼學參議韻〉云：

俯仰乾坤，傲睨羲皇，優游快哉。看平湖秋碧，淨隨天去，亂峰煙翠，飛入窗來。  
鴻鵠翱翔，雲霄寥廓，斥鷃蓬蒿莫見猜。門常閉，怕等閒踏破，滿院蒼苔。 人  
間暮省朝臺。奈鳥兔堂堂挽不回。愛小軒月落，夢驚風竹，空江歲晚，詩到寒梅。  
兩鬢清霜，一襟豪氣，舉世相知獨此杯。京華客，問九街何處，堪避風埃。（頁  
955）

題序中的張希孟，即元代知名散曲家張養浩（字希孟，1269-1329）。英宗時，以孝親之名辭官歸養，其後雖多次徵辟，堅辭不復出。退隱家園，築一亭曰「綽然」，蓋取《孟子·公孫丑下》曰：「我無官守，我無言責也，則吾進退，豈不綽綽然有餘裕哉」<sup>32</sup>之意。

<sup>29</sup> 此一思想大致根源於《莊子·逍遙遊》，詳參〔清〕王先謙撰：《莊子集解》，卷 1，頁 5-8。

<sup>30</sup> 此說參考寧曉燕：《許有壬詞研究》（廣州：暨南大學中國古代文學系碩士論文，2006 年 5 月）22-23。寧氏並認為《圭塘樂府》中所表現出的倦鳥心態是許有壬的人生挫折感、幻滅感與疲憊感的折射與反映。

<sup>31</sup> 〔晉〕陶潛著，龔斌校箋：《陶淵明集校箋》（臺北：里仁書局，2007 年 8 月），卷 5，頁 453。

<sup>32</sup> 〔漢〕趙歧注，〔宋〕孫奭疏，〔清〕阮元校勘：《孟子·公孫丑下》，《十三經注疏》本，卷 4 上，頁 76。

詞的上片圍繞綽然亭之名，記述友人歸隱之興與其志趣襟懷相發明，言詞中充滿對友人的稱賞與欣羨之意。下片轉而抒發自己宦海浮沉的苦悶與無奈，對照彼此間不同的生活與心情，自是根觸滿懷。「愛小軒月落，夢驚風竹，空江歲晚，詩到寒梅」四句極寫思鄉憶舊之情，詞句清雅，意象鮮明。最後反詰以「何時逃離宦海風埃？」作結，流露其內心深處企慕歸隱之思。

上述元代諸館臣，在其一生仕宦經歷中，都無可追免地遭遇「仕」與「隱」的外在衝突與內心交戰，一方面基於傳統士族必須肩負捍衛道統的神聖使命，為拯危當世而毅然出仕；另一方面因為異族統治下種種歧視不公，導致時命難遇，仕途多舛，於國無望，於身難安，以致徘徊仕途，流離困頓，最終嘆悟道：「一生白浪紅塵，得歸才見乾坤闊。」彼等出仕為官的心理，實際上隱藏著濃郁的思鄉情懷與潛隱之志。

## 二、寄跡園林，放情山水

元代文人除了處於上述在「仕」與「隱」之間衝突交戰的兩難情況外，大部分的文人迫於無奈與現實，仍然選擇回歸閭里，寄跡於田園，放情於山水。其根本原因仍在於元代文人在現實生活上，並非真的想要絕塵避世；但在精神上，卻又希冀能身在塵世而精神超脫，不棄人間。<sup>33</sup>以至於他們僻靜於園林，為自己構築一個世外桃源，以安放身心，澡溉心志，遠避紅塵紛擾。自是而後，靜念園林好，徜徉泉石，盤桓亭木，便成為文人內心沉積的精神力量所精心構築而外化為「適志」、「自得」的一個自然生活空間。以致歸隱的文人樂此不疲地流連其中，詩酒唱和，相與往還；或居靜賞藝玩物，獨享自然美景與自在適愜的人生；或呼朋引伴，群聚宴飲，登山臨水，放流江中，尋訪桃源仙鄉。如沈禧（字廷錫，生卒年不詳）〈風入松·題城西草屋〉云：

隱君家住郭西閨。清政總堪論。身居塵市心丘壑，四時將、風月平分。座有洪儒談笑，門多長者蹄輪。數椽草屋僅容身。別是一乾坤。小山花木饒佳趣，勢嶄巖、氣壓崑崙。興到自彈綠綺，閒來時倒金樽。（頁 1040）

此詞顯示出沈禧嚮往結廬人境，具有田園之美的幽居處所。詞中記述隱身城郭外的草屋，充滿天然機趣，屋小雖僅容身，卻有乾坤天地之寬闊。園中山花佳美、山石危峻，氣勢足可與崑崙仙境誇勝，興來彈琴，閒時飲酒，悠遊其間，自有丘壑之寬與清雅之興。詞人選擇這種「結廬人境，心遠地偏」的幽居地點，正顯示出其在心境上屬於「在世而離俗」，或「不離世而脫俗」的隱逸型態，以此與世俗有所區別而能超然於物外。<sup>34</sup>

草屋、茅舍在隱者的心目中，如羸服頭亂的佳人，簡淡素樸。而園林則是自然與人工的完美結合，其一方面模擬自然，於方寸之間顯露自然機趣；另一方面，則是以人力美化自然，使得一草一木都顯露出造園者的匠心獨運。是以黑格爾（Georg Wilhelm Friedrich Hegel, 1770-1831）認為，園林藝術是創造一種環境，一種第二自然。<sup>35</sup>它是在有限的空間裡，創造出視覺無盡的、具有高度自然精神境界的環境，是為了補償人們與大自然環境相對隔離而人為地創設的第二自然<sup>36</sup>，具有美的生境、美的畫境和美的意境

<sup>33</sup> 陶然：《金元詞通論》，頁 123。

<sup>34</sup> 龔鵬程：《飲食男女生活美學》（臺：立緒文化事業有限公司，1998 年 9 月），頁 234-235。

<sup>35</sup> [德] 黑格爾著，朱光潛譯：《美學》（北京：商務印書館，1984 年），頁 103。

<sup>36</sup> 周維權：《中國古典園林史》（臺北：明文書局，1991 年），頁 1。

<sup>37</sup>，成爲中國傳統文化中一道美麗的風景。〔元〕李祁字一初，（1299-？）在〈草堂名勝集序〉提及顧阿瑛（字仲英，1310-1369）所築「玉山草堂」，記述文人們寄情園林美景，歡聚宴遊之樂，曰：

仲瑛即所居之地偏，闢地以爲園池，園中爲堂爲舍爲樓爲齋爲舫，敞之而爲軒，結之而爲巢，葺之而爲亭，植以佳木善草，被之芙蕖菱芡鬱焉……而所謂玉山草堂又其勝處也，良辰美景士友群集，四方之來與朝士之能爲文辭者，幾過蘇必之焉，之則歡意濃淡，隨興所之，羅尊俎，陳硯席列坐而賦，分題布韻，無問賓主仙翁釋子亦往往而在歌行，比興長短雜體靡所不有，於是哀而第之以爲集，題之曰《草堂名勝》。<sup>38</sup>

而錢霖（生卒年不詳）亦有一首〈鎖窗寒·題玉山草堂〉記此勝槩，詞云：

書帶生香，忘憂弄色，四窗虛悄。茅茨淨覆，棟宇洗空文藻。捲珠簾，雨痕暮收，綺羅靜隔紅塵島。對紙屏素榻，拂潭烟樹，掃簷風篠。深窈。西園曉。似日照爐峯，數聲啼鳥。瑤蓮倚蓋，曉水靚妝孤裊。浣花溪，尚餘舊春，穠芳賸馥吟未了。望東林，小徑斜通，夢約香山老。（頁1122）

由詞中藻飾麗詞的細膩刻繪，可以想見顧瑛如何精心構建與規劃玉山草堂，由室外築臺樓舍、花木種植、亭蓋蓮池的佈建，到室內窗櫺竹榻、筆硯香爐、珠簾屏風的擺設，無一不精巧細緻，充滿主人的藝術巧思與風雅情趣，不但使賓友盡享歡飲雅集的快樂，同時亦得欣賞自然美景的愉悅，從而興起一股田園隱逸之風，盛行以風雅相尚，帶動藝術文學的發展。<sup>39</sup>

元代文人的歸隱大多數是出於時命不濟的無奈選擇，卻又無法完全割斷與人世的聯繫，無法完全擺脫人世的糾葛，所以他們選擇從矛盾重重、險象環生的人世逃回自己的園林，以避開宦海風浪，享受靜美田園中的自由恬適。如以下二首王惲（字仲謀，1228-1304）〈水調歌頭〉詠園林之美與讌集之樂云：

野飲不稱意，歸促紫遊韉。誰知草堂深處，清賞興尤長。夢裏佳人錦瑟，眼底瓦盆濁酒，衣袖醉淋浪。歌罷竹軒晚，風細月波涼。為東園，梅與竹，足清香。

<sup>37</sup> 孫曉翔：〈生境·畫境·意境〉，收入宗白華等著：《中國園林藝術概觀》（南京：江蘇人民出版社，1987年），頁423。

<sup>38</sup> 〔元〕李祁：《雲陽集》，（臺北：臺灣商務印書館，1973年，《四庫全書珍本》，第1343冊），卷6，頁8。

<sup>39</sup> 〔清〕趙翼著、王樹民校證：《廿二史劄記校證》：「元季士大夫好以文墨相尚，每歲必聯詩社。四方名士畢集，讌饗窮日夜，詩勝者輒有厚贈。……顧仲瑛玉山草堂，楊廉夫、柯九思、倪元震、張伯雨、于彥成諸人嘗寓其家，流連觴詠，聲光映蔽江表。此皆林下之人，揚風扞雅，而聲氣所屆，希風附響者，如恐不及。其他以名園、別墅、書畫、古玩相尚者，更不一而足。如倪元震之清閨閣、楊竹西之不礙雲山樓，花木竹石，圖書彝鼎，擅名江南，至今猶有豔稱之者。獨怪有元之世，文學甚輕，當時有九儒十丐之謠，科舉亦屢興屢廢，宜乎風雅之事棄如弁髦，乃搢紳之徒風流相尚如此。蓋自南宋遺民故老，相與唱嘆於荒江寂寞之濱，流風遺餘，久而弗替，遂成風會，固不繫乎朝廷令甲之輕重也歟？」（北京：中華書局，1984年1月1版），卷30，頁705。

不須更栽桃李，花底駐春光。人道漆園家世，王謝風流未遠，培取桂枝芳。讀書貧亦好，此語試平章。(頁 649)

園林足佳勝，鐘鼓樂時康。去天尺五韋杜，此日漢金張。誰似主人好客，暫趁金華少暇，尊俎共徜徉。三館儘英雋，簪履玉生光。 眺東臺，登北榭，宴南堂。露涼玉簪零亂，竹靜有深香。醉聽新聲金縷，愛仰東山雅量，清賞興何長。高詠遂初賦，松柏鬱蒼蒼。(頁 651)

第一首題序云：「爲仲方東園賦」，先是說明野飲歸來不稱意，繼而促歸田園，更覺草堂清賞興味濃，不論或醉或臥都足以舒展自如，以琴、詩、書、酒盡得怡然清賞之樂趣。接著敘寫園中不栽豔麗的桃李，而是選擇梅與竹之清雅幽逸，隱喻個人高潔的心志。第二首則爲宴飲所寫，題序曰：「宴張右丞遂初園」。起句即稱美遂初園景佳勝，主人熱情好客，趁此良辰美景設宴饗貴客，一起喝酒、彈琴、賦詩，賓主盡情歡聚。或登臺遠眺，或高臥東山，甚至將自然美景收聚於方寸庭園，沉浸其中足以開廣心胸，令人忘憂解悒，成爲詞人生活中一大雅興，同時美麗的莊園堂屋，透過精心建構的庭園景觀與自然清景，亦成爲文人交遊酬唱，聯繫情誼的最佳場所。

由以上詞作中可以想見元代文人歸隱之後，或闢建田園，宴集賓友，吟風賞月，邀醉窗下；或築草堂茅屋，栽花種竹，彈琴賦詩，高臥東山，享受美麗的田園風光，與閒適自得的生活樂趣。然而，這些都是在一個有限的空間庭園裡組合自然與人爲景觀所構築的美景、美境的一種隱逸生活方式。另外，亦有選擇走出庭園，親近廣闊的自然山林，投身無盡的宇宙時空中，閒居野水之濱，溯溪訪桃源，杖策尋淵藪，放情山林式的隱逸生活。如胡祇遹（字紹開，1227-1295）感懷云：「人生百年間，短景一彈指。不能爲名臣，便當作高士。……何當遂野逸，杖履求園綺。胡爲逐流俗，汲汲懼寒餒。」<sup>40</sup>人生短促，彈指即逝，若不能在世爲名臣，不如仿倣陶淵明作高士，置身浩瀚宇宙時空，悠遊山水自然中。試看其〈木蘭花慢·春日獨遊西溪〉云：

愛西溪花柳，紅灼灼，綠陰陰。更細水圍池，修篁門巷，一徑幽深。春風一聲啼鳥，道韶華、一刻抵千金。飛絮遊絲白日，忍教寂寞消沉。 我來無伴獨幽尋。高處更登臨。但白髮衰顏，羸驂倦僕，幾度長吟。人生百年適意，喜今年、方始遂歸心。醉引壺觴自酌，放歌殘照清林。(頁 697)

上片先鋪陳西溪清幽美好的景緻，誇言獨遊西溪一刻勝抵千金。下片始說明脫盡塵累，辭官歸隱以此爲最樂，終於得以一償登高尋幽，「杖履求園綺」，詩酒相伴的心願。全詞跳躍一股辭官重返自由的欣喜之情。

同樣的心情，劉敏中亦深有體悟曰：「無窮塵土與風濤，名利兩徒勞。解印便逍遙。」（〈太常引·憶舊〉，頁 777）這都反映出元代漢族士人「仕」、「隱」的矛盾情結，在「世路崎嶇，世事紛更，年來飽諳」（張堃〈沁園春·和人韻〉，頁 899）的詞人心中，最終的期待仍是歸隱田園。劉敏中〈最高樓〉云：

<sup>40</sup> [元]胡祇遹：〈至元五年九月五日曉步翰苑蔬圃感懷而作〉，《紫山大全集》，《景印文淵閣四庫全書》，第 1196 冊，卷 1，頁 12。

山家好，河水淨漣漪。茅舍綠蔭圍。兒童不解針垂釣，老翁只會甕澆畦。我思之，君倦矣，去來兮。也問甚野芳亭上月。也問甚太初巖下雪。乘款段，載鷗夷。興來便作尋花去，醉時不記插花歸。問沙鷗，從此後，可忘機。(頁 765)

此詞題序云：

古齋受益所居，當綉江之源，江北流二十里，其東壩有曰野亭者，則余之別墅也。頃歲，余與古齋同在京師，而同有歸歟之思，逮茲而同如其志同樂也，作詞以道之，同一笑云。

題序中的「古齋」，即張受益之號，以其蓄古物甚豐，以博古稱，故以「古齋」自號，嘗與劉敏中同在京師任職。二人志同道合，先後辭官歸隱，劉敏中於繡江東壩築別墅而居，名為野亭，與卜居繡江源頭的張受益時相往還，二人登山尋花，「嘯詠相忘，追泉石之樂」(〈念奴嬌〉題序，頁 756)。起句即稱美野亭山環水繞，景色清幽。接著用莊子「抱甕灌園」<sup>41</sup>的典故，敘寫歸隱之後勞動生活的簡率淳樸，同時突出其棄絕名利、不戀棧官場的清貧志節，並積極招友偕隱，共遂其志。興來但學馬援「乘款段」<sup>42</sup>慢步人間行路，願效范蠡「載鷗夷」<sup>43</sup>浮海，醉忘插花而歸，與鷗鳥共忘機。全篇疏朗清雅，充滿隱逸的象徵寓意。

又如陶宗儀(生卒年不詳)以〈南浦〉詞調所歌詠的隱居生活美學之作，詞云：

如此好溪山，羨雲屏九疊，波影涵素。暖翠隔紅塵，空明裏，著我扁舟容與。高歌鼓柁，鷗邊長是尋盟去。頭白江南，看不了，何況幾番風雨。畫圖依約天開，蕩清暉，別有越中真趣。孤嘯拓篷窗、幽情遠，都在酒瓢茶具。水蕙搖，晚月明，一笛潮生浦。欲問漁郎無恙否。回首武陵何許。(頁 1131)

