

作战士气的混合仿真

朱江, 李三平, 陈巍, 陈俊

(南京陆军指挥学院, 南京 210045)

摘要: 士气具备“复杂性、情感性、难以预期性”, 传统作战模拟仿真方法较难提供能体现复杂相互作用的士气模型, 故而作战中士气难以反映, 难以评估。引入社会学理论对士气进行分析, 从士气的产生和传播的机理入手, 将系统动力学与多 Agent 建模方法结合, 提出一种混合仿真研究作战士气的方法: 微观上, 使用多 Agent 建模方法反映作战中个体的相互作用及对士气的影响过程; 宏观上, 使用系统动力学方法反映作战对抗过程中战术心理战手段对士气及对作战整体的影响。并基于 Netlogo 构建混合仿真实验平台, 平台中微观和宏观层面的实验数据可以相互利用, 结论互相照应, 便于探索作战中的士气规律, 是解决作战中士气难以建模、难以评估问题的有效方法。

关键词: 士气; 混合仿真; 多代理人方法; 系统动力学

中图分类号: V271.4; E0 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2013)11-0056-05

Hybrid Simulation of Morale in Combat

ZHU Jiang, LI Sanping, CHEN Wei, CHEN Jun

(Nanjing Army Command College, Nanjing 210045, China)

Abstract: Morale has the nature of complexity, emotionality and unpredictability. It is difficult to construct a model of the morale that can reflect the complex interaction using traditional simulating method of operation. As a result, morale in the combat is hard to be explored and evaluated. This paper researches the morale from the sociology theory, including its generation and propagation, and proposes a hybrid simulation method that combines System Dynamic (SD) with Multi-Agent System (MAS) method. Microcosmically, MAS method is used to reflect the interaction among fighters and the course of affecting morale; Macrocosmically, SD method was used to reflect the influence of the tactical psychology on morale and whole war in the counter-combat process. Moreover, a hybrid simulation experiment platform based on Netlogo is proposed, so that microscopic and macroscopic experimental data and conclusion can be utilized mutually. It is beneficial to the research on laws of the morale in war and solve the modeling and evaluating of the morale in combat. The experiment shows that it is an effective method.

Key words: morale; hybrid simulation; multi-agent system; system dynamics

0 引言

士气指军队中士兵的战斗意志或奋勇杀敌之气势, 它是军队战斗力的重要构成因素之一, 直接关系战斗的胜败。拿破仑就说过, 在战斗胜败的因素中, 士气占 75%, 人力占 25%。但士气是看不见也摸不着的无形要素, 具备“复杂性、情感性、难以预测性”, 其对

作战的影响至关重要, 但难以捉摸。

为研究士气的运行规律, 社会学中多采用调查统计和实证方法研究社会团体中的士气问题^[1]。一般认为, 企业、社会中的士气存在团队精神、工作投入和组织认同 3 个维度^[2]。对于军事组织, 士气除了上述 3 个维度, 还包括战斗信心和荣誉度等方面的维度^[3]。美军士气量表(CRMQ)确定了 8 个影响士气的主要因素, 包括: 对高级指挥官的信任; 对自己、团队、武器的信任; 团体凝聚力和士气; 任务与地形的熟悉性; 对直接指挥官的信任; 对敌人的评估; 战争的合法性; 一般的焦虑。这些对士气的影响因素和激励机制有了深入的研究, 但这些研究多停留在理论层面, 偏向于定性, 鲜有定量分析。为此, 人们使用数学模型研究情绪表

收稿日期: 2012-11-22

修回日期: 2013-01-06

基金项目: 国家自然科学基金(70771112); 教育部新世纪人才培养计划(NCET/06/0936)

