

12-13-2019

On Operational Experiment Systematization

Xiaogang Qiu

College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

Duan Hong

College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

Bin Chen

College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, 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.

On Operational Experiment Systematization

Abstract

Abstract: With the complexity of military simulation object, the way of operational experiment is changing. Based on the discussion of operational experiment requirements, we first present the concepts, objectives, requirements, ideas and related technologies of operational experiment systematization, discuss the requirements, objectives and tasks of the construction of the operational experiment system and point out that simulation engineering in military field is the basis of efficient systematic operational experiment. After that, we describe the concept of domain simulation briefly, and *analyze the work needed to be carried out in military simulation engineering from the perspective of sharing the results of simulation activities and increasing the order of domain simulation activities.*

Keywords

operational experiment, combined experiment, domain simulation engineering, system of operational experiment

Recommended Citation

Qiu Xiaogang, Duan Hong, Chen Bin. On Operational Experiment Systematization[J]. Journal of System Simulation, 2019, 31(12): 2652-2656.

作战实验体系化初探

邱晓刚, 段红, 陈彬

(国防科技大学系统工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 军事仿真对象的复杂化使得作战实验的方式正在发生变化, 从独立的作战实验向组合作战实验发展。介绍组合作战实验的含义、类型、构成、思路和作用, 讨论作战实验体系建设需求、目标和任务, 提出军事领域仿真工程是高效进行体系化作战实验的基础, 对军事领域仿真工程需要开展的工作进行了分析。

关键词: 作战实验; 组合实验; 领域仿真工程; 作战实验体系

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2019) 12-2652-05

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.19-FZ0411

On Operational Experiment Systematization

Qiu Xiaogang, Duan Hong, Chen Bin

(College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: With the complexity of military simulation object, the way of operational experiment is changing. Based on the discussion of operational experiment requirements, we first present the concepts, objectives, requirements, ideas and related technologies of operational experiment systematization, discuss the requirements, objectives and tasks of the construction of the operational experiment system and point out that simulation engineering in military field is the basis of efficient systematic operational experiment. After that, we describe the concept of domain simulation briefly, and analyze the work needed to be carried out in military simulation engineering from the perspective of sharing the results of simulation activities and increasing the order of domain simulation activities.

Keywords: operational experiment; combined experiment; domain simulation engineering; system of operational experiment

引言

信息技术的迅速发展, 对军事领域的各个方面都产生了前所未有的影响。当代科学技术所具有的巨大力量动摇了前人积累的战争经验, 使其难以成为预测未来战争的依据。以往战争的经验与未来战争要求之间的差距变得越来越大, 用传统方法研究

战争变得力不从心。在现代仿真技术基础上发展起来的作战实验, 开辟了军事实践的新途径和提供了军事认识的新途径。实践证明, 作战实验在论证武器装备发展、评估作战方案、创新作战方法、提高训练效益、研究军事理论、验证作战条令等方面, 都能够发挥重要的作用^[1]。

未来的作战是信息化条件下的联合作战。联合作战实验需求层次、目标多样, 涉及联合作战的全要素、全流程、全空域、全时域、全频域, 需要集成大量多源和异构的数据、模型、知识来予以支撑, 需要组织技术、军事等多个专业领域人员予以保



收稿日期: 2019-06-10 修回日期: 2019-08-08;
作者简介: 邱晓刚(1963-), 男, 江西宁都, 博士, 教授, 研究方向为仿真平台设计、仿真建模、平行系统; 段红(1969-), 女, 湖南武冈, 博士, 副教授, 研究方向为系统仿真, 复杂系统建模与仿真。

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

• 2652 •

障。同时联合作战实验还面临时间和经费的压力, 对作战实验全过程的效率有更高要求, 这些特征要求从作战应用领域的角度思考作战实验的实施模式, 组织作战实验活动^[2]。

