
工業 4.0 浪潮下之海外直接投資要素分析

陳律睿
銘傳大學

姚佳均
統一數網股份有限公司

論文編號：IJCS 2020033

收稿 2020 年 7 月 15 日→第一次修正 2020 年 12 月 22 日→正式接受→2021 年 1 月 8 日。

本研究藉由分析台灣電子產業的數據，來瞭解影響企業海外直接投資決策的前提因素。此外，工業 4.0 技術能夠提升企業競爭力與調整企業策略。因此本文分析焦點在於企業的研發投入、國際化經驗、企業規模、以及將工業 4.0 運用程度做為干擾變數。樣本資料來自於經濟新報，經由實證分析後，結果發現，研發投入、國際化經驗、企業規模對海外直接投資有正向影響。在運用工業 4.0 技術的影響下，發現工業 4.0 對研發投入與海外直接投資間的正向關係有強化效果。本文對於影響海外直接投資的前提提出說明與分析，並加入工業 4.0 運用程度，能給予企業海外投資時的相關建議。

關鍵字：工業 4.0、海外直接投資、全球化、技術

Analysis of the Factors of Foreign Direct Investment under the Wave of Industry 4.0

Lu-Jui Chen

Ming Chuan University

Chia-Chun Yao

Presco Netmarketing

Paper No. : IJCS 2020033

Received July 15, 2019→First Revised December 22, 2020→Accepted January 8, 2021.

This study analyzes the data of Taiwan's electronics industry to understand the antecedents that affect the foreign direct investment decisions. In addition, Industry 4.0 technology can enhance the competitiveness of the firm and adjust corporate strategies. Therefore, we focus the constructs on the R&D investment, internationalization experience, firm size, and degree of using Industry 4.0 as moderating variables. The data come from the TEJ. After empirical analysis, it is found that R&D investment, internationalization experience, and firm size have a positive impact on foreign direct investment. Under the influence of the use of Industry 4.0 technology, it finds that the degree of using of Industry 4.0 strengthens the positive relationship between R&D investment and foreign direct investment. These results have significant theoretical implications for the antecedents of foreign direct investment and provide management suggestions to degree of using Industry 4.0 technology.

Keywords : *Industry 4.0, Foreign Direct Investment, Globalization, Technology*

緒論

近二十年以來，世界開始步入全球化的風潮。企業搭上這股浪潮，利用自己所擁有的資產優勢，來增強內部實力(陳俞如，謝存瑞，2015)。加上區域整合已是當下時代的趨勢，在資訊技術進步的浪潮下，國家與國家間的距離也越來越模糊。而國內市場有時無法滿足企業的需要，需要海外市場來增加企業銷售的管道、或是找尋有潛力的市場。以台灣企業實務來看，以經濟部投審會的資料顯示，每年對外投資核准金額與件數都處在一定的成長，說明台灣企業海外投資意願一直都是存在的。因此，企業能透過開拓海外市場，取得當地國家珍貴的有形或無形資源，為企業打造更具競爭力的地位(Zhou et al., 2020)。再加上許多企業考慮到經營成本、環境制度與資源關鍵性，許多企業朝向原料、零件等供應的採購當地化，或是更進一步到地主國設立子公司，藉此來獲得關鍵零組件或是專屬性資源。這些動作都是企業的海外直接投資的原因，更可以是企業經營範疇以及競爭優勢增加的前提。因此，海外直接投資就是企業發展的關鍵(曾真真等，2020; Chen et al., 2020; Piteli et al., 2021)。

當然部分國際擴張的動機在於消弭企業本身競爭劣勢，如透過大規模製造產品，進一步降低生產單位成本，或是減少勞動力成本過高等問題。這些都是促使企業想要前往海外投資的原因(Athreye and Kapur, 2009)。若企業善用海外投資策略來增強企業的獨特性與競爭力優勢，將有利於提升企業整體營運績效發展。因此選擇合適的經營模式對於企業而言是一個相當重大的決策(胡哲生等，2010)。企業透過將生產技術，或是有價值的產品投入跨境市場發展，為企業本身帶來更多整體效益。自從德國在 2013 年提出以工業 4.0 強化企業競爭力的主張後，如何透過運用工業 4.0 的技術以及智慧製造體系來增加企業競爭力，就成為許多產業在發展策略上的核心內容(熊治民，2017)。加上物聯網、人工智慧、雲端平台、智慧機器人、3D 列印及大數據等產業的興起，產生新的商業模式與生產方式(Weyer et al., 2015)，這讓企業在進行國際化策略時就有轉型及與不同發展的契機。就拿德國機械領導廠商 Optima 來說，該企業是最早開始藉由工業 4.0 技術來開發大量客製化產品。透過生產智慧化與模組化，能夠開創出更多的銷售通路，接觸更多需要個人化商品的顧客，由此驅動創新與開發新市場。因此，不論是製造業服務化、還是智慧平台集中化的創新，這都是

成為企業投資全球的趨勢。因此企業海外投資以及當今工業 4.0 技術興起間的關係是值得進一步分析。

當今面臨許多環境變遷的挑戰，如出生率降低、開始步入高齡化的社會等。在過去工業 2.0 時代，透過勞動力實現規模量產的模式將不再成為降低成本的優勢。隨著新興的技術進展，未來重複性與危險性較高的工作可進一步被智慧機器人或設備所取代。工業 4.0 的來臨，使得製造業重新改寫全球價值鏈。新一代的工業技術，透過資訊集結的大數據分析、或是物聯網技術的高效能訊息傳遞，為企業擬訂跨域戰略(Wang and Wang, 2016)。在採用工業 4.0 的架構下，擁有新的管理模式與創新策略將能為企業提供轉型的方針，進而開拓更多市場以增加企業收益(Zhou et al., 2020)。隨著製造業自動化和大數據趨勢的發展，當今是由網路物理系統(cyber-physical systems, CPS)，物聯網(internet of things, IoT)和雲端計算(cloud computing)三個專業來支持工業 4.0。從製造業結構的角度來看，藉由使用工業 4.0，就能透過互聯網促進企業內部運作，使製造系統間進行整合，同時快速整併市場資訊，創建更具靈活且適應性強的供應鏈體系(Barreto et al., 2017; Parente et al., 2020)。也就是說，在工業 4.0 技術的幫助下，不論是設備或是軟硬體結合的改革都可以幫助製造業提高生產力。這不僅改變生產成本，更會改變企業投資國際生產的意願(Dachs et al., 2019; Szalavetz, 2019)。但過往這樣的研究主題相對較少、且工業 4.0 大多用於討論技術發展，用來說明海外直接投資更是不常見於國際企業領域的研究。因此本文的研究目的之一，在於討論工業 4.0 運用程度在企業海外直接投資行動上會有什麼樣的關鍵性影響。

全球化時代企業面臨科技革新速度越來越快，產品生命週期越來越短，使得企業所擁有的服務、產品與知識技術，容易面臨過時或被淘汰的危機。因此企業的研發技術能力普遍被視為有利於在競爭市場中維持優勢的方式，成為創造獲利機會的重要資源(Rodríguez et al., 2014)。企業會多面向考量國際整合上所需花費的交易成本、整合與適應成本、以及資源的可利用性程度，因此海外直接投資的行為能協助企業擴張市場、獲得有價值的資源或是發揮更有效益的比較利益分配，並對組織層面產生一定程度的重要影響。而國際擴張屬於企業高涉入性的跨國行為，不同的海外投資策略將會伴隨不同程度的拓展風險。因此企業大多會透過多元的指標來衡量投資決策，希望能大幅度降低海外拓展失敗的機率(Tulung, 2017)。例如，企業

過往所累積的國際經驗，代表著企業在其他國家所獲得的無形知識資產。而經驗能使企業發展更全面的組織能力，並減少進入國外市場的障礙風險，將提高企業前往海外投資的意願。然而，另一個影響企業海外投資決策的變數，便是企業本身的規模大小。一般認為，規模越大的企業其組織分層會越明確，更能快速處理大量的資訊，也相對擁有較多的資源來支援企業整體營運。相對規模較小的企業，其組織層級較為簡單，資金不比大規模企業來的雄厚，創新研發能力發展則較為有限(Lu et al., 2014)。因此本文另一個研究目的，在於了解與分析海外直接投資的前提。

本文的研究貢獻有以下幾點。首先，企業在研發投資越多，會增加其海外投資的程度。第二，當企業所擁有的國際經驗越多、規模越大，企業會增加海外投資的程度。第三，運用工業 4.0 會強化研發投入與海外投資效果間的正向關係。整體而言，本研究對於企業使用工業 4.0 在國際投資決策上的影響，透過分析能給予企業與產業在實務上的建議。

