

1-3-2019

Analysis of Key Issues in Building Joint Operation Analytic Simulation System

Gensheng Hu

PLA Unit 31002, Beijing 100094, China;

Shiguang Yue

PLA Unit 31002, Beijing 100094, China;

Xiaogang Qiu

PLA Unit 31002, Beijing 100094, China;

Zhao Kai

PLA Unit 31002, Beijing 100094, 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.

Analysis of Key Issues in Building Joint Operation Analytic Simulation System

Abstract

Abstract: The significance and reasons of key problems including the simulating efficiency, the model systems, the standard specification and system application are analyzed. On this basis, we discuss how to use techniques of high performance simulation engine, system modeling focused on C4ISR, artificial intelligence, and warfighting experimentation to solve these problems. We propose “two-line & three-layer” model VV&A management, “three-in-one” cooperative working pattern, and standard operation process of simulation analysis. Our works provide references for construction and application of the future joint operations simulation system.

Keywords

joint operations, operational analytic simulation system, model VV&A management, cooperative working pattern

Recommended Citation

Hu Gensheng, Yue Shiguang, Qiu Xiaogang, Zhao Kai. Analysis of Key Issues in Building Joint Operation Analytic Simulation System[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(12): 4636-4642.

联合作战分析仿真系统建设运用重难点问题分析

胡艮胜, 岳师光, 邱晓刚, 赵凯

(中国人民解放军 31002 部队, 北京 100094)

摘要: 分析了联合作战分析仿真系统建设运用中运行效率、模型体系、行为建模、系统运用等方面问题的重要性和产生原因, 在此基础上探讨了如何运用高性能仿真引擎、以 C4ISR (Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, 指挥、控制、通信、计算机、情报、监视、侦察)为核心的体系建模、人工智能和作战实验等技术解决上述问题, 提出了“两线三层”模型 VV&A (Verification, Validation and Accreditation, 校核、验证与确认)机制、“三位一体”协同工作模式和标准化仿真分析应用流程, 为未来联合作战仿真系统建设与运用提供参考。

关键词: 联合作战; 作战分析仿真系统; 模型 VV&A 机制; 协同工作模式

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2018) 12-4636-07

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201812018

Analysis of Key Issues in Building Joint Operation Analytic Simulation System

Hu Gensheng, Yue Shiguang, Qiu Xiaogang, Zhao Kai

(PLA Unit 31002, Beijing 100094, China)

Abstract: The significance and reasons of key problems including the simulating efficiency, the model systems, the standard specification and system application are analyzed. On this basis, we discuss how to use techniques of high performance simulation engine, system modeling focused on C4ISR, artificial intelligence, and warfighting experimentation to solve these problems. We propose “two-line & three-layer” model VV&A management, “three-in-one” cooperative working pattern, and standard operation process of simulation analysis. Our works provide references for construction and application of the future joint operations simulation system.

Keywords: joint operations; operational analytic simulation system; model VV&A management; cooperative working pattern

引言

仿真是有目的地利用动态模型进行的实验^[1]。人类运用仿真手段研究战争的历史源远流长, 随着战争要素越来越多、兵力结构越来越复杂、

决策规划对运筹计算的时间要求越来越高, 基于计算机系统的仿真实验很快被广泛应用于军事领域。特别是近几十年来, 相关信息技术持续高速发展, 计算机仿真技术日趋成熟, 并逐步成为各军事大国研究战争的主要手段之一。例如, 美军先后研发部署联合作战分析系统、联合战区仿真系统、兰德战略评估系统、扩展防空作战仿真系统等著名仿真系统, 并在伊拉克战争和联合演习中发挥重要作用^[2-3]。美军还先后提出 HLA (High Level Architecture, 高级体系结构)、TENA (Test and



收稿日期: 2018-07-07 修回日期: 2018-07-31;
基金项目: 国家自然科学基金(61463402);
作者简介: 胡艮胜(1973-), 男, 湖北武汉, 硕士, 副研究员, 研究方向为作战仿真; 岳师光(1987-), 男, 吉林长春, 博士, 工程师, 研究方向为作战仿真; 邱晓刚(1963-), 男, 湖南长沙, 博士, 研究员, 研究方向为作战仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 4636 •

