

DOI:10.53106/230674382025021141003

不只是演算法： 發展聯合醫療人工智慧能力

譯者/劉宗翰

審者/李亞偉、張枝成、王明嬋

提要

- 一、美軍軍陣醫學未來將面臨大規模作戰行動所造成大量的傷亡，既有的醫療能量與人工檢傷分類方式將不敷所需，值此AI科技迅速發展之際，軍方應善用科技手段，藉此發展可為聯合部隊所用的醫療AI能力。
- 二、發展醫療AI能力需統合各方專業與不同領域，美軍首先要建立一個醫療AI跨職能團隊，網羅相關的專家學者共同設立基礎，接著建立共同標準化的醫療數據基礎設施與數據字典，才能統合不同資料庫，最後為與聯合通信基礎設施的整合，並研擬低頻寬流量的傳輸方案。
- 三、醫療AI能力之建立，可望改善眾多軍陣醫學面向，諸如後送裝備選項決策支援、醫療站地理配置選定、醫療裝備與衛材及時供應，尤其是大規模戰傷分類演算法，將顯著戰傷救護能量，提升部隊戰場戰力再生。本文所提建立醫療AI能力的各項建議，殊值國軍相關單位參考。

關鍵詞：人工智慧、戰傷救護、第八類補給品、軍陣醫學

圖片來源：shutterstock



壹、前言

近期在「人工智慧」(Artificial Intelligence, 以下稱AI)領域的進展,凸顯該科技極具潛力可改善各方面的醫療事務。美軍聯合部隊在為大規模作戰行動做整備之際,預期傷亡數量將遠超過現有醫療能量,所幸AI可望大幅改善戰傷救護的諸多面向,其中包含最大程度發揮有限醫療能量。不過,由於軍隊獨特的作戰環境,軍陣醫學並無法依賴民間醫學來發展可直接用於戰傷救護的AI能力。鑑此,軍陣醫學需找出適合自身的戰略方法,藉此發展可為聯合部隊所用的醫療AI能力。

為達成此一目標,軍陣醫學首先須建立醫療AI跨職能團隊,方能為未來相關能力發展奠定基礎。該團隊尚須建立一個共同的數據字典,以協助軍陣醫學轉型為主動蒐集大量高品質資料的數位型組織,一旦完成這種基礎建設後,接續重點為轉向發展各類演算法,以利後送平臺決策支援、醫療站地理配置選定、第八類補給品需求預判,以及協助建立重要的高品質大量傷患檢傷分類法。由此可見,研擬一個專門策略來發展

醫療AI能力,顯然將有助於提升戰傷救護水準,並降低美軍聯合部隊的戰略風險。

貳、情境模擬

假設在2028年時,美國與敵軍爆發大規模作戰衝突。美陸戰隊步兵排受命機動至敵目標區發動攻擊,敵武裝無人機(自主式滯空彈藥)盤旋陸戰隊員上方,這些無人機在AI科技協助下,迅速確認排所在位置並將陸戰隊員列為攻擊目標,然後在無人為介入的決策過程下,多架滯空彈藥攻擊陸戰隊排,造成40名隊員的嚴重死傷。唯一未受傷的醫務士正面臨大量傷亡,醫療支援又鞭長莫及,他(她)應依何種先後次序實施救護?哪些人屬於初級醫療照護後可返回戰場?哪些人屬於需要醫療後送?問題接踵而來,然人類每次卻僅能有效記憶與處理四至七個訊息。¹ 鑑此,該名醫務士在備多力分情況下無法進行傷患優先排序、檢傷分類、治療及後送,且因無法及時提供救護援助,導致多名可救治傷患不幸陣亡。這個場景被敵方碩果僅存的一架戰場損害評估無人機全程拍下高清影

1 G.A. Miller, "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information," *Psychological Review* 101, no. 2 (April 1994), 343–352.

