

應用模糊層級分析法比較專家判斷之差異：以台灣業界科技專案為例¹

Applying Fuzzy AHP to Comparison of Expert Judgments: An Empirical Study of Technology Projects in Taiwan

黃啟誠 *Chi-Cheng Huang*

真理大學科技管理學系

Department of Technology Management,
Aletheia University

朱斌好 *Pin-Yu Chu*

國立政治大學公共行政學系

Department of Public Administration,
National Chengchi University

蔣侑修 *Yu-Hsiu Chiang*

台灣快輪股份有限公司資訊管理部

MIS Department, Maersk Line Taiwan Ltd.

1 本論文接受國科會 NSC93-2416-H-110-025-SSS 專題研究計劃補助完成

摘要

我國經濟部自 1979 年積極推動科技專案，透過專家學者審查以經費補助企業從事研究發展。然而，不同產業領域的申請計畫由不同領域的專家群體審查，不同領域的專家群體在審查決策過程中可能產生決策衝突。本研究從專家群體決策角度出發，運用模糊層級分析法分析不同領域業界科技專案評審委員對於該模式的判斷，同時使用模擬來分析不同領域業界科技專案評審委員面臨不確定下對該模式的判斷變動。研究結果顯示：(1)不同領域評審委員最重視的決策準則有差異，(2)不確定性程度會影響不同領域評審委員對決策準則之重要性判斷。依據研究結果建議業界科專審查應建立決策衝突的解決機制，使得評審過程更有效率以及更透明化與公開化。

關鍵字：科技專案、模糊層級分析、模擬

Abstract

Taiwan has launched various government-sponsored technology development programs since 1979 and has provided funding for firms to do R&D. The decision of government-sponsored technology development projects is normally made by a review committee with experts from academia, industry, and the government. It is important for project selection decision to analyze different expert judgments. In this study, we applied a fuzzy analytic hierarchy process approach to comparing judgments of experts from four committees and completed a simulation to analyze changes of criteria weights under different degree of uncertainty. Our results indicated that: (1) the ranking of evaluated criteria in this study shows different among four technical committees; and (2) the relative importance of evaluated criteria is changed when experts of technical committees face different degree of uncertainty. Based on results of this study, we suggest an approach to solve conflict of expert judgments in government-sponsored R&D project selection.

Keywords: government-sponsored technology project, fuzzy analytic hierarchy process, simulation

壹、研究背景

一、政府補助企業創新研發的合理性與趨勢

政府對於研發活動補助的合理性(rationale)在相關研究已被廣泛探討(Arrow, 1962)。Salmenkaita & Salo (2002)指出政府補助私人企業研發活動的主要合理性在於：(1)私人企業研發活動不足所導致的市場失靈；(2)政府干預研發活動所產生的效果較能持續；以及(3)提供個人或組織投資研發的誘因且吸收研發所產生的資訊。其中，市場失靈源於研發活動的不足導致私人利益與社會利益間產生缺口，其原因在於投入研發活動的私人資源總是低於社會最適水準(Klette, Jarle, & Zvi, 2000)，而政府與產業合作研發的合理性在於研發所產生的正向外部性社會利益大於私人利益(Baron, 1998)。Wallsten (2000)也認為政府補助產業研發的合理性在於研發產生的社會報酬高於私人報酬。

產業從事創新活動所面對的市場失靈現象，政府可採用不同的創新政策因應(Martin & Scott, 2000)，Rothwell & Zegveld (1981)指出政府推動創新政策工具有供給面、需求面以及環境面三類，包括多達如補助、融資、創投基金等20項²，政府對研發活動的補助以及其他科技政策的行動可增加研發活動的相關資源以及促進企業的創新活動(Garcia-Quevedo, 2004)，Audretsch, Link, & Scott (2002)更指出因市場失靈，政府需介入產業創新研發，直接補助產業或與產業合作之科技專案計畫就是有效的政策工具之一。相關研究(Levy & Terleckyi, 1983; Lerner, 1999)亦顯示政府補助與產業研發存在正向的關係。

近年來，世界各國多以政策工具推動相關計畫，尤其提倡政府和產業合作之科技專案計畫(Wallsten, 2000)。例如，美國政府的中小企業創新研究計畫(Small Business Innovation Research, SBIR)與前瞻科技計畫(Advanced Technology Program, ATP)，英國 LINK 共同研發計畫(LINK Collaborative Research Scheme)，芬蘭的 Tekes 科技計畫(Tekes Technology Programmes)，南韓的尖端技術國家計畫(The Highly Advanced National Project, HANP)等。科技專案計畫已被視為是提升產業競爭力的主要政策工具(Sakakibara, 1997)。

² 包括補助、融資、創投基金、教育、訓練、公營事業、公共研發組織、資訊服務、合約研究、合約採購、技術標準、貿易代理、公共服務、租稅優惠、專利、獎賞、經濟管制政策、技術管制政策、貿易管制政策及外資管制政策。

二、政府評選企業創新研發計畫決策的重要性

我國經濟部自 1979 年起推動「科技研究發展專案計畫(Technology Development Program)」，簡稱科技專案計劃，包括法人科專、業界科專與學界科專三類科技專案（經濟部技術處 ITDP 網站，2005a）。我國科技專案研發經費已超過 2,400 億元，在美國所獲取的總專利數連續五年位居全球第四（經濟部技術處 ITDP 網站，2006），以「業界開發產業技術計畫」為例，其補助經費逐年增加，從 1999 年度編列 12.2 億元到 2004 年度編列 29.24 億元（經濟部技術處 ITDP 網站，2005b），可知政府對科技專案的重視日益增加。到 2005 年 8 月為止，「業界開發產業技術計畫」共有 662 項申請計畫，審查核定 289 項計畫，共 328 家廠商參與。除了誘發廠商 186.38 億元自主研發經費投入與培育及運用研發人力已近 15,000 人之外，另包括了研發成果的產出，累計至 2004 年度補助計畫成果計有申請專利 562 件、獲得專利 300 件、技術引進 75 件、轉委託 295 件（經濟部技術處 ITDP 網站，2005b）。

科技專案的研發預算龐大，政府透過科技專案評審，選擇合適的企業補助，方可確保補助專案的品質並得以有效分配有限之經費，並有效促使企業致力於研究發展和創新。然而綜合文獻(Hsu, Tzeng & Shyu, 2003; Meade & Presley, 2002; Wang, Wang, & Hu, 2005)以及訪談科技專案評審委員與經濟部技術處科技專案的相關人員，本研究發現三項特性反映出科技專案評審決策的問題，包括：

- 1.科技專案涉及多類利害關係人，前瞻技術不確定性以及政府對前瞻技術認知不足等因素，審查決策傾向主觀判斷。
- 2.評審委員對科技專案判斷可能涉及不確定性或模糊性，包含資料不足、技術不確定性、計劃涉及的風險與審查過程較缺乏可量化指標、權重等。
- 3.不同領域的專家對於計畫審查指標或準則存在不同的看法，決策衝突。

Huang, Chu, & Chiang (2008)³以「業界開發產業技術計畫(Industrial Technology Development Program, ITDP)」為例，應用模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy AHP; Saaty, 1980)建立系統可量化的技術評審決策模式。本研究以該決策模式為架構，進一步分析在計畫評審過程中，不同領域評審委員所重視的決策準則的差異性，以及因此差異所引起的決策衝

³ 與本研究同作者群

突，以協助不同領域的評審委員之間的溝通。同時，探討外在環境的不確定性變動對於不同領域評審委員決策分析的影響。

貳、業界開發產業技術計畫

我國「業界開發產業技術計畫」的政策目標在於鼓勵企業從事技術創新及應用研究，建立研發能量與制度，計畫補助的範圍共分四領域，包含通訊與光電、機械與航太、材料與化工以及生技與製藥等。國內設有研究發展部門，有研究發展專門人才的企業皆可申請，而計畫總補助款規定在總經費 50%以下（經濟部技術處 ITDP 網站，2005a）。到 2005 年 8 月為止，「業界開發產業技術計畫」共計 662 項申請計畫，審查核定 289 項計畫，共 328 家廠商參與，其中通訊與光電領域 127 件，機械與航太領域 55 件，材料與化工領域 68 件以及生技與製藥領域 39 件。其中計畫執行廠商分佈台北地區佔 30.79%，新竹園區佔 16.77%，桃竹苗地區佔 22.26%，中部地區佔 11.89%，南部地區佔 18.29%（經濟部技術處 ITDP 網站，2006）。

「業界開發產業技術計畫」的選擇涉及計畫合適性、公平性與政府補助資金的規劃，因此，建立公開與透明化的評審機制是相當重要的。我國對於科技專案的評審過程有一定的準則，「業界開發產業技術計畫」審查是由計劃評審委員會（包括通訊與光電、機械與航太、材料與化工及生技與製藥等四個領域委員會）經過一定過程審核，其過程屬於群體決策的類型。每個領域有技術審查委員會（簡稱技審會）、財務審查委員會（簡稱財審會）以及指導委員會（簡稱指審會）（經濟部技術處 ITDP 網站，2005b）。技術審查過程主要由小技審會以及技審大會所組成，來自不同領域的申請計畫由不同領域專家在小技審會審查，所有申請計畫將於技審大會作最終審核（參見圖 1）。

本研究分析技術審查過程發現：(1)不同領域評審委員對申請計畫的判斷，雖可提供小技審會中初次審查的參考，因評審委員來自不同領域，其專業知識與資訊不同，在審查計畫準則看法上的差異，可能會影響其對申請計畫的判斷；(2)在技審大會的審核過程中，不同領域的評審委員透過溝通與討論，對於是否補助申請計畫達成共識，然在溝通與討論的過程中，不同領域的評審委員對於選擇合適的申請計畫具有不同的意見，對於評審過程中決策準則的權重分派也可能呈現差異化。因此，不同領域的評審委員對於計畫是否值得補助

