

9-17-2021

Abroad Wargaming Deduction and System Research

Zhanguang Cao

1. College of Joint Operation, National Defense University, Beijing 100091, China; ;

Tao Shuai

1. College of Joint Operation, National Defense University, Beijing 100091, China; ;2. Unit 63936 of the PLA, Beijing 102202, China;

Xiaofeng Hu

1. College of Joint Operation, National Defense University, Beijing 100091, China; ;

Lülong He

1. College of Joint Operation, National Defense University, Beijing 100091, China; ;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Abroad Wargaming Deduction and System Research

Abstract

Abstract: Wargaming is an important auxiliary means of war deduction, scheme evaluation and operational analysis. Wargaming deduction system can support the research of operational problems, innovation of tactics and development of operational concepts. *The development status of foreign computer wargaming system from the deduction method and system research is reviewed, and the online deduction the multi-level joint deduction, as well as the research status of multi-level wargaming fusion design, the multi system combination and auxiliary tool development are mainly introduced*, which can providereference to the development and application of computer wargame system.

Keywords

computer wargame, wargame system, war simulation, deduction method, development

Recommended Citation

Cao Zhanguang, Tao Shuai, Hu Xiaofeng, He Lülong. Abroad Wargaming Deduction and System Research[J]. Journal of System Simulation, 2021, 33(9): 2059-2065.

国外兵棋推演及系统研究进展

曹占广¹, 陶帅^{1,2*}, 胡晓峰¹, 何吕龙¹

(1. 国防大学 联合作战学院, 北京 100091; 2. 中国人民解放军 63936 部队, 北京 102202)

摘要: 兵棋推演系统作为进行战争推演、方案评估、作战分析等活动的重要手段, 能够支撑作战问题研究、战法创新以及作战概念开发。从推演方法和系统研究的角度梳理了国外计算机兵棋系统的发展现状, 重点介绍了在线推演和多级联合推演等方法, 以及多级兵棋融合设计、多系统组合仿真和辅助工具开发等研究现状, 为计算机兵棋系统的发展和运用提供借鉴和参考。

关键词: 计算机兵棋; 兵棋系统; 战争模拟; 推演方式; 进展

中图分类号: TP302

文献标志码: A

文章编号: 1004-731X (2021) 09-2059-07

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.20-0726

Abroad Wargaming Deduction and System Research

Cao Zhan Guang¹, Tao Shuai^{1,2*}, Hu Xiaofeng¹, He Lulong¹

(1. College of Joint Operation, National Defense University, Beijing 100091, China; 2. Unit 63936 of the PLA, Beijing 102202, China)

Abstract: Wargaming is an important auxiliary means of war deduction, scheme evaluation and operational analysis. Wargaming deduction system can support the research of operational problems, innovation of tactics and development of operational concepts. The development status of foreign computer wargaming system from the deduction method and system research is reviewed, and the online deduction the multi-level joint deduction, as well as the research status of multi-level wargaming fusion design, the multi system combination and auxiliary tool development are mainly introduced, which can providereference to the development and application of computer wargame system.

Keywords: computer wargame; wargame system; war simulation; deduction method; development

引言

自普鲁士的宫廷战争顾问冯·莱斯维茨于 1811 年发明手工兵棋以来, 其主要利用从战争实践中总结出来的经验和规律, 对作战过程进行推演分析, 被称为普鲁士军人在军事科学领域的三大发明之一。随着信息技术的发展, 兵棋推演融入了现代计算机仿真等先进技术, 为其注入了新的活力, 使系统功能更加完善、计算更加准确和智能, 成为世界各国提升军事能力的重要手段。国外多年来一直注重计算机兵棋推演及其系统的应用, 各类兵棋系统的建设呈现多样化发展趋势, 在推演方法和系统设

计等方面进行了各种探索和尝试。通过梳理总结近年战役战术级计算机兵棋推演方法和系统研究现状, 分析了国外将网络、通讯和人工智能等最新技术融入典型兵棋系统进行推演方法创新的特点, 为兵棋系统的进一步发展提供一定参考。