片，並迅速透過社群媒體傳播至美國公眾眼前，旨在打擊美國的戰略決心，成為敵軍對美軍遂行心理戰之一環。

這個情境模擬或許令人震驚，卻也反映當前美軍戰場醫療能力不足。所幸AI工具的強大能力發展，將有助於美軍提升該方面能力，甚至帶來一波戰場醫療革命，以提升戰傷救護能力，從而降低聯合部隊在大規模作戰行動中大量戰傷的戰略風險。

參、時代背景

在電腦運算能力逐漸強大、資料蒐集普及化及電腦科學日益精密化等時空背景下，刻正邁入第四次工業革命，該波變革浪潮顯著特色在於軟硬體系統的融合，帶動自主式系統與智能的建立，其中關鍵部分為AI被定義為有能力自行從原

始數據中獲取知識的系統，不同於依賴硬編碼的知識獲取途徑。² AI已成為第四次工業革命的核心要素，並對藝術、政治及社會等各面向產生影響。

AI優勢在於能快速準確處理龐大資料，這讓AI能辨識對人類而言過於複雜的模式，甚至其決策品質在某些領域中勝過人類。如在2016年名為AlphaGo的AI系統擊敗世界棋王（圍棋為自古中國流傳下來的棋盤遊戲），³ 然在此之前，許多人認為圍棋極具複雜性，機器是不可能在棋場上擊敗人類。

AI同時具有在諸多醫學面向大幅改善醫療體系之潛力，像是藉由改善藥物研發、放射學判讀、病患監測、文件紀錄等。目前AI已能準確判讀胸部X光片，⁴ 且其在影片判讀上深具潛力，甚至有人猜測AI可能會取代放射學影像解讀專業人員。⁵ AI還能藉由分析龐大資料，以加速

2 Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, *Deep Learning* (Cambridge, MA: MIT Press, 2016).

3 David Silver et al., “Mastering the Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search,” *Nature* 529, no. 7587 (January 28, 2016), 484–489.

4 Paras Lakhani and Baskaran Sundaram, “Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by Using Convolutional Neural Networks,” *Radiology* 284, no. 2 (August 2017), 574–582.

5 Katie Chockley and Ezekiel Emanuel, “The End of Radiology? Three Threats to the Future Practice of Radiology,” *Journal of the American College of Radiology* 13, no. 12, pt. A (December 2016), 1415–1420.

藥物發現過程，並識別可能的候選藥物及預測有效性；⁶ 再者，AI的可穿戴式智慧型裝置與遠端監測系統，可追蹤病患各項重要生命徵象，並在問題變得嚴重前向院方醫療人員發出警訊。⁷ 最後，AI可使各項行政作業自動化，諸如預約安排、醫療紀錄管理、處理保險理賠等，這也讓專業醫療人員有更多時間專注於病患照護。⁸

儘管AI有潛力推動醫療轉型，但也面臨一些顯著挑戰，諸如資料隱私權、演算法偏差，以及演算法做出高風險決策的道德考量。不過，藉由適當監管，AI可望提升病患照護並改善醫療流程。AI潛力為令人振奮的消息，所以軍陣醫學當前重要工作為建立運用該科技的基礎設施。

軍陣醫學在未來衝突期間將面臨的重大挑戰，為如何運用有限醫療能量，以處理接踵而來的大規模官兵傷亡，而廣

泛使用AI科技為解決醫療量能不足的重要解方。AI雖可協助各式各樣的醫療決策處理，但AI並非所有問題的萬靈丹，且在該實行前尚有一些待克服的問題，整體而言，AI（絕對）具可有效處理繁瑣醫療作業的潛力。

肆、作戰環境

由於當前彈藥已具備精準性與致命性，預期在大規模作戰行動下的部隊傷亡將超過軍陣醫學能量。舉例而言，當前預估數據指出，一支由9萬名官兵組成的美陸軍軍級部隊，在歷經八天戰鬥行動後的傷亡將高達5萬人。⁹ 在此背景下，軍下轄編制一個醫療旅，約有350病床量能，雖考慮額外的醫療層級一、二（Role I-II）量能（如表一），以及納入後備醫療單位的補充量能，但在病床與醫療方面顯然仍遠不足以支援作戰需求。軍陣醫

6 Nariman Noorbakhsh-Sabet et al., “Artificial Intelligence Transforms the Future of Health Care,” *The American Journal of Medicine* 132, no. 7 (July 2019), 795–801.

7 Daniele Ravi et al., “Deep Learning for Health Informatics,” *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 21, no. 1 (January 2017), 4–21, <https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2636665>.

