

IC 設計業供應商評選之研究

The Study of IC Design House Supplier Evaluation

陳銘崑 Chen, Ming-Kuen¹

周明芳 Ming Fang Chou²

摘要

台灣 IC 設計公司因價格及市場因素，已逐漸提高對大陸的封裝及測試廠商之釋單量。因電子產品生命週期越來越短，IC 設計公司的競爭力勢必從縮短 IC 設計週期及提高第一次設計成功率而來。首先，依據新產品開發的各階段展開對應跟供應商的價值鏈活動探討中，了解 IC 設計公司對封裝、測試廠上下游營運之關鍵要素；亦是評選供應商的重要因素。透過業界專家的問卷調查及用模糊 DEMATEL 的研究方法，找出最適合 IC 設計業評選大陸封裝、測試廠的重要標準及各標準的直接／間接關係。此研究結果希冀可供 IC 設計廠商未來評選供應商一有用參考。

關鍵字：半導體、IC 設計、評選、供應商、模糊層級分析法、FDEMATEL

Abstract

Taiwanese IC design house has increased the order amounts to assembly house and testing house in China recently because of the price and the market. The life cycle of electronic products are getting shorter and shorter. As a result, to reduce the cycle of IC design and to increase success of the first design become the priority in IC design house competition. Firstly, the investigation into the process of new product development to the industry value chain of supplier. Next, learning about the essence how IC design house manage packaging house and testing house, which is an important element of choosing supplier. This study use Fuzzy DEMATEL of way to find the most important criteria for IC design house evaluate China's assembly house and testing house and each criterion direct/indirect relationship. This study also hopes for the future of IC design house a useful reference for supplier selection.

Keywords: Semiconductor, IC Design, Evaluation, Supplier, FDEMATEL

¹ 國立台北科技大學經營管理系副教授(聯絡地址：10608 台北市忠孝東路三段一號，聯絡電話：(02)2771-2171 ext3411，E-mail：mkchen@ntut.edu.tw)。

² 國立台北科技大學經營管理系研究生(聯絡地址：10690 台北市大安區市民大到四段 100 號 6 樓，聯絡電話：(02)8773-1100 ext177，E-mail：calvinchou61@hotmail.com)。

壹、前言

據 IEK 在 2014 年的研究報告顯示台灣 IC 設計公司在 2014 年產值貢獻近六千億新台幣，佔台灣總體 IC 產業四分之一。全球市占率約兩成，僅次美國的六成，高於大陸的一成，排名第二。而近年來中國大陸在政府的政策補助上不遺餘力，不僅租稅減免、重要生產設備補助及募集基金還開啟了併購浪潮，讓中國大陸的半導體產業在技術上及成本上占有相當的優勢。在 Cheng et al. (2012) 提到隨著半導體製程越來越精密，IC 新產品開發第一次成功率卻越來越低，重工設計所需花費的成本也越來越高，IC 設計公司需要縮短新產品開發週期及提高 IC 新品開發第一次成功率，方能提升公司的競爭優勢。在那提到了工程鏈的作業方案圖，說明了整個半導體供應鏈上的廠商都需扮演著重要的關鍵角色，需要互相合作共同開發，才能提升整個供應鏈的競爭力。Kahraman et al. (2003) 應用模糊層級分析法 (Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP) 來選擇最佳的供應商，決策者可以使用語言變量在每個重要的評選準則上。Chan and Kumar (2007) 使用 FAHP 來選擇供應商。在這種方法中，三角模糊數和模糊綜合程度分析方法被用來呈現決策者比較判斷和決定最終不同準則的優先順序。Chan et al. (2008) 裡討論 FAHP，在目前商業模式裡的全球供應商選擇，可以有效率的解決定性和定量的決策因子，三角模糊數是被用來轉換不同語言比較的決策準則、次準則和現行配合供應商之績效。Sen et al. (2010) 也是用 FAHP 來預審供應商資格及預先選擇決策標準的權重。所以本研究的研究方法將以 FAHP 來做封裝測試廠選擇及評選，找出供應商選擇的評選標準及權重，提供給台灣 IC 設計公司評選大陸封測廠供應商時使用。Lin (2013) 使用 Fuzzy DEMATEL 方法研究評選綠色供應鏈標準，來確認各種影響因素之間的關鍵評選標準，Chang et al. (2011) 也使用 Fuzzy DEMATEL 方法尋找在選擇供應鏈之供應商的影響因素，評估供應商的績效找到關鍵的標準，以提高績效，在供應鏈管理選擇供應商上提供一種新的決策訊息的方法。

貳、文獻探討

一、產業概況

在世界領導者的半導體公司外包策略，使得半導體製造後段加工的需求不斷的增加。總之，在競爭激烈的全球市場，選擇最合適的 IC 封裝公司是相當重要的，半導體製造公司需提供優質的產品和競爭力 (Kang and Lee, 2010)。IC 供應商如果不能減短從 IC 設計到 IC 產品量產的週期時間，將會失去他們的競爭力跟市場。在一般情況下，整個產品生命週期包括產品的設計，新產品試產，驗證合可和產品量化。在過去幾十年的電子產業發展，元件的生命週期以前所未有的速度縮短了。半導體行業已經建立了越來越多的知識，在每個各別業務部分去改善週期時間和設計的成功率；另一方面，業界也形成各段之間的邊界 (Cheng et al., 2012)。IC 設計公司主要設計考慮效率、晶粒尺寸 (晶圓製造的成本)、設計時間 (IC 設計和進度的成本) 和測試能力 (測試和進度的成本)。IC 設計包含權衡這些因素去達成最佳化性能和經濟效益的結果。IC 設計包括電路設計，邏輯設計和晶體管