應用模糊層級分析法比較專家判斷之差異：以台灣業界科技專案為例

可能產生差異化的意見，技審大會可能會出現決策衝突。本研究認為，了解不同領域評審委員對於評估申請計畫時所考量的決策準則的權重分派將有助於初次審查意見的整合。因此，分析不同領域評審委員對申請計畫的判斷，進而提供溝通差異的機制是非常重要的。

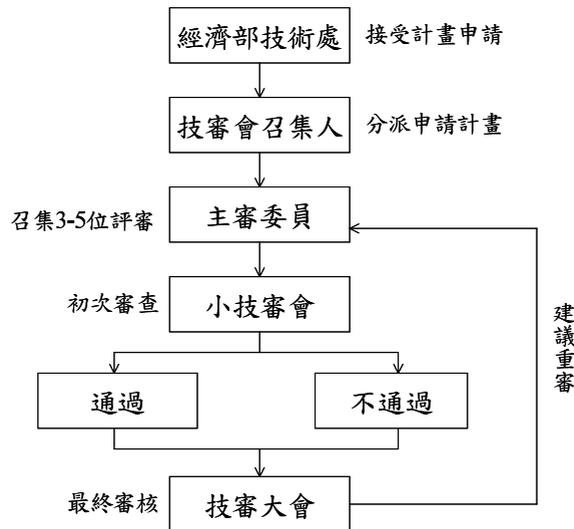


圖 1：技術審查過程

來源：本研究整理

參、文獻探討

一、研發專案評審模式

Ghasemzadeh & Archer (2000)與 Meade & Presley (2002)指出研發專案評審的重要議題包括：(1)專案選擇的準則需和組織策略相關；(2)需要考量專案的利益和風險；(3)需要整合不同利害關係人的需求和預期；以及(4)牽涉群體決策者的多階層的決策過程。研發專案評審是涉及不確定性、多評估準則以及多決策者的群體決策過程，如何選擇合適的研發專案評審模式對於企業來說相當重要。

研發專案的評審模式包含量化與質化的方法，範圍從作業研究方法到以社

會科學導向的互動式方法⁴。Henriksen & Traynor (1999)將研發專案評審模式分為八項：(1)同儕審查；(2)計分法；(3)數學規劃；(4)經濟模式；(5)決策分析；(6)互動模式；(7)人工智慧以及(8)最適化專案。這些模式各有其限制，同時較少被應用在實際的評審過程(Meade & Presley, 2002)。Chien (2002)指出目前研發專案評審模式有四大限制：(1)無法有效處理多樣評估準則，(2)無法處理非量化的評估準則，(3)無法明確考慮與整合研發主管的經驗或知識，以及(4)研發主管認為目前評審模式是很難理解與使用。此外，Henriksen & Traynor (1999)的分類並沒有將多準則決策模式(multi-criteria decision making, MCDM)獨立分類⁵，在需考量多項評估準則的決策過程，且這些準則具有相互衝突的特性時，MCDM 有其適用性(Lee, 1995)，MCDM 在研發專案選擇上也已經廣泛被探討(Greiner, et. al., 2003; Liberatore, 1987; Meade & Presley, 2002; Stewart, 1991; Van Dyk & Smith, 1990)。

多數的研發專案評審相關研究仍以企業面較多，探討政府補助的研發專案面仍為少數。政府補助的科技專案決策有多重的評估準則、目標與屬性以及涉及科技專案評審委員們的主觀判斷，Hsu, Tzeng & Shyu (2003)表示政府補助的科技專案通常涉及不確定性或是複雜性的考量，評審委員需要在不確定性的環境中做出對於研發專案的判斷以決定專案通過與否，因此，科技專案評審委員對於專案計劃的判斷可能就會產生模糊性。Huang, Chu, & Chiang (2008)的研究顯示結合模糊集合理論(Fuzzy set theory, Zadeh, 1965)以及層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP; Saaty, 1980)的模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy AHP)可協助政府評估科技專案的評審決策所涉及的多準則、群體決策與不確定性等問題。

⁴ 研發專案的評審模式相關文獻包括 Baker, 1974; Baker & Freeland, 1975; Cetron, Martino, & Roepcke, 1967; Chien, 2002; Hall & Nauda, 1990; Henriksen & Traynor, 1999; Hsu, Tzeng & Shyu, 2003; Linto, Walsh, Kirchhoff, Morabito, & Merges, 2000; Liberatore & Titus, 1983; Meade & Presley, 2002; Oral, Kettani, & Lang, 1991; Schmidt & Freeland, 1992; Souder & Mandakovic, 1986 等

⁵ MCDM 包含：(1)多屬性效用理論(multiple attribute utility theory, MAUT)，MAUT 決策問題包括在不確定或風險的環境下評估出最佳方案，由於選擇的過程中涉及多項的評估屬性，故 MAUT 的應用在於計畫評估的階段；(2)多目標規劃法(multiple objective linear programming, MOLP)，MOLP 的問題包含多個相互衝突且不能同時達成的目標，運用數學規劃來處理決策者的偏好以及目標與屬性之間的關係，MOLP 主要應用在規劃或設計階段(Zeleny, 1982)。

二、多準則群體決策

Timmermans & Vlek (1996)認為由群體執行決策主要的好處在於群體可能包含較廣泛的知識、技能與價值。多準則之下的群體決策過程中，不確定性與相互衝突的準則均會影響決策者選擇方案的過程(Sage, 1981)。群體決策可視為是一種整合群體成員選擇方案的權重的整合過程，這個過程可以減少個人判斷時所產生的決策誤差(Libby, Trotman, & Zimmer, 1987)，科技專案的評審過程牽涉來自不同領域的評審專家，在不同的決策準則下審查國內企業所提出的研發專案，屬於多準則群體決策過程，專家如何評估不同準則下的研發專案，以及如何整合個別專家的意見以形成群體意見是科技專案評審重要的議題。

在多準則的群體決策制定過程中，來自於不同群體成員的衝突性偏好 (preference)以及來自於每個準則的權重，造成群體決策很難獲得有效的解決(Wei, Yan, Ma, & Fan, 2000)。群體中每個成員通常都有不同的偏好，Castore & Murnighan (1978)以及 Hackman & Morris (1975)表示群體成員的差異性偏好是影響群體決策過程有效性的主要因素。群體成員的偏好是對可能預期感認值(outcomes)或是績效值(performance values)之間的喜好比較，而可能預期感認值或是績效值是指每個可行計劃從準則的角度來預測其可能出現的現象或結果(鄧振源, 2002)。決策者的偏好在多準則之下具有價值權衡取舍的性質，由於決策者對準則偏好的不同，因此，在整合偏好時必須將此一偏好權重納入，鄧振源(2002)也表示不同準則的權重值可能導致不同的評估結果。

Sevastjanov & Figat (2007)表示 MCDM 通常涉及兩個決策問題，一是準則評分(rating)，例如對於準則權重的整合，另一是方案的排序(ranking)，也就是對於評估方案的選擇。本研究重點在於專家對「業界開發產業技術計畫」決策準則的權重化過程以及如何整合群體專家決策準則的權重，透過權重化過程可以評估專家對於「業界開發產業技術計畫」評審的偏好。

(一)MCDM 處理群體權重整合的方法

對於群體決策而言，主要的議題在於決策者意見的整合，決策者的意見是以數據評估的方式反映對於該議題的信念程度，在形成群體意見的過程中常見的方法有群體互動、形成一致性的信念以及使用專家(Chu, 1996)。Keeney & Raiffa (1976)也提出超決策者(supra decision maker)的方法整合群體的意見，此方法假設在群體的決策過程中，擁有權力的超決策者在不同的決策準則上建立達成群體一致性決策的規則，根據超決策者所建立的規則，整合個別決策者的意見以達成群體最終的決策。

Sevastjanov & Figat (2007)指出在 MCDM 的準則評分(rating)上有兩個問題需要注意：(1)準則權重的整合，最常見的整合方法是加權和法(weighted sum)，例如 AHP 以及 MAUT 以加權和法來整合準則的權重；(2)專家群意見的整合，當面對處理群體 MCDM 問題時，如何尋求專家群意見的折衷(compromise)是一個重要的議題，尤其這些專家意見是以語意的方式來表達時，例如「非常重要」、「重要」或是「非常不重要」等。而業界科專評審委員一般來說較偏向基於本身的經驗或專業知識以直覺或主觀判斷對於申請的科技研發專案做出選擇，而語意變數(linguistic variables)例如「非常重要」、「重要」或是「非常不重要」等通常可以使用來轉換評審委員對於科技研發專案的評估。當涉及群體 MCDM 時例如 MAUT、AHP 與 TOPSIS 等在群體決策的應用，這些方法通常使用幾何平均法(geometric mean method)或是算術平均法(arithmetic mean method)來整合群體專家的權重。MAUT 通常對每一方案在不同準則上的可能結果，加以衡量並給予一數值，然後利用加權的程序，將不同準則的數值加總，最簡單的加總法為加權線性平均法(鄧振源，2002)。

Chen (2000)提出使用 TOPSIS 決定群體方案排序之前，群體必須先使用成對比較(pairwise comparisons)並以算術平均法求取群體對方案的排序與準則的權重，之後，方能藉由與最理想與最差方案的比較以決定出方案的排序。Shih, Shyur, & Lee (2007)也將 TOPSIS 分析分類為外在整合(external aggregation)與內在整合(internal aggregation)。其中外在整合使用一些方法如 AHP 分析群體決策對於方案的排序和準則的權重，再藉由與最理想與最差方案的比較以決定出群體對方案的排序。內在整合是將個別決策者的權重整合在 TOPSIS 分析過程，使用算術平均法或幾何平均法整合群體的最理想與最差方案，之後再決定群體對方案的排序。