文獻回顧與假設推論

工業 4.0 運用程度

科技的進步可以為製造業生產帶來新的啟發，而工業 4.0 對產業就是非常熱門的議題。工業 4.0 是在製造過程中把網路物理系統的技術與生產製造進行連結，以及將物聯網技術導入工業流程，以水平、垂直以及終端點(end-to-end)的整合，成就智能工廠，智能產品和擴展價值網絡的組成(Machado et al., 2020)。因此，工業 4.0 的核心意義是智慧製造，透過處理器、儲存設備、感測器、通信或是雲端等媒介，將生產設備、產品物料、管理軟體等等進行連結，使產品、服務和各種設備相聯互通。

為了使資訊間能夠有效傳遞，工業 4.0 在產業上的影響，就是讓企業能夠創新推動改革、減少組織層次結構、保障訊息間的流通安全，較扁平化的組織結構將成為工業革命下的新趨勢。當企業採用工業 4.0，就是企業能透過虛實整合，即時掌握與分析終端消費者與顧客，進而驅動生產、服務，甚至是在商業模式上能夠提出創新。Gu et al. (2019)以海爾為例，特別是著重在訊息的共享上，從製造商的角度來看工業 4.0 所帶來的整合效益，也就是說，企業透過將蒐集得來的資訊數據化，結合物聯網功能便能即時傳遞訊息，讓供

應鏈跳脫空間限制。現今新一代工業革新技術的出現，能重新塑造企業全球佈局的營運方式，使企業降低如運輸、通訊和跨境間協調所負擔的時間與金錢成本。而製造商也可利用工業 4.0 的技術來提高工廠效率，意味著生產設備結合雲端，藉以獲得即時資訊分析的決策關鍵。企業可以妥善運用工業 4.0 的技術即時監控所有設備的生產狀況，並依據數據分析得知機台的生產狀況或機身狀態，採取主動的預防性維護，將可以大幅減少停機維修所耗費的時間與成本(Marques et al., 2017)。

簡而言之，工業 4.0 的戰略核心是基於智慧虛實整合系統的智能製造，將工廠原本集中化生產的作業流程，轉向分散化生產作業模式。同時改變過去量產的制式生產，打造更客製化的產品來符合更多樣的消費者的需求。綜合上述得知，工業 4.0 的主要目標是打造高度靈活的高效製造，進一步使得智能工廠能精準生產規模化的產品。因此企業可以透過新一代工業革命達到兩種效益：第一，當企業大量使用工業 4.0 的技術，可以減少不必要的勞動力支出，藉此改變資本與勞動力投入的比例，使產能使用率與生產力提高，進而降低各工廠所耗費的生產成本。當勞動力的投入減少，可以彌補低工資國家的區位優勢，因此工業 4.0 的投入將改變跨國企業前往海外投資的意願。第二，智慧生產可以達到即時性的控制、優化生產線過程、具備高度彈性來處理訂製生產的產品，並維持生產水平，幫助企業減少交貨時間及改善市場定位(Bag et al., 2020)。而工業 4.0 的技術革新能夠為企業打開新的市場，減少跨境供應鏈間協調所產生的交易成本，因此未來的企業可能必須專注於滿足顧客的需求，而非僅僅只是透過海外擴張來降低生產成本(Schumachera et al., 2016)。

海外直接投資

在國際企業領域中，企業為增加競爭優勢，會以投資海外市場為重要的管理活動。而投資上大致上分為兩類，一個是海外直接投資(Foreign Direct Investment, FDI)，一個是海外金融投資(Foreign Portfolio Investment)。前者指的是企業到國外投資，且在地主國從事生產與經營活動，更可能會進一步以擁有經營權的管理方式進行投資；後者則是企業或是個人購買海外的有價證券、期貨、黃金等相關金融商品，由於不從事生產相關活動，也沒有經營企業的意願或是義務，因此兩者在本質上有著顯著的不同。

本文主要著重在企業海外直接投資。就國際企業觀點而言，海外直接投資是將生產與服務的地點，透過各種進入模式，直接或間接轉移到海外的一種方式。當移到海外，同時也將技術、資金、資源或經營本體外移到地主國，結合地主國資源以從事業務活動。當企業決定擴展海外市場，就需要考慮為何能夠進行海外投資(Hitt et al., 1997)。若是以企業成長的角度來看，海外直接投資不僅會決定績效，先行了解海外投資原因亦會決定了這個行為的成果(Buch et al., 2010)。

企業可以透過海外投資來增加自身在同產業的競爭力與生產力，關鍵在於企業可以利用海外優勢，進一步增強自己的核心優勢，發揮更有效率的比較利益(Chung, 2001)。然而企業海外直接投資的進入方式有相當多元，不同類型的投資方式也會有不同的風險偏好與決策，因此企業國際化策略通常會面臨複雜的決定因素。為了避免海外投資訊息不對稱及實質性風險，企業會考量本身所擁有的資源、規模、研發能力與投資經驗等因素，從中做出適切的投資決策。不論是企業層級或是市場條件，都會成為企業前往海外投資的影響變數(Filatov et al., 2016)。當企業要選擇海外投資時，交易所帶來的成本一直是企業決策的關鍵。因此企業會盡量最小化交易成本，避免一開始投入太多的資源卻陷入投資的危機，或是降低投資無法收回的情況(Hennart, 2009)。因此，Brouthers et al. (1996)就認為，按照折衷理論，企業所擁有的無形資產優勢、地主國的區位利益，以及企業內部的交易成本能力，是導致企業會選擇不同海外進入模式的原因(Wilson and Baack, 2012)。

研發投入

自1980年代起，隨著科技的進步，世界逐步走向地球村的時代，使得企業跳脫國家疆界的限制。企業受到動盪的環境、科技創新速度快速等影響，導致產品生命週期越來越短。此時，若企業在技術研發上投入一定的資源，進而累積技術上的研究優勢，則可以增加企業在市場上的核心優勢(顏孟賢等, 2017)。在研發上投入的越多，越能得到關鍵的技術能力(Parast, 2020)。當企業擁有前端的技術研發能力，能有利於企業在市場中掌握領先優勢，並且保護企業免於受到高度不確定性的環境干擾，甚至避免被競爭對手超越、資金破產等可能性。因此當企業的研發能力越強，發展的靈活性也越強，這就使得研究投入所帶來的成果通常被視為維持企業績效的關鍵條件。當企業不斷增

加研發投資費用，越有可能開發創新技術來因應全球多變且動盪的市場。且當企業的創新能力越強，其適應市場的能力與彈性調配能力也會越強，如此便能創造更多機會，在競爭激烈的環境中脫穎而出(Chen and Miller, 2007; Rodríguez et al., 2014)。

國際化經驗

企業的經驗代表的是過去經營的結果所累積下來知識與理解。當具有經驗，在做決策時就更容易了解到關鍵的做法、所可能面對的風險、甚至會預知到怎樣的作法較能有成功的機會(李揚等, 2018)。對於要進行海外直接投資的企業來說，當今全球高度競爭的環境，企業不斷在國際上尋找擴張市場的機會，使得國際化程度也以越來越快的速度發生。企業放眼於國際定位的建構，希望能透過海外投資以及多角化經營來促使企業成長，讓跨境間的合作機會不斷增加。當企業紛紛採取國外直接投資策略，經驗能夠讓投資策略朝向最有效率的方式進行。Arregle et al. (2006)指出，若是國際投資能為企業績效帶來影響，如何選擇合適的進入模式就成為企業重要的決策(Lai et al., 2017)。而在這個過程中，經驗就扮演著成功與否的關鍵要素(Konopaskea et al., 2002)。而國際經驗屬於企業內部所持有的無形資產，可以用於整合與協調企業內部所有國際化活動。當企業在國外市場遇到特殊情況時，會增加其不確定性風險，此時會影響到企業前往國際發展的意願。但若是擁有不同類型的市場經驗，企業就能夠快速應對海外市場的風險與市場需求。當這些競爭上的不利因素能夠被經驗所消除，換句話說，因為有經驗，企業對於投資國外市場的決定將會有更多的理性分析(Ripollés et al., 2012)。

企業規模

規模通常是被用來研究企業策略的重要變數，因為規模通常反應出的是在決策上的彈性與自由度，是此規模大小對於企業在決策上會有不同層面的影響(李揚等, 2018)。一般來說會將企業分為大型、中型以及小型企業，衡量的條件包含資本額、營業額、市佔率、員工人數等，這些要素便成為普遍定義的企業規模指標。規模可以反映一間企業對於成本負荷的能力，進而影響企業進入模式的決策(Putzhammer et al., 2020)。規模通常也是企業能承擔風險多寡的指標之一。因企業擁有各式各樣的有形與無形資源，因此規模越大的組織，代表擁有越寬裕的資源，對於風險承擔能力的

