

數位學習在技職教育的研究現況 及趨勢分析

徐新逸 郭盈芝

本研究分析全球技職教育應用數位學習的研究現況與議題。採用書目計量法並透過 VOS 科學製圖工具，分析 1980~2020 年 10 月間的期刊、研討會論文、書本及書本章節等 4 類文獻，共 3,584 筆資料，進行 4 種層次篩選出關鍵文獻進行分析。結果顯示：一、全球數位學習在技職教育的研究趨勢自 1997 年起明顯呈 3 倍成長；二、全球關注數位學習在技職教育議題之國家可分為 7 個研究叢集；三、6 個叢集中，各國研究議題的類別在教學部分多於科技；四、在技職教育領域中，6 個叢集中的各國均重視高等教育之應用及混成學習；教學議題的共同關鍵字為課程發展、教學法、合作學習及終身學習；五、臺灣研究議題多集中在「支持科技」與「學習科技」；教學設計偏重遊戲式學習、學習風格及學習鷹架，內容多屬於 STEM 領域。文末提出臺灣技職教育推動數位學習之建議，以作為後續發展與應用之參考。

關鍵詞：數位學習、技職教育、技術與職業訓練、書目計量法

收件：2020年8月3日；修改：2020年11月9日；接受：2021年1月14日

Use of Digital Learning in Technical and Vocational Education and Training: A Systematic Review of Research and Applications

Hsin-Yih Shyu Ying-Chih Kuo

Through the use of bibliometrics and VOS scientific mapping tools, this study examined the relevant literature on the application of digital learning in technical and vocational education and training (TVET) worldwide, and analyzed the current situation and popular research topics. The results revealed the following: 1. The number of annual papers published worldwide on digital learning in TVET tripled between 1980 and October 2020, and a total of 3,584 data points were analyzed. 2. The focus of global research on digital learning could be divided into seven clusters. 3. More studies focused on teaching than on science and technology. 4. Countries in six clusters all attached importance to the application of blended learning in higher education. Curriculum development, pedagogy, cooperative learning, and lifelong learning were the common themes of teaching topics in various countries. 5. Research topics in Taiwan focused more on the categories of “enabling technologies” and “learning technologies”; Taiwan’s research on instructional design focused on game-based learning, learning styles, and scaffolding theories, and research on instructional content focused mostly on science, technology, engineering, and mathematics fields. In this paper, some suggestions are provided for promoting digital learning in Taiwan’s TVET, potentially serving as a reference for future development and application.

Keywords: digital learning, vocational education and training (VET), technical and vocational education and training, bibliometrics

Received: August 3, 2020; Revised: November 9, 2020; Accepted: January 14, 2021

壹、前言

網路與通訊科技發展精進且快速，帶動資訊與通訊科技（information and communication technology, ICT）技術持續推進，在 1997~2006 年間，電腦、網路及數位設備開始被廣泛在教育或是學習上使用，而數位學習（digital learning）或是線上學習（on-line learning）則從 2007 年開始隨著網路技術及速度的推進，不斷開發出不同的學習模式。2016 年號稱虛擬實境（virtual reality, VR）元年，伴隨虛擬技術的普及，讓學習環境進入另一個新的模式，VR 的應用也積極地融入到教育、教學、培訓等各個應用領域（Boulton et al., 2018; Muñoz-Cristóbal et al., 2017）。2017 年臺灣正式進入人工智慧（artificial intelligence, AI）元年，科技部持續投入 160 億臺幣，從多元面向打造臺灣 AI 創新生態環境，並逐步建立相關研發平臺與服務，以支持學術研究界的 AI 領域創新研究計畫。此外，近年來和職業教育有關的「工業 4.0」（Industry 4.0）一詞，最早在 2011 年被提出，且在 2013 年德國政府已將其納入「高科技戰略 2020 行動計畫」（High-Tech Strategy 2020 Action Plan）的十大未來計畫，並投資 2 億歐元，期使德國持續在全球的製造方面保有優勢，如今工業 4.0 幾乎成爲全球產業升級的共識。2020 年 7 月起臺灣各大電信業者皆宣布「第五代行動通訊網路」（5th generation mobile networks, 5G）開臺，臺灣 5G 在 2020 年正式進入商轉。隨著新興科技演化快速，教育科技成爲一門複雜且兼顧新興科技特性與教學需求之專業組合。然而，多數學校卻常把重點放在設備和網絡上，而沒有清楚地看到科技對課堂教學的影響；亦有一些學校對基礎設施的規劃不足，科技使用反而限制了學生的學習潛力。Schrum 與 Sumerfield（2018）提到，根據美國最佳應用教育科技的示範學校經驗，大多數的校長與教師皆認爲教育科技是一個相互關聯的支持系統，包括：科技工具、教師教學及學生學習。由此可見，數位學習不能只強調科技層面，教學也是重要關鍵之一。

所有教育相關產業的共同目標都是爲了提高學生成就，並讓學生爲成爲世界公民做好準備，上述兩個目標是所有教育工作者列爲最優先的考慮。所以，學生對於數位學習的流暢性不僅僅是了解如何使用科技，更需要以漸進的方式來改變學習方法，並學習文化的轉型（Becker et al., 2018）。因此，在數位時代的公民養成教育中，培養學生具有數位素養及應用數位科技結合教學領域是同等重要的。尤其，職業教育與職業培訓的課程不僅關注與工作相關的任務和活動，還牽連一般的基本生存能力，例如，學習、解決問題、批判性思維、創新和因應變革，學生必須做好應對未來的準備。隨著科技演化，教育工作者宜力求增長他們對於科技素養的知識、技能和創造力，並以科技爲工具來開發新產品和新工藝。

爲此，本研究以教育科技的觀點出發，由工業 4.0 的脈絡與數位素養的需求來探討技術與職業教育（以下簡稱技職教育）應用數位學習之趨勢，並依據 *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition* 分成 7 類教學科技（Becker et al., 2018），檢視全球技職教育應用數位學習的相關研究及分析其研究現況與議題。採用書目計量法（bibliometrics）及透過 VOS 科學製圖工具，從最大的文獻搜尋引擎“Scopus”選取 1980 年至 2020 年 10 月期間，採用 4 類文獻共 3,584 筆資料爲分析對象，並針對研究問題進行層次篩選，探討目前數位學習在技職教育的應用狀況、研究趨勢、研究主題及焦點議題，以作爲後續臺灣技職教育發展數位學習相關教學應用之參考。

貳、文獻探討

一、技職教育的本質與影響因素

技職教育是「技術教育」及「職業教育」的組合語，英文則用“Vocational Education and Training”（VET）或是“Technical and Vocational Education and Training”（TVET），係指使用正規、非正規和非正式學

習方式，為就業提供知識和技能的教育和培訓。技職教育已成為各國政府尋求促進經濟繁榮及社會公平的主要途徑，世界銀行（World Bank）最近的一項研究發現，各國政府已經意識到新增的職能培訓需求，促使公部門大量投入技職培訓。各國政府的應對措施是擴大職業教育和培訓的投入，改革學校職業教育和培訓的規劃、協調和實施技職訓練之管道。他們認為技職培訓系統可幫助失業的年輕人和老年工人找到工作，如此可減輕高等教育負擔、吸引外資以及保證收入和就業的快速增長，並可減少貧富不均等的情況。為了因應快速變化的需求，改革技職教育制度或設計新的制度已成為各國政府和機構決策者的施政重點，主要目標是改善技職教育的學習機會，特別是一些已就業、失業、正在尋找第一份工作，或是由於經濟、家庭或其他限制而無法參加培訓的人。然而，各國決策者面臨的共同的挑戰還有如何提高技職教育之質量，以滿足職場不斷變化而須因應、加強員工職能的需求（World Bank, 2020）。

技職教育的主要目標在培育技術人力，以促進國家經濟建設發展。聯合國教育、科學及文化組織（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2016）提出《2016~2021 技術及職業教育與訓練策略》，強調未來技職教育不應只是在各領域實作技術之教導，更須培養學生可以進行技術改良、擁有創業家的精神，以及對未來世界的想像等，期能以創造新職業作為目標，促進產業邁向創新發展。而針對技職教育之實施，根據教育部修訂之《技術及職業教育法》（2019）分為：「職業試探教育、職業準備教育、職業繼續教育」（第3條）。試探教育為高級中等以下學校開設或採融入式之職業試探、生涯輔導課程，提供學生職業試探機會，建立正確之職業價值觀。而為職能基準銜接並且為學校或職業訓練機構開設課程之技職教育，則分為3級：高級中等職業學校（以下簡稱高職）、專科學校（以下簡稱專校）及科技大學／技術學院（以下簡稱高教技職）。這3級各有其教育目標，高職以教授青年職業智能，培養職業道德，養成基層技術人員為宗旨；專校以教授應用科學與技術，養成實用人才為宗旨；高教技職則在培育高級實用專業技術人才為宗旨（吳清山、簡惠閔，2008）。而世界銀行將技職教育

分爲3類：學校職業教育、職前培訓和在職培訓（Gil et al., 1998），此3類的人口比例中，學校職業教育在許多國家皆占有很大的比例，並偏重實體教學。而對後者兩個群體，數位學習或是遠距教育則是常被應用的有效策略。Wilson（2019）提出影響全球經濟和勞動力市場的變化有三大因素：全球化、科技和人口消長（demography）。隨著前瞻科技的快速發展及工業4.0理念全面引入，勞動力市場的培力計畫迫切需要具備現代化和迅速因應職場變化的知識、技能和能力；因此，尋找有效的培訓方法以加強與工作的連結，成了教育政策和企業投資者共同不變的一項特點，而數位學習的理念、方法和技術，正是提供培訓和體制之利器。

德國政府於2011年推動高科技計畫，首度提出「工業4.0」一詞，稱爲「第四次工業革命」（fourth industrial revolution），亦可稱爲「生產力4.0」。工業4.0將影響人類所有生活運作習性，以及相應的工作能力和技能要求。人類活動也爲了因應工業4.0的先進科技得和新技能結合，必須提高自己的能力甚至創造新的工作價值觀，例如，研發、設計、構思、行銷和服務等。在這種情況下，勞動力市場勢必需要重組，在短期內，中等技能工作將減少或經歷重大變化；而長期來看，高技能和低技能的工作也會減少、被取代或改變（林曉嬋，2019）。麥肯錫全球研究院（McKinsey Global Institute）研究指出，在自動化浪潮下，美國40%工作會在10年內消失，18~34歲年輕族群的工作受到的影響將會最大。雖然，至2030年爲止，職業全面自動化不會達5%，但仍有近60%的職業將面臨至少30%工作任務會被自動化取代的可能，而屆時全球將有0.6~3.75億個工作者被迫轉換新工作（林曉嬋，2019；Manyika et al., 2017）。因此，目前值得關注的是，一個翻新的勞動力市場將創造新的就業機會，而教育應該清楚地傳達我們未來社會和職業的變化，從工業4.0的概念開始，教育應該讓學生了解產業巨大轉變帶來的影響，且必須從原始的教學模式就開始改變。