作者简介: 朱江(1981—), 男, 江苏如皋人, 博士, 讲师, 研究方向为建模仿真、军事运筹。

达、心理反应以及信息心理战^[4-6],但对于心理复杂系统,诸多因素之间相互交织,很多因素难以通过数学公式表达,难以提炼构建士气模型。

在现代管理学中,研究人员通过计算实验研究社会问题,其中,系统动力学和复杂适应系统多 Agent 建模方法是常用的研究复杂的社会经济系统的定量方法。系统动力学(SD)以反馈控制理论为基础,以计算机仿真技术为手段,便于从整体上建立实验模型,进行宏观层面大范围仿真。复杂适应系统理论多 Agent 建模方法,其建模思想是以自底向上的方式,从研究个体微观行为着手,自底向上地涌现,进而获得系统宏观行为,模拟现实世界。在心理战仿真中,既要考虑社会人的宏观统计规律,又要考虑个体人的微观相互作用规律;既要关注体系作战整体涌现效果,又要关注实体的具体行为过程。而单一 SD 和多 Agent 模型往往难以兼顾微观与宏观^[7]。

混合仿真是一个新的思路。在最近的全球著名仿真会议上,出现了较多的混合仿真研究,比如 J Pastrana^[8], S Umeda^[9], J Morgan^[10] 提出将系统动力学和 DES (离散事件仿真)结合,使用 DES 在实现操作层,SD 在系统聚合层进行工业仿真。S K Health 提出了将 SD、DES 和 ABS(Agent based System)结合进行仿真的方法,说明了两两彼此结合的机制。混合仿真能发挥各种仿真思想的优点,尤其是“自顶向下”和“自底向上”这两种思想的结合,适用于各种需要宏观和微观结合的系统。混合仿真具有广泛的应用前景。

1 混合仿真框架

构建混合仿真框架对战争进行研究的基本思路如图 1 所示。

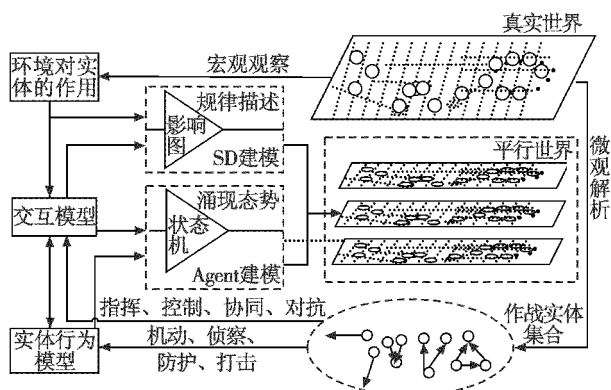


图 1 混合仿真框架

Fig. 1 Hybrid simulation framework

在宏观层面,通过观察真实世界,依据社会统计特性和已知规律,将环境对实体的影响进行定性定量相结合的分析,形成整体交互模型(包括组织中士气的传

播、人员的聚集等)。在微观层面解析微观个体行为,对士气传播的参与者及相互作用机制进行描述,建立个体的行为模型(包括机动、侦察、防护、打击等),以及个体交互模型(如实体之间的相互作用,包括指挥、控制、协同、对抗等)。

运用 SD 方法描述宏观层面作战环境对实体的影响,建立宏观对抗流图,对士气机制从宏观上做出解释。基于 Agent 方法构建实体模型与交互模型,内设实体状态机和网络状态机,实体状态机内置在实体内,反映 Agent 自身的信息交互流程和行动过程,网络状态机不属于单个实体,反映 Agent 组织间的信息交互流程和行动过程。网络状态机原理已另文^[11]阐述,不加以展开讨论。

运用该混合仿真框架构建的作战模型不是一蹴而就的,而是不断进化的,Agent 系统中交互产生复杂性的过程,能涌现一个真实世界的平行虚拟世界,虚拟世界与真实世界相互验证,协同进化。对虚拟世界进行实验分析,研究作战中战法、策略、战争状态对士气的影响,探索士气在作战中的变化及影响规律。

