Sun Yat-Sen Management Review
Vol.4, No.1, March 1996

台灣地區技術轉移輸出方案評估決策模式
－以自動化產業爲例

The Decision Model for Evaluating the Technology Export Alternatives in Taiwan －The Case of Automation Industry

王泰裕 *Tai-Yue Wang*
陳穎川 *Yin-Chuan Chen*
國立成功大學工業管理研究所
Institute of Industrial Management
National Cheng Kung University
(Received August 1995, revised November 1995, accepted March 1996)

摘　要

隨著國內產業的不斷升級，擁有自行研發能力的廠商也越來越多，新的技術不斷創新，新的產品也不斷推出，但舊的技術卻常常直接淘汰，未加充分利用。對於追求利潤極大化的企業而言，十分可惜，應將研發技術的價值充分發揮，將技術層次較低、技術生命週期趨於衰退的技術移轉輸出，利用技術移轉使產品生命週期在國際上得以延長，除了可回收剩餘價值外，更可從事海外投資使企業國際化。

本研究提出一評估技術輸出方案的方法，以自動化產業為研究範圍，以技術面的考量為主軸，利用自動化技術項目的定義為分類依據，進而解決技術輸出的決策問題。其中包括：相關決策因素的認定及技術能力差距分析，採用特徵向量法萃取自動化技術相關專家的意見，並利用模糊理論將非數量化因素轉換可分析的數量化數值，最後利用多屬性決策分析法－TOPSIS 進行方案評估與排序。結果發現，此模式不僅能深入瞭解技術轉移雙方的技術能力，亦能夠充分反應欲移轉技術項目的特性，實是系統化的技術輸出方案評估方法，

關鍵詞： 技術轉移、自動化、模糊多屬性決策、TOPSIS 法。

Abstract

As the domestic industries continuously upgrade their production technology and more manufacturers do the R&D by themselves, the technology is innovated and new products are rolling out. However, the outdated or old technologies are still not fully utilized or are directly disposed during the technology innovation. It is pathetic for under utilizing the technology before the life cycle of the technology is ended as the enterprises always pursue the maximum profits. So the lower level or outdated technologies can be transferred out to the countries where their industries still need them. And this transfer makes the product life cycle extending in the international market. Also, the companies can involve the international marketing affairs through this technology transfer.

This research provides a methodology to evaluate the technology transfer alternatives for the automation industries. The methodology uses the technology phase as the decision

surface, automation technology definition as the classification items to evaluate the transfer alternatives. The major contents include: factors analysis and technology capability difference analysis, expert opinions' extraction via eigen-vector method, and converting the qualitative factors into quantitative ones via fuzzy theory. Finally, Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) is used to evaluate and order the alternatives. The results show that this model can explore the technology capabilities deeply for the transferors and receivers. Also, this methodology can fully reflect the characteristics of technology transfer items.

Key Words: Technology Transfer、Automation、Fuzzy Multi-attribute Decision Making、TOPSIS Method

壹、前　言

70 年代後期由於國內工資暴漲、勞工意）識抬頭、台幣升值、出口成本提高等影響，使我國傳統產業面臨其他新興工業國的競爭壓力；相對地，已開發國家為了因應世界性經濟衰退，更加快研究發展的腳步，使得科技發展迅速，不斷地推陳出新、開發新產品，以縮短產品生命週期來刺激市場需求。國內產業面對投資環境的惡化及企業邁向國際化的需要，技術轉移輸出實是良好的因應對策。因為，企業在進行技術升級的同時，如能將技術層次較低、技術生命週期趨於衰退的技術移轉輸出，利用技術移轉使產品生命週期在國際上得以延長，除了可回收剩餘價值外，更可從事海外投資使企業國際化。

國內外學者對於技術轉移的相關研究相當多，而各學者對於技術轉移的定義、分類、影響因素等, 皆各提出不同的看法。對於技術輸出的利益，蔡正揚 [6] 提出下列七點(1)控制及擴大已有之市場或相關之市場，(2)收回研究開發之投資，(3)增大競爭力並獲取更高的利潤，(4)出售舊技術，獲取剩餘利益，(5)加強本身技術優越性之宣傳，(6)對技術採用者之使用情形加以了解，進而修正改良自己的技術，(7)藉由計劃的參與可學習更多方面及更大規模之技術。而技術轉移的種類，Mansfield[10] 認為技術轉移的種類可分為(1)垂直轉移：將技術資訊從基本研究轉移到應用研究，再發展到實際生產的一系列過程。(2)水平轉移：將計技術資訊，從某一地或組織轉移到另一地或組織的過程，而技術轉移的方式，蔡正揚 [6] 則將技術轉移的方式分為(1)提供機器設備與製造，(2)提供技術授權 (License) 或專門技術，(3)創業投資 (Venture Capital)，(4)合資及策略聯盟 (Joint Venture and Strategic Alliance)，(5)合併與收購 (Merger & Acquisition)，(6)工業合作協定 (或稱為互惠協定 (Offset Agreement))。

在技術轉移的過程中，無論技術輸出方或技術接受方皆相當重視技術轉移成本的問題， Teece[12] 對技術轉移過程中伴隨的成本有深入的研究，該學者將移轉成本定義為包括傳送成本 (Transmission Cost) 和吸收成本 (Absorption Cost)，而且所移轉之技術較複雜或接受者缺乏吸收該項技術的必要能力時，移轉成本較高； Mansfield[10] 認為「技術報酬金或權利金是為獲得技術使用權的支付而非

對技術移轉必要資源投入的支付，不應視為資源成功。在技術移轉過程中，資源成本包括技術的指導，為接受技術所投入的研究發展費用，學習期間低勞動力和產品品質的成本。」

而影響技術轉移的因素相當多，Baranson[7] 指出，影響技術轉移相對成本和可行性的因素有(1)技術的複雜程度，(2)輸出國和接受國的環境差異，(3)接受者之吸收能力，(4)提供者之企業特性；而 Mansfield[10] 在實證研究中測試的影響國際技術移轉因素有(1)所移轉技術的年齡，(2)技術提供者的經驗，(3)技術接受者的經驗，(4)所移轉技術的擴散程度;Teece[12] 則提出七點影響國際技術移轉的因素，(1)技術提供者對所移轉的技術之了解程度，(2)所移轉技術的年齡，(3)所移轉技術或其替代性技術的擴散程度，(4)技術接受者的技術和管理能力，(5)技術接受者的規模，(6)技術接受者的研發活動，(7)地主國周邊機構的發展程度。

綜合以上所述，本研究所採用之決策因素如下：(1)技術年齡，(2)技術擴散程度，(3)相關技術經驗，(4)技術引進經驗，(5)研發支出比例，(6)技術能力差距程度及(7)自動化技術能力指標。而本研究的目的是以「自動化產業」為例，以技術面的考量為主軸，利用自動化技術項目的定義為分類依據以及技術評估因素為計算標準，提出一套技術輸出的決策模式，以解決技術輸出的決策問題。

貳、研究方法

本研究所提出之決策模式是以技術輸出者的轉移成本最小為考量依據，經文獻回顧收集有關技術面的相關決策因素後，利用「自動化技術能力指標」評估技術輸出者與技術接受者的技術潛能，再利用「自動化技術能力差距指標」評估技術輸出者與技術接受者之間的技術能力差距，接著經由模糊理論 (Fuzzy Theory) 將評估因素中不可數量化的項目數量化, 以利多屬性決策 (Multiple Attribute Decision Making, MADM) 方法的計算, 最後, 再使用多屬性決策方法中的 TOPSIS (Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution)[9] 法進行方案排序，其中各因素所需的權重，則使用 Satty[11] 提出的特徵向量法 (Eigenvector Method) 求得。本研究之流程見圖一，以下則針對研究範圍與假設，以及其他相關問題逐一說明：