8 Noorbakhsh-Sabet et al., “Artificial Intelligence Transforms the Future of Health Care.”

9 Matthew Fandre, “Medical Changes Needed for Large-Scale Combat Operations,” *Military Review*, May 2020, 36–45, <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/May-June-2020/Fandre-Medical-Changes/>.

表一 軍陣醫學照護角色四級分類

角色分級	特點說明
層級一 (Role I)	單位級醫療照護/營救護站 著重於讓傷患能重返作戰崗位或穩定傷患狀況後進行後送（無醫療能量）。 立即生命援救措施。 疾病與非戰傷預防。 戰時作戰壓力防範措施。 開設傷患收容點。 由單位提供之醫療後送。 由戰鬥醫務員或醫務組提供治療。
層級二 (Role II)	旅內醫務排或區域支援連 更多能力處理創傷病患之復甦，72小時醫療能量。 接受從「層級一」中後送的傷患。 戰傷控制手術（編配前進復甦外科隊來強化該能力）。 有限的X光設備、醫療實驗室和眼科服務。 戰時牙科支援。 物理治療、輸血支援和戰時公共衛生。 戰時作戰壓力管控。
層級三 (Role III)	野戰醫院 編制固定醫務人員與醫療裝備用來照護各式傷患，並在戰術情況許可下，儘可能鄰近受支援單位。 創傷復甦。 戰傷控制或初級戰傷手術。 術後治療的能量。 戰區內醫務管理與合作和跨戰區的醫療後送。
層級四 (Role IV)	美國本土醫院或在海外安全地點的完善醫療設施。 美陸軍醫療保健體系是陸軍最終的醫療照護層級。

資料來源：Field Manual 4-02, Army Health System, November 2020，由本譯文整理。

學面臨的核心問題是量能不足，因需照護的傷亡人數將遠超過現有醫療資源所能負荷。

軍陣醫學在這種根本上的供需失衡，將導致重大戰略風險。若作戰部隊在面臨大量傷亡，又無法將傷患後送撤

離的情況下，極有可能會阻礙單位遂行攻勢作戰行動。此外，美國公眾的認知是戰場上每位負傷官兵都應受到最佳醫療照護，而且大眾看見負傷官兵在未接受醫療就死亡的影像，將動搖其戰略意志，舉例而言，在1968年新春攻勢（Tet Offensive）行動後，美國反戰抗議聲浪遽增，因為在越戰期間的那個時刻，美軍已有3萬484人死亡，今昔對照，這等同於比一支美陸軍軍級部隊在八天大規模作戰行動後的傷亡少2萬人而已。¹⁰ 總體而言，戰場醫療照護的能量潛在不足，將對任務與部隊構成重大戰略風險。

伍、AI概述

AI科技雖已存在數十年，但直至近五年其解決複雜問題的能力才獲致顯

著提升，且近期在運算能力與大規模數據蒐集的進展，均促成該科技的快速發展。AI的新興優勢之一，為其有能力判讀對人類而言難以解決的大型複雜問題，舉例而言，谷歌（Google）公司開發一個AI演算法（其中建置12萬8千張視網膜照片），其不僅比經訓練的眼科醫師更為準確診斷糖尿病併發的視網膜病變，¹¹還可正確預測心血管疾病的風險。¹²讓谷歌工程師驚訝的是，AI演算法竟能正確預測患者的性別，¹³凸顯AI在統合大規模資料的能力，而這部分是人類不容易做到的。

AI為泛指許多相關但不同的技術，在基本層面上，所有AI均係以找出模式並回答問題，其被設計來接收資料、運用演算法及產出資料，通常是預測特定結果的概率。在AI光譜的一端是專家系統，為模仿人類專家的決策模式，在另一端

10 “Vietnam War U.S. Military Fatal Casualties Statistics,” National Archives and Records Administration, <https://www.archives.gov/research/military/vietnam-war/casualty-statistics>.

11 Varun Gulshan et al., “Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs,” *JAMA* 316, no. 22 (December 13, 2016), 2402–2410, <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>.

12 Ryan Poplin et al., “Prediction of Cardiovascular Risk Factors from Retinal Fundus Photographs via Deep Learning,” *Nature Biomedical Engineering* 2, no. 3 (March 2018), 158–164.