若將工業4.0的概念延伸應用在教育的場域，則「教育4.0」的定義，應該就是以工業4.0所需要的人才與方式，來建構未來教育環境，並對

「人才培育」、「學校教育制度與環境」、「課程、學習與教材教法」等實施策略進行修正（徐新逸，2019）。新的數位技術若延伸到教育應用，例如：3D 列印、虛擬實境、擴增實境（augmented reality, AR）、自動化／機器人／智慧教室、模擬、系統整合、物聯網（internet of things, IoT）、資訊安全、雲端運算、大數據（big data）等，亦可藉以評估師生教學需要，進行有效管理與滿足多元需求。目前在臺灣教育部相關計畫所引領的智慧教室、智慧校園、智慧實驗室、智慧學校課程與教學的變革，皆成為教育 4.0 實務推動與立論之重要依據；然以技職教育發展相當成熟的德國或是其他國家，在工業 4.0 的背景下其數位學習之應用與研究現況如何，則有待探究。

二、國際數位化政策與技職教育之關係

歐洲聯盟（以下簡稱歐盟）於 2016 年成立「數位能力與就業聯盟」（Digital Skills and Jobs Coalition），開始啟動“eSkills for Jobs 2016”計畫。當時歐洲仍有 50% 以上的公民不具備相關的數位技能，eSkills 計畫的主要目標是期待至 2020 年為止，可解決 756,000 名資通訊專業人才短缺的問題，並推展數位技能。eSkills 亦預期未來 90% 的工作，如工程、會計、護理、醫學、藝術、建築等，都需要具備數位技能（European Commission, 2016）；因此，eSkills 於 2016 年起在歐盟各國展開了大規模的人才培訓工作。除此之外，歐盟以“Schoolnet”聯合各國推動 STEM 教育，整合各國教育資源，包括師資培訓、共用教材、大量運用 Open Source 提供開放課程、協助歐盟各國加速推動各項 STEM 計畫，包括 STEM Alliance、SCIENTIX、EU STEM Coalition 等。在歐盟中，英國積極以人才發展政策來面對數位經濟時代的來臨，由 K12 及大學領域以推動 STEM 教育及學校體系之人才扎根為重點，而其就業機制則以大規模實務培訓，協助學生及就業者取得各種數位化專業技能（digital skill）證照，順利進入數位經濟產業職場就業為重點，並結合產、學、研各界資源合作推動（廖肇弘，2017）。近年來，歐盟更積極推動數位轉型策略，歐盟執行委員會已於 2018 年 6 月提出「數位歐洲計畫」（Digital

Europe Programme) 提案，以確保歐洲在全球數位經濟的領先地位，並於 2021 年 1 月 1 日正式啟動。「數位歐洲計畫」目標是希望加速歐洲企業部門及政府部門廣泛運用數位科技，推動社會和經濟轉型，進而為歐洲公民及產業帶來更大的效益。2021~2027 年「數位歐洲計畫」聚焦於五大重點領域：高效能運算、人工智慧、網路安全與信任、數位技能，以及確保在經濟與社會中廣泛使用數位科技。其中數位技能領域將擴大長期和短期的培訓課程及在職培訓，確保勞動力能透過培訓養成當前和未來數位轉型所需之先進數位技能，提高就業能力 (DIGITALEUROPE, 2018)。

德國的職業教育領域為全球標竿，近年來為因應全面數位轉型趨勢，亦啟動了學習與評量工具數位化發展的走向。2019 年聯邦教育研究部 (Federal Ministry of Education and Research, BMBWF) 與聯邦職業教育研究院 (Federal Institute for Vocational Education and Training, BIBB) 共同啟動了為期 3 年，名為“ASCOT+”的轉譯計畫；ASCOT 為 Technology-based Assessment of Skills and Competences in VET 的縮寫，意指職業教育專業技能的科技化評量。而在 2011~2015 年執行完畢的 ASCOT 計畫成果，包括為 6 個職業項目建置職能模組及可檢測受訓生職能程度的 800 個電腦測驗任務題，並轉譯到實務應用，達到鼓勵受訓生職能發展及協助評量之目的 (Bundesministeriums für Bildung und Forschung, n.d.)。

澳大利亞政府於 2015 年展開 2016~2026 年國家 STEM 學校教育戰略計畫，側重於基礎技能，並以數學、科學和數位素養，及促進問題解決、批判性分析和創造性思維能力為主，該計畫旨在面對未來社會變遷並改進現行 STEM 教育。澳大利亞政府認為，高品質的科學、科技、工程和數學教育對當前和未來的生產力以及個人決策和有效的社區、國家和全球公民養成教育至關重要。澳大利亞政府特別加強推動程式語言與軟體應用能力，並確保學生有解決問題的能力和批判性思維及推理能力，以適應未來數位化世代的高階工作；同時，對外將改變簽證制度，以吸引更多來自海外的創新企業和研究人才 (Australian Government, 2015)。

反觀國內的情形，教育部因應資訊與通訊科技技術和工業 4.0 之變革，亦積極推動建立校園數位科技教學計畫，於中小學與高中職推動數位學習深耕計畫、行動學習與自主學習計畫。並在教育部前瞻基礎建設計畫下，補助各級學校校園數位建設之「營造智慧學習教室計畫」。針對高中職學校，教育部國民及學前教育署自 2018 年起透過前瞻基礎建設計畫推動「普及高級中等以下學校新興科技認知計畫」，在全國建置 10 所區域推廣中心與 45 所促進學校，提供師生動手實作、設計與創造科技工具及資訊系統的場域空間，並成立跨校技術教師團隊與舉辦研習，鼓勵學生善用科技提升學習成效，也增進未來的競爭力（教育部國民及學前教育署，2020）。各區域推廣中心皆有不同新興科技特色主題，包含：擴增實境、虛擬實境、人工智慧、物聯網、大數據、智慧機械、綠色能源等，例如，北部地區推廣中心——臺北市立永春高級中學，其主題特色為跨領域沉浸式體驗學習，以「AI 人工智慧」、「ADAS 先進駕駛輔助智慧機械」、「AR/VR 擴增和虛擬實境」三大主軸做亮點推廣，並與臺北市環境教育中心及國立科學教育館合作，開發新興科技課程、教案及展覽，也打造「AIOT 智慧教學場域」及移動式的「Smart Life 智慧柑仔店」，提供豐富的新興科技體驗。上述教育 4.0 的新興科技應用，在國內教育部的推動下，已開始融入於高職教育中。

針對高教技職部分，教育部技術及職業教育司在 2013 年推動「第二期技職教育再造計畫」，投入 202 億餘元，強調技職教育體系的就業銜接目標，引導各級學校更新教學設備（技術及職業教育司，2013）；2017 年推動「教育部優化技職校院實作環境計畫」，引導技術教育學校建立跨院系實作場域、產業菁英訓練基地，以培養類產業環境人才（教育部優化技職校院實作環境計畫補助要點，2020）。可見在技職教育體系當中，以就業銜接為導向的目標下，各項資源投入多為類職場的環境建置，但對於數位學習硬體設備的資源投入並不明顯。此外，高等教育司為推動各專業領域發展人文及科技教育，於 2007 年訂定《教育部補助推動人文及科技教育先導型計畫要點》（2021），投入基礎科學教育、應用科技教育、人文社會科學教育及跨領域教育等科技計畫推廣事項

(第2點)。另因應全球社會及產業數位化與智慧化發展趨勢，於2018年推動「數位學習深耕計畫」，其中在大學分項推動「教育部大學深化數位學習推動與創新應用計畫」，為期4年，期能透過計畫的資源支持，推動大專校院建立數位學習各項作為邁向機制化、常態化，協助大專校院逐步發展出數位學習經營模式，進行國際間課程交流，拓展臺灣數位學習之能量。推動迄今共有12所大學參與，但僅有3所為科技大學（教育部數位學習深耕計畫，無日期），可見在科技大學及技專院校的數位學習推動上，硬體投入及軟體開發仍較未明顯受到重視。

基於上述的全球趨勢與各國政策，歐盟在數位經濟的目標下，致力於技職教育的數位化，並於培養數位技能方面最為積極。德國、英國與澳大利亞等均重視學用合一，並主張數位素養與STEM教育之重要性。而我國行政院亦持續積極推動相關數位政策，如「數位國家·創新經濟發展方案」、「5+2產業創新計畫」、「臺灣AI行動計畫」等計畫，期能帶領臺灣產業突破發展僵局，藉由科技驅動下一波的經濟成長。而在此波計畫下，我國技職教育相關研究和應用可否與全球數位轉型趨勢及臺灣數位國家計畫配合，亦需要持續關切。

三、數位學習的內涵及其對技職教育的重要性

近幾十年來，數位學習已成為高等教育、職業培訓和中小學各級教育的重要學習和教學模式（Gros & García-Peñalvo, 2016）；然而，數位學習並不是一種新的知識轉移方法，而是使用新媒體來傳遞資訊。圍繞著數位學習的理論，主要集中在如何利用科技來提高技職教育的效率。許多公司和技職學校對數位學習寄予厚望，因其允許學習者決定學習的時間、地點和節奏（Huchthausen & Droste, 2014）。因此，數位學習的主題具有當前和未來的相關性。除了為教師和學習者提供時間和空間上的靈活性外，在學習過程中使用科技媒體有助於提高學習動機及學習成效，並可降低培訓成本。數位學習的概念與名詞使用，隨著科技工具發展也正在演化中，其同義詞如：數位化學習（e-learning）、線上學習、遠距教學、網路教學、行動學習等。資訊和通訊技術的迅速發展創造了

新的相應詞彙，由此產生了大量的概念。根據 Bloh 與 Lehmann（2002）的研究，數位學習是各種虛擬化教學和教育提供的集合術語；Schneckenburger（2009）則將數位學習定義為使用數位媒體進行學習。這兩個定義的區別主要在於「虛擬化」和「數位化」兩個詞。Belaya（2018）認為，數位學習一詞並不是一種統一的學習或教學形式，而是針對使用線上媒體的各種教學場景的集合術語。綜合以上說法，數位學習是所有基於媒體學習的集合術語，包括基於數位網路和基於虛擬環境的學習。這些定義都有一個共同點：數位學習不是一種獨立的概念，而是一種包含學習形式、策略或方法的組合呈現方式。

許多國家利用這股「數位學習熱」來提升學校教育與職訓水準。臺灣在 2004~2012 年間，行政院投入數位學習國家型計畫及數位典藏國家型計畫，促使各級學校、公私機構、培訓單位和補教業等皆積極參與數位學習。期間不僅建立企業平臺、設計數位教材和課程與普及各類數位教材，經濟部與教育部亦分別設置數位教材認證規範，結合各種職業教育，確保有品質的數位教材設計。歐盟執行委員會也早已將數位學習列為其政治議程的首要任務，呼籲對教育和培訓系統進行調整，以應對這一挑戰。e-learning 和 Web 2.0 科技有助於教育和培訓實現這一目標，將資訊和通訊技術納入教育過程中，以此作為變革的槓桿，以提高教育的品質、便利性、多樣性和有效性（Arh et al., 2010）。

