

各國 AI 人工智慧產業及教人才培育政策對於我國高級中等以下 AI 人工智慧教育之啟示：以新加坡、日本及中國大陸為例

江彥廷

新北市政府教育局技職教育科科长

摘要

近年世界各國積極推動 AI 人工智慧，並導入自動化技術等新興科技蓬勃發展，逐漸成為帶動國家生產力的重要驅動力，亦廣泛影響整體產業發展，其中透過教育培養是國家產業人才培育的重要核心。現行推動 AI 人工智慧的大國主要為歐美國家，惟考量民情及經濟體制差異，本研究特別針對與我國相近的亞太地區中，挑選經國際機構評選 AI 人工智慧發展前段班國家，因此挑選新加坡、日本及中國大陸等三國推動 AI 人工智慧產業及人才培育政策進行文獻探討，以及我國 AI 人工智慧產業及人才培育政策進行分析比較。同時，因應產業趨勢快速發展，透過教育體制讓新興科技超前部屬提早向下扎根，藉由新加坡、日本及中國大陸等國經驗，提出對於我國高中職及國中小推動 AI 人工智慧教育發展之方向，本研究的兩大目的，一、新加坡、日本、中國大陸及臺灣 AI 人工智慧產業及人才培育政策之分析；二、新加坡、日本及中國大陸 AI 人工智慧產業及人才培育政策對於我國推動 AI 人工智慧教育政策之建議。未來具體政策建議則為一、擬定 AI 教育政策完整政策藍圖；二、結合產業規劃 AI 應用體驗場域；三、運用 AI 大數據進行未來教育決策。

關鍵字：AI 人工智慧、人工智慧素養

The enlightenment of AI artificial intelligence industry and education personnel training policies in various countries to AI artificial intelligence education in my country's senior middle school and below: taking Singapore, Japan and China as examples.

Yen-Ting Chiang

Chief, technical and vocational education division in education department of New Taipei City government

Abstract

In recent years, countries around the world have actively promoted AI artificial intelligence, and introduced new technologies such as automation technology to flourish, gradually becoming an important driving force for driving national productivity, and also widely affecting the development of the overall industry. Among them, education and training is an important core of national industrial talent cultivation. The major countries currently promoting AI artificial intelligence are mainly European and American countries, but considering the differences in public sentiment and economic systems, this study is especially aimed at the Asia-Pacific region similar to my country. And China and other three countries to promote the AI artificial intelligence industry and talent cultivation policies for literature discussion, as well as my country's AI artificial intelligence industry and talent cultivation policies for analysis and comparison. At the same time, in response to the rapid development of industrial trends, through the education system, the advanced subordinates of emerging technologies can take root early. With the experience of Singapore, Japan, and mainland China, the direction of promoting the development of AI artificial intelligence education for my country's senior secondary vocational schools and primary and secondary schools is proposed. Two main purposes of this study: First, Analysis of AI industry and talent cultivation policies in Singapore, Japan, Mainland China and Taiwan; Second, Suggestions on AI industry and talent cultivation policies in Singapore, Japan and Mainland China for promoting AI education policies in my country. The specific policy recommendations in the future are: First, to formulate a complete policy blueprint for AI education policy; Second, to combine industrial planning for AI application experience fields; third, to use AI big data to make future education decisions

壹、前言

人工智慧(Artificial Intelligence, 簡稱 AI), 自從 2016 年 3 月 AlphaGO 打敗世界圍棋冠軍李世乜, 正式讓全世界都瞭解人工智慧在運算思維與決策速度遠遠凌駕人類之上。近年來從產業界、行銷界、教育界充斥著大數據(Big Data)、機器學習(Machine Learning)、深度學習(Deep Learning)、自然語意處理(Natural Language Processing)等專有名詞, 以及衍生產業界正蓬勃發展的物聯網(Internet of Things)、精準醫療(Precision Medicine)等, 在教育界中, 教育部也力推 AI 教育 x 教育 AI-教育部 AI 與新興科技與教育布局等規劃, 種種 AI 相關概念的發展正風靡全球。在生活中, 犯罪調查的人像辨識、自駕車的感知器偵測, Google 的語言翻譯, 甚至是應用巨量數據分析進行投資理財, 這些皆是 AI 所產生的技術。然而 AI 則是以數據分析為基礎, 透過資訊科技方法讀取、處理找尋某一議題或特定現象的關鍵, 常用的方法為深度學習網絡訓練, 其結果作為提供具體現況與預測趨勢, 協助人類快速的進行決策, 以提升工作效能(蔡明學, 2020)。其中 AI 與教育的關係, 依據十二年國民基本教育課綱(簡稱 108 新課綱)中「B2 科技資訊與媒體素養」表示須具備善用科技、資訊與各類媒體之能力, 培養相關倫理及媒體識讀的素養, 俾能分析、思辨、批判人與科技、資訊及媒體之關係等相關議題, 展現現代教育對於 AI 等科技資訊能力與素養的重視。隨之而來的是, 大量的 AI 應用與研究, 進入了人類的各個不同的生活層面, 麥肯錫全球研究院認為, AI 正在促進人類社會發生轉變, 如此的改變, 將比工業革命發生的速度快 10 倍、規模大 300 倍, 影響近乎大 3,000 倍(工研院, 2020), 可以想見, 人類社會將因 AI 而產生全面性的改變, 其中教育領域更是重要, 如何善用 AI 的優勢, 促進教育品質的提升, 才能為未來產業培育具備人工智慧研發及運用能力的人才, 是現在必須面對及實踐的重要議題。

因此, 透過分析文化背景與臺灣相近的亞洲各國推動 AI 的政策及教育應用, 提供臺灣推動 AI 教育政策, 可謂站在世界巨人肩膀, 截長補短及在地化的精進, 加上教育部推動 AI 教育多數已大專校院人才培育為主, 涉及高中職以下教育較少著墨, 依循 108 新課綱強調素養導向的學習, 師法相關國家 AI 相關政策, 歸納出高中職以下 AI 教育政策, 有助於透過十二年國民基本教育階段, 普及 AI 素養, 更有助於身為科技重鎮的臺灣, AI 教育成為全民的必備素養之一。

貳、AI 人工智慧與教育

一、AI 人工智慧的定義

AI 並無法有個標準的定義，因為 AI 包括多種科技應用，因此，這個名詞也有點像是雨傘狀名詞 (umbrella term)，意涵豐富 (Southgate et al, 2019)。查詢維基百科(wikipedia)人工智慧亦稱智械、機器智慧，指由人製造出來的機器所表現出來的智慧。通常 AI 是指透過普通電腦程式來呈現人類智慧的技術。該詞也指出研究這樣的智慧系統是否能夠實現，以及如何實現。同時，透過醫學、神經科學、機器人學及統計學等的進步，常態預測則認為人類的很多職業也逐漸被其取代。李開復、王詠剛(2017)認為 AI 是根據對環境的感知做出合理行動，獲致人類最大效益的電腦程式。此定義較接近資訊科學界的定義，偏重實證層次。臺灣人工智慧學校執行長陳昇瑋在其所著作《人工智慧在台灣－產業轉型的契機與挑戰》中 AI 的定義就是：任何讓電腦能夠表現出「類似人類智慧行為」的科技；更具體一點的說法，人工智慧是一種可以感知、學習、推理、協助決策，並採取行動幫助我們解決問題的科技。

二、AI 人工智慧的發展

自從電腦在 1950 年代被發明後，AI 開始有了顯著的發展，不過其隨時科技進度，分為三次演進。然而在產業應用端，則產生四次發展。

(一)AI 人工智慧發展簡史

第一波 AI 的發展，科學家試圖把人類的知識與思考方式放入電腦，但卻無法達成目標，是因為連人類都還沒辦法清楚理解自己的思考過程，根本不可能將人類的語言脈絡、思考方式，乃至於理解、決策的具體步驟寫入電腦程式中。第二波人工智慧的發展，科學家不再試著讓電腦學會人類的思考，只想讓電腦學會按照人類定義好的規則來做決策，仍然失敗，主要是由於有太多難題連人類自己都無法解答，比如火災、地震預測；即使有能力解答，也不一定能把規則說明清楚；就算說得出來規則，不見得能以程式碼寫下來。這是人類在 AI 發展遭遇的第二次挫敗。第三波 AI 的發展，大約始於 2010 年左右，有科學家想到，無法讓機器思考、也無法提供所有知識，那能不能退而求其次，把看到的現象告訴電腦就好？於是科學家僅告訴機器如何識字，然後提供大量的現象，讓機器自己判斷，於是神奇的事發生了，機器找出了自己的規則、然後學習，這就是現代機器學習

的開端，讓 AI 發展大躍進，而且不斷進化中(陳昇瑋、溫怡玲，2019)。



圖 1：人工智慧發展簡史

資料來源：陳昇瑋、溫怡玲 (2019)。人工智慧在台灣：產業轉型的契機與挑戰。臺北：天下雜誌。

(二)AI 人工智慧與產業發展浪潮

李開復(2019)也認為人工智慧有四波浪潮，目前四波浪潮正重塑各行各業，2010 年的第一波互聯網智能化(Internet AI)，改變了搜索引擎、廣告、數位娛樂(遊戲)、電子商務、社交方式、互聯網食衣住行。現在觀看 YouTube 影片會一支接一支看，因為演算法模式會推薦觀看者感興趣的影片，雖然第一波互聯網 AI 已創造龐大的商機，大致上仍侷限在高科技產業及數位領域，想要把 AI 的優勢力量進入所有公司，就需要第二波浪潮-商用 AI 的應用。2014 年第二波商業智慧化(Business AI)，透過探勘資料庫，找出隱藏的關聯性，在所有組織內部的歷史決策與結果，運用被標註的資料來訓練演算法，從人類以往根據的「強特徵」(strong features)，來做預測，如資料與某一特定結果高度相關，代表具有明顯的因果關係，同時再檢視「弱特徵」(weak features)，有些資料看起來與特定結果無關，但結合成千上萬的資料後，才具有預測效果，人類通常無法解釋這些細微的關連性，這些運用及改變最多在於銀行、保險、證券、教育、公共服務、醫療、物流、供應鏈等面向，但是雖然商用 AI 對於實體世界有直接影響，

但演算法基本上還是以數位資訊的方式運作，由人類管理，而第三波改變了這點，賦予 AI 兩項人類最寶貴的資訊蒐集工具：眼睛和耳朵；2016 年的第三波數位化實體智慧化，又稱感知 AI (Perception AI)，其演算法可以將照片或影片的畫素，分類成有意義的項目，用像人類大腦的方式來辨識物體，同時也模糊了線上現下的分界，即為「OMO(online-merge-offline)」，這種沉浸性的情境，如能夠辨別需求的 AI 超市，這種基於視覺識別、語音識別等各種感知設備，以及根據顧客過去的行為所產生的詳細資料，影響了安全維護、零售、能源、物聯網、智慧家居、智慧城市等發展；2018 年第四波全自動智慧化(Autonomous AI)，結合前三波發展過程，讓機器能夠自己動起來，讓機器是自主(autonomous)，而非只是自動(automated)，取代高重複性的工作，如智慧倉儲、智慧製造、智慧農業、自駕車、無人機等先進科技。

三、AI 人工智慧與教育

(一)精準教育(precision education)與個別化教育

運用 AI 改善學習。在 AI 的年代裡，未來將會是從發明的年代轉為實務應用的年代，從專家的年代轉變為資料的年代。因為成功的 AI 演算法，需要大數據、優異的電腦運算能力及優秀的 AI 工程師，其中大數據是決定性的角色，因為在電腦硬體能力與工程師的能力到達相當的水準後，資料量的多寡將會影響深度學習演算法的準確度與效能。因此，建立教育現場大數據，是未來教育人工智慧化的重要一步。因應感知 AI 的到來，線上的世界與實體世界相互整合的浸淫式情境，也就是「OMO」新環境模式（李開復，2019）。因此 AI 將對教育產生一定程度的影響，其影響可能包括課堂教學、家庭作業 與學習、學習評量、個人家教等，因為配合感測元件的數據資料，人工智慧演算法將蒐集學生的學習反應、學習困難、學習慣性、對不同教法的反應、作答速度與習性等，以作為優化學習成效的具體依據。AI 可以創造個人化的教育體驗，透過蒐集學生在課堂學習、作業反應、考試評分等面向，瞭解不同的學生在學習的進度，做到精準教育，也就是客製化教育，將 AI 應用在適性化及個人化學習分析，及早診斷出有學習風險之學生，並提供即時之輔導協助。應用 AI 學習演算法進行精準教育的四個步驟：診斷、預測、治療、預防，達到提升教師教學與學生學習成效之目的。每個學生都是獨立個體，學習和接受知識方式、背景環境及動機，都有不同

的差異，但現行教育現場，即使在 108 新課綱下，仍是具有共通性的課程，所有學生都被授予相同教材，在課堂上得遵循老師和同樣學習步調，無視學生個別差異，產生強者恆強，弱者恆弱的雙鋒現象等，透過 AI，導入學生大數據資料，可針對每個學生進行差異化教學，給予不同學習進度及任務，讓學習更具有精準到位。

