

● 作者/John Arquilla and Peter Denning ● 譯者/章昌文 ● 審者/劉慶順

自動化將改寫未來海權

Automation Will Change Sea Power

取材/ 2019年6月美國海軍學會月刊(*Proceedings*, June/2019)

美海軍未來的主力戰艦，乃是網路化的群集載臺，而如此自動化艦隊要成為維繫海上優勢的良方，除了提升人工智慧的可靠性，也不可忽略人類本身的深度學習力，仰賴人機團隊的通力合作才是致勝關鍵。



未來數年，人工智慧將使海權起極大的變化。它會改變組織、準則、政策及作戰的運作規則；最重要的是，它將改變海軍人員本應十分在行且嫺熟的領域。

自第二次世界大戰以來，航艦就是美海軍的主力戰艦。它們是工業時代海權的最高表徵，且迄今依然如此。然而，數位化和網路化的快速興起，標示了一個新時代的開始，可能帶領海軍超越航艦至上的過去。當此改變來臨時，下個主力戰艦將可能是虛擬的：包括航艦、大量數位控制實體在內的群集載臺，其中有些可採遠端遙控，其他則完全自主化。

可靠性難題

十九世紀時，數學家兼發明家巴貝奇(Charles Babbage)說服英國海軍運用一種機器來計算航海表，可藉由剔除容易出錯的人工計算來降低船艦失事。由於無法取得能使這種機器可靠運作的齒輪及槓桿，他發明了另一種設計較簡單的機器：一種現代程式化電腦的機器原型。然而，他沒有等到那臺機器完成，就離開人世了。

機器可靠與否，乃是1940年代判斷首部電子自動計算機正當性的關鍵。然而，由於電腦化的機器是如此複雜，顯然無人能確認其運作的正確度。如何組織電腦和軟體以求更高的可靠性，依舊是電腦科學的核心問題，且對於將自動化系統貫徹到軍事和海軍作戰上的決心也至關重要。

隨著美海軍進一步納入自動化系統(即所謂的智慧系統)，達成高度可靠性將會是重大挑戰。為了儘量提升打造可靠系統的機會，設計者必須穩

健謹慎，並盡可能保持設計的簡化。

人工智慧機器還有其他的不可靠性因素。儘管它們具有華麗的名稱，但實則極度「不智慧」。它們的智慧大部分來自於其運作速度。這些機器能有這樣的速度，係因其運作完全依賴「上下文無關文法」(context-free)的規則。人類擅長於意識當前的環境背景，機器則否；人類在乎結果，機器不然。然而，人工神經網路的崛起，已使得有些人認為機器已日益趨近「智慧」。

人工神經網路的興起

對決策支援愈益重要的大數據，正與名為人工神經網路的新一代機器學習搭配，這反映了在大量數據分析上的技術臨界點。人工神經網路雖然功能強大，但也出現一些另人憂心的狀況。

人工神經網路是接收輸入X而產生輸出Y的機器。它們是以密集連接網路中的電子神經元建構而成，與人類大腦的架構原理大致相似。每個神經元可被描述成一個「0」或「1」的狀態。當來自所有網路之神經元總輸入超出其內建限制時，該神經元就「啟動」並進入「1」的狀態。這個「1」會饋入互相連接的神經元，使得某些神經元會以相同方式啟動。對整體網路的一次輸入，會觸發成串神經元啟動，直到該網路穩定為止。而受指定輸出的穩定神經元「1」和「0」值，就成為整體網路的輸出。

這些網路被組合成可透過連續抽取以處理刺激的系列層次，直到它們成為回應為止。由於它們擁有許多層次，故又被稱為「深度學習網路」(deep-learning networks)。



網路化與數位化將改變美海軍未來主力戰艦的組成。

(Source: USN/Erwin Miclano)

人工神經網路並非「程式化」，而是透過演算法「訓練」出來的。訓練神經網路的過程可能要花上數天時間；不過，網路一經訓練就會變得非常快速。訓練過的網路通常可在接受到刺激後的數毫秒內產生回應。

當完成訓練時，會得出一個詳列從任何指定神經元到所有其他神經元連結權重的矩陣。這些矩陣可包含數十億個入口。因此，闡明網路如何得出結論的問題，並無法藉由檢視其連接矩陣的方式來回答。這就有如試圖檢驗罪犯的腦部掃描，來確認其邪惡動機一樣。

不可測知性(無法闡明網路得出一個特定結論的方式或理由)是人工神經網路檯面上的兩大問題之一。另一個問題則是脆弱性，神經網路的回應可能會超出其訓練資料集而變得難以預測。此外，神經網路也可能受到輕微雜訊干擾的輸入版本所擾亂，並遭到攻擊。¹

