

運用人工智慧技術導入 電腦兵棋系統之研究

空軍少校 周明政 陸軍上校 林于令

提 要

- 一、人工智慧技術蓬勃發展，相關應用領域廣泛，其技術應用於電腦兵棋系統可優化系統演算、網路雲端及輔助決策等功能，輔助指揮人員迅速擬定戰術和策略，未來期待系統功能具備更高的自主性和學習能力，可依戰局變化提出戰術和策略建議。
- 二、中共及美國亦將人工智慧技術運用於電腦兵棋系統，目前初始發展均藉由民間公司廣泛應用遊戲中，再轉型軍事、安全及監控等領域，並加強國際間的合作與競爭，持續推動人工智慧技術不斷發展。
- 三、本研究以美中發展為借鏡，檢視我國電腦兵棋發展現況，期能與研究機構、大學院校與民間企業共同研發，並籌辦競技比賽，俾推動產學合作、加強人才培養及鼓勵創新應用，使我國人工智慧電腦兵棋迅速發展與國際接軌。

關鍵詞：人工智慧、電腦兵棋系統、演算、網際網路、輔助決策

前 言

有鑑於兩岸局勢日趨嚴峻，我國勢必要加強建軍備戰，而軍事電腦兵棋模擬作業即是重要環節之一，它可用於模擬各種軍事場景，自任務層級的戰術行動，至戰役規模的戰略部署皆屬其範圍，可以較低之軍事成本執行演訓場景的模擬及分析，進而加強指揮官的用兵決策與參訓官兵的戰場覺知。在漢光演習整備階段，會針對當年預定科目先採用電腦兵棋進行推演，取得各種戰略和戰術選擇的評估結果，進入實兵階段後，再以實際軍事行動進行驗證，每年都會藉由上述的作業方式

取得相當豐碩的演習成果。

近年來人工智慧(Artificial Intelligence，以下簡稱AI)技術日漸成熟，且運用在多種商業領域，促使筆者反思可否運用AI技術以提高軍事電腦兵棋決策、模擬及訓練效能，進而發現AI有即時資料分析、自主學習及自動化決策支援等特性，將其導入電腦兵棋系統透過大量數據學習後，可即時分析和理解各種戰場資訊，進而預測未來戰場可能情勢，向指揮官提供更迅速且明智的決策建議。本研究藉瞭解AI技術應用暨未來發展趨勢，進一步探討將其導入電腦兵棋系統之利弊，並分析不同國家電腦兵棋系統之優

劣，據以提出策略建議，期可作為建軍規劃作業之參據。

人工智慧技術導入電腦兵棋之探討

隨著AI不斷進步，可廣泛結合各項國防軍事領域，傳統電腦兵棋系統將隨AI導入而優化，提高整體推演作業效能，大幅提升國軍聯合作戰能力。

一、各類型電腦兵棋系統簡介

國軍目前運用的電腦兵棋系統可分為「推演性」及「分析性」兩種類型。茲就其定義及類型摘述如後：

(一)推演性

推演性兵棋系統屬開放式模擬系統，現行國軍「漢光演習」所使用的兵棋系統為「聯合戰區模擬系統(Joint Theater Level Simulation, 以下簡稱JTLS)」即屬之。演習期間參演人員透過指揮與管制下達任務或執行參謀作業，由模擬系統反映出訓練效果。在對戰場景中，是允許指揮者採用各種戰術與作戰行動去對抗敵軍，參演者針對敵軍的作戰計畫和作戰行動作出反應，以完成角色任務，其主要目的在於「軍事決策訓練」。¹

推演性兵棋系統可區分為研討式、開放式、封閉式、分散式及複合式等五種不同類型，²各類型定義與用途為：

1.研討式：通常在教育培訓環境中使用，參與者通過研究和討論來解決問題，增進對軍事戰術和策略的理解能力。

2.開放式：在一個開放的環境中自由操作，可以自行擬定戰術和策略，有助於培養指揮者的決策能力和創造性思維。

3.封閉式：模擬各種戰場場景，讓參與人員可執行戰術推演、擬定作戰計畫和執行軍事訓練，以提高戰鬥效率和決策能力。

4.分散式：可在不同的地點同時參與，通過網路或其他通信技術進行連結，這種系統有助於不同地區或國家的軍事人員共同進行合作訓練。

5.複合式：結合了以上幾種類型的特點，具有多樣化的功能和應用場景，依據模擬需求可靈活調整和使用。

(二)分析性

分析性兵棋系統則屬封閉性模擬系統，現行國軍應用於「戰場研發」、「武器發展」及「戰術戰法」等模擬任務，所使用的兵棋系統為「分析性電腦兵棋系統(Distribution Wargame System, DWS)」即屬之，採用作戰研究的基本理論和方法，建立相應的作戰模擬、武器載臺模式和環境模式，利用電腦進行模擬仿真，評估作戰方案，尋找作戰方案的問題，研究作戰基本對策。³此類型置重點於模擬的準確

1 國防部，《國軍軍語辭典》，（國防部，2004年），頁7-17。

2 馬忻沂，〈異質性電腦兵棋系統整合之研究〉，《淡江大學資訊工程學系碩士班》，2005年，頁13-14。

3 龔義能、郝立仁、胡志偉，〈電腦兵棋參數蒐整與建立〉，《空軍學術雙月刊》，第616期(2010)，頁75-87。

性，反覆分析作戰方案並進行模擬推演，以取得貼近實務且可靠之模擬結果，並以隨機模擬所產生的統計數值，執行不同作戰方案與兵力配置之效益評估。

分析性兵棋系統可區分為合成化模擬戰場 (Synthetic Environment)、⁴實兵模擬(Live)、虛擬(Virtual)及建構式模擬(Constructive) 等四種不同類型，⁵分述如下：

1.合成化模擬環境：由先進電腦兵棋模擬技術所製作出之虛擬作戰環境，係以「分散式、互動方式」進行作戰之「共同模擬」環境；「分散式互動模擬」定義為：連接分散各地、性質不同之模式、模擬器及兵棋系統，使其不受空間分布及時差因素影響，能在「合成化模擬環境」的戰場中，以互動方式進行模擬作業。

2.實兵模擬：結合未來可能加入作戰任務之人員與實際武器裝備，擬定真實世界可能發生作戰情況，並執行對抗演練。

3.虛擬模擬：由人員操作模擬系統使人機置身於電腦虛擬作戰環境中，藉以訓練人員操控(如操控模擬機、模擬裝甲車等訓練)、決策(如火控系統使用時機)及通訊(指管通資情人員間訊息傳遞)等技巧。

