

人工智慧在國防科技運用之研究

The Applications of Artificial Intelligence in Defense Technology

蔡宗憲 (Chung-Hsien Tsai)

莊秀敏 (Hsiu-Min Chuang)

國防大學理工學院資訊工程學系上校副教授 國防大學理工學院資訊工程學系中校助理教授

摘 要

近年來人工智慧技術與應用成爲顯學，世界各國投入大量人力、資金，研究人工智慧在軍事、工程、經濟、醫療之跨領域整合，以搶得戰略與經濟先機。隨著人工智慧在國防科技日益廣泛的應用，人工智慧將改變傳統作戰方式，扮演軍事事務革新的關鍵角色，帶來現代化戰爭的新面貌，大幅提升軍事作戰能力。因此，本研究歸納先進國家運用人工智慧於軍事科技之8個應用方向，包括指管通資情監偵網智慧化、網路防禦攻擊、生產製造故障排除智慧化等重點項目。本文也提出國軍運用人工智慧於自動化系統與無人載具之10項建議規劃，提供建軍備戰之參考。

關鍵詞：人工智慧、國防科技、自主系統

Abstract

In recent years, artificial intelligence technology and applications have become the academic mainstream. Many countries have spent manpower and budget into this cross-domain applications; including military, engineering, economy, and medical fields in order to take strategic advantage and profit. With the increasingly widespread application of artificial intelligence technology in defense industries, artificial intelligence will change the traditional military operations, play a key role in the military innovation, and reveal a new appearance of modern wars. These changes may substantially enhance the military capability. Thus, this paper introduces eight types of artificial intelligence applications for military technology, which are based on the research conducted by advanced states. These types are intelligent C⁴ISR, cyber-attack defense, troubleshooting in intelligent manufacturing systems, and etc. We also propose ten recommendations for developing automation systems and unmanned flying vehicles with artificial intelligence as a policy reference.

Keywords: Artificial Intelligence, Defense Technology, Autonomy System

壹、前言

人工智慧之父艾倫·麥席森·圖靈(Alan Mathison Turing)第二次世界大戰時為協助同盟國有效掌握軸心國情資，破解軸心國為情報傳遞需求發展出謎(Enigma)密碼技術，使得計算機科學的發展成為科技史重要的里程碑。隨半導體科技的進展，計算機科學引領世界科學技術進入第三波數位革命，帶動數位化資訊量急遽增加。現在資訊交換及傳輸與日俱增，遠超過人類原來能夠負擔的資訊處理量，人工智慧(Artificial Intelligence)一詞，遂於1950年代於達特茅斯會議中¹誕生，形成第一次人工智慧的浪潮。

然而，在當時硬體科技與數學理論未能成熟的前提下，1973年的萊特希爾報告(Lighthill Report)做出人工智慧無法產出對人類有影響力的重要產品結論。暫時澆熄當時世人對於人工智慧研究的熱情；接著，在1980年代，受惠於行政管理、醫學工程、化學合成、石油探勘、法律判案與軍事作戰等領域的專家系統開發成功，歐、美、日、蘇等先進國家投以大量研發經費，大力支持人工智慧技術開發與研究工作。日本經濟產業省所支持的第五代計算機，即以推理與翻譯機器人為主要目標，引起英國艾爾維計畫(Alvey Programme)²與美國微電子與計算機技術集團(Microelectronics and Computer Technology Corporation, MCC)與國防高等研

究計畫署(DARPA)戰略計算倡議(Strategic Computing Initiative)等研究單位的熱烈迴響，而以軍事用途為首要目標。但是，由於當時各領域數位化程度不足，數位化資料有限，大部分應用在結合專家系統進行棋藝競賽與簡單邏輯推導。

雖然1980年代個人化電腦開始普及化，為人工智慧應用帶來短暫的曙光，讓人工智慧專家系統得以開啟應用領域的大門，一些初級專家系統曾於商業軟體市場上風行。所謂專家系統是指從專家經驗中，萃取專業知識透過軟體程式，以運用計算機進行常規性任務計算的軟體系統，這些專業知識皆為各領域中已成熟且較周全的經驗法則，可以協助人們提供常態資訊、一般建議、簡單推理或是決策判斷等助理性工作。

爾後因為倒傳遞(Backpropagation)演算法³的問世，進一步解決多層感知機訓練的問題，當時受限於計算機硬體運算資源與學習網路模型參數過於複雜問題，僅能採用淺層的類神經網路架構。建構與維護大型複雜系統的高耗費硬體成本，讓人工智慧在1980年代的計算機科學中漸漸失去重視。後來在1990年代，由於Google等搜尋引擎與網際網路的興起，奠定巨量資料的來源基礎，加上1990年代後期，以資料探勘(Data Mining)與商業智慧(Business Intelligence)的應用，再度吸引人們對於人工智慧的眼光。雖然神經網路理論與演算法已經在計算機科學中獲得

1 John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester, and Claude E. Shannon, "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence," *AI Magazine*, Vol. 27, No.4, Dec. 2006, pp. 12-14.

2 Brian Oakley, "Computers and Cooperation: The Alvey Programme of Research in Information Technology," *Science Public Policy*, Vol. 11, No.6, Dec.1984, pp. 360-363.

3 David E. Rumelhart, Geoffrey E. Hinton and Ronald J. Williams, "Learning Representations by Back-propagating Errors," *Nature*, Vol. 323, No. 6088, Oct.1986, pp. 533-536.

顯著的進步，但是高運算成本仍讓傳統機器學習演算法，支援向量機(Support Vector Machine, SVM)學習模型的沿用，直到2006年深度學習神經網路演算法⁴的出現，加上摩爾定律的推波助瀾，大幅提升計算機效能，才為人工智慧帶來第三波動能。這也顯示運用深度學習演算法在影像識別的效能，已經超越人類辨識的能力，讓神經網路與深度學習為計算機視覺、自然語言處理與語音處理等應用大門，開啟豐富應用的可能性。

人工智慧技術近年來已成為顯學，世界各先進國家無不卯足全勁，投入大量人力資金，加速人工智慧在軍事、工程、經濟、醫療、交通等各方面之跨領域整合，以搶得戰略先機與經濟商機。以美國為例，2016年3月美國國家科學技術委員會草擬《國家人工智慧研究與發展策略計畫》(National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan)，⁵內容包含開發7項人工智慧策略與實施架構，致力於創造國家級的人工智慧研發環境，後於10月定案公布。同年12月在《人工智慧、自動化與經濟》(Artificial Intelligence, Automation, and the Economy)白皮書⁶擘劃願景，說明如何應用人工智慧發展自動化生產將成為重大挑戰，人工智慧已

經開始改變就業市場以及人們從事的職業與所需技能。帶著龐大市場與傾國之力的中共擁有全球第二大AI生態體系。2017年7月中共國務院頒佈《新一代人工智慧發展規劃》，⁷希望在2030年前建設「人工智慧全球創新中心」，其目標是建構佈局人工智慧的基礎建設，將商業與國防軍事領域的人工智慧技術整合，顯示中國大陸已將人工智慧提升至國家戰略層級。相較於美中兩國，俄羅斯普丁總統於2017年9月表示，人工智慧已在國家安全扮演至關重要的角色，占領人工智慧制高點的國家未來將能主宰世界。⁸因此，俄羅斯2017年在軍事應用上大量部署機器人，預計到2025年時，無人作戰系統在俄軍裝備結構的比例將可達到30%。

我國為推動人工智慧應用優勢與發展，2017年科技部啟動「AI創新研究中心」，以5年為期投入50億元，為臺灣儲備AI人才，並打造AI創新生態環境。然而，在世界各國紛紛制訂AI發展計畫，搶占新一輪軍事變革先機之際，我國較少針對軍事應用或軍民通用科技上提出具體之指導方針。本研究參考先進各國運用人工智慧於軍事事務革新與軍事科技之應用，進一步針對人工智慧下的新式國防科技、新式戰術戰法與新式組織

4 Geoffrey E. Hinton, Simon Osindero and Yee-Whye Teh, "A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets," *Neural Computation*, Vol. 18, No.7, Jul. 2006, pp. 1527-1554.

