

借鏡美軍人工智慧戰略規劃對我國軍事事務發展之啟示

趙念祖* 彭群堂**

摘要

人工智慧(AI)在三波研究浪潮後，並且在科技發展趨於成熟下，發展出語音、圖像辨識、自動化生產、人工智慧物聯網(AIoT)等。基於 AI 具有商業與軍事高度通用特性，依照需求適度調整，將可有效運用於軍事事務當中。美國於其 AI 國家戰略與國防戰略文件，明確指導持續投資 AI 研究、資訊處理分析(大數據)、資訊分享(雲端運算)、決策流程、人機協作及道德與安全議題等範疇；另 AI 發展可以支援並提升多領域作戰(聯合作戰)效能，更能夠加速偵蒐-決策-擊殺(Sensor-Shooter)的流程時間。

本研究採用「文獻分析法」，參考美國在 AI 戰略及軍事範疇規劃與執行測試，以及其所面臨之挑戰，整理、歸納及分析後提出「由政府及國防部提出完整指導、加速數位化轉型、強化雲端儲存及大數據運算設施建設、培育 AI 人才及認知訓練、發揮 AI 特點強化決策下達及情報研析、建立與發展自動化及自主性武器」等六項建議。旨在將有限的國防資源作最有效之運用，進而完善我國軍在軍事任務需求中導入 AI 之規劃與整備，提升作戰效能，為未來戰場做好準備。

關鍵詞：人工智慧、軍事事務、數位化轉型

* 陸軍司令部航空特戰指揮部上校通資組長、元智大學資訊管理所碩士

** 國防大學戰爭學院上校教育行政主任、國防管理學院資源管理所碩士；通訊作者 E-mail: tompeng1216@gmail.com

The Enlightenment of the Military Affairs Development of the R.O.C. from the US Army's Artificial Intelligence Strategic Planning

Nien-Tsu Chao* Chun-Tang Peng**

Abstract

After three waves of research enthusiasm, the artificial intelligence (AI) has facilitated technologies such as voice/image recognition, automated production, and artificial intelligence of things (AIoT). Since AI has great potential in both commercial and military applications, it could be effectively used in military affairs with certain necessary adjustments. The United States specifically indicated in its National Artificial Intelligence Strategy and National Defense Strategy that it will keep investing in areas such as AI research, information processing and analysis (big data), information sharing (cloud computing), decision process, human-robot collaboration and AI ethics and security issues. Additionally, the development of AI could also support and enhance multi-domain (joint) operations, as well as accelerate the reconnaissance-decision-killing (sensor-to-shooter) cycle.

This research adopted the "literature analysis method" and referred AI strategic documents and the military evaluation of AI from the United States, and proposed the following suggestions: providing research and development strategy guidance from top to down, accelerating digital transformation, construction of cloud storage and big data computing facilities, cultivating AI talents and cognitive training, making full use of AI to strengthen decision-making and intelligence analysis, developing automatic and autonomous weapons. The aim is to make the most effective use of our limited defense resources, and to perfect the planning of AI development on the need for military mission, as well as to increase the AI efficiency on military affairs, so as to be better prepare for the future battlefield.

Keyword: artificial intelligence, military affairs, digital transformation

* Colonel Chief, Aviation and Special Forces Command (ROC Army); Master of Information Management, Yuan Ze University

**Colonel Director, Education Administration Office, War College, National Defense University; Master of Defense Resource Management and Decision-making; Acting as the Corresponding Author, E-mail: tompeng1216@gmail.com

壹、前言

科技進步帶動軍事事務革新(Revolution of Military Affair, RMA)，亦帶動戰爭型態改變，如同 18 世紀末至 19 世紀初期，蒸氣機及火藥發明，徹底改變了原本冷兵器作戰形態。接著 20 世紀網際網路發展，產生了網路中心戰(Network Centric Warfare, NCW)，並且經由美軍 1991 年第一次波斯灣戰爭(The First Gulf War)中得到驗證，引起各國的關注與研究。

時至 21 世紀，晶片科技發展已臻成熟，伴隨數據儲存與運算能力等發展條件推波助瀾下，人工智慧(Artificial Intelligence, AI)儼然成為下一波引領潮流的趨勢。美國智庫戰略與國際研究中心(Center for Strategic and International Studies, CSIS)2017 年發布〈第三次抵銷戰略(Assessing the Third Offset Strategy)〉中提及包含自主學習系統、人機協作決策、輔助人工作戰、先進人機系統作戰、網路執行自動化武器及高速度軌道武器等領域將可能被敵對方視為挑戰其安全的手段之一(Ellman et al., 2017)。另如美國所發布的〈國防部人工智慧戰略摘要(Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy)〉當中提及：AI 大規模快速地改變經濟及工業模式，同時也改變了美國未來必須面對的戰場型態及威脅節奏(U.S. Department of Defense, 2018)。俄羅斯總統普丁更曾公開演說表示：「未來是屬於 AI，誰領先主導就能掌控世界」(Russia Today, 2017)。中共亦將發展人工智慧(中國稱人工智能)列為國家戰略目標規劃，並且預計在 2030 年期間擠身至創新國家前茅(中華人民共和國國務院，2017；陳津萍、張貽智，2022)。面對如同網際網路發展可能帶來的轉變，各國為奪佔先制有利位置，無不爭相投入 AI 領域研究。

美國於 2005 年前是世界 AI 研究領先者，中共則在其後追趕；至 2015 年後，若單純以學術研究報告及專利申請而言，中共則在數量上超越美國(李代田，2021)。但是中共對於網路資訊管制嚴格，甚至透過 AI 加以審查過濾，造成真正事實與中共公布之資訊內容大相逕庭的情形(劉姝廷，2020)。是故，在此 AI 蓬勃發展研究浪潮之中，本文透過「文獻分析法」藉由蒐整美國 AI 國家及國防戰略文件等具有公信力之官方文件，最後透過美軍實際執行之 AI 專案，以探討美國軍事 AI 發展應用。期能藉由站在巨人肩膀上，汲取他國長處與優勢，以其發展之高度與經驗，提供我國如何規劃與應用 AI 提升軍事作戰效能之建議，進而能夠增加未

來規劃發展之成功公算。以期在繼網際網路浪潮後，新的一波 AI 浪潮中，不至於處於落後局面。

本研究針對 AI 發展歷程，及美國戰略規劃及於軍事領域運用與趨勢，在戰略層級思維與軍事領域發展狀況，藉由整理與歸納美國人工智慧在軍事範疇之規劃與運用，期能提供我國軍在該領域未來發展規劃運用參考，俾能使人工智慧得以協助國軍在戰訓本務工作上提升運作效能。另涉及其餘國家與機敏性資料及諸多高等技術與道德倫理問題，因事涉甚廣，且尚在持續發展中，建議可納入未來持續研究方向，故不納入本研究範疇。

貳、AI 發展歷程及定義

AI 其實是一種抽象概念，為了對 AI 能有所瞭解，以下將回顧其發展歷史，由電子計算機、網際網路到目前發展的狀況，藉由目前學術及商業界廣為接受的發展歷程，瞭解其發展期間所遭遇的限制，最後藉由官方及學者對於 AI 的定義，希能進一步讓閱讀者對於抽象概念更能具體化的認識與瞭解。同時，由於 AI 具有商業與軍事高度通用特性，是故藉由瞭解 AI 發展，對於軍事事務同步發展創新運用，具有一定助益(Congressional Research Service, 2020)。

一、AI 發展歷程

(一)AI 名詞誕生

AI 的概念首次被探討，係於 1950 年時，由英國學者圖靈(Turing)於其論文〈計算機械與智慧(Computing Machinery and Intelligence)〉當中提出：機器是否會思考，以及設計了「模仿遊戲(The Imitation Game)」，當時 Turing 係從心理認知的角度為出發點，來思考 AI 的問題，並提出開發出如同人類小孩智慧的系統，再讓此系統不斷學習，而這正是目前使用機器學習(Machine Learning)，處理 AI 問題核心指導。同時，亦為目前在衡量機器達到 AI 水準的「圖靈測試(Turning Test)」，該測試係由人類測試員同時與人類及電腦程式對話，若能成功的「瞞騙」過測試員達到 30%，就代表該程式通過測試，就是以上述論文提出的理念為原型所設計。接著，在 1952 年 Samuel 開發了西洋棋程式，代表當時「機器學習」的展示，該程式可以與業餘選手對奕，造成當時社會廣大討論(李開復、王詠剛，2017)。

「人工智慧」一詞則首見於 1956 年達特茅斯會議中(Dartmouth Conference)，由知名學者 McCarthy 等人(2006)共同研討，提出包含自動電腦、電腦如何被程式

使用語言、神經網路(Neuron Nets)、自我修正以及隨機與創意等議題，雖然隨著時代科技進度，當中有些問題已經不復存在，但當時學者們真知灼見以及精準預測，為後世 AI 發展，奠定了良好的基礎。