級設計。IC 設計對 IC 加工有直接影響 (Xiao, 2001)。半導體產業現在由獨立的 IC 設計公司、晶圓代工製造、晶圓測試、IC 包裝及 IC 測試，測試集成電路的功能和性能。如果晶圓測試公司無法區分良好的和有缺陷的晶片，好的集成電路可能會報廢，並造成金錢上的損失。更糟糕的情況是，當晶圓測試公司無法檢測到缺陷晶片，然後錯誤地發包到外包商封裝和最終出貨給客戶。出現這種情況，不僅是封裝成本浪費，但更重要的是，在公司形象的潛在損失，然後公司經營將相當危險 (Lin *et al.*, 2010)。IC 封裝公司提供半導體封裝 (和/或測試) 服務，以半導體產品在通信，計算，消費電子，汽車和工業終端市場的應用。他們的服務往往是定制客戶個性化的需求。與許多 IC 封裝企業的市場，如何選擇正確的合作是對誰使供應商的選擇決定了企業的管理主要關注的問題之一 (Kang and Lee, 2010)。

圖 1 為新微電子元件完整的設計流程，IC 設計公司扮演著協調中心來完成整個設計周期。從規劃設計、光罩準備、製造條件、封裝和測試到發佈量產通知 (Cheng *et al.*, 2012)。首先 IC 設計公司揭開設計專案序幕，用語言性描述新元件，包含模擬功能以確保精確設計。然而這元件將包含從矽智財權供應商的 IP 和代工服務公司的設計規則定義，去完成第一階段和產生圖形設計文件給光罩公司。光罩公司則建立安全管道接收設計檔案和準備實物光罩之前開始設計驗證，因光罩成本高。當製程技術先進圖形設計檔案資料量越大，一個高效和安全的管道是資料傳輸的關鍵。一旦光罩準備工作完成和製作光罩，光罩將交付給代工服務提供者和開始另一階段的工程鍊。它是 IC 設計轉換成實物產品的主要過程。

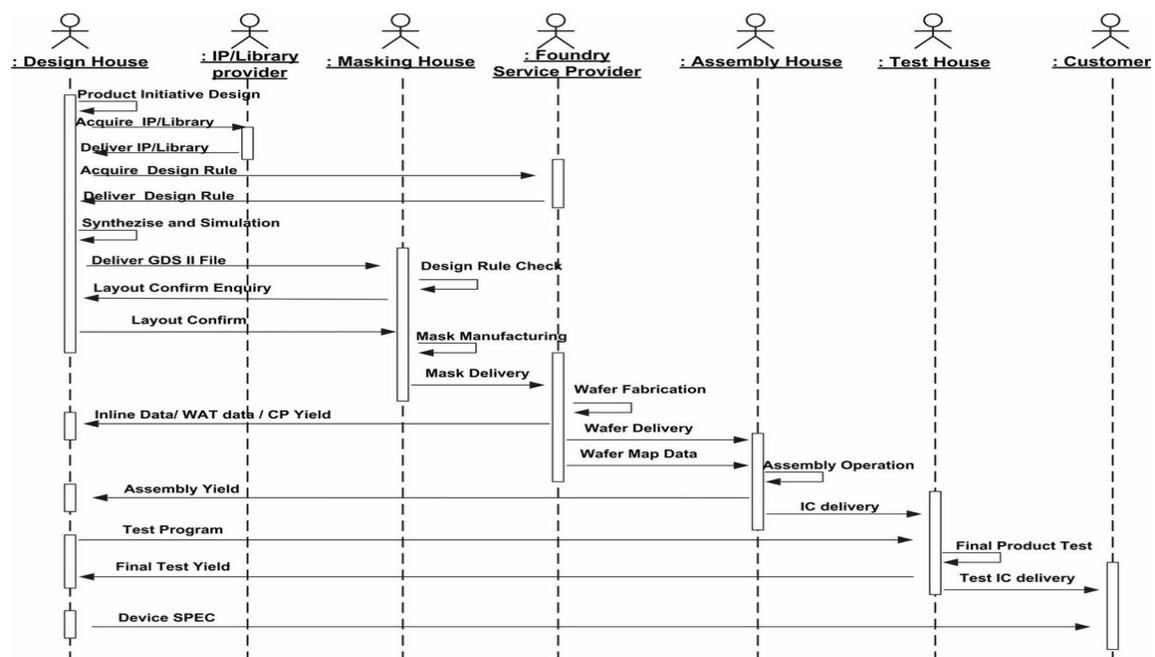


圖 1 The Operating Scenarios of Engineering Chain

資料來源：Cheng *et al.* (2012)

二、 供應商評選

如今半導體行業變得越來越全球化的競爭，一個公司生存並獲得合理的利潤有良好的供應鏈關係是必不可少的。因素的優先順序和供應商的排名，可以使決策者在供應商的評價和選擇決策時，提供建議或參考 (Kang and Lee, 2010)。一個主要方面是選擇正確來源的供應商，在全球商業環境可以降低經營風險和成本。半導體產業已經合併製程內的上游和下游的合作廠商成為整個半導體產業鏈 (Cheng *et al.*, 2009)。隨著企業越來越依賴於供應商，在選擇供應商的決策不佳，直接和間接的後果將變得更加關鍵。頻繁地改變全球供應商在當前全球化與競爭的市場中並不可行，因此，這應非常精確完成選擇供應商 (Chan *et al.*, 2008)。在 Ho *et al.* (2010) 及 Chai *et al.* (2013) 研究中蒐集探討西元 2000 年到 2012 年間出現在國際期刊中，所有供應商選擇與評選多準則決策方法的相關文獻。Chen *et al.* (2006) 使用了 Fuzzy TOPSIS 的方法來處理定性以及定量準則兩者的排序及選擇有效合適的供應商。Kahraman *et al.* (2003) 應用 FAHP 來選擇最佳的供應商，決策者可以使用語言變量在每個重要的評選準則上。Chan and Kumar (2007) 使用模糊延伸層級分析法 (Fuzzy Extended Analytic Hierarchy Process, FEHP) 來選擇供應商，在這種方法中，三角模糊數和 FEHP 方法被用來呈現決策者比較判斷和決定最終不同準則的優先順序。Shaw *et al.* (2012) 使用 FAHP 和 Fuzzy Linear Programming 等方法來開發低碳排放的供應鏈，用 FAHP 來計算準則的權重，再用 Fuzzy Linear Programming 來找出最佳的解決方案。Chan *et al.* (2008) 裡討論 FAHP，在目前商業模式裡的全球供應商選擇，可以有效率的解決定性和定量的決策因子，三角模糊數是被用來轉換不同語言比較的決策準則、次準則和解決方案的表現。Sen *et al.* (2010) 是用 FAHP 及 Max-Min Approach 以土耳其的電子業為例來預審供應商資格及預先選擇決策標準的權重。Kang *et al.* (2010) 使用模糊層級網絡分析法 (Fuzzy Analytic Network Process, FANP) 針對台灣半導體的 IC 封裝供應商選擇，提供決策者一套供應商選擇標準的優先順序及供應商選擇程序的供應商排序。Cheng *et al.* (2009) 先使用模糊德爾菲法 (Fuzzy Delphi method, FDM) 來選擇關鍵的評選準則，再用 FAHP 來計算每個評選準則的權重，以用來評選台灣半導體晶圓製造廠的晶圓材料供應商。Kang and Lee (2010) 使用 AHP 和 DEA (Data Envelopment Analysis) 來評估 IC 封裝廠的績效，DEA 用來評估定性因素，結果用來轉換成兩兩成相比較的 AHP 分析，而定量因素評估也是用 AHP 分析。Lin *et al.* (2010) 是以台灣半導體產業的 Wafer Test 為例，先使用 ISM (Interpretive structural modeling) 方法再用 ANP 來排序所有解決方案的績效可供評估決策。

