

從產業績效評估兩岸軍事物聯網發展之研究

鄧勇誌*

摘要

物聯網已成為繼網際網路之後又一次的科技與經濟浪潮，由物聯網發展成的軍事物聯網將改變未來戰爭的型態，而國防科技的實現需產業技術能力等因素的支持，因此本研究除綜整國外在軍事物聯網上的發展文獻，期對學術提供貢獻外，更首次以動態網絡資料包絡分析分析兩岸物聯網相關政策推行對產業創新效率、經營效率與整體效率影響及差異分析，以提供建軍備戰之參考與建議。研究結果發現中國產業創新效率、經營效率與整體效率表現不如預期，且企業有一枝獨秀的產業生態情形，而臺灣雖然物聯網產業無法像中國產業規模如此龐大，惟無論創新效率、經營效率及整體效率表現絲毫不遜色，因此建議國防部應積極與民間物聯網相關產業合作發展軍事物聯網，建立一支小而強的現代勁旅，達到軍民雙贏的目標。

關鍵詞：軍事物聯網、物聯網相關產業效率分析、動態網絡資料包絡分析

* 陸軍司令部主計處中校主計參謀官、國立臺北科技大學管理學博士；E-mail: yungjr.deng@gmail.com

Exploring the Research of Cross-Strait Internet of Military Things with the Performance of Internet of Things-related Industries

Yung-Jr Deng^{*}

Abstract

Internet of Things (IoT) has become another technological and economic wave since the invention of Internet. And Internet of Military Things (IoMT) developed from IoT will change the type of future warfare. The realization of national defense technology needs to be supported by factors such as industrial technology capabilities. Therefore, this research, in addition to summarizing international literature on IoMT and providing academic contributions, for the first time analyzes the impact and difference of cross-strait IoT policy on innovation efficiency, operational efficiency, and overall efficiency of the IoT domain by using dynamic network slacks-based measure (DNSBM) to provide references and suggestions for military build-up and preparations.

The result of this research found that the performance of China's industrial innovation efficiency, operating efficiency, and overall efficiency are not as good as expected, and there are monopoly enterprises in the industry. Although Taiwan's IoT industry is not as large as the one in China, its performance in terms of innovation, operating and overall efficiency is not inferior. Therefore, this research suggests that the Ministry of National Defense actively cooperate with private IoT related industries, develop IoMT, and establish a small but powerful modern force to achieve the goal of a win-win situation for both military and civilians.

Keywords: Internet of Military Things, IOT-related industries efficiencies, Dynamic network slacks-based measure

^{*} Lieutenant Colonel Comptroller Officer, Comptroller Division, Army Command Headquarters; Ph. D. in Management, National Taipei University of Technology; E-mail: yungjr.deng@gmail.com

壹、緒論

物聯網(Internet of Things, IoT)通俗地說就是物與物相互連接的互聯網，透過安裝在互聯網上能傳送多元資訊的海量傳感器，成功達到物與物、人與物彼此間的資訊網絡通信和交換(Columbus, 2017)，突尼斯在2005年舉辦資訊社會世界峰會(World Summit on the Information Society, WSIS)，國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)頒布「ITU互聯網報告2005：IoT」，正式提出了「IoT」的概念(馬靜、唐四元、王濤，2012)。IoT產業被全球各國政府視為能推動經濟增長的戰略性基礎建設，而在5G、區塊鏈與邊緣運算等新興的技術幫助下，產業市場前景不容小覷。

研究機構Gartner 2020年報告中，全球政府IoT端點電子和通訊市場總額將達到147億美元，比2019年增長6%，到2021年更可達250 億件。國際數據資訊有限公司(International Data Corporation; IDC)推測，全球IoT市場規模以每年13.6%成長，預計2022年將達到1.2兆美元，另IDC數據顯示2020年美國和中國已成為IoT支出的全球領導者，而全球IoT的發展以中國最積極推動，而我國是資訊科技硬體的製造大國，有著優秀的研發創新能力與卓越生產技術，不應該在IoT的時代缺席(張世文，2013)，依據IDC 2017年針對亞太地區共13個國家(不包括日本)的IoT成熟度及新興國家對IoT發展準備的情況進行研究，我國IoT滲透率排第五，有此可知我國在IoT競爭市場實力不容小覷。而國際大廠由於龐大的商機致力發展布局，世界各國更紛紛提出IoT相關產業政策，以帶動產業全面升級轉型。

而另一個值得注意的則是軍事物聯網(Internet of Military Things, IoMT)的發展，這將改變未來戰爭的模式，讓世界先進國家極力發展IoMT，如美軍經過多年研究，將其運用在伊拉克戰爭，效果卓越，令各國無不趨之若鶩(中華人民共和國國防部，2017)，而隨著各國發展IoMT，未來高度訊息化的戰爭即將到來，衝鋒在戰場的不再是傳統的士兵，而是科技化的戰鬥機器人，擁有資訊搜尋、實際執行的機器人，回饋戰場資訊，使遠端指揮中心能精準地下達命令，機器人能完成作戰任務。由於新科技的迅速發展，全球即將進入萬物互聯的新人類時代，勢必將引發未來資訊化及多元化的戰爭模式。

中國IoMT科技緊追美軍在後，這對身處於亞洲火藥庫的我國，更不容等閒視之，此外軍事發展莫過於民間企業的支持及技術能力，孫子·謀攻中就提到：「知彼知己，百戰不殆。」，因此本研究首次以兩岸IoT相關產業為樣本，研究分析政府政策對產業影響，並以產業效率分析探討兩岸差異，除供產業決策者參考外，更提供國軍建軍備戰之建議。Charnes、Cooper與Rhodes(1978)資料包絡分析，是一種非參數的效率評估方法，以多投入、多產出決策單元(DMU)廣泛應用於產業的效率評估，雖然學術先進評估產業經營效

率研究確實貢獻良多，惟我們發現學術研究卻沒有考量到相關投入及產出變數對所評估產業長期的影響，因此我們採用動態網絡資料包絡分析(Dynamic network slacks-based measure, DNDEA)以slacks-based檢測模型(Tone & Tsutsui, 2014)，來評估中國及我國IoT相關產業長期的表現。DNSBM模型使我們能夠考慮中間指標或鏈接活動(Tone & Tsutsui, 2009)以及衡量多個時期的績效變化(Tone & Tsutsui, 2010)，期更精準了解兩岸IoT產業之發展。

IoT成為繼網際網路之後全球資通訊產業又一次的科技與經濟浪潮，而由IoT產業技術，延伸應用於軍事武器設備上發展而成的IoMT，更將改變未來戰爭的模式。本研究有兩項貢獻，首先，為IoMT文獻彙整，由於軍事發展較為機敏，有關IoMT文獻相當稀少，本研究蒐整IoMT代表性國家美國、中國及我國相關發展文獻，期能為學術做出貢獻；其次由於國防科技實現取決於民間產業的能力，因此本研究首次以兩岸IoT相關產業為樣本，探討產業之創新效率、經營效率與整體效率，及針對政府政策推行對產業效率影響，並分析兩岸之間差異，期能提供產業及國防決策者參考。

貳、文獻探討

一、民間產業之重要性

中國自1979年即意識到國防工業之發展，必須借助民間力量，故開始著手進行大規模的「軍轉民」政策，以民間力量扶植軍事勢力(丁樹範，1996)。中國利用民間的技術和資金所研發資訊科技成果，轉移至軍事武器裝備的研究與發展，增強中國軍事實力，因此民間的資訊技術及其產業，實已成了中國發展高技術軍事武裝的戰力泉源(林宗達，2005)。

市場經濟導向國家的國防產業發展，民間資本一直都是重要的關鍵力量，各國透過民間資本整合國內產業發展國家經濟，更可提升國防產業效能，達到軍民合一之目標，尤其中國更是有計畫扶植民間產業，除了影響世界產業發展方向，更利用民間尖端科技的能量轉換為國防產業的發展，讓中國整體軍力有爆炸性的突破(劉佳雄、呂學宗，2018)，依據「全球火力」(Global Firepower, GFP)公布2022年全球軍力排行，美國第一，而中國則為第三，這是中國軍事實力迅速增加主要因素之一。

中國大疆創新(DJI)在無人飛行器市場上佔據壓倒性的領導位置，全球民用無人機市場的七成市佔率，而中國國防機構推動軍事無人機研發，由於優越的民間科技，讓解放軍軍事無人機發展迅速，在國際軍武市場佔有一席之地，這也是中國(逆向工程)成果，與民間科技交互結合運用，值得我國學習(潘政熙、張家瑛，2020)。

我國國防安全研究院「2019 國防科技趨勢評估報告」指出民間產業尖端科技與關鍵

技術攸關一國國力，尤其隨著國防領域涉及範圍、科技發展資本門檻越來越高，且民間產業創新速度超越政府部門的情況下，各國政府急需要民間創新技術，企業則需政策鼓勵才有能力持續研發，有鑑於中國軍民合作下軍事發展的突飛猛進，而我國民間產業在創新及經營能力上是否無法與中國產業比擬，因此本研究首次對兩岸物聯網相關產業進行分析，期望能為國軍建軍備戰提供資訊參考。

二、IoT 發展與趨勢

(一)IoT概述

IoT即將邁入萬物互聯發展新階段，葉俊沂(2019)根據電腦科技產業協會於「2019 TRENDS IN INTERNET OF THINGS」報告，將IoT依功能別來進行分類，IoT係由四類功能構成，如圖1，各功能分別由不同的政府機關、公協會團體及企業參與執行，IoT藉由硬體與實體世界的聯結，大致分為感測器、網路及設備三個部分，感測器的主要功能在於接收特定的人為投入，在這網路架構中，擁有強大能力的中心電腦群，能夠整合網路內的設備、人員、機器和基礎設施的控制和管理，如智能機器人、車聯網、智能家電等及發展的窄帶IoT(NB-IoT)、第五代移動通信技術(5G)等新技術，為萬物互聯提供了基礎設施支撐的能力，而數以萬億計的新設備接入網絡，形成巨量數據，應用在各領域呈現爆發性增長，促進社會管理方式和生產生活進一步向細緻化、網絡化、智能化方向轉變，社會經濟發展更加高效、智能。

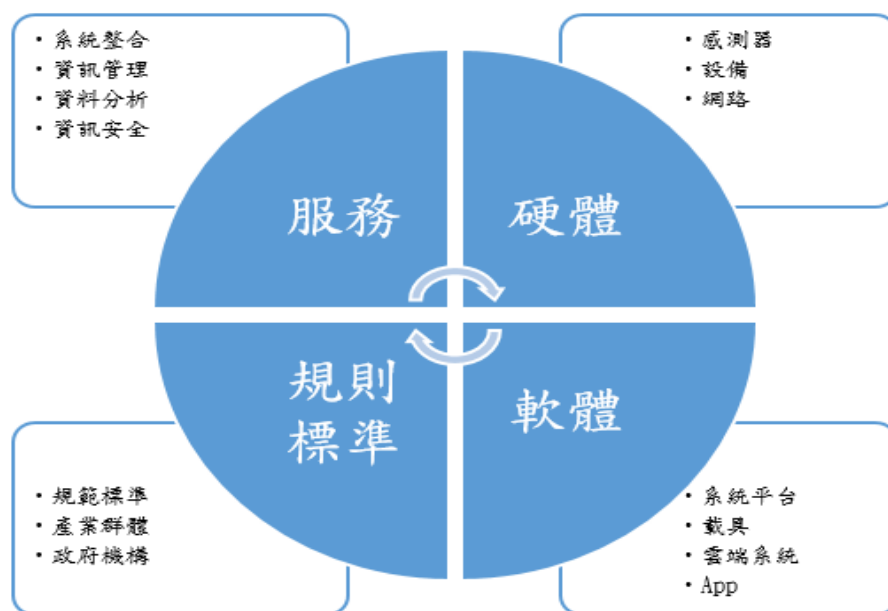


圖1 IOT 生態系架構

資料來源：葉俊沂(2019：101-108)。

(二)IoMT發展

因應戰爭需求，由 IoT 發展成 IoMT，相關領域包括感測器、車輛、機器人、武器、可穿戴式智慧型產品，以及在戰場上相關智慧型技術的使用，簡單來說，賦予所有作戰要素專屬網路 IP，可以讓複雜龐大的人力及物力，為整為零，提高作戰效果；由於我國在軍事武器及戰略佈局上與美國、中國兩大強國關係密切，且美國與中國無不積極透過 IoT 科技發展軍事力量，惟相關文獻卻非常稀少，因此本研究歸納美國、中國與我國 IoMT 發展情形，以期提供建軍備戰之參考及彌補文獻之不足。