教育部已將 AI 及大數據導入到教學現場，透過具學習診斷、AI 代理人對話式教學的智慧學習系統「因材施教」，提供學生個人化學習及教師適性教學，實證經驗確能提高學生主動學習精神，大幅改善學習成效。目前國際上十分重視運用 AI 平臺來改善個人化學習，美國國家工程院將「先進的個人化學習」與「腦的逆向工程」、「太陽能的經濟應用」等議題並列為 14 個重大挑戰；國際電機電子工程師學會（IEEE）目前已經開始著手討論「適性教學系統標準」；美國軍方並推動大型計畫「智慧教學系統架構建置」（Generalized Intelligent Framework for Tutoring, GIFT）。教育部「因材施教」運用 AI 技術，能精細且快速診斷學生學習弱點，也能分析學生的學習過程與行為，讓教師能夠更清楚學生需要哪些協助，系統也能夠自動建議學生個人化的學習路徑，避免學生重複練習已經會的內容或題目，節省學生學習時間，提升教師教學效率，達到「因材施教」與「因材施教」的目標。

（二）AI 與閱讀

運用 AI 於閱讀教育，臺灣師範大學與新北市政府合作，結合人工智慧推廣學生閱讀能力，透過智慧適性閱讀平台（Smart Reading）可得知學生的 5 個閱讀向度表現（字詞辨識、表層文意理解、文意統整、推論理解、分析評鑑），該平台測驗採 AI 技術，由心理學、語言學、機械學習演算法等專業團隊研發，超過一萬多名學生實際線上進行評測。測驗方式主要會先依照受測者年齡，挑選對應難度的題型進行，而後會再因應學生的答題反應即時調整、給予相對合適的試題，降低學生作答疲乏的機會，藉此提升測驗精準度，測驗時間約 35 分鐘。老師亦可推薦學生適性閱讀書單，並結合教學進行個人與班級閱讀計畫。透過平台的協助與記錄可清楚呈現學生的強處與可強化面向，讓學生可以知道自己閱讀能力的變化，藉此建構孩子完整的閱讀力。以前學校與家長推動閱讀常遇到瓶頸是書海浩瀚不易尋找適合學生的圖書，透過這套

AI 系統，以閱讀學習與發展理論為基礎，建立題庫及標準化樣本測驗，並於測驗後推薦受試學生閱讀書單。

(三)AI 人工智慧於教育的功能

Bonderud (2019) 指出人工智慧在教育現場中，可以扮演下列幾個重要而正向的角色：

1. 自動化 (automation)：這是最常被使用也最立即可見效果，就是使用人工智慧工具協助教師進行評閱成績等。
2. 整合性 (integration)：人工智慧可以與其他的 IT(Information Technology)科技整合在一起，提供網路為本的個人化學習方案。
3. 環境適應 (acclimation)：科技已然成為教育與商業環境相互主體性，人工智慧可以協助學生快速適應科技的進步與變化。
4. 真實傳述 (delineation)：人工智慧可以協助教師因應課程與學生的需求變化，以最有效能的方式，傳達切合實際的演變趨勢。
5. 確認性 (identification)：藉由人工智慧適性方案的資料分析，可以確認教師與學生在學習成效與教學效能的成果，再配合強化的安全與存取機制，可以發現並修補在各階段可能產生的潛在問題。

參、AI 人工智慧與世界各國產業發展

近年 AI 發展日趨重要，自 2016 年起，將 AI 視為技術創新的重要產業政策之國家越來越多，甚至擘劃國家級人工智慧戰略政策，作為國家人才培育、產業發展、創新研究及民間投資等面向的藍圖(Blueprint)，世界各國在 AI 相關政策及發展中，大多還是以歐美國家為主，在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人工智慧指標體系並發佈 AI Index 年度報告，其中 2022 年報告透過五個面向對 AI 的發展進行分析，包含研究與發展 (Research and Development)、技術性能 (Technical Performance)、經濟 (The Economy)、教育 (Education)、技術性人工智慧倫理(Technical AI Ethics)、經濟與教育(The Economy and Education)、人工智慧政策與治理(AI Policy and Government)等五個面向，其中在研究與發展、經濟與教育領域，在亞洲地區可看見中國的崛起，以及日本及新加坡的強勢，可作為臺灣推動 AI 重要參考指標。

一、AI 人工智慧最新趨勢

人工智慧指標 AI Index 是史丹佛大學以人為本的人工智慧研究所(HAI)的一項獨立計劃，由 AI Index 指導委員會領導，該委員會是一個由來自學術界和工業界的跨學科專家組成的小組。年度報告追蹤(tracks)、整理(collates)、提煉(distills)和可視化(visualizes)與 AI 相關的數據，使決策者能夠採取有意義的行動，以負責任和合乎道德的方式推進人工智慧，同時考慮到人類。2022 版本包括來自廣泛的學術、私人和非營利組織的數據，以及比以往任何版本都更多的自收集數據和原始分析，包括擴展的技術性能章節、對全球機器人研究人員的新調查、25 個國家/地區的全球人工智慧立法記錄數據，以及深入分析技術人工智慧道德指標的新篇章。其中提出 2022 年度 AI 八個關鍵進展：

(一)AI 領域民間投資猛增，投資集中度加劇

2021 年人工智慧領域的私人投資總額約為 935 億美元，是 2020 年私人投資總額的兩倍多，而新投資的人工智慧公司數量持續下降，從 2019 年的 1,051 家公司和 2020 年的 762 家公司減少到 2021 年的 746 家公司；2020 年有 4 個 5 億美元以上的融資，2021 年則達到 15 個，代表人工智慧的民間投資興盛。

(二)美國和中國主導了 AI 的跨國合作

儘管地緣政治緊張局勢加劇，但從 2010 年到 2021 年，美國和中國在人工智慧出版物方面的跨國合作數量最多，自 2010 年以來增加了五倍。兩國之間的合作產生的出版物數量是英國和英國之間的 2.7 倍，其中中國排名第二。

(三)語言模型比以往任何時候都更有能力，但也更有偏見

大型語言模型在技術基準上創造了新的記錄，但新數據表明更大的模型也更有能力從訓練數據中反映出偏差。2021 年開發的 2,800 億參數模型顯示，與 2018 年被認為是最先進的 1.17 億參數模型相比，誘發偏見增加了 29%。隨著時間的推移，系統能力增強，其潛在偏見問題日趨嚴重。

(四)無處不在的 AI 倫理的興起

自 2014 年以來，關於 AI 公平性和透明度的研究呈爆炸式增長，倫理相關會議上的相關出版物增加了五倍。公平和偏見已經從主要的學術追求轉變為牢固地嵌入作為具有廣泛影響的主流研究課題。近年來，具有行業關係的研究人員在以倫理為重點的會議上發表的論文同比增加 71%。

(五)AI 變得更實惠、性能更高

自 2018 年以來，訓練圖像分類系統的成本降低了 63.6%，而訓練時間提高了 94.4%。在推薦、對象檢測和語言處理等其他 MLPerf 任務類別中出現了訓練成本降低但訓練時間加快的趨勢，並有利人工智慧技術更廣泛的商業應用。

(六)大數據普及

跨技術基準的最佳結果越來越依賴於使用額外的訓練數據來設置新的最先進的結果。截至 2021 年，本報告中的 10 個基準測試中有 9 個最先進的 AI 系統接受了額外數據的訓練。這種趨勢隱含有利於私營部門參與者使用大量數據集。

(七)關於 AI 的全球立法增加

AI Index 對 25 個國家/地區的 AI 立法記錄的分析顯示，通過成為法律的包含人工智慧的法案數量從 2016 年的僅 1 項增長到 2021 年的 18 項。西班牙、英國和美國在 2021 年通過的 AI 相關法案數量最多，各自通過了三項。

(八)機械手臂變得越來越便宜

AI Index 調查顯示，在過去五年中，機器手臂的中位價格下降了 46.2%，從 2017 年的每隻手臂 4 萬 2,000 美元降至 2021 年的 2 萬 2,600 美元。機器人研究變得更容易獲得和負擔得起。

二、人工智慧指標(AI Index)中亞洲各國趨勢

(一)研究與發展 (Research and Development)

全球 AI 出版品自 2010 年 16 萬 2,444 件到 2021 年 33 萬 4,497 件(如圖 2)，12 年期間已超過 2 倍以上。AI 會議出版物：中國在 2017 年超越美國、歐盟及英國，在人工智慧相關研討會、各種會議的出版品已達 27.64%，代表中國對於人工智慧的研發數量已經大幅超越世界各國(如圖 3)。另在世界 AI 專利申請數(如圖 4)中，中國自 2016 年起開始大幅提升，至 2021 年達到 8 萬 9,340 件，顯示中國對於 AI 不論在研究和專利上已經大幅超越其他各國，值得借鏡參考。

NUMBER of AI PUBLICATIONS in the WORLD, 2010–21

Source: Center for Security and Emerging Technology, 2021 | Chart: 2022 AI Index Report

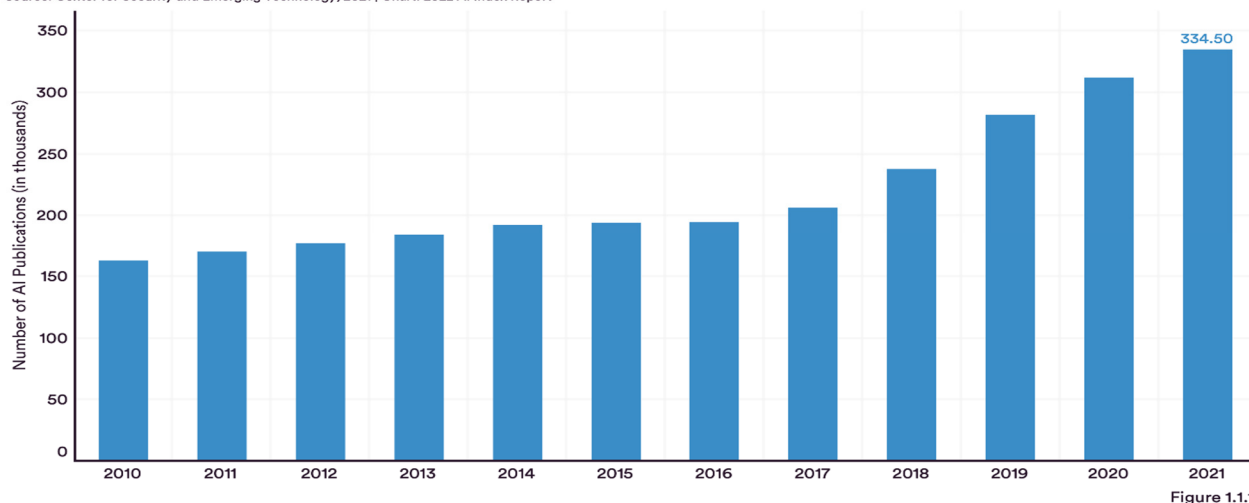


Figure 1.1.1

圖 2：2010–2021 年全球人工智慧出版品數量

AI CONFERENCE PUBLICATIONS (% of WORLD TOTAL) by GEOGRAPHIC AREA, 2010–21

Source: Center for Security and Emerging Technology, 2021 | Chart: 2022 AI Index Report

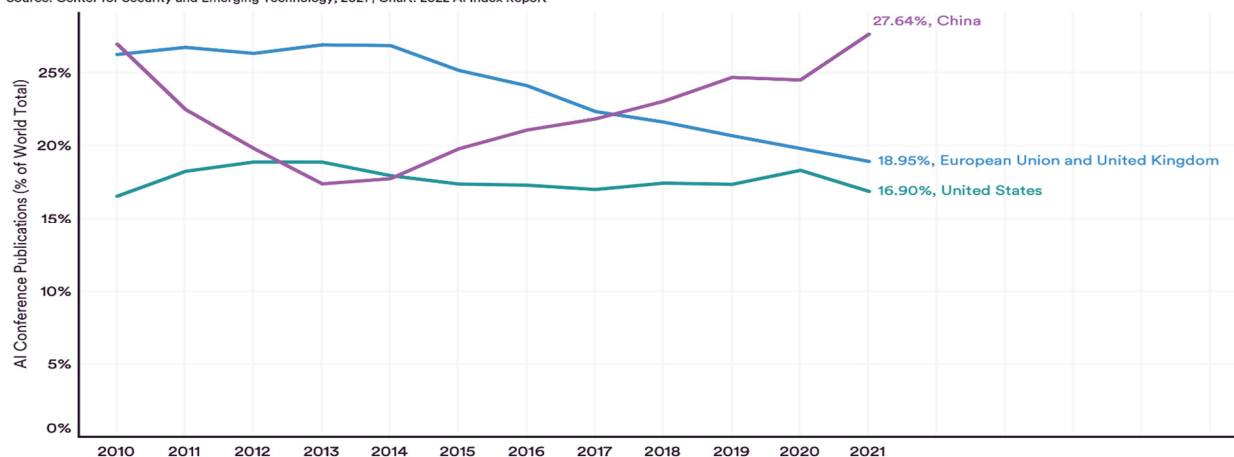


Figure 1.1.15

圖 3：2010–2021 年按地理區域劃分的人工智慧會議出版物(佔世界總數百分比)

AI PATENTS by APPLICATION STATUS by GEOGRAPHIC AREA, 2010–21

Source: Center for Security and Emerging Technology, 2021 | Chart: 2022 AI Index Report

