

勝兵先勝一

應用商規(COTS)兵推軟體輔助決策教育之研究^{*}

Creating Victorious Condition-Research on Using the Commercial Off-The-Shelf (COTS) Simulation System to Assist Decision-Making Education

杜長青 (Chang-Ching Tu)

國防大學國際與國防事務學院戰略研究所上校副教授

余浩銘 (Hao-Ming Yu)

海軍陸戰隊陸戰九九旅上校

摘 要

「兵棋」是一種特殊的模擬工具，而「兵棋推演」是爲了訓練、檢驗或預判某一行動，運用兵棋實施的一系列模擬對抗活動，由於目前國軍所運用的兵棋模擬工具主要爲JCATS、JTLS、STORM及EADSIM等項，多數工具均存在取得不易、技術門檻高、操作介面複雜且參數資料機敏等限制，相較之下，商規版模擬軟體具有低成本、獲得容易、高視覺效果、操作介面簡易、應用層面廣泛等特性，接受程度相對較高，有利於決策教育訓練的推廣。

本研究除系統性分析、比較兵棋推演、模式模擬的差異性以及目前「商用現成」(COTS)軟體／系統運用趨勢，更參酌軍事指參作業程序概念，進一步簡化並建立一般決策教育訓練「危機情勢評估」、「敵我行動方案發展」、「行動方案兵推與模擬」、「分析比較選擇」以及「決心下達與執行」等五個步驟的決策流程規劃，運用商規專業版《指揮：現代作戰》(CPE)電腦兵棋軟體進行「空戰交換比」個案分析模擬。在控制特定場景條件下，藍／紅兩方由不同變項搭配的空戰作戰想定以「蒙地卡羅法」實施30次模擬後，發現可能影響「空戰交換比」結果的變項由高至低依序爲「先進中程空對空飛彈」>「空中預警機」>「電戰莢艙」。

這樣的結果在類似CPE等相關軟體工具趨近實況的系統參數設定下，所獲得的結果具有一定的參考分析價值，不僅可作爲後續學術研究參考，在整體模擬分析過程中，亦可使相關人員學習到跨部門／領域的整合性專業知識，以及風險、威脅評估的排序、想定設計、軟體操作、數據分析解釋等完整決策評估邏輯，適合運用作爲教育訓

^{*} 本研究爲國防大學國際學院研究團隊與「國防安全研究院網路安全與決策推演研究所」合作研究案，感謝該所提供《指揮：現代作戰》(Command Professional Edition, CPE)模擬軟體，亦感謝余浩銘協助本文模擬數據分析。

練課程或一般民眾提升全民國防認知的運用工具選項，充分發揮「商用現成」(COTS)軟體／系統的全民國防推廣效果。

關鍵詞：兵棋推演、模式模擬、商用現成(COTS)軟體系統、決策訓練、空戰交換比

Abstract

The concept of a 'War game' involves a series of simulated confrontation activities using tools to train, test, or predict a specific action. However, traditional military edition war games software like JCATS, JTLS, STORM, and EADSIM have limitations such as difficulty in obtaining, high technical thresholds, complex operating interfaces, and sensitive parameter data. In contrast, the Commercial off-the-shelf (COTS) Simulation System is a popular solution. It is not only low-cost and easy to obtain but also highly visual. Its cost-effectiveness, along with its popular characteristics such as effectiveness, simple operation interface, and wide range of applications, has led to a high acceptance rate, making it a prudent choice for decision-making education and training.

In addition to systematic analysis, differences in model simulations, and current trends of "Commercial Off-The-Shelf"(COTS) software/system, this study also takes into account the concept of "Military Decision-Making Process"(MDMP) to further simplify and establish five-step general decision-making procedures, including "Situation Assessment," "Course of Action Development," "War game and Simulation," "Analysis, Comparison and Selection," and "Decision and Execution." This research uses the professional version of "Command Professional Edition (CPE)" wargame software to conduct case analysis and simulation of the "Air Combat Exchange Ratio." Under the control of specific conditions and 30-50 times of "Monte Carlo method" simulations, we designed the Blue/Red air combat scenarios with different variables; it was found that the "air combat exchange ratio" may be affected by the following variables and ranked from high to low "Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile" > "Airborne Early Warning Aircraft" > "Electronic Warfare Pod."

Such results have a specific reference and analysis value under the system parameter settings of related COTS software, such as CPE, that is close to the actual situation. They can be used as a reference for subsequent academic research and to make relevant decisions during the overall simulation analysis process. Personnel learns integrated professional knowledge across different departments/fields, as well as complete decision-making and evaluation logic such as risk and threat assessment ranking, scenario design, software use, data analysis, and interpretation, etc., which are suitable for use as education and training courses or for the general public to enhance national defense awareness. It can fully promote the All-Out Defense effect of COTS software/system through entertainment and education.

Keywords: Wargame, Modeling and Simulation, Commercial Off-The-Shelf(COTS) Simulation System, Decision-making Training, Air Combat Exchange Ratio

壹、前言

中國共產黨中央總書記習近平曾經提出「2035年基本實現國防和軍隊現代化」、「本世紀中葉建成世界一流軍隊」等主張，而共軍「建軍百年」奮鬥目標，主要透過先進軍備武器列裝，使其具備「主動先制」之攻擊戰略及能力。其中解放軍空軍以「空天一體、攻防兼備」目標，朝向「攻防兼備型」的戰略轉變，逐步提升自製殲擊機、轟炸機、預警機、運輸機及無人機性能，結合向俄購置蘇愷戰機，以強化空中作戰能力。根據研究發現，歷年共機在臺灣海峽及東海約有5種不同航跡，其中由Su-30戰鬥機、轟6K以及其他偵察機組成編隊，由日本海穿越對馬海峽的訓練路線，推測可能是為了模擬臺海戰爭時美國駐南韓與駐日本兵力就近援臺的想定狀況，此路線對韓國及日本的威脅最大，其餘的航線則分別針對進攻臺灣，以及美軍在南海的航艦進行實戰化模擬打擊訓練。¹而共軍軍機繞臺具有心理威懾、情報收集、消耗我國防資源以及「以訓養戰」等多重目的，已對我對構成嚴重安全威脅。

嗣後，中共於2022年美國眾議院議長裴洛西訪臺後，連續四天進行圍臺軍演，打破許多武嚇規模先例，其中包括展現聯合遠距火力打擊實力、發射東風15B飛彈飛越臺灣上空、共軍軍艦闖入我24海里、出動無人機頻繁進出臺灣外島領空等，其機艦亦頻繁跨越臺海中線，試圖在臺灣周邊建立軍事演習的「新常態」；2023年蔡英文總統和美國眾

議院議長麥卡錫(Mc Car thy)於美西地區見面返國後，共軍旋即於4月8日至10日在臺灣周邊舉行「環臺島戰備警巡」和「聯合利劍演習」，更首度派出航艦戰鬥群參加演習，勢力突破第一島鏈；2024年5月23日清晨，為了回應我國新任總統就職演說內容，解放軍東部戰區宣布在我國周邊海空域進行「聯合利劍—2024A」演習。

面對快速變遷的國際局勢與急速增長的中共軍事威脅，國軍必須要採用更多元有效的兵棋推演與模擬工具來協助進行因應方案評估與決策；目前歐美先進國家已普遍採用「商用現成」(Commercial-Off-The-Shelf, COTS)軟體或系統進行「推演式」電腦兵棋模擬，這類透過兵推與軍事分析的「議題領域專家」(Subject Matter Experts)協助開發設計的軟體，採取「人在迴圈」(Human in the Loop, HITP)的操作模式，使參與者能「沉浸式體驗戰場景況」，成為「專業軍事訓練」(Professional Military Education, PME)重要輔助工具之一，並廣泛應用作為軍事院校的教育訓練課程當中。²這類型軟體不僅可以擬真戰場場景，評估敵軍不同行動方案的威脅程度，更可透過兵棋推演軟體針對有限國防資源進行分組測試，優化應變方案的各項資源配置（如進行防禦部署或執行合成化戰場模擬等），最後提供領導決策者更具體的方案參考以協助進行有效的危機決策。本研究除系統性分析、比較兵棋推演、模式模擬的差異性以及目前「商用現成」(COTS)運用趨勢，更參酌軍事指參作業程序概念，嘗試建

1 郁瑞麟，〈共機擾臺頻次增加與模式轉換的軍事觀點〉，《展望與探索》，第20卷第2期，2022年，頁70-71。

2 謝沛學，〈2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力〉，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院），2024年1月，頁107。

立一般決策訓練流程，進一步規劃以教育／推演式「建構模擬兵棋」(Constructive)來進行決策模擬訓練，模擬工具則選擇美國民間Matrix Games公司近年推出頗受美國及其北約盟邦軍事單位青睞的「指揮：現代作戰」專業版(Command Professional Edition, CPE)軟體進行決策模擬，並透過「蒙地卡羅隨機模擬」的戰裁機制，進一步分析比較不同作戰方案與兵力配置的效益，除可提升相關人員決策品質，亦期望能推廣全民國防教育理念，讓國人對於區域安全情勢以及國防軍事事務有更多的認識與瞭解。

貳、兵棋推演、模式模擬與商用現成(COTS)軟體系統運用趨勢

一、兵棋推演分類與應用層面

一般而言，「兵棋」(War Game)或「兵棋推演」(Wargaming)係指一種在戰術、作戰或戰略層面模擬戰爭的分析規則，用於訓練、教育目的，可以協助指揮官和參謀進行想定分析、部隊行動方案規劃以檢驗作戰概念。依據《國軍軍語辭典》，定義兵棋推演是「戰術研究的一種技術，以分析某一課目之推演規則，模擬實戰之各種狀況，運用計畫作為因素，以分析某一科目中所涉及之各種行動分案」³，而美軍聯合出版物5.0(Joint Publication 5.0)則將兵棋推演界定為「在合成

環境衝突或競爭的表現，人們在其中做出決策對此類決策結果做出反應」。⁴

二戰時期英國為了針對德國空軍(Luftwaffe)空襲進行預警，應用科學研究的方式發展雷達系統來滿足軍事作戰需求，因此產生了運籌分析(Operations Analysis)的名詞。⁵二戰後隨著分析技術的進展，「軍事運籌學」(Military Operation Research, MOR)、「系統分析」(System Analysis)、統計等以電腦運算為主的數據科學分析方法成為美國戰爭問題研究的主流，使得用於作戰分析的推演方式更為多元，而軍事運籌學的理論與方法，更在非軍事領域得到廣泛運用，例如1983年美國整備司令部(U.S. Readiness Command)與美國陸軍戰爭學院出資，開發「聯合戰區層級模擬系統—全球作戰」(The Joint Theater Level Simulation-Global Operation, JTLS-GO)，亦可作為模擬軍事聯合作戰與人道援助和救災(HA/DR)的系統，並被美國、北約和我國等全世界23個國家採用，⁶在我國則作為年度漢光兵推的主要模擬工具之一。

由於兵棋推演是在實際或假想的環境下，按照事先律定之規則、數據或程序，模擬實戰的各種狀況，作為分析或試驗作戰方案的一種工具。⁷而在類型上，不同的標準則會產生不同的類別，依據「指揮與範圍」層級區分，可以將兵棋推演區分為「全球／戰

3 國防大學軍事學院編修，《國軍軍語辭典（九十二年修訂版）》（臺北：國防部），2004年。

4 United States Government Accountability Office(U.S. GAO), DEFENSE ANALYSIS Additional Actions Could Enhance DOD's Wargaming Efforts, April 2023.

5 Yıldırım, Uğur Ziya. "Military Operations Research: Origins, Recent Past, and Present". *Türk Savaş Çalışmaları Dergisi*. 2021, Vol. 2, no. 1, pp. 2-3.