(二)發展成熟運用

AI 的發展概略有三波高峰，第一波高峰約為 1950-1960 年代，由 Turing 提出機器是否能夠學習，以及圖靈測試，在當時掀起一股討論熱潮(李開復、王詠剛，2017)。第二波熱潮則為 1980-1990 年間，語音辨識及機器翻譯在當時掀起一股研究熱潮，科學家嘗試讓電腦程式聽懂人類所說的字句，這是從 AI 學門開始就在努力的目標。大抵都是起因於原理或科技技術發展所引起的躍進，但前兩波熱潮皆受限於計算能力及數據不足等限制因素，縱使開發出可以提供商業應用的產品，其實際運用卻極為受限，導致熱潮再次消退(林仁惠，2018)。

第三波高峰約為 2010 年迄今，由於深度學習(Deep Learning)技術發展成熟，使用多層神經網路方式的通用理論，這些方式提供已被驗證具備自動化能力得以支援更快速程序(U.S. Networking and Information Technology Research and Development, 2016)。計算機演算能力發展與大數據基礎能夠以實用層面的合理成本建置而成，較以往的 AI 熱潮而言，這個時期的發展似乎具備成熟的條件。因深度學習主要係模仿人腦的類神經網路，透過大量資料的學習，才具備自我處理的能力，大數據使得程式自我學習變得可能，並且大幅降低了錯誤率。

另外，藉由網際網路與搜尋引擎(如 Yahoo、Google 等)發展，奠定了大量數據蒐集的基礎。基此，條件成熟後，各項語音辨識、圖像辨識、網路搜尋引擎如雨後春筍般發展等，甚於藉由「深度學習」擊敗國際棋王的 AI Alpha Go 發展問世，同時帶來了第四次工業革命，由德國發起的「工業 4.0」，藉由網路、自動化(Automaous)、物聯網(Internet of Things, IoT)及 AI，為工業帶來根本的改變(劉錦秀，2016；鄧勇誌，2022)。目前 AI 熱潮正急速發展中，但也同時衍生了是否會取代人類？是否會造成失業潮以及道德與法律等問題，都將隨著其發展逐漸顯現，並同時考驗著我們人類如何以智慧解決上述難題。

二、AI 定義

由前文中提到 AI 發展歷程，可以瞭解初次提出這名詞是由學者在 1956 年提出，後世學者則依照科技與實驗經驗累積，獲得更為貼近與具體之定義。McCarthy(2007)於其〈什麼是人工智慧(What is Artificial Intelligence)〉論文問答集

中，首項即說明：AI 就是一種科學及工程產生智慧的機器，特別是智慧電腦程式。這類似於使用電腦去了解人類智慧的工作，但是 AI 不必侷限於生物學上可觀察的方法。之後學界則給予其各種不同的定義。

《人工智慧：一種現代的方法(Artificial Intelligence: A Modern Approach)》是該 AI 領域之權威書籍，當中對 AI 定義為：「是類人行為....其基礎是哲學、數學、經濟學、神經科學、心理學、電腦工程、語言學...」(王寧等人，2020)。另我國學者李開復、王詠剛(2017)則將 AI 定義為：「與人類思考方式、行為相似，並且會思考與學習，同時對環境做出合理行動，獲取最大效益的電腦程式」。

美國在 2020 年簽署「建立 AI 倡議(To establish the National Artificial Intelligence Initiative H.R6216)」法案中，將 AI 定義為：一種基於機器的系統，可以針對一組被賦予之人為定義目標，做出影響真實或虛擬環境的預測、建議或決策。AI 使用基於機器和人類的輸入來得知(一)感知真實和虛擬環境；(二)透由自動分析將這些感知轉換為模型；(三)使用模型推斷來制定資訊或行動的選項等(U.S. Congress, 2020)。綜上，AI 就是電腦程式或機器，能夠採用類似於人類思考模式的方式，同時藉由經驗數據自我學習，做出合理的反應，並且解決部份的問題。

但目前的技術所發展出的 AI，多數都屬於「弱 AI」，所謂弱 AI 是針對特定問題，如 ALPHA GO 針對下棋，語音辨識針對翻譯，圖形辨識則針對特定的圖像，如辨識貓的程式，就無法辨識人。而「強 AI」則是具有自我思考、學習及改善缺點，可以適應不同問題，同時運用運算及數據，經過演算後，得到最佳解決方案。依照日本學者野村直之對於 AI 使用 3 個軸將其分類(如圖 1)，並預測具備自我思考的「強 AI」電腦程式預計在 2045 年之後才可能實現(陳令嫻，2019)。

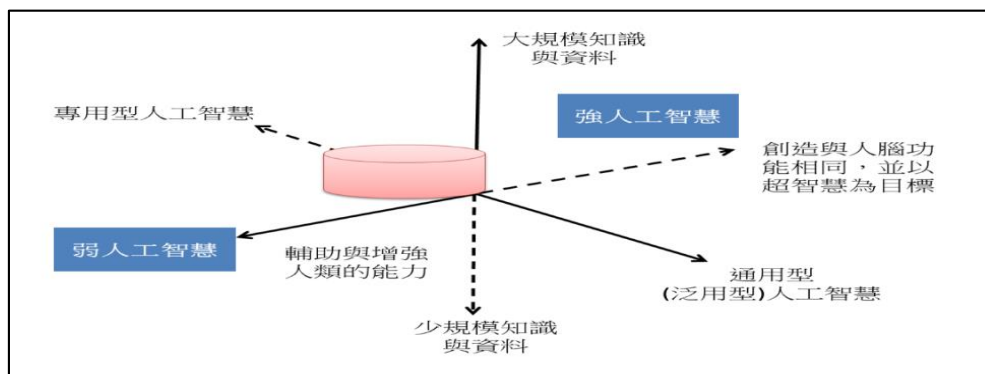


圖1 三軸 AI 分類

資料來源：研究者參考陳令嫻(2019：27)重新繪製。

三、目前主要應用範疇

人工智慧在第三波浪潮後，開始加速發展，經由實際商業運用，展現其價值；由於人工智慧具有高度軍民技術通用特性，藉由民間運用發展情形，可以進一步提供軍事人員與軍事任務需求相結合，進而強化作戰效能。接下來將藉由民間商業實際運用例子，初步瞭解目前廣泛運用的狀況：

(一)語音辨識

語音辨識是科學家研究人工智慧時，最早追求的目標，目前已經廣泛應用於人類社會各樣領域當中。舉例來說，蘋果(Apple)智慧型手機當中內建語音助理SIRI，透過語音辨識提供使用者所需要的資訊、取代電話語音服務的客服語音辨識、會議自動翻譯及智慧型音箱(Amazon ECHO、Google Home 等)，以上這些都是成熟且效能良好的產品(周維忠，2019)。

(二)圖像辨識

圖像辨識在1989年初始是使用「卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)」之技術，而隨著科技進步目前則使用深度學習方式(Feng, 2022)。目前廣泛運用於較為簡單的车牌辨識，其餘方面則已成熟運用於醫療方面，協助專科醫生辨識患者癌症病理診斷，與使用於安全防護方面，辨識移動或異常的物體，減少人力耗用。

(三)自動駕駛

不須人駕駛的車輛，在現今已成為現實，車輛透過感測器與人工智慧搭配，即時運算提供駕駛無論是路線規劃、路線執行、監測車輛狀況以及收集車輛資料等(Hristozov, 2020)，都是目前自動駕駛車輛可以執行的範疇，但目前的自動駕駛技術仍然需要駕駛人從旁操作，完全由人工智慧駕駛的車輛，還需要一段時間努力才有可能實現(李開復、王詠剛，2017)。

(四)自動化機器人

2015年發展出的人工智慧機器人索菲亞(Sophia)，有著與人類相似的外型，可與人對話的功能，但實際運用卻多所限制，重點在於沒有自我思維與智慧；但這不影響後續人工智慧與機器人的運用，透過人工智慧演算法、整合網路通信、機械操作與感測器的服務型機器人或工業型機器人，正減輕巡檢與工業安全風險的壓力(Atkinson, 2021)，許多具高風險的場所，都可以採用此種方式減少人為疏失及傷害的風險。

參、美國 AI 戰略發展及應用

AI 歷經兩次浪潮後，在資料儲存及運算能力成熟等條件下，終於嶄露其價值及能力，各國均投入大量資源，期望能取得先機拔得頭籌，在新科技領域取得先制；如同美國在其 2021 年「國家安全戰略暫行指南(Interim National Security Strategic Guidance)」文件當中提及：「...世界主要大國都在競相開發和部署 AI 和量子計算等先進科技技術，形塑國與國之間經濟和軍事平衡...」(U.S. White House, 2021)。以及在其 2018 年「國防戰略(National Defense Strategy)」文件則強調：「...其安全環境被技術先進及戰爭變化特質所影響，先進的技術如同大數據分析、AI、自動化、機器人.....等，進入門檻將越來越低，將造成敵人嘗試運用。同時這些技術也能確保我國得以戰勝並贏得未來戰爭」(U.S. Department of Defense, 2018)。同時，為了落實投資發展 AI，美國預計在其會計年度 2021-2025 年間，在科學、技術、標準等範疇投入約 64 億美元(U.S. Congress, 2020)。皆在強調 AI 技術發展對於國家安全與競爭力之重要性，尤其在軍事領域，更可能是繼核能與網際網路後，帶動全面軍事事務革新的重要因子(蔡宗憲、莊秀敏，2018)。