2 士气影响因素

借鉴社会学方法,对士气影响因素进行分析。图 2 是士气宏观影响图,反映了在作战中各因素综合作用下士气运动过程^[9-10]。

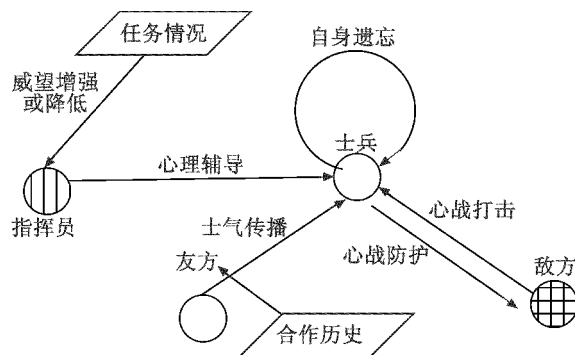


图 2 士气宏观影响图

Fig. 2 Influence graph in macroscopic view

士兵士气的生成、变化并不是孤立的,而是相互作用的。影响士气重要的因素有:1) 组织间成员的相互作用,比如指挥官对士兵的心理辅导、士兵之间的士气传播、士兵自身的遗忘等作用;2) 外在激励程度,包括物质奖励、精神鼓励等;3) 作战中指挥官的表现,包括指挥官以身作则的情况、听取意见的情况等;4) 任务及部分完成情况,即任务的复杂程度及完成情况、敌我双方即时战斗力的对比、攻占控制面积的多少,影响了士兵对任务前景完成的判断,进而影响士气;另外还有专门针对士气的心理战作战任务,包括心理战防护,

心理战攻击等。其中,前3项因素是微观层面因素,体现个体之间的相互作用,第4项因素是宏观层面因素,体现整体环境对个体的影响。

3 作战系统士气 SD 流图

宏观层面作战对抗及对士气作用过程利用系统动力学建模。在系统动力学流图中,主要有3种类型变量:1) 状态变量,状态变量在流图中以矩形符号表示;2) 速率,在流图中以阀门符号表示;3) 辅助变量,在流图中以圆圈符号表示。

构建作战系统士气 SD 流如图3所示。

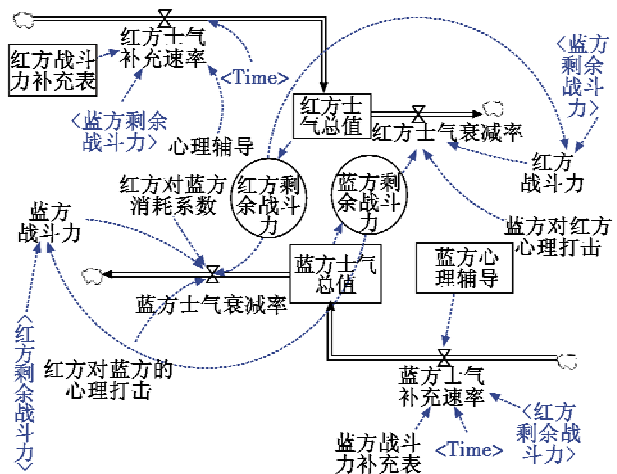


图3 作战系统士气 SD 流图

Fig. 3 SD flow graph of morale in combat system

模型中,状态变量包括:红方战斗力,蓝方战斗力,红方士气总值,蓝方士气总值4个状态(L)变量。速率变量包括:红方士气补充速率、红方士气衰减率、蓝方士气衰减率、蓝方士气补充速率4个速率(R)变量。辅助变量包括传播强度和感染参数等,使用表函数表示。

模型反映了敌我进攻和防护对士气影响的对立统一关系,其双方构成了我方士气—敌方兵力损耗—敌方士气—我方兵力损耗的基本闭合回路,周而复始,愈演愈烈,是个正反馈系统。模型同时反映了心理打击和心理辅导对整体士气的作用,心理打击—士气—心理辅导,是个负反馈回路。