本研究欲探討之「數位學習」關鍵的兩個重要標的為：「數位」及「學習」。「數位」代表技術應用層面，根據 *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition* 提供之 7 類科技技術、工具和策略（Becker et al., 2018）。此分類提供一種方法來說明科技成為與學習和創造性探究相關的發展途徑，這些類別亦提供我們教育創新的想像與實踐，說明如下：

（一）消費者科技

是為娛樂和專業目的而創建的工具，至少在最初階段並未設計用於教育用途。但它們可以作為學習輔助工具，且非常適合在大學中使用。

由於多數人已經在學校外的環境中使用它們，也促使這些科技得以進入學校。例如：無人機、即時通訊工具、機器人及穿戴科技等皆屬之。

（二）數位學習策略

與其說是科技，不如說是科技融入教學方法。它們是使用設備和軟體來豐富教育的內容與學習的方法，無論是在校內還是在校外。有效的數位學習策略可用於正式和非正式的學習，不僅提升學習趣味，也強化學習興趣、深化有意義的學習。例如：遊戲和遊戲化、智慧定位服務、創客中心、全腦仿真及保存和保護科技等。

（三）支持科技

是指有潛力改變我們目前對設備和工具期待之科技。這類科技與學習的連結不那麼明顯，但技術創新是其賣點，可擴大科技應用的影響範圍。例如：情感計算、分析科技、人工智慧、動態頻譜和電視白空間、電震動、軟性顯示器、媒體製作科技、網狀網絡、移動寬帶、自然用戶界面、近距離通訊、開放硬體、軟體定義網絡、語音轉換、虛擬助手、無線電源等。

（四）網絡科技

包括幫助製造這些科技的技術科技和必要的基礎設施，此類幫助我們與網路有效互動且更容易使用。例如：文獻計量學和引文科技、區塊鏈、數位學術研究科技、物聯網、下一代 LMS 及聯合工具等均屬之。

（五）學習科技

包括專門為教育部門開發的工具和資源，以及可能與之匹配的其他用途工具，且有助於學習的策略。這些科技正在改變學習環境，無論是正式的還是非正式的，透過它們更易於使用者訪問和個性化。例如：自適應學習科技、微學習科技、行動學習、在線學習及虛擬和遠程實驗室等。

（六）社交媒體科技

此類本可歸屬於消費者科技的範疇，但是它們過於普遍且高度廣泛使用在社會各個方面，因此可獨立成爲一個類別。因其快速發展，所以在學習上可產生創新應用工具和發展。例如：群眾外包、在線身分、社交網絡及虛擬世界等。

（七）視覺化科技

從簡單的資訊圖示到複雜形式的視覺化數據分析。它們的共同點在於它們可促進大腦快速處理視覺資訊的能力、識別圖形模式和感知順序複雜的情況。這些科技對於處理大數據的功能正與日俱增，並可探索動態過程，致使複雜的任務變得更簡單易懂。例如：3D 列印、地理信息系統／製圖、信息視覺化、混合實境、視頻牆及虛擬實境等。

EDUCAUSE 每年度出版的 *Horizon Report* 已被視爲長期性且探討新興科技在教育應用趨勢分析之重要依據。在 2018 年的報告中，提出 5 年內興起應用的 6 個教育科技發展，分別爲：分析技術、創客空間、適性學習技術、人工智慧、混合實境及機器人。這 6 個分屬於 7 種類別內的支持科技、消費者科技、學習科技及視覺化科技，這也顯示出這 4 類科技的日趨普及（Becker et al., 2018）。面對工業 4.0 興起與強調數位素養的重要性之際，數位學習不宜只強調技術而已，更須回應教學的本質與需求。數位學習若從教學與科技技術層面來解釋，「教學」是指教師在教學前建立教學目標、核心能力與課程設計，並於教學過程中應用教學原理、教學方法、教學設計，及運用評量與學習資源來輔導學生，以達到預定教學目標的教學行爲。張春興（1989）強調任何教學均包含四大要素：1.教學目標：期待學生學會的知識技能或態度觀念；2.確定起點行爲：教學前分析診斷學生已具備的起點行爲或具備學習新課程的條件；3.設計教學過程（含教學方法）：採用何種方法才能改變學生行爲，使之朝預期方向發展；4.教學評鑑：評量學生學習效果。因此，有效「教學」之面向包含：對象、教學內容及教學設計。「教學」首重對象分析，分析範圍涵蓋學生特質、學齡（學制）、先備知識以及可能影響學習的

社會文化或居住環境等。「教學內容」是指要求學生系統學習的知識、技能和行為經驗的學科與其總和，又稱學科或學習領域。「教學設計」則是根據教學目標並考量對象的特性，以既定的教學內容來規劃教學活動及課程，並評鑑成效，以確保教學效益。

工業 4.0 影響了人類所有生活運作習性，而對相應的工作能力和技能要求，連動了技術與職業教育的變革浪潮。在文獻探討中，工業 4.0 及國際數位化政策，交織出數位學習在技職教育的重要性；在此背景下，期能透過分析各國的研究現況及趨勢，從重要議題中找出可複製的成功經驗及仍待開發的議題，以作為臺灣數位學習在技職教育上可持續關注及著力的重點，期使臺灣的發展與國際步伐同趨。

在上述背景下，本文將透過書目計量法，探討目前數位學習在技職教育的應用狀況、研究趨勢、研究主題及焦點議題為何，從而了解目前數位學習在技職教育的研究現況及趨勢，進而提出臺灣技職教育在推動數位學習的研究方向。

本文將回答下列研究問題：（一）全球數位學習在技職教育應用研究之相關增長情形為何？（二）各國數位學習在技職教育應用之研究類別及研究議題為何？（三）臺灣數位學習在技職教育應用之研究類別及研究議題為何？

參、研究工具與方法

書目計量法或稱為書目計量學，是以文獻的書目、目錄和主題為對象，透過統計、數學和邏輯方法，對文獻的結構、數量、內容、方法及結果等進行量化分析，藉由結構性的搜尋及定義研究標的後，從統計結果進行資料趨勢討論及分析。

一、搜索標準與定義來源

Scopus 是全世界最大的摘要和引文資料庫，在文獻檢索方面具有很高的權威性（曹瑞雪等人，2019）。王繼紅等人（2018）探討入選

Scopus 引文資料庫對提高科技期刊傳播力的作用，發現入選 Scopus 資料庫可以加強期刊的傳播力和規範性的建立，也建議期刊應積極且合理的利用 Scopus 資料庫各項功能來提升學術影響力。Martín-Martín 等人（2018）探討最常被研究者使用的搜尋引擎 Google Scholar、Web of Science 和 Scopus，發現 Google Scholar 的引用率最高（93%~96%），其次是 Scopus（35%~77%），再來為 Web of Science（27%~73%）。但 Google Scholar 搜尋結果有 48%~65% 的引文來自非期刊來源，包括論文、書籍、會議論文和未發表的資料。談小龍等人（2019）也以 Scopus 引文資料庫為基準，探討科研合作對產出質量的影響，可見 Scopus 檢索及其權威性已受認可。因此，本研究採用具代表性且涵蓋範圍最大的索引摘要引文 Scopus 資料庫進行資料搜索。

兩個重要關鍵字「技職教育」及「數位學習」在英文上皆有許多不同用詞，為能有效涵蓋欲分析的文獻，在 Scopus 資料庫以“information communication and technology”、“ICT”、“e-learning”、“digital”、“on-line”、“distance”、“internet-based”、“web-based”代表「數位學習」關鍵字，以“vocation* educat*”、“vocation* learn*”、“vocation* train*”、“vocation* teach*”以及“tech* educat*”、“tech* learn*”、“tech* train*”、“tech* teach*”代表「技職教育」關鍵字，有效時間範圍自 1980 年至 2020 年 10 月為止，進行文獻資料檢索，共有 3,876 筆文獻資料。其中文獻類型有“Article”、“Book Chapter”、“Book”、“Conference Paper”、“Review”、“Editorial”及“Article in Press”等多種型態，各類型文章均有其不同的貢獻度，但為提升文獻分析的嚴謹度，在文獻類型分析時，以文章之完整性為考量，僅以“Article”期刊（1,730 筆）、“Book Chapter”書籍章節（214 筆）、“Book”書籍（36 筆）及“Conference Paper”研討會論文（1,604 筆）等 4 種文獻類型共 3,584 筆資料作為分析對象，如圖 1 所示。

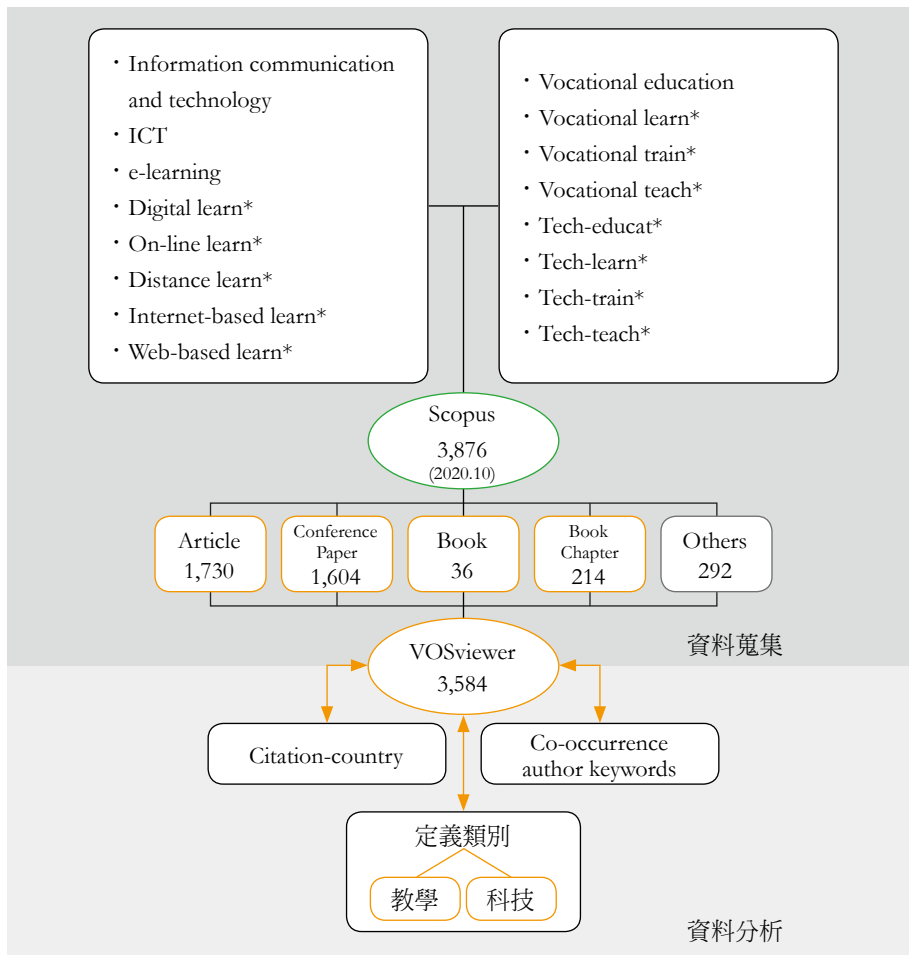


圖 1 分析架構流程圖

二、資料分析

書目計量法是一種傳統複習方法的補充工具，透過資料分析，可以向研究人員提供關於研究領域的有用資訊，例如，在該領域重要的出版品和作者為何？該領域研究發表的地理結構如何？各國家研究的趨勢與方向如何？這些內容可為結構化文獻評論提供額外的資訊。此外，與結

