

107年度跨領域產業創新科技管理與智財運用人才培訓計畫 海外培訓成果發表會

人工智慧在藥物探索中所扮演的角色

The Role of AI in Drug Discovery

指導教授：許曉芬博士

（國立成功大學法律學系暨生物醫學工程系合聘副教授）

組 員：張安祺（聖倍然企業有限公司）

邱敬詮（永豐商業銀行股份有限公司）

賴以斌（道法法律事務所）

邱詩閔（智合精準醫學科技股份有限公司）

楊雨耕（聯發科技術股份有限公司）

陳帝蓉（共信醫藥科技股份有限公司）

王心忠（汎生製藥廠股份有限公司）

論文撰寫分工說明

章節	作者
中英文摘要	張安祺、邱詩閔
壹、緒論	張安祺、邱詩閔
貳、文獻探討	邱敬詮、邱詩閔 楊雨耕、賴以斌
參、人工智慧在藥物開發中之應用	張安祺、賴以斌
肆、訪談個案	陳帝蓉
伍、結論與建議	張安祺
全文統整與潤飾	張安祺、邱詩閔

中文摘要

新藥開發，從早期藥物探索找尋有潛力之候選藥物至臨床前開發再至完成各階段人體臨床試驗是一個高度耗費時間與金錢的過程。一顆新藥從開始進行藥物探索研究到成功上市大約需要 10-15 年的時間，總開發成本約為 26 億美金；其中藥物探索及臨床前試驗的成本佔了全部的四成左右。隨著數據分析、機器學習及人工智慧等技術的進步，將很可能大幅改變現今藥物開發的過程，包含縮短藥物開發的時程、減少開發成本及提升藥物開發的效率，為整個生技及製藥產業帶來重大變革。

本研究藉由回顧人工智慧技術的發展、各國人工智慧的政策方向、人工智慧在生命科學領域的應用、人工智慧應用於藥物開發可能衍生的智慧財產權問題，並進一步分析當前全球藥廠與生技公司將人工智慧應用於藥物探索的案例與相關專利的布局狀況，歸納出整體趨勢及策略重點，以協助尚在起步的台灣能更有效地將人工智慧導入生技及製藥產業中，以提升在全球的競爭力。

本研究發現，在人工智慧探索新藥領域領先的前三個國家（美國、英國、加拿大），其產業發展是「市場拉動」的結果，政府科技政策的推動反而不是其發展之主因；人工智慧探索新藥公司的商業模式大致可分成兩類：一個是以專注於人工智慧技術的開發為導向，再透過與藥廠/生技公司合作將其技術商品化的商業模式；另一個是採取傳統生技新藥公司的商業模式，自行將由使用其人工智慧科技所發現的候選藥物推向臨床試驗階段；在智慧財產權保護上，有些公司會採取營業秘密的方式，或者是用申請一般藥物專利的方式，而不是直接申請人工智慧技術的專利；此外，同時兼具生物學與資訊科學訓練的生物資訊學家是這個領域急需的人才；不過本研究的訪談對象也表示，對於一家成功的人工智慧探索新藥新創公司而言，擅長程式編寫的軟體工程師與資料處理的資訊科學家比具生物醫藥訓練背景的人才來的重要。

綜合這些發現，本研究認為政府除推動發展的政策之外也要有後續將技術商品化之配套措施，才能使人工智慧探索新藥的進步技術在國內成功地落地生根。政府在選擇扶植人工智慧探索新藥產業之標的時應不限於生技類公司，反而應該將具備人工智慧技術

人才的單位也納入其中。對欲導入人工智慧技術之新藥研發公司而言，可考慮先成立專注於人工智慧技術研發的子公司，再將研發成果併入公司內部來執行後續開發的工作。在智慧財產保護方面，人工智慧探索新藥公司則是可以策略性選擇應用營業秘密、藥物或演算法專利來保護其技術，以鞏固自身的競爭優勢。

關鍵字

藥物研發、人工智慧、生技新創公司、科技發展策略、鑽石模型

Abstract

New drug development, from drug discovery, preclinical studies to clinical trials, is a lengthy and costly process. It takes about 10-15 years to bring a new drug from bench to bedside and costs about 2.6 billion US dollars. Drug discovery and preclinical studies account for about 40% of the total costs. The advances in technologies such as data analysis, machine learning, and artificial intelligence (AI), likely bring a revolution to the drug development process. These technologies hold the promises to reduce time and costs for new drug development, and hence to improve the efficiency of entire pharmaceutical industry.

In this study, we reviewed the development of AI technologies, different regional/national policies for adopting AI, AI applications in life sciences and possible issues related to intellectual properties (IP). Globally we identified 69 AI-driven companies dedicating in drug discovery. We further analyzed the deals among big pharma and 16 AI-driven companies in the area of utilizing AI in drug discovery and the patent profiles of these AI-driven companies. Consequently we would like to depict the global trend and key strategies of AI-driven drug discovery development, which can facilitate Taiwan to infuse AI technologies into her biotech and pharmaceutical industry to enhance her competitiveness in the world.

Our study revealed that the development of AI-driven drug discovery in the three leading countries, i.e. USA, the UK and Canada, is a consequence of ‘market pull’ rather than ‘science-technology push’ by the governments’ policy. In terms of business model, an AI-driven drug discovery start-up usually chooses one (or both) of the two business models: one is focusing on R&D of AI technologies and commercializing the AI technologies through the cooperation with pharmaceutical/biotech companies; another is a traditional biotech model, where a start-up itself takes drug candidates discovered by its own AI technologies to clinical development. As far as IP protection is concerned, some companies adopt trade secret or filing drug patents, instead of directly filing patents for their core AI technologies. For talents in need, bioinformatics scientists who have expertise in both biology and computer science are the top priority; however, the interviewee of our study implied that programming engineers and data scientists are more important than those with biomedical background for a successful AI-driven drug discovery start-up.

Based on aforementioned findings, our study suggests that in addition to implementing the policy to promote AI-driven drug discovery, the government should have commercialization plans in place to ensure the technology developed can domicile and grow successfully. For candidates to receive the government's grant and support for AI-driven drug discovery, they could be any organizations or companies with AI talents, and are not limited to those in the biotech industry. Drug companies with an R&D division that would like to adopt AI technology for drug discovery may consider first setting up an independent subsidiary dedicating to AI technology. Once drug molecules are successfully identified, the molecules (together with the subsidiary) can then be transferred into the parent company for further development. In order to fortify competitive advantages via IP protection, AI-driven drug discovery companies can strategically maneuver different tactics of trade secret, substance patents and algorithm patents.

Keywords:

drug discovery, artificial intelligence (AI), biotech start-up, technology development strategy, Diamond Model

目錄

中文摘要	2
Abstract	4
圖目錄	9
表目錄	10
壹、緒論	11
1.1. 研究動機	11
1.2. 研究目的	13
1.3. 研究範圍與限制	13
1.4. 研究方法	14
貳、文獻探討	15
2.1. 人工智慧發展與定義	15
2.2. 人工智慧範疇	16
2.3. 人工智慧關鍵技術	21
2.3.1. 專家系統(Expert system).....	21
2.3.2. 遺傳演算法(Genetic algorithm).....	22
2.3.3. 人工神經網路(Artificial neural network).....	22
2.3.4. 機器學習(Machine learning)	22
2.3.5. 深度學習(Deep learning).....	24
2.3.6. 自然語言處理(Natural language processing).....	25
2.4. 人工智慧的道德與責任	26
2.5. 各國政府對人工智慧的政策方向	27
2.5.1. 歐盟對人工智慧的政策	27
2.5.2. 其他國家	31
2.5.3. 美國 FDA 針對人工智慧的觀點	33
2.6. 人工智慧在生命科學領域的應用	35
2.6.1. 人工智慧在醫療保健的應用	35
2.6.2. 人工智慧在藥物探索及臨床前試驗的應用	39
2.6.3. 人工智慧在臨床試驗的應用	42
2.6.4. 人工智慧在藥物製造的應用	44
2.6.5. 人工智慧在疾病檢測診斷及治療的應用	45
2.7. 將人工智慧應用於藥物開發時可能產生的智財權	47

2.7.1. 專利權(Patents).....	48
2.7.2 與人工智慧運用在藥物發現相關的其他智慧財產權	53
2.7.2.1 數據庫權 (Database Rights)	53
2.7.2.2 著作權 (Copyright)	54
2.7.2.3. 營業秘密 (Trade Secrets)	54
2.7.3 小結	54
參、人工智慧在探索新藥的應用	56
3.1. 人工智慧革新探索新藥的過程	56
3.1.1. 對疾病和生物系統了解	57
3.1.2. 候選藥物分子的辨識	59
3.1.3. 臨床前的體外(in vitro)實驗	62
3.2. 藥廠/生技公司與人工智慧科技公司合作探索新藥	64
3.2.1. Novartis	66
3.2.2. Pfizer	66
3.2.3. Roche (Genentech)	68
3.2.4. Johnson & Johnson (Janssen Pharmaceuticals).....	68
3.2.5. Sanofi.....	70
3.2.6. GSK.....	71
3.2.7. Merck.....	72
3.2.8. Abbvie	72
3.2.9. AstraZeneca.....	73
3.2.10. Boehringer Ingelheim.....	73
3.2.11. Takeda	74
3.2.12. Allergan	74
3.2.13.其他生技公司	75
3.3. 全球在探索新藥領域的人工智慧公司的概況	78
3.3.1.人工智慧在探索新藥領域的應用	79
3.3.2.從事探索新藥的人工智慧公司的全球分布	80
3.3.3.從事探索新藥的人工智慧公司的成立時間	81
3.3.4. 從事探索新藥的人工智慧公司的規模-員工人數	82
3.3.5. 從事探索新藥的人工智慧公司的資金狀態	83
3.4.探索藥物之新創公司的專利佈局	84
3.4.1. BenevolentAI.....	85
3.4.2. XtalP.....	85
3.4.3. Insilico Medicine.....	86

107 年度跨領域產業創新科技管理與智財運用人才培訓計畫-海外培訓成果發表會
人工智慧在藥物探索中所扮演的角色

3.4.4. Recursion Pharmaceuticals.....	86
3.4.5. Biovista.....	87
3.4.6. Exscientia	87
3.4.7. Numerate	87
3.4.8. BioXcel.....	88
3.4.9. Atomwise.....	88
3.4.10. Numedii	89
3.4.11. Standigm.....	89
肆、訪談個案	95
4.1.台灣的人工智慧生技新創公司 - Insilico Medicine Taiwan.....	95
4.2.台灣的人工智慧生技研究單位- DCB (訪談).....	98
4.3. 小結	104
伍、結論與建議	106
5.1. 科技發展策略與產業競爭模型	106
5.2. 各國人工智慧探索新藥發展策略與競爭優勢	108
5.3. 台灣發展人工智慧探索新藥的策略與條件	113
附錄	134
附錄 1 訪談邀約與問題	134
附錄 2 .訪談記錄	138

圖目錄

圖 1 新藥開發過程	11
圖 2 本研究之研究架構	14
圖 3 人工智慧發展	16
圖 4 人工智慧關鍵技術	21
圖 5 人工智慧在醫療保健產業中之 10 大應用	38
圖 6 人工智慧革新藥物探索的三個階段	57
圖 7 大藥廠/生技公司與人工智慧科技公司合作探索新藥	65
圖 8 全球在探索新藥領域的人工智慧公司，依照其技術平台的應用分類	80
圖 9 要從事探索新藥的人工智慧公司其所在的國家	81
圖 10 全球在探索新藥領域的人工智慧公司，依照其成立時間與應用分類	82
圖 11 目前探索新藥的人工智慧公司的規模-員工人數	83
圖 12 探索新藥的人工智慧公司的資金狀態-資金總額與募資階段	84
圖 13 Peter Karnøe 的科技發展策略理論：	107
圖 14 Michael Porter 的鑽石模型(Diamond Model).....	107
圖 15 人工智慧技術藥物探索公司的數量在三個領先國家隨時間的增長情況	110

表目錄

表 1 Pharm-IQ 調查報告結果	12
表 2 11 家人工智慧科技的新創公司的專利公開案資訊	90
表 3 人工智慧科技公司的專利類型分析	94

壹、緒論

1.1. 研究動機

新藥開發，從尋找分子靶點和臨床前測試到完成各個臨床試驗階段，通常是一個相當耗費時程與金錢的過程。根據美國藥品研究與製造商協會(Pharmaceutical Research and Manufacturers of America, PhRMA)的報告，一個新藥從在實驗室進行探索實驗一直到成功上市造福病患，平均需要 10-15 年的時間；研發過程失敗的風險也非常高，平均 5000-10000 個化合物，僅有一個成功通過試驗與主管機關審查，被許可上市成為新藥，整體的成功率約 0.01-0.02%（如圖 1 所示）¹。根據 Tufts Center for the Study of Drug Development 的研究報告，一個上市的新藥開發成本(包括失敗和資金成本)的稅前平均值約為 25.58 億美元；其中人體試驗前的藥物探索階段(drug discovery, 包括從尋找分子靶點和臨床前測試)的研發成本約佔 10.98 億美元²，而這個階段的成功機率約僅 0.1%，遠低於整個人體臨床試驗階段的成功機率~10%。因此如何利用最新發展的技術來縮短新藥開發的時程與成本，一直是各國藥廠高度重視的議題。

Drug Discovery and Development: A LONG, RISKY ROAD

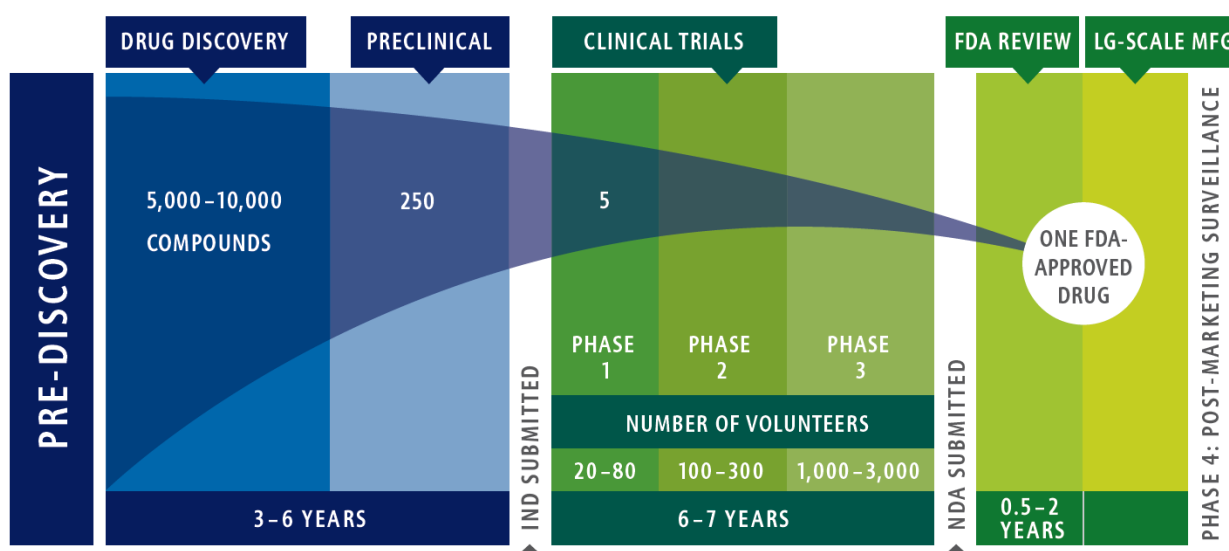


圖 1 新藥開發過程

¹ Pharmaceutical Research and Manufacturers of America (2014). Medicines in development for Parkinson's disease 2014 report, from <https://www.phrma.org/report/medicines-in-development-for-parkinson-s-disease-2014-report>

² DiMasi, J.A., Grabowski H.G., & Hansen R.W. (2016). Innovation in the pharmaceutical industry: new estimates of R&D costs. *J Health Economics*, 47: 20-33.

眾所周知的智慧企業技術(intelligent enterprise technologies, IET)- 例如物聯網(internet of things, IoT)、機器人過程自動化(robotic process automation)、和人臉識別軟體 - 已經開始大力改變許多行業的運作方式；結合其他智慧企業技術如人工智慧(artificial intelligence, AI)、機器學習(machine learning)和數據分析(data analysis)等，很可能會為製藥業帶來重大變革，改寫上述的藥物開發過程，縮短藥物開發各階段的時程與減少開發成本。從近年來發布的商業新聞，有跡象顯示有越來越多的國際藥廠開始將智慧企業技術導入藥物開發的階段。一篇由 Pharma-IQ 在 2017 年針對 83 位製藥業人員(64%為經理級以上主管)所做的調查報告指出以下重點³：

表 1 Pharm-IQ 調查報告結果

● 影響製藥業最大的 IET 前五名： 1. 預測分析(predictive analytics) 2. 智慧自動化(intelligent automation) 3. 人工智慧 4. 物聯網 5. 機器學習	● 這些 IET 為製藥業帶來的前五大好處 1. 減化流程 2. 節省時間 3. 保持競爭優勢 4. 商業現代化 5. 降低成本
● 藥物探索階段的哪一部分將受到這些 IET 影響最大： 1. 標靶和化合物識別 2. 通過機器學習管理基因組大數據 3. 解釋 DNA - 使用人工智慧來推動個人化藥物探索 4. 透過人工智慧與機器學習加快高通量篩選 5. 增強對不良反應和毒理學的預測 6. 使用人工智慧來整理藥物安全性數據 7. 替既有藥物分子找到新用途 8. 使用人工智慧增強計算機模擬	● 投資導這些 IET 最大的障礙： 1. 與現有基礎設施或舊有系統整合 2. 它能以多快的速度展示投資回報率 3. 缺乏對專注在哪個解決方案領域的理解 4. 說服利益關係人 5. 價格

在台灣，製藥業與生物技術產業對於人工智慧的應用才剛起步；有鑑於此，本組認為「人工智慧在藥物探索的應用」是一個值得深入探討的議題，希望藉由本研究的分析，能提高國內製藥業與生物技術產業對於這個趨勢的掌握。

³Pharma-IQ (2017). *AI 2020: the future of drug discovery*. Pharma-iq.com, from <https://www.pharma-iq.com/pre-clinical-discovery-and-development/whitepapers/the-future-of-drug-discovery-ai-2020> (last access on 2018/10/06)

1.2. 研究目的

本研究透過回顧人工智慧技術的發展與各國人工智慧的政策方向、探討人工智慧在生命科學領域的應用與人工智慧應用於藥物開發可能衍生的智慧財產權(詳見第貳章)，進一步分析當前全球藥廠與生技公司應用人工智慧於藥物開發的案例與相關專利布局的狀況(詳見第叁章與第肆章)，希望能歸納出策略重點並提出建議，協助台灣的生技產業能更有效地將人工智慧導入生技產業中，縮短台灣生物技術產業在應用人工智慧技術的學習曲線，以提升台灣生技產業在新藥研發上的競爭力。

1.3. 研究範圍與限制

由於本研究主要針對人工智慧技術於藥物探索的應用進行探討，然而藥物探索屬於整個冗長之藥物開發流程的最前端的一個階段，雖然目前人工智慧在醫療保健產業的應用已越來越廣泛，但人工智慧技術應用於藥物探索的發展，相較於在其他醫療領域應用的發展還處在正在起步的階段。根據網路資料的檢索，全球致力於藥物探索的人工智慧公司不超過一百家，經由本組篩選之後能夠切合本組研究主題的人工智慧公司大約有 70 家；德國這類型的人工智慧公司多數分佈在慕尼黑以外之地區，本組在國外培訓時，由於地緣及國外受訓時間的限制，無法順利訪談到德國這類型的人工智慧公司。雖然本組組員已盡力尋求合適的訪談對象，但能接受本組的國外訪談者卻很少，因此本研究分析的國外案例的資料，以引用論文、媒體報導或公司網站的資訊為主。

另一方面，由於人工智慧應用於藥物探索之發展並未成熟，因此不論是在關鍵技術、智慧財產權、藥物審查法規及整體產業之未來發展都充滿許多的不確定性，所以本組針對目前的發展進行探討，歸納出較為可能的發展趨勢；目前整個生技醫藥產業都高度重視並致力於推動這部分的發展，未來人工智慧應用於藥物探索之發展趨勢也會因產業及法規等環境的進步而有所改變。因此，建議讀者需注意本研究所提到之客觀環境的限制，在參考本研究提出之建議時，將產業及法規環境的改變納入考慮。

1.4. 研究方法

本研究之研究架構：第壹章先概述研究動機、研究目的與研究方法；第貳章回顧人工智慧的技術發展與各國人工智慧的政策方向、探討人工智慧在生命科學領域的應用與人工智慧應用於藥物開發可能衍生的智慧財產權；第叁章則進一步分析當前全球藥廠與生技公司應用人工智慧於藥物開發的案例與相關專利布局的狀況；第肆章是對 Insilico Medicine Taiwan 與生技開發中心（DCB）的訪談記錄整理；最後在第伍章，透過 Peter Karnøe 的科技發展策略理論與 Michael Porter 的鑽石模型(Diamond Model)，整合第貳～肆章所分析出之重要因素，進一步提出本研究的結論與建議(圖 2)。

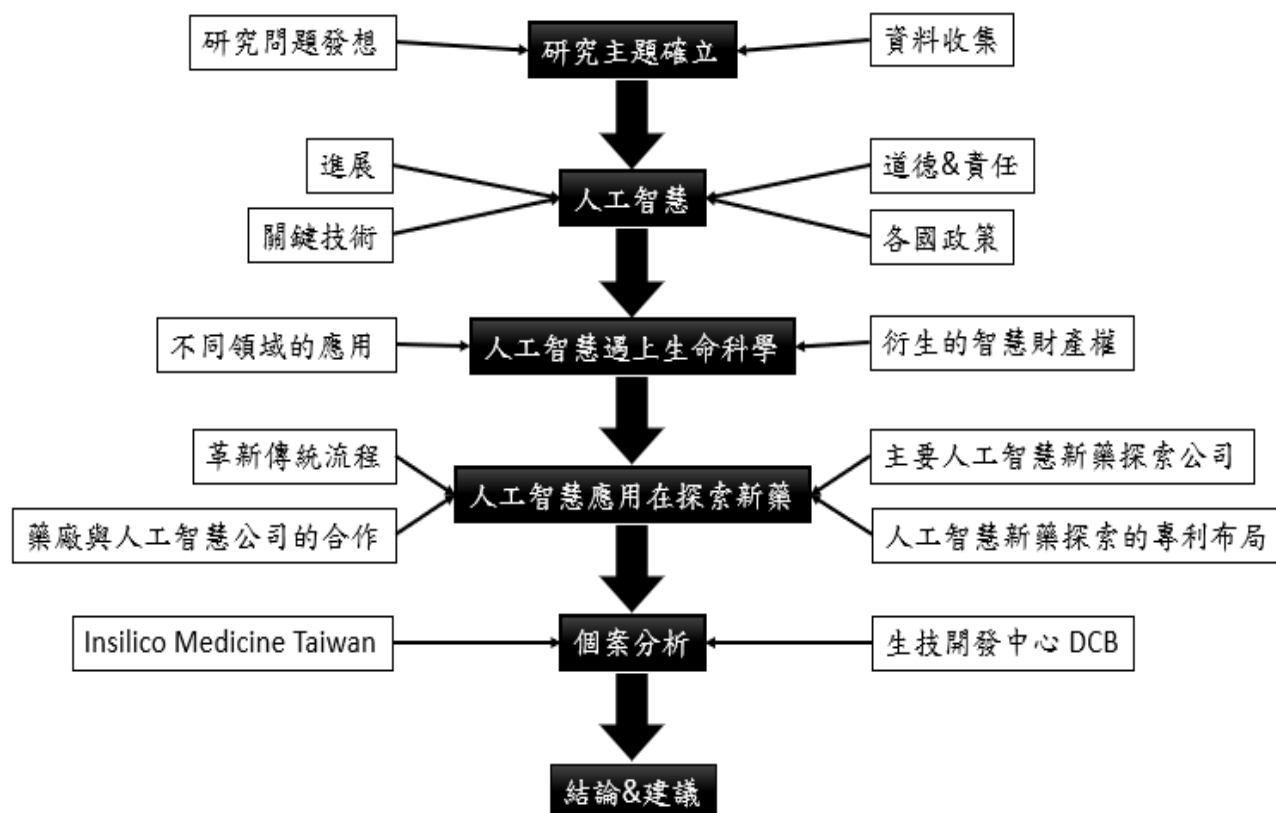


圖 2 本研究之研究架構

貳、文獻探討

2.1. 人工智慧發展與定義

Turing 於 1950 年提出一個判斷機器能否思考的想法，也是為後人所知的「圖靈測試」⁴，而「人工智慧」一詞是於 1956 年達茅斯會議上由 McCarthy 等人提出並進行討論⁵，也開啟人工智慧後續發展。50、60 年代，Samuel 實行了一個棋盤遊戲的實驗計畫，在沒有明確的程式編輯下，讓機器進行學習，透過學習讓機器也能提升棋藝⁶。Rosenblatt 提出感知器，被認為是第一個人工神經網路模型⁷。而人工智慧促進協會成立於 1979 年，是一個致力於人工智慧的研究與發展的非營利組織⁸。80 年代專家系統為發展主流，是模擬人類專家決策能力的系統，但也因維護費用昂貴、需頻繁的更新，而發展受限，90 年代機器學習開始蓬勃發展，可分為監督學習，非監督學習，強化學習等三種⁹。1997 年 IBM 的深藍在西洋棋比賽中，擊敗了人類世界冠軍，第一次贏了人類專家¹⁰。2012 年一場名為「ImageNet」圖像辨識競賽，冠軍隊採用深度學習技術，將辨識準確率由 2010 年的 72%，提升至 85%，被認為是人工智慧的重大突破；該比賽更於 2015 年由獲勝團隊創造了 96% 的準確率，首次超越了人類平均值 95%¹¹。2016 年五家科技巨擘：Facebook、Amazon、Google、IBM 和 Microsoft 共同組成人工智慧聯盟，進行人工智慧相關的研究與應用推廣¹²。

⁴Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236):433–460.

⁵McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, R. & Shannon, C.E. (1955). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence, from <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>.

⁶Samuel, A. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM J. of Research and Development*, 3(2), 210–229.

⁷Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6):386–408.

⁸AAAI, Association for the Advancement of Artificial Intelligence, founded in 1979, U.S., from <https://www.aaai.org/> (last access on 2018/10/06)

⁹Bejnordi, B. E. (2017). Histopathological diagnosis of breast cancer using machine learning. (Doctoral thesis, Radboud University, Nijmegen, the Netherlands), from http://babakint.com/files/PhD_thesis_Lres.pdf

¹⁰Harding, L. & Barden, L. (2011, December 27). From the archive, 12 May 1997: Deep Blue win a giant step for computerkind. *The Guardian*.com, from <https://www.theguardian.com/theguardian/2011/may/12/deep-blue-beats-kasparov-1997> (last access on 2018/10/06)

¹¹Economist (2016, June 25). From not working to neural networking, *Economist*.com, from <https://www.economist.com/special-report/2016/06/25/from-not-working-to-neural-networking> (last access on 2018/10/06)

¹²Mannes, J. (2016). Facebook, Amazon, Google, IBM and Microsoft come together to create the Partnership on AI. *TechCrunch*.com, from <https://techcrunch.com/2016/09/28/facebook-amazon-google-ibm-and-microsoft-come-together-to-create-historic-partnership-on-ai/> (last access on 2018/10/06)

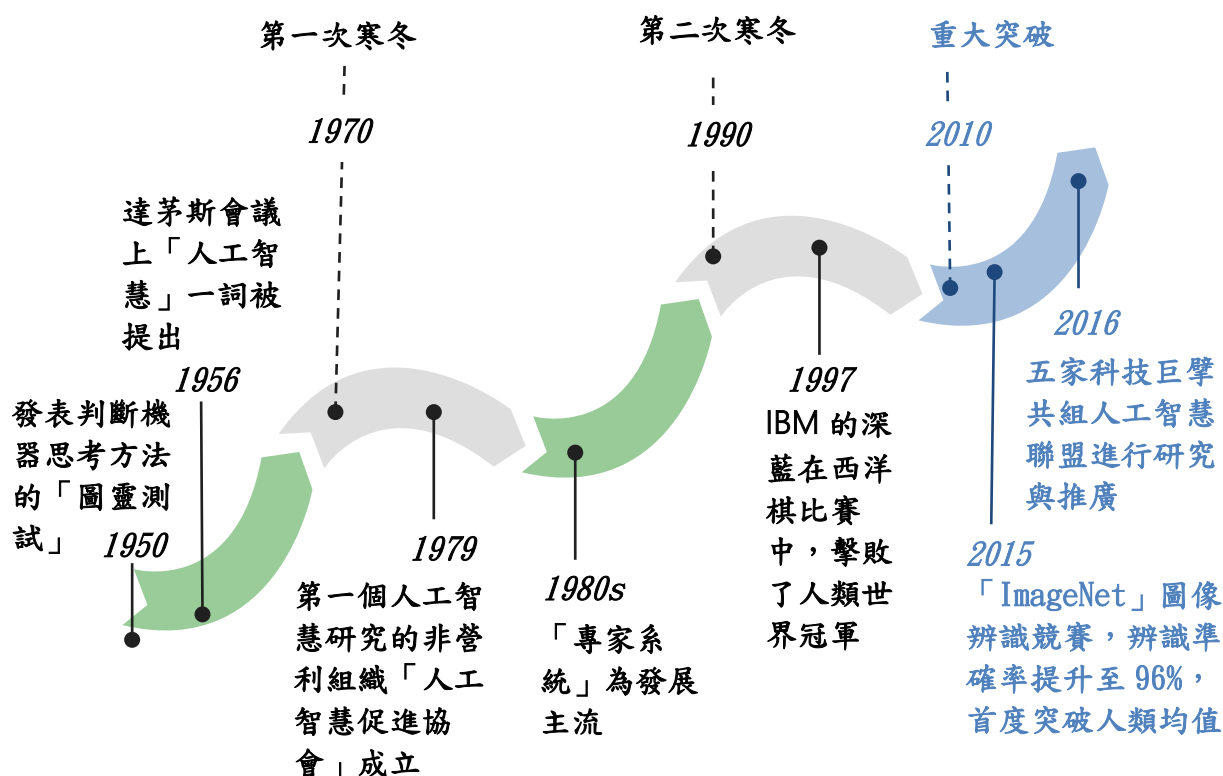


圖 3 人工智慧發展

針對人工智慧的定義，McCarthy 教授提及它是製造智慧機器的科學與工程，特別在智慧電腦程式上；也與利用電腦去了解人類智慧相似任務有關連，但不侷限於生物上可觀察到的方法¹³。日本學者提及所謂人工智慧是將生物的自然智慧實現於電腦上¹⁴。另外有以哲學的角度探討強人工智慧與弱人工智慧的詞彙產生，弱人工智慧指人工智慧像是有智慧的採取行動，表現得看起來像有智慧；而強人工智慧是認為人工智慧具思考能力，具備與人類或超越人類的智慧^{15、16}。

2.2. 人工智慧範疇

¹³Professor John McCarthy: what is AI?/ basic questions, Stanford University, from <http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/index.html> (last access on 2018/10/06)

¹⁴鄭佩嵐(譯)(2017)。從人到人工智慧，破解 AI 革命的 68 個核心概念 (11 頁) (原作者: 三宅陽一郎，森川幸人)。臉譜。(原著出版年: 2016)

¹⁵Oberndorfer, C. (2017). Research on new artificial intelligence based path planning algorithms with focus on autonomous driving. (Master Thesis, Department of Geoinformatics, University of Applied Sciences Munich, Germany), from file:///C:/Users/user/Downloads/master_oberndorfer.pdf

¹⁶同註 14。(212 頁)

隨著演進，人工智慧不斷被預測未來將會影響每個人，無論是工作上、會議中或生活中¹⁷，研究機構 Gartner 更將人工智慧列為 2018 十大科技趨勢重點方向¹⁸。應用的領域甚廣：包括製造、交通、醫療診斷、客戶服務、金融股票或交易市場、電子商務、數據分析、機器人技術等^{19、20}。應用的生活例子更是不勝枚舉：畫圖、為網站寫文章、讀懂人的肢體語言、利用食物照片推薦食譜、自動駕駛車、下棋對弈等²¹。我們也觀察幾個大廠的發展方向，以了解現行趨勢的走向與變化。

2.2.1. Google

Google 執行長 Pichai 於 2018 在部落格上發表了 Google 發展人工智慧的七個原則，分別是：

1. 對社會有益
2. 避免創造或增強不公平的偏見
3. 佈署安全措施下進行測試與開發
4. 對人類負責
5. 納入隱私權設計原則
6. 堅持科學卓越的高標準
7. 符合原則的適當用途等

¹⁷McKendrick, J. (2017, September 9). More artificial intelligence, fewer screens: the future of computing unfolds. ZDNet.com, from <https://www.zdnet.com/article/artificial-intelligence-the-new-user-interface-and-experience/> (last access on 2018/10/06)

¹⁸Cearley, W., Burke, B., Searle, S., Walker, M.J., (2017). *Top 10 strategic technology trends for 2018*. Gartner Inc., from <https://www.gartner.com/ngw/globalassets/en/information-technology/documents/top-10-strategic-technology-trends-for-2018.pdf> (last access on 2018/10/06)

¹⁹Tidke, S. (2018). A review of basics of artificial intelligence. *International Journal of Computer Engineering and Applications*, 7(2).

²⁰Oberndorfer, C. (2017). Research on new artificial intelligence based path planning algorithms with focus on autonomous driving. (Master Thesis, Department of Geoinformatics, University of Applied Sciences Munich, Germany), from file:///C:/Users/user/Downloads/master_oberndorfer.pdf

²¹同註 20。

並強調不會用在以下地方²²：

1. 會導致全面性傷害的科技應用
2. 戰爭用武器
3. 違法蒐集、使用或監控個人資料的科技應用
4. 違反國際法律與人權原則的科技應用等。

對於發展總是快於法律規範制定的科技發展，發展廠商本身願意自行規律並公開是一件令一般社會民眾可以感到更安心的事情。2017 年，Google 即把 AI First 取代原本的 Mobile First 作為企業願景，接下來將以實現人工智慧大眾化為目標，並有四個發展重點：運算、演算法、數據與人才，同時 Google 有三大團隊正在此領域投入，分別是：AlphaGo 的開發團隊 Deep Mind、機器學習團隊 Google Brain、Google 雲端人工智慧暨機器學習團隊，相信後勢可期^{23、24}。

2.2.2. Microsoft

微軟於 2016 年籌組了一支 5000 人的研究與工程團隊，專注於人工智慧產品的發展上，並於 2017 年的財報中，將「人工智慧」放入公司願景²⁵，顯示微軟將更重視人工智慧領域並投入更多資源。微軟的 CEO Nadella 也提出了有關人工智慧的 10 個原則²⁶：

1. 人工智慧應被建立起來，以協助並保護人類自治
2. 人工智慧的發展需具透明度
3. 人工智慧需在不破壞人類尊嚴下提高效率

²²Pichai, S. (2018, June 7). AI at Google: our principles, Blog.google, from <https://blog.google/topics/ai/ai-principles/> (last access on 2018/10/06)

²³何佩珊 (2017 年 3 月 31 日)，雲端與人工智慧合體，Google 成長魔術秀上場，數位時代，來源：<https://www.bnext.com.tw/article/43847/google-combinates-cloud-and-ai> (最後查閱日期：2018 年 10 月 06 日)

²⁴楊安琪 (2018 年 3 月 30 日)，力推「人工智慧大眾化」，Google Cloud AI 聚焦四大重點發展，科技新報，來源：<http://technews.tw/2018/03/30/google-cloud-wants-to-democratize-ai-with-four-core-components/> (最後查閱日期：2018 年 10 月 06 日)

²⁵Levy, N. (2017, August 2). Microsoft's new corporate vision: artificial intelligence is in and mobile is out. Geekwire.com, from <https://www.geekwire.com/2017/microsofts-new-corporate-vision-artificial-intelligence-mobile/> (last access on 2018/10/06)

²⁶Chowdhury, P. (2017, May 5). Microsoft CEO Satya Nadella rolls out 10 rules that will define artificial intelligence. Analyticsindiamag.com, from <https://www.analyticsindiamag.com/microsoft-ceo-satya-nadella-rolls-10-rules-will-define-artificial-intelligence/> (last access on 2018/10/06)

- 4.人工智慧的發展需兼顧個人隱私
- 5.人工智慧的發展需重視演算法的當責性
- 6.人工智慧需防止偏見的產生
- 7.滿足同理心需求
- 8.滿足教育需求
- 9.滿足創造力需求
- 10.需重視判斷與當責。

2.2.3. Amazon

Amazon 與 Google、微軟等雲端大廠皆在雲端服務提出人工智慧服務，又稱機器學習即服務(MLaaS)²⁷。Amazon 於 2016 年推出三項雲端人工智慧服務：Amazon Rekognition/ Amazon Polly/ Amazon Lex，分別屬於影像辨識、文字轉語音、語音對話服務²⁸。人工智慧技術是 Amazon 的重點發展項目之一，除了投入不少人力資源，內部也要求各單位思考人工智慧技術如何與旗下各產品結合發展²⁹。

2.2.4. Facebook

臉書於 2013 年成立人工智慧實驗室與團隊，並招募人工智慧專家擔任主管要職，該實驗室以臉書平台為主軸，將許多研發如圖片、文字、影片中對話等辨識功能應用至平台上³⁰。在 2018 年的 F8 大會上，臉書也說明人工智慧在 AR/VR 應用的進展，臉書利用

²⁷Freund, K. (2018, January 17). Google, Microsoft, and Amazon place bets on AI in the enterprise. Forbes.com, from <https://www.forbes.com/sites/moorinsights/2018/01/17/google-microsoft-and-amazon-place-bets-on-ai-in-the-enterprise/#4f16dcfb4d78> (last access on 2018/10/07)

²⁸吳其勳 (2016 年 12 月 1 日)，Amazon 進軍 AI 主戰場，雲端三強力爭 AI 大餅，數位時代，來源：<https://www.ithome.com.tw/news/109968> (最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日)

²⁹Levy, S. (2018, February 1). Inside Amazon's artificial intelligence flywheel. Wired.com, from <https://www.wired.com/story/amazon-artificial-intelligence-flywheel/> (last access on 2018/10/07)

³⁰Linli (2018 年 2 月 23 日)。Facebook 將人工智慧技術用於自殺預防，科技新報，來源：<https://technews.tw/2018/02/23/facebook-is-using-a-i-to-help-predict-when-users-may-be-suicidal/> (最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日)

圖像識別的技術來提升 AR/VR 體驗，讓其更擬真、更接近現實³¹。臉書在收購上也有作為，於 2017 年收購了人工智慧新創公司 Ozlo，以加強自然語言處理的發展，並將應用至旗下產品 Messenger 中³²；臉書另外也收購了英國的人工智慧新創公司 Bloomsbury AI，為解決臉書平台上充斥著假新聞與其他內容的問題³³。

2.2.5. Intel

Intel 除既有技術如晶片、無線通訊技術等發展外，從我們此趟拜訪德國 Intel 公司與其在 2018 年消費電子展(CES)的發表，可看出包含：自駕車、虛擬實境、無人機、以及人工智慧等技術皆在其發展重點中³⁴。近期發表的人工智慧產品則有：開源的深度神經網絡編輯器 nGraph，以及專為機器學習設計的神經網路處理器晶片 Nervana NNP 等³⁵。

2.2.6. IBM

IBM 於 2017 年與 MIT 共同成立 IBM Watson 人工智慧實驗室，將計畫於 10 年內投入 2.4 億美元進行人工智慧研究³⁶。Watson 一直是 IBM 人工智慧發展中重要的產品，Watson 在醫療保健領域上也已耕耘許久，可分為以下幾個部分：健康照護、藥物探索、癌症治療、臨床試驗等。在健康照護方面，IBM Watson Care Manager 可協助醫療團隊為病人制定個人化的照護計畫，與推薦最佳的照護方法；在藥物探索方面，IBM Watson for Drug Discovery 可協助縮短藥物探索所需冗長的時間；在癌症治療方面，IBM Watson for

³¹FB Newsroom (2018, May 2). F8 2018: open AI frameworks, new AR/VR advancements, and other highlights from Day 2. Newsroom.fb.com, from <https://newsroom.fb.com/news/2018/05/f8-2018-day-2/> (last access on 2018/10/07)

³²Mannes, J. (2017). Facebook buys ozlo to boost its conversational AI efforts. Techcrunch.com, from <https://techcrunch.com/2017/07/31/facebook-buys-ozlo-to-boost-its-conversational-ai-efforts/> (last access on 2018/10/07)

³³Ha, A. (2018). Facebook confirms that it's acquiring Bloomsbury AI. Techcrunch.com, from <https://techcrunch.com/2018/07/03/facebook-confirms-bloomsbury-ai-acquisition/> (last access on 2018/10/07)

³⁴Intel News (2018, January 8). Intel partners with BMW, Nissan, SAIC Motor, Volkswagen, Paramount Pictures, Ferrari North America to showcase power of data at CES. Intel.com, from <https://newsroom.intel.com/news-releases/2018-ces-intel-showcases-power-data/> (last access on 2018/10/07)

³⁵Huang, H. (2018 年 5 月 28 日). 運算沒有通用解！Intel 面向人工智慧市場的三箭策略，數位時代，來源：<https://www.bnext.com.tw/article/49284/in-ai-market-there-is-no-one-size-fit-all-3-intel-ai-strategies-intel-aidc-2018>（最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日）

³⁶Darrow, B. (2017, September 7). IBM ponies up \$240 million for Watson artificial intelligence lab at MIT. Fortune.com, from <http://fortune.com/2017/09/07/mit-ibm-watson/> (last access on 2018/10/07)

Oncology 可協助快速蒐集分析資料，並推薦醫生有關癌症病人的治療方法，讓醫生可投入更多時間專注在實際病人治療上；在臨床試驗方面，IBM Watson's Clinical Trial Matching 可協助比對病人與臨床實驗資料，縮短臨床試驗縮需的時間³⁷。

2.3. 人工智慧關鍵技術

人工智慧發展中所涉及的技術領域可分為幾類：專家系統、遺傳演算法、人工神經網路、機器學習、深度學習、自然語言處理等³⁸³⁹；其中，專家系統、遺傳演算法與人工神經網路是人工智慧的三大技術發展方向⁴⁰。以下我們分別針對幾種關鍵技術進行說明。



