



人工智慧發展對就業之影響與因應*

陸 鴻 偉**

壹、前言	肆、國際標竿策略與國內政策
貳、人工智慧全球發展現況	現況
參、人工智慧發展對就業影響 理論途徑及其可能發展	伍、結論與建議

摘 要

近年來人工智慧、自動化技術等新興科技蓬勃發展，逐漸成為帶動生產力成長的重要驅動力外，也正廣泛地影響就業機會和薪資水準等，促使各界紛紛對勞動市場的可能影響進行評估。為分析人工智慧對未來勞動市場的機會與挑戰，本文藉由國外專業調查報告觀察全球 AI 發展現況，並透過相關文獻探討人工智慧對未來就業的可能影響，研究結果發現（1）當前就業市場雖未發生劇烈的衝擊，但隨著 AI 大規模應用，工作機會兩極化、部分職缺薪資成長遲緩等影響將漸次浮現；（2）2020 年全球受到 COVID-19 疫情擴散影響，勢將加快 AI 與自動化發展，恐加深勞動薪資差距擴大和貧富懸殊惡化等問題。

有鑒於此，為創造我國人工智慧科技發展的經濟榮景，並達成包容且永續的經濟成長目標，本研究除參考國際標竿政策藍圖如何因應 AI 發展對勞動市場的衝擊，同時並盤點國內現行推動 AI 發展的相關政策，藉以提出精進我國 AI 發展之具體方向，包括優化人力資本發展體系、加強社會安全網的保障、增進與利害關係人進行對話等面向著手，至於具體政策建議則為（1）深化我國優質學前教育、（2）完善現行社會福利措施、（3）擴大勞動關係保護範圍、（4）設置國家 AI 倫理委員會等。

* 本文參加國發會 2020 年研究發展作品評選，榮獲人口結構與人才培育類甲等獎。

** 作者為經濟發展處科員。本文係筆者個人觀點，不代表國發會意見，若有疏漏之處當屬筆者之責。

The Impact and Corresponding Measures of Artificial Intelligence Development on Labor Market

Hung-Wei Lu

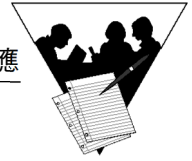
Officer

Economic Development Department, NDC

Abstract

In recent years, emerging digital technologies such as artificial intelligence (AI) and automation have developed vigorously. These technologies have gradually become important drivers of productivity growth and have also widely affected employment opportunities and salary levels, prompting various industries to evaluate the potential impact on the labor market. In order to analyze the impact of AI on the future labor market, the article examines the current situations of global AI development through foreign professional survey reports, and explores the possible impact of AI on future employment through relevant literature. The study discovered that: (1) Although the current labor market has not experienced a severe influence, polarization of job opportunities and slow growth of salary for some vacancies will gradually emerge, with the large-scale application of AI; (2) The COVID-19 pandemic in 2020 will accelerate the development of AI and automation, which may deepen the problems of widening labor wage gap and worsening income distribution.

In order to create economic prosperity of Taiwan's AI development and achieve the goal of inclusive and sustainable economic growth, the article not only refers to how the international benchmarking policy blueprints respond to the impact of AI development on the labor market, but also clarifies Taiwan's current policies that promote the development of AI to propose concrete directions for further improvement in Taiwan, including optimizing the human capital development system, strengthening the protection of the social safety net, and enhancing dialogue with stakeholders. Specific policy recommendations are as follows: (1) increase quality of pre-school education in Taiwan; (2) improve existing social welfare measures; (3) expand the scope of labor protection; (4) establish a national AI ethics committee.



壹、前言

一、研究緣起

隨著人工智慧 (Artificial Intelligence, AI)、第五代行動通訊技術 (5G)、物聯網 (Internet of Things, IoT) 等新興科技蓬勃發展，引領自動化技術日益成熟，不僅帶動產業與服務的創新，更顛覆既有的商業模式，重塑整體社會與產業生態系統，對勞動市場也產生相當的衝擊。

自 2016 年起，將 AI 視為突破性技術創新的國家與日俱增，許多經濟體紛紛籌劃國家 AI 戰略發展框架¹，積極加速數位轉型並維持國家數位競爭力。然而，近年來企業導入應用 AI 與自動化的過程，雖可舒緩因人口老化致整體勞動力短缺的困境，但也造成部分職缺被機器所替代，進而產生失業問題。另一方面，新興科技進步雖可創造新的工作機會，但若勞動技能無法與時俱進，就業市場將面臨結構性失業現象，並可能衍生勞動薪資差距擴大及所得不均加劇等問題。

此外，2020 年初以來，全球受到 2019 新型冠狀病毒肺炎 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) 疫情肆虐，為有效抑制疫情擴散，各國紛紛採取隔離及封鎖等相關措施，使得 AI 等數位科技之發展迅速，並加快重構未來經濟新樣貌。以歐洲的勞動力市場為例，根據麥肯錫 (McKinsey Global Institute) 於 2020 年 6 月發布「歐洲工作的未來 (The future of work in Europe)」報告顯示²，疫情加速歐洲各國應用自動化趨勢，此將促進數位技能較

¹ 根據英國顧問公司 Tortoise Capital Advisors 於 2019 年發布之全球人工智慧指數 (The Global AI Index) 的報告指出，已有 29 個國家推出國家 AI 戰略。

² McKinsey Global Institute, “The future of work in Europe”, June 2020.

高的職缺需求大幅增加，而中階技能勞動者的工作機會漸趨減少；報告並同時指出在短期內受到疫情影響致具有高失業風險的職務，與長期下較容易被自動化所取代的職業，兩者有將近一半的比例互為重疊。前述總總因素勢將擴大對就業市場的衝擊，對未來工作型態、職缺消長、工作場域、工作技能需求等都將產生不容小覷的影響。

綜上所述，面臨 AI 數位科技變革浪潮，如何積極面對並妥為因應，以達成促進包容且永續的經濟成長目標³，實為多數國家極其重要的課題，並受到各界所關注。

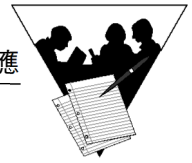
二、研究目的

鑒於 AI 技術發展勢將對各國勞動市場帶來衝擊影響，爰此，本文將透過國際上的相關調查報告，一窺近年來全球及各國的 AI 發展概況，接著探討 AI 對就業可能的影響途徑與趨勢，繼而透過國際標竿政策藍圖的規畫，參考國外如何減緩因應 AI 發展對勞動市場的衝擊，並盤點檢視國內現行推動 AI 發展的相關政策，據以歸納提出精進我國 AI 發展之具體方向。

貳、人工智慧全球發展現況

AI 的概念始於 1950 年代，在半個多世紀的發展過程中，受限於電腦軟硬體等多方面因素影響，直至近年來才有顯著的進展並持續發酵。為持續追蹤各國的 AI 發展程度，目前國際上已有部分學術機構或民間智庫初步建立相關衡量指標，其中調查結果

³ 為克服貧富差距、氣候變遷、性別平權等議題，聯合國 (United Nations, UN) 於 2015 年提出「2030 永續發展議程」，研議共 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)。其中第八項為「促進包容且永續的經濟成長，讓每個人都有一份好工作」(Promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all)。



大多顯示，美國在包括研發能量、專利技術、民間投資、研究人才等面向之發展遙遙領先，惟中國大陸近年來在政府政策與公共資金等大力扶持下，正逐漸拉近與美國之間的差距，其餘國家則在特定領域上的 AI 發展表現不一。

以下將透過體系建構較為完善之美國史丹佛大學 (Stanford University) 及英國顧問公司 Tortoise Capital Advisors 於 2019 年 12 月發布之 AI Index 和 The Global AI Index 來觀察當前全球 AI 發展的概況。

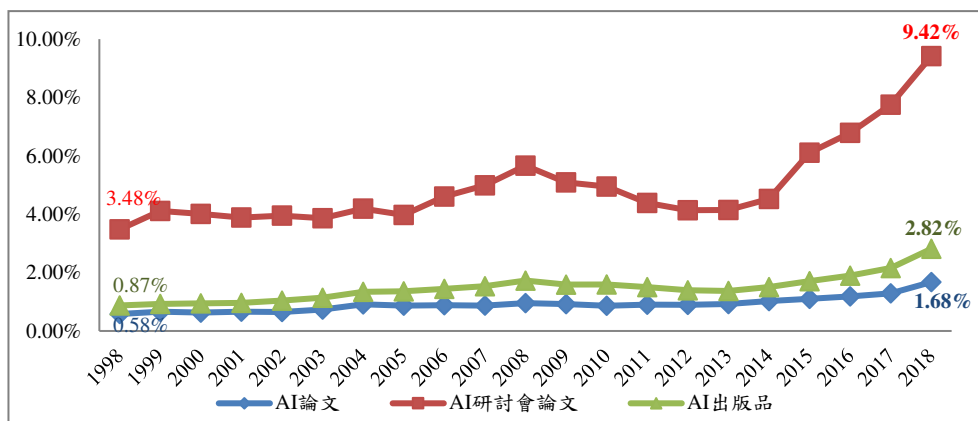
一、人工智慧指標 (AI Index)

美國史丹佛大學人工智慧研究院與 OpenAI 研究組織於 2017 年開始共同合作建構 AI 指標體系並發佈 AI Index 年度報告，其中 2019 年報告透過 9 個面向對 AI 的發展進行分析⁴，謹就報告內容重點簡述如下：

(一) 根據 Elsevier 的 Scopus 資料庫統計顯示⁵，在全球同儕審查的出版品中 (包括期刊文章、研討會論文)，1990 年代後期的 AI 出版品占所有出版品比例僅 0.87%，而 2018 年比例則為 2.82%。其中已發表的 AI 論文占全部論文的比例由 0.58% 上升至 1.68%，至於 AI 研討會論文占全部研討會論文的比例則由 3.48% 攀升為 9.42% (如圖 1)。

⁴ 分別為研究與發展 (Research and Development)、研討會 (Conferences)、技術性能 (Technical Performance)、經濟 (The Economy)、教育 (Education)、自動化 (Autonomous Systems)、公眾認知 (Public Perception)、社會考量 (Societal Considerations)、國家戰略與全球 AI 活力 (National Strategies and Global AI Vibrancy) 等 9 個面向。

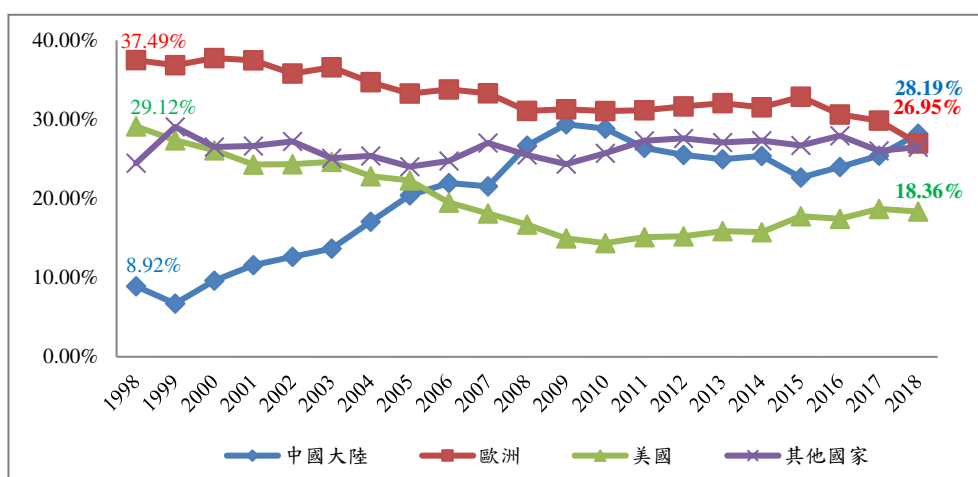
⁵ Scopus 為全球最大的同儕審查 (同行評審) 文獻摘要和引用資料庫，涵蓋科學、技術、醫學、社會科學、藝術及人文科學領域等全球研究成果的綜合概述，其所採用的期刊指標，不僅可以廣泛的應用在評估文獻、期刊或研究人員的影響力，以及系所、學校、機構或國家的學術貢獻和產出。



資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.14 & p.185.

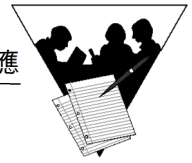
圖 1 1998-2018 年 AI 出版品占全部出版品比例

(二) 若以各主要地區的 AI 出版品數量占全球比重觀察，其中歐洲由 1998 年 37.49% 下滑至 2018 年 26.95%，美國則為 29.12% 下降至 18.36%，至於中國大陸則由 8.92% 躍升為 28.19%，顯示中國大陸的 AI 出版品數量已與歐洲相當，並超越美國（如圖 2）。

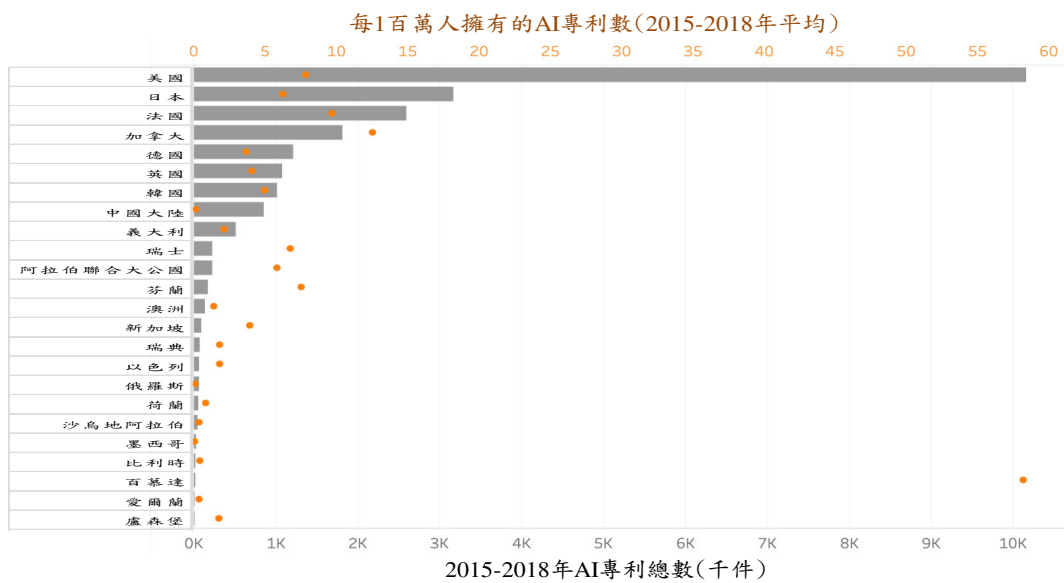


資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.15.