4.建構式模擬：運用各種模式和模擬武器裝備系統能力，並依任務需求擬定作戰場景(如時序、空/陸/海各型武器系統部

署、兵力、目標、電戰、指管通資情)資料與武器裝備系統之性能參數，使用電腦系統進行交戰模擬，內部以模式交戰邏輯決定相關模擬輸出之結果，與實際人為操控無關。

(三)小結

現代戰爭的破壞力極大，且部分國家無實戰經驗，使得各國軍隊很難透過實戰學習作戰技巧，因此「推演性」及「分析性」兵棋成為現代軍事研究中重要方法之一。利用電腦兵棋系統進行推演和分析，已成為掌握戰爭趨勢，需選擇適當的工具進行模擬，才能獲得科學、量化、客觀、合理的分析結果。電腦兵棋無法預測未來，但可以對已知敵情武器參數下的未來戰場狀況，進行模擬推演和統計分析，獲得關鍵資訊，並提供重要決策的參考。因此不同的模式及兵棋系統，並區分不同的屬性及其層級(如表1)，方足以滿足各種評估分析工作的需求。

特別是對於我國面臨中共嚴峻威脅，運用電腦兵棋中的判斷準則，針對多種戰術及多重場景的矩陣態勢執行推演與分析，探究敵我雙方的優勢和劣勢，研究如何發展「避其鋒，擊其弱」的作戰策略，以期取得「多算勝」的結果。

二、人工智慧優化電腦兵棋面向探討

美國國家AI安全委員會提出「與人

4 《國家中山科學研究院》，<https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=36&catalog=25>，(檢索日期：民國112年11月6日)。

5 Colonel Lalit K. Piplani et al., Systems Acquisition Manager's Guide for the use of Models and Simulations (Defense System Management College,1994),pp.4-2~4.

表1 兵棋系統各層級表

模式階層	分析範疇	細膩度	輸出參數	分析目的
系統階層	單一武器或武器次系統	精細到系統元件甚至到物理現象	武器系統效能、系統元件性能	武器系統設計、系統性能評估、支援測試與驗證
交戰階層	敵我雙方各有數件武器系統	個別武器性能，但對大型武器而言，可到次系統（如雷達）性能	武器系統作戰效益（獵殺率、戰損比……等）	武器性能規則研擬、戰術戰法研究、支援測試與驗證
任務階層	多武器系統區域性大規模作戰	初步使用集體作戰，運用裁判參數庫、對大型武器而言，有時模擬單一武器	區域攻防效益、任務達成率、戰損止	兵力部署分析、區域軍力／武器系統、需求研究、區域兵棋運用分析
戰役階層	三軍聯合作戰	使用集體作戰（空軍如中隊、陸軍如師、旅、團），並且大量使用裁判資料庫	軍力投入／衰減疆界移動變化	兵力結構分析、戰略戰術運用、軍力平衡時間研究、兵棋推演

資料來源：自行整理。

類相比，機器擁有更快速高效的觀察、決策和行動能力，在任何一個領域都能提供改變世界的競爭優勢」。⁶AI系統不僅可以將兵棋推演流程自動化，提高作業效率，它們還可促使「人」和「機器」能夠以新穎的方式協同工作。AI的崛起為兵棋推演帶來了前所未有的機遇，也將使兵棋推演領域產生顛覆性的變化。兵棋的發展脈絡依序為人工兵棋、電腦兵棋、建模仿真、AI博弈，自從1958年美國海軍成功研製第一款電腦兵棋「NEWS」，開啟了電腦兵棋的時代，兵棋由地圖(棋盤)、推演棋子(運算元)和決策規則(推演

規則)三大基本要素組成，⁷透過資訊技術實現以電腦為平臺之兵棋推演系統，並加強人工兵棋各方面不足之處，使兵棋推演操作簡單化，亦具有高擬真度。此類模擬推演具有比傳統作戰推演手段更高的科學精確性，可充分發揮決策者、指揮官

的智慧主導作用，也能透過C4ISR系統參與部隊行動或聯繫互動，將預演戰爭、虛擬作戰透過科技擬真實現。

軍事仿真推演可以透過多次訓練和評估，以提高指揮官能力水準，其中對手行為的模擬十分重要，紅軍指揮官只和逼真且強大的對手對抗訓練，才能達到訓練效果。此方面最成功的案例是美國辛辛那提大學建立了空戰AI人機對抗系統(ALPHA)，擊敗了美國空軍飛行員李上校，拉開了無人裝備對抗有人裝備的序幕。空戰ALPHA系統主要採用了遺傳模糊的自主演化決策邏輯，能躲避攻擊協調

6 《美國國家人工智慧安全委員會報告AI政策研析》，〈<https://mic.iii.org.tw/aisp/ReportS?docid=CDOC20210415007>〉，（檢索日期：2023年12月8日）。

7 〈兵棋推演：用棋盤博弈歷練未來勝戰本領〉，《每日頭條》，2017年10月16日，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/lxyxxx2.html>〉（檢索日期：2023年12月8日）。

隊友、觀察學習敵人等，空戰決策速度方面比人類快了250倍。⁸兵棋推演是利用兵棋進行模擬戰爭活動的平臺，軍事指揮官使用代表環境和軍事力量的棋盤和棋子，根據軍事規則和概率論原理，模擬戰爭對抗，對作戰方案進行推演和優化。廣義上傳統的電腦兵棋對戰，大多以人與人之間的對抗與仲裁為基礎，現在的AI電腦兵棋也可稱為博弈兵棋，是以人機對抗為主，⁹仲裁也從人轉變成機器判讀。在現行AI電腦兵棋相關學術論文及期刊均以棋類遊戲、撲克牌遊戲及星海爭霸遊戲為例，AI機器在不同領域皆已超過了該領域的人類頂尖選手，¹⁰顯示AI在認知決策方面的鮮明特點。以下針對人工智慧技術優化電腦兵棋系統之面向，分別探討之。

(一)演算功能優化

根據任務或遊戲的差異以不同演算法進行建模，理論基礎涵蓋賽局理論和機器學習等兩大領域，可分為完整資訊賽

局、不完整資訊賽局和複雜環境下的不完整資訊賽局三類。¹¹

1.完整資訊賽局：是AI人機對抗研究的起點，主要應用Minimax演算法、深度神經網路、蒙地卡羅樹搜尋和自我博弈等技術，¹²透過模擬環境的運算結果，取代預估函數的結果估計。這類研究主要以棋類遊戲為實驗對象，因為棋類遊戲遵循簡單而清晰的規則，具有明確的勝負判定條件和行動準則。

2.不完整資訊賽局：遊戲中玩家往往面臨資訊不對稱的情況，因為無法完全觀測到自己所處的狀態，為了解決這個問題，可以引用賽局理論之「納許均衡(Nash Equilibrium)」。¹³然而，當面對規模龐大的競賽樹時，通常會使用賽局抽象來壓縮競賽樹的大小，這就是撲克機器人Libratus¹³和AlphaGo Zero¹⁴所採用的方法。此方法主要應用於選擇牌類遊戲(如德州撲克、麻將)，因為前述遊戲更具挑

8 張可、郝文字、余曉晗，〈基於遺傳模糊系統的兵棋推演關鍵點推理方法〉，《系統工程與電子技術》，第四十二卷第十期，2020，頁2303-2311。

9 尹奇躍、趙美靜、倪晚成、張俊格、黃凱奇，〈兵棋推演的智能決策與挑戰〉，《自動化學報》，第四十九卷第五期，2023年，頁914。

10 程愷、陳剛、余曉晗、劉滿、邵天浩，〈知識牽引與數據驅動的兵棋AI設計及關鍵技術〉，《系統工程與電子技術》，第四十三卷第十期，2021年，頁2921。

11 Ganzfried S, Sandholm T, "Game theory-based opponent modeling in large imperfect-information games", AAMAS '11: The 10th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 2, May 2011, pp.533-540.