6 JTLS-GO官網，〈https://www.rolands.com/jtls/j_over.php〉。

7 謝沛學，〈接連慘敗的美軍兵推透露了什麼訊息〉，《國防安全雙週報》，第6期，2021年9月，頁27。

略層級」、「戰區／戰役層級」、「區域／作戰層級」。⁸若以「目標」類型區分，可以分為「教育型」與「評估驗證」兵棋推演。⁹若依據運用目的不同，可將類別區分為「教育訓練模式」著重運用理論思考問題並尋找問題解決方法；「模式模擬模式」運用系統模式，採量化的方式，驗證計畫的可行性、有效性及合理性；以及「策略分析模式」針對潛在的可能問題或未來發展目標，運用角色扮演與事實推論的方法，擬訂因應或發展策略計畫。

若以「評比的方式」(Model of Evaluation)來區分，可分為「自由裁決」(Free Evaluation)依賴仲裁者個人己身經驗與能力進行評斷，以及「固定裁決」(Rigid Evaluation)仰賴正式的系統模式與規則進行評斷，需以量化的數值作為評判依據。若以「推演者的多寡」(Number of Players)來區分，可分為「少數參與者」以西洋棋或象棋為代表，以及與「團體多數對抗」多方賽局形式，常被運用做為外交或軍事兵棋推演，嘗試瞭解多變場景(Scenarios)下的多方互動可能結果。¹⁰而若依運用的「工具類別」(Instrumentality)

來區分，可分為「議題／圖上兵推」(Table-Top Exercise, TTX)與「電腦輔助兵推」(Computer-assisted Exercise, CAX)兩種類型。若以階段區分，可區分為「指揮所演習」(Command Post Exercise, CPX)及「實兵演習」(Field Training Exercise, FTX)。¹¹美軍「國防科學委員會」(Defense Science Board, DSB)在1992年則將兵推區分為三種不同等級(Class)，第一類為「分析建構式模式模擬」(Constructive)，主要是用來作為支援兵棋推演、模式建構與分析，陸海空三軍、海軍陸戰隊、海岸巡防等單位均有專屬的系統，可以模擬聯合部隊作戰任務分析；第二類為「虛擬模式模擬」(Virtual)，主要運用近乎真實的電腦擬真，提供演習和測試之前的培訓平臺，或者為實際作戰行動進行演練；第三類為「實兵式模式模擬」(Live)，主要運用於實兵實裝演練，可作為新式武器載具測試前訓練、風險控管、數據蒐集的重要工具之一。¹²依據上述分類標準，本文進一步將近年國內外辦理的各類型「兵棋推演」進行重新分類並進行說明。例如官方正式舉辦的部分如國軍或美日年度舉行的各類軍事演習；

8 Perla, Peter P. "What Wargaming Is and Is Not." *Naval War College Review* 38, 1985, no. 5: 74.

9 何昌其，〈戰術兵棋發展應用研究〉，《解放軍出版社》，2011年，頁16-20。

10 翁明賢，《兵棋推演一意涵、模式與操作》（臺北：五南出版社，2019），頁39-51。

11 圖上兵推與電腦兵推兩者目的不同，以2022年漢光38號演習為例，國軍改採用「議題／圖上兵推」，將共軍敵情、俄烏戰爭經驗納入想定。而電腦兵推係藉由電腦系統模擬攻防兩軍行動，同時具備戰術裁定功能，例如攻擊是否達到效果等，因此需要設定戰機飛行方向、發射飛彈時間點等多項參數。游凱翔，〈漢光演習圖上兵推登場 國防部：烏俄戰爭納入想定〉，《中央社》，2022年5月16日，<<https://www.cna.com.tw/news/aip/202205160027.aspx>>。

12 美軍官方文件中，原文為The Defense Science Board in 1992 defined an appropriate classification of "models and simulations" similar to...，其定義原指「模式與模擬」，但三種分類的實際陳述內容與所舉例證，卻與本文「兵棋推演」的分類相近，故本研究將上述定義歸類於兵棋推演分類之中。請參閱Colonel Lalit K. Piplani et al., *Systems Acquisition Manager's Guide for the use of Models and Simulations* (Defense System Management College, 1994), p. 4-1.

而著重政治、經濟議題研討的部分則有我國外交部與美日智庫定期辦理的議題推演；由學校或教育單位所辦理的兵棋（決策）推演則重於邏輯推導與策略分析，各類兵推均有不同的特性與著重面向。以下為各類兵棋推演分類比較表。（如表1）

隨著混合戰爭以及太空和網路等新興領域的興起，促使現代武裝部隊必須重新評估未來可能衝突場景，制定先進的軍事理論

和訓練模式，而兵棋推演成為縮短訓練與實戰之間落差的重要工具，並可強化軍事專業人員所需具備之關鍵技能。美國國防部為了加速部隊轉型，制定一連串政策，並大力推行以各式兵棋推演、建模、模擬和實兵演習來提升教育訓練成效；而後，美國國防部於「2024財政年度國防預算概覽」(DoD Fiscal Year 2024 Budget Request)中，提到兵棋推演是各軍種分析任務中持續運用的分析

表1 各類兵棋推演分類比較表

		國內兵棋推演			國際兵棋推演		
		國軍 漢光兵推	外交部文官 政軍 兵棋推演	國防大學 國際學院 跨國危機決策	美日利刃 (Keen Edge)、 利劍(Keen Sword)演習	日本JFSS、 美國智庫 CSIS、美國 眾議院兵推	美國海軍戰院 兵棋推演
目標 類型 區分	教育型兵棋			●			●
	評估驗證兵棋	●	●		●	●	●
指揮 範圍 區分	全球／戰略層級兵棋			●		●	●
	戰區／戰役層級兵棋	●	●	●	●	●	●
	區域／作戰層級兵棋	●	●		●		
運用 目的 區分	教育訓練模式		●	●			●
	模式模擬模式	●			●		●
	策略分析模式	●	●	●	●	●	●
評比 方式 區分	自由裁決兵棋		●	●		●	●
	固定裁決兵棋	●			●		●
工具 類別 區分	議題／圖上兵棋	●	●	●	●	●	●
	電腦輔助兵棋	●		●	●		●
演習 階段 區分	指揮所演習	●	●		●		
	實兵演習	●			●		
等級 分類	建構式模式模擬	●	●	●	●	●	●
	虛擬模式模擬	●			●		●
	實兵模式模擬	●			●		

資料來源：本研究彙整

工具之一，其中美國海軍為因應新興競爭環境中的「瀕海作戰」(Littoral Operations in a Contested Area, LOCE)、「遠征先進基地作戰」(Expeditionary Advanced Base Operations, EABO)、「分散式海上作戰」(Distributed Maritime Operations, DMO)和後備部隊概念，海軍陸戰隊正在進行全面的現代化組織改造工作，並運用包括兵棋推演、建模和分析在內的工具進行驗證；¹³ 空軍必須發展以聯合模擬環境(Joint Simulation Environment, JSE)為重點的綜合訓練環境；太空軍(United States Space Force, USSF)著重為17個太空武器系統籌建模擬器，以支援多域演習／訓練活動。

二、兵棋推演與模式模擬

如何減少傷亡並獲致勝利一直是戰爭研究的重點。1916年蘭徹斯特(Lanchester)的動態戰爭模型(Battle Dynamic Modeling)是不確定情境下軍事決策分析研究的濫觴。¹⁴ 而兵棋推演與實驗、模式模擬之間的概念、基礎技術、方法有著許多類似和重疊的面向。隨著軍事事務日趨專業，分工細密，對於各項軍事行動必須運用更多的工具協助方案評估與決策分析，「作業研究（或稱運籌學）與系統分析」(The Operations Research/Systems Analysis, ORSA)在二戰期間開始發展系統

性理論架構，成為美國國防部準則發展、人員訓練管理、決策分析、資源管理，以及戰術發展、戰略規劃的重要工具，並將大量的機率模型、統計推論、模擬、最佳化和經濟模型等量化分析導入軍事決策過程。近年，美軍發展出以「實兵、虛擬與建構式」兵力(Live, Virtual and Constructive, LVC)為組合的「合成化作戰模擬」體系，借助電腦系統進行生成兵力的作戰模擬，除了可應用於「電腦輔助式兵推」(Computer-assisted Exercise, CAX)，協助進行軍事決策訓練，¹⁵ 另於1991年決定以「數學模型」為核心的「模式與模擬」(Modeling & Simulation, M&S)技術，強化不同作戰方案效益評估，並逐步推廣運用在教育與訓練等領域。¹⁶

依前文對於兵棋推演的定義，美軍目前運用較著名的模擬工具可以區分為下列三種層級。第一類型，全球／戰略層級兵棋(Strategic level)有：「聯合戰區層級模擬系統」(Joint Theater Level Simulation, JTLS)；第二類型，戰區／戰役層級兵棋(Campaign/Operational level)有：「合成化戰區作戰研究模式」(Synthetic Theater Operations Research Model, STORM)、「延伸式防空作戰模擬」(Extended Air Defense Simulation, EADSIM)、「聯合分析系統」(Joint Analysis System,

13 US Department of Defense, "DoD Fiscal Year 2024 Budget Request," US DoD Office of the Under Secretary of Defense," March 2023, pp. 3-13.

14 Minguella-Castro, Gerardo, Ruben Heradio, and Carlos Cerrada, "Automated Support for Battle Decision Making: A Systematic Literature Review." *Military Operations Research*, Vol. 27, No. 4, 2022, pp. 5-24, <<https://www.jstor.org/stable/27182470>>.

15 謝沛學，《2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力》，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院，2024年1月），頁101-102。

16 Colonel Lalit K. Piplani et al., *Systems Acquisition Manager's Guide for the use of Models and Simulations* (Defense System Management College, 1994), p.1-1.

JAS)；第三類型，區域／作戰層級兵棋(Tactical level)有：「模擬、整合與建模的先進架構」(Advanced Framework for Simulation, Integration and Modeling, AFSIM)、「聯合建模與模擬系統」(Joint Modeling and Simulation System, JMASS)等，¹⁷ 其中較特殊的是，電腦兵棋軟體「指揮：現代作戰」(Command: Modern Operations，以下簡稱CMO)區分為商用版與軍用專業版(Command PE)，目前被包括美國陸、海、空三軍與陸戰隊、美國海軍研究所、英國皇家空軍、德國聯邦國防軍空軍等23個國家軍事單位，以及美國波音、洛克希德馬汀、英國航太等全世界約150多個國防產業公司，選用作為軍事訓練與分析的一款「商業現成」(COTS)系統與軟體。¹⁸

國軍近年運用模式模擬技術於戰術戰法研發、準則驗證、系統分析、作戰效益評估及支援部隊演訓等，迄今已有長足成效。依據我國《國軍模式模擬要綱》定義，「模式」(Modeling)是一種簡化的系統，需透過靜態或動態之「模擬」(Simulation)驗證，獲得軍事戰略、建軍備戰、作戰訓練及研究發展等國防相關事務之管理或技術層面之決策基礎。由於「模式模擬」與「兵棋推演」兩者具有類同內涵，在軍事決策判斷過程中，都扮演著行動方案分析驗證、支援指揮官決心下達的重要平臺或工具，但「模式模擬」

更著重運用電腦技術，並以作業研究（運籌學）為中心的建模、模擬和分析，透過自動化和軍事實驗可定量和定性地為決策提供更多元而充足的資訊。

模式模擬可區分為針對想定、計畫進行計算分析，其結果對所欲探討問題，提供具有價值之資訊的「分析式電腦兵棋」；以及訓練參謀人員的作業能力、指揮官的指揮管制能力等，精進其戰術戰法及熟練戰場指揮應變措施的「推演訓練式電腦兵棋」，¹⁹ 兩者之間可以相互搭配運用以驗證實際成效。以美軍為例，近年為驗證演訓成果，除使用合成化戰場增加仿真度外，在部分之演訓或兵推後，亦使用「分析性兵棋」系統，驗證人員戰術之作戰效益，模擬全程記錄及分析報告，提供指揮者完整圖像，作為戰術戰法建議及戰場決策參據。²⁰ 目前國軍所運用模式模擬工具中，「分析式電腦兵棋」主要有2000年引進的「分散式兵棋系統」(Distribution Wargame System, DWS)、2003年引進的「延伸式防空作戰模擬」(EADSIM)，以及2016年引進的「合成化戰區作戰研究模式」(STORM)等；「推演訓練式電腦兵棋」則有2002年引進的「聯合戰區層級模擬系統」(JTLS)、2007年引進的「聯合對抗戰術模擬系統」(JCATS)，上述不同系統可進行各層級的兵棋推演與裝備模擬。（如圖1、

17 謝沛學，《2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力》，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院，2024年1月），頁102-103。

18 CMO, "Command Professional Edition: 23 nations, 150+ orgs, 3000+ users," *Command Modern Operation*, 2024, <https://command.matrixgames.com/?page_id=3822>.

