

ISSN:2308-7773
DOI:10.6270/JIBM

創新與經營管理

Journal of Innovation and Business Management

Vol.12

2024
學刊



編者序

創新與經營管理學刊 (Journal of Innovation and Business Management) 本著永續經營與發展理念，促進創新與經營管理相關研究交流，並擴大產業經營與學術研究之視野，學刊領域包括：永續經營與發展、研發與創新管理、決策與作業管理、資訊與系統管理、服務與經營管理、企業管理與財務金融管理、休閒產業管理等議題。

本期論文稿件內涵豐富，包含中小企業導入精實生產之關鍵成功因素研究；企業社會責任投資績效研究—以臺灣公司治理 100 指數為樣本；特徵選擇技術運用醫療保險資料在高齡照護決策應用；銷售額預測之研究--以 A 公司時間序列資料為例；應用進階資料探勘技術於交通事故之分類研究；Optimizing Double Ferrule Fitting Selection Using QFD and Unsupervised Machine Learning Techniques。各研究內容具產業管理方法及理論分析依據，討論實務性問題，並提出相關解決方案及依據，論文深入淺出，讀者細心品味。

本期第十二卷融合更多元領域文章，內涵精緻豐富，感謝國內外相關專家學者的支持與鼓勵，謹致謝忱。感謝編輯委員及論文匿名審查委員之審查，使本學刊在論文內涵、品質精進更為提升，與國內外學術機構進行更豐富交流，更期盼學術先進繼續給予支持與鼓勵，並踴躍投稿。

總編輯 康鶴耀 謹誌

2024 年 08 月

目 錄

中小企業導入精實生產之關鍵成功因素研究	郭秉原、林榮禾	P1-P30
企業社會責任投資績效研究－以臺灣公司治理 100 指數為樣本	林子嫣	P31-P51
特徵選擇技術運用醫療保險資料在高齡照護決策應用	林維昭、曹慧華、 林怡君、陳祐祥、 許建隆	P52-P68
銷售額預測之研究--以 A 公司時間序列資料為例	陳祐祥、鄭仲廷、 林玉華	P69-P83
應用進階資料探勘技術於交通事故之分類研究	陳祐祥、林昱亨、 陳芝榕、林建谷、 林玉華	P84-P93
使用品質機能展開與無監督機器學習技術優化雙卡套接頭選擇	Apichonbancha Pimolphan, Rong-Ho Lin, Chun-Ling Chuang	P94-P116

Table of Contents

Research on the key success factors of SMEs in introducing lean production	Ping-Yuan Kuo, Rong-Ho Lin	P1-P30
The Investment Performance Research in TWSE Corporate Governance 100 Index	Tzu-Yen Lin	P31-P51
Application of Feature Selection Techniques Using Medical Insurance Data in Decision-Making for Elderly Care	Wei-Chao Lin, Huei-Hua Tsao, Yi-Jiun Lin, You-Shyang Chen, Chien-Lung Hsu	P52-P68
A Study of Sales Forecasting: A Case of Company_A's Time Series Data	You-Shyang Chen, Chung-Ting Cheng, Yu-Hua Lin	P69-P83
A Classification Study for Applying Advanced Data Exploration Technique to Identify the Occurrence of Traffic Accidents	You-Shyang Chen, Yu-Heng Lin, Chih-Jung Chen, Chien-Ku Lin, Yu-Hua Lin	P84-P93
Optimizing Double Ferrule Fitting Selection Using QFD and Unsupervised Machine Learning Techniques	Apichonbancha Pimolphan, Rong-Ho Lin, Chun-Ling Chuang	P94-P116

中小企業導入精實生產之關鍵成功因素研究

郭秉原^{1*} 林榮禾²

^{1*}國立台北科技大學工業工程與管理系 博士生

²國立台北科技大學工業工程與管理系 教授

摘要

為全面提升企業體質，以因應詭譎多變的外部環境變動之挑戰，台灣中小企業可藉由導入精實生產系統來達成管理面與技術面的經營績效。由於中小企業在台灣的經濟體佔有舉足輕重的角色，期望藉由 AHP 層級分析法來整理出中小企業導入精實生產系統遇到的困難度及導入此系統的二十大面向(管理面與技術面)之關鍵成功因素分析。透過李克特五等量表問卷進行數據分析，找出導入精實生產系統的關鍵成功因素之重要度排序。研究結果顯示組織管理面前六項之重要因素：1.團隊合作、2.良好的溝通、3.最高管理層的支持、4.領導、5.足夠的資源、6.員工培訓，工具技術面前六項之重要因素：1.消除七大浪費、2.快速換線、3.少人化與小批量生產、4.目視管理與防呆措施、5.IE 動作研究與生產線平衡、6.預防性維護(TPM)。此研究結果可提供中小企業在導入精實生產時，探討出關鍵的成功因素，除了工具手法的技能面以外，更重要的是在組織管理層面，特別是領導力，主管人員必須激發與誘導所屬人員從自我內心出發，願意接受新的挑戰與學習，才能夠真正達到組織創新，塑造一個基業長青的高績效團隊。

關鍵詞：豐田生產系統、精實生產、企業流程再造、領導與溝通、關鍵成功因素。

*通訊作者

E-mail: peterbest666@gmail.com

壹、緒論

台灣的經濟奇蹟，世界有目共睹；而中小企業在台灣的經濟奇蹟貢獻上佔有舉足輕重的地位，特別是製造業；因此，如何協助製造業之中小企業導入優質的精實生產管理系統，並且接軌台灣政府主推的生產力 4.0 及數位轉型與智慧製造等國家政策，進而改善組織績效，保有國際競爭力，以因應全球化的經濟貿易大戰；這個責任即是本研究努力的動機與方向。

精實生產是目前協助大型企業績效主要提升方法之一，亦已成為現代管理之顯學，世界各國管理學者及各大院校管理學系，無不把「豐田式生產體系 (Toyota Production System, TPS)」列為必修課程。

精實生產(由國際汽車項目研究者約翰·克拉夫奇克起名)，之所以叫“精實”(Lean)，因為它與大批量生產相比，需要的所有的投入都要“精實”：工廠人員只需一半，生產空間只需一半，工具設備投資只需一半，開發新產品的設計工時和設計周期都只需一半。除此之外，它要求現場只保留遠遠少於一半的所需庫存。結果，不合格產品減少了，生產產品的品種也越來越豐富[4]。這使得豐田能夠成為世界前 10 大公司之一；並於 2007 年成為最大的汽車製造商。由此可知豐田式生產管理系統是成功的。

但是，有多少企業曾經學習豐田式生產，成功導入者卻寥寥可數，原因為何？更多的企業只聽過精實生產這個專有名詞，而不知精實生產的真正精神及作法，甚至對其誤解與排斥。然而，儘管進行了許多嘗試，但大多數公司的精實計劃都沒有成功[28]。據報導，每三個組織中就有兩個變革項目失敗[20]。為甚麼這麼好的系統而且已經經過市場機制的考驗與驗證，卻無法成功的複製？如精實思想[6]，在這種非常好的方法被發現 50 年之後，世界上仍然有大量的活動是按「部門」、按「批量生產」的方法進行。這是為什麼呢？如此一個很好的管理系統，卻不是很容易的導入一家中小企業，其中到底發生了哪些問題，將是本研究想要突破的地方。

貳、文獻探討

精實生產(Lean Manufacturing 或 Lean Production)，臺灣譯為精實生產、大陸譯為精益生產，簡稱精實或精益(Lean)，是一種系統性的生產方法，其目標在於減少生產過程中的無益浪費(日語：無駄，Muda)，為消費者創造經濟價值。在消費者消費產品或服務的過程中，“價值”應該定義為消費者願意為其買單的行為或流程。簡單來說，精實生產的核心是用「三最」：用最少的成本、在最短的時間、生產出最有價值的產品。精實生產主要源自於豐田生產方式(TPS)的生產哲學，因此也稱為豐田主義(Toyotism)，一直到 1990 年間才稱為精實生產。

豐田生產系統以降低公司的七大浪費、提升整體客戶價值而聞名，但達到這個目標的方法有很多。豐田多年以來的持續增長，從一個默默無聞的小公司成長為世界最大的汽車製造商，讓人們注意到如何獲得生產上的成功。對於很多人來說，精實生產的內容就是各種幫助鑑定和消除浪費的「工具」。當浪費減少了，品質就會提升，生產時間和成本也會降低。這些工具中最重要的是有目視管理、顏色管理、快速轉換(Single Minute Exchange of Die, SMED)、價值流圖(Value Stream Mapping, VSM)、5S法、看板(拉動系統)和防錯法(錯誤校驗法)、U形線、浪費識別與消除、IE方法瓶頸分析等等。

(資料來源維基百科：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%B2%BE%E7%9B%8A%E7%94%9F%E7%94%A2>)

一、針對這些主要工具，做以下簡短說明

(一) JIT 生產、JIT 供應和績效：調查調節效應 [30]

1. JIT 實踐

研究人員對 JIT 進行了深入研究，這項工作的先驅者定義和測量了 JIT 的核心結構[12]。在某些情況下，JIT 被定義為一種管理或製造哲學[12]，而另一些人則更願意根據實施和支持精實哲學的實踐和技術來操作它[28]。一些 JIT 實踐旨在簡化生產流程，作者將它們標記為 JIT 生產[17]或內部 JIT[12]。

一些常見的 JIT 生產實踐包括減少設置時間、小批量、遵守每日日程安排、基於看板的拉動系統、U形單元佈局和平準化[12]。然而，隨著 JIT 生產在實踐中開始獲得廣泛接受，學者們開始強調 JIT 在其他環境中的相關性，例如採購和入站物流[12]。來自供應商的 JIT 交付[12]或 JIT 供應[12]包括諸如原材料和外包組件的供應商看板以及入站物流的拉動系統等實踐。

2. JIT 生產[12] 對 TQM、JIT 和 TPM 計劃中採用的實踐進行了詳細的分析和審查。

他們確定了所有三個程序共有的一組實踐，以及一些特定於程序的實踐——稱為“基本技術”。JIT 基本技術有五種：設置時間縮減、設備佈局、拉動系統生產、每日進度遵守以及供應商的 JIT 交付。前四個涉及 JIT 生產領域，最後一個涉及 JIT 供應。減少設置是與車間活動相關的 JIT 實踐的核心[12]。SMED 程序旨在通過將轉換元件重新安排為外部時間和壓縮內部設置時間來實現個位數的設置時間，從而加快生產量，提高機器利用率和靈活性，並減少批量[12]。

對於車間級佈局，蜂窩製造是 JIT 生產系統中普遍採用的做法。製造單元是一組不同的多功能機器，它們放置在一起，專門用於生產組件或產品系列[12]。在製造單元中，員工和機器通常被移動到 U 形配置中，以最大限度地減少移動時間和成本[12]。

拉動系統是指使用看板卡或其他拉動信號來控制整個工廠的生產流程，僅製造和運輸下游消費的產品[12]。根據 Sakakibara 等人的說法[12]，術語“JIT 生產系統”最初確定了拉動生產邏輯，被描述為“只有必要的產品，在必要的時間，在必要的數量”。拉動系統通常與旨在使生產活動與最終客戶需求同步

的日常計劃遵守實踐相輔相成。例如，通過建立工作順序並將周期速度與所需的節拍時間進行比較，標準工作和平準化可以促進各個製造階段的生產平衡，並消除日常客戶需求的可變性[12]。

(二) Just in Time-績效鏈接：需求可變性的調節作用[37]

JIT 通過消除生產過程中的所有浪費來源有助於顯著提高運營績效。然而，幾乎所有成功的 JIT 故事都來自具有穩定且可預測的客戶需求的公司。人們普遍認為，在以高需求變化為特徵的環境中使用 JIT 實踐沒有用，主要是因為需求波動使節拍時間(即滿足客戶需求節奏所需的最大生產時間)動態，從而抑制生產平滑。

JIT 是一種旨在消除製造過程中浪費的方法。JIT 需要使用一組特定的實踐，例如看板系統、生產平滑、批量減少、設置時間減少、蜂窩製造和與供應商的 JIT 鏈接。生產平滑和看板系統是減少短期需求可變性的技術。設置時間的減少最大限度地減少了生產過剩的浪費，提高了機器的靈活性並降低了周期時間。蜂窩製造由一組專用於生產產品系列的多功能機器組成，通過減少員工和材料流動。JIT 與供應商的聯繫提高了靈活性並降低了庫存成本，因為供應商按照看板系統的節拍時間以小批量交付正確數量的材料。基於上述分析，JIT 通過降低製造成本、週期時間和庫存水平以及響應能力，通過提高機器靈活性和交付能力來提高效率。JIT 對運營績效的這種積極影響在很大程度上得到了研究人員的支持。

(三) 食品加工中小企業精實實施的決定因素和障礙[25]

經營業績全面提升被視為成功實施的結果精實生產實踐。五個運營績效指標，即庫存/庫存減少，生產力提高，領先或週期縮短時間，提高質量，並改進準時交付。

(四) JIT 生產的框架和測量工具[32]

[19]列舉了生產控制的 JIT 拉式系統與傳統推式系統相比的優勢，從那時起，許多其他文章已在學術和貿易期刊上發表。事實上，[17]報告說，他們對文獻的計算機搜索顯示了 700 多篇關於 JIT 的文章，這些文章是在過去 5 年中發表的。這些文章的作者主要使用案例研究方法，表明實施 JIT 實踐可以減少庫存、縮短交貨時間、提高資源的使用，並降低製造成本並增加利潤率[13]。

對 JIT 行業實踐的多項調查也報告了類似的發現。這類研究的典型代表是 [16]的研究。Im 和 Lee 調查了美國的 33 個組織。他們發現 JIT 實踐的實施對組織的幾乎所有方面都有影響，特別是對生產計劃和控制系統。Voss 和 Robinson 在英國發現了類似的 JIT 好處和做法。

基於此概述，學術和實踐文獻都支持 JIT 實踐的 14 個維度：(1)減少設置時間、(2)小批量、(3)供應商的 JIT 交付、(4)供應商質量水平、(5)多功能工人、(6)小組問題解決、(7)培訓、(8)每日日程安排、(9)重複性主調度、(10)預防性維護、(11)設備佈局、(12)產品設計簡單性、(13)看板和(14)拉動系統。

二、針對導入精實生產之「工具手法面」相關文獻回顧

- (一) 依據 JIT 生產，JIT 供應和表現中[30]提出針對[12]等人的研究，對 JIT 的基本技術有五個：1.設置時間縮短、2.設備佈局、3.拉動系統生產、4.每日進度遵守、5.供應商的 JIT 交付。
- (二) 績效鏈接中依據文獻說明 JIT 需要使用一組特定的實踐，包含六個關鍵因素[37]：1.看板系統、2.生產平滑、3.批量減少、4.設置時間減少、5.cell 細胞式生產、6.供應商的 JIT 鏈接。
- (三) [20]在其針對一家小型製造商將 JIT 技術添加到 MRP 系統的研究中，針對增值步驟提出：1.防錯技術、2.快速更換、3.可視化控制系統、4.即時通訊、5.庫存水平。
- (四) 依據[38] 成功實施精實的研究中提出重要的因素如下：1.設置時間減少(ST)、2.供應商的 JIT 交付(JT)、3.連續流的設備佈局(EL)、4.看板(KA)、5.統計過程控制(SPC)、6.自主維護(TPM)、7.小組問題解決(SGPS)、8.員工培訓(TE)、9.品質最高管理層領導(TML)、10.供應商合作夥伴關係(SP)、11.客戶參與(CUST)、12.持續改進 (CI)。
- (五) 根據[25]針對食品加工業中小企業精實實施的決定因素和障礙之案例分析中，依據[34]確定了精實生產的十個要素：1.涉及的客戶、2.供應商反饋、3.及時交付、4.開發供應商、5.拉動、6.流動、7.低設置、8.受控過程、9.生產維護、10.涉及的員工。
- (六) 根據[32].研究，依據學術和實踐文獻都支持 JIT 實踐的 14 個維度：1.設置時間減少、2.小批量尺寸、3.即時通訊送貨來自供應商、4.供應商品質等級、5.多功能的工作人員、6.小團體解決問題、7.訓練、8.日常的日程堅持、9.重複的掌握調度、10.預防性維護、11.設備佈局、12.產品設計簡單性、13.看板、14.拉動系統。

針對上述各文獻導入精實生產在「工具手法面」的關鍵成功因素再次交叉比對，如表 1，找出各文獻重複重視的關鍵因素，快速聚焦成功的關鍵因素。

表 1. 為上述各文獻針對(工具手法面)實施精實生產所需的關鍵因素交叉整理

題號	因素	Pamela Danese/Pietro Romano/Thomas Bortolotti Accepted 6 October 2011	Thomas Bortolotti 1 +, Pamela Danese 2 and Pietro Romano 3 2011	LOUIS CHIN, DBA/BONNIE A. RAFUSE PRODUCTION AND INVENTORY MANAGEMENT JOURNAL—	Thomas Bortolotti a, StefaniaBosca ri b, PamelaDanese b, n Accepted 31	Manoj Dora, Maneesh Kumar & Xavier Gellynck accepted 18 April 2015	SADAO SAKAKIBARA, BARBARA B. FLYNN, AND ROGER G. SCHROEDER accepted
1	目視管理與防呆措施?			v	v	v	
2	U形線與站立作業及做搬分離?	v	v		v		
3	IE動作研究與生產線平衡?		v			v	
4	快速換線?	v	v	v	v		v
5	七大浪費?	v	v	v	v	v	v
6	三天計畫不變?						
7	少人化與小批量生產?		v		v		v
8	PQ/RQ分析?						
9	儲位管理與倉儲管理?			v		v	
10	作戰計畫與生產量管理表?	v					v
11	5S重不重要?						
12	持續改善?				v		
13	精實問題解決方法?			v	v		v
14	物與情報系統?						
15	看板管理?	v	v	v			v
16	預防性維護 (TPM)				v	v	v
17	拉動系統生產	v				v	v

最終針對有三篇以上期刊重複出現的因素整理出十二個「工具手法面」共同之關鍵成功因素，作為本研究之問卷調查題目：1.目視管理與防呆措施、2.U形線與站立作業及做搬分離、3.IE動作研究與生產線平衡、4.快速換線、5.消除七大浪費、6.少人化與小批量生產、7.儲位管理與倉儲管理、8.每日生產量管理、9.持續改善、10.精實問題解決方法、11.預防性維護 (TPM)、12.拉動式生產。

因本文研究者在中小企業服務滿 15 年之後，轉入管理顧問業擔任顧問師迄今已有 13 年之餘，主要負責精實生產、ISO 系統導入等任務；並擔任台灣政府行政院勞動部勞動力發展署之共通核心職能講師，以實務經驗搭配文獻探討，得知一家企業要進行新制度或系統導入時，絕對不是單獨依靠工具手法教導就能成功，於是展開組織管理面之相關研究。

三、針對「組織管理面」相關文獻回顧

- (一) 依據[41]，提出在製造業的中小企業實施精實活動的 12 個成功因素為：1. 最高管理層的支持、2. 共同的改進願景、3. 良好的溝通、4. 領導、5. 以人為本、6. 以學習為重點、7. 足夠的資源、8. 改善-培訓、9. 績效評估系統、10. 供應商鏈接、11. 客戶鏈接和 12. 支持一致性。
- (二) 依據[15]分析印度案例研究中實施可持續供應鏈管理的關鍵成功因素為：O1 是頂級領導承諾和支持、O2 是主動採用可持續供應鏈管理、O3 是組織財務健康、O4 是員工培訓和準備、O5 是安全和健康重點、O6 是技術和資源投資、O7 是可持續性治理結構、S1 是可持續採購政策、S2 是供應商選擇策略、S3 是明確定義的可持續性跟踪指標、S4 是確定的戰略採購計劃。

(三)[31]於工業 4.0 技術在人道主義供應鏈中有效協調的應用研究中，專家們根據其重要性同意了 15 個因素：1.系統架構的存在、2.發展跨職能團隊、3.系統集成、4.資源管理、5.金融供應鏈的問責制、6.策略計劃、7.組織間協調機制、8.有效的數據處理和信息共享、9.為熟練勞動力提供培訓支持、10.讓當地社區、非政府組織、政府參與、11.機構實時數據的可用性、12.可追溯性、13.在利益相關者之間建立迅速的信任、14.風險和需求評估、15.倉儲物流自動化。

(四)[8]汽車行業在馬來西亞實施精實生產的關鍵成功因素之研究中，中小企業實施精實製造的重點因素項目：1.領導力和管理承諾、2.培訓和教育、3.員工參與、4.客戶管理參與、5.供應商管理參與、6.品質管理、7.有效溝通、8.組織文化、9.員工授權、10.持續改進、11.人力資源管理、12.有效溝通。

(五)在[39]實施精實生產的關鍵成功因素：意外事件的影響中根據現有文獻的CSF總結了 14 篇關於 TQM、6Sigma、TPM、JIT 和精實的文獻的結構化評論中報告的 22 個 CSF：1.管理承諾和參與、2.培訓和教育、3.員工參與和賦權、4.與戰略和長期計劃保持一致、5.管理文化變革、6.供應商參與、7.客戶參與、8.團隊合作、9.流程管理、10.結構化方法和項目優先級、11.基準測試和知識轉移、12.跨職能整合、13.品質數據和分析、14.專案管理技能、15.績效衡量、16.組織基礎設施、17.持續改進、18.品質控制和穩健的流程、19.工具、技術和技術的使用、20.溝通、21.獎勵和認可、22.工作保障和社會責任。

(六)在[27]精實六標準差在領導者視角下的關鍵成功因素研究中提出：

在分析文獻後，出現了七個關鍵因素：1.溝通、2.持續改進的文化、3.指導和發展員工、4.創造願景和調整目標、5.員工激勵、6.員工授權、7.領導承諾和支持。

針對上述各文獻導入新制度在「組織管理面」關鍵成功因素再次交叉比對，如表 2，找出各文獻重複重視的關鍵因素，更能聚焦於成功的關鍵因素。

表 2.實施新制度「組織管理面」的成功因素

因素	Wilfred H. Knola, b*, Jannes Slompb, Roel L. J. Schoutetena and Kristina Laucha (accepted 9 December 2017)	Dayal S. Prasad . Rudra P. Pradhan . Kunal Gaurav . Partha P. Chatterjee . Inderpal kaur . Saurav Dash . Sagar Nayak (Published online: 5 January 2018)	Pravin Kumar1 . Rajesh Kr Singh2 (Accepted: 8 December 2020)	I. 2A. N.M. Rose, IB.M. Deros and IM. N. A. Rahman (Accepted: April 11, 2014)	Torbjørn H. Netland* (accepted 13 September 2015)	Mohammad Alnadi / Patrick McLaughlin (Accepted 17 January 2021)
1	最高管理層的支持	v		v	v	v
2	共同的改進願景					v
3	良好的溝通		v	v	v	v
4	領導			v	v	v
5	以人為本					
6	以學習為重點					
7	足夠的資源	v	v			
8	改善-培訓	v		v	v	v
9	績效評估系統	v			v	
10	供應商鏈接	v	v	v	v	
11	客戶鏈接			v	v	
12	支持一致性					
13	團隊合作		v	v	v	
14	組織(管理)文化			v	v	v

最終，針對有二篇以上期刊重複出現的因素整理出十個(組織管理面)共同之關鍵成功因素，作為本研究之問卷調查的題目：1.最高管理層的支持、2.良好的溝通、3.領導、4.足夠的資源、5.員工培訓、6.績效評估系統、7.供應商鏈接、8.客戶鏈接、9.團隊合作、10.組織(管理)文化。

四、就組織導入新制度、系統之「關鍵成功因素」進行探討

(一)分析實施可持續供應鏈管理的關鍵成功因素：印度案例研究[15]

本研究側重於識別關鍵可持續供應鏈管理(sustainable supply chain management SSCM)的成功因素在印度鋼鐵行業的背景下。理論上的 SSCM 的四個維度的框架是公認的，一項實證研究來驗證理論進行了框架，並列出了 CSF 按優先順序實施 SSCM 是總結。這項實證研究的結果可以總結如下：

組織因素的出現具有更高的與外部因素相比的重要性順序它們會影響 SSCM 實踐，這些實踐會導致以提高可持續性績效。

在組織因素中，高層領導承諾和支持有重大貢獻在創造有利的組織環境。

符合環境標準(ISO 14001) 和安全標準 (OHSAS 18001)為促進 SSCM 實踐創造條件該組織。外部因素起的作用不大在影響可持續發展實踐中的作用組織。然而，市場和客戶的敏感性是非常動態的，因此，組織不能忽視他們。

(二)工業 4.0 技術在人道主義供應鏈中的有效協調應用[31]

在 HSC(humanitarian supply chain)中管理協調一直是一個挑戰。本研究結果將有助於改善人道主義供應鏈的協調。據觀察，人道主義供應鏈在混亂和不確定的環境中運作。大量多樣性參與者同時工作，他們沒有適當的聯繫和互動。在這種情況下，這些參與者之間的協調就成為一個重要的問題。

在 HSC 中實施工業 4.0 的戰略規劃是最重要的關鍵因素。它可能有助於制定政策和指導方針以實施不同人道主義行動中的技術。第二個最重要的因素是資源規劃，導致救濟物品的採購和分配。系統架構是第三個最重要的因素，它與系統架構有關可以輕鬆實施工業 4.0 技術的供應鏈。

同樣，實時數據的可用性、有效的數據處理和信息共享、系統集成、員工培訓支持、可追溯性、開發跨職能團隊，倉庫和物流自動化是其他重要因素。

(三) 在馬來西亞汽車行業實施精實製造的關鍵成功因素[8]

高層管理人員和員工應該有相同的實現願景和使命的目標。表 8 顯示了總體結果受訪者對重要性和實際情況的看法 CSFs 的實踐排名值幾乎是相似的。

為確保成功，新的(Lean Manufacturing)LM 公司強烈建議實施三個 CSF：管理承諾和領導力、品質管理和持續改進。這些因素似乎也與其他研究人員[21]相似。

總體而言，LM 中排名前四的 CSF 受訪者對實施情況進行排名，他們是：管理承諾和領導力(F1)、品質管理 (F10)、持續改進 (F11) 和客戶管理(F12)。這四個因素看起來被視為 LM 的主要因素，應集中落實在組織中實踐[42]。

(四) 實施精實生產的關鍵成功因素：意外事件的影響[16]

人們一致認為，三個最重要的 CSF 是「管理承諾和參與」、「培訓和教育」和「員工參與和賦權」.[35][29][11][26]

這表明管理者需要積極領導和支持精實的實施，提供培訓和教育，以確保每個人都知道什麼和如何實施精實，並讓員工參與並授權他們做出廣受歡迎的改變。

(五) 從領導者的角度看精實六標準差的關鍵成功因素[27]

發現：領導力和精實六標準差的七個關鍵方面已被確定，相關行為描述如下：調查集中在與領導力和精實六標準差有關的已發表文獻上。

對以前的文獻進行了專題分析，這有助於識別相關方面並將行為與特定方面相關聯。本研究強調並調查了領導力的作用，因為領導力被確定為精實六標準差實施的關鍵成功因素之一[22]。因此，本研究側重於實現該實施的領導行為。

本研究的作者對已發表的文獻進行了專題分析。

整理出七個主要方面，即溝通、持續改進的文化、指導和發展員工、創造願景和調整目標、員工激勵、員工授權、領導的承諾和支持。

參、研究方法

本研究方法，透過文獻探討及以李克特五等量表方式設計問卷；問卷得票最高之前六項，再進行數據分析：以層級分析法(AHP)驗證樣本一致性，找出導入精實生產系統的關鍵成功因素之重要度排序，提供給即將導入精實生產的中小型企業，更快速的掌握重要資源，投入在正確的地方。

一、樣本和數據收集

問卷調查：針對台灣與大陸共四家製造業進行調查，這四家製造業公司，都是導入精實生產多年的公司，規模從 120 人到 750 人：

廠商一：台灣上櫃公司，在大陸設廠，為燈具製造商

廠商二：台灣上櫃公司，在大陸設廠，為連接線製造商

廠商三：台灣績優油封製造商

廠商四：台灣主機板代工生產設計製造商

共發出 65 份問卷，回收有效問卷 61 份，回收率 93.84%

二、AHP 層級分析法

層級分析法(AHP)是匹茲堡大學 Saaty 教授於 1971 年開發的一種分析方法，主要用於處理複雜和多準則情況下的決策問題[14]。

因此，本研究不關注解釋該方法的具體細節，而是關注其基本概念。

層級分析法有助於做出以若干相互關聯且經常相互競爭的標準為特徵的決策，並在決策目標的背景下定義決策標準中的優先級[14]。

它利用網絡層級的概念，矩陣重要性和權重的比較來分析每個主維項和子維項的重要性順序(Saaty 指出，為了避免錯誤，一個單級項應該在 7 以內)，最後檢查矩陣的 CR 值，避免出錯的概率，為決策提供科學的選擇標準。

本研究的層次分析過程如下：

- (1) 通過文獻研究，將主要議題拆解，分為主維度和子維度，建立複雜問題的層次結構，對問題進行分析和具體化。
- (2) 建立配對矩陣來比較每個主要和次要方面的相對重要性，這些配對比較通常基於九點量表[14]，如表 3 所示

表 3. AHP 量表評估的意義和描述

重量	定義	描述
1	同樣重要	強度相等：兩個因素的貢獻同等重要
3	一個相對於另一個的重要性較弱	稍強：經驗判斷略微傾向於 i
5	基本或強烈的重要性	相當強：經驗判斷強烈傾向於 i
7	非常重要的	非常強：經驗判斷強烈傾向於 i
9	絕對重要	絕對傾向於 i
2、4、6、8	相鄰兩個判斷的中間值	折衷相鄰尺度的中值
先前值的倒數	如果與因子“j”相比，因子“i”具有前面提到的數字之一，則與 i 相比，j 具有倒數。	

資料來源：[23]

(3) [14]提到，為了控制成對比較的一致性，應該計算一致性比率 (consistency ratio, C.R.)。在這個階段，如果計算出的一致性比率超過 0.1 的臨界值，決策者需要修正他們的初始判斷[14]。由於決策在進行成對比較，難以達到完全前後一貫，因此需進行一致性的檢定，作成一致性指標(Consistency Index, C.I.)；C.I.=0 表示前後判斷完全具一致性，而 C.I.>0 則表示前後判斷不連貫，Saaty 建議 C.I.≤0.1 為可容許的偏誤。

AHP 的一致性比率計算過程如下：

(3.1)先求算一致性指標(Consistency Index, C.I.)，公式如式(a)，若 C.I.≤ 0.1 則表示一致性的程度尚稱令人滿意。

$$C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \dots\dots\dots (a)$$

(3.2)查表試算隨機指標(Random Index, R.I.)

由隨機產生之正倒值矩陣的一致性指標稱為隨機指標，其值將隨著矩陣階數 n 的增加而增加，表 4 為 Saaty 所求算出的正倒值矩陣在各階數中所對應的隨機指標，其中階數 1 至 11 的隨機指標值係以樣本 500 個所求得，階數 12~15 的隨機指標值係以樣本 100 個所求得。

表 4. 正倒值矩陣在各階數下所對應的隨機指標

階數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

資料來源：[33]

本研究階數為 3，經查表得知 R.I. 值為 0.58；一致性比率 (consistency ratio, C.R.)=C.I./R.I.