Training Enabling Architecture, 试验与训练使能体系结构)等标准规范, 不断推进作战仿真系统建设运用的体系化水平^[4]。国内在作战分析仿真系统或平台建设方面, 进行了大量工作, 典型的平台有国防科技大学的并行仿真支撑环境、华如公司的可扩展仿真平台等。

由于联合作战分析仿真内容要素多、规模结构复杂、组织管理困难, 在仿真系统建设和运用中仍存在大量问题, 严重制约了系统建设质量和运用效能。本文旨在通过分析联合作战分析仿真系统建设与运用中的重难点问题, 探讨可能对联合作战仿真发展产生重大影响的关键技术和建设运用机制, 为发展未来联合作战仿真系统提供参考。论文首先分析了运行效率、模型体系、行为建模、系统运用等四个方面问题的重要性和产生原因, 讨论了运用高性能仿真引擎、以 C4ISR 为核心的体系建模、人工智能和作战实验等技术解决上述问题的可行性, 然后结合多年系统建设与应用经验, 提出“两线三层”模型 VV&A 机制、“三位一体”协同工作模式和标准化仿真分析应用流程等建设运用机制。

1 系统建设运用重难点问题分析

联合作战分析仿真系统体系结构复杂, 建模分析的对象涵盖信息化体系对抗条件下联合作战各种作战样式、各种作战力量、各种作战行动、各种战场空间, 系统设计、研制和运用过程需要完善的作战规则、完备的模型体系与海量权威的数据支撑, 系统开发涉及部队、院校、研究所和企业等不同单位, 系统部署后的运行维护和升级也依赖于军事人员、分析人员和技术开发人员的共同努力。目前, 在联合作战分析仿真系统建设与应用过程中无论在实现技术、实验方法, 还是在组织管理上都存在不少问题, 其中运行效率、模型体系、行为建模及系统运用等方面的问题尤为突出。

1.1 运行效率

联合作战分析仿真系统主要用于方案计划的

分析评估和优选优化。主要步骤: 首先分析人员根据所要评估分析的方案计划开发更为具体详细的仿真实想定, 想定中进一步描述了作战过程中涉及的部队、兵力、行动、战场环境和初始态势, 以便将方案计划数字化后输入系统。其次, 分析人员要对每一想定(也即是细化后的作战方案/计划)进行批量蒙特卡罗运行, 获得统计结果, 再对结果进行分析评估以便得到辅助指挥员决策所需的量化分析结论^[5]。一方面指挥决策时效性要求高, 另一方面采用仿真手段进行方案计划分析评估通常采用大样本统计寻优方法, 动辄需要采集成千上万次实验样本。因此如果系统操作繁琐、运行效率低下, 将严重影响系统使用效益。

实践中发现, 作战分析仿真系统运行效率往往与模型粒度和分辨率、战场实体数量、交战交联关系复杂程度等有关, 还与仿真引擎和实验设计技术的实现机制和策略有关。联合作战本身的复杂性决定了很难通过优化前三个因素来达到提高运行效率的目的, 因此, 要大幅提高系统运行效率, 需要在优化仿真引擎和实验设计技术上做文章。

1.2 模型体系

完整的模型体系是保证仿真分析评估结果可靠可信的重要前提之一。联合作战分析仿真需要构建大量的武器装备模型、作战单元模型、战场环境模型、火力毁伤模型、评估计算模型、指挥控制模型和非军事因素描述模型等。其中, 武器装备、作战单元、评估计算等方面的模型建模技术和方法相对较多, 也较成熟, 但在复杂战场环境、联合指挥控制、联合火力毁伤、非军事因素等方面进行建模描述则面临较大困难。

战场环境方面, 需解决复杂电磁环境影响、复杂大气水文环境的模型体系构建问题; 指挥控制方面, 需解决 ISR(Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, 情报、侦查、监视)、协同机制和多方多轮博弈的模型体系构建问题; 联合火力毁伤方面, 需解决联合火力毁伤标准、火力毁伤积累效应、目标功能级