構化文獻綜述相比，科學製圖具有更宏觀的角度，傳統文獻綜述提供了深度，而書目計量方法可以處理數百至數千研究的廣泛範圍。

VOS 科學製圖是一種書目計量法的工具，採用了幾種資料分析方法，如簡單的描述性統計用於描述文獻的基本「時間與空間」特徵（如大小、地理分布、主題分布）和知識庫的動態（如時間序列分析）（Hallinger, 2018a, 2018b; Hallinger & Bryant, 2013）。在此類基於距離的視覺化地圖的呈現，是以兩個項目之間的距離反映項目之間的關係強度，較小的距離通常表示較強的關係，強關係會將項目聚集成一個叢集關聯（cluster）。叢集不需要完全覆蓋地圖中的所有項目，可能存在不屬於任何叢集的項目（Van Eck & Waltman, 2010, 2013, 2017），VOSviewer 是免費的科學製圖軟體，可轉納分析來自線上資料庫的數據，本研究採用該軟體 2020 年 4 月公開發布且穩定的 1.6.15 版本，以提供相關研究者參考採用（Van Eck & Waltman, 2020）。

資料分析過程中，主要採用“Citation-country”及“Co-occurrence”等兩項分析功能，透過 Citation-country 可檢視 3,584 篇文獻來自哪些國家的發表，並探討這些文獻之間的相互引用強度及分布叢集情形。將文獻依據叢集情形分類後，再次以 VOSviewer 之 Co-occurrence 功能進行資料分析。Co-occurrence 可分析文獻關鍵字之間的關聯性，藉以了解各文獻的研究議題；其中又可以「所有關鍵字」（all keywords）、「作者關鍵字」（author keywords）、「索引關鍵字」（index keywords）進行分析，作者關鍵字是指該文獻作者自行定義的關鍵字，而索引關鍵字是由出版社所定義的關鍵字。為能忠實呈現關鍵字與該文獻的密切性，本研究採用作者關鍵字進行分析。

為回答研究問題，在資料分析階段，研究者以科技及教育兩大類別為主軸，分別定義各關鍵字的類別歸屬，定義如表 1。由兩位研究者分別以定義表將各關鍵字進行分類，並由另兩位教育背景專家進行確認，以降低因研究者衡量產生的類別定義誤差，提高類別定義信度。

表 1 類別定義表

類別	議題	定義
教學	教學對象	該關鍵字係指學習者
	教學設計	涉及教學方法、教學策略、評鑑等屬之
	教學內容	指要求學生系統學習的知識、技能和行為經驗的學科與其總和，學科或學習領域均屬之
科技	支持科技	指有潛力改變我們目前對設備和工具期待之科技
	視覺化科技	將資料或內容轉換或以圖示的視覺化呈現之科技
	消費者科技	是為娛樂和專業目的而創建的工具，至少在最初階段未設計用於教育用途
	學習科技	專門為教育部門開發的工具和資源，以及可能與之匹配的其他用途的工具並有助於學習的策略

肆、數位學習在技職教育的研究現況

本節說明分析的結果，結果的呈現與 3 個研究問題相契合。

一、全球數位學習在技職教育的研究趨勢自 1997 年起明顯呈 3 倍成長

在前述搜尋條件下的 3,584 筆文獻當中，最早為 1980 年 4 篇分別探討醫學、生物、太空遙測及農村職業訓練的文獻，接著一直到 1996 年都維持在 10 篇以內的文章量，在數位學習與技職教育領域的議題並不熱門。1997 年起開始明顯逐年增長，2007 年文獻數破百來到 114 篇，到 2019 年已成長超過 3 倍達 353 篇，而 2020 年至 10 月發布的文章已有 303 篇（如圖 2），可見此領域的議題仍維持一定的熱度。

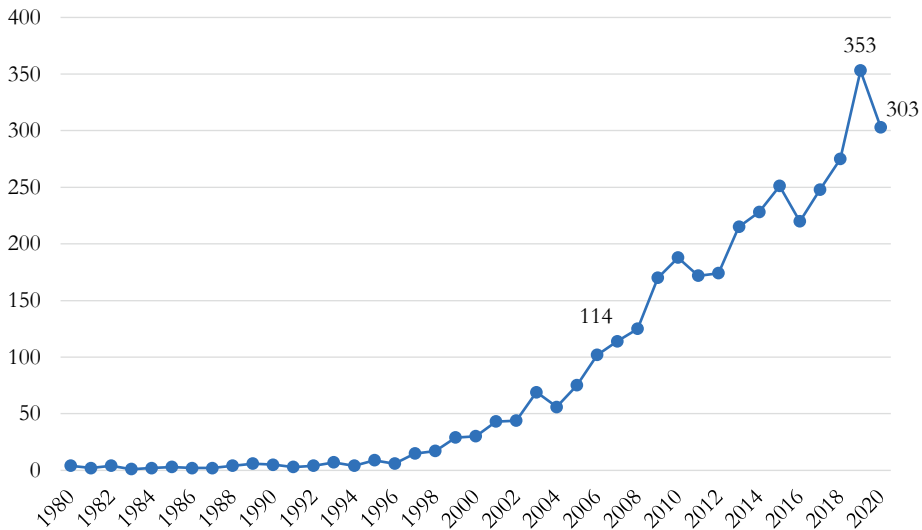


圖 2 數位學習在技職教育的文獻增長情形

二、全球關注數位學習在技職教育議題之國家可分為 7 個研究叢集

本研究主要 3,584 篇目標文獻來自 210 個國家，發表技職教育數位學習之相關應用平均 17.1 篇，發表文獻數超過平均數（至少 18 篇）的有 44 個國家，其發表文獻數、引用次數、相互引用強度及叢集結果如表 2。各國之間相互引用的關聯強度（total link strength）代表該國發表文獻與其他國家相互引用的關聯性程度，叢集代表國家之間相互引用的關聯性程度較高而形成一個叢集。44 個國家之間相互引用的關聯性程度可分為 7 個叢集，同一個叢集代表各國家之間文獻互相引用關聯性較高，研究主題與領域也較為接近。其中，美國、英國、中國、德國、澳大利亞發表文獻超過 177 篇，居前 5 名，此與該國積極推動數位化政策有關聯。而日本、葡萄牙、匈牙利、捷克、斯洛伐克、墨西哥、烏克蘭及挪威等 8 個國家，發表文獻在 22~43 篇之間，被引用的次數在 32~174 次之間，但因為這些被引用的來源國家較為分散或多為該國內部引用，未與其他國家產生明顯連結，因此未有分類之叢集編號。後續討論將以各叢集當中文獻數量最多者代表該叢集。

表 2 各國文獻發表情形

國家	文獻篇數	引用次數	叢集	排名前 10 的關鍵字
英國	263	2,074	1	blended learning, pedagogy, collaborative learning, mobile learning, assessment, robotics, higher education, virtual reality, automation, lifelong learning
德國	196	825	1	
希臘	99	317	1	
義大利	63	313	1	
法國	56	217	1	
瑞士	47	178	1	
波蘭	34	87	1	
中國	262	758	2	blended learning, higher education, innovation, curriculum, digital technology, lifelong learning, virtual reality, higher vocational education, moocs, network
澳大利亞	177	1,200	2	
荷蘭	83	766	2	
馬來西亞	74	224	2	
奧地利	45	325	2	
紐西蘭	38	100	2	
西班牙	161	664	3	higher education, blended learning, digital competence, teachers, educational technology, competence, digital economy, teacher education, digital literacy, engineering education
俄羅斯	117	187	3	
芬蘭	60	250	3	
羅馬尼亞	39	195	3	
愛爾蘭	26	153	3	
比利時	24	154	3	
加拿大	77	738	4	continuing professional development, curriculum, federation, health informatics, higher education, medical education, visir, blended learning, experiential, remote lab
南韓	41	275	4	
香港	37	371	4	
瑞典	34	353	4	
丹麥	21	118	4	

(續)

表 2 各國文獻發表情形 (續)

國家	文獻篇數	引用次數	叢集	排名前 10 的關鍵字
印度	117	406	5	india, mooc, blended learning, skill training, virtual reality, lifelong learning, technology enhanced learning, collaborative learning, higher education, lms
印尼	95	141	5	
土耳其	76	312	5	
泰國	34	67	5	
斯洛維尼亞	19	58	5	
美國	808	6,685	6	pedagogy, educational technology, professional development, blended learning, South Africa, curriculum, faculty development, digital divide, higher education, instructional technology
巴西	70	155	6	
南非	51	106	6	
奈及利亞	28	45	6	
臺灣	116	935	7	rule-space model, efficiency, blended learning, gamifying, intelligent learning recommender system, kelly repertory grid, learning style, mathematics education, relevance feedback, reliability
以色列	27	261	7	
哥倫比亞	18	35	7	
日本	43	94	-	雖發表文章數超過平均，但與他國之前互相引用的關聯性較弱，因此不與任何國家形成叢集。
葡萄牙	40	100	-	
匈牙利	29	120	-	
捷克共和國	27	32	-	
斯洛伐克	27	65	-	
墨西哥	24	106	-	
烏克蘭	23	89	-	
挪威	22	174	-	

三、各國研究議題於教學類別多於科技類別

引用關聯性的程度愈高，代表文獻之間的相關或相似性愈高，文獻當中的作者關鍵字亦代表該文獻的主要研究議題。為了解各個叢集國家主要的研究議題，分析各叢集國家所有文獻之關鍵字，扣除本研究在搜尋策略中的關鍵字（vocation* educat*, vocation* learn*, vocation* train*, vocation* teach*, tech* educat*, tech* learn*, tech* train*, tech* teach*, ICT, information communication and technology, e-learning, digital, on-line, distance, internet-based, web-based），7 個國家叢集文獻中出現最多的前 10 個關鍵字，代表國家叢集的主要研究議題，如附錄 1。

依本研究所定義之各國家叢集的關鍵字，以「教學」或「科技」為主要類別進行分類，當中僅有中國代表的序號 2 叢集及印度代表的序號 5 叢集之關鍵字在科技或教學研究議題不相上下，其餘多數國家在教學的關鍵字都多於科技關鍵字，如表 3。

在 70 個各國關鍵字當中，與教學相關的關鍵字出現 46 次，與科技相關的關鍵字出現 24 次，亦即在技職教育的數位學習相關研究當中，約 66% 的研究主要探討教學相關議題，約 34% 的研究議題與科技相關。

表 3 各國研究關鍵字議題類別分布數量

代表國家	教學	科技
1-英國	6	4
2-中國	5	5
3-西班牙	8	2
4-加拿大	7	3
5-印度	5	5
6-美國	8	2
7-臺灣	7	3
總計	46	24

在教學相關的研究議題中，依據關鍵字相近同義類別區分，又可分為「教學對象」、「教學設計」及「教學內容」等議題，與科技相關的研究議題中，依科技類別分類有「支持科技」、「消費者科技」、「視覺化科技」及「學習科技」等議題，如表 4。