參、研究方法

一、 供應商評選標準與要素

因本研究是以半導體產業及跨區域的全球化供應商為研究背景，即以電子、半導體及全球化供應商產業相關文獻所提出的評估標準及圖 1 為依據，整理出 IC 設計在各階段所衍生出的供應商評核要素如表一所示。表二(參考 Chan *et al.*, 2008; Kang and

Lee, 2010 ; Lin *et al.*, 2010)及表三(參考 Chan *et al.* , 2008 ; Kang and Lee, 2010 ; Lin *et al.* , 2010)兩表參考相關文獻定義說明各主標準及評選要素。

表一 供應商評估與選擇標準彙整

標準	要素
總成本 (B1)	加工成本，總運輸成本，關稅和稅金，維護成本。
品質水準 (B2)	品質信賴度，回貨率，異常率，產品失效分析與矯正能力，交期準確度。
服務水準 (B3)	客戶需求回應時間，資訊服務平台，交期及產能配合度，技術與研發支援，產品多樣性。
技術能力 (B4)	新產品開發計劃，新技術開發能力，製程創新能力，製程技術，生產設備與產能。
供應商背景 (B5)	財務狀況， IT 技術設備，市場信譽，客戶群，地理位置。

表二 供應商評估標準定義說明

標準	定義說明
總成本 (B1)	成本直接影響一個組織的獲利，它在評選供應商的過程影響最大。在現今供應鏈全球化的趨勢上，不能再單指產品的加工成本或是原物料採購成本。需考慮到關稅、運輸費用、文件成本、溝通成本及調查潛在供應商過去財務及背景的成本等等。
品質水準 (B2)	品質標準表示加工廠的品質績效狀況。加工廠的品質績效將直接影響產品品質，產品品質水準是公司重要的競爭力。在供應鏈全球化的趨勢，跨國供應商的品質水準，是很重要的評選標準。
服務水準 (B3)	此標準是表示供應商的服務績效水準。供應商的服務水準是直接影響雙方的配合作業效率。在供應鏈全球化的趨勢，跨國供應商的服務水準，將影響新產品開發及推出時間。
技術能力 (B4)	供應商的技術能力將影響到新產品的開發週期及成功率。直接影響新產品的上市時間，讓公司增加市佔率及營收。另外可降低開發成本。
供應商背景 (B5)	這因素關係到是否可以與供應商長期穩定配合的重要因素。

二、 層級結構圖

經本研究整理評選供應商的五個主要標準及二十四項評選要素，將這些標準及評選要素轉成如圖 2 的層級架構圖。

表三 供應商評估要素定義說明

標準	評核要素	定義說明
總成本 (B1)	加工成本 (B11)	每顆 IC 的封裝測試加工單價，是直接影響產品的單位成本，是評選加工廠很重要的標準。
	總運輸成本 (B12)	與中國大陸的供應商配合，總成本不僅計算其產品單位成本，還需包含原材料及半成品的運輸費用。
	關稅和稅金 (B13)	與中國大陸的供應商配合，總成本不僅計算其產品單位成本，還需包含原材料及半成品的進出口關稅及當地政府的稅金。
	維護成本 (B14)	為維持與中國大陸的供應商配合，需花費的駐廠人員、定期品質稽核、調查潛在供應商的背景及過去績效、溝通協調成本及文件等等成本，均須列入計算及考量。
品質水 準 (B2)	品質信賴度 (B21)	供應商的加工品質需考量到耐用度及可靠度，需做一系列的可靠度試驗，來確認供應商的品質信賴度。
	回貨率 (B22)	供應商的加工回貨率，影響產品的單位成本，即所謂的直通率。
	交期準確度 (B23)	交期準確度影響成品交付的時間及終端產品的上市時間。延誤交期一般都會被要求懲罰性賠款或是停線費用。
	異常率 (B24)	加工異常會間接影響到交期，需要花額外的人力及資源來處理及解決異常問題，間接的增加了費用及成本。
	產品失效分析與矯正能力 (B25)	產品失效需用最短時間分析出原因，方能提出對策降低產品失效導致的損失。供應商的分析能力將影響到分析時間長短及改善對策的擬訂是否有效，會影響產品上市時間。
服務水 準 (B3)	客戶需求回應時間 (B31)	對於客戶特殊需求、工程需求及品質要求供應商的回應時間將會影響新品開發時間。
	資訊服務平台 (B32)	資訊服務平台將增加雙方溝通的效益及效率。
	交期及產能配合度 (B33)	近年客戶發急單的機率越來越高，供應商的交期及產能配合度高，就表示可搶到訂單的機會就高，供應鏈的競爭力自然就提升。
	技術與研發支援 (B34)	供應商提供專業的技術與研發支援，將可使新品開發時間縮短、易於生產、提升品質及開發出更符合顧客需求的產品。
	產品多樣性 (B35)	供應商封裝產品多樣性有利於縮短新產品的開發時間及開發成本，可以減少請供應商客制化的機會。也可減少配合供應商家數，降低維護供應商的成本。
技術能 力 (B4)	新產品開發計劃 (B41)	供應商的新產品開發計劃是否有符合客戶未來開發新產品的需求，有利於客戶未來開發新產品。
	新技術開發能力 (B42)	在產品生命週期越來越短的時代，供應商的新技術開發能力有助於整條供應鏈的競爭力。