1 国外兵棋推演的主要方式方法

1.1 基于数据的在线推演

2019 年 5 月 9 日, 美国加州大学伯克利分校、劳伦斯利弗莫尔国家实验室和桑迪亚国家实验室研究人员在卡内基公司支持下开发并公开发布了一款在线多对阵员计算机兵棋, 主要用于研究不断

收稿日期: 2021-07-21

修回日期: 2021-07-27

第一作者: 曹占广(1975-), 男, 博士, 高工, 研究方向为系统仿真。E-mail: manofwill@163.com

通讯作者: 陶帅(1985-), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向为仿真评估。E-mail: 7691820@163.com

升级冲突中的威慑和决策问题^[1]。并于发布不久的 5 月 15 日开始,每周三和周四组织开放推演。美国相关文章指出这可能推动兵棋推演方法领域的变革。综合来说,主要特点有 4 个方面:

(1) 基于数据的在线推演。由于传统基于想定兵棋推演的对阵员和想定数量有限,无法给出充足数据以进行统计推断。组织者只能了解特定人员对问题的反应。这是传统兵棋推演无法成为一门科学的原因之一。在线兵棋利用在线环境,能够通过基于科学的实验性框架来收集数据,进行大样本数据分析,弥补了传统兵棋推演在数据方面的不足。在线推演时,每名对阵员的得分实时更新,可以及时了解自己行动的影响。通过实时跟踪统计数据并自动收集对阵员和推演数据,推演平台能够实现兵棋推演结果的定量、可视化分析,不仅可用大量数据来回答各种研究问题,还可以模拟战役、战术的各个方面。

(2) 多专业人员联合推演。研究人员利用最先进的推演引擎和云计算平台来创建在线多对阵员兵棋。兵棋推演的背景即提出的研究问题(如在冲突期间不同武器能力的引入对冲突升级或降级有何影响),可以通过多专业、多角度融合的方法,主要针对多种力量使用问题,得出相关看法和见解,不仅涉及当前的装备建设和发展,更多的关注将来冲突走向以及在未来可能使用的新技术。未来战争的专业化和复杂性凸显,联合作战仿真要素日益增多,政治、心理、舆论、法律和特种作战的重要性不容忽视,各种因素的融合反应通过仿真能够直观呈现。因此,多专业人员联合推演逐渐得到重视。2020 年,美空军大学举办的“未来能力推演”也采用了多专业人员联合推演方法,来自国防部、美国政府机构、同盟国军队成员和高端智库的多专业人员出席了该推演活动。

(3) 基于 AI 的智能推演。在线推演系统匿名收集的推演数据,可充当机器学习算法的输入数据,用于创建特定实验条件下的最佳行为模型。这些模型可用来创建自主对阵员,并为实现“人-机

和机-机”兵棋推演提供数据支撑。除此之外,2020 年,欧洲防务局开展的一项为期 1 年的研究,同样是为把 AI 和大数据应用于训练和模拟中,专门利用数据挖掘和兵棋推演来分析如何解决像混合战这样的复杂想定,以满足快速发展的军事思维需求。2019 年,美国陆军军事学院为落实参谋长联席会议主席约瑟夫·邓福德在学院指出的“世界各地的战区指挥官想要的都是他们可以亲眼看到而且能够立即使用的武器”这一挑战,20 名专家探讨了在真正研发出人工智能之前,如何展示 AI 的军事价值问题,并提出了 2 种可行性方案:①通过如今能力相对有限的 AI 建立处理复杂度有限的简化模型,来模仿未来的超智能 AI 如何处理现实世界中的极其复杂的问题;②让人类对阵员具备一些优势条件,使他们比实际上更加了解对手,以模拟一方的思维更敏捷更高效时,战争会如何变化。