5 National Science and Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee, "The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan," Oct. 2016, pp. 15-35.

6 Executive Office of the President, "Artificial Intelligence, Automation, and the Economy," Dec. 20 2016, pp. 9-23.

7 國務院，〈國務院關於印發新一代人工智慧發展規劃的通知〉，《國發2017第35號》，2017年7月20日，<http://big5.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm>（檢索日期：2018年1月12日）

8 騰訊科技，〈普丁：AI將驅動全球性壟斷，未來戰爭就由無人機掌握！〉，《INSIDE》，2017年9月2日，<<https://www.inside.com.tw/2017/9/2/vladimir-putin-believes-artificial-intelligence-could-lead-to-global-monopolies-and-drone-wars>>（檢索日期：2018年1月12日）

變革等層面，全面探索與研究，最後提出國軍應用人工智慧建議規劃，提供國軍各單位建軍備戰參考。

貳、人工智慧與軍事事務革新

近年來人工智慧在產官學研及媒體引起極大重視，使得發展人工智慧與機器學習成為顯學，其中包含機器人、影像辨識、語音辨識、醫療與無人車等等。各先進國家皆將人工智慧列為軍事發展及產業科技推動重點政策。國際知名分析公司IDC預估2020年各產業運用人工智慧技術在品質管理、推薦系統、醫療診斷、產業自動化、客服引擎、威脅情資判斷與預警、犯罪詐騙分析等投資即超過460億美金。⁹現有所知的人工智慧受到大腦科學研究的啟發，大致區分由下而上的類神經網路研究與由上而下的專家系統發展。伴隨計算機科技發展迄今歷經多次起伏與轉折突破，由具學習能力的類神經網路之感知機研究以及專家系統的問世，已成為人工智慧代名詞。然過去僅專注於各領域專業經驗，因無法全面涵蓋各知識領域而難有重大突破。

隨著半導體技術的快速推進，深度學習的類神經網路架構得以應用在複雜問題上。1997年IBM的深藍(Deep Blue)首次在西洋棋上擊敗人類嶄露頭角，以及2016年AlphaGo在一連串的複雜的圍棋競賽上打敗

人類。儘管Deep Blue是基於規則所設計專家系統，亦或AlphaGo是運用高效能硬體並運用深度學習方法。這些都是人工智慧技術挑戰人腦、邁向自主學習的里程碑，已被視為展現人工智慧在跨領域應用複雜問題與策略判斷上解決能力的重要轉折點。更為新一代軍事戰爭型態落實所需戰略設計能力，不僅具有人類認知能力，未來將可能超越人類大腦的獨特優勢。¹⁰隨著人工智慧在國防科技領域越來越廣泛的應用，人工智慧將扮演軍事事務革新的重要角色，為現代化戰爭帶來新面貌，深入改變傳統作戰方式，更顛覆作戰勝負關鍵因素。新的國防科技、戰術戰法與組織變革會透過交互作用大幅提升軍事作戰能力，為國防組織帶來軍事事務革新。以下針對人工智慧在新式國防科技、戰術戰法與組織變革所帶來的影響分別進行探討。

一、人工智慧下的新式國防科技

美國國防獲得科技及後勤部長辦公室(OSD(AT&L))與國防科學委員會(DSB)在2016年所公布的自動化(Autonomy)報告¹¹中明確指出自動化武器將成為美軍在人工智慧發展中的作戰利器，其中所隱含的國防科技包含多感測器偵測技術、具分析與推理的機器學習技術、自動化控制技術與整合技術等，都已經陸續成熟。現有新式武器裝備中所配備感測器，例如雷達、紅外線或是光電等偵測技術已有重大突破，美軍在感測器資

9 IDC, "How Semantic Technologies Enable Domain Experts to Steer Cognitive Applications," Jul. 2017, pp. 1-10.

10 David Silver, Aja Huang, Chris J. Maddison, Arthur Guez, Laurent Sifre, George van den Driessche, Julian Schrittwieser, Ioannis Antonoglou, Veda Panneershelvam, Marc Lanctot, Sander Dieleman, Dominik Grewe, John Nham, Nal Kalchbrenner, Ilya Sutskever, Timothy Lillicrap, Madeleine Leach, Koray Kavukcuoglu, Thore Graepel and Demis Hassabis, "Mastering the game of go with deep neural networks and tree search," *Nature*, Vol. 529, No. 7587, Jan. 2016, pp. 484-489.

11 Defense science board. "Summer Study on Autonomy," US: office of the secretary of defense, 2016, pp. 4-13.

料融合(Sensor Information Fusion)技術上，已能透過自主偵測人員與車輛技術準確率超過90%以上，¹² 未來各式作戰載具配置感測器就像人的五官一樣，可以有效延伸作戰人員的感知範圍，降低「戰爭迷霧」，透過高效率的感測器偵測技術將可完備戰場資訊的蒐整，進一步結合機器學習進行分析與推理，進行以軍事任務為導向的優化服務。

例如，美國國防後勤局(Defense Logistic Agency, DLA)即透過機器學習技術，針對後勤資料系統進行分析與優化，有效降低後勤管理負荷。¹³ 在後勤人員數量無須增加的前提下，大幅提升後勤任務支援能量；自動化控制技術更進一步在武器操作控制與後勤廠庫的武器零件配換中，扮演提升高效率的角色；最後，許多防空飛彈防禦系統皆仰賴人機合一技術的自動化攔截系統，實現目標識別、目標管理與分配、攔截管制等自動化武器接戰程序，成為現有防空作戰中不可或缺的一環。

根據各國軍事專家的研究，人工智慧下的武器系統，可依自動化與自主化程度區分為半自動(Semi-autonomous)、人為監督式自動化(Human-supervised Autonomous)、全自動(Fully Autonomous)等武器系統，¹⁴ 以及未來發展具自我學習能力的自主武器系統。

就範疇定義而言，自動化的對象包括設備、過程或系統，在沒有人或少數人參與

下，依據目標、需求，達成自動運行或控制的技術，完成所賦予的任務。相對的，自主系統則是在無人參與下，主動找到問題、學習最佳化系統參數，以完成目標任務。

半自動化武器泛指在執行任務過程中，面對簡單技術問題，例如行駛、避障或搜尋等，無須人為介入(Human in-the-loop Control)，僅在複雜與重要時刻的情況時，例如使用武器攻擊目標，才需要人為控制。例如，美軍的海上獵人(Sea Hunter)水面艦與SSV半自主地面戰車。人為監督式自動化武器系統，可按照人們預先設定好的程序，或以遠端遙控方式，在人為監督(Human on-the-loop)下遂行攻擊任務，例如，掃雷、拆彈機器裝置。雖可自行規劃路線、機動部署、目標偵獲、甚至目標處理的全自動化武器系統，然而受限於能源問題、敵我識別與造價成本過高。現階段尚無法投入戰場作戰，但人工智慧的優勢一人機協同作戰，將有效降低戰場人員傷亡與減少兵力招募。

自主武器系統依據紅十字國際委員會定義為「可根據自身部署的動態環境的情況，自主學習或調整參數／運行的武器」。¹⁵ 我們看到AlphaGo到AlphaGo Zero的演進，從人工律定訓練資料到不需制定規則。人工智慧演算法賦予系統具自主學習能力，則將在運算時間、儲存容量上大幅領先人類，致命的自主武器能在無人干預或操控情況下搜索、

12 Gurasis Singh, "Sensor fusion and obstacle avoidance for an unmanned ground vehicles," 2015, <<https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1247&context=edt>> (檢索日期：2018年1月12日)

13 James A. Rodger, "Application of A Fuzzy Feasibility Bayesian Probabilistic Estimation of Supply Chain Backorder Aging, Unfilled Backorders, and Customer Wait Time Using Stochastic Simulation with Markov Blankets," *Expert System Application*, Vol. 41, No.16, 2014, pp. 7005-7022.