圖 2 1998-2018 年全球各地區 AI 出版品占全部出版品比重



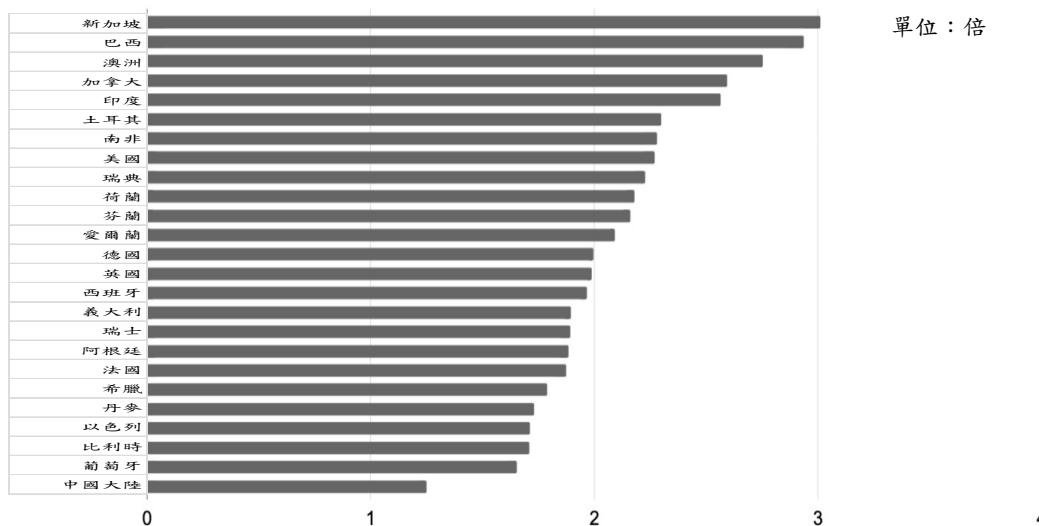
(三) 全球 2015-2018 年間的 AI 專利總數透過微軟學術圖譜 (Microsoft Academic Graph, MAG) 分析，其中以美國申請總數最多，約為排名第二日本的 3 倍，其後依序為法國、加拿大、德國、英國、韓國與中國大陸等，並且約有 94% 的專利係為高所得國家申請 (如圖 3)。



資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.31.

圖 3 2015-2018 年主要國家 AI 專利總數與平均每百萬人專利數

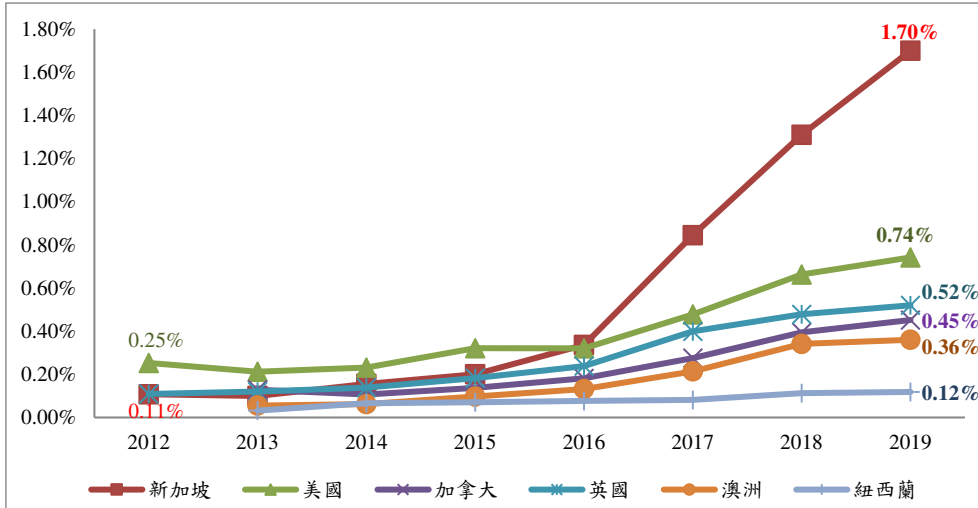
(四) 根據 LinkedIn 的數據統計，2019 年新加坡、巴西、澳洲、加拿大和印度對於 AI 人才招募成長最為快速，其中新加坡於 2019 年之 AI 人才招募成長率為 2015-2016 年平均水準的 3 倍 (如圖 4)。



註：成長率係與 2015-2016 年的年平均僱用人數水準比較。
 資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.73.

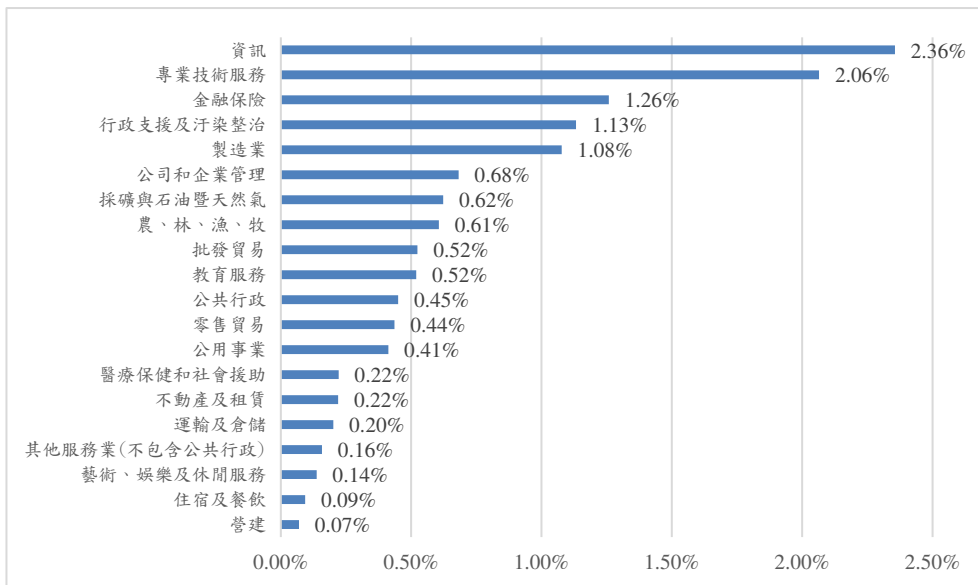
圖 4 2019 年主要國家 AI 人才招募指數

(五) 藉由人力分析公司 Burning Glass 透過主要國家在網路發布與 AI 相關的職缺占該國網路之全部職缺比重顯示，比例最高之新加坡由 2012 年的 0.11% 大幅上揚至 2019 年的 1.7%，接著為美國由 0.25% 攀升至 0.74% (如圖 5)。其中觀察 2019 年美國各產業對 AI 技能需求職務占該國產業的職缺於網路發布總數的比例發現，美國的高科技業、金融業和製造業等相關領域對 AI 勞動力需求較高 (如圖 6)。



資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.239.

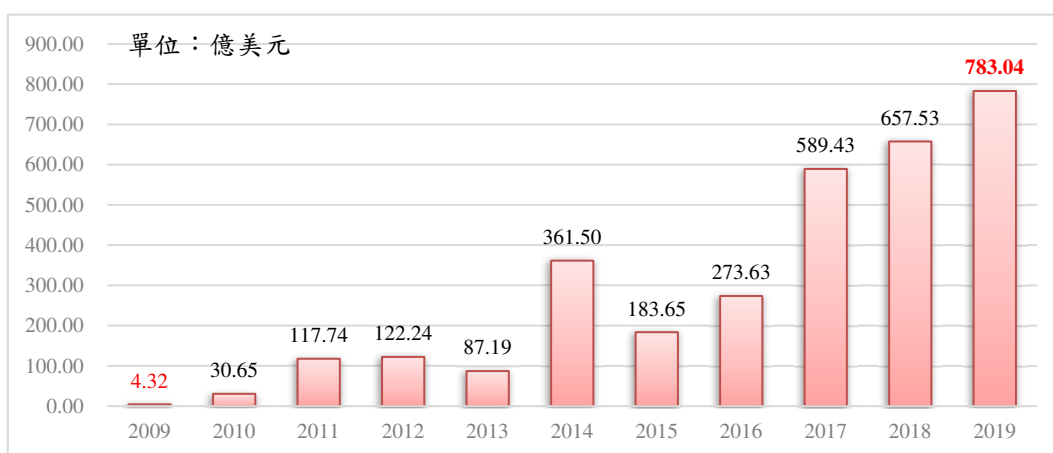
圖 5 2012-2019 年主要國家在網路發布與 AI 相關的職缺比例



資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.75.

圖 6 2019 年美國在網路發布與 AI 相關的工作（產業別）職缺比例

(六) 2009 年全球 AI 民間投資金額僅 4 億美元，但 2019 年大幅上升為 783 億美元。其中對新創企業 (Startups) 投資最高，為 374 億美元，其次依序則為併購 (Merger/Acquisition) 339 億美元、首次公開發行 (Initial Public Offerings, IPO) 47 億美元、少數股權 (Minority Stake) 23 億美元 (如圖 7)。



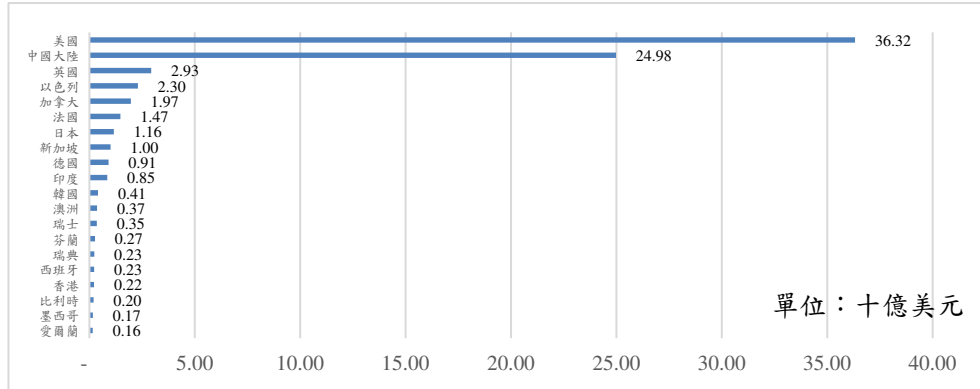
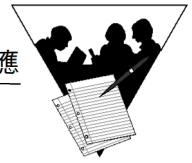
註 1：2019 年數據統計截至 10 月為止。

註 2：2014 年 AI 民間投資金額大幅攀升係中國大陸電商阿里巴巴在美國 IPO 所致。

資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.94.

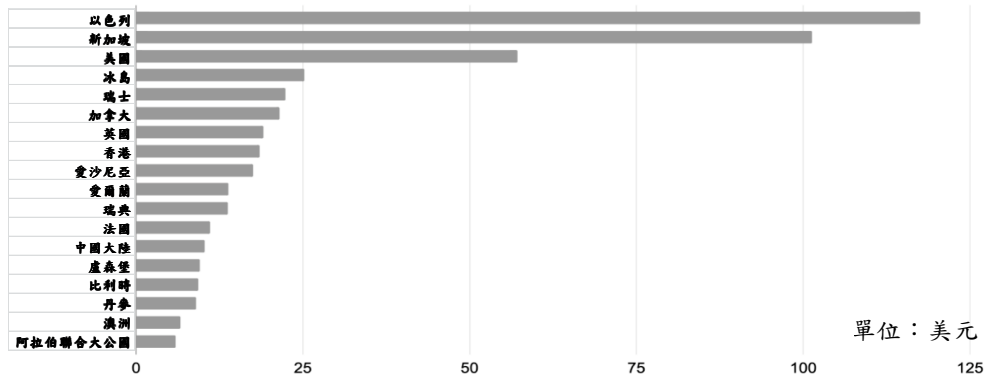
圖 7 2009-2019 年全球 AI 民間投資金額統計

(七) 在各國投資 AI 新創企業方面，美國仍然居於領先。但少數幾家中國大陸企業在 2018 年獲得較高的投資金額，致兩國差距大幅縮小 (如圖 8)。但若以人均投資 AI 新創企業來看，2018 年排名第一的國家卻為以色列，其次則為新加坡、美國和冰島 (如圖 9)。



資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.89.

圖 8 2018 年-2019 年 10 月之間主要國家投資 AI 新創企業金額統計

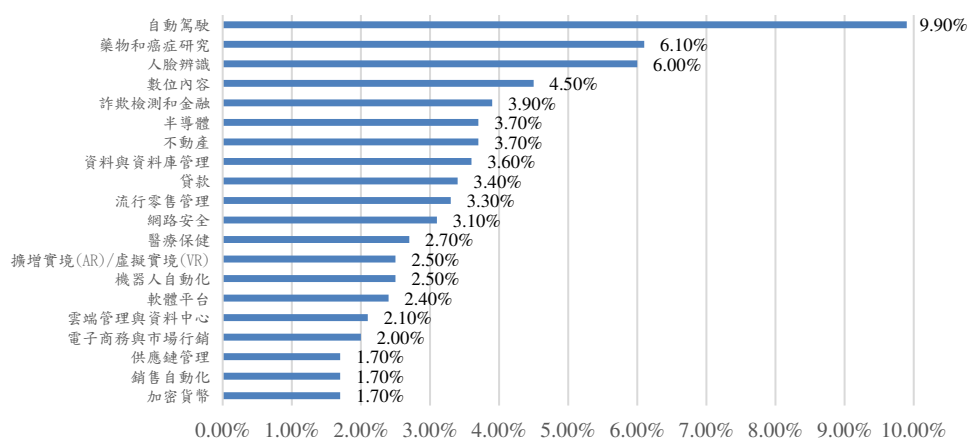


資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.89.

圖 9 2018 年主要國家人均投資 AI 新創企業金額

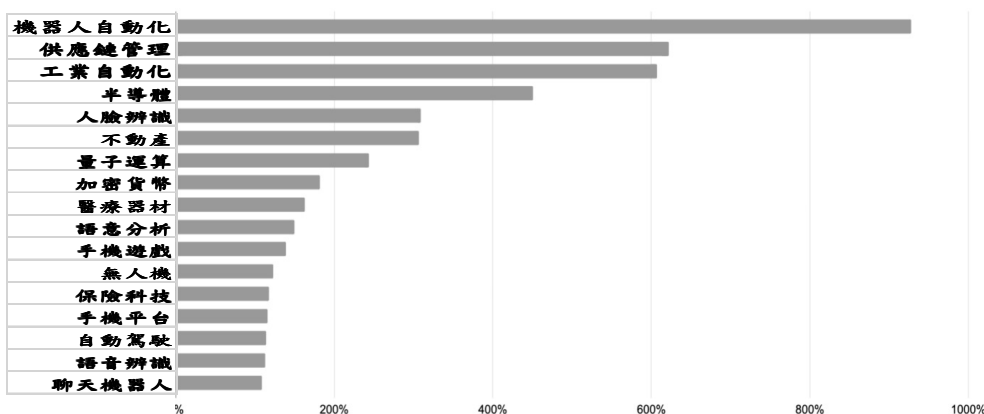
(八) 觀察全球 AI 新創企業在 2018-2019 兩年間獲得最多投資金額的領域為自動駕駛 (Autonomous Driving)，其次依序為藥物和癌症研究 (Drug, Cancer Study)、人臉辨識 (Face Recognition)、數位內容 (Digital Content)、詐欺檢測和金融 (Fraud Detection and Finance) 等，前述項目占 AI 新創企業投資金額比例分別為 9.9% (金額則為 77 億美元)、6.1%

(47 億美元)、6.0% (47 億美元)、4.5% (35 億美元)、3.9% (31 億美元)(如圖 10)。至於 2015-2019 年間國際 AI 新創企業投資成長最快的領域為機器人自動化，成長 928%，其次分別為供應鏈管理 (622%)、工業自動化 (607%) 等 (如圖 11)。



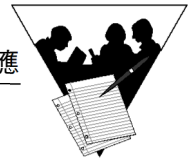
資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.90.