作为未来仿真对象的联合作战, 由于其作战方案与战法、作战指控、作战行动、装备作战运用等问题的复杂度增加以及规模扩展, 采用单一的作战实验难以完成对这些问题研究与分析, 需要设计一系列精心挑选、合理安排的组合作战实验来支撑。高效、科学地设计与组织组合作战实验是军事领域作战实验研究与应用面临的新问题, 为此, 需要关注作战实验体系化的问题。作战实验体系化实际上是在某个军事领域建立作战实验体系的过程。其中开展军事领域仿真工程研究是提高组合作战实验效率的有效途径之一。

论文初步讨论与作战实验体系化相关的 3 个方面: 组合作战实验、作战实验体系和军事领域仿真工程。在介绍组合作战实验体系的含义、类型、构成、思路和作用, 以及作战实验体系的概念与特点的基础上, 讨论作战实验体系建设需求、目标和任务, 提出军事领域仿真工程是高效进行体系化作战实验的基础。

1 组合作战实验与作战实验体系

作战仿真是一种工具与方法, 用于模拟实际作战的进程, 评估作战效果。而作战实验是通过作战仿真这一工具与方法达到认识作战和指导作战目的的活动。作战仿真是现代作战实验的主要方法和形式, 计算机仿真技术为作战实验提供重要技术支持。通过精心组织的作战实验可以产生许多军事知识和推动军事研究的发展^[3]。

作战实验可区分为独立实验和组合实验。独立实验是独立进行的单个实验, 其所探究的问题和得出的结论都是有限的, 能够有效考察、测试的变量和变量关系也有限。组合实验由一系列精心挑选、合理安排的实验组成, 是对单个实验的结果进行综合和组合。通过组合作战实验, 可使军事领域“无

序”、孤立的作战实验活动, 转为有序性和相互协作, 提高实验的质量和效率。

组合实验可分为两类: 基础性组合实验是为构建知识体系而进行的系列实验; 任务型组合实验是为实施具体任务, 如完成装备体系作战效能评估而进行的一组实验。组合作战实验通常是任务型的, 如作战规划中的组合作战实验是为辅助生成、优选优化作战方案计划而进行的一系列相互联系的作战实验。

组合作战实验中的各个实验间的关系可以是并行、串行或反馈的而形成实验网络; 也可以是层次化的。组合作战实验网络可以是事先规划好、通过系统设计得到; 也可以是在实验过程中渐进形成, 即探索性的组合实验。探索性组合实验从最初概略的设想开始, 边实验边探索, 逐步形成越来越成熟的作战实验集。在军事应用领域中, 应通过研究和实践, 争取将探索性组合实验向系统设计组合实验转化, 即从探索实验转为假设验证实验, 再转为演示实验。

组合作战实验主要作用是整合各单个实验结果, 使得来自各个独立实验的知识碎片能够拼接成整片, 从而产生对被仿真对象的整体认识。单个作战实验探究的问题和得出的结论是有限的——只能探索数量有限的变量之间的相互作用; 而通过组合作战可以增加实验数量和种类, 获得更多数据和经验。组合实验帮助人们理解概念, 使得对事物的理解由相对孤立的知识元素发展为彼此联系、可解释、可预测的理论体系。作战实验的价值与网络相似, 随关联实验数目的增加而作用增加。把单个作战实验放到组合作战实验中去, 也有助于避免单个实验设计和实施常犯得错误。

实施组合作战实验需要作战实验体系的支撑。作战实验体系是由各个开展作战实验相关活动的单位(实验室/实验中心/模拟训练中心), 为完成实验任务, 互联互通、互相支持形成的组织体系, 亦即支持组合作战实验的各种实验系统、设施、组织

的集合。构建作战实验体系的主要目的是完成组合作战实验，共建共享仿真资源，从而从领域层次开展仿真的能力建设和应用，打造有关利益方共赢的仿真生态圈。作战实验体系有以下特点：

