

## 應用倒傳遞神經網路於負載啟斷開關接觸電阻預測之研究 Using Back-propagation Network to Predict Contact Resistance of Load Break Switch

孫瑛雲  
Ying-Ying Sun

王明庸  
Ming-Yung Wang

藍天雄  
Tian-Syung Lan

### 摘要

高壓負載啟斷開關 (Load Break Switch, LBS) 為一種經濟型保護開關，適用於做一般性設備保護，系統正常時能啟斷正常負載及過載電流，可作為變壓器組過電流保護 (Overcurrent Protection)；而當故障異常電流的產生時，會造成高壓負載啟斷開關接點熔損、導致下一階設備損壞，故經試驗合格之產品，始得保證產品品質及用電安全。故本研究將運用倒傳遞神經網路 (Back propagation network, BPN) 原理為基礎，建立電阻值變化之預測模型，以有效預測電阻值變化、掌握產品使用壽命，預測合格之產品送國外試驗，以降低送驗不合格發生機率。

依據國際電工技術委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 國際規範，機械操作僅需施作1000次啟斷、閉合操作，且電阻值變化不超過20%即符合規定，但當操作機構 (Operating Mechanisms) 在無法正常啟斷、閉合情況下，故障電流 (Fault Current) 將會在電力饋線的其它保護設備下動作跳脫，但LBS不具有此項保護能力，因此採用2000次更嚴格的機械操作試驗電阻值進行預測。

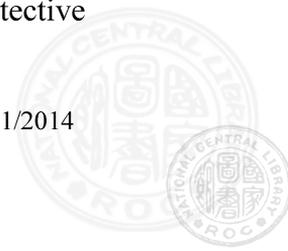
本研究蒐集75筆資料導入倒傳遞神經網路進行學習以建立學習模型，並以另外蒐集的20筆資料驗證已完成學習之學習模型，得知學習模型之預測績效度高達98.87%，將以此學習模型提供該個案公司運用於管理決策上。

關鍵詞：負載啟斷開關、倒傳遞神經網路、學習循環次數、隱藏層、學習速率。

### Abstract

The Load Break Switch (LBS) is an economical type of protection switch, which is applicable to general facilities protection. LBS, an over current protection for the main transformer, can open up normal load and shut down overload current when system is in the normal state. In the other way, the abnormal/ over rated current will cause the contacts of LBS burn-out and lead to next stage equipment damage. To ensure product quality and safety use of electricity, the product has to go through the test of Voltage Dips and Short interruptions. Since there is no qualified agency for the test of Voltage Dips and Short interruptions in Taiwan, the examination therefore has to be undertaken abroad with lengthy time, higher cost, and complicated application process.

According to the International Electro Technical Commission (IEC) specification, mechanical operations qualification test only required one thousand switching with less than 20% changes of resistance value. However, if there is fault current go through the device, the mechanical operation switching will be abnormal, and normally, the feeder switching will trip the protection relay and interrupt the power. Since there is no protective



mechanism in load break switches, it is necessary to forecast two thousand times mechanical operation resistance value.

This study adopts actual data from industry and establishes BPN network learning model with 75 data. The other 20 data will be used to verify the completion learning model and the result shows the learning model's accuracy reaches 98.87%, which indicates this learning model can be definitely used as one of the crucial factors in the management decision making process in this case company.

**Keyword :** Load Break Switch(LBS), Back Propagation Network(BPN), The Number of Learning cycles, Hidden Layer and Learning rate

## 1. 前言

電力設備製造商工程師於LBS機械操作實驗中，欲獲得導體（Conductor）接觸電阻之過程耗時、成本高，且如何確認超過千次啟斷、閉合操作後之品質仍然保持穩定？且電力設備壽命進入衰退時具急遽下降之特性，故提高的接觸電阻啟斷、閉合壽命試驗次數，以確保產品壽命於規範機械試驗次數中尚未進入衰退期。在符合IEC規範水準下之同質性產品，如何定義並挑選出品質最佳且更穩定之產品？且如何避免送國外試驗產品於送驗或實驗過程中，產生其他可控因素導致的電阻值變化過大而無法通過認證之狀況？導入網路系統學習因子，直接影響預測學習模型之預測績效呈現，如何提昇學習模型的預測績效，此皆為運用倒傳遞神經網路（Back Propagation Network, BPN）預測方法須注意之事項及預測2000次接觸電阻值之目的。本研究目的如下列所述：