1.美國

三軍未發，糧草先行，軍事物流應該是 IoMT 的第一個應用領域，而 IoT 的射頻識別技術 (Radio Frequency Identification, RFID)可作為軍事物流建設的後盾，實現物資的管理與控制，達到辨識目標的目的，而美軍在聯合作戰後勤明確指出準確、最新的資訊，對規劃後勤工作、協調部隊調動及平穩後勤支援作業，極具關鍵，因此美國國防部(United States Department of Defense)以 RFID 作為實現資訊準確數據採集的基礎技術，並規劃在 2030 年前建成「聯合全資產可視化」管理系統，也就是所謂立即、精準地向管理者提供裝備、補給品和人員等所在位置、目前運輸狀況、目標物情況的能力，可精進後勤補給工作的能力(郝澤澳、陳曦，2021)。

目前世界先進國家在 IoMT 領域應用和發展上，美國確實一直處於領導者的地位，也是中國解放軍突破之目標，Lori Cameron(2020)指出美軍為了驅使 IoMT 發展，美國陸軍研究實驗室(Army Research Laboratory, ARL)，於 2017 年啟動了戰地物聯網協作研究聯盟(Internet of Battlefield Things Collaborative Research Alliance, IoBT-CRA)發展戰地物聯網(Internet of Battlefield Things ; IoBT)著重研究與 IoMT 相關的基礎科學，以增強陸軍士兵的能力，並建立了陸軍研究人員、大學和產業之間的工作合作關係，以推展 IoT 技術及其在陸軍作戰中的應用的理論基礎，並於當年撥發 2,500 萬美金，致力於開發新的預測性戰場分析，2018 年 8 月 ARL 網絡科學部白皮書正式提出「戰場物聯網」(郝澤澳、陳曦，2021)，並致力研究相關設備及技術，如美國的「單兵作戰資訊系統」，能統一接收及發送行動計劃表、火力規劃、戰場態勢圖等指令，裝備 IoT 的所有人員與設備，融入該 IoMT 鏈結的聯合作戰系統，顯著增強了整體作戰能力，而繼美國之後，中國、英國、日本等也對無線傳感器網絡顯現出了濃厚的興趣，極力發展 IoMT 組成的「天羅地網」。

美國空軍於 2020 年底成功讓 F-35 與 F-22 兩款「第五代」戰鬥機成功完成訊息數據雙向傳遞，美軍「先進戰場管理系統」(ABMS)計畫中，也因「GatewayONE」的整合

數據傳輸技術測試成功，朝有效建構 IoMT，而美軍更勾勒出未來六代機將是與 IoT 科技結合的高科技武器，迫使中國、日本等先進國家高度重視，美國國防部更提出了整合太空及陸、海、空、網路等戰鬥範圍的「聯合全領域作戰」(Joint All-Domain Operations)，在此到達了新的里程碑(郭正原，2020)。

而 IoT 應用最大問題在於現有 4G 網絡的低傳輸速率將影響相關設備訊息的傳遞(郝澤澳，2021)，且所有資訊相接的武器、傳感設備等設施，全面暴露於 IoT 網路中，因此 IoMT「制網權」競爭將非常激烈，而 5G 網絡將提高資訊的傳遞速率，更可加強 IoMT 在戰場上效果，誰掌握 5G 技術，將左右戰場的勝負，甚至未來通過 IoMT 展開入侵式的網路攻擊，將癱瘓敵方作戰能力。由於中國 5G 技術發展領先全球，如讓中國取得國際標準主導權，這將顛覆 IoT 的平衡與局面，這是美國所不樂見，因此美國自川普政府時代極力打壓華為等中國廠商，引發中美貿易戰，這非單純是經濟問題更是國家安全問題。

美國國防部 2020 年「5G Strategy Implementation Plan」的報告指出，5G 是一項關鍵的戰略技術，掌握 5G 的國家將具有長期的經濟和軍事優勢，因此自 2020 年開始，在各軍事設施如供應鏈管理、港口和倉庫中，進行一系列軍民兩用 5G 技術開發和測試，並積極與工業界、學術界及標準制定機構等合作，除發展相關技術外，更以「全程運營」概念，使美軍能再在全球安全地使用私有、混合和公共 5G 網絡，另製定人力資本計劃，培養美軍優秀 IoMT 等人才，甚至將擴展到未來開發 6G 及更高版本的先進技術所需的下一代人才。

2.中共

中國軍事物流，自 2009 年由解放軍後勤學院等單位戮力於「物聯網技術應用以及國軍標的制定」、「物聯網公用普通密碼工作組」及「軍隊軍事物流資訊化建設」等重要研究，而解放軍後勤管理系統透過 IoT 技術，現已可滿足物儲及物流管理，惟解放軍後勤學院王宗喜教授指出雖然目前中國 IoT 產業技術不斷突破，但解放軍內部 IoMT 卻無法迅速推廣全軍，原因係管理階層仍不充分了解 IoMT 快速整合資訊，完成整體作戰的優點，且懂得軍事作戰需求又能掌握 IoT 技術的複合型人才匱乏(王宗喜、趙蕾，2020)，而這也是我國國軍所面臨的問題。

解放軍持續與美軍軍事競賽，「單兵資訊化系統」能監控每一位士兵所在位置及生理狀況，並隨時可以收集及分析即時情報，增加戰場存活率，而解放軍與民間企業經過多年合作，於 2017 年「北京軍民兩用技術展會」中國電子科技集團展現研發成果，中國官方於 2020 年發佈解放軍第 78 集團軍裝甲步兵手腕上裝備了終端設備，正式配備了

先進 5G 技術「單兵資訊化系統」，並號稱已超越美國陸軍單兵資訊作戰。除此之外，解放軍更積極運用 IoT，無論是陸基、海基、空基、潛基及天基皆可進行識別、定位、跟蹤等，隨智慧化、5G 網路、通信技術等能力持續發展，IoT 技術更擴展至更大的範圍，中國指出未來六代戰機在 IoMT 的平台上，更具網路一體化戰鬥能力，這凸顯中國對 IoMT 科技發展的極度企圖心，而這將成為未來戰爭模式及作戰制勝等最重大的影響(楊俊斌，2021)。

由於中國深知有關相關科技與設備目前無法超越美國，因此極力培植民間企業致力發展 IoT，更傾全國之力積極參與制定 IoT 標準之國際組織如國際電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers；IEEE)國際電信聯盟(International Telecommunication Union；ITU)第三代合作夥伴計畫(3rd Generation Partnership Project；3GPP)，尤其政府，以民間企業科技力量干涉 5G 國際標準制定，期奪取「制網權」，牽制美國通訊發展，更危及美國國家安全。

而根據全球移動通信系統協會(Groupe Speciale Mobile Association, GSMA)發布「2021 中國移動經濟發展報告」指出，2020 年中國新增 5G 連接數超過 2 億，佔全球 5G 連接數的 87%世界第一，這歸功於積極的鋪設網絡和不斷增長的終端生態系統，可想而知中國軍民合作將 5G 徹底運用於 IoMT，將形成可怕的軍事力量，這將是美國所不易樂見的，迫使美國國防部積極與民間廠商合作。

3.臺灣

我國是資訊科技硬體的製造大國，有著優秀的研發創新能力與卓越生產技術，在 IoMT 領域上有不錯發展，本研究就相關領域重點摘述：

(1)軍事醫療：

三軍總醫院戮力推動國軍智慧醫療服務，由於數位科技進步，各式資訊技術不斷創新，於 2017 年正式推動國軍醫院「慧醫專案」，透過雲端技術、IoT、大數據的有效整合運用，打造一個全新一代以智慧醫療為核心目標的醫院資訊系統(蕃薯藤，2017)，並於 2019 年成立「人工智慧暨物聯網發展中心」，除了強化醫療影像及病歷 AI 判讀外，更透過 IoT 等技術，匯集病人相關醫療資訊數據，進一步分析後，提供診療資料給醫療人員，以輔助其醫療決策及判斷，更提升國軍醫療能量(吳亮儀，2019)。

(2)國軍 E 化系統：

國軍為整合各項資訊系統及推展智慧國防，國軍 E 化系統建置案於 2019 年由中華電信團隊得標，並由華碩電腦客製化，中科院檢驗認證，且系統具有 IoT

服務的功能，可整合國軍各項後勤管理系統並與主副食供應站連結，配發具有美軍 IP6 防護等級的戰鬥平板電腦予基層連隊主官與幹部，可透過該系統了解並提出需求下單及後勤盤點，讓後勤管理更具效能，未來國軍各項人事、訓練等管理系統可逐步隨著系統的擴充而加入，達成部隊管理的全面行動 E 化 (朱明，2019)。

(3)IoMT 通信技術：

林俊霖(2020)表示中山科學研究院意識到 IoT 通信技術重要性，若能善加運用 IoT 技術透過感測網路、邊緣運算及人工智慧雲端的串流成功整合 5G 專網，使用於軍事領域推展 IoMT，則可提升未來戰場通信任務需求，可建立新一代戰場資訊安全、快速可靠的指揮系統，對發展現階段臺海兩岸不對稱作戰之國軍優勢，預期將有莫大助益，因此於 2017 年始即投入 IoMT 通信技術等研發，結合大數據、雲端運算、IoT 及 AI 等技術深度融合，並整合「物聯網感測網路系統」以形成異質網路系統，人與人、人與武器，及各武器系統間，得以讓彼此資訊相互感知，成為未來國軍數位化戰場轉型的關鍵基礎設施，發揮「後勤物資精確配送」、「保障態勢準確感知」、「指揮控制高效精準」及「武器裝備自主智能」等國防戰備效益。

綜上可顯見美國與中國皆集國家力量扶植產業，軍民合作發展軍事力量，而我國卻對產業科技與軍事需求上鮮少研擬出合作及共享等具體方針(蔡宗憲、莊秀敏，2018)，雖然 IoMT 在各領域有不錯成果，惟現階段仍是各自發展，未能有效整合及具體規劃善用民間資訊產業研發創新能力與卓越生產技術科技，應用在軍事武器上是非常可惜的，有鑑於美國與中國，皆以軍民合作達到軍事力量的提升，中國更以民間產業科技技術限制各國軍事發展，因此本研究以兩岸 IoT 產業為研究樣本，期能了解兩岸產業之發展及差異，提供國軍未來軍民合作之契機。

二、中共與我國 IoT 政策

(一)中共政策：

中國 IoT 相關產業發展區分三個階段，第一階段「感知中國」，為「應用創新與產業形成期」，重點於公共建設的導入期，包含智慧交通、智慧節能與智慧城市；第二階段「十二五規劃」為「技術創新與標準形成期」，從公共領域跨入企業與產業導入期，主要為物流管理與智慧製造的應用發展。第三階段「十三五規劃」則是「服務創新與產業成長期」，不僅各式產業致力導入 IoT 應用範圍，使個人與家庭都成為使用者，甚至以民間技術支持軍事武器也是中國發展重點，因此相關政策摘述如後(如表 1)：

表 1 中國 IoT 政策

年度	政策名稱	政策重點
2009	「感知中國」 2009 年—2010 年	國家五大新興戰略性產業 IoT 被正式列入，此時期開始建設國家示範區(中心)，致力於中國傳感網路相關產業發展，帶動資訊產業第三次浪潮。
2011	「十二五規劃」發展規劃 2011 年—2015 年	明確指出 IoT 發展的九大領域，在核心技術研發、關鍵標準研究與制定、產業鏈條建立與完善，形成初步應用牽引、協同發展、安全可控、創新驅動的 IoT 發展格局(張榮豐，2011)。
2016	「十三五規劃」發展規劃 2016 年—2020 年	推進 IoT 感知設施規劃佈局，致力於加強通用協議和標準的研究，推動 IoT 不同行業不同領域應用間的互聯互通，資源共享和應用協同(李政德，2015)，這也是中國 10 年來 IoT 發展收割期，除了產業技術發展成為世界領導者，再將相關科技應用於軍事發展，更成為美軍可怕的對手。
2021	「十四五規劃」發展規劃 2021 年—2025 年	以 5G、人工智慧、物聯網、大數據等高科技領域為重要的產業政策發展方向，受美中貿易戰的影響，此時期中國要降低對外資、外貿的依賴，保障中國的發展不受世界經濟和政治動盪影響。

資料來源：本研究整理。

(二)我國政策

我國原於 1991 年實施「促進產業升級條例」(以下簡稱「促產條例」)，政府為協助產業面對國際競爭之環境，及落實「輕稅簡政」的稅制改革方向，於 2010 年施行「產業創新條例」，最主要以智慧機械產業為主，包含 IoT、巨量資料、人工智慧等，輔導強化產業競爭，以國家資源輔導協助產業升級，較特別的是該政策係減少公司研發投資抵減之租稅優惠，而鼓勵企業可透過股利分紅等租稅優惠，留住更多優秀人才。

我國政府為因應國際產業發展趨勢，推動產業轉型，進行「產業創新條例」修正案，並於 2020 年施行，本次產創條例修正共增刪及修正 10 條文，最引人注目的就是 5G 投資抵減及智慧機械的優惠如表 2。

