

中图分类号: TP 391.9

文献标识码: A

作战仿真数据体系分析

蔡 迎¹, 张 鹏², 邱晓刚²

(1. 北京 61139 部队, 北京 100091; 2. 国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 作战仿真通过模拟作战过程来支持作战研究, 作战仿真数据是其基础。作战仿真数据所涵盖的数据量多、面广、粒度细, 数据的建设需要按工程化方式进行。分析了作战数据的体系结构和特点, 对作战仿真基础数据体系、想定数据体系、过程数据体系以及评估数据体系进行了系统的研究, 提出了一种作战仿真数据体系, 对数据工程的目标、机制和管理进行了分析。该数据体系可促进建模仿真的标准化, 对于构建作战仿真的数据结构体系以及一体化建模仿真环境具有一定的意义。

关键词: 作战仿真; 仿真数据; 数据体系

Analysis of Joint Combat Simulation Data System

CAI Ying¹, ZHANG Peng², QIU Xiaogang²

(1. PLA Corps 61139 Beijing 100091 China; 2. School of Mechatronics and Automation National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Simulation is especially important and significant for the studying of war, and data is the base in the simulation process. The data of combat simulation is huge and complex, so constructing of data needs a engineering way. This paper analyzes the architecture and features of the data in the joint combat simulation, and studies the basis combat simulation data system, scheme data system, process data system and assessment data system. Paper also researches on the goal, mechanisms and management of the data engineering of the combat simulation data system. Paper promotes the standard process of the modeling and simulation and it is significant to the construction of the data structure of the joint combat system and the integration of modeling and simulation environment.

Key words: joint combat simulation; simulation data; data system

1 引 言

数据是指用一种适于交流、解释的方式对事实、概念或指令的形式化表达^[1], 它可以是图像、文字, 也可以是其他文件类型。数据是信息的载体, 数据对于科学思维和实践的各个方面都有重要的影响, 它也是仿真研究的重要基础。作为利

用动态模型进行的有目的的试验^[2], 仿真依托数据开始、依托数据进行、也依托数据完成表达^[3]。

数据对于仿真的重要性^[4]可以归纳如下: ①数据是仿真的基础: 它是模型加工的原料、是影响模型正确性和仿真可信性的重要因素, 数据是否准确可靠直接影响到建模和仿真活动的输出结果, 进而影响模型和仿真的可信度; ②数据是仿真活动的纽带: 从仿真试验所需数据的收集、

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2008AA1212021); 国家自然科学基金资助项目(91024030)

转换和创建,到这些数据被仿真模型和仿真系统用于仿真实验,再到仿真运行数据被采集、处理并得到结果,最后将仿真结果反馈回去校验、修正原来的仿真数据,形成了一个闭环的循环过程,数据连接了其中各项仿真活动;③数据是模型校核、验证与确认(VV&A)和仿真可信性验证的依据:数据和模型、算法一样,是可导致建模与仿真中不可信的主要因素,当使用错误数据、或正确数据被错误使用时,仿真结果就会变得不可信。

作战仿真数据体系所涵盖的数据量多、面广、粒度细,数据建设工作量和技术难度大。缺少真实可靠的数据,已成为制约作战仿真系统建设和应用的“瓶颈”。依据作战仿真系统的数据需求,对作战仿真各阶段所需要或产生的数据进行归类,构建作战仿真系统的数据体系。数据体系建设是作战仿真系统建设的重要内容,是保证各级各类仿真系统正确运行的基本前提。

2 作战仿真数据的形式化描述

数据资源作为重要的仿真资源,它能够驱动模型运行、在仿真过程中进行信息传递、记录仿真结果,因此数据资源在建模仿真中起着重要的作用。在以数据处理为中心任务的共同支持框架中,数据划分为如图1所示的三个层次,其中协议层是关于元数据的描述,表达层是关于数据的描述,应用层是关于数据功用的描述。通过分层可以使得数据“转换”在各层内部完成,在层间只作“传输”操作。

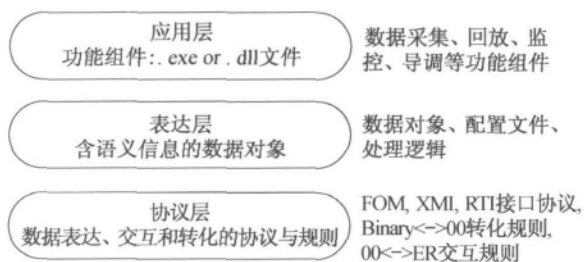


图1 数据的层次划分

Fig.1 Layers of data in simulation

然而,作战仿真数据的形态和格式多种多样,严重影响着数据的传输和共享,制约着作战指挥的一体化进程。因此,需要对作战仿真数据进行规范的形式化描述,以促进数据的共享和交互。现有的数据形式化描述方法主要有元数据描述法、框架描述法以及本体描述法等。