「阿爾法圍棋」轉折點

「阿爾法圍棋」(AlphaGo)係谷歌子公司「深思」(DeepMind)開發的深度學習系統，應用於古老的戰略遊戲——圍棋。「阿爾法圍棋」改變了

與人類對弈的機器全貌。它在2016年初登場時，就擊敗了南韓棋王李世石；《科學》(Science)雜誌宣告阿爾法圍棋為其「年度科學突破」之一。設計者隨後將其改稱為AlphaZero，因為它們也能用相同的機器學習西洋棋和將棋(日本象棋)。²

AlphaZero的突破之一是其訓練方式。傳統的人工神經網路要用上大量成對的X-Y，並教它們連成網路，這通常必須透過分析過去棋局的紀錄才能達到。但AlphaZero卻只需要西洋棋、將棋或圍棋的規則，不需任何輸入，透過跟自己對弈來完成訓練。它只要學習9小時就可與人類西洋棋特級大師對弈，12小時即可與將棋高手、13天與圍棋高手對弈。

深度學習和軍事戰略

圍棋和軍隊兵棋推演間有極大相似處。目標都在安置資產及展開戰術行動，藉由達成對戰場空間的更多掌控，以營造勝局——海軍用語則為「制海權」。儘管目前兵棋推演的規則複雜，且戰術行動也頗為微妙，但不難想像AlphaZero可在數天



為對抗即將來臨的群集作戰方式，未來海軍自動化系統必須善於偵測與快速行動。(Source: USN/Roland John)

內學會並贏得兵棋推演。這在未來戰場管理的應用上顯然大有可為。由於這有可能成為未來美海軍主導的關鍵，故其應當投資這類深度學習能力。

深度學習演算法也被用在探索武器運用的決策自動化能力上。然而，脆弱性和不可預測性帶來的不確定性，在人類操作員能夠介入前，提升了自動化系統意外造成衝突升高的可能性，例如在東海或南海的「中」美自動化艦隊間的行動。

曾有批評者論及，AlphaZero只擅長學習下棋。不過，未來的版本或許真能學會如何贏得兵棋推演，並將之轉化為打贏真正的軍事和海軍戰役能力。此種

能力可在不受干擾人類決策的認知及動機偏見下運作，因此將能提升人類的戰略計畫作為。

群集載臺

自動化儘管有其風險，但仍是解決「群集」(swarms)此一現代新興海軍威脅的關鍵。

群集係小型協同個體組成的大型網路，每個個體都會造成一些損壞，合而為之就會造成極大損害。這些個體可以是任何自主小艇、船艦、無人飛機、自殺炸彈客，甚至是網路密碼的結合；其目的在於壓垮防禦，並給予目標致命一擊。

造成群集的技術早已存在。例如，以色列軍方就建造了能攜



美海軍必須在網路上投下巨資，作為其下一代的「主力戰艦」——由航艦及數位控制實體組成的群集載臺，其中有些甚至完全自主。(Source: USN)

帶致命炸藥和自主導航，旨在往目標俯衝的「哈比」(Harpy)小型無人機。一群這樣的無人機可以破壞正常的船艦防禦。

對美海軍而言，因應此種威脅的最佳解決方案就是發展出一套能夠攻擊並制壓迫近群集的「反群集」(reverse swarm)。這是一項重大的設計挑戰。防禦群集的無人機將需要防干擾、無人機間通信，以及與地面管制人員之間的低頻寬防干擾連結。如果頻寬受到干擾，或戰場管理超級電腦遭受降級或中斷，群集將會從空中掉落或變得混亂。

要解決此一問題，個別無人機必須配備自身電腦及控制程式。與地面管制人員的連結，必須在正常無線頻道的速度下運作。設計一套反向群集對於自主軟體而言是項挑戰。2015年9月，時任教授的蒂莫西·鍾(Timothy H. Chung)在美海軍研究院測試場一次展示50架無人機群集時，就遇到這樣的初始挑戰。

受到反群集保護的主力戰艦，將不再是攻擊群集會感興趣的目標。但若主力戰艦構想本身逐步發展成由自主管制網路協調的地面、海上、空中和網路部隊的龐大群集會怎樣呢？確實，群集將可能成為未來的優勢海軍戰術，且這勢必會擴散到許多國家，尤其因為美海軍的優勢地位，使其他競爭者很難對傳統作戰準則抱持太大的成功希望。

為對抗即將來臨的群集，未來的海軍自動化系統將必須善於偵測與快速行動。實際上，它們將必須是群集，同時也是自動化，因為作戰步調將排除單靠人類就能面對威脅的可能。

人機團隊

美海軍的未來不是在人類或機器兩者中擇一；它將以人類和機器的融合為特色。人類與機器將共同合作，並融合機器的速度和人類的智慧，才是唯一可行的途徑。



「網路作為主力戰艦」的構想將以人機團隊方式實現。(Source: USN/Joseph Millar)

「自動機」(automata)和人類的高度融合，可能是二十一世紀主導海軍的關鍵。明日的海軍在戰場上或許就需要人類與電腦並肩作戰，由前者提供洞見和判斷，而後者進行迅如閃電的運算，以便在快速移動、不確定的狀況下指導選擇。