12 周雷、尹奇躍、黃凱奇，〈人機對抗中的博弈學習方法〉，《計算機學報》，第四十三卷第十期，2021年，頁15。

13 同註12，頁11。

14 Silver D, Schrittwieser J, Simonyan K, et al, "Mastering the game of Go without human knowledge", Nature, 2017, pp.354-359.

戰性，具有更多隱藏的空間，故將無法區分的遊戲狀態稱為一個資訊集合，並使用資訊數目和平均大小來衡量不完整資訊賽局遊戲的難度。

3.在複雜環境下的不完整資訊賽局：面臨著巨大的搜索空間、強烈的不確定性和即時的對抗，為了應付這些挑戰，採用深度學習(Deep Learn)和強化學習(Reinforcement Learning)互相結合的AI自主學習方法，同時還發展出了多AI強化、分層強化和深度強化學習等技術。這些方法在多人線上戰術競技遊戲中得到了廣泛運用，成為測試和檢驗AI在複雜決策、行動、協作和預測能力方面的重要平臺，如世紀帝國和星海爭霸等遊戲都是這方面的典型代表。

AI技術可以優化電腦兵棋系統之演算能力，尤以面對複雜環境之不完整資訊，其將AI自主學習技術運用到電腦兵棋中，¹⁵進而應用於指揮官(決策者)之觀察(Observe)、判斷(Orient)、決策(Decide)和執行(Act)，實屬關鍵。¹⁶

(二)網路平臺優化

一般電腦兵棋在系統平臺上屬封閉式系統，只能在獨立網路或者獨立場地進行推演，然而後續導入AI功能後，整體架構截然不同，可以透過網路瀏覽器連結

伺服器的方式來進行AI電腦兵棋推演作業，並讓參與者可以透過網路平臺進行「人與人對抗」、「機與機對抗」、「人與機對抗」甚至「人與機混合對抗」等四種模式連線對抗功能。¹⁷此類平臺讓訓練者可以單獨推演，也可以透過平臺的多人方式進行推演。藉此，平臺可累積對抗樣本數據，以解決實際作戰樣本數據不足問題，同時還可以對一些創新戰法與思考實施仿真推演與評估，依據評估結果檢驗新思路，改進新式戰術戰法。賽局試驗的導演方可任意設定對抗場景和對抗規則，主導試驗過程、創新戰爭研究與作戰方式。透過網路平臺可優化傳統仿真推演系統，以最大可能地模擬敵方可能做出的行為決策，提高仿真推演水準。

(三)決策輔助優化

現代戰爭環境特色為複雜、動態、多變，戰場資訊變得多元、異質，而指揮官的認知能力有限，迫切需要人機對抗AI技術的輔助以提升決策水平。AI電腦兵棋可提供多種任務、想定及不同的訓練場景，運用深度強化學習與環境交互試驗的學習機制，能夠提供更高品質的決策建議。尤其是當戰場環境忽然改變時，人機對抗AI技術能夠通過不確定性認知等，給出臨機處置建議。

15 胡曉峰、賀筱媛、陶九陽，〈AlphaGo的突破與兵棋推演的挑戰〉，《科技報導》，2017年，頁51-62。

16 Martin Revay, Miroslav Liska. "OODA loop in command&control systems". Communication and Information Technologies, 2017, pp.2-4.

17 Tang Yu-Bo, Shen Bi-Long, Shi Lei, Yi Xing, " Research on the issues of next generation wargame system model engine", Journal of System Simulation, (2021), pp.2025~2036.

美軍2016年啟用的「指揮官虛擬參謀(Commander's Virtual Staff)」就是提升輔助決策能力的軍事AI系統代表，它依託人機對抗AI技術達成規劃、準備、行動到過程回顧等全流程的決策輔助功能，主要應用於戰術決策。AI的內在邏輯和演算法基礎有助於生成更高品質的策略，在兵棋推演中，AI甚至能夠媲美一名經驗豐富的顧問，為人類提供精準、高效的決策建議。而大量的訓練數據為AI決策提供了大型樣本庫，相較於一般經驗水準的參與者，AI在進行決策時具備顯著「量」之優勢，此一優勢促使AI生成策略之可用性更高。

(四)小結

AI電腦兵棋藉由自主性與學習能力，處於不斷交戰模擬學習得出更好的作戰決策，提供更仿真作戰反應來訓練作戰人員，使參與者可立即擬訂相關戰術及策略，決策輔助功能能夠節省參與者的時間和精力，從而推演聚焦於關鍵作戰問題。然而，不恰當的設計卻會導致AI參與決策程度過高，美國兵棋推演大師彼得波拉在其著作《兵棋推演藝術》提及，只有當參與者做出決定並必須處理後果時，兵棋推演的效果才能達到最好。¹⁸意即若缺乏限制機制，參與者決策時可能會過於依賴

AI的輔助，導致參與者將做出決定並處理後果的權限轉移給機器，這樣難以達到兵棋推演訓練決策者的目的，亦無法確切地模擬現實中的決策壓力，進而影響推演之效果。

人工智慧電腦兵棋實務研析

在現今深度學習時代，電腦兵棋系統的演進已經超越了人們的想像。這些系統不僅能夠與人類進行激烈的對戰，還能夠透過深度學習技術不斷自我學習。本研究藉由電腦兵棋系統的實例探討，期可窺知相關領域的演進過程，並探討不同層級的發展現況。然而中共「戰顧系統」¹⁹及美國AI電腦兵棋對外開放資料甚少，且涉及機敏資料，本研究相關文獻均藉由研究機構、大學及民間企業獲得，從中得知市場競爭機制對民間版電腦兵棋具有去蕪存菁之效果，可將其開發的「商用電腦兵棋」轉換成「專業軍事訓練」之輔助工具。²⁰是故本研究以現今AI導入電腦兵棋遊戲為例，說明中共及美國各自運用之「墨子：未來指揮官」及「指揮：現代作戰(Command: Modern Operations，以下簡稱 CMO)」²¹等2款兵棋系統之作為研析標的。

一、中共電腦兵棋系統實例探討

18 《電子發燒友》，〈<https://m.elecfans.com/article/2365442.html>〉，(檢索日期：2024年1月15日)。

19 《新唐人大視野》，〈<https://www.ntdvtv.com/b5/2023/07/18/a103750890.html>〉，(檢索日期：2024年1月15日)。