四、在技職教育領域中，各國均重視高等教育之應用及混成學習；各國教學議題的共同關鍵字為課程發展、教學法、合作學習及終身學習；虛擬實境為備受關注的「視覺化科技」議題

(一) 在教學類別中，議題「教學內容」占 11 項、「教學對象」占 13 項及「教學設計」占 22 項，涉及「教學設計」的關鍵字議題占 48%，如表 5。可見「教學設計」的重要性已逐漸普及，此與 2020 *EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition* 所提及，在教育科技趨勢中教學設計是教育科技領域的重要核心相符 (Brown et al., 2020)。

表 4 研究議題類別及議題分布數量

教學	數量	科技	數量
教學內容	11	支持科技	4
教學設計	22	消費者科技	2
教學對象	13	視覺化科技	7
總計	46	學習科技	11
		總計	24

表 5 教學類別議題分布情形

議題	占比	關鍵字	代表國家
教學內容	24%	continuing professional development	4-加拿大
		curriculum	2-中國、4-加拿大、6-美國
		engineering education	3-西班牙
		faculty development	6-美國
		health informatics	4-加拿大
		mathematics education	7-臺灣
		medical education	4-加拿大
		professional development	6-美國
		skill training	5-印度
教學設計	48%	assessment	1-英國
		blended learning	1-英國、2-中國、3-西班牙、5-印度、6-美國、7-臺灣
		collaborative learning	1-英國、5-印度
		competence	3-西班牙
		digital competence	3-西班牙
		digital divide	6-美國
		digital literacy	3-西班牙
		efficiency	7-臺灣
		experiential	4-加拿大
		federation	4-加拿大
		gamifying	7-臺灣
		learning style	7-臺灣
		pedagogy	1-英國、6-美國
		relevance feedback	7-臺灣
reliability	7-臺灣		

(續)

表 5 教學類別議題分布情形（續）

議題	占比	關鍵字	代表國家
教學對象	28%	higher education	1-英國、2-中國、3-西班牙、 4-加拿大、5-印度、6-美國
		higher vocational education	2-中國
		india	5-印度
		lifelong learning	1-英國、2-中國
		south africa	6-美國
		teacher education	3-西班牙
		teachers	3-西班牙

（二）教學類別中最常被引用的關鍵字分別為“higher education”、“blended learning”、“curriculum”、“pedagogy”、“collaborative learning”及“lifelong learning”，其中“higher education”及“blended learning”均有 6 個叢集國家關注。

（三）在科技類別中，議題「學習科技」共 9 項，占比為 46%；「視覺化科技」共 5 項，占比為 29%；「支持科技」共 4 項，占比為 17%；「消費者科技」共 2 項，占比為 8%，可見在教學領域應用之相關研究仍以學習科技為主，詳如表 6。

（四）科技類別中最常被引用的關鍵字分別為“virtual reality”、“educational technology”及“mooc”，其中“virtual reality”在所有關注議題中比例達 13%，是逐漸受到重視的視覺化科技議題。

表 6 科技類別議題分布情形

議題	占比	關鍵字	代表國家
支持科技	17%	automation	1-英國
		innovation	2-中國
		kelly repertory grid	7-臺灣
		network	2-中國
消費者科技	8%	digital economy	3-西班牙
		robotics	1-英國
視覺化科技	29%	blended learning	4-加拿大
		lifelong learning	5-印度
		rule-space model	7-臺灣
		virtual reality	1-英國、2-中國、5-印度
		visir	4-加拿大
學習科技	46%	digital technology	2-中國
		educational technology	3-西班牙、6-美國
		instructional technology	6-美國
		intelligent learning recommender system	7-臺灣
		lms	5-印度
		mobile learning	1-英國
		mooc	2-中國、5-印度
		remote lab	4-加拿大
		technology enhanced learning	5-印度

五、臺灣研究議題多集中在「支持科技」與「學習科技」； 教學設計偏重遊戲式學習、學習風格及學習鷹架， 而教學內容多在 STEM 領域

在 Scopus 收錄裡，列為臺灣發表的數位學習在技職教育應用的文獻共有 116 篇、356 個關鍵字，至少被兩篇以上文獻列為關鍵字的共有 34 個主題，排除在搜尋階段列入的 7 個關鍵字後，共有 27 個關鍵字（如附錄 2），代表這些文獻共同關注的議題，其在教學與科技類別的分布數量如表 7。在教學類別當中共有 15 個研究議題，其中包含了 11 項「教學設計」及 4 項「教學內容」。在科技類別當中共有 12 個研究議題，其中包含了 6 項「學習科技」、4 項「支持科技」及 2 項「視覺化科技」。

- （一）教學議題類別：在「教學設計」中偏重於遊戲式學習、學習風格及學習鷹架 3 個主題，而「教學內容」較為有限，多在 STEM 領域

臺灣目前研究技職教育的數位學習相關文獻，在教學議題類別當中談到「教學設計」部分有“gamifying”、“learning style”、“relevance feedback”、“reliability”、“scaffolding theory”、“validity”、“creativity”、“depth-first”、“knowledge searching depth”、“satisfaction”及“teaching/learning strategies”等；「教學內容」部分有“mathematics education”、“engineering education”、“applications in subject areas”及“science and

表 7 臺灣研究議題類別及議題分布數量

教學	數量	科技	數量
教學設計	11	學習科技	6
教學內容	4	支持科技	4
總計	15	視覺化科技	2
		總計	12

technology education”，受關注的議題涉及數學、工程及科學等 STEM 領域，如表 8。

在教學議題中，目前研究主要圍繞於遊戲式學習、學習風格及學習鷹架這 3 個主題，例如，Chung 與 Chen（2011）開發一套作曲遊戲，讓學習者能夠在學習音樂元素的結構下，即興創作節奏、旋律與和絃，不遵循任何公式或預先設定的想法，自由地回應他人，以鼓勵積極的聽、玩、記。Tsai 等人（2017）採用「快樂英語學習系統」的英語學習方法，將學習資料綜合到遊戲環境中，並安裝在移動設備上，對臺灣高職學生進行實驗，發現該方法能提升高職生英語學習動機和成績。Jeng 等人（2011）以高職學生為研究對象開發了一個線上交通規則情境學習

表 8 臺灣文獻在教學類別關注之議題

關鍵字	議題	出現次數
gamifying	教學設計	2
learning style		2
relevance feedback		2
reliability		2
scaffolding theory		2
validity		2
creativity		4
depth-first		2
knowledge searching depth		2
satisfaction		4
teaching/learning strategies		2
mathematics education		教學內容
engineering education	3	
applications in subject areas	2	
science and technology education	2	

系統，發現使用「情境學習理論與網絡學習相結合」的教學策略，學生的學習成績和動機顯著優於傳統的教學方法。教學設計是這些相關研究的共通點，目的皆致力於激勵或提升學習者的學習動機，透過探討學習者的學習風格，藉由數位系統的開發，可提供學習者個別化的學習路徑，這也是數位科技技術優於傳統教學之處，更能夠適性化教學以達到更好的學習效果。

（二）科技議題類別：多集中在「學習科技」與「支持科技」的議題

在與科技相關的研究議題中，以科技類別分類，「支持科技」的部分有“kelly repertory grid”、“automation technology”、“recommendation system”及“manufacturing technology”，這些多為資訊系統發展。「視覺化科技」部分則以“virtual laboratory”及“rule-space model”為主要研究議題。「學習科技」部分則包含了“intelligent learning recommender system”、“e-learning system”、“blue-red tree”（學習矩陣）、“technology acceptance model”（tam）、“open source”及“mobile learning”的相關研究，詳如表 9。

專業執照愈多，學生在臺灣就愈容易找到工作。在職業教育中，促進學生職業資格認證是非常重要的。Chen 等人（2009）利用規則空間模型對認知技能進行診斷和評估，支持對學生網路技術技能的認知分析，進而全面了解學習者個人的弱點或優勢，使學習者能夠適應支架理論的自我調節過程，同時達到社會學習的有效性。Su（2017）開發一個遊戲化幾何教材原型模組，以在數學、科學與科技教育領域推廣，並提出一種新的混合式 Adaptive Learning Path Recommendation System（ALPRS），讓學習者能夠依據學習風格自我調整學習路徑。這些都是透過科技技術加上學習理論的原理，試著藉科技技術特性的優勢創造出輔助學習的工具，以提升職業教育中學習的效能。

表 9 臺灣文獻在科技類別關注之議題

關鍵字	議題	出現次數
kelly repertory grid	支持科技	2
automation technology		2
recommendation system		2
manufacturing technology		2
rule-space model	視覺化科技	4
virtual laboratory		5
intelligent learning recommender system	學習科技	2
e-learning system		3
blue-red tree (學習矩陣)		2
technology acceptance model (tam)		4
open source		2
mobile learning		3

伍、對臺灣技職教育之建議

數位化建構的知識環境改變了過去知識傳遞偏重於教科書為主的學習管道。透過資訊技術，學習者可以在電腦學習環境中快速獲得知識。從過去研究的趨勢分析可看出數位學習在技職教育的發展日趨重要，相關的研究亦逐年攀升，近 3 年來，每年相關研究都有約三成的成長量，可見其研究的重要性。然而，從過去研究議題分析可看出目前在技職教育的研究仍有許多待探討的議題，以下提出幾項研究建議，提供臺灣技職教育相關領域者參考。

一、技職教育的數位學習研究趨勢受重視

從前述研究結果可看出，1996 年技職教育應用數位學習的研究並不普及，每年約維持在 10 篇以內的文獻量，1997 年也僅有 15 篇，直

至 2017 年，文獻數來到 248 篇，成長超過 16 倍，爾後逐年攀升，到 2019 年已達 353 篇，從數量即可看出該領域的研究受關注的程度日趨重要，亦與工業 4.0 帶動教育 4.0 的趨勢相吻合。

歐盟執行委員會在 2010 年即將數位學習列為其政治議程的首要任務，呼籲對教育和培訓系統進行調整，e-learning 和 web 2.0 科技有助於教育和培訓實現這一目標，將資通訊技術納入教育及培訓，以此作為變革的槓桿來提高教育的品質、便利性、多樣性和有效性 (Arh et al., 2010)。受到政策影響，歐洲國家的文獻數量、引用數在各國當中數據都較為突出。從目前的相關研究可知，技職教育透過數位學習更能有效的發揮學習成效 (Chung & Chen, 2011; Jeng et al., 2011; Jou & Shiau, 2012; Su, 2017; Tsai et al., 2017)，且透過科技的協助能有效發現學習者學習困難的節點，透過自動指引或提醒教學者能即時針對學習者需求提供協助。

科技的發展已經推動職業教育及訓練形式的改變，各國研究結果也多為正面，愈來愈多研究投入資訊技術科技與職業教育結合，除了能帶動偏遠地區的發展，亦可促進低識字率的人口創造就業機會，更有效的促進社會經濟發展。顯現技職教育中應用數位學習的優勢不容忽視，亦為未來研究值得投入開發的領域。