表 2 臺灣「產業創新條例」政策

年度	政策名稱	政策重點
2010	「產業創新條例」	以智慧機械產業為主，係指運用 IoT、巨量資料、機器人或人工智慧之智慧相關產業，輔導強化產業競爭，以國家資源輔導協助產業進行產品創新、技術提升。
2020	「產業創新條例」修正案	1. 強化產學合一，增加相關持股方案，鼓勵學校持有技術股之教授，將技術轉移出來，擴散研發能量。 2. 租稅優惠增訂 IoT、5G 等投資抵減、另四大租稅延長 10 年，以鼓勵我國 IoT 等產業之發展。

資料來源：本研究整理。

三、創新效率與經營效率

所謂企業績效為企業達到指定目標的程度，可區分為「效果」與「效率」。效果是達成目標的程度，也就是機構運作和資源使用的結果；效率則是資源利用的程度和能力，分為財務績效及非財務績效(Firer & Williams, 2003)，而企業績效應以經營效率衡量效率面的企業績效，以創新效率衡量效果面的非財務績效與企業績效的關係，再以公司價值評估效果面的財務績效(黃政仁、廖欣甫，2017)，因此本研究分第一階段創新效率，為非財務績效，另第二階段經營效率，則融會經營變數及財務變數，為財務面績效，以期衡量兩岸 IoT 相關產業企業績效。

(一)創新效率

創新能力是指有效的將技能和知識運用轉換到企業中，以及對企業既有技術的改進，以增強創新能力(Wang, Lu & Chen, 2008)，創新能力較佳，更能清晰創新計畫架構，帶動較高之創新績效，而重視研發的企業，願意投入較高研發支出者，競爭能力較強(Lisowsky, 2010)，因此，創新能力對於企業是非常重要的，尤其於科技產業，技術日新月異，面對國際競爭，如無較高的創新能力，將被世界所淘汰。

而如何提高企業的創新能力，最主要途徑是研發，由於技術係需要投入相關的研究才能轉換成果，透過研發產生的專利，可以保護企業對外競爭的資產，包括生產流程、產業服務及公司產品，可使企業在商場上，享受壟斷地位，而專利更是評估企業創新能力及競爭力重要影響尺度(Somaya, Williamson & Zhang, 2007)，且企業研發成果，係藉由法令保障將研發成果申請專利，以確保其心血不被模仿或盜取，因此，透過專利量化，可用於進行評估企業創新績效能力研究(Tsao & Lien, 2011)，藉由分析，可了解企業是否投入之研究發展能有效轉換為專利，如無專利產生則將無法為企業產生實質價值。因此，在評估創新能力及經營績效間的關係時，使用專利資訊是非常合理的。

(二)經營效率

經營績效是企業組織營運活動所呈現的最終結果，是一個整體表現的概念，績效評估係企業用以衡量其運用資源，評估結果能回饋並協助管理階層做有效的資源管理、衡量並控制目標的達成狀況(Hugh, Ashworth, Chellew, Davidson & Towers, 1996)。因此績效評估最終目的在檢視根據資源規劃投入後的產出成果，是否如預期或是需要改善，以做為未來持續提升或改善經營績效時，對於資源分配與運用的決策依據。依據生產理論，資本和勞動是營運生產投入變數中的重要部分，文獻學者大多將資產類與員工等從事人員評估資本和勞動成為投入要素，產出變數常為資產報酬率、營業收入、市值、銷售額等財務性指標(李麗說、陳世顯，2017；陳珮瑜、江慧貞，2018)，而財務績效從財務報

表和證券市場2個方面進行討論，財務報表中會計數字的財務績效主要反映了過去的財務盈利能力，證券市場以權益報酬率、資產報酬率及營業收入等變數評估財務績效(Abdi & Aulakh, 2018)，王文英、張清福(2004)研究高科技之產業，公司市值超越帳面值甚多，表示知識與技術等智慧資本對公司績效具有很大之影響力，洪秀婉、林美惠與王安邦(2008) 及Lu and Hung(2009)皆以市值為變數，分析產業內公司的獲利能力與市場能力。

因此本研究採用研發支出和隨後的專利獲得作為DNSBM模型的變數，分析物聯網產業的創新效率，第2階段經營效率之投入變數以營業費用為外部投入項及不動產、廠房及設備等資產為結轉項，產出變數為財務指標市值及營業收入，進行經營效率分析。

參、研究設計

一、研究樣本

(一)中共產業：

以 2021 年 5 月 1 日理財網 MONEY DJ 所列上市公司，有關 IoT 概念股合計 85 家為研究樣本，部分公司資料缺漏，為資料一致性及完整性，因此篩選後計 32 家公司，期間為 2009 至 2020 年，合計 384DMU 進行研究。

(二)我國產業：

以 2021 年 5 月 1 日 CMONEY 資料庫所列上市(櫃)之公司，有關 IoT 概念股合計 34 家為研究樣本，部分公司資料缺漏，經篩選後資料完整計 32 家公司，期間為 2009 至 2020 年，合計 384DMU 進行研究。

由於本研究進行創新及經營效率等 2 階段分析，所需變數較為廣泛及複雜，由於資料取得不易，其中專利相關資訊需至我國、美國與中國等相關網站搜尋，更增加其困難度，為求評估準確性及完整性，凡資料缺漏之公司一律屏除；另上述所列公司所獲得之專利數等相關資料擷取於 Patent Lens 世界專利搜尋網站及全球專利檢索系統，另各項財務相關資料則取自於我國經濟新報資料庫(Taiwan Economics Journal, TEJ)之我國、MONEY DJ 及東方財富理財網。

二、投入、產出項之選取及定義

(一)第一階段-創新效率(IE)：

日趨激烈的全球化競爭，技術創新能力的發展已成為國家之間競爭焦點，而創新使得公司成為優勢競爭，而且此優勢成為企業獲利之主要來源(Grant, 1991)。

以當年度研發費用與累積之研發資本為投入面變數(黃政仁、關伶倫，2014)；專利權被引用數、專利權數與專利範圍宣告數成為產出變數：

1.投入面

(1)投入面-當年研發投資(RD)：RD 為公司當年度之研發費用。

(2)投入面-研發資本(RK)：

指當年度的創新所耗之資源，不僅局限在當年度支應的研發費用，而是過去到現在積累的研發投資資源形成的(Tsai, 2005)，也就是說，本年度之研發投入可能會在未來有實質的成果展現，考量電子資訊業之產品生命周期較短，以假設過去研發費用每年固定15%比例遞減，並遞減三年，研發資本定義如下(黃政仁、林秉孝，2016)：

$$RK_{i,t}=RD_{i,t}+(1-15\%) RD_{i,t-1}+(1-15\%)^2RD_{i,t-2}$$

i：公司別、t：年度別、RK：研發資本、RD：研發費用。

2.產出面

美國為世界各科技公司申請專利之必要國家，更是評估公司創新能力的重要指標(Hall & Ziedonis, 2001)，而我國電子科技公司以海外營運為主要方式，又以中國為最大出口國，如何保護出口貿易及營運當地市場的智慧財產權，是極為重要的事情(Chin, Chen, Kleinman, & Lee, 2009)，因此本研究以我國、美國及中國專利暨商標局核准公告之專利作為衡量變數。

(1)產出面-專利權數(PATENT)：

專利權對於公司未來競爭力深具影響力，係表示一家企業注入創新活動所獲得，公司一般使用非財務績效指標其中之一，學術研究發現揭露非財務資訊相關專利權品質時，將會顯著影響企業股價(Guceri & Liu, 2009)。

(2)產出面-專利權被引用數(CITED)：

專利權被引用數係指所獲得之專利權，在未來核定年限內專利權被引用的次數，專利權被引用次數越高，代表專利權品質越佳(Pandit, Wasley & Zach, 2011)。

(3)產出面-專利範圍宣告數(CLAIMS)：

專利範圍宣告數係指公司申請專利，所獲得法令保護專利範圍的宣告總數，當宣告的範圍越大，則其他專利落入專利範圍的機率越高，此時即可主張權利，將侵權者排除在外，或要求權利金，因此申請專利的宣告範圍數越多，專利的價值越高(Nerkar & Paruchuri, 2011)。

(二)第二階段-經營效率：

除了以上述創新效率產出變數為第2階段經營效率之投入變數外，另投入項為營業費用(包含行銷費用與營業支出等)及不動產、廠房及設備為投入變數，產出變數為市值及營業收入，進行經營效率分析。

依據經驗法則來決定決策單位(DMU)數量：「DMU 之數量最少為投入與產出項目個數加總的 3 倍」(Cooper, Li, Seiford, Tone, Thrall & Zhu, 2001)，而本研究中國與我國各有 352 個決策單位。模型中計有 4 個投入項與 5 個產出項， $384 > 3(4+5) = 27$ ，因此本研究所建構之模型符合建構效度，表 3 列出變數和定義。

表 3 變數定義

變數	定義
當年研發投資(RD)	公司當年度之研發費用
研發資本(RK)	$CRK_{i,t} = RE_{i,t} + (1-15\%) RE_{i,t-1} + (1-15\%)^2 RE_{i,t-2}$
專利權數(PATENT)	公司在我國、美國及中國專利暨商標局核准公告的專利權數
專利權被引用數(CITED)	公司在我國、美國及中國專利暨商標局核准公告的專利權被引用數
專利範圍宣告數(CLAIMS)	公司在我國、美國及中國專利暨商標局核准公告的專利範圍宣告數
營業費用	投入勞務活動與銷售商品服務的費用，包括員工薪資、水電等行政支出及銷售費用
不動產、廠房及設備	企業生產產品所需的固定資產等，包含房屋及建築、機器設備、運輸設備與其他不動產、廠房及設備等
營業收入	該年度公司因銷售產品或提供勞務等經常性營業活動而獲得的收入
市值	普遍會以上市公司在一般證券市場的收市價格作為計算基準，並乘上其已發行的股份總數，得出的市場價格總值

資料來源：本研究整理。

三、動態網絡資料包絡分析法過程

傳統的資料包絡分析模型主要係評估多投入與多產出之 DMU 相對效率測量(Charnes et al., 1978)，惟它忽略了各 DMU 內部連結活動的連通性(Tone & Tsutsui, 2009)，以及幾個時期的經營業績變化，而文獻研究雖然以窗口分析及 Malmquist 生產力指數進行動態分析，而這些模型只能識別不同時間的獨立部分最佳解，卻忽略了連續兩個時期的結轉活動的影響(Tone & Tsutsui, 2010)，根據會計研究，結轉項目稱為永久賬戶，其帳戶餘額於每個財政年度結束時(期間 t)累計，並結轉到資產負債表上的下一個年度(期間 $t+1$)，因此，我們將不動產、廠房及設備作為結轉變量。動態網絡生產過程描述了第一個階段是創新效率，而第二個階段是評估經營效率，如圖 2。

四、敘述統計

表 4 為中國於 2009 年至 2020 年期間 IoT 相關產業，投入、產出統計數據，由表中發現期間中國各項變數除了專利權被引用數-18%為負成長外，其餘變數皆呈現正成長，又以研發資本 554.07%成長最多，顯見中國對研發的重視。

