

装备采办领域复杂系统建模仿真的应用研究

许国锋¹, 许鹏文², 邹红霞³

(1. 装备学院 研究生管理大队, 北京 101416;

2. 装备学院 装备采办系, 北京 101416;

3. 装备学院 信息装备系, 北京 101416)

摘要:在介绍复杂适应系统理论、基于 Agent 建模仿真方法与 Repast 平台的基础上,总结了利用 Repast 平台进行复杂系统建模仿真的一般方法。通过运用该方法,对装备采办过程中军企合作的简易模型进行了研究与实现,结合 Repast 平台产生的丰富的仿真数据,从如何保持军企合作竞争性的角度进行了分析,对如何提高装备采办的有效性提供了一定的数据支撑。同时,开创了运用复杂系统建模仿真方法对装备采办领域的复杂性问题进行研究的新方向。

关键词:复杂适应系统; Agent; 建模仿真; Repast; 装备采办; 复杂性问题

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)03-0178-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.03.044

Research on Application of Complex System Modeling and Simulation in Equipment Acquisition Field

XU Guo-feng¹, XU Peng-wen², ZOU Hong-xia³

(1. Company of Postgraduate Management, Academy of Equipment, Beijing 101416, China;

2. Department of Equipment Acquisition, Academy of Equipment, Beijing 101416, China;

3. Department of Information Equipment, Academy of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: Sum up a general method of complex system modeling & simulation with the Repast platform, which is based on the introduction of complex adaptive system theory, Agent based modeling & simulation method and the Repast platform. Then, the method is used to describe the simple model that how the army and enterprise cooperate in the process of equipment acquisition. Combined with the rich simulation data produced by Repast, it makes a brief analysis from the perspective that how to remain the competitiveness of army and enterprise cooperation, which provides some data support for how to improve the effectiveness of equipment acquisition. In addition, it pioneers a new research direction using the method of complex system modeling & simulation to study the complex issues in equipment acquisition field.

Key words: Complex Adaptive System (CAS); Agent; modeling & simulation; Repast; equipment acquisition; complex issues

0 引言

随着社会的多元化发展和科技的显著进步, 社会系统、经济系统、生物系统等社会复杂系统的复杂性问题日益突出, 复杂适应系统^[1-2] (Complex Adaptive System, CAS) 理论作为研究复杂性产生机制的重要理论, 同时还具有鲜明的可操作性, 为解决复杂系统建模提供了理论和实践指导。基于 Agent 建模仿真方法^[2], 是对复杂适应系统理论所提出的具有适应能

力、“活的”主体的概念的具体实现手段^[2-3], 利用 Agent 能够仿真人类的行为, 具有智能性、社会性、适应性等特性, 通过 Agent 的交互来描述系统的复杂性, 非常适用于复杂性问题的建模仿真, 其应用也越来越广泛。

Repast^[4]是目前较为流行的基于 Agent 的建模仿真平台, 研究人员可以在 Repast 平台上进行可控制和可复现的仿真实验, 通过观察和分析仿真过程中产生

收稿日期: 2013-05-11

修回日期: 2013-08-16

网络出版时间: 2014-01-07

基金项目: 总装备部项目 (2012SY4134002)

作者简介: 许国锋 (1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为计算机仿真与军事应用; 许鹏文, 副教授, 硕士, 研究方向为采办信息化; 邹红霞, 副教授, 硕士, 研究方向为图形学与虚拟现实。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.3969/j.issn.1000-386x.2013.01.001.html>

的图、表、文档等显示结果来对研究的复杂系统进行进一步的分析与研究。

当前,武器装备采办系统因其参与主体的多样性、主体行为的复杂性、组织结构的复杂性以及环境的复杂性等,已逐步发展成为一个复杂系统,运用复杂系统建模仿真方法对其复杂性进行研究具有无可比拟的优势。

