

台灣機械工業發展策略效果之 模糊多評準決策

Fuzzy Multi-Criteria Decision Making for Evaluating the Performance of Machinery Industrial Development Strategies in Taiwan

王建彬 *Chien-Pin Wang*

工研院產經中心(IEK)研究總監

交通大學科技管理研究所博士

Senior Administrator of ITRI

PhD of National Chiao Tung University

袁建中 *Benjamin J.C. Yuan*

交通大學科技管理研究所專任教授

Professor of National Chiao Tung University

曾國雄 *Gwo-Hshiung Tzeng*

開南技術學院講座教授

Professor of Kai-Nan University

摘 要

台灣機械工業多項產品名列世界出口前十名，但面臨內外環境的鉅變，2001 年產值，進出口同時下滑，如何能解決產業之困境及提出具體可行之策略，將有助於強化未來產業競爭優勢。本研究之目的為提昇台灣機械工業國際地位，透過策略層面及其困境遭遇之程度，擬訂解除困境之策略方案，進行多

準則評估，以提出有助於台灣機械工業未來永續發展之策略方案。本研究利用層級分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)法求取評估準則之權重，並加入模糊多評準決策(Fuzzy Multi-criteria Decision Making, FMCDM)之觀念進行排序。研究結果顯示：台灣機械工業以全球行銷及售後服務網待建立、CEO (Chief Executive Officer) 管理能力不足、研發人力不足、重要零組件依賴進口、產業聚落逐漸散去為遭遇最大之困難。專家認為策略方案排行前五名為：「必須引進高級人才、推動研發聯盟、發展關鍵零組件、獎勵業者自行研發、整合業者資源拓展市場」。本研究經具體之評估過程，對台灣機械工業而言，係首次經由模糊理論結合 AHP 法獲得之結論，克服以往傳統問卷評量常有模糊性語詞之障礙，此結果亦可提供制定產業政策之參考。

關鍵字：層級分析法，模糊理論，多評準決策，機械產業，工具機

Abstract

Many products of mechanical industry that are produced in Taiwan are ranked within top-ten exports around the world. However, with the dynamic change in both the internal and external environment, productivity, imports and exports have dropped simultaneously. In order to strengthen the industry's competitive advantage, it is crucial to propose concrete projects to solve the difficulties the industry has encountered. The purpose of this research is to propose strategies for the future development of the machinery industry through strategic aspects, a problem solving focused and strategic alternative point of view. Methods such as AHP and FMCDM are used to rank the strategies. The result of the research shows that experts believe the best five strategies are firstly, recruiting high-level manpower; secondly, promoting industrial R&D alliances; thirdly, developing the key components; fourthly, encouraging in-house R&D; finally, integrating industry cooperation for expanding market. The major problems being encountered by the Taiwanese machinery industry are poor global marketing & after-sales network, poor management capability for CEO, insufficiency in R&D talents, dependency on the imports for key components, disintegration of well established industrial supporting system.

Keywords: AHP, Fuzzy sets theory, Multiple criteria decision making, Machine Industry, Machine Tool.

壹、緒論

機械工業範圍包含：工具機、產業機械、環保及能源設備、重機械及機械零組件。台灣機械工業廠家數約 11,500 家，佔製造業 14.8%，從業人員 145,000 人，佔 6.1%。在世界機械工業中，製鞋業出口佔全球第二、木工機佔全球第三、工具機佔全球第五、模具及塑膠機械各列十名之內，為台灣重要產業，且屬十大新興工業之一。然而在面臨國際景氣不佳，產業外移，中國大陸及韓國競爭下，2001 年產值衰退 16.9%，出口值衰退 7.1%，進口值衰退 31%，係近十年來首見，引起國際及台灣機械業者、政府及研究機構之高度重視。

有鑒於機械工業面臨困難局面，期望透過本研究之進行，為台灣機械工業提出未來發展方向，供產、官、學、研參考。本研究以台灣機械工業為範圍，有系統蒐集相關台灣文獻，包含歷年政府部門、研究機構、學術機構相關報告，暨產業界相關反應，以研發與技術、市場行銷、政府措施、相關支援產業、人力資源為焦點，具體詳列二十項目機械工業目前面臨之困難點，另據此提出有效策略方案十項，建立分析層級，並評估十項策略方案執行之效果。

以往研究台灣機械工業之論文，多利用敘述性統計，並以交叉分析方法，分析統計結果。且問卷評量項目常有模糊性的詞語，如「非常重要」、「重要」、「普通」、「不重要」、「非常不重要」等語義出現，一般的二值邏輯(True/False)的觀念並不適用。再者以往對機械產業的策略方案及遭遇困難權重大小之探討甚少，所以本研究利用層級分析法(Analysis Hierarchy Process, AHP)的層級概念與特徵向量法來分析並求得準則權重大小。結合模糊多評準決策法(Fuzzy Multiple Criteria Decision Marking, FMCDM)中對模糊詞語的處理方式與方案排序方法，針對專家研擬之十項策略方案，以所遭遇之困難視為質化屬性或準則，配合所得到的各項權重，導出各項方案之綜合效用值並據以進行優勢排序。

本研究之調查期間係自 2002 年 12 月開始，至 2003 年 2 月截止，計三個月時間。針對台灣產、官、學、研 25 位專家發出問卷，計回收 20 份問卷，其中包含產業界 5 份(盟立自動化、震雄機械、亞崴機械、均豪精密、利汎公司)、政府單位 5 份(行政院科技顧問組、經濟部工業局、經濟部技術處、國科會)、學術單位 5 份(中正、淡江、高雄第一科技大學、東海大學、台北科技大學)、研究機構 5 份(工研院機械所、工研院經資中心、精密機械研發中心、中華經濟研究院、台灣經濟研究院)。結果顯示：全球行銷及服務網待建立、CEO(Chief Executive Officer) 管理能力不足、研發人力不足、重要零組件依賴進口、重

要產業聚落逐漸散去為最大之遭遇困難；十大策略方案依序為：引進高級人才、推動研發聯盟、獎勵業者自行研發、發展關鍵零組件、整合業者資源拓展市場、推動企業e化及自動化、提高國防役名額、建立兩岸分工體系、積極培訓實作人員、鼓勵採用國產設備。

本研究第二部分為說明台灣機械工業發展現況之問題與發展策略，第三部份為說明評估準則之選取及層次體系之建立與評估過程，第四部分為探討台灣機械工業發展策略評估之模糊多評準決策(FMCDM)之應用。第五部分為列出實證結果與討論，最後部分為結論。

貳、台灣機械工業發展現況之問題與發展策略

機械工業為「工業之母」，一國之製造業實力常以機械工業為代表，台灣機械工業多項產品產值名列前十大，但 2001 年產值首度出現下降現象，已引起台灣工業界之重視，再度檢視面臨之新問題及思考新策略已為當務之急。

一、機械工業的範圍

- (一) 工具機：車床、鑽床、銑床、磨床、鋸床、沖(壓)床、剪床、NC (Numerical Control; 數值控制) 工具機、非傳統性加工工具機等。
- (二) 產業機械：紡織及成衣機械、製鞋機械、食品機械、化工機械、橡塑膠機械、造紙印刷機械、木工機械、輸送機械、包裝機械、鑄鍛機械、半導體製程設備、LCD (Liquid Crystal Display; 液晶顯示) 製程設備、薄膜製程設備等。
- (三) 環保機械及能源設備：廢棄物處理設備(焚化爐)、空氣污染防治設備、廢水處理設備、噪音防治設備、新能源設備、再生能源設備、廢能源利用設備等。
- (四) 重機械：營建機械、碼頭機械、礦山機械、堆高機、渦輪機等。
- (五) 機械零組件：軸類、閥類、齒輪、軸承、空油壓零組件、螺絲、泵浦、模具、治夾具等。

二、台灣機械工業重要性

機械工業在台灣整體產業發展中扮演著重要角色，台灣機械工業之廠家數約 11,500 家，佔製造業之 14.8%；從業人員 145,000 人左右，佔 6.1%；產值 144 億美元，佔 6.1%。出口值 97 億美元，佔全國出口值之 8%，其中製鞋皮革機械之出口全球排名第二佔 20%，木工機械排名第三佔 14%，工具機排名第五佔 6%，尚有模具、橡塑膠機械等多項產品列名前十名(見表一)。

表一 1999~2000 台灣機械全球出口排行榜

排名	項目	製鞋皮革機械	木工機械	工具機	橡塑膠機械	紡織成衣機械	模具	電動工具	化工機械	泵送風機壓縮機	空油壓元件	造紙印刷機	軸承	食品機械
		1999 全球排名	一 二 三	義 台 英	德 義 台	日 德 美	德 義 日	德 日 義	日 德 義	德 美 日	德 義 美	德 美 日	德 英 法	德 美 日
2000 全球排名	一 二 三	義 台 韓	德 義 台	日 德 美	德 日 義	德 日 義	日 德 美	德 日 美	德 日 美	德 美 日	德 日 美	德 美 日	日 德 美	德 義 美
1999 台灣在全球出口的佔有率		18.7%	13.5%	6.1%	5.0%	7.1%	6.9%	5.1%	2.5%	2.4%	6.7%	1.4%	1.1%	1.2%
2000 台灣在全球出口的佔有率		19.5%	13.5%	6.3%	6.0%	6.8%	7.1%	5.1%	2.7%	2.2%	0.24%	1.5%	1.1%	1.3%

資料來源：Datastar／台經院／海關進出口資料／工研院經資中心 ITIS 計畫

三、台灣機械工業面臨之問題及困難

近十年來台灣機械工業產值均呈現成長態勢，但在 2001 年則首度出現衰退現象。2001 台灣機械工業產值為 3790 億台幣，較 2000 年衰退 16.9%，出口值衰退 7.1%，進口值衰退 31%，引起台灣機械業者及政府之重視(如表二)。