- 一、接觸電阻超過一定數值，將嚴重降低設備的載流能力，同時還會在電氣設備連接處產生不允許的熱效應直至產生障礙及事故，故針對負載啟斷開關接觸電阻進行預測方面之研究及建立學習模型，以提高產品品質及壽命的掌握。
- 二、LBS 機械操作試驗中接觸電阻實際實驗成本高且耗時，故運用 BPN 原理為基礎，建立預測接觸電阻值變化之學習模型，以有效預測 2000 次接觸電阻值。

## 2. 理論分析

有關本研究的研究流程及研究方法說明如下所述。

### 2.1 研究流程

研究流程首先根據研究背景、動機、目的及範圍，確認要研究的問題為「LBS 2000次接觸電阻值之預測」，本研究流程如圖1.1所示。

### 2.2 預測（Prediction）

于宗先（民 61 年）在「經濟預測」書中，對於「預測」兩字定義如下：「預測乃是對未被觀察的（或未知的）事象的一種說明。」其中未被觀察或未知的事象不單單是指未來尚未發生的事務及象徵，也指已發生的事務及象徵。近年來國內外有關類神經網路預測模擬方面的相關研究文獻概述如表 2.1 所示：



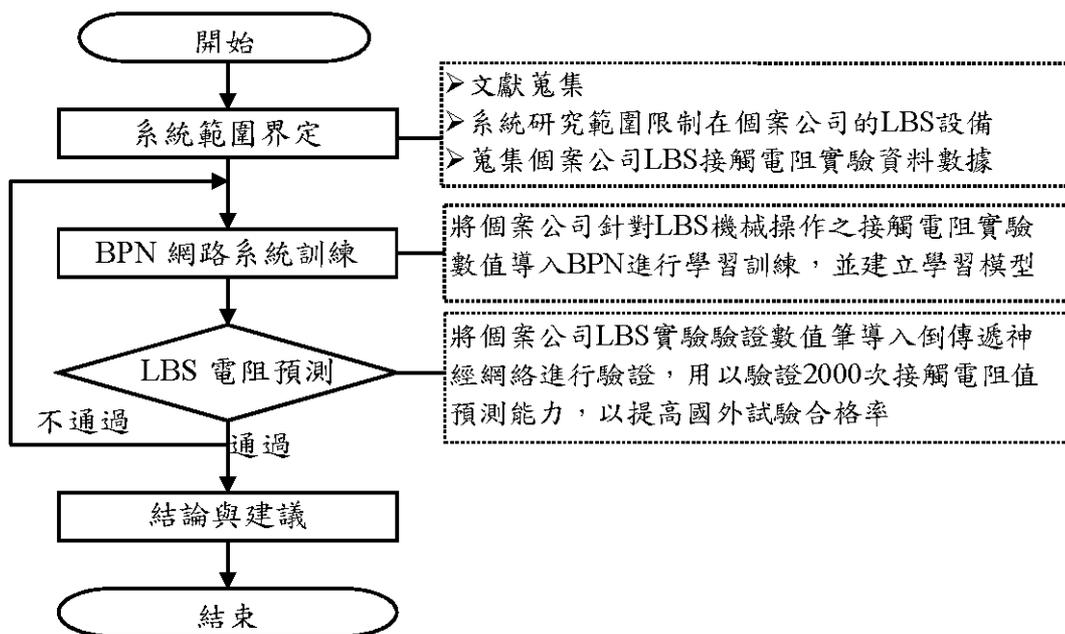


圖2.1 研究流程圖

表2.1 近年來國內外有關類神經網路預測模擬方面的相關研究文獻概述如表

作者	文章出處	應用範圍
賴碧瑩， 民 96 年	應用類神經網路於電腦輔助大量估價之研究，住宅學報，第十六卷第二期學術論著，第 43-65 頁	台灣主以路線估價作業方式處理公部門地價，需要投入大量的人力、經費，本研究運用特徵價格及倒傳遞神經網路預測高雄市不動產價格。經研究實證，在總體樣本數時，倒傳遞神經網路預測較特徵價格法之預測能力較佳。
謝朋昇， 民 97 年	應用類神經網路於國產汽車銷售預測之研究，大葉大學	國產汽車產業應用BPN轉換函數Logsig、Tansig，經Matlab演算軟體實際演練案例，使用誤差均方根(MSE)評判網路停止方式之準則，經過整理後分析輸出實際預測值，將其結果與迴歸分析法之實際預測值做比較，並採用平均絕對誤差百分比(MAPE)，作為網路預測結果準確性之評估，取其最小值作為最佳的產品需求預測模式。其預測結果，應用BPN所應用二種轉換函數其MAPE值都是最小，且Logsig較Tansig函數為佳，驗證本主題應用BPN為適用性最佳方法，確實優於傳統迴歸分析預測法。
陳鈞華、 宋建明、 李煜基、 徐貴新、 甘俊二， 民 100 年	類神經網路於FWS人工溼地空心菜產量和面積預測之研究，水利會訊，第 125-128 頁	本研究針對FWS人工濕地中之監測水質資料和空心菜生長產量，以倒傳遞、徑向類神經理論為基礎方法，分別得到倒傳遞、徑向類神經網路之誤差值MSE：1520.4/0.001，收斂值：4.25595e-011/1e-010後，比較模擬情形後，得知以徑向類神經模擬FWS人工濕地之空心菜產量預測為準確的方法。