19 作者於文中區分為「分析式模式」及「訓練型兵棋」，事實上所指稱仍以「模式模擬」作為主要分析工具，因此本文將名稱略做修改，以與傳統「兵棋推演」進行區隔。請參閱林傳凱，〈國防安全研究院模式模擬與兵棋推演發展目標〉，《國防情勢特刊》，第25期，2023年3月，頁24-26。

20 國防部整合評估司，〈2022年美國「模式模擬教育訓練年會(I/ITSEC)」出國報告〉，2023年1月，頁7。

表2)

三、商規COTS軟體系統」與「合成化作戰模擬」(Synthetic Training Environment, STE)運用趨勢

「商用現成」(Commercial-Off-The-Shelf, COTS)一詞指的是商業市場上可購買並用於政府合約的產品和服務，並可用於國防專案的產品，這些產品在適當安裝後即可使用，可以快速與現有系統整合。美國國防部於1994年將COTS納入美國國防辭典中，亦是「聯邦採購法規」(Federal Acquisition Regulation, FAR)中的正式術語。常見的「商

業現成」(COTS)系統或軟體包括辦公室套件 Microsoft Office、Google Workspace等作業系統與應用程式，其好處不僅包括輕鬆升級和相關性能提高，而且還具有規模經濟。²¹ 由於軍規版的電腦兵棋在開發期程、獲得的難易度、裝備參數的更新速度與裁決規則的細緻度等方面，不如COTS快速，且COTS具備高度的仿真性、娛樂性以及強大的「視覺效果」(visualization)，²² 相較於畫面略顯粗糙的「軍規」兵棋模擬軟體，更能迅速、有效率的協助將作戰部隊部署到戰場，²³ 漸受到美軍的廣泛運用。

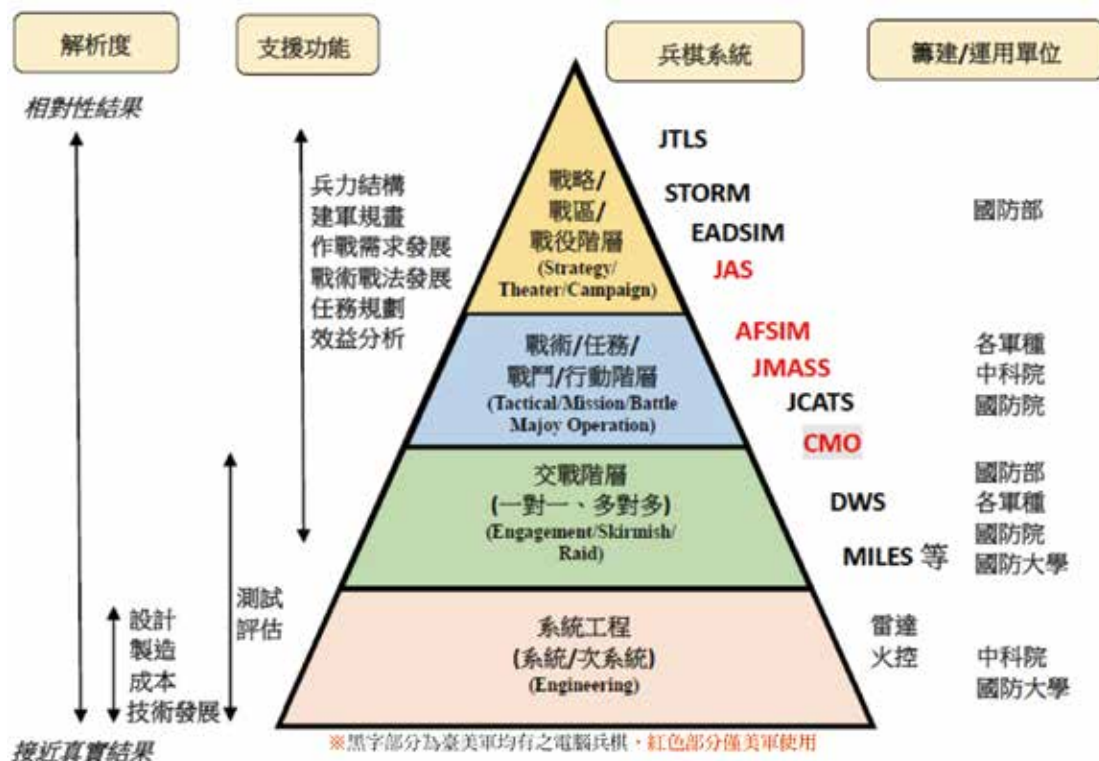


圖1 兵棋推演與模式模擬運用層級及系統分析

資料來源：本研究參考Colonel Lalit K. Piplani et al., *Systems Acquisition Manager's Guide for the use of Models and Simulations* (Defense System Management College, 1994), pp. 4-5.之概念修改繪製。

21 Katie Terrell Hanna, COTS, MOTS, GOTS and NOTS, *TechTarget*, <<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/COTS-MOTS-GOTS-and-NOTS>>.

22 謝沛學，〈從遊戲到實戰：商規兵棋軟體如何協助軍事分析與訓練〉，《國防安全雙週報》，第6期，2020年7月，頁41。

表2 國軍現有電腦兵棋（模式模擬）運用系統分類

國軍現有電腦兵棋（模式模擬）運用系統分類		
類型	分析式電腦兵棋	推演訓練式電腦兵棋
原理	依據作戰研究的基本理論和方法，建立相應的作戰模擬、武器系統和環境，利用電腦進行模擬。	
屬性	封閉型	開放型
	電腦獨立運算，參數精確，可進行快速複雜的重複運算。	人員參與攻防(man in the loop)，參數簡約，不具快速重複性。
特徵功能	重視結果產出	重視決策過程
	排除人為影響，以預置參數、接戰規則及演算法進行多次模擬推導及收斂，分析結果提供做為決策參考。	著重人機互動與即時回饋，可結合指管系統，支援演訓兵推進行。
目的	支援建軍	支援備戰
	建軍規畫、作戰計畫研擬、武器系統效能評估（如國軍兵力結構調整等）。	磨練指揮官決策及指參作業程序（如年度漢光電腦輔助指揮所演習等）。
運用模型	DWS	JTLS
	● 「分散式兵棋系統」(Distribution Wargame System, DWS)。 ● 2000年軍售引進。 ● 可執行空中作戰任務模擬、戰術戰法研究、航路驗證。	● 「聯合戰區模擬系統」(Joint Theater Level Simulation, JTLS)。 ● 2002年軍售引進。 ● 可模擬多國間之空中、地面、海上作戰，及後勤、特勤、情報任務執行等。
	EADSIM	JCATS
	● 「延伸式防空作戰模擬」(Extended Air Defense Simulation, EADSIM)。 ● 2003年軍售引進。 ● 可模擬防空作戰、太空作戰及飛彈防禦之作戰分析。	● 「聯合對抗戰術模擬系統」(Joint Theater Level Simulation, JCATS)。 ● 2007年軍售引進。 ● 可模擬營級以下之空中、地面、海上戰鬥。
	STORM	
	● 「合成化戰區作戰研究模式」(Synthetic Theater Operations Research Model, STORM)。 ● 2016年軍售引進。 ● 可模擬空中、地面、水面作戰，以及飛彈防禦及後勤。	

資料來源：本研究自行彙整

23 軍用系統通常需要至少20年的運作及使用，而COTS產品的高度競爭性和較短的生命週期可能造成某些限制，但仍可透過合約與技術轉讓方式進行調整，或以修改原始碼成為特定軍事目的專用的軍用軟體(Military off-the-shelf software, MOTS)。Off-the-Shelf Solutions for the Battlefield, *Army Technology*, May 12, 2008, <<https://www.army-technology.com/features/feature1918/#:~:text=COTS%20is%20the%20application%20commercial%20off-the-shelf%20products%20as,development%20costs%2C%20equipment%20costs%20and%20obsolescence%20would%20occur>>.

近年美軍為因應未來大國競爭，於2016年提出「多領域作戰」(Multi-domain Operations)，逐漸升級為「全領域作戰指管」(Joint All-domain Command and Control, JADC2)概念，內涵涉及到如何連結空中、陸地、海洋、太空及網路空間的感測器，此種新型態的聯合作戰概念，目前已成為美軍建軍發展的指導原則，²⁴ 並積極以網路科技，建置「合成化戰場模擬訓練環境」(Synthetic Training Environment, STE)，整合演習實兵動態資訊、實兵模擬系統、C4ISR、虛擬模擬系統、推演訓練式電腦兵棋系統，提供共同一致的大型聯合操演環境。²⁵ STE的環境具有多節點（跨組織單位、人員裝備設施）、跨系統（資訊、通信、後勤、指揮管制）的特性，可以提高訓練的擬真程度，並滿足戰技訓練、協同作戰、指參作業、戰術研究及武器系統研發等需求，強化部隊作戰能力，而其中的關鍵「L-V-C」跨域整合：由實兵模擬系統(Live)、虛擬模擬系統(Virtual)與建構式模擬系統(Constructive)三種系統所組成，分別應用於基地戰技訓練、虛擬裝備訓練與參謀／指揮程序訓練等不同目的。²⁶

近年由於美國社會安全和醫療保險等國內成本不斷上升，加上預算赤字不斷增加，

對國防部預算造成不可避免的壓力，為了擷節有限的國家預算資源，避免各項計畫延遲，美軍透採用或合作開發商規COTS軟體或系統的方式滿足所需，逐步實現國防轉型的戰略。²⁷ 而美軍L-V-C模擬訓練系統著重人機互動與即時回饋，而COTS較為精細的視覺聲光效果適可強化沉浸式學習效果，而美軍在部分演訓或兵推後，亦同時搭配「分析性兵棋」系統進行作戰效益評析及驗證作業，以提供指揮者更為完整圖像，可作為戰術戰法建議及戰場決策參據。（如表3）

前面提到，COTS高度的擬真性、適配性與以及「視覺效果」(visualization)是獲得各國青睞的主要原因，目前各國作戰單位、訓練部門及所屬的實驗室，大量使用直接從市場上採購的「商用現成」電腦兵棋軟體進行決策與教育訓練，由於商規電腦兵棋的較重視「使用者的回饋」，軟體系統的設計著重戰場指揮官的「沉浸式體驗」，因此受到美軍青睞，大量引進此類「嚴肅模擬遊戲」(Serious Games)做為「專業軍事訓練」(Professional Military Education, PME)輔助工具。²⁸ 這類偏重「推演訓練式」的電腦兵棋，具有逼真的模擬效果、可依任務特性設定作戰場景、安全的訓練環境等特性，可

24 林傳凱、謝沛學，〈電腦兵棋系統運用於公部門之主要趨勢〉，《國防情勢特刊》，第25期，2023年3月，頁38-39。

25 Jeremiah Rozman, "The Synthetic Training Environment," *ASSOCIATION OF THE UNITED STATES ARMY*, Dec. 2020, pp. 1-2, <<https://www.ausa.org/sites/default/files/publications/SL-20-6-The-Synthetic-Training-Environment.pdf>>.

26 簡定華等，〈國軍合成化戰場環境規劃與建置—陸軍旅、營級操演合成化戰場雛型設計〉，收錄於《第十屆國際軍事作業研究與模式模擬論壇》，國防部整評司，2013年，頁32。

27 Gansler, Jacques & Lucyshyn, William. "Commercial-Off-the-Shelf (COTS): Doing It Right". *Center for Public Policy and Private Enterprise School of Public Policy*, 2008, pp. 1-3.

28 謝沛學，〈2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力〉，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院），2024年1月，頁105-106。

表3 合成化戰場各類系統分類表

項目	L-實兵模擬系統(Live)	V-虛擬模擬系統(Virtual)	C-建構模擬(Constructive)
裝備分類	實裝、實兵模擬系統	真人操作模擬武器系統	電腦產生之虛擬兵力／武器系統
用途	● 射擊訓練 ● 部隊機動訓練	● 砲兵模擬訓練 ● 模擬飛航訓練 ● 戰術訓練	● 對抗訓練 ● 兵力、戰術分析 ● 戰場指揮管制
適用層級	單兵—營級	單兵—營級	連級—旅級／跨軍種聯戰
目標	實兵訓練	虛擬裝備訓練	分析／指揮程序訓練
方法	測訓基地戰技訓練	● 戰鬥事件模擬 ● 戰鬥任務演練	戰場場景模擬應用
模型	● 空戰即時顯示系統(ACTIS) ● 陸軍雷射接戰訓練系統(MILES等)	● 迫砲射擊模擬器 ● 直升機飛行模擬器 ● 各類戰機模擬器 ● 戰車模擬器 ● 海軍反潛／戰術教練儀 ● 合成化戰場(CGF)	● 兵棋系統（聯戰之JTLS、EDSIM、空軍指管DWS等） ● 空戰模式模擬分析軟體(X-Brawler) ● 電腦合成武力系統（陸軍營級JCATS等）

資料來源：簡定華等，〈國軍合成化戰場環境規劃與建置—陸軍旅、營級操演合成化戰場雛型設計〉，收錄於《第十屆國際軍事作業研究與模式模擬論壇》，國防部整評司，2013年，頁31-33。

驗證各種方案的可行性，並訓練使用者快速學習和熟悉作戰技能。²⁹ 美軍研究發現近年因軍事預算短缺，造成資源和人力受到限制，目前11個作戰司令部中，有8個必須仰賴COTS的支援來彌補不足，³⁰ 而運用COTS進行各項模擬訓練，使新式武器裝備與系統的部署時間比過去減少了25~35%。美國陸軍「2023-2025年軍事人員戰略」(2023-2025 Army People Strategy)中，為了強化資訊作戰能力以因應快速變動的戰場環境，要求開發和強化資訊作業環境(Accessions Information Environment, AIE)以協助決策，

而COTS為基礎的軟體可在網路為中心的架構下，使人員更直觀的存取、評估和理解數據，進而提升訓練成效。³¹

此外，美軍為了建立國家聯合作戰訓練能量，積極開發整合式訓練環境，結合並利用沉浸式「虛擬實境」(VR)、「擴增實境」(AR)、「混合實境」(MR)和「人工智慧」(AI)技術，創建可擴展現實世界並與虛擬環境結合的「擴展實境」(AR)，能夠在不同地點進行協調的多領域訓練，透過適當的合作，可與各地區盟友一起訓練，此計畫為美國陸軍「六大現代化」優先事項的一部分，

29 Warfighter, *The Role of Gamification in Military Training: Serious Games and their Applications*, APRIL 20, 2023, <<https://www.warfighterpodcast.com/blog/the-role-of-gamification-in-military-training-serious-games-and-their-applications/>>.