圖 4 人工智慧關鍵技術

2.3.1. 專家系統(Expert system)

專家系統是由程式組成，設計出來解決一般需要人類專家才能解決的專業領域問題。許多年前專家系統已有在發展，但因遇到技術發展瓶頸，無法達到商用的期待，沉寂了一段時間，近期又因人工智慧技術(如：機器學習、深度學習、自然語言處理等)演進，讓專家系統逐漸有商用價值。專家系統的細部組成可區分為：知識庫、推理引擎、用戶介面，知識庫儲存專家知識，推理引擎由規則與邏輯組成，目前是提出建議，用戶介面是由轉硬體組成，主要將機器語言轉換為人類可識別的結果。商用成果如 IBM 的 Watson 用

³⁷Speights, K. (2018, January 12). 4 ways IBM Watson's artificial intelligence is changing healthcare. Fool.com, from <https://www.fool.com/investing/2018/01/12/4-ways-ibm-watsons-artificial-intelligence-is-chan.aspx> (last access on 2018/10/07)

³⁸同註 19。

³⁹黃曉斌，吳高 (2017)，人工智能時代圖書館的發展機遇與變革趨勢。《圖書與情報》，6，19-29。

⁴⁰同註 14。(60 頁)

於癌症診斷，好處是快速與大量的影像比對、診斷結果與治療建議，讓醫生可省去大量過程處理時間⁴¹。

2.3.2. 遺傳演算法(Genetic algorithm)

遺傳演算法是基於自然演化與遺傳學的概念發展而來的搜尋演算法，透過遺傳演算法的使用，任何問題的解決方案將會面臨不斷地重組與突變，以演化出下一代解決方案，每個解決方案將被賦予適應值，適應值越佳的解決方案將更有機會進行演化下一代的解決方案，以找到最佳解，此舉符合達爾文適者生存的理论。遺傳演算法的特點則有：隨機操作的、具有並行能力、與傳統的搜尋方法相比更快更有效、無需衍生資訊等⁴²。

2.3.3. 人工神經網路(Artificial neural network)

人工神經網路是目前機器學習中使用的主要工具之一。人工神經網路是仿生物神經網路所建的模型，能夠平行地處理輸入與輸出之間的非線性關係。人工神經網路的特徵是神經元之間路徑的權重值與神經元的激勵值，模型中包含輸入層，隱藏層和輸出層，每一層可能包含多個神經元，資料被輸入後，輸入神經元被激發，透過激勵函數與加權計算後，繼續傳遞給其他神經元，不斷重複至輸出神經元，得到最後結果⁴³。

2.3.4. 機器學習(Machine learning)

Copeland 在區別人工智慧與機器學習差異的文章提及：「機器學習是達成人工智慧的方法」，並解釋機器學習的用法：「是通過演算法來分析數據、從中學習，以及判斷或預測現實世界裡的某些事，並非手動編寫帶有特定指令的軟體程序來完成某個特殊任務，

⁴¹Azati Software (2018, May 11). Difference between artificial intelligence and expert system in 2018. Azati.com, from <https://azati.com/the-return-of-expert-systems/> (last access on 2018/10/07)

⁴²MindMajix (2017). Genetic algorithm in artificial intelligence. Mindmajix.com, from <https://mindmajix.com/generic-algorithm-in-artificial-intelligence> (last access on 2018/10/07)

⁴³Castrounis, A. (2016). Artificial intelligence, deep learning, and neural networks explained. Innoarchitech.com, from https://www.innoarchitech.com/artificial-intelligence-deep-learning-neural-networks-explained/?utm_source=kdnuggets&utm_medium=post&utm_content=postlink&utm_campaign=republish (last access on 2018/10/07)

而是使用大量的數據和演算法來訓練機器，讓它學習如何執行任務⁴⁴。」機器學習可分：監督式學習(Supervised learning)、非監督式學習(Unsupervised learning)、半監督式學習(Semi-supervised learning)、及增強學習(Reinforcement learning)等不同類別。

- 監督式學習：會用基於已知或標記的資料來訓練機器，如分類與迴歸演算法，包含：隨機森林、決策樹、及支援向量機等演算法⁴⁵。
- 非監督式學習：會用未知或無標記的資料來訓練機器，如聚類演算法，包含：K-means 等演算法⁴⁶。
- 半監督式學習：結合監督式學習與非監督式學習的學習方法，同時使用標記與未標記資料進行訓練⁴⁷。
- 增強學習：透過獎勵機制，又稱強化訊號的反饋，讓機器進行調整與學習，以達最佳化⁴⁸。

另 Pedro Domingos 學者提出機器學習的五大學派，不同學派用不同的角度促使著機器學習領域不斷成長進步中^{49、50}：

- 符號主義 (Symbolists)，源自於邏輯和哲學
- 聯結主義 (Connectionists)，神經科學的分支
- 進化主義 (Evolutionaries)，與進化生物學相關
- 貝葉斯派 (Bayesians)，採用統計學和概率方法
- 類比主義 (Analogizers)，源自於心理學

⁴⁴Copeland, M. (2016 年 7 月 29 日)，人工智慧、機器學習與深度學習間有什麼區別？，Blogs.nvidia.com，來源：<https://blogs.nvidia.com.tw/2016/07/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>（最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日）

⁴⁵Woodie, A. (2017, May 10). Machine learning, deep Learning, and AI: what's the difference?. Datanami.com, from <https://www.datanami.com/2017/05/10/machine-learning-deep-learning-ai-whats-difference/> (last access on 2018/10/07)

⁴⁶同註 45。

⁴⁷Castle, N. (2018, February 8). What is semi-supervised learning?. Datascience.com, from <https://www.datascience.com/blog/what-is-semi-supervised-learning> (last access on 2018/10/07)

⁴⁸Champanand, A. (2001). Reinforcement learning, artificial intelligence depot. Reinforcement Learning Warehouse, from <http://reinforcementlearning.ai-depot.com/> (last access on 2018/10/07)

⁴⁹Kevinbinz (2017, August 13). Five tribes of machine learning. Kevinbinz.com, from <https://kevinbinz.com/2017/08/13/ml-five-tribes/> (last access on 2018/10/07)

⁵⁰AWS (2018)，什麼是人工智慧？機器學習與深度學習，Aws.amazon.com，來源：<https://aws.amazon.com/tw/machine-learning/what-is-ai/>（最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日）

2.3.5. 深度學習(Deep learning)

Copeland 在區別深度學與機器學習差異的文章提及：「深度學習是執行機器學習的技術」⁵¹。深度學習是藉由多重非線性變換關係，構成多階層的處理，對於資料的表徵進行學習是其重點。其中深度學習常見的是透過人工神經網路的方式運用，如卷積神經網路(Convolutional Neural Networks)、循環神經網路(Recurrent Neural Networks)等^{52、53}。

卷積神經網路特色在於卷積層、池化層、線性整流層與全連結層的作用，卷積層概念為透過數學運算來學習特徵值，輸出的特徵值再提供給下一層使用。池化層概念為縮小範圍、減少維度並保留重要特徵，好處是降低後續層所需參數，與提高系統處理效率。線性整流層為非線性的激活函數，好處是可提升神經網路的訓練速度，將前面作用後的結果連結到神經網路中，做最後結果的輸出⁵⁴。卷積神經網路常用於影像辨識、自然語言處理等。

循環神經網路與一般的神經網路的差異在於，循環神經網路的輸入或輸出是相關的，像是有記憶的神經網路，此次的輸出會參考先前的計算值，但循環神經網路會遇到多層產生的梯度消失問題(Vanishing gradient problem)，導致學習的效率不佳，這個問題可以透過長短期記憶(Long short-term memory)與門控循環單元(Gated recurrent unit)來解決。兩者皆是循環神經網路改進版的一種，長短期記憶可以移除與新增訊息到細胞裡，同時被三種門監管著，分別為輸入門，遺忘門，與輸出門，以過濾掉誤差值；另一個門控循環單元也像長短期記憶那樣控制訊息流，但不必使用儲存單元，並使用了更新門與重置門，相對於長短期記憶的模型更簡單些，兩者的差異在，長短期記憶對於大量的資料集處理

⁵¹同註 44。

⁵²周秉誼(2016 年 9 月 20 日)，淺談 Deep Learning 原理及應用，國立台灣大學計算機及資訊網路中心電子報，來源：http://www.cc.ntu.edu.tw/chinese/epaper/0038/20160920_3805.html（最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日）

⁵³同註 45。

⁵⁴Prabhu (2018). Understanding of convolutional neural network (CNN) - deep learning. Medium.com, from <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148> (last access on 2018/10/07)

更好些，門控循環單元對小量的資料集處理更好些⁵⁵。循環神經網路可應用於序列到序列的翻譯，如語音轉換為文字或其他語言等。

生成對抗網路(Generative adversarial network)是由兩個網路組成的深度神經網路結構，兩個網路分別為生成網路與識別網路，一個負責產生訓練資料，一個負責進行資料判別並給予回饋，透過彼此競爭來進行調整與學習⁵⁶。生成對抗網路的好處在於可以減少訓練所需的資料量，但生成對抗網路還有尚待突破的地方就是還無法產生出複雜的資料⁵⁷。

2.3.6. 自然語言處理(Natural language processing)

自然語言處理是透過電腦分析與理解人類語言的一種處理方式，通常基於機器學習演算，來自動學習語意規則。用途有：關鍵字標籤、聊天機器人、文字情感分析等⁵⁸。自然語言處理發展的趨勢則有：重新重視語言結構、透過型態規則以解決一詞多義的議題、解釋方法、注意力機制等⁵⁹。

⁵⁵Acadgild (2018, April 27). Introduction to recurrent Neural Network. Acadgild.com, from <https://acadgild.com/blog/introduction-recurrent-neural-network> (last access on 2018/10/07)

⁵⁶DL4J (2017). A beginner's guide to generative adversarial networks (GANs). Deeplearning4j.org, from <https://deeplearning4j.org/generative-adversarial-network#gan-a-beginners-guide-to-generative-adversarial-networks> (last access on 2018/10/07)

⁵⁷Beckett, J. (2017 年 5 月 17 日)，何謂生成對抗網路？聽聽頂尖研究員怎麼說，Blog.nvidia.com，來源：<https://blogs.nvidia.com.tw/2017/05/generative-adversarial-network/>（最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日）

⁵⁸Algorithmia (2016, August 11). Introduction to natural language processing (NLP). Algorithmia.com, from <https://blog.algorithmia.com/introduction-natural-language-processing-nlp/> (last access on 2018/10/07)

⁵⁹Huang, Y. (2017 年 9 月 26 日)，從 ACL 2017 看到四個在自然語言處理(NLP)的趨勢，Medium.com，來源：<https://medium.com/@cyeninesky3/%E5%BE%9Eacl-2017-%E7%9C%8B%E5%88%B0%E5%9B%9B%E5%80%8B%E5%9C%A8%E8%87%AA%E7%84%B6%E8%AA%9E%E8%A8%80%E8%99%95%E7%90%86-nlp-%E7%9A%84%E8%B6%A8%E5%8B%A2-3163c6a91c50>（最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日）

2.4. 人工智慧的道德與責任

人工智慧同樣會帶來資料隱私的問題，企業在使用人工智慧的技術提升顧客服務的同時，必須更加重視消費者保護的議題，政府也需加強相關法規的制定與落實⁶⁰。世界經濟論壇的網站上也有一篇有關人工智慧道德議題的文章，列出了九個議題⁶¹：

1. 人工智慧取代勞動力帶來勞工失業問題
2. 掌握人工智慧的公司減少對人力資源的依賴，是否帶來更大的貧富差距問題
3. 機器越來越能影響人類的行為與互動的人性問題
4. 人為的錯誤影響人工智慧的發展
5. 人工智慧的判斷偏誤問題
6. 惡意使用的安全問題
7. 具有邪惡意識的人工智慧
8. 當人工智慧發展突破人類智慧的奇點(Singularity)⁶²發生時⁶³
9. 機器人本身的權利問題

Bostrom 與 Yudkowsky 兩位學者也針對人工智慧的道德問題發表一篇文章，內文提及當人工智慧逐漸取代人類進行某些事物的判斷，又當這些判斷發生錯誤(如：歧視疑慮、醫療糾紛等)，最後責任該由誰承擔?⁶⁴

⁶⁰Dixneuf, P. (2018). Artificial intelligence and insurance. Annales.org, from http://www.annales.org/edit/enjeux-numeriques/DG/2018/DG-2018-01/Enj18a7_Dixneuf.pdf (last access on 2018/10/07)

⁶¹Bossmann, J. (2016, October 21). Top 9 ethical issues in artificial intelligence. Weforum.org, from <https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-10-ethical-issues-in-artificial-intelligence/> (last access on 2018/10/07)

⁶² 奇點：技術奇異點或稱科技奇異點，英文原文為 Technological Singularity。是人工智慧將能創造出比自己能力更強的超人工智慧(Artificial Superintelligence)進而將突然引發失控性的技術成長，導致人類文明產生不可思議之變化的假設時刻。

⁶³ 譚燃 (2017 年 3 月 21 日)，谷歌：2029 年，計算機將擁有與人類相當的智能水平，騰訊科技，來源：<http://tech.qq.com/a/20170321/011432.htm> (最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日)

⁶⁴ Bostrom, N. & Yudkowsky, E. (2011). The ethics of artificial intelligence. Cambridge University Press, from <https://nickbostrom.com/ethics/artificial-intelligence.pdf>

2.5. 各國政府對人工智慧的政策方向

2.5.1. 歐盟對人工智慧的政策

2018 年 4 月 25 日，歐盟委員會提出了一系列措施，促進歐洲的人工智慧服務，並提升歐洲在這一領域的競爭力。歐盟將採取三管齊下的辦法，增加對人工智慧的投資，為社會經濟變化做準備，並制定適當的道德和法律框架。歐盟單一數位市場副總裁 Andrus Ansip 說：「就像過去的蒸汽機和電力一樣，人工智慧正在改變我們的世界，人工智慧是歐盟應該共同面對新挑戰，使得之能夠成功應用到所有人生活中。到 2020 年底，我們需要投入至少 200 億歐元。委員會正在為此努力：他們正在幫助研究人員，使他們能夠開發下一代的人工智慧技術和應用，而使被企業採納。」

總體而言，從 2016 年的數據來看歐洲在人工智慧方面的私人投資是落後的，總額約為 24-32 億歐元，而亞洲為 65-97 億歐元，北美為 121-186 億歐元⁶⁵。歐洲在人工智慧領域擁有世界一流的研究人員、實驗室和新創公司。歐盟在機器人科學方面的技術方面很先進，也擁有世界領先的交通、醫療和制造產業，這些領域需要採用人工智慧來保持競爭力。然而，激烈的國際競爭需要歐盟採取一些協調行動，才能走在人工智慧發展的最前端，包括：

1. 增加財政支持並鼓勵公共和私營部門採用人工智慧

從現在到 2020 年底，歐盟（公共和私營部門）增加對人工智慧研究和創新的投資額至少應為 200 億歐元。為支持這項計劃，歐盟委員會在 2018 到 2020 期間將投資額增加到 15 億歐元用於「展望 2020（Horizon 2020）」研究和創新計劃。預計這項投資將從現有的公私合作夥伴中獲得額外的 25 億歐元資金，例如大數據和機器人。它將支持從交通運輸到公民健康等關鍵領域的人工智慧發展；它將連接和加強整個歐洲的人工智慧研究中

⁶⁵European Commission (2018, April 25). Communication from the commission to the European parliament, the European council, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions – artificial intelligence for Europe. European Commission, from <https://digitalenlightenment.org/system/files/communicationartificialintelligence.pdf> (last access on 2018/10/07)

心，並鼓勵測試和實驗。歐盟還將支持開發一個提供人工智慧技術的平台（AI-on-demand platform），為所有用戶提供歐盟相關的人工智慧資源。

此外，歐洲戰略投資基金（European Fund for Strategic Investments）將為企業和新創公司投資人工智慧提供額外的支持。歐洲戰略投資基金的目標是，到 2020 年時已在一系列關鍵領域投資 5 億多美元。委員會也將繼續創造一個激勵投資的環境。由於數據是人工智慧技術的根本，委員會正在提議立法開放更多數據以供重覆使用，並採取措施使數據共享更加容易，這包括來自公共設施和環境的數據以及研究和健康的數據。

2. 為人工智慧所帶來的社會經濟變化做準備

隨著人工智慧時代的到來，許多工作崗位將被創造出來，但也有一些工作將會消失，其餘大部分工作將會有所轉變。正因為如此，歐盟委員會鼓勵成員國更新教育和培訓體系，支持勞動力市場轉型。委員會將支持商業教育，以吸引和留住更多歐洲人工智慧人才，也將在歐洲社會基金會的財政支持下建立專門的培訓計劃，以支持數位技能、科學、技術、工程和數學能力（STEM）、企業家精神和創造力。歐盟下一個多年度（2021-2027）財務預算的提案將加強對先進數位技能的培訓，其中即包括人工智慧專業知識的培養。

3. 確保適當的道德和法律框架

與任何變革性技術一樣，人工智慧可能引發新的道德和法律問題，例如當責及帶有偏見的決策。新技術不一定意味著新價值。歐盟委員會將根據歐盟基本權利憲章，在 2018 年底之前提出關於人工智慧發展的道德準則，納入考慮數據保護和透明度等原則，建立歐洲科學和新技術倫理小組。為了幫助制定這些指導方針，委員會將召集歐洲人工智慧聯盟的所有利益相關方。到 2019 年年中，歐盟委員會還將根據技術發展情況對「產品責任指令」的解釋發布指導意見，確保消費者和生產者在產品有缺陷的情況下的法律規範。對此，委員會在 2018 年 4 月 25 日也同步發出工作報告初步意見⁶⁶。

⁶⁶European Commission (2018, April 25). Commission staff working document – liability for emerging digital technologies. European Commission, from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-commission-staff-working-document-liability-emerging-digital-technologies> (last access on 2018/10/07)

歐洲新施行的通用數據保護法規（GDPR）確保了高標準的個人數據保護。GDPR 也針對機器單獨進行自動化處理(automated processing)而產出決策作出規定，例如單純基於人工智慧的判斷對每個人剖析建檔給予各方面評價 (Profiling)。在這種情況下，數據擁有者應有權獲知機器是用什麼邏輯或規則作出決策。除了少數例外情況，GDPR 還賦予個人權利不受自動決策的結果影響，例如讓機器自動拒絕線上信用額度申請，或拒絕個人的電子應徵工作⁶⁷。這個將個人剖析建檔而評價每個人的行為，有可能造成對該個人的社會經濟評價，最終可能導致一些法律效果，因此有必要以法令規範，避免機器取代人力做出不正義的決策。

4. 下一步

歐盟的 24 個成員國和挪威在 2018 年 4 月 10 日簽署合作宣言之後，歐盟將開始與成員國合作，在年底前制定一項人工智慧協調計劃。主要目標是最大限度地發揮歐盟和國家層面的投資影響力，鼓勵歐盟各成員國的合作，交流最佳實踐方法，並共同確定前進方向，保持歐盟在這一領域的全球競爭力。歐盟還將繼續投資於人工智慧的關鍵技術，包括開發更高效的電子零件和系統（例如專門用於人工智慧的晶片），以及在量子技術和人類大腦功能定位(Human Brain Mapping)方面的重要項目⁶⁸。

歐洲各國也有針對人工智慧提出各自的政策。

例如法國提出自己的人工智慧意向，宣布會增加投資以及制定法規⁶⁹；法國政府預計投入 15 億歐元至人工智慧發展計畫，目的是讓法國成為人工智慧的研究、培訓及產業發展的全球領導者。計畫包含：將相關研究機構串連起來，加強人工智慧領域的生態圈形成，以吸引更多國際人才進來；制定數據開放政策，以加速各行業的人工智慧發展；建

⁶⁷ European Commission (2018, April 25). A European approach on artificial intelligence. European Commission, from http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-3363_en.htm (last access on 2018/10/07)

⁶⁸ European Commission (2018, April 25). Artificial intelligence: Commission outlines a European approach to boost investment and set ethical guidelines, European Commission, from http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3362_en.htm (last access on 2018/10/07)

⁶⁹ Rabesandratana, T. (2018, May 30). Emmanuel Macron wants France to become a leader in AI and avoid 'dystopia'. Science.sciencemag.org, from <http://www.sciencemag.org/news/2018/03/emmanuel-macron-wants-france-become-leader-ai-and-avoid-dystopia> (last access on 2018/10/07)

立健全的監管與財務框架，用以支持國內人工智慧相關發展；發展道德規範，確保人工智慧發展與應用將符合大眾期待⁷⁰。

英國政府於 2018 年發布人工智慧發展策略，範圍包含：公共與私人的研發、投資教育、基礎建設、訓練專才以及倫理等等。英國上議院也提出報告⁷¹督促政府制定政策幫助該國成為世界人工智慧領導者之一。其中，英國的報告針對健保數據有以下見解：英國國家健保署（NHS）所保存的數據可被視為國家獨特的價值來源。這些數據不應該被輕易地分享，而如果要分享，它的價值應該要被回收(recouped)。該報告也擔心 NHS Trusts 目前採取的零碎的方法，亦即由人工智慧開發者和醫院之間交易，因為這可能會導致數據價值的低估，該報告建議應該有一個共享 NHS 數據的框架。該框架應明確規定以匿名形式共享患者數據時需要考慮的事項，這樣做時需要採取的配套措施，以及該數據的價值和使用方式。它還必須考慮到確保 SME (small to medium-sized enterprises (SMEs))存取 NHS 數據的必要性，並確保讓患者了解當他們的數據被使用時，應有一個能選擇退出的選項⁷²。

針對隱私權，英國的報告也指出在這個階段，一部特別針對人工智慧的法令規定 (Blanket AI-specific regulation)是不合適的。該報告認為現存於各部門的監管機構最適合考慮可能所需的後續監管或人工智慧對其部門的影響。數據保護法案(Data Protection Bill)和 GDPR 似乎可以解決處理個人數據方面的許多擔憂，這是人工智慧發展的關鍵。政府相關部門必須確保現有監管機構的專業知識足以發現未來可能需要的法規⁷³。

德國在 2018 年發布一份文件，概述其發展目標，主要期望擴大在德國與歐洲的人工智慧的研究投入，並將研究成果能商轉至企業應用，作法如建立新的研發中心與法國進

⁷⁰ Dutton, T. (2018, June 29). An overview of national AI strategies. Medium.com, from <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd>(last access on 2018/10/07)

⁷¹Parliament UK (2018, April 16). UK can lead the way on ethical AI, says Lords Committee. Parliament.uk, from <https://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/lords-select/ai-committee/news-parliament-2017/ai-report-published/> (last access on 2018/8/4)

⁷² Select Committee on Artificial Intelligence (2018). AI in the UK: ready, willing and able? the Authority of the House of Lords (Apr. 16, 2018), Chapter 7, 87-94

⁷³同註 72，Paragraph 386。

行研發合作，籌措資金並支持中小與新創在進行相關的發展，吸引國際人才，政府服務加入人工智慧應用，開放更多數據應用，加強道德規範等措施⁷⁴。

這些政策公告主要基於歐洲必須在人工智慧方面趕上美國和中國的想法。在英國牛津大學研究人工智慧治理並監測不同國家的人工智慧潛力的學者 Jeffrey Ding 觀察到除了數據外，中國在各方面都落後於美國⁷⁵。他認為，歐洲在人工智慧方面的研究有優勢，但人工智慧行業相對較弱，部分原因是因為美國和中國人工智慧創業公司的風險投資資金遠遠超過了歐洲。

紐約聯合國大學的倫理研究員 Eleonore Pauwels 說，美國和中國都在實行「無需事前許可的創新（permissionless innovation）：可以隨時隨地打破成規，看產業能走得多遠。」相較之下，歐洲人比較審慎，希望在各方面都有萬全的保障。Pauwels 認為這意味著，例如，開發需要更小數據集的人工智慧系統，增強隱私和信任，並且比競爭對手更透明；這很高尚，但我不知道他們是否有足夠的方法達到目的。」⁷⁶

2.5.2. 其他國家

大多數的已開發國家都認識到人工智慧擁有能改變遊戲規則的性質，並採用了不同的方法來反映他們自己的政治，經濟，文化和社會系統。美國政府提出了人工智慧戰略，並在 2016 年投入了大約 9.7 億歐元用於非機密性人工智慧研究。中國憑藉其「下一代人工智慧發展計劃」，將在 2030 年之前瞄準全球領導地位並進行大規模投資。其他國家，如日本和加拿大，也採用了人工智慧戰略。在美國和中國，各大公司正在大力投資人工智慧，並正在利用大量數據。

⁷⁴同註 70。

⁷⁵Rabesandratana, T. (2018, April 25). With €1.5 billion for artificial intelligence research, Europe pins hopes on ethics. Science.sciencemag.org, from <http://www.sciencemag.org/news/2018/04/15-billion-artificial-intelligence-research-europe-pins-hopes-ethics> (last access on 2018/10/7)

⁷⁶同註 75。

在 2017-2018 年間，許多國家相繼發布了人工智慧發展策略，包含：科學研究、人才發展、教育、公營部門與企業採用、道德、法規遵循、資料與數位基礎建設等領域，概述如下⁷⁷：

- 美國：2018 年政府宣布四個目標：保持美國在人工智慧發展的領導地位、支持美國的勞工、促進公共的研發、消除創新的障礙等，並成立一人工智慧專責委員會進行相關規劃。美國的國防單位也投入不少經費到人工智慧發展上。
- 加拿大：是第一個發布人工智慧國家策略的國家，2017 年的聯邦預算中，有著為期五年，總值 1.25 億加幣的人工智慧發展計畫，包含：人才培育、科學研究單位與經費、相關的經濟、法律與政策發展等目標。
- 墨西哥：政府公開一份研究報告，該報告建議人工智慧發展的五個方向：政府與公共服務、數據與數位基礎建設、研發、技能與教育、道德等。
- 中國大陸：在 2017 年發布人工智慧發展計畫中，宣示了希望在理論、技術與應用方面皆成為世界領頭角色的野心。具體有四個主要推展方向：專注發展智能與聯網產品、發展人工智慧關鍵產品（如感應器與晶片等）、鼓勵智慧製造的發展、投入資源到人工智慧的環境、標準與網路安全等相關基礎建設。
- 印度：政府智庫提出的發展目標建議為：強化人工智慧職能以擴大人才就業能力，增加能創造最大經濟價值與社會影響力之研究領域，發展的人工智慧解決方案能複製其他開發中國家市場。
- 日本：是第二個發布人工智慧發展策略的國家，並成立人工智慧發展委員會，以及制定研發路徑圖，可分為三階段：強化各領域數據導向的人工智慧發展與應用，公開更多資料與人工智慧發展的應用，建構各產業相互合作的人工智慧完整生態鏈。
- 新加坡：政府於 2017 年推出一項為期 5 年，投資金額達 1.5 億新幣的人工智慧發展計畫，包含：基礎科學研究，加強針對醫療、城市發展、金融等重點領域發展投資，100 項實驗基金提升各行業發展人工智慧應用方案，培育人才等。2018 年，政府也宣布了人工智慧治理與道德規範相關措施。

⁷⁷同註 70。

- 南韓：2018 年政府宣布五年 2.2 萬億韓元的人工智慧投資計劃，包含：建立六個研究所，在 2022 年時達成 5000 名人工智慧專才的培訓計畫，資助如國防、醫藥、公共安全等領域進行大型研究計劃，以加速人工智慧技術的發展，最後投資基礎建設，並中小企業與新創在該領域的發展。
- 台灣：政府於 2018 年宣布一項四年投入 100 億台幣的人工智慧發展計畫，包含：2021 年時培育 1000 名研究人員、10000 名專才，並積極招募國際人才；提高針對工業發展上的人工智慧應用研發；建立創新中心，以扶植 100 個新創；開放數據與相關法規發展；在 5+2 的產業創新計畫中，增加人工智慧發展與應用的力道等。
- 澳大利亞：在 2018-2019 年預算中，政府宣布四年的計畫，將編列 2990 萬澳幣用於人工智慧的發展上，如：制定研發路徑、標準、道德責任、研究發展及人才培訓等。

2.5.3. 美國 FDA 針對人工智慧的觀點

這幾年來美國食品及藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)核准越來越多人工智慧在醫療上的應用，譬如 2018 年 2 月，FDA 批准了一種新的臨床決策軟件⁷⁸，該軟件使用人工智慧算法來分析電腦斷層(CT, computed tomography)可以用比現有技術更快的速度來幫助提醒神經血管專家大腦惡化的速度。2018 年四月 FDA 核准人工智慧元件用來偵測某些與糖尿病有關的眼睛問題⁷⁹。2018 年五月核准人工智慧幫助檢測腕骨骨折⁸⁰。美國食品及藥物管理局局長 Scott Gottlieb 博士在 2018 年四月發表了一篇演說⁸¹，強調人工智慧的巨大潛力，並承諾該機構會一直重新考慮新的方法審查人工智慧軟體和設備。

⁷⁸ FDA (2018, February 13). FDA permits marketing of clinical decision support software for alerting providers of a potential stroke in patients. FDA.org, from

<https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm596575.htm> (last access on 2018/10/07)

⁷⁹ FDA (2018, April 11). FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems. FDA.org, from <https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm604357> (last access on 2018/10/07)

⁸⁰ FDA (2018, May 24). FDA permits marketing of artificial intelligence algorithm for aiding providers in detecting wrist fractures. FDA.org, from <https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm608833.htm> (last access on 2018/10/07)

⁸¹ Gottlieb, S. (2018, April 26). Transforming FDA's approach to digital health. FDA.org, from <https://www.fda.gov/NewsEvents/Speeches/ucm605697.htm> (last access on 2018/10/07)

FDA 宣布將擴大使用數位醫療工具作為藥物開發的一部分，並在此過程中啟用新的創新來改善病患照護。當 FDA 首次開始討論數位健康在藥物開發中的作用時，承諾將努力確保 FDA 的監管方法反映這些產品的新穎性，並鼓勵和支持他們的創新。FDA 認知到數位健康作為提高藥物輸送安全性和有效性的新工具的潛力。為了實現這些機遇，需要制定明確的政策，確定如何將數位健康工具的審查和驗證納入藥物開發計劃，與特定藥物相關的移動設備和軟體可以幫助患者繼續接受治療，例如，它可以幫助患者和他們的醫生確認患者已經服用了藥物，並且可以輕易地將信息整合到電子健康記錄中，有種類繁多的應用程序和軟體可以增強醫療保健。FDA 將在平衡並以風險高低做為管制標準的架構下，保護患者並使處方配方的數位化可以蓬勃發展。建立這個框架的最終目標是發展一個審查和批准數位健康工具的有效途徑，作為藥物審評的一部分，以讓這些工具充分發揮潛力幫助我們治療病痛和疾病，並促使軟體和治療符合 FDA 的安全性和有效性標準。

Scott Gottlieb 博士表示 FDA 正在實施一種新的方法來審查人工智慧。人工智慧是醫學的未來的希望，FDA 正在積極開發一個新的監管框架，以促進這一領域的創新，並支持使用基於人工智慧的技術。基此，FDA 有了 Pre-Cert 計劃（the Software Precertification Pilot Program）有助於制定法規監管模式，以評估軟體技術的安全性和有效性，而不會阻礙患者利用這些技術。考慮到機器學習的最大好處是可以持續學習和改進並且備使用，FDA 允許業者對其設備進行一些小的更改，而無需每次提交申請。Gottlieb 說，FDA 還計劃確保其監管框架和軟體驗證工具足夠靈活，以跟上這個迅速發展領域的獨特屬性。也就是說，FDA 仍需要為患者建立適當的保護，Gottlieb 強調：「即使我們跨越到一個全新的創新領域，我們也必須確保這些新技術能夠通過滿足我們的安全性和有效性標準（safety and effectiveness）為患者帶來益處。如果沒有這種信心，這種技術不應被量產或利用來幫助患者。」FDA 完全希望看到越來越多的人工智慧醫療保健工具在未來幾年被提交審核。FDA 的監管方法將專注於實際數據流向（real-world data flow），這包括了來自病理切片，電子病歷，可穿戴設備和保險索賠數據的結構化和非結構化數據，FDA 希望更理解並解開這些數據可用於人工智慧設備開發和驗證的方法。

無論是能夠檢測生物標記（biomarker）以進行早期診斷的工具，還是利用電子病歷 (EHRs) 在臨床試驗中進行臨床試驗，Scott Gottlieb 對人工智慧的前景感到非常興奮。另外

他也指出了 FDA 設立了內部資料分析孵化器，名為「信息交換和數據變換（Information Exchange and Data Transformation, INFORMED）」並介紹了其正在進行的工作，INFORMED 的研究組合包括調查利用現實世界的數據進行臨床證據生成和前瞻性實用臨床試驗，測試生物傳感器和物聯網的效用，以量化影響患者體驗的內在和外在因素（如環境因素）識別機器學習和人工智慧的機會以改善現有狀況在，在其項目中，研究人員正在探索機器學習和人工智慧的應用，以改善現有的臨床實驗(clinical practices)，開放獲取平台(open access platforms)如區塊鏈(blockchain)等技術可以實現廣泛而安全的數據交換。正在進行的 INFORMED 項目中，也包括和非營利性開放式癌症數據庫 Project Data Sphere 合作開發利用醫學成像數據進行腫瘤動態分類算法。FDA 最近還與哈佛在人工智慧和機器學習方面開展了一項研究項目，重點是設計，開發機器學習和人工智慧演算法，並將之運用於法規允許的範圍內。它將著眼於開發新的臨床終點（clinical endpoints）和信號檢測方法(signal detection methods)來評估療法的安全性和有效性。以上這些努力還將幫助 FDA 開發新的方法，利用來自臨床試驗，電子病歷和生物識別監測設備(biometric monitoring devices)的不同數據集來了解個別患者體驗的變化。

2.6. 人工智慧在生命科學領域的應用

2.6.1. 人工智慧在醫療保健的應用

人工智慧在醫療產業的應用是現今最熱門的話題之一，隨著人工智慧近年來的快速發展，目前，在醫療保健領域也已湧現許多人工智慧技術的應用。根據創投公司 (Rock Health) 的統計數據，從 2011 年至 2017 年間，總共有多達 121 家利用人工智慧及機器學習技術的數位醫療公司在 206 項交易當中募集了高達 27 億美金的資金，其中包含了各種醫療保健相關之人工智慧技術的應用，例如用在協助研發、公共健康管理 (population health management, PHM) 疾病診斷、疾病監控、診斷輔助及精準醫療、消費者健康資訊分析 (consumer health informatics, CHI) 及改善臨床及非臨床之工作流程等⁸²。由此可見，越來

⁸²Zweig, M. & Tran, D. (2018). The AI/ML use cases investors are betting on in healthcare. Rock Health, From <https://rockhealth.com/reports/the-ai-ml-use-cases-investors-are-betting-on-in-healthcare/> (last access on 2018/7/23)

越多科學家希望藉由人工智慧技術的導入，簡化行政及醫療保健流程、提升疾病診斷及治療的準確性或是縮短藥物開發時程等以改善醫療保健產業的現況。

目前大約有 10 項大有潛力的人工智慧技術在醫療保健的應用(圖 5)，包含機器人輔助手術 (robot-assist surgery)、虛擬護士 (virtual nursing assistants)、行政程序協助系統 (administrative workflow assistance)、錯誤判別 (fraud detection)、減少藥物劑量錯誤 (dosage error reduction)、機器互連 (connected machine)、臨床試驗受試者辨別 (clinical trial identifier)、初步診斷 (preliminary diagnosis)、自動化影像診斷 (automated image diagnosis) 以及網路安全 (cybersecurity)⁸³。舉例來說，人工智慧有能力改善醫學影像的分析效率，根據 2011 年紐約大學的研究人員發現這類型的自動分析可以比一組放射科醫師更快得在胸部電腦斷層的影像中找出並配對出特定的肺部結節，而根據分析，這類型利用人工智慧的影像分析方式可以讓放射科醫師有更多時間專注於需要更多解釋或判斷的評論進而每年節省約 30 億美元的醫療成本。而在一項針對 379 名骨科患者手術的研究也發現，與外科醫生單獨執行手術相比，使用 Mazor Robotics 的人工智慧輔助機器人技術進行手術可以使手術併發症減少五倍⁸⁴。研究分析也發現，以骨科手術為例，正確使用人工智慧輔助機器人不僅可以改善病患術後癒後使手術後住院時間減少 21%，同時因併發症和手術錯誤降低，使得每年可以減省 400 億美元⁸⁵。另外，2016 年於加州大學洛杉磯分校 (UCLA) 與當地肝臟移植中心的一項合作實驗也發現，藉由人工智慧所開發的數學公式可以正確地計算出給予器官移植患者之免疫抑制藥物的劑量⁸⁶。一般而言，藥物劑量傳統上是透過用藥指引及臨床醫師過去經驗來決定，而這樣的方式常常造成錯誤劑量的使用，因此雖然這種類型的人工智慧技術尚處於初期階段，未來這類技術的發展對於醫療保健產業將有很大的益處。另外，人工智慧在虛擬護理助理之應用的潛力也開始展現，例如，Sense.ly 的虛擬護士 Molly，目前加州大學舊金山分校 (UCSF) 和英國國民健保署 (National Health

⁸³ Accenture (2017). Artificial intelligence: healthcare's new nervous system. Accenture.com, from <https://www.accenture.com/us-en/insight-artificial-intelligence-healthcare> (last access on 2018/7/27)

⁸⁴ BusinessWire (2017, October 25). First prospective study of robotic-guided spine surgery reveals five-fold reduction in surgical complications with Mazor Core™ technology. BusinessWire.com, from <https://www.businesswire.com/news/home/20171025005354/en/Prospective-Study-Robotic-Guided-Spine-Surgery-Reveals-Five-Fold> (last access on 2018/7/27)

⁸⁵ Kalis B., Collier M., & Fu, R. (2018, May 10). 10 promising AI applications in health care. Harvard Business Review, from <https://hbr.org/2018/05/10-promising-ai-applications-in-health-care> (last access on 2018/7/27)

⁸⁶ Chakradhar S. (2017). Predictable response: finding optimal drugs and doses using artificial intelligence. *Nature Medicine*, 23(11): 1244-1247.

Service, NHS)已開始使用 Molly 於詢問病患的健康問題、評估病患的症狀等工作。根據研究結果之估計，虛擬護理師可以幫助護理師節省 20% 花費在基本病患維護工作上的時間，進而每年省下約 200 億美元的醫療成本。

然而，以現階段的發展來看，人工智慧在協助一線臨床醫生提高工作效率和提高後端行政流程效率方面有滿顯著的進展，但目前在臨床治療及診斷決策或改善臨床治療結果的應用方面仍然較少見，這也將是未來需要持續努力發展的方向⁸⁷。

⁸⁷同註 85。

Top 10 AI Applications

	APPLICATION	VALUE*
	Robot-Assisted Surgery**	\$40B
	Virtual Nursing Assistants	\$20B
	Administrative Workflow Assistance	\$18B
	Fraud Detection	\$17B
	Dosage Error Reduction	\$16B
	Connected Machines	\$14B
	Clinical Trial Participant Identifier	\$13B
	Preliminary Diagnosis	\$5B
	Automated Image Diagnosis	\$3B
	Cybersecurity	\$2B
TOTAL		= ~\$150B

Source: Accenture analysis

* "Value" is the estimated potential annual benefits for each application by 2026.

** Orthopedic surgery specific

圖 5 人工智慧在醫療保健產業中之 10 大應用

2.6.2. 人工智慧在藥物探索及臨床前試驗的應用

藥物開發是一個非常複雜、漫長且昂貴的流程，其中包含藥物開發及探索(drug discovery)、臨床前試驗 (Preclinical study)、第一期臨床試驗(Phase I clinical trial)、第二期臨床試驗 (phase II clinical trial)、第三期臨床試驗 (Phase III clinical trial)、法規單位審查、產品核准後之生產及上市後追蹤等階段。根據統計，要將一顆新藥由早期研究開發至產品上市，其整個開發時程須歷經至少 10 至 15 年，並耗資大約 26 億美金⁸⁸，其中很大部分的費用都浪費在失敗的試驗上。據統計大約只有 10% 已進入臨床一期試驗的藥品可以成功上市⁸⁹，因此許多國際大藥廠及生技公司已導入各種方法改善各個藥物開發的階段，嘗試解決藥物開發成本高昂已及時間冗長的問題，而人工智慧的應用則被認為是最有解決上述問題潛力的方法。

舉例來說，美國輝瑞大藥廠 (Pfizer, Inc.) 目前正在使用 IBM Watson 系統，以推動其對免疫腫瘤藥物的研究。法國賽諾菲公司 (Sanofi) 與英國新創公司 Exscientia 簽署協議，將利用其人工智慧平台來尋找新的代謝疾病之治療方法。瑞士羅氏大藥廠 (F. Hoffmann-La Roche Ltd) 之子公司基因泰克公司 (Genentech, Inc.) 目前也正在使用馬薩諸塞州劍橋 GNS Healthcare 的人工智慧系統來幫助推動跨國公司的發展，尋找新的癌症治療方法。大多數規模較大的國際大藥廠及生物製藥公司都有類似的合作或內部計劃，其中各大國際藥廠與人工智慧公司之主要合作計畫將會在第三章第二節有更進一步之詳細說明。

早在 1950 年代，科學家就已開始討論製造具有類似人類感知、推理及思考能力之機器的可能性，直至過去 20 年開始，由於計算機處理能力的持續快速增長、大數據的可利用性以及演算法的發展，推動了人工智慧的重大改進，包含像是可以理解、生成文字及語言之具有語言處理能力的人工智慧技術亦或是模仿人腦運作之人工神經網路等技術目前都已經廣泛的用在影像辨識、語音分析及路線選擇等領域而這一進展也促進了一波利

⁸⁸Avorn, J. (2015). The \$2.6 billion pill — methodologic and policy considerations. *New England Journal of Medicine*, 372:1877-9.