二、教學設計仍應為數位學習時之重要基礎

各國研究的主題結果中，66% 的研究主要探討教學相關議題，34% 的研究議題與科技相關。從各國研究的比重來看，教學議題多於科技議題。從臺灣目前已發表的文獻也可發現，許多研究均以科技技術能量為本，結合學習理論開發數位學習的輔助工具或是教材，致力於借重數位科技的優勢來提升學習成效 (Chung & Chen, 2011; Jeng et al., 2011; Su, 2017; Tsai et al., 2017)。

Huang 與 Wang (2011) 指出，市場上大多數的數位教材和課程以其數量而非質量而聞名，並且未根據可信組織制定的條例進行設計，導致一些數位教材被認為沒有提高學習者的學習效果，而是在浪費時間。

之後，他們投入開發電子類專業職業工程教育的數位教材，並根據臺灣教育部頒布的數位教材認證規定，才發現數位教材的開發過程，除了科技的元素外，教學設計亦是重要影響品質之關鍵。此後，對教學設計的重視逐漸受支持，亦有其他研究者認同教學設計能夠協助數位教材達到更好的學習效果（Tsai & Lee, 2012; Wang et al., 2012）。由此可見，早在 2012 年數位學習推動初期，技能演練透過數位學習能帶來正面學習效益這點已受到肯定，並認為在教學設計上需要搭配不同的教學方法及策略，始能達到更好的教學效果。技職教育強調技能的培育，但學生在實驗過程中遇到困難或問題常不易察覺，學生往往不知道自己的缺點，有些人即使知道也不會告知老師，導致喪失許多糾正缺陷和改進教學方法的機會。而在技職教育中的數位學習，可發展提供技能學習的反饋系統，例如，Jou 與 Shiau（2012）開發一個基於網絡的自我反思學習系統，以加強學生對工業技術的學習。透過對學習認知、技能評估和學習滿意度的評估資料分析，發現基於數位化的自我反思學習系統能夠有效提高落後學生的學習成績，從而使這些學生能在學期末趕上應有的認知和技能成就。

肯亞的奈羅比特數位設計學校，是一所受世界銀行協助的職業培訓學校，旨在幫助非洲處境不利的青年，透過資訊科技的職業技能培訓，有機會參與訓練並創造就業機會（Evoh, 2012）。德國的教育和研究部門也持續投入開發以「虛擬學習」、「Web 2.0 學習」或「行動學習」為重點的創新教學和科技模式，在職業教育的學習過程中使用不同的科技媒體管道，學習效果通常出乎意料的有效（Schulte et al., 2014）。印度在積極開發低識字率適用的數位職業訓練時，發現透過科技技術推動的職業訓練更為有效（Sachith et al., 2017）。現代職業教育的學習環境愈來愈多屬於新技術強化學習（technology-enhanced learning, TEL）形式，也給教師帶來新的挑戰。在瑞士，研究者探討發現在 TEL 的學習環境下，即使在教室內科技強化的課堂環境，教師仍多採用「教師主導」的教學方法，而在虛擬 3D 遊戲環境則採用「師生共同合作」的教學模式，在更彈性的行動學習環境則採用「師生聯合學習」的教學方式

(Hämäläinen & Cattaneo, 2015)。可見科技環境布建後，學習亦會推向 TEL 的形式，教學設計則是不同科技環境下提升教學效果的關鍵。

數位學習形式多樣，被視為是提高技職學校教學品質的有效途徑。但數位學習在技職教學中的應用亦有其優缺點，Belaya (2018) 發現技職學校採用數位學習時，學習者和提供者從中受益的管道各不相同，而線上與面授的混成學習是能夠降低數位學習風險的最佳解方，且建議採用數位學習時，需明確地進行教學設計和開發。這也正呼應各國相關研究在開發新科技時，均將教學設計視為提升教學成效重要基礎的現象。

三、臺灣在高職、專校或高教技職的數位學習相關研究仍待開發

從各國研究中可發現，在職業教育的數位學習上，高等教育是很重要的研究對象，此即為臺灣學制分類裡的高教技職。但從目前研究的 116 篇臺灣文獻中，可看到普遍未將對象列入關鍵字，或許是臺灣學者的研究習性。然而，從質性資料分析中可發現，目前臺灣相關研究裡，研究對象多偏向職業教育或訓練，相較於各國均將高等教育列為關鍵字，臺灣在針對高職、專校或高教技職的數位學習相關研究仍待開發。

Khan 與 Markauskaite (2013) 考察教師在職業教育中採資通訊技術促進教學的現象，發現職業教育教師將資訊和通訊技術用於教學有 5 個原因：(一) 回應外部期望；(二) 作為獲取資訊和資源的手段；(三) 作為一種傳遞工具；(四) 作為促進學習的媒體；(五) 為學生準備專業的學習環境。回應外部期望及為學生準備專業學習環境，正與高等教育採用資通訊技術的現象一致。一些研究亦顯示，教師對學習科技的看法，往往與他們如何設計教育科技於強化課程，以及如何在教學實踐中使用資訊科技密切相關，而技職教育教師的資訊能力及使用觀念更應注重實踐力，以及與未來工作場所相關的知識和技能。因此，透過混成學習和數位學習為未來的職業提高實踐知識和技能，是職業教育學的一個關注點，也是未來一個重要的領域 (Ellis et al., 2009; Lucas et al., 2012)。

澳大利亞調查職業大學新生第 1 年的線上學習經驗發現，40% 的新生未具備有效學習的線上學習技能，因此，為技職體系的新生提供線上學習支持計畫是很重要的，並且必須確保具備足夠的軟、硬體資源 (Yang et al., 2013)。在 EDUCAUSE 學習計畫的年度關鍵問題調查結果中也發現，數位素養的重要性日益增長，從 2016 年調查的第 11 位躍升至 2017 年的第 3 位 (2018 年為第 5 位)。隨著數位素養在高等教育中變得愈來愈重要，相關方針也需要明確的定義和配套措施，但這些在現階段的高等教育 (包含技職教育) 是不足夠的 (Alexander et al., 2019)。因此，若想與數位時代接軌，高教技職全面投入數位學習有其前瞻性與必要性。

四、虛擬實境與虛擬實驗室為技職教育有待發展的研 議題

在「視覺化科技」當中，比例最高的議題為虛擬相關的“virtual reality”或“virtual laboratory”，特別是技職教育強調做中學及學習經驗的累積，虛擬實境或虛擬實驗室正能提供安全無虞的練習機會。在技職教育的訓練中，許多技能的訓練可能具有危險性，透過模擬技術仿造職場上的真實情景，讓學習者能夠進行仿真訓練，以達到技能訓練的效果。虛擬實驗室是一種應用廣泛的教育工具，具有廉價、可重複、可懸浮、安全等優點，已逐漸成為大多數中小學的主要實驗工具 (Huang et al., 2018)。虛擬實境科技的優勢正在向電子遊戲和研究範疇以外的領域擴散，法國的職業培訓體系也積極投入虛擬實境科技環境下的職業訓練研究 (Gac et al., 2019)。

虛擬實驗室是工業革命 4.0 時代對教育產生重大影響的創新之一，與實際的實驗室開發相比，虛擬實驗室的開發不需要大量投資，但學習者須具有先備知識，並強調主動體驗和學生參與的作用，特別是在職業教育的實踐學習應用。例如，德國在機械工程領域應用於學習維護發動機上的燃油系統，具有程式化步驟的特點，利用虛擬實驗室方便學生在操作過程中學習，透過視覺化加強理解，從而顯著提高學習效率

(Sasongko & Widiastuti, 2019)。臺灣則早就有 Jou 等人 (2005) 開發了一個虛擬加工實驗室，將加工實作訓練引入網路學習系統中，建立車削、鑽削和銑削的虛擬實驗室，使學生在實驗室實際操作前熟悉加工技能，並盡可能真實地模擬加工技能實境，當時雖僅以電腦畫面呈現虛擬效果，但仍透過數位技術模擬創造了真實的演練平臺。「視覺化科技」讓技職學習者能夠在安全無虞且可重複練習的虛擬場景中磨練技能，這也呼應 Chen 等人 (2017) 的研究，讓教師採用虛擬教室進行教學，其結果發現，學生在對話、便利性、科技和動機上都有正面感受，這些都說明了虛擬世界教室的具體好處。在工業 4.0 中，透過技術整合人工智慧、擴增實境、虛擬實境、物聯網、服務物聯網 (internet of service, IoS)、智慧型機器人、3D 列印機等設備，讓生產過程對市場需求、庫存要求和優質服務的變化能迅速反應，大幅降低誤差。職業教育亟需跨學科且數位化的學習方案，以期能夠更有效地支持工業自動化 4.0 的發展需求 (Sudira, 2019)。

隨著科技技術不斷演進，數位原生的學生族群多習慣在虛擬遊戲環境中成長，3D 且身臨其境的虛擬場景對他們來說是熟悉且自然的環境，虛擬世界將會愈來愈普遍，並且逐步發展至擬真且具沉浸感的 VR 學習空間。特別是技職體系強調就業技能訓練，過去通常藉由實習的方式進行練習，而「視覺化科技」能提供模擬或虛擬的畫面，讓學習者在仿真的學習環境中進行演練及實習，為學生提供一個安全且有效的學習平臺。此與 *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition* 預測 VR 是 5 年內的重要教育推展項目相呼應 (Becker et al., 2018)，特別是 VR 技術的沉浸感，能夠將「視覺化科技」提升至高度擬真的層次，透過虛擬世界教室與傳統教室的效果相互搭配，將能滿足技職教育日益增長的學習需求。

以各國現況為借鏡，臺灣數位學習在技職教育的應用日趨重要，且在開發科技時宜特別注重教學設計內容。前述文獻一再強調數位學習在技職教育的優勢與必要性，唯目前臺灣技職體系的主管機關似乎仍未將其列為重要推動政策，相關研究亦較為缺乏。

技職教育肩負著傳承人類生存和發展文化的雙重使命，須適應經濟發展和科技進步變化給學生帶來的就業壓力。本文探討過去數位化演進在技職教育的相關研究，於教學與科技層面進行回顧，提供上述建議，期使臺灣的經濟和科技發展可與國際步伐同趨，並能重視職業教育與職業需求差距，以便能快速因應、調整及轉換，使臺灣職業教育在國家數位經濟發展中發揮應有功效。