	生產設備與產能 (B43)	供應商擁有適當的生產設備等級及數量，才能提供足夠的產能、優質的品質及合適的價格。
	製程創新能力 (B44)	供應商能適時配合客戶在製程上做創新，將有助於產能的增加、穩定的品質及降低加工價格。
	製程技術 (B45)	供應商現有製程技術水準是否符合客戶需求。主要影響產能、品質及價格。優越的製程技術可提升供應鏈的競爭能力。
供應商背景 (B5)	財務狀況 (B51)	供應商的財務狀況是否穩定，也會影響長期合作的可能性及穩定性。
	IT 技術設備 (B52)	在資訊時代，IT 技術設備將會提升合作的效率。供應商的 IT 技術設備是否符合需求，直接影響工程開發的進度。
	市場信譽 (B53)	供應商在市場的風評及信譽是初步而簡單的評選依據。
	客戶群 (B54)	供應商擁有的客戶群也能很簡單的做為初步評選的依據。
	地理位置 (B55)	供應商的地理位置將影響原物料、半成品及成品的運送時間及運輸費用，且可能會有進、出口關稅及稅金的發生。群聚效應將有助於提升供應鏈的競爭力，也可減少運送時間及費用。

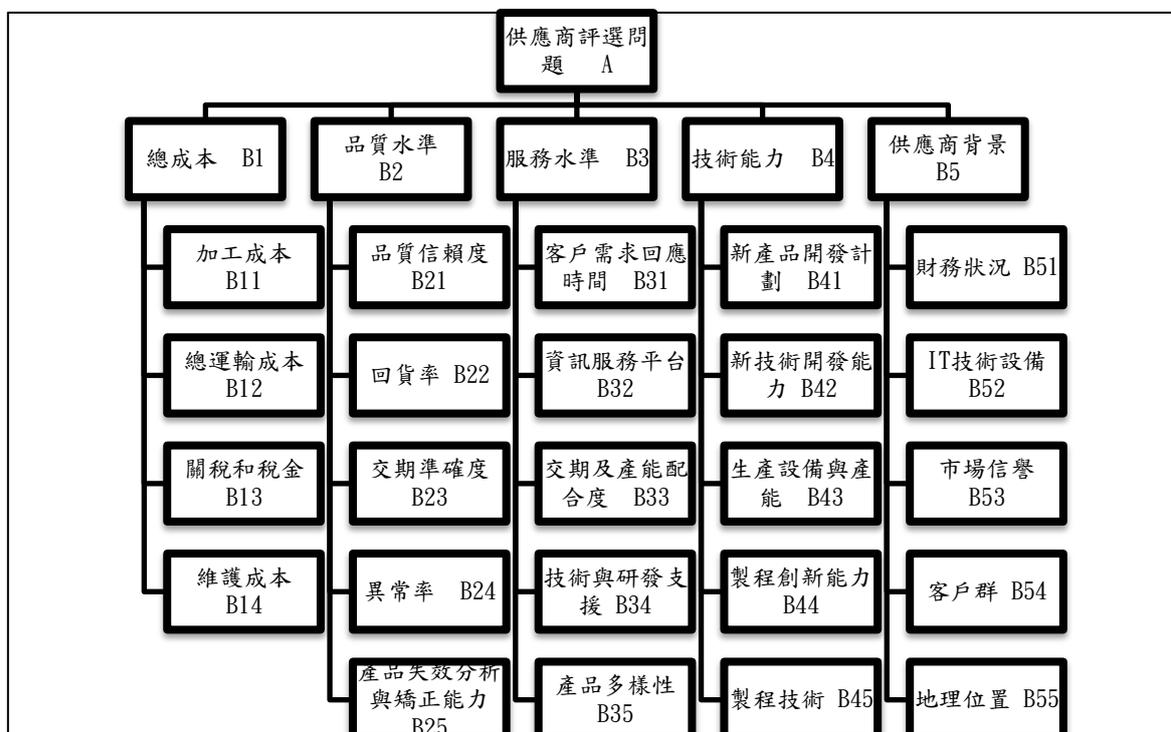


圖 2 IC 設計業評選供應商之要素層級結構圖

三、 建立模型

參考 Dalalah *et al.*(2011)、Chang *et al.*(2011)、Mehregan *et al.* (2014) 及 Keskin (2015)，本研究 Fuzzy DEMATEL (Fuzzy The Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) 方法的實施步驟說明如下：

(1) 定義專家小組及評核標準

影響某些系統標準可以通過文獻回顧來決定，集思廣益專家意見等。此外，有必要形成一個專家小組，為相關問題提供了群體知識。

(2) 建立模糊成對比較矩陣

成對比較矩陣的評價標準，在步驟(1)已確定了成對比較矩陣，提交給專家。然後，成對比較準備通過專家的影響程度分配給矩陣的每個單位。在本文中模糊的尺度分成五種尺度的影響(沒有影響、非常低的影響、低的影響、較高的影響和極高的影響)。每個語言術語都有其相應的正三角模糊數(Triangular Fuzzy Numbers, TFN)。所施加的模糊標準尺度包括其語言術語及它們相應的正三角形數，如表四所示。

TFN可以由(l, m, u)三個數表示，其中 $l \leq m \leq u$ 。假設 $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ 是表示為專家認為要素 i 對要素 j 的影響程度。