⁸⁹BIO, Biomedtracker and Amplion (2016). *Clinical Development Success Rates 2006-2015*. Bio.org, from <https://www.bio.org/sites/default/files/Clinical%20Development%20Success%20Rates%202006-2015%20-%20BIO,%20Biomedtracker,%20Amplion%202016.pdf> (last access on 2018/7/13)

用人工智慧進行藥物探索的新創公司。例如，位於美國波士頓附近的生物技術公司 BERG，其技術平台之一 (BERG Interrogative Biology® platform) 可以利用針對 1000 多種癌症和健康人類細胞樣本的比對測試找出未知的癌症機制。BERG 利用其人工智慧平台生成和分析來自患者之大量生物數據，以突顯出疾病和健康細胞之間的關鍵差異⁹⁰。利用這個平台，BERG 發現某些分子在癌症代謝中所扮演的重要角色，進而發展出新的抗癌藥物(BPM 31510)，目前正在進行用於治療實體腫瘤 (solid tumors)、胰臟癌 (pancreatic tumors)、多形性膠質母細胞瘤 (Glioblastoma Multiforma)、鱗狀細胞癌 (Squamous Cell Carcinoma) 及表皮溶解水皰症 (Epidermolysis Bullosa) 的一期及二期臨床試驗。此外，BERG 也利用此人工智慧平台尋找其他疾病像是糖尿病、帕金森氏症及阿茲罕默症之新的藥物標靶和治療方式。

另外，隨著科學論文出版率的提高，科學家及研究人員不可能同時兼顧其日常工作 and 深入探討與其研究領域相關之所有文獻，而位在倫敦之新創公司 (BenevolentAI) 所開發的人工智慧技術平台可以從科學論文、期刊、專利及臨床試驗資訊等大量非結構化資訊和其他大量結構化數據中獲取有用的知識，進而用來協助研究人員發現新的科學現象並幫助研究人員取得和使用所有可用的數據來推動創新。BenevolentAI 的人工智慧技術藉由利用一系列自有的深度學習語言模型和演算法來理解及分析文章內容再透過推理、學習、探索、創造和翻譯其所學到的東西，進一步產生高品質的假設。旗下的事業體 (BenevolentBio) 則致力於將公司技術運用至生物技術產業，用以提高藥物開發的效率、挑選更好的藥物標的及優化化合物，並從分析生物學上有意義的資訊和非結構化資訊之間的數億個關聯中獲取未知及被忽略的知識。

BenevolentBio 目前已經利用其人工智慧技術研發出了一系列包含還在早期探索階段及已經進入臨床 IIb 試驗階段的候選藥物，並也與國際大藥廠合作，進行藥物的開發⁹¹。例如，BenevolentBio 利用其人工智慧系統找出 100 種具有可以治療肌萎縮性脊髓側索硬化症 (amyotrophic lateral sclerosis, ALS) 潛力的現存化合物，並從中挑出 5 種從未被認為可以

⁹⁰BERG LLC. website. <http://berghealth.com/platform/> (last access on 2018/7/12)

⁹¹BenevolentAI website. <https://benevolent.ai/about-us/> (last access on 2018/7/12)

用在治療肌萎縮性脊髓側索硬化症之化合物進行後續之研究，並在動物實驗中發現其中 4 種化合物可延緩肌萎縮性脊髓側索硬化症之疾病進程⁹²。

除此之外，未來人工智慧的導入有機會可以減少或取代藥物開發所需之大量動物實驗。如前述，藥物開發的過程包含很多個階段，其中在臨床前試驗的階段，必須利用大量的動物進行藥效及安全性試驗再藉由這些動物試驗的結果來推測藥物在人體的表現；但很遺憾的是，根據統計有將近 95% 的藥物失敗原因是由於動物試驗所得到之藥效及安全性的結果無法準確的反應到人體臨床試驗。也就是說，雖然目前藥物開發的臨床前試驗階段需仰賴大量的動物試驗，但這些耗時耗費的動物試驗對於藥物開發的幫助其實非常有限。也正因為如此，目前有許多科學家正在努力發展可以更準確地預測藥物在人體中表現之技術以幫助甚至取代動物試驗進而降低藥物開發的成本及改善藥物開發的效率。舉例來說，約翰霍普金斯大學 (Johns Hopkins University) 於 2018 年 7 月所發表的研究論文指出，利用大型化學結構和毒性關係數據庫所衍生出來之演算法可能比傳統的動物試驗更能準確地預測化學品的毒性。兩年前，該團隊建立了世界上最大的機器可讀之化學大數據庫。研究人員透過該數據庫，利用機器學習演算法從 800,000 個毒理學測試中分析約 10,000 種化學物質的結構和毒性資訊。之後透過該團隊所開發出來之軟體來預測化學物質是否可能引起皮膚刺激、DNA 損傷或其他毒性作用。而該軟體在預測九種常見毒性試驗的結果之平均準確率約為 87%，高於實際動物試驗的平均準確率（實際動物試驗的平均準確率僅為 81%）。這項研究結果對於毒理學來說是一項重大的進步，其顯示出，未來人工智慧的應用將可以取代許多動物試驗⁹³。除了這項研究之外，人工智慧藥物開發公司 (AI-based drug development company)，如 Insilico Medicine 也正在致力於發展利用深度學習 (deep learning) 的技術透過高通量的人類細胞學實驗所得到的基因表現數據來預測大量藥物在不同適應症之治療性質，其中包含罕見疾病、再生醫學、老化以及癌症免疫治療等。

⁹²Fleming, N. (2018). How artificial intelligence is changing drug discovery. *Nature* 557(7707):55-57.

⁹³Luechtefeld, T., Marsh, D., et al. (2018). Machine learning of toxicological big data enables read-across structure activityrelationships (RASAR) outperforming animal test reproducibility. *Toxicological Sciences* 165(1): 198-212, from <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfy152> (last access on 2018/10/7)

2.6.3. 人工智慧在臨床試驗的應用

臨床試驗是指任何在人體，包含病人和/或健康志願者所進行之藥物的系統性研究，為藥物開發過程當中不可或缺的重要環節。主要目的是用來研究試驗藥物的臨床、藥理和/或其他藥效學方面的作用、不良反應，試驗藥物之吸收、分布、代謝及排泄等特性以證實試驗藥物的安全性和有效性。

然而，大約有超過百分之六十的臨床試驗比起原本預期，花費了更多時間以及經費⁹⁴且臨床試驗的花費約至少占整個藥物開發所需經費之百分之四十⁹⁵，因此從大藥廠、臨床試驗贊助者 (clinical trial sponsors)、患者甚至法規機構都希望能夠找到有效的方法來加速臨床試驗的流程並降低其所需之成本。近年來，隨著人工智慧技術的蓬勃發展以及其目前在醫療領域上的突破，人工智慧的應用可能具有解決臨床試驗中許多關鍵挑戰的潛力，根據一份 ICON 的問卷調查顯示出，在被問及哪些技術對提高臨床試驗效率影響最大時，約有百分之三十六之受訪者認為大數據加上人工智慧對於提升臨床試驗效率最有幫助⁹⁶。

人工智慧的導入可以改善臨床試驗設計 (protocol design) 以提高試驗效率、提高收案速度、優化受試者分組和改善受試者留醫率及加快臨床試驗之啟動等來歐化臨床試驗。傳統的臨床試驗設計常只是仰賴臨床醫生過去的專業知識及利用過去之臨床試驗設計進行修改，然而根據過去臨床試驗進行修改不見得能設計出適合受試藥品特性的臨床試驗。此外，在臨床試驗的設計當中常會看到受試者篩選之條件包含兩種篩選標準：可納入試驗標準 (selection criteria) 以及排除試驗標準 (exclusion criteria)，然而這樣的設計方式常會大幅度的降低符合條件之受試者的人數使得試驗收案的困難度增加。若是臨床試驗設計得不好則會降低受試者的入選率，並導致病人留置率較低，從而增加了試驗成本，甚至導致計劃的延宕。利用人工智慧有機會可以減少或取代傳統的結果評估方式且可能比傳統的評估方式更為有效，並可進一步利用評估結果反饋並優化臨床試驗的設計。同時加上

⁹⁴Anisingaraju, S. (2018, January 10). Analytics trends 2018: blockchain and AI to accelerate clinical trials transformation. Saama.com, from <https://www.saama.com/blog/analytics-trends-2018-blockchain-ai-accelerate-clinical-trials-transformation/> (last access on 2018/6/21)

⁹⁵Nuttall, A. (2012). RDP clinical outsourcing: considerations for improving patient recruitment into clinical trials. From <http://vertassets.blob.core.windows.net/download/64c39d7e/64c39d7e-c643-457b-aec2-9ff7b65b3ad2/rdprecruitmentwhitepaper.pdf> (last access on 2018/6/21)

⁹⁶ICON-Pharma Intelligence (2017). *Transforming Clinical Trials Industry Survey*.

利用遠端連接技術，減少受試者親自到臨床試驗中心（clinical trial sites）的需求，增加受試者的留醫率而減少臨床試驗的成本。

除此之外，人工智慧結合大數據的應用，有機會將大量實際數據 (Real world data) 導入至臨床試驗設計當中。透過各種穿戴式裝置及感測儀器可取得受試者於日常生活之更具意義的客觀數據，並進而用於評估及開發試驗之目標 (objectives)、臨床試驗終點 (endpoints) 及程序 (procedures)。在過去，研究人員主要依據受試者訪談之口頭或書面證據以及直接的臨床觀察來評估受試者疾病的進展及其身體狀況。而這類主觀證據容易因不同評估者而產生評估結果之差異，容易產生人為變異因此不見得完全可靠，無法提供足夠的信息以進行數據的分析及決策。但訪談受試者之結果是臨床試驗關鍵的組成部分，因此增加客觀數據來輔助主觀評估的結果對於臨床試驗後續分析有很大的幫助。另一方面，通過穿戴式裝置收集及時的患者數據可以反映疾病狀態以及藥物療效對疾病症狀的影響等客觀數據。現今，許多穿戴式裝置可以每天 24 小時持續且準確地收集大量的生物識別信號，包括心率，血壓和睡眠以及活動。這些數據比在臨床試驗中心收集的數據更豐富、更詳細，並對受試者身體變化之敏感度更高。且利用人工智慧分析受試者的即時數據可能可以預測受試者對臨床試驗的服從性，使得臨床試驗人員可以在必須排除受試者數據之前就先行介入處理，可減少臨床試驗之中途退出率⁹⁷。

目前已有許多機構利用人工智慧的方式來改善藥物的臨床試驗，其中位於美國明尼蘇達州的梅奧醫院 (Mayo Clinic) 於今年三月初指出利用 IBM Watson 系統 (IBM Watson for Clinical Trial) 能有效的提高乳癌臨床試驗受試者的招收 (clinical trial enrollment) 並顯著縮短了臨床試驗受試者的篩選時間。根據 Dr. Kyu Rhe (Watson Health 的首席健康官) 的說明，Watson for Clinical Trial Matching 可以了解關鍵臨床記錄、病理報告、保險索賠數據及實驗室和醫療記錄中與臨床試驗相關之關鍵資訊，並根據試驗的納入或排除標準有效評估患者是否適合參與臨床試驗。梅奧醫院於 2016 年 7 月引進已經利用乳癌訓練過的 IBM Watson 系統並持續與 IBM 合作，進一步開發 IBM Watson for Clinical Trial Matching 的功

⁹⁷ICON (2018, April 11). The power of AI to transform clinical trials. Iconplc.com, from <https://www.iconplc.com/insights/blog/2018/05/18/the-power-of-ai-to-transform-clinical-trials/index.xml> (last access on 2018/7/11)

能，希望未來能將其擴充應用於其他種類癌症的臨床試驗並納入除化療之外其他的癌症治療方式，例如手術、放射線治療及支持性療法等於此系統內以能進行更全面的分析及比對⁹⁸。

2.6.4. 人工智慧在藥物製造的應用

藥物的生產製造也是另一個在生技產業中極需被改善的環節，昂貴、低效率且缺乏創新技術的藥品製造對於整個醫療保健系統造成了嚴重的問題，例如因品質不良所導致的藥物召回(drug recall)就是其中之一。根據美國 FDA 的統計，從 2017 年 7 月至 2018 年 6 月有將近 60 顆藥被召回，其中 8 成左右是由於品質不良及有汙染現象而被召回⁹⁹，且有不少是國際知名藥廠開發出來的藥例如，Baxter International Inc., Genetech 及 Greenstone LLC (輝瑞大藥廠的子公司等，由此可見藥品製造的品管非常複雜且困難，並有很大改善的空間。藥物製造的問題也不只限於藥物召回，根據統計，美國每年因低效率的藥物製造所造成的浪費高達 500 億美元¹⁰⁰且有約 70%的藥物製造數據從未被拿來分析及使用過¹⁰¹。總體而言，藥物製造成本占製藥公司收入的 15%至 50%以上，因此要能夠減少藥物製造的成本，製藥公司才有降低藥物定價可能性或將節省下來的資金再投資研發來持續開發更好的藥物及治療方法。以美國為例，根據預估，若能降低30%的藥物製造成本將有可為美國帶來 1 兆美元以上的社會價值¹⁰²。由此可見，藥物生產製造的改善對於整個健康醫療產業而言是相當重要的一環。

目前也已有一些人工智慧的公司針對藥物生產製造的問題提出解決方案，例如 Bigfinitive, Inc.。Biofinitive 提供了一個使用物聯網、大數據、人工智慧及雲端技術的軟體即

⁹⁸Fassbender, M. (2018, March 26). AI drive 80% increase in clinical trial enrollment. Outsourcing-pharma.com, from <https://www.outsourcing-pharma.com/Article/2018/03/26/https://sightmachine.com/resources/analytics-news-and-press/sight-machine-named-to-gartners-cool-vendors-in-manufacturing-operations-2015/AI-drives-80-increase-in-clinical-trial-enrollment> (last access on 2018/07/12)

⁹⁹FDA website. From <https://www.fda.gov/Drugs/DrugSafety/DrugRecalls/default.htm> (last access on 2018/7/13)

¹⁰⁰ Nicholson Price II, W. (2014). Making do in making drugs: innovation policy and pharmaceutical manufacturing. *Boston College Law Review* 55(2): 491-562.

¹⁰¹Sight Machine (2015, April 29). Gartner 2015 cool vendor in manufacturing operations. Sightmachine.com, from <https://sightmachine.com/resources/analytics-news-and-press/sight-machine-named-to-gartners-cool-vendors-in-manufacturing-operations-2015/> (last access on 2018/7/13)

¹⁰² Vernon, J.A. et al. (2007). Pharmaceutical manufacturing efficiency, drug prices, and public health: examining the causal Links. *Drug Information Journal* 41(2): 229-236.

服務 (Software as a Service, SaaS) 技術平台，為藥物生產製造的問題提供解決方案，使用者可以透過此系統尋找優化製造流程的新方法，減少製造品質不良之問題並使藥物更能夠達到法規的要求。目前，Biofinite 的技術平台可以用來執行預測性維護 (predictive maintenance)、整體設備效率之預測 (predictive Overall Equipment Effectiveness, OEE)、設備清潔之優化、細胞培養過程中的異常檢測、二氧化碳排放量之調控與能源之節約、連續性的流程驗證 (Continuos Process Verification) 以及跨廠區的管控等工作來提高藥物生產製造的效率、確保藥物品質，同時透過演算法持續進行大數據的分析也能夠幫助製藥公司找到更好更新的製程優化路徑，使得整個生產製造的流程更為完善，藉此改善生產效率不彰及生產成本高昂的問題。

2.6.5. 人工智慧在疾病檢測診斷及治療的應用

人工智慧在疾病的診斷上發展得相當迅速且有長足的進步與突破，其中又以醫學影像之診斷發展的最為快速，除了 2.3.1 中大略所提到之人工智慧在診斷上之幾項應用之外，美國食品藥物管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 也於今年 4 月通過了首個人工智慧檢測儀器 (ID_X-RD) 的上市許可。ID_X-RD 為一個軟體程式，利用人工智慧演算法來分析由視網膜照相機 (Topcon NW400) 所拍攝出來的影像。醫生可將患者視網膜的數位影像上傳至已安裝 ID_X-RD 軟體的雲端伺服器，只要影像的品質達到 ID_X-RD 軟體的需求，透過 ID_X-RD 的運算及分析即可提供醫師兩種診斷結果分別為，檢測到輕度及以上之糖尿病視網膜病變，須轉介至眼科醫生進行進一步的診斷評估和可能的治療；以及未檢測到糖尿病視網膜病變，需於 12 個月內再進行為追蹤檢查。在 ID_X-RD 的一項 900 名糖尿病患者的視網膜影像的臨床試驗當中顯示出 ID_X-DR 在絕大多數的時間能夠準確檢測出患有輕度以上糖尿病視網膜病變的患者。在該臨床試驗中，ID_X-DR 在 87.4% 的時間能夠正確識別出輕度以上之糖尿病視網膜病變的存在，並在 89.5% 的時間能夠正確識別那些沒有超過輕度糖尿病視網膜病變的患者。

除了已通過上市許可的 ID_X-DR 之外，還有許多人工智慧診斷系統也正在研發當中。例如，位於英國牛津之約翰拉德克里夫醫院 (John Radcliffe Hospital) 的研究人員開發出了可以準確診斷心臟血管疾病之人工智慧診斷系統 (Ultromics)，Ultromics 可以分析心臟超

音波的影像，並能發現臨床醫師可能遺漏的警訊。目前這項技術在 6 家英國之 NHS 醫院進行臨床試驗，預計今年年底將會公布臨床試驗的結果¹⁰³。

人工智慧在癌症診斷上的應用也有許多很不錯的發展，例如，新創公司 Optellum 正致力於商業化可分析掃描影像中的肺部結節之人工智慧肺癌診斷系統。現今，胸部電腦斷層掃描已可以早期發現肺癌使肺癌的存活率有顯著的增加，然而有將近 30% 之患者的胸部斷層掃描影像中會出現肺部的小結節，雖然大部分的狀況下這些肺部結節並無害，但醫師常常很難只根據影像判斷肺部結節是否出現癌變，從而導致需要長期的追蹤檢查或經常得藉由組織切片及手術切除來檢查結節是否為良性還是惡性，從而導致了許多不必要的醫療資源浪費。因此為了改善這樣的醫療情況，Optellum 正積極的開發人工智慧的診斷系統，並已建立了全世界最大的肺結節數據庫來訓練該演算法且也正在與英國、歐洲及美國等各地的醫院合作，進行各項測試來驗證此系統。除了肺癌之外，人工智慧在乳癌檢測及診斷上的應用也有不錯的進展，位於倫敦的 Kheiron Medical Technologies 指出，其委託進行的一項研究結果顯示，其所開發的人工智慧軟體在乳癌的診斷上的表現已優於放射科醫師，目前正在申請歐洲藥物管理局(European Medicines Agency, EMA)的核准。

人工智慧技術也可能為醫生提供更好的治療指引，例如 IBM 所開發的癌症治療輔助系統(IBM Watson for Oncology)，目前 IBM Watson for Oncology 已閱讀超過 300 種醫學期刊、250 本教科書及近 1,500 萬頁醫學文獻以及國際公認癌症治療指引 (NCCN) 並且同時能每 3 個月定期更新最新文獻及每年消化 5 萬篇新研究，因此可以通過對患者的病症資料進行數據後分析後制定多種腫瘤建議診療方案供醫生及病人參考，且能數據化的說明各選項的存活率，各個藥物的作用及副作用分析，以及所有治療的時程表，相比於一般醫師在診間能提供給病人的訊息，IBM Watson for Oncology 可提供更完善的治療決策選項。另外，今年 7 月，美國史丹佛大學(Stanford University) 的研究團隊開發出一種新的人工智慧系統，可預測兩種藥物合併使用的潛在副作用。該研究團隊利用深度學習技術，將目前已知的藥物及其副作用之數據，結合蛋白質在人體內的相互作用以及不同藥物對人體內不同蛋白質的影響，設計出一種名為 Decagon 的人工智慧系統，可以預測潛在的藥物組

¹⁰³Ultromics Limited websites. From <http://www.ultromics.com/technology/> (last access on 2018/8/8)

合所產生之副作用。根據該研究團隊的實驗結果顯示，該系統所預測出的 10 種藥物併用的潛在副作用中，有一半已有實際的臨床案例。例如，Decagon 預測同時服用 atorvastatin (一種降膽固醇藥物)及 amlodipine (一種血壓調節藥物)可能會出現肌肉發炎的現象，雖然在研究團隊所使用的原始數據中並沒有包含這項潛在的副作用，然而在 2017 年的一例案例報告確實有指出，某患者服用這兩種藥物後出現了嚴重的肌肉發炎問題，驗證了該系統的預測是正確的。

由上述的例子可以看到人工智慧在疾病之檢測診斷及治療上的發展是大有可為的，可以幫助醫護人員做出更準確的診斷判斷，不過若是要能獨立應用在臨床醫療上，還需要更多的研究來驗證這些應用在診斷及治療上的人工智慧技術所使用的演算法及訓練模型以避免因訓練過程使用非常態化之數據使得人工智慧在後續判斷上產生偏差的現象，進而導致醫療疏失。因此，在開發這類型工具時應更加嚴謹。開發過程中應利用大量的數據進行訓練並在同儕審查 (peer review)下與對照研究比對驗證，雖然這樣會增加開發的難度，尤其再加上隱私問題使研究人員難以獲取所需的大量醫療數據，都將會使這類技術之開發耗費更長的時間，但若是開發過程不夠嚴謹導致嚴重醫療疏失可能會使投資人不願意再繼續投資更好的類似的技術，反而會對整個人工智慧產業造成更嚴重的傷害。

2.7. 將人工智慧應用於藥物開發時可能產生的智財權

人工智慧的發展將有望徹底改變藥物發現過程。各種類型的機器學習展示了人工智慧的能力，使用這些工具可能會大大縮短藥物探索的路徑。不管是使用人工智慧進行研究資料的統整，小分子藥物結構，大分子的蛋白質結構，遺傳學以及動物和人類臨床試驗有關的數據都可以使用機器學習和其他人工智慧能力進行分析。Merck 和 Abbvie 與 Atomwise，Sanofi 與 Exscientia，GSK 與 Insilico 和 Takeda 與 Numerate 利用演算法和人工智慧的幫助加速候選藥物選擇，特別是在小分子，蛋白質化學和其他臨床與生物學方面的藥物設計。Benevolent AI 使用機器學習來識別潛在藥物和特定疾病的關聯。他們最近購買了 Proximagen 的藥物探索部門以用來結合他們的人工智慧能力。

這些合作與研發有可能會產生智慧財產權—還可能會出現智慧財產權的混合體，除了專利以外，也包括著作權和數據庫權利(database rights)以及保護專有技術和機密資訊的

權利，還有設計、營業秘密和商標權等形式的智慧財產權。由於在各項智慧財產權中，以專利權最為重要，本節將著重於與藥物發現相關專利權議題，並簡述其他智慧財產權。

2.7.1. 專利權(Patents)

2.7.1.1. 歐美的專利權及適格性 (Eligibility) 概述

專利是各國政府鼓勵人民從事技術發明，以促進產業發展，並給予人民在一法定期間內享有該技術發明的排他權，專有排除他人未經專利權人同意而實施（製造、為販賣之要約、使用、進口專利之物、進口方法專利直接製成之物）其專利的權利。例如，我國專利法第 1、52、58、114、135 條即規定了對前述內容。

以美國為例，美國立國之初即在憲法第 8 條第 8 款規定：「對於著作家及發明家保證某著作作品及發明物於限定期間內享有專利權，以獎進科學文藝。（To promote the progress of science and useful arts, by securing for limited times to authors and inventors the exclusive right to their respective writings and discoveries）」美國自 1790 年 7 月 31 日公告第 1 號專利，至 2018 年 6 月 19 日¹⁰⁴止，已發出 1000 萬份專利，這些大量的專利文獻也為美國執全球尖端技術之牛耳的主要原因。

美國專利法第 101 條規定四種法定專利適格標的為程序（process）、機器（machine）、製造物（manufacture）或組合物（composition of matter）^{105、106}。美國最高法院並建立三種例外：自然法則（laws of nature）、自然現象（natural phenomena）及抽象概念（abstract idea）¹⁰⁷，但是這些例外不適格的發明標的符合一些特別規定，又將成為適格的發明標的¹⁰⁸。在其他案件中，美國最高法院也曾指出自然現象（phenomena of

¹⁰⁴ Fucito, P. (2018, June 19). United States issues patent number 10,000,000. United States Patent and Trademark Office, from <https://www.uspto.gov/about-us/news-updates/united-states-issues-patent-number-10000000> (last access on 2018/7/29)

¹⁰⁵ 袁仁捷（2016）。第 4 章適格的發明標的。《美國專利申請實務 I》（1-30 頁）。袁仁捷。

¹⁰⁶ 楊智傑（2015）。專利適格性。《美國專利法與重要判決》（1-50 頁）。五南。

¹⁰⁷ 同註 106，第 39 頁。

¹⁰⁸ 同註 105。

nature)、心智過程 (mental processes)¹⁰⁹、自然產物 (products of nature)¹¹⁰ 不可申請專利。

傳統上在美國取得軟體的專利比歐盟容易。但是近幾年來，美國最高法院對於「適格的專利標的」的標準逐漸緊縮，例如認定 2010 年的 *Bilski v. Kappos* 一案 (Bilski) 及 2014 年的 *Alice Corp. v. CLS Bank Int'l* 一案 (Alice) 的發明為抽象概念，使得過去在「機器或轉化檢測 (machine-or-transformation test)」標準下判定的商業方法或者涉及演算法之發明面臨專利適格性的極大挑戰。尤其，在 Alice 案之後反而變得比較困難，美國專利商標局 (USPTO) 為此於 2014 年 12 月 16 日發佈「2014 Interim Guidance on Patent Subject Matter Eligibility」¹¹¹，針對電腦執行的專利以及生物、化學和其相關題材的專利適格性提供更高的明確度。發明滿足專利標的適格性 (subject matter eligibility) 必須符合兩個要件：第 1 階段應判斷記載發明之專利請求項是否指向程序、機器、製造物或組合物。第 2A 階段是判斷發明是否指涉「自然法則」(laws of nature)、「自然現象」(natural phenomena) 或「抽象概念」(abstract idea) 這三種法定例外 (judicial exception)；若前述問題的答案為是，則第 2B 階段應檢視該請求項所記載之技術要件，判斷該請求項中是否存在「發明概念」(inventive concept)，足以讓該請求項所記載之發明內容顯著超出 (significantly more) 其所指涉之自然法則、自然現象或抽象概念本身¹¹²。如果沒有實質超越抽象概念的技術，則不是具專利適格性的可專利標的；如果有，則為可專利標的。USPTO 嗣後在 2015 年 7 月、2016 年 5 月、2016 年 12 月不斷地發佈更新版的專利適格性及其範例¹¹³，供各界在專利申請、審查及訴訟做為參考。

美國法院已經限縮可以授予專利的範圍。例如，美國聯邦巡迴上訴法院 (CAFC) 曾公開承認關於 Alice 案的專利適格性測試，對於與演算法高度相關的人工智慧、機器學習、

¹⁰⁹ *Gottschalk v. Benson*, 409 U.S. 63, 67 (1972).

¹¹⁰ *Diamond v. Chakrabarty*, 447 U.S. 303 (1980)

¹¹¹ Subject matter eligibility (examination guidance by date of issuance). United States Patent and Trademark, from <https://www.uspto.gov/patent/laws-and-regulations/examination-policy/subject-matter-eligibility-examination-guidance-date> (last access on 2018/7/30)

¹¹² 李森堦 (2018 年 5 月 18 日)，談美國專利標的適格性判準解釋適用的新近發展，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，來源：<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10397> (最後查閱日期：2018 年 10 月 07 日)

¹¹³ 同註 111。

大數據、物聯網（IoT）、區塊鏈、行動支付、機器人技術的專利，仍存在很大的不確定性¹¹⁴，這些發明往往被認定落入抽象概念或是難以指出發明具有「實質上超越」。

USPTO 新任局長 Andrei Iancu 於 2018 年 4 月 18 日在美國參議院司法委員會參加第一次監督聽證會，針對演算法的可專利性問題，回答：「當然你可以申請一個演算法專利（Of course you can patent an algorithm）。」為人工智慧科技申請專利點亮了一盞明燈。實際上，能夠解決專利問題的特定演算法是確保發明通過適格性檢驗的最有效方法之一。而演算法能夠申請專利必須符合以下條件：

1. 若為「改進相關技術的特定手段或方法」，則是可專利的；但若「本身即是抽象概念並僅僅實行通用流程和機器的結果或效果」，則不能授予專利。
2. 若特定演算法解決了技術問題，則是可專利的。
3. 然而，單純聲稱「使用人工智慧來解決問題」是不可專利的，只有「超過」「使用計算機解決問題」才能授予專利¹¹⁵。

即便如此，美國專利商標局（USPTO）仍在這幾年授予了大量歸類於「合作專利分類（CPC）- 類別 706：數據處理 - 人工智能」的專利。

根據歐洲專利公約（European Patent Convention, EPC），計算機程式本身作為申請項不具有可專利性。然而，EPO 在許多計算機程序作出「技術貢獻（technical contribution）」的技術領域確實授予了發明專利。但這種技術貢獻往往難以證明。¹¹⁶

現行 EPO 審查準則針對專利標的適格性之審查規定，特別指出審查 EPC 第 52 條第 1 項的兩個主要的原則：（1）任何 EPC 第 52 條第 2 項列出的排除項目，僅當涉及第 2 項規定的主題或活動本身（EPC 第 52 條第 3 項）時才會構成獲准專利的阻礙；（2）審查專利標的適格性時，請求項之發明必須整體觀之（be considered as a whole）才能決定專利標的

¹¹⁴May (2018 年 4 月 2 日)，專利抽象概念測試的不確定性可能影響 AI、IoT 及機器人產業，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，來源：<http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14320>（最後查閱日期：107 年 7 月 30 日）

¹¹⁵May (2018 年 5 月 10 日)，美國 USPTO 局長：演算法具可專利性，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，來源：<http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14422>（最後查閱日期：2018 年 7 月 30 日）

¹¹⁶趙慶玲 (2015)，電腦軟體專利標的適格性之測試法演進從歐洲觀察美國。《智慧財產權月刊》，201，5-47。

是否具有「技術性 (technical character)」¹¹⁷。而何謂技術性，根據 EPO 審查基準，申請專利之發明界定了或使用了技術方法 (technical means)，即使該技術方法只是使用了習知的一般技術元件，例如電腦、網路、記錄媒體等，都會賦予所請專利標的技術性，因此物之請求項或含有技術元件之方法請求項，都會符合 EPC 第 52 條第 1 項規定¹¹⁸。

對於未使用技術元件之純電腦程式的發明，如果當其執行或上傳於電腦時，將可產生超出程式和電腦間正常的 (normal) 物理交互作用時，就具有進一步技術效果，具有技術性，不能排除其可專利性。至於如何定義正常物理作用與進一步技術效果？EPO 審查基準指出，正常物理作用例如電流傳導，無法使發明成為適格標的，另一方面，進一步技術效果，可以使發明符合適格標的，所謂進一步技術效果不需要是新技術效果，亦可是習知的技術效果，只要電腦程式的發明具有技術考量，不是僅 (merely) 將電腦演算法執行於程序中，即可符合 EPC 第 52 條第 1 項規定，例如對工業過程的控制、對電腦內部運作或界面功能的控制，造成系統效率或安全提升、資料傳輸率提升或軟、硬體資源有效管理等，都是進一步技術效果。

比較現行台灣、美國及歐洲專利制度，雖謂對哪些發明符合或不符合專利適格性之要件均具有大致接近的規範，但以美國法院判例建立的審查基準最為嚴格。台灣關於「電腦軟體發明」以及「與天然物、微生物、基因相關的醫藥發明」之審查基準則接近於歐洲的規範。探究其原因，是因為台灣或其他國家、區域為保護各自國家的發明及產業而仍給予某些發明符合適格性之地位，例如台灣對於由環境篩選出之新穎微生物仍認可其符合發明之標的。也由於世界上仍有許多國家的專利適格性政策與美國不同，也造就其他國家之專利申請人往這些國家佈局專利之機會。

¹¹⁷ European Patent Office (2017). Guidelines for examination in the EPO, part G chapter II, 2 (examination practice), 2017 Edition. EPO.org, from https://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/guidelines/e/g_ii_2.htm (last access on 2018/10/07)

¹¹⁸ European Patent Office (2017). Guidelines for examination in the EPO, Part G Chapter II, 3.6 (Programs for computers), 2017 Edition. EPO.org, from https://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/guidelines/e/g_ii_3_6.htm (last access on 2018/10/07)

2.7.1.2.人工智慧專利的技術領域

在 Alice 案後適逢人工智慧、機器學習、大數據、深度學習等應用演算法的產業大爆發的時期，相關發明如雨後春筍般地提出申請。以下將針對人工智慧專利的技術領域、專利佈局情況、以及應用人工智慧於藥物探索的新創公司的專利概況進行分析。

一篇 2015 年的報導¹¹⁹曾指出，從 2012 年至 2015 年 7 月 3 日止，受理人工智慧科技相關專利最多的專利局為 USPTO，其次為日本專利局、世界智慧財產權組織（WIPO）及韓國專利局；申請最多人工智慧科技相關專利的法人為國際商業機器公司（IBM），其大幅領先之後的微軟（Microsoft Corp.）、富士通（Fujitsu Ltd.）等。此不難理解，IBM 的人工智慧系統---華生（Watson）是最廣為生醫製藥領域的產、學、研所熟知及應用的人工智慧科技的原因。

另一篇 2016 年的報導¹²⁰指出，人工智慧科技的專利權主要集中在美國（73.5%）、日本（9.7%）德國（4.0%）；在 10,715 件篩選出的美國人工智慧專利中，較著重於運算科技、控制、量測、資訊科技管理方法、電信、數位通訊、音訊-視覺技術、醫療技術等；人工智慧專利佈局於化學相關的生技的特定應用比重仍低。因此，吾人認為，美國為人工智慧專利科技佈局的必爭之地，且應用人工智慧科技於生醫製藥領域並提早進行專利佈局將可佔據利基。

另一篇 2016 年的分析報導¹²¹也指出，在兩萬多件美國人工智慧專利中「自然語言處理」為核心技術的比例最高（78.4%），遙遙領先第 2 名的「專家系統」（5.4%）及第 3 名的「機器學習」（4.2%）；雖然機器學習專利數量不多，但其在學習能力、在巨量數據中找出歸類、進行預測還是功不可沒；再分析涉及機器學習的美國專利，發現主要集

¹¹⁹新聚能科技(2015 年 10 月 28 日)，WIPS 分析報告-人工智慧 AI 的專利趨勢，新聚能科技，來源：
<http://synergitek.com.tw/blog/2015/10/28/patent-application-trend-of-artificial-intelligence/?variant=zh-tw>（最後查閱日期：107 年 8 月 1 日）

¹²⁰半導體行業觀察（2016 年 7 月 30 日），卡位人工智慧專利，三大領域值得關注，每日頭條，來源：
<https://kknews.cc/zh-tw/tech/z222y3.html>（最後查閱日期：2018 年 8 月 1 日）

¹²¹李淑蓮（2016 年 9 月 21 日），人工智慧專利核心-機器學習台廠佈局落後國際，北美智權報 168 期，來源：
http://www.naipo.com/Portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Industry_Economy/IPNC_160921_0701.htm（最後查閱日期：2018 年 8 月 1 日）

中在資料辨識、控制系統、監測或預測目的之資料處理系統。因此，在人工智慧應用於生醫製藥領域上，尤其在人工智慧應用於藥物探索上，如何建立正確的機器學習演算法，有效及精準地學習成千上萬篇的化合物文獻，並將此涉及演算法的技術透過專利佈局來保護及實施，將是重要課題。

但在，另一篇 2018 年的報導¹²²也指出，中國在 2015 年在人工智慧專利申請數量上首次超過美國，其在 2017 年的人工智慧專利申請數量是排名第二名的美國的四倍，此是受到中國政府的資本及政策支持所致，但也顯示出中國在人工智慧專利上急起直追的企圖心；而電子商務巨頭阿里巴巴及其關聯公司利用人工智慧處理 90% 在中國客戶的相關諮詢。其中，總部位於中國深圳的晶泰科技（XtalPi）是一家以人工智慧驅動創新的藥物研發科技公司，紅杉資本中國基金、谷歌（Google）及騰訊在 2018 年 1 月 24 日宣布完成對晶泰科技的 1,500 萬美元 B 輪融資¹²³。

因此，雖然美國在包含人工智慧等科技領域仍執世界之牛耳，但做為後起之秀且有強大政府政策支持的中國在後追趕甚至超越美國，已造就一股勢不可擋的趨勢。惟專利申請數量與專利品質及專利訴訟戰爭的武器強度並非成正相關，且由於美國對人工智慧的專利適格性仍未有最終定論，究竟美國與中國間的人工智慧專利科技何者優勝劣敗，尚難定論。

2.7.2 與人工智慧運用在藥物發現相關的其他智慧財產權

2.7.2.1 數據庫權（Database Rights）

針對所收集的資訊/數據，在歐洲，數據庫本身可以被著作權法或是 1996 年歐盟數據庫指令(EU Database Directive)以及各國法令所保護，其中歐盟指令要求所有歐盟成員國承認數據庫權(Database Rights)。數據庫權會自動保護以系統化排列的作品，數據或材料的

¹²²Gloria(2018 年 5 月 22 日)，中國在區塊鏈與 AI 專利申請數量超過美國，國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，來源：<http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14461>（最後查閱日期：2018 年 8 月 27 日）

¹²³劉軒彤（2018 年 1 月 25 日），《中國》Google 與騰訊聯手投資 AI 醫藥研發公司晶泰科技 B 輪 1500 萬美元融資，GeNet 觀點，來源：<http://www.genetinfo.com/investment/featured/item/14244.html>（最後查閱日期：2018 年 8 月 27 日）

集合，這些集合可以單獨被取得(accessed)，但是有大量的投資用於取得，驗證或呈現該等內容¹²⁴。數據庫權可以持續 15 年。對數據庫進行任何實質性修改都會產生新的數據庫權。

2.7.2.2 著作權 (Copyright)

著作權可以同時保護數據以及演算法及相關軟體。針對數據，如果在挑選資料或安排內容方面有充分的創造性，數據庫即會受著作權保護。針對演算法及相關軟體，大多數軟體公司是依靠著作權來保護其智慧財產權。例如，根據英國著作權法，軟體被視為文學作品，也受大多數國家/地區法律的著作權保護。著作權可防止源代碼或目標代碼的文字複製。在有限的情形下，它也可以保護計算機程式的原始架構，設計和功能，但是著作權不會保護演算法本身。

2.7.2.3. 營業秘密 (Trade Secrets)

人工智慧是一個快速發展的領域，因此，公司可能更偏好避免冗長軟件專利申請程序和對外揭露其基礎的演算法。如果算法符合營業秘密的定義，商業秘密法可能是另一種適當的保護手段。歐盟有 2016 年營業秘密指令。美國有 2016 年聯邦營業秘密法 (Federal Trade Secrets Act 2016)，大多數州也都有統一營業秘密法 (Uniform Trade Secrets Act)。

2.7.3 小結

無論是針對人工智慧用於藥物發現所產生的軟體，或是利用人工智慧作為工具而開發出來的藥物的智慧財產權保護，專利權均是最重要的。其他軟性的智慧財產權也扮演重要的角色，例如數據庫權，保護專有技術和機密信息等等的知識產權，以及當藥物上市行銷時，所需要的商標權保護。藥物輸送裝置也可以使用人工智慧創建，須註冊或不須註冊的設計權也可能適用而可用於保護這些軟體或資訊¹²⁵。

¹²⁴ Protection of a database: our company has developed a digital database on cultural heritage; how can it be protected? European IPR Helpdesk, from <https://www.iprhelpdesk.eu/node/2513> (last access on 2018/10/07)

¹²⁵ McMorro, A. (2018, April 19). The new high-speed drug discovery path using AI: where soft IP meets hard IP to form a dynamic alliance. BIA Blog, from [https://www.bioindustry.org/news-listing/the-new-high-speed-drug-](https://www.bioindustry.org/news-listing/the-new-high-speed-drug-2-54)

由於人工智慧是一個新興的領域，法規尚須與時俱進地跟上，目前各界仍存有一些懸而未決的問題，例如誰擁有利用人工智慧進行藥物探索時產生的知識產權？可能的解決方法是透過合作初始時誰擁有背景智慧財產權（background IP）來判斷，或是在合作前透過書面協議以明確誰將擁有人工智慧藥物探索時產生的合作產出的知識產權（foreground IP），以及雙方同意哪些後續授權（licensing）的安排。

不過若是合作雙方並未以契約約定，法律應該如何規範，各國產官學界也有許多辯論與立法建議，例如，在 2017 歐洲議會（European Parliament）於 2 月決議首度建議歐盟委員會（EU Commission）應研擬民事法律以規範機器人或人工智慧之應用。該份建議引進「電子人格」的新觀念，也檢討機器人是否可擁有智慧財產權等問題¹²⁶，日本也在 2016 年開始著手研擬保護人工智慧所產生的創作¹²⁷。這些議題隨著人工智慧及/或人工只會在藥物探索行業的演進，將會產生越來越多的發展。

[discovery-path-using-ai-where-soft-ip-meets-hard-ip-to-form-a-dynamic-alliance-by-dr-eileen-mcmorrow.html](https://www.reuters.com/article/us-europe-robotics-lawmaking-idUSKCN0Z72AY) (last access on 2018/10/07)

¹²⁶ Prodhan, G. (2016, June 22). Europe's robots to become 'electronic persons' under draft plan. Reuters.com, from <https://www.reuters.com/article/us-europe-robotics-lawmaking-idUSKCN0Z72AY> (last access on 2018/10/07)

¹²⁷ 周柏岳 (2017 年 6 月 1 日)，談人工智能創作的專利保護，廣流智權評析第 39 期，來源：
<http://www.widebandip.com/tw/upload/1496312398Leo1.pdf>（最後查閱日期：2018 年 10 月 7 日）

參、人工智慧在探索新藥的應用

3.1. 人工智慧革新探索新藥的過程

所謂「大數據」(big data)技術，簡單來說是從不同的管道收集得來不同格式的大量資料，而這些資料的排列，使得這些資料能夠被快速的讀取、檢索、更新與分析，以產出有用的資訊。要能快速處理大量不同種類的數據，電腦的運算能力(computing power)必須藉由成先上百個伺服器通力合作才能達成；大多數的研究單位幾乎不可能建構這樣龐大的電腦運算結構，需要仰賴雲端運算網路提供者提供資料分散儲存與資料處理的服務。

所謂「機器學習」(machine learning)，指的是不需要人去下精確的指令給電腦，而是透過一個程式來教電腦如何調整自己，以達成任務。深度學習(deep learning)是機器學習的分支，它的好處是用非監督式(non-supervise)或半監督式的特徵學習和分層特徵，提取高效演算法來替代手工取得特徵；至今已有數種深度學習框架被應用在電腦視覺、語音識別、自然語言處理、音訊識別與生物資訊學等領域並取得了極好的效果¹²⁸。