14 同註6。

15 《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/wiki/自主武器> (檢索日期：2018年1月12日)

識別、最佳化，使用致命武力攻擊，包括人類在內的目標，對於這項具爭議、毀滅性的議題，仍須各國探討研議。

二、人工智慧下新式戰術戰法

現有大多數國家軍事作戰方式是利用自身發展或軍購在國防科技的優勢，以更強大武器載具、更精準武器命中率、更好武器操作人員以及更有效的指管通資情監偵(C⁴ISR)網路來抵銷敵軍的數量優勢。然而這個優勢卻逐漸在消失中。由於傳統軍事威脅現正透過新式國防科技技術進行轉型，而人工智慧可藉由軍事所部署大量感測網路所提供巨量資料，進行機器學習分析與優化，做出更即時、更準確的作戰決策。人工智慧亦可協助攻戰人員與武器裝備作戰操作更加協調。現有發展新型各式陸上、海上與空中無人作戰載具皆能自主運作，且能具備網路戰與電子戰自主武器系統進行協同攻擊。新一代戰場中，巨量資料、演算法與計算機硬體就像火力彈藥一樣重要，根據美國國防部前副部長羅勃·渥克(Robert Work)¹⁶指出，人工智慧的快速發展，以及所帶動的自動化武器與操作性能的提升，正引領新世代的人機協同與戰術合作的作戰應用，這些應用將成為驅動新一代戰場新式戰術戰法的主要動力。

美國國防部為因應這些挑戰，已於2016年制定第三次抵銷戰略(Third Offset Strategy)，¹⁷以爭取人工智慧與自動化系統的先進作戰優勢。這份報告將定義美軍下一個世代所

面臨的戰爭型態。第三次抵銷戰略重點在自主學習技術、人機互動技術、輔助人類行動技術、人機聯合作戰編組技術與自主化武器技術等人工智慧科技，於2017年7月正式成立演算法戰跨領域小組(Algorithmic Warfare Cross-Functional Team, AWCFT)，專門負責整合軍事巨量資料分析與機器學習。

為了獲取戰場異常訊息，新式戰場運用空中無人載具進行視訊拍攝，但是越來越多軍事與民用情報作戰人員對於無人空中載具所拍攝大量視訊資料量，漸漸感到無法負荷。美空軍情報部門發現，如能自動化處理這些巨量視訊資料，可大幅度降低情報分析人員的負擔。在美國國防部馬文(Maven)人工智慧專案(AI Project)下，AWCFT成立後首個任務即是自動化情報處理，並著手由國防部結合矽谷資料科學人才進行系統與測試，¹⁸針對現在中東地區運用大量空中無人載具(UAV)進行恐怖份子活動偵測，以實現情報自動化處理而努力。希望能夠自動化情報處理做為其他新式軍事作戰戰術戰法的基礎。AWCFT專案領導人傑克·夏那漢(Jack Shanahan)中尉指示，演算法的戰爭(Algorithmic War)已然開啟，演算法代表針對特定問題的系統化解決機制，透過建構數學模型與目標函式求解，完成演算法設計，複雜的作戰運籌問題，過去常見於作業研究(Operation Research)，運用演算法進行求解與分析，從中發現規律，據以設計解決方

16 Colin Clark, "Our Artificial Intelligence 'Sputnik Moment' Is Now: Eric Schmidt & Bob Work," *Breaking Defense*, November 1 2017, <<https://breakingdefense.com/2017/11/our-artificial-intelligence-sputnik-moment-is-now-eric-schmidt-bob-work/>> (檢索日期：2018年3月13日)

17 Timothy A. Walton, "Securing the Third Offset Strategy," *Joint Force Quarterly*, Vol. 82, No.3, 2016, pp.6-15.

18 Adin Dobkin, "DOD Maven AI Project Develops First Algorithms, Starts Testing," *Defense System*, November 03 2017, <<https://defensesystems.com/articles/2017/11/03/maven-dod.aspx>> (檢索日期：2018年1月12日)

法，從而解決問題。

自動化情報處理從感測器擷取資料、資料收集管理、情報定位與管理、指揮與控制，資訊與通訊部門皆需要演算法扮演重要的角色。例如空中無人載具所拍攝的視訊資料，並非所有視訊都可用，需針對不同天候、不同高度、不同視角進行過濾，甚至需要處理雲霧遮蔽問題，才能進行資料標示 (Labelling)，進一步情報資料分析與優化。由於人工智慧具備資料力與運算力等新一代戰爭型態的關鍵戰力，透過巨量資料的訓練與機器學習，可持續掌握作戰重心。軍事作戰講求在敵、我、天、地、水等不確定主客觀因素下，進行情勢掌握、全局判斷、戰術規劃與資源分配等運籌帷幄能力。人工智慧運用巨量資料於作戰情勢分析與優化預測可提高取得作戰優勢的效益。

三、人工智慧下的組織變革

人工智慧戰爭下，不僅靠國防科技取勝，更需要進行組織變革。國軍雖已於2017年正式成立資訊戰部隊，而資訊戰卻需要因應新式國防科技與戰術戰法組織變革挑戰。例如空中部隊面臨越來越多來自於太空衛星與空中無人機群挑戰，以及現有越來越多軍事載具搭載全球衛星定位系統(GPS)以掌握載具位置，據以判斷敵我態勢。當衛星系統失效時，我軍作戰任務該如何因應調整？地面部隊亦面臨新式聯合作戰需求。例如：如何運用現有地面載具支援空中與海上部隊網路作戰？地面網路作戰部隊如何在跨區域的聯合作戰中取得制敵機先？海上部隊的聯合電子戰，則可為空中作戰部隊與地面作戰部隊，進行干擾與先導，整合聯合作戰網路，針對作戰區域內實現部隊網路戰與電子戰的資電優勢。這些皆牽動現有作戰部隊的組織

變革。例如，美軍針對這些新式作戰需求，於2016年成立跨部會共同太空聯合作戰中心 (Joint Interagency Combined Space Operations Center, JICSOC)，專責執行太空戰所有計畫作為；另亦將傳統資訊戰 (Information Warfare) 思維，轉化成涵蓋各層面資訊影響戰 (Influence Operation) 的作戰核心。波灣戰爭中，美軍戰區部署最多的軍事機關就是情報部門，大量的軍事情報分析人員維持費耗費成本甚鉅，未來戰爭將需要進一步利用人工智慧來強化美軍情報處理能力。

同樣亦出現在作戰參謀部門，各類會辦、簽呈大幅消耗作戰參謀精力，使應有作戰規劃缺乏精確整合，致使作戰效能不夠完善，新式組織變革讓具備資料分析、作戰運籌以及熟悉人工智慧演算法的作戰參謀，進駐指揮參謀階層，由演算法的數學模型與軍事交戰規畫進行整合，使得作戰參謀得以針對資訊處理、分析、統計與支援決策進行統整，以支援指揮階層下達更精確的決策指導。另外為了確保新式國防科技與戰術戰法滿足作戰人員需求，國防部與各軍種訓練部門應建立作戰測試中心，以驗證新式國防科技與戰術戰法的風險評估。

參、人工智慧在軍事科技應用方向

從人類戰爭史戰爭型態的變革發現，新式國防科技推動新式戰爭型態，新一代的國防科技武器裝備被大量應用，戰爭勝負即會發生不同的結果。綜觀人類戰爭史，從獸力、冷兵器、熱兵器（火藥），以及工業革命帶來的機械化戰爭，現已朝向資訊化與智慧化戰爭的方向發展，大量資訊化技術催生各式資訊攻擊武器與資訊化作戰平臺等資訊化武器裝備，為資訊化戰爭帶來與傳統作戰