此詞題序云：

會波村，在松江城北三十裏。其西九山離立，若幽人冠帶拱揖狀。一水兼九山南過村外，以入於海。而溝塍畎澮，隱翳竹樹間。春時桃花盛開，雞犬之聲相聞，殊有武陵風概，隱者停雲子居焉。一舟曰水光山色，時放乎中流，或投竿，或彈琴，或呼酒獨酌，或哦詠陶謝韋柳詩，殆將與功名相忘，嘗坐餘舟中作茗供，襟抱清曠，不覺度成此曲。主人即譜入中呂調，命洞簫吹之，與童子櫂歌相答，極鷗波縹緲之思云。

題序中展示出詞人隱居生活的藝術美學，淡語中有豐富的生活樂趣，淺筆中含蘊有高曠的幽居情懷。落筆直接稱道溪山「好」，令人「羨」，接著狀繪美景，舒繆情懷，頗有引

<sup>41</sup> 詳參〔清〕王先謙撰：《莊子集解·天地》，卷3，頁105-106。

<sup>42</sup> 〔南朝·宋〕范曄：《後漢書·馬援傳》(臺北：藝文印書館，1958年)，卷24，頁313。

<sup>43</sup> 〔漢〕司馬遷撰，〔宋〕斐駟集解，〔唐〕司馬貞索隱，〔唐〕張守節正義：《史記·越王句踐世家》曰：「范蠡浮海出齊，變姓名，自謂鷗夷子皮，耕于海畔，苦身戮力，父子治產。」(臺北：藝文印書館，1958年)，卷41，頁695。



人入勝之感。接著寫放流江中之樂，與鷗鳥為友，鼓枻高歌，忘懷功名，無懼人生風雨，但求覓得仙家路，不負此生清約。上片著重描繪詞人「扁舟容與」的閒雅之態，下片則側重於揭示其高遠之幽情，一心嚮慕陶潛的武陵仙境，反映出時代的心聲與人生理想的追求。<sup>44</sup>全篇情景交融，委婉而深曲。

又如凌雲翰（字彥翀，生卒年不詳）〈蝶戀花〉云：

過雨春波浮鴨綠。草閣三間，人住清溪曲。舊種小桃多似竹。亂紅遮斷松邊屋。  
有客抱琴穿翠麓。隔水呼舟，應是憐幽獨。歷歷武陵如在目。幾時同借仙源宿。  
(頁 1146)

此詞上片寫清溪幽美之景，下片寫企羨隱逸的情懷。上片寫春雨過後，水色濃綠，「春波」二字點活春風拂水，波光盪漾，極富情趣。續寫草閣周圍桃紅爛漫，掩映松邊草屋，一靜一動，意境幽美。下片由景轉而刻畫隱者的形象，閒雅幽靜，抱琴獨尋清溪，令人宛若身處桃源仙境。詞語明麗幽潔，形象清雋飄逸，簡筆勾勒，情趣盡出。

隱逸既是遠避世俗，追求高潔絕塵的一種生活型態，以致「慕陶」現象便成為傳統文化史上一大人文景觀，陶淵明儒、道兼融的「田園情懷」，成為元代文人學效的典範。對陶淵明「田園情懷」的嚮往歌頌，實際上就是對人與自然和諧、借山水澡雪精神生活方式的一種讚揚。<sup>45</sup>元詞中尋訪桃源仙鄉之作，都流露出對桃源的嚮往，歌頌其中的理想世界，體現出濃厚的「慕陶」思想。如梁寅（字孟敬，1303-1389）〈木蘭花慢·桃源〉云：

愛山中日月，春漸去，又還來。望水繞人家，雲生窗戶，岫轉峯迴。層層絳桃千樹，似丹霞、散綺映樓臺。世上從教桑海，人間自有蓬萊。漁郎未必是仙才。偶爾到天台。喜相問相邀，山中穀籩，樹裏尊罍。何便尋歸路，是風波險處未心灰。要似秦民深隱，桃花只好移栽。(頁 1077)

又楊弘道（字叔能，1189-1259）〈望江南·詠桃源〉云：

桃源好，雞黍競相邀。鸞鳳有期朝絳闕，風霾無計上青霄。萬點落英飄。茅屋底，何以水永朝。一念不從癡處起，萬緣都向靜中消。知命也逍遙。(頁 601)

其他如張雨（字伯雨，1277-1350）〈南鄉子·題李紫簣山居〉云：

石壁倚清秋。袖拂煙痕寫遠遊。信有平生濠濮想，悠悠。身似潛魚懶上鉤。(頁 914)

又如許有壬〈清平樂·題郭思誠山居〉云

<sup>44</sup> 陳海霞：〈論元末隱士詞人〉：「這不僅是陶宗儀自己的桃源理想，同時也是元末隱士詞人共同追尋的精神家園。」《青島大學師範學院學報》，第 25 卷第 2 期（2008 年 6 月），頁 7。

<sup>45</sup> 申喜萍：《南宋金元時期的道教文藝美學思想》（北京：中華書局，2007 年 9 月），頁 76。

西巖仙老。身在蓬萊島。竹月松雲塵不到。況有清風自掃。(頁 980)

就隱逸文化的內涵觀之，「隱」的實質在於保持精神的寧靜、獨立和自由，不受現實的束縛和世俗的污染，獨與天地精神相往來。以上幾首吟詠桃源詞作即體現詞人不必玉質仙才，悠遊山中日月，懷抱濠濮間想<sup>46</sup>，身似潛魚懶上鉤，萬緣都向靜中消融，自然知命而逍遙，保有精神上的獨立自主，與超然物外之情。

### 三、高蹈游仙，全性葆真

元代因為統治政策的寬鬆，對宗教採取兼容並蓄的優禮政策，成為諸教並興，宗教文化發達的朝代。其中尤以金末元初興起的全真道教，以其祈禱齋醮之術，撫慰人心面對生命無常之感，提供亂世中人民安身立命的隱身所，影響當時社會百姓與文人儒士最大，與詞的關係也最為密切。由於全真教派在思想信仰上援儒、釋為輔，以不獨居一教為原則，每渡徒眾，則勸人誦讀《般若心經》、《道德清靜經》及《孝經》，因而普遍獲得文人儒士的接受，且與當時元代社會普遍充斥的一股隱逸潛歸的氛圍相契合，對當時文人創作和文學思想影響很大。

元詞中所體現的另外一種隱逸之志，起因於特定的政治社會背景，文人儒士在亂世中無所依歸，因而他們選擇「苟全性命於亂世，不求聞達於諸侯」<sup>47</sup>的「半隱半俗，亦隱亦俗」<sup>48</sup>的生活形態，入仕是一時的選擇，出世則是最終的歸宿，而終歸於道教隱逸遁世之風。<sup>49</sup>換言之，元代文人在世亂動盪的時代，選擇遠避塵俗，遁跡山林，慕道遊仙，以求得全性葆真的隱逸人生觀。

這種消極避世的人生觀其來有自，早在莊周時代，就提倡人應回歸自然，斂藏自省，過著一種自我娛悅、親近大自然的生活，云：「就藪澤，處閒曠，釣魚閒處，無為而已矣。此江海之士，避世之人，閒暇者之所好也。」<sup>50</sup>道教繼承了這種思想，因而道教的宮觀大多建築在風景秀麗的深山中，因此尋訪道觀，游心玄虛，也化為詞人筆下追求隱逸生活的樂趣之一。如虞集〈法駕導引·廬山尋真觀題〉云：

欄杆曲，正面碧崔嵬。嵐氣著衣成紫霧，墨香橫壁長蒼苔。柏影掃空臺。江海客，欲去更徘徊。霧髮雲鬢何處在，風泉雪磴幾時來。鶴翅九秋開。(頁 862)

詞中繚繞一股紫霧嵐氣，清幽靜謐的道觀，染上濃濃的仙家氣，令人徘徊不忍離去。虞集另有一首〈贈彭致中游廬山〉詩云：「錦繡煙雲隨鳳起，珠璣淙瀑作龍跳。陶潛菊徑須頻往，李白松巢亦易招。」<sup>51</sup>詩境與詞意相仿，均體現出虞集融釋道於一，心雖嚮慕

<sup>46</sup> 典出《莊子·秋水篇》，[清]王先謙撰：《莊子集解·秋水》，卷 4，頁 151-152。[南朝宋]劉義慶編撰，楊勇著：《世說新語校箋·言語》，卷上，頁 95。

<sup>47</sup> [蜀漢]諸葛亮：〈出師表〉，收入[清]嚴可均輯：《全上古三代秦漢三國六朝文·全三國文》，卷 58，頁 1369。

<sup>48</sup> 鄧紹基：《元代文學史》（北京：人民文學出版社，2006 年 6 月），頁 145。

<sup>49</sup> 趙維江：《金元詞論稿》析論：「金元詞中的隱逸思想，雖然包含有儒家和佛家的隱逸觀，但究其實質，它更接近於道家以全身避禍和享樂人生為歸旨的遁世精神，體現一種個體生命意識的覺醒和對自由天性的追求。」頁 38-45。

<sup>50</sup> [清]王先謙撰：《莊子集解》，卷 4，頁 134-136。

<sup>51</sup> [元]虞集：《道園類稿》（臺北：新文豐出版社，1985 年，《元人文集珍本叢刊》，第 6 冊），卷 8，頁

仙境，身卻常住人間，以求得全身避禍、享樂人生的隱逸思想。

又如尹志平（字太和，1169-1251）〈西江月·秋陽觀作〉云：

我愛秋陽地僻，松巖來往人稀。不勞打坐自忘機。兀兀陶陶似醉。 坐上有山有水，心間無是無非。朝朝常見白雲飛。可以留連適意。（頁 1167）

開篇即云：「我愛秋陽地僻」，是主動避世的「山谷之人」。詞人因僻靜秋陽觀，日日仰望白雲舒展而忘機，因山水而滌盡塵慮，忘懷是非，適驗證老莊所倡，回歸自然得以全性葆真之說。

又如姬翼（字輔之，1192-1267）〈青杏兒·詠菊〉云：

春夏競芬芳。天憐此秘惜藏光。紛華落盡方開展，疎叢淺淡，孤標冷落，獨傲秋霜。 好在水雲鄉。無人知、見又何妨。賞心希遇陶元亮，新松相對，金英依舊，風逗天香。（頁 1219）

此詞描寫眾芳凋零之後始開放的秋菊，詞中特別突出秋菊生長於水雲鄉，即使無人欣賞又何妨，但求得覓知音如陶淵明，不負其清幽天香。「孤標冷落，獨傲秋霜」，是秋菊孤傲不群的神韻，亦是詞人自況遠避塵俗，隱遁山林，潛心修道之志。尤其「逗」字用的靈活，秋菊性屬自然，回歸於自然，適性適所，適得天然真趣。

又白樸（字仁甫，1226-1307）亦曾記載遊仙祠，企望慕道登仙，如〈滿江紅·題呂仙祠飛吟亭壁，用馮經歷韻〉云：

雲外孤亭，空悵望、煙霞仙客。還試問、飛吟詩句，為誰留別。三入岳陽人不識，浮生擾擾蒼蠅血。道老精、知向樹陰中，曾來歇。 松檉在，虯枝結。皮溜雨，根盤月。恨還丹不到，後來豪傑。塵世千年翻甲子，秋空一劍橫霜雪。待他時、攜酒赤城遊，相逢說。（頁 632）

此為白樸遊呂仙祠題飛吟亭<sup>52</sup>壁詞。呂仙祠，俗名黃梁夢祠，供奉呂洞賓，在今河北邯鄲市黃梁夢鎮，據聞黃梁夢的故事即發生於此。白樸遊呂仙祠，有感於人間競逐名利如蒼蠅嗜血，紅塵翻滾如秋劍橫霜，亟需呂仙渡化凡塵俗子，惜呂翁已得道仙去，期待異日再攜酒重尋。

至於李齊賢〈鷓鴣天·鶴林寺〉則是對游仙思想的一種反思，詞云：

夾道修篁接斷山。小橋流水走平田。雲間無處尋黃鶴，雪裏何人聞杜鵑。 誇富貴，慕神仙。到頭還是夢悠然。僧窗半日閒中味，只有詩人得祕傳。（頁 1025）

鶴林寺故址在今江蘇鎮江南黃鶴山上，原名竹林寺南朝宋武帝時改名鶴林寺，唐宋時成

361。

<sup>52</sup> [宋]羅大經：《鶴林玉露》：「世傳呂洞賓，唐進士也。詣京師應舉，遇鍾離翁於岳陽，授以仙訣，遂不復之京師。今岳陽飛吟亭，是其處也。」（揚州：廣陵書社，2007年12月1版，《筆記小說大觀》，第3冊）卷13，頁2320。

爲古跡，歷來題詠極多。起句即如一幅畫境，茂林修竹，小橋流水，寺院清疏淡遠之景立即映入眼簾。接著轉入雲間黃鶴、雪裡杜鵑的冥思遐想，爲下片「誇富貴，慕神仙」的主題作鋪墊，意謂人生富貴如繁花凋敝，仙境帝鄉渺如黃鶴一去不復還，既然富貴非吾所願，帝鄉亦不可期，不如勘破仙界之虛無，放意自適於宇宙自然之中，獨得坐擁天地閒隱之情味。

當人在現實環境中無法得到滿足與適意，當人所生存的環境遭到外來文化的侵略與摧殘，滿心壓抑的苦悶無處宣洩，生存現世如無形牢籠使人堙塞違礙，大多數元代文人選擇回歸自然，遁入遊仙世界，以破除生死、達到萬物與我爲一等境界，企圖解除人有限形體的禁錮，突破時空的樊籬，使個體形骸與人格精神融入宇宙自然，獲得完全的釋放與自在，以保全本性，遠避時禍，因而成爲元詞隱逸思想中極具時代意義與價值的一大特色。

## 參、結 語

綜合上述元詞隱逸思想類型的分析可知，元代由於特殊的政治社會背景，文人雖有入仕爲吏爲官的機會，但多屈居下位，志遇難伸，大多數詞人不得已而選擇寄跡田園，放情山水的閒隱生活型態，逃離世俗以避禍全身，因此元詞中普遍充溢著田園情調與山林氣息，或構建園林草堂，讌飲清歡，澡雪精神；或寄跡道觀，遊心玄虛，超然物外。在反覆歌詠，唱嘆吟嘯之際，反映出一種時代的情緒，與普遍的文人精神狀態，表現出詞人的真性情、真生命，既合於古人之精神，亦使主體精神得以彰顯，體現元代文人的生命情調與審美趨向，成爲元詞中最具有時代意義與特徵的主旋律。

## 參考文獻

(古籍依時代先後，其他則依作者姓氏筆劃順序排列)

### 一、古籍

- [1] 〔漢〕司馬遷撰(1958)。史記。臺北：藝文印書館。
- [2] 〔漢〕趙歧注，〔宋〕孫奭疏，〔清〕阮元校勘(1989)。孟子注疏。臺北：藝文印書館。
- [3] 〔魏〕何晏注，〔宋〕邢昺疏，〔清〕阮元校勘(1989)。論語注疏。臺北：藝文印書館。
- [4] 〔晉〕陶潛著，龔斌校箋(2007)。陶淵明集校箋。台北：里仁書局。
- [5] 〔南朝·宋〕范曄(1958)。後漢書。臺北：藝文印書館。
- [6] 〔南朝·宋〕劉義慶編撰，楊勇著(1976)。世說新語校箋。臺北：宏業書局。
- [7] 〔唐〕白居易著，朱金城箋校(1988)。白居易集箋校。上海：上海古籍出版社。
- [8] 〔宋〕羅大經(2007)。鶴林玉露·筆記小說大觀。揚州：廣陵書社。
- [9] 〔元〕盛如梓(1983)。庶齋老學叢談。臺北：臺灣商務印書館。
- [10] 〔元〕胡祇遹(1983)。紫山大全集。臺北：臺灣商務印書館。
- [11] 〔元〕趙孟頫(1985)。松雪齋文集。臺北：臺灣學生書局。
- [12] 〔明〕宋濂(2005)。元史。北京：中華書局。
- [13] 〔清〕王先謙(2001)。莊子集解。臺北：世界書局。
- [14] 〔清〕趙翼著、王樹民校證(1984)。廿二史劄記校證。北京：中華書局。
- [15] 〔清〕張惠言(1979)。詞選。臺北：廣文書局。