元数据描述法主要利用元数据对数据进行规范描述。元数据主要由文字和符号组成,它是数据特征和数据关系的集合^[5],它可以表示为: $M = \{ resource, [P, R] \}$,其中P为资源属性,R为资源间的关系。对元数据的描述一般采用可扩展标记语言(Extensive Makeup Language, XML)来进行描述,可以方便资源属性的添加和修改,同时可以促进资源的优化管理和互联互通操作。

利用资源描述框架来进行数据描述,主要是利用一套定义好的符号和标记语言来对数据进行规范的表达,从而方便了数据的交流和传输。比如,RDF描述和SRML描述都是属于框架描述方法。

资源描述框架(Resource Description Framework, RDF)是一种基于元数据的语义描述语言^[6],它用统一资源标识符(Uniform Resource Identifier, URI)来标识事物,用简单的属性及属性值来描述数据。它只提供了少量基础性的词汇表,定义了一些规则,只要符合这些规则,人们可以描述任何资源。一个RDF资源描述模型文件包含多个资源描述,一个数据描述是由数据名称、数据类型、属性值构成的三元组。比如,数据描述语句{simulation result, size, 1G}可以表示一个仿真结果数据的大小是1G。

仿真参考标记语言(Simulation Reference Makeup Language, SRML)是一种基于XML的用于表示仿真模型和资源的参考标记语言^[7]。通过定义一组数量较少但相对完备的元素和元素属性来实现对仿真模型以及其他资源的描述。它描述的范围包含了整个仿真过程,可以是控制仿真开始、结束等宏观元素的仿真想定,也可以是某一模型运行过程中需要的数据资源。

3 作战仿真数据体系构成

近年来作战仿真成为了仿真领域的一个热点,围绕作战数据体系的研究也越来越多。在进行系统建设之前,首先要分析作战仿真数据库组成,即作战仿真数据体系。通过分析作战仿真系

统中典型作战仿真任务的数据需求,以仿真过程为依据将作战仿真各阶段所需要或产生的数据进行归类,构建出作战仿真系统的数据体系。作战数据体系主要包括:基础数据体系、模型运行管理数据体系、作战想定数据体系、仿真过程数据体系和评估分析数据体系,如图2所示。

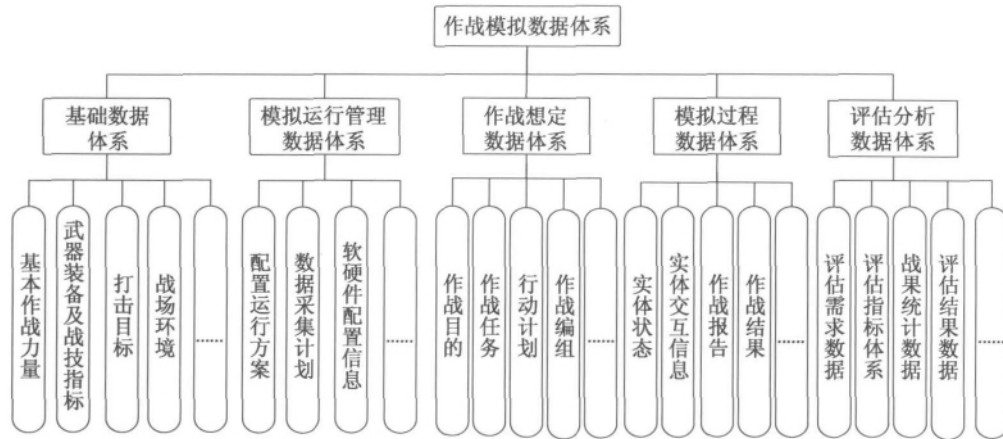


图2 系统数据体系结构图

Fig.2 Framework of data in combat simulation

首先,将各种作战仿真任务中共同的、基础的数据抽取出来,形成作战仿真基础数据体系。接着,在此基础上依据作战预案,利用仿真计划录入系统,生成可以驱动仿真系统运行的计划数据和报告,形成计划数据体系。然后,将计划数据、基础数据以及模型运行管理数据输入到仿真运行支撑系统中,启动仿真过程。此时,各实体的状态、实体之间的交互信息以及外部的管理控