表二 我國機械產業之市場規模

單位：億元，%

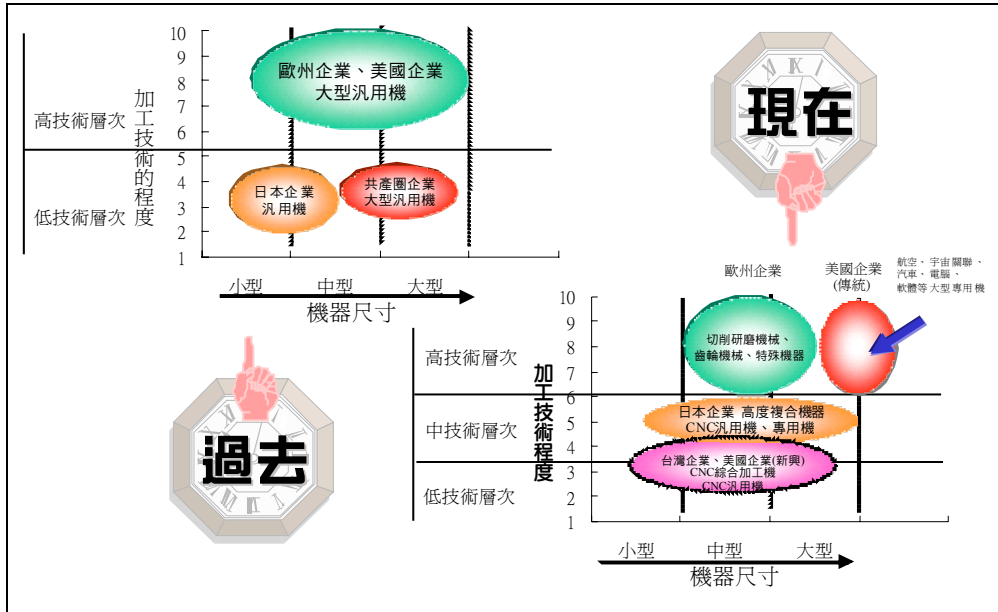
年別	生產值 A	進口值 B	出口值 C	市場需求 D=A+B-C	出口比例 E=C/A*100%
1997	4,157	3,066	3,035	4,188	73.01
1998	4,096	4,026	2,887	5,235	70.48
1999	4,212	4,515	2,962	5,765	70.32
2000	4,543	5,539	3,413	6,669	75.13
2001	3,790	3,812	3,169	4,433	83.61

資料來源：1.經濟部統計處，〈工業生產統計月報〉；2.財政部海關進出口統計電腦檔；
3.工研院整理，2002年6月。

日本野村總合研究所 1997 年年報中曾提出，台灣機械工業的主力—工具機工業問題主要有四：(1)核心零組件仰賴日本；(2)台灣與日本最大之差距在海外銷售服務據點；(3)以趕上日本廠商性能為主，尚未達到獨自開發產品階段；(4)成本優勢逐步消失。

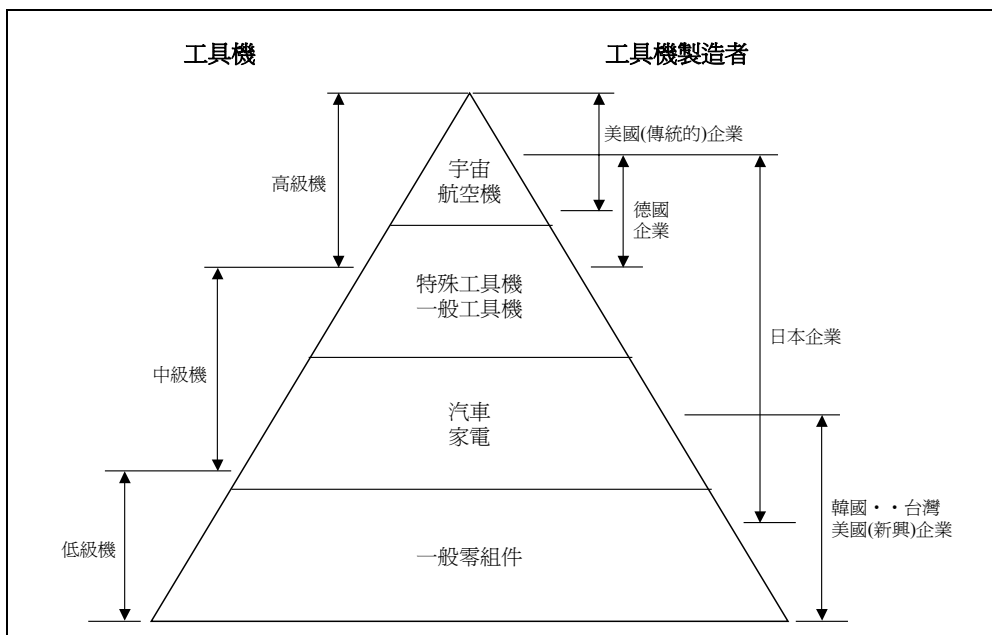
日本機械經濟研究所松崎與山田(1999)指出，傳統的美國企業與歐洲工具機廠(專長在航太、汽車、電腦、軟體、宇宙關聯之切削研磨機械、齒輪機械及特殊機械)，其技術等級在 6~9.5 之間；而日本企業走向高度複合機種，技術等級在 4~6 間，專長為 CNC (Computer Numerical Control；電腦數值控制) 泛用機；台灣企業則與美國新興工具機廠(如 Huro、HAAS 等)列為同一級，技術等級在 2~4.5 間，專長在 CNC 綜合加工機及 CNC 泛用機 (詳見圖一)。

日本東京農工大學堤正(2000)則認為傳統美國與德國工具機業者所生產之工具機屬高級品，產品主要用於生產航太產品，而日本則為中、高級品，主要用於生產汽車及家電產品，台灣、韓國及美國新興企業則被歸於中、低級品，產品主要用於生產一般零組件。詳見圖二。



資料來源：日本機械經濟研究所／工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/07)

圖一 國際工具機競合市場變化



資料來源：日本產業技術振興協會／工研院經資中心 ITIS 計畫(2001/07)

圖二 台灣在世界工具機技術層級的位置

Chang 等 (2002) 亦曾提出台灣機械工業之 SWOT 分析，認為研發投入不足等七項因素為台灣機械工業弱點，產業不斷外移等七項則為面臨之威脅，而台灣機械工業之強勢與機會分別有七項及六項，詳見表 3。

表三 我國機械工業競爭力分析

<ul style="list-style-type: none"> • 人力素質高 • 資金充裕 • 模仿技術強，跟隨能力高 • 衛星工廠健全支援配合良好 • 市場資訊充足，對市場需求反應快 • 政府提供各項租稅獎勵及財務支援 • 具群聚效應(cluster)，台灣中部為工具機、木工機械廠商集中地，台南則為塑膠機械 	<ul style="list-style-type: none"> • 研發投入仍嫌不足 • 土地價格偏高 • 技術勞工不足 • 系統整合能力較缺乏 • 衛星工廠規模小 • 重要設備及關鍵零組件仰賴進口 • 對主要工業需求(如運輸及半導體工業)，未能切入市場及掌握關鍵技術
S	W
O	T
<ul style="list-style-type: none"> • 生產自動化比例提升 • 電子資訊產業技術成熟，可充分支援機械業發展 • 關鍵零組件已逐步自行開發生產 • 國外行銷及售後服務網逐步設立 • 對歐美幣值而言，新台幣貶值，有利市場拓銷 • 新產品開發之投入日漸增加 	<ul style="list-style-type: none"> • 下游產業不斷外移，造成國內需求外移 • 出口市場過度集中(中國大陸、美國佔近 1/2) • 廠商對於回收期較長之產品投資意願低 • 大陸、韓國及東歐加入競爭 • 業者低價競爭，不利市場拓銷 • 未來加入WTO後，政府可用政策工具減少 • 匯率不穩定，經營風險增加

資料來源：Chang et al., (2002). "Forecast of development trend in Taiwan's machinery", Technological Forecasting of Social Change, 69, 781-800.

在 2001 年 5 月舉辦的「全國工業發展會議」中，亦曾針對台灣工具機提出下列缺點：(1)國際化人才不足；(2)人才流動率過高；(3)學校養成教育缺乏實務經驗；(4)資金不足致研發投入不足；(5)業者多靠自己發展無法快速產出

具特色之產品；(6)市場情報仍不足（全國工業總會, 2001）。

經濟部於 1999 年所公佈的機械工業發展策略與措施中，亦曾提出台灣機械之弱勢有：(1)土地價格過高；(2)技術勞工不足；(3)系統整合能力較缺乏；(4)衛星工廠規模小；(5)研發投入仍嫌不足；(6)重要零組件依賴進口；(7)缺乏全球行銷及售後服務網；(8)同業間產品重覆比率高，價格競爭激烈。而其威脅有：(1)廠商對回收期較長之機械投資意願較低；(2)大陸、韓國及東歐國家加入競爭；(3)業者低價惡性競爭，不利市場拓銷；(4)未來加入 WTO (World Trade Organization, 世界貿易組織)後，政府可用政策工具將漸少；(5)匯率不穩定，經營風險增加。

工研院亦於 2002 年提出台灣機械工業之弱點有四：(1)技術升級緩慢；(2)關鍵零組件自主能力不足、設備品質不穩；(3)中小型企業，生產規模小；(4)內需市場無法支持產業的發展；(5)產品缺乏差異化，行銷能力不足。而其威脅則有：(1)投資環境惡化與產業空洞化的威脅；(2)技術人力比例有下降趨勢；(3)大陸機械產業快速崛起；(4)韓國積極佈局亞洲；(5)重要工業所需精密機械多由國外主導，進入障礙高。

由上述資料可發現，人才不足問題、重要零組件進口問題、研發與技術能力不足、政府政策仍為廠商所期盼。上述人才、相關支援產業、市場行銷、研發與技術與政府政策為業界遭遇困難的五大構面。

四、台灣機械工業發展策略

在發展策略方面，工研院於 2001 年一月曾提出：(1)善用政府資源；(2)加速推動精密機械工業區；(3)善用國外退休人才或優良技師；(4)強化電子商務能力；(5)改善國產設備及零組件品質不穩定部分；(6)由一般協力廠提升為專業協力廠；(7)聯合行銷；(8)結合整廠力量，以整廠輸出（Turn Key）進軍全球；(9)策略聯盟；(10)成為國際知名之 OEM（Original Equipment Manufacturing; 原廠設備製造）、ODM（Original Design Manufacturing; 原廠委託設計）廠；(11)購併國外具知名度但競爭力消退廠商；(12)提昇品質、降低成本；(13)分散出口市場。

Chang 等(2002)在其研究中，具體建議台灣應結合政府、本土核心 IC 廠、設備廠、海外設備供應廠、研究機構、公協會、創投公司切入半導體設備。

Liu 與 Brookfield (2000)則認為台灣工具機的成功提供一個管理供應網路的課題，星型、環狀型、排狀型的組織網路是台灣工具機領導廠商重要成功因素。

Albert (2000)指出台灣機械工業的近年成功策略為：(1)對全球快速變遷環境的適應力；(2)與 IT (Information Technology;資訊科技) 產業結合；(3)全球化；(4)技術提昇；(5)政府不斷支持；(6)重視 IP (Intellectual Property;智慧財產)；(7)群聚效應。