強度也越高。具規模的企業通常財務上的資源較多，能夠以較有效率的方式來處理大量的資訊，且組織層級上下分工明確，也相對擁有較多人力來協助整體企業的營運。相比於大規模的企業，規模較小的企業資源雖然相對較少，但卻是擁有較簡單的組織結構，能夠快速調整組織結構來應付企業市場上的快速變化，在決策上能具有一定的彈性特質(Casidy et al., 2020)。

研究設計與方法

當企業選擇海外投資時，企業會權衡投資會產生的風險，以及能夠為其帶來的利益(Hsu et al., 2015)。然而全球正在面臨新一代的技術革命，企業可以透過網際網路串聯起訊息與通訊設備，也能結合物聯網與人工智慧，使工業 4.0 這個趨勢引導供應鏈結構的調整與產業價值鏈的改變，打造更敏捷的製造生產、加速革新產品技術、降低勞動力成本分佈不均的差距，並為企業打造智能工廠，創造更多整體利益(Weyer et al., 2015)。因此本研究探討影響企業前往國際拓展的三個因素：研發投入、國際化經驗、企業規模，會不會因為工業 4.0 的介入，對於前往海外投資的程度會有所影響。圖 1 為本研究架構圖。

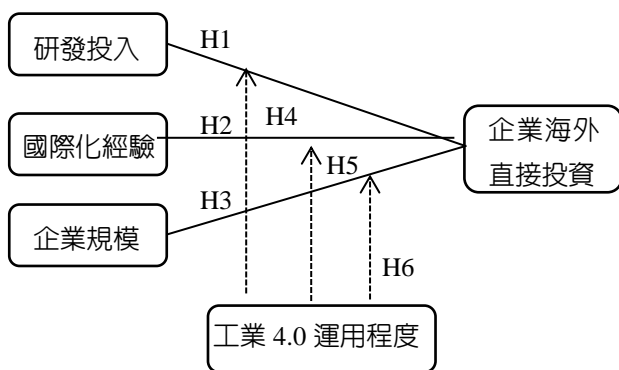


圖 1：研究架構

研發投入與海外直接投資

當企業投入研發經費，不單只是為了產品創新以及差異化，另一方面也是對於企業能力(像是製程改善、成本節省與資源運用等方面)的提升。這樣的研發投入不僅會提高企業績效，藉由累積專屬優勢以及內部化優勢，就能成為企業拓展海外版圖的有利工具(Cai et al. 2019)。在競爭激烈的全球化環境中，研發投入經常是企業內部重要的活動。投入的程度越高，越能夠幫助企業打造高度競爭力。Parast (2020)指出，當一間企業投資於研發的程度越高，與企業的經營績效有正向成

長的關係，進而促使企業將研發支出用以衡量企業發展活動中的關鍵指標(Bae et al., 2008)。因此當企業的研發投入越多，創新能力越強，則靈活性與適應市場環境的能力也越強。海外投資所產生的風險會讓企業產生經營上的不確定性，此時若企業在研發上有一定的投入，則企業就能夠應對海外風險，因此會提高海外投資的程度(Alam et al., 2020; Bhagat and Welch, 1995)。由此可知，研發的投入在企業創造價值中扮演著至關重要的角色。所以當企業選擇前往海外投資時，企業基於競爭優勢以及風險衡量的考量，會選擇高程度的國際投資行為(Castellani et al., 2013)。因此提出以下假設：

H1：企業研發投入越高，海外投資程度就越高

國際化經驗與海外直接投資

近年全球化的趨勢下，企業可以透過國際交流獲得的經驗優勢，使企業在經濟以及成長速度上會更具創新性。當企業擁有國際化經驗，將促使企業會更願意擴展到海外進行投資(Clarke et al., 2012)。國際化經驗代表的是能有獨立經營能力，更進一步可以在國際市場上有好的表現，也更容易在地主國市場存活。這是因為國際化經驗會使企業能快速回應市場的要求，當遇到經營困境也會知道如何找尋解決的方式(Buckley et al., 2016)。更甚者，具有國際化經驗的企業在財務上的運用也會更具靈活性。

經驗能夠增加企業海外投資程度的原因在於，當企業所擁有先前的國際投資經驗，能夠減輕企業對於環境的不確定性，了解到海外投資會遇到什麼程度的當地不利條件，又或是能夠快速分析投資策略上的利弊得失(李揚等，2018)。在經驗的幫助下，促使企業願意承受海外投資的風險程度增高，進而對於海外投資的程度會增加(Kuo et al., 2012)。國際擴展可以讓企業爭取更大的市場，獲得更大的規模經濟，進而降低成本，籌措資源讓企業不停的發展，從而提高企業競爭力(Gubik and Karajz, 2014)。過去若有在不同市場經營過，就會知道什麼樣的技術與知識是關鍵要素，因此就能夠移轉適合技術與活動至當地子公司(Ogasavara and Hashiro, 2007)。當能夠掌握市場，企業就會選擇所有權控制程度更高的國際擴張模式，藉此獲得更多的海外利益(Chung, 2001)。所以，當企業擁有國際化經驗時，能夠讓企業會更願意勇於嘗試往國際發展。因此提出以下假設：

H2：企業國際化經驗越多，海外投資程度就越高

企業規模與海外直接投資

企業規模經常會影響企業內部的策略方針，同時也反映企業的能力，影響企業在市場上的競爭力(Chiao et al., 2008)。Putzhammer et al. (2020)指出，規模越大就具備豐富的資源，經營資訊也越多，也越能夠應對經營的不確定性。此時企業就藉由國際擴張的方式來達到規模經濟與範疇經濟的效益。換句話說，海外直接投資的風險與不熟悉性能夠因為規模所帶來的效益所抵銷。

一般而言規模較大的企業，組織分工相當明確，同時也擁有較多的資源能夠用來做為經營上的輔助。隨著規模逐漸增大，企業普遍會選擇擴張市場來賺取更多利益(Phatak et al., 1996)。當企業到海外市場經營時，當考慮到進入模式的選擇時，會面臨有限資源利用的限制，進而對於投資模式的調整與改變(Majocchi et al., 2005)。當企業的規模越大，代表具備寬裕的資金與資源，風險承受能力相較於規模較小的企業也較高。李揚等(2018)指出，無論成長性與市場擴張，規模對於企業的海外投資決策具有影響力，越具有規模的企業前往國際發展的程度也越高。因此 Burgel and Murray (2000)指出，從規模的角度去分析海外直接投資策略是最佳的選擇。在這種情況下，企業可以依據其自身的規模大小決定能負擔的風險程度，選擇最適的海外投資策略規劃。正如 Chen (2012)所述，當企業所擁有的規模越大，能促使企業運用資源，選擇較高的控制權或提供較多的資源用於規劃海外投資策略。因此提出以下假設：

H3：企業規模越大，企業海外直接投資程度就越高

工業 4.0 運用程度的調節效果

如今邁入工業 4.0 的革新時代，這項創新的工業革命是透過雲端物聯網串聯大數據分析，又或是透過人工智慧控制計劃及生產時程，讓企業能做到智能管理與優化控制(Sahal et al., 2020)。這樣的技術革新能夠為企業帶來便利、彈性、並兼具即時性的作業。對於研發投入高的企業來說，使用工業 4.0 能帶來的利益，像是能夠幫企業打造完美的智能解決方案，縮短開發與測試的時間，並且能夠提高協同研發的效益。在工業 4.0 技術下，會提高企業的研發投入所產生的效果，於此對於海外投入程度亦會更顯著的幫助。另一方面，受到工業 4.0 的影響，研發投入較高的企業，會為了充份利用知識資產的競爭優勢，更會運用內部化策略

所產生的高生產力與高靈活性，激勵讓企業加碼投資與海外市場。郭楚其與徐作聖(2018)就指出，工業 4.0 能夠在各種層級下實現。不論是企業層級、產業層級或是國家層級，關鍵在於透過技術升級與改造，不但能促成產業轉型，增加競爭力，更有助於鼓勵投資行為的產生。

工業 4.0 運用程度能讓企業在研發投入成果所引起的效應更加明顯，在投資行為上就會讓研發投入與海外投資間的關係更加明顯(Ancarani and Mauro, 2018)。因此提出以下假設：