20 謝沛學，〈美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉，《國防科技趨勢評估報告》，2023年，頁105。

21 於下頁。

中共近年積極發展AI電腦兵棋技術，中國電子科學研究院於2019年發布了AI對抗仿真環境-「多智能體戰鬥競技場(Multi-agent Combat Arena, MaCA)」，是中共第一個可模擬軍事作戰的輕量級AI對抗與訓練平臺，基於此平臺發展了AI對抗賽，推動人機對抗AI在軍事上的應用研究。另中國指揮與控制學會已舉辦6屆全國兵棋推演大賽，其中2019年比賽使用的AI兵棋-「戰顛系統」，是由國防科技大學系統工程學院研製，人機對抗智能技術從實驗室走向實踐應用，惟前述電腦兵棋技術均無公開研究資料可供研討，故本研究以中共每年舉辦「全國兵棋推演大賽」中，所使用之開放式電腦兵棋軟體-「墨子：未來指揮官」作為研討標的。

(一)兵棋軟體運用範疇

「中國國家國防教育辦公室」與「中國指揮與控制學會」每年舉辦「全國兵棋推演大賽」，賽事運用中共自行研發的「墨子：未來指揮官」電腦兵棋軟體，並採取「人機對抗」的模式，參賽者為全國的大專院校學生，以進行年度電腦兵棋對抗大賽。²²這套軟體不僅提供兵棋競賽，更可以運用在新型作戰概念研究、作戰／演習方案評估、智慧藍軍研究、戰法創新與驗證、指揮員謀略訓練、裝備作戰

運用研究等面向，並聲稱已獲得國防軍工企業、軍隊科研單位與軍事院校的認同與採用。²³此類型之兵棋系統，主要涉及整個戰爭或較大規模的作戰行動，可評估作戰行動的整體趨勢及結果。

(二)兵棋遊戲運用層級

接續針對這款「墨子：未來指揮官」兵棋系統進行研討，在前章節有說明AI電腦兵棋，它是一款覆蓋陸、海、空、火、天、電全方位聯合作戰的推演系統，既支援原先擬定任務場景，亦可在執行場景中對兵力進行修調。在系統層級中定位為任務級及戰役級，屬開放性推演性質，可透過網際網路進行模擬對抗，主要用於團體對抗，提供想定場景及分享建立場景，累積大量數據，並建立資料庫，讓系統選擇最優化路徑及決策；而封閉式推演系統則供軍方使用，主要執行作戰方案評估及戰術戰法研究。

系統可採用作戰策劃的角度進行任務分析、地形分析、兵力對比、對手行為估計、作戰部署演算法，以及針對作戰管理的態勢認知與預測演算法、作戰決策和作戰計畫自動生成演算法，同步提升賽局對抗與及時調整能力。隨著賽局對抗規模的擴展，對抗空間呈現指數級增長，多兵種協同作戰與環境因素的問題浮現，因此

21 《WarGame》，〈<https://www.wargamer.com/command-modern-operations/review>〉，(檢索日期：2024年1月15日)。

22 〈這場全國大賽為何在黃山舉辦？市長孫勇用「四色」給出答案〉，《kknews每日頭條》，2022年11月26日，〈<https://kknews.cc/zh-tw/news/rkrmplr.html>〉(檢索日期：2024年1月17日)。

23 《華戎防務》，〈<http://www.hs-denfense.com/nd.jsp?d=1>〉，(檢索日期：2024年2月6日)。

系統具有快速變化和迅速反應等複雜特性，解析計算和隨機逼近最佳策略都存在巨大挑戰，人機對抗需要提出對手行為資料建模方式和賽局策略，以不斷提升對抗能力。

(三)網際網路架構平臺

首先，進入兵棋系統前要先到網站選擇想要的推演模式，平臺可適用於不同版本之作業系統(Windows/Linux)，²⁴並透過網頁入口選擇墨子AI軟體開發包、通信與控制方式及Python開發環境(如圖1)，推演系統可在玩家操作過程累積數據及參數，並傳輸至資料庫；系統研究平台可分為開發環境及資料庫，開發人員可經由

Python客製化系統模組或功能，此程式語言可分析資料庫中的數據及參數，並透過網路以 HTTP 協定請求與參與者互動。

在Windows系統主要應用於網路上玩家的自主對抗，另Linux系統主要用於軍事AI分布式集體訓練，推演系統開發AI平臺軟體開發包，用途是提供各類函數交互行為，實現墨子系統和AI處理系統間參數和指令戰果推演，執行決策參數和評價指標的深度強化學習。²⁵

(四)電腦兵棋系統功能

1.系統組成：區分為用戶端、資料庫、場景規劃及系統平臺(如圖2)，進入推演系統平臺時，可以選擇對抗推演室，

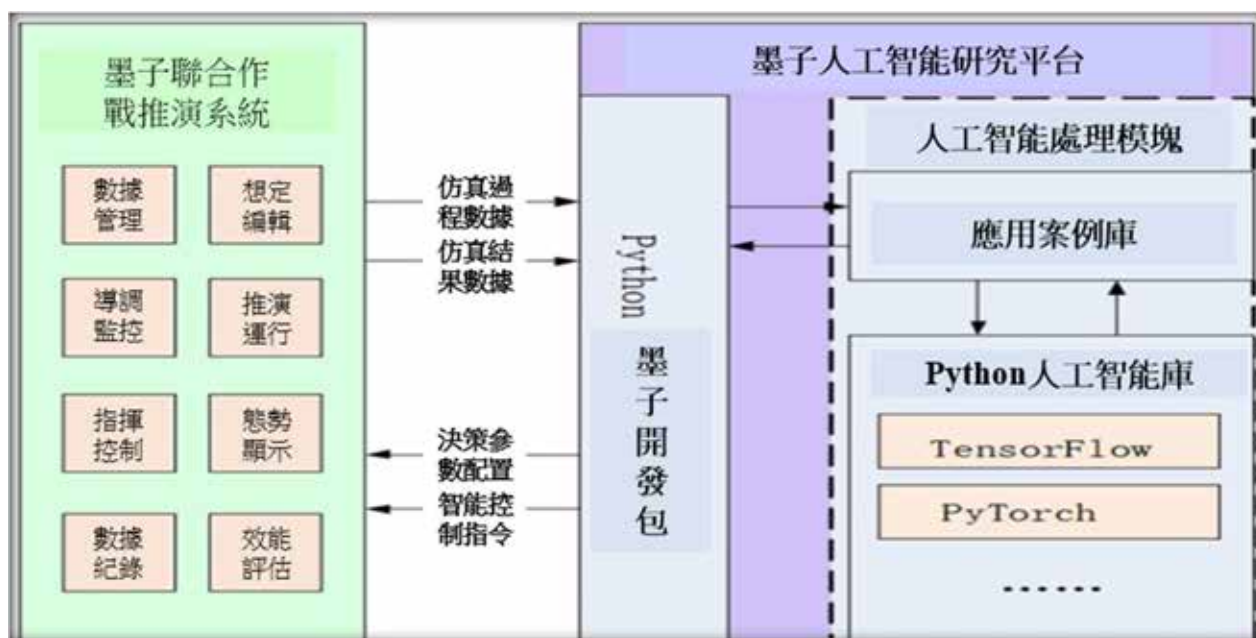


圖1 墨子AI研究平臺總體架構

資料來源：同註25。

24 同註23。

25 〈墨子AI開源項目發布〉，《華戎防務》，2022年4月25日，〈<http://www.hs-denfense.com/nd.jsp?d=1>〉，(檢索日期：2024年2月6日)。

