

7-20-2022

A Method of Loose Coupling Entity Modeling Based on Variable Rules

Zheng Yang

Electronic Encounter Institution, National University of Defense Technology, Hefei 230037, China;
927993019@qq.com

Zhimin Xiang

Electronic Encounter Institution, National University of Defense Technology, Hefei 230037, China;
3138828384@qq.com

Shiwen Ma

Electronic Encounter Institution, National University of Defense Technology, Hefei 230037, 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.

A Method of Loose Coupling Entity Modeling Based on Variable Rules

Abstract

Abstract: Operational Entity Modeling is a hot research topic in the field of combat simulation. *A loose coupling entity modeling method based on variable rules is proposed. The architecture of operational entity model based on variable rules and the internal and external interaction mechanism of the model are presented in terms of entity, mission, action, interaction, event and rule.* On this basis, the running framework of operational entity model is designed, and the entity model uniform scheduling mechanism is standardized, which solves the problems of over-tight coupling of operational rules in the operational entity model and low reliability of the model, *and greatly improves the reusability, extensibility and reality of the operational entity model.*

Keywords

combat simulation, entity modeling, variable rule, loose coupling, reliability

Recommended Citation

Zheng Yang, Zhimin Xiang, Shiwen Ma. A Method of Loose Coupling Entity Modeling Based on Variable Rules[J]. Journal of System Simulation, 2022, 34(7): 1506-1511.

一种基于可变规则的松耦合实体建模方法

杨正, 向智敏*, 马世文

(国防科技大学 电子对抗学院, 安徽 合肥 230037)

摘要: 作战实体建模是当前作战仿真领域的研究热点, 提出了一种基于可变规则的松耦合实体建模方法, 从实体、任务、行动、交互、事件和规则角度, 给出了基于可变规则的作战实体模型架构及模型内外部的交互机制。在此基础上设计了作战实体模型运行框架, 规范了实体模型统一调度机制, 解决了实体建模作战行动规则耦合过紧和模型可信度不高问题, 大大提高了作战实体模型的重用性、扩展性和逼真性。

关键词: 作战仿真; 实体建模; 可变规则; 松耦合; 可信度

中图分类号: E917; TP391 文献标志码: A 文章编号: 1004-731X(2022)07-1506-06

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.21-0139

A Method of Loose Coupling Entity Modeling Based on Variable Rules

Yang Zheng, Xiang Zhimin*, Ma Shiwen

(Electronic Encounter Institution, National University of Defense Technology, Hefei 230037, China)

Abstract: Operational Entity Modeling is a hot research topic in the field of combat simulation. A loose coupling entity modeling method based on variable rules is proposed. The architecture of operational entity model based on variable rules and the internal and external interaction mechanism of the model are presented in terms of entity, mission, action, interaction, event and rule. On this basis, the running framework of operational entity model is designed, and the entity model uniform scheduling mechanism is standardized, which solves the problems of over-tight coupling of operational rules in the operational entity model and low reliability of the model, and greatly improves the reusability, extensibility and reality of the operational entity model.

Keywords: combat simulation; entity modeling; variable rule; loose coupling; reliability

引言

随着作战仿真技术在作战指挥训练、武器装备论证等军事领域应用的不断深入, 用户对虚拟环境逼真度要求也越来越高, 作战仿真需求也发生着重大变化。实际作战中不同作战实体的作战行为和自身特征与作战背景紧密相关, 体现出来的自身特征和交互行为复杂多样, 因此作战实体建模^[1]是作战仿真领域研究的重中之重, 也是主要难点之一。目前有几个核心问题需要解决: 一是

解决作战仿真系统互联、互通、互操作, 实现一体化联合训练仿真的问题; 二是简化各军兵种仿真模型开发方法, 降低模型开发难度; 三是基于统一的建模标准规范, 支持标准的组件化仿真模型开发。解决上述问题, 需要从标准协议规范、仿真支撑平台、建模技术、机制保障等各方面共同努力解决。单从建模技术角度考虑, 目前国内国外仿真建模领域重要文献比较多, 应用比较普遍的作战仿真系统, 如 FLAMES、XSIM、墨子等。这些文献和系统在实体行动和规则关系方面进行

收稿日期: 2021-02-23

修回日期: 2021-04-16

第一作者: 杨正(1976-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为信息作战建模与仿真。Email: 927993019@qq.com