制命令等称为仿真过程数据;同时,在仿真过程中由数据采集系统所采集的、用于仿真过程回放、评估分析的数据,构成评估分析数据体系,然后运用评估分析系统对以上数据进行分析,生成评估分析结果。另外,评估分析数据中的态势信息经过态势显示系统可以形成战场态势,各个子系统之间的关系如图3所示。

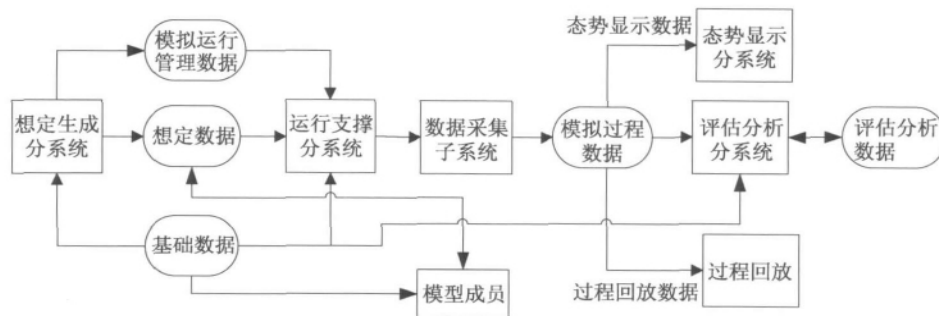


图3 各子系统数据之间的关系

Fig.3 Relation of data in different subsystem

按照作战仿真数据体系的建设要求,作战仿真数据库需要按照工程化的原则和方法来开发、

维护和管理,提高作战仿真数据库的设计质量和开发效率。数据库采用一种集中管理的模式,数据库内容包括数据体系中各类数据和文档资源数据。作战仿真数据库必须严格参考相关标准规范进行设计,仿真数据库设计的总体要求包括:

(1) 数据需求必须明确、具体、规范,数据需求的设计应便于作战仿真需求的发展、变化,并加以扩展补充。

(2) 数据的梳理分类、结构设计要求具有开放性,便于扩充新的实体属性。

(3) 作战仿真数据库设计必须遵照工程建设要求。

4 作战仿真基础数据体系

基础数据是与仿真应用无关的数据,它依据作战仿真领域的对象分析获得,对应模型体系进行梳理,按数据模型方式进行设计。广义的基础

数据包括仿真系统建模、实验运行和结果解释所需要的所有数据。狭义的基础数据是支持各类仿真实验运行所需要的数据,这些数据需要按数据标准进行格式化描述。

从数据采集的角度,基础数据中主要包括武器装备战技指标数据、编制数据、战场环境数据,是可通过采集直接获取的数据。各类武器打击不同目标的毁伤效应数据、各类武器在不同战场条件下的作战效能数据是需要通过物理级实验获取的数据,作战能力数据是需要通过战术级实验获取的数据,包括聚合实体的作战效能数据、作战规则数据等。

作战仿真基础数据体系如图4所示,作战仿真基础数据为各种作战仿真任务提供共同的、基础的数据。作战仿真基础数据体系包括:基本作战力量、武器装备及战技指标、战备工程、打击目标、作战标准与规则、战场环境。

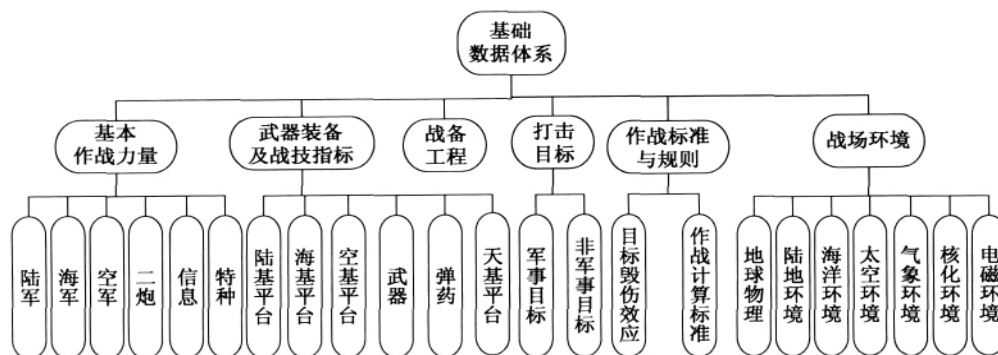


图4 作战仿真基础数据体系

Fig. 4 Basic data framework in combat simulation

为了便于快速集成现有作战仿真系统,需要对现有各军兵种作战仿真系统的数据进行分析、归类,从中抽取共同的、基础的数据;同时为了便于将来的扩充以及数据标准化,这样以后可以利用数据转换工具对数据进行必要的筛选后,加载到作战仿真基础数据库中,减少数据的准备与更新工作。