拜大數據與機器學習等技術發展之賜，人工智慧的應用已逐漸拓展到製藥與生技產業，也革新藥物開發的方法，使藥物研發變得更便宜、更迅速也更有成效。以下就成功探索新藥的三個階段(圖 6)，來檢視大數據分析與機器學習演算法對藥物探索過程的助益，與這些新技術最擅長的地方¹²⁹。

¹²⁸Wikipedia website, from <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B7%B1%E5%BA%A6%E5%AD%A6%E4%B9%A0> (last access on 2018/05/26)

¹²⁹Buvailo, A (2016). 3 ways big data and machine learning revolutionize drug discovery. BiopharmaTrend.com, from <https://www.biopharmatrend.com/post/24-3-ways-big-data-and-machine-learning-revolutionize-drug-discovery/> (last access on 2018/05/26)

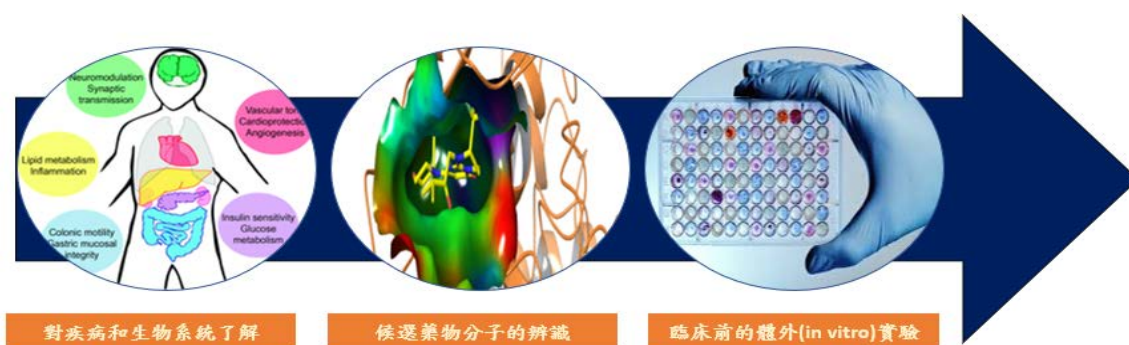


圖 6 人工智慧革新藥物探索的三個階段

3.1.1. 對疾病和生物系統了解

在大多數情況下，只有在科學家了解特定疾病，病原或醫療狀況背後的原因和作用機制之後，才能啟動探索新藥的計劃。然而生物系統都非常複雜的，全盤理解它們需要研究多個層面，從基因開始，到蛋白質、代謝物，甚至到會影響生物系統內在機制的外部因素。

結合美國、英國、法國、德國、日本、中國的遺傳學家，在 2003 年完成人類基因組計劃(Human Genome Project)¹³⁰，確定了整個人類染色體的全基因組(genome)的 DNA 序列；這個計劃費時長達 13 年，耗資 27 億美元，也運用了大量的電腦運算和特制軟體，才能成功破解「生命之書」(Book of Life)中的基因密碼。這份基因組是一張幫助我們了解我們身體的藍圖，由於什麼樣的基因組成，個人在什麼情況下可能會出現什麼問題。然而，基因組只是一種「指令」，說明生物體會產生哪些蛋白質和其他分子。科學家必須超越基因組的一維視圖，轉變為多維視圖，將基因組與特定時間，特定地點的這些基因的輸出相關的大規模數據連接起來，以回應特定的環境壓力對人體可能產生的影響。這就是所謂的生物系統「多元組」(multi-omic)分析，包括

- 基因組 (genome) - 身體中的所有基因，DNA
- 轉錄組(transcriptome) - 各種 RNA 和其他負責「讀取」和「執行」基因組信息的分子
- 蛋白質組 (proteome) - 身體中的所有蛋白質

¹³⁰National Human Genome Research Institute website, from <https://www.genome.gov/11006943/human-genome-project-completion-frequently-asked-questions/> (last access on 2018/05/26)

- 代謝組(metabolome) - 所有的代謝物小分子
- 表觀基因組 (epigenome) - DNA 的多種化學變化和主導這些變化的因素，包括環境因素

這種多維方法對於理解疾病的機制非常有希望，特別是如癌症和糖尿病等複雜疾病，它們涉及糾結的基因網絡，生活方式因素的影響和環境條件。

人體約有 30 億個鹼基對組成 DNA、約 3 萬個不同的蛋白質、超過 4 萬種不同的代謝物分子；要對照分析源自於各種實驗、關聯性、組合因素和條件所得到的數據，將會產生數量龐大的資訊。這正是大數據分析和機器學習演算法派上用場的地方，這些技術可以推導出隱藏的數據模式，探索前未知的依賴關係和關聯性¹³¹。

成立於 2011 年，位於美國波士頓的 FDNA 使用人工智慧來檢測生理模式以揭示致病基因變異¹³²；幫助研究人員發現開發生物標誌物所需要的新臨床表徵，症狀和基因，並獲取數據以開發和測試精準藥物(precision medicines)。

成立於 2012 年，Euretos 是一家荷蘭的生物資訊學(bioinformatics)公司，Euretos 人工智慧平台集成了 200 多個多元組數據庫，並將文獻，實驗和臨床證據相互鏈接，這讓研究人員得以了解分子機制如何影響細胞和組織功能，並進而調解表型和疾病病理。它主要提供藥物標靶和生物標誌物的發現和驗證¹³³。

在 2014 年成立於美國紐約的 Envisagenics，專攻利用電腦分析來探索新的 RNA 藥物。他們使用雲端大數據分析，從原始 RNA-seq 數據中找出與疾病相關的 RNA 異構體(isoforms)。藉由剪接異構體的定量與預測分析相結合，該公司的技術可以幫助發現新的藥物靶標和生物標誌物¹³⁴。

¹³¹同註 129。

¹³²FDNA website, from <https://www.fdna.com/> (last access on 2018/05/26)

¹³³EURETOS website, from <http://euretos.com/index.php> (last access on 2018/05/26)

¹³⁴Envisagenics website, from <https://www.envisagenics.com/> (last access on 2018/05/27)

在 2016 年成立於美國劍橋的 ReviveMed，其精密醫學平台則是利用小分子或代謝物的數據，並將其轉化為可行的治療方案¹³⁵。通過使用該公司專有的數據庫和機器學習演算法，可以減少為了確定大量代謝物所需要的昂貴且耗時的實驗，並將這些數據與其他大規模分子數據庫（如基因組學和蛋白質組學）整合在一起。幫助研究人員找到疾病途徑，新藥靶點，現有藥物的新療效，藥理作用的分子機制以及新的生物標記物。

成立於 2017 年，位於加拿大多倫多的 Phenomic AI 開發深度學習技術以分析顯微鏡數據。他們之前成功用這種方法來進行全基因組篩選分析、作用機制分析和組織病理學轉移檢測等方面，目前正致力於發現新的治療癌症方法¹³⁶。該公司的演算法利用表徵型篩選和機器學習來分析酵母全基因組的蛋白質動態，使研究人員能夠加速藥物探索。

跟傳統藥物探索計劃的目標一樣，上述這些生技新創公司利用人工智慧技術所進行的生物系統研究，其重要目標是要鑑別出身體中的一個蛋白質或途徑，亦即在特定疾病的機制中扮演主要角色的「藥物標靶」。

3.1.2. 候選藥物分子的辨識

一旦研究人員針對一特定疾病找到了一個合適的藥物標靶，下一步便是尋找可以選擇性地與此標靶相互作用的藥物分子 - 亦稱之為「命中分子」(hit molecules)，藉由命中分子來抑制或以其他方式來調節這個靶標，進而影響疾病的進程。

高通量篩選 (high throughput screening, HTS) 是傳統上藥廠最常用來找出命中分子的一種方法。這個方法直接針對藥物靶標篩選數百萬種化合物；有點像是乾草堆中尋找一根針頭，這個方法的本質是「試錯」(trial and error)，事先不需要任何有關這些化合物是否對目標蛋白具有活性的知識；也會使用複雜的自動化機器人來輔助篩選，因此這個方法的成本高，但成功率低。它主要提供了提供有用的「負面」結果，讓研究人員考慮，進而產生下一步實驗研究的構想。

¹³⁵ReviveMed Inc. website, from <http://www.revive-med.com/> (last access on 2018/05/26)

¹³⁶Phenomic AI website, from <https://phenomic.ai/> (last access on 2018/05/27)

其他產生「命中分子」的篩選方法還有片段篩選(fragment screening)和生理篩選(biological screening)。片段篩選所使用的片段是小的有機分子，這些片段各自可能只與靶標有微弱結合力，然後將它們做衍生或組合，以產生與靶標具更高親和力的「命中分子」。在高通量篩選中，篩選所用的資料庫中有數百萬個化合物，其分子量約 500 Da，與靶標的結合親和力需在奈莫爾(nanomolar)。相較之下，在片段篩選的早期階段，篩選所用的資料庫中僅有數千種化合物，其分子量為約 200 Da，與靶標的結合親和力在毫摩爾(millimolar)即可以被認為是有用的¹³⁷。生理篩選是一種基於組織的技術，尋找更符合整個體內效果的反應，而不是針對一種特定的藥物靶標。許多研究都發現在模擬體內組織功能方面，在三度空間(3D)培養中的細胞對藥物的反應要比在二度空間(2D)培養中的細胞好，這突顯出使用基於 3D 組織模型的進行藥物篩選的優勢；因此一些能精確模擬天然組織樣本的生理特性的微工程化 3D 組織模型被發展出來用於藥物篩選¹³⁸。

為了削減上述複雜實驗室篩選的成本並提高其效率和可預測性，資訊科學家發展出「電腦輔助藥物探索」(computer-aided drug discovery, CADD)方法，利用藥效圖和分子模型來進行化合物庫的「虛擬」篩選(virtual screening)。在這種方法中，數百萬種化合物可以針對標靶蛋白的已知 3D 結構，進行電腦篩選(基於結構的方法)；如果結構未知，則可能透過已知對標靶蛋白質具有反應活性的其他分子的知識來找出候選藥物。CADD 是另一個大數據分析和機器學習演算法可以大展身手的領域¹³⁹。

Numerate 於 2007 年在美國加州創立，結合數據科學、機器學習、雲端分析和藥物化學，開發了一個模型構建平台，可以應用於所有公開和私有數據，來預測候選藥物在實驗室和身體中的表現。根據 Numerate 公司網站所述：它的電腦模擬的藥物設計技術(in silico drug design technology)平台能夠處理從不同研究中獲得的數據 - 從難相容的高含量、低通量(high-content, low-throughput) 的表型分析(phenotypical assays)到高通量篩選、基於

¹³⁷Fragment-based lead discovery. Wikipedia website, from https://en.wikipedia.org/wiki/Fragment-based_lead_discovery (last access on 2018/05/27)

¹³⁸ Nam, K. et al, (2015). Biomimetic three-dimensional tissue models for advanced high-throughput drug screening. *J Lab Autom*, 20(3): 201-215.

¹³⁹同註 129。

結構的設計和傳統的計算方法所產生的資料；該平台已經成功為 2,500 多種蛋白質靶標開發了超過 6,000 種作用機制(mode-of-action)模型¹⁴⁰。

成立於 2012 年，位於美國舊金山的 Atomwise 發展出一項名為 AtomNet 的深度學習神經網絡技術，通過對大量有機化學數據進行訓練來預測候選藥物，進行以結構為基礎的藥物設計；AtomNet 對於小分子結合親和力的預測有很高的速度和準確性¹⁴¹。2017 年，Atomwise 推出了人工智慧分子篩選（Artificial Intelligence Molecular Screen, AIMS）獎勵計劃，邀請來自學術和非營利性研究人員的申請，以獲得由 AtomNet 從 1000 萬個小分子資料庫中針對一感興趣的藥物標靶選出的 72 種化合物¹⁴²；該項目可為未能獲得高通量篩選的研究人員，提供藥物開發的切入點。

成立於 2012 年，Exscientia 是一家英國的生技新創公司，Exscientia 開發一個平台自動化藥物探索，並使用人工智慧技術進行藥物設計。其由人工智慧系統開發的化合物兼具效力，選擇性和藥代動力學的需求標準。該公司開發選擇性單一靶向(single target)的小分子與雙特異性(Bispecific)的小分子藥物，還提供直接針對表型和高含量篩選數據來進行所謂「表型藥物設計」(phenotypic drug design)的服務¹⁴³；加快找到候選藥物分子的速度。

在 2014 年成立於美國加州的 Resonant Therapeutics 結合生物學與機器學習技術，評估其大型資料庫中的候選藥物並對其進行優先排序。他們專有的快速優先引擎（Rapid Prioritization Engine）將新功能靶標註釋與公開可取得的數據集合在一起，對每個候選藥物評分。Resonant 的平台可快速同時探索新標靶與高親和力的功能性抗體；結合獨特的生物學見解、高通量篩選和大數據理解，來快速探索候選藥物¹⁴⁴。

另一家成立於 2014 年的生技新創公司是位於美國舊金山的 TwoXAR。其藥物探索平台融合大數據，雲端計算和人工智慧。透過針對疾病功效篩選化合物資料庫、找到可開發或用作工具化合物(tool compound)以闡明新生物學和產生新化學實體的新候選藥物、從

¹⁴⁰Numerate Inc. website, from <http://www.numerate.com/platform/> (last access on 2018/05/28)

¹⁴¹Atomwise Inc. website, from <https://www.atomwise.com/> (last access on 2018/05/28)

¹⁴²Atomwise Inc. website, from <https://www.atomwise.com/aims-awards/> (last access on 2018/05/29)

¹⁴³Exscientia website, from <https://www.exscientia.co.uk/> (last access on 2018/05/28)

¹⁴⁴Resonantrx website, from <https://www.resonantrx.com/> (last access on 2018/05/28)

闡明新生物學的角度確定生物標靶等方法，twoXAR 利用其藥物探索平台找到候選藥物，比傳統基於濕實驗室的方法更快，更便宜，更準確¹⁴⁵。

傳統上，通過高通量篩選的候選藥物，會被導入下一階段的體外(in vitro)細胞株實驗(cell line study)與動物體內(in vivo)試驗，進一步驗證其在特定動物模型中對該特定疾病的療效；同樣的，藉由人工智慧輔助篩選出的候選藥物，也必需經過臨床前的試驗，進一步驗證對該疾病在生物體的療效。

3.1.3. 臨床前的體外(in vitro)實驗

研究人員往往必需要設計複雜的實驗來驗證藥物的作用機制，而且往往需要一些冗長繁瑣的過程在來準備執行這些實驗。為了讓研究人員可以騰出時間專注於科學，一些新創生技公司已進一步結合資訊科學與自動化控制，將實驗室基礎設施虛擬化，讓研究人員可以透過網路操控實驗，視覺化的軟體介面使研究人員更容易設計、執行實驗與分析實驗結果，以提升藥物探索的效率。

位於美國舊金山的 Emerald Cloud Lab (ECL)成立於 2010 年。Emerald 指揮中心(Emerald's Command Center)的軟體讓研究人員可以遠程遙控一個龐大的 ECL 實驗室設備，在世界任何地方舒適地坐在電腦上，按照個人的願望並行編排進行多個實驗。ECL 的目標是通過不斷擴充的實驗項目，提供研究人員進行所有常見的生命科學的體外(in vitro)實驗¹⁴⁶。

Synthace 在 2011 年成立於英國倫敦，其技術的核心是 Antha，一套生物操作系統，可以輕鬆設計和優化生物單元操作，並將其鏈接到可靠、可共享的執行工作流程中；Antha 以可重複的方式傳播生物信息，連接實驗室設備，協議和流程，因此允許大量而迅速的開發，提高生物科學的生產力。研究人員可使用預定義協議或使用 Antha 的視覺化工作流編輯器來設計複雜的多因素實驗；藉由自動化液體處理平台和其他實驗室硬件的設備驅

¹⁴⁵Twoxar Incorporated website, from <http://www.twoxar.com/> (last access on 2018/05/28)

¹⁴⁶Emerald Cloud Lab Inc. website, from <https://www.emeralcloudlab.com/experimental-capabilities/> (last access on 2018/05/28)

動程序，Antha 可自動執行實驗和管理；Antha 連接到分析設備，根據實驗工作流程自動捕獲和記錄數據，實現動態數據可視化和分析；樣品、數據和方法的完整可追溯性使研究人員可以輕鬆共享，複製或重複實驗設計¹⁴⁷。

位於美國舊金山的 Transcriptic 成立於 2012 年，迥異於傳統委託研究單位(contract research organization, CRO)，Transcriptic 自動化雲端實驗室(robotic cloud lab)可通過雲端提供客製化的實驗室自動化服務，幫助研究人員快速又可靠地產生成所需的數據。憑藉深厚的計算機科學和電子工程背景以及生命科學，Transcriptic 使用先進的自動化和控制技術，強調用戶體驗和可用性，為傳統生物學實驗室的例行過程建立一個現代化的解決方案¹⁴⁸。

2018 年 3 月在倫敦舉行的 Pistoia Alliance 年度歐盟成員會議上，Pistoia Alliance 的主席 Dr Steve Arlington 呼籲工業界通過加強合作來支持「未來實驗室」(Lab of the Future, LoTF)；本年度會議的主題是'Hack the Lab'，這次駭客松(hackathon)的挑戰主要集中在人工智慧洞察力，'Future Conor'以及未來實驗室的健康和安全。來自生命科學、醫療保健、學術界和科技界有興趣的參與者要建立原型，以展示如何使用人工智慧來解釋儀器日誌，如何利用新的工具來改變實驗室，以及如何為數據集和相關實驗室數據找到新用途。來自 Merck、GSK 和 SAP 等公司的發言人也討論了人工智慧和真實世界數據(Real World Data, RWD)等技術如何有助於實驗室的發展¹⁴⁹。2019 年成立於美國麻州的 Pistoia Alliance 是一個全球性的非營利性聯盟，致力於降低生命科學研發創新的障礙¹⁵⁰。

在探索新藥的領域，除了業者積極投入對人工智慧技術的投資之外，政府部門也開始制定政策與挹注可觀的研發經費在人工智慧技術的創新上。例如，英國政府在 2018 年 5 月宣布了一項名為「人工智慧與數據大挑戰」的任務：要在到 2030 年以前，利用數據、

¹⁴⁷Synthace Limited website, from <https://synthace.com/introducing-antha> (last access on 2018/05/28)

¹⁴⁸Transcriptic Inc. website, from <https://www.transcriptic.com/> (last access on 2018/05/28)

¹⁴⁹ Drug Discovery Today (2018, March 20). The Pistoia Alliance calls for greater life sciences collaboration to build the 'Lab of the Future'. Drugdiscoverytoday.com, from <http://www.drugdiscoverytoday.com/view/47473/the-pistoia-alliance-calls-for-greater-life-sciences-collaboration-to-build-the-lab-of-the-future/> (last access on 2018/05/29)

¹⁵⁰Pistoia Alliance Inc. website, from <http://www.pistoiaalliance.org/> (last access on 2018/05/29)

人工智慧和創新來改變對慢性病的預防、早期診斷和治療¹⁵¹。一個月後，英國商務部長 Greg Clark 宣布將提供之 1.03 億英鎊的資金給 Rosalind Franklin Institute (RFI)，資助一系列改變藥物探索的技術計劃；目的在使製藥工業能夠比以往更快，更便宜地開發出具有開創性的藥物。作為「人工智慧與數據大挑戰」的一部分，這個資金的挹注將開創英國政府與製藥業合作的新方式，縮小大學研究與藥廠或生技公司之間的差距。RFI 首波 600 萬英鎊的資金將用於創造¹⁵²：

- 世界上最先進的實時攝像機 - 這是利用光線和聲音消滅一些最致命型癌症的新技術關鍵。
- 一個開創性全自動的分子探索技術的專案 - 將產生新藥的速度提高十倍，並改變英國的製藥產業。
- 一個突破性的設施 - 將革新樣品的生產方式，並利用人工智慧在幾週內生產出臨床試驗所需的新藥。

3.2. 藥廠/生技公司與人工智慧科技公司合作探索新藥

在上一節，我們討論了人工智慧如何革新藥物探索的三個主要過程；大多數人工智慧驅動的新創公司使用不同方法的組合，並利用跨領域數據來源進行建立模型的工作。大藥廠對人工智慧提供的早期藥物開發的解決方案的興趣正穩步增長；預計市場總值在 2024 年將達到 10 億美元，這包括基於人工智慧的醫學影像、診斷、個人人工智慧助理、藥物探索和基因組學¹⁵³。過去幾年，大藥廠與生技公司和人工智慧科技公司之間開展了一系列新的研發合作，在本節中，我們將進一步檢視大藥廠與生技公司如何利用/取得人工智慧技術來進行藥物的研發。圖 7 顯示在藥物探索領域中，過去幾年內，大藥廠/生技

¹⁵¹Evans, H. (2018, June 6). British prime minister announces first AI and data grand challenge. Norton Rose Fulbright, from <https://www.aitech.law/blog/british-prime-minister-announces-first-ai-and-data-grand-challenge> (last access on 2018/05/29)

¹⁵²Drug Discovery Today (2018, June 6). UK Institute to harness disruptive technology to transform drug discovery. Drugdiscoverytoday.com, from <http://www.drugdiscoverytoday.com/view/47495/uk-institute-to-harness-disruptive-technology-to-transform-drug-discovery/> (last access on 2018/05/29)

¹⁵³Buvailo, A. (2018, February 24). How pharmaceutical and biotech companies go about applying artificial intelligence in R&D. BiopharmaTrend.com, from <https://www.biopharmatrend.com/post/34-biopharmas-hunt-for-artificial-intelligence-who-does-what/> (last access on 2018/05/28)

公司與人工智慧科技公司的合作關係；要申明的是，我們盡可能包含截至目前為止的合作案件，對於有些並未公開合作計劃，資料不易取得，所以未納入。

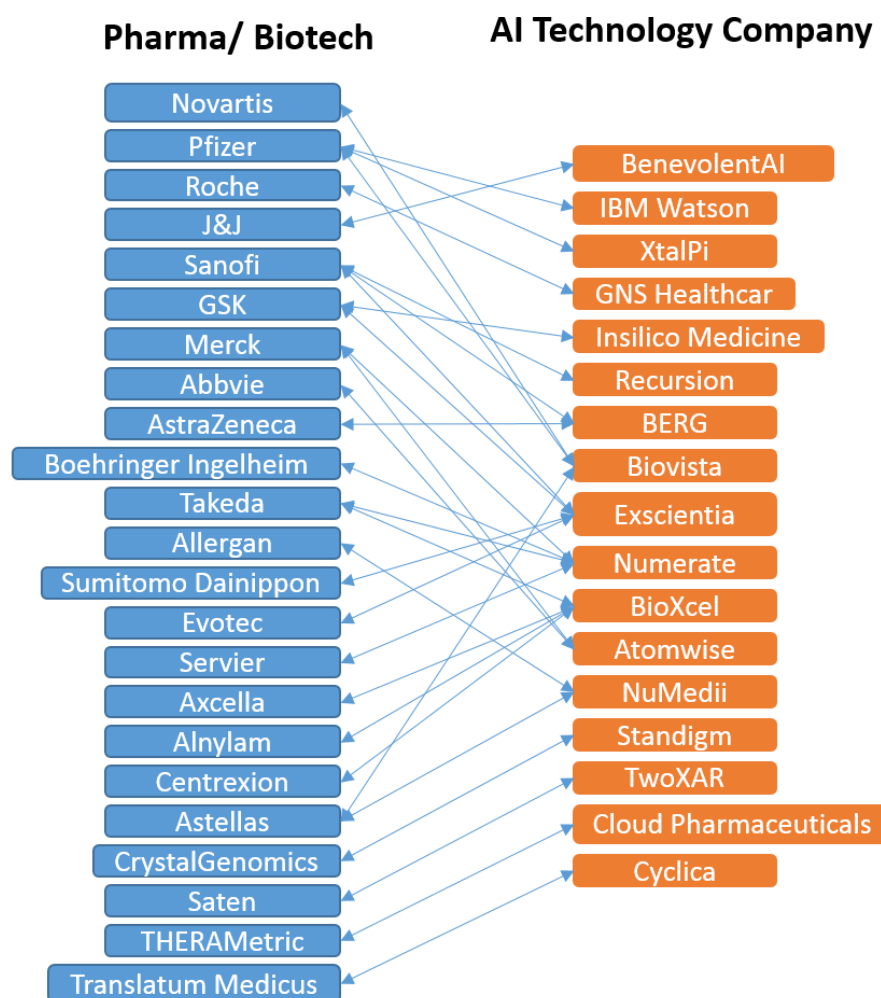


圖 7 大藥廠/生技公司與人工智慧科技公司合作探索新藥

Evaluate 在 2018 年 6 月公布的預測報告，2024 年全球處方藥銷售額前 10 名的大藥廠中¹⁵⁴，有 9 家在圖 7 左邊的 23 家藥廠與生技公司中；可見這些大藥廠早已開始佈局人工智慧的領域，以取得持續在未來領先的地位。在 Evaluate 的報告中排名第 15 的是德國 Bayer，雖然不在圖 7 中，然而在 Bayer 於 2016 年所舉行的第 3 屆“Grants4Apps

¹⁵⁴EvaluatePharma (2018). *World Preview 2018, Outlook to 2024*. Evaluate Ltd, from <http://info.evaluategroup.com/rs/607-YGS-364/images/WP2018.pdf>.

Accelerator”(G4A 加速器)競賽的最後勝出的 4 間公司中，有兩間是和人工智慧在醫療應用有關的公司，它們是匈牙利的 Turbine Labs 與德國的 xbird¹⁵⁵。

3.2.1. Novartis

2011 年 4 月 Novartis 宣布與 Biovista 簽署了一項研究合作協議，合作的重點是利用 Biovista 的 Clinical Outcome Search Space (COSS) 技術為 Novartis 許多未公開的化合物找出新的適應症¹⁵⁶。該協議的條款包括簽約金和階段任務成功的里程碑金。Biovista 成立於 1996 年，總部位於美國維吉尼亞州，運用其專有平台進行在神經退行性疾病、癲癇、癌症和罕見疾病領域中，老藥新用的開發。Biovista 的 Clinical Outcome Search Space (COSS) 幫助研究人員找出藥物分子、標靶、途徑、不良事件和疾病之間的非明顯關聯性，並在有系統性的和高度可預測的基礎上，構建基於證據的生物可行性理論。COSS 平台採用混合方法，透過結合文獻上的探索與計算機模擬和資源挖掘，開發出的結果列表可回答大量藥物開發問題¹⁵⁷。

Novartis 與 IBM Watson 在 2017 年 6 月宣布的合作案，分析病人臨床數據以改善乳癌治療¹⁵⁸，以及 Novartis 與 Cota Healthcare 在 2017 年 3 月宣布的類似合作案¹⁵⁹，兩者均不屬於藥物探索的範疇，所以不顯示在圖 7。

3.2.2. Pfizer

早在 2010 年 11 月，Pfizer 便與 Biovista 達成一項研究合作協議，利用 Biovista 的 Clinical Outcome Search Space (COSS) 平台尋找 Pfizer 正在開發的候選藥物的新應用。合

¹⁵⁵Bayer AG website, from <https://innovate.bayer.com/innovation-stories/grants4apps-2016-kick-off/> (last access on 2018/05/29)

¹⁵⁶Biovista (2011, April 27). Biovista announces research collaboration with a major pharmaceutical company. Biovista.com, from <https://www.biovista.com/biovista-announces-research-collaboration-with-a-major-pharmaceutical-company/> (last access on 2018/06/01)

¹⁵⁷Biovista website, from <https://www.biovista.com/technology/> (last access on 2018/06/01)

¹⁵⁸Shields, M. & Neely, J. (2017, June 5). Novartis, IBM Watson Health team up for breast cancer project. Reuters.com, from <https://www.reuters.com/article/us-novartis-ibm-idUSKBN18W119> (last access on 2018/06/01)

¹⁵⁹Idrus, A. (2017). Novartis, Cota Healthcare re-up on breast cancer. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medical-devices/novartis-cota-healthcare-re-up-breast-cancer> (last access on 2018/06/01)

作內容包括確定每種藥物最多三種新的適應症，而 Biovista 會收到未公開的簽約金和階段任務成功的里程碑金¹⁶⁰。

2016 年 12 月 Pfizer 與 IBM 合作，Pfizer 利用 IBM 的 Watson for Drug Discovery 技術來加強其免疫腫瘤學研究；Pfizer 的科學家將使用該技術來分析大量數據 - 包括醫學文獻和 Pfizer 自己的數據 - 並測試假設，以找到新的藥物標靶和可能的癌症綜合療法；該平台還幫助選擇患者進行臨床研究。Watson for Drug Discovery 是一個雲端平台¹⁶¹，使用深度學習，自然語言處理和認知計算(cognitive computing)認知技術來支持研究人員尋求新的藥物標靶和適應症。該平台提供超過 2500 萬份摘要，超過 100 萬份期刊文章和 400 萬份專利，以簡化藥物探索的流程。相比之下，根據 2015 年 PhRMA 報告，研究人員一年閱讀約 200 至 300 篇文章¹⁶²。

Pfizer 在 2018 年 5 月與 XtalPi 合作開發一種混合物理和人工智慧驅動的平台，用於藥物小分子的精確分子模型建立；這個平台將結合量子力學和機器學習算法與雲端計算架構，以提高分子力學模型建立的準確性和化學空間覆蓋率，並能夠預測與藥物探索和開發相關的藥物性質¹⁶³。總部設在美國麻州的 XtalPi 成立於 2014 年，是一家美-中合資的生物技術公司，憑藉緊密交織的量子物理學，人工智慧和高性能雲端計算，XtalPi 的 Intelligent Digital Drug Discovery and Development (ID4)平台能夠為藥物設計、固形選擇以及藥物開發的其他關鍵層面，準確預測小分子候選物的生理化學和藥物特性¹⁶⁴。

¹⁶⁰Biovista (2010, November 10). Pfizer seeks new indications using Biovista bioinformatics. Biovista.com, from <https://www.biovista.com/pfizer-seeks-new-indications-using-biovista-bioinformatics/> (last access on 2018/06/01)

¹⁶¹IBM website, from <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/ibm-watson-for-drug-discovery> (last access on 2018/06/01)

¹⁶²Idrus, A. (2016, December 1). IBM unveils Watson for drug R&D, teams with Pfizer on oncology. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medical-devices/ibm-unveils-watson-for-drug-r-d-teams-pfizer-oncology> (last access on 2018/06/01)

¹⁶³XtalPi Inc. (2018, May 8). XtalPi Inc. announces strategic research collaboration with Pfizer Inc. to develop artificial intelligence-powered molecular modeling technology for drug discovery. Xtalpi.com, from <http://www.xtalpi.com/xtalpi-inc-announces-strategic-research-collaboration-with-pfizer-inc-to-develop-artificial-intelligence-powered-molecular-modeling-technology-for-drug-discovery/> (last access on 2018/05/29)

¹⁶⁴XtalPi Inc. website, from <http://www.xtalpi.com/> (last access on 2018/05/29)

3.2.3. Roche (Genentech)

2017 年 6 月，Genentech 宣布與 GNS Healthcare 合作計劃，利用 GNS 專有的因果機器學習(causal machine learning)平台- REFS (Reverse Engineering and Forward Simulation)，來找出和驗證新的癌症藥物標靶。兩家公司將合作開發各種數據資源所蘊藏的醫療知識，包括電子病歷（EMR）、下一代測序與其他「多元組」(multi-omic) 的數據(請參見 3.1.1)。GNS Healthcare 是一家在 2000 年成立於美國麻州的生物資訊公司¹⁶⁵，其 REFS 技術採用獨特的無假設方法，對大規模數據流中的因果生物學和臨床模型進行逆向工程，然後模擬對這些模型的干預，從而揭開隱藏在導致病患癌症進展和藥物反應的因素。發現這些隱藏驅動因素的主要目的在於增強闡明疾病機轉、識別新藥物標靶與更準確地進行病患分群的能力¹⁶⁶。

3.2.4. Johnson & Johnson (Janssen Pharmaceuticals)

在 2016 年 11 月，BenevolentAI 與 Janssen Pharmaceuticals 簽署了一項專利許可協議，收購了數量未公開的新型臨床階段候選藥物及其相關專利。BenevolentAI 使用其人工智慧平台來評估這些小分子化合物的潛力，並發現一些有希望可以治療難治性疾病的候選藥物¹⁶⁷。

BenevolentAI 在 2013 年成立於英國倫敦，該公司的人工智慧技術用於科學數據挖掘、數據情境化和推導假設；開發治療的疾病包括運動神經元病、帕金森病、成膠質細胞瘤 Glioblastoma 和肌肉減少症 Sarcopenia 等。半自動新型藥物分子產生後，送到在 BenevolentAI 新收購的劍橋研究機構進行開發¹⁶⁸。BenevolentAI 在 2015 年的市值已達「獨

¹⁶⁵GNS Healthcare website, from <http://www.gnshealthcare.com/> (last access on 2018/05/29)

¹⁶⁶GNS Healthcare (2017, June 19). GNS Healthcare announces collaboration to power cancer drug development with REFS™ causal machine learning and simulation AI platform. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/gns-healthcare-announces-collaboration-to-power-cancer-drug-development-with-refs-causal-machine-learning-and-simulation-ai-platform-300475705.html> (last access on 2018/05/29)

¹⁶⁷Liu, A. (2016). BenevolentAI looks to artificial intelligence for speedy development of in-licensed drugs. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/cro/benevolentai-forms-licensing-deal-janssen-to-develop-drugs-using-ai> (last access on 2018/06/01)

¹⁶⁸Crunchbase website, from <https://www.crunchbase.com/organization/benevolent-ai#section-overview> (last access on 2018/06/01)

角獸(unicorn)」等級(10 億美金以上)，名列 2017 年全球前 5 大人工智慧新創公司¹⁶⁹；是所有從事藥物探索人工智慧新創公司的榜首。2018 年 2 月底，BenevolentAI 買下 Proximagen 位於英國劍橋的資產，創造了第一家能夠完成全部藥物研發的人工智慧公司¹⁷⁰。在 2018 年 4 月成功募得 1.15 億美元資金前，其市值更高達 19 億美元¹⁷¹。

其實 J&J 在這之前便涉足於人工智慧在其他醫療領域的應用。在 2015 年 4 月，J&J 與 IBM Watson Health 達成合作協議，利用先進的數據分析和其所產生的見解，針對病人的健康和慢性病的管理方面，開發個性化的解決方案，以提高病人的參與度和增強對病人的指導¹⁷²。在 2018 年 1 月，Janssen 也宣布與 WinterLight Labs 合作，利用 WinterLight 專有的人工智慧技術，分析由 Janssen 臨床試驗中獲取的語音樣本，來預測失智症與神經退化性疾病，如阿茲海默症，目標是早在臨床症狀出現之前，就可以非侵入性地診斷出這些疾病¹⁷³。這是繼 2017 年 WinterLight Labs 加入位在加拿大多倫多的 Johnson & Johnson 生命科學創新中心“JLABS”後¹⁷⁴，J&J 與 WinterLight Labs 的進一步合作。根據它的網站所宣稱的，WinterLight 所開發的人工智慧診斷平台，可以客觀評估和監測認知的健康，其平台可以分析自然語言，以檢測和監測癡呆，失語症和各種認知狀況¹⁷⁵。

¹⁶⁹The 5 biggest artificial intelligence startups. Nanalyze.com, from <https://www.nanalyze.com/2017/01/5-biggest-artificial-intelligence-startups/> (last access on 2018/05/30)

¹⁷⁰Liu A. (2018, February 26). BenevolentAI's Proximagen buy creates first AI firm capable of entire drug R&D. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/biotech/proximagen-buy-creates-first-ai-firm-capable-entire-drug-r-d-benevolentai> (last access on 2018/05/30)

¹⁷¹Crunchbase website, from <https://www.crunchbase.com/organization/benevolent-ai> (last access on 2018/05/30)

¹⁷²Johnson & Johnson (2015, April 25). Johnson & Johnson and IBM announce plans to collaborate on advanced solutions designed to transform healthcare delivery. Johnson & Johnson. Com, from <https://www.jnj.com/media-center/press-releases/johnson-johnson-and-ibm-announce-plans-to-collaborate-on-advanced-solutions-designed-to-transform-healthcare-delivery> (last access on 2018/05/30)

¹⁷³Johnson & Johnson Innovation LLC (2018, January 5). Johnson & Johnson innovation champions leading edge science with 15 new collaborations with potential to impact patients' lives. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/johnson--johnson-innovation-champions-leading-edge-science-with-15-new-collaborations-with-potential-to-impact-patients-lives-300577861.html> (last access on 2018/05/30)

¹⁷⁴Winterlight Labs (2017, January 23). Winterlight Labs secure funding to commercialize Speech-based detection of cognitive impairment. Winterlight Labs, from <http://www.winterlightlabs.com/news/seed-funding.html> (last access on 2018/05/30)

¹⁷⁵Winterlight Labs website, from <http://www.winterlightlabs.com/index.html> (last access on 2018/05/30)

3.2.5. Sanofi

Sanofi 的 Genzyme 在 2016 年與 Recursion Pharmaceuticals 簽署一項研究協議，Recursion 將運用其藥物重新使用平台為多種遺傳疾病的賽諾菲臨床階段的藥物分子找到新的用途。根據該協議條款，Sanofi 將提供 Recursion 大量小分子，Recursion 將在其快速擴展的遺傳疾病模型庫中進行篩選，並使用機器學習技術獲得有前途的新適應症；Genzyme 將可以選擇針對任何已確定的新適應症開發產品¹⁷⁶。

位於美國猶他州鹽湖城的 Recursion Pharmaceuticals 成立於 2013 年，結合實驗生物學、自動化和人工智慧，在大規模並行系統中快速有效地找到可在細胞層級建立模型的任何疾病的治療方法。從最初和持續關注舊藥新用到治療罕見疾病，Recursion 在 2016 年成功籌集了 1290 萬美元用於擴大其平台¹⁷⁷，以探索來自高通量自動篩選的豐富數據，以適應多種適應症，包括老化、發炎症、傳染病和免疫學。Recursion 正在積極利用技術來構建一個強大而可靠的人類細胞生物學地圖，這將根本轉變新治療方法將加惠於患者的速度和規模¹⁷⁸。

2017 年 Sanofi 與位於蘇格蘭的 Exscientia 達成一項價值 2.5 億歐元（相當於 2.73 億美元）的合作與授權選擇權協議，以發現針對代謝性疾病的雙特異性小分子藥物。Exscientia 會利用其人工智慧平台（參見 3.1.2）和自動化設計功能來找出具協同效果的藥物標靶的組合，然後利用其探索平台找出針對這些標靶的雙特異性(bispecific)小分子。Exscientia 負責所有化合物的設計，Sanofi 負責化學合成。Sanofi 保留授權合作產生的化合物的選擇權，並承擔未來的臨床前和臨床開發。Exscientia 將獲得研究經費以找出標靶對和優先考慮的候選藥物，並可獲得未來的非臨床，臨床和銷售相關的里程碑金¹⁷⁹。

¹⁷⁶Business Wire(2016, April 25). Recursion Pharmaceuticals announces research agreement with Sanofi Genzyme. Businesswire.com, from <https://www.businesswire.com/news/home/20160425005113/en/Recursion-Pharmaceuticals-Announces-Research-Agreement-Sanofi-Genzyme> (last access on 2018/05/31)

¹⁷⁷Taylor, N. P. (2016, October 4). Sanofi-partnered Recursion raises \$13M for tech-enabled R&D drive. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/it/sanofi-partnered-recursion-raises-13m-for-tech-enabled-r-d-drive> (last access on 2018/05/31)

¹⁷⁸Recursion Pharmaceutical Inc.website, from <https://www.recursionpharma.com/approach/> (last access on 2018/05/31)

¹⁷⁹GEN (2017, May 9). Sanofi, Exscientia Ink up to €250M deal for bispecific drugs against metabolic diseases. Genengnews.com, from <https://www.genengnews.com/gen-news-highlights/sanofi-exscientia-ink-up-to-250m-deal-for-bispecific-drugs-against-metabolic-diseases/81254318> (last access on 2018/05/31)

Sanofi Pasteur 於 2017 年 10 月與 BERG 簽署協議，合作找出流感疫苗性能的生物標誌；根據該協議，BERG 會利用 BERG 專有的 Interrogative Biology®平台來產生和建構數據模型；該平台以無偏見(unbiased)和數據驅動的方式，評估可用於表達季節性流感疫苗接種結果的生物標誌¹⁸⁰。除了 Interrogative Biology®平台（參見 3.2.9），BERG 分支機構 BERG Analytics 利用專利分析引擎 bAIcis™，Berg Analytics 可以幫助健康計劃，供應商，EHR 供應商和臨床決策支持組織規劃、實施和評估有益於個人的保健措施。Berg Analytics 的解決方案有助於減少副作用、減緩疾病進展，並通過精準醫療的選擇改善治療效果，從而減少支出與提高療效¹⁸¹。

3.2.6. GSK

2017 年 8 月，GSK 與 Insilico Medicine 啟動一項合作計劃，雙方並未揭露計劃內容，只提到 GSK 將評估利用 Insilico 的人工智慧技術協助找到 GSK 感興趣的新的生物標靶和途徑¹⁸²。

Insilico Medicine 在 2014 年成立於美國馬里蘭州的巴爾的摩；該公司的網站宣稱：Insilico Medicine 開發了一個全方位的藥物探索人工智慧引擎，該引擎利用數百萬個樣本和多種數據類型，來發現疾病的特徵與最有希望的標靶；這些標靶可以針對目前既有的藥物分子或全新合成的分子¹⁸³。Insilico 運用生成對抗網路（Generative Adversarial Network, GAN），GAN 被譽為近十年最重要的無監督式深度學習演算法，利用兩個相互對抗的神經網路模型(一個負責生成真偽難辨的資料、一個負責分析判讀資料的真偽)，大幅減少訓練深度學習演算法所需的資料量，對臨床資料有限的生醫領域意義重大¹⁸⁴。

¹⁸⁰BERG (2017, October 30). BERG enters into an agreement with Sanofi Pasteur to identify biomarkers of flu vaccine performance. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/berg-enters-into-an-agreement-with-sanofi-pasteur-to-identify-biomarkers-of-flu-vaccine-performance-300545009.html> (last access on 2018/06/01)

¹⁸¹BERG LLC website, from <http://berghealth.com/platform/> (last access on 2018/06/01)