鄧世剛、	應用倒傳遞神經網路	本研究探討人員操作步槍射擊時，人為因素與實際

作者	文章出處	應用範圍
劉達明、謝三良、民 100 年	於步槍射擊精準度預測，中正嶺學報第四十卷第一期，第 189-200 頁	射擊精準度間量化之關連性，研究顯示，倒傳遞神經網路所建置模型具高準確性預測能力。

### 2.3 統計參數預測法

統計參數預測法中最廣泛被使用的是統計學中的迴歸分析法 (Regression Analysis)，迴歸分析的基本統計假設為因子間有線性關係，係指因變數及自變數間的關係必須是線性的、常態性 (Normality)、誤差項的獨立性、誤差項的變異數相等 (Homoscedasticity)。

統計迴歸預測模型在面對參數固定且變動不大的情況下，可達較良好預測效果。然其預測模型容易受到外在環境的影響，導致失去原有之準確性。

### 2.4 倒傳遞神經網路 (BPN, Back-Propagation Neural Network,)

類神經網路中最具代表性且被廣泛運用的為 BPN，藉由歷史資料進行網路訓練，基本原理是在訓練過程中不斷利用微積分運算方法進行誤差遞迴 (error Back-Propagation, BP)，其中反覆整理調節網路所需的鍵結值 (Weights) 與閾值 (Bias)，期望網路計算後的推論輸出值與目標輸出值相近，以達到誤差最小化，最終建立預測模式的一種演算方式 (Haykin, 1999) (Lippmann, 1987)。

BPN 運算過程為前向傳遞階段 (Forward Pass)、誤差計算階段以及誤差遞迴階段，資料由輸入層經過相關權重處理後傳遞至隱藏層，透過轉換函數可以計算每一種神經元所對應的輸出值及其誤差函數的過程。當前向傳遞輸出層不能得到期望的輸出值時，將推算所得之輸出值與目標輸出值，代入能量函數 (誤差) 透過梯度下降法 (Gradient Steepest Descent Method) 得到鍵結值修正量，此一過程稱之為誤差遞迴階段 (Error Computation)。透過前向傳遞階段 (Forward Pass) 及誤差遞迴階段 (Error Computation) 的來回運算藉以產生一組最佳之權重值，而網路的測試過程僅透過前向傳遞階段利用最佳權重值產生輸出值。BPN 運作流程內容如下 (鄧世剛等，民 100 年)：

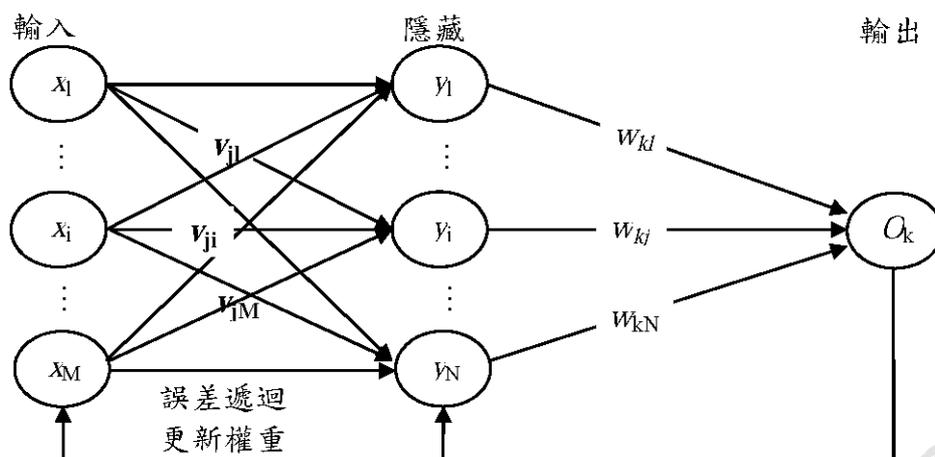


圖 2.2 通用之倒傳遞神經網路架構圖



## 2.5 倒傳遞神經網路參數設定

建置 BPN 預測模型必須決定網路參數，包括隱藏層層數、隱藏層神經元數量、傳遞函數、訓練函數以及訓練誤差目標值等，適當的參數選取能提高預測模型之預測績效 (Hagan et al., 1996)。