(4) 想定即时更新的推演。在线推演系统的每个对阵员控制一个假想的国家,通过增加人口、装备,进行基础设施投入,或利用同盟或军事力量控制资源等方式实现对虚构世界进行影响。即在线推演系统的想定是可以随时进行调整的。在传统推演方法中,想定的多变性不利于兵棋系统的仿真分析和研究。但随着计算机的智能化发展,数据采集和分析手段的进一步提升,想定“样本”近乎全覆盖的兵棋推演价值将会凸显出来。此外,还有一种采用想定编辑器来提升推演效能的方法。即采用想定预置和自建相结合的方式,帮助对阵员自己创建想定,为仿真提供大量的仿真“样本”,使该兵棋几乎能够实现所有可想象到的想定推演。

1.2 多级指挥机构联合推演

为使仿真更加贴近实战,并能覆盖作战全流程,更加符合现实需求的战役级和战术级联合推演方法得到越来越多的青睐。按照解决多级别推演“在不同战争级别和指挥阶梯决策流程中,时间进度的差异和多变性”问题的方式不同,美国兵棋专家彼得·波拉和迈克尔·马科维茨提出了 2 种推演方

案: 分阶段推演方法和合并推演方法。

分阶段推演方法的基本思路是: 将推演分为 2 个(或更多)推演阶段。推演顺序可以是从小级到高级, 也可以从高级到低级。美国陆军和空军的兵棋推演(如在美国空军研究实验室进行的“未来长期挑战”)通常采用高级-低级形式。美国海军分析中心设计并实施的危机应对兵棋采用了低级-高级方法。

合并推演方法, 即将不同级别的推演(如战略、战役和战术推演)整合在一个单独事件中(通常在同一场地进行)。多级别合并推演方法必须直接解决与不同指挥单位相关的时间管理和决策流程问题。常用的方法有“时间缩放法”“时间跳转法”“共同时间法”。美国海军军事学院“西北太平洋”(Norwestpac)兵棋推演中使用了“时间跳转法”。美国海军全球系列兵棋广泛应用了所有级别推演按同一“时钟速度”进行的“共同时间法”。

1.3 兵棋与管理系统融合推演

英国第三师指挥部举办的“钢铁信念演练 14”(EXIR14)采用了手工兵棋、计算机模拟系统和演练管理系统融合的融合推演方法。手工兵棋有助于在演练设计过程中思考兵力的平衡性, 确定演练中的关键因素、派系和行为体。演练管理系统可用来管理、记录和分配插入事件, 计算机模拟系统可以提供战斗结果、机动、后勤和通用作战图信息, 而这都是手工兵棋无法实现的功能。

演练中采用的战役快速评估工具包吸取了行动方案兵棋推演、组建红方和现成商业兵棋的最佳实践经验, 主要采用随机和确定性结果的解决方案和实现机制, 采取事态变化发展确定想定故事线方法, 极大地深化并丰富了推演环境。此次活动大部分 EXIR14 主要事件源于意料之外的推演行动。主要推演流程为: 作战分析评估(快速评估工具小组根据旅级低级控制员方案, 提供典型的“行动保障”作战分析功能); 事件预估(主要分为 3 个子回合: 战役级“侧翼攻击”活动、战术级活动、影响管理);

影响管理(针对 X 日可能发生的事件, 提出“那又怎么样”问题, 确定军事战略级序列活动的第二和第三顺序影响); 主要事件/注入事件列表(MEL/MIL)协调会议——首轮(主要讨论并协调所有在 RCAT-X 日事件(包括暂定影响管理)中达成的一系列 MEL/MIL 事件); 演练管理系统脚本编写(将商定和协调好的一系列 MEL/MIL 事件编入管理系统中); 主要事件/注入事件列表(MEL/MIL)协调会(确定第二天的一系列事件, 系统自动发送“任务、条件和标准”说明给指导员); 利用模拟机动和动能结果的计算机模拟系统进行模拟; 快速评估工具包对影响管理确认(根据需要审查并完善标记为“暂定”的影响管理机动); 记录。

1.4 竞争与冲突分阶段推演

受疫情影响, 美军暂停了一些军事训练和试验活动, 但陆军未来司令部未来与概念中心每年举办的巅峰演练活动, 以及 2020 年 5 月在美国陆军军事学院进行的演练活动并未受太大影响。