13 Bjorn Kaijun Betzler et al., “Gender Prediction for a Multiethnic Population via Deep Learning Across Different Retinal Fundus Photograph Fields: Retrospective Cross-Sectional Study,” *JMIR Medical Informatics* 9, no. 8 (August 2021), <https://doi.org/10.2196/25165>.

則是最為先進、能力強大及複雜的AI科技，包含機器學習、深度學習和神經網路，像是深度學習模式的複雜性，就需大量資料數據與開發電腦運算能力，這並非人工數據輸入系統可勝任。

許多常見的圖像分類深度學習模式使用ImageNet資料庫，其中儲存1,400萬張各類圖像（檔案大小為150G）。¹⁴深度學習常見的是使用轉移學習，該方法藉由在不同但相關任務上訓練所獲得的知識，以減少學習新任務所需的資料數據，但即便深度學習已使用轉移學習法，仍需千兆位元組數據的儲存量，舉例而言，最著名的深度學習模式ChatGPT，其在接受訓練時就需要570G容量的資料儲存量。¹⁵相較之下，美國防部「聯合創傷系統」（Joint Trauma System）即使已累積十五年的資料數據，也僅有0.017G容量，¹⁶這為數不多的資料數據並無法支應即使是發展最簡單深度學習所使用的轉移

學習法。

陸、醫療AI跨職能團隊

由於發展AI需要統合各方專業，美國防部應建立一個醫療AI跨職能團隊，以利推動相關發展事項，而該團隊的成員應包含數據學家、具戰場醫療經驗的專家，以及擁有AI專業知識的電腦學家。該團隊除致力於發展演算法技術以外，還須具備在醫療領域實際運作該技術的專業知識，當然在聯合通信基礎設施學有專精的人員也應納入團隊成員。

由於AI具潛力可改善戰傷救護決策及醫療資源分配，預期可廣泛適用於各軍種的醫療部門，儘管各軍種AI能力需求不盡相同，但建立基本的醫療AI能力，可望讓整體聯合部隊明顯受益。各軍種當前致力於如何將有限醫療資源做最有效分配，以因應未來在大規模作戰行

14 Jia Deng et al., “ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database,” in *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Miami, FL, June 22, 2009, 248–255.

15 Alex Hughes, “ChatGPT: Everything You Need to Know About OpenAI’s GPT-4 Tool,” *BBC Science Focus*, June 6, 2023, <https://www.sciencefocus.com/future-technology/gpt-3/>; “GPT-4 Is OpenAI’s Most Advanced System, Producing Safer and More Useful Responses,” *OpenAI*, <https://openai.com/gpt-4>.

16 Nicholas D. Drakos, personal communication with author on size of the Joint Trauma System Department of Defense Trauma Registry, n.d.

動期間面臨的大規模傷亡，因此建立一個醫療跨職能團隊，將有助於協調各軍種作為，從而減少疊床架屋情事（如圖一）。美國國防保健署（Defense Health Agency）為最適合擔任此一角色，因其負責執行國防健保計畫的預算。

此外，國防高等研究計畫署（Defense Advanced Research Project Agency）、麻省理工學院林肯實驗室（MIT Lincoln Laboratory）、美陸軍納蒂克士兵系統中心（Army Natick Soldier Systems Center）及核生化輻射防禦聯合計畫執行辦公室（Joint Program Executive Office for Chemical, Biological, Radiological, and

Nuclear Defense）等單位均致力於發展AI能力。不過，在這麼多單位之中，卻沒有一個單位是負責協調與統合AI發展的各項作為，另若能建立共同醫療數據基礎設施，對發展醫療AI能力將產生協同效應，並讓所有致力於該疑難雜症的單位受益。

柒、醫療數據基礎設施與蒐集

發展一個有效的AI模式需要高品質的資料數據。資訊界的一句諺語說，「廢料進，廢品出」（Garbage in, Garbage out），凸顯在發展AI能力過程中，因為自身利益而使當事人無法作出公正公平判斷情形時，值得信賴的數據資料提供是多麼重要的事。

為產出高品質資料數據，聯合醫療單位首先須建立共同標準化醫療數據基礎設施的架構，以利未來醫療AI能力發展，關鍵一步為建立數據字典（Data Dictionary）或是資料庫（Data Schema），該方法除讓資料蒐集標準化外，還能使不同資料庫之間互通。基本上，這種方法為資料庫提供共同語言，也就是資料