一、研究範圍與假設

由於技術外移的範圍相當廣泛，無法逐一探討，本研究將侷限於以下範圍：

(一) 本模式的適用範圍定位在評估新興工業國家為技術輸出國的角度，且有數個輸出方案需要評估排序。

(二) 本模式不討論企業技術輸出時機的確認，只著重於企業欲將技術輸出時，所需解決的相關決策問題。

(三) 本研究的方案決策屬性以技術面為考量依據，不考量政治面、經濟面、社會面等因素。

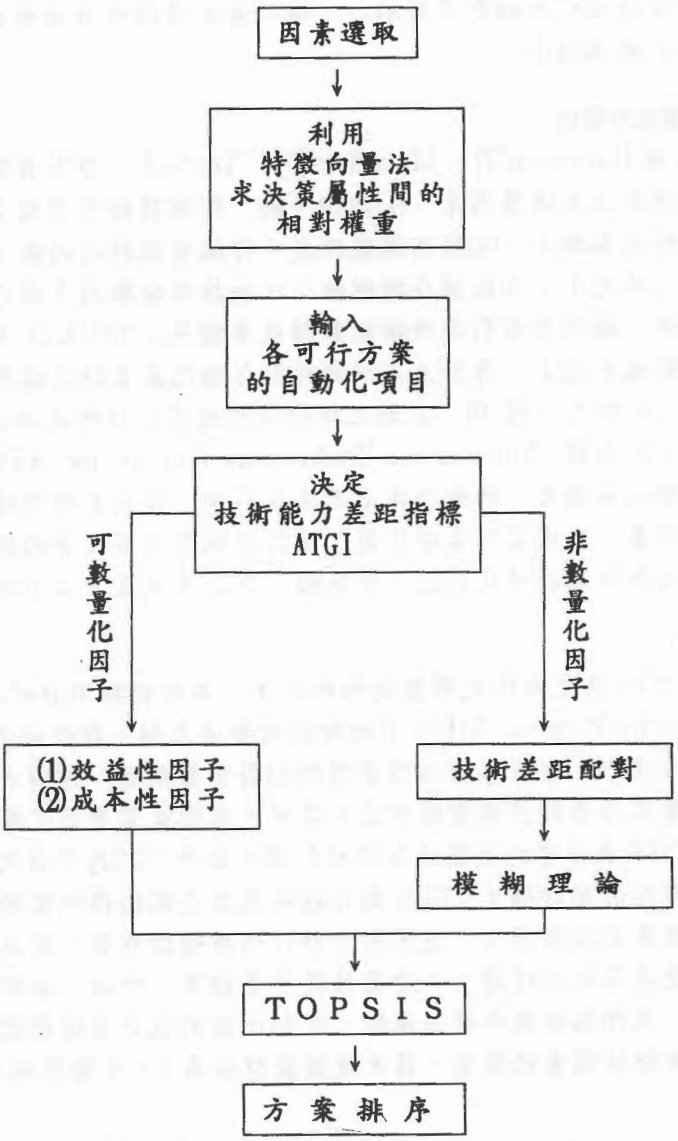

圖 1　建立技術輸出決策模式之流程圖

除了上述的研究範圍以外，本研究在規劃模式時尚有以下假設：

㈠ 本模式中評比之方案為：有數家不同廠商要求技術輸入，但就技術輸出者而言，尚需知道各方案的隱含成本大小順序，以做為權利金的決定依據。

㈡ 本研究假設企業已確定技術輸出的必要，且已確定輸出對象（方案）及輸出技術的方式。

㈢ 本研究假設技術出現的時間越晚，技術難度越高。

㈣ 本研究假設技術能力相對差距越小，接受者之吸收能力相對越強，亦即技術轉移相關的成本越小。

二、決策因素之選取與轉換

本研究整理 Baranson[7]、Mansfield[9]、Teece[11] 等學者提出的技術轉移影響因素，歸納出五大決策因素：(1)技術年齡：即該技術商業化至今幾年，技術年齡越大則移轉成本越小；(2)技術擴散程度：即擁有該技術的廠商數目，擴散程度越大，移轉成本越小；(3)相關技術經驗：相關技術經驗越多則移轉成本越低；(4)技術引進經驗：接受方有引進經驗則移轉成本較低；(5)R&D 支出比例：此項比例越大則移轉成本越小。再加上本研究針對自動化產業特性採用的兩大決策因素：(1)自動化技術能力指標 [6]：自動化技術能力越高則移轉成本相對越小；(2)自動化技術能力差距指標 (Automation Technology Gap Index, ATGI)：技術能力差距越大則移轉成本越大。總合而成七大決策因素，作為本研究技術轉移輸出決策模式的決策因素。在決策因素確定後，還需求取各決策因素的權重，以及將各評估因素轉換為無單位標準化數值，才能輸入多屬性決策方法中計算。

三、特徵向量法

由於 TOPSIS 法並無限定權數矩陣的求法，本研究採用分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Porcess, AHP) 中的特徵向量法求解。特徵向量法是 Satty[11] 在分析層級程序法中，利用各評估因素間的相對重要程度，獲得成對比較矩陣，再經由特徵向量求出各評估權重的方法。其中，本模式需要決定權重的部份共有三處：㈠TOPSIS 法所需的決策因素間相對權重矩陣；㈡為了決定相關技術經驗所需的六大製程間的相對權重；㈢自動化技術能力差距指標所需的評估因素間相對權重。但是就產品技術而言，並不易分辨何項技術較重要，因為各技術因素必須都具備才能使產品的功能健全，重要性幾乎是相等。所以，本研究利用「技術達成難易程度」來作為特徵向量法求取「自動化技術能力差距指標」的評估尺度，以求取各技術評估因素的權重，其尺度經整理於表 1，至於其他步驟則仍遵循 Satty 的原創。

四、模糊理論

由於技術評估因素中，有些技術項目的評估參數是屬於不可量化的資料，例如機器人系統中的評估因素「路徑控制技術」，分為三個層次：點對點、直線圓弧、連續控制等項目。本研究是直接採用技術輸出方與技術輸入方間的可能技術組合，即「技術差距配對」，利用模糊理論將專家的意見轉換為明確可計算的無單位標準化數值，供自動化技術差距指標的計算。本研究採用 Chen 和 Hwang[8] 提出的利用八個轉換尺度將語意性措辭轉換成明確數 (crisp) 的方法，選取適當的語意性措辭並利用 Chen 和 Hwang 的轉換法將各尺度對應到明確可計算的數值，經計算後整理於表 2。

表1 技術達成難易程度評估尺度的意義與說明[修改自鄧、曾,1989]

評估尺度	定　　義	說　　明
1	同等困難	兩比較方案的達成難易程度具同等困難等強（Equally)
3	稍困難	經驗與判斷稍微傾向某一方案較難達成稍強(Moderately)
5	頗困難	經驗與判斷強烈傾向某一方案較難達成頗強(Strongly)
7	極困難	實際顯示非常強烈認為某一方案較難達成極強（Very Strong)
9	絕對困難	有足夠證據肯定某一方案絕對較難達成絕強（Extremely)
2,4,6,8	相鄰尺度之中間值	需要折衷值時用

表2 本研究六個技術差距程度轉換尺度使用的語意性措辭明確數

尺度	1	2	3	4	5	8
使用到的語意措辭數目	1	2	4	4	6	7
無差距						0.046
非常小			0.091		0.083	0.136
小		0.166	0.283	0.115	0.250	0.333
稍小				0.300	0.416	0.410
稍大				0.700	0.584	0.590
大	0.750	0.833	0.717	0.885	0.750	0.667
非常大			0.909		0.917	0.954

五、TOPSIS 法

TOPSIS 法是本研究提出技術轉移輸出決策模式中，最後評估排序各方案的決策方法，此方法是 Hwang 和 Yoon 於 1981 年提出的一種多屬性決策分析方法[9]。其基本觀念是先界定正理想解（Positive Ideal Solution; PIS）與負理想解(Negative Ideal Solution; NIS)，然後以與正理想解之歐基里得 (Euclidean distance) 距離最短，且距負理想解最遠的方案為最佳的選擇方案。正理想解為一假設值，是由各替選方案中效益性屬性值最大者，及成本性屬性值最小者所構成的