该中心负责人韦斯利指出, 由于活动更像高度结构化的研讨会议, 不是详细的推演活动, 陆军无需使用专门软件进行远程推演, 仅依靠美国国防技术信息中心提供的标准及在线协作工具就能满足需求, 为此他们将桌面演练转移至线上。

但线上开展兵棋推演的最大问题是由于使用的网络未加密。推演人员想出的折中办法是将首次推演限制在所谓的“竞争阶段”。也就是说所有事情发生在实战即“冲突阶段”之前。推演过程没有使用描述潜在未来危机的机密想定, 而是使用了近代历史上发生的真实危机, 这保证了使用的大量信息不是保密的, 可以基于此在竞争阶段利用公开信息展开讨论, 集思广益。待疫情缓解后再在线下进行“冲突阶段”推演,

2 国外典型兵棋系统研究

国外兵棋系统的研究紧跟技术发展和推演需求, 快速吸收各领域先进技术和研究成果, 将其融

入系统, 从而促进兵棋系统的快速迭代升级。

2.1 多级兵棋系统融合设计

通常一种兵棋很难同时满足战略、战役和战术等不同层次、不同级别模拟推演的需要。但多级别联合推演更加符合现实需求。在不同层级作战和指挥阶梯决策流程中, 时间进度的差异和多变性是设计和实施多级别兵棋推演的难点。如何构建一个有效整合对阵员和控制员的组织结构, 如何确定兵棋推演流程的动态性, 以保证对阵员自由地、创造性地确定决策方案是多级别兵棋推演的重点。美国海军军事学院 Norwestpac 兵棋推演、美国空军研究实验室在“未来长期挑战”兵棋推演、美国海军全球系列兵推等活动广泛应用了该方法^[1-4]。

在设计策略方面, 未来多级别兵棋设计中, 美国专家建议应采用以下做法: ①从混合式研讨兵棋开始; ②采用时间步阶、回合制推演方式; ③利用决策波整合下一事件的推演序列; ④采用协作控制模式; ⑤使用聚合模式和事件预裁决方法; ⑥各方使用真实的信息流。并建议使用战役、战术级对阵员在各自终端与控制单位评估元素整合、各层级推演单元通过跨通信系统联接的多级别兵棋推演结构设计模型, 作为兵棋设计的出发点。

“指挥: 现代空海行动”(以下简称“指挥”)兵棋采用了集成设计的方式支撑多级别兵棋推演^[1]。“指挥”兵棋是鱼叉兵棋的“继承者”。系统提供了 3 个教程, 分别用于海上战争、水下战争和空中战争。与现有兵棋系统相比, 其设计具有以下几方面的特点:

(1) 地图设计比较灵活。系统采用类似于谷歌地图的三维环境地图, 数据来自太空和雷达地形任务。该地图显示距离大。可以显示从几百米到整个地球的距离, 从而保证了系统能够模拟同时发生在世界上多个位置的区域冲突、远程护卫行动、战略核战争等想定。地图模块化多层设计。用户可在地图上使用自定义位置覆盖图。如可用港口、空军基地或战略目标进行地图覆盖, 并在这些位置上放置码头、掩体、炼油厂等目标单位。

(2) 实体模型较为完善。系统中设定的空海战争横跨 50 多年时间(1950—2016 年), 各种核武器、卫星、战舰、潜艇、飞机、无人机、武器和军械模型较为完备, 可利用系统推演反水面战、反潜战、防空战、水雷战(包括空投水雷)、电子战、反海盗任务、侦察、巡逻、突袭等各种现代战争和非常规特种作战。还内置了后勤和基础设施、弹药补给和空中加油模型。空中基地和航空母舰可执行从飞机发射到入列、重新装载、补充燃料, 甚至是掩蔽未使用飞机的所有实际任务。

(3) 系统数据库庞大。系统的一个重要特色是拥有庞大的战舰、飞机、导弹和其他军械数据库, 能够提供“火力侦察兵”无人机、朱姆沃尔特级驱逐舰等新系统。而且作为参考工具, 数据库在推演的任意时间都可以访问。