(3) 建立初始直接關係模糊矩陣

接下來需要使用公式(3.10)來獲得評估專家喜好的平均值：

$$\tilde{z} = \frac{(\tilde{z}^{(1)} \oplus \tilde{z}^{(2)} \oplus \dots \oplus \tilde{z}^{(k)})}{p} \quad (3.10)$$

然後，匯總模糊矩陣產生矩陣(3.11)如下：

$$\tilde{z}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{z}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{z}_{21}^{(k)} & 0 & \dots & \tilde{z}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & 0 & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{(k)} & \tilde{z}_{n2}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix}, k = 1, 2, \dots, p \quad (3.11)$$

這矩陣被稱為初始直接關係模糊矩陣(initial direct-relation fuzzy matrix)，其中 $\tilde{z}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ 是三角模糊數，和 $\tilde{z}_{ij} = (i = 1, 2, \dots, n)$ 將被視為三角模糊數(0, 0, 0)隨時。

表四 語言術語和模糊數之間的對應關係
資料來源：Chang *et al.* (2011)

評估尺度	模糊語意	模糊數 (l, m, u)
0	沒有影響	(0, 0, 0.25)
1	非常低的影響	(0, 0.25, 0.50)
2	低的影響	(0.25, 0.50, 0.75)
3	較高的影響	(0.50, 0.75, 1.00)
4	極高的影響	(0.75, 1.00, 1.00)

(4) 解模糊化

由於所得專家意見已轉為模糊值，所以必須透過解模糊化的方法，轉換成非模糊值。依據 Buckley (1985) 提出之重心法 (COA)，對三角模糊數解模糊化，找出最佳非模糊績效值 (BNP) 或最佳明確值，即求出每一標準跟要素之明確權重，優點為客觀性無需加入決策人員的偏好。計算方式如公式 (3.12)：

$$BPN_i = [(U_i - L_i) + (M_i - L_i)]/3 + L_i \quad (3.12)$$

(5) 建立標準化直接關係矩陣

經過標準化的初始直接關係矩陣，我們獲得標準化直接關係矩陣 \tilde{X} 使用：

$$X^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & X_{12}^{(k)} & \dots & X_{1n}^{(k)} \\ X_{21}^{(k)} & 0 & \dots & X_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & 0 & \vdots \\ X_{n1}^{(k)} & X_{n2}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad \forall k = 1, 2, \dots, p \quad (3.13)$$

$$X = \tilde{z} / \lambda \quad (3.14)$$

$$\lambda = \max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n \tilde{z}_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n \tilde{z}_{ij}) \quad (3.15)$$

(6) 建立總影響關係矩陣

將標準化後矩陣計算標準與要素間的直接與間接的影響關係。應用馬可夫鍊的觀念求得最後標準與要素間的總影響關係矩陣 T。要素之間的影响會受到本身及其他要素的直接與間接的綜合影響，因此當達到無限次的影響時，矩陣影響值為 0 將會達到穩定的狀態即 $\lim_{w \rightarrow \infty} [X]^w = 0$ ，亦即獲得總影響關係矩陣 T，如公式 (3.16)。

$$T = \lim_{w \rightarrow \infty} (X + X^2 \dots + X^w) = X(I - X)^{-1} \quad (3.16)$$

其中 I 為單位矩陣。

(7) 建立中心度與關聯度

將總影響關係矩陣 T 的每一列與每一行分別做加總，即可獲得每一列的總和 D_i 值和每一行的總和 R_i 值。其中 D_i 值表示該要素直接或間接與其他要素之影響程度大小， R_i 值表示該要素被其他要素影響的程度大小。而 $(D_i + R_i)$ 稱為中心度 (Prominence)，表示此要素特性影響及被影響程度，根據此值可顯示該要素特性 i 在要素間的關係強度。 $(D_i - R_i)$ 稱為關聯度 (Relation)，表示要素特性影響及被影響的差異程度，可顯示要素特性 i 在要素間歸屬的因果程度，如標準 $(D - R)$ 是正值，表示標準是原因 (操縱) 類 (cause (driving) group)，它的績效會影響整個系統的目標，此標準應該付出更多的注意；如標準 $(D - R)$ 是負值，表示標準是影響 (相關) 類 (effect (dependent) group)。 R_i 值與 D_i 值的計算為公式 (3.16) 及公式 (3.17)。

$$D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.17)$$

$$R_i = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.18)$$

(8) 建立因果圖

因果圖以 $(D_i - R_i)$ 為縱軸表示關聯度， $(D_i + R_i)$ 為橫軸表示核心作用程度。

肆、研究結果

一、 分析評選標準及評選要素影響關係度

經過十三位專家提供的問卷意見做分析，依 FDEMATEL 資料分析步驟於本研究實行影響關聯度數據及關聯圖結果如表五~表十所示。

從圖 4 供應商評選標準因果圖可以看到，標準技術水準 B4 在 (D+R) 及 (D-R) 的數值都是最高，分別是 13.4732 及 0.3129，可以判斷技術水準是影響其它標準程度最大也是最重要的標準，接下來是品質水準跟總成本分別是第二、三名。圖 5 總成本標準下的要素因果圖，很明顯的加工成本 B11 的 (D+R) 及 (D-R) 數值最大，(D+R) 及 (D-R) 數值分別是 7.7971 及 0.6979，可以判斷加工成本是影響其它總成本要素程度最大也是最重要的要素。圖 6 品質水準標準下的要素因果圖，品質信賴度 B21 是影響品質水準標準下的其他要素程度最大也是最重要的要素，(D+R) 及 (D-R) 的數值分別是 13.5232 及 0.4868，而回貨率是影響其他要素程度第二大的要素，其 (D+R) 及 (D-R) 的數值分別是 12.6888 及 0.3458。圖 7 服務水準標準下的要素因果圖，技術與研發支援 B34 是影響服務水準標準下的其他要素程度最大也是很重要的要素，(D+R) 及 (D-R) 的數值分別是 9.8313 及 0.2120，而交期與產能配合度 B33 是影響程度第二大的要素。圖 8 技術能力標準下的要素因果圖，製程創新能力 B44 是影響技術能力標準下的其他要素程度最大也是最重要的要素，(D+R) 及 (D-R) 的數值分別是 20.3753 及 0.6358，第二影響要素是新技術開發能力 B42。圖 9 供應商背景，財務狀況 B51 是影響技術能力標準下的其他要素程度最大也很重要的要素，(D+R) 及 (D-R) 的數值分別是 11.5005 及 0.7488，市場信譽 B53 排名第二。在服務水準下的客戶需求回應時間 B31 雖 (D+R) 值是服務水準下的其它要素最大的雖是重要程度很大，但是 (D-R) 負數表示被其它要素所影響，而供應商背景標準下的客戶群 B54 也是一樣。