(4) 反復使用 EXCEL 軟體計算各主要(子)方面的權重，並排列重要性的順序。

AHP 方法主要內容為：將複雜問題的評量予以結構化，建立層級結構；設定各問題之評比尺度，並建立成對比較矩陣；計算各問題之相對權數；檢定一致性；選定符合一致性檢定之資料進行各層級及整體層級權重計算，最後決定各要素或方案之優先順序。

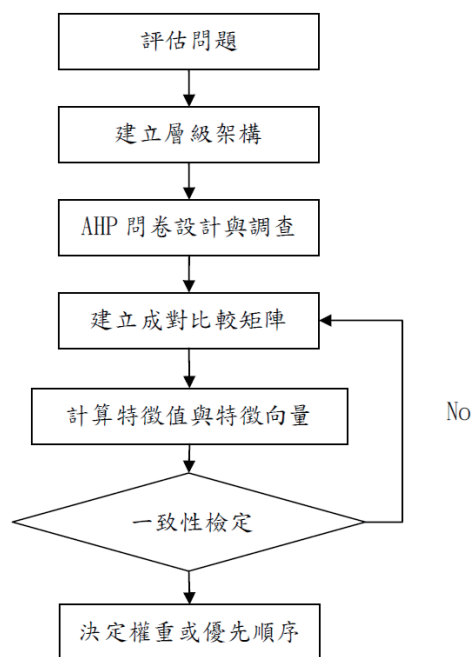


圖 1. 層級分析法執行流程

資料來源：張立立(2000)

肆、研究結果

一、問卷回收結果(組織管理面)

團隊合作 38 票、良好的溝通 37 票、最高管理層的支持 36 票、領導 33 票、足夠的資源 32 票、員工培訓 29 票、客戶鏈接 28 票、組織(管理)文化 28 票、供應商鏈接 27 票、績效評估系統 17 票。

(一)問卷依據李克特五等量表設計，按照重要度排序，認為很重要的前六項，分別為：

表 5. 組織管理面重要度前六項

團隊合作	良好的溝通	最高管理層的支持	領導	足夠的資源	員工培訓
38	37	36	33	32	29

二、問卷回收結果(工具手法面)

消除七大浪費 30 票、快速換線 27 票、少人化與小批量生產 27 票、目視管理與防呆措施 26 票、IE 動作研究與生產線平衡 23 票、預防性維護(TPM) 23 票、持續改善 21 票、儲位管理與倉儲管理 20 票、精實問題解決方法+QC 七大手法 20 票、拉動式生產 19 票、每日生產量管理 16 票、U 形線與站立作業及做搬分離 13 票。

(二)問卷依據李克特五等量表設計，按照重要度排序，認為很重要的前六項，分別為：

表 6. 工具手法面重要度前六項

消除七大浪費	快速換線	少人化與小批量生產	目視管理與防呆措施	IE 動作研究與生產線平衡	預防性維護 (TPM)
30	27	27	26	23	23

問卷相關數據：

性別分布：男生 43 人，女生 18 人；

年資分布：1~3 年 11 人，3 年以上~6 年 10 人，6 年以上~9 年 4 人，9 年以上 36 人；

職位分布：基層幹部 28 人，中階幹部 21 人，高層幹部 12 人

三、信度與效度分析

依照問卷屬地，區分為台灣與大陸二地，運用 SPSS 29.0 軟體分別就工具面和管理面進行信度與效度的分析。

(1)信度分析：

本研究問卷之 Cronbach's α 值：台灣工具面問卷為 0.957、大陸工具面問卷為 0.946、台灣管理面問卷為 0.951、大陸管理面問卷為 0.945；故本研究信度分析之 $\alpha > 0.70$ ，即本研究問卷題目之信度為高信度，表示問卷可接受。

(信度分析結果如表 7-表 10)

表 7. 台灣工具面問卷信度分析

觀察值處理摘要

		數目	%
觀察值	有效	20	100.0
	已排除 ^a	0	.0
	總計	20	100.0

a. 根據程序中的所有變數成批刪除。

可靠性統計量

Cronbach's Alpha	以標準化項目為準的	
	Cronbach's Alpha 值	項目數
.957	.959	12

表 8. 大陸工具面問卷信度分析

觀察值處理摘要

		數目	%
觀察值	有效	29	100.0
	已排除 ^a	0	.0
總計		29	100.0

a. 根據程序中的所有變數成批刪除。

可靠性統計量

Cronbach's Alpha	以標準化項目為 準的	項目數
	Cronbach's Alpha 值	
.946	.947	12

表 9. 台灣管理面問卷信度分析

觀察值處理摘要

		數目	%
觀察值	有效	20	100.0
	已排除 ^a	0	.0
總計		20	100.0

a. 根據程序中的所有變數成批刪除。

可靠性統計量

Cronbach's Alpha	以標準化項目為 準的	項目數
	Cronbach's Alpha 值	
.951	.953	10

表 10. 大陸管理面問卷信度分析

觀察值處理摘要

		數目	%
觀察值	有效	29	100.0
	已排除 ^a	0	.0
總計		29	100.0

a. 根據程序中的所有變數成批刪除。

可靠性統計量

Cronbach's Alpha	以標準化項目為 準的	項目數
	Cronbach's Alpha 值	
.945	.947	10

(2)效度分析：

根據[18]的指出，當 KMO 值小於 0.5 時將不適合進行因素分析，本研究的問卷分析皆大於 0.5，且經過 Bartlett 球形檢定，各構面皆具顯著性(<0.05)，因此，本研究之問卷有一定的效度，具有參考的價值。(效度分析結果如表 11-表 14)

表 11. 台灣工具面問卷效度分析

KMO 與 Bartlett 檢定

Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數。	.806	
Bartlett 的球形檢定	近似卡方檢定	239.705
	自由度	66
	顯著性	<.001

表 12. 大陸工具面問卷效度分析

KMO 與 Bartlett 檢定

Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數。	.852	
Bartlett 的球形檢定	近似卡方檢定	279.050
	自由度	66
	顯著性	<.001

表 13. 台灣管理面問卷效度分析

KMO 與 Bartlett 檢定

Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數。	.715	
Bartlett 的球形檢定	近似卡方檢定	219.477
	自由度	45
	顯著性	<.001

表 14. 大陸管理面問卷效度分析

Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數。	.863
Bartlett 的球形檢定	近似卡方檢定
	296.186
	自由度
	45
	顯著性
	<.001

四、數據分析

將先前按照李克特五等量表設計之問卷所收集到結果，為符合 AHP 要求的階層不超過七個要素為原則；選取前六項再請高層主管進行層級分析兩兩相對比較，進行 AHP 層級分析研究，以找出關鍵因素，提供中小企業作為導入精實生產的參考。

步驟一、建立 AHP 架構圖

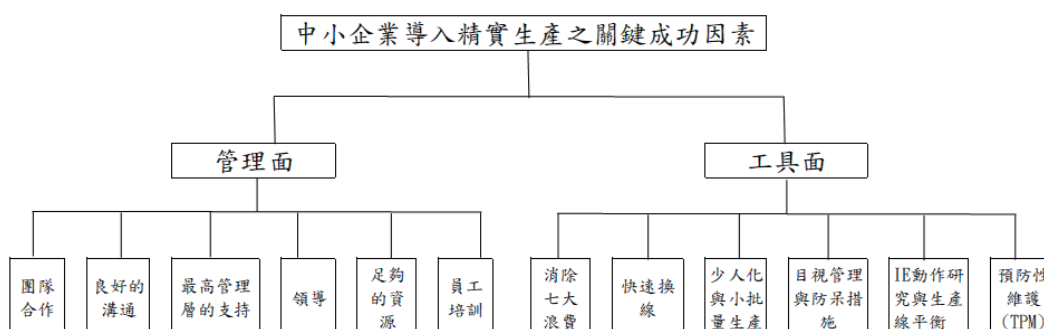


圖 2. AHP 架構圖

(一)組織管理面

1.團隊合作 38 票、2.良好的溝通 37 票、3.最高管理層的支持 36 票、4.領導 33 票、5.足夠的資源 32 票、6.員工培訓 29 票，等六項。

(二)工具手法面

1.消除七大浪費 30 票、2.快速換線 27 票、3.少人化與小批量生產 27 票、4.目視管理與防呆措施 26 票、5.IE 動作研究與生產線平衡 23 票、6.預防性維護 (TPM)23 票，等六項。

步驟二、AHP 問卷設計及選定調查的專家

表 15. 以原先五等量表調查的 12 位高階主管當成 AHP 的專家

	性別	數量	年資	數量	職位	數量
TW 29 位問卷	男生	17	1~3 年	0	基層幹部	7
	女生	12	3~6 年	1	中階幹部	13
			6~9 年	2	高層	9
			9 年以上	26		
大陸大峽谷 32 位問卷	男生	26	1~3 年	11	基層幹部	21
	女生	6	3~6 年	9	中階幹部	8
			6~9 年	2	高層幹部	3
			9 年以上	10		

(一)針對組織管理面進行 AHP 分析

表 16 組織管理面之 AHP 問卷，表 17 組織管理面之成對比較矩陣，表 18 組織管理面之特徵向量，表 19 組織管理面之特徵值 (相關表格請參閱附錄)

表 20. 求組織管理面 C.I. 與 C.R. 一致性

特徵值/特徵向量

團隊合作	1.10	
良好的溝通	0.91	
最高管理層的支持	0.93	
領導	0.87	
足夠的資源	1.04	
員工培訓	1.18	
加總	6.03	
平均	1.01	
一致性指標(consistency index, C.I.) $C.I. = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$	0.0069	≤ 0.1 代表一致性 OK
一致性比率(consistency ratio, C.R.) $C.R. = C.I./R.I.$	$0.0069/0.58=0.01189$	≤ 0.1 代表一致性 OK

針對組織管理面因素，由 AHP 層級分析法，分析後的重要性順序為：

1. 團隊合作、
2. 領導、
3. 良好的溝通、
4. 最高管理層的支持、
5. 足夠的資源、
6. 員工培訓。

(二)針對工具手法面進行 AHP 分析

表 21 工具手法面之 AHP 問卷，表 22 工具手法面之成對比較矩陣，表 23 工具手法面之特徵向量，表 24 工具手法面之特徵值（相關表格請參閱附錄）。表 25. 求工具手法面 C.I.與 C.R.一致性

特徵值/特徵向量

消除七大浪費	1.16	
目視管理與防呆措施	0.85	
持續改善	0.78	
每日生產量管理	0.84	
IE 動作研究與生產線平衡	1.03	
預防性維護 (TPM)	1.37	
加總	6.03	
平均	1.00	
一致性指標(consistency index, C.I.) $C.I. = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$	0.0052	≤ 0.1 代表一致性 OK
一致性比率(consistency ratio, C.R.) $C.R. = C.I./R.I.$	$0.0052/0.58=0.0089$	≤ 0.1 代表一致性 OK

針對工具手法面因素，由 AHP 層級分析法，分析後的重要性順序為：1.消除七大浪費、2.快速換線、3.少人化與小批量生產、4.目視管理與防呆措施、5.IE 動作研究與生產線平衡、6.預防性維護。

伍、結論與建議

一、結論

(一)針對組織管理面因素，由 AHP 層級分析法分析後的重要性順序為：1.團隊合作、2.領導、3.良好的溝通、4.最高管理層的支持、5.足夠的資源、6.員工培訓。

(二)針對工具手法面因素，由 AHP 層級分析法分析後的重要性順序為：1.消除七大浪費、2.快速換線、3.少人化與小批量生產、4.目視管理與防呆措施、5.IE 動作研究與生產線平衡、6.預防性維護。

二、本研究與其他精實生產相似研究之差異

(一)二者最大差異在於其他研究著重於硬實力(工具手法面)，本研究更重視軟實力(組織管理面)，參照多篇來自不一樣主題的文獻探討中，得到共通的議題是：導入一個新的系統，必須關注團隊運作與組織發展，絕對不是只著重在單一的技能或知識，領導能力與個人之自我特質與動機，占了更重要的決勝關鍵。

諸多研究指出，導入精實生產可以提升組織績效，但也遇到很多失敗案例，分析失敗的原因，可以得知企業往往在意的是知識與技能，卻忽略掉更多的激勵因子與領導，提醒企業須關注職能冰山理論，水面以下的態度。



圖 3. 職能冰山模型 Spencer & Spencer 1993

(資料來源：<https://tw.cyberlink.com/stat/ehrd/cht/article/2009/Sep.jsp>)

[36]依 Freud 提出的冰山模型將職能分兩種屬性，如圖所示，一種是外顯特質的，顯而易見，技巧知識是能夠透過後天學習發展的，是為完成工作的基本條件；另一種則是內隱特質的，內在隱藏的部分，自我概念、特質與動機，是先天不易發展，但這樣的特質，卻是獲得成功的必要特質。

(二)回顧多篇相似文獻之研究，雖然都有找出很寶貴的方法，但是並沒有針對重要度排序，本研究最大的貢獻在於，整理出中小企業在導入精實管理系統時，可以優先掌握的工具手法；而在於領導方面，必須注意哪些重要的管理職能，軟實力與硬實力相輔相成之下，協助企業在投入資源時，更能夠順利成功以及看到成效。

三、本研究總結之建議

組織進行流程再造或創新時，必須關注全職能發展：除了專業職能以外，同時還須關注各職位的通用與管理職能，特別是領導力，主管人員能夠激發與誘導所屬人員從自我內心出發，願意接受新的挑戰與學習，才能夠真正達到組織創新，塑造一個基業長青的高績效團隊。

豐田生產系統更深層的意涵：「人」與「文化」才是成敗的關鍵。可參考精實管理的代表公司：豐田汽車，了解其精神的核心關鍵：「豐田文化-複製豐田 DNA 的核心關鍵」[7]

第一部 什麼是豐田文化？

人員是豐田模式的核心與靈魂。在豐田生產制度中，核心支柱是「即時生產」與「自働化」，這兩者都是技術概念，這兩大支柱的基礎強調透過標準化流程和預防性維修來達成生產作業的穩定性。而豐田生產制度架構屋的中心是人員，但在其他公司實行的精實制度，多數只著重用以去除流程中浪費情形的工具，忽略了人員的部分。

第二部 優質人力價值流程

探討核心能力價值流程的四個階段：吸引、培育、投入、激發。公司必須吸引有適當素質的人員，以使他們能被社會化而融入豐田模式；必須培育他們，使他們能有能力執行被指派的工作；必須使他們投入於持續改善的工作。

在人力價值流程的最後一個階段，目標是激發人員對公司及公司價值觀的高度忠誠，使豐田模式成為他們在思考與行為時的自然準則。當員工理所當然地認為豐田模式就是正確的做事方法時，自然就能形成凝聚的文化。

四、限制與未來研究方向

(一)限制

本研究僅限於台灣及大陸地區之製造業的中小企業，尚不足以代表研究結果適用於所有產業及不同文化的國家。

(二)未來研究方向

目前回顧的文獻，幾乎都在談理論的調查，較少有實際做法的研究，建議後續可以針對實際做法做深入探討，針對組織管理面及工具手法面，做一實質發展，整理出實際可行之方案，將研究結果提供給有需要的企業引用，協助企業能夠更順利導入精實生產系統，發揮研究的真正價值。

參考文獻

一、書籍：

- [1] 台灣經濟部中小企業處，2021 年中小企業白皮書
<https://www.moeasmea.gov.tw/list-tw-2345>
- [2] 台灣經濟部中小企業處 01 中小企業家數一按行業別
<https://www.moeasmea.gov.tw/article-tw-2344-7063>
- [3] [3] 維基百科精實生產
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B2%BE%E7%9B%8A%E7%94%9F%E7%94%A2>
- [4] (美)沃麥克，(英)瓊斯，(美)魯斯改變世界的機器：精實生產之道；
ISBN:9787111494676 機械工業出版社(2015)
- [5] (美)杰弗瑞·萊克(Jeffrey Liker)豐田模式：精實製造的 14 項管理原則；
ISBN:978-7-111-52372-7 機械工業出版社(2016)
- [6] (美)詹姆斯 P. 沃麥克，(英)丹尼爾 T. 瓊斯，精實思想(白金版)Lean Thinking；
ISBN:978-7-111-51071-0 機械工業出版社(2015)
- [7] 傑弗瑞·萊克、麥克·豪瑟斯，譯者：李芳齡，豐田文化-複製豐田 DNA 的核心關鍵 The Toyota Culture: The Heart and Soul of the Toyota Way 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司(2008)

二、期刊論文：

- [8] ^{1,2}A.N.M. Rose, ¹B.M. Deros and ¹M.N.A. Rahman (2014) *Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Automotive Industry*, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 8(10): 1191-1200
- [9] (Angra et al., 2008; Flynn and Jacobs, 1987). as cited in Pamela Danese, Pietro Romano, Thomas Bortolotti (2011)*JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects*, Industrial Management & Data Systems Vol. 112 No. 3, 2012 pp. 441-465
- [10] Asadabadi, M. R., Chang, E., & Saberi, M. (2019). *Are MCDM methods useful? A critical review of analytic hierarchy process (AHP) and analytic network process (ANP)*. Cogent Engineering, 6(1), 1623153.
- [11] Brady and Allen (2006). as cited in Torbjørn H. Netland* (2015) *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies*, 2-9, International Journal of Production Research, 2016
- [12] (Brown and Mitchell, 1991). Cua et al. (2001). (Furlan et al., 2010). (Koh et al., 2007; Lamming, 1993). (Mackelprang and Nair, 2010; Motwani, 2003). (Mistry, 2005; Kaynak, 2002). (Sakakibara et al., 1993; Mehra and Inman, 1992). (Sakakibara et al., 1993). (McIntosh et al., 2000; Shingo, 1985). (Monden, 1981). (Motwani, 2003; Griffiths et al., 2000). (Sakakibara et al., 1997). Sakakibara et al. (1997, p. 1247). as cited in Pamela Danese, Pietro Romano, Thomas Bortolotti (2011) *JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects*, Industrial Management & Data Systems Vol. 112 No. 3, 2012 pp. 441-465
- [13] (Crawford、Blackstone and Cox 1988). as cited in Sadao Sakakibara, Barbara B. Flynn, and Roger G. Schroeder (1993) *A Frame-work and Measurement Instrument for Just-in-Time Manufacturing**, Production and Operations Management JIT Society, 177-184.
- [14] Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., Owusu, E. K., Pärn, E., & Edwards, D. J. (2019). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. International journal of construction management, 19(5), 436-452.
- [15] Dayal S. Prasad . Rudra P. Pradhan . Kunal Gaurav . Partha P. Chatterjee . In derpal Kaur . Saurav Dash . Sagar Nayak (2018) *Analysing the critical success factors for implementation of sustainable supply chain management: an Indian case study*, Indian Institute of Management Calcutta 2017, 7-15.
- [16] Im and Lee (1989) and Voss and Robinson (1987). as cited in Sadao Sakakibara, Barbara B. Flynn, and Roger G. Schroeder (1993) *A Frame-work and Measurement Instrument for Just-in-Time Manufacturing**, Production and Operations Management JIT Society, 177-184.
- [17] Inman and Mehra (1990). as cited in Sadao Sakakibara, Barbara B. Flynn, and Roger G. Schroeder (1993) *A Frame-work and Measurement Instrument for Just-in-Time Manufacturing**, Production and Operations Management JIT Society, 177-184.
- [18] Kaiser, H. F.(1974), *An index of factorial simplicity*. Psychometrika, 39, 31-36.
- [19] Kimura and Terada (1981).as cited in Sadao Sakakibara, Barbara B. Flynn, and Roger G. Schroeder (1993) *A Frame-work and Measurement Instrument for Just-in-Time Manufacturing**, Production and Operations Management JIT Society, 177-184.
- [20] (Kotter 1995; Beer and Nohria 2001; Aiken and Keller 2009). as cited in *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies* . International Journal of Production Research, 2016.
- [21] (Kumar and Anthony,2008; Motwani, 2003; Rose et al., 2013). as cited in ^{1,2}A.N.M. Rose, ¹B.M. Deros and ¹M.N.A. Rahman (2014) *Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Automotive Industry*, Research Journal of

- Applied Sciences, Engineering and Technology 8(10): 1191-1200
- [22] (Laureani and Antony, 2018).as cited in Mohammad Alnadi and Patrick McLaughlin (2021) *Critical success factors of Lean Six Sigma from leaders' perspective*, International Journal of Lean Six Sigma Vol. pp. 1073-1088.
- [23] Louis Chin,Db a and Bonnie A. Rafuse(1993) *A Small Manufacture Adds JIT Techniques to MRP**, PRODUCTION AND INVENTORY MANAGEMENT JOURNAL -Fourth Quarter, 1993, 19-20.
- [24] (Lucey,Bateman, and Hines 2005; Pay 2008; Schonberger 2008). as cited in *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies* . International Journal of Production Research, 2016, 1.
- [25] Manoj Dora, Maneesh Kumar & Xavier Gellynck (2015) *Determinants and barriers to lean implementation in food-processing SMEs – a multiple case analysis*, Production Planning & Control, 2016, 4-6.
- [26] Marodin and Saurin (2013). as cited in Torbjørn H. Netland* (2015) *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies*, International Journal of Production Research, 2016, 2-9.
- [27] Mohammad Alnadi and Patrick McLaughlin (2021) *Critical success factors of Lean Six Sigma from leaders' perspective*, International Journal of Lean Six Sigma Vol. pp. 1073-1088
- [28] (Narasimhan et al.,2006; Flynn et al., 1995). as cited in Pamela Danese, Pietro Romano, Thomas Bortolotti (2011)*JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects*, Industrial Management & Data Systems Vol. 112 No. 3, 2012 pp. 441-465
- [29] Nitin, Dinesh, and Paul (2011). as cited in Torbjørn H. Netland* (2015) *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies*, International Journal of Production Research, 2016, 2-9.
- [30] Pamela Danese , Pietro Romano and Thomas Bortolotti (2011) *JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects*, , Industrial Management & Data Systems Vol. 112 No. 3, 2012 pp. 441-465
- [31] Pravin Kumar¹ · Rajesh Kr Singh² (2020) *Application of Industry 4.0 technologies for effective coordination in humanitarian supply chains: a strategic approach*, Annals of Operations Research, 2020, 10-14.
- [32] Sadao Sakakibara, Barbara B. Flynn, and Roger G. Schroeder (1993) *A Framework and Measurement Instrument for Just-in-Time Manufacturing**. Production and Operations Manageme JIT Society, 177-184.
- [33] Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- [34] Shah and Ward 2007. as cited in Manoj Dora, Maneesh Kumar & Xavier Gellynck (2015) *Determinants and barriers to lean implementation in food-processing SMEs – a multiple case analysis*, Production Planning & Control, 2016, 4-6.
- [35] Sila and Ebrahimpour (2003). as cited in Torbjørn H. Netland* (2015) *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies*, International Journal of Production Research, 2016, 2-9.
- [36] Spencer, L. & Spencer, S. (1993). *Competence at Work: Models for Superior Performance*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [37] Thomas Bortolotti¹⁺, Pamela Danese² and Pietro Romano³ (2011) *Just in Time – performance link: The moderating role of demand variability*, International Conference on E-business, Management and Economics IPEDR Vol.25 (2011), 92-94.
- [38] Thomas Bortolotti^a, StefaniaBoscari^b, PamelaDanese^{b,*} (2014) *Successful lean implementation:Organizational culture and soft lean practices*, Int. J.Production Economics 160(2015),182–201.

- [39] Torbjørn H. Netland* (2015) *Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies*, International Journal of Production Research, 2016, 2-9.
- [40] (Upton, 1998). as cited in Pamela Danese, Pietro Romano, Thomas Bortolotti (2011) *JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects*, Industrial Management & Data Systems Vol. 112 No. 3, 2012 pp. 441-465
- [41] Wilfred H. Knola,^{b*} Jannes Slomp^b, Roel L.J. Schoutetena and Kristina Lauchea(2018) *Implementing lean practices in manufacturing SMEs: testing 'critical success factors' using Necessary Condition Analysis* International Journal of Production Research, 2018, 5-6.
- [42] (Yasin et al., 2004). as cited in ^{1,2}A.N.M. Rose, ¹B.M. Deros and ¹M.N.A. Rahman (2014) *Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Automotive Industry*, 1191-1200

Research on the key success factors of SMEs in introducing lean production

Ping-Yuan Kuo^{2*} Rong-Ho Lin²

^{1*} PhD Student, Department of National Taipei University of Technology

² National Taipei University of Technology, Professor

Abstract

Purpose:

This paper analyzes the difficulties encountered by Taiwan small and medium-sized enterprises in introducing the lean production system and the key success factors of this system. Because SMEs play a pivotal role in Taiwan's economy, the key success factors for both management and technical aspects were sorted out by the AHP analysis method. Through relevant questionnaires, data collection and statistical analysis methods, The key success factors derived from the research results are provided to enterprises that are seeking to reverse their operations, so as to improve the enterprise's constitution to a comprehensive improvement in order to cope with the challenges of the ever-changing external environment.

Research methods:

The questionnaire is designed in the way of Likert five-level scale; the top six items with the highest votes in the questionnaire, and then data analysis is carried out: the analysis of hierarchy process (AHP) is used to verify the consistency of the samples, and the importance of the key success factors to be introduced into the lean production system is found out. sort.

Findings:

The important factors of the first six items are investigated by the Likert five-level scale:

Organization and management:

1. Teamwork, 2. Good communication, 3. Support from top management, 4. Leadership, 5. Sufficient resources, 6. Staff training, etc.

* Corresponding author
E-mail: peterbest666@gmail.com

Tool approach:

1. Elimination of seven major wastes, 2. Visual management and fool-proof measures, 3. Continuous improvement, 4. Daily production volume management, 5. IE action research and production line balance, 6. Preventive maintenance (TPM), and other six items .

Finally, the C.I. value of the organizational management plane is verified by the Analytic Hierarchy Process (AHP): $0.0069 \leq 0.1$, which means the consistency is OK.

The C.I. value of the verification tool face is: $0.0052 \leq 0.1$, which means the consistency is OK.

Practical meaning:

Through statistical technology, the importance of many influencing factors is sorted out, which is a reference for enterprises to implement lean production management system.

Originality/Value:

The value of this research: When many organizations introduce lean production, most of them focus on tools and techniques, but often the introduction is not smooth, or conflicts with the organization's original operation mode, and finally, the original mass production mode is restored; The greatest value of this study is to help you explore the key success factors. In addition to the skills of tools and techniques, it is more important that in the aspect of organizational management, especially leadership, supervisors must motivate and induce their employees to start from their own hearts , willing to accept new challenges and learning, only then can we truly achieve organizational innovation and build a high-performance team with a long-term foundation.

Keywords: Toyota production system, Lean production, Corporate process reengineering, Leadership and Communication, Key Success Factors.

附錄

(一)針對組織管理面進行 AHP 分析：

表 16. 組織管理面之 AHP 問卷

		極重要																		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8			9
1	團隊合作																		良好的溝通	2
1	團隊合作																		最高管理層的支持	3
1	團隊合作																		領導	4
1	團隊合作																		足夠的資源	5
1	團隊合作																		員工培訓	6
2	良好的溝通																		最高管理層的支持	3
2	良好的溝通																		領導	4
2	良好的溝通																		足夠的資源	5
2	良好的溝通																		員工培訓	6
3	最高管理層的支持																		領導	4
3	最高管理層的支持																		足夠的資源	5
3	最高管理層的支持																		員工培訓	6
4	領導																		足夠的資源	5
4	領導																		員工培訓	6
5	足夠的資源																		員工培訓	6

表 17. 組織管理面之成對比較矩陣

	團隊合作	良好的溝通	最高管理層的支持	領導	足夠的資源	員工培訓
團隊合作	1.00	3.38	3.44	1.01	5.14	3.59
良好的溝通	0.30	1.00	2.39	0.52	4.43	3.65
最高管理層的支持	0.30	0.42	1.00	0.83	4.29	3.41
領導	0.30	0.42	1.20	1.00	6.00	5.00
足夠的資源	0.30	0.42	1.20	0.17	1.00	2.34
員工培訓	0.30	0.42	1.20	0.17	0.43	1.00
合計	2.48	6.05	10.44	3.69	21.29	18.99

表 18. 組織管理面之特徵向量

	團隊合作	良好的溝通	最高管理層的支持	領導	足夠的資源	員工培訓	總和	平均
團隊合作	0.40	0.56	0.33	0.27	0.24	0.19	2.00	0.33
良好的溝通	0.12	0.17	0.23	0.14	0.21	0.19	1.05	0.18
最高管理層的支持	0.12	0.07	0.10	0.22	0.20	0.18	0.89	0.15
領導	0.12	0.07	0.12	0.27	0.28	0.26	1.12	0.19
足夠的資源	0.12	0.07	0.12	0.05	0.05	0.12	0.52	0.09
員工培訓	0.12	0.07	0.12	0.05	0.02	0.05	0.42	0.07

表 19. 組織管理面之特徵值

	團隊合作	良好的溝通	最高管理層的支持	領導	足夠的資源	員工培訓	總和
團隊合作	0.13	0.10	0.05	0.05	0.02	0.01	0.37
良好的溝通	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.16
最高管理層的支持	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.14
領導	0.04	0.01	0.02	0.05	0.02	0.02	0.16
足夠的資源	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.09
員工培訓	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.08

表 20. 求組織管理面 C.I.與 C.R.一致性

特徵值/特徵向量

團隊合作	1.10	
良好的溝通	0.91	
最高管理層的支持	0.93	
領導	0.87	
足夠的資源	1.04	
員工培訓	1.18	
加總	6.03	
平均	1.01	
一致性指標(consistency index, C.I.) $C.I. = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$	0.0069	≤ 0.1 代表一致性 OK
一致性比率(consistency ratio, C.R.) $C.R. = C.I./R.I.$	$0.0069/0.58=0.01189$	≤ 0.1 代表一致性 OK

針對組織管理面因素，由 AHP 層級分析法，分析後的重要性順序為：

1. 團隊合作、
2. 領導、
3. 良好的溝通、
4. 最高管理層的支持、
5. 足夠的資源、
6. 員工培訓。

(二)針對工具手法面進行 AHP 分析：

表 21. 工具手法面之 AHP 問卷

		極重要																極重要		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8			9
1	消除七大浪費																		快速換線	2
1	消除七大浪費																		少人化與小批量生產	3
1	消除七大浪費																		目視管理與防呆措施	4
1	消除七大浪費																		IE 動作研究與生產線平衡	5
1	消除七大浪費																		預防性維護 (TPM)	6
2	快速換線																		少人化與小批量生產	3
2	快速換線																		目視管理與防呆措施	4
2	快速換線																		IE 動作研究與生產線平衡	5
2	快速換線																		預防性維護 (TPM)	6
3	少人化與小批量生產																		目視管理與防呆措施	4

3	少人化與小批量生產																	IE 動作研究與生產線平衡	5
3	少人化與小批量生產																	預防性維護 (TPM)	6
4	目視管理與防呆措施																IE 動作研究與生產線平衡	5	
4	目視管理與防呆措施																預防性維護 (TPM)	6	
5	IE 動作研究與生產線平衡																預防性維護 (TPM)	6	

表 22. 工具手法面之成對比較矩陣

	消除七大浪費	目視管理與防呆措施	少人化與小批量生產	目視管理與防呆措施	IE 動作研究與生產線平衡	預防性維護 (TPM)
消除七大浪費	1.00	4.55	4.15	4.43	4.77	4.59
快速換線	0.22	1.00	3.36	3.22	3.75	3.68
少人化與小批量生產	0.22	0.30	1.00	3.97	3.41	3.28
目視管理與防呆措施	0.22	0.30	0.25	1.00	3.11	3.01
IE 動作研究與生產線平衡	0.22	0.30	0.25	0.32	1.00	2.75
預防性維護 (TPM)	0.22	0.30	0.25	0.32	0.36	1.00
合計	2.10	6.74	9.27	13.26	16.40	18.31

表 23. 工具手法面之特徵向量

	消除七大浪費	目視管理與防呆措施	少人化與小批量生產	目視管理與防呆措施	IE 動作研究與生產線平衡	預防性維護 (TPM)	總和	平均
消除七大浪費	0.48	0.68	0.45	0.33	0.29	0.25	2.47	0.41
快速換線	0.10	0.15	0.36	0.24	0.23	0.20	1.29	0.21
少人化與小批量生產	0.10	0.04	0.11	0.30	0.21	0.18	0.94	0.16
目視管理與防呆措施	0.10	0.04	0.03	0.08	0.19	0.16	0.61	0.10
IE 動作研究與生產線平衡	0.10	0.04	0.03	0.02	0.06	0.15	0.41	0.07
預防性維護 (TPM)	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.28	0.05

表 24. 工具手法面之特徵值

	消除七大浪費	快速換線	少人化與小批量生產	目視管理與防呆措施	IE 動作研究與生產線平衡	預防性維護 (TPM)	總和
消除七大浪費	0.20	0.14	0.07	0.03	0.02	0.01	0.48
快速換線	0.04	0.03	0.06	0.02	0.02	0.01	0.18
少人化與小批量生產	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.12
目視管理與防呆措施	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.09
IE 動作研究與生產線平衡	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07
預防性維護 (TPM)	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06

表 25. 求工具手法面 C.I.與 C.R.一致性

特徵值/特徵向量

消除七大浪費	1.16	
目視管理與防呆措施	0.85	
持續改善	0.78	
每日生產量管理	0.84	
IE 動作研究與生產線平衡	1.03	
預防性維護 (TPM)	1.37	
加總	6.03	
平均	1.00	
一致性指標(consistency index, C.I.) $C.I. = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$	0.0052	≤ 0.1 代表一致性 OK
一致性比率(consistency ratio, C.R.) $C.R. = C.I./R.I.$	$0.0052/0.58=0.0089$	≤ 0.1 代表一致性 OK

針對工具手法面因素，由 AHP 層級分析法，分析後的重要性順序為：

- 1.消除七大浪費、2.快速換線、3.少人化與小批量生產、4.目視管理與防呆措施、
- 5.IE 動作研究與生產線平衡、6.預防性維護(TPM)。

企業社會責任投資績效研究—以臺灣公司治理100指數為樣本

林子嫣*

國立勤益科技大學 工業工程與管理系

摘要

本文以2015年至2018年之「臺灣公司治理100指數」成分股為樣本，首先以「事件研究法」檢定臺灣證券交易所公布臺灣公司治理100指數成分股，實證結果發現臺灣公司治理100指數成分股在發布日前後7天呈現顯著的超額報酬。

其次將臺灣公司治理100指數成分股一般產業，依據Piotroski提出之財務指標F-SCORE為架構建立新的投資組合，並使用夏普與崔納指數考量風險，探討高財務指標且公司治理良好之成分股能創造更佳的投資組合績效。實證結果顯示臺灣公司治理100指數篩選出的「前25%治理100成分股」其投資組合績效優於「後25%治理100成分股」及「臺灣加權股價指數-剔除金融股」。以上顯示經過財務指標所篩選之公司，確實能創造更佳之投資報酬率。