文中通过介绍复杂适应系统理论、基于 Agent 的建模仿真方法和 Repast 仿真平台,总结了运用 Repast 进行复杂系统建模仿真的一般方法。同时结合装备采办过程中军企合作模型来具体介绍基于 Repast 平台的建模仿真方法在装备采办领域的应用。

1 复杂适应系统理论

复杂适应系统理论,是人们研究复杂性产生机制的一种重要方法,其核心思想是“适应性造就复杂性”^[1]。CAS 理论的基本思想可以概括如下:系统中的成员称为具有适用性的个体(adaptive agent),简称为主体。所谓具有适应性,是指它能够与环境以及其他主体进行交互作用。主体在这样持续不断的交互作用过程中不断学习或积累经验,并根据学习到的经验改变自身的机构和行为方式。整个宏观系统的演变或进化,包括新层次的产生,分化和多样性的出现,新聚合而成的更大的主体的出现等等,都是在这个基础上逐步派生出来的。最重要的是,CAS 理论认为,正是这种主动性以及它与环境的反复相互作用,才是系统发展和进化的基本动因。通过主体与环境的交互作用,使得个体的变化成为整个系统变化的基础,可统一地加以考察。同时,通过引进随机因素的作用,使 CAS 理论具有更强的描述和表达能力。概括起来,复杂适应系统就是这样的系统,其系统的结构适应环境变化,调整自身结构,从而涌现出新的性能^[2-3]。

2 基于 Agent 的建模仿真方法

基于 Agent 的建模仿真方法,是对实现 CAS 理论所提出的具有适应能力、“活的”主体各概念的具体实现手段,即通过在复杂系统中描述和刻画主体,进而实现对复杂适应系统的仿真。基于 Agent 的建模仿真是一种自底向上的建模方法,它把 Agent 作为系统的基本抽象单元,采用相关技术首先建立组成系统的个体 Agent 模型,然后通过一定的体系结构,设置多个 Agent 之间的交互方式,最终建立起整个系统模型。每个个体 Agent 的属性、结构以及行为可能是比较简单的,但通过大量 Agent 与 Agent 之间、Agent 与环境之间的交互与影响,使得复杂系统表现出一定的宏观行为,即涌现性。基于 Agent 的建模仿真方法从研究个体微观行

为着手,进而获得系统整体宏观行为,以此来研究系统的复杂性,具有一定的直观效果和很强的可操作性,为复杂系统研究提供了一种重要手段^[2-3]。其建模步骤如下:

1) 确定系统模型的结构。主要包括两项内容:一是确定 Agent 种类,即选择和问题相关的个体作为模型中的 Agent,同时确定 Agent 的规模;二是确定模型中 Agent 行为之间的关联关系以及交互的“流”。

2) Agent 属性与行为的设计。可结合第一步,运用 UML 的类图进行描述。

3) Agent 之间的交互设计。在全面分析模型系统涉及的相关主体及其相互关系的基础上,进行交互设计。

4) 编程实现。

5) 实例化与结果分析。

3 Repast 介绍

3.1 Repast 简介

Repast(Recursive Porous Agent Simulation Toolkit)是芝加哥大学社会科学计算研究中心研制的 Agent 建模工具,它为研究人员提供了一系列用以生成、运行、显示和收集数据的类库,并能对运行中的模型进行“快照”,记录某一时刻模型运行的当前状态^[4]。由于具有使用方便、容易学习和容易扩展的三大特性^[5-6],Repast 已经在社会科学领域、生态领域、军事领域等得到了广泛的应用。当前,Repast 支持 Java、.NET、Python 三种编程接口,使开发人员的选择性大大增强。由于 Java 语言的平台无关性和开源性,使得 Java 逐步成为 Repast 的主要编程语言。最新版本的 Repast Symphony 通过插件技术,挂在 Eclipse 这一主流 Java 集成开发环境上,为用户编程实现提供极大的便利,适用范围得到了进一步的扩展。

3.2 Repast 主要类库简介

随着 Repast 的应用需求和适用的扩展,最新版本的 Repast Symphony 包含 2 000 多个类,封装在 45 个库中。现将典型仿真模型涉及到的主要类库的相关功能做一简要说明^[4,7]。