5 作战仿真想定数据体系

想定数据包含想定基本信息、环境信息、作战力量和组织机构等。其中,想定基本信息包含

想定名称、版本、制定日期以及使用历史等数据;选项包含标识任务组织的界定方式,明确想定数据的标准;环境信息包含描述执行环境,包括地形、地势和气象等环境信息;作战力量包含限定交战双方、盟友和中立方情况;组织结构包含梳理作战单元和装备搭载信息;透明图包含提供战术图按特定图层进行显示的机制;战术图包含描述作战方或作战单元的战术信息;非战争军事行动图包含描绘未卷入交战双方冲突的军事行动。

作战仿真想定数据体系是依据作战预案、利

用仿真想定生成系统所生成的想定数据。它包括作战目的、任务、本级决心,对基本作战力量所进行的编成、编组以及装备的编配信息、作战计划信息以及想定脚本与报告信息。作战想定数据体系构成如图5所示。

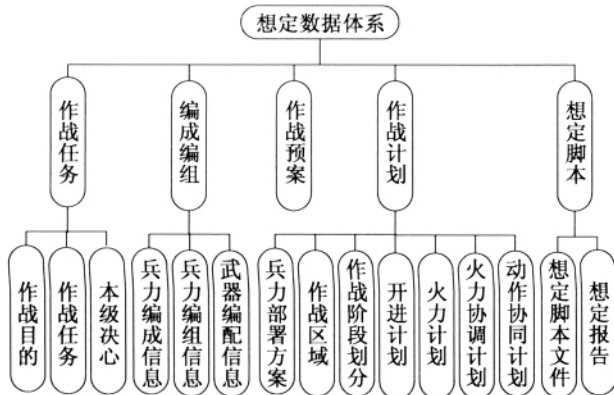


图5 作战想定数据体系

Fig.5 Data framework of conceive subsystem in combat simulation

把军事想定转化为仿真想定,主要经过两个抽象阶段:结构化描述和形式化描述^[8]。

结构化描述是指军事人员以图、文、表等一套标准化、规范的表现形式,将现实世界军事行动描述成建模技术人员易懂、易用、详尽、够用的完整信息。结构化描述是对军事自然语言表述的第一次抽象。

为了对想定模型所需要的信息进行规范化表示,需要对军事问题结构化描述的信息进行形式化描述。这个过程将军事问题的结构化描述转化为软件开发模型,是一种逻辑建模过程,同时是对军事表述的第二次抽象,也是军事仿真中软件开发过程的开始。

随着系统复杂程度的提高,有时一个权威的想定可以用于不同的仿真系统,因此考虑增加相应脚本环节来适配想定和具体的仿真系统。事实上,脚本是根据想定产生的、符合仿真应用系统需求的剧情描述。脚本生成系统可以更加灵活地适应联邦成员对初始化数据的需求,从而使想定作业系统解脱出来不再直接面向具体的仿真应用。从存储格式上来看,目前脚本常用的主要有三种:自定义文

本格式、数据库格式以及XML格式,而基于XML进行存储是目前的发展趋势。

6 作战仿真过程数据体系

仿真联邦的运行过程,也是数据在仿真联邦中不断转化的过程。数据处理是对联邦使用阶段涉及数据活动的统称,是连接仿真生成数据和仿真结果获取的重要中间环节。联邦运行数据处理是涉及多项相互作用因素的复杂问题,其中既有数据资源管理问题,又有数据处理技术问题。

为了直观描述联邦运行数据处理的任务,将复杂的数据处理任务分解为大量针对基本数据单元的操作,建立如图6所示的联邦运行数据处理的任务空间^[4]。任务空间被划分为许多独立的子域,在联邦运行数据的处理过程中,各项数据处理活动必定处于该三维空间中的某一确定区域,以此可对具体数据处理活动或操作进行标识。