- (1) 核心单位主要是直接为业务部门服务的、应用性的单位；
- (2) 各单位首先是为所在部门的业务服务的，而不是为整个体系服务的；
- (3) 每个单位要完成自身任务，必须借助体系的力量；
- (4) 通过技术上的互联互通和体制机制形成体系的。

2 作战实验体系建设需求

作为作战实验研究对象的作战体系具有复杂系统的特点：元素的类型和数量众多，各元素的功能和结构复杂；元素间交联关系动态多变；系统规模庞大、构成有序，具有层次性结构；系统功能综合、目标多样；具有“涌现”现象。

复杂系统仿真需要把复杂系统当成了“复杂系统”来对待^[1]，即在建模过程中不能忽略复杂系统的上述“复杂性”特征。战争复杂性与人们认识能力有限性的矛盾，需要通过建立作战微观层面与战争宏观层面的联系来处理。而军事领域复杂问题仿真研究面对的不是单一不变的系统，而是一簇相互联系的系统。这些系统可以认为是研究对象生命周期不同阶段的不同形态，或研究对象在不同环境下的不同形态。因此军事复杂问题研究需要综合各个层次、各种角度的仿真实验才能透过其复杂性的迷雾^[4-5]。

诸如作战筹划、装备论证等领域，作战实验的应用越来越广，要求越来越精细。这些领域的多层次、多类型、多角度作战实验，使得我们对问题的认识从模糊到清晰、从概略到精细、从预定到确定。众多作战实验组合形成反复迭代、相互交织的认识复杂过程，为了支持组合作战实验，对领域中建立作战实验体系有多方面的要求：

(1) 需要上一层次作战实验为下一层作战实验提供背景、导向；而下层作战实验为上层作战实验提供数据、模型，并检验数据与模型。

(2) 需要将作战实验融入领域的业务，与领域业务一体化：如设计与仿真一体化、筹划与仿真一体化、论证与仿真一体化、训练与仿真一体化。领域业务的关联性，也要求作战实验组合作化。

(3) 需要提高仿真可信度：实验应用是解决模型和数据基础薄弱问题的根本出路——可靠、可信的模型和数据是“用”出来的，而不是“建”或“采”出来的；大量有价值的应用需要多专业团队集体完成。

(4) 需要通过组合实验间的多次反馈，在系统研制和仿真应用间建立良性循环，来提高仿真系统质量，使其逐渐演化为可靠的预测工具。多次、多种以及不同方法、不同参与者的作战实验可以相互印证、补充、对比，帮助发现问题，提高仿真系统的可信度。

(5) 作战数据生成的需求。例如美军进行的 JMASS 和 JWARS 的组合实验中，交战层面的 JMASS 仿真运行可为联合作战层面的 JWARS 仿真提供真实的、针对特定态势作战的实验数据。JWARS 运行多天的联合作战想定，必要时将交战相关的作战参数给 JMASS，作为 JMASS 启动运行的初始条件。JMASS 仿真详细的交战过程并将结果返回给 JWARS。而 JWARS 使用 JMASS 得到的结果对其交战结果进行裁定，并继续仿真运行。

(6) 作战模型进化的需求。仿真是基于模型的活动，而建模也需要仿真的辅助。例如指挥所模型要考虑复杂的指挥行为时，由于影响行为的因素非常多，很难在模型构建初期就考虑全面。因此需要基于已有认识建模后进行广泛实验，再通过实验结果分析来改进具有智能单元的模型。这实质上是一种人机结合的学习过程，需要大量实验来产生学习样本。相对独立实验单位，实验体系对此可以提供更好的支撑。

3 作战实验体系建设

作战实验体系建设的目标是通过在领域层次上有序开展作战仿真建设和应用, 打造领域有关利益方共赢的作战仿真生态圈, 使得作战仿真资源建设与系统建设和实验应用有机关联, 形成全空间、全维度和全过程的虚拟实践环境。理想状态, 是能够在领域的作战实验体系中统一网络, 实现互连; 统一模型, 实现互操作; 统一数据, 实现互通; 统一软件, 实现共用支撑; 统一应用, 实现组合作战实验。成熟的作战实验体系在技术上应具有以下特征:

- (1) 多样化作战实验的手段;
- (2) 多方面成果综合集成的环境;
- (3) 领域问题与仿真实验衔接的桥梁;
- (4) 高效率的仿真实验方法;
- (5) 灵活方便的仿真实验环境。

作战实验体系在形态上可以视为一个分布作战实验室, 上、下各个层次的作战实验互为支撑, 实现环境与平台、系统与应用建设的良性互动。其建设要求包括:

(1) 仿真资源建设要求: 能够有效地提取领域的仿真资源, 系统地组织领域的仿真资源, 方便地管理领域的仿真资源, 快速地集成领域的仿真资源。

(2) 模型建设方式要求: 超越个体化阶段, 进入协作化、工程化的模型研发, 并向智能化方向发展。在这过程中, 增强模型规范性、提高实体模型的可扩展性、提高模型重用性、提高系统使用效率。

(3) 仿真环境建设要求: 作战实验体系的仿真环境应能够通过软件即服务的形式提供灵活、按需的仿真应用服务, 解决传统仿真方式效率低、共享困难等困境, 实现领域仿真资源安全地按需共享与重用, 实现领域仿真工具多用户按需协同互操作, 实现领域仿真应用动态优化调度运行。

(4) 协作方式建设要求: 应具有学术交流、协作研究、资源共建和联合实验等多种协作机制和渠道。通过学术交流, 有效传播新的技术, 有用的经验; 通过协作研究, 构建技术与应用研究共

同体, 推动仿真实验的研究。通过资源共建, 丰富体系中的理论、方法、工具、系统、模型、数据、案例; 通过联合实验, 提升整个应用领域的作战实验能力。

(5) 协作网络建设要求: 需要在领域中建立实验任务、实验协作和实验交流 3 层网络。实验任务网是核心, 连接领域各个作战实验应用单位, 用于联合完成大型实验任务或一系列相互联系、精心安排的组合实验活动; 实验协作网在实验任务网上扩展, 增加作战实验的技术支持单位, 通过协作为实验提供技术、模型、数据等支持。实验交流网在实验协作网基础上扩展, 增加各类作战实验相关技术的研究单位, 采用会议、论坛方式交流作战实验技术。

4 军事领域仿真工程

军事领域仿真工程是构建一个领域作战实验体系, 实现组合作战实验的重要途径。

军事领域仿真工程针对军事领域各种各样的仿真需求, 将一个领域中的仿真活动作为一个整体进行筹划, 应用系统工程的方法构建可重用、可共享的仿真资源, 包括模型、数据、作战规则、平台工具和标准^[6]。其主要目标是通过军事领域各仿真技术研究和仿真系统研发与作战实验应用单位的有机联合, 逐步确立军事领域仿真的标准体系; 以军事领域的可重用、可组合的标准化仿真资源建设与应用为核心, 为作战实验提供可重用的仿真资源; 通过便利的共享实施, 支持领域中各种作战实验应用系统的构建与应用, 高效地支持军事领域中的各种类型的作战实验, 从而促进军事领域作战实验活动从各部门自洽的、独立的分散活动方式, 走向协同的、集成的全局活动方式, 实现军事领域的知识与计算机技术高水平的结合^[6]。

军事领域仿真工程的主要工作是构建军事领域的仿真环境。该环境包括仿真资源、仿真资源集成框架、以及利用资源与集成框架来集成仿真应用系统的所有设施(含领域仿真标准规范)。该环境不

是一个具体的仿真系统或仿真平台,而是整个军事领域的仿真应用人员从事仿真应用的工作环境。显然,通过军事领域仿真工程构建的领域仿真环境,可以高效地支持军事领域中组合作战实验^[6]。