表五 供應商評選標準之影響關聯度數據

供應商評選構面	D	R	D+R	D-R
總成本 (B1)	6.4878	6.3100	12.7978	0.1778
品質水準 (B2)	6.6826	6.5033	13.1859	0.1793
服務水準 (B3)	5.0937	5.6738	10.7675	-0.5800
技術能力 (B4)	6.8931	6.5801	13.4732	0.3129
供應商背景 (B5)	4.7958	4.8858	9.6816	-0.0900

表六 供應商評選總成本要素之影響關聯度數據

總成本 (B1)	D	R	D+R	D-R
加工成本 (B11)	4.2475	3.5496	7.7971	0.6979
總運輸成本 (B12)	3.3200	3.5648	6.8849	-0.2448
關稅和稅金 (B13)	3.2625	3.3299	6.5924	-0.0674
維護成本 (B14)	3.1632	3.5488	6.7120	-0.3857

表七 供應商評選品質水準要素之影響關聯度數據

品質水準 (B2)	D	R	D+R	D-R
品質信賴度 (B21)	7.0050	6.5182	13.5232	0.4868
回貨率 (B22)	6.5173	6.1715	12.6888	0.3458
交期準確度 (B23)	4.7449	5.6058	10.3507	-0.8609
異常率 (B24)	6.2633	6.5068	12.7701	-0.2436
產品失效分析與矯正能力 (B25)	6.2060	5.9341	12.1401	0.2719

表八 供應商評選服務水準要素之影響關聯度數據

服務水準 (B3)	D	R	D+R	D-R
客戶需求回應時間 (B31)	5.1940	5.6177	10.8117	-0.4236
資訊服務平台 (B32)	4.6993	4.5155	9.2149	0.1838
交期及產能配合度 (B33)	4.9278	4.8567	9.7844	0.0711
技術與研發支援 (B34)	5.0219	4.8099	9.8318	0.2120
產品多樣性 (B35)	4.0770	4.1202	8.1971	-0.0432

表九 供應商評選技術能力要素之影響關聯度數據

技術能力 (B4)	D	R	D+R	D-R
新產品開發計劃 (B41)	9.5042	10.6153	20.1195	-1.1111
新技術開發能力 (B42)	10.2091	10.1088	20.3179	0.1003
生產設備與產能 (B43)	8.4503	7.9147	16.3649	0.5356
製程創新能力 (B44)	10.5055	9.8697	20.3753	0.6358
製程技術 (B45)	9.9949	10.1555	20.1505	-0.1606

表十 供應商評選供應商背景要素之影響關聯度數據

供應商背景 (B5)	D	R	D+R	D-R
財務狀況 (B51)	6.1246	5.3759	11.5005	0.7488
IT技術設備 (B52)	4.2692	5.1925	9.4616	-0.9233
市場信譽 (B53)	5.8431	5.7136	11.5567	0.1295
客戶群 (B54)	5.7070	5.9852	11.6922	-0.2782
地理位置 (B55)	3.9855	3.6623	7.6478	0.3232