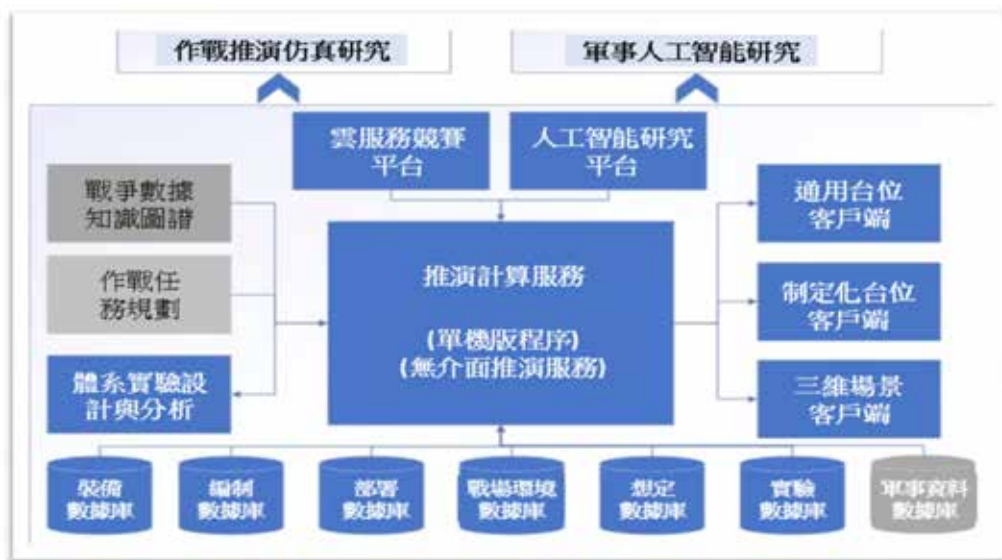


圖2 系統組成

資料來源：同註10。

為推演人員提供預約推演、聊天室、對抗推演管理、資源管理分配等功能，進而使不同區域研究人員之間展開「人、人」或「人、機」推演研究及對抗推演。²⁶

2.系統模組：具備完整的各裝備及作戰模型(陸軍、海軍、空軍、火箭軍、支援部隊等多兵種)，且載臺類型涵蓋水面船艦、水下艦艇、飛行載具、衛星、雷達、機場、導彈及防空部隊等現代戰爭中可能涉及到的武器載臺，以及相關的民用載臺(商船、漁船及民用飛機等)。系統平臺上亦有環境模組，可透由氣壓、溫度、濕度等大氣參數計算，以及雲霧、降雨、海況等大氣環境模擬對作戰帶來的影響。例如在海洋環境模組方面，包括溫躍層的頂部、底部、厚度及強度計算，匯聚區的

間隔和寬度計算以及生成判斷，並考慮了海底地質、海水深度等水聲探測和聲納器材使用帶來的影響。

3.系統任務：具有武器裝備、作戰部署、部隊編隊、防空識別區域及影像等大量參數資料庫，相關參數均

由維基百科、軍事周刊、美國戰略和預算評估中心等管道獲得，透由這些數值可更精確模擬現實情況；另因系統採開放性推演，可透過網際網路進行模擬對抗，也可讓一般民眾分享作戰任務、作戰規則、兵力運用及規則建置等想定場景(含大量戰果仲裁)。

(五)電腦兵棋決策輔助

系統會顯示地理訊息、軍事地點、作戰編組、威力範圍、交戰關係、任務圖元訊息、作戰單元訊息及感知目標等作戰態勢的顯示，平臺也可透過TacView進行三維顯示，可觀看整個戰場，並分析超視距戰鬥或纏鬥，清楚記錄軌跡、速度和相對位置，易於展示推演、解釋場景和理解可精進之處。綜上內容，AI電腦兵棋可

26 同註25。

區分為「知識推理型兵棋」及「數據學習型兵棋」，知識推理型兵棋透過專業指揮人員編輯，將軍事多年經驗及作戰規則等訊息，由知識轉化成可識別資料庫，將固定規則先行建置完畢，提供AI電腦兵棋當作決策的依據；而數據學習型兵棋是透由大數據及不同環境交互作用，依蒐集到的想定場景及相關武器裝備之參數數據，利用深度學習、強化學習等電腦運算方式，不斷學習而得到精進之決策。²⁷

二、美國電腦兵棋系統實例探討

本研究以美軍AI電腦兵棋-「指揮：現代作戰 (Command: Modern Operations, 以下簡稱CMO)」為探討標的，摘述如下。

(一)兵棋軟體運用範疇

兵棋軟體大多源自於商用電腦遊戲，一般消費者仍然是主要目標客戶群，因此會同時開發一般人民使用的「商業版」及國防軍事產業所使用的「專業版」。而軍、民版本共享相同的架構，有利於進行作戰分析、兵棋推演和訓練未來部隊等方面運用，因此美國、英國、德國及澳洲等國家之國防機構均廣泛採用軍用專業版。²⁸軍用專業版開放了許多高階功能，例如使用「蒙特卡羅法」進行多次隨機模擬分析以評估風險運作；整合地理圖資更新作戰場景，並提供世界上所有國家

的裝備、兵力部署及作戰規則等資料，以及支援戰役、戰術級推演和作戰畫面，協助人員在短時間內掌握上述重要資訊。²⁹

使用軍民通用軟體最大好處在於整合民間軍事分析能量，相同的功能架構可將商業版玩家操作行為回饋伺服器當作參數提供軍用版資料訓練用途，有效改進系統不足之處。另在擬真的情境下，除了官方論壇，網路上還有許多軍事研究群組供玩家分享和討論彼此設計的作戰想定劇本，以達學習和分析目的，群組中不乏知名的軍事研究部落客和軍事新聞記者，推演想定劇本可從文人角度出發，為軍方提供有價值的作戰推演參考。

(二)兵棋遊戲功能介紹

CMO具備模擬陸、海、空、水下、電子戰等多領域聯合作戰的功能，進行「接戰層級」到「戰役層級」之作戰推演，是一款高度仿真的戰略模擬遊戲，它模擬現代戰爭中的各種作戰情境，在系統層級定位為任務級至戰役級，屬開放性推演性質，主要可藉由地圖編輯器、現實戰略、多種單位、武器系統、情報蒐集、戰役和任務編輯器等功能。³⁰