圖 10 2018 年-2019 年 10 月之間全球 AI 新創企業投資領域金額比例



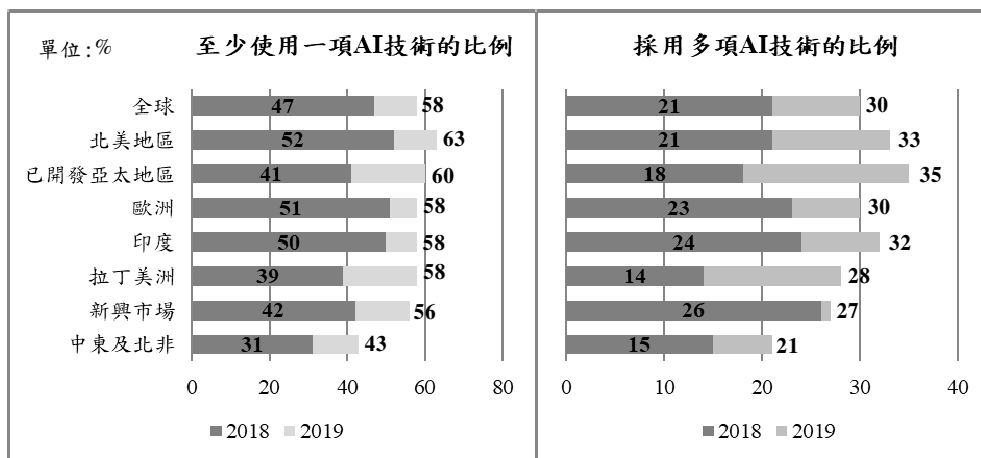
資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.90.

圖 11 2015-2019 年間世界 AI 新創企業投資領域金額成長率



(九) 麥肯錫針對全球 2,360 家企業採用 AI 技術的調查結果顯示如下⁶：

1. 58% 的受訪大企業表示，2019 年公司內至少有一項功能 (function)⁷ 或事業單位 (business unit) 採用 AI，比例高於 2018 年的 47%。另與 2018 年相較，大多數地區約有將近 6 成的受訪者表示已採用 AI 且前述分佈的區域似乎更加平均，其中已開發亞太地區 (Developed Asia-Pacific) 採用 AI 技術的比例，擴大速度最明顯 (如圖 12)。
2. 不同的產業運用 AI 的場域也不盡相同，如汽車產業的受訪者在製造過程中應用 AI 比例最高，而金融服務業在服務營運較常應用 AI，製藥產業傾向於在產品開發和製造過程中應用，至於電信業則在服務營運中較多採用 AI 等 (如圖 13)。



註：新興市場包含中國大陸。

資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.99.

圖 12 2018 年與 2019 年全球受訪企業採用 AI 技術比例之分布區域

⁶ McKinsey & Company, “Global AI Survey: AI proves its worth, but few scale impact”, November 2019.

⁷ 如產品的研發、生產、製造、銷售等。

單位：%

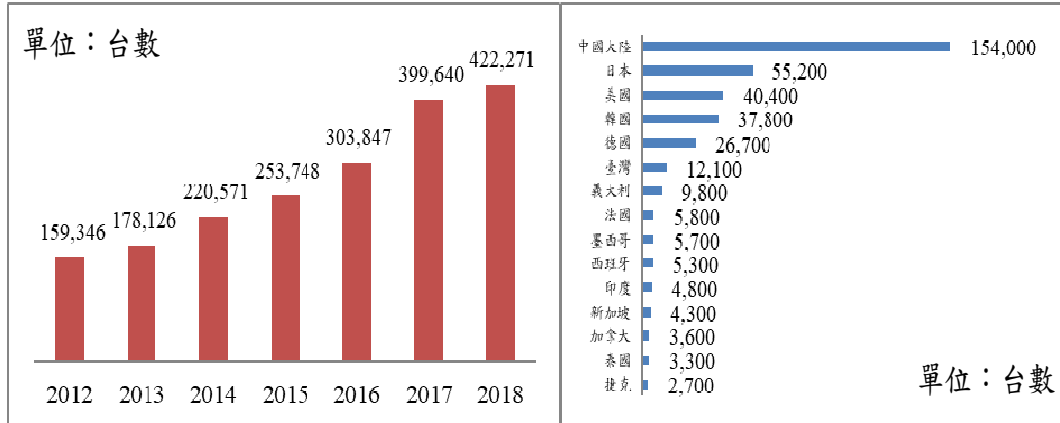
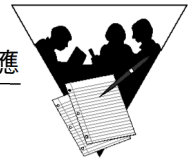
	服務營運	產品/服務開發	市場行銷及銷售	製造	供應鏈管理	風險管理
所有產業	42	35	27	19	18	17
汽車	26	43	13	53	18	9
專業服務	36	31	29	10	17	12
消費性包裝商品	28	12	28	32	29	11
電力與天然氣	49	42	17	21	19	12
金融服務	55	25	43	2	12	42
醫療保健	50	31	19	10	12	10
高科技	49	55	37	12	14	14
基礎建設	26	43	11	30	13	6
製藥	19	41	16	41	11	3
公部門	39	36	5	4	15	12
零售	47	33	36	14	34	14
電信	74	48	28	21	27	30
旅遊運輸及物流	52	20	17	7	31	5

資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.100.

圖 13 2019 年全球受訪企業採用 AI 技術比例-以產業和功能區分

(十) 據國際機器人聯合會 (The International Federation of Robotics, IFR) 發布全球工業機器人年度安裝量顯示⁸，2018 年全球機器人安裝量達到 422,271 台，成長 6%，累計全球機器人總量達到 2,439,543 台。其中自動化程度最高的前 5 名分別為中國大陸、日本、美國、韓國和德國，合計占全球安裝量的 74% (如圖 14)。至於全球使用機器人裝置最多的產業係汽車產業，占總安裝量 30%，其次依序為電機電子產業 (25%)、金屬和機械 (10%)、塑膠和化學產品 (5%)、食品和飲料 (3%) 等，合計占產業安裝量的 73%。

⁸ 報告指出雖然無法得知實際使用 AI 技術的機器人數量，惟該等裝置易於採用 AI 技術，因此可作為衡量 AI 發展的指標。



資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p.103 & p.104.

圖 14 2012-2018 年全球機器人安裝量及 2018 年主要國家安裝機器人數量

二、全球人工智慧指數 (Global AI Index, GAI)

英國顧問公司 Tortoise Capital Advisors 於 2019 年 12 月針對全球 54 個國家 (地區) 發布全球人工智慧指數排名，其中 GAI 指數係利用經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 制定的規範所建構⁹，透過衡量人才、基礎建設、環境開放性、研究能力、發展性、商業投資、政府策略等 7 個推動 AI 發展所需關鍵支柱 (sub-pillars)¹⁰，並涵蓋 150 個指標 (indicators)，據以評估各國的 AI 競爭力與發展狀況，並將上揭國家的排名結果依序區分為 AI 強國 (Power

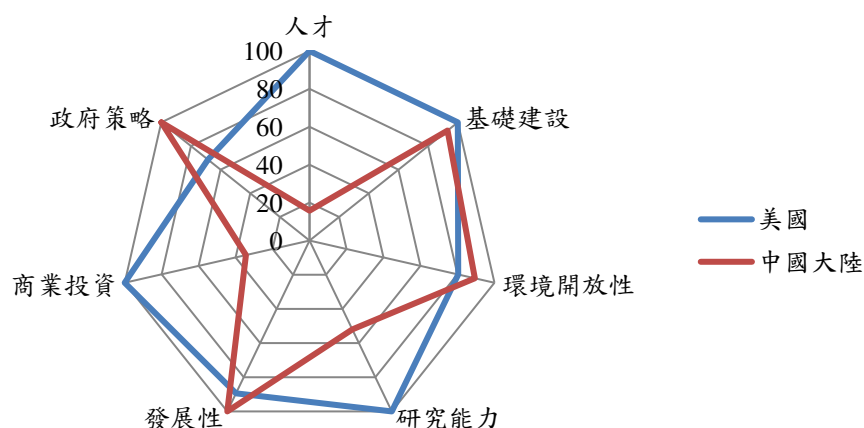
⁹ OECD, Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide, 2008.

¹⁰ 7 個關鍵支柱的觀察重點分別為 (1) 人才 (Talent): 受公私部門聘僱的 AI 員工; (2) 基礎建設 (Infrastructure): 如電力、網路、電腦運算力等發展 AI 的基礎設施; (3) 環境開放性 (Operating environment): 為公共倡議與訊息流通性; (4) 研究能力 (Research): AI 應用的研發與分享能力; (5) 發展性 (Development): AI 相關產品的新技術與專利; (6) 商業投資 (Commercial ventures): 涵蓋市場規模、資金等; (7) 政府策略 (Government strategy): 政府對 AI 產業的投資承諾與政策。

players)、傳統冠軍 (Traditional champions)、注目新星 (Rising stars)、萌芽期 (Waking up)、初步發展 (Nascent) 等五個 AI 發展階段，至於主要國家 AI 發展階段情形簡略說明如下：

(一) AI 強國

根據報告指出，在 54 個經濟體中僅美國與中國大陸列為 AI 強國。由於美國擁有 AI 領域中絕大部分的頂尖人才、完善的基礎建設、強大的研究能力，以及商業投資蓬勃發展等，使得美國在 AI 領域中佔據主導地位，遙遙領先其他國家，該國大部分指標分數幾乎遠高於排名第 2 的中國大陸 (如圖 15)，惟其缺少強而有力的政府策略¹¹。



資料來源：Tortoise Media, The Global AI Index.

圖 15 美國與中國大陸的 7 大指標分數比較

¹¹ 美國總統川普雖於 2019 年發布「美國人工智慧倡議」(American AI Initiative)，但並未提及計畫投入的資金等相關細節，僅僅是倡議指導各機構在現有研究計畫中優先考慮，因此在執行層面上備受質疑。



至於中國大陸則為 AI 發展最快的國家，其在研究領域方面的相關指標已超越英國，加上該國將 AI 視為提升傳統產業和國家未來發展之重要戰略¹²，據以逐步實現 AI 強國目標，使得中國大陸在 AI 領域發展迅速。

該報告並表示，美國對 AI 新創企業的民間投資在 2019 年雖然遠高於其他國家¹³，惟中國大陸未來在 AI 的公共投資卻為全球其他國家總合的 1.5 倍¹⁴，憑藉政府龐大的資本支出及豐沛的研究能量，依照目前的成長預測，中國大陸將有可能在未來五到十年內超越美國。

(二) 傳統冠軍

英國係此發展階段的代表性國家，其後排名依序為加拿大、德國與法國，上述四國得益於完善的教育體系和良好的基礎設施，主要優勢在於人才的培育與研究能力。該報告顯示，排名第 3 的英國已將 AI 視為未來發展的四大挑戰之一¹⁵，並且制定詳盡的國家 AI 戰略，包括明確的目標和資金，其中政府部門的公共服務為英國重要的 AI 導入試驗場域（如醫療和教育領域）。

然而，英國雖擁有數量僅次於美國 AI 的新創企業和公司¹⁶，

¹² 2017 年中國大陸發布《新一代人工智慧發展規劃》指出，其中第 1 階段須在 2020 年與全球領先國家達到同等水準，第 2 階段須在 2025 年前讓 AI 於部分領域面向有突破性應用，第 3 階段則須在 2030 年前成為全球領導者，並創造 1 兆元人民幣的產值。

¹³ 根據 Crunchbase 創業公司資料庫數據顯示，2019 年美國的民間投資金額為 657.35 億美元，占全球民間投資總金額比例高達 67.2%，遠高於第 2 名的中國大陸金額 143.81 億美元（占 14.7%）。

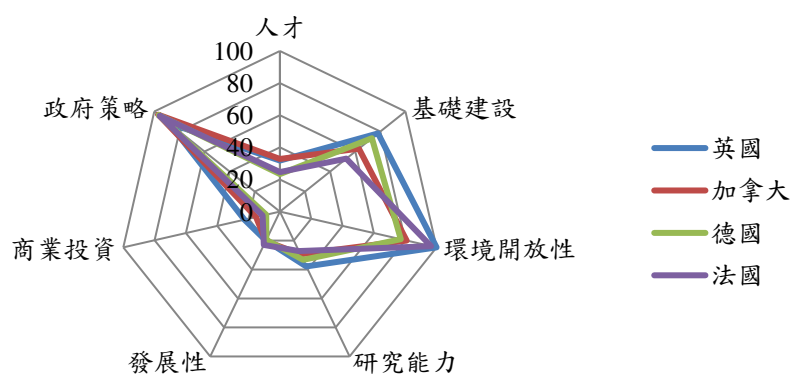
¹⁴ 據各國公布的 AI 戰略統計，中國大陸政府對 AI 的投資高達 225 億美元，其次依序為德國（33.1 億美元）、美國（20.3 億美元）、韓國（19.5 億美元）。

¹⁵ 2017 年英國公佈《英國新產業策略白皮書》報告中，作為新產業策略科研創新與投資主軸的四大產業挑戰分別為人工智慧與數據、高齡化社會、乾淨的經濟成長，以及移動力的未來。

¹⁶ 報告引用 Crunchbase 創業公司資料庫數據，針對 AI 新創企業與 AI 公司占全球比重的前三名國家依序如下：美國占比分別為 38% 與 40%，英國分別為 8% 與 9%，至於中國大陸則為 3% 與 4%。

但其專利制度申請效率不彰，除了核准比例不高外¹⁷，平均批准時間也較長¹⁸。此外，英國在全球 AI 專利申請中所占的比例也較小，顯示該國在 AI 應用上較不積極¹⁹。另一方面，儘管英國培育了許多頂尖的 AI 研究人才，惟受中國大陸高薪吸引、近年英國脫歐持續及緊縮移民政策等因素影響，致高階人才快速流失。所以挽回大量外流人才係為該國在 AI 領域發展上的最大考驗。

至於加拿大則受惠於發布國家 AI 戰略最早的經濟體之一，加上該國在蒙特利爾（Montreal）與多倫多（Toronto）分別擁有大量的 AI 研究人員和新創企業，以及享有簽證處理時間較短等有利因素，使得該國在人才、發展性和政府策略上的分數超越英國（如圖 16）。



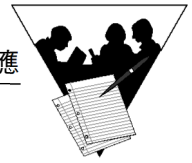
資料來源：Tortoise Media, The Global AI Index.