截然不同的作戰節奏與作戰重心。

1980年美國哲學家西爾利(John Searle)根據行為表現與思考程度將人工智慧區分為強人工智慧(Strong AI)與弱人工智慧(Weak AI)。¹⁹前者具備意識、情感、知識和自覺等人類特徵，後者不需要具備人類完整的認知能力。依據定義，目前軍用人工智慧技術屬於弱人工智慧，可用於解決特定領域的問題。人工智慧技術分為3項特點：(1)具學習能力。針對特定問題，求得最佳化解，持續提升效能；針對未知動態環境，偵測並找出問題；(2)資料處理速度快且精準。現今系統多為即時系統，就是在極短時間內需運算出結果，除了核心的深度學習演算法外，亦須有高效能的雲端運算技術來處理輸入輸出；(3)大數據處理能力強且多樣性。創新工場董事長李開復曾斷言：未來人工智慧中深度學習的發展，15年內將能勝任50%以上人力，其中包含許多專業工作。

人工智慧在軍事領域的應用，包括建構聯具有學習能力的各項軍用人工智慧裝備、線上系統與戰場環境。現今智慧化無人系統逐漸取代現有主要武器裝備，從作戰平臺到輔助、決策系統。以下就各國運用人工智慧於軍事領域之發展方向，說明其用途與現階段限制，計有：智慧化指管通資情監偵網、智慧化網路防禦攻擊系統、智慧化生產製造故障排除、自動化無人作戰武器平臺、擴展式強化仿生機器裝置、戰場上任務規劃人工智慧、智慧化數位戰士聯網架構與智慧化戰場環境訓練實境等8項，分述如下：

一、智慧化指管通資情監偵網

傳統指管通資情監偵(C⁴ISR)，包含

指揮(Command)、管制(Control)、通信(Communications)、電腦(Computers)、情報(Intelligence)、監視(Surveillance)及偵察(Reconnaissance)等7項，目的希望藉由自動化情資偵蒐與整合、進行威脅評估，支援指揮官決策、命令下達及作戰回報的作戰程序系統。C⁴ISR運用資訊科技優勢迅速獲得戰場情資，供指揮管制運用，使指揮官得以運籌帷幄、決勝千里，達到制敵機先的作戰效果。

現行國軍指揮管制自動化系統，雖已融合陸上、海上與空中等雷達感測資訊，惟情資僅以2D圖臺顯示，加上通訊鏈路融合管道安全考量，欠缺融合更多維度作戰資訊，例如：3D立體兵要資訊或通訊網路地圖資訊，使得戰術管制人員無法協助作戰人員於任務執行進行完整戰場空間解析與遂行整備規劃。在新一代作戰型態中，必須融入人工智慧的巨量資料處理能力，整合多維作戰領域（包含陸、海、空、太空、網路等）載具資訊與聯合作戰戰力情勢，有效提升戰場管理能力，以「集中管制、分散執行」作戰原則，致力於強化作戰優勢。例如，美空軍在今年所發布的廣泛機構公告(Broad Agency Announcement, BAA)中即明確點出兩項重要C⁴ISR發展重點，強化戰場感知分析(Analytics for Situation Awareness)與提升資料架構與核心服務(Data Framework and Core Services)。

戰場感知為作戰人員於戰場環境下時間與空間，對於可見的未來作戰態勢進行分析與判斷。智慧化C⁴ISR需要針對各作戰空間進行態樣分析、時間與空間分析、變化偵

19 John R. Searle, "Minds, Brains and Programs," *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3, No. 3, 1980, pp. 417-457.

測、連結分析、網路分析與各式資料分析，所設計分析工具亦須能針對作戰需求模組化設計，人工智慧的指管通資情監偵，需能協助與自動化作戰人員任務，並根據作戰人員所見視野與搜尋方位，進行主動推薦，以提供早期預警與降低作戰人員資訊負擔。

利用人工智慧演算法中基於巨量資料與深度學習計算來建構功能強大的指揮管制系統，從巨量資料中提取關鍵資訊，以最佳化評估其決策，如圖1。在指揮控制輔助決策領域，軍用人工智慧技術提高指揮和決策效能。各國軍隊通過開發各種輔助決策系統，構建功能強大的網路資訊系統，智慧化情報分析、輔助決策、指揮控制等能力大為增強，克服人類主觀弱點與盲點，提升指揮決

策的正確性，使指揮官指揮與決策效能大幅提高。

二、智慧化網路防禦攻擊系統

網路作戰是最早形成的新型態作戰模式，所有人工智慧武器裝備能發揮最大攻擊效用的前提為「AI系統不被駭客控制」，有效的網路安全防禦成為智慧化軍事武器系統的關鍵核心。

美國空軍參謀長佛吉曼(Ronald R. Fogleman)將軍於1996年研討會上最早提出殺傷鏈概念。²⁰ 殺傷鏈是指對攻擊目標從偵察到破壞的循環處理過程，進而幫助防禦此類攻擊。2015年美國軍工企業洛克希德·馬丁(Rockheed Martin)公司進一步提出網路殺傷鏈(Cyber Kill Chain)的概念，²¹ 將「網路攻

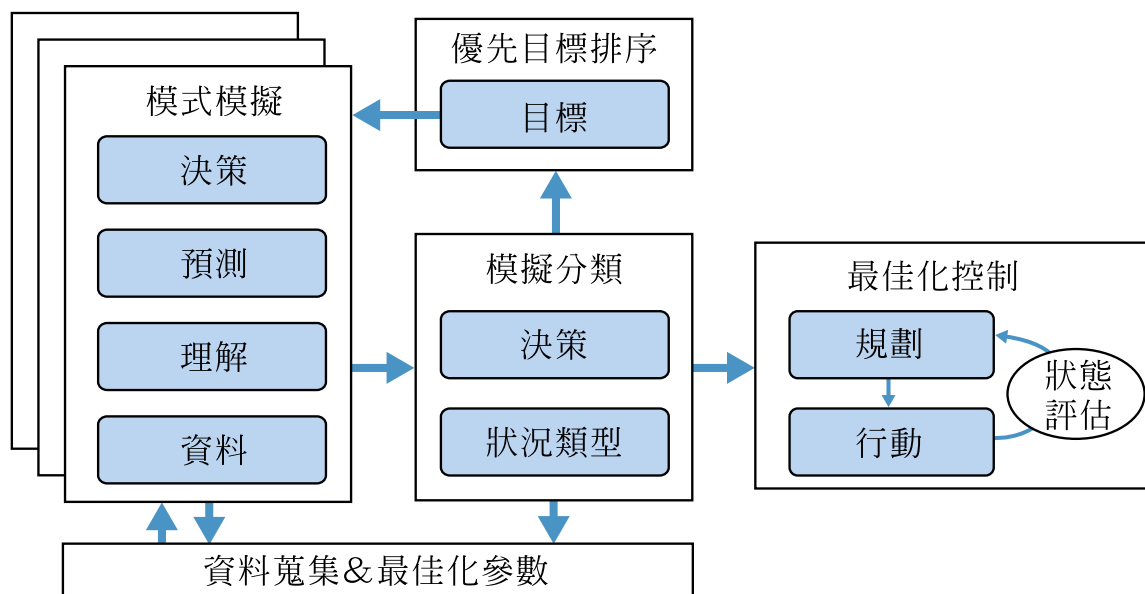


圖1 人工智慧演算法基於巨量資料，輔助戰場指揮官最佳化行動

資料來源：本研究整理。

20 David Raymond, Greg Conti, Tom Cross, "The Library of Sparta," <<https://www.blackhat.com/docs/us-14/materials/us-14-Raymond-The-Library-Of-Sparta.pdf>> (檢索日期：2018年1月12日)

21 Eric Hutchins, Michael Cloppert and Rohan Amin, "Intelligence-driven Computer Network Defense Informed by Analysis of Adversary Campaigns and Intrusion Kill Chains," Bethesda, MD: Lockheed Martin Corporation, 2011, pp. 1-14.