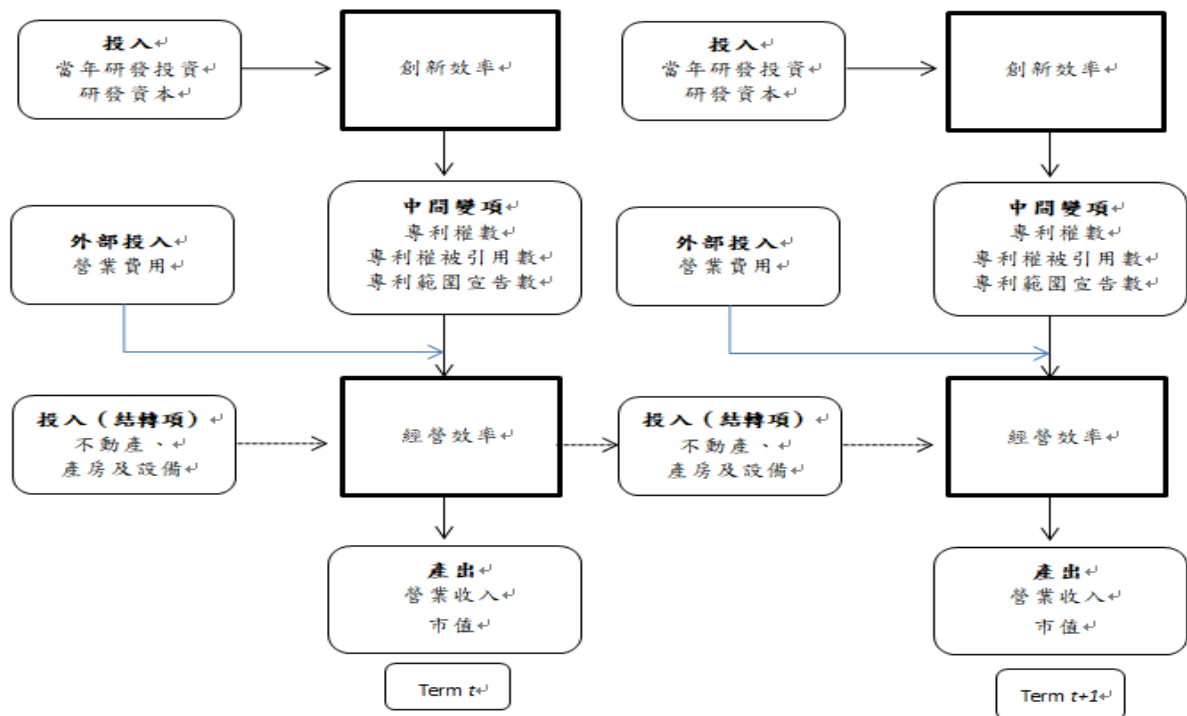


圖2 本研究動態網絡資料包絡分析法過程圖
資料來源：本研究整理。

表4 中共IoT 相關產業變數的敘述統計

類別	變數	中位數(n=384)												A B
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
投入	當年研發投資 (mCNY)	30.4	37.3	54.5	75.3	72.4	53.4	63.4	68.7	85.5	100.94	119.11	128.31	$p < 0.01$ 322.07
	研發資本 (mCNY)	64.3	74.6	103.2	155.6	175.1	159.8	153.8	162.1	195.2	227.04	410.79	420.57	$p < 0.01$ 554.07
中間變項	專利權數	7.0	10.0	12.0	15.0	12.0	15.0	14.0	23.0	22.0	32	35	37	$p < 0.01$ 428.57
	專利權被引用數	11.0	17.0	10.0	18.0	10.0	10.0	11.0	6.0	2.0	3	9	9	$p < 0.01$ -18.18
	專利範圍宣告數	44.0	62.0	61.0	71.0	69.0	98.0	94.0	167.0	161.0	241	251	264	$p < 0.01$ 500.00
外部投入	營業費用 (mCNY)	110.0	172.0	239.0	237.5	280.5	349.6	432.8	533.0	516.0	526	533.3	541.1	$p < 0.01$ 391.91
結轉項	不動產、廠房及設備 (mCNY)	114.2	127.4	193.0	260.1	270.5	385.7	517.0	577.5	507.4	532.82	606.43	676.52	$p < 0.01$ 492.40
產出	營業收入 (mCNY)	2,334.7	3,038	3,628	3,790	4,840	5,920	8,320	11,700	12,520	10,642	9,945	10,105	$p < 0.01$ 332.82
	市值 (mCNY)	47,354.8	64,742.8	3,311.7	37,638.7	66,000.9	84,463.6	153,050	138,193.8	153,403.1	147,267.6	132,666.1	142,548.9	$p < 0.01$ 201.02

註: 1. mCNY 表示百萬人民幣

2. A 表示 Test of Normality K-s test(p-value), B 表示 %Change 2009-2020

表 5 我國 2009 年至 2020 年期間 IoT 相關產業，投入、產出統計數據，由表中發現期間我國各項變數除了專利權被引用數-92.31%為負成長外，其餘變數皆呈現正成長，其中營業收入 1665.36%及市值 1330.84%可觀成長，初步發現我國產業能有效率將相關投入轉換最終財務產出。

表 5 我國 IoT 相關產業變數的敘述統計

類別	變數	中位數(n=384)												A B
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
投入	當年研發投資 (mCNY)	1,032.2	891.5	1,409.7	588.0	620.3	1,055.6	550.9	1,195.2	7,021.3	5,913.39	5,558.59	6,478.54	$p < 0.01$ 527.64
	研發資本 (mCNY)	310.3	318.9	564.9	194.9	270.5	441.9	204.9	555.3	3,811.8	1,735.89	1,508.23	1,707.24	$p < 0.01$ 450.19
中間變項	專利權數	7	11	16	12	11	13	13	15	12	9	9	11	$p < 0.01$ 57.14
	專利權被引用數	13	12	25	4	5	3	4	1.5	4	1	1	1	$p < 0.01$ -92.31
	專利範圍宣告數	79	126	225	142	106	229	210	245	292	137	132	138	$p < 0.01$ 74.68
外部投入	營業費用 (mCNY)	928.8	928.9	985.7	984.0	927.7	953.2	647.8	1,046.7	10,602.4	9,400.64	8,847.32	9,745.32	$p < 0.01$ 949.24
結轉項	不動產、廠房及設備 (mCNY)	784.8	691.8	946.1	1,073.6	1,043.8	1,091.1	594.8	1,085.2	9,967.3	7,914.39	6,062.34	6,895.35	$p < 0.01$ 778.61
產出	營業收入 (mCNY)	3,119.0	4,315.4	11,508	3,848.1	4,065.2	5,752.9	3,586.5	7,601.7	44,374.7	44,821.5	47,062.6	55,061.6	$p < 0.01$ 1665.36
	市值 (mCNY)	24,560.7	23,696.9	33,794.9	24,632.0	31,979.5	38,244.5	22,156.1	46,019.7	275,815.7	291,534.8	306,111.5	351,425.2	$p < 0.01$ 1330.84

註: 1. mCNY 表示百萬人民幣

2. A 表示 Test of Normality K-s test(p-value), B 表示 %Change 2009-2020

五、動態網絡資料包絡分析

關於圖 2 中的產業動態框架，必須假設在 T 時段($t=1, \dots, T$)內有 2 個階段($k=1, 2$)的 n 個企業($j=1, \dots, n$)可用。在每個階段，企業在第 1 階段使用 m 個投入($i=1, \dots, m$)生成 D 個產出($d=1, \dots, D$)。這些 D 產出稱為鏈結指標成為第 2 階段的投入。企業使用 D 鏈結指標和外部投入在第 2 階段產生 s 產出($r=1, \dots, s$)。還考慮了從時間 t 到時間 $t+1$ 的階段 2 的 H 結轉指標($h=1, \dots, H$)。

在時間 t 中， $x_{ij}^t (i=1, \dots, m; j=1, \dots, n; t=1, \dots, T)$ 投入到階段 1 的第 j 個公司，在時間 t 中， $ex_{ij}^t (p=1, \dots, P; j=1, \dots, n; t=1, \dots, T)$ 投入到階段 2 的第 j 個公司的外部投入 p ，在時間 t 中將 $y_{rj}^t (r=1, \dots, s; j=1, \dots, n; t=1, \dots, T)$ 產出到階段 2 的第 j 個公司。

z_{dj}^t ($d = 1, \dots, D; j = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T$) 在時間 t 中將第 j 個公司的中間產品從階段 1 到階段 2 進行鏈結。 $c_{hj}^{(t,t+1)}$ ($h = 1, \dots, H; j = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T$) 是從時間 t 到時間 $t+1$ 在第 1 階段第 j 個公司的結轉。 x_{ij}^t 、 ex_{ij}^t 、 y_{rj}^t 和 z_{dj}^t 必須分別指示第 t 個公司的階段 1 到階段 2 的值(分別由兩個階段 t 組成)的投入，外部投入，產出和連接點。 $c_{hj}^{(t,t+1)}$ 表示從階段 1 到 t 的結轉。

本研究將約束的概念應用到產業評估模型中。首先，從結轉項的結轉必須等於下一期結轉，才能滿足兩個期間之間的連續性。其次，雖然負責階段 1 的管理人員將希望階段 1 的中間項產出最大化，但是處理階段 2 的管理人員將希望使用盡可能階段 1 中間項產出最小化。簡而言之，本研究解決了 2 階段中間項效率模型共同處理中間項。具體而言，本研究通過應對以下非定向函數，得出在可變規模收益(VRS)假設下的效率：

$$\phi_o = \text{Min} \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 - \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{m+P+D+H} \left(\sum_{i=1}^m \frac{s_{io}^-}{x_{io}^t} + \sum_{p=1}^P \frac{s_{po}^-}{ex_{po}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{s_{do}^-}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{s_{ho}^{-(t,t+1)}}{c_{ho}^{t,t+1}} \right) \right] \right]}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 + \frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{s+D+H} \left(\sum_{r=1}^s \frac{s_{ro}^+}{y_{ro}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{s_{do}^+}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{s_{ho}^{+(t,t+1)}}{c_{ho}^{t,t+1}} \right) \right] \right]} \quad (1)$$

s.t.

$$x_{io}^t = \sum_{j=1}^n x_{ij}^t \lambda_{j1}^t + s_{io}^-, \quad (i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T), \quad (2)$$

$$ex_{po}^t = \sum_{j=1}^n ex_{pj}^t \lambda_{j1}^t + s_{po}^-, \quad (p = 1, \dots, P; t = 1, \dots, T), \quad (3)$$

$$y_{ro}^t = \sum_{j=1}^n y_{rj}^t \lambda_{j2}^t - s_{ro}^+, \quad (r = 1, \dots, s; t = 1, \dots, T), \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t = 1, \quad (k = 1, 2; t = 1, \dots, T), \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n z_{dj}^t \lambda_{j1}^t = \sum_{j=1}^n z_{dj}^t \lambda_{j2}^t, \quad (t = 1, \dots, T), \quad (6)$$

$$z_{do}^t = \sum_{j=1}^n z_{dj}^t \lambda_{j1}^t - s_{do}^+, \quad (d = 1, \dots, D; t = 1, \dots, T), \quad (7)$$

$$z_{do}^t = \sum_{j=1}^n z_{dj}^t \lambda_{j2}^t + s_{do}^-, \quad (d = 1, \dots, D; t = 1, \dots, T), \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n c_{hj}^{(t,t+1)} \lambda_{j1}^t = \sum_{j=1}^n c_{hj}^{(t,t+1)} \lambda_{j1}^{t+1}, \quad (t = 1, \dots, T-1), \quad (9)$$

$$c_{ho}^{(t,t+1)} = \sum_{j=1}^n c_{hj}^{(t,t+1)} \lambda_{j1}^t - s_{ho}^{+(t,t+1)}, \quad (h = 1, \dots, H; t = 1, \dots, T-1). \quad (10)$$

$$c_{ho}^{(t,t+1)} = \sum_{j=1}^n c_{hj}^{(t,t+1)} \lambda_{j1}^{t+1} + s_{ho}^{-(t,t+1)}, (h=1,...,H; t=1,...,T-1).$$

$$\lambda_{jk}^t, s_{io}^t, s_{po}^t, s_{ro}^t, s_{do}^t, s_{do}^{t+}, s_{ho}^{-(t,t+1)}, s_{ho}^{+(t,t+1)} \geq 0. \quad (11)$$

其中 s_{ro}^{t+} 和 s_{io}^{t-} 分別是投入/產出差額； s_{do}^{t+} 和 s_{do}^{t-} 是自由鏈結值的差額部分。 $s_{ho}^{-(t,t+1)}$ 和 $s_{ho}^{+(t,t+1)}$ 是結轉偏差。 λ_{j1}^t 是對應於階段 1 的企業的強度。公式(2)至(4.0)是投入，外部投入和產出約束。公式(5)提出了 VRS 的假設。等式(6)至(8)表明，在保持投入和產出之間連續性的同時，自由確定鏈接活動。等式(9)至(11)表明，當前的鏈路流量對應於企業可以自由處理的結轉。它的值可以從觀察到的值增加或減少。公式(6)和(8)表明，兩個階段共同使用並產生相同的數量。等式(2)-(11)指定了目標公司 ($o=1,...,n$) 的生產可能性集。在方程(1)的最佳解中考慮方程(2)-(11)：

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_{jk}^*, j=1,...,n; s_{io}^{t-}, i=1,...,m; s_{ip}^{t-}, p=1,...,P; s_{ro}^{t+}, r=1,...,s; s_{do}^{t+}, s_{do}^{t-}, d=1,...,D; \\ s_{ho}^{-(t,t+1)}, s_{ho}^{+(t,t+1)}, h=1,...,H; t=1,...,T; k=1,2 \end{array} \right\}$$

本研究通過反映目標公司在 T 期間的非定向函數得出總體動態效率，其範圍從 0 到整合，如下所示：

$$\phi_o^* = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 - \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{m+P+D+H} \left(\sum_{i=1}^m \frac{s_{io}^{t-}}{x_{io}^t} + \sum_{p=1}^P \frac{s_{po}^{t-}}{ex_{po}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{s_{do}^{t-}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{s_{ho}^{-(t,t+1)}}{c_{ho}^{t,t+1}} \right) \right] \right]}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 + \frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{s+D+H} \left(\sum_{r=1}^s \frac{s_{ro}^{t+}}{y_{ro}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{s_{do}^{t+}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{s_{ho}^{+(t,t+1)}}{c_{ho}^{t,t+1}} \right) \right] \right]} \quad (12)$$