圖 16 英國、加拿大、德國與法國的 7 大指標分數比較

¹⁷ 在英國提出與 AI 相關的專利審查中，只有 5% 獲得通過，而在美國卻有 33% 的核可比例。

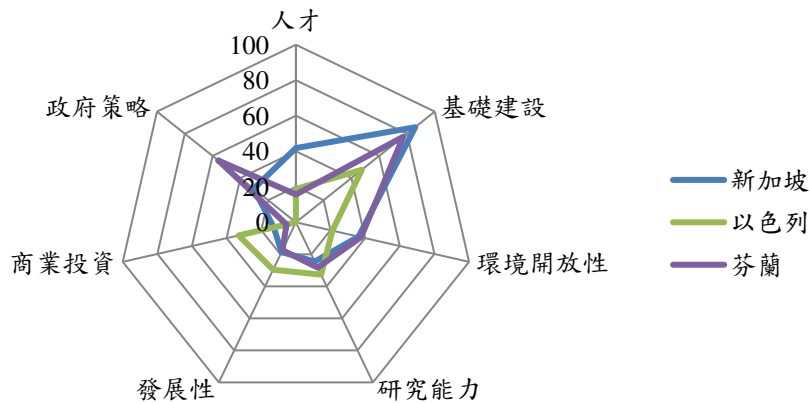
¹⁸ 英國批准時間平均為 1,330 天，全球平均為 905 天，至於中國大陸則平均僅需 504 天。

¹⁹ 英國申請者僅遞交約占全球 0.6% 的 AI 相關專利，而英國公民僅在該國提交約 6% 的 AI 相關專利。



(三) 注目新星

此發展階段包括新加坡、以色列和芬蘭等 11 個國家²⁰，雖然該等國家之經濟規模相較前面兩個階段的經濟體為小，但在部分 AI 發展領域卻來的更為靈活強勁，例如（1）在投資強度方面，以色列對 AI 公司的資助力道比傳統冠軍的國家來得更積極；（2）在興趣強度方面，新加坡在與 AI 相關的聚會群組占其人口比例來得更高；（3）在研究質量方面，芬蘭在 AI 相關研究的平均引用次數來得更多（如圖 17）。



資料來源：Tortoise Media, The Global AI Index.

圖 17 新加坡、以色列和芬蘭的 7 大指標分數比較

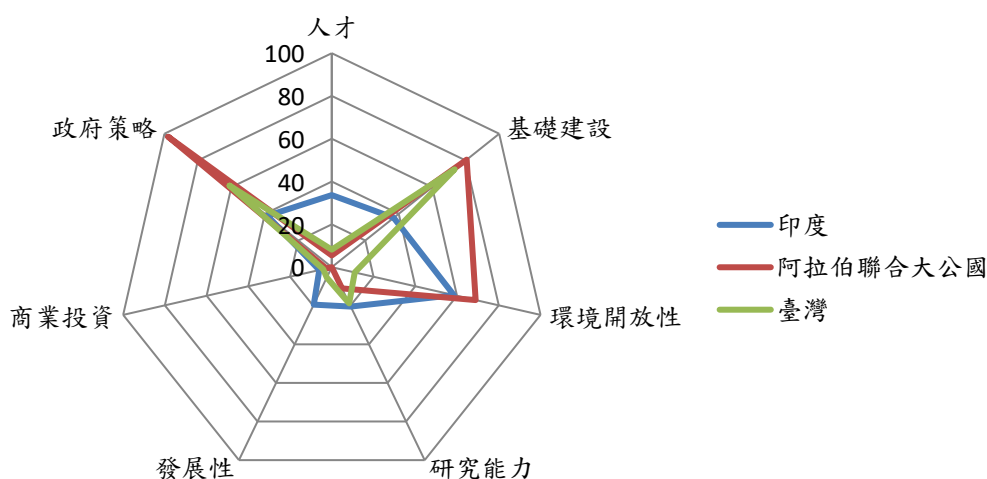
(四) 萌芽期

本發展階段的國家涵蓋高所得與中等所得經濟體，包括印度、阿拉伯聯合大公國、臺灣等²¹。該報告顯示，位於本階段的

²⁰ 其餘國家為韓國、日本、愛爾蘭、澳洲、瑞士、西班牙、荷蘭、丹麥。

²¹ 其餘國家尚有盧森堡、瑞典、奧地利、紐西蘭、波蘭、愛沙尼亞、香港、義大利、挪威、沙烏地阿拉伯、比利時、馬爾他、俄羅斯、捷克、冰島、墨西哥、葡萄牙、立陶宛、卡達、馬來西亞、土耳其、烏拉圭、摩洛哥、巴西、南非、匈牙利、阿根廷、突尼西亞、印尼等 28 個國家。

國家在特定領域表現出色，如印度雖排名第 18，但使用大規模開放線上課程（Massive Open Online Courses, MOOCs）來學習 AI 相關技能的民眾卻高於美國；阿拉伯聯合大公國整體排名居於第 27 名，但卻是全球唯一同時發布國家 AI 戰略和設立人工智慧部門的國家；至於我國則位列第 30 名，其中表現較佳的指標為涵蓋電力設備與網路通訊等的基礎建設，以及政府對 AI 的投資與相關政策之政府策略，惟衡量市場規模、資金等的商業投資、AI 相關產品之新技術與專利的發展性和 AI 的研究人才分數則偏低（如圖 18）。



資料來源：Tortoise Media, The Global AI Index.

圖 18 印度、阿拉伯聯合大公國、臺灣和俄國的 7 大指標分數比較

(五) 初步發展

肯亞、斯里蘭卡、奈及利亞、埃及、巴基斯坦等五國均為初步發展 AI 的新興經濟體，由於該等國家欠缺發展 AI 所必需之基礎建設（如電力設備等），致其評比整體較上述各階段為低。



參、人工智慧發展對就業影響理論途徑及其可能發展

觀察前述 AI 發展現況可知，由於近來 AI、自動化技術等新興科技蓬勃發展，目前已逐漸成為帶動生產力成長的重要驅動力，但其發展伴隨而來的創新與技術進步，正廣泛地影響就業機會和薪資水準等面向，亦即新興科技進步衍生對具有專業技術等職務需求大幅增加，但中階技能者則因具可替代性而趨向平庸化，導致該類勞工在就業市場趨於劣勢，不利其薪資提升，使得勞動市場帶來相當大的不確定性，並對各國政府形成極大的壓力。因此，AI 發展對未來勞動市場所造成之影響實為當前多數國家所面臨的課題。以下將針對 AI 發展對整體就業量理論上可能的影響途徑進行分析，繼而蒐集近期國內外相關文獻對此議題之探討，據以剖析未來影響可能發展。

一、AI 發展對就業影響理論途徑

根據沈紅兵（2019）的研究顯示²²，AI 技術進步對整體就業量理論上的影響可簡易區分為使就業量減少之「替代效果」與增加就業量之「補償效果」。其中各效果的影響途徑謹分別說明如下：

（一）替代效果

1. 生產自動化排擠勞動力：AI 與自動化技術進步加速傳統機器被替換為先進設備，除提升經濟效率與增加產出水準外，亦造成每單位的生產週期縮短，進而降低生產所需勞動力。
2. 產品生命週期與回報期縮短降低企業投資：AI 技術進步使產品（如資通訊產品）生命週期變短，造成無法跟上技術變化而

²² 沈紅兵（2019），人工智慧技術進步對勞動就業的影響研究，臺北市：財經錢線文化。

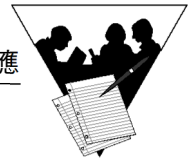
遭淘汰產品的產線勞動力將面臨失業風險；此外，由於產品的生命週期變短使得企業的投資回報期同步縮短，亦即企業的投資收益降低，將抑制新的企業進入市場，進而阻礙就業機會的增加與加劇失業勞工再就業的困境。

3. 勞動力需求結構變化減少對低技能勞工的雇用：由於 AI 技術進步使產品的生命週期變短，而勞動力技能短期難以跟上 AI 等新興技術進步之要求，造成低技能勞動力與高技術產品間產生技能不匹配的現象，導致結構性失業上升。

(二) 補償效果

1. 生產成本下降增進勞動力需求：AI 技術進步有助於勞動生產力提高，使得生產成本與產品價格同步下降，在名目所得等其他條件不變下，將增加國內整體經濟的總需求，促進企業擴大生產規模，並刺激就業市場。另一方面，由於勞動生產力提高，造成勞動力相較使用資本的成本為低，亦促使企業對勞動力的需求上升²³。
2. 所得增加促進民間消費與企業投資需求：AI 技術進步將推升經濟成長與人民所得提高，進而使民間財富增加。前述財富效果對勞動力需求影響可分為兩個面向，其一為財富增加將帶動民間消費增加，進而引發整體經濟的有效需求上升，衍生企業對勞動力需求亦相對增長；再者，財富增加將為民間企業與創業者提供投資所需的資金，有利社會整體就業量的增加。
3. 加強人力資本投資減緩就業壓力：由於 AI 等新興科技進步對勞動的技能要求提高，除導致選擇延長受教育年限的人增加使得實際就業時間延後外，亦會帶動原本在職勞工為強化自身勞

²³ 資本和勞動的相對價格變動會影響使用資本和勞動之間的比例。



動技能因而離職所釋放之就業機會，此將有效減緩勞動市場的就業壓力。

4. 技術進步擴散帶動新產業發展所需之就業機會：當 AI 技術進步應用於生產相關領域，技術將隨著產業供應鏈向外擴散，引導整體經濟的發展與擴大社會分工，並帶動整體就業機會增加。
5. 全球化擴大勞動力在國內外的就業機會：全球化對勞動力需求的影響可分為三個層面。首先，由於國際貿易係支撐國家整體經濟的重要支柱，近年來高科技產品貿易占整體進出口比重逐漸上揚，此將衍生各國高科技產業對勞動力的需求；再者，外人直接投資（Foreign direct investment）除對國家帶來先進技術與豐沛資金外，對於國內出口與就業亦有正面效果；最後，勞動力在國際上自由移動將有助於增進國內外的就業機會。

二、AI 對未來就業影響的可能發展

(一) 新興科技促使就業機會趨向兩極化

1. 麥肯錫於 2017 年預估²⁴，2016 至 2030 年全球勞動市場約 4 至 8 億個工作將被自動化取代，但也創造 5.6 至 8.9 億個新的工作機會，顯示人力亦須培養新技能，以順利轉換到新工作。另麥肯錫並於同年發布「失業與就業：自動化時代的就業變遷（Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation）」²⁵，針對全球 46 個國家、800 種職業進行調查，結果呈現未來全球將有 2 成的工作會被機器人取代，其中

²⁴ McKinsey Global Institute, “Technology, jobs, and the future of work”, May 2017.

²⁵ McKinsey Global Institute, “Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages”, November 2017.

先進工業國家的就業人口受到自動化影響較大，惟知識密集度越高、可預測性低的職缺不易受到影響。

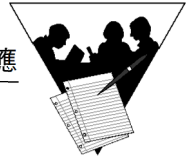
2. 世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 於 2018 年發布「未來工作報告 (The future of jobs report 2018)」指出²⁶，勞動力所需技能不穩定性大增，現行技能將僅只有不到 6 成與未來相同，其餘所需技能將依新興科技發展而改變，此代表自動化將逐步取代重複性及附加價值低的工作，惟需高度溝通協調與創新思考的工作仍難以被替代，未來人機協同的工作比重將逐漸增加。
3. OECD 於 2018 年在 G-20 財政部長會議 (G-20 Finance Ministers) 的報告中提及²⁷，自動化目前雖尚未造成大量失業，但卻產生勞動力在不同職業、部門及區域間重新配置的現象，此等新興科技所造成的改變使得勞動市場需求板塊移向需要更多認知技能的工作，而目前許多勞動力並未具備此種技能。OECD 亦於 2019 年的報告進一步分析²⁸，隨著機器人、AI 和數位轉型加速滲透全球，以及人口老化等諸多影響，未來 15-20 年間，將有 14% 工作機會消失，而有 32% 的工作機會將發生徹底的改變。
4. 麥肯錫於 2018 年提出「技能移轉：自動化和勞動力的未來 (Skill shift: Automation and the future of the workforce)」報告指出²⁹，隨著 AI 的演進，未來工作的本質正逐漸在改變，AI

²⁶ World Economic Forum, "The Future of Jobs Report 2018", September 2018.

²⁷ OECD, "Achieving inclusive growth in the face of digital transformation and the future of work", OECD report to G-20 Finance Ministers, March 2018.

²⁸ OECD, "OECD Employment Outlook 2019", April 2019.

²⁹ McKinsey Global Institute, "Skill Shift Automation And The Future Of The Workforce", May 2018.



自動化的發展將加速勞動力技能的轉變，並將廣泛影響製造業與服務業，並造成結構性失業等問題。

5. Daron Acemoglu and Pascual Restrepo 於 2018 年和 2019 年的論文指出³⁰，由於自動化和 AI 的導入提高企業生產力並節省成本，進而減少勞動力需求與降低勞工薪資，促使勞動報酬份額下滑，其中勞動力需求減緩係由於製造業快速發展，以及勞動力市場所需職缺變遷速度超過勞工技能轉換速度。
6. AI 發展對我國勞動市場的影響，國內也有相關文獻探討，如林曉嬋（2018）研究指出³¹，新興科技將造成勞動力的重新配置，除提高勞動市場的彈性外，也促使未來勞動需求呈現兩極化發展，代表高技術擁有高薪工作，反之亦然，導致利益將集中於資本所有者及高階技術勞動者，擴大貧富不均現象。
7. 勞動部於 2018 年分別委託中華經濟研究院與資訊工業策進會的研究顯示³²，我國企業導入新科技之主要目的為補足人力短缺與因應產業發展趨勢，儘管目前我國產業在導入新科技方面仍處於摸索及觀望階段（如金融服務業），但已對具重複性、庶務性的工作產生衝擊，部分勞動者須因此轉換職務內容，像是原為一般銀行櫃員，因 AI 技術導入後轉為保險或理財專員等業務導向類型之工作。

³⁰ Daron Acemoglu and Pascual Restrepo (2018), "Artificial Intelligence, Automation and Work", NBER Working Paper No. 24196; Daron Acemoglu and Pascual Restrepo (2019), "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor", *Journal of Economic Perspectives*, 33 (2), pp. 3-30.

³¹ 林曉嬋 (2018), 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第 19 輯。

³² 財團法人中華經濟研究院 (2019), 108 年度「我國推動新經濟模式與新科技發展對勞動市場的影響與因應」, 勞動部 2019 年委託研究; 財團法人資訊工業策進會 (2019), 108 年度「人工智慧 (AI) 技術導入對金融服務業之勞動法制影響調查」, 勞動部 2019 年委託研究。

8. 陳劍虹 (2019) 表示³³，自動化與智慧化技術產生勞動替代效果，並帶來結構性失業與所得分配不均等問題。
9. 陳怡如、王宣智 (2020) 透過 2004-2017 年臺灣製造業採用工業機器人等相關數據探究其對就業之影響³⁴，實證研究結果顯示，工業機器人導入和勞動雇用間呈現正向互補關係，亦即工業機器人並非取代人力，而是彌補人力的短缺。然而近年來此等正向互補的效果有些微下滑的趨勢，雖尚未明顯出現替代勞動力的現象，但仍需長期持續關注。另若以產業別觀察，汽車產業已顯著出現以工業機器人取代勞動力，至於電力電子製造業結果雖不顯著，惟已出現替代關係，該報告並指出，由於電力電子業的勞動雇用人數占整體製造業將近 45%，對未來我國製造業的勞動市場影響應審慎處理。

(二) AI 發展導致部分職缺薪資成長遲緩

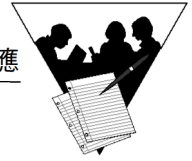
1. 經濟學人 (The Economist) 於 2017 年的文章指出³⁵，AI 雖然促使遠距與跨國工作更加容易，增進勞動市場的彈性，惟將造成低薪現象的發生，其中中階職缺薪資成長遲緩，甚至消失，導致就業市場呈現兩極化。
2. 麥肯錫於 2018 年的報告提出³⁶，高度結構化環境的體力活動、資料收集及資料處理等工作將被自動化取代，而工作場所及工作流程將逐漸轉變為人機協同作業，其中需要高技能的高

³³ 陳劍虹 (2019)，數位經濟發展對勞動市場影響與因應，經濟研究第 20 期。

³⁴ 陳怡如、王宣智 (2020)，我國製造業工業機器人採用對其勞動市場的影響，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心。

³⁵ The Economist, "Artificial intelligence will create new kinds of work", August 2017.