在艦隊階層，一個結合了人類和自動機的縝密計畫網路，可能預示了主力戰艦不再是特定艦型的海軍事務時代。網路本身反而可能成為海上武力的要素。因此海軍事務的「大事」實際上可能正是小事的群集。這呼應了已故海軍中將塞布洛斯基(Arthur

K. Cebrowski)在其「網狀化作戰」(network-centric warfare)概念中的思維。³ 儘管他想的是為感測器和武器創造不同區塊，但自動化會將它們融成一體，使它們全都變得更快速且準確。

「網路作為主力戰艦」的構想在結合群集的作戰準則後，將可能在未來的許多海軍作戰想定中發揮極大作用。例如，為對抗試圖建置智慧武器網的中共海軍，就很適合部署群集行動，在東海或南海面對挑戰。同樣的，伊朗海岸部隊有一套在海灣作戰的群集準則，這也需要美國用群集的方式因應。

美海軍應以網路化、人機團隊(human-machine team)的群集方式執行自動化。

海軍歷史充斥著「廣泛準備」(board preparation)的案例：每樣東西都投資一點，而非僅在某些事物上押「重注」。在「網路作為主力戰艦」上下重注，此其時也。包括航艦在內涉及廣泛載臺的網路，除將可穩固防禦之外，也能使攻勢行動有如風馳電掣般快速。

美海軍軍令部長李察遜(John Richardson)上將在其《維持海上優勢設計2.0版》(*Design for Maintaining Maritime Su-*

periority Version 2.0)中，使用了「網路化艦隊」(networked fleet)一詞，來稱呼此一相同構想。的確，網路是最適合美海軍新興的分散式殺傷力概念。⁴沒有比網路更分散的裝備，也沒有比武裝精良的網路化部隊更致命的武器。

教育的功能

網路化、群集，以及機器學習，都涉及強力的工具與高明的實踐，這都需要嫺熟的工程師、數學家、統計學家及其他能設計、建造，並提供維護的專業人士。

美海軍研究院為電腦科學學系學生提供了年度的「奪旗」(Capture the Flag)競賽，競賽中各團隊要設法入侵敵人網路，並在無人察覺的情況下竊取關鍵數據。幾乎所有攻擊都在最低層的網路協定和作業系統核心執行。若缺乏對這些技術的豐富知識，競賽團隊不可能獲勝，因為他們將遭受自己不懂之攻擊偷襲，且無法遏止。儘管他們可能有防禦工具協助其偵測並阻擋攻擊，但仍須做好現場開發新工具的準備。

備。

這同樣適用於從事網路化和機器學習技術的團隊。他們除了必須熟知其專業領域外，還須具備能快速建立全新防禦及攻擊戰略與手段的能力。

為了更妥善因應愈發自動化的艦隊，海軍教育應當著重電腦科學、資訊科學、網路化、機器學習、感測器數據獲得與分析，以及高等統計的技術。換句話說，就是人的深度學習。

人工智慧的未來

長期以來，為使部隊能在戰鬥的緊張局面下，以高度協調、類自動化的方式遂行作戰，軍方已投注無數精力進行訓練。現在，人工智慧的雄心，是要將洞見和類似人類的判斷，灌注到具有潛能的機器當中，一旦可靠度夠高了，就能在諸多戰鬥狀況中與人類搭檔合作。

以今日科技運用的狀態來看，人工智慧的目標——在機器中產生具人類品質的洞見——依舊遙不可及。但自動化和機器學習已經開始，尤其能在人機團隊中加以運用。

作者簡介

John Arquilla 和 Peter Denning均為美海軍研究院特聘教授和系主任。John Arquilla博士專精於國防分析，並著有許多軍事與安全事務方面的出版品。Peter Denning博士專精電腦科學，且在過去50年間編寫了許多影響重大的著作。

Reprint from *Proceedings* with permission.

註釋

1. 有份研究顯示，若讓專門閱讀路標的人工神經網路看到一幅有鳥糞濺在上面的停車標誌圖像時，會混淆地表示其看到的是速限標誌。那你如何能相信無法正確閱讀路標的無人駕駛汽車呢？
2. David Silver et al., “A General Reinforcement Learning Algorithm that Can Master Chess, Shogi, and Go through Self-Play,” *Science* 362, no. 6,419 (December 2018): 1,140–44.
3. VADM Arthur K. Cebrowski, USN, and John H. Garstka, “Network-Centric Warfare: Its Origin and Future,” U.S. Naval Institute *Proceedings* 124, no. 1 (January 1998).
4. See VADM Thomas Rowden, RADM Peter Gumataotao, and RADM Peter Fanta, USN, “Distributed Lethality,” U.S. Naval Institute *Proceedings* 141, no. 1 (January 2015).