雖然基於國力及需求不同，不可能完全仿效美國在 AI 發展的戰略規劃，但可以參考並依照我國需求，發展特有 AI 系統，才能在有限資源下強化自身實力(盧福偉等人，2011)。接下來就目前投入 AI 研究扮演全球領頭羊角色的美國，探討其戰略策略發展，同時參酌其運用情形，一探 AI 運用於軍事事務之成效。

一、美國國家 AI 戰略發展

美國在 2016 年 10 月歐巴馬政府時期，國家科學及科技委員會正式發布〈國家 AI 研究與發展戰略計畫(The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan)〉，這項研究的最終目標是產生新的 AI 知識和技術，為社會提供一系列積極利益，並且最大幅度地減低其負面影響。文件中提及投入 AI 增進經濟發展、教育機會及生活品質外，並且能強化國家及國土安全(U.S. Networking and Information Technology Research and Development, 2016)。

之後，美國聯邦、學界、產業界及非營利組織等單位，歷經三年時間投入研究後，並在 2019 年，由川普政府頒布更新版的〈2019 年國家 AI 研究與發展戰略計畫(The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan-2019 Update)〉文件，文件中總計提出了 8 項發展 AI 戰略方針；分別為(1)投入 AI 長期研究投資。(2)開發有效的人機協作方法。(3)瞭解並解決 AI 有關倫理、法律

和社會的影響。(4)確保 AI 系統的安全與保密性。(5)為 AI 培訓和測試開發共享的公共數據集和環境。(6)通過標準和基準來衡量和評估 AI 技術。(7)強化瞭解國家 AI 研發戰力需求。(8)擴大公私合作夥伴關係以加速 AI 的進步。美國 AI 研究機構依照此文件指導，已持續進行多項研究並與民間、產業及學界單位合作，研擬出針對 AI 發展重點方向，綜整如下表(U.S. Networking and Information Technology Research and Development, 2019)：

表 1 美國國家 AI 研究發展戰略規劃重點

AI 發展重點	內容描述
針對 AI 執行長期且持續的投資	為了能夠持續保持優勢，將針對感知、自動推理/規劃、認知系統、機器學習、自然語言處理、機器人技術和相關領域等 AI 子領域的共同需求執行長期且持續的投資。
發展演算法及硬體提升 AI	研究人員需要探索新方法來同時探勘數據和相關後設資料(Metadata)。新的演算法搭配高效能運算(High Performance Computing, HPC)，AI 演算法必須設計成可以線上操作及具備相當規模的高速運算系統。同時 AI 系統亦必須符合安全及強韌，以確保不會造成人類傷害。
AI 倫理道德議題	AI 帶來的道德議題，除了正義和公平的基本假設之外，還有關於其是否可以表現出遵守一般道德原則的行為與其他隱憂。研究人員必須努力開發與現有法律、社會規範和道德可驗證一致或符合的演算法和架構。
持續通用 AI(General AI)研究	通用 AI 的長期目標是創建在廣泛的認知領域（包括學習、語言、感知、推理、創造力和規劃）中展示人類智慧的靈活性和多功能性的系統。廣泛的學習能力將使通用 AI 系統能夠將知識從一個領域轉移到另一個領域，並從經驗和人類中交互學習。
發展人機協作高效率之方法	研究目標是超越一個人和一台機器的交互，每個系統都能獨自運作，交互運作時卻又能產生額外所望的效能，進而邁向「系統的系統(system of system)」，即由多台機器與多個人交互組成的團隊。具像化(Visualization)和用戶界面必須以人類可理解的方式清楚地呈現越來越複雜的數據和從中獲得的資訊。人機協作可以應用於各種環境中，並且在通信限制的情況下運作。
開發更強大、更可靠的機器人	研究人員需要理解機器人感知方式，從各種感應器中提取資訊，為機器人提供即時情資感知。機器人需要學習以無縫接軌方式進行團隊合作，並以可信賴和可預測的方式與人類協作。

資料來源：研究者參考 U.S. Networking and Information Technology Research and Development (2019: 6-41)與 van Esch 等人(2022: 5035-5046)整理。

以上是美國以國家整體發展之高度指導 AI 研究及發展指導文件，可瞭解該國對於其發展規劃重視，除了軟體外，更應全面加強硬體運算(半導體)、自動化控制、機器人與人機協作等技術，並藉由 AI 高度商用與軍用整合之特性，將 AI 導入軍事領域運用，俾能在該領域取得領先地位。

二、美軍國防部 AI 戰略

美國政府在 2016 年頒布 AI 研究發展戰略計畫後，緊接著美國國防部在 2018 年亦頒布了〈國防部人工智慧戰略摘要(Summary of The 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy)〉，該戰略文件旨在指導美國國防部加速導入 AI，並建立一支能夠適應其運用的部隊，同時指導美國國防部應採取導入 AI 戰略的策略；摘要如下表(U.S. Department of Defense, 2019)：

表 2 美國國防部 AI 戰略要點

導入AI策略	具體描述
導入AI能力解決關鍵任務	強化軍事決策及跨關鍵任務領域，如提高戰場覺知(Situational Awareness)、決策下達、藉由導入預測維修及支援，增進作戰裝備安全等。
透過分散開發和實驗的基礎，擴大AI對國防影響	美軍強調創新為其優勢之一，將藉由擴大此優勢，擴大對AI的導入工作，包括創建共享資訊、可重複使用之工具、框架和標準以及雲端和邊緣運算(Edge Computing)服務的共同基礎，並且逐步透過數位化及智慧自動化制定AI應用作業程序。
培育領先的AI戰	透由投資及培訓培養現有人才，作法包含運用由美國頂尖大學及公司AI專家所提供之開放式線上課程、電子化書籍及線上影片提供教育訓練；並與國際一流人才合作，將關鍵AI實用化。
與產學界和國際戰略夥伴合作	學術界和工業界合作，並提供資金以吸引最好的學者投資於與國防相關的長期研究，並繼續從事下一代AI人才的教育業務。加強與美國工業界的伙伴關係，使民間人AI發展領導地位與國防挑戰保持一致，同時發展與國外的重要國際聯盟和夥伴關係。
在軍事道德和AI安全方面處於領先地位	在合法和合乎道德的方式使用AI，制定軍事AI指導，並在軍事背景下推動並發展AI倫理和安全，將投資於具有彈性、穩健、可靠和安全的AI系統研發。同時持續投資於了解及解釋AI導向之決策與行動研究。

資料來源：研究者參考 U.S. Department of Defense(2019:7-8)及周濟群(2017:52-56)整理。

同時由該文件中，可以瞭解美軍運用 AI 的實際作為與成效；如美國國防部於 2019 年 1 月正式成立「聯合人工智慧中心(Joint Artificial Intelligence Center, JAIC)」，擔任其在 AI 導入國防事務工作上的承辦單位，負責在國防部各層級導入 AI 運用、建立資料存儲及雲端運用，以及持續培育人才與教育訓練工作等。文件亦指出，在 2016 年期間成立之國防創意單位(Defense Innovation Unit, DIU)，旨在透過民間技術合作期能快速解決國防問題，該單位與空軍合作，成功開發出 AI 運用在諸如 E-3 空中預警機、F-16 戰機、F-35 閃電II戰機及布萊德雷戰鬥車輛維修預測之實驗雛型，有效提升妥善率及降低成本(U.S. Department of Defense, 2019)。

2019 年美國國會授權成立「國家安全人工智慧委員會(National Security Commission on Artificial Intelligence, NSCAI)」，並於 2020 年修訂委員會組織章程，由前 Google 執行長 Schmidt 擔任主席，針對 AI、相關機器學習發展和相關技術實施全面研究，該委員會於 2021 年提交最終報告，其中內容涉及「AI 世代混合威脅、未來防衛之基礎、AI 及戰爭和與 AI 導向之戰爭有關的自動化武器系統及風險」等議題，並關注 AI 對於未來國家安全及軍事安全的影響，重點摘要如次(U.S. National Security Commission on Artificial intelligence, 2021)：

(一)藉由 AI 發展形成新型威脅

隨著社會對於資訊依賴，IoT、智慧型手機及社交媒體平台藉由收集相關資訊，匯入 AI 平台系統中，敵對國家可以識別、標定以及操縱廣大民眾。舉凡在正規軍事衝突門檻下的行動，諸如網路攻擊、心理戰、政治戰、操控選舉、深度偽造(DeepFake)及惡意資訊等，在 AI 的效能倍增下，都造成未來更嚴峻的挑戰。