Saaty (1980)以及 Buckley (1984)提出在 AHP 中整合群體的決策過程可以使用算術平均法，例如 Csutora & Buckley (2001)以及 Hsu, Tzeng, & Shyu (2003)使用算術平均法整合群體專家的決策，或是幾何平均法，例如 Kwong & Bai (2002)以及 Yeh, Deng, & Chang (2000) 使用幾何平均法整合群體專家的決策。Forman & Peniwati (1998)也表示當很多決策者參予決策過程時，有很多整合資訊的方法可以被使用，其中整合個人判斷(agggregating individual judgments, AIJ)以及整合個人權重(agggregating individual priorities, AIP)在 AHP 方法中最常被使用。AIJ 使用時機在當決策過程中，個人需要放棄自己的偏好，以群體偏好為主，比如主管會議

的決策制定應該採取 AIJ，並且適合使用幾何平均數來整合群體的意見。AIP 使用時機在當決策過程中，個人以自己的偏好為主做判斷，比如本研究的業界科專評審決策，當評審專家在評審計畫時，是以自己的專業知識和經驗對計畫做出判斷。Forman & Peniwati (1998)也表示由於 AHP 使用比率尺度而非區間尺度衡量專家判斷，幾何平均法較適合整合群體的判斷。此外，鄧振源(2002)認為當使用事前整合(pool first)群體專家決策時，應該使用幾何平均法較佳，當使用事後整合(pool last)群體專家決策時，應該使用算術平均法較佳。因此，算術平均法或是幾何平均法在 MCDM 常被使用來整合群體的決策。

其中 AHP 在群體決策的應用上最為廣泛，Ramanathan & Ganesh (1994)表示最常用的整合個別專家的成對矩陣(pairwise comparison matrices)以形成群體的成對矩陣的方法是幾何平均法以及算術平均法。Lootsma (1993)表示幾何平均法有助於避免 AHP 中的排序逆轉(ranking reversal)的問題，Lootsma (1996)也認為幾何平均法比算術平均法適用於比率尺度的判斷整合。Aull-Hyde, Erdogan, & Duke (2006)也表示當測量尺度不是線性尺度時，幾何平均法較適用來整合群體專家的判斷，因為幾何平均法的特色在於可以減少因為極大值或是極小值對整合群體判斷的影響，也就是說幾何平均法比算術平均法較不會受極端值的影響。此外，Aull-Hyde, Erdogan, & Duke (2006)也使用模擬方式分析群體成對矩陣的一致性，並且採取幾何平均法整合群體的成對矩陣，他們的模擬結果發現當成對矩陣階層(dimension)少時，需增加群體大小(group size)才能保證群體成對矩陣的一致性。而當成對矩陣階層多時，小幅度增加群體大小即可保證群體成對矩陣的一致性。這也顯示當群體大小增多時，幾何平均值會向中間值收斂而不是在最大值與最小值之間波動，因此，幾何平均法適合用於整合群體決策。綜合上述的討論，本研究使用幾何平均的方法會較適合整合業界科專群體專家對評審計畫的決策。

三、模糊層級分析法

(一)層級分析法(Alytic Hierarchy Process, AHP)

傳統的 AHP 假設各層級之間相互獨立，運用上決策者藉由兩兩比對(pairwise comparisons)的方式決定準則的權重。Saaty (1980)利用問卷讓決

策者對各層級架構中所有評估項目下的準則進行兩兩比較，在這部份 Saaty (1980)使用 1-9 的衡量尺度以衡量決策者的判斷強度，且針對決策過程的成對比較矩陣，運用特徵向量(eigenvector)與特徵值(eigenvalue)的方式求解出決策者對於層級獨立架構中準則的權重判斷值。

假設層級決策架構中有 n 個評估準則如 C_1, C_2, \dots, C_n ，其相對的權重依序為 w_1, w_2, \dots, w_n ，公式 $Aw = \lambda w$ 顯示出 w 是具有特徵值 λ 的配對矩陣 A 的主特徵向量 $[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ ，成對比較矩陣 A 是決策者對於準則兩兩比較所形成的主觀判斷矩陣。從層級分析中我們可以求解出具有最大特徵值 λ_{\max} 的特徵向量 w ，以滿足 $Aw = \lambda_{\max} w$ ，並且利用 λ_{\max} 可以求解出一致性指標 C.I. (consistency index)， $C.I. = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}$ ，若是 $C.I. < 0.1$ ，則符合判斷一致性的標準。

(二)模糊集合理論(Fuzzy Set Theory)

由於決策判斷過程常因為語意(linguistic)與模糊性而造成判斷上的不精確性。因此，合併模糊集合理論可以協助決策者作判斷(Lee, 1995)。Zadeh (1965)提出模糊集合論(fuzzy set theory)，主要是探討如何將存在於真實世界中的模糊現象透過數學化來加以表示其背後意涵的科學，模糊數為一不精確值，簡單來說模糊數就是將收集到的資料以數學函數的方式呈現。模糊數一般分為梯形模糊數與三角模糊數，梯形模糊數其圖形如圖 2 所示。當 $b = c$ 時即為三角模糊數，梯形模糊數以數學方程式表示如方程式 1 所示。

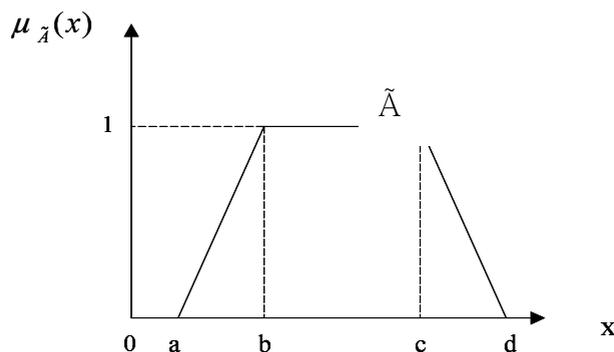


圖 2：梯形模糊數

應用模糊層級分析法比較專家判斷之差異：以台灣業界科技專案為例

梯形模糊數是將蒐集到的資料提取四個數值來作為計算之用。在數學函數部份，設梯形模糊數 \tilde{A} 為模糊集合 $F = \{(x, \mu_f(x), x \in R)\}$ ， $R: -\infty < x < \infty$ ， $\mu_f(x)$ 為在連續區間[0,1]的函數，梯形模糊數 $\tilde{A}=(a, b, c, d)$ ，其中 $a \leq b \leq c \leq d$ 。當 $x \in (a, b)$ 時 $\mu_f(x)$ 呈線性單調遞增，當 $x \in (c, d)$ 時 $\mu_f(x)$ 呈現線性單調遞減，茲以方程式(1)表示梯形模糊數之模糊隸屬函數 $\mu_{\tilde{A}}$ 。

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \\ 0 & d < x \end{cases} \quad (1)$$

藉由合併模糊集合理論與 AHP，模糊 AHP 可以考量決策者所面臨的判斷不精確性問題(Buckley,1985; Csutora & Buckley, 2001)，利用語意評比及模糊運算的運用，將模糊數帶入成對比較矩陣中，以處理在準則衡量、判斷等過程中所產生之模糊性問題。決策者藉由成對比較的方式決定準則的權重，利用問卷讓決策者對層級架構中所有評估項目下的準則進行比較，在這部份 Saaty (1980)使用 1-9 的衡量尺度以衡量決策者的判斷強度。因此，模糊 AHP 適用於具有不確定性的「業界科技專案」評審決策。

肆、研究設計

一、「業界開發產業技術計畫」技術評審模式

「業界開發產業技術計畫」分為通訊與光電、機械與航太、材料與化工以及生技與製藥等四個領域的申請，本研究主要在於分析「業界開發產業技術計畫」四個不同產業領域下評審專家對於申請計畫的判斷分析。本研究依據

Huang, Chu, & Chiang (2008)建構的「業界開發產業技術計畫」技術評審層級化模式如圖 3，分析評審委員對專案計畫的判斷，該層級模式第一層目標(goal)為業界開發產業技術計畫的選取，第二層面向(aspect)分為技術價值面、潛在利益面、專案執行面以及專案風險面，第二層的 4 個面項支配第三層的 9 個目的(objective)，第三層的目的支配第四層的 30 個準則(criteria)。

- (1) 技術價值面：判斷科技專案的技術是否具有值得發展的價值，包含技術的競爭力例如技術前瞻性與技術創新性，以及技術的相關性例如技術一般性與技術連結性。
- (2) 潛在利益面：除了對企業所產生的利益之外，判斷科技專案的執行必須對國家能產生巨大潛在的利益，包含經濟性利益例如研發能量提升與市場潛在規模，以及社會性利益例如符合科技政策與人類生活利益。
- (3) 專案執行面：判斷科技專案發展過程是否可以執行，包含計畫書品質面例如計畫開發內容詳細與研究團隊能力，以及相關資源的可獲取性例如外部技術資源可獲性與內部相關技術支援。
- (4) 專案風險面：判斷開發科技專案所面臨的風險，包含技術風險例如相關技術成功證據，發展風險例如專案時效性，以及商業風險例如技術市場化成功機會。