關鍵字:臺灣公司治理100指數、事件研究法、F-SCORE、投資績效

* 通訊作者
E-mail:aa0938381667@gmail.com

壹、研究背景與動機

企業在追求永續發展之目標下，如何盡到企業社會責任(Corporate Social Responsibility，簡稱CSR)已成為全球趨勢，另在全球永續發展的趨勢下，環境、社會及公司治理(Environmental, Social, Governance，簡稱ESG)的概念也蓬勃發展，越來越多投資人將企業ESG表現納入投資決策中。「永續經營」是企業應該追求的大方向，CSR是永續經營的主要概念，ESG則是其中一種衡量指標，故CSR是一種大範圍，提出企業應善盡社會責任的目標，而ESG則是更具體的實踐方式，明確指出企業需要在環境保護、社會責任與公司治理中實踐永續價值，促使企業採取實際行動來達成環境友善的目標。[16,18]

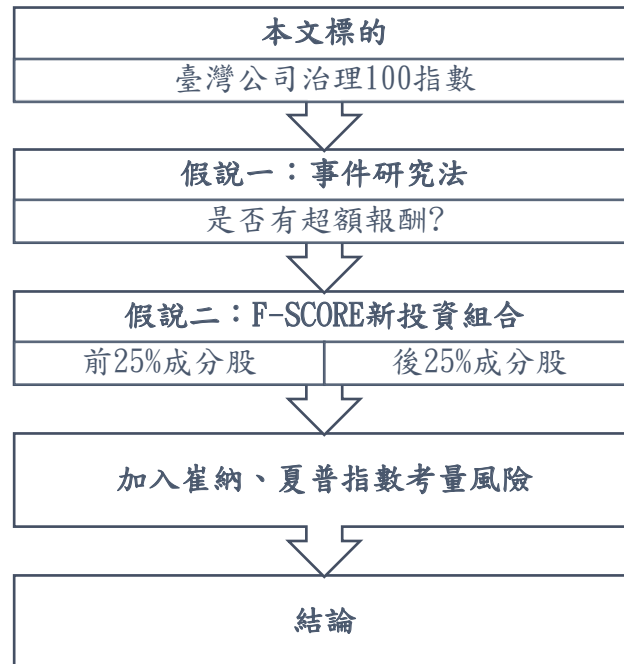
臺灣政府為推動企業注重社會責任之風氣，經濟部投資業務處自2002年開始積極協助我國企業導入CSR導向之經營策略，行政院金融監督管理委員會亦陸續修訂企業社會責任揭露之規範，並於2010年責成臺灣證券交易所股份有限公司及財團法人中華民國證券櫃檯買賣中心發布「上市上櫃公司企業社會責任實務守則」及「上市上櫃公司誠信經營守則」，以引導臺灣上市櫃公司能夠實踐企業社會責任並落實誠信經營，而在這股推動CSR之風潮中，如何提升我國公司治理的水準(如：股東權益之維護、股東平等對待、董事會結構與運作、資訊透明度與利害關係人利益之維護與企業社會責任等)，是首要任務。此外，為了推動上市公司重視公司治理以達成企業永續發展、善盡企業社會責任，進而使證券市場健全發展，2015年6月29日更推出了「臺灣公司治理100指數」，並每年持續更新。

臺灣公司治理100指數之採樣母體，含所有在證交所掛牌的上市公司(國內上市公司及外國企業第一上市公司，但TDR除外)，並以公司治理評鑑結果、流動性與財務指標篩選出成份股，希望吸引資金投入，鼓勵上市公司重視公司治理，而成份股每年7月份將重新篩選。

若公司治理程度與企業未來之績效有正面關係，則透過臺灣公司治理100指數成份股之公布，將傳達投資人，入選之企業的獲利盈餘會提升的訊息效果，則推薦之訊息公布對成份股股票將產生正面市場影響。因此，產生本文第一個研究動機，臺灣證券交易所推薦的臺灣治理100指數成份股，在訊息公布前後是否具有短期之超額報酬，以驗證其短期訊息效果。此外，對股市投資人而言，若臺灣公司治理100指數成份股代表有較佳之經營績效，則此些成份股是否也代表著好的投資標的。[3,5]

在所有臺灣公司治理100指數成份股的推薦中，如何再針對個別成份股之財務資訊以形成更佳投資組合，為本文所關心之議題。近年來許多投資組合策略都依據 Piotroski 提出之「F-SCORE」，以公司財務報表資訊之基本面分析所計得之積分，形成更佳投資組合，使投資者能夠獲得超額報酬。因

此本文第二個假說探究並預期在考慮臺灣證交所推薦的臺灣公司治理100指數成分股中，透過公司財務面F-SCORE之篩選，可取得更佳的投資組合。並探討使用高積分F-SCORE所挑選之臺灣公司治理100指數成分股，其新投資組合之報酬率，會優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」。^[26]



貳、文獻探討

一、企業社會責任與公司績效

Fama發現因外部董事常常亦擔任其他組織重要決策者，擁有專業知識且較內部董事公正客觀，監督更有效。Soloman and Hansen皆指出，企業履行社會責任帶來的顯著成本相對起來是極小的，且企業極有可能為此獲得相關利益。Brickley, Lease & Smith表示，大股東持股率高，會願意花費較多時間與成本監督企業經營，使公司績效提升。Hiliman and Keim則指出企業之利害關係人會觀察企業在履行社會責任的表現，進一步改善其與企業之間的關係，可增加企業的獲利。而劉昱菁檢驗臺灣獲得遠見企業社會責任獎之公司，實證結果發現得獎公司之風險、公司治理、財務結構及公司績效皆優於未得獎之企業。^[13,17,20,22,28]

二、公司內部治理與公司績效

柯承恩指出公司治理目的為建立適當機制，引導公司負責人及管理階層在追求自我利益的誘因下，對股東、債權人與其他利害關係人盡其責任。Denis也發現，建置適當公司治理機制，可有效降低經理人做出有損股東價值的行為。黃至敏也發現成長機會較高之公司，以董事會具有獨立性做為監督公司的治理機制，可以提高營運績效。陳建福進行分析，顯示當公司治理越佳、獨立董事人數比率、機構投資人持股比愈高，財務績效愈佳。相對的Shleifer and Vishny指出大多數的上市公司，因控制股東大多實際參與公司營運，而外部股東未參與，導致在資訊不對稱且基於自利動機情況下，管理當局將會做出不利外部股東之行為。黃任斌研究資產報酬率、逾期放款比率、股東權益報酬率、備抵呆帳覆蓋率及稅前淨利率是區別銀行發生危機的重要指標[6,7,8,9,10,19,27]

三、公司績效與投資績效

Ball and Brown首先提出會計盈餘資訊具有資訊意涵，財務比率所透露的訊息將會反映於股價上。Ou and Penman使用財務比率計算過去財務報表之資料，且能準確預測公司未來盈餘及股價的變動與走勢。Martikainen探討公司財務比率的分類與股票報酬率的關係，發現財務指標具有價格發現功能。Abarbanell and Bushee則運用12個財務指標預測未來盈餘變化之可能性。黃國彰提及，盈餘成長率為適用之長期指標，而盈餘成長率較高之公司有較高之報酬率也顯示出盈餘成長率具有解釋能力，且本益比及盈餘成長率可做為適合之選股指標。[11,14,15,23,25]

四、一般產業與 F-SCORE 模型

有關於探討投資組合績效文獻眾多，其中由Piotroski 利用財務會計變數形成評分指標所提出之F-SCORE投資組合策略，首先針對高淨值市價比的價值股票進行九項基本面評分，並合計九項之評分而得的總評分，發現得分愈高其投資組合會有超額報酬情況發生，是投資組合領域內被廣為討論之方法之一。而Mohanram參考F-SCORE後，修訂出新的指標G-SCORE，其與F-SCORE最大的不同在於，將產業差異因素納入考量；而沈孟軒也發現以總資產報酬率變動、營運淨現金流量、流動比率變動、現金增資與否、應計項目等指標來建立投資組合，會有超額報酬的情況發生。李美杏和丁聖祐提及資產結構會隨時間而變化，因此需及時改變投資組合權重之分配，才能創造最大效益之投資組合。[2,4,24,26]

五、企業社會責任與ESG

近年除了CSR議題的崛起，ESG更是的近期注重的議題。林育如採用「事件研究法」探討截至2021年底五檔熱門 ESG ETF及其成分股上市時之異常報酬，結果指出 ESG ETF 在上市日或上市日隔天有正異常報酬。何宛玲選取2015-2020年臺灣上市之金融保險業為樣本，採用臺灣經濟新報之ESG評估指標「TESG」，顯示ESG評分等級與ROA、ROE等均有正向顯著之影響，表示企業ESG表現越佳，其財務績效與公司價值也就越高。詹煒涵使用S&P Global ESG Scores衡量企業ESG表現，並採用G-Score從ESG篩選出具有投資價值的公司，發現結合G-Score之ESG投資策略是一個值得嘗試的選股方式。[1,5,12]

參、研究方法

本章內容主要分成四節，第一節說明臺灣公司治理100指數樣本期間與資料來源。第二節主要說明事件研究法。第三節說明 F-SCORE投資組合之建立。第四節說明投資組合績效指標。

一、樣本期間與資料來源

(一) 樣本期間

本文臺灣公司治理100指數樣本期間為2015年至2018年，共四個年度，成分股公布日分別為2015年6月29日、2016年7月19日、2017年7月18日以及2018年7月17日，又本文將持有臺灣公司治理100指數成分股計算其投資組合一年之報酬，因此資料來源增加自2014年至2019年，共六個年度。

(二) 研究樣本

本文樣本選自臺灣證券交易所於2015年6月29日首次公佈之「臺灣公司治理100指數」之100檔成分股，其中包括電子工業、金融保險業及非金融保險非電子工業三大類，其中電子工業囊括了55家、金融保險業有20家、其餘非金融保險非電子工業有25家，而於105年07月19日依照公司治理評鑑結果前20%為主要篩選條件，輔以流動性、三項財務指標(每股淨值不低於面額、稅後淨利排名以及營收成長率排名)等條件調整26間公司，2016年中由於兆豐金之子公司兆豐商銀紐約分行因防制洗錢遵循計畫未能有效執行，依據指數編製規則於同年11月10日自成分股中刪除，因此當年指數改由99間公司所組成，而2018年則因為日月光併購矽品，因此此年樣本也減少為99間。目前規定每年7月份將重新篩選一次，本文樣本涵蓋四次公布之成分股。樣本之財務資料來源為臺灣經濟新報(Taiwan Economic Journal, TEJ)。

二、事件研究法

本研究首先利用事件研究法，探討短期訊號效果，因而建立本文的第一個假說：

假說一：臺灣公司治理100指數成分股的推薦訊息可帶來正面市場影響

事件研究法之主要目的，係探討當某一事件或資訊發布時是否會引起股價的異常變動，即發生異常報酬率(abnormal returns;簡稱AR)，因此可以用來瞭解特定事件與市場證券價格是否有關聯性，是近代商學實證研究中，最廣泛應用的研究設計之一。事件研究法主要利用統計方法來檢定異常報酬率狀況，亦即檢定期望異常報酬率是否為零，虛無假設 $H_0: E(R_i | event) - E(R_i) = 0$ ，其中 $E(R_i | event)$ 與 $E(R_i)$ 分別代表有無事件發生之下的期望報酬率，藉以明瞭事件是否對股價造成影響。

(一)期間設定

估計期為根據特定期間 t_1 至 t_2 來建立預期模式，且估計期長度為 T 期($T=t_2-t_1+1$)。股票報酬率預期模式是以估計期建立之，預測可能會受到事件影響的事件期間(t_3 至 t_4)，而事件期為 W 期($W=t_4-t_3+1$)。在事件期中，再以實際報酬率減預期報酬率，即可得每一事件期受到事件影響所產生的異常報酬率。本文之事件日為四次之『臺灣公司治理100指數成分股公布日』。根據沈中華、李建然將估計期設定為事件期前100天，而事件期為事件日前一週至事件日後一週。[3]

(二)事件研究法之實證模型

1.實際報酬率模型

本研究以風險調整法(Risk-adjusted return model)來計算期望報酬率，以估計期資料利用普通最小平方法(Ordinary Least Square ;OLS)建立以下迴歸：

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

其中，

$R_{i,t}$ ：股票樣本 i 在第 t 日的實際報酬率；

$R_{m,t}$ ：市場投資組合在第 t 日的實際報酬率；

α_i 及 β_i ：迴歸模型參數； $\varepsilon_{i,t}$ ：第 t 日的殘差項；

i ：第 i 個股票樣本；

t ：估計期間內第 t 個交易日； t_1 ：估計期間首日； t_2 ：估計期間最終日。

ε_{it} 為誤差項且 $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2)$ 。經過最小平方法即可以得到估計值 $\hat{\alpha}$ 與 $\hat{\beta}$ ，因此事件期 E 期的預期報酬率為：

$$E(\hat{R}_{iE}) = \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i R_{mE} \quad (2)$$

2. 異常報酬率模型

以事件期的實際報酬率減去事件期的預期報酬率為異常報酬率，可分為平均異常報酬率 (Average Abnormal Returns, AR_E) 及累積異常報酬率 (Cumulative Average Abnormal Returns, CAR) 兩種，公式如下：

$$(1) \text{ 個股異常報酬率: } AR_{iE} = R_{iE} - E(\hat{R}_{iE}) \quad (3)$$

AR_{iE} = 股票樣本 i 在第 E 日之異常報酬率；

R_{iE} = 股票樣本 i 在 E 日之實際報酬率。

$$(2) \text{ 平均異常報酬率: } AAR_E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AR_{iE} \quad (4)$$

AAR_E = 所有公司在第 E 日，將異常報酬率予以平均求得平均異常報酬率。

$$(3) \text{ 累積平均異常報酬率: } CAR(\tau_1, \tau_2) = \sum_{E=\tau_1}^{\tau_2} AAR_E \quad (5)$$

$CAR(\tau_1, \tau_2)$ = $t_1 \sim t_2$ 之累積平均報酬率；

t_1 = 累積期首日；

t_2 = 累積期最終日

(三) 統計檢定方式

以事件研究法探討某事件對股價產生影響與否時，在求得異常報酬之後，須將事件期間內各期的異常報酬加以平均以及累加，再進一步檢定 AAR 及 CAR ，在結果顯著異於 0 之結論下，才能說明此訊息對股價有影響。

三、F-SCORE 投資組合之建立

本研究針對臺灣公司治理 100 指數成分股-一般產業，以 Piotroski 的 F-SCORE 財務分析指標作為架構，建構出高積分之股票市場的新投資組合，也依新投資組合績效評估本研究之新投資組合是否優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」，因而建立本文之第二假說：

假說二：臺灣公司治理 100 指數-一般產業成分股，經 F-SCORE 篩選之優良投資組合，投資報酬率能優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」。

而 F-SCORE 變數說明如下：

(一)總資產報酬率(ROA)：此比率為「稅後淨利除以平均資產總額」，是評估公司資產的獲利績效。若該年度 $ROA > 0$ ，則獲得1分。否則0分。

(二)總資產報酬率的變動(ΔROA)：此比率以該年度與去年度之資產報酬率變動幅度來評估公司的獲利能力是否提升。若 $\Delta ROA > 0$ ，則獲得1分。否則0分。

(三)營運活動現金流量佔平均資產總額之比(CFO)：此比率可衡量公司資產在本業營運上所賺取的現金流量，當 $CFO > 0$ ，則獲得1分。否則0分。

(四)應計科目(ACCRUAL)：Healy主張管理者以應計項目作為影響淨利之主要調整項目，並以繼續營業部門淨利與營運現金流量之差額來衡量盈餘品質的高低，若應計項目占盈餘比例愈高，代表盈餘品質愈差。根據此概念並輔以平均資產總額作為平減因子。若 $ACCRUAL < 0$ 時，則獲得1分。否則0分。[21]

(五)負債比率的變動($\Delta LEVER$)：負債比率為「負債總額除以資產總額」。當企業負債比率下降，將使企業之財務風險降低。負債比率的變動以該年度與去年度之負債比率變動幅度來評估公司的財務風險是否降低。若 $\Delta LEVER < 0$ ，則獲得1分。否則0分。

(六)流動比率的變動($\Delta LIQUID$)：流動比率為「流動資產除以流動負債」，是衡量公司短期償債能力指標是否改善之指標。流動比率的變動以該年度與去年度之流動比率變動幅度來評估公司的短期償債能力是否改善。若 $\Delta LIQUID > 0$ ，則獲得1分。否則0分。

(七)是否進行現金增資：現金增資一般被認為公司內部創造盈餘與現金之能力不足，或被管理當局視為目前股價被高估的訊號，屬負面消息。因此若當年未辦理現金增資，則獲得1分。否則0分。

(八)毛利率的變動($\Delta MARGIN$)：毛利率為「營業毛利除以營收淨額」，若毛利率逐年提升代表公司獲利狀況愈佳。毛利率的變動以該年度與去年度之毛利率變動幅度來評估公司之獲利狀況。若 $\Delta MARGIN > 0$ 時，則獲得1分。否則0分。

(九)總資產週轉率的變動($\Delta TURN$)：總資產週轉率為「營收淨額除以平均總

資產總額」，總資產週轉率愈高，代表公司的資產效益愈佳。總資產週轉率的變動以該年度與去年度之總資產週轉率變動幅度來評估公司之資產效益狀況。若 $\Delta\text{TURN} > 0$ ，則獲得 1 分。否則 0 分。

以上 9 個變數，若標的符合得 1 分，不符合則為 0 分。F-SCORE 最高分為 9 分，最低分為 0 分。針對評分結果中得分數最高之前 25%-一般企業成分股，建立更佳之投資組合，以檢驗「前 25%治理 100 成分股」之投資績效是否優於「後 25%治理 100 成分股」及「臺灣加權股價指數-剔除金融股」。各年得分參見附錄表 4-7「各投資期間臺灣公司治理 100 指數成份股 F-SCORE 得分之分配表」。[26]

四、投資組合績效指標

本文依F-SCORE財務分析指標建立臺灣公司治理100指數新投資組合後，以Sharpe及Treydor績效指標來檢定其績效是否各自優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」，投資組合績效指標說明如下：

(一) 夏普指數(Sharpe Ratio)

夏普指數是以1954年至1963年期間美國43支開放型基金為研究對象。研究發現基金的投資組合和市場的投資組合具有正相關，且基金績效不具有持續性。另外也發現基金績效與費用高低呈現負相關，因此認為共同基金具有高報酬是源自於較低的管理費用，而與基金規模無關。

1. 意義

此衡量方法是依據資本市場線(Capital Market Line, CML)發展出，代表投資組合每單位報酬率波動風險下所獲得的平均超額報酬，該值愈大績效愈高。

2. 公式

其中：

$$\frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} \quad \begin{array}{l} E(R_p) \text{ 為投資組合的預期報酬率；} \\ R_f \text{ 為無風險利率；} \\ \sigma_p \text{ 為投資組合的標準差} \end{array} \quad (6)$$

3. Sharpe指數衡量

$$\frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} > \frac{R_m - R_f}{\sigma_m} \quad \text{此投資組合操作績效比市場佳}$$

$$\frac{E(R_p)-R_f}{\sigma_p} < \frac{R_m-R_f}{\sigma_m} \quad \text{此投資組合操作績效比市場差} \quad (7)$$

$$\frac{E(R_p)-R_f}{\sigma_p} = \frac{R_m-R_f}{\sigma_m} \quad \text{此投資組合操作績效比市場相同}$$

4. Sharpe 指數適用時機

當投資組合內之資產皆為風險性資產時，則適用 Sharpe measure。

(二) 崔納指數(Treynor Ratio)

崔納指數衡量方式與夏普指數相似，也是同時考量投資組合的期望報酬率與風險，然而，Treynor 指標假設投資組合是風險完全分散；因此，唯一需納入評價模型之風險為投資組合的系統性風險。據此 Treynor 指數是利用市場風險係數 Beta 來替代夏普指數的標準差。故利用承擔每一單位系統風險所獲得的超額報酬作為衡量的依據。並以 1953 年至 1962 年間 20 檔基金(含共同基金、信託基金與退休基金)的年報酬率資料，採用道瓊工業指數計算市場報酬率，進行基金績效評估之實證研究。

1. 意義

此衡量方法是依據 Security Market Line 的觀念而來，即考慮在每一單位系統風險下，投資組合有多少單位的超額報酬。

2. 公式

$$\frac{E(R_p)-R_f}{\beta_p}$$

其中，
E(R_p)為投資組合的預期報酬率；
R_f為無風險利率；
β_p為投資組合的貝他係數。

(8)

3. Treynor 指標衡量

$$\frac{E(R_p)-R_f}{\beta_p} > \frac{R_m-R_f}{\beta_m} \quad \text{此投資組合操作績效比市場佳。}$$
$$\frac{E(R_p)-R_f}{\beta_p} < \frac{R_m-R_f}{\beta_m} \quad \text{此投資組合操作績效比市場差。} \quad (9)$$
$$\frac{E(R_p)-R_f}{\beta_p} = \frac{R_m-R_f}{\beta_m} \quad \text{此投資組合操作績效比市場相同。}$$

4. Treynor 指標適用時機

當投資組合非常龐大，且有多位基金經理人在操盤時，此時非系統性風險已被充分分散，故衡量績效時只要考慮系統性風險即可，即採用 Treynor measure。

肆、實證結果與分析實證

結果分成四節：首先觀察每年臺灣證券交易所公布的臺灣公司治理100指數成分股的異常報酬率，檢定這些成分股之推薦訊息是否出現顯著的正面市場影響。其次，利用 F-SCORE 挑出臺灣公司治理 100 指數成分股中一般產業，其前25%、前50%、後50%及後25% 形成四種投資組合，來衡量其長期投資績效是否會優於「臺灣公司治理100指數」及「臺灣加權股價指數-剔除金融股」，並檢驗前25%、前50%經篩選過後的績優股是否會優於後50%及後25%，最後，加入 Sharpe及 Treynor績效指標來檢定其績效，實證結果分別列於本章各節。

一、事件研究法-累計平均異常報酬率分析

本文之事件日($t=0$) 為四次之『臺灣公司治理100成分股』公布日，即為2015年6月29日、2016年7月19日、2017年7月18日以及2018年7月17日。本文亦將事件期設定為發布前到發布後一個禮拜，亦即(-7,7)。而估計期的設定，根據沈中華、李建然，將估計期設定為事件期前 100 天，也就是事件日前108至事件日前8天的期間(-108,-8)，結果如附錄表4-1：「各年發布前P檢定結果-臺灣公司治理100指數發布的成分股」可以發現，在2015發布前CAR大致呈現不顯著之情況，表示成分股第一次發佈時之消息並未走漏，但於2016-2018年度則可以看到CAR累積報酬率大多在每年成分股發佈日前就呈顯著，且每年之成分股重覆性高，表示有風聲走漏之可能。[3]

參見附錄表4-2「各年發布後P檢定結果-臺灣公司治理100指數發布的成分股」，可以得知以2015年發佈後1及3天為顯著，其餘年度則呈現不規則型態，表示成分股之發佈在第一年發佈最受投資人關注，往後則沒有特別有規則之表現。附錄表4-3「各年發布前、後P檢定結果-臺灣公司治理100指數發布的成分股」，可以得知，在2015-2018年，每年成分股發佈的前後一個禮拜皆呈現顯著報酬，與本文假說一相符。

而在附錄表4-4「2015年-2018年發布前P檢定結果」則顯示，總體而言，因成分股每年重覆性高，未來幾年是有呈現消息走漏之情況。附錄表4-5「2015年-2018年發布後P檢定結果」可得知，發佈後的1、3、7天均呈正報酬且每年均顯著，由此可知臺灣公司治理100指數的推薦訊息確實可以為投資人帶來超額報酬。

最後從附錄表4-6「2015年-2018年發布前、後P檢定結果」可得知發布前以及發布後之累計平均異常報酬，其中發現均為正報酬，且每年均呈顯著，因此本文實證研究發現擁有臺灣證券交易所背書以挑選出之臺灣公司治理

100指數之股票確實會使股價擁有推薦訊息，並使股價上升以獲得報酬。從另一個角度也可得知，投資人確實會重視具有企業社會責任，並且實際投資於此，在金融風暴過後，企業社會責任的確在未來將越來越受投資人重視。

二、F-SCORE 投資組合之建立

(一) 代數定義說明

本節之代數定義如下：

P75：臺灣公司治理100指數成分股剔除金融產業部分，以F-SCORE 衡量得分之前25%股票組合。

P50(+): 臺灣公司治理100指數成分股剔除金融產業部分，以 F-SCORE 衡量得分之前50%股票組合。

P50(-): 臺灣公司治理100指數成分股剔除金融產業部分，以 F-SCORE 衡量得分之後50%股票組合。

P25：臺灣公司治理100指數成分股剔除金融產業部分，以 F-SCORE 衡量得分之後25%股票組合。

TWINDEX：臺灣加權股價指數

TW:臺灣加權股價指數-剔除金融股。

HG100：臺灣公司治理100指數。

Max：FSCORE最高得分；Min：FSCORE最低得分

(二) F-SCORE投資組合期間

本文就2015年6月29日首次臺灣公司治理100指數成分股公布日後 以當時已發布之年報為基礎計算所有成份股之 F-SCORE，並從中挑選出較高積分之股票形成新投資組合，分別顯示2015年及2018年共計4期之投資組合期間，以發布日後持有一年為標準。

本節主要就「臺灣公司治理100指數」選股模式所篩選出的投資組合是否有超越臺灣加權指數-剔除金融股做比較，樣本篩選期間為2015至2018年。本研究Piotroski所提及之F-SCORE來對「臺灣公司治理100指數」之成分股進行評分，藉此選出臺灣公司治理100指數之獲利投資組合，根據F-SCORE選自前25%來形成投資組合，為了進一步探討，選自不同的投資組合，分別再增加前50%、後50%以及25%，並探討經篩選過後的前25%是否優於後25%，而前50%也優於後50%。

附錄表4-7為以F-SCORE所衡量之投資組合每一年之得分區間，可以發現每年最高分都落在9分；前25%股票之得分大致上都在6-8分；前50%股票之得分則在5-6分；最小值則都落在2-3分。[26]

三、F-SCORE 投資組合報酬之計算

本研究依 F-SCORE 篩選出四年的投資組合，依照市值加權平均值 (Market Capitalization Weighted index) 計算投資組合內各股的權重，而形成投資組合之報酬率下表列出各投資期間內為每期之 P75、P50(+)、P50(-)、P25 之樣本數及市值最後進行計算即是本文之年報酬率，詳如附錄表 4-8。

再由附錄表 4-9「F-SCORE 各投資期間之期間年報酬率」可得知，高財務指標且公司治理良好之成分股能創造更佳的投資組合績效。實證結果顯示臺灣公司治理 100 指數篩選出的「前 25% 臺灣公司治理 100 成分股」其投資組合績效優於「後 25% 臺灣公司治理 100 成分股」，「前 50% 臺灣公司治理 100 成分股」其投資組合績效亦優於「後 50% 臺灣公司治理 100 成分股」，而「前 25% 臺灣公司治理 100 成分股」及「前 50% 臺灣公司治理 100 成分股」其投資組合績效更是可以優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」。

四、投資組合績效指標

本節將運用夏普指數及崔納指數來檢驗本文之 F-SCORE 所篩選之臺灣公司治理 100 指數其新投資組合績效是否有各可以優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」。

(一) 代數定義說明

本節之代數說明如下：

S_year 2015：2015 年公告成分股持有一年投資組合之夏普指數。

S_year 2016：2016 年公告成分股持有一年投資組合之夏普指數。

S_year 2017：2017 年公告成分股持有一年投資組合之夏普指數。

S_year 2018：2018 年公告成分股持有一年投資組合之夏普指數。

T_year 2015：2015 年公告成分股持有一年投資組合之崔納指數。

T_year 2016：2016 年公告成分股持有一年投資組合之崔納指數。

T_year 2017：2017 年公告成分股持有一年投資組合之崔納指數。

T_year 2018：2018 年公告成分股持有一年投資組合之崔納指數。

夏普指數為每一單位總風險下，投資組合有多少的超額報酬，從附錄表 4-10「各年無風險利率」、附錄表 4-11「一般產業持有一年之績效指標- σ_p 」及附錄表 4-12「一般產業持有一年之績效指標- Sharpe」可看出，經過夏普指數衡量後的報酬率，P75 及 P50(+) 每年都大於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」之報酬率，可見在夏普指數衡量下，本研究所篩選的投資組合績效確實可以獲得更佳的報酬。

再以崔納指數衡量每一單位系統風險下，投資組合有多少的超額報酬，從附錄表 4-13「一般產業持有一年之績效指標- β_p 」及附錄表 4-14「一般產業持有一年之績效指標- Treynor」可看出，經篩選過後的 P75 投資組合每年報

酬率都高於 P25 以及「臺灣加權股價指數-剔除金融股」，進一步證明，經過篩選之優良成分股，確實可以獲得更佳的報酬。

伍、結論與建議

本研究探討臺灣公司治理 100 指數成分股的推薦可否帶來短期超額報酬，以及加入 F-SCORE 的衡量下，臺灣公司治理 100 指數成分股形成之新投資組合，能創造更佳的投資組合績效，透過事件研究法及績效指標檢定本研究之二大假設是否成立，實證結果分成以下二點：

臺灣公司治理 100 指數成分股在發布前呈現顯著正報酬，推測成分股在發布前市場已知此訊息，而在發佈後的 1、3、7 天均呈正報酬且每年均顯著，由此可知臺灣公司治理 100 指數的推薦訊息確實可以為投資人帶來超額報酬。以投資角度而言，具有良好治理機制的公司，確實可以影響股價，形成顯著正報酬。因此本文實證臺灣公司治理 100 指數確實會使股價擁有推薦訊息，並使股價上升以獲得報酬。亦表示投資人確實會重視具有企業社會責任，並且實際投資於此。

另外運用 F-SCORE 模型篩選出的一般產業成分股，並透過夏普指數及崔納指數衡量風險得出的新投資組合，其「前 25%臺灣公司治理 100 成分股」投資組合績效優於「後 25%臺灣公司治理 100 成分股」，「前 50%臺灣公司治理 100 成分股」投資組合績效亦優於「後 50%臺灣公司治理 100 成分股」，而「前 25%臺灣公司治理 100 成分股」及「前 50%臺灣公司治理 100 成分股」組合績效更是可以優於「臺灣加權股價指數-剔除金融股」，獲得超額報酬。

研究限制：本文選取 2015-2018 本指數剛發表之前四年作為研究標的，2019 年從原本前後 7 日呈現顯著狀態，拉長至前後 10 天呈顯著狀態且報酬率降低，顯示消息走漏更加嚴重，且投資人可能猜測出更新的成分股，故推薦後面學者，以新發行的指數作為研究標的較合適。

參考文獻

- [1] 何宛玲，「ESG 與企業績效之關聯：以金融業為例」，世新大學財務金融學研究所碩士論文 (2023)。
- [2] 李美杏、丁聖祐，「關聯結構與最適投資組合-Copula 模型的應用」，統計與資訊評論，第 13 卷，pp.69-100 (2011)。
- [3] 沈中華，李建然，「事件研究法—財務與會計實證研究必備」，華泰文化出版 (2000)。
- [4] 沈孟軒，「淨值市價比投資策略：財務報表資訊之應用」，國立中正大學會計與資訊科技系碩士論文，pp51-52 (2003)。
- [5] 林育如，「以事件研究法探討臺灣 ESG ETF 上市對其成分股之股價影響」，國立臺北大學企業管理學系碩士班碩士論文(2023)。
- [6] 柯承恩，「我國公司監理體系之問題與改進建議(上)」，會計研究月刊，第 173 期，pp.75- 81 (2000)。
- [7] 柯承恩，「我國公司監理體系之問題與改進建議(下)」，會計研究月刊，

- 第 174 期，pp.79-83 (2000)。
- [8] 陳建福，「公司治理、企業社會責任與公司績效之關連性」，逢甲大學會計學系碩士班碩士論文 (2010)。
- [9] 黃任斌，「運用決策樹分析臺灣商業銀行之財務危機」，國立高雄第一科技大學風險管理與保險碩士班論文(2010)。
- [10] 黃至敏，「公司治理、成長機會與公司績效關聯之研究」，國立成功大學會計學系碩士班碩士論文(2007)。
- [11] 黃國彰，「各項選股指標於臺灣股票市場的實用性探討--應用對象與應用時機之研究」，國立臺灣大學國際企業學研究所碩士論文，pp.43-44 (2007)。
- [12] 詹煒涵，「結合基本面分析之 ESG 投資策略與報酬之探討 - 以美國上市公司為例」，國立政治大學國際金融碩士學位學程 (2023)。
- [13] 劉昱菁，「臺灣企業社會責任得獎公司之財務績效探討」，國立成功大學財務金融研究所碩士論文(2008)。
- [14] Abarbanell, J. S. and B. Bushee. (1997). "Fundamental Analysis, Future Earnings, and Stock Prices", *Journal of Accounting Research*, pp.1-24.
- [15] Ball, R. & Brown, P. (1968). "An empirical evaluation of accounting income numbers". *Journal of Accounting Research*, 6(2), pp.159-178.
- [16] Bowen, H.R. (1953). "Social responsibilities of the businessman. Harper and Row. New York".
- [17] Brickley, J.A., Lease, R.C. & Smith, C.W. Jr. (1988). "Ownership Structure & Voting on Antitakeover Amendments". *Journal of Financial Economics*, (20), pp.267-291.
- [18] Delis, E.G. (2014). "The risk of financial intermediaries." *J.Bank. Finance*(44) pp.1-12 .
- [19] Denis, D. K. (2001). "Twenty-five years of corporate governance research & counting". *Review of Financial Economics*, 10(3), pp.191-212.
- [20] Fama, E.F. (1980). "Agency Problems and the Theory of the Firm", *Journal of Political Economy*, (88), pp.288-307.
- [21] Healy, P. (1985). "The Effect of Bonus Schemes on Accounting Decisions". *Journal of Accounting and Economics*, 7, pp.85-107.
- [22] Hiliman, A. & Keim, C. D. (2001). "Shareholder value, stakeholder management, & social issues: what's the bottom line". *Strategic Management Journal* ,22(2) , pp.125-146.
- [23] Martikainen, T. (1993). "Stock return & classification pattern of firm-specific financial variable: Empirical evidence with Finnish data". *Journal of Business Finance & Accounting*, 20(4), pp.537-557.
- [24] Mohanram, S. (2005). "Separating winners from losers among low book-to-market stocks using financial statement analysis". *Review of Accounting Studies*, 10(2-3), pp.133-170.
- [25] Ou, Jane A. & Stephen H. Penman. (1989). "Financial Statement Analysis & the Prediction of Stock Returns". *Journal of Accounting & Economics*, 11, pp.295-329.
- [26] Piotroski, J. (2000). "Value Investing: The Use of Historical Financial Statement Information to Separate Winners from Losers". *Journal of Accounting Research* ,38, pp.1-41.
- [27] Shleifer, A. & Vishny, R. W. (1997). "A survey of corporate governance". *Journal of Finance*, 52, pp.737-783.
- [28] Soloman, R. & Hansen, K. (1985). "It's Good Business". *Athenaeum* ,New York.