通讯作者: 向智敏(1987-), 男, 硕士生, 研究方向为信息作战建模与仿真。Email: 3138828384@qq.com

了诸多理论和实践探索。但实际应用中存在的问题是:实体行动中直接包含了作战规则,或者实体规则直接绑定具体行动,无法从根本上将作战规则和行动分离,没有实现对不同型号装备同一个规则可能驱动不同的行动,没有实现同一个行动可以由多个军事规则驱动等问题。尤其在建模实现层面探索和设计较少,无法有效支撑实际作战仿真系统的研制。

由于篇幅限制,本文重点从建模实现方面围绕以上3个核心问题,从实体、任务、行动、交互、事件和规则组合建模的角度,给出一种行之有效且可操作性强的实体建模方法,实现更高效的互操作和更细粒度模型重用^[2-3],解决不同作战背景和作战规则下无法灵活建模的难题,支持根据作战规则定制符合需求的作战实体模型,从建模角度对上述问题具有一定的理论和实践意义。

1 松耦合实体模型架构

实体是作战仿真运行的基本单元,规定了参

与仿真运行实体的组成和基本行为,在仿真过程中可触发行动,接收、发送消息、产生事件、改变状态等,简单实体可以组合成复杂作战实体^[4],也可以组合成更复杂的分布式多平台作战单元实体,如爱国者防空导弹连作战单元实体是由分布式的地面搜索制导雷达实体、指挥控制实体、若干导弹发射架等多个简单实体组成。作战实体建模的实质就是仿真作战双方装配了各种设备(装备)的作战实体在特定作战背景下,双方作战实体执行自身装备具有的功能,或其它作战实体、外界环境进行交互时所体现的物理特性、信息交互、行动等。在具体的建模实现过程中,根据作战实体模型的需要,本文将实体模型分解为实体状态、实体行动、交互处理、交互发送、实体行为、规则推理、规则集、行动集(指广义的行动,包含各类火力打击、侦察、干扰、机动、指挥、控制等行为)、规则行动配对等部件,将规则和行动分开,实现规则和行动松耦合配对。实体模型各部件架构的关系^[4-6],如图1所示。

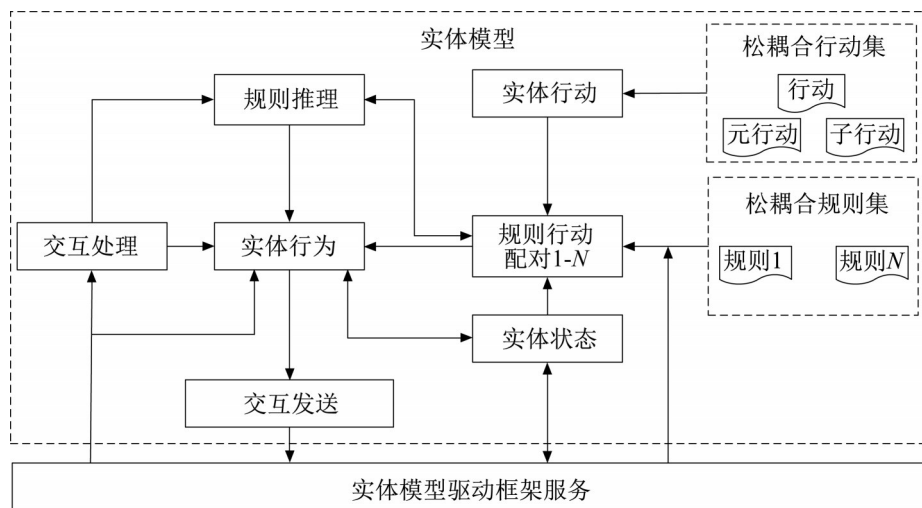


图1 基于规则的松耦合实体模型架构图

Fig. 1 Architecture diagram of rule-based loosely coupled entity model

基于可变规则的松耦合实体模型架构具体分析如下:

(1) 实体状态是描述实体当前具有的物理特征、战技术性能、实时体现的作战能力、正在执

行的作战状态、感知战场环境的信息以及向外公布的数据等,实体状态是对实体当前特征的综合描述。

(2) 实体行动是描述实体作战过程中的基本行

动,基本行动可以是不可分解的元行动,也可以是几个元行动组成的子行动。属于特定的仿真实体对象,以自觉的目的为特征,由一定的动机所激发,是任务的执行过程。例如:干扰机开机行动、雷达跟踪目标行动、飞机沿既定航线巡航行动、飞机规避行动、飞机释放红外或箔条诱饵弹行动等,实体的每个子行动或需要对外发布的元行动在实体模型中用一个固定接口函数实现。为了建立规则行动库,不同的子行动通过子行动标识区分,子行动输入数据是规则行动库、作战时间、实体状态数据、环境数据、系统配置状态、其它实体状态等,输出为实体状态。实体子行动建模结构图如图2所示。

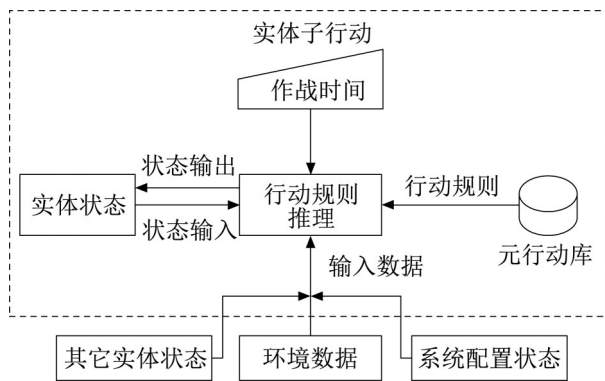


图2 实体子行动建模结构图
Fig. 2 Structure diagram of entity subaction modeling

(3) 交互发送是实体对象影响其它实体对象的交互与事件的发送。交互内容包括指挥控制信息、情报信息以及真实的事件信息等,例如:上级指挥下级的命令信息、预警机给被引导飞机发送指挥引导指令消息、控制装备消息、雷达干扰机开机干扰某个雷达事件,战斗机发射空空导弹攻击某目标事件等等。

(4) 交互处理是实体对象接收到交互(或事件)后的处理过程。包括任务处理、事件处理、消息处理。例如:对上级作战命令的处理、收到导弹攻击事件的处理、雷达受到干扰的处理,指挥所收到上报情报的处理、下级收到上级指控命令的处理等。

(5) 实体行为是维护实体状态的方法集合,也是实体固有行动以及对外界反应行动表现的统称。在具体模型中可以直接用面向对象的方法来实现,在描述中声明的方法。存在两种驱动方式,一是不需要规则行动推理机制执行;二是依据规则库推理机制产生的条件行动^[4]。

(6) 行动集是实体所有可能单独表现出来的元行动、子行动的集合。模型设计时,通过方法函数来实现,每个行动设计一个唯一行动标识,所以行动集包括行动实现方法集和行动标识集两部分共同维护。

(7) 规则集(规则是针对组成特定对象各确定性要素之间的不同组合方式、不同组合时机的逻辑数学表达。)是本实体可能产生的规则行动的标识描述集,可根据实体的功能变化和完善,对规则集剪裁、增加或改变规则。具体应用时,规则要与行动配对,规则与行动不一定是一一配对,具体实现需要行动集、规则集^[7]、规则推理三部分共同完成,使用配置文件、数据库、约定字符串以及程序段实现规则可变的目的,而且不需要修改实体模型结构和代码,便于模型升级和维护。

(8) 规则和行动配对。实体模型运行时,满足某个规则执行哪个行动需要模型按约定动态创建,创建的规则行动对象放入规则行动队列中,等待执行,模型按照配对机制、时间顺序、优先等级、终止条件等规则推理机制进行调度执行。

(9) 规则推理是根据规则执行实体行为或实现实体状态转移的推理机制。把复杂的推理从行动实现方法中脱离出来,满足一定条件,执行某一个或一系列行动即实体行为,最终实现实体状态转移。在模型设计时,对于实体行为相对复杂的实体,实体状态同时出现多个规则行动对象需要执行时,启用规则推理机制,有条件地驱动规则行动的执行。对于实体行为较为简单的实体,可以不采用规则推理来驱动实体行为的执行。