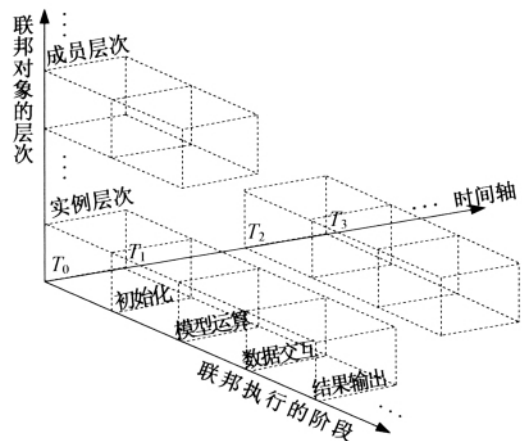


图6 仿真运行数据处理的任务空间

Fig.6 Mission space of the operation data in simulation

利用任务空间可以对通常仅从功能上划分的数据处理任务(运行管理、数据采集、状态监视、数据导调、数据回放、成员测试等)进行更加精确的描述,有助于任务的标识和共性特征的抽取^[9]。任务空间各个坐标的具体含义如下:

联邦运行阶段:用于说明数据活动及操作对象所处的联邦运行阶段。

联邦对象层次: 用于说明操作对象(数据项)的精细程度, 不同层次间数据项的转换常常会涉及数据对象的聚合或解聚。

时间轴: 用于说明操作对象(数据项)的时间属性, 可以根据具体需要选择仿真时间或墙上时间, 它是定位数据对象和操作任务的关键指标。

7 作战仿真评估分析数据体系

仿真系统运行过程中, 仿真数据采集系统按一定时间步长定时采集各仿真实体的状态信息, 以及仿真实体之间的交互关系等, 在仿真运行支

撑系统的支持下可以实现仿真过程回放; 同时, 仿真结果统计处理工具对仿真采集数据进行统计处理, 得到仿真统计数据, 如作战任务完成情况、火力毁伤汇总信息、武器装备、弹药、物质、器材等损毁(耗)汇总信息。这些汇总信息可以为评估分析系统提供输入数据。

为实现灵活的评估分析功能, 通常还需要定义评估指标体系, 设定各指标的目标值, 明确专家对指标的偏好以及指标数值的获取方式等, 然后运用评估分析系统对以上数据进行分析, 生成评估分析结果, 作战模拟评估分析数据体系构成如图 7 所示。

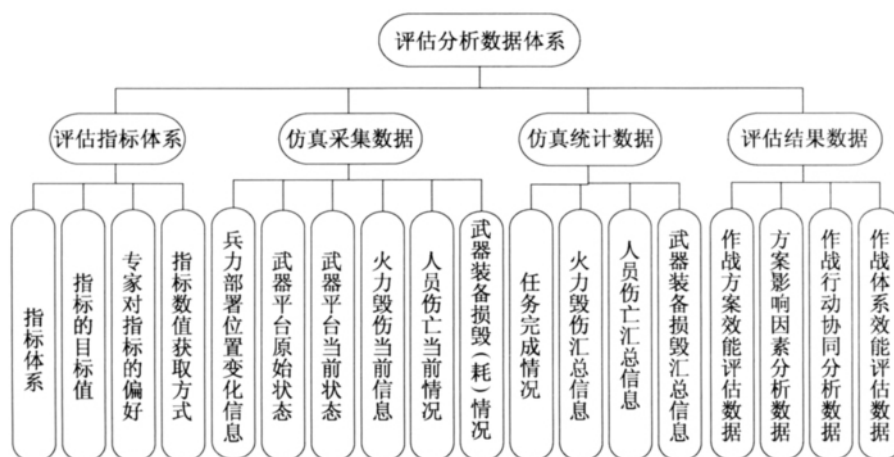


图 7 作战模拟评估分析系统数据体系

Fig. 7 Data framework of the analysis subsystem in combat simulation

目前, 仿真评估方法大多是仿真结束后的静态评估方法, 而目前作战仿真正向大规模作战方向发展, 一次作战仿真所需的时间比较长, 如果还采用传统的评估方法, 则作战人员每修改一次作战方案都需要等待较长的时间。为了适应大规模作战仿真, 提高作战方案制定效率, 可以采用对仿真数据进行实时统计的方法, 使作战人员实时地掌握仿真状况。若在仿真运行过程中发现问题, 可及时中断仿真运行进行作战方案的修改, 节省了仿真时间并提高了仿真效率。