¹⁸²Idrus, A. (2017, August 16). GlaxoSmithKline taps Baltimore's Insilico for AI-based drug discovery. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medtech/gsk-taps-baltimore-s-insilico-for-ai-based-drug-discovery> (last access on 2018/05/29)

¹⁸³Insilico Medicine Inc. website, from <http://www.insilico.com/#rec41455820> (last access on 2018/05/29)

¹⁸⁴何美如（2017 年 6 月 29 日），產業：四強聯手推動台灣生醫 A.I.應用，加速全新藥與疾病治療方法開發，Money Link，來源：<http://money->

GSK 與 Insilico Medicine 的合作計劃該合作是 GSK 在 2017 年夏季所簽定的利用人工智慧進行藥物探索的第二個合約。2017 年 7 月，GSK 與 Exscientia 簽署了一項可能高達 3300 萬英鎊(4270 萬美元)的合作協議- 使用 Exscientia 的人工智慧平台(該平台採用表型和高含量篩選數據，請參見 3.1.2)為 GSK 選定的治療領域的 10 個標靶找到藥物小分子¹⁸⁵，並評估其效能、選擇性、和與標靶的親和力。

3.2.7. Merck

早在 2012 年 3 月，Merck 就宣布與位於美國加州的 Numerate 的一項合作計劃，利用 Numerate 專有的電腦藥物設計技術平台，進行針對某一心血管疾病標靶，找出新型小分子候選藥物的研究¹⁸⁶。Numerate 的藥物設計平台具有一套專有的演算法，可為分子特性提供預測模型，其準確度與實驗室測試相當。這些演算法與雲端計算結合使用，可讓研究人員從數十億種的化合物中，快速且有效地找到對特定標靶具有活性的最可能分子(請參見 3.1.2)。

此外，Merck 也與 Atomwise 進行藥物探索合作計劃，雖然這些專案的內容是保密而未對外公開¹⁸⁷。

3.2.8. Abbvie

Abbvie 在使用人工智慧來進行藥物探索的領域持續保持低調，但在 Atomwise(請參見 3.1.2)的網站上可以看到雙方的合作關係，雖然雙方並未公開合作的內容。在 2018 年 3 月成功募得 A 輪 45 百萬美元資金的 Atomwise 有超過 50 個藥物探索計劃，其中包括與 Abbvie

link.com.tw/RealtimeNews/NewsContent.aspx?sn=1066003002&pu=News_0009_3 (最後查閱日期：2018 年 5 月 31 日)

¹⁸⁵Idrus, A. (2017, July 5). GlaxoSmithKline, Exscientia ink AI-based drug discovery deal worth up to \$42M. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medtech/gsk-exscientia-ink-ai-based-drug-discovery-deal-worth-up-to-42m> (last access on 2018/05/29)

¹⁸⁶Numerate, Inc (2012, March 14). Numerate forms drug discovery collaboration with Merck to utilize Numerate's in silico drug design technology. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-forms-drug-discovery-collaboration-merck-utilize-numerates-silico-drug-design-technology/> (last access on 2018/05/29)

¹⁸⁷Market Screener (2018, July 3) AbbVie : AI drug discovery company Atomwise raises \$51M series A. Marketscreener.com, from <http://www.4-traders.com/ABBVIE-12136589/news/AbbVie-AI-drug-discovery-company-Atomwise-raises-51M-series-A-26122374/> (last access on 2018/05/29)

的保密合作專案¹⁸⁸。在其他醫療領域方面，Abbvie 也利用 AiCure 的人工智慧平台來監視臨床試驗受試者服藥的狀況，提升受試者按時服藥的比例¹⁸⁹。

3.2.9. AstraZeneca

AstraZeneca 於 2017 年 8 月宣布與 BERG 進行研究合作，致力於鑑別和評估治療神經系統疾病，如帕金森病的新標靶與藥物。在這項研究合約下，AstraZeneca 一開始會提供 BERG 提供其中央神經系統（CNS）優化片段(optimized fragments)。BERG 將利用它的 Interrogative Biology 平台並以 AstraZeneca 的片段庫來協助探索候選藥物¹⁹⁰。BERG 的平台以深入學習無偏見的方式分析患者數據(包括基因組，蛋白質組，脂質體和代謝組)，該分析提供了患者生物系統內部活動的面貌。產生連接和活動的網絡，可以通過額外的統計分析進一步研究以揭示疾病的生物標誌物。這些生物標誌物可以為患者帶來新的診斷測試和治療方法¹⁹¹。

3.2.10. Boehringer Ingelheim

2011 年 12 月 Boehringer Ingelheim 的加拿大分公司與 Numerate 宣布了一項合作計劃，將利用 Numerate 的藥物設計平台(請參見 3.1.2)為某一傳染病的標靶，產生新的小分子後選藥物¹⁹²。

¹⁸⁸同註 187。

¹⁸⁹AiCure (2016, September). AiCure demonstrates 90% adherence in Phase 2 Abbvie study, as measured by study drug concentration over 6 months. AiCure.com, from <https://aicure.com/news/aicure-presents-exciting-new-results-from-abbvie-phase-2-schizophrenia-trial-at-isctm/> (last access on 2018/06/13)

¹⁹⁰BERG, LLC (2017, August 28). Berg forms research collaboration with Astra Zeneca to Identify new therapeutic targets to treat neurological disorders such as Parkinson's disease. BERG.com, from <https://berghealth.com/berg-forms-research-collaboration-with-astrazeneca-to-identify-new-therapeutic-targets-to-treat-neurological-disorders-such-as-parkinsons-disease/> (last access on 2018/05/30)

¹⁹¹BERG, LLC website, from <https://berghealth.com/platform/> (last access on 2018/05/30)

¹⁹²Numerate, Inc. (2011, December 6). Numerate and Boehringer Ingelheim (Canada) form drug discovery collaboration. numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-boehringer-ingelheim-canada-form-drug-discovery-collaboration/> (last access on 2018/05/30)

3.2.11. Takeda

2017 年 7 月，Takeda 與 Numerate 簽署了一項多年的協議，詳細的財務條款並沒有披露，但包括里程碑金和權利金，其金額大小取決於遞交的臨床候選藥物的價值。根據該協議，Numerate 將推動探索計劃，開發 Takeda 的核心治療領域，包括腫瘤學、胃腸病學和中樞神經系統疾病，的臨床候選藥物。這些專案將利用 Numerate 的人工智慧平台(請參見 3.1.2)，從命中分子的探索擴展到候選藥物的設計與優化，以及建構其 ADME（吸收、分配、代謝和排泄）/毒性模型¹⁹³。

Takeda 在 2015 年與 BioXcel 合作，進行針對罕見疾病的舊藥新用研究，這個合作計劃是借重 BioXcel 的大數據創新實驗室(Big Data Innovation Lab, BDI-Lab)平台。此外，BioXcel 在 2017 年推出 InveniAI 人工智慧和大數據驅動分析的應用，該公司目前提供兩個突破性的人工智慧平台 EvolverAI 和 PharmGPS®，用於藥物探索和開發。EvolverAI 用於發掘疾病，分子標靶和藥物之間的隱藏關係，以探索新藥與舊藥的新用途；PharmGPS®則是一個 SAAS 平台，用於預測開發中的藥物未來的性能¹⁹⁴。

3.2.12. Allergan

2015 年 9 月 Allergan 與 2008 年成立於美國加州的 NuMedii 組成一個研究聯盟，探索治療銀屑病(psoriasis)的新療法；將使用 NuMedii 的預測性 Big Data 智慧平台技術，該技術可以在多個治療領域探索藥物的新用途。該公司專有的動態 Big Data 智慧技術包含由 NuMedii 標準化和註釋的數億個人類、生物學、藥理學和臨床數據。根據該協議條款，NuMedii 將向 Allergan 提供適用美國審批舊藥新用法規的(505b2)、具專利權的與低風險的治療銀屑病的候選藥物，從中 NuMedii 和 Allergan 可以選擇和評估在概念驗證疾病模型中進一步開發的藥物¹⁹⁵。

¹⁹³Numerate, Inc. (2017, June 12). Numerate and Takeda enter agreement to generate novel clinical candidates using AI-driven drug discovery. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-takeda-enter-agreement-generate-novel-clinical-candidates-using-ai-driven-drug-discovery/> (last access on 2018/05/29)

¹⁹⁴BioXcel Corp. website, from <http://bioxcel.com/> (last access on 2018/05/30)

¹⁹⁵NuMedii Inc. (2015, September 29). NuMedii announces research collaboration with Allergan to explore new treatments for psoriasis. Numedii.com, from <http://numedii.com/numedii-announces-research-collaboration-with-allergan-to-explore-new-treatments-for-psoriasis/> (last access on 2018/05/31)

3.2.13.其他生技公司

位於德國漢堡的 EvotecAG 於 2016 年 4 月與 Exscientia 宣布一項多重藥理學探索 (Polypharmacology discovery) 合作協議，合作研發用於免疫腫瘤療法的雙特異性小分子；由 Exscientia 提供其人工智慧驅動平台(請參見 3.1.2)，而 Evotec 會負責藥物化學、體外和體內藥理學以及提供開發能力和專業知識¹⁹⁶。Evotec 在 2017 年 9 月又以 15 百萬歐元收購了 Exscientia 的少數股權，成為 Exscientia 的第一個戰略股東¹⁹⁷。

2018 年 1 月加拿大的 Cyclica 和 Translatus Medicus inc (TMi) 宣布合作開發治療年齡相關的黃斑變性(Age-Related Macular Degeneration, AMD)的小分子藥物¹⁹⁸。Cyclica 在 2013 年成立於多倫多，其 Ligand Express 平台幫客戶在臨床試驗之前預測藥物候選藥物的副作用，改善藥物開發的失敗機率。Ligand Express 是一基於結構的人工智慧平台，專注在小分子結構及其多重藥理學特徵，與標靶蛋白質結構具有特異性的虛擬篩選技術區不同，Ligand Express 用人工智慧來進一步增強結構方面的訊息，以推動生物物理模擬¹⁹⁹。

多重藥理學指的一個藥物分子會對多種目標或疾病途徑起作用。傳統的化學生物學 (chemical biology) 仍然是一個簡化學科，把化學探針作為具高度選擇性的小分子，調節和研究單一特定的目標；實際上，藥物分子通常與多個靶標相互作用，而意外的藥物 - 靶標相互作用可能導致副作用。已經有幾家公司將人工智慧和大數據用於藥物標靶的識別和副作用的預測，包括 Cyclica Inc.。多重藥理學的另一個意涵是可以通過特異性調節多個靶點來開發更有效的藥物。複雜的疾病如癌症和中樞神經系統疾病可能需要複雜的治療方

¹⁹⁶Evotec AG. (2016, April 26). Evotec and ex scientia announce partnership to discover bispecific small molecule immuno-oncology therapeutics. Evotec AG., from <http://evotec.sissy.bgcc.at/article/en/Press-releases/Evotec-and-ex-scientia-announce-partnership-to-discover-bispecific-small-molecule-immuno-oncology-therapeutics/2827> (last access on 2018/05/31)

¹⁹⁷Tg (2017, September 28). Evotec acquires stake in Exscientia. European Biotechnology, from <https://european-biotechnology.com/up-to-date/latest-news/news/evotec-acquires-stake-in-exscientia.html> (last access on 2018/05/31)

¹⁹⁸Cyclica Inc. (2018, January 8). Cyclica and Translatus Medicus inc (TMi) announce partnership to advance small molecule discovery for age-related macular degeneration. Cyclicarx.com, from <https://cyclicarx.com/news/cyclica-tmi-partnership> (last access on 2018/05/30)

¹⁹⁹Cyclica website, from <https://cyclicarx.com/> (last access on 2018/05/30)

法，在這方面，一個「擊中」屬於相互作用靶標網絡的多個敏感節點的藥物提供了更高療效的潛力，並且可以限制通常由於使用單靶藥物或多種藥物的組合而導致的缺陷²⁰⁰；也就是上述 Evotec 與 Exscientia 合作計劃的研究主題。

在圖 3.1 右邊中間的 3 家人工智慧技術公司，Exscientia、Numerat 與 BioXcel，都與多家藥廠/生技公司策略聯盟。除了 Sanofi、GSK 和 Evotec 外，Exscientia 也與日本的 Sumitomo Dainippon Pharma 的美國子公司 Sunovion Pharmaceuticals 合作開發新的精神疾病藥物。在價值 480 萬美元的協議中，Exscientia 獲得簽約金 100 萬美元；根據該協議的條款，Exscientia 會交付新的「雙特異性」化合物，這些化合物同時具有對 GPCR 和離子通道標靶家族的活性；Sunovion 將獲得這些化合物的全球專屬權利，而 Exscientia 保留其技術的專屬權²⁰¹。同樣地，除了 Merck、Takeda 和 Boehringer Ingelheim 之外，在 2017 年 6 月 Numerate 也與法國的 Servier 宣布合作，共同設計 ryanodine 受體 2 (RyR2) 的小分子調節劑；RyR2 是一種心血管疾病的重要標靶，但要以它來開發藥物的話，挑戰性是很高的；因此這項合作可能會為心血管疾病，包括心力衰竭和心律失常，帶來潛全新的治療方法²⁰²。而在 Takeda 之外，BioXcel 也與一些生技製藥公司策略聯盟，包括 2015 年與 Axcella 合作新型再生生物製劑的開發、2016 年與 Alnylam 開發新干擾 RNA (RNAi) 藥物，以及 Centrexion 合作在治療疼痛的新藥研究。

2015 年 12 月日本的 Astellas 與擅長老藥新用的 Biovista 簽署合作合約，Biovista 將利用其 COSS 技術（請參見 3.2.1），協助 Astellas 的一些既有化合物開發出新的適應症²⁰³。隔不到 2 個月，在 2016 年 1 月 Astellas 又與另一家擅長老藥新用的 NuMedii 公司達成合作協議，利用 NuMedii 的預測性 Big Data 智慧技術（請參見 3.2.12），為 Astellas 許多未公

²⁰⁰Wikipedia website, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Polypharmacology> (last access on 2018/05/30)

²⁰¹Business Wire (2014, November 3). Ex scientia Ltd. Partners with Sunovion Pharmaceuticals Inc. to research new medicines for psychiatric disorders. Businesswire.com, from <https://www.businesswire.com/news/home/20141103005263/en/scientia-Ltd.-Partners-Sunovion-Pharmaceuticals-Research-New> (last access on 2018/05/30)

²⁰²Numerate Inc. (2017, June 9). Numerate and Servier establish collaboration to advance first-in-class ryanodine receptor 2 candidates for cardiovascular diseases. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-servier-establish-collaboration-advance-first-class-ryanodine-receptor-2-candidates-cardiovascular-diseases/> (last access on 2018/05/30)

²⁰³Taylor, N. P. (2015, December 4). Astellas strikes tech-enabled drug repositioning deal with Biovista. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/r-d/astellas-strikes-tech-enabled-drug-repositioning-deal-biovista> (last access on 2018/05/30)

開的化合物找出新的適應症²⁰⁴。這是繼在 2015 年 9 月與 Allergan 之後，NuMedii 與第二家大型製藥公司的合作。

2015 年 9 月底，瑞士 THERAMetrics 與 Cloud Pharmaceuticals 達成策略合作，共同設計開發針對罕見中樞神經系統(CNS)疾病與其他適應症的新藥。在此合作協議下，THERAMetrics 將採用其 DRR 2.0 技術來識別新的蛋白質靶標，這些靶標是由負責某些病理的基因產生的。Cloud Pharmaceuticals 將應用量子分子設計（Quantum Molecular Design, sm）平台來設計抑制這些靶標活性的小分子化合物和多肽。Cloud Pharmaceuticals 將負責管理候選藥物的早期藥物開發工作，而 THERAMetrics 的委託研究組織（CRO）事業部門將負責管理臨床研究²⁰⁵。Cloud Pharmaceuticals 於 2014 年在美國北卡羅萊納州成立，其基於雲端計算的量子分子設計平台透過三個組件為藥物標靶設計新的分子配體，包括虛擬化學空間的人工智慧搜索、高度準確的結合親和力預測、以及對於藥物性質、安全性和合成性的化學性質過濾器²⁰⁶。

2017 年 2 月日本 Santen Pharmaceuticals 的美國子公司與日本 TwoXAR 策略聯盟，合作研發治療青光眼的藥物方法。根據協議，twoXAR 將使用其專有的藥物探索平台來探索和篩選具有潛在應用於眼部適應症的候選藥物，特別是跟青光眼相關；而 Santen 將擁有開發和商業化合作產生的候選藥物的專屬權利。TwoXAR 的藥物探索平台（參見 3.1.2）可分析真實世界的生物醫學數據，包括基因表達測量，蛋白質相互作用網絡和臨床記錄。

韓國生物製藥公司 CrystalGenomics 與人工智慧驅動的公司 Standigm 在 2017 年 6 月宣布一項合作案，將利用 Standigm 的人工智慧技術結合 CrystalGenomics 的製藥專長，共同

²⁰⁴NuMedii Inc. (2016, January 11). NuMedii, Inc. announces new indications discovery collaboration with Astellas. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/numedii-inc-announces-new-indications-discovery-collaboration-with-astellas-300202197.html> (last access on 2018/05/30)

²⁰⁵Cloud Pharmaceuticals Inc. (2015, September 29). Cloud Pharmaceuticals and THERAMetrics form strategic drug development collaboration targeting orphan CNS diseases. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/cloud-pharmaceuticals-and-therametrics-form-strategic-drug-development-collaboration-targeting-orphan-cns-diseases-300150642.html> (last access on 2018/05/30)

²⁰⁶Cloud Pharmaceuticals website, from <http://www.cloudpharmaceuticals.com/technology.html> (last access on 2018/05/30)

探索和開發治療癌症，類風濕性關節炎和肝臟相關疾病的新藥²⁰⁷。Standigm 在 2015 年成立於南韓首爾，利用具有藥物反應和藥物用途的分子特徵來深度訓練其人工智慧模型，Standigm 目前專注於預測現有藥物的新適應症(老藥新用)。2018 年春季，Standigm 推出了一項新的人工智慧驅動藥物探索服務“Expander”，為客戶現有藥物快速找到新的臨床用途²⁰⁸。

隨著領先藥廠與生技公司對人工智慧技術的興趣日益濃厚，其策略重點將進一步轉向研發外包和併購活動，以便快速獲得所需的專業知識和技能。驅動這個發展趨勢的幾個因素，包括：人工智慧技術的複雜性、需要成本高昂的 IT 基礎設施、該領域進展快速、支持專業機器學習研究的數據科學專家相對稀少²⁰⁹。

3.3. 全球在探索新藥領域的人工智慧公司的概況

在 3.1 與 3.2 節中，我們提到了近二十幾家在探索新藥領域的人工智慧公司，它們創立的時間不同，所致力於要解決的問題也不同。為對這個新興行業的進展有概括性的認識，在本章節中，我們嘗試檢視分析在這個領域全球大部分的公司。我們參考 Simon Smith 發表在其部落格的一篇網路文章，該文章收羅全球八十幾家在探索新藥領域的人工智慧公司²¹⁰；有些他所收集的公司不符合本研究主題的範圍，例如在其應用分類中與臨床試驗相關的十幾家公司，所以不予納入；我們加入由其他管道找到而 Simon Smith 未提到的公司；在一一訪視所公司的網站後，我們對 Simon Smith 的應用分類進行必要的調整；最終得到 69 家公司，做為我們進一步分析的基礎。各公司的資料來源，除公司網站外，我們也參考 Crunchbase²¹¹與 Pitchbook²¹²上的登錄資料。

²⁰⁷CrystalGenomics Inc. (2017, June 1). CrystalGenomics and Standigm, agree to collaborate on utilizing artificial intelligence and structure-based drug design technologies in drug R&D. PR.com, from <https://www.pr.com/press-release/718179> (last access on 2018/05/30)

²⁰⁸Standigm Inc. website, from <http://www.standigm.com/service/> (last access on 2018/05/30)

²⁰⁹同註 153。

²¹⁰Simon S. (2018, October 1) 106 Startups Using Artificial Intelligence in Drug Discovery. BenchSci .com, from <https://blog.benchsci.com/startups-using-artificial-intelligence-in-drug-discovery> (latest access on 2018/11/5)

²¹¹Crunchbasewebsite, from <https://www.crunchbase.com/>

²¹²Pitchbookwebsite, from <https://pitchbook.com/>

3.3.1.人工智慧在探索新藥領域的應用

這 69 家公司依照其技術平台的應用，可大致分成下列 8 項：

- 匯總數據和編纂訊息(Aggregate Data and Synthesize information)
- 了解疾病機制 (Understand Mechanisms of Disease)
- 老藥新用 (Repurpose Existing Drugs)
- 產生新的候選藥物 (Generate Novel Drug Candidates)
- 驗證候選藥物 (Validate Drug Candidates)
- 設計藥物 (Design Drugs)
- 設計臨床前實驗 (Design Preclinical Experiments)
- 執行臨床前實驗 (Run Preclinical Experiments)

以產生新的候選藥物 (Generate Novel Drug Candidates)有 24 家佔最大宗（35%），其次是匯總數據和編纂訊息(Aggregate Data and Synthesize information)有 16 家（23%）；了解疾病機制 (Understand Mechanisms of Disease)與老藥新用 (Repurpose Existing Drugs)各有 7 家（各佔 10%）；致力於驗證候選藥物 (Validate Drug Candidates)與設計藥物 (Design Drugs)各有 3 家和 4 家公司；而與臨床實驗相關的有協助設計臨床前實驗 (Design Preclinical Experiments)的 2 家公司與執行臨床前實驗 (Run Preclinical Experiments)的 6 家公司（如圖 8 所示）。

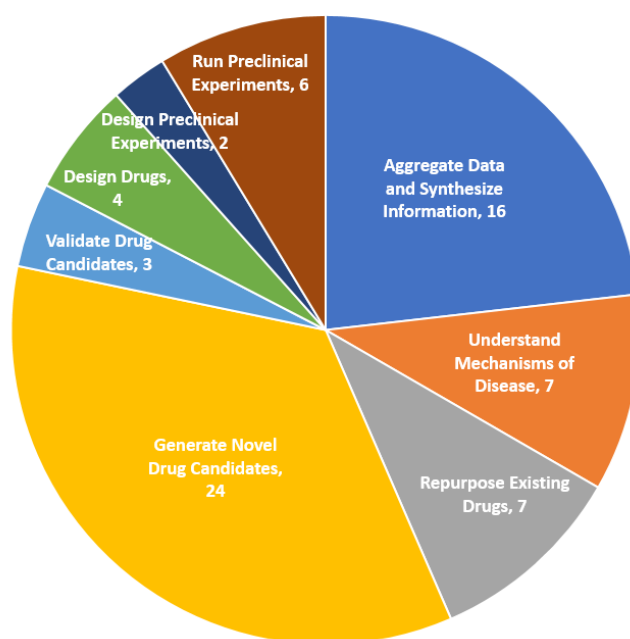


圖 8 全球在探索新藥領域的人工智慧公司，依照其技術平台的應用分類

3.3.2.從事探索新藥的人工智慧公司的全球分布

這 69 家致力於探索新藥的人工智慧公司以地域劃分（如圖 9 所示），有 46 家（67%）在北美洲、20 家（29%）在歐洲、3 家（4%）在亞洲。如果以國家來排名，美國有 38 家（57%）居首位、第二名是英國有 12 家（17%）、第三名是加拿大有 7 家（10%）、德國有 2 家（3%）是第 4 名；其他國家，包括保加利亞、匈牙利、愛爾蘭、挪威、西班牙、中國、以色列、韓國，各有 1 家與探索新藥相關的人工智慧公司。

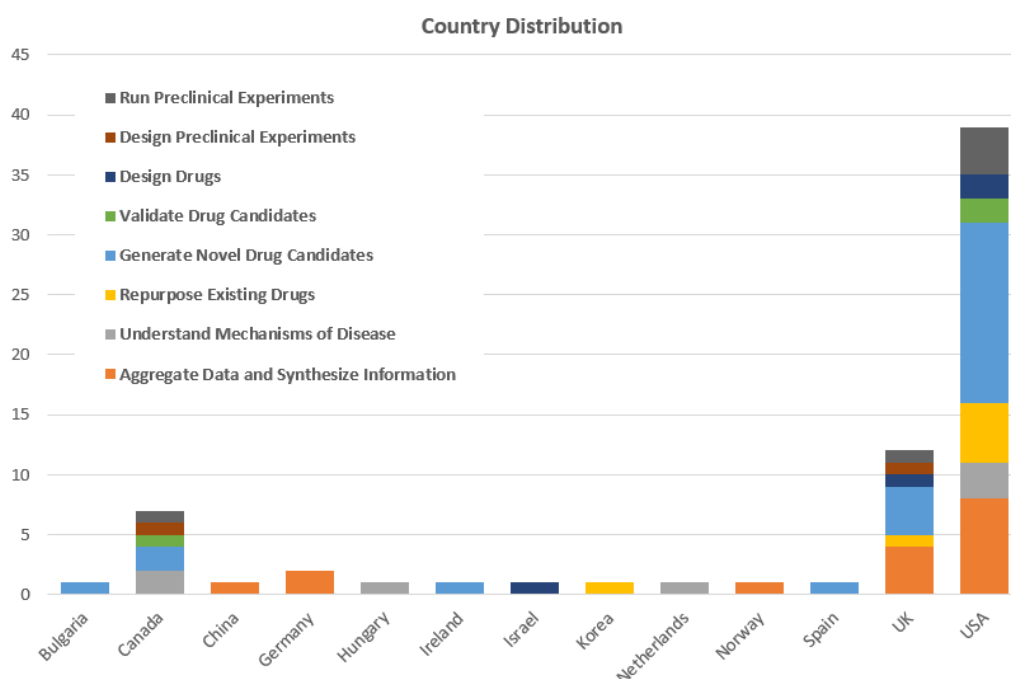


圖 9 要從事探索新藥的人工智慧公司其所在的國家

3.3.3.從事探索新藥的人工智慧公司的成立時間

如果以成立時間來檢視這 67 家（另外 2 家的成立時間難以取得，不納入分析）致力於探索新藥的人工智慧公司（如圖 10 所示），我們發現最早的是在 1996 年成立的 Biovista（請參見 3.2.1），主要將人工智慧技術應用在替既有藥物找到新的適應症；而在 2018 年上半年剛成立的 Insitro 則致力於用大量高品質的數據來訓練機器學習。在 1996 – 2002 年的 7 年間只有 2 家成立，另一家是 2000 年成立的 GNS Healthcare（請參見 3.2.3）；2003-2007 年間每年成立約一家；2008 年則有 5 家成立，其中 4 家（80%）公司的技術著力於了解疾病機制；或許是受到金融海嘯的影響，2009-2010 年成立的公司家數跌回 1 家，是美國的 Emerald Therapeutics（請參見 3.1.3），這也是第一家致力於實驗室全自動化的公司。2011-2017 年可是說是這個領域的快速成長期，每年有 7-8 家新創公司成立，在 2014 年，新成立的公司更多達 12 間；其中 8 家（超過 65%）的應用領域與產生新的候選藥物有關。

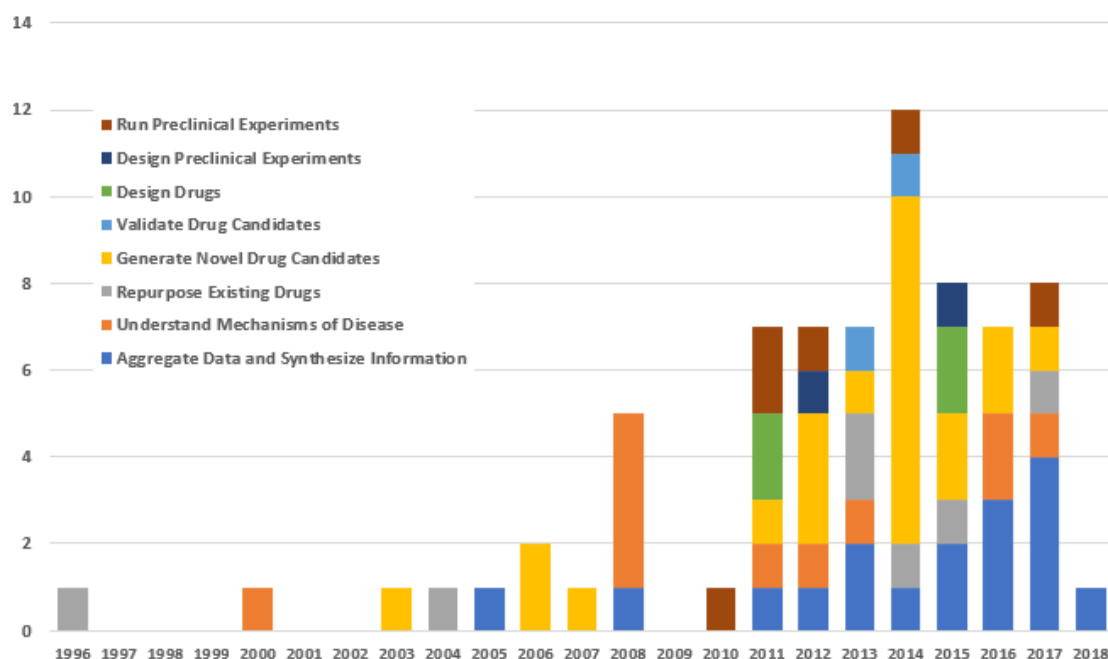


圖 10 全球在探索新藥領域的人工智慧公司，依照其成立時間與應用分類

3.3.4. 從事探索新藥的人工智慧公司的規模-員工人數

如果以員工人數來分析其中 51 家致力於探索新藥的人工智慧公司的規模(另外 18 家的員工人數難以取得，不納入分析)(如圖 11 所示)，可發現：將近八成的公司員工人數不到 50 人，1-10 人的公司佔 27%；11-50 人的公司佔 51%；超過 250 人的公司(251-500 人)只有 1 家，是成立於 2006 年的 BERG(請參見 3.1.3)。

Employee number
(51 out of 69 companies with available information)

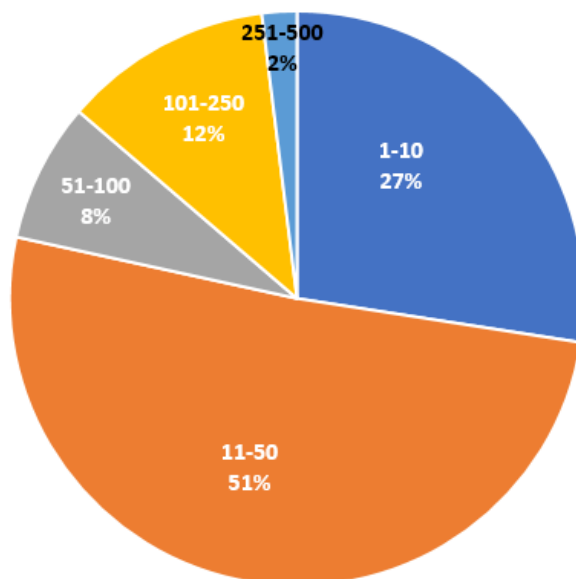


圖 11 目前探索新藥的人工智慧公司的規模-員工人數

3.3.5. 從事探索新藥的人工智慧公司的資金狀態

我們進一步分析其中 44 家公司的資金狀態（另外 25 家的公開資料難以取得，不納入分析），包括資金總額與目前的募資階段/狀態（如圖 12 所示）。16 家（36%）目前的資本額不到 5 百萬美元、16 家（36%）在 5 百萬到 2 千萬美元之間、9 家（20%）在 2 千萬到 1 億美元之間、3 家（7%）目前的資本額大於 1 億美元之間。不同的資本額，除了反應公司設立時間的長短與不同的發展/募資階段，也與不同的商業模式有關。同樣是 2013 年在英國設立的兩家公司：Sparrho 目前的資本額是 3 百萬美元而 BenevolentAI 目前的資本額是 2 大於億美元。Sparrho 是一家人工智慧軟體公司，而 BenevolentAI 則是一家以其人工智慧技術平台起家，逐步邁向整合全方位新藥研發的公司。不同的商業模式，導致資金需求不同。

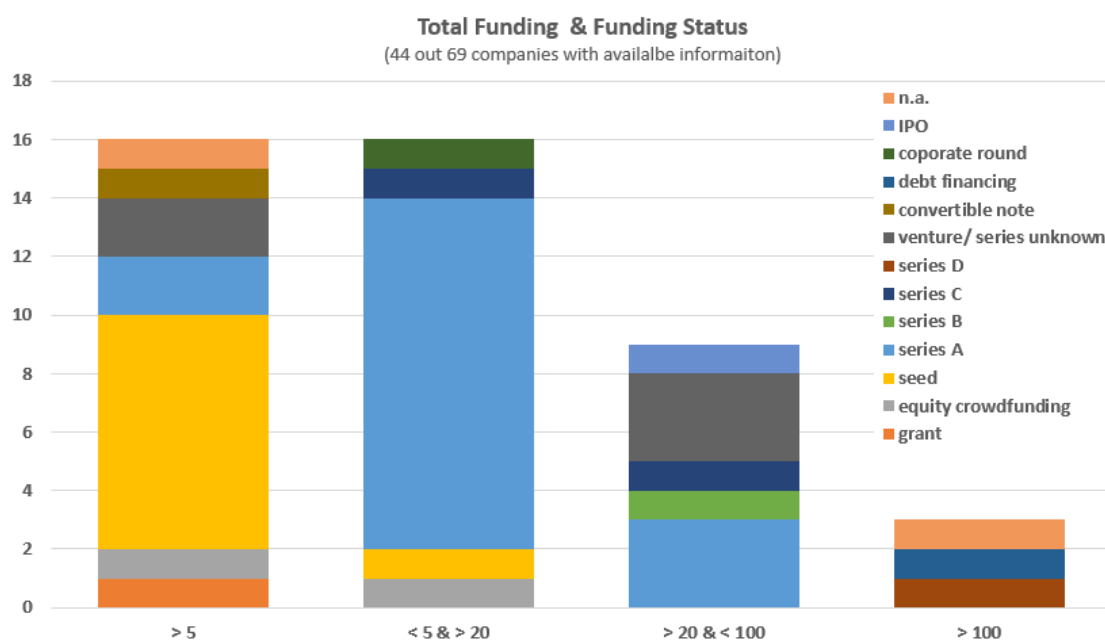


圖 12 探索新藥的人工智慧公司的資金狀態-資金總額與募資階段

3.4.探索藥物之新創公司的專利佈局

為了進一步了解人工智慧藥物探索公司的專利佈局，如圖 9 所示，除了美國之外，英國、西班牙等歐洲國家也成立了許多這類型的公司；我們集中關注目前在這個領域較有潛力的公司，所以選擇圖 7 右側列舉的 16 家（排除 IBM Watson）人工智慧科技的新創公司的專利申請及佈局來進行分析。這 16 家公司可以視為當前全球人工智慧探索新藥領域中，具有指標性質的公司，因為它們的專利技術進一步獲得國際大藥廠或生技公司的認可，在這些大藥廠或生技公司與這些人工智慧科技公司簽署合作案前，已對其技術進行過必要的盡職調查（Due diligence）。

首先，在歐洲專利局（EPO）Espacenet 資料庫的進階搜尋（Advanced Research）的申請人欄位輸入人工智慧科技的新創公司名稱。並在申請專利國家的專利局資料庫查詢其歷史申請文獻（file wrapper 或 Dossier）。值得注意的是，由於專利申請案在其申請日或最早優先權日起 18 個月後公開，因此截至本篇章撰寫之前 18 個月內的專利申請案並無法被檢索出來。此外，若所檢索出的專利公開案為向世界智慧財產組織（WIPO）申請之專利合作條約（PCT）申請案（國際階段），則在 WIPO 專利資料庫檢索其國家階段申請案，以分析這些公司的更細緻的專利佈局。

3.4.1. BenevolentAI

註冊於英國倫敦且為歐洲規模最大的私人人工智慧公司 BenevolentAI 使用深度學習科技及自然語言處理技術，在輝達（nVIDIA）DGX-1 人工智慧超級電腦的輔助下，解讀和分析海量的基因、藥品、專利資料，以及每天逾萬件生醫領域期刊及資料庫內容，透過機器學習來尋找潛在的可用於製造新藥的分子式或配方，以改進藥物研發過程。該公司在 2016 年的一週內確定了 5 個萎縮性脊椎側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS）的候選藥物。若缺乏人工智慧科技，將可能需耗時數年時間^{213,214}。

BenevolentAI 曾以 BenevolentAI Cambridge, Ltd. 及 BenevolentAI Bio., Ltd. 兩個公司名稱申請專利。目前有 3 件專利公開案，均是在國際專利分類號（IPC）A61K（醫用、牙科用或梳妝用之配製品）項下的醫藥發明。至於為何目前沒有檢索到作為人工智慧科技的 BenevolentAI 佈局涉及演算法的軟體發明，我們認為除了申請日起 18 個月公開的因素之外，BenevolentAI 並不欲競爭對手知悉其人工智慧演算法詳細技術，故未申請人工智慧演算法之專利，以避免競爭對手侵害其人工智慧演算法技術或進行設計迴避，甚至避免涉及演算法的軟體發明在審查過程中遭遇難解的專利適格性挑戰而無法獲准專利權。因此僅在其網站或媒體發佈其技術輪廓及技術方向。

3.4.2. XtalPi

晶泰科技（XtalPi）是 2014 年創立於美國麻省理工學院校園、目前總部位於中國廣東深圳的藥物研發科技公司，利用計算物理、量子化學、分子動力學、人工智慧及雲端運算，而提高藥物探索的效率及成功率。目前檢索出 XtalPi 具有 2 件專利公開案—「一種面向高性能計算雲平台的作業調度方法(High-performance-computing-cloud-platform-oriented job scheduling method)」及「一種雲計算環境中自適應的組合工作流方法(Self-adaptive composite workflow method used in cloud computing environment)」，其涉及了雲端計算技

²¹³Gene Online (2018 年 3 月 14 日)，AI 輔助新藥開發，速度與效果的加成作用，Geneonline.news，來源：<http://geneonline.news/index.php/2018/03/14/artificial-intelligence-help-drug-development/>（最後查閱日期：107 年 8 月 27 日）

²¹⁴李開復，王詠剛 (2017)。AI 時代：人類將如何變革？人工智慧來了 (261 頁)。天下文化。

術。XtalPi 也只在中國提出專利申請，並未佈局其他國家的申請案。然而，目前 IBM Watson 或 Google 的人工智慧科技已提供使用者透過網路在雲端伺服器進行運算，XtalPi 的目的應該是要在亞馬遜(Amazon) AWS 雲端運算平台²¹⁵建構自家的人工智慧運端運算技術。

3.4.3. Insilico Medicine

目前在美國有 6 件專利公開案，其中一件是經由世界智慧財產組織（WIPO）的申請案（WO 2015/136517），並未至其他國家專利局提出申請，由於 Insilico Medicine 美國專利申請案的公開日介於 2016 年至 2018 年間，僅有最早一篇專利（US 2016/0132632，632' 案）已進行實質審查。632' 案審查官在兩次審查意見通知書中以美國專利法第 101 條核駁請求項的專利適格性。目前，Insilico Medicine 尚未有美國專利申請案被核准。Insilico Medicine 專利申請案的技術領域涉及了醫藥發明及利用演算法的軟體發明，表明他們並非完全專注於人工智慧及其演算法技術，也從事了利用人工智慧科技克服老化的醫藥發明，並預期能藉由這些醫藥發明來獲准專利權。

3.4.4. Recursion Pharmaceuticals

2013 年成立於美國猶他州鹽湖城的 Recursion Pharmaceuticals 目前僅有一篇向 WIPO 申請的 PCT 專利公開案 WO 2018/112409，其涉及治療神經退化疾病（例如運動失調毛細管擴張（ataxia-telangiectasia））的方法，其是將治療上有效量的氯替潑諾（loteprednol）、莫美他松（mometasone）、酪氨酸磷酸化抑制劑（tyrphostin AG 879）給藥於病患。除了美國之外，世界各國專利制度均因政策及避免對醫師治療病患產生排他權，並不給予人類或動物外科手術方法及治療方法專利權。因此，我們認為即使 Recursion Pharmaceuticals 提出此 PCT 專利申請案，最終僅能以美國為國家階段，即使獲證也僅能在美國實施專利權。同樣地，目前並未檢索出 Recursion Pharmaceuticals 的人工智慧科技專利。

²¹⁵AWS 案例研究：晶泰科技，AWS，來源：<https://aws.amazon.com/cn/solutions/case-studies/xtalpi/>（最後查閱日期：2018 年 8 月 30 日）

3.4.5. Biovista

目前有 6 件專利公開案，涉及治療粒線體疾病、多發性硬化症（multiple sclerosis）、癲癇（epilepsy）、癌症、眼部疾病的方法及組合物。然而這些專利公開案如同傳統醫藥專利案一樣，揭露的是治療疾病的藥物結構式及合成方法，但通篇未揭露該藥物是如何發想及獲得的。Biovista 公司網站公開他們的人工智慧平台推進了藥物探索，並以 BVA 系列作為化合物代號²¹⁶。因此，我們更加確認 Biovista 並不欲揭露其如何透過人工智慧、深度學習、演算法及大數據獲得候選藥物，而將人工智慧科技以營業秘密方式保護，而把自己包裝為傳統的醫藥公司。這 6 件專利公開案中，目前僅治療粒線體疾病的美國專利申請案獲得專利權（US 9,763,939）。

3.4.6. Exscientia

在其網站上宣稱是第一家進行自動化藥物設計的 Exscientia 由大數據及其研發的人工智慧系統，快速地進行藥物設計。Exscientia 目前有兩篇專利公開案，涉及學習模式及訓練神經網路模型的方法。Exscientia 的第一篇專利「用以學習分類圖案及評估決定之價值之方法及裝置(Method and apparatus for learning to classify patterns and assess the value of decisions)」佈局了美國、歐洲、日本、加拿大及中國的專利申請案，甚至也申請了中華民國專利，但是到了 2005 年的第二篇專利「System and methods for incrementally augmenting a classifier」就僅在美國提出申請。在 2005 年之後甚至連一篇專利申請案也沒有。我們認為，Exscientia 如同 Biovista 一樣，不欲外人及競爭者透過專利申請案得知其技術輪廓及走向。

3.4.7. Numerate

設立於美國加州舊金山的 Numerate Inc. 目前被檢索出 6 件專利公開案，包含了 2 篇機器學習及 4 篇醫藥化合物專利。申請的國家主要以 WIPO、美國及歐洲為主，部分專利則擴大到向澳洲、中國提出申請。