³⁶ McKinsey Global Institute, "AI, automation, and the future of work: Ten things to Solve for", June 2018.



薪工作增加，中等薪資工作機會減少，並可能造成薪資兩極化及所得不均，引發社會及政治緊張局面。

3. 麥肯錫於 2018 年發布「以先進的量化模型推估 AI 對於全球經濟的衝擊 (Notes from the Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy)」顯示³⁷，根據 2017 年至 2030 年期間的模擬結果，重複性和低數位技能的工作需求占總就業比例可能將由 2017 年 43% 下降到 2030 年 32%，而對非重複性或高數位技能的工作需求占比將從 42% 上升至 53%；前述的轉變亦促使薪資差距擴大，其中重複性和低數位技能的勞工的薪資將會停滯或減少，其占薪資總額中的比例將從 33% 下降到 20%，至於非重複性或高數位技能的工作薪資總額占比將從 49% 提高為 62%。
4. WEF 亦於 2018 年的報告提及³⁸，當工作逐漸被 AI 或智慧機器等取代後，不論員工所獲得的教育或技能，未來將有部分員工的薪資無法取得中等階級的薪資。
5. Berg, A, E Buffie and F Zanna (2018) 的報告顯示³⁹，AI 和自動化雖有利於經濟成長，但勞動實質工資短期將下降，有可能要長達數十年後才會高於初始水準，亦即不利於實質工資提升，並造成勞動份額下降，導致不平等現象加劇。

³⁷ McKinsey Global Institute, “Notes from the Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy”, September 2018.

³⁸ World Economic Forum, “AI raises lots of questions. These are the ones we should be asking”, February 2018.

³⁹ Berg, A, E Buffie and F Zanna (2018) , “Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes) ,” *Journal of Monetary Economics*, 97 (C) , pp. 117-148.

三、小結

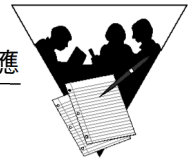
歸納前述 AI 對就業影響的理論途徑與可能發展顯示，AI 與自動化的技術進步儘管使得部分職缺將被取代，但同時亦創造新的工作機會。目前勞動市場雖未因而發生劇烈的衝擊，惟既有的相關文獻多數認為，隨著各產業逐步導入應用，就業機會兩極化、部分職務薪資成長遲緩等影響將漸次浮現，以及對未來的工作樣貌與所需的技能將產生大幅翻轉改變。

另一方面，由於 2020 年爆發 COVID-19 疫情，除重創各國經濟，也牽動社會轉變現有的生活消費習慣、工作型態與產業發展。根據行政院科技會報辦公室綜整各界對於後疫情時代新常態的重點⁴⁰，主要包括（一）透過數位做法重新聚焦在滿足客戶期望；（二）使用全新數據與 AI 改善業務運作；（三）強化彈性和效率；（四）從電子商務到非接觸式經濟，加速進入數位化和自動化；（五）從線性、封閉式的工作型態，轉變為網絡化、團隊作戰；（六）加速組織的敏捷應變能力等。上述總總因素勢將加快 AI 與自動化發展應用，對於前揭就業相關不利影響須密切關注。

肆、國際標竿策略與國內政策現況

由近年 AI 發展情況可知，各國對 AI 的重視程度與日俱增，許多國家紛紛投入研發相關的科技與促進該等產業發展，尤以美國、中國大陸與英國最為積極。然而，發展 AI 相關技術與產業需要充沛的人才，根據新創公司 Element AI 於 2020 年 4 月 2 日

⁴⁰ 行政院科技會報辦公室（2020），面對疫後新常態適者為王，數位國家創新經濟（DIGI）季刊，第九期，頁 4-11。



發布《2019 年全球 AI 人才報告》(Global AI Talent Report 2019) 的調查指出⁴¹，當前全球 AI 的勞動力供給數量雖有所增加，但對 AI 人才的需求仍處於供不應求的情形。其中，AI 人才就業多集中於已開發國家⁴²。

再者，透過 AI 對勞動市場的影響發現，在 AI 科技潮流下，部分現有的產業及就業機會將受到衝擊，進而造成結構性失業與所得分配不均等問題加劇。若無法妥善解決該等惡化，將促使民眾將加深對 AI 與自動化等新興科技的抵制，導致嚴重阻礙生產力提升和經濟發展。

有鑒於此，許多國家陸續提出相關政策措施來減輕 AI 與自動化對勞動市場所造成的影響。其中，麥肯錫就各國政府如何制定政策發展藍圖 (blueprint) 提出具體框架 (framework)，藉由包括 (1) 制定國家 AI 戰略、(2) 改良人力資本發展體系、(3) 強化社會安全網、(4) 與利害關係人進行對話等四個領域來說明政府如何創造機會，並最大程度地減少社會動盪與推動國家向前邁進⁴³。

本文參考前述的政策藍圖後，同時亦就國內現行推動 AI 發展的相關政策進行盤點檢視，據以提出精進我國 AI 發展之具體方向。謹就國際標竿調整策略及我國推動 AI 相關政策現況進行分述如下：

⁴¹ jfgagne (2019) , Global AI Talent Report 2019, Available from: <https://jfgagne.ai/talent-2019/>.

⁴² 調查報告顯示，有 46% 的人在美國工作，約 11% 在中國，其後依序為英國 (7%)，加拿大、德國和日本則各占 4%。上述排名前 5 名的國家囊括全球超過 7 成的 AI 相關人才。

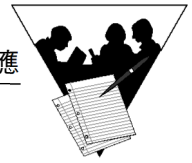
⁴³ McKinsey Global Institute, “A government blueprint to adapt the ecosystem to the future of work”, February 2020.

一、國際標竿策略

(一) 制定國家 AI 戰略

自 2017 年以來，全球有近 30 個國家 AI 戰略以各種形式呈現，代表越來越多的經濟體將 AI 視為一種技術性創新，而一國透過 AI 戰略藍圖規畫將可加快新技術的應用並帶動生產力的提升，其中國家規模、社會發展程度和人口多寡等因素使得各國的策略規劃不盡相同，但是制定 AI 戰略的國家均可從中受益。麥肯錫建議政府可以考慮採取 (1) 鼓勵現有傳統產業使用數位化和 AI 技術、(2) 促進新創產業生態系統發展、(3) 支持新一代數位化和 AI 技術的開發與改良等三種創造價值的模式來制定前述策略。並可藉由以下六種措施來加速催化，其中各國相關作法詳附表 1：

1. 提供採用 AI 技術誘因：政府可對使用提高生產力技術的企業提供獎勵措施。
2. 建立多元新創生態系統：政府可提供如工作空間、網路、孵化器、創業投資公司、公共資金等相關資源來協助新創生態系統的發展。
3. 聚焦培養數位化和 AI 專業人才：解決高等教育的學用落差需要對教育體系改革，其中政府可藉由投資基礎和高等數位化訓練來培育本國具有潛力的人才。
4. 營造合理監管環境：確保企業能在合乎倫理道德的情況下發展 AI 技術，包含企業訓練 AI 演算法需保證避免導入具有偏見或歧視的數據資料、瞭解 AI 決策建議的意涵、限制 AI 決策類別等。



5. 建設數位化基礎設施：政府藉由創設資料標準和蒐集，並將大量公共部門數據與民間企業共享使用，此將可強化民間企業培訓及提高 AI 技術應用之可行性。
6. 設立支持性的政府機構和委員會：AI 相關倡議、計畫及法規的制定和維護通常需要位階更高的政府單位。

(二) 改良人力資本發展體系

麥肯錫指出 AI 與自動化對經濟影響可能不是朝向線性發展，而是隨著時間的推移呈加速顯現。其中許多勞動力在職涯過程中可能被迫多次更換工作。鑒於勞動市場變遷快速，過往就學 20 年、工作 40 年模式已經過時，建議教育需轉變成終身學習模式，並對現行人力資本進行改革，包括從學前到高等與成人教育。具體措施如下，至於各國作法如附表 2：

1. 擴大優質學前教育：提升學前教育比例，並搭配高素質教學、教師和員工，以及確保將學前教育與醫療保健、社會服務和親子教育課程相整合，來協助低收入戶。
2. 強化中小學教育

在自動化和 AI 的未來，提升幼稚園到中小學教育系統的教學質量和包容性變得更加重要，具體措施如下：

- (1) 升級學校課程：除提升數位化和 STEM 的技能需求外，亦需要發展未來勞動力市場所需的批判性思維、溝通、自我覺察與管理、創業家精神、合作和社交能力等。
- (2) 個人化學習：AI 演算法可以幫助老師瞭解學生的能力，並為每個學生量身打造學習內容。

- (3) 教師為教學的核心角色：AI 能協助教師在專業成長、提高效率等多方面提供支援，包括節省課前準備的時間、減輕教師的管理負擔、有更多精力與學生互動及與同事合作，以及為教師專業發展提供支持。

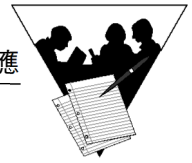
3. 改革高等教育和成人學習

隨著數位化和 AI 的普及，高等教育與勞動力市場所需人才之間的落差可能會加劇擴大。因此，政府須要考慮的因素主要分為三個部分，包括提供高品質的高等教育、被自動化取代風險較高之勞動力可透過雇主協助員工進行「技能提升 (Upskilling)」⁴⁴ 和「職能再造 (Reskilling)」⁴⁵、針對失業者可以提供再就業機會的相關課程等。政府須與高等教育提供者和雇主攜手合作，透過以下六大方面進行改革：

- (1) 建立雇主夥伴關係：技職教育提供者和大學與產業界攜手合作，利用上課、實習、專題等方式，強化高等教育人才的技術與實務能力，以符合產業發展及青年就業之所需；政府亦可透過公私夥伴關係 (Public-Private Partnership, PPP) 來串聯培訓提供者和雇主。
- (2) 鼓勵雇主提供在職培訓：政府可以鼓勵雇主提供學徒制和在職培訓計畫，特別是對於自動化風險較高的職務。
- (3) 資助公民終身學習：由於雇主的在職培訓可能只涵蓋部分必要的教育，因此政府可以設計更全面的計畫，直接向公民提供獎勵措施。

⁴⁴ 幫助員工學習新知識來強化現有技能，使勞動力能夠繼續在同一專業或工作領域中更進一步。

⁴⁵ 讓員工可以從事新工作或培訓其從事不同的工作。



- (4) 利用數據分析來改善與衡量教育和勞動成果：政府和私部門可透過彼此共享教育和勞動市場的相關數據，據以改善教育和增加就業。
- (5) 以就業結果為導向的培訓補貼：政府若以達成就業為目標來增加對教育提供者的資助，將可使培訓與員工和雇主的需求一致。但須注意的是，若以達成就業為目標的培訓資金過多，教育提供者可能會開始拒絕部分培訓對象，如需要最多培訓的勞工、已經找到工作或獲得更高薪水的學生等。
- (6) 強化職涯中期培訓系統：由於教育未來將邁向終身學習模式，因此政府須加強成年人培訓機制，尤其是針對市場最不可能開發的解決方案。

(三) 重新思考社會安全網

社會保障制度的改革必須實現三個主要目標，包括（1）縮小生產力成長與薪資中位數成長之間的差距，以提高勞動報酬份額與增加購買力，創造良性循環的經濟體系；（2）強化社會安全保障措施的可攜性，現行多數社會安全保障措施無法涵蓋其他形式的就業；（3）協助無法從自動化中受益的人（如低收入勞工和失業者），以減緩結構性失業的衝擊。具體措施如下：

1. 協助薪資與生產力一起成長：政府可以藉由擴大公共支出（如經濟放緩和衰退時）、採取相關政策來增加具彈性的勞動供給（如鼓勵兼職）、更好的安全網（在勞動力需求長期疲軟或薪資中位數成長持平的情況下，如實施負所得稅）等方式來達成。

2. 擴大保護範圍到非典型就業：政府可以透過（1）將非典型就業納入法律規範；（2）提供非典型就業享有現行勞動福利與社會保護；（3）對低收入勞工和失業者提供獨立保護的就業安全網。
3. 協助無法從自動化中受益的人：由於兼職和臨時工的月薪和年薪通常低於某些傳統社會安全網的最低收入底線，因此，政府可以提供無條件基本收入（Universal basic income）⁴⁶和實施負所得稅（Negative income tax）⁴⁷，來協助更多受到自動化衝擊的非典型就業。

（四）與利害關係人進行對話：

政府需與所有利害關係人進行對話，以使整體社會的目標達成一致。例如：

1. 由總理擔任主席的丹麥變革委員會（Disruption Council）致力於研究自動化對生產力和工作的影響，其中包括7名部長和來自民間社會的29名成員。
2. 新加坡政府成立未來經濟理事會（Future Economy Council），由財政部長擔任主席，成員包括工商界、政府部門和工會。該理事會將監督其他理事會有關經濟成長、技能開發和創新等建議的實施情況。

⁴⁶ 政府發放給所有公民的定期現金給付，不需任何工作狀況的條件限制，亦不論收入或家庭的狀態。

⁴⁷ 有條件的基本收入保障，目標就是保障生活基本需求，同時取代食物券、低收入補助、老人年金等相關福利措施。



二、國內現行相關政策

我國雖擁有完整的資通訊產業供應鏈，半導體產業在全球扮演舉足輕重的角色，加上極具潛力與實力的中小企業，完善的資訊基礎建設，以及具有高素質的人才及新創團隊等諸多優勢。惟臺灣係小型開放經濟體，無論在經費、人口、產業規模等都有其侷限性。另一方面，由於 AI、5G、IoT 等數位科技應用逐漸發酵，使得產業創新與轉型升級成為推動經濟成長的重要驅動因素。

有鑒於此，政府自 2016 年起積極推動以創新、就業及分配為核心的經濟發展新模式，而為強化經濟的活力與自主性，加速經濟結構的轉型，優先擬定「5+2 產業創新計畫」，並研提「AI 科研戰略」、「數位國家·創新經濟發展方案 (DIGI+方案)」、「臺灣 AI 行動計畫」、「優化新創事業投資環境行動方案」、「臺灣 5G 行動計畫」等政策，以及訂定「人工智慧科研發展指引」，營造有利於數位經濟與新興科技發展之環境，進而實現臺灣經濟永續發展之目標。

針對勞動在職培訓部分，政府推動包括「產業人才投資方案」、「產業人才培訓據點計畫」、「企業人力資源提升計畫」、「小型企業人力提升計畫」等，至於終身學習方面則推廣回流教育及開放線上學習資源等。

再者，2019 年 11 月 4 日行政院科技會報第 17 次會議「數位經濟及 AI 對社會影響與因應策略」報告指出，因應數位科技促成職業變化，政府提出措施包括：(1) 協助員工轉型：如金融業提撥稅後淨利 0.5~1%，供員工訓練、轉職及安置；(2) 培育數位科技人才：如推動 iPAS 能力鑑定，外加 10% 資通訊領域招生