1) Engine 库。

Engine 库主要负责模型的建立、操纵和运行。控制类(Controller)控制和初始化仿真程序。调度器(Scheduler)通过离散时间调度机制管理仿真过程的时间流。

2) Analysis 库。

Analysis 库主要负责收集、记录和用图表的方式描绘数据。

3) Gui 库。

Gui 库主要负责实现仿真过程的图形可视化,包括图形显示的快照和模型运行的活动影像。

4)Parameter 库。

Parameter 库主要负责定义参数空间和自动输入不同的参集实现仿真。

5)Space 库。

Space 库主要包括创建网格、圆环面等空间关系的类。所有 Agent 互相之间都有一定的空间关系,本类包主要包括实现这些空间关系的类。

6)Util 库。

Util 库提供了一些产生无序表单,显示信息对话框等常用静态方法。

7)Network 库。

Network 库包括实现网络仿真的类,例如缺省的节点和边的类,各种特殊定义的可记录网络数据的记录类,可根据网络参数文件产生网络。

8)Context 库。

Context 库主要生成 Agent 生存和活动的的环境。

3.3 Repast 建模步骤

结合基于 Agent 建模仿真方法的基本步骤,在明确仿真模型的 Agent 类型与规模、明确 Agent 之间的交互关系与交互“流”、明确 Agent 的属性与行为规则的基础上,方可进行具体的实现工作^[7-12]。基于 Repast 的仿真模型的构建工作主要有以下步骤:

1)定义 Agent 类。主要是完成 Agent 类的相关属性及行为规则的编码,同时还有时间调度机制的说明。

2)定义模型初始化类,通过继承 ContextBuilder 类,编写初始化文件。包括环境的创建、各 Agent 的实例化等。

3)设置模型的显示。设置需要显示的关系、Agent 样式等。

4)设置仿真数据的输入输出方式。通过参数面板为模型提供初始化参数,通过图表或者其他格式文件输出模型运行中相关仿真数据。

仿真模型的构建是为了进行仿真运行以及结果分析,图 1 描述了 Repast 典型仿真模型的运行基本流程。

4 军企合作模型

4.1 军企合作模型描述

装备采办是装备全寿命周期内的装备采购业务活动的统称,一般从装备需求论证开始到装备交付部队形成战斗力为止^[13]。装备采办是一个由以装备为中心的不同阶段构成的复杂过程,如图 2 所示。