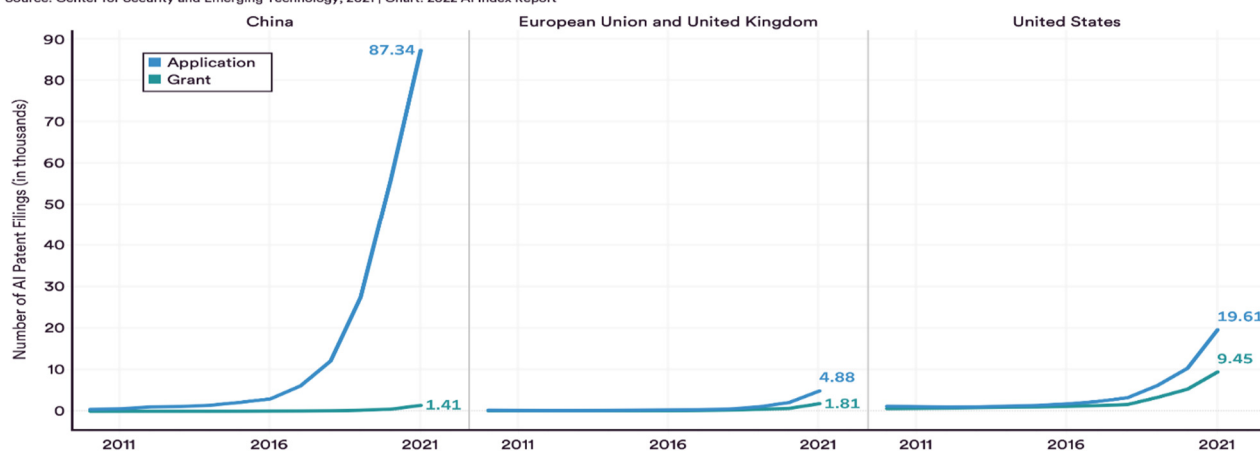


Figure 1.1.24c

圖 4：2010–2021 年按地理區域劃分的人工智慧專利申請量

(二)AI 人才招募及職缺比例

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 至 2016 年平均水準的 3 倍（如圖 5）。另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%（如圖 6）。因此表示新加坡在 AI 發展在全世界上具有代表性。

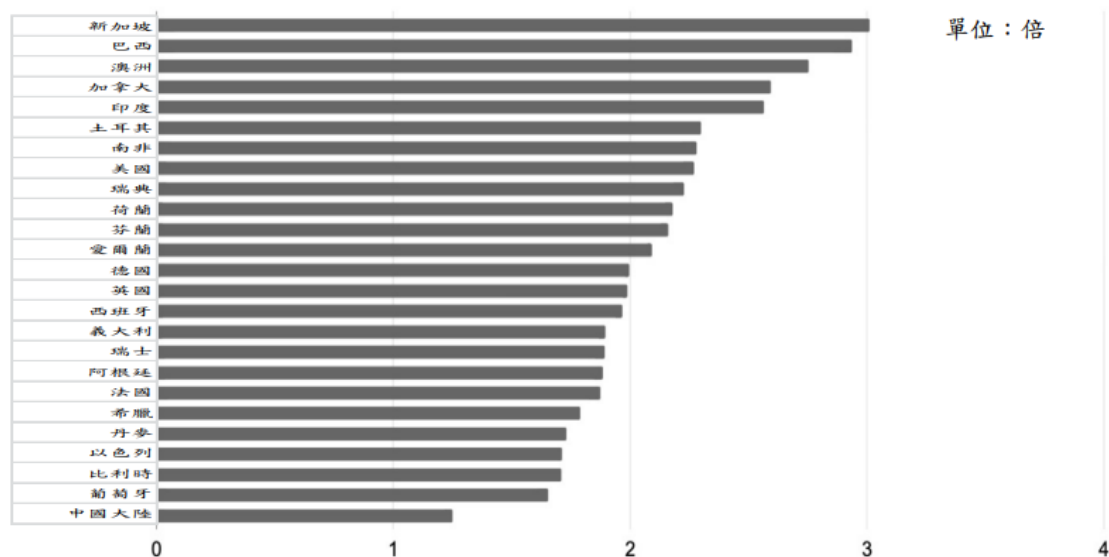


圖 5：2019 年主要國家 AI 人才招募指數

資料來源：Stanford University, Artificial Intelligence Index Report 2019, p. 73.

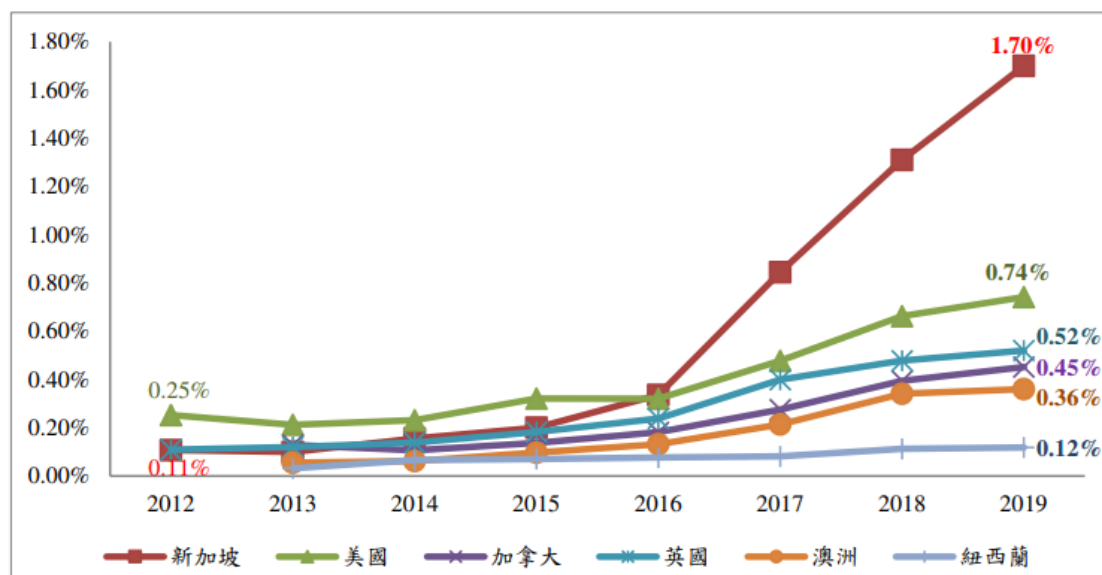


圖 6：2012-2019 年主要國家在網路發布與 AI 相關職缺比例

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

(三)各國投資 AI 新創企業

在各國投資 AI 新創企業方面，亞洲地區中國、日本、新加坡企業在 2018 至 2019 年獲得較高的投資金額（如圖 7）。但若以人均投資 AI 新創企業來看，亞洲 2018 年排名第一的國家為新加坡（如圖 8）。

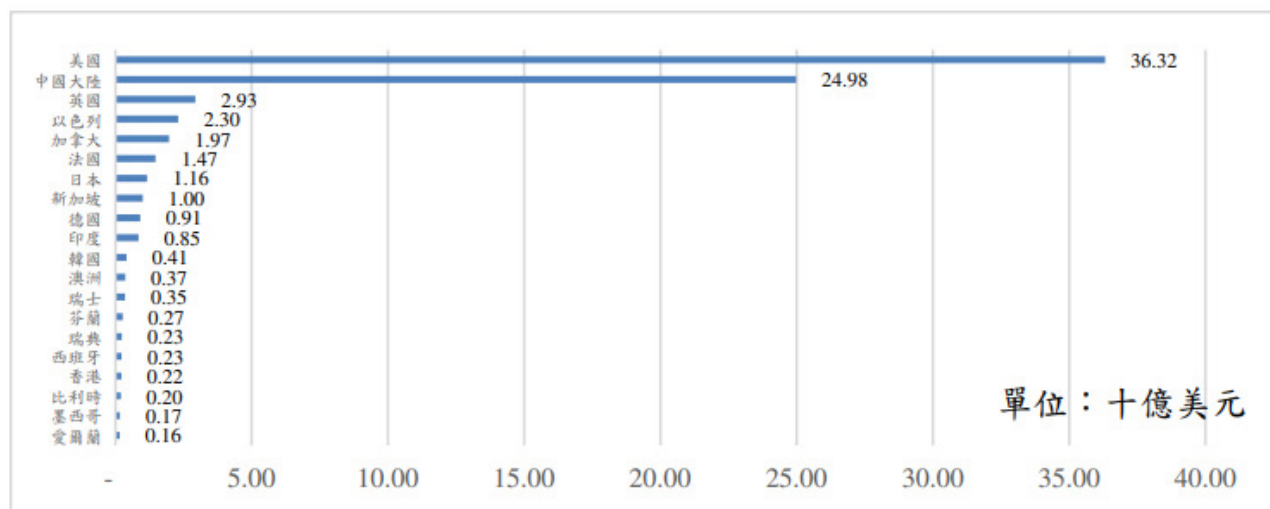


圖 7：2018-2019 年 10 月之間主要國家投資 AI 新創企業金額統計

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

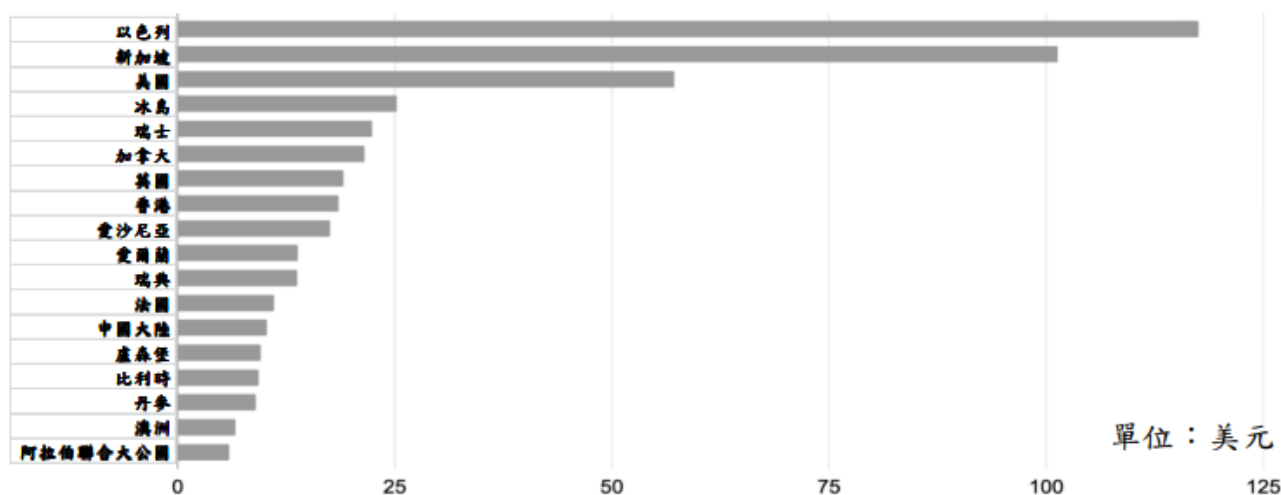


圖 8：2018 年主要國家人均投資 AI 新創企業金額

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

(四)自動化程度

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 2 名分別為中國、日本（如圖 9）。

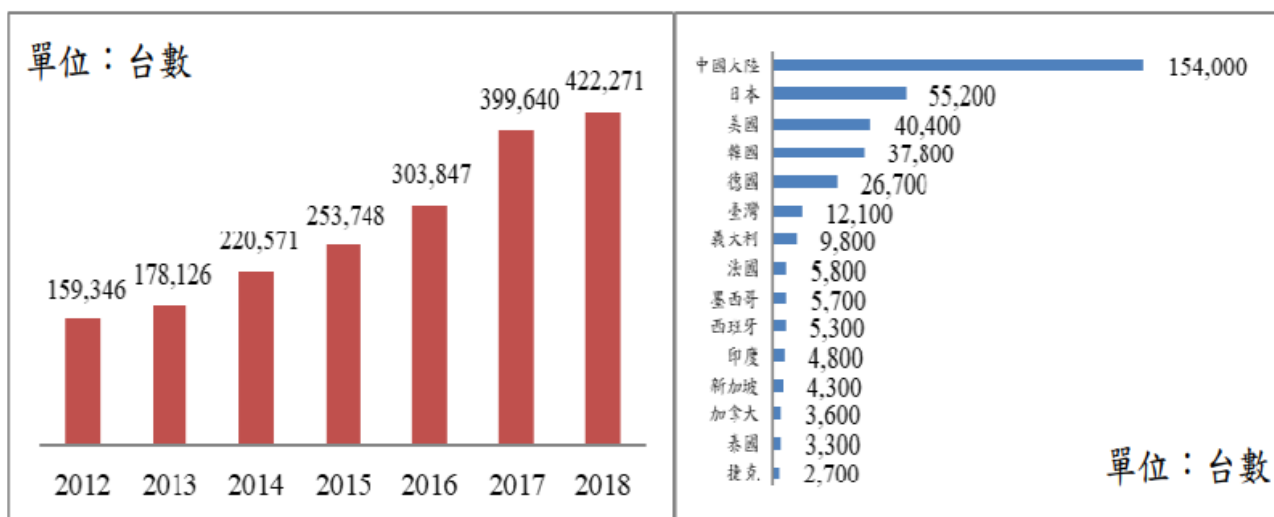


圖 9：2012-2018 年全球機器人安裝量及 2018 年主要國家安裝機器人數量

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

三、全球人工智慧指數(Global AI Index, GHII)亞洲各國趨勢

英國顧問公司 Tortoise Capital Advisors 顧問機構 2020 年所作的「全球人工智慧指數」排名，該指數主要針對全球 54 個國家，就七大指標進行評分，包含(1)人才(Talent，指受公司部門聘僱的 AI 人才)；(2)基礎建設(Infrastructure，包含網路、電腦運算力、電力等發展 AI 的基礎設備)；(3)環境開放性(Operating environment，指公共倡議與訊息流通性)；(4)研究能力(Research，指的是 AI 應用的研發能力)；(5)發展性(Development，指 AI 相關產品的新技術與專利的發展)；(6)政府策略(Government strategy，代表對 AI 產業的投資承諾與政策)；(7)商業環境(Commercial ventures，含市場規模、資金與產業環境)等。該機構提出 2020 年全球排名前 3 名的國家依次為美國、中國、英國；4 至 5 名國家為加拿大與德國，6 至 10 名國家如圖 5 所示。全球名列第 2 名的中國則在「發展性」、「政府策略」兩項指標以第 1 名領先各國。以區域別來看，全球排名亞太地區排名前 10 名的國家則有新加坡(第 7 名)、南韓(第 8 名)、日本(第 9 名)。而臺灣全球名列第 30 名，表現最好的是基礎建設(第 11 名)和政府策略(第 15 名)，但 AI 環境開放性(第 51 名)表現則較為不理想。