公式(12)是在非定向函數下的擴展的 SBM 模型(Cooper et al., 2001)，它說明了多餘的投入和結轉。該分數的紅利是平均與投入相關的效率，而除數是平均與產出相關的效率。本研究得出目標公司的周期性效率如下：

$$\pi_o^{t*} = \frac{\left[1 - \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{m+P+D+H} \left(\sum_{i=1}^m \frac{s_{io}^{t-}}{x_{io}^t} + \sum_{p=1}^P \frac{s_{po}^{t-}}{ex_{po}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{s_{do}^{t-}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{s_{ho}^{-(t,t+1)}}{c_{ho}^{t,t+1}} \right) \right] \right]}{\left[1 + \frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{s+D+H} \left(\sum_{r=1}^s \frac{s_{ro}^{t+}}{y_{ro}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{s_{do}^{t+}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{s_{ho}^{+(t,t+1)}}{c_{ho}^{t,t+1}} \right) \right] \right]} \cdot (\forall t) \quad (13)$$

本研究得出目標公司的階段效率如下：

$$\eta_o^{k=1*} = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 - \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^{t*}}{x_{io}^t} \right) \right]}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 + \frac{1}{D+H} \left(\sum_{d=1}^D \frac{S_{do}^{t*}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{S_{ho}^{+, (t, t+1)}}{c_{ho}^{t, t+1}} \right) \right]} . \quad (14)$$

$$\eta_o^{k=2*} = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 - \frac{1}{D+P+H} \left(\sum_{p=1}^P \frac{S_{po}^{t*}}{ex_{po}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{S_{do}^{t*}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{S_{ho}^{-, (t, t+1)}}{c_{ho}^{t, t+1}} \right) \right]}{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[1 + \frac{1}{s} \left(\sum_{r=1}^s \frac{S_{ro}^{t*}}{y_{ro}^t} \right) \right]} . \quad (15)$$

最後，本研究得出目標公司的階段性效率如下：

$$\varphi_{ot}^{k=1*} = \frac{1 - \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m \frac{S_{io}^{t*}}{x_{io}^t} \right)}{1 + \frac{1}{D+H} \left(\sum_{d=1}^D \frac{S_{do}^{t*}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{S_{ho}^{+, (t, t+1)}}{c_{ho}^{t, t+1}} \right)} . (\forall t) \quad (16)$$

$$\varphi_{ot}^{k=2*} = \frac{1 - \frac{1}{P+D+H} \left(\sum_{p=1}^P \frac{S_{po}^{t*}}{ex_{po}^t} + \sum_{d=1}^D \frac{S_{do}^{t*}}{z_{do}^t} + \sum_{h=1}^H \frac{S_{ho}^{-, (t, t+1)}}{c_{ho}^{t, t+1}} \right)}{1 + \frac{1}{s} \left(\sum_{r=1}^s \frac{S_{ro}^{t*}}{y_{ro}^t} \right)} . (\forall t) \quad (17)$$

肆、實證分析

本篇研究實證分析分為二部份，首先，應用動態網絡資料包絡分析(DNSBM)個別分析中國與我國 IoT 相關產業創新效率、經營效率與整體效率，其次，評估中國與我國 IOT 相關產業績效的差異，而為達到「知彼知己，百戰不殆」之效果，將特別深入分析中國產業之變化，以期提供政策決策者參考。

一、中共產業效率分析

表 6 可發現，中國政府於 2009 年提出「感知中國」，開始推行 IoT 等相關政策，創新效率隨即於 2010 年上升，另由圖 3 顯示，創新效率逐年上升，係因中國於 2011 年實行「十二五規劃」主要係為技術創新與標準形成期，因該項政策以高階核心技術是發展重點，期間在、傳輸、感知、應用處理等技術領域取得 500 項以上重要研究成果，因此帶動創新效率提升，另本研究發現，中國在這段期間致力發展 IoT 相關技術與專利獲取，確實壓迫其他國家科技發展，與前述中國 IoMT 相符，可見其深謀遠慮，也造成美國極大的壓力，這也是發生美中貿易戰其中一個原因，另由於研發成果回饋，經營和整

體效率也開始在 2015 年有上升趨勢，研究結果符合國際的實施經驗，制度及政策推行會歷經階段性的演變過程，對 IoT 相關產業效率的改善有遞延效果(Kweh, Lu, Lin & Deng, 2020)。

表 6 中共 IoT 相關產業績效表現

年	創新效率	經營效率	整體效率
2009	0.28	0.13	0.13
2010	0.21	0.17	0.16
2011	0.22	0.16	0.15
2012	0.26	0.15	0.15
2013	0.25	0.16	0.15
2014	0.30	0.15	0.15
2015	0.27	0.16	0.16
2016	0.51	0.21	0.22
2017	0.16	0.22	0.20
2018	0.15	0.20	0.19
2019	0.16	0.18	0.16
2020	0.17	0.19	0.17
Average	0.25	0.17	0.17

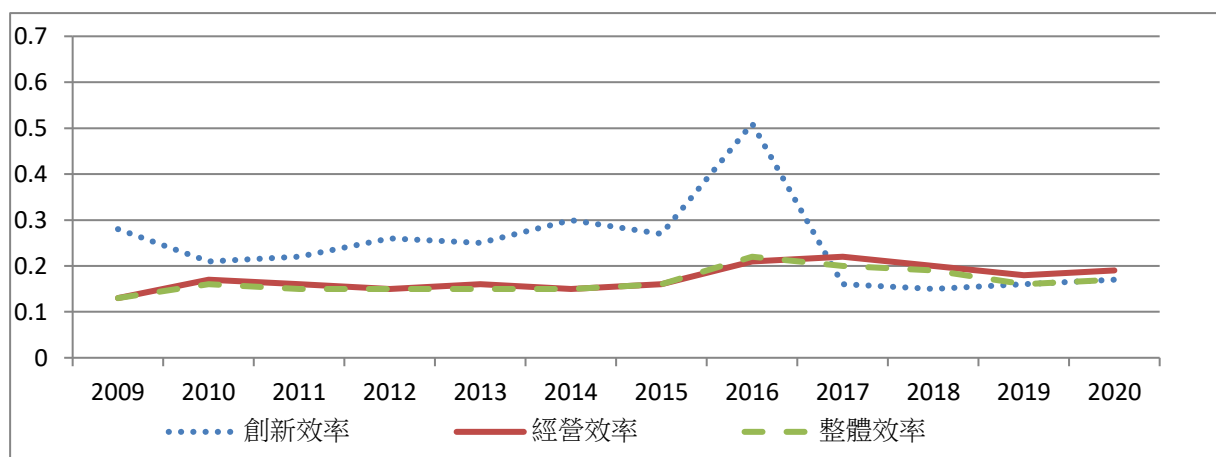


圖 3 中共 IoT 相關產業動態績效表現

為了更深入探討中國產業效率變化，及中國於 2016 年施行「十三五規劃」政策後，相關效率卻在 2016 年達到高峰後卻開始下降原因，本研究分析如後：

(一)中共產業創新效率：

自 2009 年「感知中國」開始 IoT 發展，後續「十二五規劃」及「十三五規劃」政策，以租稅獎勵措施等多種方式，支持 IoT 相關產業等開發，由圖 4 可以發現研發投資及研發資本逐年增加，而研發的投入是否也順利帶動專利取得呢？創新效率為何在 2017 年下跌呢？

由圖 5 顯示，在政策推動下，確實專利權數、專利權被引用數在 2009-2014 年逐步緩慢上升，尤其專利範圍宣告數更是逐年急速增加，顯見中國研發的成果，而專利權數

在 2015 年開始有明顯增加，依據世界智慧財產權組織(World Intellectual Property Organisation, WIPO)2019 年中國申請專利數量已超越美國，由於中國政府強力支持下，中國國家知識產權局更與歐洲專利局加強專利合作條約(PCT)架構下之合作，於 2020 年申請 6 萬 8,720 件專利，穩居世界第一(羅印冲，2021)。

中國專利成果豐碩，創新效率卻降低，本研究發現，專利權數等雖然逐年上升，專利引用數卻在 2014 年開始下降，且專利範圍，在 2018 年開始下降，而上述兩項變數系表示其對產業專利價值的重要性，本研究發現中國政府及產業在努力提升專利權數數量時，卻忽略專利範圍及專利引用數，因為其代表專利之價值，可能落於無效專利之窘境，這也是創新效率下降的原因，研究結果與美國專利及商標局(United States Patent and Trademark Office, USPTO)的報告不謀而合，我國企業雖然專利數無法以數量取勝，但相關專利價值卻是世界有目共睹的，這也是我國未來國防力量的強力後盾。

(二)中共產業經營效率與整體效率：

由圖 6 可以發現，不動產、廠房及設備與營業費用，自 2009 年逐年增加，這代表中國政策推行，鼓勵產業投資，IoT 產業在市場支出的急速增加，依據 IDC 數據顯示中國 IoT 市場支出，位列全球第二，僅次美國，預估 2025 年將超越美國為世界第一，顯見中國對 IoT 產業之重視，惟產業是否因為投資增加以致影響效率，而此為影響經營及整體效率 2018 年下滑的原因嗎？

由圖 7 發現，雖然營業收入也是逐年增加，惟市值在 2018 年卻明顯下降，探究原因係「美中貿易戰」，美中貿易戰自 2018 年開打，美國與中國互相公布以高科技工業等產業及產品加徵關稅，相關懲罰及限制內容本研究不再贅述，而整個貿易戰不難發現以 5G 競賽為其核心，由於中國 5G 技術及佈局已造成美國極大的壓力，而其背後的美國藉此打壓中國以維護其世界霸權，也因此造成 2018 年中國股市大跌，市值蒸發掉新台幣 74 兆元，超越金融海嘯的虧損紀錄，而深圳證券交易所的股票已經平均下跌 30%，上海證券交易所下跌 20%，香港下跌 10%，這也是中國 IoT 相關產業 2018 年經營及整體效率下降的原因。

雖然貿易戰卻實造成中國經濟等受到影響，惟此為雙面刃當然也造成美國一定的傷害，另圖 7 值得注意的是，2020 年全球疫情爆發，重創各國經濟，由於中國對疫情專制激烈的防疫手段，確實讓他成為少數經濟正成長的國家，產業市值增加，更鞏固中國對世界經濟的影響，這將造成美國極大的壓力，因此從美國國防部公布 2022 年國防預算得知，雖然預算額度成長 1.6%，惟回推通膨率後，實際下降 0.4%，拜登政府則挹注在

經濟發展，而這是否對美軍未來軍事發展及策略有所影響，由於資料有限，有關後疫情時代及拜登政府軍事及經濟戰略等議題，值得後進學者研究。

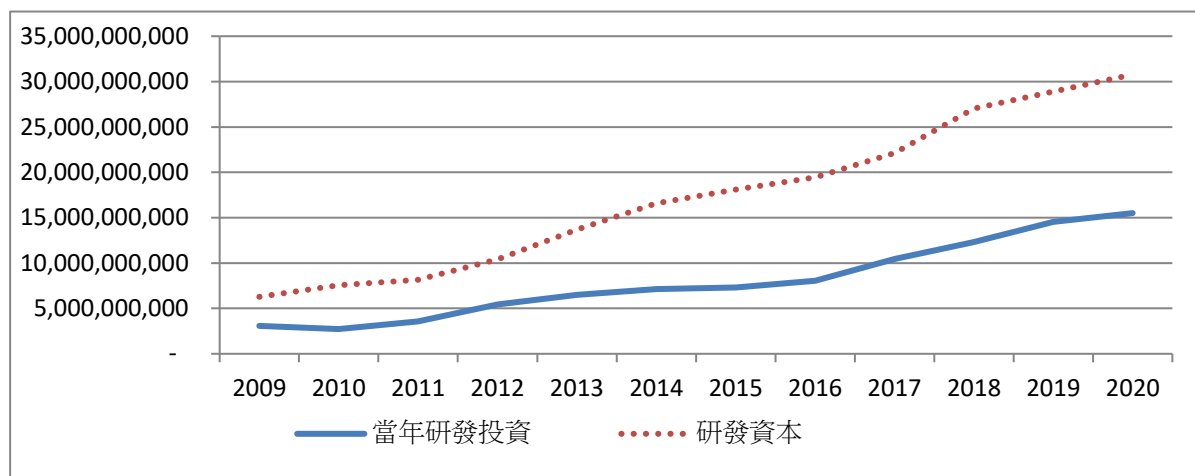


圖4 中共 IoT 相關產業研發投資變化(單位:人民幣-千元)