應用模糊層級分析法比較專家判斷之差異：以台灣業界科技專案為例

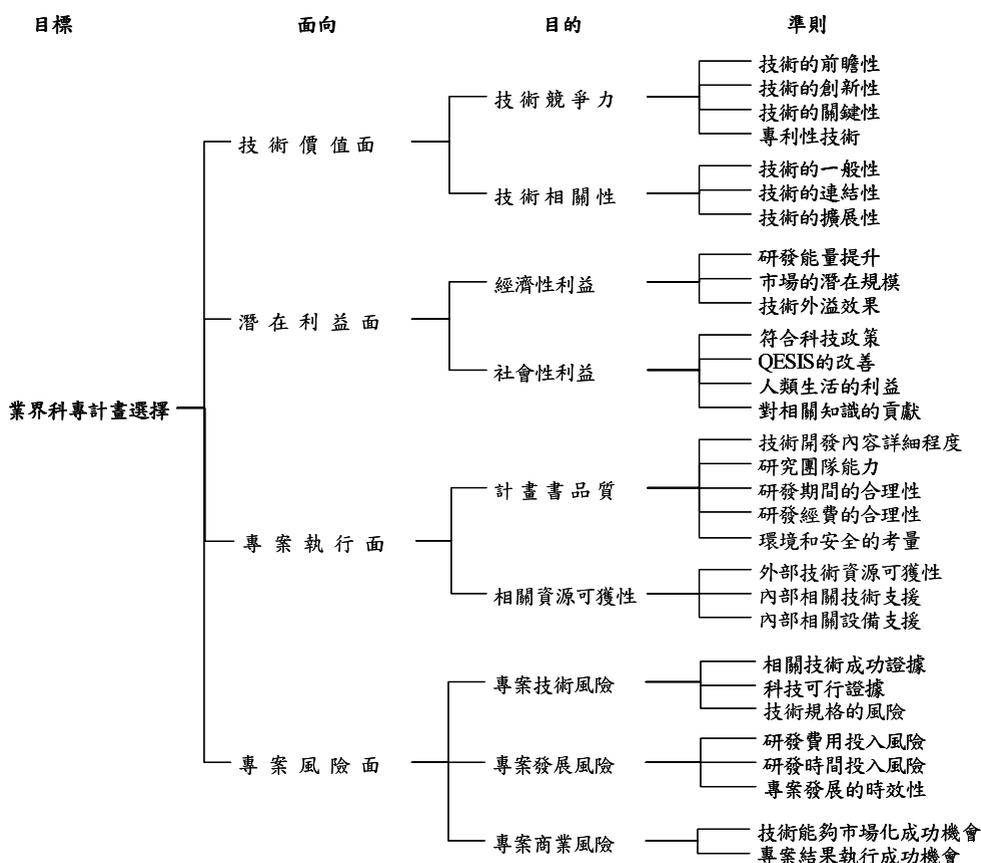


圖 3：「業界開發產業技術計畫」技術評審模式

二、分析方法

由於模糊層級分析法包含多種的演算步驟，其中結合 μ 指標的模擬方法可以考慮決策者面對不確定性時決策的變動，本研究的分析根據相關研究(徐村和、楊宗欣，2000; Cheng & Mon, 1994; Kwong & Bai, 2002; Lee, 1995)進行模糊層級分析法的演算，演算步驟如下：

(一) 衡量專家的模糊主觀判斷

假設 k 個評審委員以尺度1-9對同一層級間的各项決策準則兩兩比較以得出同層間準則的強度關係。相關研究通常在模糊數上都使用三角模糊數(Hsu, Tzeng & Shyu, 2003)。因此，本研究的模糊數選擇三角模糊數

$\tilde{M}=(a, b, c)$ ，其中 $a \leq b \leq c$ ，利用三角模糊數如圖 4 以及考量不確定性使用 α -cut 法⁶將第 k 位專家在尺度 1-9 的判斷轉為模糊主觀判斷如方程式 2，再依據 Buckley (1985)的建議以幾何平均數如方程式 3 整合群體專家模糊主觀判斷。

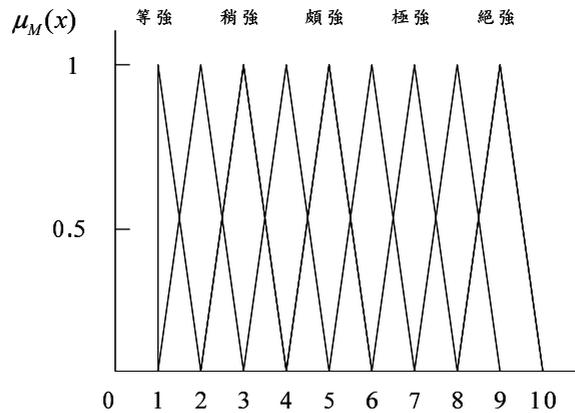


圖 4：三角模糊數的隸屬函數

$$\tilde{A}_u^k = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{a}_{12}^\alpha & \cdots & \tilde{a}_{1(n-1)}^\alpha & a_{1n}^\alpha \\ \tilde{a}_{21}^\alpha & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2(n-1)}^\alpha & a_{2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{(n-1)1}^\alpha & \tilde{a}_{(n-1)2}^\alpha & \cdots & 1 & \tilde{a}_{(n-1)n}^\alpha \\ a_{n1}^\alpha & a_{n2}^\alpha & \cdots & \tilde{a}_{n(n-1)}^\alpha & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\tilde{A}_u = (\tilde{A}_u^1 \otimes \tilde{A}_u^2 \otimes \cdots \otimes \tilde{A}_u^k)^{1/k} \quad (3)$$

以方程式(2)而言， a_{ij} 表示第 k 位專家對同一層級中兩個準則之相對重要性的比率值評估，其中 $a_{ij} > 0$ ，for $i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,n$ ，而 \tilde{a}_{ij} 表示

⁶ $\forall \alpha=(0,1)$ ， $\tilde{A}^\alpha = \{x | u_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$ ，定義三角模糊數 $\tilde{A}=(a,b,c)$ ，則 $\tilde{A}^\alpha = [a^\alpha, c^\alpha] = [(b-a)\alpha + a, -(c-b)\alpha + c]$ 。 α 值越小代表決策者面對的不確定性越大， α 值越大代表決策者面對的不確定性越小。

應用模糊層級分析法比較專家判斷之差異：以台灣業界科技專案為例

利用三角模糊數將第 k 位專家的 a_{ij} 轉換為模糊值 $\tilde{a}_{ij} = [a_{ijl}, c_{iju}]$ 。考量不確定性使用 α -cut 法將 \tilde{a}_{ij} 轉換為 $\tilde{a}_{ij}^\alpha = [a_{ijl}^\alpha, c_{iju}^\alpha]$ ，其中 a_{ijl}^α 表示在特定 α 值下第 k 位專家的模糊判斷上限值(upper value)， c_{iju}^α 表示在特定 α 值下第 k 位專家的模糊判斷下限值(lower value)。

(二)合併 μ 指標

雖然在模糊層級分析法的相關文獻中（陳振東，2000；Deng, 1999；Kuo, Yeh & Chau, 2003；Kwong & Bai, 2002；Yeh & Deng, 1997；Yeh, Deng, & Chang, 2000）曾以 μ 值來解釋「風險態度」，然而，依據決策科學，多準則決策方法中的效用函數一般公認最能反映決策者的風險態度及不確定性的態度。因此，在模糊層級分析法中使用 μ 值來解釋「風險態度」不合適。本研究認為使用指標 μ 代表專家對於不確定下決策的變動程度比較合適。 μ 值介於 0~1 之間，越大的 μ 值代表決策者越偏好以語意方法表示的較大模糊數值，越小的 μ 值代表決策者越偏好以語意方法表示的較小模糊數值。引入 μ 指標成為方程式(4)，並將方程式 3 的群體專家模糊主觀判斷 \tilde{A}_k 轉為方程式(5)的 \tilde{A}_μ ，透過不同 μ 值的變動可以分析群體專家面對不確定時的決策變動。

$$\tilde{a}_{yij}^\alpha = \mu a_{iju}^\alpha + (1 - \mu) a_{ijl}^\alpha, \forall \mu \in [0, 1] \quad (4)$$

$$\tilde{A}_\mu = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{a}_{\gamma 12}^\alpha & \cdots & \tilde{a}_{\gamma 1(n-1)}^\alpha & a_{\gamma 1n}^\alpha \\ \tilde{a}_{\gamma 21}^\alpha & 1 & \cdots & \tilde{a}_{\gamma 2(n-1)}^\alpha & a_{\gamma 2n}^\alpha \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{\gamma(n-1)1}^\alpha & \tilde{a}_{\gamma(n-1)2}^\alpha & \cdots & 1 & \tilde{a}_{\gamma(n-1)n}^\alpha \\ a_{\gamma n1}^\alpha & a_{\gamma n2}^\alpha & \cdots & \tilde{a}_{\gamma n(n-1)}^\alpha & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中， \tilde{a}_{yij}^α 表示在特定 α 值下，引入特定 μ 值之後，結合群體專家的模糊判斷上限值(a_{iju}^α)與下限值(a_{ijl}^α)所形成的單一判斷值 (crisp value)，而 \tilde{A}_μ 表示群體專家的單一判斷值矩陣。

(三)計算特徵向量與權重

計算 \tilde{A}_μ 的特徵向量，並將同一層級間準則兩兩比較的特徵向量標準化為各準則的群體權重，並利用層級串連得到在整體層級下各準則的群體權重值。

方程式(2)的矩陣是代表個別專家主觀判斷的模糊矩陣，由於本研究採取三角模糊數代表專家的判斷，因此專家的判斷值是由一組三個數字所組成的一區間數值(interval value)，透過方程式(3)以形成群體專家主觀判斷的模糊矩陣。隨後利用方程式(4)，也就是引入 μ 指標將方程式(3)的群體專家區間數值矩陣轉換為方程式(5)的群體專家單一數值(crisp value)矩陣。