### 二、專書

- [1] 王師忠林(1989)。元代散曲論叢。高雄：復文出版社。
- [2] 王明蓀(1992)元代的士人與政治。臺北：臺灣學生書局。
- [3] 木齋等編著(2001)。中國古代詩人的仕隱情結。北京：京華出版社。
- [4] 包師根弟(1978)。元詩研究。臺北：幼獅文化事業公司。
- [5] 申喜萍(2007)。南宋金元時期的道教文藝美學思想。北京：中華書局。
- [6] 李辰冬(1975)。文學新論。臺北：東大圖書公司。
- [7] 李瑞騰(1981)。古典文學·唐詩中的山水。臺北：臺灣學生書局。
- [8] 李澤厚(1985)。美的歷程。臺北：蒲公英出版社。
- [9] 周維權(1991)。中國古典園林史。臺北：明文書局。
- [10] 唐圭璋編(2000)。全金元詞。北京：中華書局。
- [11] 姜一涵(1981)。元代奎章閣及奎章人物。臺北：聯經出版事業公司。
- [12] 徐子方(2001)。挑戰與抉擇——元代文人心態史。石家莊：河北教育出版社。
- [13] 黃文吉(2003)。黃文吉詞學論集。臺北：臺灣學生書局。
- [14] 陶然(2001)。金元詞通論。上海：上海古籍出版社。
- [15] 張晶(2004)。遼金元文學論稿。北京：北京廣播學院出版社。
- [16] 〔德〕黑格爾著，朱光潛譯(1984)。美學。北京：商務印書館。

- [17] 趙維江（2000）。金元詞論稿。北京：中國社會科學研究院。
- [18] 韓兆琦（1998）。中國古代的隱士。臺北：臺灣商務印書館。
- [19] 麼書儀（1993）。元代文人心態。北京：文化藝術出版社。
- [20] 鄧紹基（2006）。元代文學史。北京：人民文學出版社。
- [21] 龔鵬程（1998）。飲食男女生活美學。臺北：立緒文化事業公司。

### 三、學位論文

- [1] 陳英姬（1982）。中國士人仕與隱的研究——以陶淵明詩文與蘇東坡和陶詩為主。國立台灣師範大學國文所碩士論文。
- [2] 劉翔飛（1976）。唐人隱逸風氣及其影響。國立臺灣大學中文研究所碩士論文。
- [3] 寧曉燕（2006）。許有壬詞研究。廣州：暨南大學中國古代文學系碩士論文。

### 四、期刊

- [1] 王岩（2006）。元代“漁父詞”隱逸思想探析。福建工程學院學報（4）2。
- [2] 陳海霞（2008）。論元末隱士詞人。青島大學師範學院學報（25）2。
- [3] 劉師明宗（1997）。張志和〈漁歌子〉的逍遙世界。國教天地（123）。
- [4] 謝大寧（1992）。儒隱與道隱。中正大學學報。人文分冊（3）1。
- [5] 鍾振振（1994）。論金元明清詞。第一屆詞學國際研討會論文集。臺北：中央研究院中國文哲研究所。

# 跨文化視訊會議融入台灣大學生英語學習之探究

## The Investigation of the Use of Videoconferencing to Facilitate Taiwanese EFL Students' English Language Learning

謝怡娟<sup>1</sup>

Yi-Chuan Hsieh

清雲科技大學應用外語系

助理教授

ychsieh@cyu.edu.tw

張有智<sup>2</sup>

Yu-Chih Chang

中原大學應用外國語文學系

研究所

碩士生

### 摘 要

本研究探討台灣大學生對於與美國母語人士經由電腦視訊會議學習英語之感受與反應。同時，本研究更進一步探究使用電腦視訊於英語口語互動學習上之價值所在。本研究資料來源包含七次視訊會議的錄影帶，參與學生之訪問記錄，七次視訊會議後學生所填寫的問卷，再加上研究人員於每次視訊會議所做的詳細記錄與描述，運用內容分析法與本研究所提出之價值分析架構回答研究問題。研究結果顯示運用電腦視訊會議學習英語對學習者而言，正向的影響多過負面反應。電腦視訊會議提供即時的聲音與影像和美國母語人士互動，創造出真實、溝通式與任務導向的學習環境，能提昇台灣學習者對英語的實際運用與學習自信。技術上的問題如能有效解決，配合課程討論主題有組織的呈現並因應文化差異，電腦視訊會議在英語學習上的價值匪淺，值得將其融入英語教學中。

**關鍵詞：**視訊會議、電腦輔助語言學習、遠距教學、價值分析

## Abstract

The study intended to investigate the perceptions of the Taiwanese EFL students participating in videoconferencing activities for English learning and to explore the value of videoconferencing technology in supporting oral and visual interaction in a distance learning context. Thirty Taiwanese undergraduates with English majors participated in the present study. The American participants were six undergraduate students with majors in journalism from the northern United States. These American students were randomly assigned to be the partner of four or five Taiwanese participants. These Taiwanese students interacted with their American partners in seven videoconferencing sessions. The results indicated that such a language learning experience had greater positive than negative influences for the participating students. The characteristics of the videoconferencing tool are utilizing real-time images and voices of the participants, so that the VC technology can create an authentic, communicative, and task-based language learning environment. In addition, the VC tool can assist distance learners to build a learning community, which is a vital factor for effective language learning. If the major issues, such as avoiding unfavorable discussion topics and technological disconnection, can be improved, better learning outcomes can be expected.

**Keywords :** Videoconferencing, Computer-Assisted Language Learning, Distance Education, Value Analysis



## 1. Introduction

Videoconferencing (VC) refers to live communications transmitted by two-way audio and full-motion video (Heath & Holznel, 2002). Previous studies have provided evidence regarding the advantages of VC to facilitate learning (Beauvois, 1998a, b; Blake, 2000; Hampel & Baber, 2003; Lee, 2004; Smith, 2003; Wang, 2004). VC affords meaningful interaction with native speakers and peers, which helps to create an authentic, highly interactive, and cooperative learning environment. In addition, VC promotes a second language acquisition of communication skills that many researchers regard as the most important skills in communication (Heath & Holznel, 2002).

In this study, VC has been used as part of a distance education language learning course, allowing the Taiwanese college EFL learners to study English in their classroom, while accessing the videoconferencing technology to assist them to learn the target language from native English speakers. The purpose of this study was to investigate the perceptions of the participated Taiwanese students in the videoconferencing activities and to analyze the value of the videoconferencing technology in supporting the learners' oral and visual interaction in a distance learning context. Since distance education has gained in popularity over these years, it is vital to scrutinize the perceptions of participants in the videoconferencing activities and the value of videoconferencing technology in assisting students in learning foreign languages. This article also attempted to enlighten educators on the capabilities and limitations of the new generation of VC tools and encourage them to continue exploring ways of integrating oral and visual interaction in distance learning education.

Furthermore, this study examined the pedagogical issues pertinent to videoconferencing, as seen from the participants' perspective. The motivation for the study was the desire to improve instructional practices and provide a better quality of learning experience for language learners. By combining the participants' views as expressed in this study, with evidence from research in this area, it was hoped that improvements could be affected. Using the proposed framework, the value analysis of the VC activities was conducted from five aspects of VC activities—content, software, fleshware (also called humanware), hardware, and educational users. The paper began with an overview of VC-related literature, followed by a description of the proposed research framework. Then, the procedure of the study was presented. A combination of data collection methods was employed to elicit the students' perceptions of VC activities: this included the post-videoconferencing activities questionnaire, face-to-face interviews, video recordings and the researchers' reflective journals. The findings were subsequently presented and discussed according to the research framework and the participants' responses.

## 2. Literature Review

The interaction has played an important role in communicative language learning (CLL) (Gass, 2003; Kitade, 2000; Mitchell & Myles, 1998). In this study, interaction was regarded

as a socially reciprocal action involving two or more people in the form of technology-mediation (Bates, 1997). Such kinds of interaction may happen in an oral, visual, or written context or a combination of all three, between the learners and instructors, among the learners, and/or even between native speakers in the target language speaking countries and learners in their own countries (Wang, 2004). To date, the advance of technology has vastly enriched the content and scope of interaction. The term “*technologized interaction*” has been proposed to denote the influence of technology in interaction (Hutchby, 2001). The technology remains as a tool to be used by people to achieve communicative goals. The technologized interaction can further classify them into three forms—written interaction, computer-mediated-communication (CMC) based oral interaction, and oral-visual interaction (Wang, 2004).

Among these three forms, CMC is typically text-based, although it increasingly includes drawings, photos, and other images such as happy faces or “emoticons.” CMC is either synchronous or asynchronous (Wainfan & Davis, 2004). However, VC as a form of CMC provides live, two-way audio and full-motion video communication (Heath & Holznagel, 2002). Different from the aforementioned CMC, in a videoconference, participants view a video image of another member or multiple images of other members. There are mainly three types of VC systems: (1) small room videoconferencing; (2) classroom videoconferencing; and (3) desktop videoconferencing (Woodruff & Mosby, 1996).

The use of VC in language instruction is supported by constructivist perspectives. Some concepts of constructivists imply that learners should construct their own knowledge instead of passively receiving what instructors offer. Such a process can be facilitated by interactive videoconferencing activities since the learning pace is controlled by the learners (Murphy & Cifuentes, 2001).

VC is also an important factor to consider in alternative patterns of teaching and learning and has promised benefits in terms of real-time interaction, immediacy, motivation, and collaborative learning (Bates, 2005; Guri-Rosenblit, 1999; Laurillard, 2002). Moreover, the advances in bandwidth technology bring the concept of “social presence” to be possible in a videoconference (Ryan, et al., 2000; Smyth, 2005). Learners together at a remote site can experience particular social benefits to aid their learning. VC activities also foster the sense of togetherness and a shared experience among learners (Bates, 2005; Wheeler, 2005; Wheeler & Amiotte, 2004).

There were several research studies carried out on EFL learning and instruction utilizing telecommunications (Liaw, 1998; Shih, 2002; Jason, 2004). Lucas & Ridy (2002) indicated that the use of VC could significantly contribute to the achievement of language learning outcomes. Moreover, videoconferencing will become almost “transparent” if there is no technological problem so that learning takes place as it does in a face-to-face context (Lucas & Ridy, 2002). In addition, VC was also employed in other fields to foster the students’ learning outcomes. Thurston (2004) investigated the impact of interaction on aspects of multicultural awareness through VC. Evidence showed that there were gains in the complexity of the children’s perceptions of their community environment, the ethnicity of

their community, their own ethnicity, and news images. Moreover, Gillies (2008) explored the issues of student engagement, instructional pedagogy, social presence, and the videoconferencing format for implementing VC in teacher education. The findings highlighted the efficacy of the VC format from a student perspective and raised some issues for future pedagogical practice.

In addition, VC is claimed to have social advantages due to the aspects of increased interaction. Previous research studies have provided abundant evidence to support the benefits of VC, such as mutual understanding, broadened awareness, tolerance, new insights, and cooperative learning (Abbott, et al., 2004; Gillies, 2008; Lewental & Kress, 2005; Martin, 2005; Payne, et al., 2006).

In this study, through VC activities, the Taiwanese participants were expected to improve mutual understandings with their American counterparts, and increased their cultural awareness when sharing their opinions with others. Also they could build new insights for the given topics, and this fostered cooperation among peers when interacting with their American partners. The present study offered Taiwanese EFL students with an opportunity to engage in VC activities that they had not encountered before. The research questions to be answered in the present study included: (1) What were the perceptions of the Taiwanese EFL students participating in the videoconferencing activities? (2) What was the value of videoconferencing technology in supporting oral and visual interaction from a distance learning context?

### **3. Methods**

#### **3.1 Participants**

The Taiwanese participants were comprised of 30 freshmen majoring in English from a northern university. These students enrolled in a required course entitled “English Language Drill.” In addition, the American participants were comprised of six undergraduate students majoring in journalism at a university from the northern United States. These American students were randomly assigned to be a partner of four or five Taiwanese participants. These American students interacted with their Taiwanese partners through videoconferencing sessions. In addition, the researchers served as assistants to make the course go more smoothly.

#### **3.2 The research procedure**

This study was conducted for four months, from September to December in 2008. There were seven VC connection sessions between the Taiwanese students and their American counterparts. Each session lasted for two hours. The connecting time in Taiwan was 8:00-10:00p.m., and corresponding time in the United States was 8:00-10:00a.m. For each session, the designated topics were discussed, including food, vacation, politics, fashion, video games, movies, music, celebrities, cartoons, shopping, sports, holidays, leisure

activities, Christmas songs and stories. NetMeeting 3.01<sup>TM</sup>, developed by Microsoft<sup>TM</sup>, was used as the Internet-based videoconferencing tool throughout the study.

### **3.3 The data sources and data analyses**

This research applied both qualitative and quantitative methods, and followed a sequential method in equivalent status designs proposed by Patton (1990). The data sources included administering of a post-videoconferencing activities questionnaire, interview transcripts, video recordings, and the researchers' reflective journals. Several sources of data were collected to reach the triangulation to make the results more valid.

#### **3.3.1 The post-videoconferencing activities questionnaire**

In the end of the overall videoconferencing activities, the Taiwanese participants were given the post-videoconferencing questionnaire, which contained the items regarding the perceptions of students using VC as a learning tool to interact with American native speakers. For example: "I have more confidence to speak with native speakers. I am more motivated to learn English", etc. The responses to these questions were rated based on a 5-point Likert scale, which ranged from strongly disagree (1) to strongly agree (5).

#### **3.3.2 Face-to-face interview transcripts**

After all the videoconferencing activities were completed, face-to-face interviews with the Taiwanese students were conducted to understand the participating students' thoughts about the videoconferencing activities.

#### **3.3.3 Video recordings**

All videoconferencing activities were recorded so that the researchers could review and examine the participants' behaviors and other factors.

#### **3.3.4 Researchers' reflective journals**

The researchers participated in all the videoconferencing sessions. We observed the real-time learning situation of the Taiwanese participants, and also took notes of special events for both Taiwanese and American participants' behaviors.

The content analysis was adopted to examine various "messages" from transcripts of the recorded videos of interviews and video recordings and researchers' reflective journals (Lincoln & Guba, 1985) to answer the first research question. Furthermore, the collected data were analyzed according to the proposed framework based on the criteria modified from previous studies (Henri, 1992; Stacey, 2001; Wang, 2004) to explore the value of the videoconferencing technology in supporting oral and visual interaction in a distance learning context. The proposed framework was shown in figure 1.

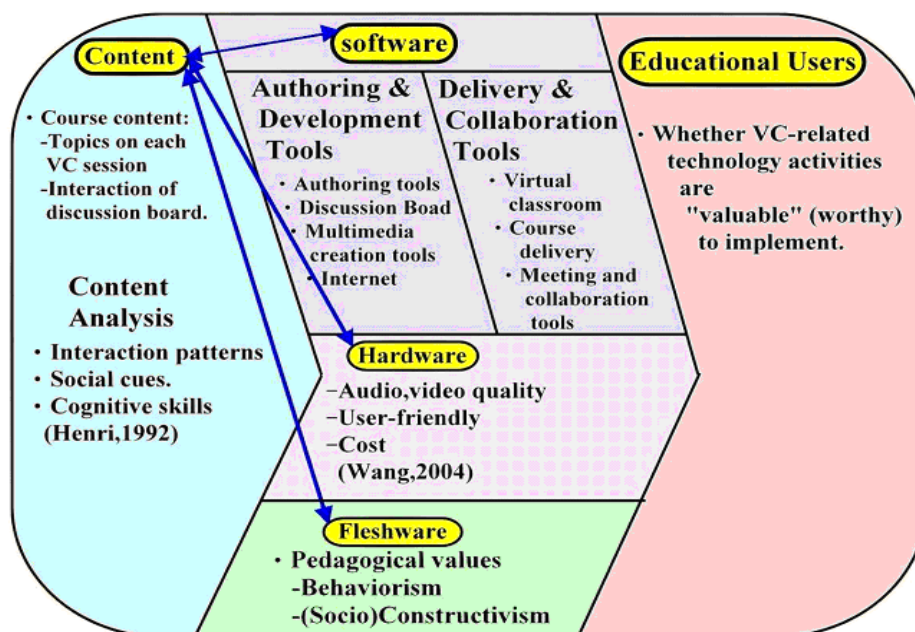


Figure 1. The proposed framework of this study adapted from Stacey (2001), Henri (1992), and Wang (2004).