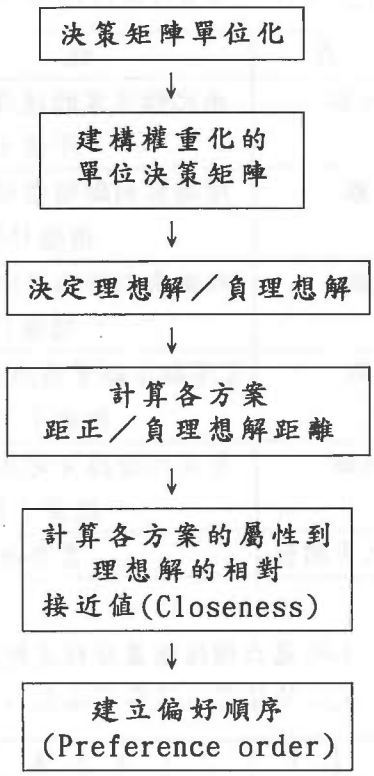

圖2 TOPSIS之運算流程[9]

解；而負理想解亦為一假設值，是由各替選方案中效益性屬性值最小者，及成本性屬性值最大者所構成的解。方案的選擇是以距正理想解最近，同時距負理想解最遠的方案為最佳方案。其方法的運算流程如圖2。

六、技術轉移輸出決策模式

本研究完成之自動化技術輸出決策模式見圖3，本研究的模式是以技術面切入，建立對自動化技術深入比較的基礎，完全以技術作為決策的最大考量。由於不同業者所考量重點不同，所以實際運用上，可在方案排序後對前幾項方案進行相關其它重點的評估，以求得技術移轉的最大利益。

參、自動化技術相關定義

本論文研究範圍為自動化產業，先就「自動化產業」做明確的定義，劉中鴻和游源成[2] 兩位學者定義「自動化產業」的領域包含：(1)自動化機械業，其產品包含工具機、產業機械及周邊設備；(2)工業控制系統業，其產品包含控制器、驅動器及感測器等；(3)自動化工程服務業，其業務範圍包括系統規劃、整合、維

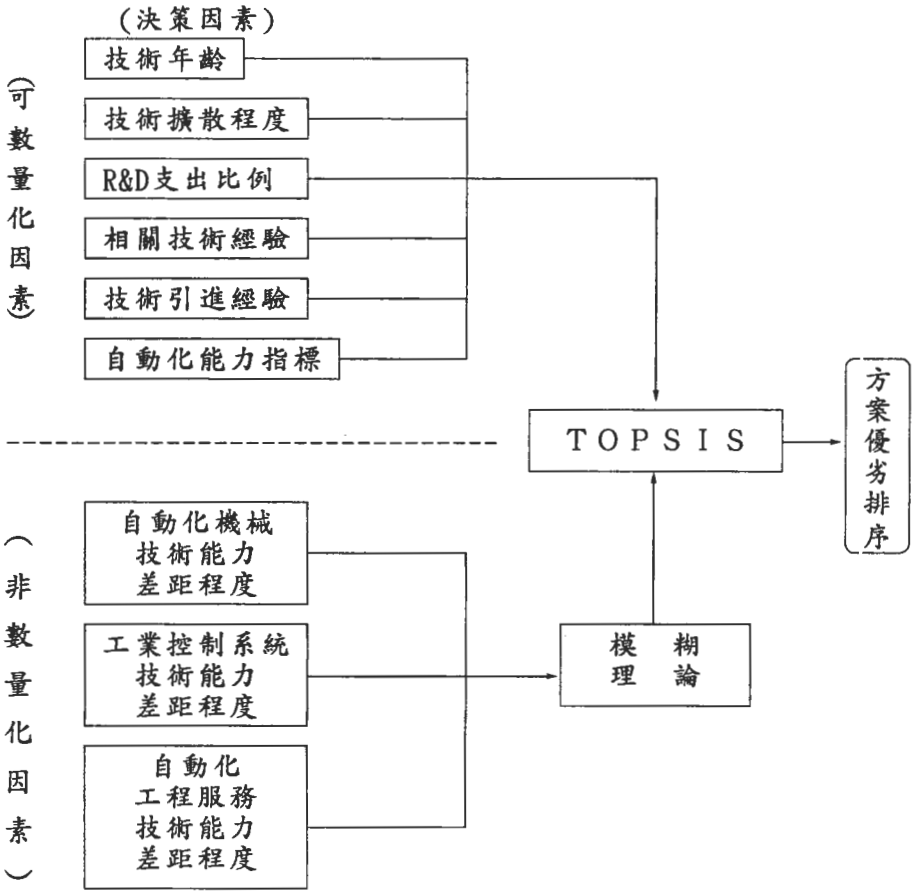

圖 3　技術轉移輸出決策模式

護、訓練等。再依照工業技術研究院[1]對自動化產業的產品及產品技術的評估項目，本研究採用的相關定義經整理繪圖於圖 4 與圖 5，而自動化工程服務業由於缺乏適合的評估因素，本研究採用一般技術能力分類方法[5]，並整理繪圖於圖 6。

一、自動化技術能力指標

「自動化技術能力指標」方面，本研究採用蕭嘉峰、王泰裕[5]提出的計算方法，此指標可顯示受評估不同廠商的技術潛能。自動化技術能力指標的計算方式如下：

$$T_i = \sum_{j=1}^{n} W_j X_{ij} \quad , n = 4 \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^{n} W_j = 1 \quad , n = 4 \tag{2}$$