圖一 空軍醫務人員在軍醫競技中治療模擬患者

圖片來源：(U.S. Air Force/Elora J. McCutcheon)

的結構化描述，其中包含格式、涵義、關係和其他屬性。數據字典為一項重要工具，可確保資料在使用上正確一致，舉例而言，雖然胸導管（Chest Tube）、導管胸廓造口術（Tube Thoracotomy）、胸腔引流（Chest Drain）這三個名詞看似不同，但在戰場救護程序卻是相同。不過，若無一個共同的數據字典來定義這些相同性，將發生不同資料庫使用不同用語來描述同一件事，這將使作業互通性受到大幅限制。再者，在資料庫底下的不同資料之間建立一個清晰且結構化的協定，對奠定未來發展有效的醫療AI能力至關重要。

一旦協作式資料庫發展成功，軍陣醫學須從工業時代人工數據輸入，轉型為數位化時代的作法，方能持續不斷蒐集資料。當前軍陣醫學大部分資料數據均以人工方式蒐整，舉例而言，今天當一位戰場士兵受傷時，其臨床紀錄將以人工登載於「國防部1380表：戰術戰傷救護卡」（DoD form 1380, Tactical Combat Casualty Care Card），至於額外臨床紀錄則將以人工輸入於「美軍健康長期追蹤技術應用—戰區」（Armed Forces Health Longitudinal Technology Application-Theater, AHLTA-T），其他資訊如醫療後勤供應鏈需求、醫院病床狀態、可用

血液單位等也均以人工輸入在Excel或PowerPoint等傳統文書作業系統。

如欲跳脫既有人工輸入模式窠臼，我們將須開發並投資一套可從底層持續被動蒐整數位資料的系統，舉例而言，不是以人工方式將醫療供應品項輸入「醫療軍品動員計畫工具」（Medical Materiel Mobilization Planning Tool）系統，而是以AI圖像識別演算法來辨識第八類補給品數量，自動儲存並更新系統內的庫存資訊。AI也可設計成被動記錄心率、血壓及氧飽和度的自動模式，未來可望取代1380表與AHLTA-T的現行人工模式。

建立醫療數據基礎設施其中一個重要面向為發展穿戴式智慧型裝置科技，小型電子穿戴式裝置可追蹤生理參數，諸如心率、睡眠和運動等狀況，且蒐集個人生理參數數據，對理解官兵身體基本狀態至關重要，這有助於優化體能表現與醫療照護。美國防部當前正在發展「健康整備與體能績效系統」（Health Readiness and Performance System, HRAPS），以向單位領導幹部提供所屬官兵實際的生理狀態資訊，雖該系統主要聚焦於個人體能績效與傷害預防，但其以科技為取向的作法，將有助於促進醫療AI能力之發展。

即時蒐集個人生理參數數據後，可

進一步建立生理基本資料庫，以利人員在受傷時使用，而AI也可分析這些數據來協助醫療照護。此外，這些數據還能用以快速辨識大規模傷亡事件，像是化學或生化武器使用的類別與影響，不僅如此，藉由使用AI選定最佳醫療資源位置後，這些數據將有助於建構一個醫療共同作戰圖像。

欲建立醫療數據基礎設施並非易事，因須考量醫療資料隱私權、作業環境安全及通信環境限制等窒礙因素，但對軍陣醫學而言，要建立此一機制，便應克服上述挑戰，方能充分發揮醫療AI能力。軍陣醫學的數據系統須轉型成像亞馬遜(Amazon)一樣，其被動蒐集大量高品質資料數據，然後使用AI模式來精準預測顧客的購買決定，該作法可讓企業減少不必要浪費，並讓有限資源使用達最大化。

捌、AI演算法發展

一旦建立適當的醫療數據基礎設施，就能發展眾多特定的AI演算法，以因應軍陣醫學在大規模作戰行動期間所面臨的各項挑戰。這些可能的AI未來

應用揭櫫於《美陸軍未來司令部2028年醫療構想》(Army Futures Command Medical Concept 2028)：

由AI推動的醫療共同作戰圖像，將迅速接收、組織、分析、解讀及統整相關資訊，進而提出全般考量陸軍與策略聯盟合作夥伴(Unified Action Partners)用兵的風險建議。