联降阶等模型构建问题；非军事因素方面，需解决能源通信系统、交通系统和非军事人员活动的模型体系构建问题。总之，模型体系应满足基于信息系统的联合作战体系对抗全过程、全要素仿真要求，才能保证作战仿真分析的范围和深度。

1.3 行为建模

作战分析仿真系统用于方案计划分析评估，主要采取人不在回路的应用模式，指挥机构及其指挥控制行为必须用模型来描述和表达。指控单元模型的自主决策能力是保证仿真过程自动执行的关键。

目前，国内外已经在指挥行为建模领域进行了一定探索，在低层次指挥单元采用计算机生成兵力方式建模已有大量成果。但联合作战分析仿真还需要建立不同层级联合指挥机构及军、师、旅级别的指挥所模型，重点解决高层次指挥单元指挥员指控行为建模、组织行为建模、协同协调和协作等行为建模、群体行为建模等。

1.4 系统运用

作战分析仿真系统提供了一种设计战争的工具手段，但军事问题研究离不开军事人员和作战实验人员的主观能动性。因此，要最大程度地发挥作战仿真分析在战法研究、作战筹划、力量建设等方面产生的实际效益，就必须通过提出基于现有客观条件的系统运用理论和实验方法。

一是如何分析仿真分析目标和范畴，任何仿真系统的功能都是有限的，只有目标范畴科学合理，才能有的放矢，确保分析结果可信可靠；二是如何运用实验设计等各种方法，有效降低仿真规模，充分发挥系统效能；三是如何对产生的数据结果进行深入挖掘，切实将实验结果转化为决策参考；四是如何利用仿真结果，指导系统的升级改进。

2 系统建设运用关键技术

人工智能、体系建模、高性能计算等前沿技术为联合作战分析仿真系统能力提升提供了巨大的

发展空间。针对上述重难点问题，下面分析四项对联合作战分析仿真系统发展可能产生重要影响的关键技术。

2.1 高性能仿真引擎技术

面向作战分析仿真的高性能仿真引擎技术，对传统的通用仿真引擎做了大量针对性改进优化，通过四层并行(作业、任务、模型、算法)来实现仿真的高效运行，其具备以下技术特点^[6]：一是针对作战仿真的领域特点(战场空间大、实体数量多、实体交互关系复杂等)做专门性改造，在仿真引擎中实体管理、环境管理、事件调度、时间管理、声明管理的基础上，增加战场空间管理、辐射源管理、高性能战场环境服务等手段来进一步增强仿真引擎对模型的调度性能；二是针对新型软硬件平台做针对性改进，一方面围绕多核、众核、GPU+CPU混合架构等不同硬件架构做深度优化，另一方面围绕国产硬件平台(银河、神威、浪潮等)和操作系统(麒麟、红旗、深度等)做适应性优化；三是针对多样计算资源使用模式做适应性优化，结合作战分析仿真在分布式计算环境、集中式高性能集群计算环境、云计算环境甚至边缘计算环境下的部署和运行特点，设计相应的作业/任务调度算法，提升计算资源的使用率以及任务的吞吐量。

更进一步，针对大规模仿真中模型复杂且数目众多，连续地从头重新配置和执行仿真花费巨大的问题，在高性能仿真中基于克隆方法设计动态仿真引擎结构，通过共享相同计算方式提高需多次重复执行的仿真运行效率。

2.2 以 C4ISR 为核心的模型体系构建技术

现代战争是基于信息系统的体系对抗。未来联合作战分析仿真系统应着重关注基于 C4ISR 的体系建模技术，构建信息共享、协同计划、作战自同步过程模型，分析其对作战效能的影响^[7]。具体思路如下：一是可将体系视为“实体”与“关系”的组合，对传感器、指控单元、通信网络、火力单元等