The basic concept of the proposed framework to examine the value of videoconferencing technology from a distance learning context was that the current society is highly competitive in the educational settings. Therefore, to successfully survive in such circumstances, any educational institution is considered to possess some competitive advantages. According to Porter (1980), a business can develop a sustainable competitive advantage based on costs, differentiation, or both. Similarly, this proposed framework could allow an educational institution to determine which kind of competitive advantage to pursue when implementing VC in language learning. Such a framework was used to analyze collected data including five parts: (a) content; (b) software (c) hardware; (d) fleshware (humanware) and (e) the final decision of educational users.

## 4. Results and Discussion

This session consisted of two parts. The first part presented the results related to the perceptions of students participating in the videoconferencing activities after the intervention. The second part displayed the comprehensive results of videoconferencing technology value in supporting oral and visual interaction in a distance learning context.

### 4.1 The results of the first research question

To answer the first research question about the perceptions of students participating in the videoconferencing activities after the intervention, the results of the interview data analysis, researchers' reflective journals, and the post VC activity questionnaires were presented respectively.

#### **4.1.1 Results of the interview data analysis**

In the beginning, some Taiwanese participants doubted that videoconferencing technology could assist them in learning English as effectively as lecture-centered language learning. However, after seven sessions of VC activities, the results of the interviews showed that a majority of the Taiwanese participants expressed their willingness to take the technology-supported English courses. The Taiwanese learners were concerned that they did not have sufficient command of the English language for effective listening and speaking. They were worried of not comprehending the American participants' questions. Moreover, they were frightened of "losing face" when pronouncing English words and sentences incorrectly or improperly. In addition, they feared that the native speakers might laugh at their "stupid questions and answers."

#### **4.1.2 The results of the researchers' reflective journals**

The results revealed several noticeable points concerning language learning through videoconferencing. Prior to the videoconferencing activities, most of the Taiwanese participants were quite worried about their language abilities. However, after the first session, they came to enjoy chatting with the American partners by using VC technology, which was due to the American participants' patience and tolerance of their insufficient command of English. When the Taiwanese participants encountered difficult questions or uncertain messages, they would ask the American partners to repeat them or ask the Taiwanese instructor to explain it to them in Chinese. Also, in answering the questions, they frequently used gestures and body language to assist the conversation to go smoothly. According to the video analysis, we found that the adjustment period was short, which might be attributed to the prevalence of various communicative technologies in the university, such as webcams and free software such as Skype<sup>TM</sup>, and MSN Messenger<sup>TM</sup>. The provision of these educational technologies facilitated the Taiwanese language learners to learn English in different ways.

In each session, it was found that technological problems often occurred, which decreased the quality of the instruction. Additionally, because Taiwanese learners were asked to participate in the discussions of designated topics, the autonomy of the learners might not be promoted. We also found that the VC learning environment would not attract all the participants' attention and the participants might be distracted due to the failure of seeing the speakers or the occurrence of disconnections.

#### **4.1.3 The results of the post VC activity questionnaires**

After the implementation of the videoconferencing activities, the results showed that (1) most Taiwanese participants became more confident in speaking with the English native speakers after completion of the sessions; (2) the majority of the Taiwanese students became more motivated in learning English; and (3) most Taiwanese participants considered that these VC activities could improve their English speaking abilities.

Moreover, a majority of the Taiwanese participants became more motivated to learn English and most considered that these VC activities could improve their English speaking

abilities. However, only half of the Taiwanese participants thought that they could have positive interactions in the connecting activities. This might be attributed to their insufficient command of English.

As for the cultural aspects, about half of the Taiwanese participants believed that they had a greater understanding about American culture. Eventually, most Taiwanese participants deemed that these VC activities were helpful in learning English.

## **4.2 Results of the second research question**

To answer the second research question regarding the value of videoconferencing technology in supporting oral and visual interaction in a distance learning context, the electronic interaction pattern, and the evaluation of the VC activities were presented in the following session.

### **4.2.1 The interaction process**

The interaction process between the American and Taiwanese participants lasted for seven sessions (each session lasted 120 minutes). During session one, the Taiwanese participants felt quite excited and nervous. However, the American participants tried very hard to initiate questions, and were patient to repeat their questions. Additionally, they listened attentively to the Taiwanese participants' responses. The topic regarding vacations was brought up in this session. The Taiwanese participants were pleased to share their past traveling experiences with Americans. In another topic covering politics initiated by the American instructor, one of the questions was related to huge demonstrations against a Taiwanese politician. At first, the Taiwanese instructor claimed that the Taiwanese participants were reluctant to discuss this serious topic but American participants still kept on asking their opinions about that issue. Therefore, the Taiwanese participants tried to express their ideas about the scandals. Later, one Taiwanese student voluntarily shifted the current topic into one concerning the night markets.

The second session mainly dealt with the following topics: fashion, video games, movies, and music. Both participants were acquainted with the videoconferencing-supported activity and had a good time sharing their hobbies and favorite games. The Taiwanese participants performed in better in the second session than in the first because it was an observed case. Several celebrities were discussed in this session. One interesting case was found: six Taiwanese participants volunteered to speak out.

In the third session, several topics were discussed, covering content such as cartoons and celebrities. One special case was revealed. A Taiwanese participant volunteered to share her stories of traveling with her family in fluent English for four minutes. Many Taiwanese participants shared their traveling experiences with the Americans who were curious about the vacation spots in Taiwan and outside of the USA. Some cartoon characters such as Doraemon, SpongeBob and The Simpsons were discussed as well.

In the fourth session, the discussed topics included: movies, music and celebrities (entertainers and idols). American movie stars like Tom Hanks were discussed in the session.

It was found that more and more Taiwanese participants raised their hands to actively participate in the conversation and asked the Americans more questions than in the preceding sessions.

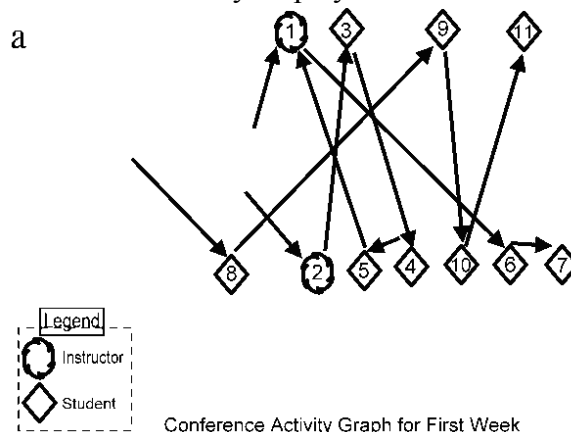
The fifth session mainly covered topics such as fashion, shopping, and sports. An American participant was curious about the fashion trends in Taiwan. A Taiwanese student brought up the issues of body piecing, tattoos, and nail polishing which made for a good start. Moreover, both sets of participants actively discussed the dressing styles of males and females, especially for college students. Matters concerning the MLB players (i.e. Chien-Ming Wang) were discussed a lot in this session.

Several topics were discussed in the sixth session which included the following: sports, holidays (Thanksgiving Day), political issues, and leisure activities (hot springs and SPA). One Taiwanese student asked about the celebration activities for Thanksgiving, such as the parades, the Thanksgiving day sales, and preparing a feast for dinner. The American participants responded by explaining the meaning of Thanksgiving and reasons for gratitude and praise to God. Various sports such as baseball, bowling, ping-pong, skateboarding, and volleyball were discussed in this session as well.

In the final session, both participant sides decided to sing some Christmas songs. The Taiwanese participants were quite excited to listen to and sing in chorus with the American participants. The Taiwanese participants could even request for their favorite songs. Moreover, the Taiwanese participants shared a Chinese New Year's song with the American counterparts.

#### 4.2.2 Electronic Interaction Pattern

The Taiwanese participants established a positive relationship with Americans in just 25 minutes in session one, which was a short adaptation period. After analyzing the VC activity graphs by each session in the study, several unique patterns of interaction occurred. It was found that the first session (see figure 2) was instructor-centered. However after 15 minutes, the activity graph became more learner-centered. The learners needed only a little time to adjust themselves to this kind of technology-supported activity. Starting from the third session, the activity graph can be obviously displayed to be learner-centered (see figure 2).





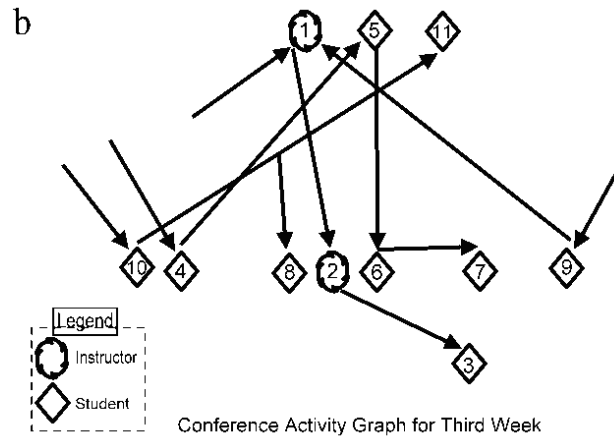


Figure 2. (a) Electronic Interaction Pattern of videoconferencing activity graph for session one. (b) Electronic Interaction Pattern of videoconferencing activity graph for session three.

#### 4.2.3 Evaluation of the VC activities

Five aspects of the whole videoconferencing activities (i.e., content, software, flesh ware, hardware, and educational users) were evaluated. Table 1 shows a list of the collected data to evaluate the entire videoconferencing activities.

Table 1. Evaluation of the VC activities

Aspects of the research framework	Data collected in the evaluation
1.Content	Recorded video (each session)
2.Software	Responses from the participants (interviews)
3.Fleshware	Responses from the participants (interviews)
4.Hardware	Information from the Distance Education Development Session in the selected university
5.Educational Users	The post VC activity questionnaire and interviews

##### (1) Content

Some students said that they had insufficient time to prepare for the topics each session and some topics such as politics and American movies were unfamiliar to them. Therefore, they felt indifferent and did not want to express any opinions. Taking politics as an example, the Taiwanese participants were more conservative and not willing to show their political positions in public. However, most Americans liked to discuss political issues in public and were more willing to actively express their opinions. In this case, it may be attributed to the American participants' college major (journalism), which indicated a higher interest in politics. The Taiwanese participants suggested that the future discussion topics and detailed schedule in each session should be settled by both sides in advance in order for both sides of participants to have sufficient time to prepare.

##### (2) Software

The findings indicated that most Taiwanese participants favored utilizing the VC tool to create a virtual language learning environment. Therefore, those Information Communication Technologies (ICTs)-supported activities that could provide language learners with a positive learning atmosphere and real-life context. As confirmed by Wang (2004), this study also found that the capability of NetMeeting™ in providing audio and video quality were reliable and acceptable.

### (3) Fleshware

From the constructivists' points of view (Fosnot, 1996), learners should construct their own knowledge instead of passively accepting what the instructors are teaching. In the VC activities, the learning process was facilitated since learners had to find the related reading materials, build up their knowledge of each discussion topic, and share what they knew with others. Moreover, those VC activities promoted collaborative and cooperative learning in Taiwan and the USA. In other words, the participants in Taiwan collaborated (to practice English listening and speaking) or cooperated (to share cultural insights and identify cross cultural differences) with the American participants.

### (4) Hardware

In this study, the Internet is considered to be hardware. Many unexpected disconnections occurred. Technological problems, such as the display of sound without the corresponding image occurred once. In this case, the stability and quality of classroom videoconferencing seemed outstanding. Compared to the other types of VC systems, classroom videoconferencing can accommodate over 30 students with high quality audio and video, and at a high Internet speed.

### (5) Educational Users

The findings indicated that a majority of the Taiwanese learners expressed their willingness to take the ICT-supported courses to learn English. That is, a number of the Taiwanese participants considered the VC activities "valuable" (worthy) to implement. Furthermore, according to the results of the post VC activities questionnaire, it showed that 72% of the Taiwanese learners considered that the VC activities were helpful in learning English. In addition, 76% of the Taiwanese learners felt that they had more confidence in talking to native speakers.

In this study, the Taiwanese students gained additional confidence in expressing their ideas and opinions in English. Such findings echoed previous studies that indicated that the videoconferencing learning environment was helpful in promoting the learners' usage of communicative strategies, and emotional effects, such as increased participation in discussion by shy students compared to a traditional classroom (Beauvois, 1998a, b). Learners were more likely to speak with reduced anxiety in the VC interactive learning environment (Kelm, 1992).

The Taiwanese instructor considered the ICT-supported language learning an alternative learning method to establish an authentic, interactive, real-life learning environment, and cooperative atmosphere. Furthermore, the concept of Communicative Language Teaching (CLT) was applied in this study. CLT emphasizes interpersonal communication,

contextualized practices, and learners' personalized needs. The most vital concept of CLT is the communicative competence (Hymes, 1971).

Comparing the face-to-face versus the computer-mediated interactions, Walther's (1996) indicated that it took longer for students in the CMC to develop social relationships without face-to-face settings. However, the present study results did not support the previous findings (Walther, 1996). The reasons are attributed to the Taiwanese participants' high exposure to ICTs in their daily lives. They could quickly adjust themselves to the VC activities, and this involved maintenance of VC-support activities. Chambers and Davies (2001) remarked that the benefits of ICTs are real-life learning. The reality of the virtual language learning environment was a new opportunity for ESL learners to communicate with native speakers. Language instructors need to focus on the use of language, and ICTs make it easy to do so, especially since Internet access is available for most Taiwanese learners. Bringing a sense of reality can facilitate learners to be less dependent.

However, the use of VC is not without its problems. Videoconferencing is strongly reliant on technologies. In the present study, when such technologies fail, there would be no alternative tools to be instantly employed during the instruction. The VC activities in this study might not foster autonomy of the Taiwanese learners, since they were asked to follow the designated topics for discussion.

In this study, the form of interaction in VC activities was socially and didactically-embedded, instead of promoting higher order thinking. Previous researchers have indicated that this social interaction via VC is essential to supporting learning but may not be sufficient for the promotion of learning (Abbott et al., 2004; Bates, 2005; Knipe & Lee, 2002; Gillies, 2008.)

Furthermore, we also found that it was difficult to readily identify the speaker when there were many participants involved, which might result in others to rely on the voice alone. It would also lead to some students' having high engagement while others became inactive and inattentive for long periods of time. Without an instructor present, it would be easier for students to disappear in the remote sites than in the traditional classroom (Gillies, 2008).

According to the results of the proposed five aspects of VC activity evaluation, the content involved in the learning activities should be seriously discussed by both participant sides and is suggested to be in accordance to both sides of cultures and customs. Additionally, the participants need to be informed in advance regarding the learning content and process so as to be well-prepared during the teleconferencing communication. In terms of software evaluation, in this case, we found that even among participants with low levels of computer literacy perceived the videoconferencing tool to be easy to use. The present findings echoed Wang's (2004) study that videoconferencing could facilitate learning via the establishment of a learning community, which was an essential element for effective language communication. In terms of the fleshware evaluation, the VC activities allowed learners to actively construct their knowledge via discussions and mutual communications instead of passively receiving what instructors offered. This mode of learning facilitated the students' autonomous learning process. As for hardware evaluation, the instructors perceived very limited support from the

management and administrative sectors. Therefore, in this study, the American instructor played a significant role in the successful implementation of the VC activities. The university management support and encouragement of innovation also enabled teachers to take risks for integrating computer technology into their pedagogical practices. Lastly, as far as the educational users' evaluations were concerned, the VC activities were fruitful in enhancing the learners' self-confidence in speaking foreign languages and improving their motivations for learning.

## 5. Conclusions

In summary, based on the above results and discussions, this novel language learning experience had greater positive versus negative influences. As mentioned above, characteristics of the videoconferencing tool are the real-time images and voices of the participants so that the VC technology can create an authentic, communicative, and task-based language learning environment. In addition, the VC tool can assist distance learners in building a learning community, which is a vital factor for effective language learning. As long as the major issues such as avoiding unfavorable discussion topics and technological disconnection can be removed and improved, better learning outcomes can be expected.