组合作战实验中的各个实验相互关联,是有机的整体,因此这些作战实验要求基于逻辑上一致的模型和数据。军事领域仿真工程的核心是建设领域共享仿真资源。军事领域仿真资源主要是模型和数据,它们是军事领域知识的抽象,是对军事领域中相关的实体、活动、任务、交互和环境等因素的可操作性描述^[7]。如果作战实验体系中各单位采用各自的方式描述现实世界,将导致开发出的模型和数据不一致,又必然导致开发出的仿真系统之间不能互操作。因此,必需建立相应的机制保证实验体系中各个单位开发的模拟资源是经过权威部门的校核、验证和认可;需要研究军事知识向模型和数据转化的机制和方法,探索作战仿真技术对军事知识(智慧)的集成以及全军协同建设作战仿真资源的机制,支持作战仿真系统的研制和应用^[8]。一般而言,仿真资源体系的构建涉及 2 个方面的问题:

(1) 领域知识建模,即如何获取与作战仿真相关的军事领域知识,以及如何将军事领域知识进行形式化描述;

(2) 领域知识转化,即如何将军事领域知识转化为作战实验所需的模型数据资源,进而支持领域的仿真活动,包括各类组合作战实验。

5 结论

仿真技术的快速发展:(1) 受到应用领域需求的牵引;(2) 得益于信息技术进步的有力推动。当前军事领域中两者的驱动力尤其鲜明,促进了作战仿真在研究内容和研究形式上都发生了深刻的变化。随着现代战争的复杂性不断升级,对于作战实验的要求也日益提升,对于多层次之间联动的组合作战实验研究已成为军事仿真领域的重要内容。组合作战实验的开展需要作战实验体系的支持。而通过军事领域仿真工程,推进作战实验体系的建立,

是高效完成组合作战实验的重要途径。

参考文献:

- [1] 胡晓峰. 战争工程论: 走向信息时代的战争方法学[M]. 北京: 国防大学出版社, 2012.
Hu Xiaofeng. The Theory of War Engineering: The Methodology of War Towards Information Age[M]. Beijing: National Defense University Press, 2012.
- [2] 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, 2011.
Huang Kedi, Qiu Xiaogang. Modeling & Simulation Technology[M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 2011.
- [3] 邱晓刚, 张志雄. 通过计算透视战争——平行军事体系[J]. 国防科技, 2013, 34(3): 13-17.
Qiu Xiaogang, Zhang Zhixiong. Systems of Parallel Military System[J]. National Defense Science & Technology, 2013, 34(3): 13-17.
- [4] 胡晓峰, 杨镜宇, 司光亚, 等. 战争复杂系统的仿真分析与实验[M]. 北京: 国防大学出版社, 2008: 184-204.
Hu Xiaofeng, Yang Jingyu, Si Guangya, et al. War Complex System Simulation Analysis & Experimentation[M]. Beijing: National Defense University Press, 2008: 184-204.
- [5] 李潭, 李伯虎, 柴旭东, 等. 面向复杂性系统的知识建模及联合仿真方法研究[J]. 系统仿真学报, 2011, 23(6): 1256-1260.
Li Tan, Li Bohu, Chai Xudong, et al. Research on Knowledge Modeling and Joint Simulation Method of Complex Qualitative System[J]. Journal of System Simulation, 2011, 23(6): 1256-1260.
- [6] 邱晓刚, 张鹏. 面向平行军事系统的领域仿真知识工程研究[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(8): 1665-1679.
Qiu Xiaogang, Zhang Peng. Knowledge Engineering in Simulation of Parallel Military System[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(8): 1665-1679.
- [7] 雷永林. 仿真模型重用理论、方法与异构基础技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
Lei Yonglin. Simulation Model Reuse Theories and Approaches with Heterogeneous Integration Support[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2006.
- [8] 邱晓刚, 陈彬, 孟荣清, 等. 基于 HLA 的分布仿真环境设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016.
Qiu Xiaogang, Chen Bin, Meng Rongqing, et al. The Design of the Distributed Simulation Environment Based on HLA[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2016.