C4ISR 实体进行建模, 构建组成 OODA(Observe, Orient, Decide, Act, 观察、调整、决策、行动)环的关键要点; 二是是对信息拓扑、指挥关系、协同流程等结构性因子进行显式描述, 并定义其对实体行为及其效果的影响。通过构建以 C4ISR 为核心的模型体系, 能充分反映指控行为在联合作战中起到的核心作用。

2.3 人工智能技术

随着科学技术的进步和发展, 人工智能技术逐渐走向融合和集成, 牵引战争形态进行转变, 以强大的智能化指控平台和武器装备为主的智能化战争成为了新的趋势^[8]。

联合作战分析仿真系统可借助人工智能技术具备感知、自主决策和反馈能力, 建立高度智能的 Agent 系统, 融入军事领域中指挥人员提供的专门知识和经验, 采用人工智能中的推理技术来求解和模拟各种复杂问题。在仿真中, Agent 系统可基于自身状态及战场环境变化, 对目标和战场环境进行分析、识别和思维判断, 完成类似指挥员的分析和决策功能, 实现高层指挥单元的建模与仿真。具有学习机制的人工智能, 为联合指挥机构及军、师、旅级别的指挥所模型的建立提供了新的技术途径。

2.4 作战实验技术

基于联合作战分析仿真系统开展作战实验, 不仅要求系统具有高性能、运行结果可信可靠, 还需要相关的实验理论和技术支撑运用^[9]。

一是实验设计理论, 联合作战仿真分析涉及大量模型数据, 变量要素多, 计算过程十分耗时。为得出具有辅助决策价值的实验结论, 必须结合领域知识和一定的数学统计方法进行实验设计, 力争用最少的运行次数达到实验目的; 二是数据分析技术。作战实验可产生大量运行数据, 如何围绕研究的作战问题, 充分利用这些海量数据进行多层次、多角度的评估分析, 找出影响作战效果的关键因素及其影响权重, 是系统建设与应用实践要解决的关

键问题。未来应考虑重点设计可针对指挥员关注问题空间, 灵活定制评估指标, 支持追溯性影响因素分析的评估分析功能。采用对象过程方法论和元模型技术, 构建评估指标体系概念建模工具, 支持评估指标的定义与管理等功能, 解决评估指标柔性组合问题。还可通过决策树、因果网络、影响图等评估分析技术解决作战方案深度评估分析问题。

3 系统建设运用机制

本节结合多年来从事联合作战分析仿真系统建设应用实践经验, 提出联合作战分析仿真系统有关建设运用机制。

3.1 “两线三层”模型 VV&A 机制

确保联合作战分析仿真系统可用可信的关键是建立健全模型 VV&A 机制, 规范工作流程, 严格把关 V&V 计划、军事需求与军事概念模型验证、数学/逻辑模型 V&V、程序模型 V&V 以及模型认证等各个环节, 严格模拟资源审核入库^[9]。图 1 为未来系统建设可采用的 VV&A 机制。