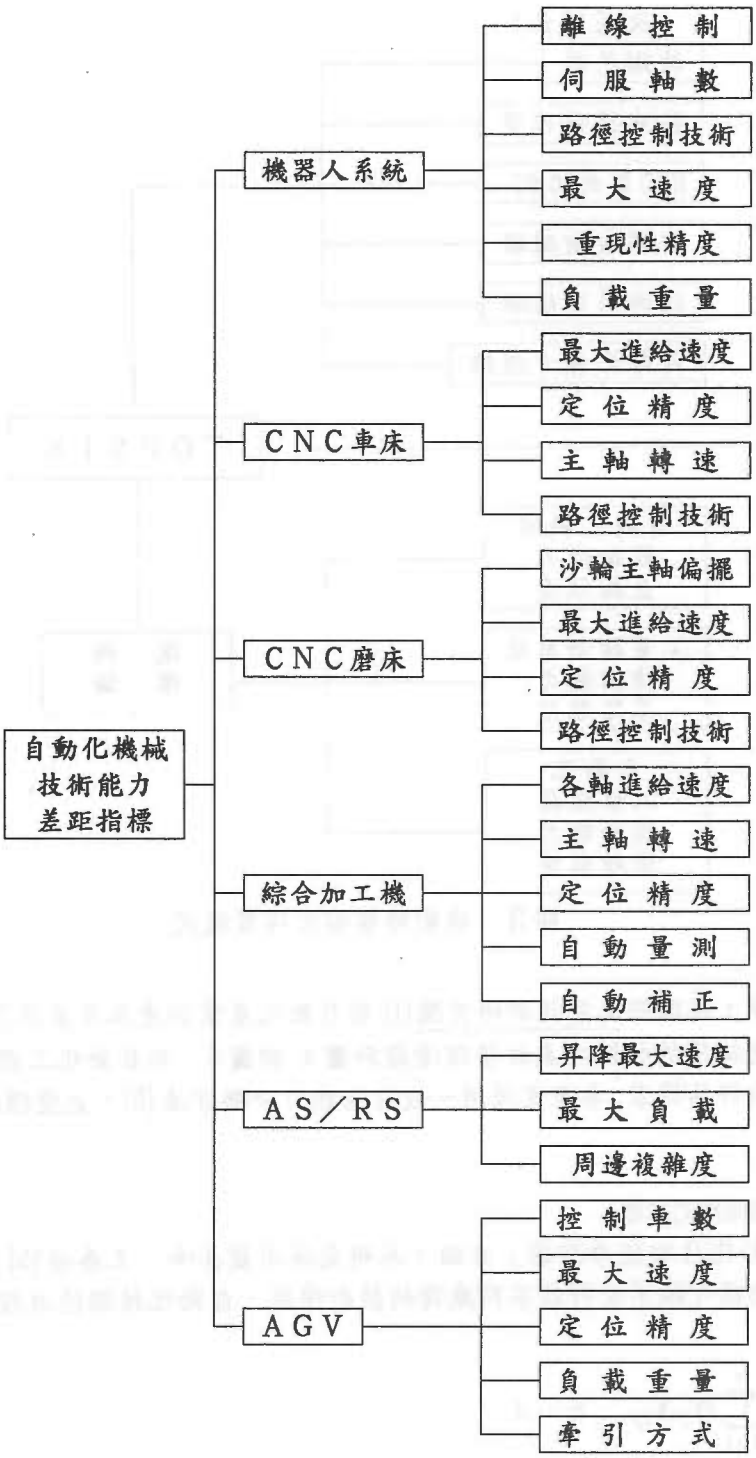

圖 4　自動化機械技術能力差距指標評估參數

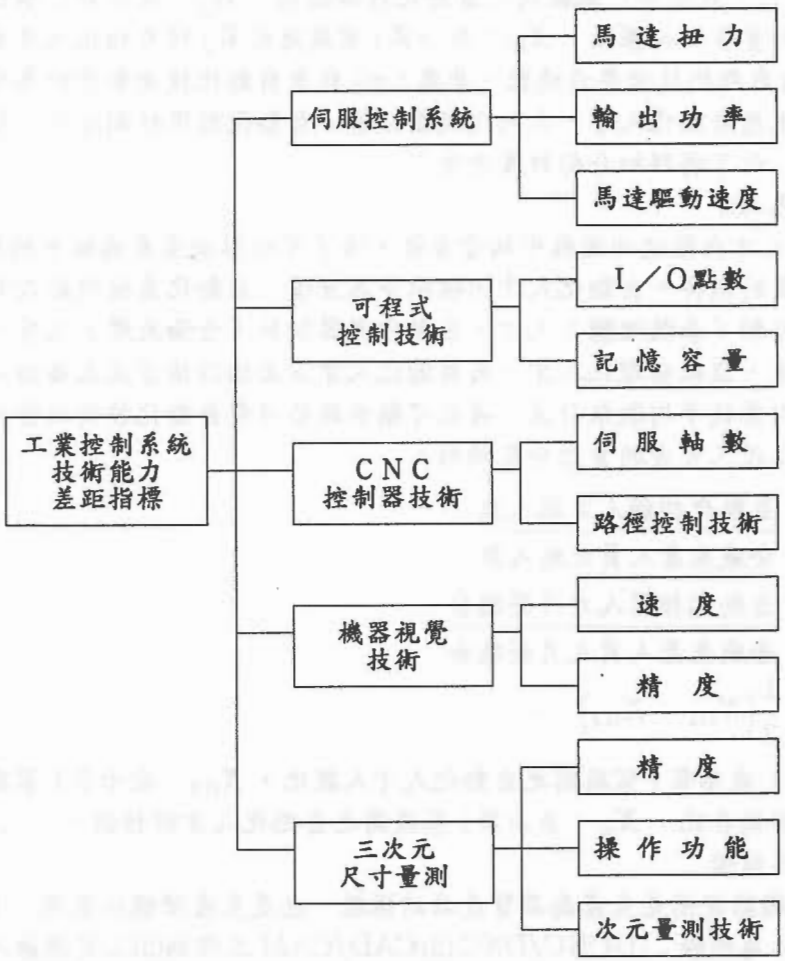

圖5　工業控制系統技術能力差距指標評估參數

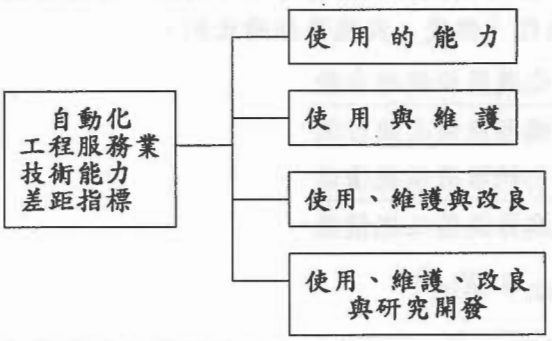

圖6　自動化工程服務業技術能力差距指標評估參數

其中，T_i：表示第 i 家廠商之自動化技術指標，W_j：表示第 j 項自動化生產要素之相對重要性的權數，X_{ij}：表示第 i 家廠商之第 j 項自動化生產要素的評估值，n：為自動化技術要素總數，此處 n=4 代表自動化技術要素計算項目分為四類，即：生產自動化人才、自動化機器設備、自動化設備控制層次、生產自動化技術能力。以下將詳細介紹計算方法：

㈠生產自動化人才

自動化人才在製造的過程中相當重要，除了可以解決生產過程中的問題外，還可協助品質的提昇。自動化人才的種類分為五種：自動化系統規劃設計整合人才、自動化控制（含軟硬體）人才、自動化機器設計（含油氣壓）人才、自動化維修保養人才、製程合理化人才。而自動化人才方面的評估方式主要由人數比例及薪資比例求算數平均數來計算，藉此可顯示該公司對自動化技術的重視程度及願意為自動化投入資金的資源分配傾向。

$$X_{i11}=\frac{\text{自動化相關人才總人數}}{\text{全廠生產人員之總人數}} \tag{3}$$

$$X_{i12}=\frac{\text{自動化相關人才月薪總合}}{\text{全廠生產人員之月薪總合}} \tag{4}$$

$$X_{i1}=\frac{1}{2}\left(X_{i11}+X_{i12}\right) \tag{5}$$

此 X_{i11}：表示第 i 家廠商之自動化人才人數比，X_{i12}：表示第 i 家廠商之自動化人才月薪總合比，X_{i1}：表示第 i 家廠商之自動化人才評估值。

㈡自動化機器設備

自動化機器設備是生產高品質產品的保證，也是生產潛能的表徵，自動化機器設備主要分為四類：(1)CNC/DNC (2)CAD/CAM 工作站(3)工業機器人（含工業手臂）(4)其他自動化機器設備。其中 CNC/DNC 再分為(1)車床(2)銑（搪）床(3)綜合加工中心等三種機型，至於工業機器人依用途分為三類：(1)物料搬運(2)製程操作(3)裝配檢驗；自動化機器設備的評估方式為：由機器數比例及價值比例來計算，同時兼顧自動化「程度」與機器採購比例。

$$X_{i21}=\frac{\text{自動化機器設備總台數}}{\text{全廠機器設備之總台數}} \tag{6}$$

$$X_{i22}=\frac{\text{自動化機器設備總價值}}{\text{全廠機器設備之總價值}} \tag{7}$$

$$X_{i2}=\frac{1}{2}\left(X_{i21}+X_{i22}\right) \tag{8}$$

其中，X_{i21}：表示第 i 家廠商之自動化機器設備數量比，X_{i22}：表示第 i 家廠商之自動化機器設備價值比，X_{i2}：表示第 i 家廠商之自動化機器設備評估值。

㈢自動化設備控制層次

要有高品質的產品，除了上述的自動化人才及機器設備以外，在產品的製程中還必須配合良好的控制技術才能相得益彰，自動化設備控制層次的計算方式為，先分別就產業生產產品的六大製程：1. 原物料處理 2. 加工成形 3. 產品處理 4. 組合裝配 5. 檢驗量測 6. 物料搬運與儲存等，過濾各製程分別屬於下述的五大控制等級的那一等級：1. 手控 2. 機構、汽油壓控制 3. 可程式邏輯控制 (PLC) 4. 數值控制 (NC) 5. 由機器視覺、人工智慧或專家系統控制，最後再將各評估數值求取算數平均數即可求得評估值。

$$P_{ij} = \frac{1}{5} PK_{ij} \tag{9}$$

$$X_{i3} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} P_{ij} \quad , m = 6 \tag{10}$$