30 United States Government Accountability Office(U.S. GAO), "DEFENSE ANALYSIS Additional Actions Could Enhance DOD's Wargaming Efforts," April 2023, p. 16.

31 2023-2025 Army People Strategy: Military Implementation Plan 2.0, *U.S. Army*, 1 Oct. 2022, p.53.

美國國防部每年將投入140億美元的資金逐步達成目標。³²「美國陸軍訓練與準則司令部」(The United States Army Training and Doctrine Command, TRADOC)³³其下設的軍事兵棋中心(Milgaming)，提供超過21套不同的COTS訓練模擬軟體，協助所屬士兵及指揮官進行決策與作戰訓練。以其中「虛擬戰場系統」(Virtual Battlefield Systems, VBS3)模擬軟體為例，此軟體為「波希米亞互動模擬公司」(Bohemia Interactive Simulations, BISim)所開發的3D虛擬戰場系統，介面與我國陸軍裝甲兵訓練單位運用之「偵蒐模擬訓練系統」，以及共軍進行班排戰鬥訓練的「光榮使命」軟體相仿，但功能更為完整，³⁴美軍VBS3可結合實兵、各式全功能模擬器和各類兵棋系統，創造出大型且接近真實的虛擬戰鬥場景，用以作為從步兵戰術和步戰協同的訓練工具，亦可磨練連級部隊指揮官戰術應用作為。³⁵

四、各國兵棋模擬商規COTS應用現況

鑒於採用商業產品有助於達到規模經濟，分散開發成本，因此COTS系統可降低不可預期性的開發風險，提升專案管理效

能，而跨系統整合介面容易、定期更新的系統及可快速因應需求變化進行調整的架構與功能，這些特性成為COTS的優勢。目前應用於軍事領域著名的COTS模擬軟體中，在「戰略層次」(Strategy Level)的軟體，例如我國於2002年軍售引進的「聯合戰區模擬系統」(Joint Theater Level Simulation, JTLS)，其前身便是策略桌游「北約師指揮官」(NATO Division Commander)，美國國防部於1982年依其原型，進一步加入「作業研究」的方法改良而成，目前亦廣為美軍、NATO及其盟邦所運用；³⁶「戰役層次」(Campaign Level)模擬軟體如美國商用電腦兵棋廠商「矩陣遊戲」(Matrix Games)研發的「戰爭藝術」(The Operational Art of War, TOAW)，以及洛克希德馬丁為英國設計的「聯合兵種戰術訓練系統(UK's Combined Arms Tactical Trainer, CATT)」就可以廣泛運用模擬系統訓練英國陸軍士兵、機組人員和旅級指揮官，目前虛擬沉浸式訓練環境可容納400多名士兵同時進行大規模綜合訓練。³⁷「戰術層次」(Tactics Level)模擬軟體如「三角洲部隊」(Delta Force)、「決勝時刻」(Call of Duty)、「虛擬

32 Rajesh Uppal, "US Army's future training capability is the Synthetic Training Environment (STE) to conduct realistic multi-echelon/multidomain battles and mission command training," IDST, June 13, 2023, <<https://idstch.com/military/army/us-armys-future-training-capability-is-the-synthetic-training-environment-ste-to-conduct-realistic-multi-echelon-multidomain-battles-and-mission-command-training/>>.

33 TRADOC位於美國維吉尼亞州，編階上將，主要任務為培養、教育和訓練士兵、平民和指揮官，並支援單位培訓和裝備組訓，下設有聯合武器大學(Combined Arms Center)、陸軍大學、各類訓練中心等單位。

34 林煜庭，〈偵蒐模擬系統訓練運用與未來精進方向〉，《陸軍裝甲兵季刊》，2017年，第242期，頁146。

35 迄2024年初，該訓練系統軟體已推出VBS4版本，結合擴展實境(XR)進行L-V-C模擬訓練。Virtual Battlespace 3, U.S ARMY, May 19, 2014, <<https://www.army.mil/standto/archive/2014/05/19/>>.

36 謝沛學，〈美國蘭德公司與陸戰隊戰爭學院兵推 透露什麼訊息〉，《國防安全週報》，第45期，2019年5月，頁16-17。

37 UK's Combined Arms Tactical Trainer (UK CATT), <<https://www.lockheedmartin.com/en-gb/products/uk-combined-arms-tactical-trainer-uk-catt.html>>.

戰場訓練」(Virtual Battle Space)、「指揮：現代作戰」(Command Modern Operation)。「戰鬥層次」(Combat Level)模擬系統，如運用「戰鬥任務」(Combat Mission)軟體做為陸軍、海軍陸戰隊進行「軍事決策流程」(Military Decision-Making Process, MDMP)的訓練工具，抑或是L-3 Link訓練及模擬公司設計的F-22全任務訓練機、B-2機組人員訓練系統、F/A-18戰術作戰飛行訓練機、F-16模擬器、美國陸軍航空聯合兵種戰術訓練機(AVCATT)和「掠食者」任務機組人員訓練系統(PMATs)地面控制站模擬單元等，這些COTS大多運用擴增實境沙盤(Augmented Reality Sand table, AReS)或VR來模擬實境和沉浸式體驗，對於部隊培訓和任務演練發揮關鍵作用。³⁸而我國中科院亦已開發陸海空三軍、後備、軍醫等超過240套的模擬系統，減少油彈消耗、裝備耗損，降低維安風險，並建立合成化戰場圖臺系統，提高部隊聯合作戰訓練成效。³⁹(如表4)

參、分析架構與研究設計

一、運用教育／推演式「建構模擬兵棋」(Constructive)進行決策模擬訓練

前文提及，多樣性的兵棋推演工具，可以協助決策者理解、釐清當前所面臨的複

雜問題，因此，兵棋推演可依據目的之不同，選擇不同的工具進行模擬，這些工具也包含各種推演層級、裁決方式、訓練對象、訓練內容與產出效果。為了將兵棋推演與模擬落實在教育中，美國參謀長聯席會議(Joint Chiefs of Staff, JCS) 2020年「軍官專業軍事教育政策指令」(Officer Professional Military Educational Policy)(CJCSI 1800.01F)，說明軍事教育的願景，係培養具有戰略素養的聯合作戰人員，要求美軍軍事院校（如國防大學、國家情報大學）必須將兵棋推演納入「專業軍事教育」(Professional Military Education, PME)課程，鼓勵使用現場、虛擬、兵棋與演習等體驗式學習，強化人員判斷、分析與解決問題的技能。⁴⁰由於完善的教育體系與課程設計是人才養成的關鍵，本研究參考上述概念與架構，進一步規劃以教育／推演式「建構模擬兵棋」(Constructive)來進行決策模擬訓練，相關參與人員可藉由建構的五個決策分析步驟中進行攻防想定設計（人在迴圈man in the loop）；其次，推演工具則選擇美國民間Matrix Games公司近年推出頗受各國軍事單位青睞的(Command Professional Edition, CPE)軟體進行決策模擬訓練。這套軟體能夠支援陸、海、空、太空等多個領域，進行「1對1」的「接戰層級」

38 The increasing role of COTS in high-fidelity simulation, "Military Aerospace Electronics", Sept. 2, 2018, <<https://www.militaryaerospace.com/home/article/16707147/the-increasing-role-of-cots-in-high-fidelity-simulation>>.

39 黃子杰，〈強化國軍備戰 中科院開發逾240套模擬系統〉，《Yahoo新聞》，2023年5月30日，<<https://tw.news.yahoo.com/%E5%BC%B7%E5%8C%96%E5%9C%8B%E8%BB%8D%E5%82%99%E6%88%B0-%E4%B8%AD%E7%A7%91%E9%99%A2%E9%96%8B%E7%99%BC%E9%80%BE240%E5%A5%97%E6%A8%A1%E6%93%AC%E7%B3%BB%E7%B5%B1-062600169.html>>.

40 Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction, "Officer Professional Military Education Policy (CJCSI 1800.01F)," Joint Chiefs of Staff, 15 May 2020, <<https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Library/Instructions/CJCSI%201800.01F.pdf>>.

表4 兵棋系統運用各類COTS層級分析

層級	兵棋系統	兵棋運用系統分類		L-V-C階層		
		分析式	推演式	L 實兵	V 虛擬	C 建構
全球／戰略層次 (Strategy Level)	我國 ●「聯合戰區模擬系統」(Joint Theater Level Simulation, JTLS)		▲			▲
戰區／戰役層級 (Theater/Campaign Level)	我國 ●「合成化戰區作戰研究模式」(Synthetic Theater Operations Research Model, STORM)	▲				▲
	友軍 ●「戰爭藝術」(The Operational Art of War, TOAW) ●「聯合兵種戰術訓練系統」(UK's Combined Arms Tactical Trainer, CATT)		▲			▲
任務／戰術層次 (Mission/Tactics Level)	我國 ●「聯合對抗戰術模擬系統」(Joint Conflict and Tactical Simulation, JCATS)		▲			▲
	●「延伸式防空作戰模擬」(Extended Air Defense Simulation, EADSIM)	▲				▲
	友軍 ●「指揮：現代作戰」(Command Modern Operation) ●「三角洲部隊」(Delta Force)、「決勝時刻」(Call of Duty)、「虛擬戰場訓練」(Virtual Battle Space)、「指揮：現代作戰」(Command Modern Operation, CMO)、「虛擬戰場系統」(Virtual Battlefield Systems, VBS3)等		▲			▲
戰鬥層次 (Engagement/Combat Level)	我國 ●「分散式兵棋系統」(Distribution Wargame System, DWS)	▲				▲
	●空戰即時顯示系統(ACTIS)	▲			▲	
	●陸軍雷射接戰訓練系統(MILES)	▲		▲		
	●各類主戰武器模擬系統	▲			▲	
	友軍 ●「戰鬥任務」(Combat Mission)	▲			▲	
	●各類主戰武器模擬系統，如F-22全任務訓練機、B-2機組人員訓練系統、F/A-18戰術作戰飛行訓練機、「掠食者」任務機組人員訓練系統(PMATs)等	▲			▲	

資料來源：本研究整理

到「多對多」的「戰役層級」之作戰推演，其內建「蒙地卡羅法」(Monte Carlo method)隨機模擬的戰裁機制，使模擬結果一定程度可達成「分析式兵棋」進行比較不同作戰方案與兵力配置效益比較的成果，打破傳統COTS僅適用於「推演式兵棋」的限制，因此近年已獲美國及其盟友軍事單位用以作為作戰推演與教育訓練的輔助工具。⁴¹由上可知，此軟體工具可依據不同層級與類型的想定設計，進行決策訓練、兵力對抗、戰術分析與作戰效益評估。因此，採用CPE進行分析兼具「分析式」模擬的特色（人不在迴圈 man not in the loop），可彌補推演式「建構模擬兵棋」的不足之處，進一步提供決策參考。⁴²

目前CPE軟體內建地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，具有3D擬真場景與高解析度數位資料庫，可修改現有系統或創建作戰想定，同時允許16個單位／國家多機同步進行執行高階蒙地卡羅(Monte Carlo)模擬運算，亦可創建概念性或先進武器系統，或運用先進國家既有先進武器如高能量雷射、超高音速滑翔載具進行作戰驗證，將虛擬戰場具象化，有助於各類行動方案比較分析、兵棋推演和未來部隊訓練

規劃等方面的任務，美國海軍戰爭學院亦將其做為模擬推演訓練平臺。⁴³

2022年美國華府著名智庫「戰略暨國際研究中心」(The Center for Strategic and International Studies, CSIS)曾邀集臺美各方專家，參與「下一場戰爭的首場戰役」(The First Battle of the Next War)的兵棋推演，其內容主要在模擬2026年臺海兩岸發生的戰爭，推演過程依據美國及盟友是否介入戰事的前提下設計了不同想定，並依序進行24次反覆的兵棋推演，並運用了CMO軟體進行作戰效益輔助分析。最終CSIS報告提及多數的兵推結果，以美國為首的聯合部隊多能擊敗中共人民解放軍，但美軍及盟友亦同時損失慘重，而臺灣則是關鍵基礎設施全毀，經濟遭受重創。⁴⁴這場由臺美各方專家參與的「評估驗證兵棋」結果，凸顯各種應變行動方案的不足之處，可供美軍及相關國家進一步採取因應之道，儘早做好準備，以降低未來衝突爆發時可能造成的危害，而過程同步運用CMO進行「建構式模式模擬」，顯現此套軟體的擬真程度已受到多國官方與軍事單位的高度評價。