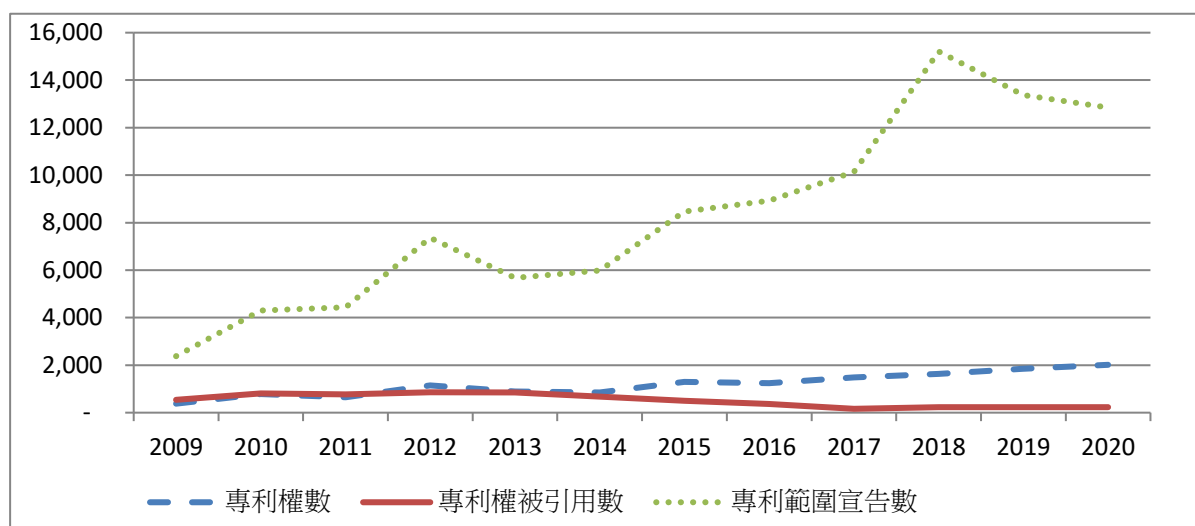


圖5 中共 IoT 相關產業專利變化

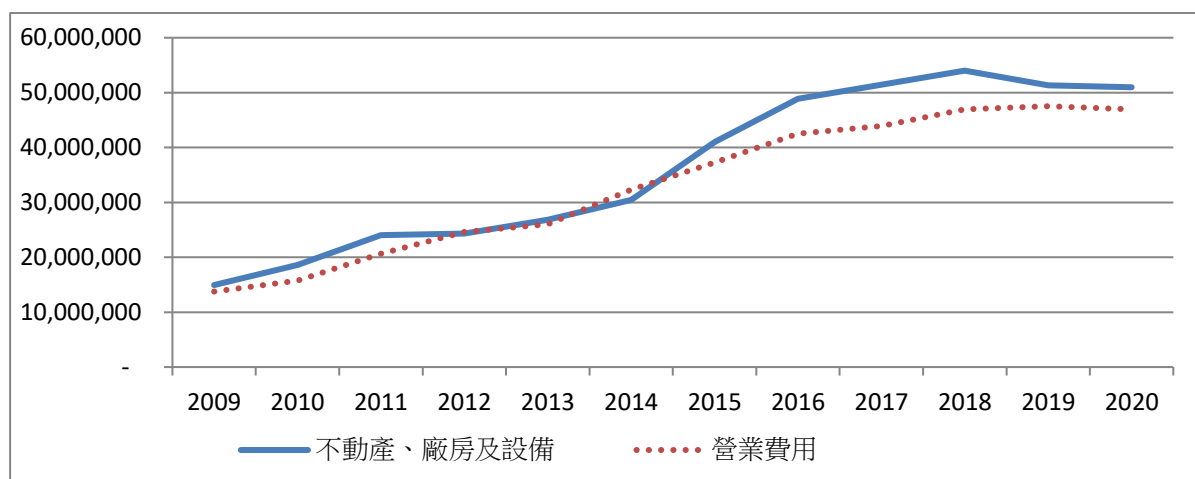


圖6 中共 IoT 相關產業不動產、廠房及設備與營業費用變化(單位:人民幣-千元)

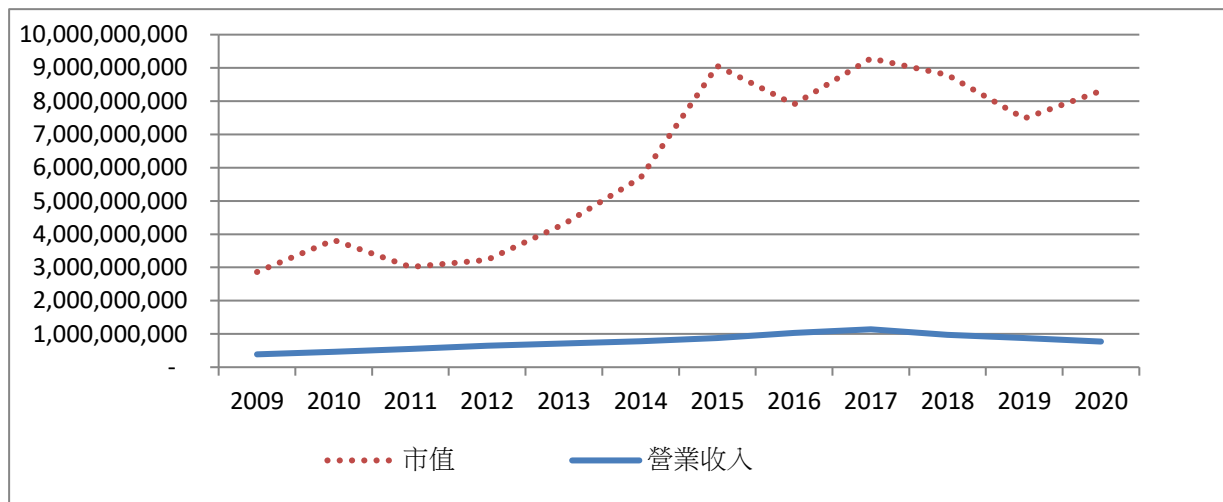


圖7 中共 IoT 相關產業營業收入、市值變化(單位:人民幣-千元)

綜上，美國除了與多盟國持續多邊合作，並積極扶植美國企業，持續打擊中國 5G 產業發展，惟中國竟已在全球在 6G 領域的專利申請量已超過 3.8 萬項，中國的貢獻逾三分之一，達到 1.3 萬多項，位居全球首位，由此可見中國及美國皆極力以產業發展扶植軍事力量，而中國對 IoT 相關科技產業之重視及前瞻性，而我國更不能置身度外，應積極與美國等盟友合作，以對抗中國之崛起。

二、我國產業效率分析

表 7 及圖 8 顯現，我國於 2010 年推行「產業創新條例」政策後，創新效率持平無明顯增減，惟至 2014 年呈現負成長，而經營效率與整體效率卻是逐年下滑，而由於該政策係以減少公司研究發展支出投資租稅優惠，改以輔導產業及分配股利留下人才等政策代替，由於科技產業需要研發及專利支持，惟遞減研發優惠確實造成公司的壓力，減少研發投入，雖然經營效率與整體效率於 2015 年起轉為正成長，惟卻比政府政策執行遞延效果時間長(一般約 3-4 年)，而本研究結果與文獻相同(陳明進、李桓伊，2017)；另由於該政策於 2016 年放寬研發租稅抵免優惠，確實使創新效率、經營效率與整體效率於當年呈現正成長。

為了更深入探討我國產業效率變化，及是否因為研發租稅優惠減少造成相關效率下降原因，本研究分析如後：

(一)我國產業創新效率

由於我國原於 1991 年實施「促產條例」，政策為鼓勵產業研發投資，以研發抵減租稅等優惠措施為主，經歷 20 年於 2010 年推行「產業創新條例」則減少研發租稅優惠，轉以留住人才等政策替代，這政策轉換是否造成產業減少研發意願，本研究彙整產業研發投入成本年增率，發現 2009 年以前產業投入研發的額度平均年增率為 31.64%，2010

年後則僅 6.64%，由於科技產業競爭激烈，需投入大量研發成本，轉換專利後始可增加企業競爭力，因此減少研發租稅優惠確實造成產業壓力，減少研發投入意願，慶幸的是研發投入仍是逐年增加，並未因政策減少研發投資，這也是我國產業有競爭力的原因，但也體認到科技業生存的痛苦，其政府在未來政策推行，能以此為考量。

表 7 我國 IoT 相關產業績效表現

年	創新效率	經營效率	整體效率
2009	0.60	0.62	0.61
2010	0.61	0.55	0.57
2011	0.60	0.52	0.54
2012	0.61	0.47	0.50
2013	0.60	0.44	0.47
2014	0.55	0.40	0.44
2015	0.54	0.35	0.39
2016	0.55	0.48	0.49
2017	0.60	0.50	0.51
2018	0.58	0.49	0.50
2019	0.56	0.48	0.50
2020	0.55	0.50	0.50
Average	0.58	0.48	0.50

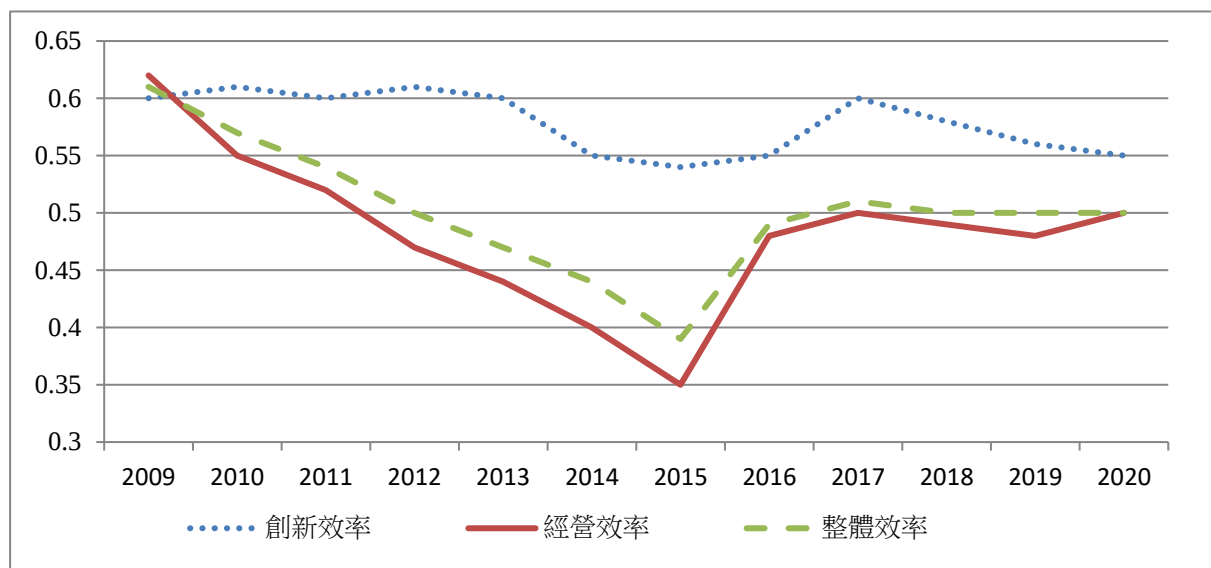


圖 8 我國 IoT 相關產業動態績效表現

由圖 9 顯示，雖然政策轉換影響研發投入的意願，惟專利權數、專利權被引用數從 2007 年呈現平穩狀況並無太大影響，而專利範圍宣告數更是逐年增加，顯見我國 IoT 產業創新的成熟與穩定，雖然我國專利量無法與中國競爭，依據世界經濟論壇(WEF)2018 年 10 月公布競爭力報告，我國在「創新能力」項目中名列全球第四，與德國、美國、瑞士等國齊名，被 WEF 譽為「超級創新國」(super innovators)。而根據「APPLEINSIDER」2018 年 6 月報導，依各國人均專利數量來進行排名統計，我國排名世界第一，印證我國的確具有競爭力。雖然如此，本研究發現我國專利範圍宣告數在 2018 年開始下降，這

是一種警訊，建議產業應加強範圍的擴張，專利範圍宣告的範圍越大，更能防堵競爭者發展及主張權利。

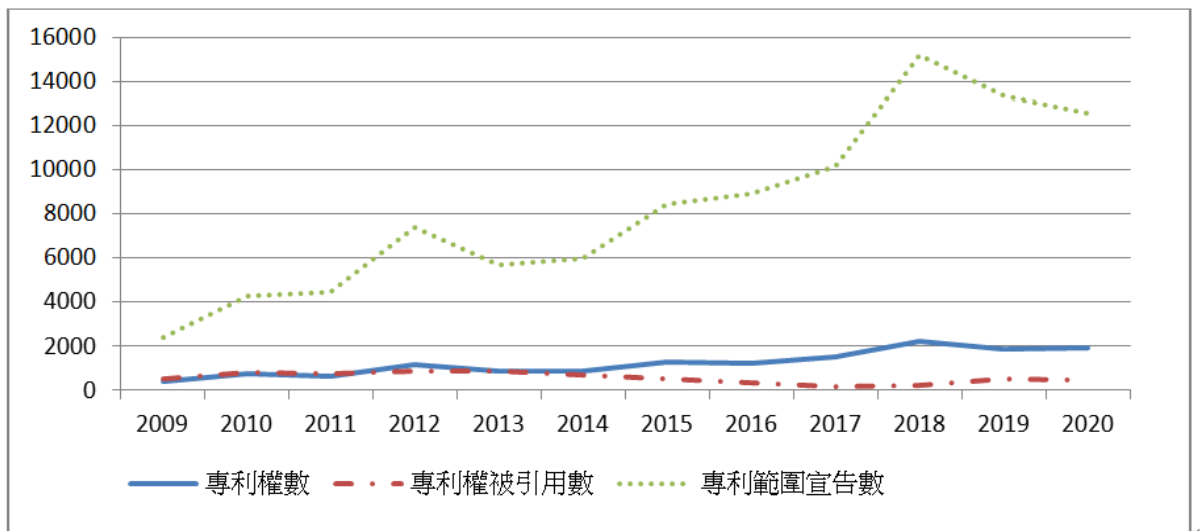


圖9 我國 IoT 相關產業專利表現

(二)我國產業經營效率與整體效率：

由圖 10 顯示，由於我國政策推行，輔導產業發展，不動產、廠房及設備與營業費用投資逐年增加，相對由於投資需時間轉換成果，營業收入及產業市值緩慢上升，如圖 11，以致經營效率與整體效率於政策推行前 5 年下滑。另本研究發現 2018 年發生美中貿易戰，我國市值竟逆勢上漲，依我國經濟部統計，臺商於 2018-2019 年回流資金約 230 億美元規模及外國直接投資(FDI)有 79 億美元之多，較同期高出許多，而經歷此次美中衝突，更加深美國對我國的重視，並鼓勵企業加深與我國產業合作，而我國在 2020 年由於疫情控制得宜，科技產業較不受影響，成為世界資訊科技重要之供應鏈，股市漲幅為全球第 5，更強化我國在美國的科技產業的重要戰略地位，因此建議國軍更可利用產業優勢把握機會，除加強與美軍等雙邊關係外，更應與本國產業合作，提升武器等科技發展，增強可恃戰力。