Future studies are suggested to be conducted with a larger number of participants. Additionally, the discussion topics could be settled by both parties much earlier, so that the students could have more time to prepare. Some more serious and sensitive topics such as politics might be avoided to circumvent causing unnecessary antipathy toward the counterparts. A more detailed lesson plan can be written to make the entire distance language learning course to be better organized. The participants can be changed to EFL graduate students or students with better English proficiency because it is less likely for them to have difficulty in communicating with native speakers when the instructors' assistance was absent. Finally, the institutions should offer various support to encourage these ICT-supported language learning activities. The institutions should also provide training courses on VC technology tools for instructors to help improve their quality of instruction.

## References

- [1] Abbott, L., Austin, R., Mulkeen, A., & Metcalfe, N. (2004). The global classroom: Advancing cultural awareness in special schools through collaborative work using ICT. *European Journal of Special Needs Education, 19*(2), 225-240.
- [2] Badenhorst, Z., & Axmann, M. (2002). The educational use of videoconferencing in the arts faculty: Shedding a new light on puppetry. *British Journal of Educational Technology, 33*(3), 291-299.
- [3] Bates, A. W. (1997). The impact of technological changes on open and distance learning. *Distance Education, 18*(1), 93-109.
- [4] Bates, A. (2005). *Technology, e-learning and distance education* (2nd ed.). Abingdon, UK: Routledge.
- [5] Beauvois, M. H. (1998a). Conversations in slow motion: Computer-mediated communication in the foreign language classroom. *The Canadian Modern Language Review, 54*(2), 198-217.
- [6] Beauvois, M. H. (1998b). *New ways of learning and teaching: Focus on technology and foreign language education*. Boston: Heinle & Heinle.
- [7] Blake, R. (2000). Computer mediated communication: A window on L2 Spanish interlanguage. *Language Learning and Technology, 4*(1), 120-136.
- [8] Burns, J. (2002). Evaluating staff development and training models to support the implementation of videoconferencing technology for teaching and learning in a distributed university. *Quarterly Review of Distance Education, 3*(3), 327-340.
- [9] Chambers, A., & Davies, G. (2001). *ICT and language learning, A European perspective*. Lisse, Netherlands: Swets & Zeitlinger.
- [10] Fosnot, C. T. (1996). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. New York, N.Y.: Teachers College.
- [11] Gass, S. M. (2003). Input and interaction. In C. J. Doughty & M. H. Long (Eds.), *The handbook of second language acquisition* pp. 224-255. Malden, MA: Blackwell Publishers.
- [12] Gillies, D. (2008). Student perspectives on videoconferencing in teacher education at a distance. *Distance Education, 29*(1), 107-118.
- [13] Guri-Rosenblit, S. (1999). *Distance and campus universities: Tensions and contradictions*. Kidlington: Elsevier Science.
- [14] Hampel, R. & Barber, E. (2003). Using internet-based audio-graphic and video conferencing for language teaching and learning. In U. Felix (Hrsg.), *Language Learning Online. Towards Best Practice* pp. 171-191. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- [15] Heath, M. J., & Holznagel, D. (2002). Interactive videoconferencing: A literature review. *K-12 Interactive National Symposium for Interactive Videoconferencing*, Dallas, Texas.
- [16] Henri, F. (1992). Computer conferencing and content analysis. *Collaborative Learning through Computer Conferencing: The Najaden Papers*, 115-136.
- [17] Hutchby, I. (2001). *Conversation and technology: From the telephone to the Internet*.

- Malden, MA: Blackwell Publishers.
- [18] Hymes, D. H. (1971). In Pride J. B., Holmes J. (Eds.), *On communicative competence* (1st ed.). Great Britain: Penguin.
- [19] Jason, M. W. (2004). Blog assisted language learning (BALL): Push button publishing for the pupils. *TEFL Web Journal*, 3(1)
- [20] Kelm, O. R. (1992). The use of synchronous computer networks in second language instruction: A preliminary report. *Foreign Language Annals*, 25(2), 441-454.
- [21] Kitade, K. (2000). L2 learners' discourse and SLA theories in CMC: Collaborative interaction in Internet chat. *Computer assisted Language Learning*, 13(2), 143-166.
- [22] Knipe, D., & Lee, M. (2002). The quality of teaching and learning via videoconferencing. *British Journal of Educational Technology*, 33(3), 301-311.
- [23] Laurillard, D. (2002). *Rethinking university teaching* (2nd ed.). London: Routledge Falmer.
- [24] Lee, L. (2004). Learners' perspectives on networked collaborative interaction with native speakers of Spanish in the US. *Language Learning and Technology*, 8(1), 83-100.
- [25] Lewental, M., & Kress, M. (2005). *Making global connections: The virtual classroom project*. Paper presented at the 38th Annual Association of Small Computer Users in Education (ASCUE) Conference, Myrtle Beach, SC.
- [26] Liaw, M. L. (1998). Using electronic mail for English as a foreign language instruction. *System*, 26(3), 335-351.
- [27] Lincoln, Y., & Guba, E. (1985). *Naturalistic inquiry*. London: Sage Publications.
- [28] Liou, H. C. (1998). Toward a model for CMC assisted EFL learning. *Paper Presented at World CALL Conference*, Melbourne, Australia. 13-17.
- [29] Lucas, B., & Ridly, P. (2002). *Conference on Educational Conferencing*, University of Southampton, Centre for Teaching and Learning.
- [30] Martin, M. (2005). Seeing is believing: The role of videoconferencing in distance learning. *British Journal of Educational Technology*, 36(3), 397-405.
- [31] Mitchell, R., & Myles, F. (1998). *Second language learning theories*. London: Arnold.
- [32] Murphy, K. L., & Cifuentes, L. (2001). Using web tools, collaborating, and learning online. *Distance Education*, 22(2), 285-305.
- [33] Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.
- [34] Payne, F., Gooday, M., Coutts, N., Duncan, A., & Wolfe, A. (2006). *The use of videoconferencing for learning and teaching: Evaluation of the Global Learning and International Classroom Project*. <http://www.sera.ac.uk/docs/2006/Programme2006final.pdf> [last access: 05/11/2010].
- [35] Porter, M. (1980). *Competitive strategy*. New York: The Free Press.
- [36] Ryan, S., Scott, B., Freeman, H., & Patel, D. (2000). *The virtual university*. London: Kogan Page.
- [37] Shih, Y. D. (2002). English language learning via desktop videoconferencing: A pilot study. *2002 Annual Proceedings of Selected Research and Development*, 1 390-394.

- [38] Smith, B. (2003). Computer-mediated negotiated interaction: An expanded model. *The Modern Language Journal*, 87(1), 38-57.
- [39] Smyth, R. (2005). Broadband videoconferencing as a tool for learner-centred distance learning in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 36(5), 805-820.
- [40] Stacey, P. (2001). *E-learning value chain and market map*.  
<http://www.bctechnology.com/statics/BCelearning.swf> [last access: 05/21/2010].
- [41] Thurston, A. (2004). Promoting multicultural education in the primary classroom: Broadband videoconferencing facilities and digital video. *Computers & Education*, 43, 165-177.
- [42] Wainfan, L. & Davis, P. K. (2004). *Challenges in virtual collaboration: Videoconferencing, audioconferencing, and computer-mediated communications*. RAND Corporation.
- [43] Walther, J. (1996). Computer-mediated communication: Impersonal, interpersonal, and hyperpersonal interaction. *Communication Research*, 23(1), 3-43.
- [44] Wang, Y. (2004). Supporting synchronous distance language learning with desktop videoconferencing. *Language Learning & Technology*, 8(3), 90-121.
- [45] Wheeler, S., & Amiotte, S. (2004). The death of distance: Documenting the effects of distance education in South Dakota. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 6(1), 76-83.
- [46] Woodruff, M. & Mosby, J. (1996). A brief description of Videoconferencing. *Videoconferencing in the classroom and library*.  
<http://www.kn.pacbell.com/wired/vidconf/description.html#what> [last access: 05/01/2010].





# 以 Oxford 的語言策略模型檢視台灣英語系大學生的英語學習成就

## Testing Oxford's Taxonomy of Language Learning Strategy on Taiwanese English Major University Students' English Achievement

高柏祺<sup>1</sup>

Po-Chi Kao

實踐大學高雄校區應用英語系

助理教授

freedompath@gmail.com

Philip Craigie<sup>2</sup>

澳大利亞 迪肯大學教育學系

碩士生

### 摘 要

本研究利用 Oxford 的 SILL 理論模型探索台灣英語系大學生的英語策略。全部共有 114 個受測者參與這項研究，透過多元回歸分析，我們發現兩項策略可以預測學生的英語學習成就，這兩項策略分別是認知策略、與情意策略。結果顯示，SILL 模型解釋了整個樣本英語學習成就約 76% 的變異數，而其中，使用較多認知策略與較少情意策略的學生比使用較少認知策略與較多情意策略的學生有較高的英語學習成就。我們的數據證實了 Oxford 的 SILL 理論模型對英語學習成就的預測性，也彰顯了 Oxford 的 SILL 理論模型用來了解英語學習經驗的潛在價值。

**關鍵詞：**學習策略、英語成就、英語系學生、英語學習經驗、理論模型測試

## Abstract

This study investigated the effects of the EFL learning strategies on Taiwanese English-major university students. By using Oxford's SILL model, this study focused on the students' strategy use in EFL learning, and identified two strategy predictors that were significantly related to the students' English achievement. A total of 114 students from the Department of Applied English from a private university in southern Taiwan participated in this study. The findings suggested that SILL accounted for approximately 76% of the variance in the English achievement found in this sample. Among the strategies entered into the regression analysis, cognitive strategy and affective strategy significantly contributed to English achievement. Students who used more cognitive strategy and less affective strategy had better English achievement than those who used less cognitive strategy and more affective strategy. The results of this study endorsed the predictability of Oxford's SILL model on English achievement, and highlighted the potential value of the SILL framework in understanding EFL learning experience.

**Keywords :** learning strategy, English achievement, English majors, EFL learning experience, Theoretical model testing

## INTRODUCTION

Over the last two decades, there has been a gradual but noticeable shift within the field of language education with greater emphasis being put on learners and learning rather than on teachers and teaching (Prakongchati, 2007). Learner factors such as gender, age, personality, motivation, or purpose of learning the language may determine the language proficiency achieved by the learner. Of all the learner factors, learning strategy has drawn the attention of a few scholars (e.g., Ku, 1995; Mullins, 1992; Oxford, 1990; Wharton, 2000). In particular, the relationship between the use of language learning strategies and success in understanding, acquiring, or remembering a foreign language has been the primary concern of more and more language researchers (e.g., Abraham & Vann, 1987; Cohen, 1998; Green, 1991; Oxford & Burry-Stock, 1995; Peacock & Ho, 2003; Phillips, 1990, 1991; Rubin, 1987; Su, 2005; Vann & Abraham, 1990; Wharton, 2000; Yang, 2007). In line with this new shift of interest, what kinds of strategies Taiwanese learners use to master a foreign language has been the core interest of the present study.

## OXFORD'S TAXONOMY OF LANGUAGE LEARNING STRATEGIES

Language learning strategies have been found to be a key factor in foreign language acquisition (see the language learning strategy studies of Ku, 1995; Mullins, 1992; Oxford, 1990; Wharton, 2000). Language learning strategies have been defined as “specific actions taken by the learners to make learning easier, faster, more enjoyable, more self-directed, more effective, and more transferable to new situations” (Oxford, 1990, p.12).

Oxford (1989, 1990, 1996) developed one of the most comprehensive language learning strategy models to date. On the basis of strategy functions, she explained these strategies are techniques which learners use to help them acquire foreign languages and improve their use and understanding of foreign languages either consciously or subconsciously. In order to measure language learning strategies, Oxford (1989, 1990) developed the Strategy Inventory for Language Learning (SILL). SILL conceptualised six camps of language learning strategies. These six camps are memory strategies, cognitive strategies, compensation strategies, meta-cognitive strategies, affective strategies, and social strategies.

Memory strategies, which relate to how students remember languages, referred to the mnemonic work in which both visual and verbal mental imagery was used. These strategies help learners create mental linkages and arrange information in order to make associations. Therefore, new material can be integrated into existing cognitive systems more easily. In addition, they also provide retrieval cues to help learners recall better (Oxford, 1990).

Cognitive strategies, which relate to how students think about their learning, pertain to

the skills such as reasoning and analysing to process the target language, so that the meanings become clear through the process. By using this style of strategies, learners withdraw prior linguistic and conceptual knowledge to derive specific hypotheses about the semantic meaning or speakers' intention. Furthermore, this style of strategies help learners seek organisation and patterns which make sense to the language learner in order to acquire and store information about the target language in a way organised and retrievable to the learner (Oxford, 1990).

Compensation strategies, which enable students to make up for limited knowledge, involve actions such as using gestures or synonyms and guessing meanings when the precise expression is unknown. This style of strategies enables learners to use the new language for either comprehension or production in spite of not having enough knowledge in the target language. The above three camps were grouped as direct learning strategies by Oxford (1989, 1990) because these strategies directly involve the target language.

The other three camps of strategies (meta-cognitive strategies, affective strategies, and social strategies) were grouped as indirect learning strategies (Oxford, 1989, 1990). In indirect learning strategies, meta-cognitive strategies relate to how students manage or take control their own cognition, in order to self-direct, regulate, or oversee language learning. For example, learners may assess their needs and preferences before choosing how they should learn a language. This choice may depend on the learner's belief about how a language is learned. Therefore, meta-cognitive strategies were described as higher order executive skills that could involve the choosing, monitoring, or evaluation of language learning and using (O'Malley & Chamot, 1990). By choosing and evaluating, learners set their own goals, plan what strategies to be used, and change or modify them should they become unsuccessful.

Affective strategies, relating to students' feelings, refer to the regulation of feelings and attitudes (Oxford, 1989, 1990). Positive emotions can make language learning more enjoyable and effective, while negative feelings can stunt progress. Therefore, this style of strategies may include anxiety reduction, self-encouragement, and self-reward.

Social strategies, which involve learning by interacting with others, are the ones that take account of the fact that language is a form of social behaviour which involves communication with others. These strategies increase the exposure to the target language and put learners in an environment where practice is possible. Since the above three styles of learning strategies do not lead directly to the obtaining, storing, or retrieving and using of the language, they contribute only indirectly to language learning.

These six categories, which underlie the Strategy Inventory for Language Learning (SILL), have been used by Oxford (1989, 1990) and others for research in the field of language learning strategy studies. As stated in Ellis (1994), Oxford's model is "perhaps the most comprehensive classification of learning strategies to date" (p.539).

The literature examining Oxford's SILL model as a framework in the context of foreign language learning showed valuable results for both EFL learners and teachers. The purpose of the current study is to further evaluate this model's predictive ability by applying it in a

sample of Taiwanese English-major university students to explain its predictability of EFL achievement. This research aims to respond to the great need for theory-driven empirical research that leads to a clearer understanding of the language learning strategies and their subsequent learning results.

## **RATIONAL FOR THE CURRENT STUDY**

This study is required on a few counts. One, in spite of the great number of studies on language learning strategy use, research on EFL learners from certain cultural groups is scarce. One under-researched domain among EFL learners is Mandarin-speaking and Taiwanese-speaking students. Exploration of language learning strategies in the context of Taiwan's private university, especially the English-major students, has rarely been studied before. Most studies used samples of either westerners studying foreign language in their own countries or groups of mixed nationalities studying English as an L2 in Western countries. As we know, culture forms a context through which individuals learn or acquire their learning strategies. Cultural values can be a major force in determining what strategies to use in learning EFL. To further understand the language learning experience, it is essential to conduct this study, which incorporated the cultural perspective into our research.

In addition, there are been very limited information available to identify what EFL learning strategies that English-major university students prefer to use. Also, very few studies have investigated the role of language learning strategies as predictors of their English achievement. Therefore, this study may theoretically contribute to the research in EFL teaching and learning in Taiwan. The result obtained and the conclusions reached through this study may add to the body of research of EFL education in the global context. Furthermore, the understanding of the relationships between the use of EFL learning strategy reported by Taiwanese English-major university students and the levels of language achievement will invariably provide insights to facilitate pedagogical implications for instruction and curriculum development in EFL education.

Finally, this study is expected to present crucial information for the EFL instructors and the educational policy makers to further understand the students and assist them through the EFL learning process.

## **RESEARCH QUESTIONS**

The present study aims to identify what language learning strategies which university students employ in learning English as a Foreign Language (EFL) in a private university in southern Taiwan. The specific aims of the present investigation are to examine:

1. What are the EFL learning strategies that the English-major students prefer to use?
2. What EFL learning strategies are significantly related to English achievement and

how well does Oxford's SILL model predict English achievement?