本研究分析「業界開發產業技術計畫」的不同產業領域專家對計畫的評審，利用 μ 指標可以分析不同領域專家「業界開發產業技術計畫」的群體決策變動。傳統模糊層級分析法(Buckley, 1985; Csutora & Buckley, 2001; Hsu, Tzeng & Shyu, 2003)直接求算方程式(3)的群體專家模糊數值(fuzzy value)矩陣的特徵值與特徵向量，以分析群體專家對於方案和準則的最終權重，最終權重是一模糊或區間值，決策者需要經過模糊權重值之間的比較以決定方案和準則的重要性。然而，傳統模糊層級分析法的主要問題在於模糊數值之間的比較複雜且未必是簡單易懂以及可信的(Yeh, Deng, & Chang, 2000)。而本研究所採取的模糊層級分析法仍然是以方程式(3)的群體專家模糊矩陣為主，引入 μ 指標目的在使用模擬法分析群體專家的決策變動。因此，雖然方程式(5)為群體專家單一數值矩陣，然其數值變動範圍仍然在原始的模糊矩陣方程式(3)的區間數值之間，故方程式(5)所形成的群體專家單一數值矩陣仍然屬於群體專家的模糊判斷值。對於決策者來說，求解轉換後的單一數值矩陣的特徵值與特徵向量相對比傳統模糊層級分析法快速，而且方案和準則的最終權重值比較也簡單。因此，合併 μ 指標不僅可以分析決策者面對不確定性的決策變動，而且可以使模糊層級決策的分析過程更簡單以及更有效率(Yeh & Deng, 1997; Yeh, Deng, & Chang, 2000)。

伍、資料分析與討論

本研究考量評審委員在評估「業界開發產業技術計畫」時，面對不確定性 α 時的決策變動。因此，首先設定在 $\alpha = 0.5$ 以及 $\mu = 0.5$ 的情境下分析，也就是不確定性程度中等且評審委員較偏好模糊區間的中間值，之後再變動不確定性高低以模擬評審委員對「業界開發產業技術計畫」的決策變動。

一、一般性決策情境分析

(一)不同領域共同最重視的第二層級準則是技術價值

表 1 顯示通訊與光電、機械與航太、材料與化工以及生技與製藥四個領域的技審會委員對第二層準則的權重與重要性排序。其中通訊與光電(0.493)、機械與航太領域(0.299)、材料與化工(0.446)以及生技與製藥(0.352)皆最重視技術價值面，此與 Hsu, Tzeng, & Shyu (2003)的結果相同，顯示科技研發專案最重視的是技術價值面。由此可知，不論何種領域的評審委員均一致認為業界科專的重點仍在技術研發，唯有透過研發投資才能提升產業研發能力及開創新興科技產業，此亦符合業界科技專案的補助精神。

通訊與光電(0.228)以及生技與製藥(0.263)產業次重視專案執行面，此與 Hsu, Tzeng, & Shyu (2003)的結果相同，可能是由於該兩領域的產業技術不確定較高。因此兩領域委員認為申請機構執行專案的能力是較重要。機械與航太領域(0.298)以及材料與化工領域次重視潛在利益面(0.229)，此與 ATP (2004)計畫的評審重點相同，強調科技專案除了企業本身利益外，也需要為國家帶來經濟性利益。除了機械與航太領域外，皆較不重視專案的風險面，可能原因為風險面的某些面向，例如專案投入時間以及專案投入費用可由技審會委員修正的關係。再者，透過直接財務補助研發，政府與企業共同分攤專案開發的風險。因此，業界科專計畫比較不像一般企業研發計畫需要完全自主投資的高風險，故對於專案的風險面比較不注重。

表 1 不同領域的第二層準則的權重與排序

準則	通訊與光電領域的權重		機械與航太領域的權重		材料與化工領域的權重		生技與製藥領域的權重	
技術價值	0.493	①	0.299	①	0.446	①	0.352	①
潛在利益	0.144	③	0.298	②	0.229	②	0.235	③
專案執行	0.228	②	0.192	④	0.174	③	0.263	②
專案風險	0.135	④	0.210	③	0.151	④	0.150	④

①代表該項決策準則的重要性排序為第一，以此類推

(二)不同領域共同最重視的第三層級準則是技術競爭力

表 2 顯示通訊與光電、機械與航太、材料與化工以及生技與製藥四個領域的技審會委員對第三層準則的權重與重要性排序。通訊與光電(0.411)、機械與航太(0.252)、材料與化工(0.351)以及生技與製藥(0.274)皆最重視技術的競爭力，其中通訊與光電產業的技術競爭力權重將近占第三層準則權重的一半，為所有領域中最重視者，顯示業界科技專案的主要目標乃是在促進產業科技研發的國際化以提升技術的競爭力（經濟部技術處 ITDP 網站，2005b）。此外，機械與航太(0.217)以及材料與化工(0.148)領域次重視經濟性利益，而通訊與光電(0.119)以及生技與製藥(0.176)重視經濟性利益的排序為第三，符合業界科專需為產業或國家帶來利益的目的。通訊與光電(0.172)次重視計畫書品質，而機械與航太(0.100)以及材料與化工(0.094)領域亦相當重視，排序分別為第三，原因可能是評審委員重視其計畫書內容是否詳細，以確保該企業是否有足夠的能力執行業界科專計畫。

另外，生技與製藥(0.204)次重視相關資源的可獲取性，由於我國生技產業發展比較慢以及國內生技產業規模還不夠大。因此，評審委員比較重視是否可以獲得一些外在技術資源的支援。通訊與光電、機械與航太以及生技與製藥三個領域對於發展風險最不重視，而材料與化工領域最不重視商業風險。

表 2 不同領域的第三層準則的權重與排序

準則	通訊與光電 領域的權重	機械與航太 領域的權重	材料與化工 領域的權重	生技與製藥 領域的權重
技術競爭力	0.411 ①	0.252 ①	0.351 ①	0.274 ①
技術相關性	0.082 ④	0.047 ③	0.094 ③	0.078 ④
經濟性利益	0.119 ③	0.217 ②	0.148 ②	0.176 ③
社會性利益	0.025 ③	0.082 ⑥	0.082 ⑤	0.059 ⑥
計畫書品質	0.172 ②	0.100 ③	0.094 ③	0.059 ⑥
相關資源可獲取性	0.055 ⑥	0.092 ④	0.080 ⑥	0.204 ②
技術風險	0.081 ⑤	0.087 ⑤	0.061 ⑦	0.071 ⑤
發展風險	0.022 ⑨	0.046 ⑨	0.048 ⑧	0.038 ⑨
商業風險	0.032 ⑦	0.078 ⑦	0.042 ⑨	0.041 ⑧

①代表該項決策準則的重要性排序為第一，以此類推

(三)不同領域共同最重視的第四層級準則是技術前瞻性與關鍵性

表 3 顯示通訊與光電、機械與航太、材料與化工以及生技與製藥四個領域的技審會委員對第四層準則的權重與重要性排序。通訊與光電較重視技術的前瞻性(0.137)、技術的關鍵性(0.128)、技術的創新性(0.081)、專利性技術(0.066)、研究團隊的能力(0.057)。機械與航太領域較重視技術關鍵性(0.087)、研發能量的提升(0.084)、技術的外溢效果(0.077)、技術的前瞻性(0.075)、技術的創新性(0.067)。材料與化工領域較重視技術的關鍵性(0.108)、專利性技術(0.090)、技術的創新性(0.080)、技術的前瞻性(0.073)、市場的潛在規模(0.059)。生技與製藥領域較重視內部相關技術的支援性(0.101)、技術的前瞻性(0.086)、技術的關鍵性(0.085)以及技術的外溢效果(0.074)、市場的潛在規模(0.067)與外部相關技術資源可獲取性(0.067)。在四個領域中，皆重視技術的前瞻性與關鍵性，代表業界科專評選時較重視技術是否能突破現有技術的水準以及能否掌握該產業的核心技術，也反應了業界科專本身的責任以及目標皆在提升技術的前瞻性與關鍵性（經濟部技術處 ITDP 網站，2005b）。

表 3 不同領域的第四層準則的權重與排序

準則	通訊與光電 領域的權重	機械與航太 領域的權重	材料與化工 領域的權重	生技與製藥 領域的權重
技術的前瞻性	0.137 ^①	0.075 ^④	0.073 ^④	0.086 ^②
技術的創新性	0.081 ^③	0.067 ^⑤	0.080 ^③	0.063 ^⑦
技術的關鍵性	0.128 ^②	0.087 ^①	0.108 ^①	0.085 ^③
專利性技術	0.066 ^④	0.023	0.090 ^②	0.041 ^⑧
技術的一般性	0.023	0.008	0.023	0.007
技術的連結性	0.030	0.018	0.025	0.034

表 3 (續) 不同領域的第四層準則的權重與排序

準則	通訊與光電 領域的權重	機械與航太 領域的權重	材料與化工 領域的權重	生技與製藥 領域的權重
技術的擴展性	0.028	0.021	0.047 ^⑦	0.037 ^⑨
研發能量的提升	0.048 ^⑥	0.084 ^②	0.058 ^⑥	0.034
市場的潛在規模	0.047 ^⑦	0.056 ^⑦	0.059 ^⑤	0.067 ^⑤
技術外溢效果	0.024	0.077 ^③	0.031 ^⑩	0.074 ^④
符合科技政策	0.013	0.025	0.017	0.013
QESIS 的改善	0.004	0.015	0.031 ^⑩	0.017
人類生活的利益	0.004	0.032 ^⑩	0.022	0.013
對相關知識的貢獻	0.004	0.010	0.012	0.016
技術開發內容詳細程度	0.044 ^⑧	0.015	0.018	0.004
研究團隊的能力	0.057 ^⑤	0.027	0.035 ^⑧	0.019
研發期間的合理性	0.021	0.013	0.010	0.004
研發經費的合理性	0.031 ^⑩	0.025	0.014	0.016
環境和安全的考量	0.020	0.020	0.017	0.016

外部相關技術資源可獲取性	0.014	0.016	0.025	0.067 ^⑤
內部相關技術支援	0.029	0.056 ^⑦	0.033 ^⑨	0.101 ^①
內部相關設備支援	0.012	0.020	0.022	0.036 ^⑩
相關技術成功經驗	0.036 ^⑨	0.020	0.026	0.032
科技可行證據	0.020	0.028	0.013	0.027
技術規格風險	0.025	0.039 ^⑨	0.022	0.012
研發費用投入風險	0.006	0.013	0.013	0.011
研發時間投入風險	0.005	0.014	0.007	0.008
專案發展的時效性	0.011	0.019	0.029	0.019
技術能市場化的成功機會	0.022	0.064 ^⑥	0.031 ^⑩	0.029
專案結果執行成功機會	0.010	0.014	0.011	0.012