二、研究流程與設計

(一)兵棋推演與各階層決策框架比較

41 謝沛學，《2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力》，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院），2024年1月，頁106。

42 中國近年仿製美國CPE推出「墨子?未來指揮官」軟體，並運用進行「陸基彈道飛彈打擊美航艦戰鬥群」多次蒙地卡羅隨機模擬，可產出交戰結果的統計數值，進行不同作戰方案效果評估的功能，顯示透過此類兵棋軟體，可同時滿足「推演式」與「分析式」模擬的需求。謝沛學，《2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力》，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院），2024年1月，頁109。

43 江忻杓，〈對所謂「祖國統一之戰的仿真推演」的評析〉，2020年7月3日，《國防安全研究院》，〈<https://indsr.org.tw/focus?typeid=24&uid=11&pid=62>>。

44 張佑生，〈美國防部兵棋推演中共犯臺四種不同場景定輸贏〉，《經濟日報》，2022年4月9日，〈<https://money.udn.com/money/story/5599/6227431>>。

兵棋是在戰術、戰役或戰略層面模擬戰爭的分析方式之一，常被運用於檢查作戰概念、培訓參謀、探索可能威脅因素，並進一步評估部隊計畫作為與各種方案對作戰的可能影響。美軍在不同階層有不同的指揮參謀作業計畫與執行流程，例如：

1. 「國家戰略階層」(National Strategy) — 「聯合作戰計畫暨執行系統」(Joint Operation Planning and Execution System, JOPES)；

2. 「軍事戰略階層」(Military Strategy) — 「聯合作戰計畫程序」(Joint Operation Planning Process, JOPP)；

3. 「作戰／戰術階層」(Operational/Tactical) — 分別為陸軍的「軍事決策程序」(Military Decision Planning Process, MDMP)、海軍的「海軍計畫程序」(Navy Planning Process, NPP)、陸戰隊的「陸戰隊計畫程序」(Marine Corps Planning Process, MCPP)。

由圖2比較分析中可以發現，各決

策階層的作業流程中，中間的核心步驟皆為「行動方案發展與分析比較」，需運用各種類型的兵棋推演工具。目前國軍多數高司單位是以電腦系統(Computer-Assisted Exercise, CAX)來執行兵棋推演，而其他基層單位通常都採人工、圖上研討方式(Table-Top Exercise, TTX)來實施，在前述各決策步驟中，「敵軍行動方案」(ECOAs)和「我軍行動方案」(COAs)均依據其基本概念而予以檢驗，敵軍行動方案發展乃基於敵軍能力、目的與我方對敵軍意圖的判斷；而我軍行動方案發展則是基於我軍任務和能力。在此步驟中，我們假定每個敵軍行動方案，都有戰勝我軍各個行動方案的可能，以分析其所可能產生的影響，此目的在建立完整的基礎，以確認行動方案的可行性。由上可知，兵棋推演可用以測試各種行動方案之可行性，提供行動方案的改進意見，而指揮官與其下級單位及幕僚人員可依照兵棋推演發現預期之外的關鍵事件、行動、需求或相關的問題後，據以修

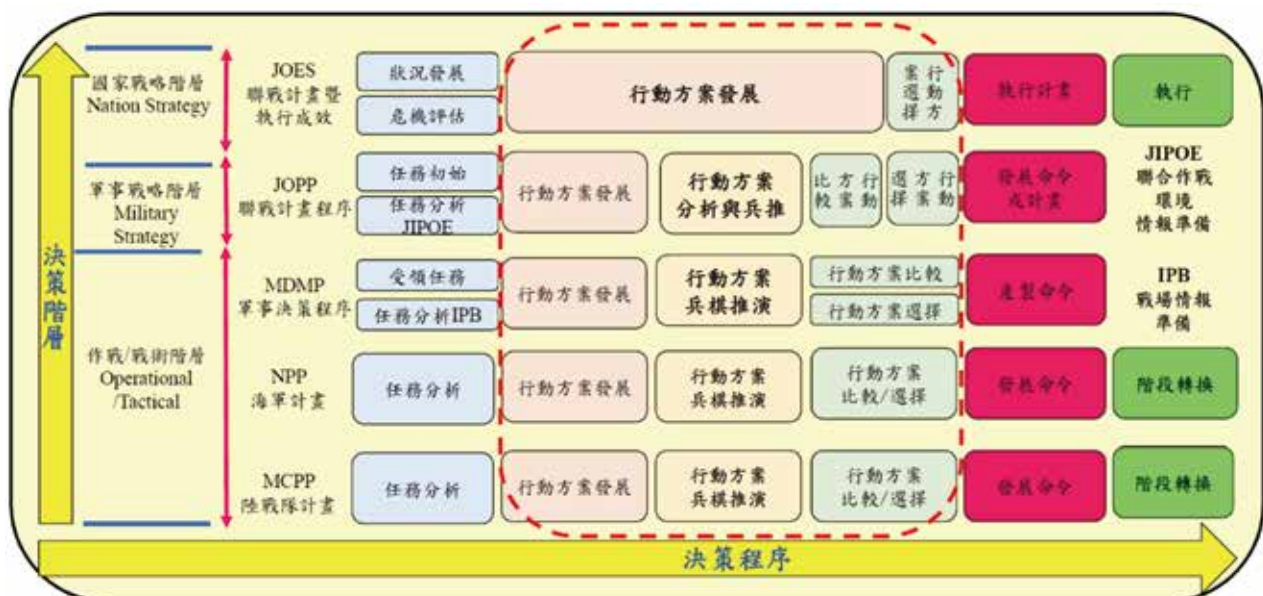


圖2 美軍不同軍種於不同階層之指參作業程序比較

資料來源：本研究自行繪製

改現有的行動方案。⁴⁵ 目前我國軍事教育訓練流路中，亦借鑑美軍各類指參作業概念，並運用兵棋做為計畫過程中，分析某一課目所涉及之各種行動方案可行性的重要方式之一，以確保最終決策品質。

(二)研究目的、流程與威脅評估

由於現行軍事計畫作為階段所採取的流程繁複，需透過指揮官、幕僚長、業務主管召開定期各類會議（包括作戰部門一戰場更新會議、作戰同步會議；未來作戰小組一指揮官戰場全景透視會議；情報部門一情蒐管理會議；火力單位一目標處理小組會議、目標審定會議等），以研擬各種行動方案與應處作為。⁴⁶

在研究目的部分，本文嘗試運用商規電腦兵棋COMMAND專業版(Command Professional Edition, CPE)軟體輔助進行決策訓練，類型上屬於教育／推演式「建構模擬兵棋」(Constructive)，因此將規劃一套教育課程設計流程，以利後續運用CPE軟體進行模擬。在研究流程設計上，本研究參考2023年美國國會針對美軍兵棋推演的考察報告意見，⁴⁷ 並結合美軍上述不同階層與類型的指參作業程序，進一步框列出「危機情勢評估」(Crisis Assessment)、「敵我行動方案發展」(COAs Development)、「行動方案兵推與模擬」(COAs Gameplay)、「分析比較選擇」(Results Analyses)，以及「決心下達與執行」(Decision Making)等五個決策分析步驟。以下

依序說明如何藉商規電腦兵棋來輔助決策訓練。（如圖3）

1. 「危機情勢評估」與「敵我行動方案發展」部分

中共解放軍海軍的外圍民間組織《艦船知識》雜誌，曾於2020年7月刊載「祖國統一之戰的仿真推演」專題，運用CMO及TOAW等商用軟體模擬在美國未介入的狀況下，對臺進行侵略攻擊，依序以強制隔離、打擊及侵臺登陸作戰等想定推演；其中在進犯的第一波階段，除以東風系列飛彈攻擊我機場、防空陣地與指管設施，同步派遣殲-10C、殲-11、殲-16、殲-20、蘇愷30及蘇愷35等具備對空攔截、對地攻擊及匿蹤能力之空中兵力執行任務；⁴⁸ 本文參考國軍「作戰重心」(Center of Gravity, COG)概念，進一步比對我國防部2023年1月迄2024年4月的「即時軍事動態—我西南空域空情動態」資料數據，此期間共軍以殲10、殲11、殲16、蘇愷30及蘇愷35等五型戰機襲擾次數最為頻繁（僅統計戰鬥機次數，轟炸機、電偵機、預警機等不納入計算），復考量目前共軍近年加速列裝戰略轟炸機及高運量大型運輸機，以完備「制空威懾打擊」與「戰略投送、全域反應」全方位空戰武力，相關內容與前揭之侵臺想定方案相近，故選定解放軍東部戰區空軍此五類戰機為當前對我威脅最大之機型，並選取部分機型以作為後續模擬之假想敵。因上述共軍侵臺模擬屬戰役層級的作戰

45 美國海軍戰爭學院聯合作戰部門編著，盧文豪譯，《聯合作戰計畫程序作業手冊》(Joint Operation Planning Process Workbook)（桃園市：國防大學，2019），頁4-2。

46 胡世傑，〈紅藍JCATS兵推戰術運用評析與體認〉，《陸軍裝甲兵季刊》，第232期，2020年，頁50-51。

47 United States Government Accountability Office (U.S. GAO), DEFENSE ANALYSIS Additional Actions Could Enhance DOD's Wargaming Efforts, April 2023, p. 6.

48 蘇磊等，〈專題—祖國統一之戰的仿真推演〉，《艦船知識》，2020年7月，頁28-43。



圖3 國軍軍事計畫作為階段流程

資料來源：轉引自胡世傑，〈紅藍JCATS兵推戰術運用評析與體認〉，《陸軍裝甲兵季刊》，第232期，2020年，頁50。

想定，本文囿於時間與空間限制，為聚焦如何應用商規兵棋輔助決策之個案探討，後續將擷取部分場景，著重於戰鬥階層中，我方如何在現有的資源下，運用不同戰術戰法以獲取相對優勢的攻防模擬分析。

2. 「行動方案兵推與模擬」部分

確認最大威脅與敵可能行動方案後，考量空中作戰也可運用防空飛彈（如地對空飛彈）、艦載及陸基防空飛彈等方式進行，戰機制空並非唯一選項，而其中影響變數甚多，鑑於本研究以「運用商規兵棋輔助決策」為分析論述主軸，考量篇幅與資源相關因素，故簡化模擬架構與流程，僅選定「我主力戰機應對共軍第四代戰機之空戰交

換比」為主題，其餘潛在變數則列為研究限制，相關變項亦可作為後續進一步分析的個案探討議題；此外，空戰區域則選定在近幾年解放軍軍機擾臺密度最高的地區「西南空域」為模擬範圍（空域經緯度：A：23.6153 24N、118.412374E；B：23.323710N、118.98 5983E；C：22.558788N、118.280647E；D：22.982196N、117.502587E）；另配合運用國防安全研究院購置之CPE軟體，以內建的裝備參數（DB3000版）及裁決規則，除將我國現有IDF、幻象2000及F-16戰機三型主力戰機與中共五型戰機，實施單一機型4對4空中交戰模擬，⁴⁹進一步以F-16戰機搭配不同的作戰方案，並各以蒙地卡羅法實施30次模擬，

49 本空戰交換比模擬之戰機數量選擇，係參考我國空軍「天龍操演」模擬空戰課目中，空軍4架幻象2000戰機迎擊扮演紅軍的4架F-16戰機之配比模式。呂炯昌，〈空軍模擬空戰 F-16不敵幻象2000〉，《今日新聞》，2023年1月11日，<<https://tw.news.yahoo.com/%E7%A9%BA%E8%BB%8D%E6%A8%A1%E6%93%AC%E7%A9%BA%E6%88%B0-f-16%E4%B8%8D%E6%95%B5%E5%B9%BB%E8%B1%A12000-032442626.html>>。

將其產出之交換比值，納為決策程序中行動方案分析、比較之參考。

3. 「分析比較選擇」以及「決心下達與執行」部分

最後在「分析比較選擇」以及「決心下達與執行」部分，各類行動方案模擬產生的數值，可用於綜合比較各項因素變化所相應產生的交換比值，依此來分析整個決策程序中，我方可以運用哪些手段、應對策略來彌補武器裝備效能與數量上的不足；另一方面，在整個過程中，學生由於需不斷檢視目標、威脅評估排序、想定發展、行動方案分析比較等過程中的每一個環節，無形中亦強化決策邏輯思維，激發不同的想法，並可