經濟部於 1999 年制定機械工業發展策略有八項，分別為：(1)獎勵業者自行研發或引進技術，提升自行研發能力，降低對外依賴；(2)研究發展應重視產、官、學、研之配合；(3)積極培訓人才；(4)獎勵生產自動化；(5)發展附加價值高之關鍵零組件；(6)加強市場行銷；(7)加強業界合作；(8)協助建立兩岸分工體系

2001 年所舉辦之全國工業發展策略則提出台灣工具機主要發展策略有四：(1)改善產品結構；(2)提升技術層次；(3)擴大企業規模；(4)開拓台灣市場。

綜結上述可發現，近十年台灣機械工業發展策略著重於獎勵業者自行研發、培訓實作人才、獎勵自動化、發展關鍵零組件、強化市場行銷、強化業界合作、協助建立兩岸分工體系。另近期因台灣外環境變化，對研發聯盟、國防及政策、高級人才、e 化、加入 WTO 國產設備採購面臨挑戰等策略之重視度，亦隨之高漲，本研究遂針對上述策略提出十大策略方案。

參、台灣機械工業未來發展策略評估體系之構建與評估過程

本研究有鑑於前節所述，由於傳統決策過程的問題及其缺失，特對於台灣機械工業未來發展策略方向，建立多準則評估層級體系，提出一新的處理模式。在內容上首先構建多準則評估層級體系，利用層級分析法之問卷模式，得出各準則之權重值，再經群體決策分析後，進行指標量化之模糊處理，並將所得方案對各準則評量結果進行討論分析，並對方案執行之效果排序，茲將此觀念的內容說明於後。

一、研究模式之建立

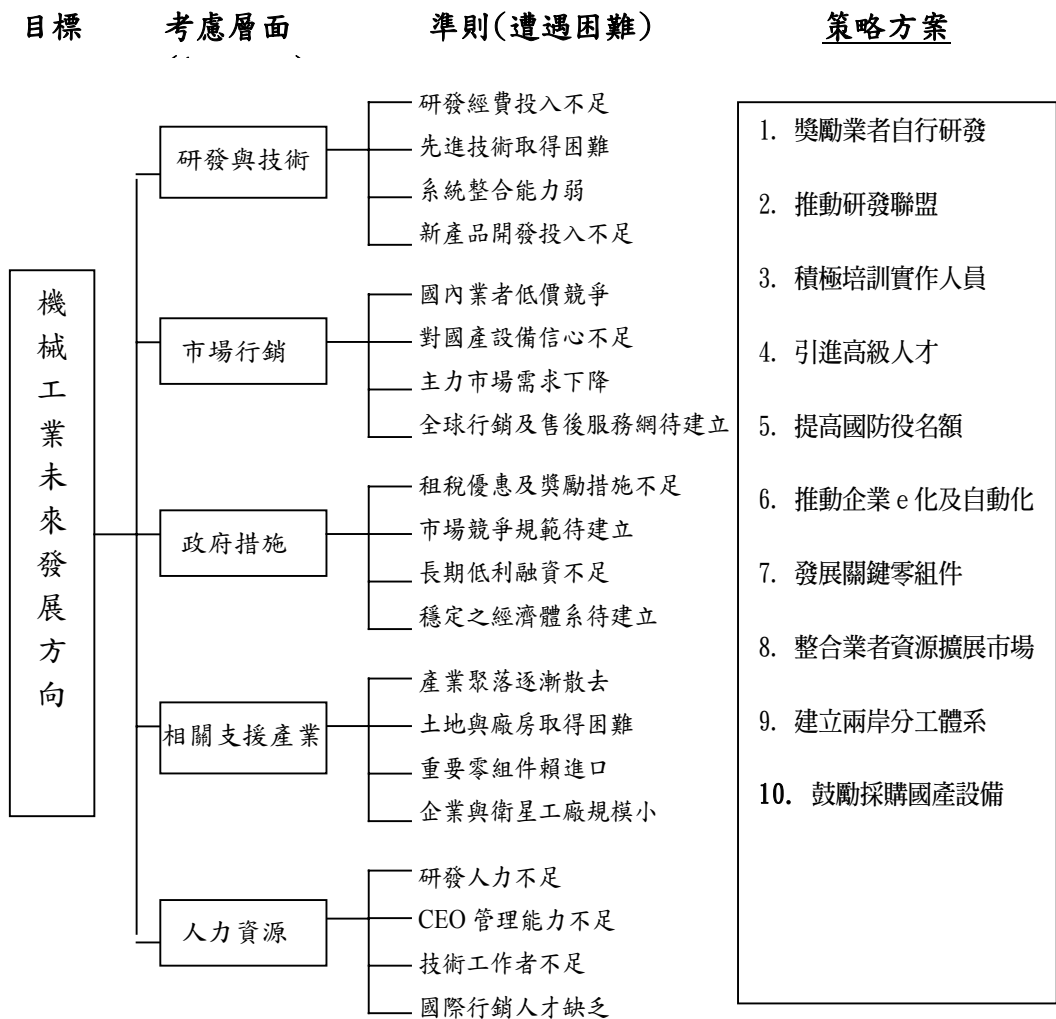
本研究運用 PATTERN (Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Number)的方法及概念(Tzeng,1977; Tzeng & Shiau,1987; Tzeng & Tsaur,1993; Teng & Tzeng,1996; Tsaur et al.,1997; Tang & Tzeng,1999),針對評估準則的選取建立策略方案,建立多目標多準則之評量模型。模型建立的步驟有三:1.機械產業情境的描述;2.建立多評估構面與評估準則的關聯樹狀結構;3.進行問卷設計、調查及評估。藉由次級資料的蒐集,確定機械工業未來發展方向之層面為:(1)研發與技術(2)市場行銷(3)政府措施(4)相關支援產業(5)人力資源,依上述五個層面,再分別列出遭遇之困難 20 項,最後具體列出 10 項解決方案。(詳如圖三),評估其解決之效果。

二、評估準則權重的決定

首先決定評估群體的組成,包含政府政策決策單位(5人)、產業界(5人)、學術單位(5人),以及研究單位(5人)之專家學者共20人組成群體決策評估小組,並以問卷方式進行專家問卷調查。再由層級分析法計算各準則權重之優先性或貢獻程度,並求取各群體之決策差異。

AHP 由 Thomas L. Saaty 於 1971 年 (Saaty, 1977, 1980) 所提出,多年以來,其已運用於經濟規劃以及許多社會管理科學的領域當中,這個方法系將複雜的決策問題由較高層級的項目予以分解成數個細項的層級,根據 AHP 的層級架構,本研究針對台灣機械工業未來發展策略所建立的多準則評估體系如圖三所示,本體系為三層級 (three-level),第一層為標的 (Goal),最終目標,第二層為層面 (Aspects),為分析觀點,第三層為目標/準則 (Objects/Criteria),細分為 20 項。

AHP 所決定的權重係由決策者調查所建構的成對比較資料來計算,以展現出兩評估準則間的重要性。例如有 n 個評選項目,決策者必須建立項成對比較資料,再進一步在某一不一致性程度要求的條件下由這些成對比較資料推導出各評估準則項目的相對重要性。Saaty 利用尺度比例 (Scaling Ratio) 推導出成對比例矩陣的主特徵向量來找出評比項目層級架構下個準則間的相對權重(重要度)。AHP 評估尺度的基本劃分包含五項:即同等重要、稍重要、頗重要、極重要與絕對重要,並被賦予 1、3、5、7、9 的衡量值;另有四項介於五個基本尺度之間,並賦予 2、4、6、8 的衡量值。有關各尺度所代表之意義如表四所示。



圖三 評估模型之階層體系

表四 AHP 之評估尺度

評估尺度	定義	說明
1	同等重要	兩比較方案的貢獻程度具同等重要性
3	稍重要	經驗與判斷稍微傾向喜好某一方案
5	頗重要	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案
7	極重要	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案
9	絕對重要	有足夠證據肯定絕對喜好某一方案
2、4、6、8	相鄰尺度之中間值	需要折衷值時

當利用 AHP 來進行問題之決策評估時，其進行步驟說明如下：

- (一) 建立成對比較矩陣：對於同一層級的所有評估準則做兩兩之成對比較（比較數值介於 1 倍到 9 倍之間）。然後將比較後之結果置於成對比較矩陣的上三角形部分，而下三角形的部分即為上三角型的正倒數，至於對角部分則為本身之比較，故其值均為 1。
- (二) 計算特徵值、特徵向量：成對比較矩陣得到後，即可求取各層級要素的權重，本研究採用數值分析中常用的特徵值（Eigenvalue）解法，找出特徵向量或稱優勢向量（Priority Vector）；由於成對比較矩陣為正倒值矩陣，而不是對稱矩陣，因此可用的特徵值解法主要有乘冪法與 House-holder 法（曾國雄、鄧振源，1989），而後者的計算速度又較前者快許多。求出上述之成對比較矩陣之特徵向量（Eigenvector）後，即進而求得各要素之權重向量。
- (三) 一致性檢定：若成對比較矩陣 A 為正倒值矩陣，要求決策者在成對比較時，能達到前後一貫性，這是相當困難的。因此需要進行一致性檢定，做成一致性指標（Consistency Index, C.I.），檢查決策者回答所構成的成對比較矩陣，是否為一致性矩陣。一致性的檢定，除用於評量決策者的判斷外，尚可用於整個層級結構，而一致性指標，不論在決策者判斷的評量或是整個層級結構的測試，Saaty 建議 $C.I. \leq 0.1$ 左右為可接受的偏誤，如此一致性才能獲得保證。

(四) 計算整體層級權重：各層級要素間的權重計算後，再進行整體層級權重的計算，最後依各方案權重，以決定最終目標的最適方案。若當決策問題是由決策群體進行決策時，則必須將決策群體成員的偏好（個別權重）加以整合，而如何去進行這項工作則是決策過程中相當重要的一部份，本研究以下列式（1）之三角模糊數表示評估準則 j 之模糊權重。

$$\tilde{w}_j = (l_j, m_j, u_j) \quad (1)$$

其中

$$\begin{aligned} l_j &= \min_k \{w_j^k | k = 1, \dots, m\}; \\ m_j &= \left(\sum_{k=1}^m w_j^k \right) / m; \\ u_j &= \max_k \{w_j^k | k = 1, \dots, m\} \end{aligned}$$