此 PK_{ij}：表示第 i 家廠商之第 j 個製程的自動化設備控制層次所給予的衡量數值，P_{ij}：表示由 PK_{ij} 轉換至 [0,1] 之數值，X_{i3}：表示第 i 家廠商之自動化設備控制層次的評估值，m：表示製程項目的總數。計算步驟為，首先以 PK_{ij} 代表對第 i 家廠商之第 j 個製程項目的自動化控制層次所給予一衡量數值，其給定的規則如下所敘：

(1)代表手控

(2)代表由機構、油氣壓控制

(3)代表由 PLC 控制

(4)代表由數值控制

(5)代表由機器視覺、人工智慧或專家系統控制

若介於兩個控制層次之間者則分別給予 1.5、2.5、3.5、4.5 等數值，再將其轉換為一介於 0 到 1 之間的數值，用此數來代表該製程項目的設備控制層次，至於所論及的製程包括有原物料處理、加工成形、產品處理、組合裝配、檢驗測量和物料搬運與儲存等六項。

㈣生產自動化技術能力

生產自動化技術能力的計算，主要是想瞭解對於自動化機器設備等硬體及相關軟體的技術能力，是屬於何種等級：只有使用的能力或維護、改良的能力，甚至具有研發的能力。這些技術能力可以在製造系統發生故障或發生問題、停機時發揮即時搶救功能，使得因停機、維修等所需浪費的時間或成本降至最低程度。其計算方法為：

$$X_{i4} = \frac{1}{4} f_i \tag{11}$$

此 f_i：表示第 i 家廠商之生產自動化技術能力的程度 X_{i4}：表示第 i 家廠商之生產自動化技術能力的評估值 (即為 fi 轉換至 [0,1] 之數值)

此處先用 f_i 代表第 i 家廠商生產自動化技術能力的程度，依各自的技術狀況給定一衡量數值，其給定值的規則如下所敘：

(1)表示擁有使用自動化機器設備之能力

(2)表示擁有使用與維修自動化機器設備之能力

(3)表示擁有使用、維修與改良自動化機器設備之能力

(4)表示除上述三種技術能力外，尚有研究開發自動化機器設備之能力

在給定其生產自動化技術能力衡量數值後，再將它轉換至一介於 0 到 1 之間的數值，藉由此數來評估各廠商的生產自動化技術能力。

(五)相對重要性之權數

$$W_1 : W_2 : W_3 : W_4 = \sum_{j=1}^{1} W_{1j/1} : \sum_{j=1}^{1} W_{2j/1} : \sum_{j=1}^{1} W_{3j/1} : \sum_{j=1}^{1} W_{4j/1} \tag{12}$$

且 $$\sum_{j=1}^{n} W_j = 1, n = 4 \tag{13}$$

此 W_j：表示在綜合廠商後之第 j 項自動化生產要素的相對重要性權數

W_{ij}：表示第 i 家廠商給予第 j 項自動化生產要素之相對重要性權數

l：表示樣本數，即受訪的廠商總數

n：表示自動化生產技術要素總數

此方法的權數是由樣本中的所有廠商自行直接給定介於 0%到 100%的數字，然後利用次數直方圖求其算數平均數來決定權數。蕭嘉峰、王泰裕 [5] 等學者調查國內相關機械業得到之研究成果：1. 生產自動化人才、2. 自動化機器設備、3. 自動化設備控制層次、4 生產自動化技術能力等四大自動化技術因素的重要權數依序為 0.332、0.263、0.198、0.207，本研究將直接採用此研究成果。綜合上述的定義與計算方式，本研究整理繪製於圖 7。

二、相關技術經驗

「相關技術經驗」的評估，本研究則利用與該移轉技術所需的六大製程控制層次：1. 原物料處理、2. 加工成形、3. 產品處理、4. 組合裝配、5. 檢驗量測、6. 物料搬運與儲存，作為評估標準。

三、自動化技術能力差距指標

自動化產品技術的評估因素可分為兩類：可數量化因素及非數量化因素，其中可數量化因素中還有些因素是越大越好，例如：速度越快越好；有些因素是越小越好，例如：精度是數字越小越好。而且非數量化的因素也必須轉換成數字才可以輸入多屬性決策方法中運算，本研究提出一種運算的定義與方法來解決此問題，即「自動化技術能力差距指標」。就是利用圖 4、圖 5、圖 6 中對自動化產業的技術評估項目，針對技術輸出方與技術接受方之間的產品技術項目進行詳細的

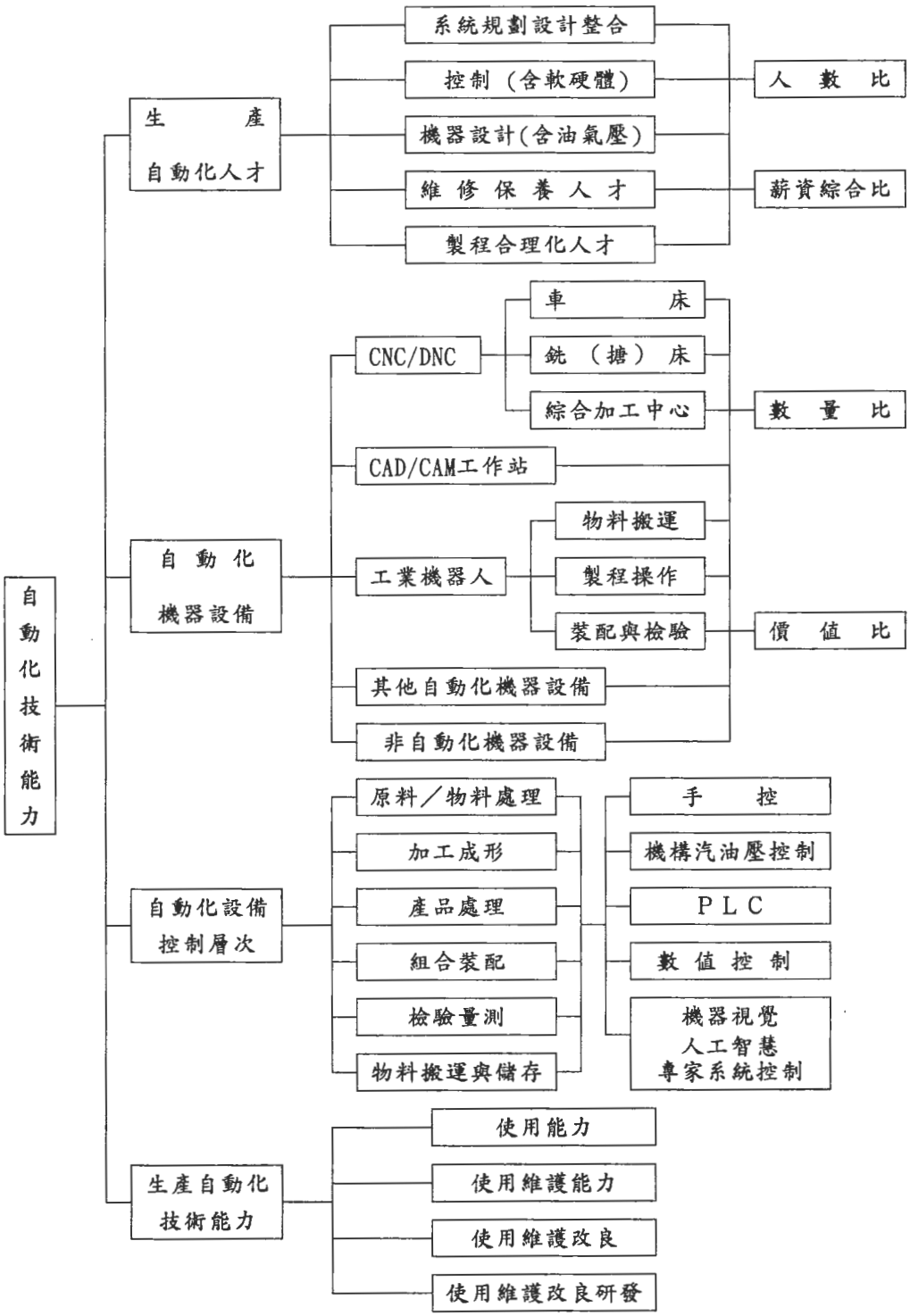
自動化技術能力
生產自動化人才
系統規劃設計整合
控制（含軟硬體）
機器設計(含油氣壓)
維修保養人才
製程合理化人才
人數比
薪資綜合比
自動化機器設備
CNC/DNC
車床
銑（搪）床
綜合加工中心
數量比
CAD/CAM工作站
工業機器人
物料搬運
製程操作
裝配與檢驗
價值比
其他自動化機器設備
非自動化機器設備
自動化設備控制層次
原料／物料處理
加工成形
產品處理
組合裝配
檢驗量測
物料搬運與儲存
手控
機構汽油壓控制
PLC
數值控制
機器視覺
人工智慧
專家系統控制
生產自動化技術能力
使用能力
使用維護能力
使用維護改良
使用維護改良研發