商業版軟體主要目的是讓玩家體驗現代戰爭的模擬和策略，注重於娛樂性和玩家體驗，通過多種遊戲模式、地圖編輯器和多人遊戲功能，讓玩家能夠自由創造

27 同註5，頁2912。

28 《戰爭藝術論壇》，〈<https://www.toaw.net/t/topic/2054>〉，(檢索日期：2024年2月15日)。

29 謝沛學，〈從遊戲到實戰：商用兵棋軟體如何協助軍事分析與訓練〉，《國家安全雙週報》，2020年，頁44。

30 《戰爭藝術論壇》，〈<https://www.toaw.net/t/topic/2054>〉，(檢索日期：2024年2月15日)。

和享受遊戲世界。同時，商業版也提供了AI對手和單人遊戲模式，讓玩家可以挑戰自己的策略能力，提高遊戲技巧。而專業版的主要目的則為專業的軍事模擬工具，用於軍事教育、訓練和分析，注重模擬現實世界的戰爭情境和戰術操作，並提供更多專業的功能和工具，以滿足軍事專業人士軍事教育和實戰模擬的需求，內容通常會包含更多的戰場場景、更精細的兵種和武器模型，以及更多的數據分析和評估功能。

(三)網際網路架構平臺

CMO兵棋遊戲的網路架構可分伺服器／客戶端，它採用分布式伺服器架構，意味著伺服器端可分為數個不同的模組，每個模組負責不同的功能，例如戰鬥模擬、地圖生成及AI計算等。在此種架構下，客戶端會向伺服器端發送請求，伺服器端會根據請求進行對應的處理，然後將結果返回給客戶端。此架構可以有效地實現多人遊戲和線上遊戲，同時保證遊戲的穩定性和流暢性。「軍規」模擬軟體則不包含多人連線對戰的設計，亦未開放一般民眾使用，以防相關軍事數據洩露。然而，這項「優勢」未來卻可能成為「軍規」模擬軟體的「劣勢」，反致增加「商規」兵棋軟體的市場利基。由於巨量資料是AI的基礎，「軍規」模擬軟體的封閉性不利於資料蒐集，但以現行技術及開放參與的方式，蒐集各種對戰數據與想定資料，可降低匯入「軍規」資料庫中之限制

性。³¹

(四)兵棋遊戲功能

系統組成上區分為客戶端／伺服器、資料庫、場景規劃及平臺方式，須藉由Steam平臺進入CMO系統，其後可選擇敘利亞戰爭、英國脫歐、中國南海、俄烏戰爭及印巴戰爭等歷史戰例場景。在系統內可藉由使用者介面操控航線規劃、編隊、彈藥庫、感測器、武器及艦艇等載臺介面，另外可先行設定規則及命令，且此系統已設定主要作戰場景，玩家可自行選擇不同時期想定，利用想定編輯器設定陣營(如AI電腦或線上玩家)、腳本及參數進行模擬對抗。

系統內以任務及作戰為主軸，兩者皆可運用AI控制分配平臺上的任務，各種任務類型(轉場、支援、巡邏、打擊、佈雷、掃雷及貨運)可設定規則及命令；另外作戰涉及幾個基本因素，首先必須偵測到對手，才有攻擊對手的機會，故可分為感測器(雷達、電子支援、聲納和光學感測器)、武器及戰鬥(空戰、海戰、潛艇作戰、水雷戰、陸戰和電子戰等)多樣功能，可使玩家依照自行想法建置屬於自己的想定場景，並進行模擬對抗。

(五)電腦兵棋決策輔助

此外，CMO遊戲中TacView是一個重要輔助工具，主要提供戰場觀察、路徑規劃、情報共享及戰後分析等展示功能，可以記錄和保存戰鬥過程的數據，玩家可以在戰後進行分析和回放，有助於玩家總

31 同註29，頁46。

結經驗教訓，找出改進的空間，並提高指揮和戰術技巧。³²透由資訊控制面板可得知遊戲中單位的指派、目標的設定、火力支援的要求等訊息，並可即時控制和指揮部隊，另可藉由AI根據遊戲中情況和條件，分析和評估不同的選擇，以做出相應戰術和戰略決策建議，玩家可依這些建議作最後的決策。

三、小結

綜合上述，將AI功能結合電腦兵棋模擬作業，不只可以發展輔助決策系統，還能用來分析敵我雙方的缺點，因為電腦的快速運算能力，能同時處理極多的資訊，這是傳統人腦所無法負荷的。中共及美國在AI電腦兵棋皆直接從民間企業採購「商用現貨」電腦兵棋軟體，將民用版傳回伺服器的參數回饋軍用專業版，累積大量數據用來分析各種情報，再結合電腦兵棋系統，訓練戰場輔助決策系統，大幅減輕了指揮官與作戰幕僚的工作量，亦可

減少國防研發經費支出。

然而，兩國之間演算法、機器學習、深度強化學習、深度神經網路、蒙地卡羅樹搜索及自動化決策支援電腦兵棋等AI技術均相同，但最大差異在於系統階層，中共「墨子：未來指揮官」已可由工程階層自行編撰程式語言和維護，客製化產生相關規則與事件，而美國CMO則需透由遊戲公司溝通協調進行新功能研發；另美國實戰經驗甚多，可將實際蒐集參數建置於資料庫中，使模擬系統更貼近於現實戰場環境，其戰場即時分析及決策更加可靠(差異比較如表2)。

我國現況分析與策略建議

本章以「聯合戰區模擬系統(Joint Theater Level Simulation, JTLS)」和「分析性電腦兵棋系統(Distribution War Game System, DWS)」兩套系統為例，說明我國電腦兵棋系統現況，並進行優劣分析，據

表2 美國與中共AI電腦兵棋差異

項目	美國	中共
系統類別	開放式	開放式
系統階層	戰役、接戰、任務	戰役、接戰、任務、工程
系統平臺	網際網路	網際網路
模擬對抗模式	民間：透過網際網路方式 軍方：透由區域網路	民間：透過網際網路方式 軍方：透由區域網路
推演方式	即推即演，可即時改變作戰場景	即推即演，可即時改變作戰場景
推演速度	快	快
決策方式	實戰經驗、知識推理型兵棋及數據學習型兵棋	知識推理型兵棋及數據學習型兵棋

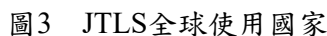
資料來源：自行整理

32 《知乎網》，<<https://zhuanlan.zhihu.com/p/84544887>>，(檢索日期：2024年2月16日)。

(一)聯合戰區模擬系統

目前系統可相容Red Hat Linux和Windows作業系統，主要系統架構為想定準備工具、系統設置和初始化程式、作戰活動程式、網路服務、參演方介接程式、想定輔助工具等核心