①代表該項決策準則的重要性排序為第一，以此類推

二、不同的決策情境分析

本研究以模糊集合理論中的 $\alpha - cut$ 法處理決策者所面對的不確定性， α 值越大表示評審委員所面對的不確定性越小，設定 $\alpha = (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1)$ 。此外，使用指標 μ 處理決策者的決策變動，由於 μ 值介於 0~1 之間，本研究將指標 μ 設定為三種情況，分別是決策者較偏好模糊區間的較小值 ($\mu = 0.05$)、決策者較偏好模糊區間的中間值 ($\mu = 0.5$) 以及決策者較偏好模糊區間的較大值 ($\mu = 0.95$) 三種，分析在不同的不確定下，評審委員對計畫判斷的模擬分析。

(一)不同領域最重視的第二層級決策準則有差異

μ 值的變動 ($\mu = 0.05, \mu = 0.5, \mu = 0.95$) 會改變不同領域的評審專家對第二層級決策準則的判斷。此外，通訊與光電領域、材料與化工領域以及生技與製藥領域均是不論 μ 值以及不確定性如何變動，技術價值均為委員最重視的決策準則。當機械與航太領域委員具備下列三種情境時，最重視的是潛在利益，(1) ($\mu = 0.05$) 與不論不確定性如何變動；(2) ($\mu = 0.5$) 與不確定性逐漸降低 ($\alpha > 0.6$)；(3) ($\mu = 0.95$) 與不確定性降

低 ($\alpha > 0.8$)。

(二) α 值與 μ 值會影響不同領域的決策準則排序

圖 5 顯示出通訊與光電領域在 ($\mu = 0.05$) 下，專案風險比潛在利益重要，然在 ($\mu \geq 0.5$)，準則排序發生逆轉，潛在利益比專案風險重要，但是不論 μ 值以及 α 值如何變動，技術價值與專案執行仍為第一與第二考量的準則。圖 6 顯示出機械與航太領域在 ($\mu = 0.05$) 下潛在利益為最重要的考量， $\alpha > 0.2$ 下，技術價值會產生逆轉而比專案風險重要，此外，委員在 ($\mu \geq 0.5$) 以及不確定性逐漸降低的情境下如 $\alpha > 0.6$ ，潛在利益會逆轉比技術價值重要。圖 7 顯示出材料與化工領域在 ($\mu = 0.05$) 以及 $\alpha > 0.6$ 下，準則排序發生逆轉，專案執行考量比專案風險重要，委員在 ($\mu \geq 0.5$) 以及不論 α 值如何變動，專案執行比專案風險重要。此外，不論 μ 值以及 α 值如何變動，技術價值以及潛在利益均為第一與第二的考量。圖 8 顯示出生技與製藥領域在 ($\mu = 0.05$)，不論 α 值如何變動，技術價值均為最重要的考量，在 ($\mu = 0.5$) 下，不論 α 值如何變動，技術價值也為最重要的考量，然在 ($\mu = 0.95$) 以及不確定性逐漸降低的情境下 ($\alpha > 0.6$)，準則排序產生逆轉，專案執行比潛在利益重要。機械與航太領域的變動隨著 μ 值以及 α 值的變動而決策準則排序產生轉變較其他三個領域明顯。

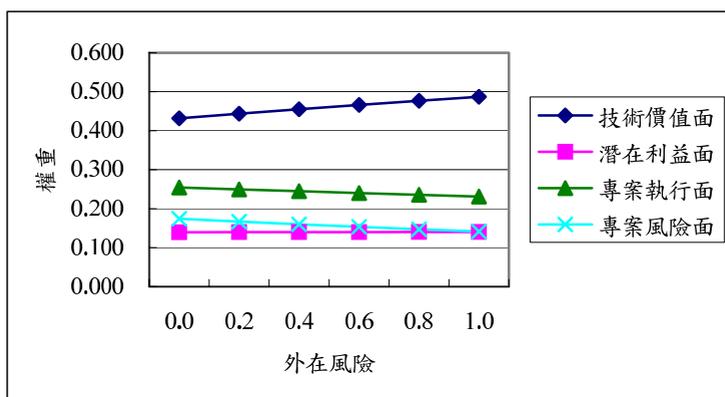


圖 5：通訊與光電領域第二層級的評選準則分析 ($\mu = 0.05$)

應用模糊層級分析法比較專家判斷之差異：以台灣業界科技專案為例

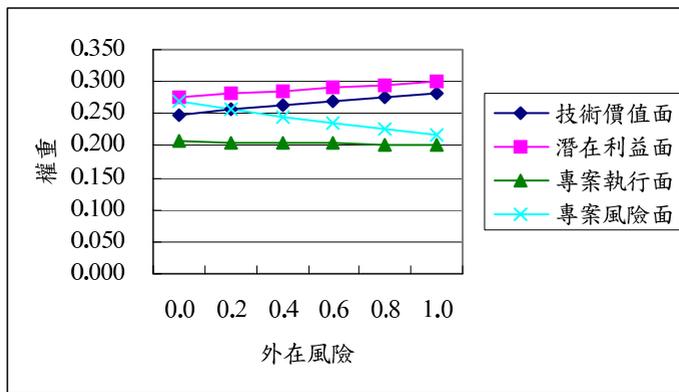


圖 6：機械與航太領域第二層級的評選準則分析($\mu = 0.05$)

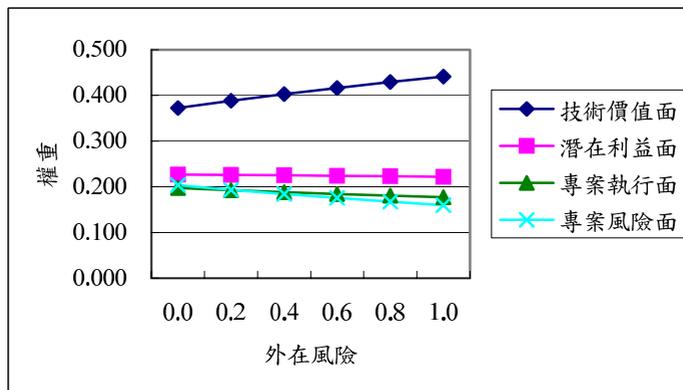


圖 7：材料與化工領域第二層級的評選準則分析($\mu = 0.05$)

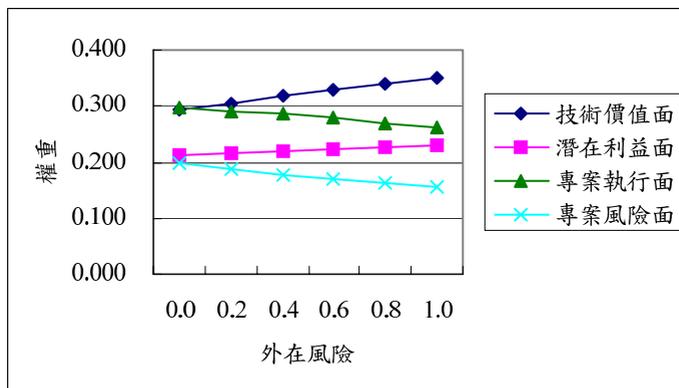


圖 8：生技與製藥領域第二層級的評選準則分析($\mu = 0.05$)

(三)不同領域最重視的第三與第四層級決策準則是相關資源可獲取性和專案結果成功執行機會

當 μ 值越大以及 α 值越大時，四個領域評審委員對於第三層級的技術的競爭力以及經濟性利益的重要性考量會減少，而相關資源可獲取性、專案的技術風險以及專案商業風險的重要性會增加。此外，當 μ 值越大以及 α 值越大時時，四個領域評審委員對於第四層級的專案結果成功執行機會的重要性考量會增加，而技術前瞻性的重要性會減少，且專案結果成功執行機會變動幅度最大，其重要性大約增加 40% 的幅度。

陸、結論與建議

我國經濟部自 1999 年積極推動「業界開發產業技術計畫」以促進國內產業研發能量的提升與改善，透過科技領域的相關專家學者對於申請計畫進行審查。政府以經費補助企業從事研發並且與企業共同分攤研發風險，鼓勵我國企業進行產業技術的研發創新。然而，評審委員對科技專案的判斷可能涉及不確定性，包含資料的不足、技術的不確定性、計劃涉及到的風險以及評選過程缺乏量化的指標或權重等，以及不同領域的專家對於評選的準則存在不同的看法。現階段的「業界開發產業技術計畫」技術審查方式比較偏重計分工具，較無法有系統性的對於計畫進行評估。因此，本研究自群體決策角度出發，應用 Huang, Chu, & Chiang (2008) 提出的決策模式，結合模糊集合理論與層級分析法以分析「業界開發產業技術計畫」不同領域專家的技術評審決策模式，本章將歸納分析所發現的主要重點，並且探討可行的政策建議，整理如下：

一、不同領域專家的決策存在差異性

本研究延續 Huang, Chu, & Chiang (2008) 所建立的「業界開發產業技術計畫」層級決策模式進行對通訊與光電、機械與航太、材料與化工以及生技與製藥等四個「業界開發產業技術計畫」領域的評審委員進行對申請專案的決策分析。研究結果發現當考量評審委員所面對的不確定性（ α 值）以及評審委員對於模糊區間中的數值大小偏好程度（ μ 值）時，不同領域的評審委員所重視的決策準則存在差異性。

二、 $\alpha = 0.5$ 以及 $\mu = 0.5$ 的決策情境

表 1 顯示出四個領域的評審委員對於第二層的考量，除了在技術價值此一決策準則有共識之外，對於其他三個準則的判斷都有差異。表 2 顯示出四個領域的評審委員對於第三層的考量，除了在技術競爭力此一決策準則有共識之外，對於其他八個準則的判斷都有差異。此外，表 3 可知四個領域的評審委員對於第四層的決策準則的判斷都有差異。因此，不同領域的評審委員對於業界科專的決策準則判斷是存在差異性的。