三、中共與我國產業效率差異性分析

中國與我國 IoT 相關產業皆已發展數十年，本研究將比較兩岸產業績效表現，由表 8 顯示，中國效率值為 1 有效率 DMU 比例，創新效率 8.81%、經營效率 3.98%、整體效率達 1.99%，而甚至 0.6 以下，創新效率 81.53%、經營效率 82.39%、整體效率達 91.76%，無效率 DMU 比例非常高，本研究發現雖然中國規模非常大，惟有效率比例卻非常低，與無效率比例差異非常大，而這顯示中國企業環境常有一枝獨秀的情形，學術文獻指出中國目前產業的詬病，國有或官股企業一枝獨秀(邵慰，2016)，也更顯見中國無論

在軍事或經濟戰略上，為達其目的甚至不惜經濟代價有計劃扶植相關企業，可在世界產業競爭中佔有一席之地，惟這種情況反而造成中國民營企業發展不足，而這也是中國政府政治體制加強介入經濟的力道下的反效果，這與劉佳雄、呂學宗(2018)論點相同。

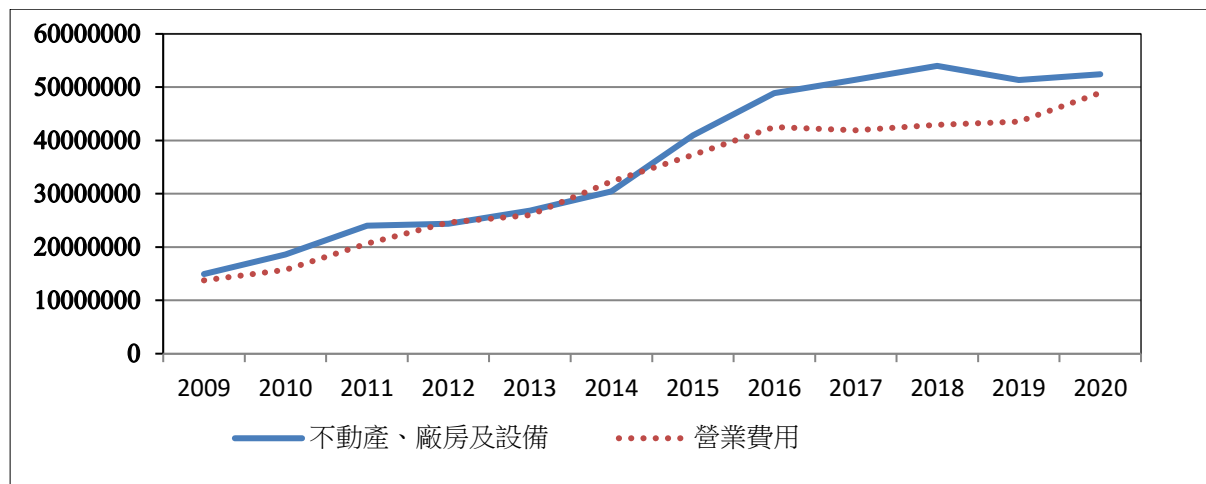


圖 10 我國 IoT 相關產業不動產、廠房及設備與營業費用變化(單位:新臺幣-千元)

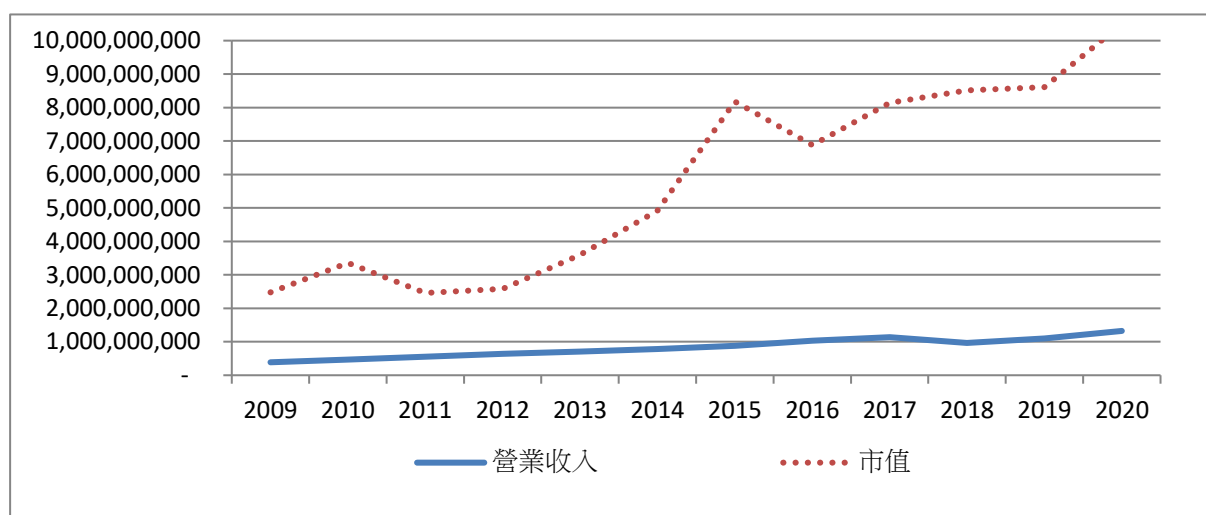


圖 11 我國 IoT 相關產業營業收入、市值變化(單位:新臺幣-千元)

反觀我國效率值為 1 有效率 DMU 比例，創新效率 20.19%、經營效率 20.43%、整體效率達 17.55%，而 0.6 以下，創新效率 52.64%、經營效率 66.11%、整體效率 66.59%，我國企業有效率及無效率比例差異不大、較為平均，我國雖然無法像中國企業規模如此龐大，惟在自由經濟的淬鍊下，發展出良好體質，效率表現較中國產業良好，這也是為何我國可以在全球資訊產業激烈競爭下，佔有舉足輕重的地位。

IoT 技術最有關的創新效率方面，本文在上一節提到中國積極政策推行下專利數已是世界第一，惟其在創新效率方面有效率竟僅 8.18%，代表中國投入大量研發資源卻無

相對應專利能量，僅有數量增加，而代表專利之價值的專利引用數及專利範圍卻減少，而我國有效率為 20.19%，表示產業能在有限資源下發揮最大專利效能。

我國效率雖然表現較中國佳，惟無效率比例仍高，本研究建議企業經營者，除檢視政策執行或公司治理狀況外，可積極與國軍彼此合作，發揮我國產業優勢，除可發展強而有力的 IoMT 讓敵人不敢越雷池一步外，更可提升產業營運效率，達到雙贏的目的。

表 8 中共與我國 IoT 相關產業績效比較 (n=384)

區分	效率值	創新效率		經營效率		整體效率	
		DMU	%	DMU	%	DMU	%
中共	等於 1	34	8.81	15	3.98	8	1.99
	0.9-1	24	6.25	28	7.39	24	6.25
	0.8-0.9	2	0.57	6	1.42	0	0.00
	0.7-0.8	4	1.14	8	1.99	0	0.00
	0.6-0.7	7	1.70	11	2.84	0	0.00
	0.6 以下	313	81.5	316	82.39	352	91.76
我國	等於 1	78	20.19	78	20.43	68	17.55
	0.9-1	24	6.25	27	6.97	28	7.21
	0.8-0.9	27	6.97	4	1.20	12	3.13
	0.7-0.8	23	6.01	8	2.16	13	3.37
	0.6-0.7	30	7.93	12	3.13	8	2.16
	0.6 以下	202	52.64	255	66.11	255	66.59

五、結論與建議

IoT 已成為繼網際網路之後又一次的科技與經濟浪潮，而 IoMT 將改變未來戰爭的型態，成致勝的關鍵，由於 IoMT 發展屬國防機密，因此相關研究文獻稀少，本研究彙整我國、美國與中國在 IoMT 上的發展文獻，期對學術提供貢獻外，並探討未來 IoMT 發展趨勢，提供國軍發展參考；另國防科技的實現需產業技術能力等因素的支持，因此本研究首次應用動態網絡資料包絡分析來探討兩岸 IoT 相關政策推行，對產業創新效率、經營效率與整體效率影響，並分析兩者優缺點，以提供建軍備戰之參考與建議。

一、IoMT 競爭與未來趨勢

美國 IoT 技術領先世界，而其 IoMT 應用發展，皆是世界各先進國家所仿效，從軍事物流的「聯合全資產可視化」管理系統建置、「戰場物聯網」組成的「天羅地網」及「先進戰場管理系統」(ABMS)計畫，六代機 IoMT 的研發，未來更將整合太空及陸、海、空、網路等戰鬥範圍的「聯合全領域作戰」(Joint All-Domain Operations)，皆是中國解放軍努力突破之目標。

中國於 2009 年起開啟 IoT 的發展，也開啟 IoMT 的應用，本研究發現中國從模仿及追趕美軍的腳步，至現在號稱已超越美軍的「單兵資訊化系統」及與美軍並駕齊驅的六代機研發，可見中國政府及解放軍對 IoT 的重視及努力，而中國深知 IoT 先進設備目前無法超越美國，並了解 IoT 設備需網路傳輸連結，因此加速 5G 技術的研發及基地設

置，極力取得世界 5G 的主導權，這將足以顛覆 IoT 的局勢，也將造成 IoMT 領域失衡，攸關國家安全，的確造成美國政府高度重視及不安，促使美國尋求各友邦及民間企業合作期對抗中國崛起，而這將是我國及國軍之契機，可積極爭取相關合作機會，以帶動 IoT 相關產業之發展及 IoMT 之提升。

我國是資訊科技硬體的製造大國，有著優秀的研發創新能力與卓越生產技術，卻對產業科技與軍事需求上鮮少研擬出合作及共享等具體方針，雖然國軍 IoMT 在醫療、國軍 E 化系統及通信技術等領域有不錯成果，惟現階段仍是各自發展，未能有效整合及具體規劃善用民間資訊產業尖端技術與創新能力，應用在軍事領域是非常可惜。

二、中國與我國 IoT 相關產業論述

中國與我國確實是不對等的競爭，難道我國就沒有優勢嗎？本研究發現，中國政府政策推行的遠見及決心，自 2009 年提出「感知中國」及 2011 年推行「十二五規劃」，皆著重於高階核心技術發展，創新效率自 2010 年逐年上升，且由於相關研發技術發展回饋，經營和整體效率也開始在 2015 年有上升趨勢，而 2016 年推行「十三五規劃」促進 IoT 不同行業和領域中應用程序的互相連接與通用性，創新效率達到最高峰，惟後續創新等效率卻開始下降，本研究發現中國政府追求專利數的提升，卻忽略了代表專利價值的專利範圍及專利引用數，致影響創新效率，研究結果與 USPTO 報告相符，而經營效率等雖然受到中美貿易戰帶來的衝擊，惟 2020 年疫情爆發，造成全球恐慌，卻反而提升中國對世界經濟的影響，這對美國與我國是非常不利的；綜上，整體而言中國 IoT 相關產業無論創新、經營與整體效率皆與政府政策有很強的連動效果。

我國於 2010 年推行「產業創新條例」，而此政策以減少了企業研究支出租稅優惠改以其他方案替代，這確實影響產業對研發投入的意願，雖然如此本研究發現，我國相關專利權數等的取得，卻仍呈現平穩的狀態，創新效率無太大變動，表示我國產業的成熟與穩定；另由於政策推行，產業對生產設備等投資費用提高，這也造成經營效率等下滑之原因，但產業的投資是必要的，2015 年開始效率值逐年上升，而本研究發現在美中貿易戰期間，我國產業營業收入無太大變化，而市值竟逆勢上升，探究其原因自貿易戰開打以來，美國對中國之不信任，因此加強與我國產業之合作及投資，除此之外，疫情爆發，我國防疫處理得宜，產業影響不大，更凸顯我國資訊科技供應鏈之重要性，因此建議可利用此優勢，以經濟戰略達成軍事戰略之目標。