擊」流程分為7階段：偵察(Reconnaissance)、武器化(Weaponization)、散佈(Delivery)、刺探(Exploitation)、設置(Installation)、指揮與控制(Command & Control)、目標達成(Actions on Objectives)，如圖2。因此，「防禦概念」基於上述階段分別提出應對防禦手段，則能有效的限制對方的攻擊範圍與規模，使防禦者能夠成功阻止攻擊者在某一階段的活動，攻擊者在下一個階段的攻擊行為就會受到相對限制。

三、智慧化生產製造故障排除

隨著工業4.0發展，許多公司將整條生產價值鏈進行全壽期管理與服務，對於客戶服務可達機器狀態監控、預防性維護，以及遠端維修等能力。在武器裝備內裝有以智慧偵測程式的嵌入式系統，主要結合微電子、計

算機技術、虛擬資訊技術、資料庫和人工智慧管理等技術，包含專家系統裝有自動診斷故障的軟體，在通過專家系統確定故障原因後，下達指令給機器人維修系統，將故障及時排除，智慧化生產製造及故障排除將能有效延長武器獲得之生命週期。目前美軍研發成果包括海軍綜合自動支持系統CASS系列、陸軍綜合檢測裝備IFTE、空軍的多功能庫自動檢測站VDATS、LM-STAR。²²

四、無人作戰武器平臺

從AlphaGo發展出數百萬種棋面的思路過程中，最終訓練出最佳化的棋步。我們看到機器已具備複雜的學習能力並評估所有棋步的勝率。然而，真實、惡劣的作戰環境下，戰略命令下達需考量部隊人員傷亡、裝備損失，其中包含多項未知變數，故無法進行所

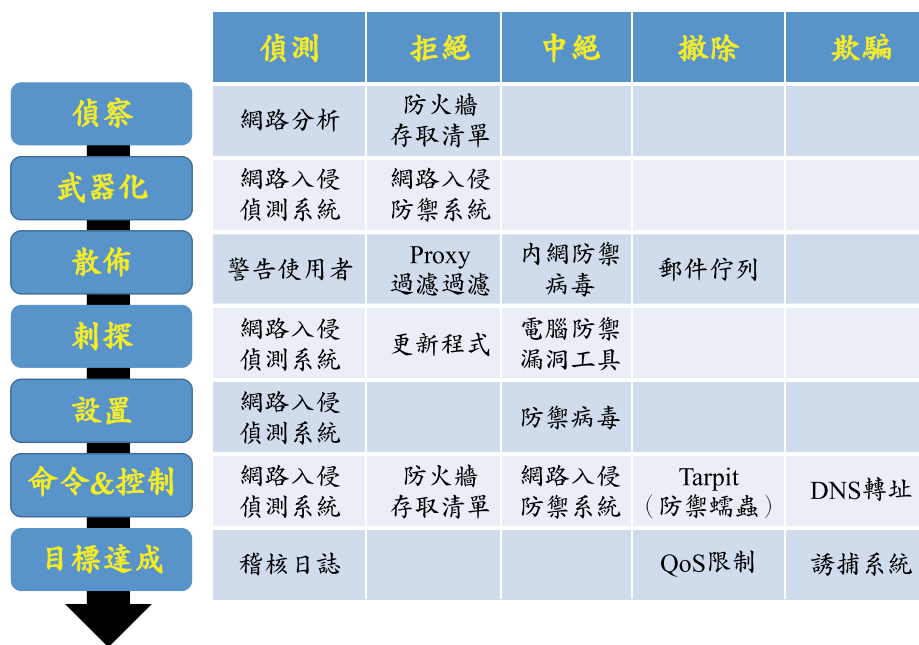


圖2 網路殺傷鏈之7階段流程

資料來源：Lockheed Martin Corporation, “Seven Ways to Apply the Cyber Kill Chain with a Threat Intelligence Platform,” 2015.

22 Joseph E. Eckersley, Michael S. Bond, “A Framework for Public/private Collaboration on ATE,” In IEEE *Autotestcon*, Sep. 2010, pp. 1-4.

有戰略的試行，無人作戰平臺應運而生。

無人作戰平臺泛指無人駕駛、自動導航或遙控操作等環境設備，裝載各種測量儀器或武器系統，能遂行偵察、攻擊等軍事任務，主要作戰單元如：飛彈、無人飛機、無人艦艇、無人坦克等。因此，利用無人作戰平臺跨越障礙完成運輸、救災、偵察等演訓任務是各國軍備發展的目標。2003年，美軍在伊拉克戰場部署3套13架無人機。2010年，美軍在戰場部署計337套1,013架無人機。在「非接觸」和「零傷亡」作戰概念與資訊技術發展下，美軍以軍用機器人為核心概念發展地面無人作戰系統，著力打造「機器陸軍」。²³

隨著軍用人工智慧技術的突破性發展，各式武器作戰平臺，如：無人潛艦、戰場機器人等。基於人工智慧達到自動搜索與追蹤目標、自動識別地形，並選擇最佳路徑，以及完成偵察、射擊、投彈等任務。世界上已有70多個國家的軍隊發展無人作戰平臺。其中，美軍擁有8,000多個空中無人平臺，地面無人平臺超過1.2萬個。現今作戰方式可能使用多個單一平臺組成隊伍（多架戰機組成），面對未來群集機器人的挑戰，無人機將可自動合作，可見其無人作戰平臺在軍事行動中的重要力量。

五、擴展式強化仿生機器裝置

由於戰場環境不確定性及人員成本考

量，目前發展出多種軍用生物型態，如：人形機器人、機器狗、機器蛇、機器魚、機器鳥、機器昆蟲、未來生物等機器。用來執行運送彈藥或補給、佈雷／掃雷、偵察資訊、營救救護傷員等任務，未來戰爭型態很有可能派遣機器人大軍上戰場，人員則負責協調人與機器間的資訊傳遞。這些自動化多用途作戰機器人系統，主要特點是能夠識別地形、地物，選擇前進道路，或判定敵情、深入敵方陣地，獨立自動完成偵察、運送彈藥給養、掃雷、射擊及投彈、救護傷員等任務。

另外，擴展人的體能技能和智能，使人員超越身體上的極限，也是發展機器人的目標之一，像是智慧外骨骼裝置可減輕體能負擔和增加快速反應能力。由美國發展之新式戰機輔助降落系統「魔毯(Magic Carpet)」²⁴，主要協助駕駛員完成監控及操縱各種機載電子系統的工作，幫助戰鬥機飛行員在航空母艦上能保持在飛行員所期望的路徑降落，降低人為的著艦失誤率。

仿生機器人的例子還有美國國防部於102年提出阿凡達計畫(Project Avatar)，²⁵主要開發可透過意念遙控的機器人，使士兵與一個半自動的機器人能合作完成戰場任務，使機器人成為士兵的完美替身。未來戰場將是機器大軍交戰的情景，涵蓋之範圍與影響較傳統人類戰爭更為廣泛。

六、戰場上任務規劃人工智慧

23 Brian Kalman, "U.S. Army Armored Vehicle Developments in the 21st Century (Military Analysis)," *Global Research*, December 21 2016, <<https://www.globalresearch.ca/u-s-army-armored-vehicle-developments-in-the-21st-century-military-analysis/5563931>> (檢索日期：2018年1月12日)

24 Megan Eckstein, "Navy's Magic Carpet Simplifies Carrier Landings. Interim Fielding This Fall". *USNI News*. June 30 2016, <<https://news.usni.org/2016/06/30/navys-magic-carpet-simplifies-carrier-landings-interim-fielding-fall>> (檢索日期：2018年1月12日)

25 同註10。

AlphaGo Zero在證明從無到有的知識建構體系後，現努力的目標，正是著名的戰爭策略遊戲星海爭霸(StarCraft II)，²⁶ 希冀能夠透過電腦遊戲上所需考量的情勢掌握、全局判斷、戰術規劃與資源分配等能力，來證明人工智慧可以解決更複雜的作戰規劃問題。在可以預見的未來，隨著人工智慧與計算機科技的進步，人工智慧將逐步落實於戰略、戰術與戰技各軍事階層，配合指揮與參謀在作戰規劃上作戰時機的選擇、判斷敵可能攻擊方向或是我軍有利防禦主力、概估所需兵力大小，以及敵我持續作戰能力皆能發揮重要的輔助決策參考，成為指揮所內重要且不可或缺的資訊作戰參謀。例如，美軍國防高等研究計畫署(DARPA)現正推動的SIFT專案。²⁷