The Investment Performance Research in TWSE Corporate Governance 100 Index

Tzu-Yen Lin*

Department of Industrial Engineering & Management, National Chin-Yi University of Technology

Abstract

This paper proposed the investment performance research in TWSE Corporate Governance 100 Index. The results show that the announcements of the inclusion of the company in the Taiwan Corporate Governance 100 Index experiences significant short-term abnormal returns during the 7-day window before and after the date of announcement release.

For nonfinancial industries, a new investment portfolio was established based on the financial indicator F-SCORE proposed by Piotroski. It shows if the company has a good financial score with good corporate governance, it will lead to a better performance in terms of Sharpe and Treynor ratios. In particular, the results indicate that the companies in the top 25% of the Taiwan Corporate Governance 100 Index perform better than the companies in the last 25%.

Keyword: Taiwan Corporate Governance 100 Index, event study, F-score, investment portfolio

* Corresponding author
E-mail:aa0938381667@gmail.com

附錄

表 4-1. 各年發布前 P 檢定結果-臺灣公司治理 100 指數發布的成分股

年度	2015 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,0)	0.2262	0.3064
(-3,0)	0.0899	0.7741
(-7,0)	0.8458	0.0547*
年度	2016 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,0)	0.4782	0.0163 **
(-3,0)	0.8922	0.0015***
(-7,0)	1.3467	0.0008***
年度	2017 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,0)	0.2502	0.2019
(-3,0)	1.0406	0.0002***
(-7,0)	1.1336	0.0039***
年度	2018 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,0)	0.5851	0.0045***
(-3,0)	0.997	0.0007***
(-7,0)	1.777	0.0000***

註：本文依據市場模式計算各事件期內之累積平均異常報酬率 (*、**、***分別表示在 10%、5%、1%的顯著水準下，具顯著性。

表 4-2. 各年發布後 P 檢定結果-臺灣公司治理 100 指數發布的成分股

年度	2015 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(0,1)	0.3987	0.0702*
(0,3)	0.7496	0.0161**
(0,7)	0.3375	0.4435
年度	2016 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(0,1)	0.1609	0.4193
(0,3)	0.3144	0.2622
(0,7)	0.0555	0.8887

年度	2017 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(0,1)	0.3381	0.0831*
(0,3)	0.7038	0.0101**
(0,7)	0.9992	0.0098***
年度	2018 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(0,1)	1.0103	0.0000***
(0,3)	0.0276	0.9243
(0,7)	0.6035	0.1413

註：本文依據市場模式計算各事件期內之累積平均異常報酬率（*、**、***分別表示在 10%、5%、1%的顯著水準下，具顯著性。

表 4-3. 各年發布前、後 P 檢定結果-臺灣公司治理 100 指數發布的成分股

年度	2015 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,1)	0.5430	0.0450**
(-3,3)	0.7441	0.0726*
(-7,7)	1.1870	0.0490**
年度	2016 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,1)	0.3818	0.1172
(-3,3)	0.9614	0.0102**
(-7,7)	2.2409	0.0250**
年度	2017 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,1)	0.364	0.1295
(-3,3)	1.5413	0.0000***
(-7,7)	3.5855	0.0003***
年度	2018 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,1)	1.0892	0.0000***
(-3,3)	0.4637	0.2345
(-7,7)	3.3842	0.0007***

註：本文依據市場模式計算各事件期內之累積平均異常報酬率（*、**、***分別表示在 10%、5%、1%的顯著水準下，具顯著。

表 4-4. 2015 年-2018 年發布前 P 檢定結果

年度	2015 年-2018 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,0)	0.3854	0.0002***
(-3,0)	0.7516	0.0000***
(-7,0)	1.2757	0.0000***

註：本文依據市場模式計算各事件期內之累積平均異常報酬率（*、**、***分別表示在 10%、5%、1%的顯著水準下，具顯著性。

表 4-5. 2015 年-2018 年發布後 P 檢定結果

年度	2015 年-2018 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(0,1)	0.4751	0.0000***
(0,3)	0.4443	0.0022***
(0,7)	0.4953	0.0159**

註：本文依據市場模式計算各事件期內之累積平均異常報酬率（*、**、***分別表示在 10%、5%、1%的顯著水準下，具顯著性。

表 4-6. 2015 年-2018 年發布前、後 P 檢定結果

年度	2015 年-2018 年	
事件窗口	CAR	P 檢定
(-1,1)	0.5945	0.0000***
(-3,3)	0.9276	0.0000***
(-7,7)	1.5731	0.0000***

註：本文依據市場模式計算各事件期內之累積平均異常報酬率（*、**、***分別表示在 10%、5%、1%的顯著水準下，具顯著性。

表 4-7. 各投資期間臺灣公司治理 100 指數成份股 F-SCORE 得分之分配表

投資期間	Max	P75	P50(+)	P50(-)	P25	Min
2015	9	8	6	5	5	2
2016	9	7	6	5	5	3
2017	9	6	6	5	5	2
2018	9	7	5	4	4	2

資料來源：本研究自行整理

表 4-8. F-SCORE 投資組合樣本數及市值

單位:百萬

投資組合期間	樣本數	MV(P75)	樣本數	MV(P50+)	樣本數	MV(P50-)	樣本數	MV(P25)
2015	23	8,468,273	47	10,977,592	34	2,742,934	34	2,742,934
2016	26	5,495,060	45	6,709,558	30	9,214,589	30	9,214,589
2017	44	13,215,671	44	13,215,671	38	5,189,517	38	5,189,517
2018	24	10,760,270	56	14,832,304	20	3,155,704	20	3,155,704

資料來源：臺灣經濟新報、本論文自行整理

表 4-9. F-SCORE 各投資期間之期間年報酬率

年度	TWINDEX	CG100	TW	P75	P50(+)	P50(-)	P25
2015	-10.41%	4.58%	-5.35%	8.15%	6.72%	-3.99%	-3.99%
2016	10.98%	21.72%	16.03%	24.07%	21.84%	19.63%	19.63%
2017	15.01%	1.19%	0.05%	8.02%	8.02%	-16.20%	-16.20%
2018	-8.60%	7.71%	0.38%	10.48%	9.69%	-0.87%	-0.87%

資料來源:臺灣經濟新報、本論文自行整理

表 4-10. 各年無風險利率

年份	投資組合事件日	無風險利率公布日	利率(%)
2015 年	2015/06/29	2011/11	1.355
2016 年	2016/07/19	2016/07	1.035
2017 年	2017/07/18	2016/11	1.035
2018 年	2018/07/17	2016/11	1.035

註：本研究選取臺灣銀行一年定存利率。

表 4-11. 一般產業持有一年之績效指標- σ_p

Sharpe	CG100	TW	P75	P50(+)	P50(-)	P25
S_year 2015	0.0057	1.0661	0.0172	0.0092	0.0060	0.0060
S_year 2016	0.0113	0.6629	0.0305	0.0192	0.0263	0.0263
S_year 2017	0.0055	0.7798	0.0072	0.0072	0.0200	0.0200
S_year 2018	0.0074	0.9698	0.0214	0.0103	0.0221	0.0221

資料來源：本研究自行整理

表 4-12. 一般產業持有一年之績效指標- Sharpe

Sharpe	CG100	TW	P75	P50(+)	P50(-)	P25
S_year 2015	5.67%	0.01%	3.94%	5.82%	-8.98%	-8.98%
S_year 2016	18.03%	0.23%	7.55%	10.86%	7.07%	7.07%
S_year 2017	-29.85%	0.02%	9.71%	9.71%	-8.62%	-8.62%
S_year 2018	8.63%	-0.01%	4.41%	8.43%	-0.86%	-0.86%

資料來源：本研究自行整理

表 4-13. 一般產業持有一年之績效指標- β_p

Treynor	CG100	TW	P75	P50(+)	P50(-)	P25
T_year 2015	0.9876	1.0046	1.0272	1.0045	1.1196	1.1196
T_year 2016	1.1086	1.0315	1.1586	1.1247	1.1181	1.1181
T_year 2017	1.0199	1.0372	1.0181	1.0181	1.0243	1.0243
T_year 2018	1.0767	1.0709	1.2371	1.0698	1.1064	1.1064

資料來源：本研究自行整理

表 4-14. 一般產業持有一年之績效指標- Treynor

Treynor	CG100	TW	P75	P50(+)	P50(-)	P25
T_year 2015	-6.15%	-6.67%	6.61%	5.34%	-4.78%	-4.78%
T_year 2016	13.92%	14.23%	19.88%	18.49%	16.63%	16.63%
T_year 2017	-0.10%	-1.26%	6.86%	6.86%	-16.82%	-16.82%
T_year 2018	1.96%	-0.91%	7.63%	8.09%	-1.72%	-1.72%

資料來源：本研究自行整理

特徵選擇技術運用醫療保險資料在高齡照護決策應用

林維昭¹ 曹慧華² 林怡君³ 陳祐祥^{4*} 許建隆⁵

¹長庚大學數位金融科技學系

^{1,2,5}長庚大學管理研究所

³台北醫學大學附設醫院

^{4*}國立勤益科技大學智慧製造與資訊應用國際碩士學位學程

摘要

隨著全球人口老齡化的加速推進和老年照護需求的劇增，解決高齡照護的挑戰已迫在眉睫。儘管擁有先進的醫療技術與設施，照顧者仍然面臨重大的身體、心理和沉重的財務負擔。對健康問題的高度關注和醫療技術的進步，促使人們更加重視未來照護的主動和預防性規劃。因此，購買長期照護保險已成為減輕照顧者財務壓力的關鍵策略。本研究分析業界領先保險公司的醫療保險資料，應用四種機器學習分類演算法 (IBK、決策樹(J48)、NaiveBayes(NB) 和 SGD)，來評估數據中 14 個醫療保險條件屬性和 1 個決策屬性。透過特徵選擇，本研究選出 4 個關鍵特徵，運用決策樹(J48) 分析產出四個相關因素、六條規則和最佳準確率，並使用混淆矩陣之性能指標進行績效評估。研究發現，通過特徵選擇優化的模型在訓練與測試比例驗證下，找出 J48 為最佳分類器達到更高的準確率。本研究主要為關心老年和失能照顧問題的人們提供決策支持，同時為保險業提供基於特徵選擇的分類模型和關鍵特徵的洞察。

關鍵詞：決策樹、醫療保險資料、特徵選擇、混淆矩陣、高齡照護

* 通訊作者

Email : yschen@ncut.edu.tw

壹、前言

近年，因醫療技術進步、營養的改善及生活品質提升，平均壽命顯著增加，高齡問題逐漸加劇。世界各地的人口正在經歷顯著轉變，不斷上升的老年人口比例，普遍下降的生育率，吸引全球廣泛關注[1]。年輕世代的生育興趣普遍低落，導致全球生育率持續下降，未來幾十年可能會出現有生產力的年輕人口的短缺現象。隨人口高齡化趨勢，對社會福利、醫療保健和長期照護系統面臨新挑戰。目前老人與失能患者的照顧問題日益突顯，長期照護資源短缺。意外或疾病失能康復過程時間過長，費用更超出普通雙薪家庭能力負擔。巨額的醫療費用與照護成本儼然成為家庭與社會的重要負擔[2]。長期照護問題也成為未來的迫切需求。

當前呈現“三明治世代”現象的人口結構，即年輕一代在照顧老邁父母的同時，還要面對養育子女的財務和情感壓力。此一人口變化涉及社會、經濟、健康和文化的多個層面，也牽動勞動市場。面對此一問題的深入研究和理解對於制定有效的政策和策略以應對未來的挑戰至關重要。

一、研究動機

全球人口高齡化的社會議題，且是一個日益嚴峻的挑戰，家中長者因生理和心理機能退化，年邁的父母疾病負擔逐漸失去獨立自主的自理能力；或因疾病或意外造成失能者的必要照顧，需要由家庭成員或外援者照顧，甚至送往專職照護機構。在健康和長期照護支出增加，人口勞動力短少情況下。估計目前一般家庭收入衡量，扣除基本生活基本開銷、房貸、車貸、子女教育費及父母贍養費後，多數財務所剩不多難以維持，未來的家庭照護問題影響，社會問題因此應運而生[3]。

提早規避風險是時下一般人提高風險意識的具體表現，猶如規劃壽險、意外險、醫療與癌症保險的風險移轉。目前，意識到老年健康重要，提前儲存長期照護費用規劃為明智之舉。由於老年人口快速增加，長期照護需求更不斷上升，醫療技術進步，但照護成本卻也節節攀升，給照顧者的人力、身心和財務負擔造成沉重打擊[4]。目前保險業積極推動長期照護保險，透過專業的保險業務員推展，確實在財務經濟支出，可以減輕長期照護問題所帶來家庭的財務壓力。透過平時儲存小額費用購買長期照護保險，讓未來老年的長照需求得以解決經濟持續的負擔[5]。最後，也可在企業增加客戶、公司與個人的價值與使命。

為確保老人和失能者能獲得妥善照顧，政府單位需積極改善並建立長期照護服務和提高長期照護保險的認知，推動相關政策和立法，並採取措施以緩解負擔。長期照護保險起源於歐洲國家，荷蘭是第一個在 20 世紀 60 年代引入全民強制性社會健康保險計劃的國家。日本和韓國是亞洲最早實施公共長期照護保險(Long Term Care Insurance, LTCI)的國家。日本自 2000 年實施公共 LTCI 制度後，經歷了五次重大變革(2000 年、2004 年、2006 年、2009 年、2014 年)，在資金來源、認定程序、服務內容等方面都有精心設計[6]。如德國為國人的長期照護問題特別規劃[7]。為了應對老年長期照護所帶來的龐大經濟負擔，政府已經推動了多項長照政

策。除此之外，另一種有效的策略是提前規劃並購買長期照護保險。這種做法不僅可以為未來的照護需求做好準備，還能將部分風險轉嫁給保險公司[8, 9]，從而減輕個人或家庭在老年時期可能面臨的財務壓力。透過長期照護保險，個人可以確保在需要時獲得必要的支援，同時也能有效管理潛在的經濟風險。因此，本研究動機主在探討長期照護保險的購買規劃，以解決照顧者的人力和經濟壓力的策略[10]。

二、研究目的

根據上述的研究動機，旨在深入了解長期照護保險購買的關鍵要素。本研究採用業界醫療保險客戶數據資料，保險客戶的條件屬性，探討客戶再次購買長期照護保險的重要因素。透過條件屬性及熱門純熟的資料挖掘工具，通過機器學習，識別購買長期照護保險的重要因素；準確率預測；決策樹圖總結規則。進行預測分析，揭示影響長期照護保險的購買規劃的重要特徵、規則及準確率。

透過保險業務員專業推廣訊息傳遞，釋義說明並協助消費者做出長期照護保險明智選擇，降低未來長期照護風險的期濟負擔，預先購買長期照護保險，並為未來昂貴的照護費用做事先未雨綢繆準備[11]。最後，本研究目標是提供具體的建議和策略，幫助(1)準確率評估，選出最佳分類器(2)選出重要屬性，去除多餘或重複的數據資料，進而提高評估準確率。(3)運用決策樹找出可能購買長期照護保險規則於決策應用。增進長期照護保險業務推廣，強化消費者更好地理解 and 規劃長期照護保險，以解決照顧者人力和經濟壓力減緩為目的。

貳、文獻探討

本章介紹長期照護保險、機器學習、特徵選擇、決策樹與混淆矩陣的文獻說明。

一、長期照護保險

長期照護保險是一種特定類型的保險，旨在提供財務經濟支援，以應對因生病、受傷或老化而需要長期照護的情況。此保險通常針對無法自理、需要日常生活協助的個人，提供經濟上的保障。長期照護保險的主要特點：

- (一) 保障對象：通常包括因疾病、事故或年邁而無法自理日常生活功能的人。包括需要協助進行基本生活活動(如進食、沐浴、穿脫衣物等)的個人。
- (二) 財務補償：長期照護保險旨在補償因長期照護需求而產生的相關費用。包括在家庭環境、醫療機構或長期照護設施提供的照護和支援服務的費用。
- (三) 失能標準：保險公司通常會使用一定失能標準，確定被保險人是否有資格獲得長期照護保障。這可能涉及無法執行特定日常生活活動的能力損害。
- (四) 給付形式：長期照護保險的給付可以是一筆固定的金額或按實際發生的費用進行支付。保險契約中會明確規定給付的條件和限制。
- (五) 等待期：保險契約通常會設定一個等待期，即被保險人需在確定失能後等待一段時間才能獲得給付。
- (六) 保費：長期照護保險的保費通常會根據被保險人的年齡、健康狀況和選擇的保險項目而有所不同。

(七) 保險選擇：保險公司提供多種長期照護保險計劃，被保險人可根據自己的需求和預算，選擇適合的條款和保障範圍。

長期照護保險的目的是減輕被保險人及其家庭在面對長期照護需求時的經濟壓力，確保他們能夠獲得必要的照護和經濟支援[11]。由於這類需求可能在生命的不同階段出現，長期照護保險通常被視為一種重要的財務保護方式。

二、機器學習

機器學習(Machine Learning, ML)作為當今科技與創新的重要驅動力之一，已經成為人工智能(Artificial Intelligence, AI)領域的核心分支。基本理念是通過演算法使計算機系統能夠從數據中學習，從而做出決策或預測，無需明確的程式編碼。這一領域的迅速發展，不僅源於計算能力的顯著提高和大數據時代的到來[12]。同時也得益於統計學、計算理論、資訊理論等多學科的相互滲透和融合。機器學習作為人工智能的一個重要分支，近來在學術和工業界得到了廣泛的關注和快速發展。機器學習技術的最新進展，包括監督學習、非監督學習、強化學習等領域的創新。隨著電腦計算能力的提升和數據量的爆炸性增長，機器學習技術在圖像識別、語言處理、預測分析、醫療診斷等領域展現出巨大的潛力。

隨著時間的推移，機器學習的方法論和技術經歷線性模型到現代的深度學習(Deep Learning)的重大轉變，而深度學習是機器學習的一種進階技術，使得學習過程更深入、更精準。其中，深度學習通過模仿人腦的神經網絡結構，進一步提高模型處理複雜數據的能力，尤其是在圖像識別、語音識別和自然語言處理等領域取得了革命性的進展[13]。此外，機器學習的應用範圍也在不斷擴大，從傳統的數據分析和預測，發展到如今的自動駕駛汽車、智能醫療診斷、金融風險控制等多個行業。然而，機器學習發展同時也帶來了新的挑戰和問題。例如，大量依賴數據的學習過程中，數據品質和來源的可靠性成為關鍵因素。目前，每日資料大量的堆積，保險公司的資料也與日俱增，可為研究資料來源的寶庫。總體來說，機器學習為一門不斷進化的學科，不僅在技術層面推動人工智能的發展，同時也在更廣泛的社會和經濟領域產生深遠的影響。本文旨在探討機器學習的基本原理、技術演進、應用案例以及面臨的挑戰和未來趨勢。若能將保險業的寶庫，透過機器學習，將資料發揮有價值的分析。機器學習與深度學習的關係和應用在處理醫療保險數據的過程中顯得尤為重要，尤其是在特徵選擇技術的幫助下，可以更有效地應用於高齡照護決策。以期為學術界和業界提供全面而深入的視角。

三、特徵選擇

在機器學習領域，特徵選擇(也稱為屬性選取)是資料預處理過程中極關鍵且重要的一個過程[14]，此步驟涉及從過多條件的原始數據中，透過機器學習細緻識別和挑選出最有用的特徵(或屬性)，用於建構和優化預測模型的關鍵因素。特徵選擇主要目的在於減少數據的高維度，提高機器學習模型的整體效率和性能及減少訓練時間，從繁雜的原始資料集中消除無關數據、噪音和多餘特徵，降低模型複雜度，選擇最具價值的特徵，主要目的是改善模型性能，導致縮短處理數據資料的時間提

高效率、降低計算成本和更高效儲存空間，或增強模型可解釋性方面也扮演重要角色[15-16]，使得容易理解和解釋模型生成的預測。結合機器學習進行特徵選擇，旨在去除無關緊要的特徵，挑選出關鍵的特徵。此一過程不僅能提升模型預測的準確率，同時也保障了模型的穩定性。

使用特徵選擇技術的關鍵是訓練資料包含過多或不相關的特徵；因此，去除這些特徵不會導致資訊丟失。特徵選擇有助於解決，低價值資料過多或高價值資料過少的兩個問題[17]。特徵選擇技術已廣泛應用於統計學、機器學習與深度學習等各研究領域。不同的特徵選擇技術可以視為策略，針對特定的資料與問題背景進行選擇特徵。此過程在學術研究與實際應用扮演著重要的角色，有助於提升模型效能並增強資料分析的有效性[18]。後續將特徵選擇後資料，與原始資料進行比較，進行實驗並說明特徵選擇技術應用的重要，最後進行決策術運用。

四、決策樹

決策樹(Decision Tree, DT)屬於監督式學習演算法，最適合解決分類問題[19]，但無論哪種方式，它都可以用於分類和迴歸情況[20]，它的原理類似樹狀結構，每個內部節點表示一個特徵，每個分支代表一個特徵值，葉子節點表示一個類別或值[21]，由代表分支結構的內部節點、代表演算法給出的判決的資料集以及代表結果的每個葉節點組成。

決策樹有兩個節點，第一個是決策節點，用於做決策，有各種分支；第二個是葉節點，它決策節點的輸出，沒有進一步分支。由於形狀相似，名字來自一棵樹。根節點是一個起點，進一步擴展到各種分支，使其成為樹狀結構。決策樹只是根據問題的答案，是或否將樹分成子樹[22]。決策樹已經應用在商業信用卡詐欺[23]、購買產品[24]與房價預測[25]與癌症醫療預測診斷[26-28]等廣泛領域。決策樹具有以下優點：(1)易於理解：決策樹的結構清晰，容易解釋和視覺化；(2)能夠處理分類和迴歸問題；(3)適用於離散和連續特徵。然而，將研究資料進行已經廣泛應用於各領域的決策樹的分析，產出決策數，在結構清晰及易於理解下，有助於本研究決策應用。

五、績效評估

本研究採用二元分類的混淆矩陣(Confusion Matrix)[29]、召回率(Recall)、精確率(Precision)、F-Measure 和 ROC Aera 及敏感性等性能指標來評估和比較模型，並識別最佳預測演算法，作為衡量指標[30-31]。混淆矩陣是衡量分類問題性能的一種方法，其中輸出可以是兩種或更多類型的類別[32-33]。混淆矩陣是一個具有兩個維度的表格，即"實際"和"預測"，此外，這兩個維度都有"真陽性(TP)"、"真陰性(TN)"、"假陽性(FP)"和"假陰性(FN)"。準確率是分類演算法最常見的性能指標[34-35]。二元分類通常表示 2x2 矩陣，涉及到"正"和"負"、"有"和"沒有"、"真"和"假"的情況。如表 1 是用於二元分類的混淆矩陣，"True condition"代表本研究資料的實際答案，而"Predicted outcome"則表示訓練模型的預測結果。在保險購買預測領域中，"Positive"通常指代表"正"、"有"、"真"，表示"有購買"的情況；而"Negative"則指代表"負"、"沒有"、"假"，表示"沒有購買"的情況。

表 1. 二元混淆矩陣(CONFUSION MATRIX)

		True Condition	
		Positive	Negative
Predicted outcome	Total Population		
	Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Negative	False Negative (FN)	True Negative (TN)	

參、研究方法

本章節主要介紹本研究資料與研究步驟，以及實際分析資料，透過資料挖掘技術來識別潛在的長期照護保險客戶。

一、研究資料

本研究以台灣一家某壽險公司(匿名)為實證基礎，旨在探討其壽險客戶的資料特徵，並遵循個人資訊隱私原則。從某壽險公司資料庫中提取 1997 年 8 月至 2021 年 3 月的客戶條件資料。在獲取資料後，進行細緻資料清理和準備工作，確保數據的準確性和可靠性。接著，資料進行編碼處理，並以 EXCEL 表格形式進行整理。最終，將資料轉換成符合系統分析需求的 CSV 格式，以便後續進行預測分析。協助公司及保險業務員透過決策分析結果，迅速篩選並找到潛在有效客戶名單，以提高業務員在長期照護保險政策推廣達事半功倍之效。以下為研究步驟。

二、研究步驟

本研究根據下列研究步驟框架，逐步與研究資料進行本研究。首先，確定研究目標，其次，進行目標條件確定後下載，進行資料整理、編碼、缺失值、編制 Excel 表並確定資料屬性，將研究資料轉換為研究系統的 CSV 檔。最後，進行資料分類、特徵選擇、實驗驗證比例、設定分類器選擇，進行實驗準確率分析，決策樹分析。

步驟 1：進行本研究目標的確認。

步驟 2：確定目標後，進入料庫中進行資料下載。

步驟 3：對下載後資料進行資料選擇。

步驟 4：整理資料與編碼，編製 Excel 表並確定屬性。

步驟 5：將格式轉換為本研究所需要的 CSV 檔。

步驟 6：進行特徵選擇。

步驟 7：實驗驗證比例說明：本研究資料分為訓練集與測試集及兩種。區分比例為(訓練集比例/測試集比例)，1. 67%/33%，2. 70%/30%，3. 80%/20%，4. 90%/10%，四種比例進行實驗驗證。

步驟 8：分類器選擇：過去的分類器研究，例如癌症患者研究[36]、捐血預測[37]以及金融保險領域[38]選用分類器有出色的表現，也獲得了良好的效果，所以本研究選取決策樹 Decision tree J48(J48)、IBK、Naïve Bayes(NB)與 SGD 等四種分類器為本研究分析的工具。

步驟 9：進行實驗結果與準確率分析。

步驟 10：進行決策樹圖結果分析。

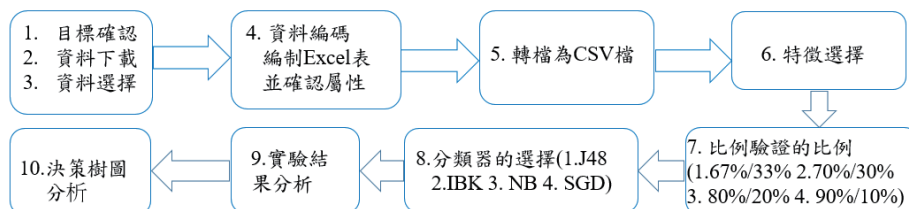


圖 1. 本研究步驟圖

運用先進雲端網路及進步的電腦科技，結合專家意見選出 B 保險公司的醫療保障客戶重要資料進行評估。表 2 介紹醫療保障條件資料，包含 15 個重要屬性及型態，為後續資料分析基礎。

表 2. 研究資料條件表

編碼	資料屬性	型態	備註
B1	性別(男或女)	類別	文字
B2	教育程度(高中/大專/大學/研究所)	類別	文字
B3	工作性質(內勤或外勤)	類別	文字
B4	配偶是否在职	類別	文字
B5	薪資結構(單薪或雙薪)	類別	文字
B6	有效保單數量	數值	數字
B7	距首次保單購買時間	數值	數字
B8	壽險保額	數值	數字
B9	本人年度有效保單總保費	數值	數字
B10	保單總保額(含長照與失能保險)	數值	數字
B11	壽險保額(含重大疾病險)/萬元	數值	數字
B12	有無有投資型保單(有或無)	類別	文字
B13	是否有轉介紹(是或否)	類別	文字
B14	有無再度購買新保單(有或無)	類別	文字
B15	是否有購買長照或失能保險保單(是或否)	類別	文字

肆、實證分析

本節將根據研究步驟進行，實驗中將依順序進行特徵選擇、實驗結果說明(比例驗證準確率分析說明)以及決策樹應用的實證說明。

一、特徵選擇

本研究透過機器學習系統對混合型資料進行分析，針對是否購買長期照護保險進行一種特徵選擇。系統選出四個重要性特徵：首先，B4（配偶是否在職）反映配偶在職可能因家庭收入較高且無法中斷，而對購買長期照顧保險有需求；其次，B6（有效保單張數）指出保單數量與個人的經濟規劃密切相關；第三，B11（壽險保額（含重大疾病險）/萬元）顯示家庭所能承擔的風險；最後，B15（是否已購買長照與失能保險保單）指向對未來照顧風險的預先規劃。這些特徵對於客戶是否購買長期照護保險有重要影響。

二、實驗結果

實驗進行兩種模型準確率評估，分為原始資料(模型 I)及特徵選擇後資料(模型 II)。採取比例驗證(67%/33%, 70%/30%, 80%/20%, 90%/10%)進行，採用分析系統四種不同分類器，如：決策樹 Decision tree J48(J48)、IBK、Naïve Bayes(NB)與 SGD 等作為本研究分析與執行(如表 3)，準確率採取四捨五入法到小數點後 1 位。

表 3. 實驗模型表

項目	IBK	J48	NB	SGB	特徵選擇	67/33	70/30	80/20	90/10
模型 I	V	V	V	V		V	V	V	V
模型 II	V	V	V	V	V	V	V	V	V

單位：(%)

(一) 特徵選擇前後(模型 I 與模型 II)比例驗證說明

1. J48 的準確率都在 84.4%以上，特徵選取前後準確率相同，比例(80/20)及(90/10)最高 86.7%，最低是(70/30)的 84.4%穩定且平均。
2. NB 的準確率顯示，特徵選擇前比例(90/10)的 86.7%最高，最低是比例(70/30)的 71.1%；特徵選擇後是比例(80/20)的 83.3%最高，最低是比例(90/10)的 80.0%，特徵選擇前後準確率有異同。
3. SGD 的準確率在特徵選取前比例(67/33)的 85.7%最高，最低在(90/10)比例的 80.0%；特徵選擇後是比例(80/20)的 83.3%最高，最低是比例(90/10)的 80.0%，特徵選擇後準確率有異同。
4. IBK 的準確率顯示，特徵選擇前是比例(80/20)的 73.3%最低，比例(90/10)的 80.0%是最高；特徵選擇後是比例(80/20)的 86.7%最高，最低是比例(90/10)的 80.0%，特徵選擇後的準確率有不同。

經本實驗進行特徵選擇前(模型 I)與選擇後(模型 II)，進行兩個模型準確率比較，將結果彙整如表 4。表 4 說明如下，準確率以紅色標示為最高值，準確率以綠色標示最低值。J48 與 IBK 的準確率評估，顯示特徵選擇後準確率相同或提升。但是，NB 在(90/10)與 SGD(67/33)的準確率評估，顯示特徵選擇後準確率下降。

表 4. 特徵選擇前(模型 I)/後(模型 II)準確率說明

分類器/比例	67/33	70/30	80/20	90/10
J48	85.7/85.7	84.4/84.4	86.7/86.7	86.7/86.7
NB	77.6/81.6	71.1/82.2	83.3/83.3	86.7/80.0
SGD	85.7/81.6	82.2/82.2	83.3/83.3	80.0/80.0
IBK	73.4/85.7	75.6/80.4	73.3/86.7	80.0/80.0

單位(%)

(二) 特徵選擇前後差異

在評估分類器準確率後，接著進行特徵選擇前與特徵選擇後的差異值比較，並進行準確率差距值的分析，最後分析結果整理在表 5，表 5 說明如下。

1. J48 的特徵選擇前後準確率沒有差異。
2. NB 的特徵選擇後準確率顯示，在(67/33)與(70/30)有上升(4.0%/11.1%)，但在 90%/10%的比例則是下降 6.7%。
3. SGD 特徵選擇後的準確率顯示，在(67/33)的比例則是下降 4.1%。
4. IBK 特徵選擇後的準確率顯示，在(67/33)、(70/30)與(80/20)有上升(12.3%、4.8%與 13.4%)。