(10) 模型驱动框架服务,驱动实体模型具有时间多粒度周期性运行的模型运行服务,即可以

让所有加入仿真系统的实体模型可进行周期性自身状态检测、交互发送、接收和处理等, 模型驱动框架服务需要与实体模型驱动入口一体化设计, 协调运行。

2 松耦合实体模型运行框架

松耦合实体模型运行框架是整个实体模型建模实现的关键部分, 也是最难的部分。本文首次将作战规则和行动分离开, 规划了实体模型内外

部详细调度机制, 实现实体模型的实体状态、实体行动、交互处理、交互发送、实体行为、规则推理、规则集、行动集、规则行动配对集等的静态动态部件协同运行, 进而完成作战实体的仿真功能。实体模型运行框架从总体运行框架上规范了实体自身功能执行和与外界交互的运行机制, 下面从模型具体实现的角度给出模型的运行框架, 实体模型运行框架^[8-11]见图3。

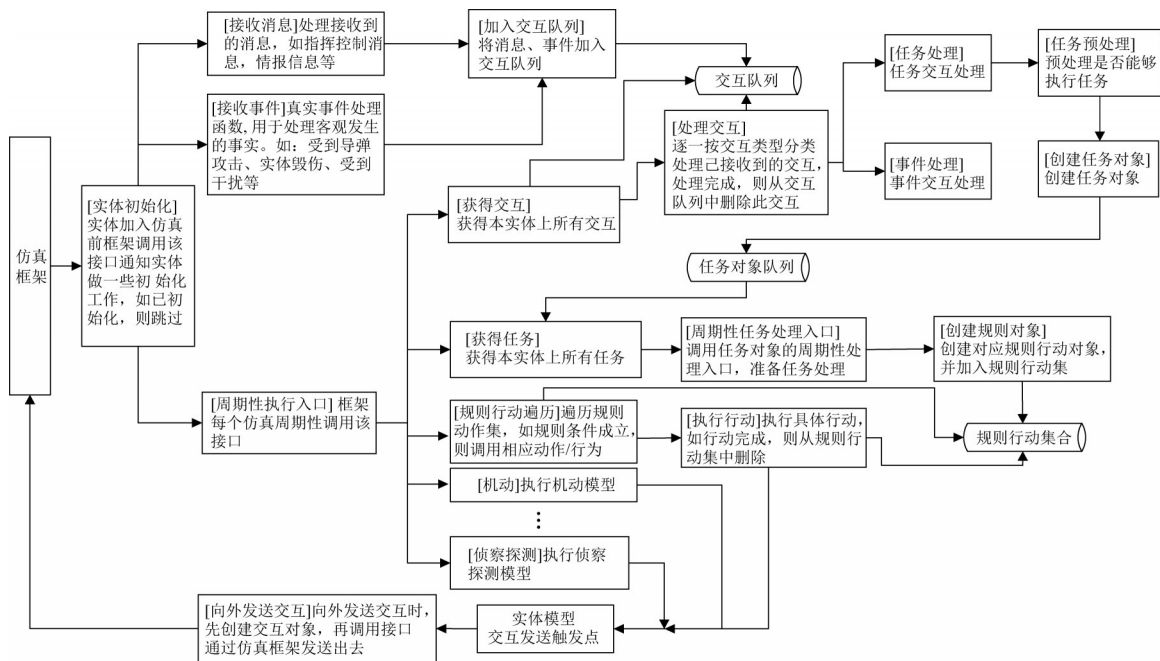


图3 基于可变规则的松耦合实体模型运行框架图

Fig. 3 Running frame diagram of loosely coupled entity model based on variable rules

仿真框架服务机制驱动实体模型运行, 实体模型以各类面向对象设计的装备组件、行为组件和辅助组件等形式存在。装备组件、行为组件和辅助组件具体包含内容本文不再详细阐述。实体模型运行框架及调度机制详细分析如下:

(1) 实体模型调用[实体初始化]过程, 进行模型运行前的初始化工作, 如果实体模型对象已经初始化, 则跳过。实体模型对象通过[接收消息]过程和[接收事件]过程实时监控并接收交互消息/事件, 接收到的交互加入实体交互队列中。

(2) 仿真框架根据仿真步长和仿真速度, 调用

[周期性执行入口]过程, 先从交互队列中获得本实体接收的所有交互, 逐一按交互类型分为任务类和事件类交互, 分类处理已接收到的交互, 处理完成则从交互队列中删除此交互。

(3) 任务类交互包括指挥控制类信息、情报类信息等, 信息种类较多, 处理方法和处理规则较多, 对任务进行预处理是否可以执行, 可执行则创建任务对象, 并加入任务对象队列。事件类交互处理规则相对较为简单, 不再创建交互队列, 直接进行事件处理。