三、不同決策情境下的決策準則變動

技術評審委員審查「業界開發產業技術計畫」時對於模糊區間中的數值大小偏好程度，也就是 μ 的變動 ($\mu = 0.05, \mu = 0.5, \mu = 0.95$) 以及不確定性 α 值的變動 ($\alpha = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1$) 會改變對計畫的判斷。

四、研究建議

(一) 解決不同領域專家決策衝突機制

根據本研究結果顯示「業界開發產業技術計畫」的不同領域評審委員的決策存在差異性，對於決策準則的重要性有不同的判斷。因此，如何解決評審委員之間的決策衝突以協助技審大會中全體評審委員達成決策一致性對於「業界開發產業技術計畫」決策的有效性是重要的。群體是由不同人格特質、知識與背景的成員所組成，群體成員組織他們個別的投入而完成群體任務的過程稱為群體的協調過程(Bonner, Baumann, & Dalal, 2002)。「業界開發產業技術計畫」的評審委員透過群體的協調過程可以達成評選合適計畫的補助決策的共識。本研究建議在評審委員協調過程中可使用決策結果回饋(decision outcome feedback) (Tindale, 1989)來改善評審委員之間的決策衝突或差異。隨著時間，決策結果回饋會影響群體成員對於決策的確定性(confidence)，進而影響群體達成決策一致性(Tindale, 1989)，Ono & Davis (1988)也認為透過群體的討論，群體成員決策確定性會提高。

經濟部技術處可以提供評審專家「業界開發產業技術計畫」相關補助計畫的執行績效資料，不同領域的評審委員將可以藉由這些績效資料的回饋，使得委員之間對於何種類型的申請計畫（例如高創新性或研發團隊能力佳）能達成研發補助成效比較容易有一致性的看法。此外，經濟部技術處也可提供過去個別評審委員對於「業界開發產業技術計畫」的決策資料，藉由這些個別評審委員的決策資料，評審委員之間可以了解哪些特定委員的決策績效較好（例如該委員核准補助的計畫其研發績效較佳），進而參考這些特定委員對申請計畫的判斷，達成計畫補助的決策共識，Bonner, Baumann, & Dalal (2002)認為決策績效資料的回饋能導致群體成員採取社會化比較過程(social comparison process)，透過此比較過程能降低群體成員之間的決策衝突。

(二)不同領域專家決策意涵與建議

透過本研究考量不確定性程度以及評審委員對於模糊區間中的數值大小偏好程度的模擬分析，可以歸納出如表 4 的重要研究結論。此外，本研究對應這些重要的研究結論也提供對企業或政府可行的政策建議，整理如表 4 所述。

表 4 「業界開發產業技術計畫」的政策建議

領域別	研究結論	政策建議
四大領域	在一般性的決策情境下，技術價值（第二層級）；技術競爭力（第三層級）；技術前瞻性與技術關鍵性（第四層級）等為最重要的考量。	四大領域業者在申請計畫時應多著重在技術面的研發，要考量該技術是否有競爭優勢，是否足以與國內或國際上其他相關業者競爭，此外，該技術的發展是否領先現行相關技術或是對產業技術突破有關鍵性的影響。
通訊與光電	不論 α 與 μ 如何變動，技術價值與專案執行是最重要考量。	通訊與光電業者應著重在研發具高價值的技術以及計畫的可行性。
機械與航太	在 $\mu=0.5$ 時不論 α 如何變動，潛在利益與技術價值是最重要考量。	機械與航太委員比較不易達成一致性共識，建議政府多聘請專家參與此領域的評審，以及企業可著重高技術以及能產生經濟利益的專案之開發。
材料與化工	不論 α 與 μ 如何變動，技術價值與潛在利益是最重要考量。	材料與化工業者應著重在研發具高價值的技術以及創造經濟利益。
生技與製藥	在 $\mu=0.5$ 時不論 α 如何變動，技術價值與專案執行是最重要考量。	生技與製藥委員比較不易達成一致性共識，建議政府多聘請專家參與此領域的評審，以及企業可著重高技術專案之開發。
四大領域	μ 越大以及 α 越大，相關資源可獲取性、專案的技術風險以及專案商業風險的重要性會增加。	企業在申請「業界開發產業技術計畫」時，必須有相關技術、專利權以及設備能夠充分支援開發科技專案的技術。此外，企業也需要確認有足夠的證據和相關技術開發的經驗能證明所開發的新技術能夠成功，以及科技專案的技術需要注重市場化。
四大領域	μ 越大以及 α 越大，專案結果成功執行機會的重要性會增加。	企業需要強化本身的規劃和執行能力，如此方可成功推動「業界開發產業技術計畫」的成果。

參考文獻

- 徐村和、楊宗欣，2000，「應用模糊層級分析法評選廣告媒體」，管理與系統，7 卷 1 期：19~40。
- 陳振東，2000，「考量決策者樂觀態度傾向的模糊多準則決策方法之研究」，管理與系統，7 卷 3 期：379~394。
- 經濟部技術處 ITDP 網站，
<http://doit.moea.gov.tw/03know/product.asp>, accessed on October 10, 2005a.
- 經濟部技術處 ITDP 網站，
http://innovation1.tdp.org.tw/group/application/tdp_itdp/index.php, accessed on October 10, 2005b.
- 經濟部技術處 ITDP 網站，
<http://doit.moea.gov.tw/04apply/know.asp>, accessed on October 10, 2006.
- 鄧振源，2002，計畫評估：方法與應用，海洋大學運籌規劃與管理研究中心。
Advanced Technology Program (ATP), <http://www.atp.nist.gov/eao/current.htm>, accessed on October 10, 2004.
- Arrow, K.J., 1962, "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions" in Richard R. Nelson (eds.), **The Rate and Direction of Inventive Activity**, Princeton: Princeton University Press for the NBER, 609-625.
- Audretsch, D. B., Link, A. N., and Scott, J. T., 2002, "Public/Private Technology Partnerships: Evaluating SBIR-Supported Research," **Research Policy**, Vol. 31, No.1, 145-158.
- Aull-Hyde, R., Erdogan, S., and Duke, J.M., 2006, "An Experiment on the Consistency of Aggregated Comparison Matrices in AHP," **European Journal of Operational Research**, Vol. 171, No.1, 290-295.
- Baker, M. R. and Freeland, J., 1975, "Recent Advances in R&D Benefit Measurement and Project Selection: Where We Stand," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 21, No.10, 1164-1175.
- Baker, N.R., 1974, "R&D Project Selection Models: An Assessment," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 21, No.2, 165-171.
- Baron, J., 1998, "Do SBIR/STTR Program Manager." **Comments at the Methodology Workshop on the Assessment of Current SBIR Program Initiatives**, Washington, DC.
- Bonner, B.L., Baumann, M.R., and Dalal, R.S., 2002, "The Effects of Member Expertise on Group Decision-Making and Performance," **Organizational Behavior and Human Performance**, Vol. 88, No.2, 719-736.
- Buckley, J.J., 1984, "The Multiple Judge, Multiple Criteria Ranking Problem: A Fuzzy Set Approach," **Fuzzy Sets and Systems**, Vol. 13, No.1, 25-37.
- Buckley, J. J., 1985, "Fuzzy Hierarchical Analysis," **Fuzzy Sets and Systems**, Vol. 17, No.3, 233-247.
- Castore, C.H. and Murnighan, J.K., 1978, "Determinants of Support for Group Decisions," **Organizational Behavior and Human Performance**, Vol. 22, No.1, 75-92.

- Cetron, M., Martino, J., and Roepcke, L., 1967, "The Selection of R&D Program Content-Survey of Quantitative Methods," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 14, No.1, 4-13.
- Chen, C.T., 2000, "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment," **Fuzzy Sets and Systems**, Vol. 114, No.1, 1-9.
- Cheng, C. H. and Mon, D.L., 1994, "Evaluation Weapon System by AHP Based on Fuzzy Scales," **Fuzzy Set and Systems**, Vol. 63, No.1, 1-10.
- Chien, C. F., 2002, "A Portfolio-Evaluation Framework for Selection R&D Projects," **R&D Management**, Vol. 32, No.4, 359-369.
- Chu, P.Y., 1996, "An Assessment of Group Decision-Making Theories and Support Technologies.," **Proceedings of the First Asia Pacific DSI Conference**, Hong Kong, China.
- Csutora, R. and Buckley, J.J., 2001, "Fuzzy Hierarchical Analysis: the Lambda-Max Method," **Fuzzy sets and Systems**, Vol. 120, No.2, 181-195.
- Deng, H., 1999, "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison," **International Journal of Approximate Reasoning**, Vol. 21, No.3, 215-231.
- Forman, E. and Peniwati, K., 1998, "Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process," **European Journal of Operational Research**, Vol. 108, No.1, 165-169.
- Garcia-Quevedo, J., 2004, "Do Public Subsidiaries Complement Business R&D? A Meta-Analysis of the Econometric Evidence," **KYKLOS**, Vol. 57, No.1, 87-102.
- Ghasemzadeh, F. and Archer, N. P., 2000, "Project Portfolio Selection Through Decision Support," **Decision Support Systems**, Vol. 29, No.1, 73-88.
- Greiner, M.A., Fowler, J.W., Shunk, D.L., Carlyle, W.M., and McNutt, R.T., 2003, "A Hybrid Approach Using the Analytic Hierarchy Process and Integer Programming to Screen Weapon Systems Projects," **IEEE Transaction on Engineering Management**, Vol. 50, No.2, 192-203.
- Hackman, J.R. and Morris, C.G., 1975, "Group Tasks, Group Interaction Process, and Group Performance Effectiveness: A Review and Proposed Integration" in L. Berkowitz (eds.), **Advances in Experimental Social Psychology**, New York: Academic Press, 45-99.
- Hall, D. and Nauda, A., 1990, "An Interactive Approach for Selecting IR&D Projects," **IEEE Transaction on Engineering Management**, Vol. 37, No.2, 126-132.
- Henriksen, A. D. and Traynor, A. J., 1999, "A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 46, No.2, 158-170.
- Hsu, Y.G., Tzeng, G. H., and Shyu, J.Z., 2003, "Fuzzy Multiple Criteria Selection of Government-Sponsored Frontier Technology R&D Projects," **R&D Management**, Vol. 33, No.5, 539-550.
- Huang, C. C., Chu, P. Y., and Chiang, Y. H., 2008, "A Fuzzy AHP Application in Government-Sponsored R&D Project Selection," **Omega**, Vol.36, No.6,

1038-1052.