參考文獻

- 王繼紅、肖愛華、鄧群（2018）。入選 Scopus 數據庫對提高科技期刊傳播力的作用。《學報編輯論叢》，25，447-453。
- [Wang, J.-H., Xiao, A.-H., & Deng, Q. (2018). Ruxuan Scopus shujuku dui tigao keji qikan chuanboli de zuoyong. *Xuebao Bianji Luncong*, 25, 447-453.]
- 吳清山、簡惠閔（2008）。臺灣高等技職教育改革分析：1996~2007年。《教育研究月刊》，167，47-67。
- [Wu, C.-S., & Chien, H.-M. (2008). An analysis of higher technological and vocational education reform in Taiwan: 1996-2007. *Journal of Education Research*, 167, 47-67.]
- 技術及職業教育司（2013，9月17日）。「第二期技職教育再造計畫」業奉行政院核定，102年至106年落實推動（新聞稿）。https://depart.moe.edu.tw/ED2300/News_Content.aspx?n=5D06F8190A65710E&sms=0DB78B5F69DB38E4&s=017DEA1AAFE8DA9D
- [Department of Technological and Vocational Education. (2013, September 17). "Dier qi jizhi jiaoyu zai zao jibua" ye feng Xingzhenyuan beding, 102nian zhi 106nian luoshi tuidong [Press release]. https://depart.moe.edu.tw/ED2300/News_Content.aspx?n=5D06F8190A65710E&sms=0DB78B5F69DB38E4&s=017DEA1AAFE8DA9D]
- 技術及職業教育法（2019）。
- [*Technical and vocational education act*. (2019).]
- 林曉嫻（2019）。新興科技對未來勞動市場的挑戰與因應。《人力規劃及發展研究報告》，19，1-40。
- [Lin, X.-C. (2019). Xinxing keji dui weilai laodong shichang de tiaozhan yu yinying. *Renli Guibua Ji Fazhan Yanjiu Baogao*, 19, 1-40.]
- 徐新逸（2019）。工業4.0到教育4.0：從參觀德國國際教育設備與培訓展（Didacta 2019）之經驗看未來教育發展。《科技部補助科學教育實作學門研究規劃推動計畫電子期刊》，15。 https://esep.colife.org.tw/journal_pdf/313.pdf
- [Shyu, H.-Y. (2019). Gongye 4.0 dao jiaoyu 4.0: Cong cangan Deguo guoji jiaoyu shebei yu peixun zhan (Didacta 2019) zhi jingyan kan weilai jiaoyu fazhan. *Kejibu Bushu Kexue Jiaoyu Shizuo Xuemen Yanjiu Guibua Tuidong Jibua Dianzi Qikan*, 15. https://esep.colife.org.tw/journal_pdf/313.pdf]
- 教育部國民及學前教育署（2020，1月20日）。教育部推動新興科技創新教學——鼓勵學生善用科技學習（新聞稿）。<https://www.k12ea.gov.tw/Tw/News/K12eaNewsDetail?filter=9F92BBB7-0251-4CB7-BF06-82385FD996A0&id=896c298e-f856-4e20-aaa2-b947ed07a9bf>
- [K-12 Education Administration, Ministry of Education. (2020, January 20). *Jiaoyubu tuidong xinxing keji chuanguxin jiaoxue: Guli xuesheng shanyong keji xuexi*. [Press release] <https://www.k12ea.gov.tw/Tw/News/K12eaNewsDetail?filter=9F92BBB7-0251-4CB7-BF06-82385FD996A0&id=896c298e-f856-4e20-aaa2-b947ed07a9bf>]

- 教育部補助推動人文及科技教育先導型計畫要點（2021）。
[*Ministry of Education subsidy directions for pilot programs to promote human science and technology education.* (2021).]
- 教育部數位學習深耕計畫（無日期）。大學深化數位學習推動與創新應用計畫。
<https://tweloe.org/大學深化數位學習推動與創新應用計畫>
- [E-Learning Sprout Project, Ministry of Education. (n.d.). *Daxue shenbua shuwei xuexi tuidong yu chuangxin yingyong jibua.* <https://tweloe.org/大學深化數位學習推動與創新應用計畫>]
- 教育部優化技職校院實作環境計畫補助要點（2020）。
[*Directions governing Ministry of Education subsidies for technological and vocational colleges and universities to optimize environments for job ready skills programs.* (2020).]
- 張春興（1989）。張氏心理學辭典。東華。
[Chang, C.-H. (1989). *Zhangshi xinlixue cidian.* Tung Hua Book.]
- 曹瑞雪、馬英紅、李海洋、于青林（2019）。基於 SCOPUS 的數據科學發展現狀與趨勢分析。計算機與數字工程，47（4），737-742、755。
[Cao, R.-X., Ma, Y.-H., Li, H.-Y., & Yu, Q.-L. (2019). A study of status and trends of data science discipline based on SCOPUS. *Computer & Digital Engineering*, 47(4), 737-742, 755.]
- 廖肇弘（2017，2月1日）。歐盟及英國數位經濟人才發展政策之我見。IDI. **Capital** 數位投資實驗室。<https://idi.capital/歐盟及英國數位經濟人才發展政策之我見/>
- [Liao, J. (2017, February 1). Oumeng ji Yingguo shuwei jingji rencai fazhan zhengce zhi wojian. *IDI. Capital Digital Investment Lab.* <https://idi.capital/歐盟及英國數位經濟人才發展政策之我見/>]
- 談小龍、苗天寶、高敏、楊丹（2019）。科研合作對論文產出質量影響的研究——一種基於 Scopus 引文庫的分析方法。科教導刊，9，65-67。
[Tan, X.-L., Miao, T.-B., Gao, M., & Yang, D. (2019). Research on the impact of scientific research cooperation on the output quality of papers: An analysis method based on Scopus citation library. *The Guide of Science & Education*, 9, 65-67.]
- Alexander, B., Ashford-Rowe, K., Barajas-Murphy, N., Dobbin, G., Knott, J., McCormack, M., Pomerantz, J., Scilhamer, R., & Weber, N. (2019, April 23). EDUCAUSE horizon report: 2019 higher education edition. *EDUCAUSE*. <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2019/4/2019horizonreport.pdf?la=en&hash=C8E8D444AF372E705FA1BF9D4FF0DD4CC6F0FDD1>
- Arh, T., Pipan, M., Peternel, M. M., Debevc, M., & Blažič, B. J. (2010). Fostering the integration of Web 2.0 technologies and e-learning in vocational education and training. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 7(2), 241-251.
- Australian Government. (2015). *National innovation and science agenda.* https://www.industry.gov.au/sites/default/files/July%202018/document/pdf/national-innovation-and-science-agenda-report.pdf?acsf_files_redirect
- Becker, S. A., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Diaz, V., & Pomerantz, J. (2018, August 16). NMC horizon report: 2018 higher education edition.

- EDUCAUSE. <https://library.educause.edu/~media/files/library/2018/8/2018-horizonreport.pdf>
- Belaya, V. (2018). The use of e-learning in vocational education and training (VET): Systematization of existing theoretical approaches. *Journal of Education and Learning*, 7(5), 92-101. <http://doi.org/10.5539/jel.v7n5p92>
- Bloh, E., & Lehmann, B. (2002). Online pädagogik - der dritte weg? Präliminarien zur neuen domäne der online-(lehr-)lernnetzwerke (OLN). In B. Lehmann & E. Bloh (Eds.), *Online-pädagogik* (pp. 11-128). Schneider Verlag Hohengehren.
- Boulton, C. A., Kent, C., & Williams, H. T. P. (2018). Virtual learning environment engagement and learning outcomes at a 'bricks-and-mortar' university. *Computers & Education*, 126, 129-142. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.031>
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, D. C., Grajek, S., Alexander, B., Bali, M., Bulger, S., Dark, S., Engelbert, N., Gannon, K., Gauthier, A., Gibson, D., Gibson, R., Lundin, B., Veletsianos, G., & Weber, N. (2020). *2020 EDUCAUSE horizon report: Teaching and learning edition*. EDUCAUSE. https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?la=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80
- Bundesministeriums für Bildung und Forschung. (n.d.). *About ASCOT+*. https://www.ascot-vet.net/ascot/en/about-ascot/ascot-research-and-transfer-initiative/ascot-research-and-transfer-initiative_node.html
- Chen, J. F., Warden, C. A., & Lin, H. J. (2017). Efficacies of 3D immersive virtual world classrooms. In T.-C. Huang, R. Lau, Y.-M. Huang, M. Spaniol, & C.-H. Yuen (Eds.), *Emerging technologies for education, SETE 2017. Lecture notes in computer science* (Vol. 10676, pp. 45-48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71084-6_6
- Chen, Y.-H., Deng, L. Y., Huang, C.-H., & Yen, N. Y. (2009). Vocational professional certification learning cognitive assessment evaluation based on rule-space model and relevance feedback. In IEEE (Ed.), *2009 joint conferences on pervasive computing* (pp. 15-20). IEEE. <https://doi.org/10.1109/JCPC.2009.5420219>
- Chung, S.-M., & Chen, C.-Y. (2011). Improvising on music composition game. In M. Chang, W.-Y. Hwang, M.-P. Chen, & W. Müller (Eds.), *Edutainment 2011: Edutainment technologies. Educational games and virtual reality/augmented reality applications. Lecture notes in computer science* (Vol. 6872, pp. 264-275). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23456-9_52
- DIGITALEUROPE. (2018). *DIGITALEUROPE welcomes the creation of the Digital Europe programme and the new digital focus of the Connecting Europe Facility (CEF) instrument*. <https://www.digitaleurope.org/resources/digitaleurope-welcomes-the-creation-of-the-digital-europe-programme-and-the-new-digital-focus-of-the-connecting-europe-facility-cef-instrument>
- Ellis, R. A., Hughes, J., Weyers, M., & Riding, P. (2009). University teacher approaches to design and teaching and concepts of learning technologies. *Teaching and Teacher Education*, 25(1), 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.06.010>
- European Commission. (2016, June 10). *Ten actions to help equip people in Europe with better skills* [Press release]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_2039
- Evoch, C. J. (2012). Taming the youth bulge in Africa: Rethinking the World Bank's policy on technical and vocational education for disadvantaged youth in the

- knowledge economy. In C. S. Collins & A. W. Wiseman (Eds.), *Education strategy in the developing world: Revising the World Bank's education policy (International perspectives on education and society)* (Vol. 16, pp. 337-369). Emerald. [https://doi.org/10.1108/S1479-3679\(2012\)0000016019](https://doi.org/10.1108/S1479-3679(2012)0000016019)
- Gac, P., Richard, P., Papouin, Y., George, S., & Richard, É. (2019). Virtual interactive tablet to support vocational training in immersive environment. In M. Chessa, A. Paljic, & J. Braz (Eds.), *Proceedings of the 14th international joint conference on computer vision, imaging and computer graphics theory and applications* (Vol. 2, pp. 145-152). SciTePress. <http://doi.org/10.5220/0007456201450152>
- Gill, I., Fluitman, F., & Dar, A. (1998). *Skills and change: Constraints and innovation in the reform of vocational education and training*. World Bank and the International Labour Office.
- Gros, B., & García-Peñalvo, F. J. (2016). *Future trends in the design strategies and technological affordances of e-learning*. Springer.
- Hallinger, P. (2018a). Bringing context out of the shadows of leadership. *Educational Management Administration & Leadership*, 46(1), 5-24. <https://doi.org/10.1177/1741143216670652>
- Hallinger, P. (2018b). Surfacing a hidden literature: A systematic review of research on educational leadership and management in Africa. *Educational Management Administration & Leadership*, 46(3), 362-384. <https://doi.org/10.1177/1741143217694895>
- Hallinger, P., & Bryant, D. (2013). Mapping the terrain of educational leadership and management in East Asia. *Journal of Educational Administration*, 51(5), 618-637. <https://doi.org/10.1108/JEA-05-2012-0066>
- Hämäläinen, R., & Cattaneo, A. (2015). New TEL environments for vocational education: Teacher's instructional perspective. *Vocations and Learning*, 8(2), 135-157. <https://doi.org/10.1007/s12186-015-9128-1>
- Huang, Q.-Z., Hsu, C.-C., & Wang, T. I. (2018). An open-ended question self-explanation classification methodology for a virtual laboratory learning system. In IEEE (Ed.), *2018 7th international congress on advanced applied informatics* (pp. 232-237). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2018.00052>
- Huang, T.-C., & Wang, P.-T. (2011). The development of digital teaching materials in vocational education: Using electronic engineering as an example. In M. Zhou & H. Tan (Eds.), *Advances in computer science and education applications, CSE 2011. Communications in computer and information science* (Vol. 202, pp. 493-500). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22456-0_71
- Huchthausen, M., & Droste, M. (2014). E-learning: Vor- und nachteile des onlinegestützten lernens. *Digital Dental Magazin*, 4, 82-83. https://digital-dental-magazin.de/wp-content/uploads/13_E-Learning-Vor-und-Nachteile-des-onlinegest%C3%BCtzten-Lernens.pdf
- Jeng, Y.-C., Lu, S.-C., & Lin, H.-M. (2011). Using e-learning and situated learning theory: Practical lessons from the vocational special education students. In IEEE (Ed.), *2011 IEEE 8th international conference on e-business engineering* (pp. 60-64). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICEBE.2011.70>
- Jou, M., & Shiau, J.-K. (2012). The development of a web-based self-reflective learning system for technological education. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(1), 165-171.