此 w_j^k 表示第 k 位評估者對第 j 項評估準則之重要性評估值。

三、模糊理論

自從 Zadeh 提出模糊理論 (Zadeh, 1965) 以及 Bellman & Zadeh (1970) 探討模糊環境下的決策方法，使模糊理論在研究具不確定性或主觀認識性的問題上，有相當的理論基礎，因此本研究的理論架構將以應用模糊理論建立質化的評估準則各指標的績效值，內容如下：

(一) 模糊數

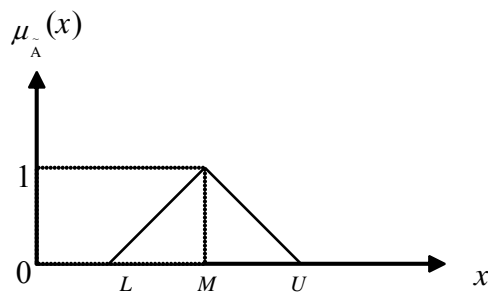
模糊數乃實數 (Real Numbers) 的模糊子集 (Fuzzy Subset)，而且它是代表信賴區間 (confidence interval) 觀念的一種擴充；根據 Dubois 和 Prade (1978) 的定義，模糊數 \tilde{A} 係指一模糊集合 (Fuzzy Set) 而其隸屬函數

$\mu_{\tilde{A}}(x): R \rightarrow [0,1]$ (其中 x 係指評審項目得分數) 具有以下特性：

1. $\mu_{\tilde{A}}(x)$: 係指定義域 R 至 $[0,1]$ 空間上的連續映射；
2. $\mu_{\tilde{A}}(x)$: 為一凸性 (Convex) 的模糊子集合 (Mapping)；
3. $\mu_{\tilde{A}}(x)$: 為一模糊子集的正規化 (Normalization) 即存在一個數 x_0 使得 $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$

滿足以上條件的數即稱為模糊數，而有關三角模糊數 $\mu_{\tilde{A}}(x) = (L, M, U)$ 的定義如式(2)及圖四：

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - L)/(M - L) & L \leq x \leq M \\ (U - x)/(U - M) & M \leq x \leq U \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$



圖四 三角模糊函數之隸屬函數

根據 Zadeh (1965)所訂定的三角模糊函數的特性及其擴張原則，三角模糊數 $\mu_{\tilde{A}_1}(x) = (L_1, M_1, U_1)$ 和 $\mu_{\tilde{A}_2}(x) = (L_2, M_2, U_2)$ 的代數運算如下：

1. 模糊數之可加性 (Addition)

$$(L_1, M_1, U_1) \oplus (L_2, M_2, U_2) = (L_1 + L_2, M_1 + M_2, U_1 + U_2) \quad (3)$$

2. 模糊數之可乘性 (Multiplication)

$$(1) (L_1, M_1, U_1) \odot (L_2, M_2, U_2) = (L_1 \cdot L_2, M_1 \cdot M_2, U_1 \cdot U_2) \quad (4)$$

(2)任何實數 k

$$k \odot (L_1, M_1, U_1) = (kL_1, kM_1, kU_1) \quad (5)$$

3. 模糊數之可減性 (Subtraction)

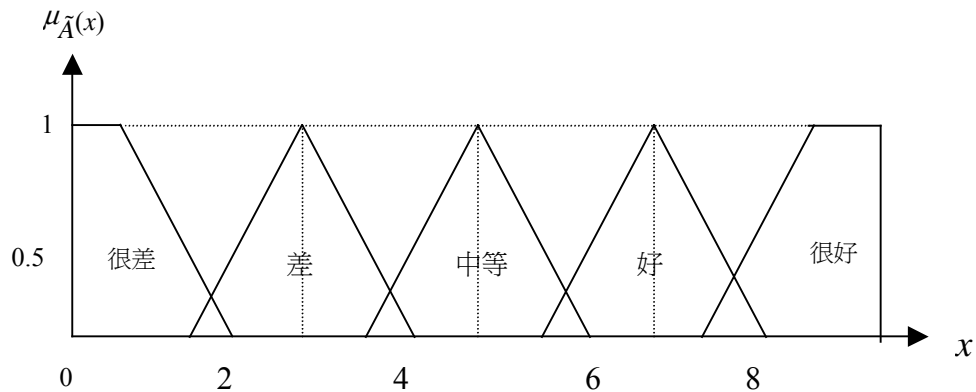
$$(L_1, M_1, U_1) \ominus (L_2, M_2, U_2) = (L_1 - U_2, M_1 - M_2, U_1 - L_2) \quad (6)$$

4. 模糊數之可除性 (Division)

$$(L_1, M_1, U_1) \oslash (L_2, M_2, U_2) = (L_1 / U_2, M_1 / M_2, U_1 / L_2) \quad (7)$$

(二)語意變數

根據 Zadeh (1975) 提到，對於那些複雜或難以定義的情境，吾人很難以傳統的量化方法來做一合理的表達，因此有必要運用語意變數的觀點來處理這類狀況。而語意變數係指本質上或人類語言上就為一個字或一句話所代表的變數，吾人可將語意變數劃分為數個適當且有效的語意尺度，如「非常好」、「好」、「中等」、「差」、「很差」等，讓評選者各自選擇他們認為合適的語意描述個人對此評選項目的感受（如圖五）。進而透過事先設計好的各種語意尺度所代表的模糊數，推算全體評選委員對各評審項目的實際感受值。



圖五 五等級語意變數之隸屬函數圖

四、模糊多評準決策

Bellman & Zadeh (1970) 為首先探討在模糊環境下的決策問題，而且他們也是做 Fuzzy MCDM 的先驅。本研究即是利用該種方法來評選創新政策工具的選取順序，Fuzzy MCDM 理論的方法及步驟如下：

(一) 評估項目的測度

透過詢問評審委員對各種創新政策工具在各評比項目以「差」、「非常差」、「非常好」、「好」、「中等」之五等級主觀語意判斷的表示方式，來顯示各評估準則的績效值。而每一個語意變數可以用 0-10 分範圍的三角模糊數來定義評等。設 \tilde{E}_{ij}^k 表示第 k 評審委員對方案 i 在評估準則 j 的模糊績效值，所有的評比項目定義為 S 集合：

$$\tilde{E}_{ij}^k = (LE_{ij}^k, ME_{ij}^k, UE_{ij}^k) \quad j \in S \tag{8}$$

因為每個評審委員的學經歷各不相同，而且其對語意變數的認定上也有差異，本研究以平均值的觀點來整合 m 個評審委員所給予的模糊判斷值，其計算方式如公式(9)所示：

$$\tilde{E}_{ij} = (1/m) \odot (\tilde{E}_{ij}^1 \oplus \dots \oplus \tilde{E}_{ij}^m) \tag{9}$$

符號 \odot 係定義中的模糊加法 \tilde{E}_{ij} 為決策者判斷平均模糊數，而其可用三角模糊數表示如下：

$$\tilde{E}_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, UE_{ij}) \quad j \in S \tag{10}$$

前述 \tilde{E}_{ij} 之端點值 (End-Point) 可利用 Buckley (1985) 所提出的解法如下：

$$LE_{ij} = (1/m) \times \left(\sum_{k=1}^m LE_{ij}^k \right) \tag{11}$$

$$ME_{ij} = (1/m) \times \left(\sum_{k=1}^m ME_{ij}^k \right) \tag{12}$$

$$UE_{ij} = (1/m) \times \left(\sum_{k=1}^m UE_{ij}^k \right) \quad (13)$$

(二) 模糊綜合評判

機械產業策略方案評選之權重與其模糊績效值必須透過模糊數的運算加以整合，以計算出整體評估的模糊績效的落點。根據 AHP 所推導出的模糊權重 \tilde{w} 向量及每個方案的模糊績效矩陣 \tilde{E} 是由 n 項評估準則下的每個方案的模糊績效值來取得，即

$$\tilde{w} = (\tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_j, \dots, \tilde{w}_n)^t \quad (14)$$

$$\tilde{E} = [\tilde{E}_{ij}] \quad (15)$$

最後由模糊綜合評判係由模糊權重向量 \tilde{w} 以及模糊績效矩陣 \tilde{E} 整合推導出，而所導出的模糊綜合評判矩陣為 R ，如式(16)所示：

$$\tilde{R} = \tilde{E} \Leftrightarrow \tilde{w} \quad (16)$$

其中符號“ \Leftrightarrow ”包含了模糊乘法與模糊加法之模糊運算。但因模糊乘法之運算甚為複雜，故以模糊乘法運算的近似乘積來替代，第 i 方案之模糊綜合評判 \tilde{R}_i 可表示如下：

$$\tilde{R}_i = (LR_i, MR_i, UR_i) \quad \forall i \quad (17)$$

其中

$$\tilde{w}_j = (l_j, m_j, u_j)$$

$$LR_i = \sum_{j=1}^n l_j \cdot LE_{ij}$$

$$MR_i = \sum_{j=1}^n m_j \cdot ME_{ij}$$

$$UR_i = \sum_{j=1}^n u_j \cdot UE_{ij}$$

(三) 方案排序

經由上述模糊綜合評判可得到各方案的三角模糊數，然因模糊數並非是明確的數值，無法直接用於方案的比較，因此必須將模糊數予以去模糊化 (Defuzzification) 以利排序。亦即，去模糊化的程序就是找出最佳去模糊績效值 (Best Non-fuzzy Performance value, BNP)，模糊數 \tilde{R}_i 的 BNP 值可由公式 (18) 計算得到 (Zhao & Govind, 1991; Opricovic and Tzeng, 2003)：

$$BNP_i = [(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)] / 3 + LR_i \quad \forall i \quad (18)$$

最後以計算出來的 BNP 值來作為策略方案優劣的排序依據。

yy

肆、實証研究：台灣機械工業發展策略評估

本研究之目的在提出台灣機械工業未來發展策略，研究期間自 2002 年 12 月至 2003 年 2 月止，計 3 個月期間。針對產、官、學、研 25 位專家發出問卷，計回收 20 份問卷，其中包含產業界 5 位，政府單位 5 位，研究機構 5 位及學術機構 5 位。