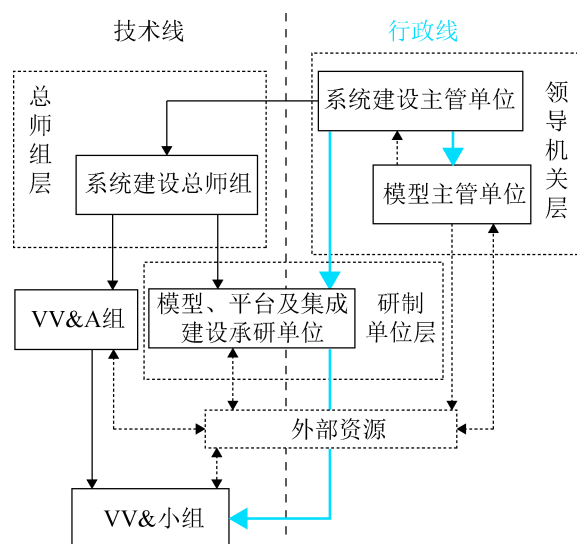


图 1 “两线三层”模型 VV&A 机制

Fig.1 “Two-line & three-layer” model VV&A management

系统建设的最高组织领导机关可通过行政手段协调各军兵种模型建设主管单位, 以及外部资源之间的关系, 负责从应用角度对模型、模拟系统,

以及所涉及相关数据的最终认可。各承研单位根据相关研制合同和技术要求,完成相关模型的V&V工作。总师组负责对整个系统的开发、集成及应用验证过程进行技术指导、管理和协调。VV&A组在总师组的领导下,对系统建设的VV&A工作进行组织、实施、管理和监察。各模型承研单位的VV&A小组具体实施本单位的VV&A工作。系统应用验证由总师组组织,以应用总体单位为主,技术总体单位配合,VV&A组参加联合实施,各平台和模型承研单位共同参与,对典型作战想定条件下的系统应用情况进行测试检验,记录系统测试过程,完成系统应用验证测试报告。通过上述措施,确保模型数据可信可靠,系统稳定可用。

3.2 “三位一体”协同工作模式

联合作战分析仿真系统涉及面广,技术难度大,需要军事人员、作战实验人员和技术人员协同配合。在具体工作内容上,既深度融合,又各有侧重。军事人员主要负责研究确定需模拟评估的军事问题,设计基本想定,明确评估指标及其含义,校核确认模型数据;作战实验人员根据所研究的军事问题和评估指标,结合系统能力,研究设计实验方案,录入想定数据和其他基础数据,运行维护系统,记录和分析运行数据,统计实验结果,并根据实验进展情况,提出调整军事想定和补充、修改评估指标的意见建议;技术人员负责进行模型数据准备,提供后台技术支持,解决系统运行过程的技术问题,在军事人员和作战实验人员要求和指导下,解释说明模型算法,修改调整模型、数据和作战规则,改进完善系统功能性能。最后,以作战实验人员为主,在军事人员和技术人员帮助下,研究得出评估结论,拟制实验研究报告。“三位一体,分工协作,全程融合”的工作模式,能够保证仿真分析始终围绕作战问题展开,军事需求结合系统功能聚焦,系统功能围绕军事需求拓展,能较好地实现了军事与技术的深度融合。

3.3 标准化仿真分析应用流程

作战仿真分析实施过程可进一步表示为包含10个阶段的标准化应用流程,每个阶段的具体任务如下:理解任务阶段,在军事人员指导下,正确理解应用研究任务的背景,明确要进行分析的军事问题;军事设计阶段,围绕作战问题,研究细化军事想定,确定评估指标,明确其含义;实验设计阶段;针对军事想定和评估指标,设计分析方案,明确关键变量及其取值;数据准备阶段,根据想定中的各作战要素和战场环境,采集检核相关数据,录入系统;系统准备阶段,根据想定内容准备模型,调试仿真平台技术状态,进行全系统联调测试;想定录入阶段,根据想定内容,录入战场环境和作战目标数据、对抗各方兵力编成和作战部署数据、对抗各方作战行动数据;检查仿真想定的一致性和完整性;模拟运行阶段;调度模型数据等仿真资源,启动系统运行,监控各模拟计算节点和模型的运行状态,维护系统正常运行,采集记录模拟结果数据;数据分析阶段;综合采用态势回放方式和在线统计回放方式,回放模拟结果数据,分析作战过程、作战效果、作战协同、实体状态等方面的数据变化规律,对针对评估指标计算需要采集的所有结果数据,进行数学统计分析;综合研究阶段,在数据分析的基础上,采用定性与定量结合的方式进行综合分析,形成对特定作战问题的综合评估结论;总结报告阶段;研究工作,梳理存在的问题,提出意见建议,形成研究报告

上述10个阶段可分别对应6个实验席位,依次为综合分析席、想定录入席、运行控制席、态势显示席、在线统计席和分析评估席,前3个阶段(理解任务、军事设计、实验设计)主要由综合分析席独立完成。在系统准备、数据准备、想定录入、模拟运行、数据分析、综合研究、总结报告等后7个阶段,每个席位均有不同的工作内容,对应关系如图2所示。