七、智慧化數位戰士聯網架構

在人工智慧計算技術突破性發展後，基於無線感測網路架構與雲端系統支持，以提高戰場感知能力，即提供戰場人員相關數據與資訊，以面對瞬息萬變的戰場環境。目前，美、俄、法、德等各國均配智慧化資訊感知與處理能力的數據化士兵系統，例如：美軍為了解決阿富汗恐怖份子藏於地底不易偵測而發展的「奈特勇士」(Nett Warrior)、俄軍的「未來戰士」等，提供新的現代化單兵作戰裝備，主要用於增強陸軍的連通性和作戰效能，主要單元包括武器、綜合頭盔、

可攜式電腦、通信、軟體、防護與穿戴式裝備所構成，且完整的戰場認知才能消弭指揮官與作戰人員之戰場迷霧，遂使戰場上智慧化指揮控制能力愈顯重要。

由於偵測器能提供整體系統所需之偵蒐資料，且經適當處理後，即能提供戰場上指揮官決心下達，同時可管制戰士的重要訊息、戰場各式偵測器與發射載臺的系統串聯、建構戰場空間資訊流。智慧化指揮控制最大效益在於提供下達作戰決心時能整合多樣化資訊，並提供最迫切或最必須的資訊。

在資訊處理應用上，隨著巨量資料累積，人工智慧目前在機器翻譯、自然語言處理的效能已獲得有效改善，在軍事用途上未來可用於收集情報、破譯密碼、即時資訊辨識、協調作戰指揮和戰術輔助決策等。自動情報摘要與影像識別系統更能透過情報分析模組和影像處理技術，對於敵方情報及影像進行辨識、分類和資訊處理，最後自動提供輔助決策摘要。

八、智慧化戰場環境訓練實境

作戰演練在軍事上尋求以較少投資、最低風險且逼真呈現戰爭的方式，達到訓練士兵、驗證軍事理論、演示戰鬥策略及評估武器裝備。擴增實境(Augmented Reality, AR)技術不僅能呈現真實環境資訊，疊加虛擬資訊，使兩種資訊互補。因此，人工智慧與擴增實境的結合，可有效提升在作戰應用，

26 David Silver, Aja Huang, Chris J. Maddison, Arthur Guez, Laurent Sifre, George van den Driessche, Julian Schrittwieser, Ioannis Antonoglou, Veda Panneershelvam, Marc Lanctot, Sander Dieleman, Dominik Grewe, John Nham, Nal Kalchbrenner, Ilya Sutskever, Timothy Lillicrap, Madeleine Leach, Koray Kavukcuoglu, Thore Graepel and Demis Hassabis, "Mastering The Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search," *Nature*, Vol. 529, No.7587, Jan. 2016, pp. 484-489.

27 Smart Information Flow Technologies, 2018, <<http://www.sift.net/research/planning/deep-green>> (檢索日期：2018年1月12日)

如：利用穿戴式的感測器，將地理資訊及時傳送給前線人員，而戰場人員亦透過頭盔顯示器，把真實世界與戰場環境模擬合成，有利於戰場情境訓練。AR發展除有助於實彈操演成本縮減外，更能進行最真實、高難度的情境演練。

目前美軍的「近戰戰術訓練系統」(Close Combat Tactical Trainer, CCTT)²⁸即建立虛擬作戰環境，參與單元包含戰車、武器系統等進行聯合軍事演習，以實現異地網路環境的作戰訓練。

除了虛擬戰場環境構建，在武器裝備研發上，虛擬實境(Virtual Reality, VR)大幅縮短研發週期。美國第四代戰機F-22和JSF在研製全程採用虛擬實境技術，實現3D數位化設計，使研發週期縮短50%，研發費用節省93%。²⁹因此，可以預見VR/AR技術對於未來軍事發展的重大變革，未來戰爭，可能不需要傳統軍事部隊上場，將由人工智慧與擴增實境所建構的智慧戰場，進行智慧化軍事裝備與機器人的戰爭。

肆、國軍應用人工智慧建議

人工智慧開發於軍事科技之相關應用，主要為模擬、延伸和擴展人類智慧能力的方法技術及系統應用的新跨領域科學，貫穿於軍事活動的認知、決策、反饋、修正、行動的整個過程。其中尤以智慧化指管通資情監偵網、智慧化網路防禦攻擊系統、智慧化生

產製造故障排除3項應用方向更適於國軍現階段發展，以人工智慧技術來加深C⁴ISR系統、網路安全與武獲流程之技術能量。

針對國軍現階段在軍用人工智慧之因應作為，參酌美國國防部對於運用人工智慧、自動化系統所面臨的機會與挑戰，³⁰提供國軍運用人工智慧發展國防科技的建議分述如下：

一、建立國防需求與業界研發窗口

現有國軍各單位推動數位化已逾20年，已累積大量的業務資料，但是大部分資訊未被有效利用。由於這些資料未經資料分析人員整理，以致於現行部隊缺乏更具價值決策資訊，透過人工智慧，讓巨量資料的優勢得以運用現有機器學習與深度學習技術獲得實現。例如精準彈藥分析或是作戰妥善率預測等，這些資訊皆可與現有作戰指揮資訊系統相互整合，幫助部隊改進其內部運作，提升作戰效能。

依據現有上述各先進國家導入人工智慧技術經驗，國軍針對戰備整備需求，逐步建立業界研發窗口，遂行國防武器系統裝備研究發展，建立各型武器系統後勤體系及關鍵性零組件自製能量，以支持國防自主。重點在於前瞻性關鍵國防科技之研發、整合，發展自主化系統、厚植國防科技基礎；另部分基礎軍事科技與工程可委由民間研發，進而發展出軍民通用技術，具備軍方研發角色的國防大學理工學院與中科院等機構，可扮演

28 William R. Johnson, Thomas W. Mastaglio, Paul D. Peterson, "The Close Combat Tactical Trainer Program". *Simulation conference proceedings*, Los Angeles, CA, USA, Dec. 1993, pp. 1021-1029.

29 〈2016年國外虛擬實境技術發展綜述〉，《華語熱點新聞》，2017年4月2日。〈<https://www.pushme.news/content/690369.html>〉（檢索日期：2018年1月12日）

30 Andrew Ilachinski, "Artificial Intelligence & Autonomy. Opportunities and Challenges". CNA. October 2017, 〈<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1041749.pdf>〉（檢索日期：2018年1月12日）

協助部隊進行作戰資料分析等「整合者」的角色，將學、業界與國防需求進行整合，使決策者、技術分析人員、工程人員、業務人員相互理解，以達互利互惠。

二、規劃具有作戰概念的自主架構

機器人技術、群眾外包（指企業或組織透過網路向群眾取得創意的資源）等技術吸引許多人的興趣，人工智慧在各行業已成為顯學，然而目前技術發展的主要缺口在於對自動化系統的概念架構缺乏全面性的認同。為了使自動化系統架構能客觀、有效地整合，且具有擴展性來適應未來多型態的系統發展，需規劃具有作戰概念的自主系統架構，用以支持理論與發展相關應用於設計、系統、測試和作戰等。現階段挑戰在於技術難以找到適當衡量指標來定義自動化系統及評估其標準，以發展實現自動化系統之模型，且任何關於系統功能需求都應符合人類行為與國際社會規範。

迄今各國鮮少針對軍事需求，提出自主化武器系統的架構，現階段建議研擬定義基於人工智慧的自主架構，開發以人機整合系統為中心，定義具有作戰概念的任務指標，進而展示利用自主化系統輔助支援國防武器發展程序的各項元件。

三、探討基礎人機協同互動

隨著自動化系統的增加，作戰人員相對減少直接控制車輛、設備的頻率，轉而投入在控制並指揮整體系統為目標。主要探索內容包括：作戰任務的資訊需求及限制、如何控制自駕車系統、人類如何操控及加快學習效能、如何最佳化人類與自動化系統之間的決策，並整合及發展共享情境的關鍵數據。