1. 傳遞函數：倒傳遞神經網路中的傳遞函數，本研究於輸入層至隱藏層使用正切雙曲傳遞函數 (tansig)；隱藏層至輸出層使用線性傳遞函數 (purelin)。

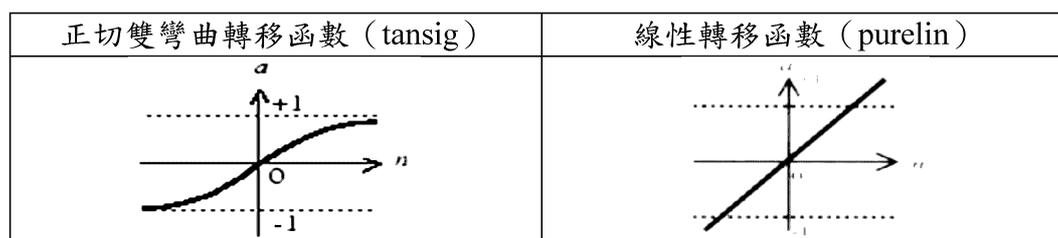


圖2.3 傳導函數示意圖 (鄧世剛等, 民 100 年)

2. 隱藏層層數與神經元數：一般問題採用一層、複雜的問題則採用兩層以上的隱藏層。
3. 訓練函數：倒傳遞神經網路參數選擇，依據過去相關文獻彙整，大多以試誤法找尋最佳網路參數 (Cavalieri et al., 2004) (Verlinden et al., 2008) (Greese and Li, 1993) (Zhang and Fuh, 1998) (Murat and Zeynep, 2004)。

## 3. 結果討論

針對已完成之學習模型進行驗證與結果討論，並說明本論文之優劣點及與相關文獻差異點進行比對。

### 3.1 已建立之學習模型

針對導入倒傳遞神經網路所訓練出來的學習模型結果說明如下：

1. 模型關聯性與配適度：學習結果如表4.1所示

表3.1 模型關聯性與模式配適度表

總結(Summary)			
	目標值(Target)	預測值(Output)	絕對誤差(AE)
平均值(Mean):	228.08	228.761373	3.173509
標準差(Std. dev.):	22.573294	21.801898	2.629082
最小值(Min):	191	192.272154	0.002147
最大值(Max):	281	269.738631	12.257971
關聯性(Correlation):0.985117			
模式配適度/判定係數(RSQ, R-squared):0.96427			

2. 實際值與預測值比較

訓練組 (Training Set) 經學習循環的學習次數的增加，鍵結值逐漸被調整，使紅色線圖的目標值與藍色線圖的類神經網路的輸出預測值兩者間誤差愈小，表示所建立的學習模型之預測績效良好。