模型中,状态变量不取每个士兵的士气,而取士气总量。这是因为尽管个人士气时刻变化,但人群行为在短时间内不会有太大的变化,其变化是平缓的,可以观察的。作为整个组织的一个总体度量,应看作全部成员的士气值之和,可避免对个体士气繁杂的建模,利于从整体把握宏观规律,这也是混合建模的目的所在。

4 士气传播行为模型

个体士气及其复杂传播过程通过 Agent 建模。实

体的微观行为,关于士气的交互模型反映士气的传播过程,作为一种社会活动,具有流动性、扩散性、免疫性。士气传播过程是心理行为,与疾病的传播类似。

模型描述个体士气行为的变化规律——士气当前水平决定了士兵之间、士兵与指挥员之间的士气势差,这种差距形成了士气流动的自然压力,士气总是从位势高处向位势低处流动。随着组织间成员相互作用,士兵成为感染人群。但随着作战时间越长,传播强度降低。图4描述士气相互作用的传播过程,该过程包括表1所列8个状态转化子过程。

表1 士气传播过程中的状态转化及含义

Table 1 State transition and meaning in morale propagation process

状态转化	含义
$S_1 \rightarrow S_2$	个体A所处群体经过一次心理辅导。受此影响,群体中出现B个体士气上升。
$S_1 \rightarrow S_3$	个体A所处群体遭受一次心理攻击。受此影响,群体中出现B个体士气衰落。
$S_2 \rightarrow S_4$	群体中个体相互作用,B士气上升带动周围个体。因此,A以某概率转化为士气上升个体,并和B一样,具有较强传染性。
$S_3 \rightarrow S_5$	群体中个体相互作用,B士气衰落影响周围个体。因此,A以某概率转化为士气衰落个体,并和B一样,具有较强传染性。
$S_5 \rightarrow S_1$	个体A在有可能感染状态,当周围的B个体或其他具有传染性的个体在作战中死亡或离开后,A个体转变为未感染状态。
$S_6 \rightarrow S_1$	个体A在一定时间后传染强度降低,而士气上升到一定极限,不再上升。
$S_4 \rightarrow S_6$	个体A在一定时间后传染强度降低,士气衰落到一定极限,不再下降。
$S_5 \rightarrow S_7$	个体A趋于稳定状态,或作战任务结束。
S_8	个体A趋于稳定状态,或作战任务结束。

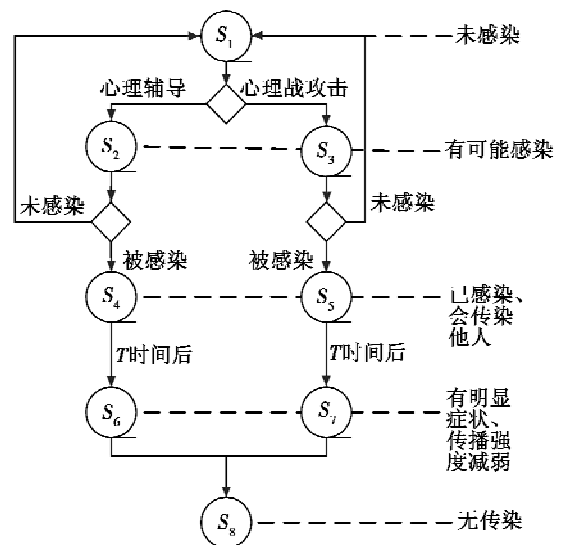


图4 士气传播过程

Fig. 4 Morale propagation process

多 Agent 建模方法中,在对 Agent 个体建模时,对 Agent 行为引入个性表达,通过个性因子直接(或间接)影响(或决定)着该部分个体的个性,例如引入两个因子,