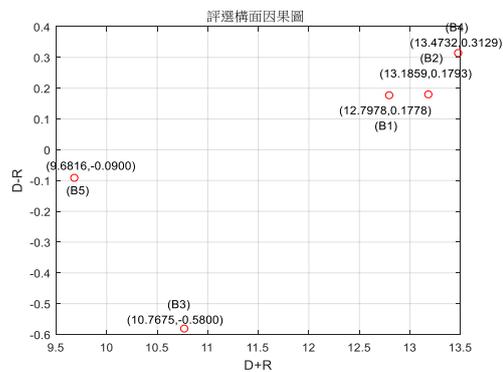


圖 4 供應商評選標準因果關係圖

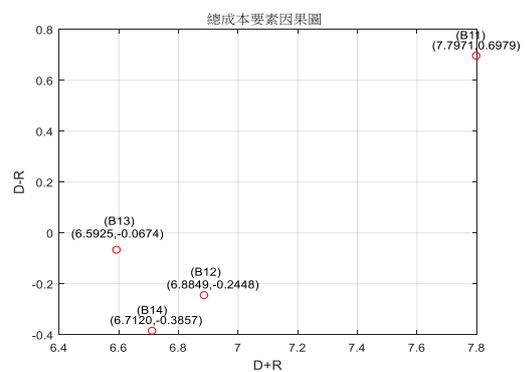


圖 5 總成本要素因果關係圖

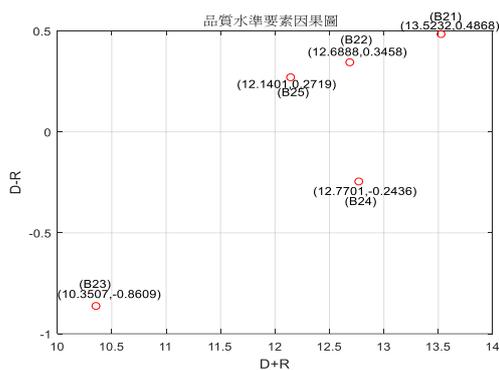


圖 6 品質水準要素因果關係圖

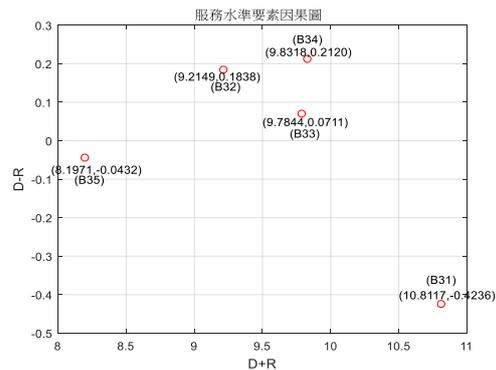


圖 7 服務水準要素因果關係圖

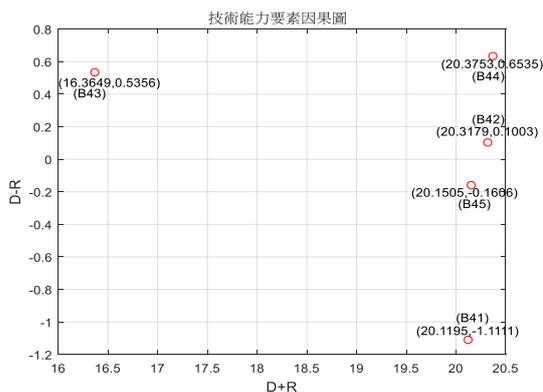


圖 8 技術能力要素因果關係圖

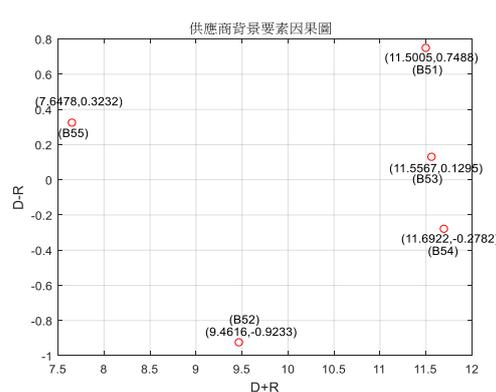


圖 9 供應商背景要素因果關係圖

伍、研究結論與建議

本研究依據彙整出五個評選供應商標準及 24 個要素採用 FAHP 及 FDEMATEL 請 IC 設計業內的 13 位專家，針對各標準及要素成相比較給予權重及關聯性比較權重。取得專家的相關權重意見後，先利用 FAHP 的分析步驟得出在標準中品質水準得到最高權重為 0.3597，總成本標準得到 0.3155 為第二高的權重，這兩個標準的權重值加總已高達 0.6752，可見台灣 IC 設計公司評選大陸封裝測試廠時還是重視品質與成本的表準。而在層級串聯後加工成本要素得到在全部要素裡最高的權重，權重值為 0.1725；品質信賴度為第二高的要素，權重值為 0.1501。前 9 名的要素皆為總成本及品質水準底下的要素，表示 IC 設計公司欲評選封裝測試廠可著重於這兩個標準及底下的 9 個要素去評選封裝測試廠。再利用 FDEMATEL 的分析步驟，來分析專家提供的關聯性權重，在 5 個標準裡，技術能力標準得到了最高的權重，(D+R)及(D-R)值分別得到了 13.4732 及 0.3129，這表示了技術能力跟其它 4 個標準關聯性最高，重要性也最高，要得到供應商其它標準好的績效，需先改善或要求供應商要有好的技術能力，可得到的效果最佳，接下來的排名分別是品質水準跟總成本。而在技術能力、品質水準及總成本下的要素關聯性分析，製程創新能力是技術能力標準下關聯性最高，重要性也最高的要素，(D+R)及(D-R)值分別得到了 20.3753 及 0.6358，這表示要得到供應商技術能力

標準的績效，則改善或要求供應商要有製程創新能力，可得到的效果最佳；品質信賴度是品質水準標準下關聯性最高，重要性也最高的要素，(D+R) 及 (D-R) 值分別得到了 13.5232 及 0.4868，這表示要得到品質水準標準的績效，則改善或要求供應商要有品質信賴度，可得到的效果最佳；加工成本是總成本標準下關聯性最高，重要性也最高的要素，(D+R) 及 (D-R) 值分別得到了 7.7971 及 0.6979，這表示要得到總成本標準的績效，則改善或要求供應商的加工成本，可得到的效果最佳。

綜合後 IC 設計公司欲評選大陸封裝測試廠，應以供應商的品質水準及總成本做為最重要的評選標準。而要求供應商改善技術能力是可以大幅改善供應商的品質水準及總成本等標準的績效。在供應商的製程創新能力又是可以大幅得到供應商的技術能力績效，供應商品質信賴度及加工成本亦是如此。

本研究結論可供台灣 IC 設計公司評選大陸封裝測試供應商參考外，還可以提供予台灣封裝測試供應商做為客戶滿意度績效的改善要素，以取得更多 IC 設計公司的認同增加與大陸同業的競爭力。

本研究只針對封裝測試廠評選標準及要素做研究，後續可做的延伸研究議題說明：IC 設計公司因專精的研發產品的應用領域不同有分許多類型的 IC 設計公司，如有記憶體 IC、類比 IC、微元件 IC 及邏輯 IC。而生產這些種類的 IC 所對封裝測試加工廠的要求自然有些許的不同，所以評選的標準及要素也可能會有不同。後續可進行單一產品類別的專家進行供應商評選標準及要素的分析，再將得到的評選標準及要素權重套入個案公司的供應商評選實績，來篩選合適的供應商。