找出未被發掘的議題。同時，行動方案分析強調關鍵性行動的必要性，可使人員對可能衝突場景產生熟悉感，而量化模擬數據的提供，更可與質化分析結果併用，以獲得最佳之行動方案。本研究流程如圖4所示。

肆、想定場景設計與分析

一、各類想定場景設定

(一)「場景一」紅藍軍單一機種對抗交換比模擬

藍軍IDF（攜掛TC-1及TC-2空對空飛彈）、幻象2000（攜掛魔法及雲母空對空飛彈）及F-16V（攜掛AIM-120C-7及AIM-9X空對空飛彈），分別對戰殲-10（攜掛霹

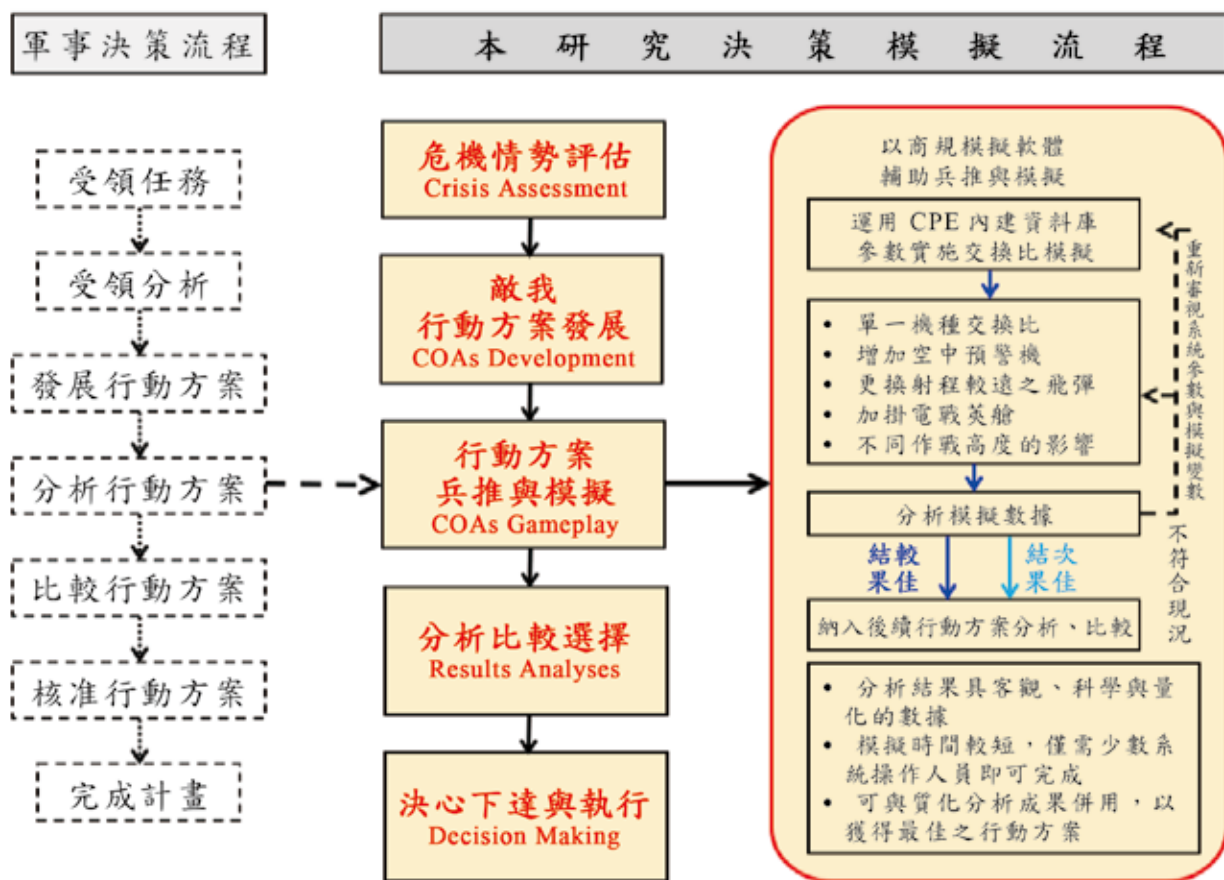


圖4 本研究決策模擬流程圖

資料來源：本研究繪製

霹靂-10、霹靂-12型空對空飛彈)、殲-11(攜掛霹靂-10、霹靂-12型空對空飛彈)、殲-16(攜掛霹靂-8C、霹靂-12型空對空飛彈)、蘇-30MKK(攜掛AA-11、AA-12型空對空飛彈)以及蘇-35K(攜掛AA-11、AA-12型空對空飛彈)之交換比模擬。

(二)「場景二」紅藍軍單一機種對抗交換比模擬(搭配空中預警機)

F-16V(攜掛AIM-120C-7及AIM-9X空對空飛彈)搭配E-2K及E-2D(假設已籌獲)空中預警機,對戰殲-11(攜帶霹靂-10、霹靂-12型空對空飛彈),以及殲-16(攜帶霹靂-8C、霹靂-12型空對空飛彈)之交換比模擬。

(三)「場景三」紅藍軍單一機種對抗交換比模擬(搭配空中預警機及新型空對空飛彈)

F-16V攜掛AIM-120D(新型空對空飛彈,假設已籌獲)及AIM-9X空對空飛彈,分別搭配E-2K及E-2D(假設已籌獲)空中預警機,對戰殲-11(攜帶霹靂-10、霹靂-12型空對空飛彈),以及殲-16(攜帶霹靂-8C、霹靂-12型空對空飛彈)之交換比模擬。

(四)「場景四」紅藍軍單一機種對抗交換比模擬(搭配電戰莢艙)

F-16V攜掛AIM-120C-7及AIM-9X空對空飛彈,並吊掛AN/ALQ-211(V)4電戰莢艙,對戰殲-11(攜帶霹靂-10、霹靂-12型空對空飛彈),以及殲-16(攜帶霹靂-8C、霹靂-12型空對空飛彈)之交換比模擬。以下為本研究進行之想定場景設計架構圖。(如圖5)

二、模擬比較分析

(一)單一機種交換比模擬結果矩陣(各

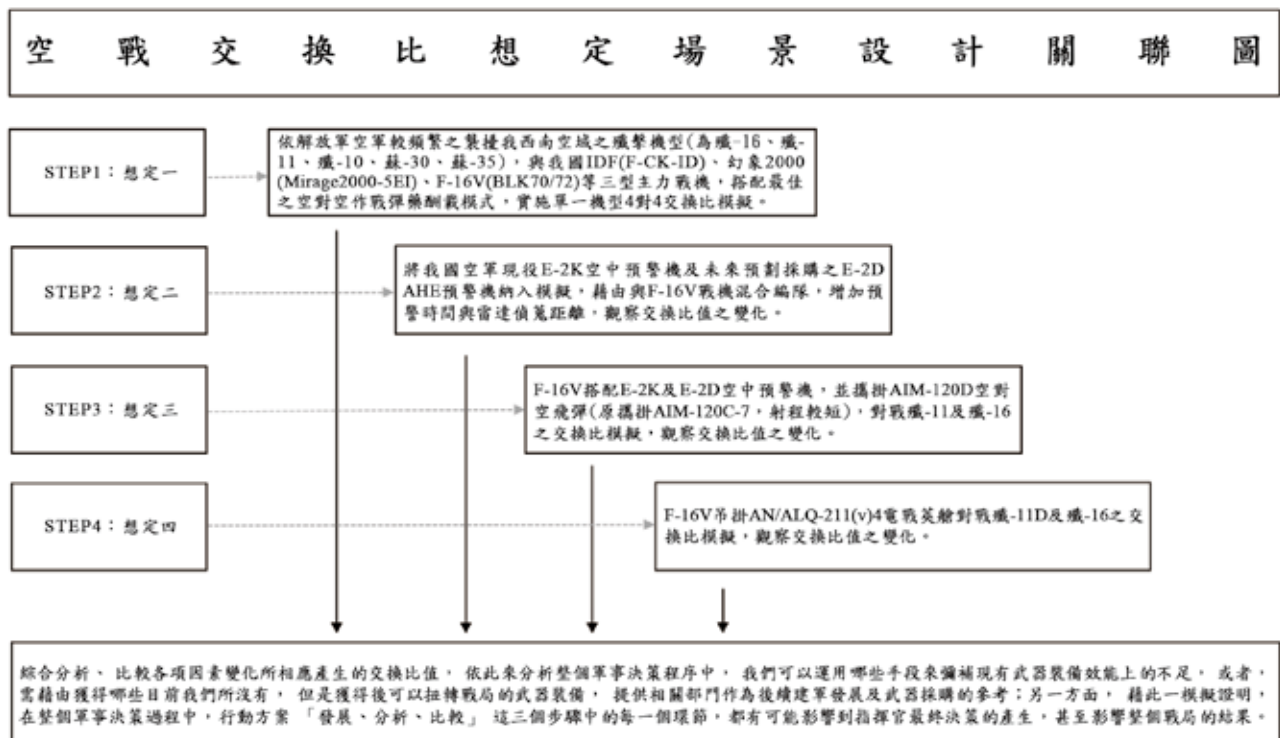


圖5 空戰交換比想定場景設計關聯圖

資料來源:本研究繪製

以蒙地卡羅法模擬30次)

模擬結果說明：在運用蒙地卡羅法實施30次的模擬中，紅、藍軍分別出動了120架次的戰機（每一次的模擬都是4對4的組合；故4架×30次等於120架次）實施對戰，其中IDF在30次的模擬過程中，共遭擊落82架；殲-10C在30次的模擬過程中，遭擊落45架，所以得出82:45的數值，故經相除換算得出此兩種機型的交換比值為1.82:1，意謂藍軍的IDF戰機平均需要1.82架才能換取紅軍殲10-C戰機1架，因此矩陣表內15種對戰組合中，經初步模擬結果可看出，藍軍僅在由幻象2000對上J-10C及F-16V對上J-16戰機這2種組合時，才有獲得些微交換比上的優勢，另外13種組合都是由紅軍戰機取得交換比上的優勢，這些數據都將納入後續分析比較項目，以探討其真正的原因與應對方法。

（二）搭配空中預警機的模擬分析比較結果

依據模擬結果顯示，F-16V在未搭配預警機的狀況下，與J-11及J-16的交換比分別為2.45:1及1:1.03，但在搭配E-2K及E-2D預警機之後，對戰J-11的交換比提升為1.71:1及1.41:1；對J-16更是提高至1:2.08及1:1.74，顯示搭配空中預警機的作戰方式，可提升F-16V雷達對於外來空中目標的偵獲能力，並增加視距外作戰效能。

傳統空戰有所謂的「三先」原則，也就是所謂「先敵發現、先敵發射、先敵命中」，而如今的空戰武器科技已經與當時截

然不同，現代的空中優勢依靠「先進的雷達航電系統、匿蹤效果（低RCS值）和視距外空對空飛彈」，因此，第四先「先敵脫離」原則也因其產生。所以，當戰機搭配具遠距偵蒐能力的空中預警機，即可實現「先敵發現」的功能，若再配備射程遠、速度快並具備射後不理的主動雷達導引功能之空對空飛彈後，即實現了現代空戰中的「四先」原則，可大幅提升空戰勝率及飛行員之安全。

但目前我國空軍擁有的E-2K預警機，與美軍現役的「先進鷹眼」E-2D最大差異，除了未裝備可反制隱形戰機的AN/APY-9「先進超高頻相位陣列雷達」外，另一項關鍵要素就是不具備「協同接戰能力」(Cooperative Engagement Capability, CEC)，具備CEC能力的預警機可以把偵測到的訊號傳給其他武器載台，若國軍有具備CEC能力的E-2D預警機，可在偵測到共機訊息後，可以藉由Link-11或Link-16數據鏈路將戰場資訊以傳遞給友機或海上與地面火力單位，讓友軍船艦或戰機更早知悉戰場動態，進而對來犯者預先發起攻擊。⁵⁰顯示未來若籌獲具備CEC能力的E-2D先進預警機，不僅能提高空防偵測能力，也能大幅提升軍機、軍艦和地面作戰部隊即時情資交換及共同戰術圖像運用效能。⁵¹

（三）搭配高性能空對空飛彈模擬分析比較結果

藍軍F-16V在調整攜掛為AIM-120D空對空飛彈後，再搭配E-2K及E-2D預警機對

50 劉宇捷，〈可望監控殲-20 E-2D可望更便宜 空軍：刻正向美方詢價〉，《自由時報》，2024年6月14日，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4705028>〉。

51 宋磊，〈E-2D空中預警機配備先進雷達系統美航艦打擊群千里眼〉，《青年日報》，2022年5月30日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1504602&type=forum>〉。