一个因子是周围友军 Agent 的数量,另一个因子是接受任务的意愿,辅以一定的权重就可以表示士气高、低的两类士兵。士气高的实体,倾向于与周围的 Agent 沟通,并乐于接受任务,而士气低的实体反之。在考虑士气传播过程时,将图 4 所示过程建模为 Agent 的内部状态机,每个 Agent 设置 $S_1 \rightarrow S_8$ 这 8 个状态,每个仿真时刻都需要执行状态更新,执行两个内容:第一个是根据感染概率规则确定哪些个体 $S_2 \rightarrow S_4, S_3 \rightarrow S_5$;第二个是 $S_4 \rightarrow S_6, S_5 \rightarrow S_7$,根据传播强度和规则,改变状态,登记到事件表。

Agent 之间设置一些简单的交互规则和算法,包括:

1) 感染概率,模型中采用易感度来反映实体感染与否,不同类型个体的易感度也有差异,主体 i 在时刻 t 易感度为 δ_i^t ,个体的邻元周围危险者居多,则 δ_i^t 大,用公式表示为 $\delta_i^t = \alpha \times N_i^t$,其中, α 为常数, N_i^t 为主体 i 在时刻 t 周围邻元中的危险者数目,当 δ_i^t 大于一个阈值 δ_{0i} ,则被感染,被感染后,个体处于被传染状态;2) 传播强度,不同

行为个体对他人的传播强度差异很大,所以用不同的邻域来表示不同类型个体的传播强度, $S_4 \rightarrow S_6, S_5 \rightarrow S_7$ 过程中, $Mo_i^t = Mo_i^{t-1} + \delta_i^t \times \beta \times (Mo_i^{t-1} - Mo_i^{t-2})$,其中, β 为两个主体拥有的士气差异程度, Mo_i^t 为时刻 t 主体 i 的士气水平。

5 作战系统士气实验

混合仿真另一关键在于平台,通常系统动力学采用 VenSim、PowerSim 等平台, Agent 建模使用 Swarm、Aspen 等平台,但如使用不同平台,数据难以交互,不是一个好的解决方案。本文基于 Netlogo 进行士气建模, Netlogo^[12] 本质上是一个多 Agent 建模软件,但也可以直接进行系统动力学建模。如图 5 所示,绿色 Agent 代表未感染状态个体 P_0 ,红色 Agent 代表已受感染状态个体 P_I ,蓝色 Agent 代表已经死亡或免疫个体 P_H ,右界面是 Netlogo 实现的 SD 图。