人機協同互動中所應用的相關基礎領域技術，包括電腦視覺(Computer Vision,

CV)、自然語言處理(Natural Language Processing, NLP)，以及物聯網(Internet of Things, IoT)。深度學習的卷積神經網路演算法(Convolutional Neural Network, CNN)使電腦辨識效能已超越人類的視覺能力；智慧語音辨識、閱讀、翻譯文字的自然語言處理，近來亦相當活躍於感知智慧領域，目的是使電腦可以理解自然語言、直接與人溝通。最終，以電腦視覺與智慧語音作為系統接口，可引領物聯網開啟人機互動之新模式，對於軍方、民間產業將能重塑智慧人機協同系統之新面貌。

四、評估開發機器學習的資料需求

基於當前人工智慧技術，發展部署自動化武器系統，將面臨眾多技術挑戰。例如，缺乏人工智慧系統模型所需的巨量訓練資料。像是2016年AlphaGo計畫中，大量訓練資料來自人類與機器的棋譜棋步，AlphaGo從資料中學習到最佳化的參數。然而對軍事戰略、戰場環境等相關參數、訓練資料則較難從真實世界中取得。

相對於自動化系統要的預測模型，開發機器學習的資料需求應先進行評估。近年來，機器學習在影像識別與分類問題獲得比人類更精確的效能，其訓練資料來自真實世界的巨量資料以進行自主學習。建議對於訓練國防相關之人工智慧系統所需要的資料議題，應給予高度重視，針對各項軍事數位化資料，進行清理與分析，以利於發展自動化武器系統及提高其預測模型之準確度。

五、探討武器系統整合與自主程度

武器系統整合議題考慮的面向不僅在延伸現有技術可輕易完成的任務目標，例如：重複性工作被無人設備、系統所取代，而人類特有的作戰價值，可更加專注於思考設計

出更好的系統效能、尚未發展的戰術戰法與任務，以支援現有與未來自動化的能力，最後，亦須在大量簡單、低成本工作，以及少量、複雜多功能的任務間取得平衡。機器群的整合尚未考量任務空間維度，以及發展所需的作戰概念，以自動化協調作戰任務，可自主監測區域網路工作，包括：蒐集敵方物聯網的數據，或發展自動適應式分散電子干擾器。

另外，多代理人的建模技術適用於發展規則，像是研究基於自我組織的緊急事件，在耦合自動化系統中預期出現的行為。系統整合最大優勢在於增加自動化系統模型的新特徵及參數，且自主系統可能具自我學習以減少干擾或網路駭客的脆弱性，例如：自駕車系統具可彌補壅塞的數據鏈路中的通信損失，以完成任務的能力；風險則為自主系統可能更容易因網路入侵遭受影響。例如：敵方獲取控制權或攻擊，對於自動化系統可能更難檢測嵌入的惡意軟體。

六、發展自主系統之效能衡量標準

自主系統的發展方向、效能優劣、是否滿足預期目標，都與訂定的衡量指標息息相關。在軍事上，效能泛指使用武器系統時作戰行動能達到的效能。概分為單項指標、系統效能與作戰效能等3項，自主系統發展指標可參考武器系統訂定在給定條件下，系統所能發揮的最大效能，包含靜態與動態環境下、是否單機執行（單一）或與多個系統間（複雜）支援構連。由於戰場為動態且複雜環境，相對的自主系統是否能感知、溝通、學習、最佳化、決策整合，這些在發展系統前應先定義清楚。

自主系統的效能衡量標準可從各層面進行衡量，例如：開發者、計畫管理者、決策

者、作戰人員等依照不同角色的需求與所需達成之任務來訂定其指標，包括：必需具備之功能、完成任務之精準度與涵蓋度，以及協調、任務分派、訓練、生存能力、情境感知與工作負荷等多方面指標。

七、發展測試評估驗證標準和實踐

在新式武器獲得流程中，測試評估扮演執行新式戰術戰法的關鍵角色，對於系統在實驗室發展與真實環境的效能進行驗證與評估是否量產，而系統效能指標的訂定以及雙方（研發單位、作戰單位）的規格確認，有助於釐清發展之武器系統是否能滿足作戰需求。為因應新一代具人工智慧特性作戰武器，須進一步發展符合人工智慧軍事標準，定義資料互通、互聯、互信技術規範，鼓勵研發單位與演訓單位積極參與標準制訂，以構建完整人工智慧作戰載具測試系統，有效提升作戰水準、可靠度與安全性。

本建議重點置於針對人工智慧所研發新式作戰載具，透過巨量分析與機器學習技術，遂行改善測試效能與實際應用上之差距。盡可能排除複雜性、不確定性與主觀決策環境之變數，藉由複雜系統理論和多代理人建模，以發展測試評估指標、數據，實務驗證該自動化系統應用於實際戰場之可行性與效能。

八、應用兵棋與模擬降低作戰風險

現有電腦輔助指揮所演練，大多運用電腦兵棋做為作戰模擬的一環，目的在提供指揮與參謀人員進行作戰目標與戰力、空間、時間等資源，遂行評估與分析的模擬環境。由於電腦兵棋推演可透過計算機演算法與電腦參數模擬敵、我、天、地、水等虛擬環境，運用演算規則演練敵我兩軍對抗，從而實現戰場模擬效果。其中包含訓練指揮、裝

備驗證、戰術決策等重要應用。電腦兵棋可以內嵌人工智慧分析與優化指揮階層與參謀人員於演練過程中決策與決心下達的時機，透過虛擬戰場進行新式裝備評估與分析，為實際戰場的戰略決心，提供強而有力的支持。

電腦兵棋可用於輔助識別與開發新的作戰概念，應用部署系統的經驗，藉由探索來反擊潛在對手使用自主權，協助訓練，通過探索人機協作的信任議題。電腦兵棋之建立有助於自動化系統團隊一致的標準與策略，支援國防事務。

九、深化近中遠程的人才培育

人工智慧涵蓋多項科學、工程領域，並基於多種演算法與技術，發展不同程度的應用與能力，且整體持續發展將能支援更廣泛的任務範疇和作戰需求，相較於獨立設計的自動化武器系統有更強的能力與擴展性，有鑑於新式人工智慧戰具所費不貲，故需以多種與多樣化方式吸引與培養高科技人才與軍事作戰人員，為國軍培育新一代作戰思維的國防專業人才。

國軍應鼓勵並引領研發單位培育高水準國防科技人才，以強化專業應用人才之基本能力，包括：基本模式識別、增強情境感知、加速巨量資料與機器學習的整合、自適應的命令控制系統、戰場物聯網、電子戰的認知干擾、網路防禦與系統攻擊、自駕車系統的研發到量產等，訂定中程（自動化系統）、遠程（自主系統）的預期發展目標，以建立研發整合性系統之能量。

十、落實致命自主武器之作戰道德規範

人工智慧革命快速席捲各應用領域，但軍事領域未來自動化武器系統尚有諸多不確定，像是涉及到機器人應用的自主學習能力，自動化武器和致命武器，目前仍有爭議。2016年12月，聯合國《特定常規武器公約》³¹的123個成員國同意討論致命自主武器，其中19個成員國已要求徹底禁止發展這類武器，而其他非政府組織(NGO)也呼籲應禁止發展自主武器。由於致命自動化武器一旦發展起來，未來戰爭規模將空前浩大，擴展速度也將超乎人類想像。

因此，在發展上述相關之系統之前，政府單位應邀集專家、決策者，探討發展自動化系統之責任與合法性、毀滅性的議題，在法律明訂禁止致命自主武器的研發行為，並檢查自動化武器系統之相關規範與可控制範圍，避免引發可能之軍事衝突與觸及作戰道德。美國太空探索技術公司(SpaceX)執行長馬斯克(Elon Musk)曾表示：「致命自主武器將成為戰爭中的第三次革命，一旦發展將導致武裝衝突，將大規模快速進行」，且自主武器常可能會被獨裁者與恐怖分子用以傷害無辜人群。