## METHODOLOGY

### Participants

The participants in this study were recruited from the Department of Applied English of a private university in southern Taiwan. A total of 114 students volunteered for this study. All participants' native languages were either Taiwanese or Mandarin. They all attended standardised English class in primary and secondary schools before entering university. On average, the students had 10 years of English learning experience from primary, secondary schools, and the university. In other words, the participants were taught in the context of learning English as a foreign language. Thus, they all have a similar background in learning English.

### Instruments

The 50-item Strategy Inventory for Language Learning (SILL) Version 7 (ESL/EFL Version) (Oxford, 1990) was employed to test the participants' ESL learning strategies. SILL, a self-report assessment designed to determine the extent to which learners use various strategies to improve their foreign language learning, is the most widely used strategy scale. Green and Oxford (1995) and Oxford (1996) quoted reliability of ESL/EFL versions of SILL, using Cronbach's  $\alpha$  (Cronbach, 1951) for internal consistency, showing high  $\alpha$  from 0.91 to 0.94. With regard to validity, concurrent and predictive validity have been found when relating the SILL results to measures of proficiency, motivation, learning styles, and other factors (see Oxford & BurryStock, 1995, and Oxford, 1996, for details).

Each item in this scale is accompanied by a five-point Likert scale: 1 = never or almost never true of me, 2 = generally not true of me, 3 = somewhat true of me, 4 = generally true of me, 5 = always or almost always true of me. The learners were asked to indicate their response to a strategy description. SILL includes six subscales: memory strategies (9 items), cognitive strategies (14 items), compensation strategies (6 items), meta-cognitive strategies (9 items), affective strategies (6 items), and social strategies (6 items).

To obtain the total score for each section, the scores in the related section were added, and then each of these total scores was divided by the number of strategies in each category. The higher the subjects' average score for a given category, the more frequently the subjects used that particular category of strategies. In distinguishing frequency of strategy use, Oxford (1990) defined a mean of all subjects in the range of 3.5 and 5.0 on a SILL item as high use of that strategy, 2.5 to 3.4 medium use, and 1.0 to 2.4 low use. This scale has high psychometric properties, and it systematically represents the most comprehensive of strategies viewed as important to language learning (Hsiao & Oxford, 2002).

Students' English achievement was assessed by using their academic results of the English listening, reading, writing, and speaking courses in the spring semester of 2009. In the questionnaires, participants were asked to report their English achievement according to

the actual results they have obtained in their English listening, reading, writing, and speaking courses in the spring semester of 2009. Students' scores were obtained from the university's Office of Academic Affairs for students' reference.

The last section of the questionnaires asked the participants to provide background information about their years of university and gender.

## **Procedures**

Volunteers were recruited in the fall semester of 2009. Fliers containing the relevant information regarding this research were made available to the students of the Applied English Department. Those who wished to participate in this research contacted the authors. To encourage students' participation rate, they were told this research was important and would provide insights and guidelines for teaching approach and curriculum planning in the future. Students then completed a questionnaire containing their background information, and the measures of their EFL learning strategies and their reports on their English achievement. In response to the statements on the SILL, students were asked to think about their English learning experiences in the spring semester of 2009. Therefore, students' SILL scores reflected their EFL learning strategies in 2009 spring semester. In order to encourage honest answers, students were ensured that they were not required to provide their names and a coding system was utilised on their particular questionnaires. In this way, data did not contain any identifiable names. The number codes were used throughout data collection, analysis, and interpretation. Any identifying information was kept separate and confidential.

## **Data Analysis**

Descriptive statistics, including means and standard deviations, were reported in order to understand the learners' language learning strategies use in the first research question. The ranking of each strategy was computed by calculating the mean scores, representing the frequency of each strategy used by the students.

Simultaneous multiple regression was undertaken in order to analyse the second research question. Through this procedure, predictor variables of ESL learning strategies were used to predict the dependent variable of English achievement. Multiple regression was selected because it provides estimates of both the magnitude and statistical significance of relationships between variables (Gall, Borg, & Gall, 1996).

# **RESULTS AND DISCUSSION**

Table 1 shows the ranking of the participants' strategy use. While there are differences in the level of use in each strategy camp, the means of all strategies range from 3.02 to 3.42, defined by Oxford (1990) as medium use. The memory strategy ( $M = 3.42$ ,  $SD = 0.78$ ) has the highest mean, followed by cognitive strategy ( $M = 3.40$ ,  $SD = 0.58$ ), compensation

strategy ( $M = 3.39$ ,  $SD = 0.83$ ), affective strategy ( $M = 3.38$ ,  $SD = 0.88$ ), social strategy ( $M = 3.37$ ,  $SD = 0.79$ ), and meta-cognitive strategy ( $M = 3.02$ ,  $SD = 0.91$ ).

**Table 1: The Ranking of Each Strategy Use of the Participants**

Strategy	Mean	Standard Deviation	Ranking
Memory	3.42	0.78	1
Cognitive	3.40	0.58	2
Compensation	3.39	0.83	3
Affective	3.38	0.88	4
Social	3.37	0.37	5
Meta-cognitive	3.02	0.91	6

The sample reported that memory strategy as their most frequently used, while they used the meta-cognitive strategy least often. Our findings are in line with the commonly accepted account of the learning strategy used by Taiwanese and Chinese learners, who have a tradition of using memorisation in learning languages (Goh & Kwah, 1997). This result is also supported by Rao (2006), who argued that Chinese or Taiwanese education is dominated by a book-centred rote memory approach. For most Chinese and Taiwanese students, memory skill development comes first, followed by meaning and interpretation, with repetition being used as the tool for creating meaning, which in turn facilitates the process of memorization (Gardner, 1989). It seems plausible to suggest that culture can be a force in determining what language learning strategies to use in our participants.

While our results were supported by some previous studies shown above, other studies (e.g., Goh & Kwah, 1997; Klassen, 1994; Yang, 1994, cited by Oxford & Burry-Stock, 1995) reported contrast findings to ours. These studies also used Taiwanese and Chinese students as samples to investigate their language learning strategy. In their studies, compensation strategy had the most frequent use among all strategies. All of these studies reported that the memory strategy had the lowest frequency. We suspect that the discrepancy may result from testing SILL on different L2 learners, different proficiency levels, and different language learning settings.

The main interest of this study was to determine how well the EFL learning strategies predict the subjects' English achievement and to test the relative contribution of each independent strategy variables. For these reasons, simultaneous multiple regression was undertaken to determine the impact of the variables under study (the six learning strategies). Before carrying out data analyses, we examined the following assumptions for the regression



model: (1) normal distribution of the dependable variable for each combination of levels of the independent variables, (2) linearity, and (3) homoscedasticity (Green, Salkind, & Akey, 2000). Based on examination of a histogram, a normal probability plot (P-P plot), and scatterplots of the residuals, all assumptions were found to be tenable. So, simultaneous multiple regression was computed.

The results of this analysis are presented in Table 2. The results indicated that two variables accounted for a statistically significant variability on the subjects' English achievement. These two variables are cognitive strategy ( $p < .001$ ) and affective strategy ( $p < .001$ ). The beta value ( $\beta = .50$ ) of cognitive strategy indicates that more use of this strategy was related to better English achievement. The beta value ( $\beta = -.52$ ) of affective strategy indicates that more use of this strategy was related to lower English achievement. Altogether, approximately 76% of the variance in the English achievement found in this sample could be predicted by the SILL model,  $F(6, 107) = 57.12, p < .001, R^2 = .76$ . The results revealed that affective strategy made the largest significant unique contribution to the prediction of the subjects' English achievement; thus it was the strongest predictor of all EFL learning strategies. It is expected that individuals with more use of cognitive strategy and less use of affective strategy performed better in their English achievement than those who used less cognitive strategy and more affective strategy.

**Table 2: Simultaneous Multiple Regression Analysis for EFL Learning Strategy Variables Predicting English Achievement ( $N = 114$ )**

Strategy	Std. Error	Beta	<i>t</i>	<i>p</i>
Memory	.005	.02	.46	.64
Cognitive	.006	.50	8.30	<.001
Meta-Cognitive	.005	-.01	-.12	.91
Affective	.014	-.52	-5.43	<.001
Social	.014	.06	.66	.51
Compensation	.008	-.02	-.33	.74

$F(6, 107) = 57.12, p < .001, R^2 = .76, \text{Adjusted } R^2 = .75.$

The results suggested that the cognitive strategy is the only strategy found to be significantly related to better English achievement. Oxford (1990) indicated that the cognitive strategy helped learners to understand and produce new language through practicing, receiving and sending information, analyzing and reasoning, and creating structure for input and output. It appears that this strategy performed an important role in the subjects' EFL

learning. We suggest that the cognitive strategy may help the learners develop a fuller sense of meaning and coherence in their foreign language acquisition, which in turn enhances the learners' capacity to acquire and utilize a new language. Our finding is supported by Lan and Oxford (2003), who also found a positive relationship between Taiwanese students' English proficiency and the use of the cognitive strategy. Another study (Khalil, 2005) using Palestinian EFL learners as a sample to test SILL also discovered a positive relationship between the use of cognitive strategy and English proficiency. Similarly, Ehrman and Oxford (1995) investigated the relationship between end-of-course proficiency and a number of variables including language learning strategies. Their results indicated that the cognitive strategy was the only strategy variable found to have a significant positive relationship with success in language learning.

Our data also suggested that the use of affective strategy significantly contributed to poorer English achievement. This finding is consistent to the findings of previous studies. For example, Mullin (1992) revealed a negative correlation between affective strategy use and language entrance exam scores in a Thai university. Likewise, Bremner (1998) also reported significant negative relationships between students' language proficiency and the use of affective category strategies in a sample of Hong Kong university students. Similarly, Wharton (2000) examined 678 Singapore university students learning Japanese and French as a foreign language and found significant relationships between students' self-reporting proficiency levels and their use of affective strategies. Another study (Ozeki, 2000) examined learning strategies used by Japanese female students and the results also showed that low proficiency language learners used more affective strategies than high proficiency learners. However, a recent study conducted by Wang (2002) using a sample of Taiwanese students showed that high English proficiency was significantly related to more use of affective strategies. It appears that our findings are consistent to some studies, but contrary to others. We suspect that these discrepant results may be caused by testing SILL on different L2 learners, different proficiency levels, and different language learning settings.

In summary, among these six learning strategies, the use of cognitive strategies was significantly and positively related to the English achievement. The use of affective strategies was found to be significantly and negatively related to the English achievement. The relationships between the other four strategies (memory, meta-cognitive, social, and compensation) and the English achievement were not statistically significant.

The overall findings of this study are congruent with some studies carried out previously (e.g., Riazi, 2007) showing that students tend to use certain strategies in the process of their language learning in university. Therefore, it is plausible to think of language learning strategies as a salient learner variable to be considered both theoretically and pedagogically. All in all, our findings added support to Oxford's SILL model. The results showed that the overall strategies of SILL appeared to be a strong predictor of the students' English achievement. Approximately 76% of the variance in the English achievement found in this sample could be predicted by the SILL model. This result demonstrated the appropriateness of Oxford's SILL model in explaining Taiwanese English-major university students' English

achievement.

## **IMPLICATION FOR EFL EDUCATION AND CONCLUSION**

Language learning strategies seem to be part of Taiwanese English-major university students' EFL learning experiences. Participants in this study showed memory strategy was used most often and we suggested that culture could be a force in determining what language learning strategies to use in our participants. From the results of the multiple regression analysis, we discovered that memory strategy had no significant relation to English achievement. The data suggested that the use of more cognitive strategy and less affective strategy contributed to better English achievement. A need arises for providing students with opportunities to practice effective strategies that are appropriate to the instructional tasks and activities that constitute an essential part of the foreign language learning experience.

It is worth noting that the goal of developing students' strategic competence can only be achieved if teachers are convinced that the effective use of strategies contributes to success and that their provision of strategies-based instruction enhances students learning. Strong evidence exists for the effectiveness of strategies-based instruction. Therefore, by fostering the teachers' understanding of the value of the effective use of strategies for EFL learning, they can help their students gain greater control over their own learning. To achieve the best result, EFL instructors need to reinforce the learners' existing effective strategies while reducing the non-effective strategy. EFL instructors may allocate class time to the explanation and discussion of strategies. Since each style of the strategies has certain functions in different situations, students should become more aware of different categories of strategies and their functions and when and how they may use them to facilitate their language learning. Students should take an active role in sharing their experiences of language learning strategy use with other students.

Our findings also have implications for the design and development of EFL teaching materials. The results about prediction of strategy use on EFL achievement can guide teaching materials designers to incorporate activities and tasks infused with certain strategies. For example, Chamot and O'Malley (1996) have developed materials based on the Cognitive Academic Language Learning Approach, which advocated the use of certain learning strategies. Another researcher Willing (1989), the developer of the Australian Migrant English Program, focused on strategies that fostered managing the learning process and information.

In conclusion, language learning strategies are increasingly attracting the attention of contemporary EFL educators and researchers who are keen to harness the potential which language learning strategies would seem to have in order to enhance an individual's ability to learn a foreign language. The findings of the current study provided valuable data and information about Taiwanese English-major university students' use of language learning strategies, tested the predictability of SILL model, and explored the relationship between

English achievement and strategy use. It is hoped that increasing and extensive knowledge about the dynamics of EFL learners' learning strategies will better benefit EFL education.

## References

- [1] Abraham, R. and Vann, R. (1987). Strategies of two language learners: A case study. In A. Wenden and J. Rubin (Eds.), *Learner strategies in language learning* (pp. 85-102). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [2] Bremner, S. (1998). Language learning strategies and language proficiency: Investigating the relationship in Hong Kong. *The Canadian Modern Language Review*, 55(4), 490-514.
- [3] Chamot, A. U., & O'Malley, J. M. (1996). Implementing the cognitive academic language learning approach (GALEA). In R. E. Oxford (Ed.), *Language learning strategies around the world: Cross-cultural perspectives* (pp. 167-173). Honolulu: University of Hawaii.
- [4] Cohen, A. D. (1998). *Strategies in learning and using a second language*. London: Longman.
- [5] Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16: 297-334.
- [6] Ehrman, M., & Oxford, R. L. (1995). Cognition plus: correlates of language learning success. *The Modern Language Journal*, 79(1), 67-89
- [7] Ellis, R. (1994). *The study of second language acquisition*. Oxford: Oxford University Press.
- [8] Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. (1996). *Educational research: An introduction* (6<sup>th</sup> ed.). White Plains, NY: Longman.
- [9] Gardner, H. (1989). *To open minds*. New York: Basic Books.
- [10] Goh, C., & Kwah, P. F. (1997). Chinese ESL students' learning strategies: A look at frequency and gender. *Hong Kong Journal of Applied Linguistics*, 2, 39-53.
- [11] Green, J. M. (1991). *Language learning strategies of Puerto Rican university students*. Paper presented at the annual meeting of Puerto Rican Teacher of English to Speakers of Other Language, San Juan, PR.
- [12] Green, J. M., & Oxford, R. L. (1995). A closer look at learning strategies, L2 proficiency and gender. *TESOL Quarterly*, 29 (2), 261-296.
- [13] Green, S. B., Salkind, N. J., & Akey, T. M. (2000). *Using SPSS for Windows: Analyzing and understanding data* (2<sup>nd</sup> Ed.), Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [14] Hsiao, T. and Oxford, R. (2002). Comparing theories of language learning strategies: A confirmatory factor analysis. *The Modern Language Journal*, 86, 368-383.
- [15] Khalil, A. (2005). Assessment of language learning strategies used by Palestinian EFL Learners. *Foreign Language Annuals*, 38(1), 108-119.
- [16] Klassen, J. (1994). *The language learning strategies of freshmen English students in Taiwan: A case study*. Unpublished master's thesis. California State University at Chico.
- [17] Ku, P. Y. (1995). *Strategies associated with proficiency and predictors of strategy choice: A study on language learning strategies of EFL students at three educational levels in*

- Taiwan*. Unpublished doctoral dissertation. Indiana University, Indiana.
- [18] Lan, R., & Oxford, R. L. (2003). Language learning strategy profiles of elementary school students in Taiwan. *JRAL*, 41, 339-379.
- [19] Mullins, P. Y. (1992). *Successful English learning strategies of students enrolled at the Faculty of Arts, Chulaongkorn University*, Unpublished doctoral dissertation. United States International University, Bangkok, Thailand.
- [20] O'Malley, J. M., & Chamot, A. U. (1990). *Learning strategies in second language acquisition*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- [21] Oxford, R. L. (1989). Use of language learning strategies: A synthesis of studies with implications for teacher training. *System*, 17, 235-247.
- [22] Oxford, R. L. (1990). *Language learning strategies: What every teacher should know*. New York: Newbury House Publishers.
- [23] Oxford, R. L. (1996). Employing a questionnaire to assess the use of language learning strategies. *Applied Language Learning*, 7, 25-45.
- [24] Oxford, R. L., & Burry-Stock, J. A. (1995). Assessing the use of language learning strategies worldwide with the ESL/EFL version of the Strategy Inventory for Language Learning (SILL). *System*, 23(1), 1-23.
- [25] Ozeki, N. (2000). *Listening strategy instruction for female EFL college students in Japan*. Unpublished doctoral dissertation. Indiana University of Pennsylvania.
- [26] Peacock, M. and Ho, B. (2003). Student language learning strategies across eight disciplines. *International Journal of Applied Linguistics*, 13(2): 179-200.
- [27] Phillips, V. (1990). *English as a second language learner strategies of adult Asian students using the Strategy Inventory for Language Learning*. Unpublished doctoral dissertation. University of San Francisco.
- [28] Phillips, V. (1991). A look at learner strategy use and ESL proficiency. *CATESOL Journal*, 3, 56-57.
- [29] Prakongchati, N. (2007). *Factors related to the use of language learning strategies by Thai public university freshmen*. Unpublished doctoral dissertation. Suranaree University of Technology, Thailand.
- [30] Rao, Z. (2006). Understanding Chinese students' use of language learning strategies from cultural and educational perspectives. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 27(6), 491-508.
- [31] Riazi, A. (2007). Language learning strategy use: Perceptions of female Arab English majors. *Foreign Language Annals*, 40(3), 433-440.
- [32] Rubin, J. (1987). Learner strategies: Theoretical assumption, research history and typology. In A. Wenden & J. Rubin (Eds.), *Learner strategies in language learning* (pp. 15-30). London: Prentice Hall ELT.
- [33] Su, M. M. (2005). A study of EFL technological and vocational college students' language learning strategies and their self-perceived English proficiency. *Electronic Journal of Foreign Language Teaching*, 2(1), 44-56.
- [34] Vann, R. J., & Abraham, R. G. (1990). Strategies of unsuccessful language learners.