本研究利用層級分析法之層級概念與特徵向量法來分析並求得圖三之 20 項準則之權重大小，並將所列出之十項策略方案以機械業所遭遇之困難為準則 (屬性)，配合所得到之各項權重，進行排序，所獲之結果如下：

一、評估準則權重之求取

評估準則權重的求取係利用 AHP 法整合產、官、學、研四個群體 20 位專家之主觀評估值而獲得，各群體之模糊平均權重計算結果如附錄一所示，為了便於解釋各評估群體對各項評估準則之重視度，依式(18)將模糊平均權重值轉換成正規化 BNP 值如表五。根據表五資料顯示，台灣機械產業以各評估層面權重依序為：市場行銷、人力資源、相關支援產業、研發及技術、政府措施。各評估準則之重視程度依序為：全球行銷及售後服務網待建立、CEO 管理能力不足、研發人力不足、重要零組件依賴進口、產業聚落逐漸散去為最大之遭遇困難。

表五 各群體對評估準則模糊權重之正規化 BNP 值

	業界模糊權 重正規化 BNP 值	排序	政府單位模 糊權重正規 化BNP 值	排序	學界模糊權 重正規化 BNP 值	排序	研究單位模 糊權重正規 化BNP 值	排序	評估者全體 模糊權重正 規化BNP 值	排序
研發與技術	0.182	3	0.147	5	0.244	1	0.210	3	0.195	4
研發經費不足	0.038	15	0.044	12	0.063	6	0.062	7	0.052	8
先進技術取得困難	0.056	7	0.031	14	0.070	3	0.026	17	0.046	14
系統整合困難	0.045	9	0.028	15	0.057	9	0.063	5	0.048	13
新產品開發不足	0.027	17	0.015	20	0.054	10	0.036	15	0.031	19
市場行銷	0.193	2	0.294	1	0.214	3	0.226	2	0.234	1
國內業者低價競爭	0.048	8	0.080	3	0.049	12	0.044	9	0.055	7
對國產設備信心不足	0.020	20	0.093	1	0.033	17	0.066	4	0.051	9
主力市場需求下降	0.056	6	0.045	11	0.064	5	0.063	6	0.060	6
全球行銷及售後服務網待建立	0.071	5	0.089	2	0.075	1	0.032	16	0.068	1
政府措施	0.175	4	0.194	2	0.111	5	0.122	5	0.151	5
租稅優惠及獎勵措施不足	0.043	12	0.075	4	0.042	14	0.041	10	0.051	10
市場競爭規範待建立	0.038	16	0.067	7	0.019	20	0.023	19	0.035	17
長期低利融資不足	0.025	19	0.042	13	0.026	18	0.022	20	0.029	20
穩定之經濟體系待建立	0.044	10	0.025	16	0.040	15	0.046	8	0.042	16
相關支援產業	0.148	5	0.175	4	0.187	4	0.289	1	0.200	3
產業聚落逐漸散去	0.041	14	0.069	6	0.051	11	0.081	3	0.062	5
土地與廠房取得困難	0.044	11	0.022	17	0.022	19	0.039	13	0.035	18
重要零組件賴進口	0.041	13	0.052	10	0.057	8	0.110	1	0.063	4
企業與衛星工廠規模小	0.025	18	0.019	18	0.066	4	0.103	2	0.049	12
人力資源	0.302	1	0.191	3	0.243	2	0.152	4	0.220	2
研發人力不足	0.086	2	0.070	5	0.060	7	0.039	14	0.064	3
CEO 管理能力不足	0.085	3	0.063	8	0.072	2	0.039	12	0.065	2
技術工作者不足	0.088	1	0.019	19	0.036	16	0.040	11	0.045	15
國際行銷人才缺乏	0.081	4	0.052	9	0.043	13	0.025	18	0.049	11

若再以產、官、學、研細分可發現：

(一)評估層面

業界認為「人力資源」為機械業遭遇最大之困難；政府單位別認為「市場行銷」為最大之困難；學術單位則認為「研發與技術」為最大之困難；研發單

位則認為「相關支援產業」為最大之困難。

(二)評估準則

1. 產業界認為的前五項困難依序為：技術工作者不足、研發人力不足、CEO 管理能力不足、行銷人才缺乏、全球行銷及售後服務網待建立。
2. 政府單位認為的前五項則為：對國產設備信心不足、全球行銷及售後服務網待建立、台灣業者低價競爭、租稅優惠及獎勵措施不足、研發人力不足。
3. 學術單位認為的前五項為：全球行銷及售後服務網待建立、CEO 管理能力不足、先進技術取得困難、企業與衛星工廠規模小、主力市場需求下降。
4. 研究單位認為的前五項為：重要零組件依賴進口、企業與衛星工廠規模小、產業聚落逐漸散去、對國產設備信心不足、系統整合困難。

分析其原因，業界認為電子資訊業吸納台灣優秀人才，各機械廠因黑手形象，自認為較難吸引優秀研發人才，甚或認為人才多在學校及工研院，因此普遍認為自己最大問題在「人力資源」。政府單位人士則認為政府多年來致力推動租稅減免、人才引進、研發獎勵以帶動根留台灣，但「市場」為政府較難掌握之變數，且近年主力市場衰退，再者行銷通路掌握在國外經銷商手中，再加上台灣廠商對國產品信心不足(如台灣半導體設備自給率低於 20%)，因此政府單位人士對「市場行銷」認為是最大之困難，不難了解。學術單位因本身教授多為高水準之機械博士，研發水準高，從學術單位觀點認為台灣機械業從事前瞻研究不足，因此高品質、高價值之機械產品未多見，是台灣機械業最大之困難，因此認為機械業最大困難在「研發與技術」。研究機構則因常年觀察世界各國機械業，並進行比較研究，深覺自日本、德國零組件進口仍佔據機械業很高之成本，另產業規模不及世界主要機械國家如日本、德國及美國，再者近年台灣赴大陸投資日多，因此在「相關支援產業」為其認為最大之困擾。

二、策略方案效果之評估

在進行各項策略方案的優勢排序前，先利用上述 3.4 節式(8)~式(13)，計算各項策略方案對應於各評估準則之模糊績效評估值，如附錄二所示。經由上述各評估準則之模糊權重向量與對應於各項策略方案之模糊績效評估值的整

合，利用式(16)可得到各策略方案的模糊綜合評判值，然而考量模糊數並非是明確的數值，較無法表達各策略方案之優勢關係，因此本研究將模糊數予以去模糊化(Defuzzication)以利排序。去模糊化的程序就是找出最佳去模糊績效值(BNP)，如上節公式(18)運算得到各策略方案的BNP值，並作為機械工業永續發展策略的排序依據，結果如表六所示，即顯示各方案於各評估準則之績效值之分布。

表六 各項策略方案之模糊綜合效用BNP值

	獎勵業者自行研發	推動研發聯盟	積極培訓實作人員	引進高級人才	提高國防役名額	推動企業e化及自動化	發展關鍵零組件	整合業者資源擴展市場	建立兩岸分工體系	鼓勵採購國產設備
研發經費不足	3.434	3.227	2.618	3.343	3.709	2.530	3.321	2.289	2.262	2.457
先進技術取得困難	2.896	2.809	2.127	3.500	2.395	1.753	2.892	1.839	1.498	1.801
系統整合困難	2.736	2.985	2.489	3.763	2.478	2.358	2.349	2.135	1.880	2.136
新產品開發不足	2.159	1.807	1.595	2.050	1.693	1.363	1.826	1.382	1.160	1.524
國內業者低價競爭	2.944	2.703	2.115	2.674	2.033	1.913	2.959	3.164	2.209	2.457
對國產設備信心不足	2.980	3.062	2.342	2.842	2.277	1.732	2.704	2.241	1.889	2.890
主力市場需求下降	2.490	2.310	2.064	2.145	1.912	2.372	2.829	3.498	2.701	2.628
全球行銷及售後服務網待建立	2.179	2.395	2.488	3.467	2.323	4.977	2.729	4.879	3.045	2.189
租稅優惠及獎勵措施不足	3.163	2.952	2.384	2.321	2.323	2.189	2.511	2.177	2.070	2.917
市場競爭規範待建立	1.383	1.693	1.303	1.388	1.062	1.653	1.488	1.987	1.531	1.536
長期低利融資不足	1.314	1.369	0.944	0.791	0.840	0.901	1.049	1.266	0.953	1.306
穩定之經濟體系待建立	1.953	2.068	1.683	1.713	1.366	1.707	1.726	2.028	2.132	2.057
產業聚落逐漸散去	3.168	3.627	3.119	3.131	3.059	3.425	3.868	3.664	3.660	2.991
土地與廠房取得困難	0.992	1.143	0.778	0.849	0.852	1.255	1.231	1.288	1.845	1.108
重要零組件賴進口	4.109	3.941	3.369	3.769	3.212	2.609	4.816	2.692	2.631	3.129
企業與衛星工廠規模小	2.269	2.842	2.173	2.214	2.493	2.535	2.522	2.878	2.574	2.112
研發人力不足	3.998	3.712	3.583	4.869	4.626	3.005	3.839	2.337	2.924	2.597
CEO管理能力不足	2.513	3.261	2.410	4.081	2.275	3.532	2.396	2.900	2.499	2.101
技術工作者不足	2.316	2.371	3.229	2.663	2.673	1.831	1.799	1.693	2.395	1.913
國際行銷人才缺乏	1.728	1.836	1.683	2.899	1.875	2.518	1.539	2.997	2.117	1.678
模糊綜合效用BNP值	50.722	52.113	44.497	54.472	45.478	46.157	50.392	49.338	43.975	43.525
各策略方案優勢排序	3	2	8	1	7	6	4	5	9	10

由表六中之排序可知：引進高級人才(54.47) > 推動研發聯盟(52.11) > 獎

勵業者自行研發(50.72)ㄟ發展關鍵零組件(50.39)ㄟ整合業者資源拓展市場(49.34)ㄟ推動企業 e 化及自動化(46.16)ㄟ提高國防役名額(45.48)ㄟ建立兩岸分工體系(43.98)ㄟ積極培訓實作人員(44.50)ㄟ鼓勵採用國產設備(43.53)。