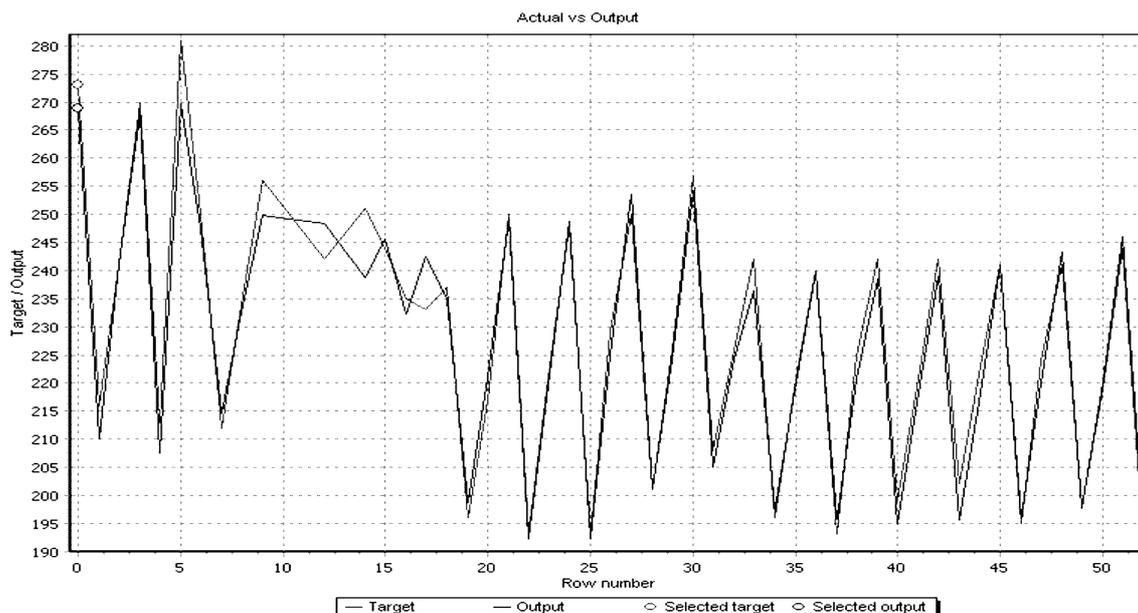


圖3.1 實際值與預測值比較示意圖

### 3. 學習模型驗證

將 20 筆經由實際實驗所獲得的驗證資料導入已建立、學習完成之學習模型後，獲得預測的 2000 次接觸電阻預測值並與與實際實驗的目標值進行比對，平均預測績效達 98.87%，表示該學習模型之建立具有達到準確預測之目的。

### 3.2 本論文的優劣點

本研究利用該產業工程師提供的 LBS 實際研究相關數據資料，進行匯整、分析後，再運用 BPN 進行導體 (Conductor) 接觸電阻預測分析，並建立預測模型以找出各因子間關係並預測，於預測的學習模型中得知其各因子間的關係密切。

表3.2 本論文優劣說明表

項次	優	劣
說明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 該產業首次運用 BPN 進行預測分析。</li> <li>2. 針對該產業產品進行資料匯集、整理，並利用 BPN 轉換成有用的資訊，以供管理者於管理決策上運用。</li> <li>3. 承啟本所對於類神經網路此研究方法之運用。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前較常被使用於預測方面之研究方法，有統計的迴歸分析及 BPN，可討論是否納入統計之研究結果並進行比對。</li> <li>2. 進行 2000 次接觸電阻值預測，是否符合最佳的經濟效益、預測準確度及實用價值，後續研究可調整檢測次數並進行驗證。</li> <li>3. 實際實驗中，操作機構設備之因子並未納入本之研究之範圍，但其亦影響接觸電阻之變化，日後研究應再將其納入討論。</li> </ol>

#### 1. 文獻差異性比較

以本論文與相關論文『倒傳遞類神經網路於電量需求預測之應用』進行差異性比較，該論文運用倒傳遞神經網路預測模式和迴歸分析的預測模推估後得到的誤差值，本論文則以倒傳遞神經網路建立學習模式並加以驗證其預測績效，



提供該個案公司一個可供運用於產業產品預測之方法。其比對如下表所示：

文獻名稱	倒傳遞類神經網路於電量需求預測之應用 [20]	應用類神經網路於負載啟斷開關接觸電阻預測之研究
作者	黃豐裕*黃怡詔	孫瑛霽
文獻出處	國立屏東科技大學工業管理學系第十五屆決策分析研討會 2012.2	大同大學工程學院工程管理碩士職專班碩士論文 2013.7
研究內容	搭配中央氣象局氣溫與濕度的數據，以 BPN 路求出溫度、濕度與用電量的關聯性。	利用 BPN 進行負載啟斷開關電阻預測學習模型的建立，並運用已建立完成之模型導入新的數據進行接觸電阻值的預測，以驗證該模型之準確率，以期提高設備送國外試驗之合格認證率。
研究目的	為不造成用電量不足而進行的電量預測，首先彙整氣象局過往的歷史溫度和濕度數據，並經相關的數據補齊、刪除欠缺過多資訊的資料、及正規化 (Solaand Sevilla, 1997) 等數據處理，經由 BPN 的程式運算，給予不同的訓練次數、隱藏層、學習率、慣性因子等參數，反覆訓練數據直到收斂才結束該訓練動作。	本研究目的如下列所述 1. 將電阻影響因素導入 BPN 學習因子，朝活動接點硬度進行改善。 2. 運用 BPN 原理為基礎，建立預測電阻值變化之模型，以有效預測電阻值之變化，掌握產品之使用壽命、符合投標資格、提高國外送驗認證之合格率、降低設備日後維護成本。
預測方法的比較及運用	BPN 預測模式和迴歸分析的預測模型推估後得到的誤差值	完成 BPN 預測模式建立，並導入 20 組資料用以預測並與實際值進行比較，獲得其預測績效高達 98.87%
	此研究運用了迴歸分析與 BPN 進行預測分析之比較，故於研究法上更為完整的進行比對	本研究實際利用產業之資料進行研究，且於多方資料顯示非線性關連因子資料之預測仍以 BPN 之準確性較高，以求學習模型建立的完整，並提供該產業工程師、管理者運用。