由AI推動的協作、決策支援及傷亡管理系統，能讓醫療管控前推至師後方邊界，並預判醫療後送抵達時間、區域醫療能力與狀態，以及衛材預定抵達時間。¹⁷

在運用AI協助戰傷救護的諸多潛在效益中，最應優先開發的是協助大規模傷患分類的臨床演算法，由於大規模作戰行動時的醫療資源有限，當務之急為精準完成傷亡點的檢傷分類，如此一來，若能有效發揮關鍵的醫療照護，便能讓負傷官兵在接受適當治療後重返戰場。這勢必要改變現有文化，因自全球反恐戰以來，只要是受輕傷官兵都直接被撤離戰場，以降低其風險。

未來可預見的是將面臨大規模戰傷情況，僅依賴人工決策將不敷所需，而AI將加速並改善整個決策過程，並讓醫官能準確判斷人員醫療後送的優先順序。

17 Army Futures Command Pamphlet 71-20-12, *Army Futures Command Concept for Medical 2028* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, March 4, 2022), 11.

此外，在某些情況下，應調整演算法的風險接受度，讓指揮官即使在高風險情況下，手上仍盡可能保有充足兵力（如圖二）。作戰的風險接受度並非固定不變，使用者應具備相關能力，以利隨時調整傷患分類演算法的風險接受度。

我們知道臨床醫師可根據病患外觀和其他有限資料做出準確分類決策，¹⁸同樣地，AI特別擅長運用圖像與語音資料做決策，根據這些認知，若能使用一種結合短語音/影像紀錄與重要病徵資料的穿戴式裝置，將有極高可能開發出準確

的分類演算法。最理想作法是由經常接觸大量創傷患者的民間夥伴開發分類演算法，並蒐集與時間相關的結果數據，該進程也可與醫療數據基礎設施的開發同步進行。未來應可預見一位醫務士在傷亡點以語音與影像方式迅速紀錄多名負傷官兵狀況，其身上配備具AI演算法能力的「網路科技戰士系統」（Nett Warrior，一種供幹部用的攜帶型整體戰況覺知系統），用以協助檢傷分類，釐清哪些人在治療後可重返戰場，哪些人需要後送及需要後送到哪些指定的收容所。



圖二 美陸軍士兵在演習中進行醫療後送訓練

圖片來源：(U.S. Air Force/Elora J. McCutcheon)

18 Jeffrey Wiswell, “‘Sick’ or ‘Not-Sick’: Accuracy of System 1 Diagnostic Reasoning for the Prediction of Disposition and Acuity in Patients Presenting to an Academic ED,” *American Journal of Emergency Medicine* 31 (2013), 1448–1452.

玖、AI發展的特別思維

在軍陣醫學中運用AI系統將面臨數個極為重要議題，其中包含演算法偏見與透明度、AI在高風險決策中的自主程度，以及若AI做出失敗的高風險決策後，最終應由誰來承擔風險。這些都是未來在建立AI基礎設施，應納入考量的重要議題。

對人類使用者而言，AI系統透明度應定義為可被解釋、解讀及理解其中的運作模式，但諸如ChatGPT與DALL-E等最先進的AI系統，其使用深度學習神經網路科技，而該科技為複雜且高度相互關聯的系統，難以解釋其中的運用模式。因此，這些運用深度神經網路的AI系統被人稱為「AI黑箱」，原因在於它們以不透明或隱藏方式運作，這種決策過程不易為人理解或解釋。在「AI黑箱」中，你可輸入資料並獲取產出結果，但卻無法清楚瞭解該模式是如何做出決定或結論，所以在高風險醫療決策中，這種透明度不足將是一個重大隱憂，意即將讓人難以察覺錯誤或偏見。鑑此，開發技術的投資至關重要，方能讓即使是最複雜的

AI系統也能更為透明並揭開內部運作方式。

除透明度問題外，仍須特別考量AI系統中的偏見問題，意即演算法產出結果可能會偏向系統性、一致性歧視特定個人或群體。大多數AI系統訓練均使用一種稱為「監督式學習」(Supervised Learning)的技術，意即運用輸入資料來學習特定主題，以產出各項預測及相關回應，惟訓練AI的資料若存在偏差或反映社會不平等問題，則AI系統將持續保有這些偏見觀點，舉例而言，若僅使用輕膚色的影像數據資料來訓練AI檢測黑色素瘤，將會形成偏差結果，意即在檢測較深膚色病患的黑色素瘤時效果不彰。¹⁹美軍需嚴格審查其開發的AI，以確保不會將偏見編入系統，由於醫療決策的高風險特性，軍方須將醫療AI的標準訂得比其他領域來得高。