程式。除上述主要程式外，系統亦提供空中任務輔助工具、戰爭功能模組、事件驅動模擬程式、模擬編程語言等較小的輔助程式，以利使用者操作。³⁴該系統可模擬多國間戰區級軍事聯合作戰行動，主要通過兵力控制、地面作戰、空中作戰、海上作戰、後勤保障及指揮、控制、通信和情報等作戰模擬功能(如圖4)，³⁵使地面、空中、海上、特種作戰、後情與情報等軍事推演行動順利，另模組功能需建立單元、武器、載具等參數，儲存於資料庫中供系統使用。系統除模擬軍事行動用途外，同時還可運用於「非戰爭軍事行動」、公共安全和災難預演、地震預防、洪水和風災等防災計畫。³⁶



資料來源：《知乎網》，〈https://pic4.zhimg.com/v2-93a8cc93434e60bd95aa32fe49c27763_b.jpg〉，（檢索日期：2024年2月18日）。

35 常非，〈美軍主要推演和仿真系統模型體系與建模機制研究〉，《軍事運籌與系統工程》，第二十九卷第二期，2015年，頁78。

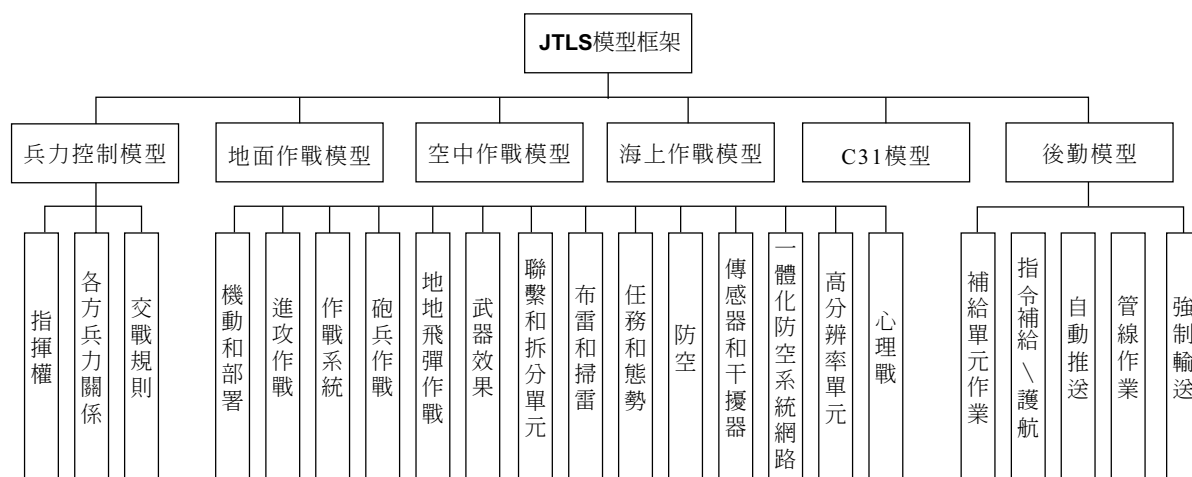


圖4 JTLS作戰模擬功能

資料來源：同註35，頁78。

(二)分析性電腦兵棋系統

我國空軍目前所使用的電腦兵棋系統為DWS，定位為任務層級使用，屬封閉性推演，以美國兵棋程式(Flexible Analysis Modeling and Exercise System)為分析核心，透過封閉式網路進行模擬對抗，結合空軍作戰需求，客製化防空作戰模組而成。另可支援海軍作戰模擬環境，主要用於模擬操演動態、航線計畫、航線評估、地障分析及戰術戰法為主，本系統以空軍戰管聯隊空中管制中心(Air Control Center, ACC)之指管體系為架構，配合空軍防空作戰議題與實際作戰任務之計畫作為。³⁷

該系統可分為認知模式、行為模式、裝備模式等三大模式，認知模式主要

模擬人的決策過程，使單元能夠儲存、處理來自其他單元訊息並做出決策，可付諸於單元上的裝備載臺，裝備模式主要模擬單元中各類裝備的功能特性，並與其他不同類型裝備模擬對抗場景，主要可分為通訊裝備、彈藥、資料處理器、干擾器、載臺、次系統、偵測器及武器系統等八個子類別(如圖5)。³⁸

系統具備高彈性、多變化及可快速設定之作戰想定編輯功能，讓使用者可依需求自行設計作戰場景。模擬期間可由系統指派各工作站之角色(如地面／空中指管及飛行人員等)，容許參演人員依專業分工切入各工作站崗位(Man-In-Loop)進行作戰模擬，或可逕自交由電腦直接完成交戰模擬。相關輸出結果可提供推演指揮

36 〈聯合作戰模擬訓練系統-美軍聯合戰區級模擬系統(JTLS)發展綜述〉，《軍橋網》，2018年10月16日，〈<https://read01.com/Rn3Q8KP.html>〉〈檢索日期：2023年2月28日〉。

37 同註35，頁78-79。

38 同註35，頁79。

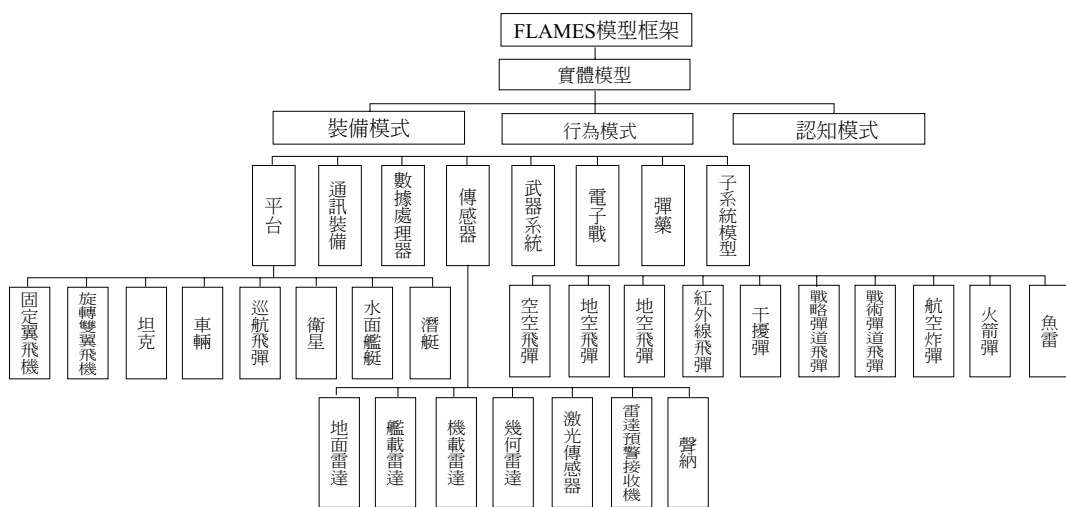


圖5 DWS系統裝備模式架構

資料來源：同註35，頁79。

(以JTLS及DWS為例)，與他國AI電腦兵棋系統相比仍有不足之處，雖以多套系統執行不同階層模擬推演，但現今一套AI電腦兵棋系統即可執行

官與各階層作業參謀，並使其了解不同指揮管制作為與接戰準則可能產生之戰果，共同研擬具體之制敵作為，並輔以實兵驗證，期能滿足作戰想定發展、戰術戰法研究及任務評估等需求。