三、結果與討論

(一)對面臨之困難之討論

1. 在全球行銷網方面，由於台灣機械工業係透過展覽銷售或由代理商出口，全球行銷網及維修網佈建不足。以日本而言，主力大廠在美國及歐洲及台灣均有銷售及維修據點，反觀台灣不超過 10 家在美國有發貨倉庫，其自有品牌及通路影響力均明顯不足。
2. 在 CEO 管理能力不足方面，機械業為傳統之「黑手」產業，業主本身都擁有經驗，但管理能力明顯不足，雖有部分企業已由第二代經營，但仍嫌不足，比起電子業如宏碁施振榮先生所創「微笑曲線」或聯發科蔡明介「一代拳王」等管理理論論點，機械業 CEO，管理能力仍待加油。
3. 在研發人力不足、研發經費不足方面，台灣機械工業規模平均為 15.6 人，研發經費佔營業額比例僅 0.67%，明顯低於電子業的 62.1 人及 1.76%；亦低於製造業平均的 27.6 人及 1.21%，此數據與專家所見完全一致。
4. 重要零組件依賴進口方面，以台灣工具機年產值 400 億台幣，其中 25% 所需 CNC 控制者需進口，進口金額達 100 億元，是台灣業者心中之痛。
5. 在產業聚落逐漸散去方面，根據工研院之調查，台灣機械產品出口至大陸已佔總出口的 35.5%，大陸廠生產據點者已有 20 餘家，且集中於上海、杭州、寧波附近，以往令人傲視全球之產業聚落(集中於台中縣、市)，令人擔憂。

(二)對策略方案之討論

1. 面臨全球經營環境丕變，此 20 位專家認為引進高級人才(54.47)最優先，此現象呼應行政院科技顧問呼籲台灣科技業應積極投入「突破性之創新」而非「漸進式之創新」。另工研院機械所亦調整對機械產業之

研發策略，期望提高博士班研發人員，提高前瞻研究之比例。未來奈米級微小機械之開發更非傳統「黑手」級師傅可勝任，惟有高級人才投入，才能在世界中保有前五名之優勢。再者，由於台灣電子資訊業蓬勃發展吸引優秀人才投入，對其他產業造成人才排擠效果，更是機械業專家認為引進高級人才之急迫性與必要性的原因。

2. 推動研發聯盟(52.11)在台灣電子業及機械業均有成功之案例，如「汽車共用引擎」，開發出台灣首顆汽車引擎，電子業對重要之關鍵零組件(如 Notebook)等，亦復如此。也是專家們認為現階段應結合高級人才，推動研發聯盟之重要工作。
3. 獎勵業者自行研發(50.72)為專家認為排名第三之方案，畢竟台灣機械業多為中小企業，研發經費及人力仍嫌不足，根據國科會調查台灣機械業每家 R&D 經費佔營收比率僅 0.67%，明顯偏低。政府正透過主導性新產品計畫、業界科專、SBIR 計畫，鼓勵業者自行研發。
4. 發展關鍵零組件(50.39)對台灣機械業而言是長期之痛，如何結合高級人才，研發聯盟，政府獎勵研發，發展台灣關鍵零組件，為專家十分重視之項目。
5. 整合業者資源擴展市場(49.34)為排名第五的方案，面對國外需求漸少且消費者越重視整體解決之現象，台灣業者在出口比例高達 70%以上情況下，如何整合業者行銷及機種別配合，共同進入新興市場及挑剔的日本市場，為未來致勝之關鍵。
6. 推動企業 e 化及自動化(46.16)，在 internet 時代，台灣機械業因外銷達 70%，可以利用遠端維修機器、赴大陸設銷售據點之行銷管理及因應少量多樣之消費者需求，因此受到業者重視。

除上述六項外，國防役制度在機械產業中，頗受好評，除提供高品質人力外，另 4 年穩定環境對業界亦有貢獻；積極培訓實作人員，在近年機械業積極轉型投入高精密、微機電及奈米級產品，其需求已不及對高級人才之需求；建立兩岸分工體系，在業者積極開拓大陸市場下，其急迫性有下降現象；另鼓勵採購國產設備，正面臨台灣加入 WTO，其效用已有所減弱。

伍、結論及建議

- 一. 本研究研究結果顯示，台灣機械工業全球行銷及售後服務網待建

立、CEO 管理能力不足、研發人力不足、重要零組件依賴進口、產業聚落逐漸散去是台灣業者首要之困難。而引進高級人才、推動研發聯盟、獎勵業者自行研發、發展關鍵零組件、整合業者資源拓展市場為專家認為較好的方案。

- 二. 由於台灣機械業多為中小企業，平均每家人數僅 15.6 人，研發人力明顯不足，對研發聯盟之作法應更積極，為鼓勵研發聯盟，政府應積極推廣研究機構與業者之研發聯盟，讓業者了解新技術/產品之變化趨勢，並提昇業者之核心技能，針對微機電、奈米級、高速複合化產品，透過產、學、研結合方式，開發出高品級、中價位之機械產品，以提高國際市場佔有率及提升台灣機械產品之形象。
- 三. 在面對產業聚落逐漸散去，如何將台灣中部機械產業最佳協力網體系維持，有賴政府協助加速第三科學園區在台中之加速開發。
- 四. 在發展關鍵零組件方面，爭取與全球第三廠技術引進或結盟，另結合台灣電子業工業實力，開發以 PC 為基礎之工具機，進攻新興及大陸、東南亞市場，可因此而獲得更突破性的發展。
- 五. 在整合業者資源拓展市場方面，透過良好的業者行銷聯盟，搭配不同機種(如甲公司 CNC 車床結合乙公司的 CNC 銑床)，整體解的方式可提供國外買主整廠解決能力，不僅可擴大市場，並獲取更高之利潤，此外，應積極開發印度、土耳其等新興市場，發揮更大影響力。

整體而言，機械業者首應重視「專精和核心技能」以追求「高品質、中價位」，在現有市場進行深耕，如此方可建立品牌形象，讓更好的口碑流傳，也才有更多的使用者。在台灣、大陸、美國、東南亞市場著力後，可在開拓歐洲、印度、土耳其等市場。此外，應時時不忘了解新產品/新技術的變化趨勢，對奈米級、微機電、高速複合化、線性馬達、以 PC 為基礎之產品等必須了然於胸，方可利用現有核心技術搭載新技術、新零組件、新產品，進而提昇現有產品品級。在核心事業穩定成長後，行有餘力再思考，是否應利用核心技能來進行相關多角化的工作，如半導體設備、光電設備...等。倘進入這些電子生產設備，由於產品生命週期短，或可利用技術引進/合作、策略聯盟方式，加速產品之開發。在本業成功並穩健經營，踏出相關多角化後產生綜效，將可呈現公

司本業品質更好，每人附加價值更高，如此公司形象更佳，人才更易集中，經過良性循環後，規模更大。如此，穩健擴大規模、形象更佳後，將可逐步良性循環而成世界級廠商。

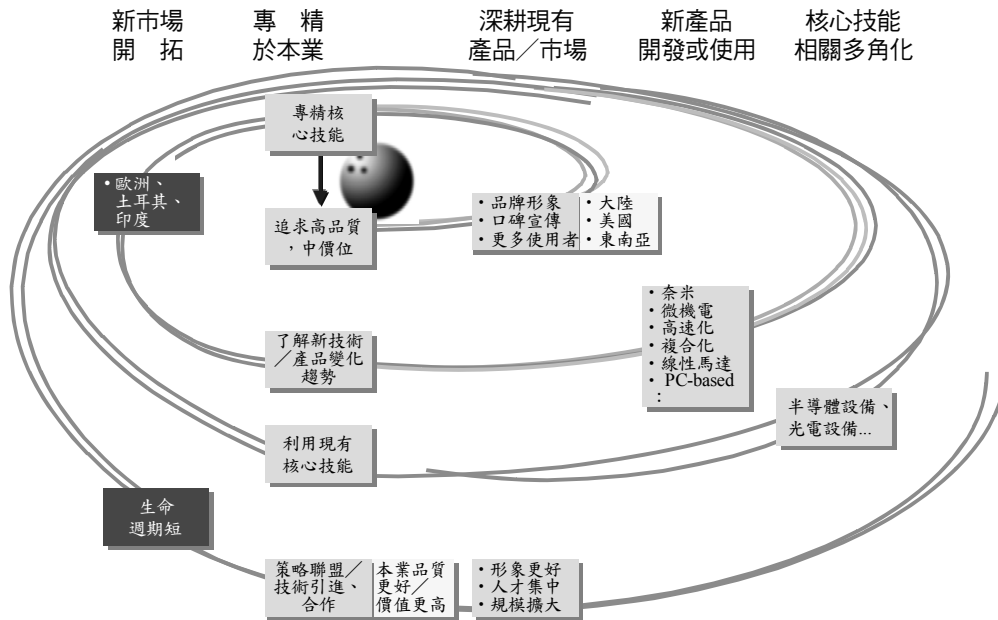


圖 4 機械產業未來發展之建議(螺旋式成長)

本研究假設各準則相互獨立，惟各準則仍然可以利用因子分析(Factor analysis)確立其獨立性。後續研究可先將各準則經因子分析後，結合模糊測度(Fuzzy measure)，求算 λ 模糊測度值(λ 值表示各準則間之替代性、獨立性、互補性等關係)，並分析 λ 在不同情境時($\lambda \in [-1, \infty)$)，各項策略方案之優勢關係變化，如此對決策分析將更有助益。

參考文獻

工業技術研究院，2001，「2001 科技產業現況與市場趨勢研討會－機械產業」，ITIS 計畫。

- 工業技術研究院，2002，「2002 機械產業現況與趨勢」。
- 全國工業總會，2001，「工具機工業全球競爭力發展願景與策略」。
- 野村綜合研究所，1997，「台灣、韓國、日本工作機械競爭力比較」。
- 經濟部工業局，1999，「製造業發展策略與措施－機械工業」。
- 經濟部技術處，2002，「2002 產業技術白皮書」頁 229。
- 鄧振源、曾國雄，1989，「層級分析法(AHP)的內涵與應用」(下)，中國統計學報，第二十七卷，第六期，頁 13767-13870。
- 鄧振源、曾國雄，1989，「層級分析法(AHP)的內涵與應用」(上)，中國統計學報，第二十七卷，第六期，頁 13707-13724。
- 松崎和久，山田敏之(1999)，「工業機械の新製品開発にわ葉る組之間圖像と相互ハノベミョン」，機械經濟研究，No.28 號，71-86。
- 堤正臣，2000，「工作機械の將來像」，機械振興通卷，NO381 號，29-35。
- 2001 World Machine tool output & consumption survey, Ohio USA, *Gardner publication Inc*, 2002.
- Albert, M.D., (2000), “The Taiwan Machinery Industry : A case study in innovation and globalization” USA : *Modern Machine Shop* 73(3), 549-557.
- Bellman, R.E. and Zadeh, L.A., (1970), “Decision-making in a fuzzy environment”, *Management Science* 17(4), 141-146.
- Buckley, J.J., (1985), “Ranking alternatives using fuzzy numbers”, *Fuzzy Sets and Systems* 15(1), 21-31.
- Chang, P.C., Wang, C.P. and Benjamin Yuan, J.C., (2002), “Forecast of development trend in Taiwan’s machinery industry”, *Technological Forecasting & social change*, 69, 781-800.
- Dubois, D. and Prade, H., (1978), “Operations on fuzzy numbers”, *International Journal of Systems Science* 9(4), 613-626.
- Liu, R.J. and Brookfield, J., (2000), “Stars, Rings and Tiers : Organizational Networks and their Dynamics in Taiwan’s Machine Tool Industry” *Long Range planning* 33(2), 322-346.
- Opricovic, S. and Tzeng, G.H., (2003) “Defuzzification for a Fuzzy Multicriteria Decision Model, *International Journal of Uncertainty*”, *Fuzziness and Knowledge-based Systems*, forthcoming. (#02F12 **Accepted**, January 21, 2003)
- Saaty, T.L., (1977), “A Scaling Method For Priorities In Hierarchical Structures”, *Journal*

of Mathematical Psychology 15(2), 234-281.