(4) 想定预置和自建相结合。“指挥”兵棋中预置了大量现成的想定。从朝鲜战争到北约——华约冲突, 再到 1982 年马岛冲突、南海现代版最后的决战都有涉及。为发挥兵棋最大的效能, “指挥”兵棋中设计了一个想定生成器, 帮助对阵员自己创建想定。结合内置的世界地图以及单位数据库, 使该兵棋的想定设计更加灵活多样。

(5) 系统具有很强的扩展性, 满足舰对舰甚至战略核战争的战役战术推演。终端节点数根据任务需要和计算机的处理能力可设定为数百到上千不等, 其终端的战舰和飞机都可以单独控制, 也可以集群化管理。系统设计了可调的流速比, 满足远距离运输快速推演与交战实时推演的需求, 以便提升演习的效率。

2.2 专业模块融入作战系统

2020 年, 波兰武装部队(Polish Armed Forces, PAF)主导探索将联合战区模拟系统(Joint Theater Level Simulation-Global Operations, JTLS-GO)军事仿真系统与北约内部主要的后勤仿真工具(Logistics Functional Area Application Service, LOGFAS)军事后勤系统在计算机辅助演习中互操

作的可能性。华沙战争研究大学的兵棋与仿真中心(WG&SC)和武装部队保障监察局一起进行的计算机辅助演习(Computer Assisted Exercise, CAX)中将尝试连接这 2 个系统。

PAF 设计的 CAX 仿真工具准备在建立军事基本作战单元、指挥和后勤编组、作战体系和补给类别数据库等方面进行了大量工作。主要目标是建立一个尽可能真实的信息技术指挥支持系统(C4I)和真实的程序,根据按计划训练的原则为虚拟分队生成命令。要求 LOGFAS 能够以 xml 格式从外部源导入数据,以确保 JTLS-GO 数据的导入。主要解决的问题是:如何用 RIC(可报告物资代码)和 NIC(国家物资代码)代码填充数据库开发系统(DDS)数据库表,以实现 JTLS-GO 中的特定作战系统和 LOGFAS 中的层次代码树协调一致。研究的重点是如何将 2 个不同领域的系统联接起来,实现从 JTLS-GO 仿真系统到 LOGFAS 物流系统的单向数据流,确保 JTLS-GO 中单元数据的变化能够正确的导出,且在 LOGFAS 导入后不会出现数据覆盖、丢失等问题。

2.3 辅助工具支撑推演系统

传统兵棋通常存在以下几个问题:①一战一棋,通常无法重复应用于多种环境,解决多种问题;②部分兵棋的规则复杂,推演、记录比较耗时,分析难度大。美国国防部成本评估和项目评价办公室利用标准兵棋集成简化工具包(SWIFT)解决了上述问题^[2]。

SWIFT 是兵棋推演实践活动的补充,主要为美国国防部构建、推演和分析回合制兵棋(主要用于分析目的)提供了软件环境。SWIFT 能提供一致、透明的数据结构和兵棋引擎,支持多种手动和自动裁决类型,而且允许利用多种裁决方法裁决同一情况,并能够大量采集裁判(人或计算机)给出的结果建议,供兵棋分析人员对模型裁决兵棋进行随机分析。

SWIFT 是一种兵棋支持工具,是兵棋推演引

擎。它可以让专业人员在没有软件开发人员在场的情况下,将兵棋的各个方面构建到计算环境中。工具包加强了兵棋项目一直追求的设计清晰度和通用语言,可将可视化、兵棋规则、人类裁决和基于计算机的裁决整合到多对阵员回合制兵棋中,让测试、推演和分析变得更加方便有效。

2.4 仿真建模相关技术研究

国外近期研发的许多兵棋系统大部分都采用了新的技术,主要体现在仿真引擎、仿真模式、建模与仿真技术等方面^[5-10]。

在仿真引擎方面。在“云计算”提供的基础设施即服务、平台即服务、软件即服务基础上的延伸和发展出的云仿真在兵棋系统中的应用越来越多。美军的云使能模块服务架构就是采用了云仿真的思想,允许各仿真机构以云仿真服务的形式扩充 JLVC(Joint Live Virtual Constructive Data)的仿真能力。典型的 JLVC2020 由许多功能模块化服务单元构成,包括:想定管理工具、虚拟训练接口、相关数据层和权威数据层等。这些服务单元可以与当前的 JLVC 联邦在一个混合状态下交互运行,随着模块化服务的扩展与成熟,最终成为一个完全由模块化服务单元构成训练平台^[4]。