其直接任务是为军队提供满足军事斗争需要的装备,同时兼具培育和完善国防市场,促进国民经济发展的功能。

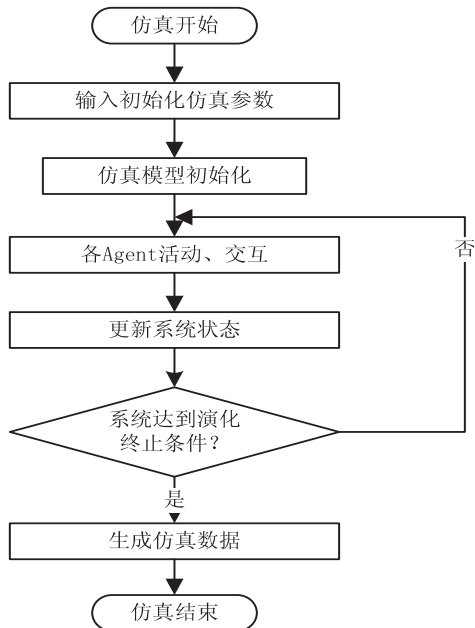


图 1 Repast 仿真基本流程

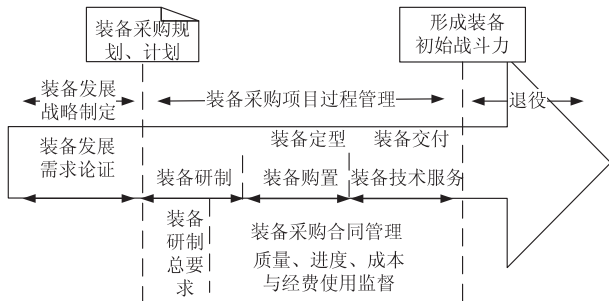


图 2 装备采办过程

在整个装备采办过程中,围绕装备这个中心,军地双方要进行信息交互,军方采购部门依据企业提供的技术信息与管理信息来进行企业的选择与过程监督,企业依据合同协议进行装备的研制、生产与交付。从方案论证开始,各国防工业部门向装备采购部门提交各自的装备方案,采购部门根据各自方案确定最终的装备方案,以装备方案为输入进行相应的装备采购合同的订立。装备合同订立是军方和承制单位双方主体相互博弈的动态的活动过程。装备采购合同订立方式(也称为装备采购方式)主要包括:公开招标、邀请招标、竞争性谈判、单一来源采购和询价采购等五种方式,其中竞争性采购即公开招标方式在当前受到大力推行。结合我军的装备采办实际和美军集成采办环境^[14](IAE),装备合同订立程序可以总结为以下步骤——发布装备采购信息、供应商投标、确定供应商、合同签订、审查合同和合同履行监督等。

公开招标的核心是选择供应商,结果是完成采购合同签订。选择供应商建立在企业相关信息的基础上,这些信息主要包括:独立承担民事责任的能力、专业技术资格、质量水平、质量保证能力、生产能力、企业经营信誉等等。装备采购部门通过对这些信息进行汇

总,建立合理的决策体系,最终确定供应商。文中的军企合作简易模型,在企业相关信息上作了简化处理,只选择企业的信誉作为采购部门确定供应商的主要参数。

军企合作简易模型概述:在一定时空范围内,存在数目一定的军方采购部门和数目不定的军工企业。军方采购部门根据军工企业的相关指标是否合格而决定是否与其合作,如果合作则付给其相应的金钱数。同时,军工企业随着时间的流逝会消耗自身一定量的金钱数,如果在消耗完自身储备之前未能和军方采购部门合作而获得相应的金钱数,则该企业从军工企业行列淘汰。同时,为保持一定的企业竞争,其他企业会随机进入军工企业行列。

4.2 军企合作模型的 Agent 设计

(1) 确定模型结构。

- 确定 Agent 种类及规模。

通过对以上模型的分析,确定模型中涉及的 Agent 主要有两类—军方采购部门和军工企业。根据我军装备采办特点,军方采购部门的数量一般不会发生变化,而参与装备采办过程的军工企业是变化的。该模型假设军方采购部门 10 个,军工企业 100 个。

- 确定模型中 Agent 之间的关联关系及“流”。

军方采购部门和军工企业之间是合作关系,交互的“流”是金钱。二者之间的每次合作,军方获取的是具有一定技战术指标和质量的武器装备,付出的是一定量的金钱。军工企业获取的是一定量的金钱,付出的是为提供军方所需武器装备所消耗的金钱。因武器装备是用于装备部队,不会对采购部门的个体利益带来影响,故忽略。同时,军方用于装备采办的款项是国家财政支出,不需考虑,故也忽略。

(2) Agent 属性与行为设计。

为简化模型,假设军方采购部门具有信誉指数阈值、合作概率和合作次数三个基本属性,具有移动和合作两个行为。其中信誉指数阈值表征只有当军工企业的信誉指数达到该阈值后,军方采购部门才会选择与其合作;合作概率表征军方采购部门选择与军工企业进行合作的概率;合作次数表征一定时空范围内的军企合作次数。军工企业具有信誉指数、储备金钱、劳动获取和再生概率四个基本属性,具有移动和淘汰两个行为。其中信誉指数表征军工企业所具有的信誉指数,该属性是军方采购部门决定是否与其合作的重要指标;储备金钱表征企业所具备的金钱储备,是维系企业正常运作的基础;劳动获取表征企业与军方合作获取的酬劳;再生率表征企业随机生成并加入环境的概率。在每个时间步内,军方采购部门和军工企业在一定的时空范围内活动,采购部门选择信誉指数达到其