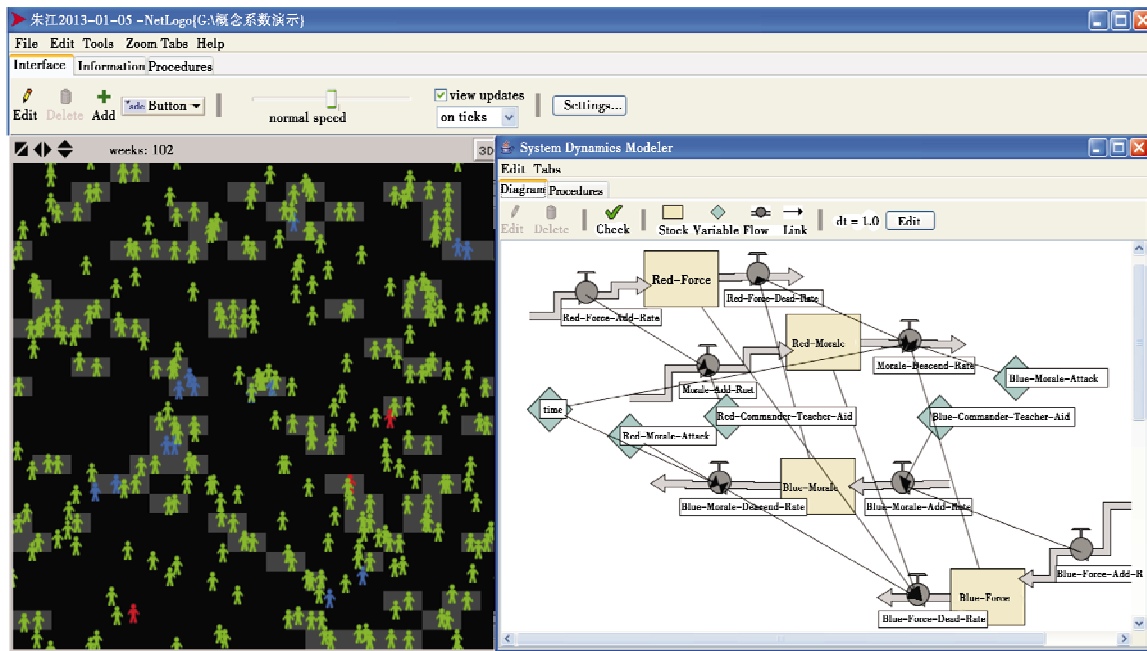


图 5 Netlogo 混合仿真的界面示意图

Fig. 5 User interface of Netlogo hybrid simulation

两个模型通过程序中定义的共享变量段交互。从 SD 模型输入到 Agent 模型的变量有心理攻击和心理辅导的次数、强度,士兵支援的数量,士兵死亡的数量。从 Agent 模型输入到系统动力学模型的变量有红方士气补充速率,红方士气衰减率,蓝方士气补充速率,蓝方士气衰减率。

Agent 模型根据支援数量设置相应数量的处于 S_1 状态的士兵 Agent,根据死亡的士兵数量清除相应数量的 Agent。在心理辅导过程时,从 S_1 状态士兵中根据辅导的次数、强度确定比例,将部分士兵转化为 S_2 状态。在心理攻击过程时,从 S_1 状态士兵中根据攻击的

次数、强度确定比例,将部分士兵转化为 S_3 状态。

SD 模型中,通过统计 Agent 模型中各个状态的士兵数量计算士气补充速率和士气衰退率。士气补充速率 = S_2 转变为 S_4 状态的士兵数 ÷ 士兵总数;士气衰退率 = S_4 状态转变为 S_6 状态的士兵数 ÷ 士兵总数。红蓝战斗力的计算反映交战的对抗过程,采用兰切斯特毁伤率的消耗因子计算。两个模型能够很好地交互,实验研究士气传播过程的模拟以及士气对于作战的影响两个方面。

1) 士气传播过程实验。

实验设置为:假设仿真网络由 500×500 个单元格

构成,士兵的规模为 $N = 500$,初始假设感染概率为 $a = 0.05$ 。仿真结束时间设定为 $T = 1000$,其单位为天,每一个时间步长代表真实时间一天。如图 6a 所示,初始时刻所有个体随机均匀地分布在网格上,从仿真界面上可直接观察 P_0, P_L, P_H 的人数。

运行时,观察作战中人员状态变化规律如图 6a 所示,未感染者 P_0 越来越少,感染者 P_L 先多后少,死亡或免疫个体 P_H 越来越多,较好地模拟了士气的流动、扩散、免疫特征,在实验中,调整感染概率为 $a = 0.1$;图 6b 反映了当感染概率不同时感染人员的变化趋势,可以看出,感染概率提高时,感染人员增加很多,但是从 500 天左右, $a = 0.1$ 情形首先出现拐点,反映人群中出现了免疫的现象。

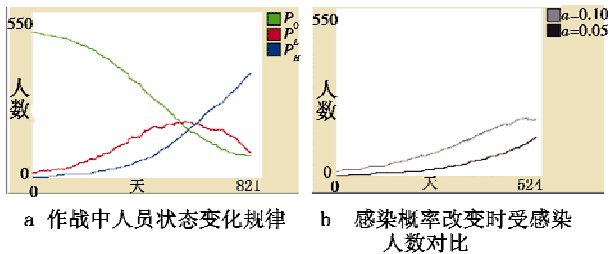


图 6 士气传播过程实验

Fig. 6 The experiment of morale propagation process

2) 红蓝双方进行对抗过程中的心理战效能实验。

实验设置为:红蓝双方进行对抗场景,蓝方采取心理攻击,红方采取心理防护。红方心理辅导设置 3 种样式:样式 1 是针对敌方行动型心理辅导;样式 2 是针对己方自检型心理辅导;样式 3 是阶段型心理辅导。