(二)未來防衛的基礎

美軍因先進科技帶來的軍事優勢，可能在敵對國家快速導入 AI 的情況下，快速被抵銷，除非美軍能於指揮和管制、武器、和後勤等方面儘快導入 AI，才能持續維持在各方面領先的優勢。委員會研究建議美國國防部應在 2025 年前完成可提供 AI 研發團隊使用的通用數位設施，具備數位化素養的戰力及現代 AI 支援的高效率業務執行。同時建置完整的 AI 生態系統，由硬體-資料-軟體-載台環境-應用程式-使用者之完整系統，並透過良好之加密機制，配合對於實際運用系統於作戰的前線戰士，給予良好教育訓練，改變其作戰思維，進而改變其作戰方式。

(三)AI 與戰爭

本文闡明一個極為重要的概念，說明假使美軍在戰場上未能採用正確的觀念及戰術戰法，即使高超的科技技術(如 AI)可提供運用，仍有可能處於不利的位置。以史鑑之，展現最好戰力的往往是能夠整合科學與藝術者，而非倚靠單一技術專家。競爭者積極發展 AI，並嘗試創造出新的戰爭架構-演算法戰(Algorithmic War)及智能戰(Intelligentized War)。

AI 亦將改變由海底至外太空，及網路與電磁頻譜等各領域的作戰方式，諸如其速度、節奏與規模等，也會增進對於戰場的監控持久性、對於目標區別更精確及目標攻擊的準確性。然而 AI 旨在輔助人類而非取代，目前美軍強調的「任務式指揮」(Mission Command)，該原則強調下級遵循指揮官意圖的分散執行和紀律

嚴明的主動性。在可預見的未來，這種以人為本的作戰方法應該仍然是標準。但隨著 AI 不斷進入具備認知及神經形態的領域，人機協作將更形複雜。

(四)自動化武器與 AI

美國運用自動化武器系統已逾 80 年以上時間，隨著 AI 發展，結合兩種概念系統，將有機會實現新穎、複雜的攻防自主能力。然而經過分析後，仍然建議將自動化武器 AI 運作流程中，導入人為判斷，才有可能將涉及「武裝衝突法」等道德問題納入戰爭中考量。

由美國頒布的國家 AI 研發戰略文件及國防部戰略文件內容可以瞭解，除了該國已將 AI 列為國家及軍事戰略外，更有完整由上至下的指導發展規劃，圍繞著資訊、資訊處理分析(大數據)、資訊分享(雲端)、決策流程、人機協作及道德與安全議題等範疇。特別是在 NSCAI 最終報告中提到，自 2015 年起，美國國防部投資在多領域作戰(Multi Domain Operation, MDO)結合 AI 方面的比例超過 25%(U.S. Networking and Information Technology Research and Development, 2019)。

C4ISRNET 軍事網站作者 Pomerleau(2021)指出，美軍原預計於 2019 年起投資 10 年 100 億美金，建置美軍聯合雲端服務(Joint Enterprise Defense Infrastructure, JEDI)，後因諸多因素考量，重新於 2021 年邀集各知名雲端服務供應商，提供具備更安全及符合其全領域指揮管制作戰概念之雲端產品整體方案(Joint Warfighter Cloud Capability, JWCC)，俾利更快速的將感測器的資訊快速提供至火力單元。

由美軍投資目標，可以瞭解到 AI 發展可以支援並提升多領域作戰(聯合作戰)效能，更能夠加速偵蒐-決策-擊殺(Sensor-Shooter)的流程時間。當然，發展 AI 並非單一工作，是要集合產官學研之力才可能有所進展；除了演算法之外，數據資料更是不可或缺的要害之一，更要同步完成雲端資料蒐集及處理，才能提供 AI 運用，確實進入實用化。接下來藉由美軍執行的 AI 專案，瞭解其實際執行、運用以及所面臨的挑戰。

三、美軍 AI 研究專案

(一)DARPA AI 專案

美國素來以其軍工複合產業聞名於世，由軍事需求引領科技發展(李明正，2005)，其中又以其國防高等研究計畫局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)最富盛名，該局於 50 年前即投入 AI、自主性與自動化設備研究領域，並曾於 2004 及 2007 年舉辦了「大挑戰(Grand Challenge)」及「城市挑戰

(Urban Challenge)」等兩場自動駕駛車輛比賽，為學界發展自主性載具挹注資源，同時促進後續產業發展的基礎(Davies, 2021; RAND, 2020)。

該局在 2018 年 9 月其成立 60 周年的慶祝會上，對外宣布名為「AI Next」新計畫，以及對現有項目進行超過數年 20 億美元投資。專案範疇的關鍵領域包括自動化關鍵的國防部業務流程，例如安全許可審查或認證用於操作部署的軟體系統；提高 AI 系統的強固性和可靠性；增強機器學習和 AI 技術的安全性和彈性；降低功率、數據和性能的效率不足；並開創了下一代 AI 演算法和應用，例如「可解釋性(explainable)」和常識推理(DARPA, 2018)。

該計畫將 AI 發展區分為三個主要範疇，第一為「描述」，主要為專家系統。第二為「認知」，係指分析能力。第三為「解釋」，則為未來發展目標，為 AI 平台增加內涵及信任。依照美國防雜誌作家 Tadjdeh(2019)指出：AI NEXT 主要目標在發展第二範疇穩定技術能力、新的實際應運層面及研發第三範疇技術。雖然目前第二範疇的技術能力尚未完備，但在該局致力於與學界共同努力，在 250 個研究計畫中，約有 1/3 是聚焦於新演算法研究，相信在不久的未來，將會有令世人耳目一新的技術問世。

DARPA 針對可解釋性同時執行另一專案，研究主要目標在於解決目前 AI 對於人類使用者決策及行動解釋能力限制，稱為「可解釋性 AI(Explainable AI (XAI))」專案，其在於一套新的機器學習技術，以產生更可解釋的模型，目標為：(1)為維持一個高效能的學習效能(預測準確率)建立更可解釋的模型。(2)使人類使用者能夠瞭解、適當地信任及有效地管理 AI 夥伴的融合世代。本項計畫是期望能夠達到前文所提到的第三範疇，使 AI 能夠瞭解其所操作的內涵及環境，該計畫已於 2018 年完成第一階段雛型成果展示，包含了機器學習及人機介面軟體模組，待未來研究成果完成後，將可望提供於國防及商業實際運用(Turek, 2019)；XAI 專案目標說明如圖 2。

(二)馬文計畫(Project Maven)

美國防部於 2017 年成立演算法戰跨領域小組(Algorithmic Warfare Cross-Functional Team, AWCFT)，同時也稱為「馬文計畫(Project Maven)」，當時該計畫主要工作係為作戰任務問題，提供導入 AI 及機器學習的解決方案，特別聚焦於演算法發展。初期主要任務係為對抗「蓋達(al-Qaeda)」及伊斯蘭國等恐怖組織，針對無人飛行載具(MQ-9、MQ-19)所回傳之全動態影像偵測器資料實施分析，以及

針對資料運用、蒐集管理、兵棋推演、模式模擬及早期預警等議題實施研究發展，同時該計畫已與超過 130 間大小民間企業就 AI 議題洽談合作(Dobkin, 2017)。美國發展 AI 運用於軍事方面，因應作戰需求結合圖形辨識能力，透過 AI 加速尋獲可能目標，降低人力分析大量影像情資之壓力。

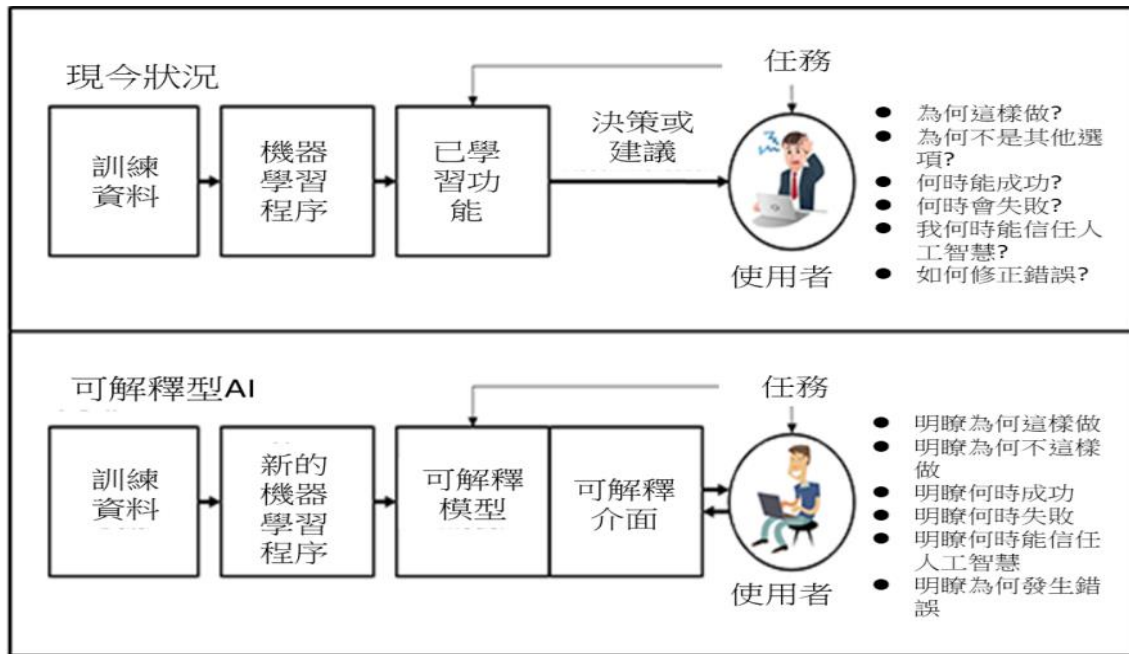


圖2 可解釋型 AI 示意圖

資料來源：研究者參考 Turek(2019: Figure 2)繪製。

(三)美軍 AI 專案

在國防部完整 AI 戰略指導，並透過統一負責單位規劃下，在該領域展開多項專案測試；其中由各軍種負責的 AI 實驗專案分別為陸軍的「融合專案(Project Convergence)」、海軍的「優越專案(Project Overmatch)」，以及空軍的「先進戰場管理系統(Advanced Battle Management System, ABMS)」，主要聚焦於指管系統整合，並透過雲端運算服務加速偵蒐-決策-攻擊流程速度。其中陸軍的「融合專案」由未來司令部(Army Future Command, AFC)負責設計美陸軍在未來戰爭中如何整合進入聯合作戰，並檢視其在聯合全領域指揮管制(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)所能扮演之角色(Congressional Research Service, 2021, 2022)。