伍、結 論

本研究參考各國運用人工智慧於軍事事務革新與軍事科技之應用，進一步針對人工智慧下的新式國防科技、新式戰術戰法與新式組織變革等層面，全面探索與研究，歸納出人工智慧於軍事科技應用方向，包含智慧化指管通資情監偵網、智慧化網路防禦攻擊系統、智慧化生產製造故障排除、自動化

31 〈聯合國明年著手管控「殺手機器人」〉，《科技日報》，2016年12月23日，<<https://kknews.cc/world/bx5qml9.html>>（檢索日期：2018年1月12日）

無人作戰武器平臺、擴展式強化仿生機器裝置、戰場上任務規劃人工智慧、智慧化數位戰士聯網架構與智慧化戰場環境訓練實境等8項應用進行說明。最後提出建立國防需求與業界研發窗口、規劃具有作戰概念的自主架構、探討基礎的人機協同互動議題、評估開發機器學習的資料需求、探討武器系統整合與自主程度、發展自主系統之效能衡量標準、發展測試評估驗證標準和實踐、應用兵棋與模擬降低作戰風險、深化近中遠程的人才培育目標、落實致命自主武器之作戰道德等10項建議，提供國軍各單位建軍備戰參考。

人工智慧經過多次的起伏，終將在硬體快速發展與軟體演算法，以及數位化資料大幅增長下快速發展。從美軍的演算戰跨領域小組(Algorithmic Warfare Cross-Functional Team, AWCFT)可以看出，新一代戰場是以人工智慧為主的跨領域的結合，不同領域的融合，從演算法數學模型到軍事作戰規則，需進一步透過計算機技術進行整合，才能貼近軍事作戰需求。未來戰爭將轉向全新的戰爭型態。對於國軍而言，國防科技實為軍事作戰核心力量，應開始著手檢討軍事業務自動化作業方式、作戰武器的自動化程度與打造自動化部隊。未來人工智慧戰爭需要大量人工智慧人才，演算法的作戰方式更需要專精人才的支持，具有工程背景、數學專精與資訊工程、系統工程的人才培育已成為國防科技發展重點。在這種全新的戰爭型態中，無人載具和自主系統將扮演戰場上核心角色。

(收件：107年1月11日，接受：107年3月15日)

參考文獻

中文部分

網際網路

- 〈2016年國外虛擬實境技術發展綜述〉，《華語熱點新聞》，2017/4/2。〈<https://www.pushme.news/content/690369.html>〉。
- 《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/wiki/自主武器國務院>，〈國務院關於印發新一代人工智慧發展規劃的通知〉，《國發2017第35號》，2017/07/20。〈http://big5.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm〉。
- 騰訊科技，〈普丁：AI將驅動全球性壟斷，未來戰爭就由無人機掌握！〉，《INSIDE》，2017/9/2。〈<https://www.inside.com.tw/2017/09/02/vladimir-putin-believes-artificial-intelligence-could-lead-to-global-monopolies-and-drone-wars>〉。
- 聯合國明年著手管控「殺手機器人」，《科技日報》，2016/12/23。〈<https://kknews.cc/world/bx5qml9.html>〉。

外文部分

期刊論文

- Hinton, E., Osindero, G. S. and Teh, Y.-W., 2006/6. "A fast learning algorithm for deep belief nets," *Neural Computing*, Vol. 18, No. 7, pp. 1527-1554.
- James, A. R., 2014. "Application of a fuzzy feasibility Bayesian probabilistic estimation of supply chain backorder aging, unfilled backorders, and customer wait time using stochastic simulation with Markov blankets," *Expert Syst. Appl.*, Vol. 41, No.16, pp. 7005-7022.
- John, S., 1980. "Searle, minds, brains and programs," *Behavioral and brain sciences*, Vol. 3, No.3, pp. 417-457.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N. and Shannon, C. E., 2006/12. "A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence," *AI Mag.*, Vol. 27, No. 4, pp. 12-14.
- Oakley, B., 1984/12. "Computers and cooperation: The Alvey programme of research in information technology," *Sci. Public Policy*, Vol. 11, No. 6, pp. 360-363.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., and Williams, R. J., 1986/10. "Learning representations by back-propagating errors," *Nature*, Vol. 323, No. 6088, pp. 533-536.
- Silver, D., Huang, A. C., Maddison, J., Guez, A., Sifre, L., van denDriessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M., Dieleman, S., Grewe, D., Nham, J., Kalchbrenner, N., Sutskever, I., Lillicrap, T., Leach, M., Kavukcuoglu, K., Graepel, T. and Hassabis, D., 2016/1. "Mastering the game of go with deep neural networks and tree search," *Nature*, Vol. 529, No. 7587, pp. 484-489.
- Timothy, A. Walton, 2016. "Securing the third offset strategy," *Joint Force Quarterly*, Vol. 82, No. 3, pp.6-15.

研討會論文

- Johnson, W. R., Mastaglio, T. W. and Peterson, P. D., 1993/12/12-15. "The Close Combat Tactical Trainer Program," Simulation Conference Proceedings, Los Angeles, CA, USA.
- Joseph, E. E., Michael, S. B., 2010/9/13-16. "A Framework for Public/Private Collaboration on ATE," FL, USA.

官方文件

- Defense science board, 2016. *Summer Study on Autonomy*, US: office of the secretary of defense, pp. 4-13.
- Executive office of the president, 2016/12/20. *Artificial intelligence, automation, and the economy*, pp. 9-23.
- Hutchins, E. M., Michael J. C., Rohan M. A., 2010. *Intelligence-driven computer network defense informed by analysis of adversary campaigns and intrusion kill chains*, Bethesda, MD: Lockheed Martin Corporation, pp. 1-14.
- IDC, 2017/7. *How Semantic Technologies Enable Domain Experts to Steer Cognitive Applications*, pp. 1-10.
- Johnson, W. R., Mastaglio, T. W. and Peterson, P. D., 1993/12/12-15. "The Close Combat Tactical trainer program," Simulation conference proceedings, Los Angeles, CA, USA, pp. 1021-1029.
- National Science and Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee, 2016/10. *The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan*, pp. 15-35.

網際網路

- Clark, Colin, 2017/11/01. "Our Artificial Intelligence 'Sputnik Moment' Is Now: Eric Schmidt & Bob Work," Breaking Defense. <<https://breakingdefense.com/2017/11/our-artificial-intelligence-sputnik-moment-is-now-eric-schmidt-bob-work/>>.
- Dobkin, A., 2017/11/3. "DOD Maven AI project develops first algorithms, starts testing," Defense System. <<https://defensesystems.com/articles/2017/11/03/maven-dod.aspx>>.
- Eckstein, Megan, 2016/6/30. "Navy's Magic Carpet Simplifies Carrier Landings. Interim Fielding This Fall," USNI News. <<https://news.usni.org/2016/06/30/navys-magic-carpet-simplifies-carrier-landings-interim-fielding-fall>>.
- Ilachinski, Andrew, 2017/10. "Artificial Intelligence & Autonomy. Opportunities and Challenges," CNA. <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1041749.pdf>>.
- Kalman, Brian, 2016/12/21. "U.S. Army Armored Vehicle Developments in the 21st Century. Military Analysis," Global Research. <<https://www.globalresearch.ca/u-s-army-armored-vehicle-developments-in-the-21st-century-military-analysis/5563931>>.
- Li, Jane, 2013. "Ethernet: The Next 40 Years," Huawei Enterprise USA. <<https://www.slideshare.net/ITBrandPulse/ethernet-the-next-40-years>>.
- Raymond, David & Conti, Greg & Cross, Tom, The Library of Sparta, <<https://www.blackhat.com/docs/us-14/materials/us-14-Raymond-The-Library-Of-Sparta.pdf>>.

Singh, Gurasis, 2015. "Sensor Fusion and Obstacle Avoidance for An Unmanned Ground Vehicle," <<https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1247&context=edt>>.

Smart Information Flow Technologies, 2018. <<http://www.sift.net/research/planning/deep-green>>.