#### 4. 結論展望

目前國內高壓用電相關試驗設備不足且投資與維持費用頗為龐大，國內無法進行之試驗則委由國際上更具規模與試驗能力之試驗機構進行驗證，譬如高壓用電設備方面的開關特性與短路電流 (Short-Circuit Current) 耐受、啟斷特性等，而許多國家針對其國內使用量較多的設備及試驗需求，均投資一定程度的試驗設備，目前國內尚無較具規模試驗機構，然而為了管理各國試驗室的試驗能力與報告公信力，透過國際上的聯盟組織認證，如國際實驗室認證聯盟 (ILAC)、短路試驗聯盟 (STL)，在聯盟下各簽約國必需遵守嚴格之試驗標準與制度 (試驗程序及規範乃採用 IEC、IEEE、ANSI 或其它國際國規範標準)，其後則透過簽訂相互承認協議 (MRA) 相互認可其試驗報告。



台灣產業目前仍著重於代工方面能力，在設計方面著墨不深，在無法驗證設計結果的條件下，加上全球經濟景氣惡性循環，國內業者緊縮預算，於各方條件缺乏下，更不容許有設計失敗的試驗結果，因此透過本次研究來分析後續試驗結果是否可以達到預期之期望值，不僅相當耗時且辦理試驗相關費用甚鉅，在考量能以最具經濟實惠的方法，就是透過類神經網路來計算用符合成本的材料組合，達到符合規範條件要求，創造出雙贏的局面。

於本研究中採用之倒傳遞神經網路研究方法，使得對於該研究方法及運用有更進一步的瞭解，且延續本系所之前同學曾使用該研究方法但未能順利完成論文之憾，希望本身為解決論文問題採用之倒傳遞神經網路，可為本所開啟投石問路之風氣，給管理相關研究提供另一個可供思考的方向。

### 參考文獻

1. 黃巧菱 (民99)，採用資料包絡分析與資料探勘方法之數位學習系統分類研究，國立東華大學網路多媒體科技研究碩士論文。
2. 鄧振源，(2005)，計畫評估—方法與應用，第二版，海洋大學運籌規劃與管理研究中心，基隆市。
3. 劉展谷 (民99)，企業導入數位學習系統問題之研究，朝陽科技大學資訊管理系碩士論文。
4. DeLone, William H. and Mclean Ephraim R., (1992), "Information system success: The quest for the dependent variable" *Information Systems Research*, 3(1), 60-95. doi: 10.1287/isre.3.1.60
5. DeLone, William H. and Mclean Ephraim R., (2003), "The Delone and Mclean model of information systems success: A Ten-year Update," *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9-30.
6. Hagel III, John and Armstrong Arthur G., (1998), 網路商機，朱道凱譯，麥田，臺北市。
7. Maiyaki, Ahmed Audu, (2012), "Influence of service quality, corporate image and perceived value on customer behavioral responses: CFA and measurement model," *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2(1), 403-414.
8. Ho, Chien-Ta Bruce and K.B., Oh (2010). "Selecting internet company stocks using a combined DEA and AHP approach," *International Journal of Systems Science*, 41(3), 325-336. doi: 10.1080/00207720903326902
9. Parasuraman, A., Zeithaml, V. A. and Malhotra, A. (2005). "E-S-QUAL: A multiple-item scale for assessing electronic service quality." *Journal of Service Research*, 7(3), 213-233. doi: 10.1177/1094670504271156
10. Saaty, T. L. (2008). "Decision making with the analytic hierarchy process." *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98. doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590
11. Zeithaml, V. A., Parasuraman A. and Malhotra A., (2000), "A conceptual framework for understanding E-service quality: Implications for future research and managerial practice," Working paper, Marketing Science Institute, Cambridge, MA, report No. 00-115.