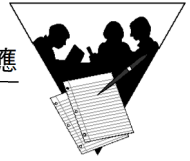
名額、跨領域培育資通訊人才、推廣開放式大學多元培育模式等；(3) 強化勞動保障：包括強化非典型之勞動權益，以及提供無一定雇主或自營作業者勞保；(4) 強化數位教育：除補助地方政府設置自造教育及科技中心、開發主題跨域課程、培養學生多元學習及學科橫向整合能力等，並致力提升教師數位教學能力、整備智慧化校園，同時於 12 年國教課綱新增科技領域。

此外，為使臺灣在後疫情時代扮演全球經濟發展契機之關鍵力量，政府積極落實 3 大關鍵人才培育及延攬戰略，期盼打造臺灣成為人才匯聚重鎮，並以人才驅動產業成長，提升國際競爭力，具體內容包括 (1) 培育本土數位人才：政府將透過擴展高教培育量能、促進產學共育及鼓勵企業投資人才等主軸，培植更多具數位技能的本土人才，以協助產業轉型；(2) 延攬國際關鍵人才：除積極推動專案性攬才措施，聚焦延攬全球頂尖數位人才，並擴大招收新南向國家及外國學生來臺就讀重點領域科系，亦將進一步鬆綁工作、居留等相關規定，並優化租稅及社會保障等相關權益，以提高國際優秀青年學子來臺誘因；(3) 深化雙語能力及國際視野：配合雙語國家政策，持續深化人才英語力，積極培育產業所需的專業領域英文人才。

最後，因應疫情過後的新經濟模式，透過國際趨勢、臺灣產業優勢及市場態勢，政府進一步提出新的產業戰略布局，在 5+2 產業創新的基礎上，擘劃六大核心戰略產業，以期在國際間扮演關鍵性角色。謹就前述相關政策內容分述如下：

(一) AI 科研戰略

為掌握 AI 發展的契機，並將資源有效挹注，我國宣示 2017 年為臺灣 AI 元年，並以「小國大戰略」的思維，提出「AI 科研



戰略」來推動臺灣 AI 發展，藉由人才、技術、場域，以及產業構築而成的 AI 創新生態圈，激勵多元跨域合作精神，將各領域基礎研究的學術成果，逐步導入 AI 的實際應用，達成提升國家競爭力，具體策略包括（1）建構 AI 研發平台、（2）設立 AI 創新研究中心、（3）打造智慧機器人創新基地、（4）啟動半導體射月計畫、（5）推動科技大擂台。至於詳細推展策略如附表 3。

（二）數位國家·創新經濟發展方案（DIGI+方案）

因應數位經濟浪潮來襲，為積極提升寬頻數位匯流基礎建設，建構有利數位創新之基礎環境，並完善鞏固數位國家之相關配套措施，我國於 2017 年推動「數位國家·創新經濟發展方案（DIGI+方案）」，以期達成「發展活躍網路社會、推進高值創新經濟、開拓富裕數位國家」之政策願景。

本方案共有 9 個重點發展策略，為配合各項重點工作之推動，並達成總體目標，已規劃涵蓋不同構面的 7 項主軸行動計畫，包括（1）創造公平與安全的數位創新基礎環境、（2）協助產業並提升價值的數位經濟躍升、（3）推動民眾有感的網路社會數位政府、（4）促進城鄉發展的智慧城鄉區域創新、（5）支援 5+2 產業創新發展的培育跨域數位人才、（6）提供技術解決方案的研發先進數位科技、（7）排除障礙與調適法規的營造友善法制環境。其中行動計畫概略如附表 4。

（三）臺灣 AI 行動計畫

在「數位國家·創新經濟發展方案（DIGI+方案）」架構下，依據行政院「智慧系統與晶片產業發展策略會議」共識及結論，

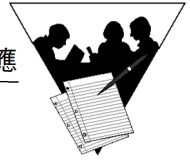
行政院於 2018 年規劃「臺灣 AI 行動計畫」(2018 至 2021 年)，以作為臺灣在 AI 領域發展的指導綱領。計畫主要願景係以強化臺灣既有的優勢，創新體驗為先，軟硬攜手發展的方式，激發產業最大動能，創造我國智慧科技發展的經濟榮景。

前述計畫在整體落實推動上，透過鬆綁、開放及投資的精神，藉由「AI 人才衝刺」、「AI 領航推動」、「建構國際 AI 創新樞紐」、「場域與法規開放」、「產業 AI 化」等五大主軸實現，並與 5+2 產業創新方案扣合，搭配前瞻基礎建設及智慧城鄉計畫，協助產業面對 AI 科技的轉型挑戰與因應，期許臺灣邁向尖端智慧國家，成為全球 AI 創新的重要樞紐。至於「臺灣 AI 行動計畫」五大主軸的重點推動措施如附表 5。

(四) 優化新創事業投資環境行動方案

培植新創事業係加速我國產業轉型的關鍵環節之一，為完善國內創新創業環境，國發會與經濟部共同提出「優化新創事業投資環境行動方案」，積極協助臺灣新創事業發展，並拓展國際市場。

本方案規劃在 2 年內孕育至少 1 家獨角獸新創事業、帶動未來 5 年相關新創事業獲投資金額每年成長新臺幣 50 億元等兩大目標，並透過 5 大政策方向及 40 項行動作法，據以加強提升臺灣在國際新創圈能見度，吸引國際新創資金及資源來臺，同時鼓勵國內年輕人積極投入創新創業，期使臺灣新創事業投資環境逐步優質化，建構完整生態系，並成為亞洲新創資本匯聚中心。上述行動方案概略如附表 6。



(五) 臺灣 5G 行動計畫

為掌握 5G 蓬勃發展，以及帶來龐大商機的契機，行政院於 2019 年擬定「臺灣 5G 行動計畫」，以鬆綁、創新、實證、鏈結等策略，全力發展各式 5G 電信增值服務及垂直應用服務，打造臺灣成為適合 5G 創新運用發展的環境，並提升數位競爭力、深化產業創新，以及實現智慧生活等。其中 5 大推動主軸相關作法如附表 7。

(六) 人工智慧科研發展指引⁴⁸

有鑒於 AI 為人類生活帶來便利，但也造成整體社會、經濟等運作造成衝擊。為降低民眾對 AI 科技的疑慮，打造值得信賴的 AI 科研環境，經參考先進國家及組織訂定之相關基本準則與綜觀 AI 對各層面可能產生的影響，科技部於 2019 年發布包括「以人為本」、「永續發展」及「多元包容」等三大核心價值的「人工智慧科研發展指引」，提供我國 AI 科研人員遵循參考，據以完善我國 AI 科研環境，並與國際趨勢同步。

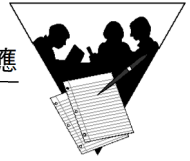
為達成使用 AI 改善人民生活之願景，透過三大核心價值衍生構築如「共榮共利」、「公平性與非歧視性」、「自主權與控制權」、「安全性」、「個人隱私與數據治理」、「透明性與可追溯性」、「可解釋性」及「問責與溝通」等八項指引，詳細內容如附表 8。

⁴⁸ 內容引用自「科技部官網新聞資料，科技部訂定『人工智慧科研發展指引』完善我國 AI 科研發展環境，2019 年 9 月 23 日」。

(七) 勞動在職培訓面向

1. 產業人才投資方案：為提升在職勞工知識、技能及態度，勞動部提出「產業人才投資方案」⁴⁹，結合優質訓練單位提供多元化實務導向訓練課程（如 AI、IoT 等），並補助參訓勞工的訓練費用，以激發在職勞工自主學習與累積人力資本，並提升國家整體人力資本目標。
2. 產業人才培訓據點計畫：為因應產業發展人力需求，協助國家重點產業政策發展及區域產業聚落相契合，勞動部推動「產業人才培訓據點計畫」，結合產、官、學、訓資源，與民間單位攜手合作，針對生技醫藥、電子資訊、自行車暨智慧綠能、智慧機械及 AI、資訊數位科技等產業成立區域人才培育據點，加強掌握產業發展所需人才與職能，規劃辦理實務與理論兼具的整合式訓練專班，培訓產業發展所需的關鍵技術人力；另為協助產業掌握 AI 發展契機，覓得關鍵 AI 人才並導入 AI 技術應用於產業需求，協助在地產業升級，勞動部與財團法人資訊工業策進會攜手合作設立「AI 產業人才培訓據點」，據以帶動在地產業數位轉型。
3. 企業人力資源提升計畫：為鼓勵企業培育在職人才，勞動部推動「企業人力資源提升計畫」，透過補助部分訓練費用方式，以減輕企業的辦訓負擔，強化員工具備企業營運與發展所需要的技能。
4. 小型企業人力提升計畫：我國中小企業占全體企業家數逾 9 成，惟其因規模較小，需針對性的措施予以加強輔導及協助，以協助小型企業強化健全人才培訓發展，爰勞動部規劃辦理「企業人力資源提升計畫」。

⁴⁹ 本方案含「產業人才投資計畫」及「提升勞工自主學習計畫」。



(八) 終身學習面向

1. 推廣回流教育：為鼓勵民眾在職進修、強化回流教育，教育部推廣開放式大學的理念，針對未取得學士學位的在職者，規劃「大學進修部四年制學士班彈性修業試辦方案」，以及欲取得第 2 個學士學位者，實施「大學校院辦理多元專長培力課程」。希盼藉由兩大方案強化臺灣的回流教育，打造學習型社會。
2. 開放線上學習資源：國內政府部門目前針對 AI 等新興科技相關線上學習資源包括經濟部「DIGI+Talent 數位網路學院」、教育部「智慧製造產業創新知識庫」、「台灣人工智慧教育平台」與「亞洲·矽谷學院」、科技部「AI 數位學習平台」、勞動部「勞動力發展數位服務平台」等，以隨時提供民眾方便、正確且系統性的數位技能，進而提升勞工的能力和競爭力。

(九) 六大核心戰略產業

疫情導致生活型態改變，衍生新興需求商機，政府為協助產業超前佈署，在 5+2 產業創新之基礎上，擴大創新並研發下世代核心科技，打造六大核心戰略產業，包括資訊及數位產業、資安卓越產業、臺灣精準健康產業、國防及戰略產業、綠電及再生能源產業、民生及戰備產業等，以國內需求為基礎能量，加強國際合作及市場拓展，並透過國家隊建立臺灣品牌，期望臺灣未來扮演全球經濟的關鍵力量。其中與 AI 有關之重點產業包括：

1. 資訊及數位產業：臺灣將研發新世代半導體技術以及促成人工智慧物聯網 (AIoT) 應用場域，並籌組 5G 國家隊，以期維持我國資訊與通信科技 (Information and Communication Technology, ICT) 技術領先，並輸出 AIoT 解決方案與打入國際 5G 供應鏈。

2. 資安卓越產業：臺灣將研發 5G、半導體等防護技術、開發 5 項 AIoT 及醫療等領域解決方案，並成立資安攻防及跨國合作機構，期強化新興領域防護及打造高階實戰場域。其中，為達成我國成為亞太高階資安人才及技術創新基地，行政院已設立資安卓越中心，從資安前瞻研究、頂尖實戰人才養成、實習場域建置、國際合作及技術移轉創新育成等 5 個面向著手，挹注充足教學及研究資源，以厚植我國頂尖實戰人才培訓及資安前瞻研究能量，並解決國內高階資安人才不足的問題。

此外，本推動方案也提出共通基礎環境優化策略，其中在人才配套措施方面，由「培育本土數位人才」、「延攬國際數位菁英」及「深化雙語能力及國際視野」三面向進行規劃，以匯聚及培養雙語和數位人才。

三、國際標竿策略建議與國內政策比較差異

本研究在參考前述麥肯錫對政府的政策發展藍圖建議與對照我國現行相關政策，比較差異後發現如下：

- (一) 制定國家 AI 戰略較為完備：由於我國已於 2016 年開始陸續推動包括 5+2 產業創新計畫、AI 科研戰略、數位國家·創新經濟發展方案 (DIGI+方案)、臺灣 AI 行動計畫、優化新創事業投資環境行動方案、臺灣 5G 行動計畫、六大核心戰略產業等相關政策，因此我國在制定國家 AI 戰略方面的政策規劃上較為周詳。
- (二) 改良人力資本發展體系似有提升空間：我國目前在強化中小學教育與改革高等教育和成人學習方面已施行包括數位國家·創新經濟發展方案 (DIGI+方案)、產業人才投資方案、產業人才培訓據點計畫、企業人力資源提升計畫、小型企業人



力提升計畫等相關措施，以及積極落實 3 大關鍵人才培育及延攬戰略，惟我國在學前教育的政策方面上仍有提升空間。

- (三) 強化社會安全網仍有優化空間：我國目前已致力於強化對於非典型就業的保護網，但與國際相較，仍可優化受自動化衝擊的相關社會福利措施。
- (四) 與利害關係人進行對話似可強化：我國除訂定「人工智慧科學發展指引」外，目前似尚未有如國外之對話溝通管道或溝通平台。

伍、結論與建議

綜觀國際上已有不少學術研究、調研機構或組織紛紛就 AI 或數位化對勞動的影響進行評估，雖然研究的對象或方式不盡相同，卻大多明確指出 AI 在未來的工作上扮演重要的應用工具或輔助角色，以協助人們從事各類的工作並減輕負擔，但是隨著 AI 技術的成熟及突破，在不久的將來可能衝擊就業，衍生結構性失業加劇、所得分配惡化等問題。

另一方面，AI 和自動化技術替代勞動力的程度取決於各國的產業發展趨勢、人口成長等因素。所以在 AI 大規模應用的浪潮來臨前，政府應通盤考量國家未來的產業經濟發展策略、重要的社會發展態勢（如人口高齡化和少子化等），據以重新盱衡佈局未來就業市場人才配置。

有鑒於此，本文在觀察前述臺灣與國際標竿的調整策略後，針對我國目前似可精進的相關方向，提出包括（1）優化人力資本發展體系，具體建議如深化我國優質學前教育等；（2）加強社會安全網的保障，具體建議如完善現行社會福利措施、擴大勞動

關係保護範圍等；(3) 增進與利害關係人進行對話，具體建議如設置國家 AI 倫理委員會等。相關政策建議如下說明：

一、深化我國優質學前教育

觀察教育部於 2020 年 4 月報告顯示⁵⁰，我國 2~5 歲和 5 歲幼兒入幼兒園比例分別由 103 學年度的 57.7%、94.0% 上升至 108 學年度的 67.3%、96.2%，主因係學齡前幼兒學費補助及雙軌推動公共化及準公共政策發酵所致。

然而，我國 2~5 歲幼兒入幼兒園比例雖與先進經濟體相近，但 0~2 歲托育服務的普及率仍較低。根據衛福部統計⁵¹，截至 2019 年 7 月，我國未滿 2 歲兒童的家外托育率僅有 12.03%⁵²，加上國內居家保母嚴重老化⁵³，爰透過現行的擴大育兒津貼、托育公共及準公共化等作法外，似可擴張培訓專業幼教人員以穩定托育品質，並借鏡先進國家的其他相關輔助措施，據以逐步加速擴大優質 0~2 歲幼兒托育服務，除可減輕家長育兒負擔外，亦有助於幼童在幼稚園和中小學教育的學習，達成 OECD 國家 2 歲平均入園率 33% 目標。