H4：工業 4.0 運用程度會強化研發投入與海外直接投資程度間的正向關係

在工業 4.0 的時代，競爭就導致企業對資訊科技和生產技術的需要，而消費者的需求也帶出新一波的消費期待，是此引導企業再一次的競爭行為。當競爭循環發生越來越快速，在科技與技術的輔助下，結合企業經驗，就會讓消費者普遍期望被「個人化」與「差異化」的對待，整個企業投資市場的重心就會逐漸從宏觀的群眾轉向微觀的個體(Pine and Gilmore, 1998)。因此，運用工業 4.0 的企業，不但能讓企業經驗成為創造價值時的基礎，更在企業發展過程上讓經驗扮演重要的角色。

過去企業選擇海外投資的原因，無非是為了拓展市場、節省人力成本，以及獲得當地知識技術等因素(Brouthers et al., 1996)。隨著國際化經驗越來越多，企業能夠有效的掌控跨國投資狀況，使得製造業願意前往海外投資(Quer et al., 2007)。使用工業 4.0 能透過數據分析驅動物聯網智能運轉，使得製造端得以即時運用智能設備輔助生產，打造客製化的製造需求。同時，運用工業 4.0 能夠連結製造元素進行優化，大量利用自動化機器人、供應鏈互聯、銷售及大數據，對於市場需求能夠有更深一層的了解，並透過與經驗間的互動，會更加深對於海外投資的程度(Wang et al., 2016)。因此工業 4.0 的技術創新，可使企業利用更高科技的技術打造智慧生產工廠，進一步消弭勞動力成本所產生的差距，在國際化經驗的條件下，企業更能快速整合供應鏈的需求及技術來進行海外投資。也就是說，當工業 4.0 應用程度越廣泛，在企業本身的國際化經驗越多的情況下，將使得製造業前往海外投資的意願會越高(Dachs et al., 2019; Éltető, 2019)。過去企業多半前往海外投資除了要應對市場需求與勞動力成本之外，更重要的是要考量海外市場所會產生的專屬投資成本。然而在運用工業 4.0 的影響下，海外投資製造不再只是單

純只看風險與產量，而是透過技術的革新，即時傳遞及整合供應鏈的必要資訊，匯聚成大數據後能被企業所運用。此時企業的經驗若是能加上使用工業 4.0 的所帶來的利益，就能夠促進企業更願意增加海外投資的程度(Alcácer et al., 2016)。因此提出以下假設：

H5：工業 4.0 運用程度會強化國際化經驗與海外直接投資程度間的正向關係

當企業開始採用工業 4.0 技術時，此時企業規模對於前往海外投資的影響就會更加明顯(Lin et al., 2018)。這是因為採用工業 4.0 的相關技術後，企業規模越能夠成為投資優勢，對於資源的運用程度也更加寬裕。工業 4.0 的技術能將海外市場與供應鏈的資訊串連在一起，企業就越能輕鬆掌控技術的操縱及上下游的資訊，使得企業越能夠投入更多資源到海外市場(Bag et al., 2020)。當企業的規模越大，企業會擁有越多的資源來承受海外投資的風險(Angelini and Generale, 2008; Chen, 2012)。過去許多企業在生產結構上，大多是水平分工。在規模的限制下，常運用的是量產規模報酬效益來降低生產成本。但在工業 4.0 的技術下，經濟活動開端始於終端市場的需求，進而推動價值鏈的完整性以及連結到銷售與服務。當企業規模越大，使用工業 4.0 能夠讓企業在供應鏈的活動中更具彈性，也能促進其運用人工智慧與工業革新的技術，快速了解市場需求後進行智慧化的製造精準生產。因此，採用工業 4.0 能夠讓進一步發揮企業規模所具有的經營優勢。透過新一代工業革命的技術進展，替企業節省繁雜的結構官僚成本，減少海外投資所耗費的溝通成本。所以，在使用工業 4.0 技術的前提下，企業規模越大，越能推動企業進行海外投資的活動(Alcácer et al., 2016)。因此提出以下假設：

H6：工業 4.0 運用程度會強化企業規模與海外直接投資程度間的正向效果

研究方法

樣本與資料來源

工業 4.0 的關鍵核心在於能蒐集生產系統中的數據，透過物聯網來優化供應鏈流程，最後對資訊加以評估、量化並分析，打造更具效率的生產流程。考慮到新一代工業革命目前還處於成長階段，全球企業在生產流程中尚未完全普及全自動化技術(Uhlemann et al., 2017)。又因打造工業 4.0 的技術需要一定程度的

企業投入與支出，因此，本研究將樣本設定為台灣資訊電子產業。原因在於電子企業不僅在設備上有其顯著的投入，另一方面在國際化的發展亦有明顯的國際市場投資需求。透過蒐集台灣資訊電子產業的資料，應當可以了解運用工業 4.0 對於企業在海外直接投資上的效果，提供給台灣企業與產業做為參考。

本研究以台灣地區的資訊電子產業作為樣本選取的單位，樣本來源取自於台灣經濟新報 TEJ 資料庫，搜尋 2013-2018 年共六年的資訊，從中整理出研發投入、國際經驗、企業規模與海外投資等變數資料。基於部分企業可能在資訊揭露上不夠完整，為避免資料在蒐集上有所遺漏，本研究會交叉比對企業年報與台灣經濟新報中的資料。資料經過整理後，共計 194 間資訊電子產業、六年的數量作為研究樣本。

變數定義與衡量

本研究共有研發投入、國際化經驗、企業規模、海外直接投資以及工業 4.0 運用程度等構念。在自變數的衡量上，研發投入代表的是企業在研發活動上所投入的份額。企業為了維持競爭優勢，通常會在研發活動中投入費用與時間。因此本研究參考 Alcácer and Zhao (2012)的研究，採用資訊電子產業的研發投資金額，並取對數做為衡量指標。國際經驗代表企業在經營上所累積的知識與經營實例，因此經驗可以幫助企業降低市場不熟悉所產生的不確定性。本研究參考 Ripolle's et al. (2012)的研究，將企業過往投資國家數，加總後作為衡量國際化經驗的指標。企業規模代表的是企業在資產、設備或是人力等條件的數量。規模通常能用來說明企業的內部優勢，讓企業能應對風險與提高競爭優勢。考量到資本額在企業營運可視為能夠用來投資或動用的資產，且往往能檢視企業是否能透過增資的方式來選擇海外擴張模式。因此，本研究參考 Chen (2012)的研究，以企業的資本額為指標，並取對數後進行衡量。

在應變數的衡量上，海外直接投資代表是企業以獲取利潤為主要目的，在海外市場運用不同控制權的方式進行對地主國市場的經營管理行為。藉由海外直接投資能夠增加企業競爭力與生產力，且能獲得國際市場與消費者的資訊，讓企業能夠有效發揮比較利益。本研究參考 Chung (2001)的研究，採用企業的國外投資金額並取對數做為指標，用來衡量海外直接投資程度變數。工業 4.0 運用程度在本研究中是做為調節變數。工業 4.0 代表的能協助企業打造智能工廠，讓所有的機

器與物流設備都配有感測器與偵測儀，使得上下游供應鏈能彈性調配生產。而多樣化的產線組合模式能更貼近市場，提供更客製化的服務，能有效縮短交貨時間、降低製造生產成本，為企業帶來更多商機 (Chen and Kamal, 2016)。因此本研究藉由蒐集資訊電子產業的年報，以文字探勘的方式統整加總關鍵字出現的次數後，用來衡量企業運用工業 4.0 的程度。文字內容包含：雲端、大數據、物聯網、智慧製造、工業 4.0、5G、資源共享、網際網路、人工智慧(AI)。這樣的衡量方式能夠了解企業對工業 4.0 的運用程度。

控制變數方面，以三個變數來衡量。首先，以外銷比率做為第一個控制變數。當企業外銷比率越高，對於國際市場的依存度亦會提高。於高外銷比率的情況下，會增加企業海外投資的程度。因此本研究將外銷比率納入控制，計算方式為外銷比率=外銷銷售總額/內外銷銷售總額。第二，當企業要進行投資時，經常需要運用大量的資金或資源。當企業本身的負債比率較高的情況下，會使競爭壓力大幅上升(Buch et al., 2010)。因此納入負債比率進行控制，計算方式為負債比率=企業負債/總資產。第三，根據 Dhanaraj and Beamish (2004)的研究顯示，企業擁有的海外股本額可以用以代表對於國際擴張的重視程度。原因在於持有的海外股本金額越大，代表越會長期投資於海外市場。因此本研究將企業海外持有的股本額取對數納入控制。