表 5. 特徵選擇前(模型 I)與後(模型 II)準確率差距值

分類器/比例	67/33	70/30	80/20	90/10
J48	0	0	0	0
NB	+4.0	+11.1	0	-6.7
SGD	-4.1	0	0	0
IBK	+12.3	+4.8	+13.4	0

單位(%)

(三) 特徵選擇後最高值

衡量各分類器的表現之後，找出各四種比例中的準確率最高值，將分析結果整理於表 6，顯示在不同比例驗證特徵選擇後最高準確率，並選出最好的評估分類器。

1. J48 在 4 次的比例驗證準確率最高值，每次都是最高共有 4 次。
2. IBK 在(67/33)與(80/20)的比例驗證中準確率最高有兩次。
3. NB 與 SGD 這兩個分類器準確率表現結果都相同。
4. 特徵選擇後的分類器準確率表現都呈現在 80%以上。

表 6. 特徵選擇後(模型 II)準確率最高值比較

項目	比例	67/33	70/30	80/20	90/10
J48		85.7	84.4	86.7	86.7
NB		81.6	82.2	83.3	80.0
SGD		81.6	82.2	83.3	80.0
IBK		85.7	80.4	86.7	80.0
最高值		85.7	84.4	86.7	86.7
最佳分類器		J48/IBK	J48	J48/IBK	J48

單位：(%)

(四) 混淆矩陣評估指標詳細應用

本研究除了從準確率分析最佳的分類器之外，另一方面會從分類器的績效評估去找出最佳的分類器，績效評估採用混淆矩陣的指標進行評估，表 7 顯示在 TP Rate, Precision, Recall, F-Measure 與 ROC Area 詳細資料。

1. TP Rate：以 J48 與 SGD 的 1 比其他 Naïve Bayes 與 IBK 的 0.8 好。
2. Precision：以 J48 的 0.9 比 NB、SGD 與 IBK 的 0.8 較好。
3. Recall(召回率)：J48 與 SGD 的召回率為 1，比 IBK 為 0.8 與 NB 為 0.7 好。
4. F-Measure：J48 與 SGD 的 0.9，比其他 IBK 和 NB 的 0.8 高。
5. ROC 曲線面積：ROC Area：J48 的 0.6，比其他 SGD 與 IBK 的 0.5 和 NB 的 0.3 都高。
6. 根據上述指標 J48 表現較佳。

表 7. 混淆矩陣評估指標詳細應用

Item	TP Rate	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area
J48	1.0	0.9	1.0	0.9	0.6
NB	0.7	0.8	0.7	0.8	0.3
SGD	1.0	0.8	1.0	0.9	0.5
IBK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5

(五) 敏感性分析

敏感性是模型預測真陽性(Positive)的能力。它的計算方式是真正的陽性預測(True Positive, TP)與所有陽性預測 TP+FN(False Negative)的集合之間的比例(如表 8)。根據(1)~(4)的敏感度計算值，則是以 J48 的 0.8620 為最佳。

$$\text{敏感性(Sensitivity)公式} = TP / TP+FN \dots\dots\dots(1)$$

以下是每個分類器的敏感度計算值。

- (1) NB= 18 / 18+4 = 0.8181
- (2) SGD= 25 / 25+5 = 0.8333
- (3) IBK= 21 / 21+4 = 0.8084
- (4) J48= 25 / 25+4 = 0.8620

表 8. Confusion Matrix(混淆矩陣)

		True Condition		
		Total Population (T)	Positive (Y)	Negative (N)
BayesNet	Predicted outcome	Positive(Y)	True Positive (TP)18	False Positive (FP)7
		Negative(N)	False Negative (FN)4	True Negative (TN)1
SGD			25	0
			5	0
IBK			21	4
			4	1
J48			25	0
			4	1

三、決策樹應用分析

決策樹的使用分析，圖中顯示 4 個具體相關特徵有：1. B9(本人年度有效保單總保費)，2. B10(壽險保額(含重大疾病險))，3. B11(保單總保額(含長照與失能保險))，4. B13(是否有轉介紹)，及 6 條規則，以下做決策樹的應用規則說明(如圖 2)。

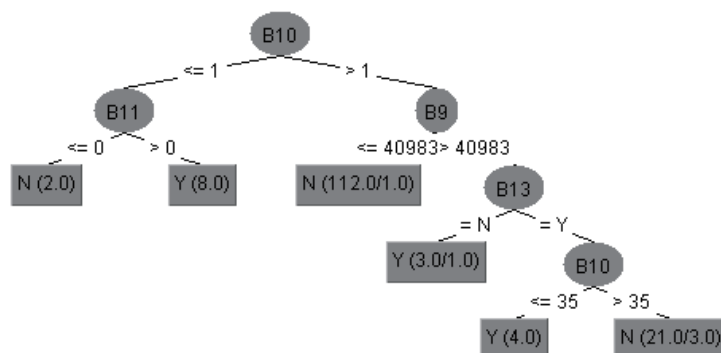


圖 2. 決策樹樹狀圖

Rule 1 : IF B10<=1 , B11>0, Then B15=Y。

規則 1：假如保單(含長照與失能保險)保額小於等於 1，且保單總額(含重大疾病險)大於 0 萬，就會再購買長照失能險。

Rule 2 : IF B10<=1 , B11<=0, Then B15=N。

規則 2：假如保單(含長照與失能保險)保額小於等於 1，且保單總額(含重大疾病險)小於等於 0 萬，就不會再購買長照失能險。

Rule 3 : IF B10>1 , B9<=40983, Then B15=N。

規則 3：假如保單(含長照與失能保險)保額大於 1，且本人年度有效保單總保費小於等於 40983 元，就不會再購買長照失能險。

Rule 4 : IF B10>1 , B9>40983, B13=N, Then B15=Y。

規則 4：假如保單(含長照與失能保險)保額大於 1，本人年度有效保單總保費大於 40983 元，且沒有轉介紹，就會再購買長照失能險。

Rule 5：IF $B10 > 1$ ， $B9 > 40983$ ， $B13 = Y$ ， $B10 \leq 35$ ，Then $B15 = Y$ 。

規則 5：假如保單(含長照與失能保險)保額大於 1，本人年度有效保單總保費大於 40983 元，有轉介紹且保單(含長照與失能保險)保額小於等於 35 萬，就會再購買長照失能險。

Rule 6：IF $B10 > 1$ ， $B9 > 40983$ ， $B13 = Y$ ， $B10 > 35$ ，Then $B15 = N$ 。

規則 6：假如保單(含長照與失能保險)保額大於 1，本人年度有效保單總保費大於 40983 元，有轉介紹且保單(含長照與失能保險)保額大於 35 萬，就會不再購買長照失能險。

伍、結果與討論

依本研究保險業客戶資料，進行長期照護保險資料作模型準確率評估，實證結果呈現特徵選擇後(模型 II)的準確率結果較佳，優於模型 I，以下說明實證後結論。

一、準確率評估

本研究選特徵選取技術於業界保險客戶資料，值得注意的是，除 NB 的 (90/10)與 SGD(67/33)特徵選擇後準確率下降外，所有特徵選擇後準確率都在 80.0%以上，相等或優於特徵選擇前準確率。選出決策樹(J48)為最佳分類器，實驗結果確定特徵選擇技術明顯促進預測模型準確率方面的有效性，也為保險業提供了實際操作的參考。

二、特徵選擇

選擇適當的特徵，以提高預測準確率具重要意義。在不確定環境中篩選出與本研究目標密切相關且非重複的資料特徵，減少數據維度，優化模型效能進而提高預測準確性，在分析應用節省所需的時間與人力，降低成本。這種方法若應用於保險業實務，特別是長期照護保險的推廣，可以幫助保險業務人員更有效地定位並篩選潛在客戶。透過資料分析，客戶開發變得更有目的性，遠離盲目的隨機尋找，節省時間，發揮數據資料分析的成效，提升業務工作效率。本研究找出主要 4 個特徵 1. B4(配偶是否是在職); 2. B6(有效保單張數); 3. B11(壽險保額(含重大疾病險)/萬元); 4. B15(是否有購買長照與失能保險保單)。提供保險公司與保險業務人員實際應用的參考依據。

三、決策數分析

根據實證分析，我們利用決策樹模型發現三條再購買長期照護與失能險的重要規則。首先，規則 1 顯示，當保單總額(包括重大疾病險)大於 0 時，客戶可能會基於風險考量選擇再次購買保險。接著，規則 4 和規則 5 涉及年度保費超過 40,489 元的情況下，若有轉介紹，客戶傾向於再購買保險；相反地，若無轉介紹，只有當保單(包含長照與失能保險)的保額小於或等於 35 萬元時，客戶才會考慮再購買。這顯示，在保費較高的情形下，轉介紹的存在與否是一個重要的考量因素。決策樹的結構清晰易懂，能有效幫助保險公司與業務員對客戶進行風險和保額的規劃，進而促使客戶對保險的再次購買。

四、管理意涵

在現代保險業務中，結合決策樹與機器學習技術可大幅提升客戶篩選效率及優化服務流程。透過實證分析，決策樹模型提取的四項關鍵因素：(1) B9 本人年度有效保單總保費、(2) B10 壽險保額(含重大疾病險)、(3) B11 保單總保額(含長照與失能保險)、(4) B13 是否有轉介紹，有效識別具高潛力的客戶群。此策略不僅能準確定位可能購買的客戶，也能加速業務前進，減少無目標的客戶拜訪，提升成效。此外，應用先進科技可協助客戶進行長期照護保險的預先規劃，有效解決長期照護需求帶來的經濟壓力。保險從公司與業人員應積極利用先進工具，不僅能提升自身的專業能力，更能深化對客戶的服務品質，實現保險助人的核心使命。

五、學術意涵

在資訊科技快速發展，機器學習技術成為數據處理和決策制定的關鍵。它從大量數據中自動學習並識別模式做出決策。其中，特徵選擇技術可以有效地從原始數據中篩選出最具影響力的特徵，增強模型的解釋性與效率。

決策樹為當今廣受歡迎的機器學習演算法之一，能將複雜的問題系統性地分解為簡單、易於管理的決策步驟。此方法不僅讓研究者能夠清楚地追蹤並理解決策過程中的每一個決策點，還便於對整個決策流程進行深入的分析與優化。透明且結構化的決策過程，不僅提高了決策的可解釋性，同時也增強了模型的應用效率和有效性。這些技術已經被廣泛應用各領域，顯著提高了數據處理的速度與決策的準確性。隨著自動化和智能化需求增加，機器學習的應用不斷擴展，推動產業的技術進步和創新發展。這些技術的演進不僅顯示了學術價值，在實踐應用產生深遠的影響。

誌謝

感謝國科會 111 年度專題計畫(計畫編號：NSTC 111-2221-E-167-036-MY2)經費補助，特此致謝。

參考文獻

- [1] MARZO, R. R., Khanal, P., Shrestha, S., Mohan, D., Myint, P. K., & Su, T. T. Determinants of active ageing and quality of life among older adults: Systematic review. *Frontiers in Public Health*, 11, 1193789.
- [2] Kasajima, M., Eggleston, K., Kusaka, S., Matsui, H., Tanaka, T., Son, B. K., ... & Hashimoto, H. (2022). Projecting prevalence of frailty and dementia and the economic cost of care in Japan from 2016 to 2043: a microsimulation modelling study. *The Lancet Public Health*, 7(5), e458-e468.
- [3] Bloom, D. E., Canning, D., & Lubet, A. (2015). Global population aging: Facts,

- challenges, solutions & perspectives. *Daedalus*, 144(2), 80-92.
- [4] Butler, S. M. (2022, May). The challenging future of long-term care for older adults. In *JAMA Health Forum* (Vol. 3, No. 5, pp. e222133-e222133). American Medical Association.
- [5] Mori, H., Nakane, A., Tohara, H., & Nakayama, T. (2023). Evaluation of preventive care for swallowing difficulty through policy changes in Japanese long-term care insurance: analysis of a nationwide claims dataset for long-term care insurance. *BMC Health Services Research*, 23(1), 1053.
- [6] Chen, L., Zhang, L., & Xu, X. (2020). Review of evolution of the public long-term care insurance (LTCI) system in different countries: influence and challenge. *BMC Health Services Research*, 20, 1-21.
- [7] Nadash, P., Doty, P., & von Schwanenflügel, M. (2018). The German long-term care insurance program: evolution and recent developments. *The Gerontologist*, 58(3), 588-597.
- [8] Braun, R. A., Kopecky, K. A., & Koreshkova, T. (2019). Old, frail, and uninsured: accounting for features of the US Long-Term care insurance market. *Econometrica*, 87(3), 981-1019.
- [9] Gousia, K. (2023). Cognitive abilities and long-term care insurance: evidence from European data. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 48(1), 68-101.
- [10] McGarry, B. E., Tempkin-Greener, H., Grabowski, D. C., Chapman, B. P., & Li, Y. (2018). Consumer decision-making abilities and long-term care insurance purchase. *The Journals of Gerontology: Series B*, 73(4), e1-e10.
- [11] Allaire, B. T., Brown, D. S., & Wiener, J. M. (2016). Who wants long-term care insurance? A stated preference survey of attitudes, beliefs, and characteristics. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 53, 0046958016663728.
- [12] Sabharwal, R., & Miah, S. J. (2022). An intelligent literature review: adopting inductive approach to define machine learning applications in the clinical domain. *Journal of Big Data*, 9(1), 1-18.
- [13] Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., ... & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: Concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of big Data*, 8, 1-74.
- [14] Gad, A. G., Sallam, K. M., Chakraborty, R. K., Ryan, M. J., & Abohany, A. A. (2022). An improved binary sparrow search algorithm for feature selection in data classification. *Neural Computing and Applications*, 34(18), 15705-15752.
- [15] Bommert, A., Sun, X., Bischl, B., Rahnenführer, J., & Lang, M. (2020). Benchmark for filter methods for feature selection in high-dimensional classification data.

Computational Statistics & Data Analysis, 143, 106839.

- [16] Zebari, R., Abdulazeez, A., Zeebaree, D., Zebari, D., & Saeed, J. (2020). A comprehensive review of dimensionality reduction techniques for feature selection and feature extraction. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 1(2), 56-70.
- [17] Pudjihartono, N., Fadason, T., Kempa-Liehr, A. W., & O'Sullivan, J. M. (2022). A review of feature selection methods for machine learning-based disease risk prediction. *Frontiers in Bioinformatics*, 2, 927312.
- [18] Mishra, S., Thakkar, H. K., Singh, P., & Sharma, G. (2022). A decisive metaheuristic attribute selector enabled combined unsupervised-supervised model for chronic disease risk assessment. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022.
- [19] Çetinkaya, Z., & Horasan, F. (2021). Decision trees in large data sets. *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(1), 140-151.
- [20] Charbuty, B., & Abdulazeez, A. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(01), 20-28.
- [21] Sarker, I. H., Colman, A., Han, J., Khan, A. I., Abushark, Y. B., & Salah, K. (2020). Behavdt: a behavioral decision tree learning to build user-centric context-aware predictive model. *Mobile Networks and Applications*, 25, 1151-1161.
- [22] Bansal, M., Goyal, A., & Choudhary, A. (2022). A comparative analysis of K-nearest neighbor, genetic, support vector machine, decision tree, and long short term memory algorithms in machine learning. *Decision Analytics Journal*, 3, 100071.
- [23] Itoo, F., Meenakshi, & Singh, S. (2021). Comparison and analysis of logistic regression, Naïve Bayes and KNN machine learning algorithms for credit card fraud detection. *International Journal of Information Technology*, 13, 1503-1511.
- [24] Kushwah, J. S., Kumar, A., Patel, S., Soni, R., Gawande, A., & Gupta, S. (2022). Comparative study of regressor and classifier with decision tree using modern tools. *Materials Today: Proceedings*, 56, 3571-3576.
- [25] Rawool, A. G., Rogye, D. V., Rane, S. G., & Bharadi, V. A. (2021). House price prediction using machine learning. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol*, 9, 686-692.
- [26] Fatima, N., Liu, L., Hong, S., & Ahmed, H. (2020). Prediction of breast cancer, comparative review of machine learning techniques, and their analysis. *IEEE Access*, 8, 150360-150376.
- [27] Kumar, Y., Gupta, S., Singla, R., & Hu, Y. C. (2022). A systematic review of artificial intelligence techniques in cancer prediction and diagnosis. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(4), 2043-2070.
- [28] Islam, M. M., Haque, M. R., Iqbal, H., Hasan, M. M., Hasan, M., & Kabir, M. N. (2020). Breast cancer prediction: a comparative study using machine learning techniques. *SN Computer Science*, 1, 1-14.

- [29] Markoulidakis, I., Kopsiaftis, G., Rallis, I., & Georgoulas, I. (2021, June). Multi-class confusion matrix reduction method and its application on net promoter score classification problem. In *The 14th pervasive technologies related to assistive environments conference* (pp. 412-419).
- [30] Arias-Duart, A., Mariotti, E., Garcia-Gasulla, D., & Alonso-Moral, J. M. (2023). A Confusion Matrix for Evaluating Feature Attribution Methods. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 3708-3713).
- [31] Chicco, D., Tötsch, N., & Jurman, G. (2021). The Matthews correlation coefficient (MCC) is more reliable than balanced accuracy, bookmaker informedness, and markedness in two-class confusion matrix evaluation. *BioData mining*, 14(1), 1-22.
- [32] Mijwil, M. M., & Aljanabi, M. (2023). A Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Classification of Diabetes Utilizing Confusion Matrix Analysis. *Baghdad Science Journal*.
- [33] Valero-Carreras, D., Alcaraz, J., & Landete, M. (2023). Comparing two SVM models through different metrics based on the confusion matrix. *Computers & Operations Research*, 152, 106131.
- [34] Hasnain, M., Pasha, M. F., Ghani, I., Imran, M., Alzahrani, M. Y., & Budiarto, R. (2020). Evaluating trust prediction and confusion matrix measures for web services ranking. *IEEE Access*, 8, 90847-90861.
- [35] Naji, M. A., El Filali, S., Aarika, K., Benlahmar, E. H., Abdelouhahid, R. A., & Debauche, O. (2021). Machine learning algorithms for breast cancer prediction and diagnosis. *Procedia Computer Science*, 191, 487-492.
- [36] Sena, G. R., Lima, T. P. F., Mello, M. J. G., Thuler, L. C. S., & Lima, J. T. O. (2019). Developing machine learning algorithms for the prediction of early death in elderly cancer patients: usability study. *JMIR cancer*, 5(2), e12163.
- [37] Birhane, T., & Hailu, B. (2021). Predicting the Behavior of Blood Donors in National Blood Bank of Ethiopia Using Data Mining Techniques. *International Journal of Information Engineering & Electronic Business*, 13(3).
- [38] Chen, Y. S., Lin, C. K., Chou, J. C. L., Chen, S. F., & Ting, M. H. (2022). Application of advanced hybrid models to identify the sustainable financial management clients of long-term care insurance policy. *Sustainability*, 14(19), 12485.

Application of Feature Selection Techniques Using Medical Insurance Data in Decision-Making for Elderly Care

Wei-Chao Lin¹, Huei-Hua Tsao², Yi-Jun Lin³, You-Shyang Chen^{4*}, Chien-Lung Hsu⁵

¹ Department of Digital Financial Technology, Chang Gung University

^{1,2,5} Graduate Institute of Management, Chang Gung University

³ Taipei Medical University Hospital

^{4*} College of Management, National Chin-Yi University of Technology

Abstract

As the global aging process accelerates and the demand for elderly care increases, addressing the challenges of aged care has become an urgent issue. Despite advanced medical technology and facilities, caregivers continue to face significant physical, psychological, and financial burdens. Heightened concern for health issues and advancements in medical technology have led to greater emphasis on proactive and preventive planning for future care. Consequently, purchasing long-term care insurance has emerged as a key strategy to alleviate the financial pressure on caregivers. This study analyzes medical insurance data from industry-leading insurance companies, applying four machine learning classification algorithms (IBK, Decision Tree (J48), NaiveBayes (NB), and SGD) to evaluate 14 medical insurance condition attributes and one decision attribute in the data. Through feature selection, this study identified four key features and utilized the decision tree (J48) to analyze four relevant factors, six rules, and the optimal accuracy, conducting performance evaluation using metrics from the confusion matrix. The research discovered that the model optimized through feature selection achieves higher accuracy with J48 as the best classifier under training and testing ratio validation. This study primarily provides decision support for those concerned with elderly and disability care issues, while also offering the insurance industry insights into a classification model and key features based on feature selection.

Keywords: decision tree, medical insurance data, feature selection, confusion matrix, elderly care

* Corresponding author

Email : yschen@ncut.edu.tw

銷售額預測之研究--以 A 公司時間序列資料為例

陳祐祥¹ 鄭仲廷^{1*} 林玉華²

¹ 國立勤益科技大學 智慧製造與資訊應用碩士學位學程

² 修平科技大學 企業經營管理系

摘要

在當前全球經濟快速變動背景下，企業進行精準銷售預估變得更加關鍵。這種預測不僅關係到庫存策略、成本控制，也涉及資本配置等多方面決策，對企業經營有著廣泛影響。先前研究顯示，採用先進市場趨勢預測技術有助於企業更好地應对外部不確定性，減輕全球經濟波動對業務影響，從而促進企業長期發展和競爭力。然而，目前許多企業仍依賴於傳統、主觀銷售預測方法，這些方法大多基於管理層直覺、歷史銷售記錄和預期增長率，這樣預測方式易受外界因素干擾，缺乏穩定性和可靠性。針對上述問題，本研究使用 2018 年至 2022 年某 A 公司之銷售額數據，包含兩個大方向：(1) 利用時間序列之各種方法包含 WINTERS 方法、AR、MA、ARIMA 與 SARIMA 等方法建立預測模型，用以預測未來銷售額。我們以平均絕對百分比誤差(MAPE)和均方根誤差(RMSE)為模型評估指標，並以 2022 年實際銷售數據對該模型進行驗證。經過實證結果，SARIMA 模型顯示其 MAPE 低於 10%，同時 RMSE 也是所有模型中最低，為實驗模型中之最佳。(2) 本研究再透過逐步迴歸分析方法識別出對公司銷售影響較大商品。通過結合逐步迴歸分析方法與時間序列預測方法，進一步改善對未來投資之預測準確性並加強對風險之感知。

關鍵詞： SARIMA 模型、逐步迴歸分析法、短期預測、時間序列預測

* 通訊作者：

E-mail: a2048590516@gmail.com

壹、緒論

一、研究背景與動機

臺灣玻璃加工業能有現在規模，是經歷一系列變革和發展，這些改變受到多方面因素影響，包括經濟環境、技術進步、綠色能源需求等。對於世界經濟變化，傳統產業將在相對有限市場中生存。我國因玻璃產業完整，較不易發生斷料、斷鏈等問題。

因此銷售預測對於企業非常重要。基於過去文獻探討發現，精準預測市場銷售動向，可以更好地應對國際局勢不確定性和風險。這將有助於確保企業永續生存。然而，當今多數傳統企業仍然以人工主觀預測為主，可能依據管理者或高階主管相關經驗、歷年銷售數據及期望成長值做為未來銷售預估量；但這個主觀方法却容易受到相關影響因素所限制，這種預測方式可能顯得更加脆弱。

現今國際情勢面對全球貿易情勢不穩、金融市場波動加劇以及保護主義高漲交互作用下，全球經濟蒙受相當影響。自 2019 年全球經濟成長率逐年遞減，國際預測至 2030 年之經濟成長率預估落於 2.7%~3.0%之間，相較 2013-2018 年之 2.8%~3.4%成長較為趨緩，以致台灣產業面對國際局勢，戰戰兢兢，國內也即將面臨人口紅利消失，未來潛在勞動供給之短缺，以及新興科技營運衝擊等。勢必企業必須重視數位科技應用價值，注入新成長動能，加速公司發展。

二、研究問題

在 2018 至 2022 年間，世界經歷一連串重大情勢變化，包括中美貿易戰、氣候變化與極端氣候事件、以及 COVID-19 大流行等。這些事件對全球經濟造成重大波動，無論是由於貿易戰和政治不確定性導致原物料進出口問題，氣候問題引發原物料短缺，還是因為疫情導致勞動力極端短缺，均深刻影響著世界發展軌跡。這些挑戰凸顯公司在面對未來趨勢時，若無法進行有效預測和策略調整，可能會面臨決策制定困難、資源分配不當、和策略調整滯後等問題。

所以銷售額預測準確程度對於公司來說至關重要，因為它能夠幫助企業預見未來可能發生變化和挑戰，從而提前做好準備。但要精準預測未來銷售趨勢並不簡單，根據以往經驗參考，數據收集與整理方法為第一要點，再來選擇適合自己數據特性之方法，同時要適當評估風險與持續監測。而當公司能夠準確預測未來銷售趨勢和市場變化時，就可以更有效地制定策略，分配資源，以及調整業務方向，從而提高競爭力和市場適應性。此外，準確銷售預測也有助於減少因預測失誤而導致之風險與損失，使公司能夠更有彈性地應對突發事件，保障業務持續性和增長。

藉此我們利用 A 公司之歷年銷售數據進行實驗，A 公司為一玻璃加工業之公司，該公司因預測未來銷售情形之手法相對過時，經討論後，該公司提供其 2018 年至 2022 年之銷售數據。本研究參考過去相關之研究，然而這些研究中所使用之預測方法對於傳統產業，尤其是玻璃加工業中應用參考文獻相對較少。因此本研究旨在探討如何更精確地預測玻璃加工業銷售情況，並以此為主要研究方向。

三、研究目的

依上節說明研究問題，本文旨在探討 2018 至 2022 年間，期間隨著國際情勢變動，對於傳統產業是否有影響，且傳統產業如何對於情勢轉變，制定相符合之因應對策及措施。以下為本研究之主要研究目的：

1. 建立 AR(Autoregressive model)、MA(Moving average model)、ARIMA(Autoregressive moving average model)、SARIMA(Seasonal autoregressive integrated moving average model)等銷售額預測模型。
2. 測試銷售總額之趨勢及季節性週期。
3. 以均方根誤差(RMSE)及平均絕對百分比誤差(MAPE)為評估指標作為模型之評估，找出最合適模型。
4. 測試及驗證季節性是否影響銷售額預測模型。
5. 透過逐步回歸，發現對預測結果具影響力之因子。

四、研究限制

本研究將以某 A 公司各年度不同加工項目收入做為案例探討，引用時間序列分析法及逐步迴歸分析法進行資料剖析；因此，本研究提出以下幾點限制：

1. 假設資料包含趨勢性、季節性、與白噪音。
2. 假設殘差項為常態性、獨立性、和變異數同質性。
3. 研究資料僅能取得 2018 年至 2022 年間銷售數據，其對於需要大量且長期預測所需之資料，可能相對不足。

五、研究流程

本研究之研究流程如圖 1 所示；各流程依序說明如下：

1. 緒論：說明本研究背景與動機，透過研究動機促發，進一步擬出研究目的。
2. 文獻探討：整理歷史銷售預測之相關文獻，探討經常被使用之預測方法，以作為本研究理論之基礎。
3. 研究方法：說明本研究研究方法、架構與研究流程，本研究主要以 SARIMA 來建置預測模型，再以其他預測模型與之相比較。
4. 實驗與分析：以 A 公司之歷史銷售總額資料，導入本研究之方法及架構，再將實驗結果分析並做出比較。

5. 研究結果及結論：歸納本研究之研究結果並說明研究結論，最後總結本研究於管理實務與學術理論上之貢獻與未來研究方向。

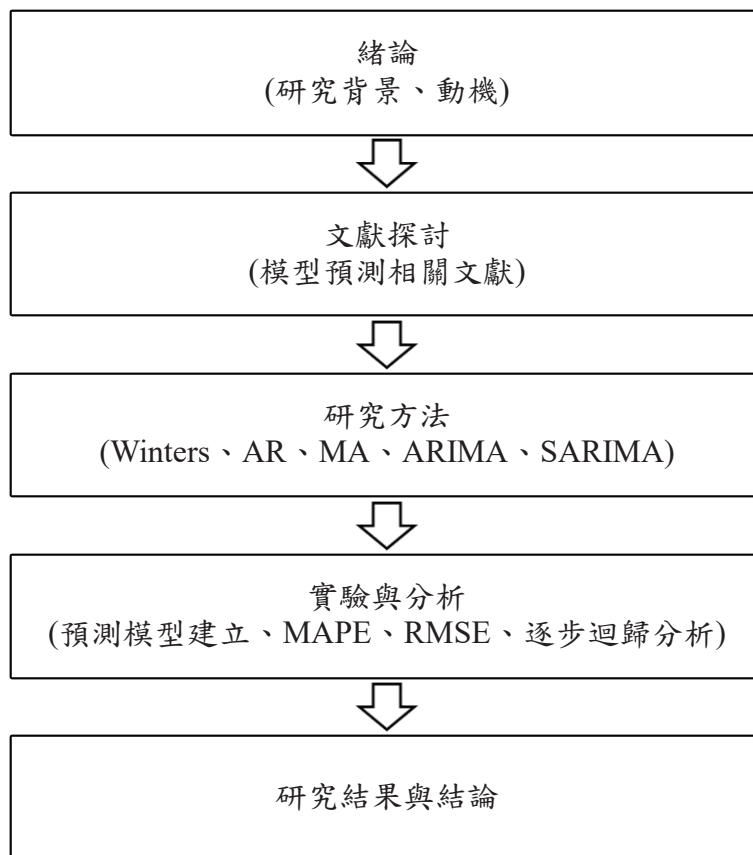


圖 1. 研究流程圖

貳、文獻探討

時間序列分析是一種統計方法，專門用於分析依時間順序排列之數據點。施君翰等(2016)提及時間序列數據是在連續、等間隔時間點上收集。這種分析常用於經濟學、商業、環境科學、醫學和工程學等領域。其主要目的是瞭解過去行為並預測未來趨勢，或者至少是估計趨勢不確定性。林文茂(1992)說明時間序列分析關鍵特點和技術包括：

1. 趨勢分析：識別數據中長期趨勢。趨勢可以是上升、下降或穩定。
2. 季節性分析：檢測並分析數據集中季節性模式，例如一年中某個時間或一周中特定日子。
3. 循環成分：這與季節性不同，循環成分指不規則、非固定周期之波動。
4. 隨機或不規則成分：這是時間序列中無法由模型解釋之隨機波動。

一、時間序列 ARIMA 簡介

自迴歸整合移動平均模型(ARIMA)是用於時間序列數據分析及預測工具，尤其適合處理和預測短期時間序列數據。Dhyani et al. (2020)運用 ARIMA 進行股市預測，透過對數據分析，包含季節性、趨勢和隨機性，設定參數 d 確定數據平穩性，並運用 ACF 及 PACF 來決定 ARIMA 之參數。Benvenuto et al. (2020) 說明 ARIMA 包含兩個模型，即自迴歸模型(AR)和移動平均模型(MA)。屬於一種特定類型迴歸模型，須含三個非負參數(p 、 d 、 q)。

(一)、自迴歸模型(AR)

參考 Fattah et al. (2018)自迴歸模型是一種表示時間序列模型，其中當前值是過去值函數。 p 階自迴歸模型 (AR(p)) 一般形式如下公式(1)所示：

$$AR(x_t) = \alpha_1 x_{t-1} + \alpha_2 x_{t-2} + \dots + \alpha_p x_{t-p} + \epsilon_t \quad (1)$$

上述公式中 $AR(x_t)$ 是時間序列， $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ 是模型參數， ϵ_t 是誤差項。

(二)、移動平均模型(MA)

在移動平均模型中，Fattah et al. (2018)提到當前值是過去誤差項函數。 q -階移動平均模型 (MA(q)) 一般形式如公式(2)所示：

$$MA(x_t) = \beta_1 \epsilon_{t-1} + \beta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \beta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \quad (2)$$

其中 ϵ_t 是誤差項， $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ 是模型參數。

(三)、自迴歸整合移動平均模型(ARIMA)

ARIMA 模型用於非平穩序列，包括差分步驟以使序列平穩。ARIMA(p, d, q)模型包括 p 階自迴歸、 d 階差分 and q 階移動平均。Alabdulrazzaq et al. (2021)解釋如公式(3)所示：

$$(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - L)^d X_t = (1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i) \epsilon_t \quad (3)$$

其中 L 是滯後算子(Lag operator)， $(1-L)^d$ 為 d 階差分、和 $d > 0$ 。

(四)、季節性自迴歸整合移動平均模型(SARIMA)

SARIMA 在 ARIMA 基礎上增加季節性元素考量，使其能夠更好地處理具有季節性變動特徵時間序列資料。SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)模型通過引入季節性差分、季節性自迴歸和季節性移動平均等組件，來捕捉時間序列中季節性模式。Ma et al. (2021)說明一般情況下以公式(4)所示：

$$(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - \sum_{i=1}^P \bar{\phi}_i L^i)(1 - L)^d (1 - L^m)^D Y_t = (1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i)(1 + \sum_{i=1}^Q \bar{\theta}_i L^{i \times m}) \epsilon_t \quad (4)$$

其中 L 是滯後算子(Lag operator)， $L^k Y_t = Y_{t-k}$ 。

二、逐步迴歸分析法

參考游士兵等(2017)介紹逐步迴歸分析法是一種用於變量選擇和簡化迴歸模型統計方法。在建立迴歸模型時，通過逐步添加或刪除變量來確定最終模型中應包含哪些解釋變量(自變量)，以達到最佳預測效果。逐步迴歸旨在解決模型中變量衆多時出現問題，幫助研究者識別出對因變量影響最顯著自變量。