圖 5：2020 全國人工智慧指標

根據瑞士電子巨擘 ABB 集團的研究自動化準備指數(Automation Readiness Index)指出，分析指數包含：研究與開發資金的創新環境、人力培訓的公共勞動發展，以及早期教育到終身學習規劃的學校政策，從相關數據中分析世界各國的準備程度與排名。分析結果顯示，美國是很早使用人工智慧的國家，即便在創新環境表現尚佳，但在勞工政策以及學校教育政策上停滯不前，導致在分析的 25 個國家中（不包含臺灣），僅名列第 9。而前五名包含新加坡和日本。然上述國家特別在教育系統上做出準備，以因應未來可能有百萬勞工被科技所取代。新加坡及日本在教育措施上，除將新興科技所需技能與 STEM 融入教學之中，更積極建置資料庫，透過 AI 技術分析，協助教育制定者進行決策(吳迪珣譯，2018)。

綜上，參考國際性有關 AI 的調查資料，包含人工智慧指標(AI Index)、全球人工智慧指數(Global AI Index, GHII)，考量 AI 政策及教育相關文化背景及經濟體差異，本研究聚焦亞洲地區國家為主，參考上述資料，主要發現中國、新加坡和日本 AI 政策在其綜合表現上具有代表性，將以中國、新加坡及日本等國推動 AI 教育政策進行分析研究，其中因國內較少針對高級中等以下推動 AI 教育，因此將以新加坡、日本及中國等國對於高級中等以下 AI 教育政策為主，作為臺灣推動高級中等以下 AI 教育政策之參考。

肆、新加坡、中國大陸及日本 AI 產業及教育政策之分析比較

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，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，疫情加速歐洲各國應用自動化趨勢，此將促進數位技能較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，實為多數國家極其重要的課題，並受到各界所關注。

一、新加坡 AI 人工智慧產業及人才培育政策

(一)國家級 AI 計畫

新加坡國家研究基金會 (National Research Foundation，以下簡稱 NRF) 於 2017 年 5 月 3 日宣布 AI.SG 倡議，並將啟動國家級 AI 計畫。NRF 將於五年內投資新加坡幣 1.5 億元(約 32 億新臺幣)，整合 NRF、智慧國家與數位政府辦公室 (Smart Nation and Digital Government)、經濟發展委會 (Economic Development Board)、資通訊媒體發展局 (Infocomm Media Development Authority)、新加坡創新機構 (SGInnovate) 及整合健康資訊系統 (Integrated Health Information Systems) 等數個政府部門，以及位於新加坡的研究機構、AI 新創公司與發展 AI 產品的企業等共同投入。計畫三大目標如下(潘俊良，

2017)：

1. 利用人工智慧來解決影響社會和產業的重大挑戰

這些應用包括利用人工智慧解決交通尖峰時段壅塞問題，或應付人口老齡化帶來的醫療保健挑戰。IHiS 執行長兼衛生部資訊長 Mr. Bruce Liang 表示：「醫療照護是需要高度知識及人性化的行業。多年來從新加坡在醫療照護數位化的發展中，可預見 AI 未來對於提升新加坡人民健康有很大幫助。例如在疾病預防、診斷、治療計畫、藥物治療、精準醫療、藥品開發等方面皆可發揮作用。醫護人員再加上 AI 工具，可以更完善解決未來對於醫療照護需求的增加。」

2. 投入並深化技術能力，以掌握下一波科技創新

其中包括可展現更多人類學習能力的下一代「可解釋的人工智慧」(Explainable Artificial Intelligence, XAI)，以及相關技術，例如電腦系統架構（軟體、韌體、硬體整合）和認知科學(Cognitive Science)。NRF 獎助金和研究計畫將會支持相關科學活動。當地人才也將透過參與 AI 深度功能的開發進行培訓。

3. 擴大產業對於 AI 和機器學習的使用

AI. SG 將與公司合作，利用 AI 來提高生產力，創造新產品，並輔導相關解決方案從實驗室進入市場。目標將支持 100 個 AI 研發項目和概念驗證，以利用戶能快速解決實際問題。並預計針對金融，醫療照護和城市管理解決方案領域具有特殊的潛力者先著手進行。AI. SG 計畫此項推動工作，未來不僅將可激發新加坡的研究人員和用戶利用 AI 解決社會重大問題，也將影響全世界渴望利用人工智慧技術帶來更便利的生活，值得我國相關機關推動政策之參考依據。

(二)智慧國家 2025(Smart Nation 2025)

新加坡的教育領域，眾所皆知在基礎教育是全球第 1，依據 2015 年聯合國經濟合作與發展組織 (Economic Co-operation and Development, OECD) 公佈全球教育排名，新加坡名列榜首。打造「智慧國」是新加坡政府一直努力的目標，其智慧城市發展在世界上名列前茅。智慧教育因此成為新加坡政府重點培植的領域。2014 年新加坡提出「智慧國家 2025(Smart Nation 2025)」的 10 年計畫中，提出要建設全球第一個智慧國家，其核心是「三個 C」：連線 (Connect)、收集 (Collect) 和理解 (Comprehend)。

新加坡智慧教育是智慧國家的重要組成部分，新加坡政府在教育方面的開支自 2005 年以來增加一倍以上，2017 年，其教育投資達到 129 億新元，佔國家總預算的 17%。新加坡資訊通訊發展管理局（IDA）與新加坡教育部（MOE）攜手合作，推出新加坡「未來學校」計畫，以鼓勵學校開展創新的教學方法，將新的科技運用到教學中去。「未來學校」是指透過在教學中使用最新的應用軟體，開發 3D 模擬學習情境模式，創新課程體系方法，培養師生自主創新能力、加強對外交流與學習等。智慧教育的核心理念是將教育從教會學生知識轉變為教會學生學會學習，使學生的創造性思維、互助協作能力等得到全面發展，使新加坡走在資訊科技運用的最前端，為實現所有學校都能使用資訊科技的目標奠定了堅實的基礎。智慧教育是新加坡推動人才戰略、人才立國的重要途徑，在初等教育、高等教育、師資培養等方面都積極推進智慧教育模式改革，投入大量資金對教學設施、基礎條件、裝置環境等進行相應的購置、佈設、改造，並不斷加強以研究專案的形式投入對技術應用方式方法的研究，並取得了顯著的成績。

2014 年由新加坡總理宣布推出智慧國家計畫，目標在提升新加坡民眾生活與居住品質，也將運用數位及智慧解決方案，對民眾及企業提供更好的服務，同時協助企業掌握相關商機。該計畫推動「數位經濟行動框架」領導新加坡邁向數位領先經濟體，以人才、研究與創新、政策管制與標準、實體與數位基礎設施等四大關鍵因素為本(如圖 6)，加速企業數位化導入，提升商業競爭力，並厚植尖端技術的研發能力，邁向下一代數位產業。四大關鍵其中之一的人才發展，目標在持續提高及再造人才技能，並提高員工的數位素養，以應對數位經濟的挑戰。人才發展即須要教育層面提升，在配合政策、及產業合作，共同打造未來數位及智慧人才。

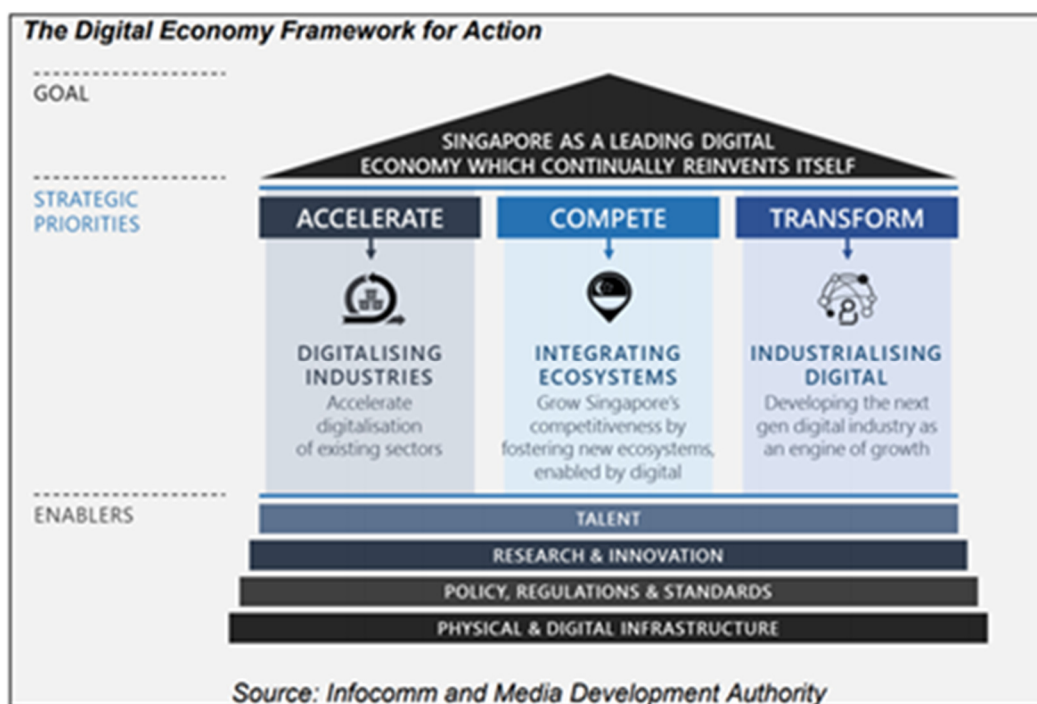


圖 6：新加坡數位政府藍圖框架圖

資料來源：Smart Nation(2018/11)

(三)未來技能(Skills Future)計畫

新加坡政府為鼓勵公民能持續提升各類技能，於 2015 年提出未來技能計畫，除能幫助企業進行員工培訓，更能讓公民透過儲值、購買的方式選擇有興趣的課程，協助職涯發展、提高其創新競爭力。而為了鼓勵終身學習，於 2016 年推出未來技能培訓補助計畫(Skills Future Credit)，補助每名年滿 25 歲的新加坡公民 500 元新幣(約 1 萬台幣)，可以用在職進修技能課程，也因為沒有使用期限，也可選擇累積補助金額，用於選擇未來有更適合或更有興趣的培訓課程。這項計畫課程領域多元，主要由學校、培訓機構等分別提供課程，多數的課程可以透過線上學習，部分課程則為短期的實體進修課程，課程的涵蓋領域包含：先進製造、網路安全、資料分析、數位媒體、創業、金融、技術服務、城市解決方案等。而多數就業者既有的工作技能或許已不足以因應產業數位轉型的需求，而亟待轉型升級的機會。新加坡打造了專業轉換、技術沉浸和安置、職涯中期推進等計畫，讓在職者可以取得方便的進修管道，亦可搭配未來技能的相關課程，讓公民可以隨時保有最新的技能或概念，將新加坡打造為跨域多元的人才庫。本計畫著重終身學習，以補助及規劃在職進修技能課程，透過這些結合數位、資訊分析等未來技能課程，培養國家未來跨育人才。

(四)AI 人才培育計畫

此計畫針對不同對象背景或年齡層，設計不同形式及難易度的培訓課程，包含針對所有人的 AI for Everyone 的 AI(AI4E)，此刻成作為國家通用的 AI 知識基礎教育，這是一個免費的三小時 AI 課程，讓所有人民，專業人士、學生甚至退休人士都有機會認知 AI；針對產業的 AI for Industry 的 AI(AI4I)；針對小學、中學和高等學校的學生有設計 AI for Students AI(AI4S)、AI for Kids 針對兒童的 AI(AI4K)，以上可幫助新加坡所有人民和相關工作的專業人士啟動 AI 學習歷程。其中 AI 學徒計畫(AI Apprenticeship Programme, AIAP)是一項在職、全職培訓計劃，包含課程和企業實習。學員將學習使用選定的工具來開發自己的 Python 指令碼，以執行機器學習項目中的關鍵任務。課程包含三大領域：資料標示、數據分析、機器學習。