圖7 自動化技術能力

計算，其重要性為：技術差距越大，則技術移轉所需的成本越大。自動化技術能力差距指標的計算方式見式(14)。

$$ATGI = \sum_j X_i$$

$$X_i = \begin{cases} \sum_j \left\{ \sum_{k\in benefit} W_{ijk} \frac{\mathrm{Max}(X_{ijk}^{sell} - X_{ijk}^{buy}, 0)}{X_{ijk}^{sell}} \right. \\ \quad + \sum_{k\in cost} W_{ijk} \frac{\mathrm{Max}(X_{ijk}^{buy} - X_{ijk}^{sell}, 0)}{X_{ijk}^{buy}} \\ \quad \left. + \sum_{k\in TGP} W_{ijk} (X_{ijk}^{output} \oplus X_{ijk}^{input}) \right\}, \text{ for } i \in TGP \\ X_i^{output} \oplus X_i^{input}, \text{ for } i \in TGP \end{cases} \quad (14)$$

其中，ATGI 即是自動化技術能力差距指標；TGP(Technology Gap Pair)技術差距配對，是本研究針對不可數量化的評估因素，將技術輸出方與技術輸入方的產品技術，列出的可能配對組合；⊕代表技術輸出者與輸入者之技術差距，此數值是利用模糊理論將專家的意見萃取為明確可計算的數值。至於數量化因素中的效益性因素及非數量化因素，本研究分別利用 $\frac{\mathrm{Max}(T_{sell}-T_{bus},0)}{T_{sell}}$ 、$\frac{\mathrm{Max}(T_{buy}-T_{sell},0)}{T_{buy}}$ 兩運算函數，將技術差距值轉換成無單位標準化數值，此處使用 Max 函數的含意為：當技術輸入方的技術優於技術輸出方時，則對於技術輸出者而言，不認為是技術的輸出障礙。至於各技術評估因素的權重 W_{ijk}，本研究採用特徵向量法，經由自動化技術相關專家意見的萃取獲得。

肆、研究結果

本模式提出的自動化技術能力差距指標中，各技術評估因素(見圖4、圖5、圖6)的相對重要性，以及不可數量化因素的技術差距轉換數值，已由本研究萃取專家意見獲得。往後即可直接依據本研究所計算整理出的資料，作為決策的參考依據。以下分別將研究結果整理於下表3、表4、表5。

伍、實例說明

由訪談結果得知台中A公司現有巴西、土耳其、泰國等三個國家的廠商要求技術輸出。經該公司協助調查，獲得以下可供分析資料，便於說明本模式之運作。

一、技術輸出者資料

由本研究之問卷詢問技術移轉輸出者，獲得有關技術輸出者之基本資料及最高技術能力，可供求取生產自動化指標及自動化技術差距指標，見表6、表7、表8、表9。

表3　自動化機械業及工業控制系統業技術達成難易程度

機器人系統						
評估因素	重現性精度	最大速度	伺服軸數	負載重量	路徑控制技術	離線控制
權　重	0.4218	0.2320	0.1257	0.943	0.0848	
CNC車床						
評估因素	定位精度	支軸轉速	主軸分度	最大進給速度	路徑控制技術	
權　重	0.4024	0.2216	0.1646	0.1160	0.0954	
CNC磨床						
評估因素	定位精度	沙輪主軸偏擺	路徑控制技術	最大進度速度		
權　重	0.4644	0.2987	0.1501	0.0868		
綜合加工機						
評估因素	定位精度	自動量測	主軸轉速	各軸進給速度	自動補正	
權　重	0.3871	0.3285	0.1419	0.0997	0.0428	
AS／RS自動倉儲						
評估因素	周邊複雜度	最大負載	升降最大速度			
權　重	0.4460	0.4234	0.1303			
AGA無人搬運車						
評估因素	定位精度	最大速度	牽引方式	負載重量	控制車數	
權　重	0.5077	0.1998	0.1329	0.1051	0.0545	
伺服控制系統						
評估因素	馬達扭力	馬達驅動速度	輸出功率			
權　重	0.6681	0.2240	0.1079			
可程式控制器						
評估因素	A/D,D/A位元數	記憶容量	I/O點數			
權　重	0.5903	0.2438	0.1659			
CNC控制器						
評估因素	伺服軸數	路徑控制技術				
權　重	0.7426	0.2574				
機器視覺技術						
評估因素	精度	速度				
權　重	0.8495	0.1505				
三次原量測技術						
評估因素	精度	次原量測技術	操作功能			
權　重	0.6072	0.2699	0.1229			

表4 自動化機械業及工業控制系統業技術難度差距

路徑控制技術 技術差距配對		
機 器 人 系 統		
輸出方技術能力	技術差距明確值	輸入方技術能力
連續	0.85	點對點
連續	0.47	直線圓弧
直線圓弧	0.38	點對點
CNC 車 床		
輸出方技術能力	技術差距明確值	輸入方技術能力
連續	0.87	點對點
連續	0.62	直線圓弧
直線圓弧	0.56	點對點
CNC 磨 床		
輸出方技術能力	技術差距明確值	輸入方技術能力
連續	0.87	點對點
連續	0.62	直線圓弧
直線圓弧	0.56	點對點
AGV 牽 引 方 式		
輸出方技術能力	技術差距明確值	輸入方技術能力
光學	0.37	導線
光學	0.30	鋼帶
導線	0.45	鋼帶
CNC 控制器路 徑控制技術		
輸出方技術能力	技術差距明確值	輸入方技術能力
連續	0.87	點對點
連續	0.62	直線圓弧
直線圓弧	0.58	點對點

表5 自動化工程服務業技術難度差距

輸出方技術能力	技術差距明確值	輸入方技術能力
同時擁有使用、維護、改良、研究開發能力	0.91	只擁有使用能力
同時擁有使用、維護、改良、研究開發能力	0.71	只擁有使用、維護能力
同時擁有使用、維護、改良、研究開發能力	0.37	只擁有使用、維護、改良能力
只擁有使用、維護、改良能力	0.42	只擁有使用能力
只擁有使用、維護、改良能力	0.25	只擁有使用、維護能力
只擁有使用、維護能力	0.13	只擁有使用能力

表6 技術輸出者生產自動化人才比

生產自動化人才	人數 月薪總合（新台幣）	32 1008000
其他生產人才	人數 月薪總合（新台幣）	8 176000
全廠生產人員總合	人數 月薪總合（新台幣）	40 1184000
自動化人才比	人數比 月薪總合比	0.8 0.851351
平 均		0.825676