*TESOL Quarterly*, 24 (2), 177-197.

- [35] Wharton, G. (2000). Language learning strategy use of bilingual foreign language learners in Singapore. *Language Learning*, 50(2), 203-243.
- [36] Yang, M. N. (2007). Language learning strategies for junior college students in Taiwan: Investigating ethnicity and proficiency. *ASEAN EFL Journal*, 9(2), 35-57.
- [37] Yang, N. D. (1994). *An investigation of Taiwanese college students' use of English learning strategies*. Research report, National Taiwan University, Taiwan.
- [38] Wang, W. Y. (2002). *Effects of gender and proficiency on listening comprehension strategy use by Taiwanese EFL senior high school students: A case study from Changhua, Taiwan*. Unpublished master's thesis. National Changhua University of Education, Changhua, Taiwan.
- [39] Wharton, G. (2000). Language learning strategy use of bilingual foreign language learners in Singapore. *Language Learning*, 50(2), 203-243.
- [40] Willing, K. (1989). *Teaching how to learn: A teachers' guide and activity workshop*. Australia: MacQuarie University, Australian National Centre for Research in English Language Teaching.





## 世界級男子桌球選手成績表現之預測

### The Performance Prediction for the Global Top Male Table Tennis Players

謝瑄容<sup>1</sup>

Hsuan-Jung Hsieh

清雲科技大學體運組

講師

tracy\_s@cyu.edu.tw

陳金海<sup>2</sup>

King-hai Chen

長榮大學運休系

教授

郭明珍<sup>3</sup>

Ming-Cheng Kuo

東南科技大學體育室

講師

侯淑玲<sup>4</sup>

Shu-Ling Hou

長榮女中體育組

教師

## 摘 要

本研究目的在探討世界級男子桌球選手在單打比賽中各項綜合技術得分率對成績表現的預測效果。本研究以 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的各國優秀男子選手 15 名為研究對象，蒐集完整之 13 場(26 筆資料)比賽為研究範圍，使用觀察法以比賽技術統計表格為研究工具，所有資料以逐步多元迴歸分析法來進行分析。根據研究結果獲得以下結論：正手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側搓攻、正手側對攻、反手側對攻為世界級男子桌球選手成績表現的有效預測變項。

**關鍵詞：**桌球、男子、世界級選手、成績表現

## Abstract

This research is aimed to discover the prediction result of players' performance influenced by the scoring rate of the compound skill. The targets of this research include 15 male players who participated in the World Cup of Year 2006 & Year 2008, Male Group and the data include 13 games (26 pieces of information). The research tool is table tennis record sheet through observation and all data are analyzed by stepwise regression. The conclusion of this research comes up with the followings: forehand side service-attack、forehand side receive-attack、backhand side double cut、forehand side rally capacity、backhand side rally capacity are the effective predictive variable for the global top table tennis players' performances.

**Keywords** : table tennis, male, top players, performance

## 壹、緒 論

### 一、研究背景與動機

自從桌球項目進入奧運會後，桌球即為我國運動的重點培訓項目之一，但始終都與奧運獎牌無緣，所以如何應用科學的方法，進行有系統有計畫的訓練與研究，以獲得優異的比賽成績，使我國奧運摘金的美夢能早日實現，是目前國內提昇桌球競技運動成績表現非常重要且急迫的工作。尤其是近年來桌球規則改變(球體變大、得分改為 11 分制、無遮擋發球的實施、限用無機膠水等)對整體技戰術發展的影響非常大，但由於實施的時間並不是很長，是以相關問題仍須教練、學者們積極從各方面、各領域來做進一步之探討分析。例如從球體變大之相關文獻中(吳煥群、張曉蓬，1996；邱靖華、許銘華，2001；崔秀里，2001；陳建利，2002)可以知道，球體大小對於旋轉、速度及飛行距離有明顯差異，但對於各項技術的規律改變則有不同之結果，仍尚待後續研究者做進一步之探討。至於其他改變，諸如 11 分制、無遮擋發球的實施、限用無機膠水等亦是如此。

桌球運動是屬於開放式的競賽項目，在比賽時之技術是多樣化的，其技術分析方法也多達十七種以上(沈啓賓，1988)。而桌球比賽綜合技術分析是其中最主要的一種方式，桌球比賽綜合技術是指各種單項技術的結合應用，凡將兩種或兩種以上單項技術結合起來運用，統稱為綜合技術(林國本、邱茂譯、岑淮光，1983)。優秀桌球選子在整體綜合技術的表現上非常重要，因為可以避免因某單項技術的不足而造成比賽上的明顯缺失。尤其，桌球比賽綜合技術是戰術訓練的基礎，是比賽運用的重點，也是大部份學者(吳文嘉，2005；吳煥群、李振彪，1990；沈啓賓，1992；沈啓賓，1996；邱鐘惠等，1982；姚漢禱，1988；陳金海，2002；陳惠珠、張昭盛、沈啓賓，1990；湯志賢，2007；楊樹安、張曉蓬，2000；魯婷婷、閔振龍，2009)在對桌球比賽做技戰術分析時，必須依據具備之主要能力。這些綜合技戰術能力包括有發球搶攻、接發球搶攻、相持球搶攻、推攻、搓攻、對攻等項目。

而隨著世界桌球規則的不斷改變，對現有的桌球技術打法一定會產生不少的影響，是以必須對各年度比賽作長期記錄與分析，才能瞭解各階段規則改變對技術的影響，以供訓練上參考。尤其是對世界級優秀桌球選手的技術做長期追蹤研究更有其必要性與重要性，因為經過長期有系統科學化的記錄分析才能夠知己知彼提高訓練與比賽對陣之效果。因此，研究者持續收集整理世界優秀桌球選手比賽相關資訊，逐年分階段收集分析世界優秀桌球選手比賽狀況，以鑑往知來，瞭解各階段桌球新規則的改變與技術變化，及早建立新規則比賽的一些相關數據與屬性規律，以有效掌握訓練的契機，早日邁向成功之路。所以本文為掌握瞭解世界級男子桌球選子在單打比賽中各項綜合技術得分率對成績表現的預測效果，乃針對 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的各國優秀男子選手之綜合技術表現做預測分析，期能對桌球運動科學有所助益。

### 二、研究目的

根據上述的背景與研究動機，本研究之目的在探討桌球各項綜合技術得分率對世界級男子桌球選手成績表現的預測效果。

### 三、研究範圍

本研究以蒐集完整之 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的 15 名優秀男子桌球選手的 13 場(26 筆資料)比賽綜合技術表現，利用桌球綜合技術記錄表格，針對被觀察者的行為，記錄每場比賽選手綜合技術得、失分表現為本研究範圍。

### 四、研究限制

本研究所分析資料是由桌球專業用品店購得，所有比賽資料皆於比賽後觀看錄影分析取得，無法做即時之指導參考，對於選手的體能、心理、生理特質及不同性別、場地環境等因素並不在本研究範圍之內，有待日後繼續研究予以克服。

### 五、名詞操作性定義

#### (一)世界級男子桌球選手：

本研究世界級男子桌球選手是指 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的 15 名男子選手(吉田海偉、水谷隼、加卡巴、朱世赫、李廷祐、李靜、佩爾森、柳承敏、高禮澤、張雁書、張鈺、莊智淵、韓陽、蔣澎龍、羅伯特)。

#### (二)比賽綜合技術：

比賽綜合技術是指各種單項技術的結合應用，凡將兩種或兩種以上單項技術結合起來運用，統稱為綜合技術(林國本、邱茂譯、岑淮光，1983)。本研究中所指的桌球比賽綜合技術共十項，分別為正手側發球搶攻、反手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側接發球搶攻、正手側搓攻、反手側搓攻、正手側推攻、反手側推攻、正手側對攻、反手側對攻等。本研究正、反手側發球搶攻旨在探討發完球後的主、被動技術行為，即第一、三球的考驗，包含發球、推(擋)球、拉攻、殺球、撥攻、搓球、發球被攻等；正、反手側接發球搶攻旨在探討接發球後主、被動技術行為，即二、四球的考驗，包含推(擋)球、拉攻、殺球、撥攻、搓球、接發球被攻等；正、反手側搓攻旨在探討第四球後防守性搓球的能力，以改變為主、被動攻擊的行為，包含撥攻、搓球、被搶、拉攻、推(擋)球等；正、反手側推攻旨在探討第四球後積極推球及消極性擋球後的主、被動技術行為，包含殺球、推(擋)球、被搶、變線、對推等；正、反手側對攻旨在探討第四球後正、反手側對峙性攻擊的主、被動技術行為，包含對推、殺球、推(擋)球、對攻(拉)等(沈啓賓，1996)。

#### (三)比賽綜合技術得分率：

本研究桌球比賽綜合技術得分率=各項綜合技術得分÷(各項綜合技術得分+各項綜合技術失分)×100%。

#### (四)成績表現：

本研究中所指的成績表現是以每場比賽的勝率為成績表現依據。每場比賽的勝率=全部得分÷(全部得分+全部失分)×100%。

## 貳、研究方法

### 一、研究對象

本研究以 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的 15 名男子選手(吉田海偉、水谷隼、加卡巴、朱世赫、李廷祐、李靜、佩爾森、柳承敏、高禮澤、張雁書、張鈺、莊智淵、韓陽、蔣澎龍、羅伯特)為研究對象。

### 二、研究工具

本研究工具包括光碟片、放影機、電視、個人電腦及桌球比賽記錄表格(沈啓賓, 1988)。

### 三、研究方法與實施過程

本研究採用觀察法, 蒐集 2006 年及 2008 年參加世界桌球團體錦標賽的各國優秀男子選手比賽的實況錄影, 共計 13 場(26 筆資料)完整比賽。由記錄者觀看影帶逐場記錄所有選手比賽的過程, 每場比賽皆有兩位記錄人員。記錄人員由筆者及東南科技大學體育教師郭明珍擔任協助登錄工作, 兩位記錄人員均為桌球專長出身, 在擔任選手與教練時經常在訓練比賽中, 利用桌球比賽技術記錄表格做為記錄比賽技術, 兩位記錄人員皆具備國內大專院校桌球教練資歷與技術涵養, 觀念清楚且對桌球比賽記錄皆有相當經驗與熟悉, 對於記錄表格的運用與記錄都非常熟悉, 並且在觀看比賽錄影帶前均再次講解本研究記錄表格之特性與注意事項, 以具體充分了解記錄之標準。

在登錄後兩位記錄者立即做記錄表之驗證工作, 如有疑慮提出註解, 並進行影帶反覆觀看驗證後修正。所有比賽場次所登錄之記錄, 均經檢視錄影帶核對驗證無誤後, 再進行統計處理。記錄者每次觀看影帶時間均以一塊光碟片為限(約為兩小時), 以避免因疲勞而產生登錄上之誤差。分別統計十項綜合技術項目, 包括正手側發球搶攻( $X_1$ )、反手側發球搶攻( $X_2$ )、正手側接發球搶攻( $X_3$ )、反手側接發球搶攻( $X_4$ )、正手側搓攻( $X_5$ )、反手側搓攻( $X_6$ )、正手側推攻( $X_7$ )、反手側推攻( $X_8$ )、正手側對攻( $X_9$ )、反手側對攻( $X_{10}$ )之得、失分, 並換算成各項綜合技術得分率及比賽勝率。

本研究由兩位記錄者觀看錄影帶並負責登錄同一場賽事, 採交互評分者信度進行信度考驗, 公式:  $\text{次數相同數} \div (\text{次數相同數} + \text{次數不同數}) \times 100\%$  (王文科, 1999; Siedentop, 1983)。計算信度結果達 .97, 顯示記錄者在界定上相當一致。

### 四、資料處理

本研究將所得原始資料驗證無誤後, 利用 PC 個人電腦分別以 Excel 及 SPSS for Windows 統計軟體進行統計分析, 各項統計考驗之顯著水準定為  $\alpha=.05$ , 處理步驟如下: (一)分別統計比賽十項綜合技術之得、失分, 並換算成各項綜合技術得分率及比賽勝率。(二)以逐步多元迴歸(stepwise regression)分析法考驗桌球各項綜合技術得分率對成績表現的預測效果。

## 參、結果與討論

本研究以世界級男子桌球選手各項綜合技術得分率為預測變項，包括正手側發球搶攻(X<sub>1</sub>)、反手側發球搶攻(X<sub>2</sub>)、正手側接發球搶攻(X<sub>3</sub>)、反手側接發球搶攻(X<sub>4</sub>)、正手側搓攻(X<sub>5</sub>)、反手側搓攻(X<sub>6</sub>)、正手側推攻(X<sub>7</sub>)、反手側推攻(X<sub>8</sub>)、正手側對攻(X<sub>9</sub>)、反手側對攻(X<sub>10</sub>)等十項綜合技術，以成績表現為效標變項，以逐步多元迴歸方法預測各項綜合技術得分率對成績表現的預測效果，結果如下：

### 一、世界級男子桌球選手各項綜合技術得分率的平均數與標準差

本研究統計世界級男子桌球選手各項綜合技術得分率各變項表現原始資料，求得平均數、標準差，見表 3-1。

表 3-1 世界級男子桌球選手各項綜合技術得分率與成績表現平均數與標準差統計表

項目	資料數	平均數	標準差
成績表現(Y)	26	0.50	0.11
正手側發球搶攻(X <sub>1</sub> )	26	0.64	0.17
反手側發球搶攻(X <sub>2</sub> )	26	0.48	0.27
正手側接發球搶攻(X <sub>3</sub> )	26	0.50	0.22
反手側接發球搶攻(X <sub>4</sub> )	26	0.39	0.22
正手側搓攻(X <sub>5</sub> )	26	0.43	0.34
反手側搓攻(X <sub>6</sub> )	26	0.38	0.41
正手側推攻(X <sub>7</sub> )	26	0.26	0.31
反手側推攻(X <sub>8</sub> )	26	0.43	0.27
正手側對攻(X <sub>9</sub> )	26	0.47	0.31
反手側對攻(X <sub>10</sub> )	26	0.28	0.36