研究結果

本研究針對台灣資訊電子產業進行六年的數據調查。由於變數之間部分會產生遞延的效果，且週期波動性與結構性會因時間的增長而有不同的影響，並同

時衡量個別變數與整體樣本間的動態平均效果，因此採用 Panel Data 作為數據處理方法(Frangouli, 2002)。在假設驗證上使用迴歸分析(regression analysis)，主要原因有以下三點：首先，在於許多研究使用迴歸係數(partial regression coefficients)來解釋研究變項迴歸係數的意義。第二，本研究透過變數間的交互作用項(interaction)的標準化迴歸係數(standardized regression coefficients)能用來解釋干擾變數對於理論的影響。第三，以決定係數(coefficient of determination，或是 r^2)來說明挑選解釋變數的重要性以及對模型貢獻程度的百分比。

在樣本的敘述統計分析結果部份，首先，控制變數部份，外銷比率最小值為 0.00，最大值為 1.00，平均值為 0.57。負債比率最小值為 0.01，最大值為 0.99，平均值為 0.42。海外股本額最小值為 2.28，最大值為 9.98，平均值為 6.39。在自變數部份，研發投入最小值為 1.78，最大值為 7.93，平均值為 5.10。經驗則是以國別數來看，最小值為 0.30，最大值為 2.93，平均值為 1.02。企業規模最小值為 8.00，最大值 11.41，平均值為 9.44。應變數為海外直接投資程度，最小值為 1.61，最大值為 10.02，平均值為 6.56。工業 4.0 為調節變數，最小值為 0.00(即文字探勘中並未提到相關字詞)，最大值為 8.00，平均值為 1.05。

表 1 為變數 Pearson 相關係數分析。從表 1 得知，各構念間的相關係數大多都位於中度相關的範圍。而在其中，海外直接投資與工業 4.0 呈現低度相關，以及國際化經驗與工業 4.0 程度略呈現高度相關性。因此從結果來，構念間應不存在共線性問題，在後續分析數據的過程中共線性誤差的問題應不至於造成明顯的影響。

表 1 皮爾森相關係數

	1	2	3	4	5
1.研發投入	1				
2.國際化經驗	0.63**	1			
3.企業規模	0.66**	0.56**	1		
4.海外直接投資	0.58**	0.75**	0.59**	1	
5.工業 4.0 運用程度	0.34**	0.26**	0.26**	0.19**	1

註：*** $p < 0.001$ ；** $p < 0.05$ ；* $p < 0.1$

接著對資訊電子產業資料進行數據分析，驗證本研究假設。在放入變數分析前，變數經過標準化處理，

這種方式能夠消除交互項所產生的多重共線性問題(黃品全、韓明娟, 2015)。在分析過程上，依次放入

控制變數(Model 1)、主變數(Model 2、Model 4、Model 6)、調節變量與交互變數項(Model 3、Model 5、Model 7)。

首先進行控制變數的影響。由表 2 可以得知，外銷比率對企業海外直接投資有高度顯著的影響 ($\beta = 0.44$, $p < 0.00$)，說明企業的外銷比率越高，企業海外直接投資程度就越高。負債比率對於海外直接投資亦有高度顯著的影響 ($\beta = 0.21$, $p < 0.00$)，意即在資訊電子產業中，企業負債金額佔資產總額越高時，則海外直接投資的程度亦會提高。第三，企業海外股本會對海外直接投資程度有顯著的正向影響 ($\beta = 0.07$, $p < 0.01$)，意即資訊電子企業所擁有的海外股本金額越大，則海外直接投資的程度會越高。

企業研發投入對企業海外直接投資的影響可以從 Model 2 得知。從 Model 2 的結果發現，當企業在研發活動投入的越多，則企業在海外直接投資的程度就越多 ($\beta = 0.49$, $p < 0.00$)，結果說明當資訊電子企業投資於研究發展的資源與資金越多，有助於企業海外投資。所以 H1 得到支持。接著，國際化經驗對企業海外直接投資的影響可以從 Model 4 得知。從 Model 4 的結果發現，當企業海外投資的國別數越多，代表的是經驗會越豐富，此時經驗越多的企業則在海外直接投資的程度就會有顯著的正向影響 ($\beta = 0.61$, $p < 0.00$)。這樣的結果說明資訊電子企業的海外經驗越多，則其海外投資的程度就會隨之提高。所以 H2

得到支持。第三，企業規模對海外直接投資的影響可以從 Model 6 得知。從 Model 6 的結果發現，企業規模越大，則海外直接投資的程度就越高 ($\beta = 0.52$, $p < 0.00$)。這樣的結果說明資訊電子產業企業規模越大時，資產越多，則企業海外投資程序也會隨之提高。所以 H3 得到支持。

在分析調節變數的效果時，則可看出工業 4.0 的影響性。首先，從 Model 3 得知，研發投入與工業 4.0 程度交互項對海外直接投資有顯著的正向影響 ($\beta = 0.56$, $p < 0.00$)，因此工業 4.0 運用程度會正向強化研發投入與海外直接投資程度間的正向關係。從圖 2 來看，若是企業本身工業 4.0 運用程度較低時，即使研發投入多，則對於海外直接投資程度的影響也有限。但若是能發展工業 4.0，則在研發投入越多時，則會顯著提高海外直接投資程度。由此可知，工業 4.0 運用程度會正向強化研發投入與海外直接投資間的正向關係，所以 H4 得到支持。

接著，從 Model 5 得知，國際化經驗與工業 4.0 運用程度交互項對海外直接投資的結果有正向、但不顯著的影響 ($\beta = 0.33$, $p > 0.1$)，因此 H5 沒有獲得支持。最後，從 Model 7 得知，企業規模與工業 4.0 運用程度的交互項對海外直接投資為負向影響 ($\beta = -0.82$, $p > 0.1$)，這結果與假設推論不同，因此 H6 沒有獲得支持。

表 2 資訊電子產業迴歸分析

構念		海外直接投資		
		Model 1	Model 2	Model 3
控制變數	外銷比率	0.44***	0.30***	0.19***
	負債比率	0.21***	0.15***	0.01
	股本	0.07*	0.03	0.03
自變數	研發投入		0.49***	0.70***
調節變數	工業 4.0			0.44*
	研發投入*			0.56**
	工業 4.0 運用程度			
F 值		130.02	211.22	52.79
R 平方		0.27	0.47	0.39
調整後 R 平方		0.27	0.47	0.38

註：*** $p < 0.001$ ；** $p < 0.05$ ；* $p < 0.1$

表 3 資訊電子產業迴歸分析

構念		海外直接投資		
		Model 1	Model 4	Model 5
控制變數	外銷比率	0.44***	0.26**	0.06*
	負債比率	0.21***	0.06**	-0.07**
	股本	0.07*	0.03	0.04
自變數	國際化經驗		0.61***	0.84***
調節變數	工業 4.0 運用程度			0.21**
	國際化經驗*			0.33
	工業 4.0 運用程度			
F 值		130.02	327.32	84.31
R 平方		0.27	0.56	0.50
調整後 R 平方		0.27	0.55	0.50

註：***p<0.001；**p<0.05；*p<0.1

表 4 資訊電子產業迴歸分析

構念		海外直接投資		
		Model 1	Model 6	Model 7
控制變數	外銷比率	0.44***	0.39***	0.22***
	負債比率	0.21***	0.10***	-0.01
	股本	0.07*	0.04	0.04
自變數	企業規模		0.52***	0.81***
調節變數	工業 4.0 運用程度			1.74**
	企業規模*			-0.82
	工業 4.0 運用程度			
F 值		130.02	281.74	73.36
R 平方		0.27	0.52	0.47
調整後 R 平方		0.27	0.52	0.46

註：***p<0.001；**p<0.05；*p<0.1

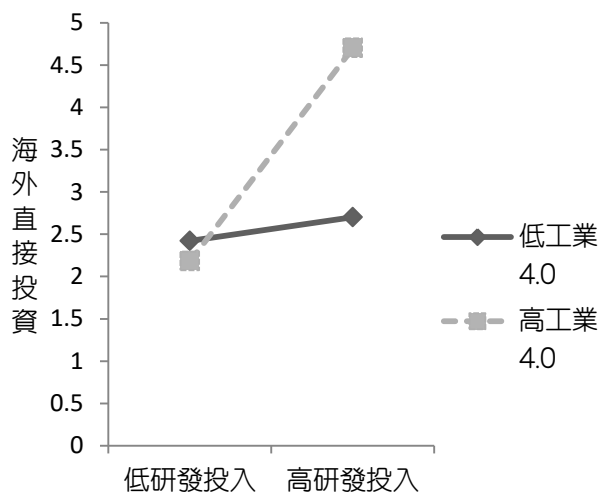


圖 2 工業 4.0 運用程度調節效果

結論與建議

研究結論

根據實證結果，企業若是有明顯的海外直接投資行為，其原因在於企業有一定的研發投入、國際化經驗、以及企業規模。首先，企業普遍將研發生產能力視為珍貴的資源，因此當企業投資於研發程度越高時，不僅是能夠在海外具有競爭能力，也可在基於充份運用知識產權的情況下，會增加海外投資程度。第二，當擁有越多的國際化經驗，企業在面對海外市場的經營機會或是市場風險時，就能夠快速想出策略來掌握市場潛力，應對國際擴張的不確定性。此外，到海外投資企業亦容易遭遇到外國劣勢 (liability of foreignness)。為了要避免經營的不確定性以及增加在