阈值的企业,以一定的概率进行合作,并付给企业相应的金钱数。军工企业通过与采购部门合作获得相应的金钱数,通过消耗金钱数来完成军方采购部门的合作任务和维系企业正常运作,如果金钱数小于零则被环境淘汰。

(3) Agent 之间的交互设计。

系统中各组成部分的动态行为是通过各 Agent 之间的交互协作完成的。该模型主要是描述系统各军方采购部门和军工企业之间的交互协作关系,如图 3 所示。

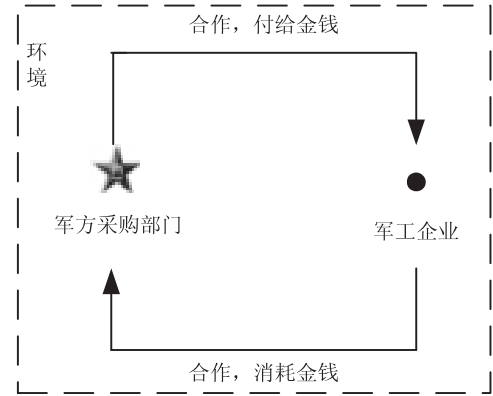


图3 Agent 之间的交互关系

(4) 仿真模型实现。

在 Repast 平台上进行仿真模型的实现,需要通过在 Eclipse 中新建 Repast Symphony Project 项目,进而逐步完成对模型的编码。

- 进行军方采购部门和军工企业 Agent Java 类的实现。以军方采购部门类为例,给出相应伪代码。

```
public class militaryAgent {
    private ContinuousSpace<Object> space; //连续空间
    private Grid<Object> grid; //离散空间
    private int creadLevel; //信誉指数阈值
    private double cooperateProbability; //合作概率
    private int cooperateTimes; //合作次数
    @ ScheduledMethod( start = 1, interval = 1 ) //从第 1 个“tick”
    开始,每间隔 1 个“tick”循环调用。
    public void militaryAgent () //构造函数
    {
    }
    public void move() //移动行为
    {
    }
    cooperate();
    public void cooperate () //合作行为
    {
    }
}
```

其中 grid 和 space 分别为 Grid 和 ContinuousSpace 类型参数,用来构建 Agent 的运行环境。Grid 是一种

离散的空间关系,通过网格的形式描述大量 Agent 的位置及其移动;ContinuousSpace 是一种连续的空间关系,多以向量的形式为 Agent 提供移动方向。

· 模型的初始化。即完成环境和空间的定义、Agent 的创建及初始化、需要采集数据的定义。通过对 ContextBuilder 类的继承,编码实现一个初始化类,同时修改相应的 XML 的文件,完成对空间关系的定义。

· 设置模型的显示。通过 Add display 图形用户界面方法,实现模型中的空间关系、Agent 实例等的显示样式设置。这里既可以选择使用 Repast 提供的默认显示方式,也可以重新编码。

· 设置仿真数据的输入输出方式。设置模型的输入参数,通过在 Simulation Parameters 面板添加相应的参数名称及初始值,为模型的初始化提供参数,该模型涉及的参数有:军方采购部门和军工企业初始数目、信誉指数阈值、信誉指数以及金钱储备数。仿真数据的输出主要是借助 Repast 提供的数据采集工具,通过图表以及输出文件的方式进行。该简易模型创建了一个曲线图和一个数据输出文件。动态曲线图反映了随着时间迁移军方采购部门、军工企业和合作次数等相关数量的变化关系,如图 4 所示。通过 Data Sets 设置相应的需要采集数据的数据项,并通过 File Outputter,将采集到的数据动态存储到相应的输出文件中,输出文件类型可选,如 txt、doc、csv 等,该模型选择通用性最强的 csv 格式。该简易模型只采集所关心的军方采购部门、军工企业的数目和双方合作次数及随时间迁移的变化情况,该输出文件与动态曲线图相对应,为实验结果分析与数据统计提供支撑,如表 1 所示。