戰J-11及J-16戰機，交換比值呈現出壓倒性的變化。

早期戰鬥機飛行員在空戰中，多依靠目視判斷及機砲為主要武器，但人類視覺的有效範圍最遠僅2海里（約3.7公里），近年由於雷達和其他偵測範圍、飛彈性能和通信技術的進步，使戰鬥機飛行員能夠透過雷達迅速搜索更大範圍的空域，並在超視距外(BVR)對敵機進行攻擊，因此當前空戰高達九成決勝於目視距離之外，而中長程空對空飛彈就成為擊殺敵方戰機的重要武器。⁵² 依模擬數據顯示，攜掛AIM-120D飛彈的F-16V戰機，再搭配E-2K及E-2D預警機之後，對戰J-11的交換比為1:119及0:120；對J-16為0:117及0:120，鑑於本研究所運用之CPE軟體目前受到包括美軍等23個國家、150多個政府和軍事組織專業運用，其內建之數據資料庫具一定之權威性，因本研究設計本身的自變數係以「空中預警機」及「先進中程AIM-120D空對空飛彈」進行搭配，相對於紅軍的4機單純編制，本來就具備優勢，而模擬數據係分別透過蒙地卡羅法實施30次模擬運算產生，相對來說，其產製之交換比仍具有一定之參考價值，亦顯示空中作戰過程中，適切運用「空中預警機」及「先進中程AIM-120D空對空飛彈」等可增加空中預警與作戰能力做戰配置，將會對空戰交換比數據造成影響。

以F-16V原本攜掛的AIM-120-7飛彈與J-11及J-16攜掛的PL-12性能概為均勢，且紅軍戰機掛彈量較多，對藍軍而言不易獲得

顯著優勢；但在換上AIM-120D飛彈後，藍軍在30次的模擬中幾乎都是在沒有戰損的情況下全殲紅軍戰機，可見飛彈性能的優劣是決定空戰勝負至關重要的因素之一。且AIM-120D-3飛彈在雷神公司依據美軍最新需求改良後，除將最大射程增加至160公里外，並透過優異的離軸機動能力與接戰距離，使其在對抗新型匿蹤戰機時，能有效確保作戰優勢。⁵³

國軍升級的F-16V以及向美新採購的F-16C/D Block70正逐步成軍，本次模擬發現在影響空戰交換比的各項因素中，空對空飛彈性能扮演重要角色，我軍最新機種在掛載未來將接裝的新型飛彈，對抗共軍殲-11與殲-16型戰機（均掛載霹靂-12型飛彈），模擬結果僅獲均勢；而共軍新型霹靂-15型飛彈已經服役，並可掛載於殲-11BS/H、殲-15、殲-16、殲-20等型戰機，面對共軍持續強化殲擊機與各類型電戰機、空中預警機、電子偵察機、空中加油機、戰略運輸機的整合訓練，對我空軍威脅遽增，未來若能繼續籌獲各類新型飛彈，以具備更長的射程及較佳之抗電子干擾與攻擊能力，有助我方飛行員先發制人，提升戰機視距外作戰效能。

(四)搭配高性能空對空飛彈模擬分析比較結果

電戰莢艙可區分為內置式及外掛式，雖然型式不同但在用途上都可用來電子偵測支援、導航、追蹤及標定、電子反制，甚至具有多波段雷達訊號處理能力，可直接

52 杜長青、余浩銘，〈CMO模擬F-16戰機運用新型飛彈提升視距外作戰效能之研究〉，《國防情勢特刊》，第36卷第1期，2023年，頁83。

53 賴明倫，〈強化空戰優勢20國採購雷神「AIM-120D-3」飛彈〉，《青年日報》，2022年9月4日，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1530421&type=vision>>。

對敵人的雷達、飛彈尋標器實施干擾，讓對方武器無法有效鎖定而失效，形同看得到打不到，大幅提高戰機存活率。⁵⁴ F-16V在吊掛電戰莢艙後，對戰J-11的交換比值，較未吊掛電戰莢艙有所提升；但因J-16本身就具備主（被）動電子反制功能，因此在數值呈現上並無明顯差異。

目前我國空軍ALQ-184(V)11電戰莢艙，但因該型電戰莢艙不具「數位射頻記憶」(Digital Radio Frequency Memory, DRFM)技術，⁵⁵ 對於新一代防空飛彈射控雷達、飛彈尋標器所使用的「單脈衝測角」等技術已經無力反制。直至2017年空軍向美軍提出12套具DRFM購型之ALQ-131電戰莢艙，但因ALQ-131電戰系統與AN/APG-83 AESA雷達的電子訊號易相互干擾並會影響僚機，相容性的驗證未通過作戰測評，最終未能完成採購。⁵⁶

本項模擬中所使用之AN/ALQ-211A(V)4電戰莢艙，為美國L3Harris公司的產品，近幾年ALQ-211系統持續研改，可提高系統性能，縮小體積與輕量化，簡化未來電子偵測支援、電子反制等性能在升級上的彈性。經美軍國防部同意，正式將ALQ-211性能提升型重新命名為AN/ALQ-254(V)1電戰系統，亦是我國新購66架F-16 C/D Block 70內置式電

戰系統的選項之一。

該電戰系統具備雷達預警接收器(Radar Warning Receiver, RWR)與新型AN/APG-83 AESA主動式相列雷達系統提高其偵蒐能量，該系統的「數位射頻記憶體」(DRFM)技術干擾器，能模擬出幾可亂真的假訊號發送回去給敵方雷達，增加其防禦能量，成為完整的戰機電子作戰系統。

(五)各種方案綜合比較分析

「空中優勢」(Air superiority)在現代戰爭中變得越來越重要，影響空軍現代空中作戰的防禦性制空(Defensive Counter Air, DCA)的要素，包含戰機特性、雷達性能、航電裝備、武器夾艙、空戰技巧、電子作戰裝備、飛行員訓練等諸多變項。美國空軍在歷年的空戰中，歸納出關鍵因素包括戰機可由鄰近且安全的基地起飛、視距外(BVR)進行空中打擊、隱形匿蹤(stealth)、精準導引(Precision-Guided Munitions, PGM)彈藥、現代化指揮管制決策、機群數量優勢、作戰主動性等面向。⁵⁷

而整體評估戰機在空中對戰的能力，則以戰機交換比加以計算（意指我國一架戰機平均可以擊落敵方幾架飛機）。本次透過CPE模擬進行相對性能優劣比較的分析方式，研究空戰交換比的變化，因此，透過軟

54 林俊宏，〈尖端武器護臺5國軍戰機空戰開「外掛」 敵人看得到打不到〉，《鏡周刊》，2022年3月16日，〈<https://www.mirrormedia.mg/story/20220315inv006/>〉。

55 DRFM具射頻信號存儲及轉發的功能，在干擾應用中可對接收的信號進行高速採樣、存儲、干擾調製處理和複製，提高了新一代電子對抗的能力，DRFM技術可對脈壓(PC)、脈衝都卜勒(PD)、合成孔徑(SAR)等型雷達實施干擾。

56 中華民國監察院，〈空軍率爾向美採購電戰莢艙，核與立法院決議未盡相符，監察院促國防部檢討改進，以維護國家權益（監院新聞稿）〉，2018年9月20日。

57 Stillion, John, and Scott Perdue, *Air combat past, present and future* (Pittsburgh: RAND Project Air Force, 2008), pp. 3-4.

體針對進行交戰的敵我雙方機型進行模擬，經蒙地卡羅法實施30次模擬運算後，計算雙方被擊落的次數，經相除後，即為敵我雙方在空戰模擬中多機（多次）對抗中的平均累計戰果。

經過電腦兵棋的模擬，可使決策者瞭解到藍軍與紅軍戰機在相對性能及空戰交換比上的差異，但仍可藉由搭配空中預警機、掛載先進中程空對空飛彈、吊掛電戰莢艙實施電子戰反制，以及調整戰機飛行高度先期佔領有利空域等不同想定設計，來觀察模擬數據變化情形。從五個模擬想定中，可看出不同變數加入後交換比間的差異，其影響程度由高至低依序為（如圖6）：AIM-120D中程空對空飛彈>空中預警機>電戰莢艙，決策者可藉由模擬結果瞭解各項武器裝備對於空戰的影響後，就能在資源有限與效益極大化的原則下，於任務派遣之前做出較佳決策，提高任務執行成功公算。

伍、結 語

美國前國防部副部長鮑伯·沃克(Bob Work)曾倡議，考量中國大陸、伊朗、俄羅斯這些外在威脅和競爭者試圖以各種正規、不對稱、多維度方法擊敗美軍；為了應對這樣的挑戰，美軍必須在實驗、包容異議和冒險的文化中擁抱「創新」(Innovation)，美國國防部近年積極透過兵棋推演來開發創新的作戰概念以肆應未來戰爭模式，並採取三項步驟來強化具體成效，包括於2015年成立「國防部兵棋推演協調小組」(Defense Wargaming Alignment Group, DWAG)來統合作業資訊與資源；建立跨軍種、作戰司令部與模擬中心的「兵棋推演共享資料庫」；以兵棋推演探索盟軍聯戰能力並整合作戰體系。此外，美國戰爭學院與其他教育體系也應鼓勵創新思維，提供商業兵推等各種兵推課程，以強化專業軍事教育，使未來的決策

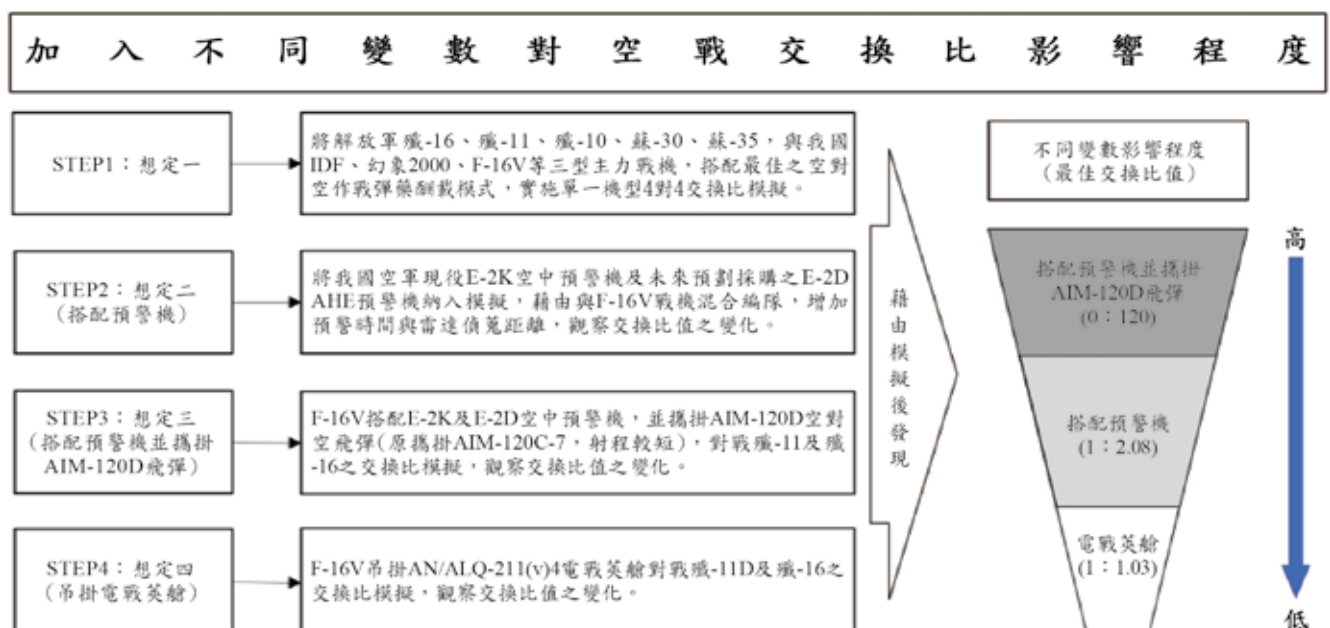


圖6 不同變數對空戰交換比影響程度圖

資料來源：本研究繪製

者更加卓越。⁵⁸

鑒於中共領導人習近平於2022年對我國發動軍改之後規模最大的軍演，該次的「圍臺軍演（中共稱為東部戰區封島式聯合軍事行動）」是過去數十年來最挑釁的舉動，而後不斷執行「聯合封控」、「圍島鎖臺」與「戰備警巡」等軍事行動，已形成推升區域緊張態勢的「新常態」(New Normal)。對我國來說，面對逐次升高的危機與中共威脅，國軍必須加強各項建軍備戰與教育訓練作為，而運用多元的兵棋推演及模擬工具來協助模擬各種行動方案，可以針對戰場環境感知、作戰計畫與雙方戰力等複雜的問題實施研析，磨練人員適應瞬息萬變的戰場景況，強化參謀方案比較分析邏輯思維，輔助決策者在高度變動的狀況中做出適切的判斷與決策。考量目前國軍所運用的兵棋模擬工具，多數均存在取得不易、技術門檻高、操作介面複雜且參數資料機敏等限制，更重要的原因是這些模擬工具都建置在高司單位，基層部隊不容易接觸，相較之下，商規版模擬軟體具有低成本、獲得容易、高視覺效果、操作介面簡易、應用層面廣泛等特性，接受程度相對較高，有利於決策教育訓練的推廣。

此外，本研究嘗試簡化軍事指參作業程序概念並建立一般決策流程，並運用商規軟體COTS來進行分析，更有助於推廣全民國防教育理念，讓國人對於區域安全情勢以及中共軍事威脅有更多的瞭解，而商規COTS獨特的視覺化與擬真效果，可打破傳統兵棋推演給予外人神秘而無法接近的藩籬，透過

適切而嚴謹的「危機情勢評估」等五個步驟的決策流程規劃，在類似CPE等相關軟體工具趨近實況的系統參數設定下，所獲得的結果具有一定的參考分析價值，不僅可作為後續學術研究參考，在整體模擬分析過程中，亦可使相關人員學習到跨部門／領域的整合性專業知識，以及風險、威脅評估的排序、想定設計、軟體操作、數據分析解釋等完整決策評估邏輯，適合運用作為教育訓練課程或一般民眾提升全民國防認知的運用工具選項，充分發揮「商用現成」(COTS)軟體／系統的全民國防推廣效果。

（收件：113年2月1日，接受：113年9月6日）

58 DOD News, Work: Wargaming Critical in Dynamic Security Environment, *U.S Department of Defense*, Dec. 11, 2015, <<https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/633892/work-wargaming-critical-in-dynamic-security-environment/>>.