图 7 分别反映对抗过程中,不同心理辅导方法对士气的影响趋势图。

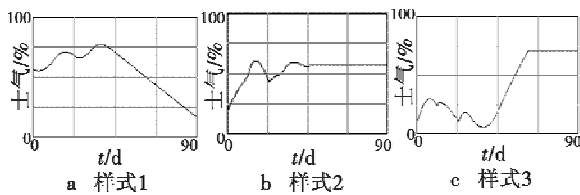


图 7 3 种样式下心理辅导对士气的影响趋势图

Fig. 7 Morale tendency under three psychological counseling style

横轴表示时间轴,纵轴表示士气值,图 7 表明,采取样式 1(如图 7a),当敌方发动心理攻击后一定时间内进行一次心理辅导,由于心理辅导的针对性强,出现士气波动上升状,但离开辅导,随着作战中士兵的伤亡,呈线性衰落;样式 2(如图 7b),采取针对士气衰落一定程度(门限值时)进行心理辅导,反映组织平均士气维持在一定水平,成阻尼震荡状态;样式 3(如图 7c)采取阶段型的心理辅导法,即区分阶段定期进行常态化的心理辅导,在遭受攻击后,士气呈下降波状衰

落,在某阶段辅导后,会恢复到较高水平。

6 结束语

士气建模一直是个研究难点,使用混合仿真的方法能够把宏观和微观相结合。使用多 Agent 建模方法研究个体的微观机制,使用系统动力学研究整体的宏观表现,不仅可以研究当前条件下传播趋势,还可用来研究各种假想的作战样式下心理战策略的效果,对心理战效能和评估研究有一定的借鉴意义,目前实验的模型还比较粗糙,离实用还有较大差距,但通过进一步细化,可以达到效能评估所需较高分辨率的模型要求。

参考文献

- [1] 唐孝威. 情绪的数学公式[J]. 应用心理学, 2004, 10(7):73-75.
- [2] 贺筱媛. 基于 Agent 的 Web 网信息传播仿真模型[J]. 系统仿真学报, 2010, 22(10):2427-2431.
- [3] 廖东升, 沈永平, 陈英武. 基于多 Agent 的心理战效果评估方法研究[J]. 运筹与管理, 2007, 16(6):102-105.
- [4] 谭芸. 群体心理行为模拟的探讨[J]. 安全与环境工程, 2006(3):52-57.
- [5] 唐孝威. 人类行为的刺激—心理活动—反应的数学公式[J]. 应用心理学, 2002, 8(2):51-52.
- [6] 王洋, 邱建国, 于君, 等. 信息心理战理论模型以及量化模型探讨[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(8):2-7.
- [7] 陈荣虎. 基于系统动力学的混合仿真模型构建[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(4):932-935.
- [8] PASTRANA J, MARIN M, HELAL M, et al. Enterprise scheduling: Hybrid and hierarchical issues [C]//Winter Simulation Conference, USA, 2010:3350-3362.
- [9] JAIN S, KIBIRA D. A framework for multi-resolution modeling of sustainable manufacturing [C]//Winter Simulation Conference, USA, 2010:3423-3434.
- [10] MORGAN J, HOWIK S, BELTON V. Designs for the complementary use of system dynamics and discrete-event Simulation [C]//Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2011:2715-2727.
- [11] 朱江, 刘大伟, 李翼鹏. 作战超网络多 Agent 模型[J]. 计算机科学, 2012, 39(7):44-48.
- [12] For HubNet, cite: Wilensky, U. & Stroup, W., 1999. HubNet [EB/OL]. <http://cel.northwestern.edu/netlogo/hubnet.html>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.