图 2 各席位在系统准备等七个阶段的工作内容

Fig.2 Work content of each seat in seven stages such as system preparation

4 结论

联合作战分析仿真系统建设运用是一项复杂的系统工程,不仅需要大量的人力、物力和财力支持,且通常要经过数十年的迭代升级才能较好地满足用户需求。因此,系统研制单位和用户必须充分沟通,通过开展捆绑作业的方式持续改进系统存在的短板和不足,特别是应当注意吸收人工智能、云计算、数据科学等若干领域的最新技术成果。

本文通过分析运行效率、模型体系、行为建模、系统运用等联合作战分析仿真系统建设运用中的难点问题,提出了若干可能对联合作战仿真发展产生重大影响的关键技术与运用机制,为未来联合作战仿真系统的建设提供了参考。

参考文献:

- [1] 黄柯棣,邱晓刚.建模与仿真技术[M].长沙:国防科技大学出版社,2010.
Huang Kedi, Qiu Xiaogang. Modeling and Simulation Technology[M]. Changsha: University of National Defense Science and Technology Press, 2010.
- [2] 唐忠,薛永奎,刘丽.美军作战仿真系统综述[J].航天电子对抗,2014,30(4):45-48.
Tang Zhong, Xue Yongkui, Liu Li. Overview of Typical Warfighting Simulation Systems of the U.S. Army[J]. Space Electronic Warfare, 2014, 30(4): 45-48.
- [3] 李健,毛翔.兰德战略评估系统及其影响[J].军事运筹与系统工程,2015,29(1):5-12.
Li Jian, Mao Xiang. Rand Strategic Assessment System and Its Impact[J]. Military Operations Research and Systems Engineering, 2015, 29(1): 5-12.
- [4] 张勇,杨艾军.基于FLAMES和HLA的联合作战仿真研究[J].指挥控制与仿真,2009,31(1):73-77.
Zhang Yong, Yang Aijun. Research on Joint Operation Simulation Based on FLAMES and HLA[J]. Command Control & Simulation, 2009, 31(1): 73-77.
- [5] 杨妹,杨山亮,许霄,等.面向高层辅助决策的作战分析仿真系统框架[J].系统工程与电子技术,2016,38(6):1440-1449.
Yang Mei, Yang Shanliang, Xu Xiao, et al. Framework of Operational Analytical Simulation in High Level Decision-making System[J]. Systems Engineering and Electronics, 2016, 38(6): 1440-1449.
- [6] 杨妹,赵鑫业,蔡楹,等.面向分析评估的高性能仿真系统关键技术研究[J].系统仿真学报,2012,24(12):2463-2467,2495.
Yang Mei, Zhao Xinye, Cai Ying, et al. Research on Key Technologies of High Performance Simulation for Analytical and Evaluation[J]. Journal of System Simulation, 2012, 24(12): 2463-2467, 2495.
- [7] 李宁,赵存如.美军联合作战系统分析[J].军事运筹与系统工程,2007,21(4):67-71.
Li Ning, Zhao Cunru. Analysis of US Joint Operations System[J]. Military Operations and Systems Engineering, 2007, 21(4): 67-71.
- [8] 胡晓峰,荣明.作战决策辅助向何处去——“深绿”计划的启示与思考[J].指挥与控制学报,2016,2(1):22-25.
Hu Xiaofeng, Rong Ming. Where Do Operation Decision Support Go: Inspiration and Thought on Deep Green Plan[J]. Journal of Command and Control, 2016, 2(1): 22-25.
- [9] 曹裕华.作战实验理论与技术[M].北京:国防工业出版社,2013:41.
Cao Yuhua. Theory and Technology of Warfighting Experimentation[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2013: 41.
- [10] 李柯,马亚平,崔同生,等.联合作战模拟的VV&A[J].计算机仿真,2004,21(7):14-16.
Li Ke, Ma Yaping, Cui Tongsheng, et al. VV&A of Joint Operations Simulation[J]. Computer Simulation, 2004, 21(7): 14-16.