²¹⁶BioVista (2010, December 12). BioVista's artificial intelligence platform boosts drug discovery. Biovista.com, from <https://www.biovista.com/bioworld-biovista-ai-boosts-drug-discovery/> (latest access on 2018/8/27)

3.4.8. BioXcel

位於美國康乃狄克州的 BioXcel 有兩家關係企業—BioXcel Corp.及 BioXcel Therapeutics, Inc.，前者是專精於整合藥物開發的人工智慧及大數據分析的生物醫藥公司²¹⁷，後者為投身於神經科學及免疫腫瘤學的臨床階段生物醫藥公司²¹⁸。目前檢索到 10 篇 BioXcel Corp. 的專利公開案，其涉及了用於腫瘤、睡眠、神經纖維瘤疾病或前列腺癌的醫藥組合物及治療方法，以及處理醫藥數據及安全資訊的方法。此外，檢索到 3 篇 BioXcel Therapeutics, Inc.的專利公開案，其涉及了前列腺癌、神經刺激(agitation)或癌症的診斷及治療方法，表明了其為偏向臨床階段技術的生物醫藥公司。兩家關係企業的名稱接近且領域接近，其專利技術近似度也相當高。

3.4.9. Atomwise

目前有三篇涉及人工智慧科技的專利案「用於將卷積網絡應用於空間數據的系統和方法(System and method for applying a convolutional network to spatial data, US 10,002,312 及 US 9,373,059)」、「結合親和力預測系統和方法(Binding affinity prediction system and method, EP 3140763)」，前者利用自家的卷積神經網路 AtomNet 確定蛋白質結構的三度空間，後者則利用深度學習科技確定分子與蛋白質間的親和力。值得注意的是，「用於將卷積網絡應用於空間數據的系統和方法」這兩篇美國專利的審查過程中，審查官並沒有發出任何專利適格性、新穎性或非顯而易見性的審查意見，而是逕自予以核准。顯見 Atomwise 的人工智慧科技之先進，且請求項的撰寫方式及技術內容避開了受到專利適格性質疑的挑戰。

再者，Atomwise 提出專利申請的國家不只美國或 WIPO，並擴及到中國、日本及新加坡，表明 Atomwise 看中亞洲市場及潛在的能提供高端人工智慧服務的國家。而且 Atomwise 將可透過專利審查高速公路 (Patent prosecution highway, PPH) 制度主張美國專利案以獲得專利權而請求其他國家的專利局依據美國專利予以其他國家的專利權。

²¹⁷BioXcel Corp. website, from <http://bioxcel.com/> (latest access on 2018/9/1)

²¹⁸BioXcel Therapeutics Inc. website, from <http://www.bioxceltherapeutics.com/> (latest access on 2018/9/1)

因此，我們認為 Atomwise 投注心力於利用卷積神經網路及深度學習技術來確認分子及標靶分子間三維結構，可更快速地找到對應於標靶分子的新穎分子或藥物。Atomwise 曾在 2015 年短短不到一週內花費不到 1,000 美元，便找到兩種或許可用來對抗伊波拉（Ebola）病毒的化學分子。在過去，若是以傳統藥物研發方法對龐大的數據進行分析，需耗費數年光陰，甚至可能無法得到任何候選藥物！Atomwise 有此優異的實證成績，也就在 2018 年年中獲得來自孟山都風險投資公司、Data Collective (DCVC) 及 B Capital Group 領投的 4,500 萬美元的 A 輪融資，而百度創投及騰訊則作為新投資者²¹⁹。

3.4.10. Numedii

設立於美國加州的 Numedii Inc.在其網站上宣稱利用人工智慧、大數據及系統生物學於藥物探索及精準醫療上²²⁰。目前僅能找到一篇 Numedii 的發明「腸胃病和其他病症的治療」，其申請了 WIPO、美國、中國、日本歐洲專利，該專利通篇未揭露以人工智慧科技及大數據找到候選藥物 β 阻滯劑（ β blocker），而是如同一般醫藥專利揭露的方式，揭露 β 阻滯劑治療包括潰瘍性腸胃炎、發炎性腸道病症（inflammatory bowel disease，IBD）、克隆氏病（Crohn's disease）的疾病。我們認為，Numedii 仍是將其人工智慧科技及大數據作為營業秘密來保護。

3.4.11. Standigm

Standigm 是一家較鮮被關注的韓國藥物開發公司，Standigm 也宣稱用其最先進的真實數據的機器學習科技，來消除藥物探索過程的不確定性，使其專注於開發具有成功機會的候選藥物²²¹。目前 Standigm 有兩件專利公開案：「以機器學習整體模型預測組合藥物治療功效的方法(Method for Predicting Therapeutic Efficacy of Combined Drug by Machine

²¹⁹王威傑 (2018 年 7 月 18 日)，AI X 新藥研發（上）新創公司能在製藥領域闖出一條路嗎？，Medium.com，來源：<https://medium.com/hspectrum/ai-x-%E6%96%B0%E8%97%A5%E7%A0%94%E7%99%BC-%E4%B8%8A-%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E6%85%A7-%E8%83%BD%E7%82%BA%E6%96%B0%E5%89%B5%E5%85%AC%E5%8F%B8%E5%9C%A8%E8%A3%BD%E8%97%A5%E9%A0%98%E5%9F%9F%E5%B8%B6%E4%BE%86%E5%A5%BD%E8%99%95%E5%97%8E-8ae08e6d225a>（最後查閱日期：2018 年 8 月 27 日）

²²⁰Numedii Inc. website, from <http://numedii.com/technology/> (latest access on 2018/8/31)

²²¹Standigm website, from <http://www.standigm.com/> (latest access on 2018/8/31)

Learning Ensemble Model)」(KR 20180022537 及 KR 20170031981)，其首先以細胞株、多種藥物以及細胞株與藥物交叉反應的數據(基因級別)進行特徵處理，再於傳導路徑級別利用電腦演算法進行機器學習，最後在多種預測結果中進行組合藥物治療功效的整體預測。由於 KR 20170031981 對應的美國案尚未開始進行審查，還無法得知是否會面臨專利適格性的挑戰。

表 2 為上述 16 家人工智慧科技的新創公司中的 11 家公司的專利公開案資訊。這些專利公開案的公開日多落於 2017 至 2018 年間，可能尚在審查中或等待審查，因此並未對這些公開案進一步檢索是否具有公告號。值得注意的是，有些 PCT 申請案的國家階段為 EPO、日本、墨西哥、加拿大、澳洲、以色列，表明這些人工智慧技術公司傾向於在這些工業化國家、區域佈局人工智慧及藥物探索，這些國家及區域也將會是他們的市場所在。我們也注意到，有些近期的 PCT 申請案(例如 WO 2018/112409)尚未進入國家階段，推測是這些 PCT 申請案仍在申請日起進入國家階段的 30 個月期限內，申請人仍在思索其專利佈局，有待持續追蹤。此外，雖然英國即將脫離歐盟，表 2 的 Benevolent AI 及 Exscientia 這兩家英國公司之 PCT 申請案的國家階段均有 EPO，表明這兩家英國公司仍擁抱著歐洲這個作為僅次於美國的經濟體市場。

表 2 11 家人工智慧科技的新創公司的專利公開案資訊

公司(註冊國家)	發明名稱	專利公開號	PCT 國家階段
BenevolentAI(英)	治療疼痛的 VAP-1 抑制劑(VAP-1 inhibitors for treating pain)	WO 2017/098236	日、加、EPO、以色列
	神經退行性疾病的治療(Treatment of neurodegenerative diseases)	WO 2017/051188 (CN 108025005)	歐亞專利局、韓、新加坡、EPO、墨、加、日、美、澳
	食慾激素受體拮抗物(Orexin receptor antagonists)	WO 2018/146466	無
XtalPi(中)	一種面向高性能計算雲平台的作業調度方法(High-performance-computing-cloud-platform-oriented job scheduling method)	CN 107203422	
	一種雲計算環境中自適應的組合作 workflow 方法(Self-adaptive composite workflow method used in cloud computing environment)	CN 107203421	
Insilico Medicine (美)	Brd2 蛋白質抑制劑化合物及其用途(Brd2 protein inhibitor compounds and uses thereof)	US 2018/0225427	
	預防老化的 Withaferin 組合物(Withaferin compositions for prevention of aging)	US 2018/0125865	

107 年度跨領域產業創新科技管理與智財運用人才培訓計畫-海外培訓成果發表會
人工智慧在藥物探索中所扮演的角色

	用於排序有潛力之保護老化藥物的系統、方法及軟體(Systems, methods and software for ranking potential geroprotective drugs)	US 2017/0293715	
	強大轉錄學數據分析的系統、方法及軟體(System, method and software for robust transcriptomic data analysis)	US 2017/0277826	
	在病患增進藥物功效及安全性的系統、方法及軟體(System, method, and software for improved drug efficacy and safety in a patient)	US 2017/0193176 US 2016/0132632	
Recursion Pharmaceuticals (美)	治療神經退化疾病的方法(Methods of treating ataxia-telangiectasia)	WO 2018/112409	無
Biovista(美)	治療粒線體疾病的組合物及方法(Compositions and methods for treating mitochondrial diseases)	US 2018/0110775	
	使用四環吡嗪啉治療多發性硬化症的方法(Methods for treating multiple sclerosis using tetracyclic pyrazinoindoles)	US 2011/0268699	
	治療癲癇的組合物及方法(Compositions and methods for treating epilepsy)	US 2015/0133488	
	治療多發性硬化症的組合物及方法(Compositions and methods for treating multiple sclerosis)	US 2015/0111919	
	癌症治療的組合物及方法(Compositions and methods for cancer treatment)	US 9795601	
	治療眼睛疾病的組合物及方法(Compositions and methods for treating eye diseases)	WO 2010/056710	無
Exscientia(英)	遞增性地擴大分類器的系統及方法(System and methods for incrementally augmenting a classifier)	US 2005/0114278	
	用以學習分類圖案及評估決定之價值之方法及裝置(Method and apparatus for learning to classify patterns and assess the value of decisions)	WO 03/032248 (TW571248)	中、日、加、以、EPO、印、澳
Nurate(美)	用作為 GPR120 調節子的單環化合物(Monocyclic compounds useful as GPR120 modulators)	WO 2018/049324	無
	用作為 GPR120 調節子的雙環化合物(bicyclic compounds useful as gpr120 modulators)	WO 2018/049328	無
	使用排序的分子特性模型(Molecular property modeling using ranking)	US 2012/0221501	
	抑制轉麩醯胺酸酶 2 的 3-acylidene-2-oxoindole 衍生物(3-Acylidene-2-oxoindole derivatives for inhibition of transglutaminase 2)	WO 2012/078519	無
	用於分子系統的分機械的方法及裝置(Method and apparatus for molecular mechanics analysis of molecular systems)	US 2004/010525	
	抑制激酶及/或 HMG-CoA 還原酶的組合物及治療(Compositions and treatments for inhibiting kinase and/or HMG-CoA reductase)	EP 1948168	
BioXcel Corp.(美)	用於評估越過治療區域的藥物表現的方法及其裝置(Methods for assessing pharmaceutical performance across therapeutic areas and devices thereof)	US 2018/0226156	
	在癌症之靶定腫瘤的新穎免疫調節治療策略(Novel immunomodulatory therapeutic strategies targeting tumors in cancer)	US 2018/0134771	

	用於以靶定凝集素半乳糖苷結合可溶性 3 結合蛋白質而預防腫瘤生長及治療癌症的組合物及方法(Compositions and methods for preventing tumor growth and treating cancer by targeting lectin galactoside-binding soluble 3 binding protein)	US 2018/0094058	
	泛素-蛋白酶體系統抑制劑用於治療與第二型神經纖維瘤病相關之腫瘤的用途(Use of ubiquitin-proteasome system inhibitors for treatment of tumors associated with neurofibromatosis type-2)	US 2017/0360872	
	Src 家族激酶抑制劑在核糖體疾病的用途(Use of src family kinase inhibitor in ribosomal disorder)	WO 2017/214514	無
	癌症免疫調節治療(Immunomodulation therapies for cancer)	WO 2017/156152	無
	使用右美托咪啶配方預防或治療睡眠疾病(Prevention or treatment of sleep disorders using dexmedetomidine formulation)	US 2017/0239221	
	重新規劃及重新配置醫藥數據的方法及其裝置(Methods for reformulating and repositioning pharmaceutical data and devices thereof)	US 2017/0220767	
	用於失眠的已知安全藥物的協同組成物及其治療方法(Synergistic composition of known, safe pharmaceuticals for use in insomnia and a method of treatment thereof)	WO 2016/061554	無
	分類及排序安全資訊的系統及方法(Systems and methods to classify and rank health information)	US 2016/0063202	
BioXcel Therapeutics, Inc. (美)	前列腺癌的預測及診斷方法(Predictive and diagnostic methods for prostate cancer)	WO 2018/129497	無
	舌下右美托咪啶在精神刺激治療的用途(Use of sublingual dexmedetomidine for the treatment of agitation)	WO 2018/126182	無
	一種使用免疫調節治療癌症的新穎方法(A novel approach for treatment of cancer using immunomodulation)	WO 2017/011831 (CN 108136025)	韓、墨、俄羅斯聯邦、日、加、澳、EPO
Atomwise(美)	用於將卷積網絡應用於空間數據的系統和方法(System and method for applying a convolutional network to spatial data)	US 10,002,312 US 9,373,059	
	結合親和力預測系統和方法(Binding affinity prediction system and method)」	EP 3140763	
Numedii(美)	腸胃病和其他病症的治療(Treatment of gastrointestinal and other disorders)	CN 105263482	
Standigm(韓)	以機器學習整體模型預測組合藥物治療功效的方法(Method for Predicting Therapeutic Efficacy of Combined Drug by Machine Learning Ensemble Model)	KR 20180022537 KR 20170031981	

雖然圖 7 右欄列舉了 16 家人工智慧科技公司，但在逐一檢視後，僅有 11 家公司可檢索出專利案。我們再將這 16 家人工智慧科技公司的專利類型分類並示於表 3。由表二可知，並非這些人工智慧科技公司都會申請與人工智慧科技相關的軟體/演算法專利，有些人工智慧科技公司僅會申請醫藥專利（例如 BenevolentAI 及 Biovista），有些人工智慧科

技公司則是醫藥專利以及與人工智慧科技相關的軟體/演算法專利都會提出申請（例如 Insilico Medicine 及 BioXcel）。如同世界首富傑夫瑞·貝佐斯（Jeffrey Bezos）在成立亞馬遜（Amazon.com）之前工作的紐約華爾街 DESCO 金融公司，DESCO 公司利用電腦和繁複精妙的數學公式偵測全球金融市場的異常波動模式、趁機進行套利交易²²²，這些宣稱是人工智慧科技的公司想要獨占鰲頭、不讓競爭者仿效如何從人工智慧科技得到這些化合物的，因此嚴格保密他們的人工智慧科技、演算法技術、深度學習及大數據等機密，而僅對所獲得的化合物及醫藥組合物、裝置、治療方法進行專利保護。然而，仍有晶泰科技（XtalPi）及 Atomwise 等公司投入軟體/演算法專利申請中；其中 XtalPi 在中國提出的專利案能夠為他們在中國奠定應用於生醫產業的人工智慧科技基礎；Atomwise 則是在沒有面臨專利適格性的挑戰下，以卷積神經網路 AtomeNet 攻下美國專利的灘頭堡。

提交醫藥及軟體/演算法專利二者的公司有 Insilico Medicine 及 BioXcel，其中 Insilico Medicine 的「預防老化的 Withaferin 組合物」（US 2018/0125865）與其在網站上宣傳的研究主題一致，均是為了解決人類老化的課題；BioXcel 的醫藥專利申請量高於軟體/演算法專利，表明 BioXcel 確實著重於生物「Bio」乘以（×）細胞「cell」的領域，期許他們的生物細胞能夠達到倍增效果。

值得注意的是，表二的這 16 家人工智慧科技公司中有 5 家公司目前並未檢索到任何專利公開案，我們認為，這可能是受到專利申請案在其申請日或最早優先權日起 18 個月才會公開，也可能是這 5 家人工智慧科技公司並未提出任何專利申請案，或者是這 5 家人工智慧科技公司與製藥或生技公司合作，其可能將其研發出的人工智慧科技或醫藥發明的專利申請權讓與該製藥或生技公司，例如，美國 BERG 公司與阿斯特捷利康製藥公司（AstraZeneca）及賽諾菲（Sanofi）進行合作（參見圖 3-2）。一篇 2017 年 8 月的報導²²³指出，BERG 是一家使用人工智慧於藥物探索的生物醫藥公司，其與 AstraZeneca 進行研究合作，確認治療例如帕金森氏症的神經疾病的新治療標的。

²²²廖月娟 (譯) (2016)。華爾街的計量金融家。貝佐斯傳：從電商之王到物聯網中樞，亞馬遜成功的關鍵 (37-52 頁) (原作者：Brad Stone)。天下文化。(原作出版年：2014)

²²³BERG (2017, August 28). BERG forms research collaboration with AstraZeneca to identify new therapeutic targets to treat neurological disorders such as Parkinson's disease. Berghealth.com, from <https://berghealth.com/berg-forms-research-collaboration-with-astrazeneca-to-identify-new-therapeutic-targets-to-treat-neurological-disorders-such-as-parkinsons-disease/> (latest access on 2018/9/3)

表 3 人工智慧科技公司的專利類型分析

類型	公司	公司數
醫藥專利	BenevolentAI、Recursion Pharmaceuticals、Biovista、Numedii	4
軟體/演算法專利	XtalPi、Exscientia、Atomwise、Standigm	4
醫藥及軟體/演算法	Insilico Medicine、Numerate、BioXcel	3
無專利公開	GNS Healthcar、BERG、TwoXAR、Cloud Pharmaceuticals、Cyclica	5

綜合上述，透過分析這些人工智慧科技公司的專利申請數量及技術類別，可以確認各家公司的人工智慧技術保護策略及專利佈局，得知是否與其公布的市場消息一致。由於前述 11 家人工智慧科技公司的專利申請案多在 2017-2018 年公開，讀者可追蹤前述幾家人工智慧科技公司專利申請案的歷史申請文獻，分析這些專利申請案是否遭遇專利適格性之問題及其答辯因應策略。尤其，若欲佈局美國專利者，在美國法院判例及審查意見對專利適格性的嚴格審視下，在擬定請求項時避開專利適格性的挑戰將是重要課題。

再者，這些人工智慧技術公司的專利申請及佈局策略也可提供台灣有志從事人工智慧科技的產業或研究機構做為參考。若認為自己單位傾向於研究高端的人工智慧之演算法、大數據、深度學習，則建議不傾向申請專利保護或僅將少許技術提交專利申請，以避免因專利公開而使競爭者或後起之秀追趕而上。若認為自己單位傾向於利用合作對象或技術授權人的人工智慧技術從事藥物探索，則建議以藥物探索獲得的新穎醫藥化合物及其醫藥實驗數據申請專利保護。畢竟，藥物探索所獲得的新穎醫藥化合物才是進入藥物開發及最終取得藥物許可證的門票。若認為自己單位在人工智慧技術、藥物探索及醫藥研究均有斬獲，則可在醫藥及軟體/演算法兩個領域均提交專利申請，以吸引創投資金的持續投入來加速人工智慧技術及藥物探索的成功機會。若認為自己單位的新穎醫藥化合物尚未成熟到具有通過專利審查的可能性，則建議在持續投入研發後將新穎醫藥化合物授權或轉讓給大型藥廠，藉由大型藥廠更深厚的研發及臨床試驗能量以及全球藥物銷售能力，將該醫藥化合物推向全球藥物市場。

肆、訪談個案

4.1.台灣的人工智慧生技新創公司 - Insilico Medicine Taiwan

Insilico Medicine 於 2014 年 1 月在巴爾的摩成立，公司擁有 30 名員工，投資方包括 MannBioinvest、Deep Knowledge Ventures，累計獲得 500 萬美元投資，是運用生成對抗網路（Generative Adversarial Network, GAN）的人工智慧公司。Insilico 公司名稱為 in silico 之合體字，意指「在矽之中」，也就是「進行於電腦中，或是經由電腦模擬」之意，此用語是衍生自另外兩個在生物學上常用的片語：*in vivo*（生物活體內）及 *in vitro*（生物活體外）。Insilico Medicine 率先全球運用「生成對抗網路」（Generative Adversarial Network, GAN）、再深度強化學習（Reinforcement Learning）生成出具有特性的新分子結構，同時是全球第一家以應用「生成對抗網路」，生成具有特定參數的新分子結構，在 Oncotarget 及 Molecular Pharmaceutics 上發表開創性論文的公司；專研於癌症、帕金森病、老年性痴呆、漸凍人、糖尿病、肌肉減少症和衰老等新藥開發計劃。人工智慧醫藥新兵 Insilico 其 Pharma.AI 部門，目前為全球的生技、製藥和皮膚護理大廠的合作研發夥伴，並為許多國家政府與基金會提供先進的人工智慧學習服務²²⁴。

GAN 被譽為近十年最重要的無監督式深度學習演算法，能利用兩個相互對抗的神經網路模型（一個負責生成真偽難辨的資料、一個負責分析判讀資料的真偽），大幅減少訓練深度學習演算法所需的資料量，對臨床資料有限的生醫領域意義重大。Insilico Medicine 也獲得輝達（NVIDIA）深度學習與新創加速器計畫評選為「最具社會影響力」的五家人工智慧新創公司之一。

製藥是高投資高風險的事業，近年來新藥研發的效率低落，面臨高達 92% 的臨床實驗失敗率。Insilico Medicine CEO Alex Zhavoronkov 說 Insilico Medicine 提供製藥廠平台方式，用 GAN 生成對抗網路的方式，篩選可能有用的分子，再把結果授權給藥廠，降底藥廠的風險。Insilico Medicine 目前目標鎖定是人類老化問題，儘管老化不是疾病，但人類長久以來的夢想就是延遲老化，甚至反轉老化過程。²²⁵

²²⁴ TechNews 科技新報 (2017 年 4 月 29 日)，Nvidia 黃仁勳與眾投資人欽點的 5 家醫療 AI 創業企業，來源：<https://itw01.com/2ATJVEY.html> (最後查閱時間：2018 年 10 月 3 日)

²²⁵ 財團法人生物技術開發中心 (2017 年 6 月 29 日)，生技中心、藥技中心、北醫大聯手推動台灣生醫領域的

2018 年 6 月 6 日在台灣與 Insilico Medicine Taiwan CEO Artur Kadurin 進行訪談，早期 Insilico Medicine 的作法是用傳統理論神經網路的方式來建立人工智慧，後來成為第一個運用生成對抗網路（Generative Adversarial Network, GAN），Artur Kadurin 是第一位發表該主題的國際期刊作者，可以透過 GAN 去想像化學結構的生成有機會可以應用或是得知溶解度、毒性和安全性等等的資訊，有些運用人工智慧製藥的公司是使用自身就建立近幾百萬幾千萬的化學結構資料庫並以大數據的方式去找到最有機會的化合物，Insilico Medicine 是用 de novo 的方式去設計藥物成分，目的是縮短藥物開發的時程和成本花費。

1. 2014 年 1 月在巴爾的摩成立後不久，Insilico Medicine 在台灣成立子公司的原因是什麼？

Artur Kadurin 表示：來台灣組建人工智慧深度學習團隊以及整合發展符合當地藥物發現的生態體系，台灣過去一直在資通訊領域領先全球，相信這樣的合作基礎，將有助加速未來生技製藥業的進步，同時透過台灣與亞洲相關產業進行連結，希望結合人工智慧的製藥，期待 Insilico Medicine Taiwan 能幫助台灣生技製藥產業，減少找尋潛在藥物的時間與成本，吸引 Insilico Medicine 在台灣設立成立亞洲人工智慧研發中心的原因，除了台灣政府政策支持外，另一個原因是台灣優秀的資訊人才。Insilico Medicine 在發展自身的人工智慧技術時，除了與輝達（NVIDIA）外，也與一些在台灣設計生產晶片的廠商合作；在台灣成立分公司可以加強與這些公司的合作關係。

2. 打造一個成功的人工智慧探索新藥新創公司的要素為何？

Artur Kadurin 的回答是「團隊」；Insilico Medicine 的團隊成員大都是從事研發工作的軟體工程師，他們的生物學訓練不是很多，但是在公司的這個階段，擅長程式編寫的軟體工程師遠比具生醫背景的人才來的重要。目前已和財團法人生技中心、資策會、撼訊科技培育人工智慧數位健康人才，以整合資通訊與生醫跨領域人才為目標，共同開發人工智慧相關的生醫產業、區塊鏈、大數據等相關課程。

3. 在眾多人工智能驅動的創業公司中，旨在加速藥物發現和生物標誌物鑑定的過程，是什麼讓 Insilico Medicine 的技術獨特且具有競爭力？

Artur Kadurin 表示：之所以被 NVIDIA Inception 提名具影響力的人工智慧公司源自於美國 Insilico Medicine 專注於藥物發現、生技發展、老化和年齡相關疾病研究，Insilico Medicine Taiwan 未來能在台研發中心會提供的技術服務，除了問題中已提及的人工智慧於藥物與生物標記之研發應用，還有新一代化學結構重建之網絡生成、深層特徵萃取之路徑分析、深度學習基本化學結構之評比引擎和強化學習與預測配體-蛋白質交互作用等。

4. 如果以傳統藥物開發製程，其開發每種藥物的研發費用約為 26 億美元，那麼使用 Insilico 的人工智慧驅動技術可以節省多少錢？

Artur Kadurin 表示：目前全世界可能存在的化學分子數量相當巨大，因此要在如此大規模數據中，找出可應用於藥品的化學分子，只靠人力篩選可謂大海撈針、研發速度遲緩。但人工智慧可透過 GPU（圖像處理器）處理龐大資料庫，再用深度學習演算法在不同開發方向（如化學分子的可吸收性或親和性）中，主動下達篩選條件，針對不同症狀研發藥物。另外，藥廠都希望在開發新藥階段節省不必要的試誤成本、金錢及時間，若能將人工智慧納入藥物開發的過程，一方面可減少臨床人體實驗錯誤，降低製藥成本；另一方面，由於傳統臨床實驗很難研究試驗失敗原因，往往只能透過不斷試誤找出問題，但人工智慧可在藥物開發每個階段累積錯誤資訊，藉著回饋提供因果，為往後新藥開發貢獻資訊。未來透過人工智慧製藥，大幅減少藥品研發成本與時間，以後可能不用花二十億美元研發一個新藥，藥價也會因此降低。

5. 是什麼讓 Insilico Medicine 成為 NVIDIA Inception 計劃提名的社會影響力的前五大創業公司之一？

Artur Kadurin 表示：Insilico Medicine 正在利用人工智慧的技術解決藥物發現、生物標記發展和衰老研究等問題，提升每個人的生命週期質量（QALY）。目前，每提升一個單位 QALY，將花費 6 萬美元，而這將由新藥物的研發所引導，同時，

Insilico Medicine 可以用生物標記衡量一個人的年齡，有幾千個「leads」用於治療疾病的分子模型，它們通過在生物體模型中驗證來提煉相應藥物，加速製藥公司的藥物開發，也希望能夠找到跟老化疾病相關的藥物治療。

6. Insilico Medicine CEO Alex Zhavoronkov 曾經說過：「在我們擊敗最大的挑戰：年齡相關的疾病之前，我們不會放棄。」是什麼讓老齡化成為 Insilico 在研究和產品開發方面的主題？

Artur Kadurin 表示：人體內有控制生物年齡的「衰老時鐘」，內嵌於人體血液化學成分中，可以預測我們的細胞和軀體最可能的死亡時間，根據來自韓國、加拿大和東歐的 13 萬病人群體的血檢數據進行大數據、人工智慧分析後提出了「衰老時鐘」的概念。此研究中所用的人工智慧運算可以精確地測出一個人的生理年齡。人們可以通過網站 www.Young.AI 提交自己相關血檢信息，並上傳一張近期面部照片，就可藉助 Insilico Medicine 公司的人工智慧運算法就可預測壽命長短，所有有用的訊息皆來自血液檢測。其實科學家們認為計時年齡並不能準確預測人的死亡限期，而且計時年齡同生物年齡之間的偏差可超過 30 年，生物年齡是個更準確的預測指標。利用人工智慧，對十幾萬人的血液成分、年齡、種族以及其他數據進行分析和比較後建立了演算法，只需要一滴血液裡的相關數據，該演算法就可預測一個人的壽命，並可判斷是否未老先衰。

下個階段，會納入特定族群的血液生化數據，以進一步提高人工智慧的深度學習。該演算法在抗衰老藥物的臨床試驗中也能有所幫助，因為其有助於評估藥物的有效性，只需要觀察患者在用藥後是否從高度老齡化、高風險狀態轉變到健康的、風險較低的狀態。據估計，到 2029 年為止，美國 65 歲或以上的人將達 7144 萬，占美國人口的 20%，在這種情況下，需要越早開始對人工智慧的信任。

4.2.台灣的人工智慧生技研究單位- DCB (訪談)

為響應經濟部技術處推動智慧生醫產業之前瞻應用與研發，財團法人生物技術開發中心（生技開發中心）於 2017 年 6 月 29 日「台灣生技月 2017 亞洲生技商機高峰論壇」中，與財團法人醫藥工業技術發展中心（藥技中心）、台北醫學大學（北醫大）、美國

人工智慧技術公司 InSilico Medicine 共同簽署合作意向書、針對運用人工智慧進行藥物研發與疾病治療進行國際合作。人工智慧技術在生醫領域的應用能幫助提供重要洞悉，也是人類對抗疾病與增進生命福祉的重要利器，同時是一股破壞性創新的力量、對全球生技與醫療產業將帶來衝擊。加速全新藥物與疾病治療方法的出現。全球生技製藥業價值鏈已朝開放合作模式進展，跨界與跨國合作是台灣藥廠必須走的路²²⁶。

我們於 2018 年 6 月 21 日與生技開發中心（DCB）黃玉華處長進行訪談，黃處長在英國牛津念語言學同時進修古典人工智慧，針對人工智慧其實有很多歷史可做討論，人工智慧的意涵在四十年前和四十年後是完全不一樣的，比如說我們都是人，但侷限於人種和年齡的問題導致人工智慧無法往下走，當初人工智慧的角度大多從神經網絡發展，當初牛津和麻省理工學院在網路出現之前各持不同的人工智慧理論，網路出現後發現處理資訊的方式與人腦的神經網絡概念相似，會像網路一樣得到反饋，後來遇到瓶頸是因為發現人腦不像電腦一樣只會正向和負向回饋，因而反思人工智慧的啟發是在人類的神經迴路和思考。

對大腦的理解得越透徹對現在處理人工智慧會越加強它的功力，目前人工智慧趨勢會傾向於複製人腦或是能破解人腦處理資訊的方式，當初黃處長在資策會時就是以這種邏輯處理資訊的相同問題，經過這段時間的演練可以知道人工智慧與大腦是相輔相成的，現在對人腦的理解是有相當的進步。

先前 IBM Watson 的出現讓很多人興奮地認為可以解決很多問題，但經過一段時間大家才發現它只能解決部分問題，也無法解決所有細節：IBM Watson 是一種專家系統，在該領域的系統中盡可能的閱讀文獻爾後給予建議，但人類最有興趣的不是專家系統而是想像力，現在的 IBM 和五年前的 IBM 又有明顯的進步。雖說 IBM Watson 不能為人類解決原先預想中的問題，不過 IBM Watson 的影像系統卻能解決一般醫生無法一次看這麼多的影像。先前麻州總醫院希望從外部找人工智慧人才來解決醫師人員的負擔，但發現根本無法找到相關專業人才，後來麻州總醫院直接培育相關專業人才以利研發人工智慧

²²⁶同註 225。

提升醫療環境；例如兒童發展遲緩，以前醫生只能翻厚重的書來做比對，但自從透過人工智慧來診斷後，其準確率高達 99.7%且 11 秒就可以完成，放射科醫師最後只需確認簽名即可，而該醫院有單獨成立一個部門專門處理人工智慧醫事相關輔助功能。另外，美國一家公司利用影像系統來診斷腦部是否正在老化，所以在人類老化的部分也是可以利用人工智慧作為輔助的方向。人類其實並不適合處理高緯度和大量的資料，這也從不是人類的擅長，所以現世代需要銜接人工智慧來輔助，未來的確是人工智慧的時代。

其實生技開發中心（DCB）去年邀請 InSilico Medicine 來演講時，台下的大家也還是無法完全理解 InSilico Medicine 所演講的內容，因為當時還處在 NVIDIA 運算初始階段。2014 年人工智慧的大突破的背景包括有臉書藉由收集影像做大數據分析，也搭配 GPU 的技術建立的更完善了，晚近人工智慧最關鍵的發展還是因為 GPU 運算技術有所突破，所以回歸到藥物探索在這麼冗長又沒效率的 try and error 過程中，可否藉由工具來加速藥物開發的過程？其實有個有趣的形容：藥廠和生技公司的關係，大藥廠像是電影製片公司，生技公司像是撰寫劇本的獨立製作，獨立製作需要等待大藥廠是否願意投資(發片)發行，同時大藥廠也能評估此藥是否能在市場上有廣大的銷售。但上述的形容也不完全適用在藥物開發的實際情況，因為藥物開發不能像電影是走創意路線，必須要有昂貴又制式的臨床試驗，很多藥廠在臨床試驗時的失敗是出自於在該階段都是亂槍打鳥，複雜性疾病其實在動物和臨床實驗都無法以跨物種族來評估藥物效果，因而衍生出新的測試模式出現，所以人工智慧是否可輔助設計模擬不存在於現實的人類，再輸入大數據中的人體資料(例如：年紀、血型、基因、人種)做為臨床試驗的對象，以數位模擬的方式取得藥理和毒性反應，進而完成藥物開發所需要的臨床試驗。

另外，由於現在基因萃取和定序技術的價格越來越便宜，可以把個人基因 DNA 萃取後注入在微流體晶片上，未來可以期許將藥物與晶片上的基因做反應後評估是否具有療效。美國哈佛 WISS 實驗室去年成立一間公司就是以做微流體晶片 organ on the chip 為主，主要以已知的人體肝臟基因取代動物測試食品的毒性進而得知藥物安全性的問題，目前美國 FDA 已採用該微流體晶片，並透過此平台就可以在後端運用人工智慧為不同人種和毒理的分析。人工智慧在藥物探索需要大量的人體數據回饋才能分析，然而傳統的藥物開發是透過想像力來執行臨床試驗，若失敗則前功盡棄；但若能透過模擬和晶片設計的

大數據去重組符合人體的分子結構，因不涉及人體倫理故藥物開發速度就會加速很多同時成本也會減少許多，目前歐洲像是英國已推行十幾年認為動物不應該為了人體試驗而被犧牲使用，所以很可能在未來 20 年內動物實驗即將完全會消失，動物將不會再用來代替人類做任何的臨床試驗，因為將來人類基因的定序價格將會非常便宜，進而變成衍生性商品後皆可標價。人類因為透過區塊鏈之緣故，所以自己可以決定基因或血液數據願意轉讓給誰，所以這些都在未來會發生的事情，所以人工智慧怎麼可能不參與其中呢。

現在到底要如何透過人工智慧做藥物探索，過去藥物開發之所以這麼昂貴是因為牽扯到很多既得利益者不願意放棄暴利等種種原因，不過現今英國政府卻願意讓 Biobank 釋出幾十萬人的生物資訊提供給全世界使用，目的是為了要讓全世界的科學家幫英國解決因人口老化而衍生出來的嚴重醫療問題，所以 InSilico Medicine 的創辦人暨執行長扎沃隆科夫博士（Alex Zhavoronkov）曾說「如果你的國家因為歧視人工智慧而不願意把資料分享出來，未來人工智慧也會歧視你，然而之後透過人工智慧所產生出來的藥物也不會開放給你的國家試用。」如何將人工智慧融入人類的生活中，應該就要先從學校的基礎教育讓孩子學習如何讓人工智慧這個工具為自己服務，否則會讓人類很快發現失去自己的價值和創新能力，可以把人工智慧形容成是高端數學家，所以要讓高端數學家為我們做我們做不到的事情。

由於本組先前採訪過 InSilico Medicine 得知該公司是和其他單位合作以取得這些大數據，所以 InSilico Medicine 未來是否會因為受限於一定與他人合作而無法持續發展，另外，由於這些資料與個資有關，是否也會牽涉於資產保護相關的法律。處長認為回歸到 InSilico Medicine 的創辦人暨執行長扎沃隆科夫博士（Alex Zhavoronkov）先前提到的如果你的國家因為歧視人工智慧而不願意把資料分享出來，未來人工智慧也會歧視你；所以舉例像是開發自駕車，若該國家無法讓你順利發展自駕車，那就選擇願意讓你發展自駕車的技術和環境，因為全世界的技術和人才是流動的，所以還有多少時間和機會可以繼續鎖國，若要以探討隱私保護的議題為首要，未來則不會讓你用人工智慧發展的藥物受到治療。

而生技開發中心（DCB）和 Insilico Medicine 的合作的角色上是否分別為 Insilico Medicine 將人工智慧技術引進，而生技開發中心（DCB）為結合台灣的醫院或其他合作單位？處長回覆目前由於受限於台灣的法規所以生技開發中心（DCB）無權可以這樣執行，另外很現實的問題是生技開發中心（DCB）本身都無法直接拿到相關資訊，但可以反思的是：所有的生醫資料都跟隱私權有關嗎？處長的回答是：不一定。真正有價值的部分是演算法，只要有一群真實的 data 讓機器去演算，訓練完就可以結束了。像是臉書的案例，大家一開始都在不知道的情況下將照片丟到臉書平台，其實這些照片都屬於臉書的而不是屬於自己的，但是等大家都知道個資的重要性之後，臉書早就利用大家自願丟到臉書的照片練兵練完了，而人工智慧的演化也因此更進一步了；所以其實人工智慧的訓練是不需要留存任何資料的，也等同說這些資料有必要考慮嚴謹的隱私保護嗎？同理可證，像是小孩子學英文單字，當小孩子學會了這些英文單字，身上就不需要再攜帶單字卡了。

很多國家的 common data 是非常巨量的，美國 FDA 去年推行的數位健康法是為了阿茲海默症，希望針對還沒發病但高風險群的正常人進行藥物開發，病變到發病的過程還有很多可能性，像是血糖很高但還沒成為糖尿病的階段，在被確診糖尿病之前可以先給予治療，很多疾病已提前到預防的概念。同時美國政府也已把阿茲海默症的基因、臨床，影像資料全部公開，只需要透過申請即可使用這些大數據資料，所以很多人還在在意這些資料的隱私性和價值的同時，其實已經有很多地方已將這些大數據公開並且廣泛使用了。所以一定要加入區塊鏈才能確切地將人工智慧執行去連結，這樣才能嚴謹確保個人隱私。

然而生技開發中心（DCB）為何選擇 Insilico Medicine，其原因為過去十幾年在台灣的資訊產業建立深厚情感，所以扎沃隆科夫博士（Alex Zhavoronkov）認識台灣所以才知道台灣的優點，除了有很多的生醫人才，還有政府支持生醫環境的轉型。然而在合作中生技開發中心（DCB）扮演何種的角色呢？其實生技開發中心（DCB）也在學習，像是資訊和醫院要合作是需要跨域結合，比如說生技開發中心（DCB）有很多 Data 要如何應用以及其判斷力也非常不足，所以需要專業人才將其重點轉換成數位資料庫，變成有效知識才能有效的提供後端應用，大家都要從各自擅長的領域發展和相互了解。即便是目

前線上國際期刊所刊登的資訊也不全然是完全正確的，這部分人工智慧無法判斷就得還是要靠人類去做判斷，所以跨域結合是最重要的。

先前藥物開發之所以價格昂貴是因為試驗過程中並無任何的回饋來進行修正，之所以為何需要與 Insilico Medicine 合作原因就是藥物開發需要無數次的數位模擬，以進行修正和調整後才去執行真正的進行臨床實驗，所以這時候需要很多跨域專家一起合作。像是 Digital twin 的概念。人體是一個複雜的系統，若只是一直簡化過程則會找不出真正的原因為何。目前生技開發中心（DCB）在藥物毒性上有累積一些資料，所以目前正在計劃培養訓練人才計畫。Insilico Medicine Taiwan 要開始推動生技開發中心（DCB）數位轉型並把知識推動出去的最首要的就是培養人才，培訓出來的專業人才可以當作種子去播育整個環境；但是目前台灣的生技公司要運用人工智慧在藥物開發上還處於觀望的階段，所以人工智慧還是需要能力強大的國家在背後支撐才有辦法建立完善。

最後黃玉華處長給予我們關於台灣現階段人工智慧對於藥物探索的探討是：雖然台灣的藥物開發技術不如美國做得完善，加上目前國際大藥廠運用人工智慧的方向大多為老藥新用。若以人工智慧應用在治療適應症的方向，像是英國 Precision life 已從癌症的生物標識中用另一種人工智慧去做 high dictional，因此可以在很多人體資料找到乳癌的保護因子/基因，所以可預見未來五年內癌症將不會是絕症。不過關於腦部疾病的阿茲罕默症仍然還是無藥可治，雖然現在大部分的臨床研究都往腦部疾病的方向去發展，但進展有限，處長認為人口老化和腦部相關疾病應屬於國安問題，但台灣現在尚未去認真關切這個議題。當台灣還在爭論個資如何符合倫理道德來使用的同時，反觀英國政府已經願意提供全英國的大數據給全世界進行研究，目的就是希望透過全球的科學家來解決英國人口老化所衍生出的疾病和相關問題，期盼台灣政府能盡早明白人工智慧取代傳統藥物開發的重要性。

處長表示雖然目前台灣要全然接受人工智慧應用在藥物開發還需要不少的時間，但台灣因為光學和晶片等技術很強，或許可以試著先從高階醫材的方向前進，將人工智慧結合大量資料庫和照護系統讓台灣的資通訊科技（ICT）的未來還是大有可為，例如像是可以用 24 小時輔助系統來觀察監測潛在的阿茲海默症和中風高風險的族群，可以在發病

前十年至二十年監控蒐集相關資料後傳至照護系統達到疾病預防的效益。另外，關於如何由人工智慧如何轉成商業模式來獲利營收，無外乎透過委託研究機構(Contract Research Organization,CRO)、運用專利合作對差利益、行銷市場以及應用興櫃/上櫃股票進行募資來增加獲利，未來有人工智慧參與的醫療，配套的相關費用收取則應透過保險給付的方式來給付。