在醫療領域運用AI不同於其他領域，原因在於醫療決策具高風險性。AI系統的自主性區分，係根據人類輸入與監督程度的多寡而定，自主性範圍可從部分自主(仍需人類介入)，到全自主(不需要與人類有任何直接互動)，惟目前仍存

19 Giona Kleinberg et al., "Racial Underrepresentation in Dermatological Datasets Leads to Biased Machine Learning Models and Inequitable Healthcare," *Journal of Biomed Research* 3, no. 1 (2022), 42–47.

在一個開放性問題：應授權AI多少自主權來從事高風險的醫療決策。許多專家學者認為，AI在高風險決策中永遠不該全自動化，而是應為掌控決策的人類提供資訊，這種半自動化形式稱為「半人馬AI」（Centaur AI，半人半馬機器）。

此外，軍方須規劃若AI做出失敗決定後應由誰承擔風險，如同任何新科技一樣，AI最初在使用時不可能完美無缺。鑑於戰場傷亡情況難以複製重現，美軍在戰場上使用AI時，將面臨一個巨大的學習曲線。我們可想像一個場景，一名孤立無援、面對大量傷亡的低階醫務士，其為進行戰傷分類而借助自動化的AI演算法，在此過程中，AI系統卻出錯而導致官兵生命損失，則應由誰來承擔責任呢？指揮官、戰場官兵、國防健保局或是國防部？這個既複雜又困難的問題，美軍尚未完全深思熟慮。

最後，美國政府應成為這些演算法的擁有者，由於AI系統將需快速被調整。若醫療AI演算法的開發工作全外包給非政府公司，軍陣醫學將無法視情況所需及時彈性調整該項科技。一般而言，政府工作契約書的變更需通過一個正式程序，其中涉及數個步驟，在此一往來過程將耗費數週到數月，甚至更長時間。AI的有效性立基於迭代式開發，意即演算法

需不斷更新以維持有效性，更新過程大約是數小時至數天時間，無須數週或數月。再者，即使是委由合約商承作，開發工作的主導權仍應由國防部掌握，這種作法雖在初期將耗費一些時間，但後續所帶來的效率與彈性，對成功開發軍陣醫學的AI能力至關重要。

拾、通信的同步整合

即使醫療AI系統被開發出來，其仍需整合至聯合通信基礎設施，舉例而言，在戰場大規模戰傷事件中，戰術感測器將蒐集傷員資料並傳送至醫務員的「網路科技戰士系統」，並藉由AI分類演算法來分析這些資料。接著，所累積的大量戰傷資料將傳輸至醫療共同作戰圖像，而AI系統根據這些資訊就可預測需要哪些醫療後送裝備，該在何處開設額外醫療站，以及前運所需的第八類補給品。通信鏈的任何一個環節都至關重要，因為資料傳輸不完整將使AI演算法無法有效運作。鑑此，AI基礎建設的發展應納入既有的聯合通信基礎設施架構之下，這項工作實是刻不容緩。

AI演算法若無法與聯合通信基礎設施與數據基礎設施等架構進行密切整合，其將無法發揮有效運作。此外，在

大規模作戰行動期間，網路頻寬流量將有所受限，因此當前重點為研擬低頻寬流量的資料傳輸方案。另一項可行方案為「邊緣運算」(Edge Computing)，這種分散式運算架構為盡可能靠近資料來源，以減少處理延遲和頻寬使用，舉例而言，這種方式可運用在像是「健康整備與體能績效系統」(HRAPS)之類的生理感測器，從而減少對集中式雲端伺服器的依賴。邊緣運算為一項強大工具，可協助聯合部隊因應具敵情的通信環境，進而實現在網路邊緣從事更快速、更安全及更有效率的資料處理與分析。鑑此，邊緣運算方案也應納入研究並整合至醫療AI基礎設施。