該專案於 2020 年首次於美國亞利桑那州尤馬實驗場(Yuma Proving Ground)執行，在正式測試前，已經過數個月實驗室及先期測試，其中「邊緣 21(Edge21)」測試了極為複雜的空中突襲演練，包含空中情監偵(ISR)、由在空無人機投射之空中感知器(Air-Launched Effects, ALE)可將目標資訊傳送回適當的遠距離攻擊火

力、透過地面操作人員決定攻擊目標的巡飛彈武器(loitering munition)，以及透過空中飛行器傳輸地面情資至指揮官或單兵配備之整合式視覺擴增系統(Integrated Visual Augmentation System) (Judson, 2020)。上述演習測試著實在實踐美國多領域作戰的藍圖願景-偵蒐-回傳-分配-決定打擊方式-攻擊；在 AI 協助下，快速選擇最佳打擊火力，產生較以往更為快速及致命之打擊。

2021 年「融合專案」延續 2020 年以遠距精準火力部署及聯合作戰型態執行外，另聚焦於 7 項目標：(1)維持全領域戰場覺知，含於低軌道衛星設置感測器。(2)空中及飛彈防禦，攔截敵飛彈來襲。(3)聯合火力打擊，特別是部隊由危機轉換至衝突時。(4)半自動後勤補給。(5)AI 及具備自動化情報偵蒐任務。(6)延續「邊緣 21(Edge21)」演習重點，聚焦於空中突襲及整合式視覺擴增系統。(7)搭載具備 AI 攻擊能力測試(Judson, 2021)。由以上專案可以瞭解美軍目前已全面導入 AI 協助軍事事務執行，並且結合既有系統裝備技術，如同低軌衛星、巡飛彈以及擴增實境(AR)等，主要目的就是在藉由 AI 協助下，加快決策速度、增加準確率以及戰場情監偵能力，期能突破敵人對於反介入/區域拒止(Anti-Access, Area-Denial, A2/AD)能力，在未來戰場上持續維持優勢。由美國完整的國家、國防部 AI 戰略指導，以及實際專案執行情形，可以瞭解藉由其在 AI 領域戰略規劃及發展，已有相當成效，面對潛在對手可能發展的戰術戰法，運用科技研擬反制作為，期能藉由科技實力，在戰場上取得優勢。

(四)面臨之挑戰

美國國防部於 2018 年發布國防部 AI 戰略文件，同時成立國防部推動 AI 專責部門「聯合人工智慧中心(JAIC)」，並依照國家政策指導，推動 AI 導入作戰需求，目前仍在持續執行，有諸多困難與挑戰仍待克服，茲摘述如下：

1.預算持續增加，成效展現有限

參照美國審計部之報告(U.S. Government Accountability Office, 2022)，JAIC 預算由 2019 會計年度 8,900 萬美金，至 2021 會計年度增加至 2.43 億美金，其增幅約為 2.7 倍。因投入相當之預算，美國政府監督部門合理要求國防部必須呈現具體成效。然而，目前除了各軍種執行之 AI 測試，以及國防部派遣 AI 技術專家至各作戰指揮部，協助指揮官能夠瞭解與運用 AI，並且由作戰部隊所產生之資料，擷取可用資料，以產生 AI 演算模型(Williams, 2021)。除上述較有具體成效外，尚未有較明顯之成效提供美國國會。

2.組織持續調整，增加不確定性

美國防部於 2017 年成立演算法戰跨領域小組(AWCFT)，2019 年成立 JAIC，至 2022 年 2 月則再度改編成立總數位人工智慧辦公室(Chief Digital Artificial Intelligence Office, CDAO)，該辦公室已於 6 月完成全執行功能(Full Operating Capability, FOC)驗證，作為 JAIC 接替組織，未來 CDAO 將持續推動美軍數位化及導入 AI 相關工作(U.S. DoD，2021)。雖然不斷依照需求調整組織，才能降低發展與需求未能結合之情況，然而組織不斷改組仍會衍生人員、資源與工作任務銜接空隙之可能，對於專案推動產生難以管控風險。

3.資訊安全風險，仍待精進克服

AI 具有較強之軍民通用性，其中最為關鍵要點為數據，良好之數據得以產生較佳之模型與演算法，方能提供需求所用。然而，如同美國 2019 年 AI 國家戰略提到，基於數據及演算法決定 AI 優劣實用與否，若遭到敵方使用特殊演算法對於數據修改及破壞，恐將為 AI 系統帶來損害，進而影響實際任務執行(U.S. Networking and Information Technology Research and Development, 2019)。基此，美國透入大量資源在網路與資訊安全議題，然而如同前文提及美國防部雲端服務籌獲進度落後的情況，仍有諸多議題有待國防部與各部門共同協力合作解決。

4.道德議題待克服，須說服民眾支持

2018 年由 Google 員工發起的抗議抵制行動，4,000 餘人聯名簽署要求公司承諾不會發展「戰爭技術(warfare technology)」；Amazon 員工亦同時要求公司高層停止為政府機構和警察部門開發人臉辨識工具。社會大眾對於 AI 發展的疑慮，尤其在道德方面之問題，引起了反對及抗議，迫使民間企業對此回應，並中止與國防部合作(Brewster, 2021)。這對於各國未來在發展 AI 運用時，必須審慎考慮這方面的問題，必須在安全無虞，又能夠符合法律道德規範前提下，才有可能說服社會大眾接受 AI 帶來的便利性。

目前無論美國民間或是其國防部，對於 AI 研發測試仍在進行中，能否如同文獻指出，會成為繼網際網路後，為人類世界帶來徹底改變的科技，同時改變了戰爭型態，值得持續審慎觀察。

肆、對我國未來軍事事務規劃發展啟示

藉由研究美國在 AI 領域所建立完整戰略指導，可以瞭解對於該項科技技術

的重視，期能在未來戰場上取得先機。當然，AI 進入實際運用還需要許多條件配合發展，但以目前來說，已經是不可逆的趨勢；本研究針對我國在軍事任務需求導入 AI 議題上，目前面臨的現況與未來的挑戰，嘗試藉由美國較為成熟的經驗，提出幾項建議，希冀能在軍事任務需求中導入適合之 AI，協助提升整體效能，惟有因應敵情與科技發展，同步調整自身戰術戰法等，才有可能在瞬息萬變的未來戰爭中，提前著手整備；茲參考美國發展 AI 戰略規劃，提出以下建議：

一、制定研究發展戰略指導

戰略係由上至下明確指導，經由整體規劃與資源運用，進而獲得能夠發揮所望效益的一種方式。如同美國由國家、國防部等頒布完整戰略指導，使得所屬單位得以在統一架構、發展方向與資源運用等前提下，有系統及規劃的向前發展。目前我國軍雖然有「十年建軍規劃」及「五年兵力整建」等指導，然而對於 AI 議題範疇，尚無完整全面之指導，如此情況下，各軍種及研發設計單位在缺乏統一指導與架構情形下，僅能自行依照軍種需求去規劃發展，難免陷入本位主義，缺乏整體性與互通性。最關鍵問題在於所設計之系統，難以資源互享，進一步造成各單位爭取有限資源，無法統合運用，衍生了資源運用適切性的疑慮。建議可參考「頂層設計(Top-Level Design)」方式，由宏觀及微觀角度，採用規劃及策略等方式，運用其狀態、目標描述、系統建置等 8 種步驟(Yang et al., 2011)；如圖 3。