表7 技術輸出者自動化設備比

自動化機器設備	台數 總價（新台幣）	27 36440000
非自動化機器設備	台數 總價（新台幣）	6 4000000
機器設備總台數	台數 總價（新台幣）	33 40440000
自動化設備比	數量比 價值比	0.818182 0.901088
平 均		0.859635

表8 技術輸出者自動化設備控制層次

原物料處理	0.4
加工成形	0.8
產品處理	0.8
組合裝配	0.8
檢驗量測	1
物料搬運儲存	0.4

表9 技術輸出者最高技術能力CNC車床

最大進給速度	X軸(M/min) Z軸(M/min)	10 15
定位精度	X軸(mm/mm) Z軸(mm/mm)	0.007/100 0.015/300
主軸轉速	(rpm)	6000
主軸分度	(有、無)	有
路徑控制技術	(點對點、直線圓弧、連續)	連續

由於，技術輸出者自動化技術能力已具研發能力，所以數值為1。由蕭嘉峰、王泰裕[5]等學者調查國內相關機械業得到之研究成果可知，上述各自動化要素的重要性依序為：0.332、0.263、0.198、0.207，加權總合後得「自動化技術能力指標」=0.8458。

詢問該公司相關技術專家意見，獲得相關技術因素的成對比較矩陣，並利用幾何平均數整合專家意見，接著利用特徵向量法求得各因素的權重。即㈠加工成形、㈡組合裝配、㈢檢驗量測、㈣產品處理、㈤原料/物料處理、㈥物料搬運與儲存等六大製程之權重依序為：(19.59%)，(14.79%)，(24.60%)，(25.02%)，(8.04%)，(7.95%)。再利用表8得到的六大製程控制層次，加權綜合即可得到相關技術經驗評估值為0.794058。至於輸出方的最高技術能力見表9。

二、技術接受者資料

由問卷詢問技術移轉接受者，獲得以下數據：

表10 技術接受者生產自動化人才比

		巴 西	泰 國	土耳其
生產自動化人才	人 數 月薪總合（新台幣）	12 446000	2 70000	55 1725513
其他生產人才	人 數 月薪總合（新台幣）	65 1625000	606 16362000	34 1093500
全廠生產人員總合	人 數 月薪總合（新台幣）	77 2060000	608 16432000	100 2819013
自動化人才比	人數比0. 月薪總合比	0.155844 0.211165	0.003289 0.00426	0.55 0.612098
平 均		0.183505	0.003775	0.581049

表11 技術接受者自動化設備比

		巴 西	泰 國	土耳其
自動化機器設備	台 數 總價（新台幣）	20 2000000	112 79900000	18 125770000
非自動化機器設備	台 數 總價（新台幣）	28 40000000	15 1500000	30 13120000
機器設備總台數	台 數 總價（新台幣）	48 42000000	127 81400000	48 138890000
自動化設備比	數量比 價值比	0.416667 0.047619	0.88189 0.981572	0.375 0.905537
平 均		0.232143	0.931731	0.640268

表12 技術接受者自動化設備控制層次

	巴 西	泰 國	土耳其
原物料處理	0.2	0.2	0.4
加工成形	0.2	0.8	0.9
產品處理	0.2	0.2	0.2
組合裝配	0.2	0.2	0.3
檢驗量測	0.2	0.6	0.2
物料搬運儲存	0.2	0.2	0.6
平 均	0.2	0.3667	0.4333

表13 技術接受者生產自動化技術能力

	巴 西	泰 國	土耳其
生產自動化技術能力	0.25	0.25	0.75

表14 技術接受者自動化技術能力指標

	巴 西	泰 國	土耳其
自動化技術能力指標	0.213327	0.664716	0.602349

表15 技術接受者最高技術能力 CNC 車床

		巴 西	泰 國	土耳其
最大進給速度	X 軸 (M/min)	5	5	8
	Z 軸 (M/min)	10	8	10
定位精度	X 軸 (mm/mm)	0.010/100	0.010/100	0.007/100
	Z 軸 (mm/mm)	0.020/300	0.015/300	0.020/300
主軸轉速	(rpm)	4500	4000	5000
主軸分度	(有、無)	無	無	有
路徑控制技術	(點對點、直線圓弧、連續)	點對點	直線圓弧	連續

表16 技術接受者相關資料

	巴 西	泰 國	土耳其
該移轉技術之年齡 (年)	12	12	12
技術擴散程度 (家數)	8	11	15
平均 R&D 經費 (百萬)	3.2	2.1	3.5
平均銷售額 (百萬)	850	1000	900
研發經費佔銷售額比例 (%)	0.376	0.210	0.389
有無技術引進經驗	無	無	有

此外，利用相關技術因素權重，再配合六大製程控制層次，經加權總合後，即可求得技術接受者的相關技術經驗，見下表17。

表17 技術接受者相關技術經驗

	權 數	巴 西	泰 國	土耳其
原物料處理	0.0804	0.2	0.2	0.4
加工成形	0.1959	0.2	0.8	0.9
產品處理	0.2502	0.2	0.2	0.2
組合裝配	0.1479	0.2	0.2	0.3
檢驗量測	0.2460	0.2	0.6	0.2
物料搬運儲存	0.0795	0.2	0.2	0.6
加權總合	1	0.19998	0.41592	0.39978

三、方案評估排序

由表9、表15技術輸出方與接受方之最高技術能力資料、表3 CNC車床技術達成難易程度及表4 CNC車床路徑控制技術難度差距，再利用本研究提出的計算技術能力差距方法，即可算出自動化技術差距指標。經計算整理於表18。

表18 自動化技術差距指標

	評 估 因 素	權 數	巴 西	泰 國	土耳其
最大進給速度	X軸(M/min) Z軸(M/min)	0.1159	0.5 0.33333	0.5 0.46667	0.2 0.33333
定位精度	X軸(mm/mm) Z軸(mm/mm)	0.4025	0.3 0.25	0.3 0	0 0.25
主軸轉速	(rpm)	0.2216	0.25	0.33333	0.16667
主軸分度	(有、無)	0.1646	1	1	0
路徑控制技術	(點對點、直線圓弧、連續)	0.0954	0.87	0.62	0.62
	自動化技術差距指標		0.62104	0.53050	0.25873

當各方案的基本資料收集完畢後，即可使用TOPSIS法進行方案排序。

㈠建構決策矩陣

綜合以上資料，可得決策矩陣D：

$$D=\begin{matrix}\text{巴 西}\\ \text{泰 國}\\ \text{土耳其}\end{matrix}\begin{bmatrix} 12 & 8 & 0.37647 & 0.19998 & 0 & 0.21333 & 0.62104 \\ 12 & 11 & 0.21000 & 0.41592 & 0 & 0.66472 & 0.53050 \\ 12 & 15 & 0.38889 & 0.39978 & 1 & 0.60235 & 0.25873 \end{bmatrix}$$

技術年齡 / 技術擴散程度 / 研究發展支出比例 / 相關技術經驗 / 技術引進經驗 / 自動化技術能力指標 / 自動化技術差距指標

其中決策矩陣D 的三方案為：①巴西②泰國③土耳其，七大決策屬性為：①技術年齡②技術擴散程度③相關技術經驗④技術引進經驗⑤R&D 支出比例⑥自動化技術能力指標⑦自動化技術能力差距指標。

㈡決策矩陣標準化

由於各屬性的單位皆不同，所以需要先作標準化，利用式(15)、式(16)，即可得到標準化決策矩陣R。

$$R = [r_{ij}]_{m\times n} \tag{15}$$

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2\right)^{\frac{1}{2}}} \tag{16}$$

$$R=\begin{bmatrix} 0.57735 & 0.39509 & 0.64845 & 0.32753 & 0 & 0.23136 & 0.72486 \\ 0.57735 & 0.54325 & 0.36171 & 0.68119 & 0 & 0.72091 & 0.61918 \\ 0.57735 & 0.74080 & 0.66984 & 0.65476 & 1 & 0.65327 & 0.30198 \end{bmatrix}$$