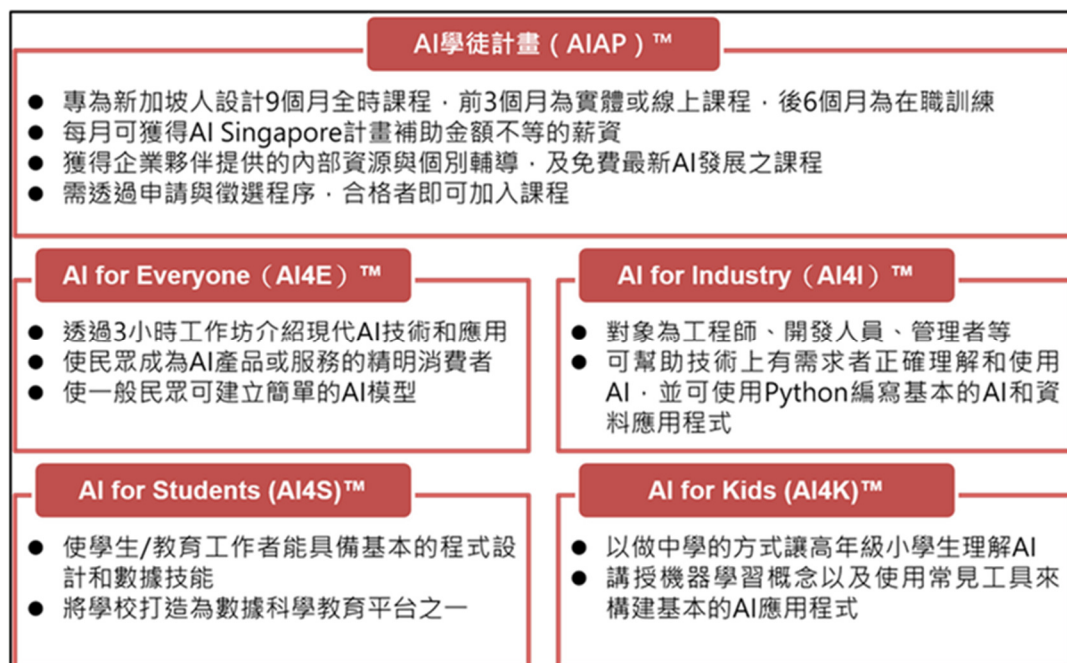


圖 7 新加坡 AI 人才培育計畫簡介

資料來源：AI Singapore、工研院產科國際所整理(2020/11)

(五)「國家人工智慧戰略」(National AI Strategy)

在智慧國家計畫基礎下，新加坡於 2019 年 11 月發布「國家人工智慧戰略」(National AI Strategy)，提出未來 AI 發展的願景及重點戰略。此計畫在 2030 年前，針對「智能貨運計畫」、「無縫高效的市政服務」、「慢性病預測及管理」、「藉由適應性學習和評估實現個性化教育」及「邊境清關」五大關鍵領域，實現國家基礎設施的轉型與升級，並成為在研發和部署上具影響力的 AI 解決方案領

頭羊。該項計畫打造 AI 生態系統的五大重點要素(如圖 8)，強調建立研究界、產業界及政府間三螺旋式的夥伴關係、加強培養 AI 人才與教育、安全的數據架構、先進可靠的環境，以及增進國際合作，展開各國 AI 對話(鄭熹，2021)。

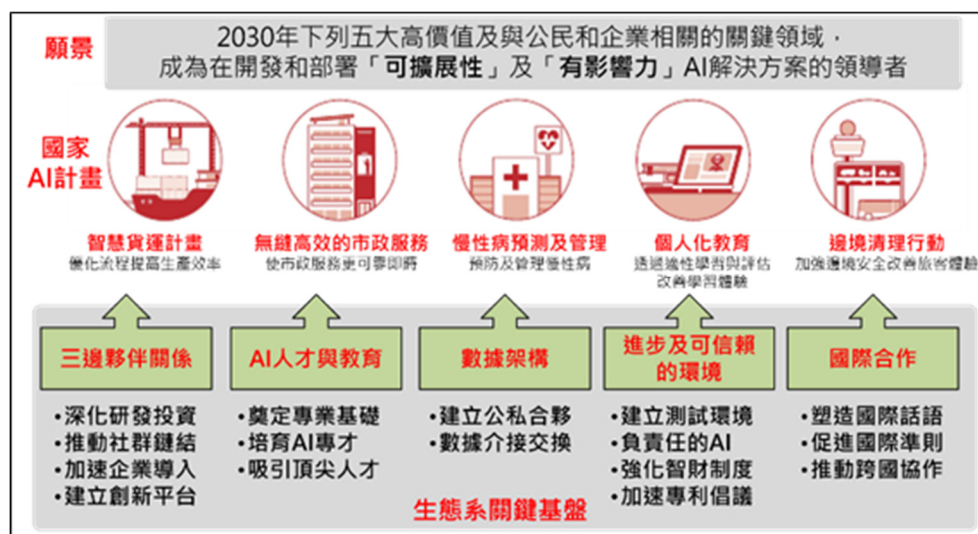


圖 8 新加坡國家人工智慧戰略架構圖

資料來源：National AI Strategy(2019/11)、工研院產科國際所整理(2020/11)

二、日本 AI 人工智慧產業及人才培育政策

日本動畫中最早出現的機器人「原子小金剛」(Mighty Atom)，就是能夠自我思考的 AI 機器人。日本很早就進行 AI 相關政策推動，希望能通過機器解決國家經濟及發展的困境，2014 年日本修訂「日本振興戰略」，提出「機器人驅動的新工業革命」；2015 年日本經濟產業省將委員會編制「日本機器人戰略：願景、戰略、行動計劃」，明確指出研究和發展有人工智慧的次時代機器人的關鍵趨勢。

(一)超智能社會(Super Smart Society)

2016 年 1 月，日本政府頒布《第 5 期科學技術基本計畫》(2016 至 2020 年)第 2 章的「面向未來的產業創造及社會變革之新價值創造對策」中指出，日本希望能夠建構一個領先全球的「超智能社會(Super Smart Society, 簡稱社會 5.0、Society5.0)」，並將 AI 作為實現超智能社會的核心。同年 7 月，發布《日本下一代人工智慧促進戰略》，在工作層面明確了由總務省、文部科學省和經濟產業省在技術研發方面的三省合作體制，並召開「人工智慧技術戰略會議」，確立了日本 AI 發展路線，主要分三個階段，以期通過 AI 的運用，以大幅提高生產、流

通、醫療與護理等領域效率。

2019 年 3 月，日本內閣府公佈了「以人為本的 AI 社會原則」，在此原則強調 AI 為未來的關鍵科技，研發應用須以聯合國的永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)為基礎，以落實日本於 2016 年提出 2030 年「Society5.0(社會 5.0)」，在以人為本的思惟下，建立串聯 AI、機器人、物聯網等科技的超智能社會，其基本理念是建構一個「尊重人類尊嚴的社會(Dignity)」：AI 應作為能激發人類發揮多樣能力和創造力的工具；「各種不同背景的大眾皆能追求幸福的社會(Diversity&Inclusion)」：開發運用 AI 以共創多元幸福社會；以及「永續性的社會(Sustainability)」：透過 AI 強化科技，以創造能持續解決社會差距與環境問題的社會。亦即日本以「AI-Ready 社會」，也是讓人安全與安心的社會，經由 AI 建構尊重人類尊嚴、不同背景的大眾皆能追求幸福，以及永續性的社會。這種以人為本的 AI 社會原則核心內容為：

1. 以人為本原則：AI 使用不得違反憲法或國際保障之基本人權。
2. AI 素養(literacy)教育原則：提供必要的教育機會。
3. 保護隱私原則：個人資料的流通及應用應妥適處理。
4. 安全確保原則：把握風險與利益間之平衡，從整體提高社會安全性。
5. 公平競爭確保原則：防止 AI 資源過度集中。
6. 公平性、說明責任及透明性原則。
7. 創新原則：人才與研究皆須國際多樣化，並且建構產官學研 AI 合作平台。

(二)人工智慧戰略 2019

未來自動化與人工智慧主導的世界，程式設計已是一項必要技能，或者是一種素養。在全球人才競爭下，突顯軟體人才短缺問題嚴重，許多國家已經開始著手將程式能力扎根至基礎教育。新創 IT 軟體人才不如競爭國家的日本，已將寫程式列入國小五年級的必修科目，2020 年 4 月開始實施。日本經濟產業省 2016 年估計，如果 IT 市場以溫和速度成長，日本 2020 年將缺乏約 29 萬名科技人才，到 2030 年擴大為 59 萬人。日本希望將程式設計的知識深植於基礎教育，讓兒童盡早開始接觸寫程式，才能讓真正有興趣和想從事這行的人提早接受專業訓練。2016 年 4 月，日本首相安倍晉三宣布日本將從 2020 年開始對各級教育實行強制性規劃教育。而日本教育部最新批准的新教科書，裡頭有教導學生以數位方

式繪製多邊形，或使用簡單的命令讓 LED 燈閃爍等的測試題目，目的是灌輸使用程式處理資訊的基礎知識，以及透過反覆試驗來培養邏輯思維。

為推動 AI 發展，日本政府在 2019 年推出《人工智慧戰略 2019》，主要的政策方向為 AI 系統規格的統整、大數據傳輸基礎建設的完備，以及研發體制的強化。希望通過發展 AI，推動社會制度改革，改善公民生活並提升日本的國際影響力。該戰略將教育體系改革和研發體系重組放在首位，以奠定未來發展基礎。按計劃，在 2025 年前，日本將實現在高中、大學普及 AI 基礎知識教學、培養能將 AI 知識用於其他領域的複合人才、為普通民眾提供資料科學等繼續教育機會等目標。在研發體系重組上，日本計劃建立一個以 AI 為核心的研發網路，以促進不同研究機構間的合作。2019 年，日本東京大學和軟銀公司宣佈，共同打造世界頂尖的人工智慧研究所，軟銀將在今後 10 年為此投資 200 億日元。新研究所將開展基礎研究和應用研究。此外，日本希望深度融合 AI 與日本的優勢技術，創造出更大的附加值，提高生產率並增強工業競爭力，實現「具有多樣性的可持續發展的社會」。基於國情，日本將優先發展醫療、農業、運輸等行業。

三、中國大陸 AI 人工智慧產業及人才培育政策

在 AI 的發展過程中，中國在 AI 的設置與發展上占有領先之地位，2015 年發布「中國製造 2025」已納入 AI 製造的重點任務和方向，以深度整合資訊技術與製造技術為主軸，以創新驅動、智慧轉型、強化基礎、綠色發展，加快從製造大國轉向製造強國。2017 年 7 月，中國國務院發布「新一代人工智慧發展規劃」，包含研發、工業化、人才發展、教育和職業培訓、標準制定和法規、道德規範，以及安全等各個方面的戰略和發展目標，說明中國 AI 三大戰略、三大目標及六大重點任務，簡述如下述。

(一)三大戰略(如圖 9)：

1. 2020 年，讓中國的 AI 產業界與最強競爭者「齊頭並進」；
2. 2025 年，在一些 AI 領域實現「世界領先」水準；
3. 2030 年，成為全球人工智慧創新的「主要中心」，

(二)三大目標：

1. 提高產值：2030 年，中國的目標是 AI 產值達到 1 萬億人民幣，而相關行業的總產值達到 10 萬億人民幣。

2. 培養人才：招攬全球最優秀的人才，加強對國內 AI 勞動力的培訓，以配合時代的需求。
3. 強調規範：促進 AI 的發展，並在法律、法規和道德規範方面引領世界。



圖 9：新一代人工智慧發展規劃三大戰略

資料來源：財團法人中華顧問工程司(<https://www.cec.org.tw/modules/article-content.asp?s=1&i=116>)

(三)六大重點任務

1. 建構開放協同的人工智能科技創新體系，從前沿基礎理論、關鍵共性技術、創新平臺、高端人才團隊等方面強化部署。
2. 培育高端高效的智能經濟，發展人工智能新興產業，推進產業智能化升級，打造人工智能創新高地。
3. 建設安全便捷的智能社會，發展高效智能服務，提高社會治理智能化水平，利用人工智能提升公共安全保障能力，促進社會的共享互信。
4. 加強人工智能領域軍民融合，促進人工智能技術軍民雙向轉化、軍民創新資源共建共享。
5. 建構在安全高效的智能化基礎設施體系，加強網絡、大數據、高效能計算等基礎設施的建設升級。
6. 前瞻布局重大科技項目，針對新一代人工智能特有的重大基礎理論和共性關鍵技術瓶頸，加強整體統籌，形成以新一代人工智能重大科技項目為核心、統籌當前和未來研發任務布局的人工智能項目群。

(四)新一代人工智慧發展規劃發展重點項目(財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，2017)