4.3. 小結

因 InSilico Medicine 來台灣建立子公司，所以促成我們選擇訪談 InSilico Medicine TW 和生技開發中心（DCB）這二個單位，鑒於台灣產業界對人工智慧人才求才若渴，InSilico Medicine TW 首波行動即與生技開發中心、資策會、撼訊科技共組合作聯盟，共同開發人工智慧生醫、區塊鏈、大數據相關系列等課程，主要在整合資通訊與生醫跨域人才，加速習得人工智慧技術與藥物開發時程，有效降低高額研發成本風險，以將人工智慧技術深耕台灣。黃玉華處長向我們舉例 2017 年 12 月中國北京大學與美國哈佛 Athinoula A. Martinos 生物醫學成像中心已在深圳合作建立了 14Tesla 的生醫影像系統，藉此影像系統所累積的巨量資料，將可為人工智慧應用在醫療發展上更邁進一大步，台灣目前並無能力可發展到如此規模，所以生技中心黃玉華處長強調台灣若要實際邁入人工智慧的領域，真正關鍵就是人才²²⁷。

提到醫藥領域在人工智慧的應用，目前大眾最熟知的仍是 IBM 的超級電腦 Watson。醫藥人工智慧已成趨勢，不只 IBM，許多國際藥廠及新創團隊已開始發展並應用人工智慧運算技術，來預測治療效果最好的藥物分子。但 Insilico Medicine Taiwan 執行長 Artur Kadurin 表示業界對 IBM Watson 可能期待過高；但生技中心黃玉華處長認為 IBM Watson 對於協助醫生診斷有其幫助，但另一方面，Insilico Medicine 利用人工智慧拓展了人類開發新藥的搜索空間，也是值得關注的應用。新藥研發是一項龐大的工程，數據統計，2014 年只有 46 種新藥被推出，每種藥物的研發費高達 26 億美元，全球研發這些藥物的費用是 1500 億美元；與此同時，新藥研發的失敗率為 92%。Insilico Medicine 期許透過驗證

²²⁷美通社 (2018 年 8 月 23 日)，人工智慧領導美國 Insilico Medicine 在台灣成立亞洲 A.I.研發中心，經濟日報，來源：<https://money.udn.com/money/story/9529/3046409> (最後查閱時間：2018 年 10 月 03 日)

新藥的方式來實現降低開發新藥成本的目標，預估製藥成本應可從 200 萬美元降至 3,800 萬美元的差距，但實際執行仍取決於人工智慧在藥物探索的發展程度²²⁸。

生技開發中心（DCB）黃玉華處長表示由於 Insilico Medicine 是外來廠商，若想在台灣合作藥物開發的議題，目前並沒有與其相關的公司可以接洽，不過台灣現階段已有運用人工智慧做生醫材料的相關產業；而生技開發中心（DCB）黃玉華處長為了拓展人工智慧的多方應用，先後主動接觸了國外五家分別運用不同人工智慧的新藥廠商，經過聯繫和溝通之後，於 2017 年邀請 Insilico Medicine 來台灣協同合作以補足台灣在人工智慧藥物探索的領域，爾後建立了進行「A.I.數位健康人才培育計畫」。由於 Insilico Medicine 在先前就有很多台灣的合作單位，像是中研院、生技開發中心（DCB）還有半導體晶片廠商等等，發現台灣、東南亞等國家有很多人才可以寫相關軟體程式並很有系統的觀念導入人工智慧中，Insilico Medicine 將台灣視為該公司全球發展的策略夥伴，希望透過在台設立研發中心，以生醫的實際應用來培養台灣的人才²²⁹。

²²⁸ 呂珏陞 (2017 年 9 月 21 日)，用 AI 研發新藥它讓黃仁勳也按讚，今周刊 1083 期，來源：

<http://www.businesstoday.com.tw/article-content-80394-167534-%E7%94%A8AI%E7%A0%94%E7%99%BC%E6%96%B0%E8%97%A5%20%20%E5%AE%83%E8%AE%93%E9%BB%83%E4%BB%81%E5%8B%B3%E4%B9%9F%E6%8C%89%E8%AE%9A> (最後查閱時間：2018 年 10 月 03 日)

²²⁹ 蔡紀眉 (2018 年 3 月 21 日)，全球 AI 百強 Insilico Medicine 來台，成立亞洲首座 AI 生醫研發基地，數位時代，來源：<https://www.bnext.com.tw/article/48573/insilico-medicine-establish-asia-ai-rd-center-for-biomedical-in-taiwan> (最後查閱時間：2018 年 10 月 03 日)

伍、結論與建議

在英國牛津大學研究各國人工智慧的學者 Jeffrey Ding 認為：歐洲雖然有強大的人工智慧研究，但人工智慧行業卻相對很弱，部分原因是因為美國人工智慧創業公司的風險投資資金遠遠超過了歐洲²³⁰。在本研究聚焦的人工智慧應用-藥物探索-的領域中，本研究的分析也發現：從事的人工智慧探索新藥的公司數量有近 67%位在北美洲，位在歐洲僅 29%；如果以所在的國家來排名，美國有 38 家(57%)居首位、第二名的英國有 12 家(17%)、第三名是加拿大有 7 家(10%)(請參見 3.3.2)。雖然本組國外受訓的地點為德國，但是因為客觀條件 - 德國並非是人工智慧探索新藥行業領先的國家，加上地緣及國外受訓時間的限制，無法順利訪談德國在這個領域的人工智慧公司，所以本研究將不針對德國或歐洲進行案例分析，而將分析對象側重在這個領域技術領先的國家與公司；針對目前的發展趨勢進行探討，歸納出較為可能的發展策略重點，並提出建議，以期能協助更有效地將人工智慧導入台灣的生技產業中，以提升台灣生技產業在新藥研發上的競爭力。

5.1. 科技發展策略與產業競爭模型

一個新興科技的發展通常可分為科學技術推動 (science-technology push) 和市場拉動 (market pull)兩大類；根據 Peter Karnøe 的說法，以「科學技術推動」政策為基礎由上而下的策略(top-down strategy)，有受限於政府計劃或機構的特徵，這些計劃或機構為具有潛力發展該科技的公司提供資金協助，目的是期望能達到迅速的技術進步與革新性創新；在這種情況下，該科技領域的基礎科學知識被視為快速發展新技術的最重要因素，因此，開發團隊的特點是具有理論導向的科學能力。相反地，以「市場拉動」政策為基礎由下而上的策略(bottom-up strategy)，包含較少的革新性創新，而是針對既存的市場逐步技術改進(這些活動是否完全由市場驅動是有討論的空間，因為該市場可能得到多年的補貼，而且很多研究可能都是由國家計劃的分配資源所資助的)；在這種情況下，該科技領域的基礎科學知識被視為開發新技術的相互依賴因素，而開發團隊的特點是講求實用的工程

²³⁰ Rabesandratana, T. (2018, April 25). With €1.5 billion for artificial intelligence research, Europe pins hopes on ethics, Science, from <http://www.sciencemag.org/news/2018/04/15-billion-artificial-intelligence-research-europe-pins-hopes-ethics> (last access on 2018/10/7).

師和技術熟練的技術人員²³¹(圖 13)。

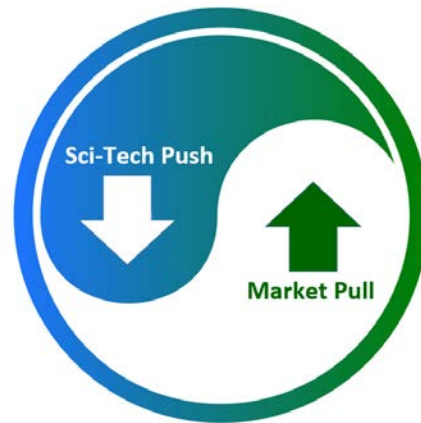


圖 13 Peter Karnøe 的科技發展策略理論：

科學技術推動(sci-tech push) 和市場拉動 (market pull)

Michael Porter 的鑽石模型(Diamond Model)提供為什麼有些國家和國家內部的行業在世界上比其他國家更具競爭力可能的解釋。其論點是，一個組織或企業的國家基地為該組織或企業提供了具體因素，這些因素可能是該組織或企業全球競爭優勢的來源。如圖 14 所示，這個鑽石模型包含 4 個的決定因素²³²：

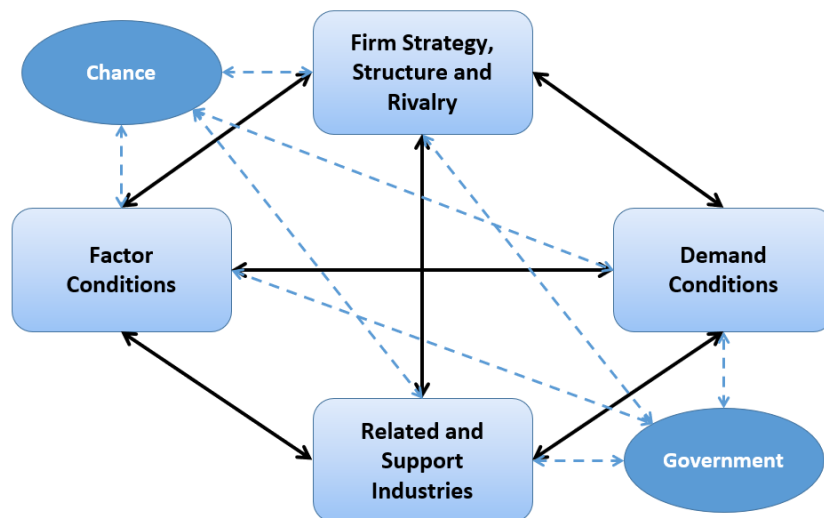


圖 14 Michael Porter 的鑽石模型(Diamond Model)

²³¹ Karnøe, P. (1995). Institutional interpretations and explanations of differences in American and Danish approaches to innovation, in W.R. Scott, and S. Christensen (eds.), *The Institutional Construction of Organizations*. Thousand Oaks, CA: Sage

²³² Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. London, UK: MacMillan.

- 生產因素 (Factor Conditions)

生產因素包括所有可以企業在被特定國家內利用的有利因素，例如：

- 高技能的人才
- 人才的語言能力
- 豐富的原物料來源
- 勞動力的短缺(這一因素可能會提高企業對自動化的關注)

- 需求狀況(Demand conditions)

如果一個產品的國內市場比國外市場更大與要求更高，則國內企業可能比外國企業更注重改良，這將有助於提高國內外貿易出口企業的全球競爭力。

- 相關和支持行業(Related and Supporting Industries)

如果國內既有的支持行業和供應商具有競爭力時，會為本國企業帶來更大的競爭力，因為本國企業可能在營運上更具成本效益，並且可以獲得更多創新零組件和產品。

- 企業的策略、結構和競爭對手(Firm Strategy, Structure, and Rivalry)

不同國家的企業結構和管理系統可能會影響競爭力。例如，北歐國家的企業往往組織架構比較扁平和有彈性，這導致了生物化學和設計等行業的優勢。同樣，如果國內市場的競爭非常激烈，企業可能會建立起能夠在全球發揮競爭優勢的能力。

我們將利用 Peter Karnøe 的科技發展策略理論與 Michael Porter 的產業競爭模型，結合我們在第貳章到第肆章所做的分析與觀察，針對人工智慧探索新藥行業發展進行討論與提出本研究的結論與建議。

5.2. 各國人工智慧探索新藥發展策略與競爭優勢

人工智慧科學技術的濫觴可以回溯到 1950 年的「圖靈測試」（請參見 2.1.），可是一直到了 1996 年才有第一家將人工智慧技術商業化應用在藥物探索的公司 Biovista 成立，而在

1996 – 2002 年的 7 年間也只有另一家公司 GNS Healthcare 成立（請參見 3.3.3.）。在這段期間（1950-2002），人工智慧科學技術的發展遭逢兩度的慘淡期，第一個人工智慧冬天大約在 1970 年開始，1957 年 Rosenblatt 提出感知器之後，人工智慧科學幾乎沒什麼重大進展，直到 1980 年代末期才有卷積神經網路的提出；第二個人工智慧冬天是大約在 1990 年開始，直到 2000 年代有圖形處理單元 (GPU) 的提出，才強化神經網路，展現人工智慧在各種不同領域超越人類的能力。相對應於此，2003-2007 年間每年約有一家人工智慧技術藥物探索公司成立，2008 年有 5 家成立，2009-2010 或許是受到金融海嘯的影響年成立的公司家數跌回 1 家。當在 2010 年人工智慧有了重大突破（請參見 2.1）時，我們也發現接下來的 7 年間（2011-2017）是人工智慧技術藥物探索領域的快速成長期，每年有 7-8 家新創公司成立，在 2014 年，新成立的公司更多達 12 間。

相較於一般的認知：新藥開發的應用落後於人工智慧技術的發展；從上述的對照分析，我們發現：全球人工智慧在藥物探索的商業化應用，其實是緊扣著人工智慧科學技術的發展。

由於在時間上很難區分人工智慧科學技術的發展與其在藥物探索的商業化應用，我們可以合理的假設：一旦一個國家擁有人工智慧科學技術，該國就有能力發展人工智慧技術在藥物探索領域的應用；因此，檢視一個國家在人工智慧技術藥物探索領域的發展，與其政府的人工智慧發展策略，我們可以概略得知該國的人工智慧藥物探索的發展是政府由上而下的策略(top-down strategy)結果，還是「市場拉動」由下而上的策略(bottom-up strategy)結果。

我們嘗試以各國佈局於化學生技相關應用的人工智慧專利數量，來直接衡量該國在人工智慧藥物探索領域的技術領先程度，但是誠如我們在第貳章的分析，人工智慧科技的專利權主要集中在美國(73.5%)但這些美國人工智慧專利中，主要著重於運算科技、資訊科技管理方法、數位通訊、音訊-視覺技術、醫療技術等，佈局於化學生技相關的應用比重仍低(請參見 2.7.1.2)；再者，有不少人工智慧藥物探索公司會像 Biovista 與 Numedii 一樣，將人工智慧科技以營業秘密方式保護而不願意以公開的專利來保護(請參見 3.4.5.與 3.4.10.)，因此佈局於化學生技相關應用的人工智慧專利數量不適合當一個指標進

行後續分析。

一個國家人工智慧技術藥物探索公司的數量，可以協助判斷該國在這個領域的技術領先程度。如果以這個指標來衡量，前三名人工智慧探索新藥領先的國家分別是第一名的美國有 38 家居、第二名的英國有 12 家、第三名是加拿大有 7 家(請參見 3.3.2)。我們進一步比較這三個國家的人工智慧技術藥物探索公司的數量隨時間的增長情況如圖 15 所示。

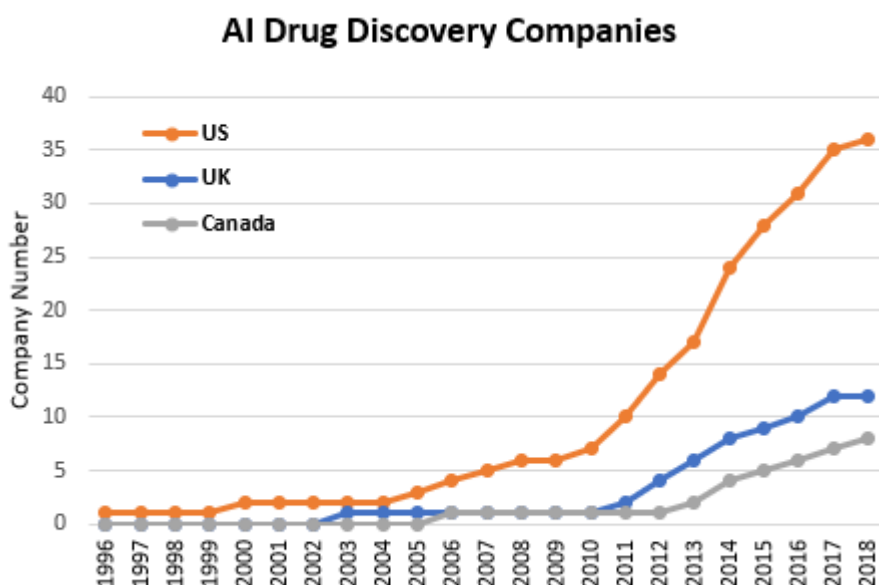


圖 15 人工智慧技術藥物探索公司的數量在三個領先國家隨時間的增長情況

在 2010 年人工智慧有了重大突破引起世界各國政府重視之前，美國的人工智慧探索新藥公司已經累計有 7 家，其中包括與全球藥廠/生技公司積極合作的 Biovista, GNS Healthcare, BioXcel, BERG, Numerate, 與 NuMedii(請參見 3.2. 圖 7)；由此可以推論，美國的人工智慧探索新藥產業發展是「市場拉動」的結果。根據 Peter Karnøe 的理論，這種由「市場拉動」的科技發展，新技術的開發與該科技領域的基礎科學知識相互依存，包含較少的快速革新性創新，而是隨時間與既存市場狀態逐步推展，在這個過程中同時也培養了很多講求實用的工程師和技術熟練的技術人員，有助於產業的拓展。

居次的英國，雖然有其第一家人工智慧探索新藥公司 E-Therapeutics 在 2003 年成立，另外兩家在此領域具有指標性的公司，Exscientia 與 BenevolentAI，分別在 2012 與 2013 年才成立。暗示英國在 2010 年人工智慧取得重大突破之後，開始重視人工智慧的發展與其

在探索新藥產業所帶來的影響。英國兩家非常重視研發的全球知名藥廠，AstraZeneca 與 GSK 他們的研發專案經費，有一部分是人工智慧探索新藥新創公司的財源；從公開的消息也發現 GSK 與 Exscientia 在 2017 年 7 月正式簽署了一項可能高達 3300 萬英鎊(4270 萬美元)的合作協議。在英國，這種先由「市場拉動」由下而上的策略(bottom-up strategy)發展，之後也伴隨由政府主導以「科學技術推動」政策為基礎由上而下的策略(top-down strategy)進行。根據 Peter Karnøe 的理論，這種策略的特徵之一是政府的計劃為具有潛力發展該科技的組織或企業提供資金協助，以期能達到迅速的技術進步與革新性創新；正如同在 3.1.3 節中所提到的，英國商務部長 Greg Clark 在 2018 年 6 月宣布將提供之 1.03 億英鎊的資金給 Rosalind Franklin Institute (RFI)，資助一系列改變藥物探索的技術計劃；目的在使製藥工業能夠比以往更快，更便宜地開發出具有開創性的藥物；藉此英國政府希望能縮小學研產出與藥廠或生技公司之間的差距。

第三名的加拿大，其第一家人工智慧探索新藥公司是 Critical Outcome Technology，在 2006 年成立，並且在 2018 年 1 月由 Critical Outcome Technology 改名為 Cotinga Pharmaceuticals，如同英國的 E-Therapeutics，Cotinga Pharmaceuticals 是少數在人工智慧探索新藥領域中已上市的公司，它不但自有一基於機器學習技術和專有算法的混合，可以預測分子結構的生物活動的平台技術，也利用此平台產生候選藥物，目前正在進行臨床試驗，儼然是採傳統生技醫藥公司的商業模式。另外一家在此領域具有指標性的公司 Cylica 在 2013 年才成立。暗示加拿大也是在 2010 年人工智慧取得重大突破之後，開始重視人工智慧的發展與其在探索新藥產業所帶來的影響。Cylica 的合作對象是同樣位於加拿大的生技公司 Translatum Medicus Inc. (TMi)，兩公司在 2018 年初宣布合作開發治療年齡相關的黃斑變性(Age-Related Macular Degeneration, AMD)的小分子藥物。我們認為加拿大的人工智慧探索新藥產業的發展，先由「市場拉動」，之後政府的「科學技術推動」政策注入資源促進其發展。加拿大政府在 2017 年的聯邦預算中，編列為期五年，總值 1.25 億加幣的人工智慧發展計畫，以期達到與人工智慧相關的人才培育與科學研究等方面的目標(請參見 2.5.2)。

除排名 4 位的德國有兩家人工智慧探索新藥公司，其他之後的國家都僅有 1 家公司，而這些公司成立的時間都在 2011 年以後。隨著人工智慧的技術重大突破各國也開始重視

人工智慧的發展與其探索新藥產業的應用；各國人工智慧探索新藥公司的在政府「科學技術推動」政策支持與資金帶動下，企圖迎頭趕上甚至超前上述的領先者。雖然目前被本研究收錄中國的人工智慧探索新藥公司很少，但是由一些跡象推論，我們認為中國是在這個領域值得密切關注一個的國家，這些跡象包括：

1. 受到中國政府的資本及政策支持，中國在 2017 年人工智慧專利的申請數量是排名第二的美國的四倍(請參見 2.7.1.2)。
2. 目前中國的人工智慧影像輔助診斷企業至少在 50 家以上，遠多於美國²³³。
3. 可能由於雄厚的創投資本市場與其他有利於人工智慧技術發展的條件(如醫療數據相對容易取得)，吸引人工智慧探索新藥公司如 XtalPi(2014 年創立於美國麻省理工學院校園)將總部設在中國發展(請參見 3.4.2)。
4. 中國新藥研發公司積極在人工智慧探索新藥領域佈局，累積經驗與創造內需市場。藥明康德(WuXi AppTec)透過投資與 Insilico Medicine 合作，在藥明康德的新藥服務平台快速驗證 Insilico Medicine 人工智慧平台發現的候選藥物分子²³⁴。

綜合以上討論，我們可以歸納出以下幾點結論：

1. 全球人工智慧在藥物探索的商業化應用緊扣著人工智慧科學技術的發展。
2. 在人工智慧探索新藥領域領先的前 3 個國家(美、英、加)，都在 2010 年人工智慧技術獲得重大突破之前，就已經有新創公司的成立，企圖將當時的人工智慧技術應用在探索新藥上，這股動力主要來自既存市場的拉動，而非政府科技發展政策的推動。這個發展趨勢在以領頭的美國尤其明顯，在這個發展過程中同時也培養了很多人工智慧的技術人才，有助於人工智慧探索新藥產業的拓展，奠定強大的競爭優勢。
3. 人工智慧探索新藥的發展在其他國家，大都是應 2010 年後人工智慧取得重大突破後才投入，有些應政府的人工智慧發展的政策，搭政府政策支持與資金協助的順風車而起跑。在這些後起的國家中，中國已具有迎頭趕上甚至超前領先者的實力。

²³³高特佳投資集團(2018 年 7 月 27 日)，AI 影像輔助診斷領域研究，Szigig.com，來源：

<http://www.szigig.com/news/894.html> (最後查閱日期：2018 年 10 月 2 日)

²³⁴Hale, C. (2018, June 11). WuXi AppTec to test AI-generated compounds from Insilico Medicine. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/cro/wuxi-apptec-to-test-ai-generated-compounds-from-insilico-medicine> (last access on 2018/10/02)

4. 隨著領先藥廠與生技公司對人工智慧技術的興趣日益濃厚，其策略重點將進一步轉向研發外包，以便快速獲得所需的專業知識和技能；對人工智慧探索新藥公司而言，順此趨勢而生的是一個專注於人工智慧技術開發為導向，再透過與藥廠/生技公司的合作將其技術商品化的商業模式。
5. 有些公司對其人工智慧科技，以營業秘密方式保護而不願意因申請專利而揭露。有些公司以一般藥物申請專利的方式，揭露由使用其人工智慧科技所發現的藥物分子對疾病的治療；這類型的公司可能採取傳統生技醫藥公司的商業模式，自行將候選藥物推向臨床試驗階段。值得一提是這兩種商業模式可以共存，並不互抵觸。

5.3. 台灣發展人工智慧探索新藥的策略與條件

台灣在人工智慧探索新藥發展的策略，明顯是採以「科學技術推動」政策為基礎由上而下的策略(top-down strategy)，由政府擬定計劃提供資金協助具有潛力發展人工智慧探索新藥科技的組織或公司，目的是期望能達到迅速的技術提升與革新性的創新。台灣政府於 2018 年宣布一項四年投入 100 億台幣的人工智慧發展計畫，包含：2021 年時培育 1000 名研究人員、10000 名專才，並積極招募國際人才；提高針對工業發展上的人工智慧應用研發；建立創新中心，以扶植 100 個新創；開放數據與相關法規發展；在 5+2 的產業創新計畫中，增加人工智慧發展與應用的力道等(請參見 2.5.2)。在稍早為響應經濟部技術處推動智慧生醫產業之前瞻應用與研發，財團法人生物技術開發中心(DCB)於「台灣生技月 2017 亞洲生技商機高峰論壇」中，與財團法人醫藥工業技術發展中心、台北醫學大學、美國 Insilico Medicine 共同簽署合作意向書，運用人工智慧進行藥物研發與疾病治療的國際合作²³⁵。DCB 黃玉華處長也表示：目前台灣的生技公司要運用人工智慧在藥物開發上還處於觀望的階段。

這種以政府政策為基礎由上而下的發展策略，雖然一開始可能有少數幾個組織或企業，因為獲得政府計劃提供大量資金協助，可以比較順利的累積進步技術；然而，如果

²³⁵同註 225。

國內需求市場不存在，也未能及時找到將技術商品化的出口對象，一旦政府的支持停止，這些組織或企業也很可能轉向發展其他核心能力，所有失敗專案所累積的資料數據或成果如果無人承接利用將會毫無價值。換言之，要確保一項一開始以政府「科學技術推動」政策發展的科技，能順利在國內成功地落地生根，政策推動前一定要有後續完整的商業化配套措施，而且也要確保政府的資金可以協助到一定的程度才可退場。

接下來，我們利用 Porter 的鑽石模型來審視台灣發展人工智慧探索新藥科技的條件。

- 在生產因素方面

Insilico Medicine Taiwan 台灣執行長康亞圖 (Artur Kadurin) 表示：打造一個成功的人工智慧探索新藥新創公司的要素之一是「人才」，其中又以從事研發工作的「軟體工程師」最重要。不同於傳統的生技新藥研發公司，對一個新創的人工智慧探索新藥公司而言，擅長程式編寫的軟體工程師與資料處理的資訊科學家，遠比具生物醫藥訓練人才來的重要；同時兼具生物學與資訊科學訓練的生物資訊學家(bio-informatics) 也是這個領域急欲網羅的人才。這樣的人才背景暗示由其他人工智慧應用領域跨足探索新藥領域成功的可能性，事實上，身為美國 Insilico Medicine 技術長的 Artur Kadurin 本身的生物學訓練也不多，他在加入 Insilico Medicine 之前是在全球某大公司擔任以人工智慧技術處理廣告的專案負責人。康亞圖也表示，吸引 Insilico Medicine 在台灣設立成立亞洲人工智慧研發中心的原因，除了台灣政府政策支持外，另一個原因是台灣優秀的資訊人才。

所以，當政府選擇組織或企業，提供資金協助其發展人工智慧探索新藥科技時，可以有更開放的選擇條件，不論是否為生技相關產業，只要是具備人工智慧技術資訊人才的公司都可納入考慮。事實上，具備傳統資訊人才的軟體公司，也可以考慮擴展自身核心能力，跨足人工智慧領域，從事探索新藥的研發工作。

- 在需求狀況方面

台灣傳統的藥廠大都從事學名藥的生產銷售，對新藥的研發技術需求不大；新一代的生技藥廠規模比較小，在探索新藥上也大都採行傳統的研發方法，對發展人工智慧探索新藥科技仍持觀望態度。在這樣的國內需求狀況下，從事人工智慧探索新藥科技的公

司必須以國際水平來衡量自己的競爭力，走向國際市場。

- 在相關和支持行業方面

人工智慧技術的應用需要大量電腦運算能力，因此除了軟體外，主導電腦運算能力的處理晶片也是發展人工智慧技術的關鍵。康亞圖也表示：Insilico Medicine 在台灣設立分公司的另一個好處是，可以就近與台灣設計生產晶片的廠商達成更密切的合作。台灣的半導體與 IC 設計產業在全球具領先地位，IT 基礎設施建全而且成本相對低廉，透過軟硬體設計結合在一起，可以大幅提升電腦的運算能力，有利提升人工智慧的技術。

- 在企業策略、結構與競爭對手方面

由產業分析中我們也發現致力於探索新藥的人工智慧公司的規模都不大，將近八成的公司員工人數不到 50 人(請參見 3.3.4.)，七成以上的公司目前資本額不到一千萬美金(請參見 3.3.5)。如果單純是從事人工智慧技術開發的公司，其員工人數較少，而且資金需求也比較少。在募資不易或創投市場不活絡的投資環境，這種小而美的新創公司，容易獲得青睞也比較容易存活。相對的，要在既有的新藥研發公司，導入人工智慧技術加速藥物探索的速度，也可以先設置獨立於母公司之外的人工智慧探索新藥的子公司，待其成功產出預期的結果，再考慮將該子公司併入；如此，可以避免以在一開始就在母公司內部導入人工智慧技術可能面臨的障礙，產生與現有基礎設施或舊有系統整合的問題、不同組織文化導致的溝溝問題、不同事業體投資回報率不同所衍生的決策問題(請參見表 1)。

人工智慧在探索新藥領域的應用領域中，目前全球有近 6 成的公司在從事產生新的候選藥物 (Generate Novel Drug Candidates) 或匯總數據和編纂訊息 (Aggregate Data and Synthesize information) 的技術開發與服務(請參見 3.3.1)，後來者要選擇哪一個應用領域發展，除了考慮選擇其他應用領域以避免激烈競爭與自身的核心能力外，更重要的是要考慮開發人工智慧技術所需的數據資料取得性，因為數據資料的取得所涉及的道德與法律規範(請參見 3.3.1)與智慧財產權問題(請參見 2.7.2.1)已逐漸引起各國關注。一旦有人工智慧技術成果產出，該採取什麼樣的智慧財產權保護策略，根據本研究 3.4 節的分析，建議可以在申請使用人工智慧科技所發現的藥物專利、營業秘密、與申請人工智慧演算法專利間做策略性的選擇(請參見 3.4)，以鞏固自身的競爭優勢。

綜合以上討論，我們歸納出以下幾點建議：

1. 當政府採「科學技術推動」策略發展人工智慧探索新藥科技時，為確保專案計劃所累積的進步技術可以在國內成功地落地生根，在政策推動前一定要有後續完整的商業化配套措施。
2. 台灣從事人工智慧探索新藥科技發展的客觀有利條件，包括優秀的資訊人才與領先全球的半導體與 IC 設計產業。
3. 政府選擇對象，提供資金協助發展人工智慧探索新藥科技時，可以廣招具備人工智慧技術資訊人才的單位，不必限於生技領域。
4. 探索新藥的人工智慧新創公司小而美的規模，有利於在募資不易或創投市場不活躍的投資環境存活。
5. 要既有的新藥研發公司，導入人工智慧技術加速藥物探索的速度，可以考慮先設置獨立於母公司之外的人工智慧技術的子公司，再將該子公司的成果併入。
6. 探索新藥的人工智慧新創公司在選擇進入哪一個應用領域發展時，除了衡量迴避競爭與自身的核心能力外，更要考慮數據資料的取得性。
7. 探索新藥的人工智慧新創公司可以策略性選擇應用藥物專利的申請、營業秘密、與人工智慧演算法專利的申請來進行研發成果的保護，以鞏固自身的競爭優勢。

中文參考文獻

中文期刊及雜誌

黃曉斌，吳高 (2017)，人工智能時代圖書館的發展機遇與變革趨勢。《圖書與情報》，6，19-29。

趙慶冷 (2015)，電腦軟體專利標的適格性之測試法演進從歐洲觀察美國。《智慧財產權月刊》，201，5-47。

中文書籍

鄭佩嵐(譯) (2017)。從人到人工智慧，破解 AI 革命的 68 個核心概念 (原作者: 三宅陽一郎，森川幸人)。臉譜。(原著出版年: 2016)

李開復，王詠剛 (2017)。AI 時代：人類將如何變革？人工智慧來了(261 頁)。天下文化。

廖月娟 (譯) (2016)。華爾街的計量金融家。貝佐斯傳：從電商之王到物聯網中樞，亞馬遜成功的關鍵 (37-52 頁) (原作者：Brad Stone)。天下文化。(原作出版年: 2014)

袁仁捷 (2016)。適格的發明標的。《美國專利申請實務 I》(1-30 頁)。袁仁捷。

楊智傑 (2015)。專利適格性。《美國專利法與重要判決》(1-50 頁)。五南。

中文報告

周柏岳 (2017 年 6 月 1 日)，談人工智能創作的專利保護，廣流智權評析第 39 期，來源：
<http://www.widebandip.com/tw/upload/1496312398Leo1.pdf>

網路資訊

AWS (2018)，什麼是人工智慧?機器學習與深度學習，Aws.amazon.com.，來源：
<https://aws.amazon.com/tw/machine-learning/what-is-ai/>

AWS 案例研究：晶泰科技，AWS，來源：<https://aws.amazon.com/cn/solutions/case-studies/xtalpi/>

Beckett, J. (2017 年 5 月 17 日)，何謂生成對抗網路? 聽聽頂尖研究員怎麼說，
Blog.nvidia.com，來源：<https://blogs.nvidia.com.tw/2017/05/generative-adversarial-network/>

Copeland, M. (2016 年 7 月 29 日)，人工智慧、機器學習與深度學習間有什麼區別?，
Blogs.nvidia.com.，來源：<https://blogs.nvidia.com.tw/2016/07/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>

Gene Online (2018 年 3 月 14 日), AI 輔助新藥開發, 速度與效果的加成作用, Geneonline.news, 來源: <http://geneonline.news/index.php/2018/03/14/artificial-intelligence-help-drug-development/>

Gloria (2018 年 5 月 22 日), 中國在區塊鏈與 AI 專利申請數量超過美國, 國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心, 來源: <http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14461>)

Huang, H. (2018 年 5 月 28 日), 運算沒有通用解! Intel 面向人工智慧市場的三箭策略, 數位時代, 來源: <https://www.bnext.com.tw/article/49284/in-ai-market-there-is-no-one-size-fit-all-3-intel-ai-strategies-intel-aidc-2018>

Huang, Y. (2017 年 9 月 26 日), 從 ACL 2017 看到四個在自然語言處理(NLP)的趨勢, Medium.com, 來源: <https://medium.com/@cyeninesky3/%E5%BE%9Eacl-2017-%E7%9C%8B%E5%88%B0%E5%9B%9B%E5%80%8B%E5%9C%A8%E8%87%AA%E7%84%B6%E8%AA%9E%E8%A8%80%E8%99%95%E7%90%86-nlp-%E7%9A%84%E8%B6%A8%E5%8B%A2-3163c6a91c50>

Linli (2018 年 2 月 23 日), Facebook 將人工智慧技術用於自殺預防, 科技新報, 來源: <https://technews.tw/2018/02/23/facebook-is-using-a-i-to-help-predict-when-users-may-be-suicidal/>

May (2018 年 4 月 2 日), 專利抽象概念測試的不確定性可能影響 AI、IoT 及機器人產業, 財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心, 來源: <http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14320>

May (2018 年 5 月 10 日), 美國 USPTO 局長: 演算法具可專利性, 財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心, 來源: <http://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14422>

TechNews 科技新報 (2017 年 4 月 29 日), Nvidia 黃仁勳與眾投資人欽點的 5 家醫療 AI 創業企業, 來源: <https://itw01.com/2ATJVEY.html>

王威傑 (2018 年 7 月 18 日), AI X 新藥研發 (上) 新創公司能在製藥領域闖出一條路嗎?, Medium.com, 來源: <https://medium.com/hspectrum/ai-x-%E6%96%B0%E8%97%A5%E7%A0%94%E7%99%BC-%E4%B8%8A-%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E6%99%BA%E6%85%A7-%E8%83%BD%E7%82%BA%E6%96%B0%E5%89%B5%E5%85%AC%E5%8F%B8%E5%9C%A8%E8%A3%BD%E8%97%A5%E9%A0%98%E5%9F%9F%E5%B8%B6%E4%BE%86%E5%A5%BD%E8%99%95%E5%97%8E-8ae08e6d225a>

半導體行業觀察 (2016 年 7 月 30 日), 卡位人工智慧專利, 三大領域值得關注, 每日頭條, 來源: <https://kknews.cc/zh-tw/tech/z222y3.html>

何佩珊 (2017 年 3 月 31 日)，雲端與人工智慧合體，Google 成長魔術秀上場，數位時代，來源：<https://www.bnext.com.tw/article/43847/google-combinates-cloud-and-ai>

何美如 (2017 年 6 月 29 日)，產業：四強聯手推動台灣生醫 A.I.應用，加速全新藥與疾病治療方法開發，Money Link，來源：http://money-link.com.tw/RealtimeNews/NewsContent.aspx?sn=1066003002&pu=News_0009_3

李淑蓮 (2016 年 9 月 21 日)，人工智慧專利核心-機器學習台廠佈局落後國際，北美智權報 168 期，來源：http://www.naipo.com/Portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Industry_Economy/IPNC_160921_0701.htm

李森堦 (2018 年 5 月 18 日)，談美國專利標的適格性判準解釋適用的新近發展，財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，來源：<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10397>

呂珏陞 (2017 年 9 月 21 日)，用 AI 研發新藥它讓黃仁勳也按讚，今周刊 1083 期，來源：<http://www.businesstoday.com.tw/article-content-80394-167534-%E7%94%A8AI%E7%A0%94%E7%99%BC%E6%96%B0%E8%97%A5%20%20%E5%AE%83%E8%AE%93%E9%BB%83%E4%BB%81%E5%8B%B3%E4%B9%9F%E6%8C%89%E8%AE%9A>

吳其勳 (2016 年 12 月 1 日)，Amazon 進軍 AI 主戰場，雲端三強力爭 AI 大餅，數位時代，來源：<https://www.ithome.com.tw/news/109968>

周秉誼 (2016 年 9 月 20 日)，淺談 Deep Learning 原理及應用，國立台灣大學計算機及資訊網路中心電子報，來源：http://www.cc.ntu.edu.tw/chinese/epaper/0038/20160920_3805.html

美通社 (2018 年 8 月 23 日)，人工智慧領導美國 Insilico Medicine 在台灣成立亞洲 A.I.研發中心，經濟日報，來源：<https://money.udn.com/money/story/9529/3046409>

高特佳投資集團 (2018 年 7 月 27 日)，AI 影像輔助診斷領域研究，Szigig.com，來源：<http://www.szigig.com/news/894.html>

財團法人生物技術開發中心 (2017 年 6 月 29 日)，生技中心、藥技中心、北醫大聯手推動台灣生醫領域的 A.I.應用與美國 InSilico Medicine 簽署意向書、展開國際合作，DCB.org.tw，來源：https://www.dcb.org.tw/news_detail.php?id=331&attr=news05

新聚能科技 (2015 年 10 月 28 日)，WIPS 分析報告-人工智慧 AI 的專利趨勢，新聚能科技，來源：<http://synergytek.com.tw/blog/2015/10/28/patent-application-trend-of-artificial-intelligence/?variant=zh-tw>

楊安琪 (2018 年 3 月 30 日)，力推「人工智慧大眾化」，Google Cloud AI 聚焦四大重點發展，科技新報，來源：<http://technews.tw/2018/03/30/google-cloud-wants-to-democratize-ai-with-four-core-components/>

劉軒彤 (2018 年 1 月 25 日)，《中國》Google 與騰訊聯手投資 AI 醫藥研發公司晶泰科技 B 輪 1500 萬美元融資，GeNet 觀點，來源：

<http://www.genetinfo.com/investment/featured/item/14244.html>

譚燃 (2017 年 3 月 21 日)，谷歌：2029 年，計算機將擁有與人類相當的智能水平，騰訊科技，來源：<http://tech.qq.com/a/20170321/011432.htm>

蔡紀眉 (2018 年 3 月 21 日)，全球 AI 百強 Insilico Medicine 來台，成立亞洲首座 AI 生醫研發基地，數位時代，來源：<https://www.bnext.com.tw/article/48573/insilico-medicine-establish-asia-ai-rd-center-for-biomedical-in-taiwan>

英文參考資料

英文期刊及雜誌

Avorn, J. (2015). The \$2.6 billion pill — methodologic and policy considerations. *New England Journal of Medicine*, 372:1877-9.

Chakradhar S. (2017). Predictable response: finding optimal drugs and doses using artificial intelligence. *Nature Medicine*, 23(11): 1244-1247.

DiMasi, J.A., Grabowski H.G., & Hansen R.W. (2016). Innovation in the pharmaceutical industry: new estimates of R&D costs. *J Health Economics*, 47:20-33.

Fleming, N. (2018). How artificial intelligence is changing drug discovery. *Nature* 557(7707):55-57.

Luechtefeld, T., Marsh, D., et al. (2018). Machine learning of toxicological big data enables read-across structure activity relationships (RASAR) outperforming animal test reproducibility. *Toxicological Sciences* 165(1): 198-212, from <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfy152>

Nam, K. et al, (2015). Biomimetic three-dimensional tissue models for advanced high-throughput drug screening. *J Lab Autom*, 20(3): 201-215.

Nicholson Price II, W. (2014). Making do in making drugs: innovation policy and pharmaceutical manufacturing. *Boston College Law Review* 55(2): 491-562

Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6):386–408.

Samuel, A. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM J. of Research and Development*, 3(3):210-229.

Tidke, S. (2018). A review of basics of artificial intelligence. *International Journal of Computer Engineering and Applications*, 7(2).

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236):433–460.

Vernon, J.A. et al. (2007). Pharmaceutical manufacturing efficiency, drug prices, and public health: examining the causal links. *Drug Information Journal* 41(2): 229-236.

英文報告

BIO, Biomedtracker and Amplion (2016). *Clinical Development Success Rates 2006-2015*. Bio.org, from <https://www.bio.org/sites/default/files/Clinical%20Development%20Success%20Rates%202006-2015%20-%20BIO,%20Biomedtracker,%20Amplion%202016.pdf>

Bostrom, N. & Yudkowsky, E. (2011). *The ethics of artificial intelligence*. Cambridge University Press, from <https://nickbostrom.com/ethics/artificial-intelligence.pdf>

Cearley, W., Burke, B., Searle, S., Walker, M.J., (2017). *Top 10 strategic technology trends for 2018*. Gartner Inc., from <https://www.gartner.com/ngw/globalassets/en/information-technology/documents/top-10-strategic-technology-trends-for-2018.pdf>

EvaluatePharma (2018). *World Preview 2018, Outlook to 2024*. Evaluate Ltd, from <http://info.evaluategroup.com/rs/607-YGS-364/images/WP2018.pdf>

ICON-Pharma Intelligence (2017). *Transforming Clinical Trials Industry Survey*

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rocheste R. & Shannon, C.E. (1955). *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence*, from <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>

Pharmaceutical Research and Manufacturers of America (2014). *Medicines in development for Parkinson's disease 2014 report*, from <https://www.phrma.org/report/medicines-in-development-for-parkinson-s-disease-2014-report>

Pharma-IQ (2017). *AI 2020: the future of drug discovery*. Pharma-iq.com, from <https://www.pharma-iq.com/pre-clinical-discovery-and-development/whitepapers/the-future-of-drug-discovery-ai-2020>

Select Committee on Artificial Intelligence (2018). *AI in the UK: ready, willing and able?* the Authority of the House of Lords.