- Keeney, R.L. and Raiffa, H., 1976, **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**, New York: Wiley.
- Klette, T.J., Jarle, M., and Zvi, G., 2000, "Do subsidies to commercial R&D reduce market failure? Microeconomic evaluation studies," **Research Policy**, Vol.29, No.4-5, 471-495.
- Kuo, Y.L., Yeh, C.H., and Chau, R., 2003, "A Validation Procedure for Fuzzy Multiattribute Decision Making.," **The 12th IEEE International Conference on Fuzzy Systems**, St. Louis, U.S.A..
- Kwong, C.K. and Bai, H., 2002, "A Fuzzy AHP Approach to the Determination of Importance Weights of Customer Requirements in Quality Function Development," **Journal of Intelligent Manufacturing**, Vol. 13, No.5, 367-377.
- Lee, A.R., 1995, **Application of Modified Fuzzy AHP Method to Analyze Bolting Sequence of Structural Joints**, Ph.D. Dissertation, Lehigh University.
- Lerner, J., 1999, "The Government as Venture Capitalist: The Long Run Impact of the SBIR Program," **Journal of Business**, Vol. 72, No.3, 285-318.
- Levy, D. and Terleckyi, N., 1983, "Effects of Government R&D on Private R&D Investment and Productivity: A Macroeconomic Analysis," **Bell Journal of Economics**, Vol. 14, No.2, 551-561.
- Libby, R., Trotman, K.T., and Zimmer, I., 1987, "Member Variation, Recognition of Expertise, and Group Performance," **Journal of Applied Psychology**, Vol. 72, No.1, 81-87.
- Liberatore, M.J. and Titus, G.J., 1983, "The Practice Management Science in R&D Project Management," **Management Science**, Vol. 29, No.8, 962-975.
- Liberatore, M.J., 1987, "An Extension of the Analytical Hierarchy Process for Industrial R&D Project Selection and Resource Allocation," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 34, No.1, 12-18.
- Linto, J.D., Walsh, S.T., Kirchoff, B.A., Morabito, J., and Merges, M., 2000, "Selection of R&D Projects in a Portfolio.," **Proceedings of the IEEE Engineering Management Society**, NM, USA.
- Lootsma, F.A., 1993, "Scale Sensitivity in the Multiplicative AHP and SMART," **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, Vol. 2, No.2, 87-110.
- Lootsma, F.A., 1996, "A Model for the Relative Importance of the Criteria in the Multiplicative AHP and SMART," **European Journal of Operational Research**, Vol. 94, No.3, 467-476.
- Martin S. and Scott T.J., 2000, "The Nature of Innovation Market Failure and the Design of Public Support for Private Innovation," **Scotttr Research Policy**, Vol. 29, No.4-5, 437-447.
- Meade, L.M. and Presley, A., 2002, "R&D Project Selection Using the Analytic Network Process," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 49, No.1, 59-66.

- Ono, K. and Davis, J.H., 1988, "Individual judgment and group interaction: A variable perspective approach," **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, Vol. 41, No.2, 211-232.
- Oral, M., Kettani, O., and Lang, P., 1991, "A Methodology for Collective Evaluation and Election of Industrial R&D Projects," **Management Science**, Vol. 37, No.7, 871-885.
- Ramanathan, R. and Ganesh, L.S., 1994, "Group Preference Aggregation Methods Employed in AHP: An Evaluation and an Intrinsic Process for Deriving Members Weights," **European Journal of Operational Research**, Vol. 79, No.2, 249-265.
- Rothwell, R. and Zegveld, W., 1981, **Industrial Innovation and Public Policy**, London: Frances Pinter Ltd.
- Saaty, T.L., 1980, **A Analytic Hierarchy Process**, New York: McGraw-Hill.
- Sage, A.P., 1981, "Behavioral and Organizational Considerations in the Design of Information Systems and Process for Planning and Decision Support," **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, Vol. 11, No.9, 640-678.
- Sakakibara, M., 1997, "Evaluating Government-Sponsored R&D Consortia in Japan: Who Benefits and How," **Research Policy**, Vol. 26, No.4-5, 447-473.
- Salmenkaita, J.P. and Salo, A., 2002, "Rationales for Government Intervention in the Commercialization of New Technologies," **Technology Analysis and Strategic Management**, Vol. 14, No.2, 183-200.
- Schmidt, R.L. and Freeland, J.R., 1992, "Recent Process in Modeling R&D Project Selection Processes," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 39, No.2, 189-201.
- Sevastjanov, P. and Figat, P., 2007, "Aggregation of Aggregating Models in MCDM: Synthesis of Type 2 and Level 2 Fuzzy Sets," **Omega**, Vol. 35, No.5, 503-523.
- Shih, H.S., Shyur, H.J., and Lee, E.S., 2007, "An Extension of TOPSIS for Group Decision Making," **Mathematical and Computer Modelling**, Vol. 45, No.7-8, 801-813.
- Souder, W.E. and Mandakovic, T., 1986, "R&D Project Selection Models," **Research Technology Management**, Vol. 29, No.4, 36-42.
- Stewart, T.J., 1991, "Multi-Criteria Decision Support System for R&D Project Selection," **The Journal of the Operational Research Society**, Vol. 42, No.1, 17-26.
- Timmermans, D. and Vlek, C., 1996, "Effects on Decision Quality of Supporting Multi-attribute Evaluation in Groups," **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, Vol. 68, No.2, 158-170.
- Tindale, R.S., 1989, "Group vs Individual Information Processing: The Effects of Outcome Feedback on Decision Making," **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, Vol. 44, No.3, 454-473.
- Van Dyk, E. and Smith, D.G., 1990, "R&D Portfolio Selection by Using Qualitative Pairwise Comparisons," **Omega**, Vol. 18, No. 6, 583-594.
- Wallsten, S. J., 2000, "The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: the Case of the Small Business Innovation Research program," **RAND**

- Journal of Economics**, Vol. 31, No.1, 82-100.
- Wang, K., Wang, C.K., and Hu, C., 2005, "Analytic Hierarchy Process with Fuzzy Scoring in Evaluating Multidisciplinary R&D projects in China," **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 52, No.1, 119-129.
- Wei, Q., Yan, H., Ma, J., and Fan, Z., 2000, "A Compromise Weight for Multi-Criteria Group Decision Making with Individual Preference," **Journal of the Operational Research Society**, Vol. 51, No.5, 625-634.
- Yeh, C.H. and Deng, H., 1997, "An Algorithm for Fuzzy Multicriteria Decision Making.," **Proceeding of the IEEE International Conference on Intelligent Processing Systems**, Beijing, China.
- Yeh, C.H., Deng, H., and Chang, Y.H., 2000, "Fuzzy Multicriteria Analysis for Performance Evaluation of Bus Companies," **European Journal of Operational Research**, Vol. 126, No.3, 459-473.
- Zadeh, L.A., 1965, "Fuzzy Set," **Information and Control**, Vol. 8, No.3, 338-353.
- Zeleny, M., 1982, **Multiple Criteria Decision-Making**, New York: McGraw-Hill.

附錄

附錄：訪談名單

委員代號	任職機構	評審領域
A	清華大學	通訊與光電
B	清華大學	通訊與光電
C	高雄第一科技大學	通訊與光電

附錄（續）：訪談名單

委員代號	任職機構	評審領域
D	台灣大學	通訊與光電
E	成功大學	通訊與光電
F	中央大學	通訊與光電
G	清華大學	通訊與光電
H	交通大學	通訊與光電
I	清華大學	通訊與光電
J	成功大學	通訊與光電
K	成功大學	通訊與光電
L	交通大學	通訊與光電
M	中山大學	通訊與光電
N	成功大學	材料與化工
O	清華大學	材料與化工
P	台灣大學	材料與化工
Q	清華大學	材料與化工
R	台灣科技大學	材料與化工
S	中興大學	材料與化工
T	清華大學	材料與化工
U	清華大學	機械與航太
V	清華大學	機械與航太
W	國科會	機械與航太
X	中山大學	機械與航太
Y	陽明大學	生技與製藥
Z	台灣動物科技研究所	生技與製藥
AA	國科會	生技與製藥

作者簡介

黃啟誠

目前服務於真理大學科技管理學系，博士畢業於國立中山大學公共事務管理研究所，目前的研究領域在於多準則決策分析以及科技管理，曾發表論文於 Omega、戶外遊憩研究與中國行政評論等。

Email: j1225a@ms7.hinet.net

朱斌好

目前服務於國立政治大學公共行政學系，博士畢業於美國史丹佛大學工程經濟系統研究所，目前研究領域在於決策分析、衝突管理以及科技管理，曾發表論文於 Omega、Journal of Applied Psychology、中山管理評論與管理學報等。

Email: vchu@nccu.edu.tw

蔣侑修

目前服務於台灣快遞股份有限公司資訊管理部，碩士畢業於國立中山大學公共事務管理研究所。

Email: woke0325@hotmail.com