(一)、向前選擇法

從沒有任何自變量模型開始，逐一添加變量。每一步都選擇增加模型預測能力最大變量，直到添加任何剩餘變量都不會顯著提高模型預測能力爲止。

(二)、反向淘汰法

包含所有候選自變量模型，逐一移除對模型貢獻最小變量。每一步都刪除減少模型預測能力最少變量，直到移除任何剩餘變量都會顯著降低模型預測能力爲止。

(三)、逐步選擇法

結合向前選擇和反向淘汰特點。既可以添加也可以刪除變量，每一步都重新評估已經包含在模型中變量，並且在必要時將其刪除。

三、指數平滑法

Makridakis et al. (1998)解釋指數平滑法是一種時間序列預測方法，主要用於處理具有趨勢和季節性數據。這種方法通過給過去觀測值分配遞減權重來預測未來值，最近數據點將有更大權重。指數平滑法適用於短期預測，且能夠快速適應數據中變化。

(一)、WINTERS 模型

水平方程(Level Equation)如下所示：

$$W(L_t) = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

趨勢方程(Trend Equation)如下所示：

$$W(T_t) = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (6)$$

季節性方程(Seasonal Equation)如下所示：

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (7)$$

其中參數表示如下：

L_t ：時間點 t 支水平、 T_t ：時間點 t 之趨勢、 Y_t ：時間點 t 之觀測值、 S_t ：時間點 t 之季節性成分、 α ：水平之平滑係數、 β ：趨勢之平滑係數、以及 γ ：季節性之平滑係數。

參、研究方法

前一章節文獻探討中，介紹常見時間序列分析法及迴歸分析法，並且討論可以選用那些方式以獲得相對準確預測。本研究以 ARIMA 預測分析結果後，配合逐步迴歸分析，除預測未來趨勢，也從中辨別各加工對於工廠營業額影響程度。

一、問題描述

業者若要從既有商品裏挑選出效益最高品項，除了從銷量、成本、售價等因素加以考量，也可以由時間序列分析其未來趨勢做為參考基準，最常見是以 ARIMA 模型進行預測。依據第二章節文獻探討，本研究將以 SARIMA 模型做為比 ARIMA 模型多一個參數，用以控制季節性變動數據，並配合逐步迴歸分析法解釋各加工貢獻度。

二、研究架構

本研究之架構流程圖如圖 2 所示。以某玻璃加工廠(A 公司)為研究對象，透過蒐集該公司各加工類型銷售總額，運用多種預測方法進行評估分析，憑藉數據驗證結果，建立適合該公司銷售額預測模式。本研究之研究架構，主要分成四大部分：

1. 資料前置處理：本研究蒐集玻璃工廠歷史銷售總額以供後續預測模型使用。於蒐集資料時，優先考慮所用公司資料可以排除正處於衰退期情況，以避免資料存在過多缺失值或異常值，導致預測模型失準。
2. 建立預測模型：本研究主要以傳統預測技術建立預測模型，再經過各模型比較過後，搭配逐步迴歸分析法，建立適當預測模型，找出影響預測結果比例較大數個玻璃加工方法。
3. 資料誤差分析：本研究採用平均絕對百分比誤差 (MAPE) 及均方根誤差 (RMSE) 作為評估資料預測準確性主要指標，通過比較預測值與實際值之間差異來分析模型預測性能。這兩種指標從不同方面量化預測誤差，提供一個全面評估框架，以確定預測模型在實際應用中有效性和可靠性。
4. 實驗結果與討論：本研究將透過逐步迴歸分析來識別對 A 公司銷售總額有顯著影響因子。此過程將預測模型中包含目標變數逐一納入分析，評估哪些因子變化對銷售總額預測結果有最大影響，從而篩選出最關鍵因子。其主要目的是分析和討論哪些因子在預測中扮演重要角色。這項分

析旨在深化對模型如何反映實際銷售動態理解，並為未來進行更細緻模型調整和預測策略制定提供指導。

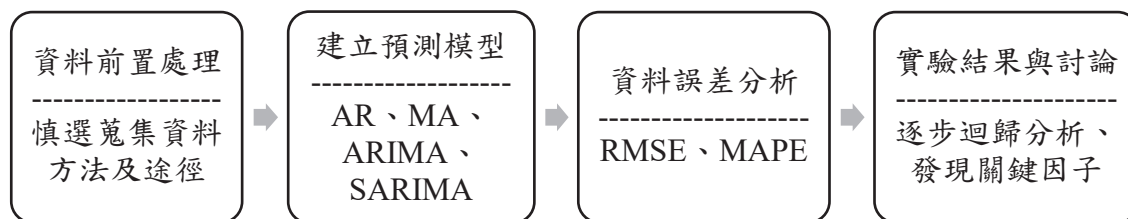


圖 2. 研究架構圖

肆、案例與分析

一、資料介紹

本研究以 A 公司所提供之歷年營業額及各商品(服務)銷售額作為數值案例，A 公司為一家玻璃加工工廠，資料區間為 2018 年 01 月至 2022 年 12 月止。

表 1. A 公司資料期間

數據階段	日期
資料範圍	201801~202312
預測範圍	201801~202212
驗證範圍	202201~202212

二、個案分析

(一)、預測模型建立

該資料所建立之 WINTERS 模型確認數據包含著趨勢性及週期性。此輸出表示如果數列具有周期性成分，則它也會有非周期性波動，這是即時數列典型觀察值。除小規模波動之外，顯著峰值似乎相隔幾個月以上。考慮到銷售季節性，在 12 月年關歲末期間通常會達到高點，時間序列可能具有每年週期性。

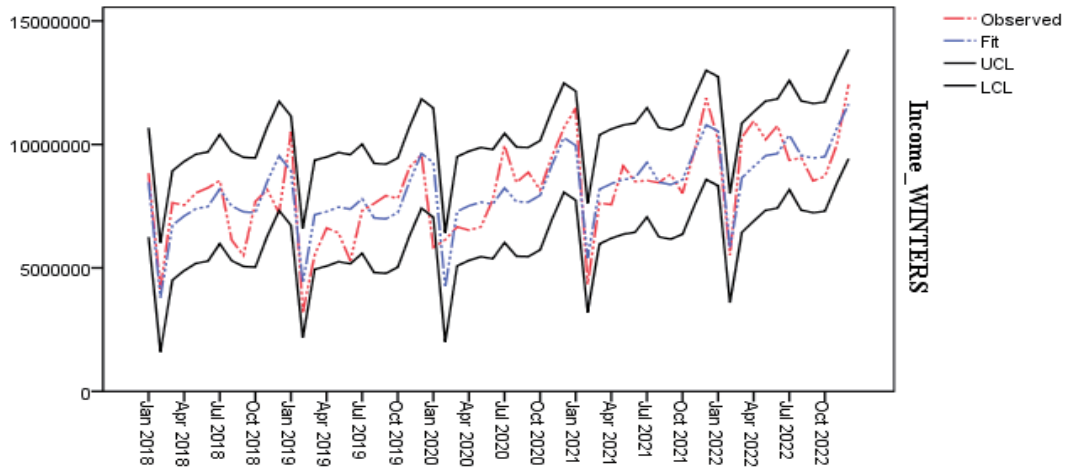


圖 3. 指數平滑_Winters 模型

由圖 3 得知，紅線表示實際數據，而藍線表示預測結果。透過實際值與預測值間些微誤差，我們判斷利用具季節性之時間序列模型進行預測可以使預測值得到更可靠結果。其中預測值與實際值之誤差，我們推斷因採用數據之期間，包含疫情等例外情況，導致模型較未能良好擬合該資料區間，進而衍伸預測誤差。我們以四種時間序列模型進行比對，首先使用 AR、MA、ARIMA、SARIMA 模型可以得到統計結果如下表 2、3、4 及 5 依序所示。

表 2. AR 模型實驗結果

FIT STATISTIC	MEAN	MINIMUM	MAXIMUM
Stationary r-squared	0.278	0.278	0.278
R-squared	0.278	0.278	0.278
Rmse	1686256.352	1686256.352	1686256.352
Mape	18.239	18.239	18.239
Maxape	130.623	130.623	130.623
Mae	1253849.249	1253849.249	1253849.249
Maxae	4449195.461	4449195.461	4449195.461
Normalized bic	29.017	29.017	29.017

表 3. MA 模型實驗結果

FIT STATISTIC	MEAN	MINIMUM	MAXIMUM
Stationary r-squared	0.297	0.297	0.297
R-squared	0.279	0.279	0.279
Rmse	1685450.72	1685450.72	1685450.72
Mape	18.194	18.194	18.194
Maxape	132.383	132.383	132.383
Mae	1248241.646	1248241.646	1248241.646
Maxae	4486439.377	4486439.377	4486439.377
Normalized bic	29.016	29.016	29.016

表 4. ARIMA 模型實驗結果

Fit Statistic	Mean	Minimum	Maximum
Stationary R-squared	0.309	0.309	0.309
R-squared	0.091	0.091	0.091
RMSE	1872732.956	1872732.956	1872732.956
MAPE	20.617	20.617	20.617
MaxAPE	128.1	128.1	128.1
MAE	1410313.289	1410313.289	1410313.289
MaxAE	5318043.534	5318043.534	5318043.534

表 5. SARIMA 模型實驗結果

FIT STATISTIC	MEAN	MINIMUM	MAXIMUM
STATIONARY R-SQUARED	0.489	0.489	0.489
R-SQUARED	0.957	0.957	0.957
RMSE	236235.747	236235.747	236235.747
MAPE	2.295	2.295	2.295
MAXAPE	6.384	6.384	6.384
MAE	188127.463	188127.463	188127.463
MAXAE	509251.105	509251.105	509251.105
NORMALIZED BIC	24.953	24.953	24.953

根據以上圖例，整理成表 6 模型資料對照表，其中 RMSE 衡量預測值與實際值之間差異平均大小、MAPE 衡量預測值偏離實際值程度，以百分比表示。經過表中模型比較：

1. 以 RMSE 評估指標來看，SARIMA > MA > AR > ARIMA。
2. 以 MAPE 評估指標來看，SARIMA > AR > MA > ARIMA。

我們以剛才所述排名得知，SARIMA 在兩個指標中，皆獲得較低數值，而 MA 及 AR 則相對高一些，最後則是兩者數值皆最高之 ARIMA。可得結論為 SARIMA > MA = AR > ARIMA。這說明 SARIMA 模型在這個特定案例中，預測方面表現相較良好，也意味著時間序列數據具有明顯季節性變化。

表 6. 時間序列模型對照表

	RMSE	Ranking of RMSE	MAPE	Ranking of MAPE	Subtotal of RMSE and MAPE	Ranking
AR	1686256.352	3	18.239	2	5	2
MA	1685450.720	2	18.914	3	5	2
ARIMA	1872732.956	4	20.617	4	8	4
SARIMA	236235.747	1	2.295	1	2	1

(二)、逐步迴歸模型建立

建立模型結果可由表 7 逐步迴歸模型摘要數據及表 8 共線性診斷數據來確認模型適配程度是否良好。隨著模型推演，模型逐一將變數(A 公司之商品)加入，並最終於模型 7 結束，說明 A 公司之商品中對於預測模型具有顯著解釋力品項變數皆已加入其中。看到表 7 中 R 值逐步增加，從 0.784 到 0.905，這表明隨著變數增加，模型解釋變異量比例增加。而 Durbin-Watson 統計量為 1.846 接近 2，表明殘差之間沒有自相關。但如表 8 所示數據有中度共線性問題，表示模型還有改善空間。

表 7. 逐步迴歸模型摘要數據圖

模型	R	R Square	Adjusted R Square	Standard Error of Skewness	Durbin-Watson
1	0.784	0.614	0.608	1200157.657	
2	0.812	0.660	0.648	1136865.621	
3	0.857	0.735	0.721	1012785.995	
4	0.876	0.767	0.750	958842.146	
5	0.885	0.783	0.763	932229.306	
6	0.897	0.804	0.782	894169.085	
7	0.905	0.819	0.795	867661.384	1.846

表 8. 共線性診斷數據圖

模型	特徵值	條件指數	變異數比例							
			(常數)	沖孔金額	磨邊金額	強化金額	圓角金額	打洞金額	噴砂金額	水刀切割金額
1	5.975	1.000	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
2	0.910	2.563	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.54	0.19
3	0.611	3.127	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.36	0.44
4	0.343	4.173	0.00	0.00	0.00	0.50	0.05	0.00	0.01	0.19
5	0.078	8.738	0.01	0.00	0.02	0.31	0.49	0.28	0.00	0.07
6	0.044	11.710	0.22	0.02	0.05	0.01	0.21	0.64	0.05	0.00
7	0.025	15.385	0.54	0.48	0.05	0.04	0.12	0.05	0.01	0.00
8	0.014	20.424	0.23	0.49	0.88	0.04	0.14	0.03	0.02	0.10

三、小結

本研究透過逐步迴歸分析，配合 SARIMA 可得知，對於 A 公司營業額未來漲跌與較有影響力商品，如表 9 逐步迴歸模型結果所示有七個變數被列為「已輸入」，且沒有變數被列為「已移除」，這表示沒有變數在被加入模型後又因為顯著性不足而被移除。而「沖孔金額」則為最有影響力之因子，再來是「磨邊金額」依序遞減，以此參考未來公司將採取銷售政策。

表 9. 逐步回歸模型結果

變數已輸入/已移除		
模型	變數已輸入	變數已移除
1	沖孔金額	-
2	磨邊金額	-
3	強化金額	-
4	圓角金額	-
5	打洞金額	-
6	噴砂金額	-
7	水刀切割金額	-

伍、結論

透過了解銷售額預測對於企業營運和策略規劃極其相關，採用適合時間序列分析方法來提高預測準確性變得尤其重要。本研究透過四種模型建立，並加以比較。其實驗結果顯示：

1. 本研究成功建立四種不同模型，分別為 AR、MA、ARIMA、SARIMA。透過對歷史銷售數據分析與建模，我們評估每種模型預測能力。
2. 透過對銷售總額分析，我們發現銷售總額具有顯著季節性週期，這個發現代表我們在進行預測時，將要考慮數據中之季節性。
3. 四個模型當中，SARIMA 模型中 RMSE 及 MAPE 皆為最小，表示其對這次預測提供最佳準確度。
4. 透過四個模型相互比較下，可以得出建立預測模型時，模型是否考慮季節性將顯著影響預測準確度。
5. 透過逐步迴歸分析發現，「沖孔金額」為最有影響力之因子，接著是「磨邊金額」依序遞減，共有七個被模型挑出對於預測具有足夠解釋能力之因子。
6. 透過本次研究結果得知，該公司之銷售情況逐年改善，而公司所可採取之手段，除加強客戶關係之外，因面臨須提升生產效率及庫存增加之情況，於增加風險管理也至關重要。

透過上述實驗，時間序列模型和逐步迴歸分析法結合運用，可以對公司生產政策進行有效預測和調整。此外，逐步迴歸分析法則用於評估各加工項目對銷售額影響力，這有助於公司了解在市場趨勢變化下，哪些加工項目需求大或加工時間長，從而適時調整生產策略，避免出現供過於求或供不應求情況。

本研究基於導入案例執行結果，可以歸納出幾點建議及未來可行之研究方向，以利後續研究進行參考：

1. 本研究尚有多種分析法未執行過，經篩選可行分析法後，可利用各模型表達，使預測模型更具有解釋能力。
2. 本研究侷限於具有趨勢性資料分布，對於分布零散資料，較不具解釋能力，因此在進行應用時須特別注意。

參考文獻

- [1] 林文茂，時間數列分析與預測，華泰書局，台灣(1992)。
- [2] 施君翰、謝昆翰、陳羿文、朱達仁，馬祖觀光旅遊人次推估與預測，休憩管理研究，3(1)，31-46 (2016)。
- [3] 張翊峰、余元傑、張家鳳、李沛鈴、劉柱均，台灣地區溫泉旅遊之生態承載量分析—以關子嶺風景區為例，嘉南學報(科技類)，(32)，98-110 (2006)。
- [4] 游士兵、嚴研，逐步迴歸分析法及其應用，統計與決策，(14)，31-35 (2017)。
- [5] Alabdulrazzaq, H., Alenezi, M. N., Rawajfih, Y., Alghannam, B. A., Al-Hassan, A. A., & Al-Anzi, F. S. (2021). On the accuracy of ARIMA based prediction of COVID-19 spread. *Results in Physics*, 27, 104509.
- [6] Benvenuto, D., Giovanetti, M., Vassallo, L., Angeletti, S., & Ciccozzi, M. (2020). Application of the ARIMA model on the COVID-2019 epidemic dataset. *Data in Brief*, 29, 105340.
- [7] Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1976). Time Series Analysis: Forecasting and Control. *San Francisco: Holden-Day*.
- [8] Dhyani, B., Kumar, M., Verma, P., & Jain, A. (2020). Stock market forecasting technique using ARIMA model. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(6), 2694-2697.
- [9] Dimri, T., Ahmad, S., & Sharif, M. (2020). Time series analysis of climate variables using seasonal ARIMA approach. *Journal of Earth System Science*, 129, 1-16.
- [10] Fan, D., Sun, H., Yao, J., Zhang, K., Yan, X., & Sun, Z. (2021). Well production forecasting based on ARIMA-LSTM model considering manual operations. *Energy*, 220, 119708.
- [11] Fattah, J., Ezzine, L., Aman, Z., El Moussami, H., & Lachhab, A. (2018). Forecasting of demand using ARIMA model. *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1847979018808673.
- [12] Khan, S., & Alghulaiakh, H. (2020). ARIMA model for accurate time series stocks forecasting. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(7), 548-552.
- [13] Kufel, T. (2020). ARIMA-based forecasting of the dynamics of confirmed Covid-19 cases for selected European countries. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 15(2), 181-204.
- [14] Ma, S., Liu, Q., & Zhang, Y. (2021). A prediction method of fire frequency: Based on the optimization of SARIMA model. *PLoS One*, 16(8), e0255857.
- [15] Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). Forecasting: Methods and Applications (3rd ed.). *New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.*

- [16] Perone, G. (2020). An ARIMA model to forecast the spread and the final size of COVID-2019 epidemic in Italy. *MedRxiv*, 2020-04.
- [17] Poongodi, M., Vijayakumar, V., & Chilamkurti, N. (2020). Bitcoin price prediction using ARIMA model. *International Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, 10(4), 396-406.
- [18] Sahai, A. K., Rath, N., Sood, V., & Singh, M. P. (2020). ARIMA modelling & forecasting of COVID-19 in top five affected countries. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(5), 1419-1427.
- [19] Schaffer, A. L., Dobbins, T. A., & Pearson, S. A. (2021). Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: A guide for evaluating large-scale health interventions. *BMC Medical Research Methodology*, 21(1), 1-12.

A Study of Sales Forecasting: A Case of Company_A's Time Series Data

You-Shyang Chen ¹ Chung-Ting Cheng ^{1*} Yu-Hua Lin ²

¹College of Management, National Chin-Yi University of Technology

²Department of Business Management, Hsiuping University of Science and Technology

Abstract

In rapid global economic changes, precise sales forecasting has become increasingly crucial for businesses. Such predictions are related to inventory strategies and cost control and involve decisions on capital allocation and other aspects of business operations, having a wide-ranging impact. Previous studies have shown that employing advanced market trend forecasting techniques can help businesses better manage external uncertainties, mitigate the effects of global economic fluctuations, and thus promote long-term growth and competitiveness. However, many companies still rely on traditional and subjective sales forecasting methods based on management intuition, historical sales records, and expected growth rates. These methods are susceptible to external influences and lack stability and reliability. This study utilizes sales data with Company-A from 2018 to 2022. It encompasses two main directions: (1) The development of forecast models using various time series methods, including the WINTERS method, AR, MA, ARIMA, and SARIMA, aimed at predicting future sales. The models were evaluated based on the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE), with the actual sales data for 2023 used to validate the models. The empirical results demonstrated that the SARIMA model had a MAPE of less than 10% and the lowest RMSE among all models, making it the best-performing model in the experiment. (2) The study further identified the products that significantly impact the company's sales through stepwise regression analysis. By integrating the stepwise regression analysis with the time series forecasting methods, the study aimed to improve the accuracy of future investment predictions and enhance risk perception.

Keywords: SARIMA, Stepwise Regression Analysis, Short-term Prediction, Time Series Forecasting

* Corresponding author :
E-mail: a2048590516@gmail.com

應用進階資料探勘技術於交通事故之分類研究

陳祐祥¹ 林昱亨² 陳芝榕³ 林建谷^{4*} 林玉華⁵

^{1,2,3} 國立勤益科技大學 智慧製造與資訊應用國際碩士學位學程

^{4,5} 修平科技大學企業經營管理系

摘要

台灣地區由於地形狹小且機動車輛密集，每年交通傷亡人數居高不下，對道路安全造成嚴重影響。本研究透過資料探勘技術分析影響交通事故之各種道路環境因素，為此收集包括行政區、天氣條件和速限等在內 15 種條件屬性之 500 筆真實交通事故數據，並選擇事故類別作為目標屬性。研究方法採用三種不同分類演算法：決策樹 J48、簡單貝氏分類和 Lazy.IBk，以評估在交通事故類型預測表現。在這些模型中，決策樹 J48 以 74.71% 準確率表現最佳，顯示其對於此類數據集具有良好適應性和有效性。研究結果顯示，主要事故成因包括「天候、光線、主要肇因、分向設施、當事者行動狀態、日」，這些因素均顯著影響事故發生，為相關部門設計道路安全改善措施提供參考。通過這些策略實施，期望能有效減少交通事故發生，提升道路使用安全性，也展示資料探勘技術在解決道路安全問題上之應用潛力。

關鍵詞：交通事故、事故類別、決策樹學習、分類模型

* 通訊作者

Email: cklin@hust.edu.tw

壹、緒論

台灣交通事故問題一直是嚴重之社會議題，隨著車輛數增加和道路使用愈頻繁，交通事故發生率和死亡率一直居高不下，特別是機車在台灣普及使得事故率更為突出。這些交通事故不僅對個人和家庭造成重大影響，也給社會帶來巨大成本。2022年台灣交通事故死亡人數達到3,064人，其中以機車騎士死亡人數高達1,832人。同時，高齡者死亡人數也高達1,283人 [1]。這些數據顯示台灣道路危險程度；另外，路口事故導致死亡也高達1,239人，反映出在路口設計上存在著重大瑕疵。在這種背景下，深入分析台灣交通事故原因和主要肇因至關重要。透過資料探勘技術，我們可以更好地了解事故發生原因，進而尋找有效預防措施。本研究使用 WEKA [3]軟體中 Decision trees J48 [4, 11, 15]、Naïve Bayes [16]、以及 lazy.IBk [17]等三種分類演算法，經過訓練/測試 (66%/34%)之實驗分析台灣交通事故數據，特別是針對肇事主因以及對影響事故發生多種因素探討，包括道路設計、車輛安全性、駕駛行為和環境因素等，以提供和規劃部門更深入見解，以期減少交通事故發生率並提高道路安全。

貳、文獻探討

本章節介紹交通事故、事故類型分類與分類演算法文獻說明。

一、交通事故類型分類與屬性選取

交通事故 [18]是指在道路、水路、空中或鐵路等交通運輸系統中發生意外事件，導致人員、車輛或財產受到損害或傷害情況。這種損害可以是身體上傷害，例如受傷或喪生，也可以是財產上損失，例如車輛損壞或其他財產損失。交通事故通常由各種因素引起，包括駕駛員錯誤操作、交通信號違規、路況不良、車輛故障、惡劣天氣條件以及行人不慎行為等。駕駛員錯誤行為可能包括超速、酒後駕駛、分心駕駛、違反交通規則或未能保持安全距離等。這些因素單獨或結合起來，可能導致事故發生。交通事故對個人和社會都造成嚴重影響。對個人而言，事故可能導致受傷、傷殘或喪生，給家庭和社會帶來巨大悲痛和負擔。對社會而言，交通事故不僅造成人員和財產損失，還影響交通系統正常運行，增加醫療、保險和法律等方面負擔，對經濟和社會秩序都帶來負面影響，因此預防交通事故至關重要。這可以通過加強交通安全教育、加強執法力度、改善道路和交通設施、推廣安全駕駛行為以及發展智慧交通技術等多種途徑實現。通過共同努力，可以減少交通事故發生，保障人民生命財產安全，促進社會穩定和發展。交通事故與資料探勘相關研究，如自動駕駛汽車交通事故模式提取之研究 [10]、交通事故嚴重程度風險分析 [5]與城市道路交通事故原因分析 [7]。台灣道路交通事故按照嚴重程度分為 A1、A2、A3 三

種類型，A1 代表人員當場或二十四小時內死亡；A2 代表人員受傷或超過二十四小時死亡、A3 代表僅有車輛財物受損事故。交通事故不僅對受害者及其家庭造成巨大身心影響，也對社會造成重大經濟負擔。因此，積極採取預防措施，改善道路設施和交通管理，提高駕駛人安全意識是減少交通事故發生和降低其影響關鍵。本研究屬性選取透過決策樹中 J48 演算法進行屬性選取，從日、時、分、區、天候、光線、道路類別、速限、路面鋪裝、號誌種類、號誌動作、分向設施、主要肇因、飲酒情形、當事者行動狀態 15 種屬性，作為模型 A 之屬性，再使用屬性篩選技術篩選出天候、光線、主要肇因、分向設施、當事者行動狀態、日，此 6 種屬性作為模型 B 主要屬性。利用選擇出 6 種屬性進行訓練/測試 (66%/34%) 之實驗，原本選擇 15 種屬性成功率為 74.71% 而利用 J48 演算法得出 6 種屬性成功率為 76.4706%，兩者之間成功率差為 1.7674%，由此可知屬性選取技術對於交通事故資料是可行。

二、分類演算法

(一) 決策樹 J48

決策樹 J48 [8] 是 C4.5 演算法 Java 版本，由 Ross Quinlan 於 1979 年所發表之 ID3 (Iterative Dichotomiser 3 迭代二元樹 3 代) 演算法演變。ID3 算法專門處理類別數據，通過計算信息增益選擇分割數據最佳屬性，但它無法直接處理數值型數據，並且缺少剪枝機制，這使得模型容易發生過度擬合。為了克服這些限制，Quinlan 在 1993 年開發 C4.5 [14] 演算法，不僅引入信息增益比以克服偏向多值屬性問題，還增加對數值屬性處理能力和缺失值處理，並引入剪枝機制減少過度擬合風險。J48 允許用戶通過一個友好圖形用戶界面進行操作，包括數據集載入、算法配置 (如剪枝程度和分割標準等)、模型構建以及結果評估和可視覺化。這使得它不僅在學術研究中被廣泛應用，在商業和工業界也得到應用，特別是在那些需要清晰解釋模型決策過程應用場景中，如醫療診斷、客戶關係管理和信用評分等領域。J48 主要優勢在於模型易於理解，使用者可以直觀看到每一個決策條件和結果，這對於需要解釋模型預測以獲得用戶信任應用尤其重要。此外，J48 也支持多種模型評估技術，如交叉驗證和分層抽樣，這有助於用戶評估和比較不同參數設置下模型性能，以達到最佳分類效果。J48 演算法說明如下：第一步驟構造一個決策樹，從樹的每一層代表一個屬性值，最後葉子節點指向劃分的類。第二步驟是在每一層選擇合適節點去構造最短查詢路徑。第三步驟是從還沒被分配節點中尋找最合適分裂節點。第四步驟是以 ID3 演算法選擇最優節點，就是選出資訊增益最高屬性。第五步驟以 C4.5 演算法做改善，使用資訊增益率最高屬性可以避免決策樹過寬。第六步驟在完成構建樹之後還要進行剪枝操作。

(二) Naïve Bayes

貝式分類法發展始於 18 世紀 Thomas Bayes，他提出現在稱為貝氏定理概念。這一理論為條件概率提供一個數學基礎，即在已知某些其他條件發生情況下，計算特定事件發生概率。貝氏定理在 20 世紀中葉被引入到機器學習領域，發展成為一系列機器學習模型，其核心是使用所有可用證據不斷更新事件發生之概率。Naïve Bayes [12]是這一系列模型中最簡單也最知名，它於 20 世紀 50 年代被正式提出。這種分類器特點在於假設各特徵在給定結果條件下是相互獨立。這一簡化假設雖然在現實中往往不成立，但在實際應用中，貝氏分類法因其實現簡單、計算需求低而廣泛應用於文本分類 [9]、垃圾郵件識別 [6]和疾病診斷 [13]等領域。

(三) Lazy.IBk

Lazy.IBk [19]，也稱為懶惰學習 K 最近鄰 (KNN)分類器，是一種實例基礎學習方法，適用於需要即時反應並且數據持續更新場景，例如在推薦系統中非常常見。「懶惰」來自於其處理方式，直到需要進行預測時才開始處理數據。Lazy.IBk 基於最早於 1950 年代提出最近鄰演算法，最初用於模式識別，隨著時間發展，這一基本算法被拓展並改進，適應更大數據集和更複雜問題領域。20 世紀末和 21 世紀初，隨著大數據和實時學習需求增加，Lazy.IBk 及其相關算法因其在動態數據環境中有效性而變得更加重要。Lazy.IBk 廣泛應用於需要快速響應場景，如推薦系統、圖像識別和醫療診斷等。其主要優點包括實施簡單、適應性強，能夠快速適應新數據。然而，這種方法在處理非常大數據集時可能需要較大存儲空間和計算資源，並且對噪聲數據比較敏感，Lazy.IBk 是一種在動態數據更新頻繁環境中具有極大潛力之機器學習工具。它的實時學習能力和對新情況能快速適應性使它成為處理即時數據分析之優秀工具。KNN 運作模式分為三個步驟，步驟一先計算每個點之間距離。步驟二用 K 值決定鄰居數目，並進行投票。步驟三是以投票結果決定類別。

參、研究方法

本研究以台灣某城市 111 年 2 月份之交通事故為資料數據 [2]，考量數據需足夠大量且能達到代表性多樣化情境，並能有效控制資料探勘處理時間，也能高效完成分析結果，遂萃取 500 筆資料，並採用分類技術工具進行分析，此研究設定之先決條件要確定研究目標，以事故類別為決策屬性，研究發生交通事故之相關條件，並邀請交通領域專家依專業知識與判斷在原始資料 55 個屬性裡篩選出日、時、分、區、天候、光線、道路類別、速限、路面鋪裝、號誌種類、號誌動作、分向設施、主要肇因、飲酒情形、當事者行動狀態，共 15 個做為條件屬性。此研究設定之對於決策屬性，事故類別則進行編碼設定，使用原始資料中事故類別所示 1 (代表事故人員當場或二十四小時內死亡)、2 (代表人員受傷或超過二十四小時死亡)、以及

3 (代表僅有財物損失之交通事故)，編碼改為 A、B 和 C。原始資料為 CSV 格式，首先透過 Excel 將資料進行分析前處理，並將 CSV 格式轉檔為 ARFF 格式。使用 Weka 之 Explorer 進行數據分類，再使用 Classify 中，Decision trees J48 (決策樹)、Naïve Bayes (簡單貝氏機率)、以及 lazy.IBk (最鄰近搜尋法)，三種分類演算法進行分析，本實驗進行多方面研究，使用 66%訓練、34%測試比例是為了平衡模型學習和評估效果，以及採用過去學者常使用的訓練/測試比例為 2:1，可以確保模型有足夠數據進行訓練，同時保留足夠測試數據檢驗模型在未知數據上表現，避免過度或欠擬合問題，最後決定使用訓練測試 (66%/34%)之設定進行預測。

肆、實驗結果

使用 15 個條件屬性以及 1 個決策屬性，進行事故嚴重率分析。先對資料進行屬性選取，透過 J48 演算法通過計算資訊增益選擇對分類效果影響較大屬性，這些屬性對目標變量預測能力較強，因此被優先保留。同時，剪枝機制會自動移除對預測貢獻較小屬性，從而保留 6 個最具預測力屬性，達到簡化模型並提高分類效果目的。經實驗後發現，日、天候、光線、主要肇因、分項設施、當事者行動狀態等共 6 項，為影響決策屬性之重要條件屬性，以下為 3 種分類器預測成功率說明，如表 1 和圖 1 所示。

1. 模型 A 為使用 15 項屬性之預測成功率。
2. 模型 B 為使用 6 項屬性之預測成功率。
3. 模型 A 成功率由高到低為 J48 (74.7059%)、IBk (70.5882%)、NB Multinomial Text (62.3529%)。
4. 模型 B 成功率由高到低為 J48 (76.4706%)、IBk (75.2914%)、NB Multinomial Text (60.0000%)。

表 1. 屬性選取前後比較表

Classify	Model	模型 A	模型 B	模型差異
Decision trees	J48	74.7059%	76.4706%	1.7647%
Bayes	NB Multinomial Text	62.3529%	60.0000%	-2.3529%
Lazy	IBk	70.5882%	75.2914%	4.7032%