Saaty, T.L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York : *McGraw-Hill*.

Tang, M.T. and Tzeng, G.H., (1999), "A Hierarchy Fuzzy MCDM Method For Studying Electronic Marketing Strategies In The Information Service Industry", *Journal of International Information Management* 8(1), 1-22.

Teng, J. Y. and Tzeng, G. H., (1996), "Fuzzy Multicriteria Ranking Of Urban Transportation Investment Alternative", *Transportation Planning and Technology* 20(1), 15-31.

Tsaur, S.H., Tzeng, G.H. and Wang, K.C., (1997), "Evaluating Tourist Risks From Fuzzy Perspectives", *Annals of Tourism Research* 24(4), 796-812.

Tzeng, G. H., (1977), "A Study On The PATTERN Method For The Decision Process In The Public System", *Japan Journal of Behaviormetrics* 4 (2), 29-44,.

Tzeng, G. H. and Tsaur, S. H., (1993), "Application Of Multicriteria Decision Making To Old Vehicle Elimination In Taiwan", *Energy and Environment* 40 (3), 265-283.

Tzeng, G.H. and Shiau, T.A., (1987), "Energy Conservation Strategies In Urban Transportation: Application Of Multiple Criteria Decision-Making", *Energy Systems and Policy* 11(1), 1-19.

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

Zadeh, L.A., (1975) "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning", Parts 1; 2; and 3, *Information Sciences* 8(2):199-249; 8(3):301-357; 9(1):43-80.

Zhao, R. and Gorvind, R., (1991), "Algebraic Characteristics of Extended Fuzzy Number", *Information Science* 54(1), 103-130.

附錄一 各群體對評估準則之模糊權重

	業界內層模糊權重	業界外層模糊權重	政府單位內層模糊權重	政府單位外層模糊權重	學界內層模糊權重	學界外層模糊權重	研究單位內層模糊權重	研究單位外層模糊權重	評估者全體內層模糊權重	評估者全體外層模糊權重
研發與技術	0.131 0.213 0.268		0.157 0.194 0.234		0.130 0.280 0.388		0.070 0.241 0.360		0.122 0.232 0.313	
研發經費不足	0.031 0.163 0.462	0.004 0.035 0.124	0.146 0.371 0.675	0.023 0.072 0.158	0.276 0.359 0.465	0.056 0.101 0.180	0.088 0.337 0.577	0.006 0.081 0.208	0.135 0.307 0.545	0.017 0.071 0.170
先進技術取得困難	0.075 0.394 0.672	0.010 0.084 0.180	0.046 0.282 0.472	0.007 0.055 0.110	0.050 0.200 0.538	0.007 0.056 0.209	0.088 0.147 0.239	0.006 0.035 0.086	0.065 0.256 0.480	0.008 0.059 0.150
系統整合困難	0.138 0.292 0.544	0.018 0.062 0.146	0.075 0.211 0.438	0.012 0.041 0.102	0.074 0.201 0.432	0.010 0.056 0.168	0.105 0.357 0.586	0.007 0.086 0.211	0.098 0.265 0.500	0.012 0.062 0.156
新產品開發不足	0.066 0.152 0.325	0.009 0.032 0.087	0.025 0.135 0.230	0.004 0.026 0.054	0.041 0.239 0.413	0.005 0.067 0.160	0.061 0.160 0.332	0.004 0.038 0.120	0.048 0.172 0.325	0.006 0.040 0.102
市場行銷	0.036 0.181 0.324		0.070 0.259 0.574		0.067 0.206 0.338		0.051 0.281 0.384		0.056 0.232 0.410	
國內業者低價競爭	0.052 0.189 0.487	0.002 0.034 0.158	0.075 0.199 0.525	0.005 0.052 0.301	0.030 0.159 0.412	0.002 0.033 0.147	0.088 0.204 0.385	0.004 0.057 0.148	0.061 0.188 0.452	0.003 0.044 0.185
對國產設備信心不足	0.070 0.108 0.200	0.003 0.020 0.065	0.035 0.293 0.605	0.002 0.076 0.347	0.082 0.176 0.272	0.005 0.036 0.097	0.111 0.358 0.571	0.006 0.101 0.219	0.075 0.234 0.412	0.004 0.054 0.169
主力市場需求下降	0.149 0.362 0.565	0.005 0.066 0.183	0.105 0.212 0.291	0.007 0.055 0.167	0.091 0.326 0.526	0.006 0.067 0.188	0.065 0.263 0.549	0.003 0.074 0.211	0.103 0.291 0.483	0.006 0.067 0.198
全球行銷及售後服務網待建立	0.078 0.341 0.720	0.003 0.062 0.233	0.098 0.296 0.578	0.007 0.077 0.332	0.225 0.349 0.625	0.015 0.072 0.224	0.087 0.176 0.276	0.004 0.049 0.106	0.122 0.290 0.550	0.007 0.067 0.225
政府措施	0.042 0.161 0.293	0.013 0.161 0.490	0.025 0.187 0.376		0.038 0.090 0.192		0.029 0.083 0.230		0.031 0.130 0.273	
租稅優惠及獎勵措施不足	0.058 0.276 0.480	0.002 0.044 0.141	0.083 0.323 0.750	0.002 0.060 0.282	0.077 0.264 0.665	0.002 0.024 0.128	0.063 0.259 0.608	0.002 0.021 0.140	0.070 0.280 0.626	0.002 0.036 0.171
市場競爭規範待建立	0.058 0.229 0.421	0.002 0.037 0.123	0.083 0.339 0.666	0.002 0.063 0.250	0.082 0.174 0.299	0.002 0.016 0.057	0.081 0.193 0.338	0.002 0.016 0.078	0.076 0.234 0.431	0.002 0.030 0.118
長期低利融資不足	0.057 0.193 0.277	0.002 0.031 0.081	0.039 0.202 0.417	0.001 0.038 0.157	0.086 0.234 0.405	0.002 0.021 0.078	0.032 0.140 0.333	0.001 0.012 0.077	0.054 0.192 0.358	0.002 0.025 0.098
穩定之經濟體系待建立	0.137 0.301 0.494	0.006 0.048 0.145	0.083 0.156 0.246	0.002 0.025 0.092	0.030 0.329 0.621	0.001 0.030 0.119	0.167 0.408 0.683	0.005 0.034 0.157	0.104 0.293 0.511	0.003 0.038 0.139
相關支撐產業	0.038 0.137 0.247	0.011 0.137 0.499	0.050 0.162 0.337		0.010 0.156 0.328		0.071 0.204 0.341		0.042 0.165 0.363	
產業逐漸衰退	0.053 0.280 0.540	0.002 0.038 0.133	0.258 0.513 0.750	0.013 0.083 0.253	0.060 0.254 0.465	0.001 0.039 0.153	0.154 0.316 0.508	0.011 0.065 0.275	0.131 0.341 0.566	0.006 0.056 0.206
土地與廠房取得困難	0.068 0.229 0.592	0.003 0.031 0.146	0.052 0.154 0.241	0.003 0.025 0.081	0.038 0.117 0.199	0.000 0.018 0.065	0.048 0.110 0.245	0.003 0.022 0.133	0.052 0.152 0.319	0.002 0.025 0.116
重要零組件瓶頸	0.081 0.305 0.549	0.003 0.042 0.136	0.083 0.208 0.576	0.004 0.034 0.194	0.173 0.315 0.523	0.002 0.049 0.172	0.059 0.266 0.694	0.004 0.054 0.375	0.099 0.274 0.586	0.004 0.045 0.213
企業與衛星工廠規模小	0.088 0.186 0.338	0.003 0.025 0.083	0.033 0.124 0.213	0.002 0.020 0.072	0.112 0.315 0.606	0.001 0.049 0.199	0.088 0.308 0.649	0.006 0.063 0.351	0.080 0.233 0.452	0.003 0.038 0.164
人力資源	0.117 0.309 0.484	0.043 0.309 1.119	0.106 0.198 0.347		0.040 0.254 0.408		0.107 0.191 0.244		0.093 0.238 0.371	
研發人力不足	0.106 0.324 0.580	0.012 0.100 0.281	0.101 0.297 0.750	0.011 0.059 0.260	0.082 0.286 0.431	0.003 0.073 0.176	0.124 0.327 0.519	0.013 0.062 0.127	0.103 0.309 0.570	0.010 0.073 0.211
CEO管理能力不足	0.078 0.231 0.581	0.009 0.072 0.281	0.071 0.305 0.672	0.008 0.060 0.233	0.043 0.308 0.524	0.002 0.078 0.214	0.054 0.189 0.544	0.006 0.036 0.133	0.062 0.258 0.580	0.006 0.061 0.215
技術工作者不足	0.119 0.257 0.600	0.014 0.079 0.290	0.008 0.098 0.203	0.001 0.019 0.070	0.043 0.163 0.262	0.002 0.041 0.107	0.057 0.283 0.546	0.006 0.054 0.133	0.057 0.200 0.403	0.005 0.048 0.149
國際行銷人才缺乏	0.068 0.188 0.552	0.008 0.058 0.267	0.083 0.284 0.552	0.009 0.056 0.192	0.166 0.242 0.310	0.007 0.062 0.126	0.125 0.201 0.337	0.013 0.038 0.082	0.111 0.229 0.438	0.010 0.054 0.162