图 4 动态曲线图-数据统计

(5) 仿真结果分析。

军企合作的简易模型所产生的丰富仿真数据,能为广大采办领域的研究人员进行相关问题研究提供直观而有效的数据支撑,不失为一种研究采办领域复杂性问题的新的解决方法。

分析一:在一定范围内,军工企业的数目会达到一定阈值,并上下波动,该简易模型中军工企业数目的阈值为 260。为保持军工企业行列的竞争性,军方采购

部门可通过有效的激励措施和淘汰措施,确保竞争力强、信用高的企业获得更多的合作机会,而技术能力落后、信用差的企业从军方采购部门的供应商行列淘汰。

表 1 csv 文件

Tick	military_count	enterprise_count	cooperateTimes
1	10	101	0
6	10	106	2
11	10	117	4
16	10	144	5
21	10	160	11
26	10	193	14
31	10	236	21
36	10	276	22
41	10	310	24
46	10	324	26
51	10	324	29
56	10	327	35
...
131	10	239	72
136	10	247	74
141	10	246	78
146	10	262	83
151	10	267	86
156	10	253	90
...

分析二:企业为获得更多的合作机会,即经济效益,必须不断提高自己的竞争力和积累信用。军方采购部门确定的军工企业行列是一个动态变化的行列,企业只有通过一定的方式提高自己的竞争力和信用水平,使自己保持在该行列,并获得更多的合作机会。

因此,通过军企合作的简易模型的实现,军方采购部门可以获得制定激励措施和淘汰措施的数据支撑,以保持军工企业的竞争性,确保装备采办的有效进行。

5 结束语

Repast 平台为多 Agent 的复杂系统建模仿真提供了简洁而有效的方法,为研究复杂系统提供了有利条件。通过对军企合作简易模型的分析与实现,说明了运用基于 Repast 的复杂系统仿真方法在装备采办领域研究的可行性与有效性,为研究和解决装备采办领域的复杂性问题提供了一种新的解决方案,为广大的装备采办领域的研究人员与计算机仿真研究人员提供了一个新的研究方向,对深入该领域开展复杂系统的建模仿真研究具有一定的指导性。

参考文献:

[1] 约翰·H·霍 兰. 隐秩序:适应性早就复杂性[M]. 周 (下转 186 第页)

服务、积分服务和信息服务等方面相应需求,体现网上营业厅系统的方便快捷^[11]。此模块功能为用户登录后进行话费查询/充值,业务办理/取消,积分兑换和个人资料修改等。

营业员管理模块主要是营业员对整个系统的管理操作,享有最高权限维护普通用户及其业务的有关的数据^[12],即可以新增/删除客户信息,发布/下架新旧业务和添加用户充值卡等,具有统一调配系统后台数据的能力。

便于更好地满足客户需求,提高客户感知,文中所提出的设计不同于现存商用营业厅,在其基础上添加用户与营业员的留言/回复功能^[13]。此模块功能为用户登录之后即可发帖,也可对其他帖子进行回复;营业员可以对帖子进行回复、管理、删除等操作,享有多种功能权限。

4 结束语

现如今,信息化时代已经到来,网络早已成为人们生活中不可缺少的一部分。文中设计的系统利用 Net 技术与 Web 服务的优势,通过对现存网上营业厅系统的借鉴,在其基础上增添了满足客户需求的部分功能,并提高了服务响应速度和系统安全性能,且具有良好的扩展性。当然,这个设计还存在很多的不足,功能还不是很全面,希望通过以后的努力和借鉴,能更好地完善系统。

参考文献:

- [1] 左琦. 中国电信运营商 2008 重组分析[D]. 武汉:华中科技大学,2009.
 - [2] 赵红. 广西移动网上营业厅系统设计与实现[D]. 济南:山东大学,2008.
 - [3] 刘方军,唐平,高长青. 基于三层架构的中文学习平台设计[J]. 计算机技术与发展,2011,21(11):163-166.
 - [4] 张荣,王培俊,曹永彦,等. 基于 ASP.NET 技术的实验中心信息化管理平台的设计[J]. 计算机技术与发展,2011,21(5):235-237.
 - [5] 刘智勇. SQL Server2005 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
 - [6] 赵韶平. Power Designer 系统分析与建模[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
 - [7] 张晓坤,汤涛,谭立平. .NET 模式:架构、设计与过程[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
 - [8] 张靖. 基于 Web Services 的移动彩票交易系统研究[D]. 贵阳:贵州大学,2011.
 - [9] 顾宁,刘家茂,柴晓路,等. Web Services 院里与研发实践[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
 - [10] 韩国锋,柯华坤,王磊. ASP 网站开发典型模块与实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
 - [11] 丁士锋. C#典型模块与项目实战大全[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
 - [12] 吴东明. 移动网上营业厅设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2011.
 - [13] 高宏,李俊民. ASP.NET 典型模块与项目实战大全[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
- +++++
- (上接第 182 页)
- 晓牧,韩晖,译. 上海:上海科技教育出版社,2011.
 - [2] 罗批. 从综合到涌现-战争复杂系统综合建模仿真方法、实践与思考[M]. 北京:国防大学出版社,2011.
 - [3] 胡晓峰,罗批,司光亚,等. 战争复杂系统建模与仿真[M]. 北京:国防大学出版社,2005.
 - [4] 张树人,方美琪. 复杂系统建模与仿真[M]. 第 2 版. 北京:中国人民大学出版社,2011.
 - [5] Nikolai C, Madey G. Tools of the Trade: A survey of various Agent based modeling platforms[EB/OL]. 2009-03. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html>.
 - [6] Collier N. RePast: An extensible framework for Agent simulation[EB/OL]. 2003. <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/RepastTutorial.Collier.pdf>.
 - [7] 张运坤,刘磊,张勇强. 浅谈基于 Agent 的建模仿真的 Repast 平台[J]. 邯郸学院学报,2010,20(3):42-44.
 - [8] 盛昭瀚,李静,陈国华. 社会科学计算实验基本教程[M]. 上海:上海三联书店,2010.
 - [9] 张广骏,李耀东,戴汝为. 应用 Repast S 的复杂系统建模仿真[J]. 计算机仿真,2010,27(12):349-353.
 - [10] 蒋慧超,韦兆文. 基于 Repast 平台的多 Agent 仿真建模研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(11):250-252.
 - [11] Phan D, Varenne F. Agent-based models and simulations in economics and social sciences: From conceptual exploration to distinct ways of experimenting[EB/OL]. 2010-01. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/5.html>.
 - [12] Johansson B, Jain S, Montoya-Torres J, et al. Toward teaching Agent-based simulation[EB/OL]. 2008-12. <http://repast.sourceforge.net/docs/TowardTeachingABS.pdf>.
 - [13] 赵生禄,张林. 军事代表业务技术工作概论[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
 - [14] 魏钰洁,潘清,何晓川. 美国国防部集成采办系统研究综述[J]. 装备学院学报,2013,24(2):78-83.

装备采办领域复杂系统建模仿真的应用研究

作者:

许国锋, 许鹏文, 邹红霞, [XU Guo-feng](#), [XU Peng-wen](#), [ZOU Hong-xia](#)

作者单位:

[许国锋, XU Guo-feng\(装备学院 研究生管理大队, 北京, 101416\)](#), [许鹏文, XU Peng-wen\(装备学院 装备采办系, 北京, 101416\)](#), [邹红霞, ZOU Hong-xia\(装备学院 信息装备系, 北京, 101416\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

英文刊名:

ISTIC

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

[2014\(3\)](#)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201403044.aspx