1. 智能軟硬體：開發面向人工智慧的操作系統、資料庫、開發工具等關鍵基礎軟體，突破圖形處理器等核心硬體，研究圖像識別、語音識別、機器翻譯、智能交互、知識處理、控制決策等智能系統解決方案，培育強人工智慧應用的基礎軟硬體產業。
2. 智能機器人：致力於智能機器人核心零部件、專用感測器，完善智能機器人硬體介面標準、軟體介面協議標準以及安全使用標準。研製智能工業機器人、智能服務機器人，實現大規模應用並進入國際市場。研製和推廣空間機器人、海洋機器人、極地機器人等特種智能機器人。建立智能機器人標準體系和安全規則。
3. 智能運載工具：發展自動駕駛汽車和軌道交通系統，加強車載感知、自動駕駛、車聯網、物聯網等技術集成和配套，開發交通智能感知系統，形成自主的自動駕駛平臺技術體系和產品總成能力，探索自動駕駛汽車共享模式。發展消費類和商用類無人機、無人船，建立試驗鑒定、測試、競技等專業化服務體系，完善空域、水域管理措施。
4. 虛擬實境與擴增實境：強化高性能軟體建模、內容拍攝生成、增強虛擬實境與人機交互、集成環境與工具等關鍵技術，研製虛擬顯示器件、光學器件、高性能真 3D 顯示器、開發引擎等產品，建立虛擬實境與擴增實境的技術、產品、服務標準和評價體系，推動重點行業融合應用。
5. 智能終端：加快智能終端核心技術和產品研發，發展新一代智能手機、車載智能終端等移動智能終端產品和設備，鼓勵開發智能手錶、智能耳機、智能眼鏡等可穿戴終端產品，拓展產品形態和應用服務。
6. 物聯網基礎器件：發展支撐新一代物聯網的高靈敏度、高可靠性智能感測器件和晶元，強化射頻識別、近距離機器通信等物聯網核心技術和低功耗處理器等關鍵器件。
7. 積極發展智能企業：大規模推動企業智能化升級。鼓勵大型互聯網企業建設雲製造和服務平臺，讓企業即時提供關鍵工業軟體和模型庫，創造製造能力外包服務，推動中小企業智能化發展。鼓勵和引導企業建設工廠大數

據系統、網路化分散式生產設施等，實現生產設備網路化、生產數據視覺化、生產過程透明化、生產現場無人化，提升工廠運營管理智能化水平。加快培育 AI 產業領先企業。在無人機、語音識別、圖像識別等優勢領域打造 AI 全球領先企業和品牌。在智能機器人、智能汽車、可穿戴設備、虛擬實境等新興領域積極發展重點產業。

8. 人才培育：第一，以高端人才團隊作為 AI 發展的重點，培養人才和引進人才相輔相成，完善 AI 教育體系，加強人才儲備，特別是加快引進全球頂尖人才和青年人才，形成 AI 人才重鎮；第二，培育高水準 AI 創新人才和團隊，支持和培養具有發展潛力的 AI 領導人才，加強 AI 基礎研究、應用研究、營運維護等方面專業技術人才培養。重視複合型人才培養，重點培養整合 AI 理論、方法、技術、產品與應用等的縱向複合型人才，以及掌握「人工智慧+」經濟、社會、管理、標準、法律等的橫向複合型人才；第三，成立 AI 領域相關學科知識架構，完善 AI 領域學科布局，設立 AI 專業學門，推動 AI 領域科系，於大專院校建立 AI 學院示範點，增加 AI 相關學科方向的博士、碩士招生名額；第四，加強產學研合作，鼓勵高等教育、科研院所與企業等機構合作規劃 AI 學科領域。
9. 開展 AI 創新應用試點示範：第一，在 AI 基礎較好、發展潛力較大的地區，規劃國家級 AI 創新試驗，設定機制、政策法規、人才培育等方面的重大改革，推動 AI 成果轉化、創新產品和示範應用，形成可複製、可推廣的經驗，引領帶動智慧經濟和智能社會發展；第二，建設國家 AI 產業園區，加強科技、人才、金融、政策等要素的優化配置和組合，加快培育建設 AI 產業創新聚落；第三，建設國家 AI 育成基地，將 AI 研究的高等學校、科研院所集中地區，搭建 AI 領域專業化創新平台等新型創業服務機構，建設低成本、便利化、全方位、開放式的 AI 開放及育成空間，善育成服務體系，推進 AI 科技成果轉移，支持 AI 創新創業。

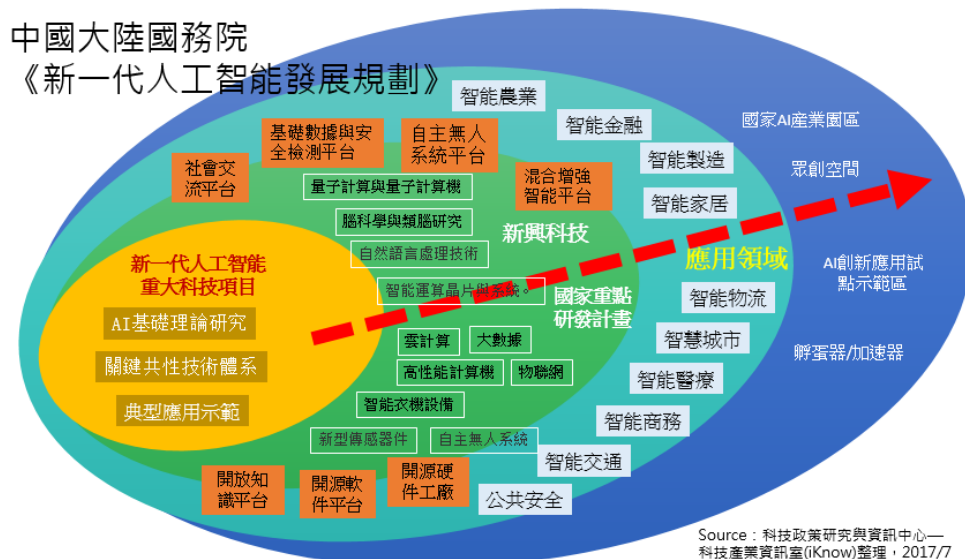


圖 10：中國「新一代人工智慧發展規劃」

資料來源：<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=13597>

四、臺灣 AI 人工智慧產業及人才培育政策

臺灣為因應數位化時代來臨，並促進數位經濟創新發展、提高國人生活品質，邁向「智慧國家」，並帶動 5+2 產業創新及加值應用；但就整體產業發展而言，臺灣 AI 產業發展相對於主要國家落後，依據 2019 年 12 月針對全球 54 個國家(地區)發布的全球人工智慧指數(Global AI Index, GAI)，在 AI 強國、傳統冠軍(Traditional champions)、正崛起新星(Rising stars)、萌芽期(Waking up)、初步發展(Nascent)等五個 AI 發展階段上，臺灣被歸類為萌芽期，由可而知。然而臺灣自 2016 年起積極推動產業創新轉型，同時將 2017 年設定為臺灣 AI 元年，擬定「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」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環境，增加 AI 產業及數位發展的契機。2019 年 11 月行政院科技會報第 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(如圖 11)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：如推動經濟部 iPAS 能力鑑定，大專校院外加 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：包括強化非典型勞動權益，以及提供無一定雇主或自營作業者勞保。

現行因應政策

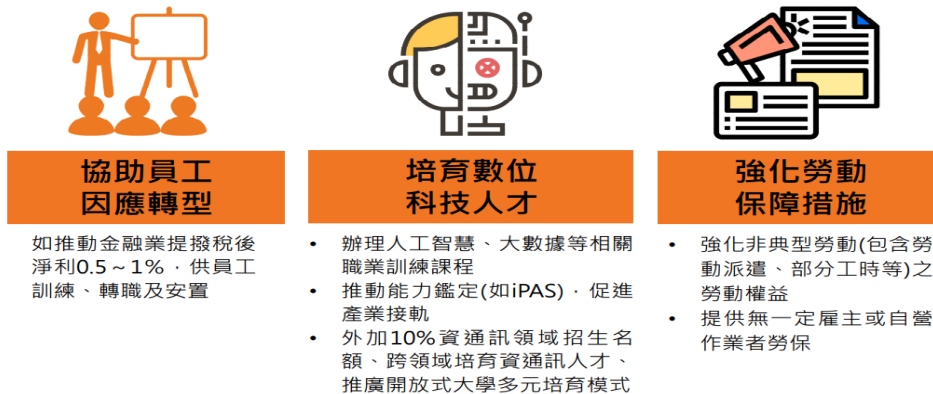


圖 11：數位經濟及 AI 對社會影響與因應策略-科技性失業現行因應政策

資料來源：國家發展委員會 2019 年 11 月 4 日專案報告

在教育面學習落差現行因應政策(如圖 12)，包含：(1) 多元教育模式：補助地方政府設置自造及科技教育中心、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、以及推動實驗教育。(2) 提升教師數位教學能力：培訓教師使用數位學習平臺教學、適性教學及跨領域教學能力。(3) 整備智慧化校園：建置中小學智慧學校環境(包含校園寬頻、無線網路)。(4) 12 年國教課綱新增科技領域：國中新增資訊科技課程、高中另新增機器人專題選修課程、發展新興科技課程模組等，在在顯示臺灣對於 AI 人才從產業面到人才培育面都逐漸接軌國際趨勢。

現行因應政策

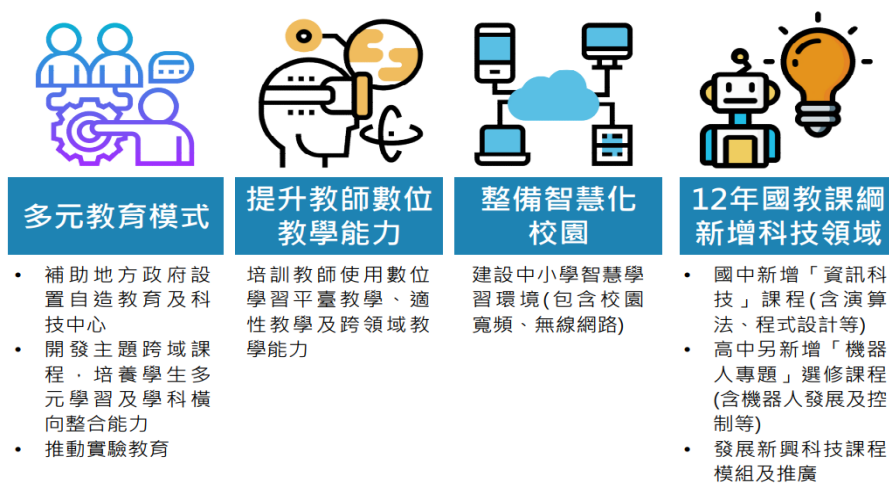


圖 12：數位經濟及 AI 對社會影響與因應策略-教育面學習落差現行因應政策

資料來源：國家發展委員會 2019 年 11 月 4 日專案報告

（一）AI 小國大戰略

臺灣為與世界科技發展脈動同步，亦已選定 AI 為我國下世代的發展主軸，除將 AI 列入「亞洲·矽谷」計畫及「數位國家·創新經濟發展方案」作為未來推動的關鍵議題外，也透過「前瞻基礎建設—數位建設」，加速相關基礎設施建置。臺灣具有半導體製造技術領先全球、優異的次系統開發能力，及完整人才培育體系等優勢，面對經費、人口、產業規模等先天條的限制、挑戰。為培育 AI 科技人才及建置 AI 科研環境，科技部以「小國大戰略」的思維，擬定了 AI 推動策略，預計 5 年（2017-2021 年）投入約 160 億元經費，選擇與聚焦半導體、資通訊技術等台灣具機會及優勢的強項，及物聯網系統與安全、無人戴具等未來趨勢的領域，期創造更多的創新價值，提升人民會福祉，邁向智慧創新國家。其中 5 大推展策略如下（行政院，2018）：

1. 研發服務—建構 AI 研發平台

透過「前瞻基礎建設—數位建設」，以 4 年（2017-2020 年）共 50 億元經費，建構國家級 AI「雲端服務及高速算平台」，有效整合國內資源，提供大規模共用、共享的高速運算環境，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。

2. 創新加值—設立 AI 創新研究中心

5 年（2017-2021 年）投入 50 億元，成立 4 個「AI 創新研究中心」，深耕 AI 人才與技術研發；同時加入人文、社會等未來 AI 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。

3. 創意實踐—打造智慧機器人創新基地

透過「前瞻基礎建設—數位建設」，以 4 年（2017-2020 年）20 億元，在中部科學園區及南部科學園區打造「智慧機器人創新自造基地」，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

4. 產業領航—啟動半導體射月計畫

4 年（2018-2021 年）投入 40 億元經費，協助打通半導體業進入終端人工智慧（AI Edge）的瓶頸，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 市場爆發急需的高階人才

5. 社會參與—推動科技大擂台（Grand Challenge）

4 年（2018-2021 年）投入獎金 1 億元規劃辦理 3 項競賽，翻轉過去計畫補助形式，以擂台賽方式設定重大挑戰課題，廣徵好手參與投入，以發掘人才與技術，並激發更多創意。

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，還有包含公共參與面，涉及社會信任問題，包含對於資料安全、假訊息傳播等，規劃透過檢討個人資料保護法、提升數位素養，將「科技資訊及媒體素養」納入課綱核心素養項目與訂定「人工智慧科研發展指引」等、以及規範假訊息法制規範等，其整體結論強調，數位轉型勢在必行，未來須以「數位驅動成長與福祉」做為戰略布局，包含下列四點：

1. 臺灣應朝全球化、數位化、智慧化發展。
2. 因應數位轉型帶來的社會不平等與新挑戰。
3. 加強培養國民「有系統、有計畫、有紀律」的終身學習習慣。
4. 完善數據保護法制，推動數據自由流通。



圖 13：AI 小國大戰略

資料來源：行政院 2018 年 10 月 16 日新聞稿

(二)臺灣 AI 行動計畫

本計畫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；以鬆綁、開放及投資的精神，全力推動 AI 發展，促使產業 AI 化，期許臺灣邁向尖端智慧國家，5 大推動主軸進展(行政院，2019。如表 1)：