附錄二 各策略方案對應評估準則之模糊績效表現值

	獎勵業者自行研發	推動研發聯盟	積極培訓操作人員	引進高級人才	提高研發投資額	推動企業e化 動化	及自 發展關鍵零組件	整合業者資源 市場	擴展 建力兩岸分工體系	鼓勵技術團隊設備
研發經費不足	41,668 69,300 86,668	39,383 63,175 83,000	22,083 50,888 77,748	48,750 66,500 77,168	50,000 71,421 92,083	27,083 48,444 70,083	35,418 66,500 89,250	10,415 42,185 79,168	10,833 44,129 75,250	17,915 48,814 76,668
先進技術研發困難	41,668 61,105 87,083	38,750 62,105 83,333	19,583 46,722 73,165	67,918 77,111 84,418	26,668 51,500 78,833	15,833 34,684 64,415	36,250 66,037 87,333	7,498 37,647 75,418	7,498 29,222 61,500	9,165 36,314 72,583
系統整合困難	26,250 59,579 86,333	38,750 66,574 82,500	20,418 52,859 83,333	67,500 78,087 91,250	31,668 49,706 74,583	25,833 51,719 70,835	20,418 52,333 75,083	21,665 39,725 73,000	10,165 36,666 71,500	12,915 45,281 76,250
新產品開發不足	50,000 72,912 86,250	33,333 58,889 82,918	20,418 53,296 80,833	51,250 66,963 80,415	32,500 54,902 76,665	18,333 45,626 68,333	32,500 62,649 81,750	11,665 45,105 77,168	7,498 37,157 67,750	12,915 51,037 83,750
國內業者低價競爭	25,000 52,123 82,168	17,915 49,999 78,333	12,083 35,686 66,668	20,418 48,039 76,250	10,833 32,941 66,250	10,415 32,647 60,418	20,000 55,098 85,000	32,500 60,784 77,915	10,415 38,703 70,418	13,750 42,129 77,083
對國際市場信心不足	34,168 57,281 83,750	38,750 62,105 79,168	24,918 45,259 67,500	29,918 60,074 77,083	20,833 43,056 70,000	11,165 35,666 55,000	22,000 57,431 79,583	14,918 48,104 68,750	9,915 33,215 67,918	27,915 55,784 86,250
主力市場需求下降	11,665 43,824 69,168	11,665 37,745 66,250	11,665 29,166 62,500	11,665 35,729 60,000	11,665 30,312 53,750	14,583 40,000 64,168	15,833 52,451 73,333	31,250 58,889 85,000	11,665 49,374 74,168	12,915 48,646 70,000
全球行銷及生產服務體系建立	10,000 30,000 56,250	11,665 34,117 60,000	11,665 32,812 65,418	19,168 53,125 80,833	11,665 34,271 56,668	38,750 72,746 88,335	17,915 41,354 61,250	57,918 69,667 87,918	16,665 46,978 70,833	11,665 29,999 55,000
種地機及獎勵措施不足	31,250 66,484 88,750	35,000 57,211 81,750	17,083 46,372 77,083	11,665 44,705 80,415	20,418 46,471 70,000	27,083 41,078 60,833	15,833 46,759 85,418	19,168 42,059 67,083	15,000 42,407 64,583	27,500 58,982 85,418
市場競爭規則沒建立	15,833 38,982 62,918	15,418 51,134 77,500	11,665 37,863 61,250	17,918 38,982 61,250	10,415 29,999 50,000	18,333 46,111 76,250	14,583 41,193 70,833	26,250 60,371 82,500	10,415 46,037 73,833	13,333 44,019 73,333
長期財力儲蓄不足	17,083 46,333 71,250	17,083 45,193 78,000	9,583 30,882 56,250	9,165 26,961 45,000	9,165 28,137 48,750	9,165 31,471 51,668	11,665 33,481 62,333	18,333 39,314 72,083	12,083 33,922 51,668	10,415 44,722 78,750
穩定之經營體系沒建立	15,833 46,508 77,583	23,333 46,895 77,918	10,415 39,314 70,833	9,165 41,078 72,500	9,165 32,059 56,668	16,665 39,804 65,833	10,415 40,055 73,165	15,415 49,902 80,000	15,415 54,403 82,918	15,833 48,965 82,583
產業標準沒辦法去	26,250 50,934 76,750	31,250 60,000 85,000	20,000 50,316 81,250	19,168 50,895 82,083	25,000 49,491 74,165	30,000 55,185 81,250	40,000 62,941 85,000	36,250 59,298 82,500	37,083 63,702 77,083	19,583 48,175 77,583
土地與研發困難	10,415 25,184 50,418	10,415 28,703 60,000	9,165 20,369 37,918	9,165 21,481 42,918	9,165 21,738 42,918	11,665 34,788 62,333	10,415 31,443 64,833	13,750 34,926 63,000	28,333 53,999 77,583	10,415 30,184 55,418
重要零組件都進口	38,750 69,316 86,250	30,000 67,211 89,168	25,418 55,100 78,833	32,500 61,600 84,168	20,000 51,517 80,415	15,833 39,578 68,000	56,250 78,167 93,335	12,083 44,411 70,833	11,665 40,203 72,583	19,168 48,722 80,083
企業規模員工數量太小	15,833 45,368 77,583	33,333 56,246 84,250	15,418 46,158 71,333	12,083 47,035 76,333	22,083 49,491 80,915	23,750 53,767 77,583	23,333 52,123 78,833	32,918 59,804 83,335	23,333 53,629 80,500	12,915 39,926 76,333
研發人才不足	38,750 63,850 84,583	23,333 65,500 85,000	26,250 56,947 84,583	61,668 77,167 89,168	50,000 74,101 92,503	15,833 47,772 77,083	41,250 59,666 78,833	10,415 36,037 63,000	17,915 45,981 75,000	13,333 40,267 68,000
CEO 管理能力不足	17,083 37,740 61,668	28,333 47,425 75,415	9,165 37,981 64,583	35,415 65,389 88,333	34,222 61,668	32,500 54,562 76,668	12,083 34,740 64,250	16,665 48,526 69,250	12,083 36,666 67,083	9,583 29,370 58,418
技術工作者不足	28,333 51,129 74,583	28,333 51,870 77,500	49,168 75,193 90,418	32,500 58,333 86,250	32,500 62,796 82,500	15,833 40,882 65,083	12,083 38,722 68,833	9,583 35,018 68,000	26,668 50,981 81,668	13,333 36,314 77,583
國際行銷人才缺乏	9,583 33,123 62,750	10,833 35,371 65,835	9,583 31,456 61,668	25,418 60,194 91,253	16,668 39,000 58,750	21,250 53,649 78,750	9,583 29,350 55,000	37,083 60,719 85,085	44,516 75,500	7,915 28,964 65,500

附錄三

附錄一、二與表五、六所得之值的一個計算範例

1. 附錄一係根據式(1)的權重模糊數定義及利用 Fuzzy AHP 方法計算出各評估群體對五項評估構面 20 項評估準則之模糊權重值，其中內層係指某一項評估構面內部各項評估準則之相對模糊權重值，而外層則指各項評估準則對應於評估體系最終目標之相對模糊權重值。並於最後兩欄位以算術平均數計算出全體評估者之模糊權重值。
2. 表五係根據附錄一所列之模糊權重值，利用模糊數正規化步驟及式(18)所示計算出各項評估準則模糊權重值之解模糊化值(BNP values)，正規化步驟可參照 Buckley (1985) 所提出的論文範例。本研究評估委員全體整合之解模糊化權重值 $w = [w_j]$

($j = 1, \dots, 20$) 表示如下：

$$w' = [0.052 \ 0.046 \ 0.048 \ 0.031 \ 0.055 \ 0.051 \ 0.060 \ 0.068 \ 0.051 \ 0.035 \\ 0.029 \ 0.042 \ 0.062 \ 0.035 \ 0.063 \ 0.049 \ 0.064 \ 0.065 \ 0.045 \ 0.049]$$

3. 附錄二係利用算術平均數法整合所有評估群體對各項策略方案對應於各項評估準則之模糊績效表現值。
4. 因為權重值及績效表現值皆為模糊數，為了便於進行各項策略方案之優勢排序，本研究先將模糊權重值予以解模糊化(即表五所示)，同理將模糊績效表現值亦予以解模糊化，最後兩者的乘積即為表六所表達之各項策略方案之模糊綜合效用的解模糊化 BNP 值。以第一項策略方案(獎勵業者自行研發)為例，令該方案解模糊化績效表現值為 E_1 ，則解模糊化綜合效用值為 R_1 ：

$$E_1^t = [65.879 \ 63.285 \ 57.387 \ 69.721 \ 53.097 \ 58.400 \ 41.552 \ 32.083 \ 62.145 \ 39.244 \\ 44.889 \ 46.641 \ 51.311 \ 28.672 \ 64.772 \ 46.261 \ 62.394 \ 38.830 \ 51.348 \ 35.152]$$

$$R_1 = \sum_{j=1}^{20} w_j^t \cdot E_{1j} = 50.723$$

5. 讀者可以遵照上述 1~4 的步驟，很容易驗證得到表五、表六、附錄一、附錄二的各項數值。

作者簡介

王建彬

任職於工研院產業經濟與趨勢研究中心(IEK)，交通大學科技管理博士，主要研究領域產業分析、科技管理及知識管理。曾任經濟部 ITIS 計畫辦公室主任、工研院機械所市場部經理，論文發表於 TFSC、IJTM 二篇、中山管理評論、管理與系統、科技管理學刊二篇、管理研究學報、東海管理評論。

袁建中

交通大學科技管理研究所創所所長，美國紐約 Buffalo 大學電機博士，曾任中華民國創業育成協會理事長、中華民國科管學會院士，主要研究領域於科技管理、技術預測及創業育成。論文發表於 TFSC、IJTM、Technovation、JETM、中山管理評論、台大管理論叢、交大管理學報、管理與系統。

曾國雄

開南技術學院講座教授，日本大阪大學博士，曾任交通大學科技管理研究所所長、IEEE fellow、國家講座教授。主要研究領域於模糊理論、多目標決策、多變量分析。論文發表於 Fuzziness and Knowledge-based System、Pattern Recognition Letters、Knowledge-Based Systems、管理評論，近五年發表期刊論文超過 100 篇。