(4) 调用[周期性执行入口]过程时, 实体模型

通过[获得任务]过程获得本实体所有任务，然后转入任务对象处理，调用任务对象的[周期性任务处理入口]过程，进行任务处理，首先调用[创建规则行动]过程将规则和行动进行匹配，以规则行动对象形式存放在待执行的规则行动集中。实体模型行动对象调用[规则行动遍历]过程遍历规则行动集，如规则条件推理成立，则调用[执行行动]过程执行相应行动或一组行动。如行动完成，则从规则行动集中删除此规则行动对象。实现规则可变，即规则与行动自由匹配。

(5) 实体模型中某些调用频繁、行动简单或被仿真模型简化的实体行动，比如机动、雷达探测、雷达对抗侦察等行动，可以设计成直接周期性执行，可不需要使用规则行动配对来进行推理执行。

(6) 在[执行行动]、[机动]、[探测侦察]等执行相应行动过程中，实体模型可以调用[发送交互]过程通过仿真框架向其它作战实体[模型]发送消息或事件交互。

3 应用案例

可变规则的松耦合实体建模方法已在某电子对抗作战仿真实验系统中得到深入应用，基于此实体建模方法，模型框架系统为实体状态、实体行动、交互处理、交互发送、实体行为、规则推理、规则集、行动集实现软件程序化，框架软件目前采用三大类组件来实现，即装备组件、行为组件(包括行为树)和辅助组件，根据需要可以扩展。从具体实现角度设计开发了机动组件、传感器组件、通信设备组件、干扰设备组件、毁伤组件、数据处理组件、武器系统组件等六大类60余个装备组件或装备元组件；设计开发了空中突击任务组件、空中护航指控任务组件、空中护航组件、空中巡逻组件、空中预警组件、空空交战组件、通用作战指挥任务组件、通用作战任务组件、行为树组件、控制类消息处理组件等十大类60余个行为组件，以及弹药组件、开火条令组件、

武器规则组件、目标特征组件等四大类30余个辅助组件。实现了电子对抗作战武器装备和联合作战武器装备的仿真模拟，产品配发20多家单位使用，支撑了30余班次教学任务，支持了部队作战训练和作战实验，有效验证了此建模方法的实用性、有效性和创新型。所包含的主要组件如图4所示，随着建模方法的应用深入，三大类组件还需进一步细化。

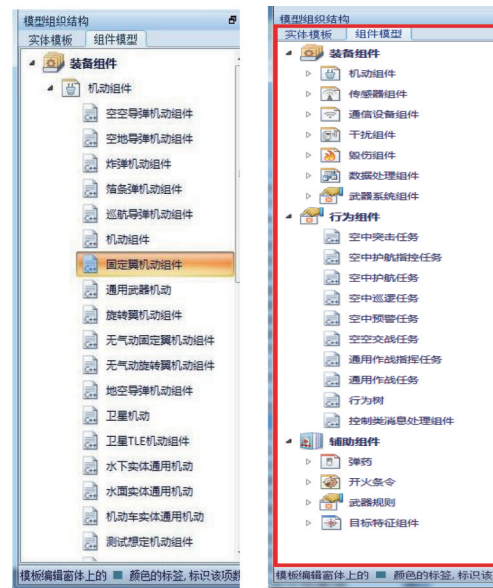


图4 松耦合模型组件化实现案例界面

Fig. 4 Interface of loosely coupled model componentization implements case

在此基础上，模型框架系统设计了模型设计生成、模型装配和模型运行管理工具。框架系统可完成电子对抗及联合作战实体相关组件的设计，设计内容包括属性、普通方法、行动方法、消息处理以及态势处理等。基于组件设计的内容，利用模型设计生成工具遵循实体模型架构和运行架构，为各类实体模型自动生成代码框架，二次开发用户在代码框架的基础上添加业务程序，经过代码框架编译后，生成可供调用的模型组件动态库，完成实体模型的各类组件生成，最后利用模型装配工具生成实体模型和不同作战能力的实体对象。