在仿真模式方面。基于数字孪生的兵棋平行推演是一个重要发展方向。随着云边端技术的逐渐成熟,并受实战化和战略性特种作战训练需求的牵引,基于数字孪生技术,将战术终端行动和战场环境实况数据与兵棋仿真系统互联,将实战化演练和兵棋仿真相融合进行平行推演的方式具有较强的现实指导意义。在平行推演方法中,实战演练和计算机仿真推演并行实施,兵棋和演训场联动实战训练态势:实际环境下的终端节点接入系统;系统中设置的“情况”能够融入现实环境,对演训进行“导调”。美国国防部高级研究计划局(DARPA)面向陆军的军、旅级指挥控制实施的“深绿”计划就是基于实时态势的典型动态平行仿真。其理想状态是可以量化的估计未来某一时刻的战场实际态势^[1,5]。

在建模与仿真技术方面。新的作战概念和新型作战力量的产生对军用建模与仿真提出了更加贴近实战的需求。在此需求牵引下, C4ISR 建模为核心的集成建模与仿真技术逐渐成为兵棋系统建模与仿真的最新方向。美国海军负责的海军仿真系统(NSS)是“以 C4ISR 为核心建模”的仿真系统, 能够有效的评价 C4ISR 系统对武器装备作战效能以及战局的影响。兰德公司开发的 SEAS (System Effectiveness Analysis Simulation)同样是“以 C4ISR 为核心”的仿真系统, 该系统在仿真结构上采用了集中服务式的仿真体系结构, 并通过闭环蒙特卡罗随机仿真来统计分析网络信息技术对作战效能的影响。“以信息系统为核心建模”已成为对抗仿真系统的主要特征。随着大数据、云计算以及人工智能相关技术在仿真系统中的应用越来越广泛, 逐步形成了“建模仿真即服务”(MSaaS)的概念^[11]。

2.5 人机交互贴近现实仿真

在人机交互仿真方面。最新开发的“指挥”兵棋呈现 Windows 风格, 整体结构简单明了, 但没有太多的视觉效果, 界面有时显得有些粗狂。但国外一直在努力开展深沉浸度和更便捷的人机交互环境构建研究。在沉浸度方面, 虚拟现实、增强现实、眼动、动作捕捉等系统大量应用于战役、战术兵棋系统设计, 使对阵员产生角色扮演感受, 从而被想定吸引, 深度参与其中。在交互方式方面, 理想情况下, 推演人员希望能够使用自然语言与仿真系统对话, 人机接口负责把这种自然语言翻译成机器所理解的语言。从 1998 年开始, 美军开始了对 BML (Battle Management Language, 一种能够无歧义指挥命令部队和装备进行军事行动和提供态势感知、共享作战行动的语言)的研究, 并形成了标准——C-BML (Coalition-BML)。随着人工智能和计算机科学发展, 人机交互方式正从纯语法处理方式向语义处理方式转化, 并结合网络平台的作用, 形成具有高识别度和正确率的语义网 (Semantic Web), 使得计算机和人类能够更好地协同工作^[5]。