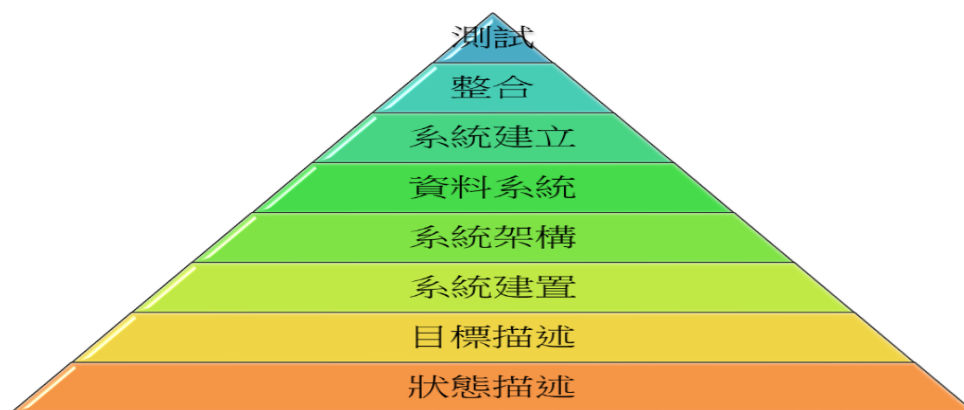


圖3 頂層設計建構圖。

資料來源：研究者參考(Yang et al., 2011: 127-132)繪製。

由上級單位頒布與 AI 有關之軍事事務研發之指導文件，從基礎建設、企望達成之效能、發展及資源運用重點、各單位應執行工作等方面予以指導，藉由上至下指導，並結合由下至上的創新發展，更能有效整合需求、研發等單位，減少平

行協調可能衍生之效能不佳的官僚窠臼，必要時更能發揮督管要求之效能，才能加速 AI 實用化可能性。

二、加速數位化轉型

我國自 2004 年起發展數位化指管系統，主要仍以海空軍載臺為主，地面部隊已針對人員、載臺及指揮所等建置模組化系統，並於 2021 年陸續完成部署，後續亦規劃擴大部署至其他地區。然而，深究我國軍數位化發展，未來若要朝向與 AI 相結合，尤其在數位化及系統資訊分享程度上，仍有精進空間。

高度數位化的美軍仍在持續精進其數位化發展，如同美陸軍於 2021 年所公布的「數位化轉型戰略(Army Digital Transformation Strategy)」文件，著眼於因應敵人意圖發起資訊科技戰爭，美陸軍必須在 2028 年前完成數位化轉型；共有 3 項主要目標：(1)現代化及整備：在 2021-2028 年間藉由數位化轉型整合現有數位系統，有效運用有限資源。(2)改革：藉由優化與符合任務需求的數位化投資，為陸軍創造更高價值。(3)人才與夥伴：精通技術、高效能的數位化戰力與強大的盟友、產官學研間合作。此外，美陸軍資訊長(Chief Information Officer) Iyer 博士對於數位化轉型亦表示：「數位化轉型是一種思維方式及文化的轉變，改變作戰部隊的運作方式，同時重新設計僵化的流程。」(U.S. Army, 2021)

是故，建議在軍事事務發展上，若要能與 AI 相結合，首要之務必須加速部隊數位化轉型工作，通信、資訊及網路設備若無相對等資源投資，並無法自行提升，效能將隨著對手持續發展而趨於落後，原本的優勢將隨之消失殆盡。同時可參考美軍對於民用設備與軍事用途共用的例子(Commercial Off the Shelf, COTS)，減少開發投資成本與時間，進而加速導入部隊配賦實用(Eversden, 2021)。如同目前已廣泛為各國所採用的「機動隨意網路(Mobile Ad-Hoc Network, MANET)」技術，具備自動繞射、自我修復等功能，可以克服地形限制，提供戰場空間內數據傳輸，且已是成熟技術(Rajabhushanam & Kathirvel, 2011)，可以提供我國無論在作戰任務或是災害防救採用，進而使任務部隊朝向數位化邁進。同時，參考結合 AI 功能的「認知型無線電機(Cognitive Radio)」，其具備因應環境電磁頻譜，運用「動態頻譜接取(Dynamic Spectrum Access)」技術，即時改變操作參數(如頻率及功率等)，主要功能在於有效運用有限的頻譜資源，同時又能確保通信及數據傳輸(陳文士，2019)。藉由導入成熟技術，進而推動部隊數位化，才有可能與未來 AI 同步發展相結合。

三、強化雲端儲存及大數據運算設施建設

AI 功能運用廣泛，由美軍實際執行專案中包含了戰場情資感測、防空攔截、聯合火力支援及後勤補給等層面，然而 AI 最重要的核心就是資料數據以及演算法，如同美軍〈國防部 AI 戰略文件〉中提到，為了擴大 AI 在國防部內影響，國防部應建立資料共享、重複使用性工具、框架及標準以及雲端與邊緣運算服務之通用基礎設施(U.S. Department of Defense, 2019)。另在美國國防部於 2020 年 3 月頒布的「國防部數據戰略(U.S. DoD Data strategy)」文件中，除了闡明未來數據為戰略資產外，更強調在各地能夠使用數據的便利性以及數據可運用性，將藉由成熟的雲端技術，提供在各戰區的作戰部隊使用(U.S. Department of Defense, 2020)。最後，參考美國「國家安全 AI 委員會」-「AI 最終報告第三章：AI 與戰爭」中，則提出建議，為了在 2025 年前達成導入 AI 的目標，國防部必須在 2021 年底前先期完成聯合作戰網路架構的定義，該網路係能為各領域作戰層級提供具備安全、開放標準系統網路及支援 AI 應用整合功能，同時能夠提供指管網路、數據傳輸、儲存及安全程序，以及武器系統整合(U.S. National Security Commission on Artificial Intelligence, 2021)。

由以上文件當中可以瞭解，為了能夠導入 AI 實際運用及加強其效能，良好的資料儲存、運算及傳輸基礎設施是不可或缺的，回顧 AI 發展浪潮，無法成為有效運用的原因，其中之一就是受限於當時資料存取及運算效能。是故，我國軍目前除了加速數位化之外，另一核心要素就是雲端儲存及運算，除了持續推動資料中心設備提升與建置外，另應整合指管、情監偵及武器系統，將資料有效運用整合，俾能從中汲取關鍵資訊。同時，基於 AI 具有軍民通用特性，應善用國家實驗研究院國家高速網路與計算中心已完成之超級電腦「台灣杉一、二、三號」建置，提供完善運算儲存與 AI 訓練服務，其中，台灣杉二號具有每秒 9 千兆次浮點運算功能，每秒可執行 176 萬張影像辨識訓練，在世界 500 大超級電腦排名中名列第 20 名(財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心，2021)，若能將軍事事務需求，結合國家政府已投入之資源服務，進一步協助整合各軍種與領域作戰功能，才能強化作戰效能。

四、培育 AI 人才及認知訓練

AI 目前需要提供大量經過整理標記過的資料，才能有效完成特定工作的訓練程序。然而，大量的資料來源、整理及確認卻是需要特定領域的專業人員執行。

除了專業領域外，更需要搭配更為先進的演算法(包含數學及程式語言領域)提供 AI 消耗更低、需要更少資源的學習，以上種種都需要專業領域人才，但除了學術及技術人才之外，更需要與實際作戰運用的指揮官到基層操作士兵之需求相結合，如此才能真正將系統功能發揮效用，否則將落為一場炫麗的煙火科技大秀。是故，人才訓練必須結合科技與作戰運用，由專家製作量身打造的訓練教材，區分為工程師、戰技、戰術及戰略等不同階層(U.S. Department of Defense, 2019)，將新興技術培訓融入專業軍事教育。

所以「秉持為用而訓，訓後而能用」原則，同時所培育的人才也要能為未來做好準備，不僅是與學界合作，運用一流 AI 人才投入結合軍事領域運用前瞻研究發展；更要將 AI 運用的概念與戰略戰術運用構想，廣泛並分層次的納入各級軍事教育課程當中，使各級指揮官與官兵得以將 AI 的認知深植於其思想當中，在面對未來戰場或任務時，才能提取靈活運用。

五、發揮 AI 特點強化決策下達及情報研析

自動化為 AI 與新科技結合，縮短需求與產製時間，由美軍各軍種 AI 專案核心目標可知，透過雲端運算服務加速偵蒐-決策-攻擊流程速度。將可有效反制敵軍攻擊。我國與中共之間僅有台灣海峽阻隔，最短距離僅約 130 公里，無良好縱深，若面對中共軍事威脅或是猝然打擊，在極短時間內，就必須做出反應及反制。若能導入 AI 與自動化系統，協助強化情資蒐整-研析-判斷-決策流程，如同美軍特種部隊在 2004 年間為打擊阿富汗蓋達組織，運用 AI 科技協助分析由無人機偵獲之動態影像，縮短時效降低作業人員負荷及人為可能發生之錯誤(Shultz & Clarke, 2020)；傳統接戰與導入 AI 接戰流程比較示意圖如圖 4。依國軍現處的威脅(軍機擾臺)，若導入 AI 決策流程，將能增加國軍應變與反擊時效，降低中共犯臺成功機率。