參考文獻

- 工研院 IEK 中心，2014 半導體產業年鑑，台北市，ITRI，2014
- H. Xiao, Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, NJ : Prentice-Hall, 2001.
- A. Amindoust, S. Ahmed, A. Saghafinia and A. Bahreininejad, "Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system," Applied Soft Computing Journal, Vol. 12, No.6, 2012, pp. 1668-1677.
- F. E. Boran, S. Genç, M. Kurt and D. Akay, "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method," Expert Systems with Applications, Vol. 36, No. 8, 2009, pp. 11363-11368.
- G. Bruno, E. Esposito, A. Genovese and R. Passaro, "AHP-based approaches for supplier evaluation: problems and perspectives," Journal of Purchasing and Supply Management, Vol. 18, No. 3, 2012, pp. 159-172.
- J. J. Buckley, "Fuzzy hierarchical analysis," Fuzzy set and systems, Vol. 17, Issue. 3, 1985, pp. 233-247.
- J. Chai, J. N. K. Liu and E. W. T. Ngai, "Application of decision-making techniques in supplier selection: a systematic review of literature," Expert Systems with Applications, Vol. 40, No. 10, 2013, pp. 3872-3885.
- F. T. S. Chan and N. Kumar, "Global supplier development considering risk factors using fuzzy

- extended AHP-based approach," *The international Journal of Management Science Omega*, Vol. 35, No. 4, 2007, pp. 417-431.
- F. T. S. Chan, N. Kumar, M. K. Tiwari, H. C. W. Lau and K. L. Choy, "Global supplier selection : a fuzzy-AHP approach," *International Journal of Production Research*, Vol. 46, No. 14,15, 2008, pp. 3825-3857.
- B. Chang, C. W. Chang and C. H. Wu, "Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria," *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 3, 2011, pp. 1850-1858.
- C. T. Chen, C. T. Lin and S. F. Huang, "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management," *International Journal of Production Economics*, Vol. 102, No. 2, 2006, pp. 289-301.
- Y. Chen, "Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain," *Information Sciences*, Vol. 181, No. 9, 2011, pp. 1651-1670.
- F. T. Cheng, Y. L. Chen and J. Y. C. Chang, "Engineering Chain: A Novel Semiconductor Engineering Collaboration Model." *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 25, No. 3, 2012, pp. 394-407.
- J. H. Cheng, C. M. Lee and C. H. Tang, "An application of Fuzzy Delphi and Fuzzy AHP on evaluating wafer supplier in semiconductor industry, " *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, Vol. 6, Issue. 5, 2009, pp. 756-767.
- D. Dalalah, M. Hayajneh and F. Batiha, "A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection, " *Expert Systems with Applications* , Vol. 38, No. 7, 2011, pp. 8384-8391.
- W. Ho, X. Xu and P. K. Dey, "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection : A literature review, " *European Journal of Operational Research*, Vol. 202, No. 1, 2010, pp. 16-24.
- Y. H. Hung, M. L. Huang and K. L. Fanchiang, "Applying the fuzzy analytic network process to the selection of an advanced IC packaging process development project," *International Journal of the Physical Sciences*, Vol. 7, No. 2, 2012, pp. 281-296.
- B. N. Hwang and Y. C. Shen, "Decision Making for Third Party Logistics Supplier Selection in Semiconductor Manufacturing Industry : A Non-additive Fuzzy Integral Approach," *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, Vol. 2015, No. 2015, pp. 1-12.
- C. Kahraman, U. Cebeci and Z. Ulukan, "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP," *Logistics Information Management*, Vol. 16, Issue. 6, 2003, pp. 382-394.
- H. Y. Kang and A. H. I. Lee, "A new supplier performance evaluation model : A case study of IC packaging companies, " *Kybernetes*, Vol. 39, Issue1, 2010, pp. 37-54.
- H. Y. Kang, A. H. I. Lee and C. Y. Yang, "A fuzzy ANP model for supplier selection as applied to IC packaging," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 23, No. 5 2010, pp. 1477-1488.
- D. Kannan, R. Khodaverdi, L. Olfat, A. Jafarian and A. Diabat, "Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain," *Journal of Cleaner Product*, Vol. 47, 2013, pp. 355-367.
- G. A. Keskin, "Using integrated fuzzy DEMATEL and fuzzy C: Means algorithm for supplier

- evaluation and selection," *International Journal of Production Research*, Vol. 53, No. 12, 2015, pp. 3586-3602.
- O. Kilincci and S. A. Onal, "Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company," *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 8, 2011, pp. 9656-9664.
- R. J. Lin, "Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices," *J Clean Prod*, Vol. 48, 2013, pp. 32-39.
- Y. T. Lin, L. Lin, H. C. Yu and G. H. Tzeng, "A novel hybrid MCDM approach for outsourcing vendor selection: A case study for a semiconductor company in Taiwan," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 7, 2010, pp. 4796-4804.
- M. R. Mehregan, S. H. Hashemi, A. Karimi and B. Merikhi, "Analysis of interactions among sustainability supplier selection criteria using ISM and fuzzy DEMATEL," *International Journal of Applied Decision Science*, Vol. 7, No. 3, 2014, pp. 270-294.
- P. Pitchipoo, P. Venkumar and S. Rajakarunakaran, "Fuzzy hybrid decision model for supplier evaluation and selection," *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 13, 2013, pp. 3903-3919.
- F. L. J. Rodrigues, L. Osiro and L. C. R. Carpinetti, "A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection," *Applied Soft Computing*, Vol. 21, No. 0, 2014, pp. 194-209.
- C. G. Sen, S. Sen and H. Baslgil, "Pre-selection of suppliers through an integrated fuzzy analytic hierarchy process and max-min methodology," *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 6, 2010, pp. 1603-1625.
- K. Shaw, R. Shankar, S. S. Yadav and L. S. Thakur, "Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain," *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, No. 9, 2012, pp. 8182-8192.
- A. Shemshadi, H. Shirazi, M. Toreihi and M. J. Tarokh, "A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting," *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 10, 2011, pp. 12160-12167.
- H. H. Sung and R. Krishnan, "A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain," *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, No. 2, 2008, pp. 1303-1311.
- X. Y. You, J. X. You, H. C. Liu and L. Zhen, "Group multi-criteria supplier selection using an extended VIKOR method with interval 2-tuple linguistic information," *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, No. 4, 2015, pp. 1906-1916.
- M. Zeydan, C. Çolpan, and C. Çobanoğlu, "A combined methodology for supplier selection and performance evaluation," *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 3, 2011, pp. 2741-2751.