參考文獻

中文部分

專書

- 何昌其，2011。《戰術兵棋發展應用研究》。北京：解放軍出版社。
- 翁明賢，2019。《兵棋推演一意涵、模式與操作》。臺北：五南出版社。
- 國防大學軍事學院編修，2004。《國軍軍語辭典（九十二年修訂版）》。臺北：國防部。

期刊論文

- 杜長青、余浩銘，2023年，〈CMO模擬F-16戰機運用新型飛彈提升視距外作戰效能之研究〉，《國防情勢特刊》，第36卷第1期，頁83。
- 林傳凱，2023年3月，〈國防安全研究院模式模擬與兵棋推演發展目標〉，《國防情勢特刊》，第25期，頁24-26。
- 林傳凱、謝沛學，2023年3月，〈電腦兵棋系統運用於公部門之主要趨勢〉，《國防情勢特刊》，第25期，頁38-39。
- 林煜庭，2017年，〈偵蒐模擬系統訓練運用與未來精進方向〉，《陸軍裝甲兵季刊》，第242期，頁146。
- 美國海軍戰爭學院聯合作戰部門編著，盧文豪譯，2019年，《聯合作戰計畫程序作業手冊》(Joint Operation Planning Process Workbook)（桃園市：國防大學），頁4-2。
- 胡世傑，2020年，〈紅藍JCATS兵推戰術運用評析與體認〉，《陸軍裝甲兵季刊》，第232期，頁50-51。

- 郁瑞麟，2022年，〈共機擾臺頻次增加與模式轉換的軍事觀點〉，《展望與探索》，第20卷第2期，頁70-71。
- 國防部整合評估司，2023年1月，〈2022年美國「模式模擬教育訓練年會(I/ITSEC)」出國報告〉，頁7。
- 謝沛學，〈美國蘭德公司與陸戰隊戰爭學院兵推 透露什麼訊息〉，《國防安全週報》，第45期。
- 謝沛學，2020年7月，〈從遊戲到實戰：商規兵棋軟體如何協助軍事分析與訓練〉，《國防安全雙週報》，第6期，頁41。
- 謝沛學，2021年9月，〈接連慘敗的美軍兵推透露了什麼訊息〉，《國防安全雙週報》，第6期，頁27。
- 謝沛學，《2023國防科技趨勢評估報告—國防產業新動力》，〈第七章 美中的科技競爭與兩用技術以「電腦兵棋」為例〉（臺北：國防安全研究院），頁101-106。
- 簡定華等，2013年，〈國軍合成化戰場環境規劃與建置—陸軍旅、營級操演合成化戰場雛型設計〉，收錄於《第十屆國際軍事作業研究與模式模擬論壇》，國防部整評司，頁32。
- 蘇磊等，2020年7月，〈專題—祖國統一之戰的仿真推演〉，中國大陸《艦船知識》，頁28-43。

官方文件

- 中華民國監察院，〈空軍率爾向美採購電戰莢艙，核與立法院決議未盡相符，監察院促國防部檢討改進，以維護國家權益

(院新聞稿)〉，2018年9月20日。

網際網路

江旻杓，〈對所謂「祖國統一之戰的仿真推演」的評析〉，2020/7/3，《國防安全研究院》，<<https://indsr.org.tw/focus?typeid=24&uid=11&pid=62>>。

呂炯昌，〈空軍模擬空戰 F-16不敵幻象2000〉，《今日新聞》，2023/1/11。<<https://tw.news.yahoo.com/%E7%A9%BA%E8%BB%8D%E6%A8%A1%E6%93%AC%E7%A9%BA%E6%88%B0-f-16%E4%B8%8D%E6%95%B5%E5%B9%BB%E8%B1%A12000-032442626.html>>。

宋磊，〈E-2D空中預警機配備先進雷達系統 美航艦打擊群千里眼〉，《青年日報》，2022/5/30。<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1504602&type=forum>>。

林俊宏，〈【尖端武器護臺5】國軍戰機空戰開「外掛」 敵人看得到打不到〉，《鏡周刊》，2022/3/16。<<https://www.mirrormedia.mg/story/20220315inv006/>>。

軍武頻道，〈日美聯合模擬軍演 首將中國列為假想敵〉，《自由時報》，2024/2/5。<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4572415>>。

國防大學，〈多國參軍參與國防大學國際學院「第十三屆跨國危機決策競賽」有效提升印太區域安全與合作意識〉，2024/2/7。<[https://www.facebook.com/story.php/?story_fbid=781949997300867&id=100064576214239&paipv=0&eav=AfZSzRzTDD_SS83zrCq25ruujGiLMimvaF-](https://www.facebook.com/story.php/?story_fbid=781949997300867&id=100064576214239&paipv=0&eav=AfZSzRzTDD_SS83zrCq25ruujGiLMimvaF-yvRpUuSEqE7o1sPDO_W_LQjrU2mEq9so&_rdr)

[yvRpUuSEqE7o1sPDO_W_LQjrU2mEq9so&_rdr](https://www.facebook.com/story.php/?story_fbid=781949997300867&id=100064576214239&paipv=0&eav=AfZSzRzTDD_SS83zrCq25ruujGiLMimvaF-yvRpUuSEqE7o1sPDO_W_LQjrU2mEq9so&_rdr)>。

張佑生，〈美國防部兵棋推演中共犯臺四種不同場景定輸贏〉，《經濟日報》，2022/4/9。<<https://money.udn.com/money/story/5599/6227431>>。

游凱翔，〈漢光演習圖上兵推登場 國防部：烏俄戰爭納入想定〉，《中央社》，2022/5/16。<<https://www.cna.com.tw/news/aip/202205160027.aspx>>。

黃子杰，〈強化國軍備戰 中科院開發逾240套模擬系統〉，《Yahoo新聞》，2023/5/30。<<https://tw.news.yahoo.com/%E5%BC%B7%E5%8C%96%E5%9C%8B%E8%BB%8D%E5%82%99%E6%88%B0-%E4%B8%AD%E7%A7%91%E9%99%A2%E9%96%8B%E7%99%BC%E9%80%BE240%E5%A5%97%E6%A8%A1%E6%93%AC%E7%B3%BB%E7%B5%B1-062600169.html>>。

劉宇捷，〈可望監控殲-20 E-2D可望更便宜 空軍：刻正向美方詢價〉，《自由時報》，2024/6/14。<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4705028>>。

賴明倫，〈強化空戰優勢20國採購雷神「AIM-120D-3」飛彈〉，《青年日報》，2022/9/4。<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1530421&type=vision>>。

外文部分

專書

Colonel Lalit K. Piplani et al., *Systems Acquisition Manager's Guide for the use of Models and Simulations* (Defense System Management

College, 1994).

Max H. Bazeman, *Judgment in Managerial Decision-Making* (New York: John Wiley and Sons, 2002), p. 2.

Stillion, John, and Scott Perdue, *Air combat past, present and future* (Pittsburgh: RAND Project Air Force, 2008), pp. 3-4.

Yuna Hnon Wong etc., "Next Generation Wargaming for the U.S. Marine Corps: Recommended Courses of Actions," *RAND Corporation*.

期刊論文

Minguela-Castro, G., Heradio, R., & Cerrada, C., 2022/4. "Automated Support for Battle Decision Making: A Systematic Literature Review." *Military Operations Research*, Vol. 27, No. 4, 2022, pp. 5-24, <<https://www.jstor.org/stable/27182470>>.

Perla, Peter P. "What Wargaming Is and Is Not." *Naval War College Review* 38, 1985, no. 5, p. 74.

Yıldırım, Uğur Ziya. "Military Operations Research: Origins, Recent Past, and Present". *Türk Savaş Çalışmaları Dergisi*. 2021, Vol. 2, no. 1, pp. 2-3.

官方文件

2023-2025 Army People Strategy: Military Implementation Plan 2.0, *U.S. Army*, 1 Oct. 2022, p. 53.

US Department of Defense, "DoD Fiscal Year 2024 Budget Request," US DoD Office of the Under Secretary of Defense," March 2023, pp. 3-13.

網際網路

Andrew Hercules, "Chess History: Where Was Chess Invented," *Hercules Chess*, <<https://herculeschess.com/where-was-chess-invented/>>.

Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction, "Officer Professional Military Education Policy (CJCSI 1800.01F)," Joint Chiefs of Staff, 15 May 2020, <<https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Library/Instructions/CJCSI%201800.01F.pdf>>.

CMO, "Command Professional Edition: 23 nations, 150+ orgs, 3000+ users," *Command Modern Operation*, 2024, <https://command.matrixgames.com/?page_id=3822>.

DOD News, Work: Wargaming Critical in Dynamic Security Environment, *U.S. Department of Defense*, Dec. 11, 2015, <<https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/633892/work-wargaming-critical-in-dynamic-security-environment/>>.

Jeremiah Rozman, "The Synthetic Training Environment," *ASSOCIATION OF THE UNITED STATES ARMY*, Dec. 2020, pp. 1-2, <<https://www.ausa.org/sites/default/files/publications/SL-20-6-The-Synthetic-Training-Environment.pdf>>.

JTLS-GO官網, <https://www.rolands.com/jtls/j_over.php>.

Katie Terrell Hanna, COTS, MOTS, GOTS and NOTS, *TechTarget*, <<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/COTS-MOTS-GOTS-and-NOTS>>.

Off-the-Shelf Solutions for the Battlefield,

Army Technology, May 12, 2008, <<https://www.army-technology.com/features/feature1918/#:~:text=COTS%20is%20the%20application%20commercial%20off-the-shelf%20products%20as,development%20costs%2C%20equipment%20costs%20and%20obsolescence%20would%20occur>>.

Rajesh Uppal, "*US Army's future training capability is the Synthetic Training Environment (STE) to conduct realistic multi-echelon/multidomain battles and mission command training*," IDST, June 13, 2023, <<https://idstch.com/military/army/us-armys-future-training-capability-is-the-synthetic-training-environment-ste-to-conduct-realistic-multi-echelon-multidomain-battles-and-mission-command-training/>>.

The Increasing Role of COTS in High-Fidelity Simulation, "*Military Aerospace Electronics*," Sept. 2, 2018, <<https://www.militaryaerospace.com/home/article/16707147/the-increasing-role-of-cots-in-high-fidelity-simulation>>.

U.S. Naval War College, <<https://usnwc.edu/Research-and-Wargaming/Wargaming>>.

UK's Combined Arms Tactical Trainer (UK CATT), <<https://www.lockheedmartin.com/en-gb/products/uk-combined-arms-tactical-trainer-uk-catt.html>>.

United States Government Accountability Office(U.S. GAO), DEFENSE ANALYSIS Additional Actions Could Enhance DOD's Wargaming Efforts, April 2023.

Virtual Battlespace 3, U.S ARMY, May 19, 2014, <<https://www.army.mil/standto/archive/2014/05/19/>>.

Warfighter, *The Role of Gamification in Military Training: Serious Games and their Applications*, APRIL 20, 2023, <<https://www.warfighterpodcast.com/blog/the-role-of-gamification-in-military-training-serious-games-and-their-applications/>>.