六、建立與發展自動化及自主性武器

由 2020 年雙亞(納卡)衝突、2021 年 5 月發生的以巴衝突與 2022 年爆發的俄烏戰爭中，可以瞭解到自動化武器(無人機)對於戰爭的影響，在「雙亞衝突」中亞塞拜然部隊運用無人機成功摧毀亞美尼亞軍防空武力，凸顯該項武器在戰爭中的重要性(彭群堂, 2021)。此外，在以巴衝突中，以色列防衛軍運用無人機蜂群(Drone Swarm)防禦由迦薩發射的火箭，無人機蜂群主要用於尋找、定位、辨別及攻擊敵軍，展現卓越作戰效能，甚至帶動部隊組織編裝同步轉型改變(Hambling, 2021)。

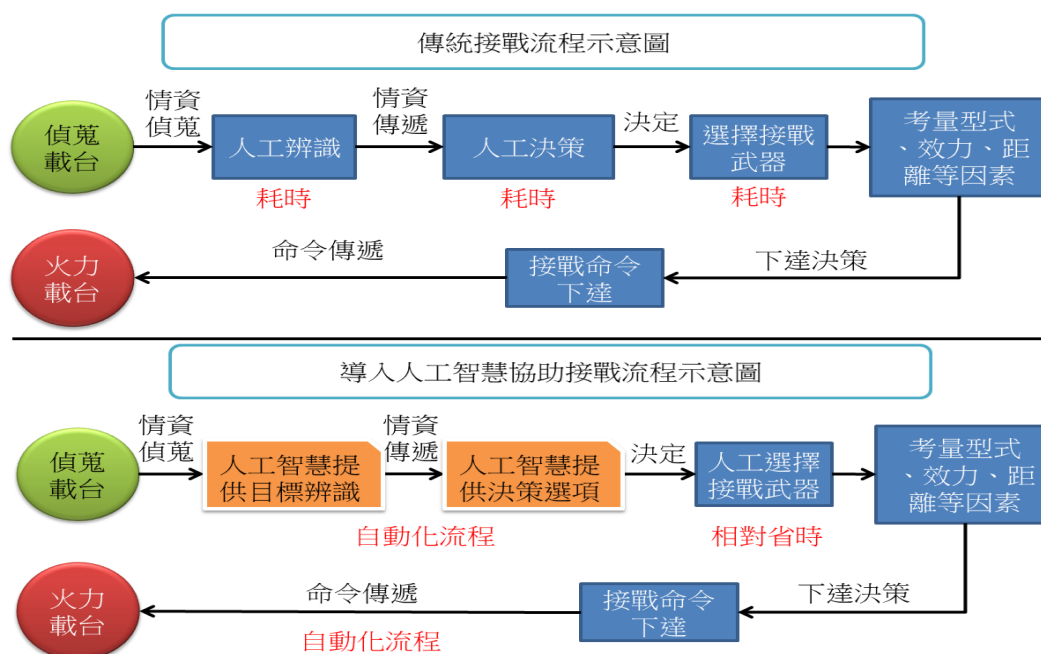


圖4 傳統接戰與導入 AI 接戰流程比較示意圖。

資料來源：研究者自行繪製。

由美軍對於運用 AI 國防戰略及其實際執行中專案可以瞭解，其已將如同巡飛彈武器(loitering munition)列為結合 AI 增強其自主性，列為未來發展重點之一。中共在其解放軍報當中亦提到：無人機結合 AI，執行集群與蜂群作戰，具有高度潛力，將顛覆傳統作戰，以數量飽和攻擊，超過對手防禦極限，可有效執行非對稱的抵消作戰任務(丁在永等人，2021)。

是故，建議我國未來除強化無人機發展運用外，應結合 AI 科技技術，置重點於自動化與自主性無人機武器發展，籌獲新式自主性武器後，另建議可同步檢討部隊組織，如同以色列調整其特戰迫砲連為配賦無人機單位，因應現代戰爭亦可提升人力運用。自主性武器除可分擔固定戰備工作外(如戰場巡弋等)，亦可減少裝備故障損壞成本，同時又可以增強整體戰力，值得納入參考與規劃。

伍、結論

如同美國國防部在其〈人工智慧戰略摘要文件〉中提到：中共及俄羅斯投入大量資源發展軍事應用人工智慧，已威脅了其原有之技術及作戰優勢，同時影響了自由與開放的世界秩序(U.S. Department of Defense, 2021)。我國同樣面對中共長期文攻武嚇，軍事威脅嚴峻(Metz, 2021)，若能參考或仿效美國國家及其國防部 AI 發展戰略，優先制定 AI 戰略發展指導，結合產官學研之力，在軍事任務需求

導入 AI，相信我國以「科技島」聞名於國際之資通科技實力(鍾榮峰，2021)，將可提升軍事應用戰力，同時提升我國自我防衛能力，甚至進一步縮短及抵銷與中共雙方軍事實力差距，進而穩定國家安全。希藉由美國在 AI 範疇規劃，提供我國依照軍事任務需求導入 AI 之參考。期能在有限資源下，將其投入於重點方面，進而完備我發展軍事用途 AI 進程之發展規劃，依照特有文化及需求，發展出適合我國軍提升戰力所需之 AI 工具，輔助各項作戰任務執行能量提升，俾能強化國軍戰備整備與作戰效能，為未來戰場做好準備。

參考文獻

一、中文部分

- Atkinson (2021/9/26)。國產化 AI 人工智慧戶外巡檢機器人，提升變電所巡檢效率及安全。TechNews 科技新報。取自 <https://technews.tw/2021/09/26/localized-ai-artificial-intelligence-outdoor-inspection-robot/> (檢索日期：2022/11/11)。
- Hristozov, A. (2020/10/12)。人工智慧在自動駕駛車的作用。電子工程專輯。取自 <https://www.eettaiwan.com/20201012ta31-role-of-ai-in-autonomous-vehicles/> (檢索日期：2022/11/11)。
- 丁在永、楊曉玲、郝川著(2021/5/20)。群式作戰，演繹無人戰場新圖景，解放軍報。取自 http://www.81.cn/big5/11/2021-05/20/content_10037378.htm (檢索日期：2022/10/15)。
- 中華人民共和國國務院(2017/7/20)。國務院關於印發新一代人工智慧發展的通知。中華人民共和國國務院。取自 http://big5.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/content/2017-07-20/content_5211996.htm (檢索日期：2022/10/25)。
- 王寧、張冬梅、喻俊志、王騫(2020)。5G與人工智慧的商業運用。臺北：碁峰。
- 李代田(2021/7/25)。中國將成為全球人工智慧新龍頭？哈佛商業評論中文網。取自 https://www.hbrtaiwan.com/article_content_AR0010553.html (檢索日期：2022/10/25)。
- 李明正(2005)。美國軍工複合體探討。危機管理學刊，2(2)，51-60。
- 李開復、王詠剛(2017)。人工智慧來了。臺北：遠見天下文化。
- 林仁惠(譯)(2018)。AI人工智慧的現在.未來進行式。(原作者：古明地正俊、長古佳明)。臺北：遠流。

周維忠(2019/5/14)。AI 語音辨識浮現資安隱憂，需求著眼兼顧便利隱私。網管人。

取自 <https://www.netadmin.com.tw/netadmin/zh-tw/technology/0F8321D3B7134E3EA81058C924CDFFFE> (檢索日期：2022/11/11)。

周濟群(2017)。邊緣運算對會計審計的衝擊。會計研究月刊，383，52-56。

財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心。超級電腦。取自 <https://www.nchc.org.tw/Page?itemid=2&mid=4> (檢索日期：2022/1/4)

陳文士(2019)。認知無線電與人工智慧技術。中山科學研究院新新季刊，47(4)，107-110。

陳令嫻(譯)(2019)。AI導入起手式 人工智慧扭轉企業未來。(原作者：野村直之)。臺北：旗標科技。

陳津萍、張貽智(2022)。從AI應用看中共UAV發展。軍事社會科學專刊，20，3-22。

彭群堂(2021)。從雙亞衝突省思國軍防衛作戰。海軍學術雙月刊，55(6)，67-83。

劉姝廷(2020)。中共監管網路資訊傳播之趨勢。國防安全雙週報，83，21-26。

劉錦秀(譯)(2016)。下一個統治世界的企業。(原作者：小林雅一)。臺北：大是文化。

蔡宗憲、莊秀敏(2018)。人工智慧在國防科技運用之研究。國防雜誌，33(2)，89-108。

鄧勇誌(2022)。從產業績效評估兩岸軍事物聯網發展之研究。軍事社會科學專刊，20，23-56。

盧福偉(主編)、蕭光霽、劉力瑄(編譯)(2011)。軍事事務的變革與轉型。(原作者：Eliot Chen)。軍事轉型與戰略-軍事事務革新與小國(Military Transformation and Strategy)。臺北：國防部史政編譯室。

鍾榮峰(2021/11/25)。沈榮津：台灣科技島優勢在人才 政府拚育才攬才留才。中央社。取自 <https://www.cna.com.tw/news/afe/202111250190.aspx> (檢索日期：2022/12/4)。