二、完善現行社會福利措施

(一) 研議實施薪資保險 (wage insurance) 的可行性及必要性：根據 Christopher T. King 和 Kristie Tingle 於 2015 年的研究報告

⁵⁰ 教育部統計處，108 學年各級教育統計概況分析，2020 年 4 月 7 日。

⁵¹ 行政院官網，0 至 2 歲托育托兒成果懶人包，頁 6，2019 年 8 月 29 日。

⁵² 計算方式係未滿 2 歲家外送托總人數除以未滿 2 歲兒童數。

⁵³ 2017 年衛福部統計，全臺計 26,240 名居家保母，50 歲以上人數比例為 57.76%、60 歲以上則為 18.48%。



指出⁵⁴，薪資保險的功能係補貼因新興科技的應用而必須轉職的勞工，而非失業保險給付，亦即當勞工轉職到新工作時，有可能面臨薪資減少的情形，透過薪資保險的制度可以暫時地彌補與原來薪資的差距，減緩中階技術勞工被迫轉職與接受較低薪資工作的影響。

- (二) 廣泛探討推動「全民基本收入 (Unconditional or Universal Basic Income, UBI)」制度的必要性：目前已有部分國家 (如德國、芬蘭、加拿大安大略省、荷蘭烏特勒支、西班牙巴塞隆納、美國加州及奧克蘭、肯亞等) 進行或完成相關實驗，因此是否需採行 UBI 制度以修補並強化社會安全網，藉此保障受 AI 或自動化衝擊的勞工，實有深入探討之必要。

三、擴大勞動關係保護範圍

近年來由於平台經濟迅速興起，除改變既有的工作型態，帶動零工勞動型態增加，亦導致零工工作者與平台業者之勞雇關係認定模糊，並缺乏相關的勞動保護措施，加上疫情已加速此趨勢，爰臺灣可參考目前各國採取的勞動法規調適以為因應，包括：

- (一) 擴大相關勞動法規對於僱用關係的適用範圍，例如美國加州的員工與獨立承攬者法案。
- (二) 在勞雇關係中除了「承攬」與「僱用」外，增加「中間勞動者類型」，以保障平台經濟的勞動力，例如加拿大、西班牙、德國、義大利等。

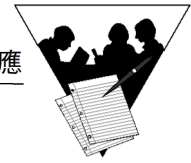
⁵⁴ King, C. T. and Tingle, K. (2015), “Wage Insurance and Wage Supplements: Review of the Literature and Supporting Data (A Report to the United States Department of Labor) ,” Ray Marshall Center. Austin, TX: LBJ School of Public Affairs, The University of Texas at Austin.

- (三) 將所有具備勞動關係的勞動力都納入勞動法規的保障，例如澳洲的職場健康與安全法。

四、設置國家 AI 倫理委員會

我國雖已於 2019 年公布「人工智慧科研發展指引」，但為強化該指引的具體落實和加強 AI 倫理研究，確保國內能在合乎倫理道德的情況下發展 AI 技術，並持續與相關利害人進行對話，進而促成我國在相關法規、制度等面向滾動式調整，以及避免科研成果最終因社會疑慮而無法應用（如自動駕駛、醫療行為等），爰似可透過以下作法來促進 AI 的發展，例如：

- (一) 廣泛徵詢各界對於設置國家級 AI 倫理委員會的必要性，藉以整合產官學研的跨部門及跨領域協調與溝通。
- (二) 借鏡歐盟於 2020 年 2 月發布的資料戰略與人工智慧白皮書之相關作法，以兼顧 AI 技術發展與倫理道德，降低對社會與經濟可能的影響風險。



附表 1 制定國家 AI 戰略之各國措施具體作法

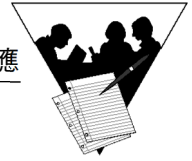
措施	各國作法
提供採用 AI 技術誘因	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 韓國針對入駐研究開發特區 (special R&D zones) 的新創高科技公司提供研發中心、稅務、人才、金融與技術協助等優惠制度。 ➢ 荷蘭為鼓勵企業從事研發，在研發優惠稅制 (Innovation Box Regime) 下，由企業自主研發所創造無形資產 (如技術創新) 而產生的所得，僅需繳納 7% 所得稅；另針對 PPP 研發提供現金補助。 ➢ 義大利對公司研發費用給予稅收減免，並就企業數位化營運所產生成本最高給予 250% 的攤銷。 ➢ 新加坡的生產力解決方案津貼 (Productivity Solutions Grant) 針對中小企業採用預先批准的生產力解決方案 (如導入 IT 解決方案、設備和人才培訓等)，最高可補助成本的 7 成。
建立多元新創生態系統	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 加拿大在蒙特利爾 AI 中心 (Montreal AI hub) 投資 5 億加元的公共資金，並於上述城市所在的魁北克省 (Quebec) 提供稅收、貸款、投資等優惠措施以吸引 AI 產業。 ➢ 新加坡的裕廊創新區 (Jurong Innovation District) 聚焦於工業 4.0 領域的研發與應用，其中包括先進的再製造和技術中心在內的數家示範工廠均以 PPP 生態系統模式發展運作。 ➢ 中小企業亦可透過參加特定產業計畫來從新創生態系統中獲益，如芬蘭藉由 15 家公司組成的財團提供資金與技術支援，協助中小企業在 AI 加速器中參加為期六個月的計畫，幫助該等公司導入 AI 技術。 ➢ 許多新創生態系統以大學為基礎，因此各國政府可鼓勵產學合作來提高研究成果並縮短 AI 技術商業化時間，進而協助大學成為創新中心。
聚焦培養數位化和 AI 專業人才	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 芬蘭於 2018 年創建「AI 元素」(The Elements of AI) 的免費 AI 線上培訓課程，以使該國公民能在 AI 領域中取得優勢，截至 2019 年底該國已有 1% 以上的人參與 (約 55,000 人)。 ➢ 歐盟對攻讀 AI 碩士和博士學位的學生給予獎學金資助，並啟動 Digital Opportunity Traineeships program 的數位化技能實習；英國提供產業資助的 AI 碩士課程；德國規劃將核心 AI 模組整合至工程、應用科學和自然科學計畫中；美國則透過企業、能力發展方案、獎學金和著重電腦科學的 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育，推動產業認可之 AI 學徒制。 ➢ 日本在大學設置 AI 專門課程，不僅由政府補助在職工作者部分費用，亦計劃讓該國大學生學習基礎 AI 課程；新加坡推出培訓課程 AI for Industry 計畫，協助工程師與軟體開發人員掌握 AI 相關專業技能；阿拉伯聯合大公國在首都阿布達比成立全球第一所 AI 大學。
營造合理監管環境	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 丹麥的國家 AI 戰略提出六項發展和導入 AI 之道德原則；歐盟則為求完善 AI 開發與使用倫理規範，制訂可信賴 AI 倫理準則 (The Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence)。 ➢ 政府亦可透過監管沙盒 (Regulatory Sandbox) 來評估並解決 AI 技術、服務或商業模式於測試過程中所發現或產生的監管或法規問題。
建設數位化基礎設施	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 新加坡於 2014 年在裕廊湖區 (Jurong Lake District) 推動 15 項智慧城市試驗計畫，並透過園區內設置 1000 多個感測器，蒐集各種大數據。該國亦創建智慧國家傳感器平台 (Smart Nation Sensor Platform) 的數位化基礎設施，加速布建感測器與其他 IoT 的連結，如智慧路燈、自動駕駛汽車、電子支付系統等。 ➢ 各國積極布建 5G 網路，其中英國目標在 2025 年達成 1,500 萬戶使用全光纖網路，2033 年推展至全國；至於 5G 行動通訊方面，規劃至 2027 年完成主要居住地區的訊號覆蓋。 ➢ 歐盟為促進資料經濟 (Data Economy) 發展，完善其數位單一市場 (Digital Single Market) 政策，在一般資料保護規則 (General Data Protection Regulation, GDPR) 的基礎上，積極提高公部門所掌握資料之易取得及再利用程度，以及促進公部門資助之科學研究資料分享。
設立支持性的政府機構和委員會	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 阿拉伯聯合大公國任命全球首位 AI 部長，並建立 AI 委員會。 ➢ 愛沙尼亞成立數位愛沙尼亞委員會 (E-Estonia Council) 主導數位社會的發展。 ➢ 以色列創新管理局提供各種實用工具和融資平台，以滿足該國新創生態系統的需求。

資料來源：本研究整理自「McKinsey Global Institute, “A government blueprint to adapt the ecosystem to the future of work”, February 2020.」。

附表 2 改良人力資本發展體系之各國措施具體作法

措施	各國作法
擴大優質學前教育	<ul style="list-style-type: none"> 長期以來全球的學前教育比例過低，其中 OECD 國家只有 32% 的 0 至 2 歲幼童有學前教育，除北歐地區外¹，全世界有一半的幼童無法上學齡前幼稚園，所以若能擴大學前教育除有助於孩童在幼稚園和中小學教育的學習外，亦可創造數百萬個就業機會並減輕家長育兒負擔²。
強化中小學教育	<p>升級學校課程</p> <ul style="list-style-type: none"> 芬蘭已將教學的重心，從數學、歷史等傳統科目移轉至氣候變遷等更廣泛與跨領域主題上面。 新加坡的教育目標蘊含培養一位有自信、能自主學習、主動關心社會並積極貢獻的公民。
	<p>個人化學習</p> <ul style="list-style-type: none"> 學生先自學線上教材，再於課堂中由教師解惑、引導討論與實作模式的「翻轉學習 (Flipped learning)」。
	<p>教師為教學的核心角色</p> <ul style="list-style-type: none"> 荷蘭的 leerKRACHT 基金會已將協作式課程計畫、同儕教學觀察與回饋，以及聽取學生的意見等引入約 10% 的荷蘭學校來改善教學成果，其中 80% 的教師表示學生學習有所改善。
改革高等教育和成人學習	<p>建立雇主夥伴關係</p> <ul style="list-style-type: none"> 麥肯錫於 2014 年創立全球性非營利組織 Generation，該組織與全球 3,500 多家雇主夥伴攜手合作，目的係培訓無工作或工作經驗有限的年輕人，提供為期 4 至 12 週的課程，前述課程涵蓋四個領域的 26 種專業技能，其中有 80% 的人在畢業後的三個月內找到工作，並有 98% 的雇主感到滿意。 沙烏地阿拉伯技術和職業培訓公司 (Technical and Vocational Training Corporation) 已與國際航空技術學院和國家防衛部之間建立了夥伴關係，以培訓勞工從事飛機維修。
	<p>鼓勵雇主提供在職培訓</p> <ul style="list-style-type: none"> 美國協助企業獲得與工作保障相關的學徒制計畫資金。 新加坡有數項計畫為學生和職業中期的勞工提供結構化在職訓練機會，並提供企業高達 15,000 新加坡元的補助。
	<p>資助公民終身學習</p> <ul style="list-style-type: none"> 新加坡的未來技能 (SkillsFuture) 計畫利用未來技能基金 (SkillsFuture Jubilee Fund) 推廣終身學習相關措施。
	<p>利用數據分析來改善與衡量教育和勞動成果</p> <ul style="list-style-type: none"> 由於學生的輟學和復讀對社會和經濟影響甚鉅，爰利用 AI 分析相關數據將可預測學生何時輟學、主要原因，以及提供可行之協助建議等。 建置 AI 線上人才媒合平台，以增加勞工獲得培訓機會，並給予合適工作之相關指引³。如求職網站 Enter Woo 使用 AI 軟體做職業配對，配對成功率則較人類執行招聘的成功率為高。 德國已架設職業諮詢平台為畢業生提供服務，使用者可以測試自己的興趣來探索就業市場中的機會，並可一對一諮詢。自 2019 年 5 月以來，該平台已有 22 萬學生註冊，並且有 38% 的學生已完成所有的職業諮詢。
	<p>以就業結果為導向的培訓補貼</p> <ul style="list-style-type: none"> 芬蘭已於 2002 年將資金逐步投入以就業結果為導向的技職教育培訓，其中資金的配置將於 2022 年有 50% 係基於學生人數、35% 為資格證書和 15% 係考量就業率與學生和雇主的反饋。
	<p>強化職涯中期培訓系統</p> <ul style="list-style-type: none"> 社區大學提供免費線上課程、提供大規模網路免費公開課程 (Massive Open Online Course, MOOCs) 等。

註：1. 如丹麥，在 0 至 2 歲與 3 至 6 歲的兒童中，分別有 65% 和 97% 的比例有學前教育。
 2. 例如歐盟只有 34% 的三歲以下的兒童有中心式幼兒園和學前教育，因此可以創造約 400 萬個幼兒托育老師工作。
 3. 麥肯錫估計於 2025 年將有 5.4 億人透過線上人才媒合平台找到合適的工作，並預測大約有 2.3 億人可能會經歷較短的求職時間，對全球經濟的總體影響為 2.7 萬億美元，佔全球 GDP 的 2%。
 資料來源：本研究整理自「McKinsey Global Institute, “A government blueprint to adapt the ecosystem to the future of work”, February 2020.」。



附表 3 臺灣 AI 科研戰略的 5 大推展策略

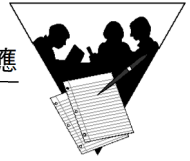
主軸	策略	作法
研發服務	建構 AI 研發平台	透過有效整合國內資源，提供大規模共用、共享的高速 AI 雲端運算平台環境，以提升臺灣 AI 研發的基礎環境，讓產業與學研界能專注於深度學習與大數據分析的技術發展與應用開發，並孕育 AI 技術服務公司，形成區域創新生態體系。
創新加值	設立 AI 創新研究中心	以 AI 創新研究中心聚集能量，深耕人工智慧人才與技術研發，同時加入人文、社會等未來人工智慧於實際應用時所面臨議題之研究，形成世界級 AI 研發聚落，培養充足的 AI 人才。
創意實踐	打造智慧機器人創新基地	以智慧機器人創新基地的優質自造空間，落實機器人軟硬整合與創新應用，提供年輕人動手做的實作舞台，催生臺灣智慧機器人產業所需人才，提升國際競爭力。
產業領航	啟動半導體射月計畫	以半導體射月計畫突破半導體關鍵技術，積極培育頂尖半導體製程與晶片設計人才，以提供半導體產業迎接 AI 市場爆發時急需的高階人才。
社會參與	推動科技大擂台	藉由科技大擂台廣邀民眾參與，關注 AI 重大議題並挑戰技術突破。