3 结论

伴随着技术的发展, 信息化和智能化条件下的战争中多专业、多指挥层级融合的需求逐渐凸显。通过总结国外兵棋推演方式方法和系统研究进展发现, 计算机兵棋系统在发展过程中吸收了军事运筹学和武器装备仿真的最新理论和方法, 结合大数据和人工智能技术的最新发展成果, 通过不断融合现代作战模拟仿真技术和通信手段, 采用基于大数据的在线仿真、智能 AI 对阵员和云边缘等技术或方法, 促进了计算机兵棋系统与实战演练及训练的深度融合, 并为作战决策、实战训练和军事教育提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 李云庆, 毛华, 刘进壮, 等. 兵推天下: 2019 世界兵棋年鉴[M]. 北京: 北京纵横兵棋信息技术研究院, 北京方圆奇正数码科技有限公司, 2019.
Li Yunqing, Mao Hua, Liu Jinzhuang, et al. Bing Tui Tianxia: 2019 world wargame Yearbook [M]. Beijing: Beijing Zongheng Wargame Information Technology Research Institute, Beijing Fangyuan Qizheng Digital Technology Co., Ltd., 2019.
- [2] 李云庆, 毛华, 刘进壮, 等. 兵推天下: 2020 世界兵棋年鉴[M]. 北京: 北京纵横兵棋信息技术研究院, 北京方圆奇正数码科技有限公司, 2020.
Li Yunqing, Mao Hua, Liu Jinzhuang, et al. Bing Tui Tianxia: 2020 World Wargame Yearbook [M]. Beijing: Beijing Zongheng Wargame Information Technology Research Institute, Beijing Fangyuan Qizheng Digital Technology Co., Ltd., 2020.
- [3] Koziol M. Interoperability and Data Flow Between JTLS-GO Simulation System and LOGFAS Logistic System During CAX (Computer Assisted Exercise) Exercises[J]. Economics and Organization of Logistics (S2450-8055), 2020, 5(1): 65-78.
- [4] 严国强, 毛少杰, 孔晨研, 等. 联合作战训练仿真推演引擎技术研究[C]//2020 中国系统仿真与虚拟现实技术高层论坛, 北京: 北京国信融合信息技术研究院, 2020.
Yan Guoqiang, Mao Shaojie, Kong Chenyan, et al. Research on Joint Combat Training Simulation Deduction Engine Technology [C]//2020 China System Simulation and Virtual Reality Technology High Level

- Forum, Beijing: Beijing Guoxin Fusion Information Technology Research Institute, 2020.
- [5] 胡晓峰, 杨镜宇, 司光亚, 等. 战争复杂系统仿真分析与实验[M]. 北京: 国防大学出版社, 2008: 129.
Hu Xiaofeng, Yang Jingyu, Si Guangya, et al. Simulation Analysis And Experiment Of War Complex System [M]. Beijing: National Defense University Press, 2008: 129.
- [6] Jr C M B. On Wargaming: How Wargames Have Shaped History and How They May Shap the Future[M]. Newport, Rhode Island: Naval War College press, 2019.
- [7] 彭春光, 鞠儒生, 杨建池, 等. 现代兵棋推演技术分析[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(增 2): 97-100.
Peng Chunguang, Ju Rusheng, Yang Jianchi, et al. Analysis of Modern Military Chess Deduction Technology [J]. Journal of System Simulation, 2009, 21(S2): 97-100.
- [8] U.S. Joint Forces Command Joint Warfighting Center. JTLS Executive Overview [R]. VA, USA: 116 Lake View Parkway Suffolk, 2007: 23435-2697.
- [9] 田忠良, 刘昊. 智能算法在兵棋对抗推演中的应用[J]. 指挥控制与仿真, 2021, 43(1): 40-47.
Tian Zhongliang, Liu Hao. Application of Intelligent Algorithm in Military Chess Confrontation Deduction [J]. Command Control and Simulation, 2021, 43(1): 40-47.
- [10] 孟二龙, 高桂清, 王康, 等. 智能化战争中计算机兵棋发展建设[J]. 兵工自动化, 2020, 39(10): 76-79.
Meng Erlong, Gao Guiqing, Wang Kang, et al. Development and Construction of Computer Military Chess in Intelligent war [J]. Ordnance Automation, 2020, 39(10): 76-79.
- [11] 黄其旺, 朱旭. 美军主要仿真系统及其对现代战争的影响[J]. 计算机仿真, 2021, 38(3): 1-4.
Huang Qiwan, Zhu Xu. Main U.S. Military Simulation Systems and Their Impact on Modern Warfare [J]. Computer simulation, 2021, 38(3): 1-4.