传统的仿真评估结果的显示都是基于本地程序, 只能在本地计算机上进行数据结果的查看。可以采用 Web 技术, 通过浏览器将仿真实时统计结果进行实时远程网络发布, 多个客户端节

点通过浏览器同时进行访问。实时网络发布借助的是先进的 Web 技术, 将仿真实时统计结果发布与仿真运行的有效分离, 通过网络将仿真评估结果实时地以一定的形式发送给客户端。

8 总 结

本文分析了作战数据的体系结构和特点, 对作战仿真基础数据体系、想定数据体系、过程数据体系以及评估数据体系进行了系统研究, 提出了作战仿真体系的构建方法。论文对于构建作战仿真的数据结构体系, 以及一体化建模仿真环境具有一定的意义, 同时促进了建模仿真的标准化。

参考文献:

- [1] 吴延林,邱晓刚,刘宝宏. 基于 Web 仿真模型系统的设计[J]. 计算机工程与设计 2006 22(27): 11-23.
WU Yanlin, QIU Xiaogang, LIU Baohong. The web-based database design of simulation model [J]. Computer Engineering and Design 2006 22(27): 11-23.
- [2] 黄柯棣,邱晓刚. 建模与仿真技术[M]. 长沙: 国防科学技术大学出版社 2010.
HUANG Kedi, QIU Xiaogang. The technology of modeling and simulation [M]. Changsha: Press of National University of Defense Technology 2010.
- [3] 胡晓峰,司光亚,吴琳,等. 战争仿真引论: 下[M]. 北京: 国防大学出版社 2004.
HU Xiaofeng, SI Guangya, WU Lin, et al. The discuss of combat simulation [M]. Beijing: Press of the Defence University 2004.
- [4] 张新宇. 联邦式仿真运行数据处理的支持框架研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学 2009.
ZHANG Xinyu. The uniform framework of operation data in federation environment [D]. Changsha: The National University of Defense Technology 2009.
- [5] 胡鹏. 仿真综合集成环境中资源描述方法与技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学 2010.
HU Peng. The description of simulation resource under the comprehensive environment [D]. Changsha: The National University of Defense Technology 2010.
- [6] 文明. HLA 仿真资源描述与管理方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学 2006: 12-20.
WEN Min. The management and description of simulation resource in HLA [D]. Changsha: The National University of Defense Technology 2006: 12-20.
- [7] 彭琼芝,刘晨,李群,等. SRML 一种基于 XML 的仿真模型描述语言[J]. 计算机仿真. 2005 22(12): 266-269.
PEN Qiongzhi, LIU Chen, LI Qun, et al. A type of xml-based language in description simulation models-SRML [J]. Journal of Computer Simulation 2005 22(12): 266-269.
- [8] 杨山亮. 基于 MSDL 和 C-BML 的想定形式化描述[J]. 系统仿真学报 2011 23(8): 1724-1727.
YANG Shanliang. The novel description of conceive based on the MSDL and C-BML [J]. Journal of System Simulation 2011 23(8): 1724-1727.
- [9] 宫民,王行仁,贾荣珍. 基于模型库/数据库的面向对象综合仿真环境框架[J]. 系统仿真学报, 2000, 12(6): 656-659.
GONG Min, WANG Xinren, JIA Rongzhen. The framework of the model database under the comprehensive environment [J]. Journal of System Simulation 2000, 12(6): 656-659.



蔡迎女(1969-), 北京人, 工程师, 主要研究方向为数据处理。



张鹏男(1987-), 重庆人, 博士生, 主要研究方向为分布式仿真系统的设计、面向对象仿真理论、知识工程。

(上接第20页)

- TANG Jianbing, ZHA Yabing, HUANG Xiaohui, et al. Research on credibility of HLA simulation system based on BOM [J]. Journal of National University of Defense Technology 2008 30(5): 131-134.
- [19] 唐见兵,焦鹏,黄晓慧,等. 基于基本对象模型的 HLA 仿真系统 VV&A 过程探究[J]. 系统仿真学报 2009, 21(12): 3495-3498.
TANG Jianbing, HUANG Xiaohui, HUANG Xiaohui, et al. Research into VV&A process for HLA simulation system based on base object model [J]. Journal of System Simulation 2009 21(12): 3495-3498.



唐见兵男(1974-), 湖南祁东人, 副教授, 博士, 主要研究方向为建模与仿真 VV&A、软件测试及装备可靠性评估。



查亚兵男(1968-), 江西九江人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向为仿真网格、系统仿真、建模与仿真 VV&A。