地主國市場的競爭力，國際化經驗能夠成為企業增加海外投資程度的重要條件。第三，當規模越大，代表內部持有寬裕的資源，充裕的資金、或是擁有多元的人才等。於此條件下，企業就有充分的條件來應對海外投資所需要的成本與時間，因此當企業規模越大，就越有能力前往海外投資。綜合上述的結果，可以看出企業在進行投資決策時，企業本身的條件是決定是否能海外直接投資的重要關鍵。

在資訊電子產業中，工業 4.0 運用程度會使研發投入與海外投資效果間的正向關係更顯著。特別從結果中發現，若是企業投入研發，想藉由研發所得到的競爭優勢用在海外市場時，一個重要的關鍵就是要致力於發展工業 4.0。Strange and Zucchella (2017)就認為工業 4.0 越是普及，就越有潛力讓企業改變全球生產與研發地點的考量。這論點就呼應了 Buckley (2011)關於全球工廠的概念。Buckley (2011)認為，技術使企業能夠細分並重新定位活動的價值，讓企業功能處於最佳位置。因為這些採用工業 4.0 的技術足夠支持企業即使不擁有所有供應鏈，也能有近似完整供應鏈的管理利益。當生產技術再一次的提升，不僅能降低研發時間，提升研發成就，更讓企業能充份運用研發所帶來的競爭能力到海外市場，因此工業 4.0 運用程度具有顯著的正向調節效果。

然而，分析發現工業 4.0 運用程度在國際化經驗與企業規模關係上的干擾效果沒有受到支持。這樣的原因在於，運用工業 4.0 最終目的或許不是要讓企業在全球各地設廠投資。當企業擁有經驗與規模，透過在母國市場，也能夠在既有產業創造出全球投資的競爭利益。當企業有經驗，就會知道如何藉由經驗、藉由企業規模來配合使用工業 4.0 的利益以創造競爭優勢。就如 Dachs et al. (2019)的論點，當企業使用工業 4.0 時，新技術與新設備所引領出的新管理方式，能讓企業轉而回流投資，對於海外事業與管理上可以採取不同於以往的投資方式。這樣新的競爭優勢或許可以不需要透過增加海外直接投資來達成，這也是新一代技術引入後，在海外投資行為上所能夠帶來的不同利益。

管理意涵

由於企業的競爭力不是零和賽局，並不是在一個市場成功，就得是另一個市場的損失。許多企業為了要同時提升長期生產力，維持一直的競爭水準，獲得穩定的經營績效，海外直接投資常會是企業選擇的一種國際化策略(陳俞如、謝存瑞，2015; Putzhammer,

2020)。當然，全球競爭不是單一的需求之爭，各地市場都有提升生活水準的龐大需求。企業透過國際擴張的方式，一方面可以符合市場需要、又能夠穩定的獲得市場利益，因此海外直接投資就是企業能創造競爭優勢的策略。

對台灣企業來說，Kuo and Li (2003)就發現台灣企業海外直接投資可區分為內部因素與外部因素。從企業的投資原因來看，內部因素的研發能力、規模都會讓企業增加海外直接投資的程度。在外部因素上，不僅只是海外市場的吸引力與風險考量，若是產業開始推進新的技術範疇，對於企業想要擴展市場亦正向的影響。Lin (2010)就發現，因為台灣的資訊電子產業具有高投資研發、規模大、且有一定的國際化經驗。於此特質下，台灣資訊電子產業就能藉由內部因素，加上產業新一代技術革新，將核心能力用於開拓各地市場需求和生產力，如此就能使得產業變得繁榮，進而在全球市場上獲得一定的競爭力(Wang et al., 2019)。

此外，隨著經濟開放政策以及全球化的影響，許多企業仰賴出口及海外投資的比例相當高。此時，發展工業 4.0 主要是為了促進國家產業經濟成長，從原先的規模化及機械自動化生產，進一步將工廠機械設備加入各式各樣的感測器，並經由感測器所蒐集到的資料進行大數據分析，能夠使企業更有效率運作工廠(Roblek et al., 2016)。若是以資訊產業來看，精密零件製造商穆格企業(Moog Inc.)的一支團隊，在工業 4.0 的發展下，推出一種稱為驗證零件(Veripart)的服務。這種服務主要想要讓使用者相信，顧客下載使用的軟體檔案，在運作上不會有任何安全疑慮。這不但讓企業開發新技術新服務，還能夠驅動潛在的效率改善結果，快速服務各地市場。而在各國相繼推出工業 4.0 改革方針，台灣也擬定了提高生產力的策略方針，促使本土企業提升競爭優勢。現今最容易應用工業 4.0 的案例為資訊電子業，又以半導體、面板走在最前面。電子資訊業在生產設備上常會需要更新與升級，例如設備本身具有相當多的感測器，且已內建晶片及連網的智慧化能力。就如台灣積體電路製造企業就經由導入巨量資料，進行數據分析及製程上的應用。也在數年前就率先在製程上運用智慧化的生產，將 AI 與機器學習導入晶圓製造。因此資訊電子產業在使用工業 4.0 的推展上會較為容易。

然而，不是每個產業都能進行工業 4.0 的轉型。若是新創產業，就能可以藉由使用工業 4.0 來讓製造商獲

得更多的彈性，並在終端產品上有更多的客製化空間，以此造就獨特的附加價值。台灣在過去的時代都是以代工的方式生產產品，且大多都是採取三角貿易的方式進行，如此推展新一代技術革新對實質幫助並不顯著。而對實體製造業而言，不同產業對於新興科技工業 4.0 的導入與應用各有差異，但以整體評估而言，運用工業 4.0 的效果是會使得提高企業海外投資程度。其原因在於，使用工業 4.0 能夠消弭上下游間資訊不對稱的問題，亦或是透過大數據分析進一步預測市場狀況，使企業能夠更有效率管理存貨等，這些優勢皆能讓企業充分整併資訊以布局海外市場。因此，在發展技術革新時，必須在產業價值鏈的上下游間，共同齊心協力集體導入工業 4.0 的技術，如此才能提升整個產業的總體競爭力。

研究限制與建議

本研究提出幾個研究限制以及未來研究上的建議。首先，本研究透過蒐集企業年報的內容，進一步量化工業 4.0 運用程度的衡量。但實際在衡量時，除了不同產業或企業對於工業 4.0 的定義在陳述上會有所不同，採取較多樣技術的企業是否就比採取少的企業運用較高程度的工業 4.0，這在實際以及管理上或許較不容易有個明確的比較點，更可以沒有確切的數值能夠用來量化技術革新的程度。因此未來研究能夠以更全面、更客觀的角度來進行工業 4.0 運用程度的量化，將能進一步了解工業 4.0 技術對企業海外直接投資的影響。第二，本研究在變數選擇上只使用研究投入、國際化經驗、以及企業規模，這些變數本質上屬於企業內部特質，亦屬於企業資源的一種。但在實際海外投資時，考慮生產製造相關構念則可以是企業經營的外部特質因素。因此未來可納入如市場服務，工業生產活動，供應鏈的布局等變數，可增加對於企業海外投資論點上的貢獻，更可與工業 4.0 運用程度構念相結合。第三，本研究僅對資訊電子產業進行分析。其他產業除了需要考慮產業特性外，在樣本數量上也有所限制。未來研究應可進行對其他產業的分析，對於構念的使用上也可再進行修正與調整，相信更能擴大本研究的理論範疇。第四，企業在進行海外直接投資時，還有許多主觀的因素是為關鍵的決策前提，例如國際化策略導向、海外競爭動機、又或是制度法令規範等。因此未來的研究除了客觀指標之外，可多進行企業個案分析與產業現況探究，以主觀指標搭配客觀指標，相信能在理論與實務上給予更完整的建議。