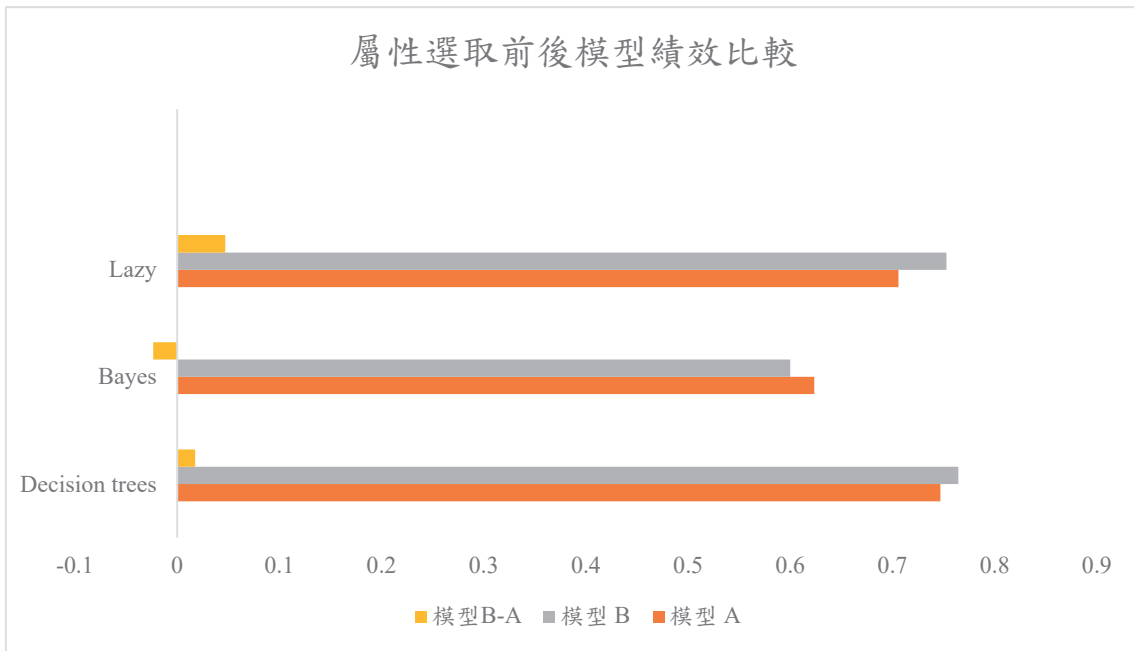


圖 1. 屬性選取前後模型績效比較圖

根據分析結果，進行三種測試工具之比較，以模型績效差異對比，可知三種測試工具以 J48 實驗績效最優，下列為比對分析三種結果之差異對比，如表 2 和圖 2 所示。

表 2. 模型績效差異對比

模型	最高	最低	差異
A	74.7059%	62.3529%	12.353%
B	76.4706%	60.0000%	16.4706%

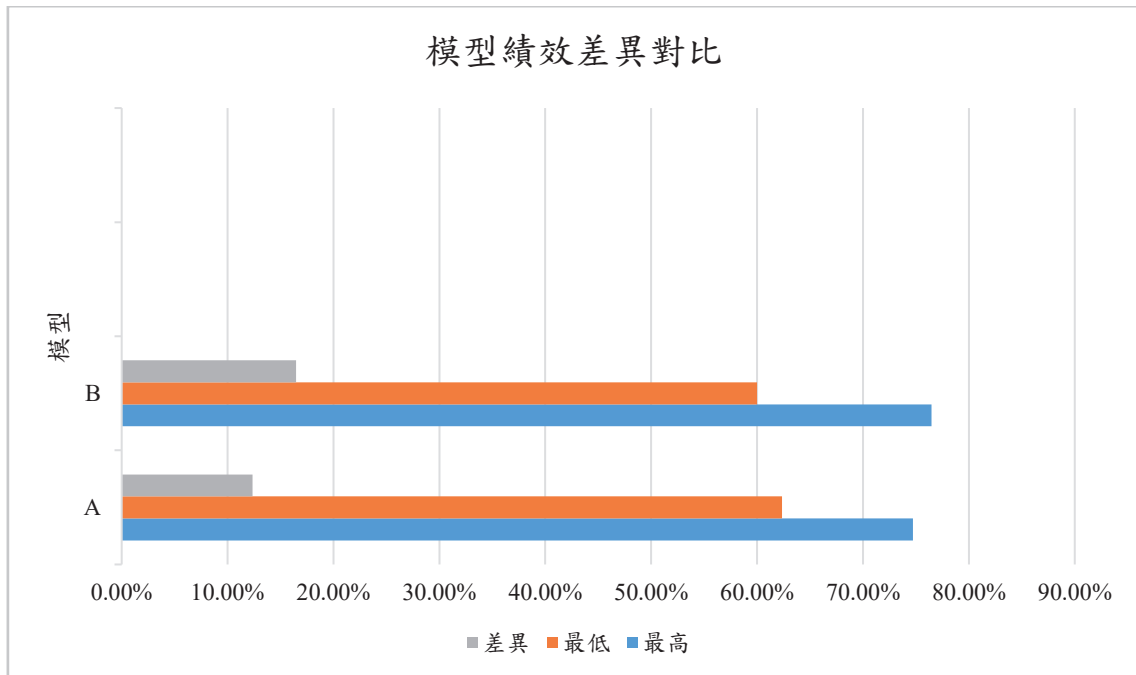


圖 2. 模型績效差異對比圖

伍、結論

本研究是根據政府資料公開平台交通事故發生類別作為研究數據，萃取 500 筆資料，在專家建議下從 55 個屬性選取 15 個屬性，建立一個模型 (模型 A)，再利用 WEKA 屬性選取技術篩選出 6 種屬性，並使用篩選出 6 種屬性建立模型 (模型 B)，運用 WEKA 中 J48、NB Multinomial Text 與 IBk 進行資料分析，計算較容易發生交通事故之因素為何。透過屬性選取技術，選擇六個影響交通事故屬性，這有助於簡化模型並提高計算效率和成功率。決策樹模型在減少屬性情況下，仍然保持相當預測成功率，顯示其對於解析交通事故有效性。本研究以訓練/測試比率 66%/34% 之設定進行預測，使用 WEKA 中 J48、NB Multinomial Text 與 IBk 三種分類演算法，進行結果分析，可知三種測試工具，J48 在訓練測試 (66%/34%) 之設定實驗績效為最優。依研究結果可知此縣市如果要降低交通事故發生率，建議先從天候、光線、主要肇因、分項設施、當事者行動狀態、日，這六項屬性作為首要改善之項目。依研究結果建議可以改善內容如下：在天候影響部份以往在雨天容易發生交通事故，可以提醒用路人在雨天中行駛需要開大燈，並減速以降低事故風險。陰雨天和夜間會因為刺眼光線，經常造成瞳孔強烈變化而導致視線模糊，若在道路行駛須避免光線干擾，才會提升行車安全。擅自穿越中央分隔帶分向設施也是危險駕車行為，政府可以舉辦交通安全宣導讓民眾可以擁有道安觀念並降低交通事故發生風險。在多處易肇事路段建置科技執法設備，用意提醒駕駛人遵守法規。同時用路人行經路口要減慢速度查看有無人車，可增加用路人反應時間，並降低車禍機率。

參考文獻

- [1] 交通部，交通部路政及道安司，道安資訊查詢網，Extracted from 網址：<https://roadsafety.tw/Dashboard/Custom?type=%E7%B5%B1%E8%A8%88%E5%BF%AB%E8%A6%BD%E5%9C%96%E8%A1%A8> (2023) on March 20, 2024.
- [2] 數位發展部，政府資料開放平台，臺中市政府警察局 111 年 2 月份交通事故資料，Extracted from 網址：<https://data.gov.tw/dataset/152363> (2023) on March 20, 2024.
- [3] Abuhaija, B., Alloubani, A., Almatari, M., Jaradat, G. M., Hemn, B. A., Abualkishik, A. M., & Alsmadi, M. K. (2023). A comprehensive study of machine learning for predicting cardiovascular disease using Weka and SPSS tools. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(2), 1891-1902.
- [4] Adnan Hadi, M., Khalaf Hamoud, A., Monther Abboud, A., Naji Abdullah, A., & Khaled Abdullatif, A. (2023). Decision tree analysis approaches to classify sensors data in a water pumping station. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 16(1), 555-563.
- [5] Alkheder, S., AlRukaibi, F., & Aiash, A. (2020). Risk analysis of traffic accidents' severities: An application of three data mining models. *ISA transactions*, 106, 213-220.
- [6] Budiman, D., Zayyan, Z., Mardiana, A., & Mahrani, A. A. (2024). Email spam detection: a comparison of svm and naive bayes using bayesian optimization and grid search parameters. *Journal of Student Research Exploration*, 2(1), 53-64.
- [7] Cai, Q. (2020). Cause analysis of traffic accidents on urban roads based on an improved association rule mining algorithm. *IEEE Access*, 8, 75607-75615.
- [8] Choi, L. K., Rii, K. B., & Park, H. W. (2023). K-Means and J48 algorithms to categorize student research abstracts. *International Journal of Cyber and IT Service Management*, 3(1), 61-64.
- [9] Dhar, A., Mukherjee, H., Roy, K., Santosh, K. C., & Dash, N. S. (2023). Hybrid approach for text categorization: A case study with Bangla news article. *Journal of Information Science*, 49(3), 762-777.
- [10] Esenturk, E., Turley, D., Wallace, A., Khastgir, S., & Jennings, P. (2023). A data mining approach for traffic accidents, pattern extraction and test scenario generation for autonomous vehicles. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(4), 955-972.
- [11] Jaber, H. A., Thabet, M. S., Fahd, R. A. H., Muhbis, D. K., & Hamoud, A. K. (2024). Heart attack prediction model based on feature selection and decision tree approaches. *Southeast Europe Journal of Soft Computing*, 13(1), 01-08.
- [12] Jefriyanto, J., Ainun, N., & Al Ardha, M. A. (2023). Application of Naïve Bayes classification to analyze performance using stopwords. *Journal of Information System, Technology and Engineering*, 1(2), 49-53.
- [13] Kalam, M. B., Asmarajati, D., & Sibyan, H. (2023). Expert system for cat disease diagnosis using naïve bayes method. *Clean Energy and Smart Technology*, 2(1), 11-16.
- [14] Karim, A. T. I., & Sudianto, S. (2023). Dominant requirements for student graduation in the faculty of informatics using the C4. 5 algorithm. *Journal of Dinda: Data Science, Information Technology, and Data Analytics*, 3(2), 50-58.

- [15] Liang, L., Cui, H., Arabameri, A., Arora, A., & Seyed Danesh, A. (2023). Landslide susceptibility mapping: application of novel hybridization of rotation forests (RF) and Java decision trees (J48). *Soft Computing*, 27(22), 17387-17402.
- [16] Putri, K. S., Setiawan, I. R., & Pambudi, A. (2023). Analisis sentimen terhadap brand skincare lokal menggunakan Naïve Bayes classifier. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 14(3), 227-232.
- [17] Sabah Talabani, H., Abdulhadi, H. M. T., & Ali, M. H. (2024). Obfuscated malware memory detection employing lazy instance based learner algorithm based On manhattan distance function. *Passer Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(1), 130-137.
- [18] Suryawan, R. F., & Febrian, W. D. (2023). Socialization of prevention patterns of wild racing and suppressing the number of traffic accidents. *Asian Journal of Community Services*, 2(11), 945-954.
- [19] Swain, S., Pattnayak, B. K., Mohanty, M. N., Jayasingh, S. K., Patra, K. J., & Panda, C. (2024). Smart livestock management: integrating IoT for cattle health diagnosis and disease prediction through machine learning. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 34(2), 1192-1203.

A Classification Study for Applying Advanced Data Exploration Techniques to Identify the Occurrence of Traffic Accidents

You-Shyang Chen ¹ Yu-Heng Lin ² Chih-Jung Chen ³
Chien-Ku Lin ^{4*} Yu-Hua Lin ⁵

^{1,2,3} Master Program in Smart Manufacturing and Applied Information Science, National Chin-Yi
University of Technology

^{4,5} Department of Business Management, Hsiuping University of Science and Technology

Abstract

Due to the narrow terrain and dense motor vehicles in Taiwan, the number of traffic casualties remains high every year, which has a serious impact on road safety. The purpose of this study is to use data mining techniques to identify various road environmental factors that affect traffic accidents. To this end, we collected 500 real traffic accident data with 15 condition attributes, including administrative areas, weather conditions, speed limits, etc., and selected the accident category as the decision attribute. In the study, three different classification algorithms were used, including decision tree J48, NB multinomial text classification, and Lazy.IBk, to evaluate their performance in traffic accident type prediction. Among these models, decision tree J48 performed best with an accuracy of 74.71%, showing its good adaptability and effectiveness for such data sets. Research results show that the main factors of accidents include “weather, light, main cause, directional facilities, action status of the parties, and day.” These factors significantly affect the occurrence of accidents and can provide a reference for relevant departments to design road safety improvement measures. Through the implementation of these strategies, it is expected to effectively reduce the occurrence of traffic accidents and improve the safety of road use. It also demonstrates the application potential of data mining techniques in solving road safety problems.

Keywords: Traffic Accidents, Accident Types, Decision Tree Learning,
Classification Model

* Corresponding author
Email: cklin@hust.edu.tw

Optimizing Double Ferrule Fitting Selection Using QFD and Unsupervised Machine Learning Techniques.

Apichonbancha Pimolphan^{1,*} Rong-Ho Lin² Chun-Ling Chuang³

^{1*} College of Management, National Taipei University of Technology, 1, Sec. 3, Zhongxiao E. Rd., Taipei 10608, Taiwan

² Department of Industrial Engineering and Management, National Taipei University of Technology, 1, Sec. 3, Zhongxiao E. Rd., Taipei 10608, Taiwan

³ Department of Information Management, Kainan University, No. 1 Kainan Road, Luzhu Dist., Taoyuan City 33857, Taiwan

Abstract

In industries where precision and safety are paramount, such as oil and gas and chemical processing, selecting the appropriate tube fittings is essential. Double ferrule fittings are widely favored for their reliability and leak-proof performance. This research aims to optimize the selection process of these fittings by prioritizing user preferences through the application of Quality Function Deployment (QFD). To refine the QFD process, unsupervised machine learning techniques, including Principal Component Analysis (PCA) and the Kohonen Self-Organizing Map Genetic Algorithm (SOMGA), were employed. These methods effectively reduced the dimensionality of the QFD matrix while preserving critical design features, with PCA explaining 92.49% of the variance and SOMGA achieving a fitness value of 0.9890. Key features consistently identified include Control Ferrule Drive, Valves with Integral End Fittings and Sizing Angle. To validate these findings, real-world tests were conducted on five critical features, including High-Pressure Leak, Scratch Resistance, Overtightening Prevention, and Ease of Installation/Removal. These tests confirmed the actual performance of the fittings, reducing reliance on manufacturer specifications. The results of this study contribute significantly to enhancing the precision and safety of double ferrule fitting selection in critical industrial applications, aligning product design more closely with user needs and preferences.

Keywords: Double Ferrule Fittings, QFD, SOMGA, Feature Selection

* Corresponding author

Email: t111749401@ntut.edu.tw

1. Introduction

Double ferrule tube fittings, distinguished by their twin ferrule design, play a crucial role in diverse industries such as chemical processing, nuclear power, and oil and gas production [1]. Selecting the appropriate tube fittings is critical for the safe and efficient operation of hydraulic tubing and equipment. Neglecting this step can lead to leaks, failures, and safety hazards. Various factors influence the fitting selection process, including material composition, dimensions, design criteria, and environmental conditions [2]. Given these complexities, integrating advanced methodologies becomes imperative to streamline the selection process and mitigate potential risks effectively.

In this context, Quality Function Deployment (QFD) emerges as a valuable methodology, first developed in Japan during the 1960s [3]. QFD aims to identify customer requirements (CRs) and translate them into corresponding engineering characteristics, enabling the creation of designs that align with customer needs and preferences [4,5]. While the term "customer" typically refers to external buyers, in this context, it encompasses internal stakeholders such as instrument engineers and maintenance technicians. These individuals directly interact with and rely on tube fittings in their operational environments. Their insights, experiences, and needs are pivotal in selecting tube fitting designs that not only meet technical specifications but also enhance usability, reliability, and overall satisfaction in the workplace. QFD is particularly well-suited for addressing the diverse needs of stakeholders and responding to the voice of the customer [5,6], making it a preferred method for engineering product design from past to present [7].

However, despite these advantages, QFD has inherent limitations [5]. It relies heavily on subjective linguistic judgments when expressing relationships and correlations in the House of Quality (HOQ), often leading to vagueness in decision data [8]. The primarily qualitative nature of QFD can complicate the categorization of customer needs, especially when these needs are nuanced or ambiguous, making QFD less suitable for certain industries [9]. Additionally, the process involves subjective judgments, which can introduce biases. Maintaining and updating the QFD matrices is also challenging, as it can be a time-consuming and complex task [10]. Furthermore, QFD does not effectively minimize customer and feature requirements, potentially resulting in inefficiencies in the design process [11]. Therefore, while QFD is valuable, it must be augmented with other methodologies to address these limitations and enhance its effectiveness in product design. Although methods such as fuzzy logic and the analytical network process have been suggested to resolve QFD's limitations, they are often difficult to use and time-consuming [11].

Unsupervised machine learning techniques, like Principal Component Analysis (PCA) and the Self-Organizing Map Genetic Algorithm (SOMGA), are proposed as alternative methodologies to overcome the limitations of traditional QFD tools [5,11]. The integration of these unsupervised machine learning techniques with QFD presents a promising approach. By

leveraging the capabilities of machine learning algorithms alongside the structured methodology of QFD, the selection process can be refined to better align with user requirements while addressing critical safety concerns. The application of PCA and SOMGA within the QFD framework will be further elaborated in the literature review section.

This paper explores the integration of machine learning techniques with QFD to optimize the selection of tube fittings, with a particular focus on double ferrule fittings. By incorporating user perspectives and utilizing historical data, the study aims to enhance the precision and safety of fitting selection while streamlining the decision-making process.

2. Literature Review

2.1 Key Strengths and Limitations of MCDM Methods Combined with QFD

The current process for selecting tube fittings lacks specific research or clear guidelines and relies primarily on manufacturers' recommendations, supplier suggestions, and engineers' experience. This approach can introduce bias due to supplier influence and the potential inexperience of new personnel, leading to recurring issues as decisions are often based on historical usage. These recurring problems will be further explored in the user insights section.

The absence of a structured decision-making process has been identified by the author as a significant issue. It is proposed that the QFD method could serve as a valuable alternative. QFD emphasizes the integration of user feedback and considers the perspectives of various stakeholders, with a strong focus on quality. However, due to the limitations inherent in the QFD method, the process has been enhanced by incorporating other Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods. These methods assist in selecting the most appropriate double ferrule tube fittings design available on the market. Table 1 summarizes the key strengths and limitations of each MCDM method when combined with QFD.

Table 1. Key Strengths and Limitations of MCDM Methods Combined with QFD

Method	Key Strengths	Key Limitations
QFD	<ul style="list-style-type: none"> - Effectively captures and translates customer needs into specific engineering characteristics. - Systematically prioritizes customer requirements. - Enhances communication among departments. 	<ul style="list-style-type: none"> - Subjective judgments can lead to biases. - Maintaining and updating QFD matrices is challenging. - Does not clearly minimize customer requirements and feature requirements.
AHP	<ul style="list-style-type: none"> - Simple and easy to understand, accessible to non-experts. - Effective for multi-criteria decision-making with a clear 	<ul style="list-style-type: none"> - Assumes independence among criteria, limiting its ability to handle interdependence and feedback. - Sensitive to the addition of

	<p>hierarchical structure.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Provides quantitative comparison and improved decision-making accuracy when combined with QFD. 	<p>alternatives, requiring more specific pairwise comparisons to ensure consistency.</p>
AHP-QFD	<ul style="list-style-type: none"> - Enhances decision-making by combining QFD's systematic approach with AHP's hierarchical structuring. - Results in a clearer and more structured decision-making process. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resource-intensive, requiring detailed data collection and pairwise comparisons. - Complex to implement, especially for teams unfamiliar with both methodologies.
Fuzzy Logic, Fuzzy-QFD, Fuzzy AHP-QFD	<ul style="list-style-type: none"> - Manages uncertainty and imprecision effectively. - Reduces biases by converting subjective evaluations into fuzzy numbers. - Provides a flexible decision-making framework in uncertain scenarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Computationally intensive, requiring significant resources and time. - Accuracy depends heavily on precise membership function definitions, which can be challenging. - Steep learning curve.
ANP	<ul style="list-style-type: none"> - Handles interdependence among criteria and feedback effects, providing a more comprehensive analysis than AHP. - Flexible and realistic in complex decision-making scenarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - More complex and time-consuming than AHP due to detailed pairwise comparisons. - Difficult to obtain the correct network structure and minimize requirements compared to unsupervised machine learning techniques.
ANP-QFD	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficial for examining the relationships between 'whats' and 'hows' in QFD matrices. - Enhances understanding of inter- and intra-relationships within the Product-Service System (PSS) context. 	<ul style="list-style-type: none"> - The use of ANP with QFD is complex and challenging, especially in structuring networks. - Time-consuming and requires extensive comparisons, similar to other MCDM methods.

Table 1, summarized and studied by Apichonbancha P., Lin R.H., and Chang C.L. (2024) [5], introduces a combined method of PCA-AHP-QFD to assist in decision-making and to address the limitations of QFD and the integrated approach for selecting the most appropriate feature in

new product design. However, in the context of selecting an appropriate double ferrule tube fitting design in the market, which differs from the context of new product design, the opinions of engineers in the AHP portion may not be fully applicable. To address this, QFD was adjusted to reduce ambiguity in decision-making by incorporating stakeholder ratings through an online survey questionnaire distributed to five user groups, while retaining PCA. Additionally, for further comparison with other types of machine learning, it was recognized that PCA might not be suitable for application with QFD data across all industries. Therefore, the SOMGA method was also applied, which will be discussed in the following sections.

2.2 The integration of PCA with QFD

PCA, initially introduced in the early 1900s and refined in the 1930s, is a method designed to reduce the dimensionality of datasets while preserving most of their original variability. PCA accomplishes this by transforming the original variables into a new set of uncorrelated variables, known as principal components, which are ordered by the amount of variance they explain [12,13]. The primary benefit of PCA is its ability to simplify large datasets, making them more manageable and easier to interpret compared to other dimensionality reduction techniques such as Independent Component Analysis and Factor Analysis [11,14,15].

The integration of PCA with QFD has been increasingly applied to effectively manage the complexity of QFD matrices. Since 2007, researchers like Tapani, Alexander, and Juha have explored the PCA application for sparse high-dimensional data, emphasizing its effectiveness in such contexts [16]. More recently, PCA has been employed to optimize stakeholder input within the QFD framework, thereby streamlining inputs and enhancing decision-making during the development process [17]. In QFD, PCA's primary objective is to streamline and prioritize customer requirements and product features, making it a particularly useful tool in this scenario [5].

2.3 The integration of SOMGA with QFD

While PCA is appropriate for linear feature selection [18], the Kohonen Self-Organizing Map (SOM) is more suitable for QFD matrices that exhibit nonlinear relationships [11]. The two-dimensional SOM neural network is employed to model the QFD matrix during the customer requirement definition stage [11,19]. Although the two-dimensional SOM effectively models nonlinear relationships in QFD matrices, further optimization for feature selection is often necessary.

This optimization is achieved through the application of the SOM Genetic Algorithm (SOMGA). For instance, Halim et al. developed an effective genetic algorithm-based feature selection method for intrusion detection systems [20]. Similarly, Li, Xue, and Zhang utilized a hybrid genetic algorithm for multi-objective feature selection [21], and Moslehi and Haeri introduced a hybrid wrapper-filter approach based on genetic

algorithms and particle swarm optimization for feature subset selection [22]. The genetic algorithm is particularly suitable for this approach as it allows for the representation of binary chromosomes, which indicate the inclusion (1s) or exclusion (0s) of selected features [11].

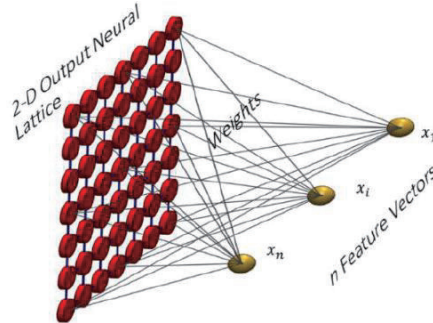


Figure 1. The two-dimensional SOM neural network

(Source: [11])

2.4 Double ferrule tube fittings and the important of tube fittings selection.

2.4.1 Overview of Double Ferrule Tube Fittings

Double ferrule tube fittings, characterized by their twin ferrule design, are extensively utilized across various industries, including chemical processing, nuclear power, and oil and gas production [1,2,23,24,25]. These fittings are particularly favored in the oil and gas sector [2,23] for their double-ended configuration, which effectively joins tubes of identical or varying sizes [23]. Renowned for their ease of disassembly and assembly, strong impact and pressure resistance, and reliable airtightness, double ferrule tube fittings are well-suited for joint seals and are widely used in deep-sea pipeline transmission systems [2,23].

These fittings consist of a tube, nut, front ferrule, back ferrule, and body [1,24,25,26,27], as illustrated in Figure 2 [1,25]. When the nut is tightened, the back ferrule compresses into the front ferrule, which then pushes into both the nut and the tube, creating an effective mechanical grip and seal. Double ferrule tube fittings are typically delivered pre-assembled and are available in various sizes to accommodate different tubing requirements [1,5,7].

Selecting the appropriate tube fittings is critical for the proper operation and safety of hydraulic tubing and related equipment. Failure to select the correct fittings can result in leaks, bursts, or other failures, potentially leading to serious injury or property damage [2]. Key factors in the selection process include material, inside diameter, wall thickness, design criteria, safety factors, temperature, flow, velocity, pressure, and corrosion resistance [1,2].

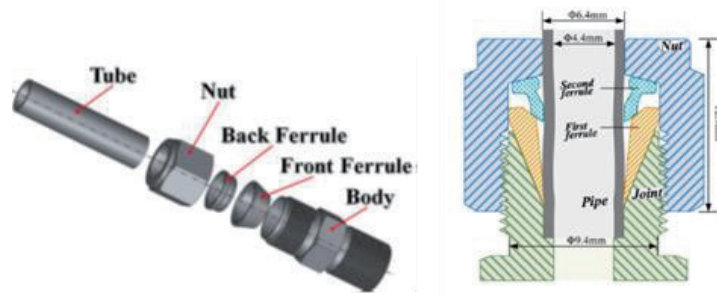


Figure 2. Double ferrule tube fittings components and Sectional view of the double ferrule tube fittings

(Source: [1,25])

3. Methodology

3.1 Data Collection

Data collection for this study will employ various methods to gather comprehensive insights into the use and requirements of double Ferrule tube fittings. In-depth interviews with experienced users using structured and open-ended questions. Additionally, relevant discussions from social media platforms within the Instrument Engineering community will be collected to supplement these qualitative findings.

Quantitative data will be obtained through a systematic review of technical specifications, dimensions, and materials of different double Ferrule tube fitting models from manufacturers' specifications. A structured questionnaire will be designed using Google Forms and distributed to 300 participants, including end users and purchasers involved in decision-making processes for tube fittings. Vendor perspectives will be excluded to focus on the customer or user side.

3.2 QFD Analysis

The QFD approach will be employed to systematically capture and prioritize customer requirements. Qualitative data from user interviews and social media discussions will be analyzed to identify common problems and user requirements specific to double ferrule tube fittings. A HoQ matrix will be developed using QFD to translate customer requirements into engineering characteristics and prioritize them based on their importance. This analysis will establish relationships between customer needs, technical requirements, and the existing designs of double ferrule tube fittings.

3.3 Applying Machine Learning to the QFD Matrix

An unsupervised machine learning methodology will be adopted to reduce the QFD matrix, helping to minimize the features of double ferrule fittings. The full QFD matrix of double ferrule fitting features, resulting from the previous QFD analysis will be use as initial dataset for ML algorithms.

3.3.1 Apply ML Feature Selection Algorithms

Two unsupervised feature selection algorithms will be applied: PCA and Self-Organizing Map SOMGA. These algorithms, illustrated in Figures 3 and 4, respectively, can be implemented using high-level programming languages such as Python and R.

Algorithm 1: PCA-QFD

Algorithm 1 is presented as Figure 3, Feature Selection using PCA.

Step 1. The algorithm begins by normalizing the dataset X to have zero mean and unit variance, which is crucial for PCA analysis.

Step 2. Next, the covariance matrix C_x is computed using the normalized dataset X , given by Equation (1). where m is the number of samples and X^T is the transpose of X .

$$C_x = \frac{1}{m-1} X X^T \quad (1)$$

Following this, the eigenvectors (p_i) and eigenvalues (λ_i) of the covariance matrix C_x are calculated by Equation (2).

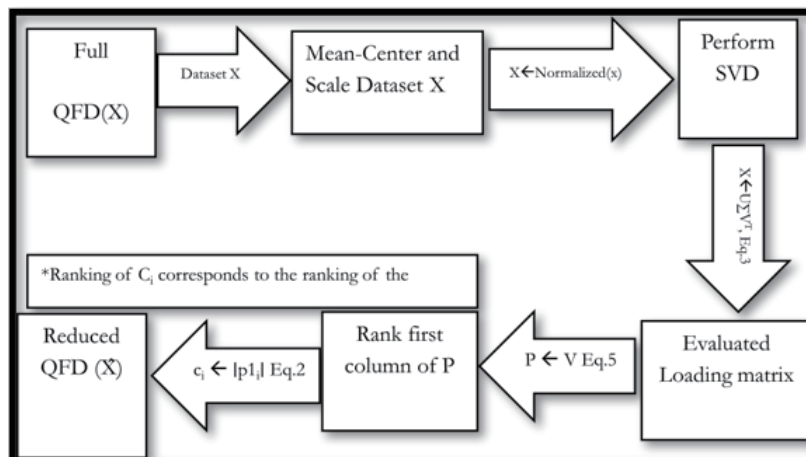


Figure 3. Algorithm of Feature Selection using PCA-QFD

$$C_x p_i = \lambda_i p_i \quad (2)$$

Step 3. The eigenvectors are then sorted in descending order based on their corresponding eigenvalues to identify the most significant principal components that capture the maximum variance in the data. Or utilizing Singular Value Decomposition (SVD) to automatically rank Principal Components (PCs) based on their singular values following Equation (3).

$$X = U \Sigma V^T \quad (3)$$

The delineation of the SVD of a matrix (3) serves as a pivotal tool for dimensionality reduction in the context of this algorithm. It elucidates the decomposition of the original matrix X into its constituent components as follows: U , the matrix of left singular vectors; Σ , the diagonal matrix of singular values; and either V or its transpose τ , representing the right singular vectors matrix.

Step 4. the loadings matrix (P) is determined by minimizing the reconstruction error, and the expected value of the reconstruction error is calculated as the sum of minor eigenvalues.

$$P = \operatorname{argmin} \|X - XPP^T\|^2 \quad (4)$$

Equation (4) indicates that $P = V$ since PPT^T is the orthogonal projection of X onto the subspace spanned by the columns of V .

Step 5. The loadings, scores, and reconstructed dataset are derived through the SVD of X following Equation (5).

$$P = V \quad (5)$$

Step 6. The algorithm sorting the eigenvectors in descending order of eigenvalues, and selecting the top eigenvectors as principal components. By selecting the principal components with the largest eigenvalues, the algorithm aims to capture the maximum variance in the data, thus identifying the most critical FRs for meeting customer requirements.

Algorithm 2: SOMGA-QFD

Algorithm 2 is presented as Figure 4, Feature Selection using SOMGA-QFD. This algorithm is a modification of the clustering technique for SOM feature selection using genetic algorithm (GA).

```

1: Initialization,  $P_k \leftarrow \{b_{k1}, \dots, b_{ki}, \dots, b_{kn}\}, b_{ki} \in \{1, 0\}, k \in [1, N]$ 
    $\triangleright$  Population corresponds to N Chromosomes
2: Normalize dataset:  $X \leftarrow \text{normalized}(X)$ ;
3: while  $t \leq NG$  do  $\triangleright$  NG is the number of generations
4:    $\tilde{P} \leftarrow P$ 
5:   for  $(k \in [1, N])$  do
6:      $\hat{X}_k \leftarrow X_k^{-Iz}$   $\triangleright$  features corresponding to columns
    $\triangleright$  with non-zero elements in  $P_k$ 
7:      $w \leftarrow \text{initw}(\hat{X}_k, nu)$   $\triangleright$  Initialize weights of normalized dataset
8:      $qc_k \leftarrow \text{somlearn}(\hat{X}_k, w, C, \alpha)$   $\triangleright$  Evaluate quantization error
9:      $fitness_k \leftarrow \frac{1}{qc_k}$   $\triangleright fitness_k \propto selection$ 
10:   end for
11:    $P \leftarrow \text{crossover}(P)$   $\triangleright$  Next generation after crossover
12:    $P \leftarrow \text{mutate}(P)$   $\triangleright$  Mutate if required
13:    $P \leftarrow \text{elilism}(\tilde{P})$   $\triangleright$  Retain 1 or 2 most fit chromosomes from  $\tilde{P}$ 
14: end while
15:  $\omega \leftarrow \text{reorder}(fitness)$   $\triangleright$  indices of the descending values in  $fitness$ 
16:  $f_{sel} \leftarrow P_{\omega_1}$   $\triangleright$  The 1st element of  $\omega$  points to the maximum
    $\triangleright fitness$  and to the row of  $P$  where the desired
    $\triangleright features$  can be retrieved

```

Figure 4. Algorithm of Feature Selection using SOMGA-QFD

(Source: [11])

Step 1. Initially, an initial population of chromosomes P_k is created, where each gene b_{ki} is either 1 or 0.