4 结论

本文提出的基于可变规则的松耦合实体建模方法, 初步解决了实体模型在具体设计实现时, 作战行动和规则融合过紧问题, 以及实体模型后续功能扩展时, 规则和行动难以增加、修改、删除和维护的问题。通过该方法建立的相关作战实体模型已经应用到具体作战实验系统建设中, 有效解决了对虚拟实体的指挥控制以及作战实体仿真模拟问题。在作战方案论证推演、战法研究和作战模拟训练中发挥了重要作用, 本建模方法需进一步完善的是, 实体模型动态创建规则和行动集时, 目前是在一个大集合中处理, 当作战仿真实体数量大量增加以及实体自身行动/行为扩展增加时, 势必造成仿真系统运行遍历效率不高, 下一步建模深化时可考虑将规则行动集分成若干子类, 同时考虑优化同一个行动类型被不同类型实体共享, 同时构建实体行动自动增加和删除机制, 实现行动对实体的松耦合配对机制。

参考文献:

- [1] 谢雨芮, 江南, 赵文双, 等. 基于多粒度时空对象的作战实体对象化建模研究[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(1): 84-92.
Xie Yurui, Jiang Nan, Zhao Wenshuang, et al. Research on Combat Entity Objectivity Modeling Based on Multi-granularity Temporal and Spatial Objects[J]. Journal of Geo-Information Science, 2021, 23(1): 84-92.
- [2] Khodizadeh-Nahari M, Ghadiri N, Baraani-Dastjerdi A, et al. A Novel Similarity Measure for Spatial Entity Resolution Based on Data Granularity Model: Managing Inconsistencies in Place Descriptions[J]. Applied Intelligence (S0924-669X), 2021, 1(1): 1-20.
- [3] 叶梓珩, 张富震, 朱耀琴, 等. 复杂仿真系统重用模型可信度评估方法[J]. 系统仿真学报, 2020, 32(12): 2475-2484.
Ye Ziheng, Zhang Fuzhen, Zhu Yaoqin, et al. Reliability Evaluation Method for Reuse Model of Complex Simulation System[J]. Journal of System Simulation, 2020, 32(12): 2475-2484.
- [4] 杨雪生, 何明, 黄谦. 作战筹划的运筹分析框架与模型设计[J]. 军事运筹与系统工程, 2018, 32(2): 10-13, 65.
Yang Xuesheng, He Ming, Huang Qian. Operational Analysis Framework and Model Design of Combat Planning[J]. Military Operations Research and Systems Engineering, 2018, 32(2): 10-13, 65.
- [5] 秦媛媛. 作战实体的行为建模设计与实现[J]. 系统仿真技术, 2016, 12(2): 156-159, 165.
Qin Yuanyuan. Design and Implementation of Combat Entity Behavior Modeling[J]. System Simulation Technology, 2016, 12(2): 156-159, 165.
- [6] 蒲玮, 李雄. 基于Agent行动图的作战建模方法[J]. 系统工程与电子技术, 2017, 39(4): 795-805.
Pu Wei, Li Xiong. Combat Modeling Method Based on Agent Action Graph[J]. Systems Engineering and Electronics, 2017, 39(4): 795-805.
- [7] 谭玉玺, 孙鹏. 基于规则库的陆军作战指挥活动仿真建模[J]. 指挥控制与仿真, 2016, 38(1): 90-93.
Tan Yuxi, Sun Peng. Simulation Modeling of Army Combat Command Activities Based on Rule Base[J]. Command Control & Simulation, 2016, 38(1): 90-93.
- [8] 吴雨淋, 龚光红, 马耀飞. CGF行为建模的可重用技术研究[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(12): 2822-2827.
Wu Yulin, Gong Guanghong, Ma Yaofei. Research on Reusable Technology of CGF Behavior Modeling[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(12): 2822-2827.
- [9] 李东亮, 查春林. 航空兵旅作战效能评估方法研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2018, 32(2): 30-35.
Li Dongliang, Zha Chunlin. Research on Combat Effectiveness Evaluation Method of Aviation Brigade[J]. Military Operations Research and Systems Engineering, 2018, 32(2): 30-35.
- [10] Xue Sun, Hu Liu, Wu Guanghui, et al. Training Effectiveness Evaluation of Helicopter Emergency Relief based on Virtual Simulation[J]. Chinese Journal of Aeronautics (S1000-9361), 2018, 31(10): 2000-2012.
- [11] 陈秋瑞, 熊新平, 卿杜政, 等. 一种基于体系结构的仿真使能方法[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(3): 461-469.
Chen Qiurui, Xiong Xinping, Qing Duzheng, et al. Simulation-Enable Method Based on Architecture[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(3): 461-469.