參考文獻

- 李揚、吳錦鋁、劉怡君、劉華順，2018。國際化與績效之分量迴歸分析，臺大管理論叢，第二十八卷第二期，97-127。
- 胡哲生、黃泰元、何苔麗，2010。金融海嘯後建構東協加－區域市場內產業網路的策略芻議，商略學報，第二卷第四期，231-248。
- 郭楚其、徐作聖，2018。「工業 4.0」下製造業之轉型政策，管理評論，三十七卷第三期，1-13。
- 陳俞如、謝存瑞，2015。海外投資區位選擇、家族企業與盈餘品質，中山管理評論，第二十三卷第四期，1085-1124。
- 曾真真、賴勇成、簡俊成，2020。行為理論及 AMC 模型對管理人風險承擔的影響－以台灣電子資訊製造業赴大陸投資為例，管理與系統，第二十七卷第一期，53-76。
- 黃品全、韓明娟，2015。顧客導向、工作投入與顧客焦點建言：挑戰、妨礙型壓力源之調節效果，人力資源管理學報，第十五卷第二期，1-24。
- 熊治民，2017。工業 4.0 應用方案發展現況：德國、中國與台灣，機械工業雜誌，四百零六期，20-28。
- 顏孟賢、司徒達賢、于卓民、彭朱如，2017。跨交易網絡間形成之學習網絡：以自行車業 A-Team 為例，管理學報，第三十四卷第三期，431-466。
- Alam, A., Uddin, M., Yazdifar, H., Shafique, S., and Lartey, T. 2020. R&D Investment, Firm Performance and Moderating Role of System and Safeguard: Evidence from Emerging Markets. *Journal of Business Research*, 106, 94-105.
- Alcácer, J., and Zhao, M., 2012. Local R&D Strategies and Multilocation Firms: The Role of Internal Linkages. *Management Science*, 58(4), 734-753.
- Alcácer, J., Cantwell, J., and Piscitello, L., 2016. Internationalization in the Information Age: A New Era for Places, Firms, and International Business Networks. *Journal of International Business Studies*, 47(5), 499-512.
- Ancarani, A., and Mauro, C. D., 2018. Reshoring and Industry 4.0: How Often Do They Go Together.

- IEEE Engineering Management Review*, 46(2), 87-96.
- Angelini, P., and Generale, A., 2008. On the Evolution of Firm Size Distributions. *American Economic Review*, 98(1), 426-438.
- Arregle, J. L., Hébert, L., and Beamish, P. W., 2006. Mode of International Entry: The Advantages of Multilevel Methods. *Management International Review*, 46(5), 597-618.
- Athreye, S., and Kapur, S., 2009. Introduction: The Internationalization of Chinese and Indian Firms—Trends, Motivations and Strategy. *Industrial and Corporate Change*, 18(2), 209-221.
- Bae, S. C., Park, B. J. C., and Wang, X., 2008. Multinationality, R and D Intensity, and Firm Performance: Evidence from U.S. Manufacturing Firms. *Multinational Business Review*, 16(1), 53-78.
- Bag, S., Yadav, G., Wood, L. C., Dhamija, P., and Joshi, S., 2020. Industry 4.0 and the Circular Economy: Resource Melioration in Logistics. *Resources Policy*, 68, 101776.
- Barreto, L., Amaral, A., and Pereira, T., 2017. Industry 4.0 Implications in Logistics: An Overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bhagat, S., and Welch, I., 1995. Corporate Research and Development Investments International Comparisons. *Journal of Accounting and Economics*, 19(3), 443-470.
- Brouthers, K. D., Brouthers, L. E., and Werner, S. 1996. Dunning's Eclectic Theory and the Smaller Firm: The Impact of Ownership and Locational Advantages on the Choice of Entry-Modes in the Computer Software Industry. *International Business Review*, 5(4), 377-394.
- Buch, C. M., Kesternich, I., Lipponer, A., and Schnitzer, M., 2010. Exports Versus FDI Revisited: Does Finance Matter, Discussion Paper Series 1: *Economic Studies*, Deutsche Bundesbank.
- Buckley, P. J., 2011. International Integration and Coordination in the Global Factory. *Management International Review*, 51(2), 269-283.
- Buckley, P. J., Chen, L., Clegga, L. J., and Vossa, H., 2016. Experience and FDI Risk-Taking: A Microfoundational Reconceptualization. *Journal of International Management*, 22(2), 131-146.
- Burgel, O., and Murray, G., 2000. The International Market Entry Choices of Start-up Companies in High-Technology Industries. *Journal of International Marketing*, 8(2), 33-62.
- Cai, H., Boateng, A., and Guney, Y., 2019. Host Country Institutions and Firm-Level R&D Influences: An Analysis of European Union FDI in China. *Research in International Business and Finance*, 47(C), 311-326.
- Casidy, R., Nyadzayo, M., and Mohan, M. 2020. Service Innovation and Adoption in Industrial Markets: An SME Perspective. *Industrial Marketing Management*, 89, 175-170.
- Castellani, D., Jimenez, A., and Zanfei, A., 2013. How Remote Are R&D Labs? Distance Factors and International Innovative Activities. *Journal of International Business Studies*, 44(7), 649-675.
- Chen, J., Zhan, W., Tong, Z., and Kumar, V., 2020. The Effect of Inward FDI on Outward FDI Over Time in China: A Contingent and Dynamic Perspective. *International Business Review*, 29(5), 101734.
- Chen, M. Y., 2012. Entry Mode Choice and Performance: Evidence from Taiwanese FDI in China. *Emerging Markets Finance and Trade*, 48(3), 31-51.
- Chen, W. R., and Miller, K. D., 2007. Situational and Institutional Determinants of Firms' R and D Search Intensity. *Strategic Management Journal*, 28(4), 369-381.
- Chen, W., and Kamal, F., 2016. The Impact of Information and Communication Technology Adoption on Multinational Firm Boundary Decisions. *Journal of International Business Studies*, 47(5), 563-576.
- Chiao, Y. C., Yu, C. M. J., Li, P. Y., and Chen, Y. C., 2008. Subsidiary Size, Internationalization, Product Diversification, and Performance in an Emerging Market. *International Marketing Review*, 25(6), 612-633.

- Chung, W., 2001. Mode, Size, and Location of Foreign Direct Investments and Industry Markups. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 45(2), 185-211.
- Clarke, J. E., Tamaschke, R., and Liesch, P. W., 2012. International Experience in International Business Research: A Conceptualization and Exploration of Key Themes. *International Journal of Management Reviews*, 15(3), 265-279.
- Dachs, B., Kinkel, S., and Jäger, A., 2019. Bringing It All Back Home? Backshoring of Manufacturing Activities and the Adoption of Industry 4.0 Technologies. *Journal of World Business*, 54(6), 101-117.
- Dhanaraj, C., and Beamish, P. W., 2004. Effect of Equity Ownership on the Survival of International Joint Ventures. *Strategic Management Journal*, 25(3), 295-305.
- Éltető, A., 2019. Effects of Industry 4.0 on Reshoring Investments-Hungarian Experiences. *Centre for Economic and Regional Studies HAS Institute of World Economics*, 251, 1-51.
- Filatotchev, I., Strange, R., Piesse, J., and Lien, Y. C., 2016. FDI by Firms from Newly Industrialised Economies in Emerging Markets: Corporate Governance, Entry Mode and Location. *Journal of International Business Studies*, 38(4), 556-572.
- Frangouli, Z., 2002. Capital Structure, Product Differentiation and Monopoly Power: A Panel Method Approach. *Managerial Finance*, 28(5), 59-65.
- Gu, F., Guo, J., Hall, P., and Gu, X., 2019. An Integrated Architecture for Implementing Extended Producer Responsibility in the Context of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 57(5), 1458-1477.
- Gubik, A. S., and Karajz, S., 2014. The Choice of Foreign Market Entry Modes—the Role of Resources and Industrial Driving Forces. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 2(1), 49-63.
- Hennart, J. F., 2009. Down with Mne-Centric Theories! Market Entry and Expansion as the Bundling of Mne and Local Assets. *Journal of International Business Studies*, 40(9), 1432-1454.
- Hitt, M. A., Hoskisson, R. E., and Kim, H., 1997. International Diversification: Effects on innovation and Firm Performance in Product-Diversified Firms. *Academy of Management Journal*, 40(4), 767-798.
- Hsu, C. W., Lien, Y. C., and Chen, H., 2015. R and D Internationalization and Innovation Performance. *International Business Review*, 24(2), 187-195.
- Konopaskea, R., Wernera, S., and Neupertb, K. E., 2002. Entry Mode Strategy and Performance: The Role of FDI Staffing. *Journal of Business Research*, 55(9), 759-770.
- Kuo, A., Kao, M.S., Chang, Y.C., and Chiu, C.F., 2012. The Influence of International Experience on Entry Mode Choice: Difference between Family and Non-Family Firms. *European Management Journal*, 30(3), 248-263.
- Kuo, H. C., and Li, Y., 2003. A Dynamic Decision Model of SMEs' FDI. *Small Business Economics*, 20(3), 219-231.
- Lai, J. H., Lin, W. C., and Chen, L. Y., 2017. The Influence of CEO Overconfidence on Ownership Choice in Foreign Market Entry Decisions. *International Business Review*, 26(4), 774-785.
- Lin, D., Lee, C. K. M., Lau, H., and Yang, Y., 2018. Strategic Response to Industry 4.0: An Empirical Investigation on the Chinese Automotive Industry. *Industrial Management and Data Systems*, 118(3), 589-605.
- Lin, F.-J. 2010. The Determinants of Foreign Direct Investment in China: The Case of Taiwanese Firms in the It Industry. *Journal of Business Research*, 63(5), 479-485.
- Lu, J., Liu, X., Wright, M., and Filatotchev, I., 2014. International Experience and FDI Location Choices of Chinese Firms: The Moderating Effects of Home Country Government Support and Host Country Institutions. *Journal of International Business Studies*, 45(4), 428-449.
- Machado, C. G., Winroth, M. P., and Ribeiro da Silva, E. H. D., 2020. Sustainable Manufacturing in Industry