二、英文部分

Brewster, T. (2021/9/8). PROJECT MAVEN. *Forbes*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/thomasbrewster/2021/09/08/project-maven-amazon-and-microsoft-get-50-million-in-pentagon-drone-surveillance-contracts-after-google/?sh=67>

- c88e936f1e. (檢索日期：2022/10/12)
- Congressional Research Service (2020/11). Artificial Intelligence and National Security. *Congressional Research Service*. p.1. Retrieved from <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R45178.pdf>. (檢索日期：2022/12/14)
- Congressional Research Service (2021/9). The Army's Project Convergence. *Congressional Research Service*. Retrieved from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11654>. (檢索日期：2022/1/10)
- Congressional Research Service (2022). Joint All-Domain Command and Control (JADC2). *Congressional Research Service*. Retrieved from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11493> (檢索日期：2022/2/21)
- Davies, A. (2021/1/6). The Autonomous-Car Chaos of the 2004 Darpa Grand Challenge. *Wired*. Retrieved from <https://www.wired.com/story/autonomous-car-chaos-2004-darpa-grand-challenge/>. (檢索日期：2022/3/14)
- Dobkin, A. (2017/10/3). DOD Maven AI project develops first algorithms, starts testing. *Defense System*. Retrieved from <https://defensesystems.com/articles/2017/11/03/maven-dod.aspx>. (檢索日期：2022/11/25)
- Ellman, J., Samp, L. S., & Coll, G. (2017). *Assessing the third offset strategy*. Center for Strategic & International Studies. Retrieved from https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/170302_Ellman_ThirdOffsetStrategySummary_Web.pdf (檢索時間：2022/10/26)
- Eversden A. (2021/9/6). Better combat robot connectivity among improvements at major US Army network exercise. *C4ISRNET*. Retrieved from <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/it-networks/2021/09/06/better-combat-robot-connectivity-among-improvements-at-major-us-army-network-exercise/>. (檢索日期：2022/12/14)
- Feng, C. (2022). Robot foot media classification based on improved deep neural network. *International Core Journal of Engineering*, 8(9), 441-448.
- Hamblin D. (2021/7/20). Israel's Combat-Proven Drone Swarm May Be Start of a New Kind of Warfare. *Forbes*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/07/21/israels-combat-proven-drone-swarm-is-more-than-ju>

- st-a-drone-swarm/?sh=53d5d72b1425. (檢索時間：2022/1/26)
- Judson, J. (2020/9/7). At next Project Convergence, 7 scenarios will test American tech against adversaries. *C4ISRNET*. Retrieved from <https://www.c4isrnet.com/training-sim/2021/09/07/at-next-project-convergence-7-scenarios-will-test-american-tech-against-adversaries/>. (檢索日期：2022/11/30)
- Judson, J. (2021/5/17). U.S. Army aviation exercise unveils unprecedented progress as service preps for future war. *Defense News*. Retrieved from <https://www.defense-news.com/smr/project-convergence/2021/05/17/us-army-aviation-exercise-unveils-unprecedented-progress-as-service-preps-for-future-war/>. (檢索日期：2022/11/30)
- McCarthy, J. (2007/11/12). What is artificial intelligence? *Stanford University*. Retrieved from <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.html> (檢索日期：2022/11/10)
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, *AI magazine*, 27(4), 12.
- Metz, J. (2021/5/1). The most dangerous place on Earth. *The Economist*. Retrieved from <https://www.economist.com/leaders/2021/05/01/the-most-dangerous-place-on-earth>. (檢索日期：2022/1/17)
- Pomerleau, M. (2021/11/19). DoD identifies companies to bid on its new cloud effort. *C4ISRNET*. Retrieved from <https://www.c4isrnet.com/it-networks/2021/11/19/dod-identifies-companies-to-bid-on-its-new-cloud-effort/> (檢索日期：2021/11/22).
- Rajabhushanam, C., & Kathirvel, A. (2011). Survey of wireless MANET application in battlefield operations. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(1), 50-58.
- RAND (2020). Military Applications of Artificial Intelligence. *RAND*. Retrieved from https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR3139-1.html. (檢索日期：2022/12/23)
- Russia Today (2017). *Whoever leads in AI will rule the world: Putin to Russian children*

- on Knowledge Day*. Retrieved from <https://www.rt.com/news/401731-ai-rule-world-putin/> (檢索日期：2022/11/9)
- Shultz, R. H., & Clarke, R. D. (2020). *Big Data at War: Special Operations Forces, Project Maven, and Twenty-First-Century Warfare*. Modern War Institute at West Point. Retrieved from <https://mwi.usma.edu/big-data-at-war-special-operations-forces-project-maven-and-twenty-first-century-warfare/>. (檢索日期：2022/10/14)
- Tadjdeh Y. (2019/7/2). DARPA's 'AI Next' Program Bearing Fruit. *National Defense Magazine*. Retrieved from <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2019/7/2/algorithmic-warfare-darpas-ai-next-program-bearing-fruit>. (檢索日期：2022/11/25)
- Turek, M. (2019). Explainable Artificial Intelligence (XAI). *DARPA*. Retrieved from <https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence>. (檢索時間：2022/11/30)
- U.S. Army (2021). *Army Digital Transformation Strategy*. *U.S. Army*. Retrieved from <https://api.army.mil/e2/c/downloads/2021/10/20/3b64248b/army-digital-transformation-strategy.pdf>. (檢索時間：2022/10/6)
- U.S. Congress (2020). To establish the National Artificial Intelligence Initiative H.R6216. *U.S. Congress*, p.5 Retrieved from <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/6216/text#toc-H7A238FDF26594A338CB94267854F51D4>. (檢索日期：2022/10/14)
- U.S. Defense Advanced Research Project Agency (2018). *AI Next Campaign*. *DARPA*. Retrieved from <https://www.darpa.mil/work-with-us/ai-next-campaign>. (檢索日期：2022/11/30)
- U.S. Department of Defense (2018). *Summary of the 2018 National Defense Strategy of the United States of America*. *U.S. Department of Defense*. Retrieved from <https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary.pdf> (檢索時間：2022/10/12)
- U.S. Department of Defense (2019). *Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy*. *U.S. Department of Defense*.

- Retrieved from <https://media.defense.gov/2019/Feb/12/2002088963/-1/-1/1/SUMMARY-OF-DOD-AI-STRATEGY.PDF>. (檢索日期：2022/11/20)
- U.S. Department of Defense (2020). DOD Data Strategy. *U.S. Department of Defense*. Retrieved from <https://media.defense.gov/2020/Oct/08/2002514180/-1/-1/0/DOD-DATA-STRATEGY.PDF>. (檢索日期：2022/10/15)
- U.S. Department of Defense (2021). Establishment of the Chief Digital and Artificial Intelligence Officer. *U.S. Department of Defense*. Retrieved from <https://media.defense.gov/2021/dec/08/2002906075/-1/-1/1/memorandum-on-establishment-of-the-chief-digital-and-artificial-intelligence-officer.pdf>. (檢索時間：2022/7/20)
- U.S. Government Accountability Office (2022). DOD Should Improve Strategies, Inventory Process, and Collaboration Guidance. *U.S. Government Accountability Office*, p.1. Retrieved from <https://www.gao.gov/products/gao-22-105834> (檢索時間：2022/7/20).
- U.S. National Security Commission on Artificial Intelligence (2021). National Security Commission on Artificial Intelligence final report. *U.S. National Security Commission on Artificial intelligence*. Retrieved from <https://www.nscai.gov/about/charter/> (檢索日期：2022/11/19).
- U.S. Networking and Information Technology Research and Development (2016). National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan. *U.S. Networking and Information Technology Research and Development*. Retrieved from https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf. (檢索日期：2022/11/10)
- U.S. Networking and Information Technology Research and Development (2019). National Artificial Intelligence Research And Development Strategic Plan：2019 Update. *U.S. Networking and Information Technology Research and Development*. Retrieved from <https://www.nitrd.gov/pubs/National-AI-RD-Strategy-2019.pdf> (檢索時間：2022/10/21).
- U.S. White House (2021). Interim National Security Strategy Guidance. *U.S. White House*. Retrieved from <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/>

- 2021/03/NSC-1v2.pdf. (檢索日期：2022/1/13).
- van Esch, D., Lucassen, T., Ruder, S., Caswell, I., & Rivera, C. (2022, June). Writing system and speaker metadata for 2,800+ language varieties. In Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference (pp. 5035-5046).
- Williams, L. C. (2021/6/29). Pentagon to send AI, data teams to combatant commands this summer. C4ISRNET. Retrieved from <https://www.c4isrnet.com/it-networks/2018/07/27/targeting-the-future-of-the-dods-controversial-project-maven-initiative/>. (檢索日期：2022/7/20)
- Yang, L., Zhao, H., & Liu, L. (2011). Top-Level Design method on informatization. *In 2011 3rd Symposium on Web Society* (pp. 127-132). IEEE.

收件日期：2022 年 05 月 12 日

一審日期：2022 年 05 月 31 日

二審日期：2022 年 08 月 16 日

採用日期：2022 年 10 月 13 日