本研究發現中國產業有效率及無效率比例差異非常大，而這顯示中國企業環境常有一枝獨秀的情形，這也是中國政治體制介入經濟下的反效果，反觀我國產業在自由經濟

的淬鍊下，發展出良好體質，效率表現較中國產業良好，這也是為何我國可以在全球資訊產業激烈競爭下，佔有舉足輕重的地位，不遜於中國產業。

三、國防領域的運用

IoMT 技術因應作戰要求，得以在作戰實際使用中得到迅速進展。美國及中國積極發展 IoMT，而我國面對中國肆無忌憚的文攻武嚇，更應該積極加速 IoMT 發展，而「它山之石，可以為錯」，美國與中國更是我國的學習對象，因此本研究對國防領域建議如後：

(一)國力整合：

我國受到國際外交限制，對於軍事武器設備等獲得非常不易，惟國防產業需投入相當大資本，卻又緩不濟急，且我國沒有分散資源的本錢，我國 IoT 相關產業確實是世界級的技術及能力，國防部應統籌主導，具體訂定相關國防產業需求、規格等，並尋求政府協助，召集國內廠商共同研發及製作，組成 IoMT 國家隊，除可加強軍事科技力量，研發成果更可提升企業產品競爭力達到雙贏的效果。

(二)管理階層接受新知：

雖然美軍與解放軍在 IoMT 建置上有相當成就，卻也曾經遇到阻礙無法迅速推展全軍，係因管理階層的本位主義及不了解 IoMT 的優點而抗拒改變，因此國軍除應讓管理階層了解科技所帶來的效率外，更可鼓勵吸取國內產業企業管理經驗，如庫儲及物流管理，此為 IoT 最初應用的領域但也是最繁雜，而我國企業足跡遍佈全球，能在世界屹立不搖，庫儲及物流管理是最基本但也是企業經營最重要的一環，如此更能提升我國軍事管理之效能。

(三)人才培育：

美軍及解放軍極重視人才培育，這是未來科技發展的後盾，而懂得軍事作戰需求又能掌握 IoT 技術的複合型人才匱乏，除了國防大學賡續進行學術研究並積極與學、業界交流合作獲得新知，以培育相關軍事科技人才外，更可透過 ROTC 等方式延攬所需科技菁英，並完整規劃後續單位歷練及發展，以達人盡其才之效果，除此之外國防部於 2021 年 8 月公布「外國特定專業人才具有國防領域特殊專長草案」將延攬國外專業人才，這將助於未來國防產業發展。

(四)國際情勢：

我國 IoT 產業相關效率表現優異，更是世界資訊科技重要供應鏈，尤其後疫情時代，各國產業蕭條，更凸顯我國產業舉足輕重的角色，甚至吸引歐、美、日等國極力邀請我國產業至海外設廠，以確保其經濟及軍事科技所需重要元件供給無虞，我國政府正應該

利用此資訊優勢，思考如何以經濟戰略引導軍事戰略，提升國際地位及合作機會，對抗中國不斷坐大的野心。

四、研究限制

由於本研究原以 IoT 產業分析兩岸產業之差異性，惟資訊科技產業無論專利、營運收入、支出等相關變數，環環相扣無法準確劃分產業類別，因此以 IoT 相關產業為研究主題，期能提供未來建軍備戰之參考，也期許後續學者研究能以更精準的資料進行歸類與分析。

參考文獻

一、中文部分

- GSMA 集同盟(2021/2/23)。GSMA：2021 中國移動經濟發展報告。《中國大數據產業觀察者》。取自 http://www.cbdio.com/BigData/2021-02/23/content_6163053.htm(檢索日期：2022/1/13)
- 丁樹範(1996)。中共實施『軍轉民』對其區域發展的影響——以三線地區為例。《中國大陸研究》，39(2)，36-49。
- 中央社(2018/12/31)。中國股市今/市值蒸發 74 兆 表現全球居末。《新頭殼 newtalk》。取自 <https://newtalk.tw/news/view/2018-12-31/188144>(檢索日期：2022/1/22)
- 王文英、張清福(2004)。智慧資本影響績效模式之探討：我國半導體業之實證研究。《會計評論》，39，89-117。
- 王宗喜、趙蕾(2020/8/15)。物聯網在軍事領域取得了哪些研究成果？。《21ic 電子網，物聯網》。取自 <https://www.21ic.com/article/846293.html>(檢索日期：2022/2/11)
- 中華人民共和國國防部(2017/1/20)。軍事物聯網：改變未來戰爭模式的有力推手。取自 http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2017-01/20/content_4770486.htm(檢索日期：2022/1/22)
- 朱明(2019/7/21)。李喜明扮「戰鬥平板」建置推手 E 化系統將簡化國軍後勤管理。《上報》。取自 https://www.upmedia.mg/news_info.php?SerialNo=67674(檢索日期：2022/01/22)
- 吳亮儀 (2019/6/4)。三總「人工智慧暨物聯網發展中心」今揭牌成立。《自由時報》。取自 <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2811958>(檢索日期：2022/2/11)
- 李政德(2015)。大陸十三五規劃對兩岸經濟發展之影響。《展望與探索》，13(12)，16-22。
- 李麗說、陳世顯(2017)。以兩階段資料包絡分析法探討台灣壽險業之效率前緣。《管理資訊計算》，6(3)，131-150。
- 林宗達(2005)。中共軍民信息技術的聯合發展。《展望與探索》，3(10)，34-52。

- 林俊霖(2020)。5G 物聯專網系統運用於國防之芻議。《*前瞻科技與管理*》，10(1/2)，39-69。
- 邵慰(2016)。《*創新驅動、轉型升級與中國裝備製造並發展：經濟新常態的視角*》。北京：中國社會科學出版社。
- 洪秀婉，林美惠，王安邦(2008)。全球網路零售公司經營績效之研究。《*電子商務學報*》，10(2)，359-378。
- 郝澤澳(2021/1/10)。淺談物聯網的軍事應用(二)。《*網易*》。取自 <https://www.163.com/dy/article/FVVM3HI40511PT5V.html>(檢索日期：2022/2/12)
- 郝澤澳、陳曦(2021/1/9)。淺談物聯網的軍事應用(一)。《*網易*》。取自 <https://www.163.com/dy/article/FVT5QND90511PT5V.html>(檢索日期：2022/2/12)
- 馬靜、唐四元、王濤(2012)。《*物聯網基礎教程*》。北京：清華大學出版社。
- 張世文(2013)。《*戰勝 i 帝國：超越 Apple 的創新策略*》。臺北：大喜文化。
- 張榮豐(2011)。從中國十二五規劃，看兩岸經濟互動前景。《*經濟前瞻*》，134，26-33。
- 郭正原(2020/12/18)。軍事物聯網邁大步美軍五代機首度雙向傳輸數據。《*青年日報*》。取自 <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1300479&type=international>(檢索日期：2022/2/12)
- 陳明進、李桓伊(2017)。產業創新條例限縮投資抵減對企業研究發展支出行為之影響。《*管理學報*》，34(2)，277-305。
- 陳珮瑜、江慧貞(2018)。台灣人工智慧產業公司經營績效之研究。《*管理資訊計算*》，7(2)，332-341。
- 黃政仁、林秉孝(2016)。創新之價值創造結構分析：臺灣電子業之證據。《*會計評論*》，62，1-31。
- 黃政仁、廖欣甫(2017)。被投資國家競爭力與企業績效之研究。《*當代會計*》，18(1)，1-32。
- 黃政仁、關伶倫(2014)。企業創新能力與國際化程度對創新績效及企業績效之影響：以台灣電子資訊業為例。《*會計評論*》，59，107-147。
- 楊俊斌(2021/1/8)。重資訊化能力陸六代機顯輪廓。《*旺報*》。取自 <https://www.chinatimes.com/newspapers/20210108000122-260301?chdtv>(檢索日期：2022/2/12)
- 葉俊沂(2019)。物聯網發展趨勢與創新商機。《*台經月刊*》，421(10)，101-108。
- 劉佳雄、呂學宗(2018)。民間資本進入國防產業效果之研究－以中共為例。《*海軍學術雙月刊*》，52(5)，113-125。
- 潘政熙、張家瑛(2020)。我國機器人產業軍事運用之研究。《*國防雜誌*》，35(3)，61-82。
- 蔡宗憲、莊秀敏(2018)。人工智慧在國防科技運用之研究。《*國防雜誌*》，33(2)，89-108。

蕃薯藤(2017年1月24)。三總「慧醫專案」辦公室揭牌提升醫務效能。取自 <https://n.yam.com/Article/20170124064397>(檢索日期：2022/2/20)

羅印冲(2021/4/25)。陸：去/大陸 PCT 國際專利申請達 6.9 萬件 居世界首位。聯合新聞網。取自 <https://udn.com/news/story/7333/5412136>(檢索日期：2022/2/22)

二、英文部分

Abdi, M., & Aulakh, P. S. (2018). Internationalization and performance: Degree, duration, and scale of operations. *Journal of International Business Studies*, 49(7), 832-857.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

Chin, C. L., Chen, Y. J., Kleinman, G., & Lee, P. (2009). Corporate ownership structure and innovation, Evidence from Taiwan. *Journal of Accounting Auditing & Finance*, 24(1), 145-175.

Columbus, L. (2017). *2017 Roundup of Internet of Things Forecasts*. Forbes. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/12/10/2017-roundup-of-internet-of-things-forecasts/>.(檢索日期：2022/1/22)

Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2001). Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. *Journal of productivity analysis*, 15(3), 217-246.

Firer, S., & Williams, S. M. (2003). Intellectual capital and traditional measures of corporate performance. *Journal of Intellectual Capital*, 4(3), 348-360.

Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage, Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), 114-135.

Guceri, I., & Liu, L. (2017). Effectiveness of Fiscal Incentives for R&D: Quasi-Experimental Evidence. *American Economic Journal: Economic Policy*, 11(1), 266-291.

Hall, B. H., & Ziedonis, R. H. (2001). The patent paradox revisited, An empirical study of patenting in the U.S. semiconductor industry. *Rand Journal of Economics*, 32(1), 101-128.

Hugh, E., Ashworth, G., Chellew, M., Davidson, A., & Towers, D. (1996). Exploiting Activity Based Information: Easy as ABC. *Management Accounting*, 74(7), 24-29.

Kweh, Q. L., Lu, W. M., Lin, F., & Deng, Y. J. (2020). Impact of research and development tax credits on the innovation and operational efficiencies of Internet of things companies in Taiwan. *Annals of Operations Research*, 2(6), 19-20.

- Lisowsky, P. (2010). Seeking shelter: Empirically modeling tax shelters using financial statement information. *The Accounting Review*, 85(5), 1693-1720.
- Lori Cameron (2020). *Internet of Things Meets the Military and Battlefield*. IEEE. Retrieved from <https://www.computer.org/publications/tech-news/research/internet-of-military-battlefield-things-IoMT-iobt>. (檢索日期：2022/2/13)
- Lu, W. M., & Hung, S.W. (2009). Evaluating profitability and marketability of Taiwan's IC fabless firms: An DEA approach. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 68(10), 851-857.
- Nerkar, A., & Paruchuri, S. (2011). Evolution of R&D capabilities: The role of knowledge networks within a firm. *Management science*, 51(5), 771-785.
- Pandit, S., Wasley, C. E., & Zach, T. (2011). The effect of research and development (R&D) Inputs and outputs on the relation between the uncertainty of future operating performance and R&D expenditures. *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 26(1), 121-144.
- Somaya, D., Williamson, I. O., & Zhang, X. (2007). Combining patent law expertise with R&D for patenting performance. *Organization Science*, 18(6), 922-937.
- Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 243-252.
- Tone, K., & Tsutsui, M. (2010). Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. *Omega*, 38(3-4), 145-156.
- Tone, K., & Tsutsui, M. (2014). Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. *Omega*, 42(1), 124-131.
- Tsai, K. H. (2005). R&D Productivity and Firm Size, A Nonlinear Examination. *Technovation*, 25(7), 795-803.
- Tsao, S. M., & Lien, W. H. (2011). Family management and internationalization: The impact on firm performance and innovation. *Management International Review*, 53 (2), 189-213.
- United States Department of Defense (2020). *Department of Defense 5G Strategy Implementation Plan*. Retrieved from <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2020/12/DOD-5G-Strategy-Implementation-Plan.pdf>(檢索日期：2022/2/13)
- Wang, C. H., Lu, I. Y., & Chen, C. B. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28(6), 349-363.

收件日期：2021 年 11 月 04 日

一審日期：2021 年 12 月 11 日

二審日期：2022 年 02 月 08 日

採用日期：2022 年 03 月 01 日