- Jou, M., Zhang, H.-W., & Lin, C.-W. (2005). Development of an interactive e-learning system to improve manufacturing technology education. In P. Goodyear, D. G. Sampson, D. J.-T. Yang, Kinshuk, T. Okamoto, R. Hartley, & N.-S. Chen (Eds.), *The 5th IEEE international conference on advanced learning technologies* (pp. 359-360). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICALT.2005.121>
- Khan, S. H., & Markauskaite, L. (2013). Emerging teachers' conceptions about their current use of ICT in vocational education. In H. Carter, M. Gosper, & J. Hedberg (Eds.), *Electric dreams: 30th ascilite conference* (pp. 476-480). Macquarie University.
- Lucas, B., Spencer, E. M., & Claxton, G. (2012). *How to teach vocational education: A theory of vocational pedagogy*. City & Guilds Centre for Skills Development. <http://doi.org/10.13140/2.1.3424.5928>
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017, January 12). A future that works: Automation, employment, and productivity. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works/de-DE>
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., & López-Cózar, E. D. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics*, 12(4), 1160-1177. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>
- Muñoz-Cristóbal, J. A., Gallego-Lema, V., Arribas-Cubero, H. F., Martínez-Monés, A., & Asensio-Pérez, J. I. (2017). Using virtual learning environments in bricolage mode for orchestrating learning situations across physical and virtual spaces. *Computers & Education*, 109, 233-252. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.004>
- Sachith, K. P., Gopal, A., Muir, A., & Bhavani, R. R. (2017). Contextualizing ICT based vocational education for rural communities: Addressing ethnographic issues and assessing design principles. In R. Bernhaupt, G. Dalvi, A. Joshi, D. K. Balkrishan, J. O'Neill, & M. Winckler (Eds.), *Human-computer interaction - INTERACT 2017. Lecture notes in computer science* (Vol. 10514, pp. 3-12). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67684-5_1
- Sasongko, W. D., & Widiastuti, I. (2019). Virtual lab for vocational education in Indonesia: A review of the literature. In N. Y. Indriyanti, M. Ramli, & F. Nurhasanah (Eds.), *AIP conference proceedings: The 2nd international conference on science, mathematics, environment, and education* (Vol. 2194, No. 020113). AIP. <http://doi.org/10.1063/1.5139845>
- Schnekenburger, C. C. (2009). *E-learning an der Universität Rostock: Eine explorative, quantitative online-treuderhebung zum tatsächlichen einsatz von Stud.IP*. [Unpublished doctoral dissertation]. Universität Rostock.
- Schrum, L., & Sumerfield, S. (2018). *Learning supercharged: Digital age strategies and insights from the Edtech frontier*. International Society for Technology in Education.
- Schulte, S., Richter, T., & Grantz, T. (2014). Digital media as support for technical vocational training: Expectations and research results of the use of Web 2.0. *International Journal of Advanced Corporate Learning*, 7(3), 29-32. <http://doi.org/10.3991/ijac.v7i3.4013>
- Su, C.-H. (2017). Designing and developing a novel hybrid adaptive learning path recommendation system (ALPRS) for gamification mathematics geometry course.

- Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2275-2298.
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01225a>
- Sudira, P. (2019). The role of vocational education in the era of industrial automation. In Z. Arifin, Y. Efendi, T. Herawan, & Surono (Eds.), *Journal of physics: Conference series* (Vol. 1273, No. 012058). IOP. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1273/1/012058>
- Tsai, C.-H., Cheng, C.-H., Yeh, D.-Y., & Lin, S.-Y. (2017). Can learning motivation predict learning achievement? A case study of a mobile game-based English learning approach. *Education and Information Technologies*, 22(5), 2159-2173. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9542-5>
- Tsai, C.-W., & Lee, T.-H. (2012). Developing an appropriate design for e-learning with web-mediated teaching methods to enhance low-achieving students' computing skills: Five studies in e-learning implementation. *International Journal of Distance Education Technologies*, 10(1), 1-30. <https://doi.org/10.4018/ijdet.2012010101>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2016). *Draft strategy for technical and vocational education and training (TVET) (2016-2021)*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243804>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2013). VOSviewer manual. *Universiteit Leiden*, 1(1), 1-53.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111, 1053-1070. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). *VOSviewer* (Version 1.6.15) [Computer software]. Centre for Science and Technology Studies, Leiden University. <https://www.vosviewer.com/>
- Wang, C.-C., Chen, T.-R., & Wei, J.-B. (2012). The research of digital learning applying to industrial wiring course excerpt. *Advanced Materials Research*, 516-517, 1831-1837. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.516-517.1831>
- Wilson, R. (2019). Skills forecasts in a rapidly changing world: Through a glass darkly. In S. McGrath, M. Mulder, J. Papier, & R. Stuart (Eds.), *Handbook of vocational education and training* (pp. 3-21). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94532-3_74
- World Bank. (2020). *Professional standards for VET teachers and additional functions with essential knowledge and understanding*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35315>.
- Yang, D. F., Catterall, J., & Davis, J. (2013). Supporting new students from vocational education and training: Finding a reusable solution to address recurring learning difficulties in e-learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(5), 640-650. <https://doi.org/10.14742/ajet.196>

附錄 1 7 個國家叢集出現次數最多的前 10 個關鍵字

叢集-序	關鍵字	議題類別	議題
1-1	blended learning	教學	教學設計
1-2	higher education	教學	教學對象
1-3	virtual reality	科技	視覺化科技
1-4	collaborative learning	教學	教學設計
1-5	mobile learning	科技	學習科技
1-6	lifelong learning	教學	教學對象
1-7	pedagogy	教學	教學設計
1-8	assessment	教學	教學設計
1-9	robotics	科技	消費者科技
1-10	automation	科技	支持科技
2-1	blended learning	教學	教學設計
2-2	higher education	教學	教學對象
2-3	higher vocational education	教學	教學對象
2-4	innovation	科技	支持科技
2-5	virtual reality	科技	視覺化科技
2-6	curriculum	教學	教學內容
2-7	lifelong learning	教學	教學對象
2-8	network	科技	支持科技
2-9	digital technology	科技	學習科技
2-10	moocs	科技	學習科技
3-1	blended learning	教學	教學設計
3-2	higher education	教學	教學對象
3-3	engineering education	教學	教學內容
3-4	educational technology	科技	學習科技
3-5	competence	教學	教學設計

(續)

附錄 1 7 個國家叢集出現次數最多的前 10 個關鍵字 (續)

叢集-序	關鍵字	議題類別	議題
3-6	digital economy	科技	消費者科技
3-7	digital competence	教學	教學設計
3-8	teachers	教學	教學對象
3-9	teacher education	教學	教學對象
3-10	digital literacy	教學	教學設計
4-1	higher education	教學	教學對象
4-2	continuing professional development	教學	教學內容
4-3	curriculum	教學	教學內容
4-4	federation	教學	教學設計
4-5	health informatics	教學	教學內容
4-6	medical education	教學	教學內容
4-7	visir	科技	視覺化科技
4-8	blended learning	科技	視覺化科技
4-9	experiential	教學	教學設計
4-10	remote lab	科技	學習科技
5-1	india	教學	教學對象
5-2	blended learning	教學	教學設計
5-3	collaborative learning	教學	教學設計
5-4	higher education	教學	教學對象
5-5	virtual reality	科技	視覺化科技
5-6	lifelong learning	科技	視覺化科技
5-7	mooc	科技	學習科技
5-8	skill training	教學	教學內容
5-9	technology enhanced learning	科技	學習科技
5-10	lms	科技	學習科技

(續)

附錄 1 7 個國家叢集出現次數最多的前 10 個關鍵字 (續)

叢集-序	關鍵字	議題類別	議題
6-1	educational technology	科技	學習科技
6-2	pedagogy	教學	教學設計
6-3	professional development	教學	教學內容
6-4	higher education	教學	教學對象
6-5	digital divide	教學	教學設計
6-6	blended learning	教學	教學設計
6-7	south africa	教學	教學對象
6-8	curriculum	教學	教學內容
6-9	faculty development	教學	教學內容
6-10	instructional technology	科技	學習科技
7-1	rule-space model	科技	視覺化科技
7-2	efficiency	教學	教學設計
7-3	blended learning	教學	教學設計
7-4	gamifying	教學	教學設計
7-5	intelligent learning recommender system	科技	學習科技
7-6	kelly repertory grid	科技	支持科技
7-7	learning style	教學	教學設計
7-8	mathematics education	教學	教學內容
7-9	relevance feedback	教學	教學設計
7-10	reliability	教學	教學設計

附錄 2 臺灣發表文獻之研究議題表

關鍵字	議題類別	議題
virtual laboratory	科技	視覺化科技
creativity	教學	教學設計
rule-space model	科技	視覺化科技
e-learning system	科技	學習科技
technology acceptance model (tam)	科技	學習科技
mobile learning	科技	學習科技
kelly repertory grid	科技	支持科技
gamifying	教學	教學設計
automation technology	科技	支持科技
recommendation system	科技	支持科技
learning style	教學	教學設計
relevance feedback	教學	教學設計
reliability	教學	教學設計
scaffolding theory	教學	教學設計
validity	教學	教學設計
manufacturing technology	科技	支持科技
depth-first	教學	教學設計
intelligent learning recommender system	科技	學習科技
knowledge searching depth	教學	教學設計
satisfaction	教學	教學設計
blue-red tree (學習矩陣)	科技	學習科技
teaching/learning strategies	教學	教學設計
mathematics education	教學	教學內容
engineering education	教學	教學內容
applications in subject areas	教學	教學內容
open source	科技	學習科技
science and technology education	教學	教學內容