1. AI 人才衝刺：在千人智慧科技菁英方面，已在臺大、成大、清大、交大各成立 1 個「AI 創新研究中心」，涵蓋人工智慧技術、健康照護、智慧製造、智慧服務、智慧生技醫療等領域。在萬人智慧應用先鋒方面，政府和民間已攜手合作培訓超過萬名 AI 菁英技術及應用實務人才。
2. AI 領航推動：晶片是支持 AI 運算的心臟，不但是核心技術，也是台灣的產業強項。行政院科技會報辦公室成立跨部會「AI on Chip 示範計畫籌備小組」，已有台積電、聯發科等 15 家晶片設計與半導體廠商參與，後續將針對「AI 晶片異質整合」和「AI 系統軟硬整合」形成聯盟，力拚擴大我晶片半導體產業的全球龍頭地位優勢。另科技部推動「半導體射月計畫」已促成 52 件產學合作計畫案，並培育台灣半導體產業發展所需高階人才。
3. 建構國際 AI 創新樞紐：臺灣已成為全球矚目的 AI 創新應用舞臺，國際級旗艦公司陸續在臺成立 AI 研發基地，並與臺灣本土 AI 產業鏈結，共構我國產業生態系統。如 Microsoft 已在臺成立「AI 研發中心」建立百人研發團隊，並啟動「微軟新創加速器」；Google 已把臺灣打造成 Google 在亞洲最大的研發基地，並持續擴大規模。
4. 法規與場域開放：在台南沙崙建置台灣第一座封閉式自駕車測試場域「台灣智駕測試實驗室」並開始營運，並於 107 年 12 月 19 日公布全球第一套涵蓋陸、海、空的《無人載具科技創新實驗條例》。另建置民生公共物聯網，107 年底已布建水、空、地、災各類感測器，即時及歷史感測資料約 7,000 站，供民間介接使用。業者利用相關資感測料及導入 AI 運算，例如協助環保稽查單位掌握污染事件，解決空污通報與環保實地稽查的時間落差。

5. 產業 AI 化：從產業創新的實務需求出發，建立「產業出題，人才解題」機制，107 年辦理第一梯次解題，共收到醫療生技、資訊服務、電商廣告、人力資源、監控安全、物聯網等 6 大產業之 32 家企業提出 53 題 AI 轉型需求，並媒合解題團隊解題，產出 21 個解題方案。

表 1：臺灣 AI 行動計畫推動措施

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。

(三)人工智慧科研發展指引

AI 為人類生活帶來便利，也造成社會、經濟等運作上造成衝擊。為降低民眾對 AI 科技的疑慮，為抑制潛在疑慮與風險，消弭 AI 偏見、歧視與排除等情形，先進各國已陸續藉由研擬人工智慧相關基本準則，對人工智慧核心技術、人才教育、標準等行為進行導引。科技部於 2019 年發布包括「以人為本」、「永續發展」及「多元包容」三大核心價值的「人工智慧科研發展指引」，內容如下：

1. 以人為本(Human-centred Values)：AI 科研應遵循以人為本之價值，以提升人類生活、增進人類福祉為宗旨，構築尊重人性尊嚴、自由與基本人權的人工智慧社會。

2. 永續發展(Sustainable Development)：AI 科研應追求經濟成長、社會進步與環境保護間之利益平衡，以人類、社會、環境間的共存共榮為目標，創造永續願景。
3. 多元包容(Diversity and Inclusion)：AI 科研應以創建及包容多元價值觀與背景之 AI 社會為發展目標，並且積極啟動跨領域對話機制，普惠全民對 AI 的理解與認知。

(四)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，臺灣在 5+2 產業創新之基礎上，打造六大核心戰略產業，包括資訊及數位、資安卓越、臺灣精準健康、綠電及再生能源、國防及戰略、民生及戰備等六大產業，其中與 AI 有關之重點產業包括(行政院，2021)：

1. 在資訊及數位產業方面，將研發新世代半導體技術以及促成 AIoT 應用場域，並籌組 5G 國家隊，期維持臺灣 ICT 技術領先，並輸出 AIoT 解決方案與打入國際 5G 供應鏈。
2. 在資安卓越產業方面，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，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。



圖 14：六大核心戰略產業政策定位

資料來源：行政院 2021 年 5 月

(五)AI 教育 x 教育 AI-教育部 AI 與新興科技教育布局

現在已經是 AI 世代，AI 已經是生活中的一環，為培養下一代提早認識 AI 在生活中的應用、瞭解自己與 AI 的關係，教育部在 108 年 6 月提出 AI 及新興科技教育總體實施策略，呼應 108 學年度開始實行的十二年國民教育基本課程綱要培養學生具備科技素養，推動前瞻基礎建設作為普及高級中等以下學校對於新興科技之認知，讓中小學生有機會體驗 AI、知道 AI 的應用與對自己未來及生活的影響、高中職學生能夠運用、大專校院學生更能夠創新。而對於 AI 原理及技術有興趣的學生，教育部也規劃協助學校提供進階學習的資源及管道。教育部依據行政院臺灣 AI 行動計畫，推動 AI 人才培育計畫，邀集大專校院教師及領域專家，與中小學教師，針對 AI 原理及核心技術，包括 AI 簡介、背景知識、監督式學習、非監督式學習等機器學習相關知識，共同發展《和 AI 做朋友》補充教材、教案示例，並據以發展出系統性的 AI 知識地圖，提供中小學教師推展 AI 主題課程參考使用，以促進提升中小學 AI 的教學推展，提升學生對於 AI 之認知及理解，成為數位時代下產業及社會發展所需之未來人才(如圖 15)。

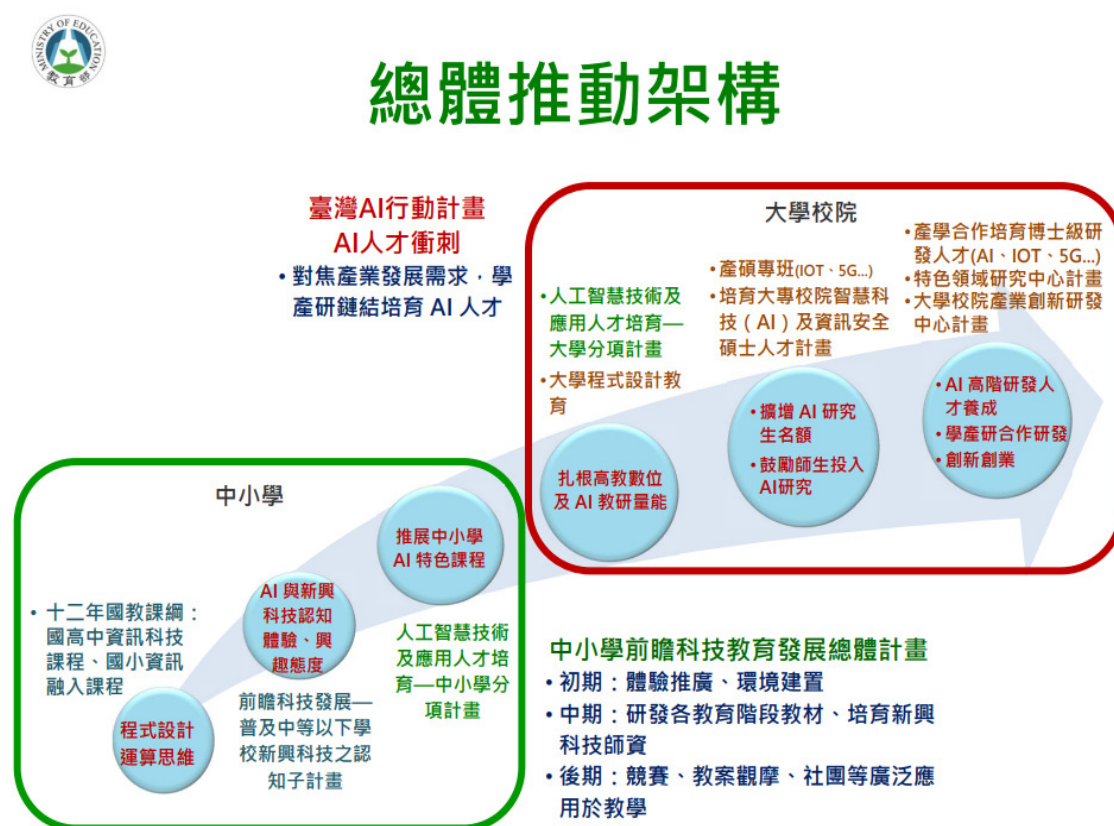


圖 15：AI 教育 x 教育 AI 總體推動架構

資料來源：教育部 2019 年 6 月 27 日

教育部 AI 教育布局推動目標主要為扎根基礎教育，以十二年國民基本教育科技領域課綱為基礎、培養中小學生 AI 及新興科技素養與能力；高等教育人才養成，對焦 5+2 產業創新發展需求，鏈結學產研共同培育 AI 及數位創新跨域人才。分為以下二個階段(如圖 16)：

1. 高國中小 AI 教育：國小基礎認知融入課程、國高中系統化知識彈性選修

- (1)結合十二年國教資訊科技課程「科技資訊與媒體素養」的實施，並透過全國 100 個自造教育及科技中心、10 個高中職新興科技區域推廣中心、45 所新興科技促進學校、STEM+A 課程導向數位自造教育扎根基地及科技領導前導學校等，全面普及 AI 與新興科技認知、體驗及教師增能。
- (2)針對對人工智慧技術與原理有興趣的師生，透過大學教授與中小學教師合作發展「和 AI 做朋友」補充教材，以人工智慧中最關鍵核心技術，機器學習、深度學習等為題，完成國小、國中、高中職的 AI 教材與教案示範例，提供有興趣的師生參考使用。針對國小部分以培養運算思維為主、採體驗學習及引發興趣；國高中則強調程式設計、資料處理、演算法等概念，進行進階實作。
- (3)透過教育部補助的「NKTU-Scratch3.0 程式及數控教學公版軟體」，提供國小以積木程式學習運算思維及國高中銜接程式設計教學，並藉由程式編程、智慧機械、大數據、物聯網、雲端運算及控制等整合應用，提供 AI 動手做的基礎課程。
- (4)培力科技領域師資。職前培力部份，透過調整師資培育職前教育課程，包含將機器學習、人工智慧列為必選；程式設計 2 學分提高至 3 學分。另革新 AI 與新興科技教學模式，成立科技領域教學研究中心及研發資訊科技分科教材教法專書。在職教師部分，成立自造教育及科技中心及新興科技區域推廣中心與促進學校辦理研習活動、開辦科技領域教師在職進修增能及第二專長學分班等。

2. 大學 AI 教育：AI 人才培育結合專業

- (1)推動大學程式設計教育，奠定大學 AI 教育基礎。
- (2)發展大學程式設計先修檢測(APCS)，委由臺灣師範大學辦理，從高中端銜接到大學端，透過具公信力的程式設計能力檢測機制，提供學生自我

檢測或學校評量程式設計之能力，適時結合大學申請入學參採項目，提供學習誘因。

- (3)增加大學培育 AI 人才的招生名額。教育部自 108 學年起，每學年擴充大專院校 450 個資通訊領域招生名額；109 學年推動精進資通訊數位人才培育策略，繼續擴增資通訊領域系所招生名額，學士班擴充 10%、碩博士班擴充 15%至 20%。
- (4)補助大學校院成立 AI 相關的研究中心與產業創新研發中心，培育 AI 的高階人才。
- (5)接軌產業 AI 化、AI 產業化，補助指導完成 AI 學習地圖，提出 6 種 AI 專業與應用人才的學習路徑，提供大學透過微學程、問題導向式教學、實習及競賽等多元創新教學模式，鏈結產業共創共育，培育具備多元科技整合能力的 AI 應用人才。