㈢決定權重矩陣

利用問卷詢問該公司決策者意見，獲得決策因素的成對比較矩陣P1，並利用幾何平均數整合各決策者意見，接著利用特徵向量法求取各因素的權重矩陣W。

$$P1=\begin{array}{c} \\ ① \\ ② \\ ③ \\ ④ \\ ⑤ \\ ⑥ \\ ⑦ \end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{ccccccc} ① & ② & ③ & ④ & ⑤ & ⑥ & ⑦ \end{array}\\ \begin{bmatrix} 1 & .5 & .33 & .2 & .143 & .2 & .167 \\ 2 & 1 & .33 & .2 & .167 & .167 & .2 \\ 3 & 3 & 1 & .25 & .2 & .5 & .167 \\ 5 & 5 & 4 & 1 & .2 & 4 & 2 \\ 7 & 6 & 5 & 3 & 1 & 2 & 4 \\ 5 & 5 & 2 & .5 & 5 & 1 & .33 \\ 6 & 5 & 6 & .25 & .25 & 3 & 1 \end{bmatrix}\end{array}$$

其中各符號代表意義為：①技術年齡②技術擴散程度③相關技術經驗④技術引進經驗⑤R&D 支出比例⑥自動化技術指標⑦自動化技術能力差距指標。經由特徵向量法求得各決策因素的權重依序為：(2.95%),(3.88%),(6.71%),(21.02%),(34.27%),(12. 28%),(18.88%)。所以，權重矩陣 Wt=[0.0295,0.0388,0.067,0.21,0.343,0.123,0.189]

㈣建立加權標準化決策矩陣

加權標準化決策矩陣V=$\left[v_{ij}\right]_{m\times n}$，其中 $v_{ij} = w_i \cdot r_{ij}$。

$$V=\begin{bmatrix} 0.01703 & 0.15330 & 0.04345 & 0.06878 & 0 & 0.02846 & 0.13700 \\ 0.01703 & 0.21078 & 0.02423 & 0.14305 & 0 & 0.08867 & 0.11703 \\ 0.01703 & 0.28743 & 0.04488 & 0.13750 & 0.343 & 0.08035 & 0.57707 \end{bmatrix}$$

(五)決定正理想解(A*) 負理想解(A⁻)

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \cdots, v_j^*, \cdots, v_n^*\}, v_j^* = \begin{cases} \min\limits_i \ v_{ij}, j \in C \\ \max\limits_i \ v_{ij}, j \in B \end{cases} \tag{17}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \cdots, v_n^-, cdots, v_j^-\}, v_j^- = \begin{cases} \min\limits_i \ v_{ij}, j \in B \\ \max\limits_i \ v_{ij}, j \in C \end{cases} \tag{18}$$

B：效益性屬性集合，即越大越好的屬性。

C：成本性屬性集合，即越小越好的屬性。

其中，第七項屬性為成本性屬性，數值越小越好，其他屬性皆為效益性屬性，數值越大越好。利用式(17)、式(18)得：

A*=[0.01703,0.28743,0.04488,0.14305,0.343,0.08867,0.05707]

A⁻=[0.01703,0.15330,0.02423,0.06878, 0 ,0.02846,0.1370]

(六)計算各方案與正理想解及負理想解之距離

$$S_i^* = \left\{ \sum_{j=1}^{7} (v_{ij} - v_j^*)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \tag{19}$$

$$S_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^{7} (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \tag{20}$$

依此步驟即可求出其他各方案之S^*,S^-，茲整理於表19。

表19 各方案之S^* ,S^- 值

	巴 西	泰 國	土耳其
S^*	0.3889	0.3571	0.010
S^-	0.0192	0.1133	0.3871

(七)計算各方案與正理想解之相對接近值

令C_i^* 表示方案A_i 接近A^* 相對程度，則

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}, 0 \le C_i^* \le 1, i = 1, 2, \cdots, m \tag{21}$$

其中，C_i^* 越接近1，則方案越接近正理想解。各方案與正理想解之相對接近值，見表20。

表20 各方案之 C_i^* 值

	C^*
巴 西	0.047
泰 國	0.2406
土耳其	0.97481

(八)方案排序

由TOPSIS法的決策原則看來，C^* 越接近1越好，所以，方案優先順序依序為：土耳其＞泰國＞巴西。其顯示的含意為如果對土耳其作技術移轉，則隱含的移轉成本相對於其他方案較低，且接受方的程度較好，學習速率較快，成功移轉的可能性較高，所以權利金的要求相對其他方案可以較少。

此外，由R&D支出比例看來（表16），巴西的支出比例和土耳其幾乎一樣大於泰國，顯示其技術升級的積極意願。再由本研究提出的自動化技術差距指標（表18）看來，土耳其相對於技術輸出方的技術差距是最小，代表對於土耳其的技術移轉較易成功。但是就生產自動化指標（表14）看來，雖然泰國的評估值是最高、潛能最大，其整體的評估值卻相差土耳其很多，代表就設備利用率來看，泰國仍嫌不足。但如果能在研發比例上多多加強，則整體的績效將會提高。

陸、結論

本研究經由專家意見的萃取，計算整理獲得了各技術評估因素的權重，可供需要評估的廠商直接參考使用。其中，「自動化技術能力指標」可使決策者瞭解技術接受方的潛能；而「自動化技術差距指標」的計算則可幫助決策者估算再教育及變更(modification)技術所需要的成本；從研發經費佔銷售額比例中可看出，該技術接受方對於技術升級的企圖心；由「相關技術經驗」的評比值，決策者可瞭解技術接受方相關技術的能力；當輸出技術的項不同時，「技術年齡」的加入，就可增加模式的鑑別力；此外，由「技術擴散程度」可瞭解技術接受方取得技術的難易程度，決策者在訂定權利金的下限時，即可列入考慮，以利議價談判的成功。經由本研究提出的技術轉移輸出決策模式的評估，對於有意拓展國際市場的廠商，可提供其系統性的技術評估及針對不同國家廠商的方案選擇。對於其它產業而言，也可依據本模式進行相關產業分析，因素選取，決定權重；並決定技術差距指標，然後再依TOPSIS進行方案排序。因此，本模式之建立足可供不同產業進行技術外移時之參考。

參考文獻

1. 工業技術研究院，自動化工業技術研究發展計畫對產業影響之追蹤分析，民國 83 年 6 月。
2. 劉中鴻、游源成，「以自動化技術發展、支援自動化產業成長」，機械工業雜誌，民國 83 年 2 月、頁 196–205。
3. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（上）」，中國統計學報，27 卷，6 期，頁 5–18，民國 78 年。
4. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（下）」，中國統計學報，27 卷，7 期，頁 1-20，民國 78 年。
5. 蕭嘉峰、王泰裕，「國內大型機械製造業自動化指標建立與生產力之研究」，中國工業工程學會八十二年度會論文集，民國 82 年，頁 199-204。
6. 蔡正揚，吳學良，「技術轉移之方式與策略」，國際技術移轉實務手冊及案例，中國生產力中心，民國八十一年九月。
7. Baranson, J., "Technology Transfer thru the International Firms", American Economic Association, Vol.60, pp.435–440, May 1970.
8. Chen, Shu-Jen, Hwang, Chin-Lai, and Hwang, Frank P., Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer-Veralg,1992.
9. Hwang, Ching-Lai and Yoon, Kwangsun, Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer-Verlag, 1981.
10. Mansfield, E., "Technological Change, Productivity and International Technology Transfer," Technology Transfer, Productivity and Economic Policy, W.W.Norton & Company, Inc., pp.1–26, 1982.
11. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980.
12. Teece, D. J., "Technology Transfer by Multinational Firms:The Resource Cost of Transferring Technological Know-How", The Economic Journal, Vol.87, pp.242-261, June 1977