由表 3-1 可以發現，世界級男子桌球選手在比賽中的十項綜合技術得分率高低，依序為正手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側發球搶攻、正手側對攻、正手側搓攻、反手側推攻、反手側接發球搶攻、反手側搓攻、反手側對攻、正手側推攻。其中以正手側發球搶攻為最高，正手側推攻為最低。

### 二、相關矩陣

本研究各項綜合技術項目與成績表現之相關矩陣見表 3-2。

表 3-2 世界級男子桌球選手各項綜合技術得分率與成績表現之相關矩陣(N=26)

項目	成績表現(Y)	正手側發球搶攻(X <sub>1</sub> )	反手側發球搶攻(X <sub>2</sub> )	正手側接發球搶攻(X <sub>3</sub> )	反手側接發球搶攻(X <sub>4</sub> )	正手側搓攻(X <sub>5</sub> )	反手側搓攻(X <sub>6</sub> )	正手側推攻(X <sub>7</sub> )	反手側推攻(X <sub>8</sub> )	正手側對攻(X <sub>9</sub> )	反手側對攻(X <sub>10</sub> )
Y	1.00	0.70*	0.24	0.69*	-0.04	-0.09	0.44*	0.56*	0.03	0.66*	0.43*
X <sub>1</sub>		1.00	0.08	0.38*	-0.12	-0.08	0.14	0.47*	0.09	0.48*	0.26

X <sub>2</sub>	1.00	0.02	-0.06	0.16	0.25	0.19	0.23	-0.04	0.38
X <sub>3</sub>		1.00	-0.23	-0.16	-0.04	0.37*	0.12	0.37*	0.20
X <sub>4</sub>			1.00	-0.29	0.14	0.07	-0.22	-0.05	0.24
X <sub>5</sub>				1.00	-0.17	0.19	0.14	0.04	-0.24
X <sub>6</sub>					1.00	0.29	0.10	0.20	0.23
X <sub>7</sub>						1.00	0.30	0.55	0.20
X <sub>8</sub>							1.00	-0.15	0.25
X <sub>9</sub>								1.00	0.07
X <sub>10</sub>									1.00

\*p<.05

由表 3-2 可以發現，世界級男子桌球選手在比賽中的十項綜合技術得分率與校標之相關，在正手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側搓攻、正手側推攻、正手側對攻、反手側對攻等項目達到顯著相關。而正手側發球搶攻與正手側接發球搶攻、正手側推攻、正手側對攻等項目達到顯著相關。正手側接發球搶攻與正手側推攻、正手側對攻等項目達到顯著相關。

### 三、逐步選出代表性技術項目

本研究逐步多元迴歸分析法是結合順向選擇法和反向淘汰法逐步地選取變數，每一個變數均檢定其進入方程式與退出方程式是否達顯著水準，順向選擇法是根據選取變數的標準，一次選取一個變數，直到所有符合標準的變數均已進入方程式之中。反向淘汰法是根據排除變數的標準，一次排除一個變數，直到所有符合排除標準的變數均不在方程式之中(張紹勳、林秀娟，1994)。本研究逐步多元迴歸分析其選擇進入的標準為  $P_{IN}=0.05$ ，淘汰的標準  $P_{OUT}=0.10$ ，逐步多元迴歸分析結果如表 3-3。

表 3-3 世界級男子桌球選手各項預測變項與成績表現之逐步多元迴歸分析摘要表

變項	決定係數(R <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> 增加量	F 值	原始分數 迴歸係數(B)	標準 迴歸係數(β)	t 值
正手側發球搶攻(X <sub>1</sub> )	0.49	0.49	23.30*	0.20	0.32	4.11*
正手側接發球搶攻(X <sub>3</sub> )	0.70	0.21	26.83*	0.21	0.45	6.17*
反手側搓攻(X <sub>6</sub> )	0.85	0.15	42.79*	0.08	0.32	4.75*
正手側對攻(X <sub>9</sub> )	0.89	0.04	44.39*	0.09	0.27	3.44*
反手側對攻(X <sub>10</sub> )	0.92	0.02	44.69*	0.05	0.17	2.40*
常數				0.18		

\*p<.05

由表 3-3 可以發現，世界級男子桌球選手的十個綜合技術得分率預測變項中，正手側發球搶攻(X<sub>1</sub>)、正手側接發球搶攻(X<sub>3</sub>)、反手側搓攻(X<sub>6</sub>)、正手側對攻(X<sub>9</sub>)、反手側對攻(X<sub>10</sub>)對成績表現的預測力達到顯著水準。在世界級男子桌球選手的十個綜合技術得分率預測變項中，投入正手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側搓攻、正手側對攻、反手側對攻等五種變項，才能使決定係數(R<sup>2</sup>)顯著地增加，此五種變項為世界級男子選手桌球成績表現的主要預測變項。

原始分數迴歸公式如下：

$$Y=0.20X_1+0.21X_3+0.08X_6+0.09X_9+0.05X_{10}+0.18$$

標準分數化迴歸公式如下：

$$Z_Y=0.32ZX_1+0.45ZX_3+0.32ZX_6+0.27ZX_9+0.17ZX_{10}$$

#### 四、綜合討論

本研究結果和林松青與沈啓賓(1995)、陳金海(2002)、朱昌勇(1999)、周建軍與湯俊斌(2000)、吳敬平(2002)、李旭武(2001)、陳健全(1999)、孔祥智與張曉蓬(2001)、湯志賢(2007)、魯婷婷與閻振龍(2009)的研究結果大致相符。在發球搶攻變項部分，林松青與沈啓賓(1995)探討 1994 年世界盃男子單打選手的技術表現，結果選出的綜合技術代表性項目為正手側發球搶攻；陳金海(2002)探討 1999 年世界級男子桌球運動員綜合技術以正手側發球搶攻為最高。在接發球搶攻變項部分，周建軍與湯俊斌(2000)指出由於規則的修改，球旋轉變弱和旋轉變化的差異減小，接發球的難度降低，接發球搶攻將成為爭取主動的前沿戰術，其在整體比賽中越來越重要；吳敬平(2002)指出，實行無遮擋發球後，發球搶攻的難度加大，接發球搶攻得分的機率將會超過發球搶攻，成為比發球更容易得分的手段。在搓攻變項部分，李旭武(2001)在第 46 屆世乒賽男子優秀選手橫拍進攻型運動員的技術分析中指出，採用搓撇等技術方法是因為在比賽中無法進行有效強力進攻而做的一種攻防轉換技術，因此如何有效運用以製造出下一板有利攻勢，對於現今桌壇實力相當之選手來說非常重要。在對攻變項部分，陳健全(1999)認為在技術達到一定水準後，也就是雙方實力在伯仲之間時，應開始追求打來回球(對攻)的穩定，才能增加得分的效率；孔祥智與張曉蓬(2001)對孔令輝-瓦爾德納爾的技戰術比較分析中也指出，孔令輝因為有較好的對攻能力做保證，使其膽量就可以放鬆一些，增加發球的變化以使打對攻球的機會增多，使的局勢對其產生有利的影響並保持優勢；湯志賢(2007)研究韓國桌球選手柳承敏技戰術特徵指出，柳承敏輸給王皓主要原因為對攻實力弱。另外，朱昌勇(1999)研究我國大專桌球國手三段技術(發球搶攻段、接發球搶攻段、相持球段)，結果亦顯示三段技術得分率為成績表現的有效預測變項；魯婷婷與閻振龍(2009)分析第 49 屆世乒賽團體決賽的技戰術，認為要保持自己的優勢，必須提高發球搶攻、接發球搶攻的得分率，加強前三板力爭主動及對攻能力。

由以上之探討結果可知，由於近年來規則改變，對於以往只注重前三板攻擊的趨勢有了極大的轉變，具備全能型攻擊能力且無明顯漏洞，成了決定勝負的最重要關鍵，故積極搶攻與多拍的能力更形重要。因此要對每一不同來球的質量、力量、落點意識和節奏的變化，採用不同手段方法來加以應變轉換，誰能反應快、變化快、穩定沈著，誰就能佔上風而獲得比賽的優勢，這也是未來世界桌壇優秀選手所需具備的主要攻防技術能力(正手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側搓攻、正手側對攻、反手側對攻)與重要的技術特徵之一。

而上述這些重點應該也是我們未來要積極重視的，尤其是當前世界桌球規則的不斷改變對現有的桌球技術打法會產生一定的影響，而這些新規則的適應與對策模式可能在幾年內便被歸納顯現出來，因此我們應該重視科學研究，及早建立各階段新規則比賽的一些相關數據與屬性規律，如此才能有效掌握訓練的契機，早日邁向成功之路。



## 肆、結論與建議

本研究目的在探討世界級男子桌球選手在單打比賽中各項綜合技術得分率對成績表現的預測效果。由以上討論結果得知本研究結論與建議如下：

### 一、結論

正手側發球搶攻、正手側接發球搶攻、反手側搓攻、正手側對攻、反手側對攻等五項得分率為世界級男子桌球選手成績表現的有效預測變項。

### 二、建議

- (一)國內教練選手可參考本研究之預測結果，在訓練時做針對性的訓練，並突出本身技術之特長。
- (二)未來應該繼續針對世界優秀桌球選手比賽做追蹤分析，以提供國內教練在訓練、比賽對陣之參考。

## 參考文獻

- [1] 孔祥智、張曉蓬(2001)。孔令輝-瓦爾德納爾技戰術比較分析。*乒乓世界*，99，32-33。
- [2] 王文科(1999)。教育研究法。台北市：五南出版社。
- [3] 丘鍾惠、庄家富、孫梅英、張振海、岑浩望、吳煥群、李富榮、徐寅生、梁友能、梁焯輝(1982)。現代乒乓球技術的研究。北京：人民體育出版社。
- [4] 朱昌勇(1999)。我國大專桌球國手三段技術、心理變項與成績表現之相關研究。台北市：政大書城。
- [5] 吳文嘉(2005)。蔣澎龍準備參加 2004 年奧運會桌球單打比賽技戰術之探討。中國文化大學運動教練研究所碩士論文。
- [6] 吳敬平(2002)。發球搶攻新體系與接發球一體化--關於 11 分制和新發球規則的思考。*乒乓世界*，2，32-33。
- [7] 吳煥群、李振彪(1990)。乒乓球選手技術診斷方法的研究。*乒乓世界*，38，38-40。
- [8] 吳煥群、張曉蓬(1996)。不同直徑和重量的乒乓球對擊球速度和旋轉影響的實驗報告。*乒乓壇競技科學診斷*，99-101。
- [9] 李旭武(2001)。第 46 屆世乒賽男子優秀橫拍進攻型運動員接發球技術分析，*體育學刊*，8(6)，67。
- [10] 沈啓賓(1988)。優秀桌球運動員技術分析與成績表現預測之探討。台北市：仰哲出版社。
- [11] 沈啓賓(1992)。中油女子桌球代表隊綜合技術狀態診斷與成績表現預測之探討。台北市：仰哲出版社。
- [12] 沈啓賓(1996)。灰色系統理論在桌球運動員臨場比賽競技能力狀態診斷與目標設定運用之探討。台北市：文笙書局。
- [13] 周建軍、湯俊斌(2000)。論大球對乒乓球技術、戰術的影響與對策。*蘇州絲綢工學院學報*，20(6)，136-139。
- [14] 林松青、沈啓賓(1995)。1994 年世界盃男子單打桌球錦標賽比賽綜合技術項目編製與比較分析研究。*光武工商專科學校學報*，20，287-335。
- [15] 林國本、邱茂譯、岑淮光(1983)。中國桌球技術應用篇。マガジソ社出版。
- [16] 邱靖華、許銘華(2001)。不同直徑桌球之高旋轉球力學分析。*大專體育學刊*，3(1)，147-158。
- [17] 姚漢禱(1988)。大學女生桌球的技術評量研究。*體育學報*，10，31-40。
- [18] 崔秀里(2001)。不同直徑的乒乓球對技能表現之影響。中國文化大學運動教練研究所碩士論文。
- [19] 張紹勳、林秀娟(1994)。SPSS For Windows 統計分析。台北市：松崗圖書公司。
- [20] 陳金海(2002)。1999 年世界級男子桌球運動員綜合技術分析。*長榮學報*，6(1)，149-162。
- [21] 陳建利(2002)。不同球體桌球比賽對技戰術表現之影響。國立台北體育學院碩士論文。
- [22] 陳健全(1999)。桌球運動技術分析。*台灣省學校體育*，51，50-56。
- [23] 陳惠珠、張昭盛、沈啓賓(1990)。女子桌球運動員綜合技術評量與成績表現預測之探討，*體育與運動*，70，50-58。

- [24] 湯志賢(2007)。韓國乒乓球選手柳承敏技戰術特徵研究。中國體育教練員，4，49。
- [25] 楊樹安、張曉蓬(2000)。對中國乒乓球隊科學訓練的思考。體育科學，20(2)，30-33。
- [26] 魯婷婷、閔振龍(2009)。第 49 屆世乒賽團體決賽直拍比賽的技戰術分析—兼談直拍進攻打法的發展趨勢。遼寧體育科技，31(1)，72-77。
- [27] Siedentop, D. (1983). *Developing teaching skills in P. E.* California : Mayfield Publishing Company.

# 清雲科技大學《清雲學報》徵稿辦法

92年12月15日92-1-第四次行政會議通過

民國97年9月17日97學年度第1學期第1次行政會議通過修訂

民國97年6月17日97學年度第2學期第6次行政會議修訂通過

民國98年9月16日98學年度第1學期第1次行政會議修訂通過

- 一、本學報每年出版四期（一月、四月、七月、十月出版），歡迎海內外學界之電資、工程、商管及人文社會學者專家投稿。中文稿件以不超過二萬字為原則，外文稿件以隔行打字不超過二十頁為原則；稿件字數過長不予採用。
- 二、本學報刊載未曾出版於國內外刊物或學術會議專集之論著。翻譯文章、專題報導或其他非學術性作品（如隨筆、心得、小說、詩歌、戲劇等），恕不刊載。
- 三、本學報論文之審查，係採二階段匿名審查方式；初審由編輯委員會負責；通過後再送請專家複審，其複審審查人由編輯委員會推薦。
- 四、論文中牽涉版權部分（如圖片及較長篇之引文），請先取得原作者書面同意，本學報不負版權責任。
- 五、來稿所用文字，以中文、英文、日文為限。
- 六、來稿請用電腦打字（請提供列印書面稿三份與光碟片一份），頁碼按次序標明，格式如本學報論文排版。
- 七、來稿請另頁註明中英文作者姓名、所屬之機關名稱及職稱，並附通訊地址、電子信箱、電話及傳真號碼。
- 八、凡投稿本學報，應有中、英文題目，並附三至四百字之中、英文摘要及數個關鍵詞。
- 九、來稿一經刊登，版權即歸本學報所有。除致贈作者當期學報一冊及抽印本三十份，不另支稿酬。
- 十、來稿一經送審，除專案簽准者外，不得撤稿，非特殊理由而自行撤稿者，除需自付該篇審查費用外，尚需以書面撤稿聲明書（掛號交寄本編輯委員會）提出。審查結果需修正者，作者須於期限內回覆修正稿件及修正說明，逾期視同撤稿。
- 十一、來稿請寄320 桃園縣中壢市健行路二二九號清雲科技大學《清雲學報》編輯委員會收。  
聯絡電話：（03）458-1196 轉3315 傳真：（03）428-5319  
E-mail: aaoffice. j@cyu. edu. tw。
- 十二、本辦法經行政會議通過後，報請校長核定實施，修正時亦同。

## 歡迎投稿《清雲學報》

相關規定及表格，請上本校清雲學報網頁：清雲科技大學首頁  
（<http://www.cyu.edu.tw>）→認識清雲→清雲學報；下載即可。

《清雲學報》編輯委員會 第三十卷第三期

預定出刊：中華民國九十九年七月三十一日

實際出刊：中華民國九十九年七月十五日

召集人：

杜振輝

總編輯：

魏素足

編輯委員：

簡澄陞 黃吉宏

黃同圳 潘振雄

王 坪 郭來松

方文昌 王文俊

黃美金

執行編輯：

陳美惠

發行者：李大偉

出版者：清雲科技大學

編輯者：《清雲學報》編輯委員會

地 址：320 桃園縣中壢市健行路 229 號

網 址：<http://www.cyu.edu.tw/>

電 話：03-4581196 分機 3315

印 刷：進億印刷股份有限公司

電 話：03-4251876