人工智慧教育：從小學到大學

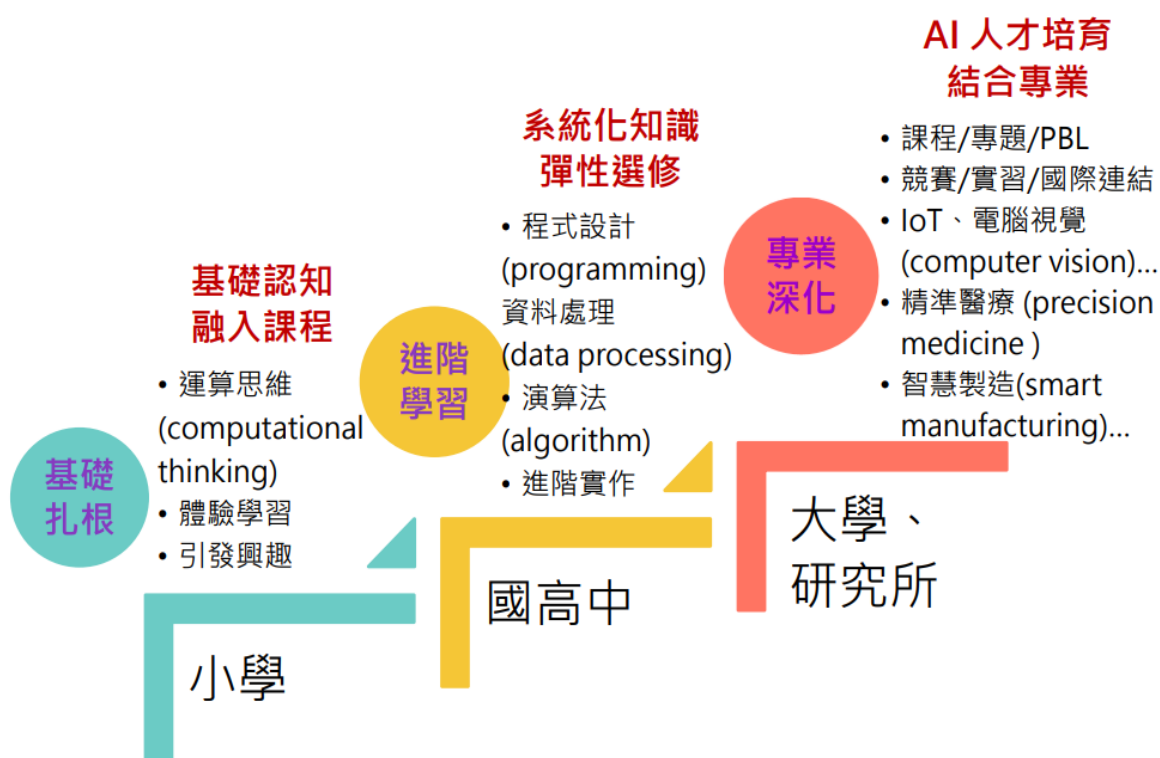


圖 16：人工智慧教育：從小學到大學

資料來源：教育部 2019 年 6 月 27 日

另就教育 AI 化部分，透過智慧教室、智慧網管、智慧學習三大概念，提出三大結論：

1. 善用 AI 技術改善教學軟硬體。
2. 運用大數據與學習分析，精準診斷學習弱點，透過智慧搜尋弱點建立學習途徑。
3. 因材施教減少重複練習，提升教學效率。如教育部因材網(<https://adl.edu.tw/HomePage/home/>)結合補教教學科技化評量與縣市學力檢測，讓學習更有效率。

肆、結論與建議

隨著世界各國積極推動 AI、5G 行動網路通訊、物聯網等新興科技蓬勃發展，引領自動化及機器人技術日益成熟，不僅帶動產業與服務的創新，已經衝擊既有商業模式，重新翻轉整體社會與產業生態系統，對勞動市場也產生相當的衝擊。然而教育階段是培養未來勞動及專業人力的關鍵階段，亞洲各國中，新加坡、日本及中國大陸已經大力推動 AI 相關產業及人才培育政策，其中不乏對於教育領域提供完整 AI 教育規劃，對於臺灣身為全世界科技重鎮的國家，更需要超前部屬向下扎根到教育層面。行政院副院長沈榮津出席 2021 年 11 月 25 日「科技加乘、雙語啟動」科技島嶼人才論壇活動時特別提到，人才是維持臺灣科技島優勢的根本，政府積極育才、攬才、留才，期盼資通訊產業一起培育更多科技人才。其中在培育數位人才部分，政府推動中小學數位學習環境，並擴展高教培育量能，近年教育部更擴充大學資通訊科系招生名額，也促進產學共育人才，並強化數位人才的能力鑑定等。因此就新加坡、日本及中國大陸的產業及人才培育政策，對於我國高中職及國中小推動 AI 人工智慧教育發展，具有前瞻性建議。

一、擬定 AI 教育政策完整政策藍圖

為培養未來 AI 人才，從國小、國中到高中職學生皆須有整體 AI 及新興科技素養與能力之目標，參酌各國人才培育政策，綜整目標需涵蓋「知識概念」、「體驗學習」和「應用探索」三方成為人才培育政策藍圖(如圖 17)。為落實整體培育目標，教育行政單位及學界、產業界應組成立 AI 人才培育發展小組，進行探究規劃高級中等以下學校 AI 課程實踐架構、研發設計教案和教具、開發教

學影片和推廣宣傳等事項，讓 AI 人才培育更能完善規畫及銜接產業發展。

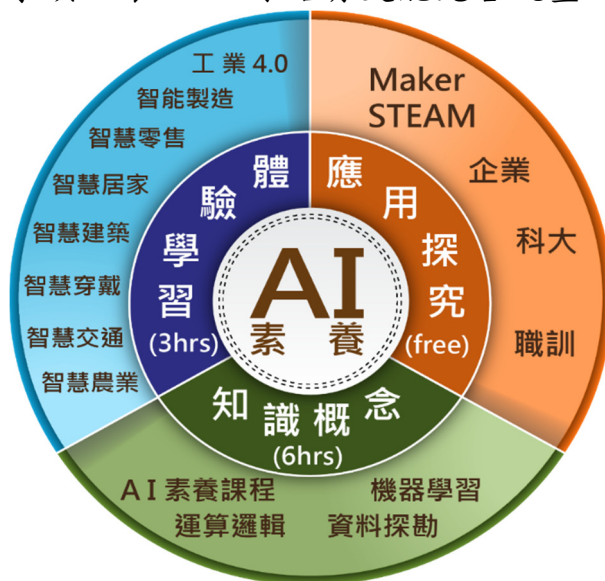


圖 17：AI 素養人才培育政策藍圖

資料來源：研究者自訂

二、結合產業規劃 AI 應用體驗場域

學習過程除了知識概念、培養 AI 素養外，體驗學習及應用探索更是落實 AI 人才培育的關鍵，建構體驗學習場域，以生活化、實用性、體驗性為主，連結產官學建置跨領域場域的實務探究學習，藉此能給與新北市學子奠定 AI 知識、製作應用的素養，期許能建構出新北市 AI 教育體系，有效達成培養中小學生 AI 及新興科技素養與能力之目標，以及具備全方位技職實務技術與應用能力的跨領域 AI 人才。

表 2：AI 素養課程規畫

面向名稱	面向目標	實施方案
知識概念	建構技職 AI 基本素養課程	1-1 全面培育學習 AI 程式設計人才。 1-2 推動 AI 職探及自造教育 1-3 研發 AI 課程。 2-1 全面推動 AI 素養教師認證。 2-2 開發 AI 教案。 2-3 推動跨領域合作教學。
體驗學習	建置主題式示範體驗教學基地，提供學生 AI 體驗學習機會	3-1 建置 AI 生活化學習場域。 3-2 全面推動 AI 職探體驗環境與系統建置。 4-1 成立主題式示範體驗教學基地。 4-2 辦理 AI 專題製作競賽與成果展。 4-3 辦理 AI 教案競賽。
應用探究	結合大學、科大、國際連結，協助學校發展 AI 應用專題探究與製造	5-1 大學協同教學、課程、專題研發。 5-2 研發建置 AI 校園環境。 5-3 辦理程式設計競賽。 5-4 教師赴公民營企業研習。 6-1 跨國連結合作研發。 6-2 跨國 AI 專題論壇。 6-3 海外研習。

資料來源：研究者自訂

三、運用 AI 大數據進行未來教育決策

AI 教育決策發展除根基於資料庫的建置外，另一個部分則在於機器學習技術。機器學習是近 20 多年興起之一門跨領域學科，其涉及機率論、統計學、演算法複雜度等理論。該領域主要宗旨係以電腦運算思維學習數據的意義，主要是設計與分析一些讓計算機可以自動「學習」之演算法，能從數據中進行分類，進而建立規律，並利用規律對未知數據進行預測。Mitchell(1997)在 Machine Learning 一書中提出機器學習可透過對已知事實之分析、歸納、演繹、形成新知識，其對未知事實做出符合實際之判斷、引導及預測。而機器學習屬於跨領域學科，涉及統計學、圖像理論、影像處理等相關學科，係屬於 AI 之核心，透過電腦相關研究進行模擬或展現人類之學習行為，從大數據概念中自動分析所獲得規律，並進行判斷或決策（蔡明學、黃建翔，2019）。在教育領域之中，透過大數據及 AI 技術，對於不同學校或學生進行分類，探討資源充足性與適切性，再給予適當的回饋，在個別學生即為精準教育概念，在學校則是提供教育資源分配及績效審定的關鍵技術；或是透過程式設定參數成為不同模式識別方法找出影響各教育階

段品質的關鍵因素，其結果可做為提升學校教育發展、教師教學效能與學生學習成就之參考策略。當相關研究發展出教育決策模型後，透過定期的資料交換（更新），由 AI 進行資料判斷，協助教育政策制定者決策資訊。

回顧 2021 年的 AI 大事，疫情並未拖慢 AI 發展的速度，科技巨頭接連推出的研究成果，以及多個鉅額投資案的發生，展望 2022 年，AI 仍將隨著不斷增長的關鍵領域需求，如語音助理、自動駕駛、新藥探索、工業生產、供應鏈等，出現技術上的突破。未來可持續關注的三大 AI 趨勢，首先「負責任的 AI（Responsible AI）」課題將跟著法規的進程逐步浮上檯面，科技的便利與道德問題，如資訊隱私、歧視等，需要更多具體與平衡的解決方案；其次是數據「品質」將更受重視。觀察模型發展的不同路徑，期待看到更多參數上兆的模型登場，但另一方面，如何透過非結構化的混合數據、小數據或合成數據(synthetic data)提升運算效率，仍有賴用於訓練模型的數據品質；最後是加速的硬體開發進程。AI 處理器已是眾家大廠的必爭之地，如 Amazon 的 Graviton3、Google 的第四代 TPU、Cerebras 的 WSE-2、英特爾的 Habana Gaudi、NVIDIA 的 A100 等。而這個趨勢將隨著運算的需求增加，成為 AI 領域發展的主流之一(范秉航,2022)。因此教育領域中，不論是 AI 人才培育政策藍圖、應用及體驗場域到教育決策部分，未來勢必會遇到 AI 道德問題及大數據資料來源及教育 AI 化衍生軟硬體設備更新等問題，透過本次參考新加坡、日本及中國的 AI 產業及人才培育政策，提供相關結論與建議，期待引領國內教育超前部屬，持續用科技領先世界。

工研院(2020)。邁向 2030，展望 AI 科技未來發展藍圖。**電腦與通訊期刊**。2021 年 7 月 3 日取自

<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432122064271&MSID=1072341652776363373>

行政院(2018 年 6 月)。**臺灣 AI 行動計畫(2018-2021 年)**。臺北：行政院。

李開復、王詠剛(2017)。人工智慧來了。臺北：天下文化。

李開復(2019)。AI 新世界。臺北：天下文化。

林靜禧(2019)。韓國主要網路大學率先推動 AI、大數據、超連結培育融合人才。**國家教育研究院臺灣教育研究資訊網**。

吳迪珣譯(2018)。AI 時代自動化準備國家排行榜出爐。**國家教育研究院臺灣教育研究資訊網**。

范秉航(2022)。**2021 年 AI 大事記**。2022 年 2 月 1 日，取自

<https://findit.org.tw/researchPageV2.aspx?pageId=1909>

陳憶如譯(2018)。美國藝術教育政策資料庫。**國家教育研究院臺灣教育研究資訊網**。

蔡明學、黃建翔(2019)。應用資料探勘技術探究我國高中生 適性學習影響因素。**當代教育研究季刊**，27(2)，39-76。

蔡明學(2020)。人工智慧在教育的應用與發展。國家教育研究院電子報，195 期。(國家教育研究院電子報 / 人工智慧在教育的應用與發展

教育部(2011)。中華民國技術及職業教育簡介。臺北：教育部。

教育部(2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北：教育部。

教育部(2019)。AI 教育 X 教育 AI—人工智慧教育及數位先進個人化、適性化學習時代來臨！。2019 年 6 月 14 日，取自

https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=D4C4CD32CAE3FF5D

潘俊良(2017)。**新加坡國家研究基金會推出 AI.SG 計畫，促進人工智慧技術發展**。2017 年 6 月 14 日，取自 <https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=67&tp=1&d=7819>

新北市政府教育局(2020)。**新北市推閱讀教育 4.0 首創 AI 大數據培養智慧閱讀力**。2020 年 8 月 27 日，取自

https://www.ntpc.edu.tw/home.jsp?id=d127e0ce0f4f407b&act=be4f48068b2b0031&datase_rno=6f97d63e872ee709fe50bf2f4cd08244

鄭熹(2021)。**位居太數位競爭力之冠：新加坡智慧國家發展策略與挑戰**。2021 年 7 月 28 日，取自 https://www.taipeiforum.org.tw/article_d.php?lang=tw&tb=4&id=4798

財團法人顧問工程司(2018)。**人工智能城市(AI CITY)一圖看懂人工智慧/基礎理論(2-1)**。2018 年 7 月 9 日，取自 <https://www.ceci.org.tw/modules/article-content.aspx?s=1&i=116>

財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心(2017)。**解讀中國《新一代人工智能發展規劃》：三步走戰略、發展關鍵技術與新興產業**。2017 年 7 月 21 日，取自 <https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=13597>

國發會(2019)。「**數位經濟 AI 對社會影響與因應策略**」，行政院科技會報第 1 次會議簡報。

陳昇瑋、溫怡玲(2019)。人工智慧在台灣：產業轉型的契機與挑戰。臺北：天下雜誌。

Bonderud, D. (2019). Artificial intelligence, authentic impact: How Educational AI is making the grade. EdTech Focus on K-12. Retrieved Jul. 5, 2021, from <https://edtechmagazine.com/k12/article/2019/08/artificial-intelligence-authentic-impact-how-educational-ai-making-grade-perfcon>

Southgate, E., Blackmore, K., Pieschl, S., McGuire, J., & Smithers, K. (2019). Artificial Intelligence and Emerging Technologies in Schools. University of Newcastle, Australia.