英文學位論文

Bejnordi, B. E. (2017). *Histopathological diagnosis of breast cancer using machine learning*. (Doctoral thesis, Radboud University, Nijmegen, the Netherlands), from http://babakint.com/files/PhD_thesis_Lres.pdf

Oberndorfer, C. (2017). *Research on new artificial intelligence based path planning algorithms with focus on autonomous driving*. (Master Thesis, Department of Geoinformatics, University of Applied Sciences Munich, Germany), from file:///C:/Users/user/Downloads/master_oberndorfer.pdf

政策及法規

Gottschalk v. Benson, 409 U.S. 63, 67 (1972).

Diamond v. Chakrabarty, 447 U.S. 303 (1980)

英文書籍

Karner, P. (1995). Institutional interpretations and explanations of differences in American and Danish approaches to innovation, in W.R. Scott, and S. Christensen (eds.), *The Institutional Construction of Organizations*. Thousand Oaks, CA: Sage

Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. London, UK: MacMillan.

官方網站

Atomwise Inc. website, from <https://www.atomwise.com/>

Bayer AG website, from <https://innovate.bayer.com/innovation-stories/grants4apps-2016-kick-off/>

BenevolentAI website. <https://benevolent.ai/about-us/>

BERG LLC website. <http://berghealth.com/platform/>

Biovista website, from <https://www.biovista.com/technology/>

BioXcel Corp. website, from <http://biocel.com/>

BioXcel Therapeutics Inc. website, from <http://www.bioceltherapeutics.com/>

Cloud Pharmaceuticals Inc. website, from <http://www.cloudpharmaceuticals.com/technology.html>

Crunchbase website, from <https://www.crunchbase.com/>

Cyclica website, from <https://cyclicarx.com/>

Emerald Cloud Lab Inc. website, from <https://www.emeraldcloudlab.com/experimental-capabilities/>

Envisagenics website, from <https://www.envisagenics.com/>

EURETOS website, from <http://euretos.com/index.php>

Exscientia website, from <https://www.exscientia.co.uk/>

FDA website. From <https://www.fda.gov/Drugs/DrugSafety/DrugRecalls/default.htm>

FDNA website, from <https://www.fdna.com/>

GNS Healthcare website, from <http://www.gnshealthcare.com/>

IBM website, from <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/ibm-watson-for-drug-discovery>

Insilico Medicine Inc. website, from <http://www.insilico.com/#rec41455820>

Phenomic AI website, from <https://phenomic.ai/>

National Human Genome Research Institute website, from <https://www.genome.gov/11006943/human-genome-project-completion-frequently-asked-questions/>

Numedii Inc. website, from <http://numedii.com/technology/>

Numerate Inc. website, from <http://www.numerate.com/platform/>

Pistoia Alliance Inc. website, from <http://www.pistoiaalliance.org/>

Pitchbook website, from <https://pitchbook.com/>

Resonantrx website, from <https://www.resonantrx.com/>

Reursion Pharmaceutical Inc. website, from <https://www.recursionpharma.com/approach/>

ReviveMed Inc. website, from <http://www.revive-med.com/>

Standigm Inc. website, from <http://www.standigm.com/>

Synthace Limited website, from <https://synthace.com/introducing-antha>

Transcriptic Inc. website, from <https://www.transcriptic.com/>

Twoxar Incorporated website, from <http://www.twoxar.com/>

Ultromics Limited official websites. From <http://www.ultromics.com/technology/>

Winterlight Labs website, from <http://www.winterlightlabs.com/index.html>

XtalPi Inc. website, from <http://www.xtalpi.com/>

網路資訊

AAAI, Association for the Advancement of Artificial Intelligence, founded in 1979, U.S., from <https://www.aaai.org/>

Acadgild (2018, April 27). Introduction to recurrent Neural Network. Acadgild.com, from <https://acadgild.com/blog/introduction-recurrent-neural-network>

Accenture (2017). Artificial intelligence: healthcare's new nervous system. Accenture.com, from <https://www.accenture.com/us-en/insight-artificial-intelligence-healthcare>

AiCure (2016, September). AiCure demonstrates 90% adherence in Phase 2 Abbvie study, as measured by study drug concentration over 6 months. AiCure.com, from

<https://aicure.com/news/aicure-presents-exciting-new-results-from-abbvie-phase-2-schizophrenia-trial-at-isctm/>

Algorithmia (2016, August 11). Introduction to natural language processing (NLP).

Algorithmia.com, from <https://blog.algorithmia.com/introduction-natural-language-processing-nlp/>

Anisingaraju, S. (2018, January 10). Analytics trends 2018: blockchain and AI to accelerate clinical trials transformation. Saama.com, from <https://www.saama.com/blog/analytics-trends-2018-blockchain-ai-accelerate-clinical-trials-transformation/>

Azati Software (2018, May 11). Difference between artificial intelligence and expert system in 2018. Azati.com, from <https://azati.com/the-return-of-expert-systems/>

BERG (2017, August 28). BERG forms research collaboration with AstraZeneca to identify new therapeutic targets to treat neurological disorders such as Parkinson's disease. Berghealth.com, from <https://berghealth.com/berg-forms-research-collaboration-with-astrazeneca-to-identify-new-therapeutic-targets-to-treat-neurological-disorders-such-as-parkinsons-disease/>

BERG (2017, October 30). BERG enters into an agreement with Sanofi Pasteur to identify biomarkers of flu vaccine performance. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/berg-enters-into-an-agreement-with-sanofi-pasteur-to-identify-biomarkers-of-flu-vaccine-performance-300545009.html>

Biovista (2010, November 10). Pfizer seeks new indications using Biovista bioinformatics. Biovista.com, from <https://www.biovista.com/pfizer-seeks-new-indications-using-biovista-bioinformatics/>

BioVista (2010, December 12). BioVista's artificial intelligence platform boosts drug discovery. Biovista.com, from <https://www.biovista.com/bioworld-biovista-ai-boosts-drug-discovery/>

Biovista (2011, April 27). Biovista announces research collaboration with a major pharmaceutical company. Biovista.com, from <https://www.biovista.com/biovista-announces-research-collaboration-with-a-major-pharmaceutical-company/>

Bossmann, J. (2016, October 21). Top 9 ethical issues in artificial intelligence. Weforum.org, from <https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-10-ethical-issues-in-artificial-intelligence/>

Business Wire (2014, November 3). Ex scientia Ltd. Partners with Sunovion Pharmaceuticals Inc. to research new medicines for psychiatric disorders. Businesswire.com, from <https://www.businesswire.com/news/home/20141103005263/en/scientia-Ltd.-Partners-Sunovion-Pharmaceuticals-Research-New>

Business Wire (2016, April 25). Recursion Pharmaceuticals announces research agreement with Sanofi Genzyme. Businesswire.com, from <https://www.businesswire.com/news/home/20160425005113/en/Recursion-Pharmaceuticals-Announces-Research-Agreement-Sanofi-Genzyme>

BusinessWire (2017, October 25). First prospective study of robotic-guided spine surgery reveals

five-fold reduction in surgical complications with Mazor Core™ technology. BusinessWire.com, from <https://www.businesswire.com/news/home/20171025005354/en/Prospective-Study-Robotic-Guided-Spine-Surgery-Reveals-Five-Fold>

Buvailo, A (2016). 3 ways big data and machine learning revolutionize drug discovery. BiopharmaTrend.com, from <https://www.biopharmatrend.com/post/24-3-ways-big-data-and-machine-learning-revolutionize-drug-discovery/>

Buvailo, A. (2018, February 24). How pharmaceutical and biotech companies go about applying artificial intelligence in R&D. BiopharmaTrend.com, from <https://www.biopharmatrend.com/post/34-biopharmas-hunt-for-artificial-intelligence-who-does-what/>

Castle, N. (2018, February 8). What is semi-supervised learning?.Datascience.com, from <https://www.datascience.com/blog/what-is-semi-supervised-learning>

Castrounis, A. (2016). Artificial intelligence, deep learning, and neural networks explained. Innoarchitech.com, from https://www.innoarchitech.com/artificial-intelligence-deep-learning-neural-networks-explained/?utm_source=kdnuggets&utm_medium=post&utm_content=postlink&utm_campaign=republish

Champanand, A. (2001). Reinforcement learning, artificial intelligence depot. Reinforcement Learning Warehouse, from <http://reinforcementlearning.ai-depot.com/>

Chowdhury, P. (2017, May 5). Microsoft CEO Satya Nadella rolls out 10 rules that will define artificial intelligence. Analyticsindiamag.com, from <https://www.analyticsindiamag.com/microsoft-ceo-satya-nadella-rolls-10-rules-will-define-artificial-intelligence/>

Cloud Pharmaceuticals Inc. (2015, September 29). Cloud Pharmaceuticals and THERAMetrics form strategic drug development collaboration targeting orphan CNS diseases. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/cloud-pharmaceuticals-and-therametrics-form-strategic-drug-development-collaboration-targeting-orphan-cns-diseases-300150642.html>

Crunchbase website, from <https://www.crunchbase.com/organization/benevolent-ai#section-overview>

Crunchbase website, from <https://www.crunchbase.com/organization/benevolent-ai>

Cyclica Inc. (2018, January 8). Cyclica and Transatium Medicus inc (TMI) announce partnership to advance small molecule discovery for age-related macular degeneration. Cyclicarx.com, from <https://cyclicarx.com/news/cyclica-tmi-partnership>

CrystalGenomics Inc. (2017, June 1). CrystalGenomics and Standigm, agree to collaborate on utilizing artificial intelligence and structure-based drug design technologies in drug R&D. PR.com, from <https://www.pr.com/press-release/718179>

Darrow, B. (2017, September 7). IBM ponies up \$240 million for Watson artificial intelligence lab at MIT. Fortune.com, from <http://fortune.com/2017/09/07/mit-ibm-watson/>

Dixneuf, P. (2018). Artificial intelligence and insurance. Annales.org, from http://www.anales.org/edit/enjeux-numeriques/DG/2018/DG-2018-01/Enj18a7_Dixneuf.pdf

DL4J (2017). A beginner's guide to generative adversarial networks (GANs). Deeplearning4j.org, from <https://deeplearning4j.org/generative-adversarial-network#gan-a-beginners-guide-to-generative-adversarial-networks>

Drug Discovery Today (2018, March 20). The Pistoia Alliance calls for greater life sciences collaboration to build the 'Lab of the Future'. Drugdiscoverytoday.com, from <http://www.drugdiscoverytoday.com/view/47473/the-pistoia-alliance-calls-for-greater-life-sciences-collaboration-to-build-the-lab-of-the-future/>

Drug Discovery Today (2018, June 6). UK Institute to harness disruptive technology to transform drug discovery. Drugdiscoverytoday.com, from <http://www.drugdiscoverytoday.com/view/47495/uk-institute-to-harness-disruptive-technology-to-transform-drug-discovery/>

Dutton, T. (2018, June 29). An overview of national AI strategies. Medium.com, from <https://medium.com/politics-ai/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd>

Economist (2016, June 25). From not working to neural networking, Economist.com, from <https://www.economist.com/special-report/2016/06/25/from-not-working-to-neural-networking>

European Commission (2018, April 25). Communication from the commission to the European parliament, the European council, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions – artificial intelligence for Europe. European Commission, from <https://digitalenlightenment.org/system/files/communicationartificialintelligence.pdf>

European Commission (2018, April 25). Commission staff working document – liability for emerging digital technologies. European Commission, from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-commission-staff-working-document-liability-emerging-digital-technologies>

European Commission (2018, April 25). A European approach on artificial intelligence. European Commission, from [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-18-3363_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-3363_en.htm)

European Commission (2018, April 25). Artificial intelligence: Commission outlines a European approach to boost investment and set ethical guidelines, European Commission, from [http://europa.eu/rapid/press-release IP-18-3362_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3362_en.htm)

European Patent Office (2017). Guidelines for examination in the EPO, part G chapter II, 2 (examination practice), 2017 Edition. EPO.org, from https://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/guidelines/e/g_ii_2.htm

European Patent Office (2017). Guidelines for examination in the EPO, Part G Chapter II, 3.6

Evans, H. (2018, June 6). British prime minister announces first AI and data grand challenge. Norton Rose Fulbright, from <https://www.aitech.law/blog/british-prime-minister-announces-first-ai-and-data-grand-challenge>

Evotec AG. (2016, April 26). Evotec and ex scientia announce partnership to discover bispecific small molecule immuno-oncology therapeutics. Evotec AG, from <http://evotec.sissy.bgcc.at/article/en/Press-releases/Evotec-and-ex-scientia-announce-partnership-to-discover-bispecific-small-molecule-immuno-oncology-therapeutics/2827>

Fassbender, M. (2018, March 26). AI drive 80% increase in clinical trial enrollment. Outsourcing-pharma.com, from <https://www.outsourcing-pharma.com/Article/2018/03/26/https://sightmachine.com/resources/analytics-news-and-press/sight-machine-named-to-gartners-cool-vendors-in-manufacturing-operations-2015/AI-drives-80-increase-in-clinical-trial-enrollment>

FDA (2018, February 13). FDA permits marketing of clinical decision support software for alerting providers of a potential stroke in patients. FDA.org, from <https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm596575.htm>

FDA (2018, April 11). FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems. FDA.org, from <https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm604357>

FDA (2018, May 24). FDA permits marketing of artificial intelligence algorithm for aiding providers in detecting wrist fractures. FDA.org, from <https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm608833.htm>

FB Newsroom (2018, May 2). F8 2018: open AI frameworks, new AR/VR advancements, and other highlights from Day 2. Newsroom.fb.com, from <https://newsroom.fb.com/news/2018/05/f8-2018-day-2/>

Freund, K. (2018, January 17). Google, Microsoft, and Amazon place bets on AI in the enterprise. Forbes.com, from <https://www.forbes.com/sites/moorinsights/2018/01/17/google-microsoft-and-amazon-place-bets-on-ai-in-the-enterprise/#4f16dcfb4d78>

Fragment-based lead discovery. Wikipedia website, from https://en.wikipedia.org/wiki/Fragment-based_lead_discovery

Fucito, P. (2018, June 19). United States issues patent number 10,000,000. United States Patent and Trademark Office, from <https://www.uspto.gov/about-us/news-updates/united-states-issues-patent-number-10000000>

Sight Machine (2015, April 29). Gartner 2015 cool vendor in manufacturing operations. Sightmachine.com, from <https://sightmachine.com/resources/analytics-news-and-press/sight-machine-named-to-gartners-cool-vendors-in-manufacturing-operations-2015/>

GEN (2017, May 9). Sanofi, Exscientia Ink up to €250M deal for bispecific drugs against metabolic diseases. Genengnews.com, from <https://www.genengnews.com/gen-news-highlights/sanofi-exscientia-ink-up-to-250m-deal-for-bispecific-drugs-against-metabolic-diseases/81254318>

Gottlieb, S. (2018, April 26). Transforming FDA's approach to digital health. FDA.org, from <https://www.fda.gov/NewsEvents/Speeches/ucm605697.htm>

GNS Healthcare (2017, June 19). GNS Healthcare announces collaboration to power cancer drug development with REFS™ causal machine learning and simulation AI platform. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/gns-healthcare-announces-collaboration-to-power-cancer-drug-development-with-refs-causal-machine-learning-and-simulation-ai-platform-300475705.html>

Ha, A. (2018). Facebook confirms that it's acquiring Bloomsbury AI. Techcrunch.com, from <https://techcrunch.com/2018/07/03/facebook-confirms-bloomsbury-ai-acquisition/>

Hale, C. (2018, June 11). WuXi AppTec to test AI-generated compounds from Insilico Medicine. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/cro/wuxi-apptec-to-test-ai-generated-compounds-from-insilico-medicine>

Harding, L. & Barden, L. (2011, December 27). From the archive, 12 May 1997: Deep Blue win a giant step for computerkind. Theguardian.com, from <https://www.theguardian.com/theguardian/2011/may/12/deep-blue-beats-kasparov-1997>

ICON (2018, April 11). The power of AI to transform clinical trials. Iconplc.com, from <https://www.iconplc.com/insights/blog/2018/05/18/the-power-of-ai-to-transform-clinical-trials/index.xml>

Idrus, A. (2016, December 1). IBM unveils Watson for drug R&D, teams with Pfizer on oncology. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medical-devices/ibm-unveils-watson-for-drug-r-d-teams-pfizer-oncology>

Idrus, A. (2017). Novartis, Cota Healthcare re-up on breast cancer. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medical-devices/novartis-cota-healthcare-re-up-breast-cancer>

Idrus, A. (2017, July 5). GlaxoSmithKline, Exscientia ink AI-based drug discovery deal worth up to \$42M. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medtech/gsk-exscientia-ink-ai-based-drug-discovery-deal-worth-up-to-42m>

Idrus, A. (2017, August 16). GlaxoSmithKline taps Baltimore's Insilico for AI-based drug discovery. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/medtech/gsk-taps-baltimore-s-insilico-for-ai-based-drug-discovery>

Intel News (2018, January 8). Intel partners with BMW, Nissan, SAIC Motor, Volkswagen, Paramount Pictures, Ferrari North America to showcase power of data at CES. Intel.com, from <https://newsroom.intel.com/news-releases/2018-ces-intel-showcases-power-data/>

Johnson & Johnson (2015, April 25). Johnson & Johnson and IBM announce plans to collaborate on advanced solutions designed to transform healthcare delivery. Jphnson & Johnson. Com, from <https://www.jnj.com/media-center/press-releases/johnson-johnson-and-ibm-announce-plans-to-collaborate-on-advanced-solutions-designed-to-transform-healthcare-delivery>

Johnson & Johnson Innovation LLC (2018, January 5). Johnson & Johnson innovation champions leading edge science with 15 new collaborations with potential to impact patients' lives. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/johnson--johnson-innovation-champions-leading-edge-science-with-15-new-collaborations-with-potential-to-impact-patients-lives-300577861.html>

Kalis B., Collier M., & Fu, R. (2018, May 10). 10 promising AI applications in health care. Harvard Business Review, from <https://hbr.org/2018/05/10-promising-ai-applications-in-health-care>

Kevinbinz (2017, August 13). Five tribes of machine learning. Kevinbinz.com, from <https://kevinbinz.com/2017/08/13/ml-five-tribes/>

Pictures, Ferrari North America to showcase power of data at CES. Intel.com, from <https://newsroom.intel.com/news-releases/2018-ces-intel-showcases-power-data/>

Levy, N. (2017, August 2). Microsoft's new corporate vision: artificial intelligence is in and mobile is out. Geekwire.com, from <https://www.geekwire.com/2017/microsofts-new-corporate-vision-artificial-intelligence-mobile/>

Levy, S. (2018, February 1). Inside Amazon's artificial intelligence flywheel. Wired.com, from <https://www.wired.com/story/amazon-artificial-intelligence-flywheel/>

Liu, A. (2016). BenevolentAI looks to artificial intelligence for speedy development of in-licensed drugs. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/cro/benevolentai-forms-licensing-deal-janssen-to-develop-drugs-using-ai>

Liu A. (2018, February 26). BenevolentAI's Proximagen buy creates first AI firm capable of entire drug R&D. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/biotech/proximagen-buy-creates-first-ai-firm-capable-entire-drug-r-d-benevolentai>

Mannes, J. (2017). Facebook buys ozlo to boost its conversational AI efforts. Techcrunch.com, from <https://techcrunch.com/2017/07/31/facebook-buys-ozlo-to-boost-its-conversational-ai-efforts/>

Mannes, J. (2016). Facebook, Amazon, Google, IBM and Microsoft come together to create the Partnership on AI. Techcrunch.com, from <https://techcrunch.com/2016/09/28/facebook-amazon-google-ibm-and-microsoft-come-together-to-create-historic-partnership-on-ai/>

Market Screener (2018, July 3) AbbVie : AI drug discovery company Atomwise raises \$51M series A. Marketscreener.com, from <http://www.4-traders.com/ABBVIE-12136589/news/AbbVie-AI-drug-discovery-company-Atomwise-raises-51M-series-A-26122374/>

McKendrick, J. (2017, September 9). More artificial intelligence, fewer screens: the future of computing unfolds. ZDNet.com, from <https://www.zdnet.com/article/artificial-intelligence-the-new->

[user-interface-and-experience/](#)

McMorrow, A. (2018, April 19). The new high-speed drug discovery path using AI: where soft IP meets hard IP to form a dynamic alliance. BIA Blog, from <https://www.bioindustry.org/news-listing/the-new-high-speed-drug-discovery-path-using-ai-where-soft-ip-meets-hard-ip-to-form-a-dynamic-alliance-by-dr-eileen-mcmorrow.html>

MindMajix (2017). Genetic algorithm in artificial intelligence. Mindmajix.com, from <https://mindmajix.com/generic-algorithm-in-artificial-intelligence>

Numerate (2011, December 6). Numerate and Boehringer Ingelheim (Canada) form drug discovery collaboration. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-boehringer-ingelheim-canada-form-drug-discovery-collaboration/>

Numerate (2012, March 14). N Numerate forms drug discovery collaboration with Merck to utilize Numerate's in silico drug design technology. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-forms-drug-discovery-collaboration-merck-utilize-numerates-silico-drug-design-technology/>

Numerate Inc. (2017, June 9). Numerate and Servier establish collaboration to advance first-in-class ryanodine receptor 2 candidates for cardiovascular diseases. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-servier-establish-collaboration-advance-first-class-ryanodine-receptor-2-candidates-cardiovascular-diseases/>

Numerate Inc. (2017, June 12). Numerate and Takeda enter agreement to generate novel clinical candidates using AI-driven drug discovery. Numerate.com, from <http://www.numerate.com/numerate-takeda-enter-agreement-generate-novel-clinical-candidates-using-ai-driven-drug-discovery/>

NuMedii Inc. (2015, September 29). NuMedii announces research collaboration with Allergan To explore new treatments for psoriasis. Numedii.com, from <http://numedii.com/numedii-announces-research-collaboration-with-allergan-to-explore-new-treatments-for-psoriasis/>

NuMedii, Inc. (2016, January 11). NuMedii, Inc. announces new indications discovery collaboration with Astellas. Prnewswire.com, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/numedii-inc-announces-new-indications-discovery-collaboration-with-astellas-300202197.html>

Nuttall, A. (2012). RDP clinical outsourcing: considerations for improving patient recruitment into clinical trials. From <http://vertassets.blob.core.windows.net/download/64c39d7e/64c39d7e-c643-457b-aec2-9ff7b65b3ad2/rdprecrutmentwhitepaper.pdf>

Parliament UK (2018, April 16). UK can lead the way on ethical AI, says Lords Committee. Parliament.uk, from <https://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/lords-select/ai-committee/news-parliament-2017/ai-report-published/>

Pichai, S. (2018, June 7). AI at Google: our principles, Blog.google, from <https://blog.google/topics/ai/ai-principles/>

Prabhu (2018). Understanding of convolutional neural network (CNN) - deep learning. Medium.com, from <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148>

Prodhan, G. (2016, June 22). Europe's robots to become 'electronic persons' under draft plan. Reuters.com, from <https://www.reuters.com/article/us-europe-robotics-lawmaking-idUSKCN0Z72AY> 2018/10/07)

Professor John McCarthy: what is AI?/ basic questions, Stanford University, from <http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/index.html>

Protection of a database: our company has developed a digital database on cultural heritage; how can it be protected? European IPR Helpdesk, from <https://www.iprhelpdesk.eu/node/2513>

Rabesandratana, T. (2018, April 25). With €1.5 billion for artificial intelligence research, Europe pins hopes on ethics. Science.sciencemag.org, from <http://www.sciencemag.org/news/2018/04/15-billion-artificial-intelligence-research-europe-pins-hopes-ethics>

Rabesandratana, T. (2018, May 30). Emmanuel Macron wants France to become a leader in AI and avoid 'dystopia'. Science.sciencemag.org, from <http://www.sciencemag.org/news/2018/03/emmanuel-macron-wants-france-become-leader-ai-and-avoid-dystopia>

Simon S. (2018, October 1) 106 Startups Using Artificial Intelligence in Drug Discovery. BenchSci .com, from <https://blog.benchsci.com/startups-using-artificial-intelligence-in-drug-discovery>

Shields, M. & Neely, J. (2017, June 5). Novartis, IBM Watson Health team up for breast cancer project. Reuters.com, from <https://www.reuters.com/article/us-novartis-ibm-idUSKBN18W119>

Speights, K. (2018, January 12). 4 ways IBM Watson's artificial intelligence is changing healthcare. Fool.com, from <https://www.fool.com/investing/2018/01/12/4-ways-ibm-watsons-artificial-intelligence-is-chan.aspx>

Subject matter eligibility (examination guidance by date of issuance). United States Patent and Trademark, from <https://www.uspto.gov/patent/laws-and-regulations/examination-policy/subject-matter-eligibility-examination-guidance-date>

Taylor, N. P. (2015, December 4). Astellas strikes tech-enabled drug repositioning deal with Biovista. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/r-d/astellas-strikes-tech-enabled-drug-repositioning-deal-biovista>

Taylor, N. P. (2016, October 4). Sanofi-partnered Recursion raises \$13M for tech-enabled R&D drive. FierceBiotech.com, from <https://www.fiercebiotech.com/it/sanofi-partnered-recursion-raises-13m-for-tech-enabled-r-d-drive>

Tg (2017, September 28). Evotec acquires stake in Exscientia. European Biotechnology, from <https://european-biotechnology.com/up-to-date/latest-news/news/evotec-acquires-stake-in-exscientia.html>

The 5 biggest artificial intelligence startups. Nanalyze.com, from <https://www.nanalyze.com/2017/01/5-biggest-artificial-intelligence-startups/>

Wikipedia website, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Polypharmacology>

Wikipedia website, from <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B7%B1%E5%BA%A6%E5%AD%A6%E4%B9%A0>

Winterlight Labs (2017. January 23). Winterlight Labs secure funding to commercialize Speech-based detection of cognitive impairment. Winterlight Labs, from <http://www.winterlightlabs.com/news/seed-funding.html>

Woodie, A. (2017, May 10). Machine learning, deep Learning, and AI: what's the difference?. Datanami.com, from <https://www.datanami.com/2017/05/10/machine-learning-deep-learning-ai-whats-difference/>

XtalPi Inc. (2018, May 8). XtalPi Inc. announces strategic research collaboration with Pfizer Inc. to develop artificial intelligence-powered molecular modeling technology for drug discovery. Xtalpi.com, from <http://www.xtalpi.com/xtalpi-inc-announces-strategic-research-collaboration-with-pfizer-inc-to-develop-artificial-intelligence-powered-molecular-modeling-technology-for-drug-discovery/>

Zweig, M. & Tran, D. (2018). The AI/ML use cases investors are betting on in healthcare. Rock Health, From <https://rockhealth.com/reports/the-ai-ml-use-cases-investors-are-betting-on-in-healthcare/>

附錄

附錄 1 訪談邀約與問題

以下是我們寄給 Insilico Medicine Taiwan 與生技開發中心的訪談邀約與擬諮詢的問題。

A1.1. Insilico MedicineTaiwan

2018/05/31

Dear Mr. Kadurin

We would like to invite you to an interview for our research on the role of AI in drug discovery. Our tentative plan is to have the interview at 7 PM on June 6th after the InnoVEX meeting in Taipei.

We are participants of the Multidisciplinary Management of Technology (MMOT) program this year, which is organized by Cornerstone Intellectual Property Foundation of Taiwan and under the auspices of the Ministry of Economic Affairs (MOEA) of Taiwan. The program, comprising a three-month course in Taiwan and a subsequent one-month overseas training and visiting, covers intellectual property (IP) laws, innovation management, technology transfer and commercialization of technology. The goal is to cultivate future leaders in the area of technology and IP management. It has been the most significant educational collaboration of this kind among the government, academia and industries.

To complete the MMOT program, we are a group of seven members conducting a research on the aforementioned topic. We will write up the dissertation by the end of October and present the research outcome to the public at a conference to be held in November in Taipei. The aim of our research is to facilitate the development of AI-driven technology in pharma-biotech industry in Taiwan.

Sincerely hope that you can accept our invitation to the interview. Some questions to elicit your perspectives are attached for your information. Thank you in advance for your time and sharing your insight with us. We look forward to meeting you on June 6th.

Best regards,

xxx

on behalf of the research group

Research topic: The role of AI in drug discovery

Questions:

1. **What drew Insilico Medicine to Taiwan to set up a subsidiary in 2017** shortly after founded in January 2014 in Baltimore?
 - In addition to DCB and medical centers, with what companies in Taiwan has Insilico had partnership?
2. Among many AI-driven startups aiming for accelerating the process of drug discovery and biomarker identification, **what makes Insilico Medicine's technology unique and competitive?**
 - If traditionally it costs \$2.6 billion in research and development per drug, how much can it save with Insilico's AI-driven technology?
3. **What makes Insilico Medicine as one of the top 5 AI startups for social impact,** nominated by Nvidia Inception program?
 - Your CEO, Alex Zhavoronkov, once said "We are not going to quit until we defeat the greatest challenge: age-related diseases." What makes aging a major topic for Insilico to pursue in its research and product development?
4. **What makes a successful AI-driven biotech company for drug discovery?**
 - What are the must-have factors to build a successful AI-based drug discovery biotech company? Including internal factors and external factors.

A1.2. 生技開發中心 DCB

2018/06/04

魯小姐您好，

我們是台灣磐安智慧財產教育基金會執行「跨領域產業創新科技管理與智財運用人才培訓計畫」(MMOT)成員，在臺灣已修習此計畫之先修班共 2 個半月課程，現規劃於今年

6 月 22 日至 7 月 9 日赴德國慕尼黑繼續研習進階課程。此計畫目標是培訓未來在智慧財產保護與經營、創新創意管理與策略、技術移轉、投資評估與創業的領袖。

為修畢此進階 MMOT 培訓課程，全體參與課程者需分成不同研究團隊，每個團隊成員須協力完成一篇題目已確定、且質與量皆等同於碩士論文水準之論文，在 11/23 將進行論文發表會，各團隊都將上台發表各自的研究論文，以強化與提升未來在進行國際技術合作交流與技術移轉業務之能量以及共同競爭力。

素聞 DCB 在新藥開發領域執牛耳之地位，希望有機會拜訪貴單位並進行相關議題（我們論文的研究題目：**人工智慧在藥物探索上的應用**）之討論，敝研究團隊在未來雙方會晤之前，事先擬定的研究主題與相關議題，供受訪者參考。由衷希望黃處長能在百忙中撥空，接受我們的訪問。我們在 6/22 出發前往德國，7/9 回台。我們的計劃是在出發前，完成對台灣單位的訪問。非常感謝您的協助。

順頌 時祺

張安祺敬上

代表 MMOT 研究團隊德國班 Team 4

以下是我們到德國做論文研究時，要訪問的單位與問題，供您轉交給黃處長參考。

Questions for ExB Health

1. Please describe the core business of Exb Health, a subsidiary of ExB Labs.
2. How can ExB's Cognitive Workbench, which is an AI-driven datamining platform, help life science researchers in drug discovery or biomarker identification?
3. As an innovator in cognitive computing company, **what are your considerations when you decide to collaborate with a medicine company, such as Alacris Theranostics?**
4. Many AI-driven startups in the US and Europe process machine learning and predictive modeling technologies for drug discovery. Unlike these biotech companies, ExB seems to specialize in machine learning platform. **What makes Exp's technology unique and competitive in the arena of AI-driven drug discovery /development ?**
5. **What are the must-have factors to build a successful AI-based drug discovery biotech company?** Including internal factors and external factors.

Questions for Max Planck Institute of Biochemistry, Munich

6. Please describe current status of adapting AI technologies (big data, machine learning) in drug discovery/development in German pharma/biotech industry.
7. What is the role Max Planck Institute is going to play in this particular field of AI for drug discovery?
 - Are there any government-backed projects related to this topic on going? If yes, what are they?
 - Are there any collaborations between Max Planck Institute and pharma/biotech companies on this topic on going? If yes, what are they?
8. What are the leading AI-driven companies in this field in Germany?
9. What are the must-have factors to build a successful AI-based drug discovery biotech company? Including internal factors and external factors.

另外我們已訪問過 Insilico Medicin Taiwan 的 CEO (Artur Kadurin), 以下是我們問他的幾個重要的問題：

10. **What drew Insilico Medicine to Taiwan to set up a subsidiary in 2017** shortly after founded in January 2014 in Baltimore?
 - In addition to DCB and medical centers, with what companies in Taiwan has Insilico had partnership?
11. Among many AI-driven startups aiming for accelerating the process of drug discovery and biomarker identification, **what makes Insilico Medicine's technology unique and competitive?**
 - If traditionally it costs \$2.6 billion in research and development per drug, how much can it save with Insilico's AI-driven technology?
12. **What makes Insilico Medicine as one of the top 5 AI startups for social impact**, nominated by Nvidia Inception program?
 - Your CEO, Alex Zhavoronkov, once said "We are not going to quit until we defeat the greatest challenge: age-related diseases." What makes aging a major topic for Insilico to pursue in its research and product development?
13. **What makes a successful AI-driven biotech company for drug discovery?**

- What are the must-have factors to build a successful AI-based drug discovery biotech company? Including internal factors and external factors.

附錄 2.訪談記錄

在進行本研究過程中，我們也訪談了台北醫學大學與牛蛙股份有限公司；惟訪談結論與人工智慧在藥物探索的應用較不相關，所以未收入研究本文進行分析；僅將對這兩個單位的訪談內容，記錄如下。

A2.1.台北醫學大學聯手 IBM Watson for Oncology 以及未來藥物探索的發展及應用。

日期：2018 年 06 月 02 日下午三點至五點。

訪談對象：陳俊佑主治醫師

現任萬芳醫學中心放射腫瘤科專任主治醫師/資訊室醫療執行長

/臺北癌症中心華生專案負責人。

訪談紀錄：

台北醫學大學附設醫院是全台灣第一家以 AI 作為輔助臨床診斷的醫學中心。IBM Watson Health 團隊匯集了 300 多種醫學期刊、200 多本教科書，以及將近 1500 萬頁文件的資料，為臨床醫師針對各種不同治療方案、用藥和給藥指示提供洞察與資訊，也讓 IBM Watson for Oncology 不斷學習，變得越來越強大。不過 AI 就像黑盒子，雖然可以直覺判斷及診斷，但缺乏解釋力，舉例像是訓練鴿子判讀病理切片染色結果，鴿子能告訴我們那一張切片染色結果是良性或惡性，但我們無法得知鴿子到底是如何判別的道理相同。

由於 Watson 是透過機器學習方法、系統回顧以及單點對接而完成該治療之決策，所以不會直接在 Watson 內輸入病人的全部治療過程也不會參與所有的診斷過程，所以臨床醫師對於病人的治療診斷仍需建立在所有的客觀證據上，而不是單單藉由 Watson 判斷的結果作為唯一依據。由此可見這對醫療資源較不足的區域最有幫助，因偏鄉地區的醫療人員和資源不如市中心完善，若能透過 Watson 輔助則能有效的降低醫生人事成本以及重複性的常規工作內容，根據了解，IBM Watson 在歐美等國家的接受率低，但在東南亞和印度等醫療資源較落後的國家則有大量使用需求的潛力，因為操作 Watson 不須醫生本人，只需培訓一位技術員即可執行；不過，也讓人疑問臨床醫師的判斷和 Watson 會差異很多

嗎?印度近期有發表一篇關於此議題的期刊，內容表示當癌症分期在前期時，醫生和 Watson 判斷相同的比率約有 90%，但癌症分期在後期則相似度會降至 10%左右。

除上述應用，也可作為提供病人在疾病處置上多一種選擇，舉例：曾有一位乳癌病患因手術後仍復發多次，故主動以指定門診自費諮詢想透過 Watson 是否能得知其他治療方式，Watson 根據此位病患狀況進而按照順序列出所有可行的治療資訊，獲知目前台灣已取得新藥藥證但尚未販售的合適藥物，此病患因而獲得新藥資訊進行治療，但此案例因為不需要考慮經濟壓力而自費取得新藥，相對在台灣健保的限制下仍需評估大環境的接受度。

至於人工智慧如何應用在 Drug discovery(藥物探索)則要先知道人工智慧的演化過程，早期傳統的人工智慧屬於規則式且無方向性的學習，所以需在機器學習(例如：Recurrent Neural Network (RNN))中輸入大量的時間序列、文字序列等等...而藥物開發有許多的化學結構設計，在此階段會遇到的瓶頸是化合物的結構簡單，沒有複雜度。若加上強化深度學習，累積過去的經驗、前後關係，同時記憶失敗的回饋並在一個環境中給予指令，則可建立超越人類的高品質數據，像是 AlphaGo 就是深度學習的指標，在可模擬的情境中證明深度學習是有「創造性」的。而在人工智慧對於 Drug discovery(藥物探索)應可使用對抗式生成網路 (Generative Adversarial Network, GAN) 來判別自然界或非自然界的化合物進而搜尋或建立最適合的藥物結構標的，不過此演算法需要大量的 try and error 所以並不適合應用於臨床醫療。

目前 Watson 已建立較為成熟的系統如：Watson for oncology、Watson genome for genomics，而 Watson for drug discovery 仍在建置中，加上維護成本非常昂貴，使用的普及率需要長時間佈局及經營，而臨床醫師也不全然有意願使用 Watson，原因是臨床經驗豐富的醫師不需要 Watson 輔助診斷病情，但反之若是經驗較少的醫師可透過 Watson 在有限的時間得到客觀的參考資料，Watson 會透過問題反問醫生而不是直接給予答案，如此才能精準評估問題方向已及回覆有效的資訊，所以不應該把 Watson 的資訊作為唯一參考方向，應將其定義為輔助的教學工具。

A2.2 牛蛙股份有限公司

日期：2018 年 6 月 7 日

訪談對象：中山醫院蘇軒醫師、陳泰呈執行長、郭豐明技術長

公司簡介：

牛蛙股份有限公司是一個致力於智慧醫療的技術團隊，於 3 年前成立至今進行了數個計畫，例如 RefiO 雲端藥局、問 8 線上健康諮詢平台，以及與中山醫院合作的肺炎診斷模型專案等創新智慧醫療服務。

關於與中山醫院合作的肺炎診斷模型專案，起源是醫師在醫院非常忙碌於診療或是衛教工作。所以希望用人工智慧減少醫生工作量，讓醫生專注於病人。針對 X 光，一般拍完 X 光要等一週，才能回診看報告；為了有效降低醫生判讀時間，中山醫院與牛蛙合作，打造出一套胸腔 X 光影像辨識系統。(註: DigiTimes, “中山醫院攜手胸腔 X 光辨識新創業者加速醫療人工智慧應用落地”，available at https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000533309_WGK2BD7W10IJ098CJPEFX.)透過人工智慧辨識，可以把有問題片子先拿出來做檢查，以及早發現病情。在眾多醫療行為中選擇胸腔 X 光片開始人工智慧的建模，原因是用人工智慧幫助判別胸腔 X 光片在世界各地已經是主流，目前肺癌檢出率大概是 2%，用人工智慧判別的正确率已經可以達到八九成，如果判讀出狀況是正常的大概不會出錯，剩下的部分再由醫師做判斷。如此可以大幅降低醫師判讀時間。

人工智慧訓練方式，與國際主流大公司相同使用類神經網絡方法，技術的部分都是靠技術人員自學及相互討論精進，醫師也會參與討論資料訓練方法。不過用人工智慧主要挑戰在於目前台灣的 X 光片都由各醫院保管，也只能在醫院裡使用，所以要取得資料餵給程式學習很困難，目前比較多是使用國外的公開資訊網站，Kaggle，或是透過比賽等活動，取的資料讓機器學習。不過同時間公司也已經有在與醫院接洽取得醫院的資料。

人工智慧運用在醫療領域，台灣具備一定優勢，醫學教育嚴謹，訓練環境完善，是世界上少有的；此外也有世界罕見的健保制度，及高密度醫療院所。希望可以輸出到國外，輔助醫療水準較低的地區。(Note: 整理自”【DevDays Asia 2018 年亞太技術年會】LIVE 直播 (Day 3)，available at

<https://www.facebook.com/MicrosoftTaiwan/videos/1336184176481687/?fref=mentions>". 最後訪問日期 2018 年 6 月 9 日。)

但是同時，也有許多挑戰，主要是前述的開放資料不足，集中於醫院，欲進行合作時行政流程繁雜耗時，例如想要得到醫院的資料，必須向 IRB(人體試驗委員會)申請，不但需時至少半年，醫院也多報以保守的回應。此外，資料來源規格或格式不一，需要醫師先整理。因為餵給 AI 甚麼他就會依此產生結果，希望得到比較乾淨的資料。例如，得到的 X 光片中，有的拍攝角度不好，或是身體上已經插很多電極或插管，這些其實不用判讀就知道有問題了，所以給 AI 乾淨的資訊以及正確的判斷很重要。公司期許，希望未來有機會能建立病患授權模式，以建立透明的資料庫，更佳節省醫生時間。一個理想的人工智慧模型，樣本數量至少要 5~10 萬張，如果一家家醫院去洽談，每一家都要半年以上的時間審核，等拿到足夠數量的樣本時，就已經失去了市場先機，「我們希望台灣能建立出一套完整的病患資料授權模式，」陳泰呈認為，屆時受惠的不只是牛蛙團隊，而是整個台灣智慧醫療產業，唯有開放、透明且安全的醫療資料。(“【台灣醫療業的 AI 轉型故事】中山醫院關鍵 AI 嘗試，台灣建立的肺炎診斷模型能讓世界搶著要”，available at <http://www.digitaltransformation.com.tw/chung-shan-hospital-ai/>.)

針對政府許可，目前由於還在開發階段，尚未向 TFDA 申請醫療器材許可，等到這個技術成熟或要商業化時，就會依法進行人體試驗以及後續流程。

關於商業模式，目前還沒有很確定的方式，公司團隊認為由於台灣尚待法令及各界觀念開放還需要時間，所以也同時考慮等技術/產品完成時輸出到國外，例如東南亞。此外這個判讀系統，也可以用來幫助醫療資源比較缺乏的地區。