拾壹、模擬情境的另一結局

2028年又再次爆發大規模作戰行動，由於軍陣醫學在過去五年間致力於發展AI能力，已然提升其戰傷救護能力。在初期戰傷事件發生後，醫務士施放數架小型無人機，這些無人機運用機載感測器來識別傷患，並蒐集生理外觀、移動情況、語音、影像及所在位置等資訊。這些資訊將結合個人生理參數數據（來自穿戴式感測器的生理基本數據），並傳送至醫務士防彈背心上所配掛的「網路科

技戰士系統」手機。接著，AI演算法在分析這些資訊後，及時完成負傷陸戰隊員的檢傷分類，並迅速找出需緊急救護的陸戰隊員，醫務士在處理最急迫性戰傷人員問題時，所蒐集的資訊也同步回傳至聯合作戰中心。此時聯合作戰中心的AI演算法也推估出醫療後送所需的裝備種類與數量，甚至算出應重新部署多少醫療軍品，以有效因應當前戰況，再者，AI演算法還預測第八類補給品之需求，並在部隊請求支援前，就將所需軍品前運至前線。藉由有效運用AI科技，有限醫療資源將在大規模戰傷中獲得最有效利用，該手段也能降低戰場併發症與死亡發生機率，以減少對前線部隊之影響，而且額外戰力之保存在大規模作戰行動期間的影響不容小覷。

拾貳、結論

在大規模作戰行動期間，AI具潛力可大幅提升軍陣醫學中的戰傷救護能力。因此，為充分利用這項科技，軍陣醫學須全面發展攸關AI的基礎設施。首先，我們須建立一個醫療AI跨職能團隊，包含數據學家、電腦學家、通信專家及具備戰場醫療知識的專家，以利共同為未來醫療AI能力發展設定基礎，一旦建立跨

職能團隊後，接著須發展一個共同的數據字典，方能讓資料庫內的相同涵義資料歸於標準化，甚至進一步整合不同資料庫。於此同時，軍陣醫學也須由類比資料轉變為數位資料型態的組織，以利從事高品質的被動蒐集醫療資料數據，並完整納入聯合通信系統，且在數據基礎設施建立完備後，將可為發展眾多面向的醫療AI能力奠定基礎。儘管醫療AI能力可望改善眾多戰場救護面向，諸如後送裝備選項決策支援、醫療站地理配置選定，以及醫療裝備與衛材供應等，但特別要強調的是發展高品質的大規模戰傷分類演算法，該演算法在大規模作戰行動期間極為重要，因其能讓醫療照護發揮最大效能，並讓官兵在初級醫療照護後重返戰場。本文所提各項建議，將有助於美軍聯合部隊善用並發揮AI的強大潛力，顯著改善戰傷救護能力，進而降低整體戰略風險。

在這波AI科技發展趨勢下，國軍醫療體系也陸續建立相關醫療AI能力，諸如「戰場傷患智能救助模擬及戰場傷患救護AI訓練模擬系統」、「海上醫療結合混合實境（MR）及AI會診服務平臺」，前者為軍醫局委託中科院研發，利用虛擬實境（VR）和擴增實境（AR）投影技術，模擬戰場可能出現的各種場景，藉

此磨練戰傷救護技能，並將訓練評核導入AI模型架構，作為後續精進的參考依據；後者為左營總醫院與民間企業的合作案，該系統平臺將生命徵象資料、AI判讀、MR多方視訊會診、急診指揮等整合在同一介面，當海上船員受傷時，該系統可提供AI判讀生命跡象，呼叫國軍醫院急診醫師進行視訊看診等功能，達到與現場看診同樣效果。由此可見，不管是美軍或國軍，善用AI科技來支援作戰任務，已成為軍陣醫學的一項重點工作，正所謂「他山之石，足以攻錯」，本文所提的專業人才團隊、完備的資料數據庫、資料傳輸管道、系統定期更新等建議，國軍醫療與衛勤部門應納入參考，因打造智慧軍陣醫學將可有效強化國軍再生戰力，確保國軍整體防衛作戰效能。

作者簡介

劉宗翰中校，政治大學外交系戰略研究所碩士畢業。陸軍後勤學校正規班98年班。曾任經理官、保修官，現為國防部政務辦公室史政編譯處編譯官。