Step 2. The dataset X is normalized to ensure all features are on a comparable scale.

Step 3. The main GA loop is then executed, repeating until the number of generations t reaches the specified maximum NG. During each iteration, the current population is saved as a backup.

Step 4. Features corresponding to non-zero genes in P_k are masked, and weights are initialized for the masked dataset.

Step 5. The SOM learning algorithm is applied, and the quantization error is evaluated. Fitness is calculated as the inverse of the quantization error, guiding the selection process.

Step 6. GA operations, including crossover, mutation, and elitism, are applied to produce the next generation of solutions.

Step 7. Finally, features are reordered based on their fitness values, and the best features are selected for the final model.

3.4 Performance Testing

Selected double ferrule tube fitting models will undergo rigorous performance testing to assess their functionality under simulated real-world conditions. The testing procedures will include:

- **High-Pressure Leak Tests:** Evaluating the fittings' ability to maintain a secure, leak-proof seal under extreme pressure conditions.
- **Scratch Resistance Tests:** Assessing the durability of the fittings' surface against abrasions and potential damage during handling and operation.
- **Overtightening Prevention Tests:** Ensuring that the fittings can prevent damage or failure caused by excessive torque during installation.
- **Ease of Installation/Removal Tests:** Measuring the simplicity and efficiency of installing and removing the fittings, which is critical for maintenance and operational efficiency.

These tests are designed to comprehensively evaluate the selected fittings, ensuring that they meet the stringent requirements necessary for safe and reliable performance in demanding industrial environments.

4. Results

4.1 Demographic Characteristics

Demographic data for the QFD analysis was collected through comprehensive interviews, insights from online platforms, and supplementary questionnaires. Out of the initial 300 distributed questionnaires, 239 valid responses were received. The respondents consisted of 28.9% female and 71.1% male participants. Age distribution was as follows: 39.3% were between 24-29 years, 28.5% were between 30-35 years, and 32.2% were over 35 but under 60

years of age. The majority of participants (81.6%) were end-users, while 31.4% were purchasers or decision-makers involved in the selection of tube fittings.

4.2 User Perspectives and Key Insights for Double Ferrule Tube Fittings

Key insights were distilled from five user group interviews and discussions within the Instrument Engineering social media community in Thailand, as summarized in Table 2.

Table 2. User Persona and Key insights

User Persona	Key insight
Precision Gas Operator	Issues with over-tightening and leaks from transportation induced scratches.
Maintenance Engineer	Difficulties in removing fittings and sizing compatibility challenges.
Plant Engineer	Problems achieving tightness with Hydrogen gas tubes; need for standardized installation procedures
Diverse Tube User	Varying compression levels; need for quality control.
New Engineer	Struggles with fitting removal and installation; need for simplified guides

The personas collectively highlight various challenges in tube management, including issues related to fitting tightness, transportation damage, removal difficulties during maintenance, sizing compatibility, and the learning curve faced by new engineers.

- Fitting Issues:
 1. Over-tightening causing damage.
 2. Scratches during transportation leading to leaks.
 3. Difficulties in achieving optimal tightness for specific gases.
- Maintenance Challenges:
 1. Difficulty in removing fittings during repairs.
 2. Forceful methods impacting the repair process.
 3. Potential damage to valves and tubes during removal.
- Sizing and Compatibility:
 1. Challenges in selecting correct sizes (mm vs. inch).
 2. Compatibility issues leading to post-installation leaks.
 3. Varying compression levels for tubes of different sizes.
- Diverse Tube Management:
 1. Handling tubes of different sizes.
 2. Significant time spent selecting flawless tubes.

3. Need for consistent compression levels irrespective of tube size.
- Learning Curve for New Engineers:
 1. Difficulties in tube removal and installation.
 2. Challenges in learning the intricacies of tube management.
 3. The importance of simplified installation guides for new engineers.

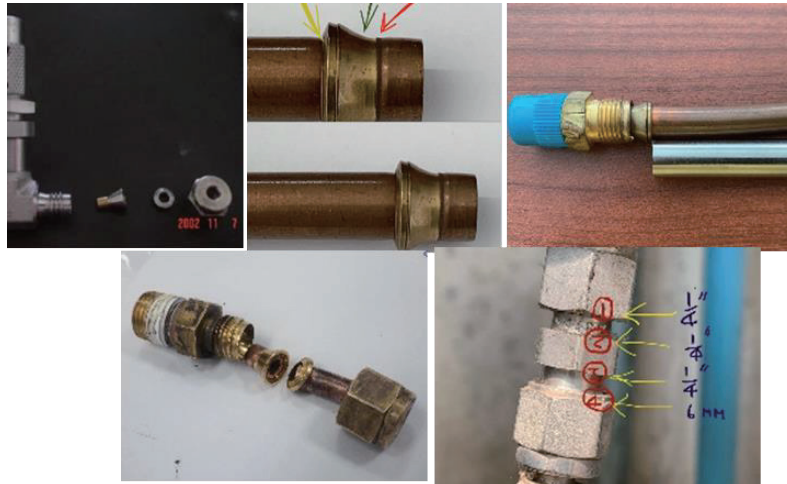


Figure 5. Tube Fittings Problems Insight from Instrument Engineering Community

(Source: Special Training Room for Tube Fitting, Instrument Valve for Instrumentation by HKK Thailand)

4.3 Key Feature Selection

Utilizing the compiled dataset, a comprehensive analysis was conducted, including reviews of manuals, evolutionary trajectories, and typologies of double ferrule tube fittings. This investigation identified limitations within traditional fittings, prompting the development of innovative designs. Design A, illustrated in Figure 6, was chosen for its ability to prevent undue compression, particularly in delicate tubes like copper. Additionally, it facilitates seamless removal for maintenance, minimizing damage to interconnected tubes and valves. Specific components were engineered to prevent leaks, even if tubes are abraded during transportation. This led to an in-depth exploration of Design A, with key features and benefits summarized in Table 3.

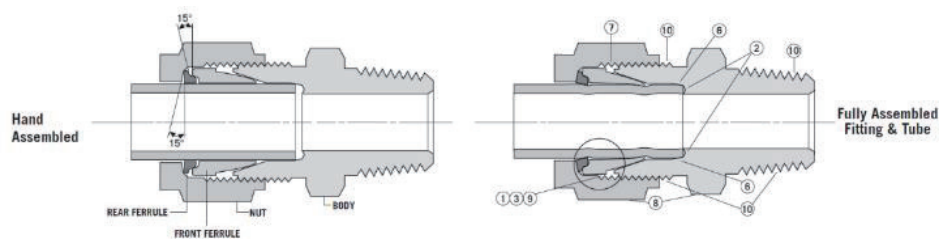


Figure 6. Design of Tube Fittings Design A

(Source: [27])

Table 3. Key Features and Benefits of Tube Fittings Design A

Features	Name	Benefits
1	Controlled Ferrule Drive	Provides maximum user safety under high pressure/vibration conditions. Prevents overstressing, which causes tubing failure and possible injury. System efficiency is improved by maximizing flow. Provides unmatched remake life. Maximizes value and economy.
2	Butt Seal	Maximizes fitting leak integrity and user safety. Can seal with scratched tubing. Increases accuracy in sampling applications. Reduces pump-down time in vacuum applications.
3	Valves with Integral End Fittings	Eliminates a possible leak path and extends valve life. Long product life and maximum value. Safety and economy.
4	Safety Changer Nut and Ferrule Sets	Safest, simplest device for component replacement.
5	GMT	Maximum safety resulting from ability to verify correct tube insertion and proper tightening.
6	Sizing Angle	Less tube sticking during disassembly saves time and money.
7	Silver-Plated Nut Threads	Extended product life at extreme temperatures.
8	Material Traceability on Fitting Body and Nut	Traceability provides added safety. Certified Material Test Reports are available for review and verification.
9	PFA Ferrule Coating	Increased resistance to media and atmospheric corrosion.
10	Special High Tolerance NPT Thread	Provides a safer more robust connection: 63% tighter tolerance with up to six thread engagement, reduced galling and vibration.

4.4 QFD Process Results

In the QFD process, ten key features from Table 2 were selected as Engineering Characteristics. These features were used to correlate with identified user requirements, ensuring a systematic alignment of the design with the expectations and needs outlined earlier. The Engineering Characteristics and their corresponding User Requirements are listed in Table 4. Participants rated the importance of user requirements on a scale where 5 signified the utmost importance and 1 denoted the least importance. The results are shown in Table 5.

In the HoQ matrix in Figure 7, relationships between User Requirements and Key Features are categorized into three levels: strong (score 9), moderate (score 5), and weak (score 3). The analysis reveals that six Key Features received ratings exceeding 300 and a Relative Weight greater than 10%. These features include Control Ferrule Drive, Butt Seal, Safety Changer Nut and Ferrule Set, GMT, Sizing Angle, and Material Traceability on the fitting body and Nut.

Table 4. Engineering Characteristics and User Requirements

Engineering Characteristics	Customer requirement
1. Control Ferrule Drive	1.Ease of Use and Consistent Compression.
	2. Prevention of overtightening.
2. Butt Seal	3. Leak Prevention for Sensitive Applications
3. Valves with Integral End Fittings	4.Extended Valve Life and Leak-Free Connections.
4.Safety Changer Nut and Ferrule Sets	5. Simplified Component Replacement
5.GMT	6.User-friendly installation
6.Sizing Angle	7. Efficient Disassembly for Maintenance
7.Silver-Plated Nut Threads	8. Extended Product Life and Reliability.
8.Material Traceability on Fitting Body and Nut	9.Assurance of material quality and traceability.
9.PFA Ferrule Coating	10.Corrosion resistance for larger ferrules
10. Special High Tolerance NPT Thread	11.Safer and more robust connections

The participant weights for user requirements were obtained through a rating process. The scale's parameters indicated that a rating of 5 signified the utmost importance, while a rating of 1 denoted the least importance. The weight results have showed in Table 5.

Table 5. User Requirements Important Weight

Requirements	Weight
1.Ease of Use and Consistent Compression.	4
2. Prevention of overtightening.	4
3. Leak Prevention for Sensitive Applications	5
4.Extended Valve Life and Leak-Free Connections.	4
5. Simplified Component Replacement	4
6.User-friendly installation	4
7. Efficient Disassembly for Maintenance	5
8. Extended Product Life and Reliability.	4
9.Assurance of material quality and traceability.	5
10.Corrosion resistance for larger ferrules	4
11.Safer and more robust connections	3

Customer Requirements (Explicit and Implicit)	Functional Requirements									
	Control Female Drive	Butt Seal	Hoke® Valves with Integral Gyrolok®	Safety Changer Nut and Female Sets	GMT (Gyrolok® Marking Technology)	Sizing Angle	Silver-Plated Nut Threads	Material Traceability on Fitting Body	PFA Female Coating	Special High Tolerance NPT Thread
Cust. Requirement 1	●	●	○	○	○	●	▽	●	▽	○
Cust. Requirement 2	●	▽	▽	▽	▽	●	▽	▽	▽	▽
Cust. Requirement 3	▽	●	▽	▽	○	○	▽	▽	▽	▽
Cust. Requirement 4	○	●	●	○	▽	●	▽	▽	○	●
Cust. Requirement 5	●	▽	▽	●	●	●	▽	●	▽	▽
Cust. Requirement 6	○	▽	○	●	●	●	○	●	▽	▽
Cust. Requirement 7	●	▽	○	●	▽	●	▽	○	▽	▽
Cust. Requirement 8	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○
Cust. Requirement 9	▽	▽	▽	○	▽	▽	▽	●	▽	▽
Cust. Requirement 10	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	●	▽
Cust. Requirement 11	▽	▽	▽	▽	▽	▽	○	○	▽	●

Relationships

Strong ●

Moderate ○

Weak ▽

Figure 7. QFD matrix part of HoQ development

4.5 Application of ML to QFD Matrix Results

The QFD matrix, defined as $X \in R^{10 \times 11}$, serves as the input dataset for the feature selection algorithms discussed earlier. The customer requirements (CRs) are the m observations of X , where $m=11$.

4.5.1 Integrate PCA with QFD matrix

After applying PCA to the QFD dataset and retaining 95% of the variance (threshold = 0.95), the optimal number of selected features (ppp) was determined to be 6. PCA was performed with these 6 components, resulting in a total explained variance of 0.9249. The original QFD matrix was then reduced to a shape of 11×6 . The results, represented as the absolute loading of each feature, are shown in Figure 8. The importance of each feature can be ranked by absolute loading, as illustrated in Figure 9. Given the small loadings corresponding to 4 features obtained through PCA, FR2, FR7, FR9, and FR10 were deemed insignificant and could be ignored.

```

Original QFD Matrix Shape: (11, 10)
Reduced QFD Matrix Shape after PCA: (11, 6)

Absolute Loadings of Each Feature:
Feature 1: [0.42966297 0.16310868 0.21450781 0.30341097 0.44514239 0.47420402
0.14628336 0.42332234 0.13197623 0.09835609]
Feature 2: [0.02973095 0.65240498 0.41659468 0.3524633 0.11550858 0.24571065
0.02644904 0.23450697 0.06591956 0.37675972]
Feature 3: [4.41996732e-01 6.89018139e-02 1.90538053e-01 1.36052147e-01
2.24991742e-01 3.25688535e-01 7.22122762e-01 2.57831276e-01
2.10597388e-02 6.50684186e-04]
Feature 4: [0.554185 0.10180639 0.26308544 0.14934986 0.2745316 0.42284686
0.30043344 0.43648911 0.06200464 0.22847423]
Feature 5: [0.05171683 0.4575702 0.17199754 0.3618772 0.08435534 0.23935629
0.09710121 0.16792665 0.21011713 0.69370898]
Feature 6: [0.16816957 0.20323475 0.25958266 0.1492962 0.35361404 0.19014265
0.01510445 0.41346861 0.68368237 0.20233383]
    
```

Figure 8. The reduced matrix of applying PCA with QFD matrix.

4.5.2 Integrate SOMGA with QFD matrix

Before applying the SOM model, the optimal number of classes (C) was determined. Figure 10 shows that the optimal value of C was determined after the application of automatic SOM classification, with an approximate linking energy of 0.48 and a mean distance of 0.93.

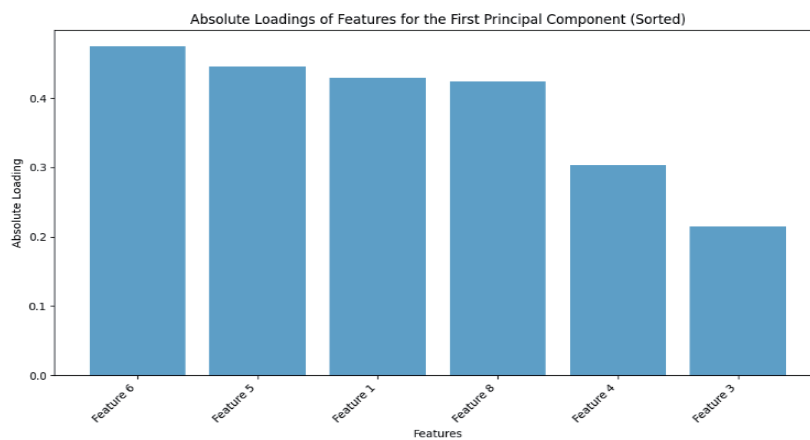


Figure 9. Absolute loading of each feature

```

Optimal number of classes (C): 2
Linking energy (E): 0.4794699818092162
Centroids of classes (CoGs): [0.41176039444868406, 0.45033471010941833]
Mean distance (D): 0.930506871278345
    
```

Figure 10. Optimum number of classes, C=2

When SOMGA was applied to the QFD data, the selected features were FR1, FR3, FR5, FR6, and FR10 after 50 generations, with 10 chromosomes in the population (N) at a learning rate of 0.1. Due to the genetic algorithm's sensitivity to initial conditions, it was applied several times

to achieve the appropriate fitness value, which in this case was 0.9890. The final best chromosome and selected features are indicated in Figure 11.

```
Generation 50, Best Chromosome: [0.92513375 0.29413421 0.94694029 0.37501317 0.57869204 0.78792317  
0.26631376 0.44941445 0.05735115 0.57733453], Fitness: 0.9890150076347205  
Final Best Chromosome: [0.92513375 0.29413421 0.94694029 0.37501317 0.57869204 0.78792317  
0.26631376 0.44941445 0.05735115 0.57733453]  
Selected Features: [1, 3, 5, 6, 10]
```

Figure 11. The final best chromosome and selected feature after apply SOMGA

4.6 Performance Test Results

In the performance testing phase, out of the six key features selected for analysis, five key features—Control Ferrule Drive, Butt Seal, Safety Changer Nut and Ferrule Sets, GMT, and Sizing Angle—underwent testing to validate their attributes. These tests were crucial for confirming the actual performance of each key feature, as preliminary research was based on the manufacturer's fitting manual. Conducting real-world tests was essential to minimize potential biases or inaccuracies that may arise from overly optimistic advertising.

4.6.1. High-Pressure Leak Test

Tube Fittings Design A demonstrated robustness under high-pressure conditions using Burst Test Equipment for the High-Pressure Leak Test. After installation with 1/4" SS316 tubes and guided by GMT, the design successfully prevented fluid leakage even after tube rupture, highlighting its reliability and safety in critical applications.

4.6.2. Scratch Resistance Test Results

Conducted similarly to the high-pressure test but with a smaller 1/8" tube featuring minor scratches, Tube Fittings Design A exhibited exceptional scratch resistance. Even under extreme pressure that led to tube rupture, no fluid leakage was observed, affirming the design's reliability in real-world applications

4.6.3. Overtightening Prevention Test Results

In this test, users attempted to overtighten Tube Fittings Design A on 1/4" SS316 and soft copper tubes. Despite significant force, users could not exceed specified limits, confirming the design's effectiveness in preventing overtightening, thereby ensuring practicality and safety.

4.6.4. Ease of Installation/Removal Test Results

After successful installation, users effortlessly removed and reinstalled the tube in the Ease of Installation/Removal Test. The process was smooth and consistent across multiple repetitions, validating the user-friendly design of Tube Fittings Design A.

Table 6. Summary of Testing Results

Test Type	Feature Alignment	Results Observation
High-Pressure Leak	Control Ferrule Drive, GMT	Tube Fittings Design A demonstrated robust leak resistance, even after exposing the tube to high pressure resulting in tube rupture. Maintained pressure integrity under extreme conditions (Max. Pressure: 5,100 psi). Confirmed by installation tests with 200 end-users, ensuring capability to prevent fluid leakage in the event of tube rupture.
Scratch Resistance	Butt Seal	Tube Fittings Design A, tested with a smaller tube size (1/8") featuring minor surface scratches, exhibited exceptional scratch resistance. No fluid leakage observed even under heightened pressure conditions leading to tube rupture, confirming scratch resistance properties and reliability.
Overtightening Prevention	Control Ferrule Drive	Users, applying significant force and reaching the maximum possible rotations, were unable to overtighten Tube Fittings Design A onto a 1/4" soft copper tube. Results consistent across 20+ participants with varying strength levels. Confirmed effective design in preventing overtightening under extreme conditions.
Ease of Installation /Removal	GMT, Sizing Angle	Tube Fittings Design A displayed ease of installation and removal. Participants effortlessly removed the tube without excessive force or tapping. Reinstallation process equally straightforward, demonstrating consistent ease of removal and installation in three repetitions. Positive outcome reaffirms the user-friendly design, ensuring a hassle-free experience for end-users during both installation and removal processes

These results provide compelling evidence supporting the effectiveness of the selected Double Ferrule tube fittings. The alignment with key features reinforces their reliability and suitability for diverse real-world applications.

5. Discussion

The analysis revealed nuanced differences in the ranking of feature importance between PCA and SOMGA. Both methods identified FR1 (Control Ferrule Drive), FR3 (Valves with Integral End Fittings), and FR6 (Sizing Angle) as pivotal features. However, slight disparities emerged in the prioritization of other features, which can be attributed to the distinct criteria employed by PCA and SOMGA. This highlights the importance of understanding the underlying mechanisms of each method to fully appreciate their contributions to feature selection. The differences in feature ranking between the two methods stem from their unique selection criteria. Despite these variations, it is evident that both PCA and SOMGA are effective feature selection techniques for QFD data, as demonstrated in Figure 7. The scree plot in Figure 12 further supports this, showing that the maximum eigenvalue is significantly larger than the others, reinforcing the appropriateness of applying these methods.

The integration of PCA with QFD for this dataset has proven to be suitable and aligns with the findings of Apichonbancha et al. [5] in their studies on integrating PCA with AHP-QFD matrices for selecting feature requirements in the design of Logistic Loading sites and new sport earphone development. Their research demonstrated that PCA can effectively reduce the gaps in QFD, making it a valuable tool in narrowing down critical features. However, it is important to consider the nature of the dataset, as this method may be less appropriate for datasets with less dominant features among the feature group, such as the AHP-QFD datasets for designing medical bags [5] and the QFD dataset for construction requirements [11], where PCA was found to be less suitable.

Similarly, the integration of SOMGA with QFD has shown promise and aligns with the findings of Tamayo et al. [11], who highlighted the effectiveness of SOMGA in handling complex, nonlinear relationships within the data. SOMGA's ability to capture features like FR10, which PCA did not highlight, underscores its complementary nature and the importance of employing diverse approaches to achieve a comprehensive feature selection process.

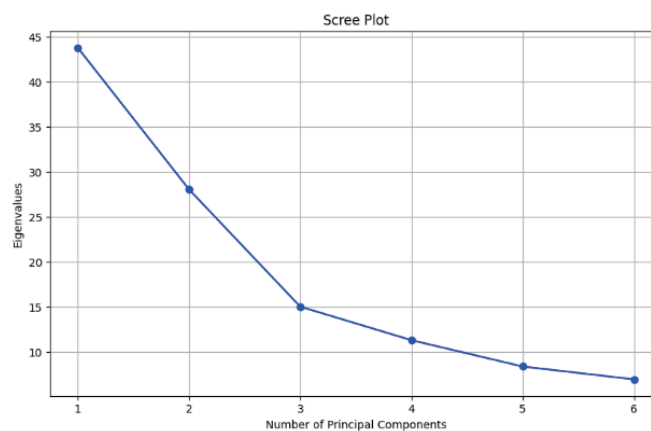


Figure 12. PCA scree plot for the QFD

Additionally, both techniques exhibited high fitness values. The representation of selected features as chromosomes in Table 7 provides valuable insights into the distinct approaches utilized by PCA and SOMGA. While both methods prioritized FR1, FR3, and FR6, SOMGA also identified FR10 as an essential feature, which PCA did not. This difference underscores the complementary nature of the two techniques and highlights the importance of employing diverse approaches to achieve a comprehensive feature selection process.

Table 7. Chromosomes of selected features from the three methods

	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	FR6	FR7	FR8	FR9	FR10
PCA	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
SOMGA	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1

6. Conclusion

In conclusion, this study explored the application of PCA and SOMGA for feature selection within the context of QFD analysis for double ferrule tube fittings. The findings demonstrate the effectiveness of both PCA and SOMGA in identifying key features that are critical to the performance and characteristics of double ferrule fittings. High fitness values were obtained from both methods, with PCA achieving a fitness value of 0.92 and SOMGA a higher fitness value of 0.98. This underscores the advantages of genetic algorithms in optimizing feature selection tasks, particularly in complex engineering datasets like QFD.

While PCA and SOMGA produced slightly different rankings of feature importance, several features emerged as consistently significant across both methods. Notably, Control Ferrule Drive (FR1), Valves with Integral End Fittings (FR3), Sizing Angle (FR6), Butt Seal (FR2), and Special High Tolerance NPT Thread (FR10) were identified as pivotal. This convergence highlights the robustness of these features and underscores their critical role in the design and selection of double ferrule tube fittings.

The performance testing results further validated the importance of these features. For instance, the High-Pressure Leak Test confirmed that Tube Fittings Design A, which includes the Control Ferrule Drive and GMT, maintained robust leak resistance under extreme conditions, withstanding pressures up to 5,100 psi. Similarly, the Scratch Resistance Test showed that the Butt Seal feature effectively prevented fluid leakage, even when the tube surface was scratched. The Overtightening Prevention Test validated the effectiveness of the Control Ferrule Drive in preventing overtightening, while the Ease of Installation/Removal Test highlighted the user-friendly design of the GMT and Sizing Angle, ensuring a hassle-free experience during both installation and removal.

Overall, this research contributes to advancing the field of ML-driven feature selection in QFD analysis and offers actionable recommendations for enhancing the design and selection process of double ferrule tube fittings. The integration of PCA and SOMGA into the QFD process not only enhances the precision of feature selection but also ensures that critical design elements are prioritized for performance validation. Moving forward, further exploration of advanced feature selection methodologies and their integration into engineering design processes will continue to drive innovation and optimization in product development and manufacturing industries.

Reference

- [1] Yang, F., Zheng, D., Chen, Z., & Hu, Y. (2022). Sealing characteristics optimization of double ferrule pipe joint with FEA nonlinear analysis. *In International Conference on Mechanical Design and Simulation*, March 18, Wuhan, China, pp. 1226106-1 – 9.
- [2] Mirshamsa, R. A., & Sabbaghian, M. (2002). Failure analysis of an elbow tube fitting. *Engineering Failure Analysis*, 10(3), 215–221.
- [3] Akao, Y. *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, MA: Productivity Press. (1990).
- [4] Akao, Y. *Development History of Quality Function Deployment in The Customer Driven Approach to Quality Planning and Deployment*. Minato, Tokyo: Asian Productivity Organization. (1994).
- [5] Apichonbancha, P., Lin, R.-H., & Chuang, C.-L. (2024). Integration of Principal Component Analysis with AHP-QFD for Improved Product Design Decision-Making. *Applied Sciences*, 14(5976). <https://doi.org/10.3390/app14145976>
- [6] Apichonbancha, P., & Lin, R. H. (2023). A Comparative Study of User Requirement Analysis in Smart Parking Systems: Integrating Stakeholder Ranking, Analytic Hierarchy Process, and Quality Function Deployment. *In Proceedings of the NIC-NIDA*, August 17-18, Bangkok, Thailand.
- [7] Shvetsova, O.A., Park, S.C., & Lee, J.H. (2021). Application of Quality Function Deployment for Product Design Concept Selection. *Applied Sciences*, 11(2681).
- [8] Tendayi, T.G., & Fourie, C.J. (2013, July 9-11). The Combined AHP-QFD Approach and Its Use in Lean Maintenance. *In Proceedings of the SAIIE25*, Stellenbosch, South Africa, pp. 554–561.
- [9] Wolniak, R. (2018). The Use of the QFD Method: Advantages and Limitations. *Production Engineering Archives*, 18, 14–17.
- [10] Haber, N., Fagnoli, M., & Sakao, T. (2020). Integrating QFD for Product-Service Systems with the Kano Model and Fuzzy AHP. *Total Quality Management & Business Excellence*, 31, 929–954.
- [11] Edgar, C.T., Yasir, I.K., Mohamed, A.H., & Ahmed, J.Q. (2020). Integrating Machine Learning with QFD for Selecting Functional Requirements in Construction Automation. *International Journal of Industrial Construction*, 1, 76–88.
- [12] Hotelling, H. (1933). Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, 24, 417–441.

- [13] Pearson, K. (1901). On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *Philosophical Magazine*, 2, 559–572.
- [14] Ashish, K.R., Swapnesh, T., & Billakurthi, S. (2023). Dimensionality Reduction Algorithms in Machine Learning: A Theoretical and Experimental Comparison. In *Proceedings of the International Conference on Recent Advances on Science and Engineering*, October 4-5 Dubai, United Arab Emirates.
- [15] Chahboun, S., & Maaroufi, M. (2021). Principal Component Analysis and Machine Learning Approaches for Photovoltaic Power Prediction: A Comparative Study. *Applied Sciences*, 11(7943).
- [16] Tapani, R., Alexander, I., & Juha, K. Principal Component Analysis for Sparse High-Dimensional Data; Adaptive Informatics Research Center, Helsinki University of Technology, TKK, Finland (2007).
- [17] Zlatic, S., Milković, M., & Boljuncić, V. (2019). Use of Principal Component Analysis for Optimization of Voice of Stakeholder in Quality Function Deployment Method. In *Proceedings of the 42nd International Scientific Conference on Economic and Social Development*, June 12-13, London, UK.
- [18] Dugger, Z., Halverson, G., McCrory, B., & Claudio, D. (2022). Principal Component Analysis in MCDM: An exercise in pilot selection. *Expert Systems with Applications*, 188, 1-4.
- [19] Faro, A., Giordano, D., & Maiorana, F. (2007). Discovering Complex Regularities by Adaptive Self Organizing Classification. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer and Information Engineering*, 1(4), 995–998.
- [20] Halim, Z., Yousaf, M. N., Waqas, M., Sulaiman, M., Abbas, G., Hussain, M., Ahmad, I., & Hanif, M. (2021). An effective genetic algorithm-based feature selection method for intrusion detection systems. *Computers & Security*, 110, 102448. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102448>
- [21] Li, A. D., Xue, B., & Zhang, M. (2020). Multi-objective feature selection using hybridization of a genetic algorithm and direct multisearch for key quality characteristic selection. *Information Sciences*, 523, 245-265. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.03.032>
- [22] Moslehi, F., & Haeri, A. (2020). A novel hybrid wrapper-filter approach based on genetic algorithm, particle swarm optimization for feature subset selection. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11, 1105–1127. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01364-5>
- [23] Schofield, M.J., & Naim, A. (1997). Extended Laboratory Testing of Type 316 Compression Fittings for Sour Service. *Paper presented at Corrosion97*, March, New Orleans, Louisiana.
- [24] Mihsein, M., & Seymour, M. D. (1999). Intermixing Twin Ferrule Tube Fittings - Is it Safe? *Journal of Engineering Design*, 10(4), 391-416. DOI: 10.1080/095448299261272
- [25] Hsiung, J. C., et al. (2021). Study of finite element analysis on tube fittings. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020(1), 012012.
- [26] Callahan, F.J. *Tube Fitters Manual*. Solon, OH: Swagelok Co., (1993)
- [27] Circor Energy. *GYROLOK Tube Fittings*. Spartanburg, SC: Circor Energy Co., (2015).

使用品質機能展開與無監督機器學習技術優化雙卡套 接頭選擇

Apichonbancha Pimolphan^{1,*} Rong-Ho Lin² Chun-Ling Chuang³

^{1*} College of Management, National Taipei University of Technology, 1, Sec. 3, Zhongxiao E. Rd., Taipei 10608, Taiwan

² Department of Industrial Engineering and Management, National Taipei University of Technology, 1, Sec. 3, Zhongxiao E. Rd., Taipei 10608, Taiwan

³ Department of Information Management, Kainan University, No. 1 Kainan Road, Luzhu Dist., Taoyuan City 33857, Taiwan

摘要

在石油和天然氣及化工等精度和安全性至關重要的行業中，選擇合適的管件至關重要。雙卡套管件因其可靠性和防漏性能廣受青睞。本研究旨在通過應用品質機能展開（QFD），優化這些管件的選擇過程，優先考慮用戶偏好。為了精煉 QFD 過程，研究採用了無監督機器學習技術，包括主成分分析（PCA）和 Kohonen 自組織映射遺傳算法（SOMGA）。這些方法有效地減少了 QFD 矩陣的維度，同時保留了關鍵設計特徵，其中 PCA 解釋了 92.49% 的變異性，而 SOMGA 達到 0.9890 的適應度值。經常被識別的關鍵特徵包括控制卡套驅動、帶整體端部管件的閥門和定角度。為了驗證這些發現，對五個關鍵特徵進行了實際測試，包括高壓泄漏、抗劃傷、過緊防護以及安裝/拆卸的便捷性。這些測試確認了管件的實際性能，減少了對製造商規格的依賴。本研究的結果大大提高了雙卡套管件在關鍵工業應用中的選擇精度和安全性，使產品設計更緊密地符合用戶需求和偏好。

關鍵字：雙卡套接頭、品質機能展開、自組織映射遺傳算法、特徵選擇

* 通訊作者

Email: t111749401@ntut.edu.tw

創新與經營管理學刊

Journal of Innovation and Business Management

第十二卷

民國 113 年 08 月

Volume 12

August 2024

發行人／陳文淵

出版單位／國立勤益科技大學管理學院

編審單位／創新與經營管理學報編審委員會

編輯委員會：

總編輯／康鶴耀

執行編輯／劉時玟

編輯委員／林仲璋(中華科技大學)、邱俊智(國立臺北科技大學)、

洪英訓(朝陽科技大學)、莊承儒(東海大學)、

莊煥銘(國立雲林科技大學)、鄭培宇(淡江大學)、

賴春美(遠東科技大學)、戴于婷(開南大學)

(依中文姓氏筆畫排列)

發行地址／41170 台中市太平區坪林里中山路二段 57 號

電話／ 04-23924505#6000

傳真／ 04-23921742

網址／ <https://ncutpm.wixsite.com/jibm>

ISSN／2308-7773

版權所有 / 翻印必究



Journal of Innovation
and
Business Management