資料來源：本研究整理自「行政院官網，台灣的『AI 小國大戰略』，2018 年 10 月 16 日」。

附表 4 DIGI+ 方案之 7 項主軸行動計畫概略

主軸行動計畫	目的	推動方向 (或策略)
數位創新基礎環境	加快寬頻佈建與規劃下世代之頻譜，並加速法規調和，促進數位匯流市場之公平競爭和建構安心安全之創新應用環境。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 持續推動通訊傳播基礎網路建設 ➢ 推動數位經濟所需之創新服務。 ➢ 完備數位人權法治環境，使全民共享數位匯流服務之果實。
數位經濟躍升	協助產業導入數位創新，並提升數位經濟價值。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 數位文創：協助產業運用文化創意，結合虛擬實境 (VR)、擴增實境 (AR) 及 IoT 等技術，發展虛實整合新興應用，加速內容創新及數位創意產業發展。 ➢ 資料經濟：推動跨領域資料交換，輔導企業運用數據資料發展衍生加值服務。 ➢ 數位商務：推動電子化支付暨行動支付、強化產業國際拓銷機制，以健全數位商務產業發展環境。 ➢ 軟硬整合：加速國內新創團隊與國際交流，推動數位創新服務實證，並催生具備國際輸出能力的軟硬整合服務旗艦團隊。 ➢ 數位基磐：以國家級雲端運算研發服務平台，導入介接雲端、資料聯網、AI 及巨量資料等技術，以推動邁入數位 4.0 智慧生活。
網路社會數位政府	發展活躍網路社會，推動民眾有感之開放政府智慧治理。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 基礎環境上強化法規調適、建立數位治理體制、深化人才培育及跨領域合作。 ➢ 應用層面上推動跨機關、跨流程、跨資料服務整合，並建構需求導向的一站式智慧生活服務，同時考量數位人權及保障弱勢族群公平參與的機會。 ➢ 利用資料開放、公民參與等機制，引入民間參與及監督力量，促進政府為民服務效能的提昇、深化公共政策多元溝通。 ➢ 藉由我國的執行經驗及成果，結合政府、產業、及民間，接軌於國際社會，共同推動數位經濟合作關係，提升我國數位競爭力及國際能見度。
智慧城鄉區域創新	運用數位創新促進城鄉聯合生態系，打造快樂、成長、安全、永續的優質生活。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 結合政府及民間資源，推動智慧城鄉區域聯合治理與建設，發展以人為本之創新生活應用及公共服務。 ➢ 運用智慧聯網科技，建構國民優質生活空間。
培育跨域數位人才	從中小學、大學、在職人員、以及引進國外軟體技術加速培育軟硬智慧科技整合人才，以支援 5+2 產業創新發展。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 建設中小學智慧學習環境，培養學生成為具備深度學習能力的數位公民。 ➢ 推動扎根國民教育，推動深化十二年國教之資訊科技教育，培養學生運算思維與數位素養。 ➢ 推動擴大大學培育跨域數位人才。 ➢ 支援數位經濟跨域人才職能養成。 ➢ 鏈結國際開放創新資源，加速設計開發能力。
研發先進數位科技	為產業與社會提供技術解決方案，提升數位經濟發展動能。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 針對「智慧創新應用」面向推動包括大數據、AI (含 AI on chip)、金融科技、VR/AR 等，以創新思維與前瞻技術帶來有別於過往的應用。 ➢ 針對文化科技與內容創新應用進行研發，打造文化內容科技應用創新生態系，發展文資科技創新應用。 ➢ 成立科研級自造基地，鏈結產官學研技術及國際專家資源，除了培育跨領域人才外，也提供讓創客聚集的友善環境，提升創意實現的速度。
營造友善法制環境	協助推動方案所面臨到的法規障礙排除與調適工作。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 如電信管理法、數位通訊傳播法、資通安全管理法等。

資料來源：本研究整理自「行政院官網，數位國家·創新經濟發展方案 (2017-2025 年)，2017 年 10 月」。



附表 5 臺灣 AI 行動計畫重點推動措施

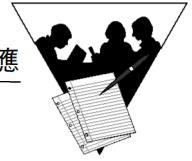
主軸	推動措施
AI 人才衝刺	包括育才、留才及攬才三個面向，由養成、培育及匯流為出發，以養成千人智慧科技菁英，培育萬人智慧應用先鋒，以及吸引全球 AI 人才為重點推動措施。
AI 領航推動	聚焦推動有利基優勢的研究主題，以開放競爭及公開遴選的方式，精選國內、外計畫團隊來執行，接軌國際，吸納全球菁英。並結合前瞻研究、人才培育與科研計畫推動，建立資訊共享、橫向溝通與縱向串連的整合機制，形塑我國 AI 前瞻研究網絡。
建構國際 AI 創新樞紐	扶植百家 AI 新創，帶動 AI 新創事業鏈結國際產業價值鏈，同時吸引國際級旗艦公司來臺設立研發基地，藉以發展國際級的 AI 創新聚落。
場域與法規開放	開放場域鼓勵 AI 應用實證，並形成開放資料流通生態，同時加速相關法規鬆綁或調適。
產業 AI 化	為落實到產業面創造效益，推動 AI 創新媒合平台，以 5+2 產業創新需求為導向的人才培訓與媒合機制，建立完善產業 AI 化環境，帶動中小企業 AI 創新轉型，協助產業解決問題。

資料來源：本研究整理自「行政院，臺灣 AI 行動計畫（2018 至 2021 年），2018 年 6 月」。

附表 6 優化新創事業投資環境行動方案概略

政策主軸	相關作法
充裕新創早期資金	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 帶動天使投資：推動《產業創新條例》天使投資人租稅優惠與修正提高「創業天使投資方案」對同一事業之投資金額。 ➢ 加強與創投合作：國發基金將積極與國際一線創投洽談合作，並放寬投資比率限制，同時加強前瞻產業投資（如 AI）；放寬國發基金參與投資比率與金額；推動產創條例有限合伙創投投資新創採透視個體概念課稅。 ➢ 提高投融资便利性：簡化《外國人投資條例》投審程序；對新創競賽獲選團隊直接核發融資保證成數九成五的直接保證函。
人才發展及法規調適	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 培育及延攬人才：施行《外國專業人才延攬及僱用法》；提升「Contact Taiwan」網路媒合人才平台為國家單一攬才入口網；策略性吸引東南亞學生、人才來臺，並鬆綁五加二創新產業聘僱外國專業人才之限制；建置業師人脈資料庫，鼓勵學生創業團隊至新創事業實習。 ➢ 完備法規環境：完成有利新創發展的立法或修法；建置新創稅務線上專區；強化「新創法規調適平台」功能，協助解決法規灰色地帶。
政府成為新創好夥伴	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 擴大多元合作管道：透過政府採購、競賽活動、開放資料等方式，鼓勵新創參與合作。 ➢ 促進大小企業合作：協助企業投入新創，並協助國內企業二代傳承新創；另導入國內外企業業師輔導及資源，培訓大專院校團隊成立新創事業。
提供新創成功出場管道	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 提高上市櫃彈性：增列上櫃電子商務為產業新類別；另提出多元上市櫃條件，協助尚未有獲利之新創事業進入資本市場。 ➢ 友善企業併購新創：檢視《企業併購法》相關規定，以提高企業併購新創事業之誘因；另將簡化與加速外資併購案件審議的行政程序。 ➢ 透過 1,000 億元的產業創新轉型基金，與民間共同投資轉型及併購案，加速國內產業轉型升級及創造就業機會。
新創進軍國際市場	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 引進海外資源：引入國際加速器來臺設點，培育國際級新創事業；邀請國外新創領域人士及海外僑臺商來臺投資新創事業。 ➢ 協助業務拓展：選送臺灣新創事業赴海外加速器培訓及參加全球重要專業展會，並提供落地諮詢及媒合服務；於林口選手村打造國際創業聚落，結合周邊生活圈，提供創新實證場域。 ➢ 強化國際行銷：安排國際媒體、駐華人員參訪國內新創社群及相關新創活動；研究設計臺灣新創國際形象識別系統。

資料來源：本研究整理自「行政院官網，優化新創事業投資環境—打造台灣成為亞洲新創資本匯聚中心，2018 年 3 月 9 日」。



附表 7 臺灣 5G 行動計畫推動作法

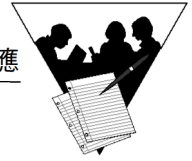
主軸	推動作法
推動 5G 垂直應用場域實證	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 公私協力於各地廣設 5G 多元應用實驗場域，並帶動國內廠商參與，建立 5G 驗證實績，加速 5G 商轉普及。 ➢ 以彈性管理規範，加速應用實驗，同時放寬法規，擴大 5G 應用實證的實驗範圍與營運類型。
建構 5G 創新應用發展環境	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 營造 5G 跨業合作平台，扶植 5G 新創業者並降低技術、資金、法規等門檻，廣納各領域業者進入市場，健全 5G 產業生態系。 ➢ 透過各種管道培育 5G 技術與應用人才，滿足 5G 產業發展需求；同時結合國內廠商力量，建構民生公共物聯網、文化科技、智慧醫療等 5G 創新應用標竿實例，帶動 5G 產業茁壯發展。
完備 5G 技術核心及資安防護能量	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 建立優勢核心技術，推動應用科技整合，建立 5G 技術能量及試煉平台，並整合多元應用科技、發展不同於一般商用電信規格，供企業總部、醫院、工廠娛樂展場等特定場域，具高客製化、高保密性及高自主性的 5G 垂直專網系統方案，提升 5G 產業的市場競爭力。 ➢ 制訂 5G 資安國家整體政策，打造 5G 國產品資安防護機制，並強化 5G 關鍵基礎設施及營運資安防護能力，推動國內廠商進入國際 5G 可信賴供應鏈。
規劃釋出符合整體利益之 5G 頻譜	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 依產業需求、市場發展趨勢、及國際脈動，分階段逐步進行 5G 頻譜釋照。 ➢ 除 5G 商用網路外，我國亦與日本、德國、英國等國家同步規劃 5G 專網發展機制，鼓勵創新應用。
調整法規創造有利發展 5G 環境	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 精進 5G 電信管理法規，放寬電信市場之創新應用及跨業合作彈性，促進 5G 網路基礎設施共建共用。 ➢ 持續檢討並精進資通安全管理，維護 5G 網路、5G 應用之資通安全。

資料來源：本研究整理自「行政院官網，台灣 5G 行動計畫，2020 年 1 月 30 日」。

附表 8 人工智慧科研發展指引

項目	說明
共榮共利	AI 科研人員應追求人類、社會、環境間的利益平衡與共同福祉，並致力於多元文化、社會包容、環境永續等，達成保障人類身心健康、創建全體人民利益、總體環境躍升之 AI 社會
公平性 與非歧視性	AI 科研人員應致力於 AI 系統、軟體、演算法等技術及進行決策時，落實以人為本，平等尊重所有人之基本人權與人性尊嚴，避免產生偏差與歧視等風險，並建立外部回饋機制。
自主權 與控制權	AI 應用係以輔助人類決策，AI 科研人員對於 AI 系統、軟體、演算法等技術開發，應致力讓人類能擁有完整且有效的自主權與控制權。
安全性	AI 科研人員應致力於 AI 系統、軟體、演算法等技術運作環境之安全性，包括但不限於穩健性、網路與資訊安全、風險控管與監測等，並追求 AI 系統合理且善意的使用，構築安全可靠之 AI 環境。
個人隱私 與數據治理	個人資料隱私侵害的預防，必須建立有效的數據治理，在 AI 研發與應用上，AI 科研人員應致力注意個人資料蒐集、處理及利用符合相關法令規範，以保障人性尊嚴與基本人權，並針對 AI 系統內部之個人資料架構有適當的管理措施，以維護資料當事人權益。
透明性 與可追溯性	<ul style="list-style-type: none"> ➢ AI 所生成之決策對於利害關係人有重大影響，為保障決策過程之公正性，在 AI 系統、軟體及演算法等技術發展與應用上，包括但不限於對於模組、機制、組成、參數及計算等進行最低限度的資訊提供與揭露，以確保一般人得以知悉人工智慧系統生成決策之要素。 ➢ AI 技術之發展與應用須遵循可追溯性要求，對於決策過程中包括但不限於資料收集、資料標籤以及所使用的演算法進行適當記錄，並建立相關紀錄保存制度，以利用 AI 技術決策影響之利害關係人得為事後救濟及釐清。
可解釋性	AI 發展與應用階段，應致力權衡決策生成之準確性與可解釋性，兼顧使用者及受影響者權益，故 AI 技術所生成之決策，應盡力以文字、視覺、範例等關係人可理解之方式與內容，對於 AI 系統、軟體、演算法等技術之使用者與受影響者，進行事後的說明、展現與解釋。
問責與溝通	基於社會公益與關係人利益之維護，AI 的發展與應用應致力於建立 AI 系統、軟體、演算法等技術之問責與溝通機制，包括但不限於決策程序與結果的說明、使用者與受影響者之回饋管道等。

資料來源：科技部



參考文獻

1. 行政院科技會報辦公室 (2020), 面對疫後新常態 適者為王, 數位國家創新經濟 (DIGI+) 季刊, 第九期, 頁 4-11。
2. 沈紅兵 (2019), 人工智慧技術進步對勞動就業的影響研究, 臺北市: 財經錢線文化。
3. 林曉嬋 (2018), 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第 19 輯。
4. 財團法人中華經濟研究院 (2019), 108 年度「我國推動新經濟模式與新科技發展對勞動市場的影響與因應」, 勞動部 2019 年委託研究。
5. 財團法人資訊工業策進會 (2019), 108 年度「人工智慧 (AI) 技術導入對金融服務業之勞動法制影響調查」, 勞動部 2019 年委託研究。
6. 國發會 (2019), 「數位經濟及 AI 對社會影響與因應策略」, 行政院科技會報第 15 次會議簡報。
7. 陳劍虹 (2019), 數位經濟發展對勞動市場影響與因應, 經濟研究第 20 期。
8. 陳怡如、王宣智 (2020), 我國製造業工業機器人採用對其勞動市場的影響, 財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心。
9. Berg, A, E Buffie and F Zanna (2018), “Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes),” *Journal of Monetary Economics*, 97 (C), pp. 117-148.
10. Daron Acemoglu and Pascual Restrepo (2018), “Artificial Intelligence, Automation and Work”, NBER Working Paper No. 24196.
11. Daron Acemoglu and Pascual Restrepo (2019), “Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor”, *Journal of Economic Perspectives*, 33 (2), pp. 3-30.
12. jfgagne (2019), Global AI Talent Report 2019, Retrieved from: <https://jfgagne.ai/talent-2019/>.
13. King, C. T. and Tingle, K. (2015), “Wage Insurance and Wage Supplements: Review of the Literature and Supporting Data (A Report to the United States Department of Labor),” Ray Marshall Center. Austin, TX: LBJ School of Public Affairs, The University of Texas at Austin.
14. McKinsey Global Institute, “Technology, jobs, and the future of work”, May 2017.
15. McKinsey Global Institute, “Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages”, November 2017.

16. McKinsey Global Institute, “Skill Shift Automation And The Future Of The Workforce”, May 2018.
17. McKinsey Global Institute, “AI, automation, and the future of work: Ten things to Solve for”, June 2018.
18. McKinsey Global Institute, “Notes from the Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy”, September 2018.
19. McKinsey Global Institute, “A government blueprint to adapt the ecosystem to the future of work”, February 2020.
20. McKinsey Global Institute, “The future of work in Europe”, June 2020.
21. OECD, “Achieving inclusive growth in the face of digital transformation and the future of work”, OECD report to G-20 Finance Ministers, March 2018.
22. OECD, “OECD Employment Outlook 2019”, April 2019.
23. Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, December 2019.
24. The Economist, “Artificial intelligence will create new kinds of work”, August 2017.
25. Tortoise Capital Advisors (2019), The Global AI Index, Retrieved from <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/ai/>.
26. World Economic Forum, “AI raises lots of questions. These are the ones we should be asking”, February 2018.
27. World Economic Forum, “The Future of Jobs Report 2018”, September 2018.