- 4.0: An Emerging Research Agenda. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1462-1484.
- Majocchi, A., Bacchiocchib, E., and Mayrhofer, U., 2005. Firm Size, Business Experience and Export Intensity in SMEs: A Longitudinal Approach to Complex Relationships. *International Business Review*, 14(6), 719-738.
- Marques, M., Agostinho, C., Zacharewicz, G., and Jardim-Gonçalves, R., 2017. Decentralized Decision Support for Intelligent Manufacturing in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environment*, 9(3), 299-313.
- Ogasavara, M. H. and Hoshino, Y., 2007. The Impact of Ownership, Internalization, and Entry Mode on Japanese Subsidiaries' Performance in Brazil. *Japan and the World Economy*, 19(1), 1-25.
- Parast, M. M. 2020. The Impact of R&D Investment on Mitigating Supply Chain Disruptions: Empirical Evidence from U.S. Firms. *International Journal of Production Economics*, 227, 107671.
- Phatak, A. V., Muralidharan, R., and Chandran, R., 1996. A Study of the Impact of Location Specific and Moderating Factors on the Choice of Entry Mode in Thailand, Malaysia, and Indonesia. *Journal of Euromarketing*, 4(4), 37-53.
- Parente, M., Figueira, G., Amorim, P., and Marques, A., 2020. Production Scheduling in the Context of Industry 4.0: Review and Trends. *International Journal of Production Research*, 58(17), 5401-5431.
- Pine, B. J. and Gilmore, J. H., 1998. Welcome to the Experience Economy. *Harvard Business Review*, 76(July/August), 97-105.
- Piteli, E. E. N, Kafourous, M., and Pitelis, C. N., 2021. Follow the People and the Money: Effects of Inward FDI on Migrant Remittances and the Contingent Role of New Firm Creation and Institutional Infrastructure in Emerging Economies. *Journal of World Business*, 56(2), 101178.
- Putzhammer, M., Puck, J., and Lindner, T. 2020. Changes in Foreign Operation Modes: A Review and Research Agenda. *International Business Review*, 29(1), 101619.
- Quer, D., Claver, E., and Rienda, L., 2007. The Impact of Country Risk and Cultural Distance on Entry Mode Choice: An Integrated Approach. *Cross Cultural Management An International Journal*, 14(1), 74-87.
- Ripollé's, M. A., Blesa, A., and Monferrer, D., 2012. Factors Enhancing the Choice of Higher Resource Commitment Entry Modes in International New Ventures. *International Business Review*, 21(4), 648-666.
- Roblek, V., Meško, M., and Krapež, A., 2016. A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Journal*, 6(2), 1-11.
- Rodríguez, A. L. L., Eldridge, S., Roldán, J. L., Millán, A. G. L., and Ortega-Gutiérrez, J., 2014. Organizational Unlearning, Innovation Outcomes, and Performance: The Moderating Effect of Firm Size. *Journal of Business Research*, 68(4), 803-809.
- Sahal, R., Breslin, J. G., and Ali, M. I. 2020. Big Data and Stream Processing Platforms for Industry 4.0 Requirements Mapping for a Predictive Maintenance Use Case. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 138-151.
- Schumachera, A., Erol, S., and Sihna, W., 2016. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
- Strange, R. and Zucchella, A., 2017. Industry 4.0, Global Value Chains and International Business. *Multinational Business Review*, 25(3) 174-184.
- Szalavetz, A., 2019. Industry 4.0 and Capability Development in Manufacturing Subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 384-395.
- Tulung, J. E., 2017. Resource Availability and Firm's International Strategy as Key Determinants of Entry Mode Choice. *Jurnal Aplikasi Manajemen*, 15(1), 160-168.
- Uhlemann, T. H.J., Lehmann, C., and Steinhilper, R., 2017. The Digital Twin: Realizing the

Cyber-Physical Production System for Industry 4.0.
Procedia Cirp, 61, 335-340.

- Wang, L., and Wang, G., 2016. Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 6, 1-8.
- Wang, L.-H., Lin, C.-H., Fung, H.-G., and Kao, T.-C. 2019. Foreign Direct Investment and Downside Risk: Evidence from Taiwan. *Pacific-Basin Finance Journal*, 57, 101114.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., and Zhang, C., 2016. Towards Smart Factory for Industry 4.0: A Self-Organized Multi-Agent System with Big Data Based Feedback and Coordination. *Computer Networks*, 101, 158-168.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., and Gorecky, D., 2015. Towards Industry 4.0 - Standardization as the Crucial Challenge for Highly Modular, Multi-Vendor Production Systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 579-584.
- Wilson, R. T. and Bacck, D. W., 2012. Attracting Foreign Direct Investment: Applying Dunning's Location Advantages Framework to FDI Advertising, *Journal of International Marketing*, 20(2), 96-115.
- Zhou, X., Song, M., and Cui, L. 2020. Driving Force for China's Economic Development under Industry 4.0 and Circular Economy: Technological Innovation or Structural Change? *Journal of Cleaner Production*, 271(20), 122680.

陳律睿為銘傳大學國際企業學系副教授。元智大學管理研究所國企組博士。主要研究領域為國際企業理論、子公司發展與國際化策略。學術論文曾發表於管理學報(TSSCI)、管理評論(TSSCI)、中山管理評論(TSSCI)、組織與管理(TSSCI)、管理與系統(TSSCI)、交大管理學報(TSSCI)、Multinational Business Review (SSCI)、Canadian Journal of Administrative Sciences (SSCI)、International Marketing Review (SSCI)、Journal of Business & Industrial Marketing (SSCI)、Asia Pacific Journal of Management (SSCI)、Journal of Management Research (ABI)、Journal of Service Science and Management、哈佛商業評論、商略學報、全球商業經營管理學報、多國籍企業管理評論、中原企管評論、管理研究學報、北商學報、明新學報、台灣經濟論衡、台灣銀行季刊、中小企業發展季刊等期刊。

Lu-Jui Chen is an Associate Professor in the Department of International Business, Ming Chuan University. He received his Doctoral degree in College of Management, Yuan Ze University, Taiwan. His main research areas include International Enterprise Theory, Subsidiary Development and Internationalization Strategy. His research papers have been published at Journal of Management (TSSCI), Management Review (TSSCI), Journal of Management and Systems (TSSCI), Sun Yat-Sen Management Review (TSSCI), Organization and Management (TSSCI), Chiao Da Management Review (TSSCI), Multinational Business Review (SSCI), Canadian Journal of Administrative Sciences (SSCI), International Marketing Review (SSCI), Journal of Business & Industrial Marketing (SSCI), Asia Pacific Journal of Management (SSCI), Journal of Management Research (ABI), Journal of Service Science and Management, Harvard Business Review and others.

姚佳均為銘傳大學國際企業學系碩士，現職為統一數網股份有限公司行銷企劃。

Chia-Chun Yao is Master of International Business at Ming Chuan University. Now Yao is a Project Executive working in the Presco Netmarketing, Inc.