二、電腦兵棋優劣分析

綜合前章所述，美國與中共在AI電腦兵棋發展上已有明顯成效，將其與我國現用之電腦兵棋相比，優劣分析結論如下：

(一)系統階層

美國與中共在AI電腦兵棋技術發展及運用已有顯著成效，兩國之兵棋系統階層及功能大致相同，中共因握有兵棋系統程式碼，可由軍方自主編撰程式碼開發相關規則與事件，具有自行研發、測試與維護之能力，優於美國須委外開發以獲得所需功能。

而我國雖有不同層級電腦兵棋系統

不同層級模擬對抗，故無法於他國AI兵棋系統相比。且我國未與產業或學界合作，若無法導入AI功能，只能以不同層級先行擬定不同場景及計畫，主要系統依舊以傳統電腦兵棋形式採人人對抗為主。

(二)對抗模式

美、中兩國均由民間企業先行研發開放給一般玩家使用，後續再行開發「專業版」或「軍規版」轉售軍方使用，玩家透由競賽或興趣回饋意見及參數，並利用開放式網路連接之特性，建立大量數據資料庫，為後續轉用於軍方之根據；另軍方透過兵棋推演、實驗、訓練和演習，以評估可行性、可用性、有效性和穩健性。

我國系統目前採用封閉式系統並僅供軍方使用，透由軍方內部區域網路進行兵棋推演、實驗、訓練和演習，限縮資料庫樣本數，無法有效累積大數據參數，須花費更多時間與人力來擴充資料庫，且樣

本數短少的問題，將無法有效支援系統決策功能。

(三)決策方式

美國在過去的戰爭和軍事行動中累積了豐富的實戰經驗，這些經驗可用來驗證和優化AI電腦兵棋系統的戰術和決策能力，透過系統可模擬真實戰場情境，提高可靠性和實用性，因此，針對實戰經驗部分相較於其他國是較有優勢之處；另AI輔助功能可加快處理決策速度，並使用多種學習法，使決策流程更貼近於現實場景，另DWS系統內有認知模式可讓電腦依據寫入的腳本及接戰準則，模擬人類判斷戰場態勢與決策之作為，猶如中共電腦兵棋AI作戰規則，評估本國DWS系統最有機會導入AI，故須儘快訂定發展方針並實踐，以擺脫落後局面。

三、精進策略建議

(一)建立網際網路平台，以利數據決策蒐整

綜觀美國與中共AI電腦兵棋系統之發展趨勢，皆以雲端運算架構為基礎的模擬演訓，具有現代高科技AI技術。本國應以合成化模擬戰場為發展目標，整合各類型電腦兵棋系統(含模擬器)所組成之物件(Object)，藉網路快速發展之便與模擬系統相結合，能使參演人員(如C4I人員、作戰人員)於原基地內進行模擬演訓活動，實為減少人員運輸成本、工作時間及各項行政支援有利作為。故國軍未來之合成化模擬戰場應以整合現有實兵、模擬器與兵棋系統為目標，俾發揮系統整合後

之最大效益，為達成此目標其重點如後：

- 1.具備高效與安全之網路基礎。
- 2.以構建整合式模擬環境。
- 3.具備與其他不同模擬系統整合共通介面。
- 4.具備強大計算與先進資料分析能力。
- 5.具備高仿真度、即時、互動與分散式模擬，可滿足部隊訓練需求。

(二)兵棋導入人工智慧，優化戰場決策分析

從軍種至國防部，皆可透過各層級收集和分析大量的數據來改進人工智慧電腦兵棋系統，並將數據用於訓練機器學習模型，提高系統的預測能力和決策水準，另可仿效他國於軍種內部舉辦小型競賽，或於民間舉辦電腦兵棋競技比賽，加強各項推演相關事宜，並採取開放合作態度，與國際夥伴及民間企業共享資源和知識，加速AI電腦兵棋系統發展。以空軍DWS系統為例，主要可導入AI功能如後：

- 1.自動產生紅或藍軍部署及任務：
 - (1)可減低人員負擔，包含構思場景的教官及實際的操作人員。
 - (2)豐富多變的場景，不會受限人類已知的思考框架，可快速建立相關的部署及任務。
- 2.語音AI助理，用以命令下達及狀況、狀態回報：
 - (1)提升操作速度，及正確性。
 - (2)可與使用不同語言的盟軍人員共同操演。

3.認知模式AI化：認知模式目前採條件觸發，運用AI取代認知模式的條件，提升認知模式的條件範疇、精細度、權重等，運用蒙地卡羅搜尋演算法，可選擇更加符合現實世界人類之決策行為。

(三)專業人員培育訓練，強化專業人才技能

以電腦兵棋整體而言，專業人員亦為系統不可缺少之重要組成，故人員培訓成敗與否乃裝備功能可否完全發揮之基石，配合模式模擬及電腦兵棋作業需求，培養國軍模式模擬及電腦兵棋專業人員，將可促進模式模擬及電腦兵棋之整體發展。囿於過往國軍兵棋系統發展重點與目標，模式模擬專業人力仍以資訊專業為導向，未來國軍模式模擬及電腦兵棋工作團隊應以專業分工為導向，藉由軍、民教育單位培訓模式設計、系統分析、參數設計與研究、程式與資料庫設計、作戰研究分析及專案管理等專業人才(如圖6)。

結語

本文剖析美國、中共及我國電腦兵棋系統，發現AI電腦兵棋已蔚為發展趨勢，惟我國尚未邁出發展AI電腦兵棋之步伐。若能參考或仿效美國或中共AI電腦兵棋發展模式，發展本國AI電腦兵棋系統輔助各項作戰任務模擬作業，並能有效結合軍方及民間相關資源，邀集相關軍事單位、產業及學術界團體參與，迅速累積大量作戰場景及決策數據，當作AI自主學習訓練資料，完成我國AI電腦兵棋

系統構建；再以適度開放非軍方人員參與及異地多方同步推演，持續蒐集相關參與人員回饋之使用意見，藉以優化AI電腦兵棋系統，其終極目標為整合各軍種電腦兵棋系統至雲端平臺，並將系統所累積的大量數據匯整至資料庫，平時即可迅速與整合系統鏈結，無須重新累積大量數據及時間來準備前置作業，俾能強化國軍戰備整備作業，有效提升國軍戰力。



圖6 合成化模擬環境專業人員需求

資料來源：自行整理

作者簡介

周明政少校，國防大學管理學院正99年班、航校空電班、國防大學採購正規班103年班。曾任程式設計官、目標情報官、分隊長。現為國防大學空軍指參學院少校學員。

林于令上校，國防大學管理學院正88年班、航校電戰班、國防大學管理學院資訊管理學系碩士、臺北大學企業管理學系博士。曾任財務官、預算官、程式設計官、系統督導官、教官。現為國防大學管理學院上校戰略教官。