

# 基于信息系统的体系作战能力模型分析

袁宏伟

(陆军军官学院,合肥 230031)

**摘要:**从复杂性系统的涌现现象出发,描述作战体系的涌现性与体系作战能力之间的量质关系,探讨了基于信息系统的作战体系涌现的本质,研究体系作战能力涌现的 Agent 实体描述方法,建立了作战能力涌现性数学评估模型,为基于信息系统的作战能力定量描述提供了研究思路。

**关键词:**作战能力;涌现;模型

**本文引用格式:**袁宏伟. 基于信息系统的体系作战能力模型分析[J]. 四川兵工学报,2014(9):130-133.

**中图分类号:**E91

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2014)09-0130-04

## Emergence Characteristic Model of Operational Capability Based on Information System

YUAN Hong-wei

(Army Officer Academy of PLA, Hefei 230031, China)

**Abstract:** Starting from the emergent properties of complexity system, the paper described the relationship of quantity - quality between the system emergence and the system capability, discussed the essence of emergence from the operational system based on information-system. And it studied the describe means to the operational capability of system base on Agent entity, and established the mathematical models, which can provide a quantitative method of evaluating the emergence character of operational capability base on information system.

**Key words:** operational capability; emergence characteristic; model

**Citation format:** YUAN Hong-wei. Emergence Characteristic Model of Operational Capability Based on Information System[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(9):130-133.

涌现性是体系的组成部分在特定条件下所表现出的子系统所没有的特征或功能。作战体系,是由相互依存和相互作用的若干力量要素及其衍生子系统或作战单元在一定环境中结合而成的,用以实现特定作战功能的有机整体。基于信息系统的作战体系由侦察感知、指挥控制、多维打击、立体防护、综合保障等单元依托信息网络结构耦合成开放复杂巨系统。在信息技术的黏合和网络结构的支撑下,构成作战体系的诸要素之间联系紧密,整体涌现性表现极为典型。

### 1 体系作战的涌现性特征

体系工程技术中,涌现通常用来描述“因组成系统之间

的交互作用影响而产生体系全局行为”或“缘起于微观的宏观效应”,而这些体系整体行为或功能是微观组分所不具有的,只能通过整体体现出来。涌现是表征系统微观和宏观之间的关系的范畴<sup>[2]</sup>。从体系能力涌现的角度看,基于信息系统的作战体系在微观层面上由各个功能系统的状态和行为描述;宏观层面上由体系的运行特征来表达;而在微观和宏观的联系上,体系的属性和行为根源于各功能系统的状态和行为在基于信息系统上的交互影响。

基于信息系统的作战体系的形成可以抽象为由相互自主的计算实体(Agent)互相影响交互作用构成的力量结构,即是个多 Agent 系统。选取微变量时,必须是选择能够表征战场环境的微观态或单个武器装备性能的变量作为微变量;

根据多 Agent 的微观活动规则,描述出武器装备的微观行为;同时,选取能够表征体系作战能力的变量作为宏观变量;依据微观变量与宏观变量的关系,建立体系能力涌现的微观宏观演化模型,以便分析描述体系作战能力的宏观涌现特性,如图 1 所示。

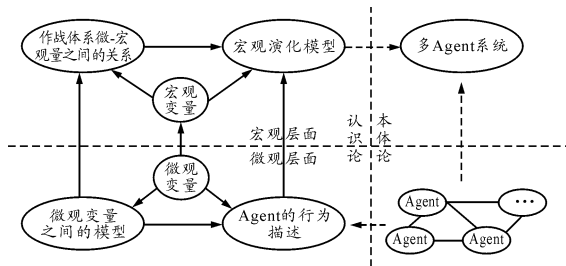


图 1 体系作战能力涌现的微-宏观分析基本过程

## 2 作战能力涌现的 Agent 行为描述

### 2.1 基于 OODA 的行为结构

在基于信息系统的体系作战仿真中,为了表征能力的特征,可以将作战体系的行为过程简化为 OODA 回路(探测-判断-决策-行动)。根据体系作战以实时或近实时的速度进行 OODA 回路运转,将侦察感知、指挥控制、多维打击、立体防护、综合保障等多个作战要素融合为一体,依据网络中心战对物理域、信息域和认知域的划分,可以将体系作战实体的 Agent 的内部结构描述为如图 2 所示。

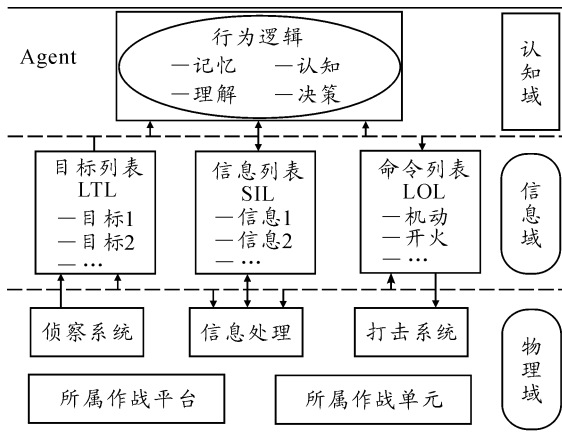


图 2 基于信息系统体系作战的 Agent 实体内部结构

### 2.2 Agent 行为的多进程描述方法

采用 Agent 行为方法描述作战过程时,可以看出信息域和物理域中的 Agent 行为针对不同类型的 Agent 具有较强的一致性,建立了与具体 Agent 无关的情报侦察、指挥控制、立体机动、作战打击、毁伤评估等模型。在认知域中,但使用 Agent 建模时,其逻辑行为则随作战实体属性和作战任务的不同而不同。为了降低利用多 Agent 行为建模的复杂性程度,使作战实体作战过程描述更加明晰和便于理解,可将信

息域和物理域作战行动分别进行描述,封装在如图 3 所示的进程中。

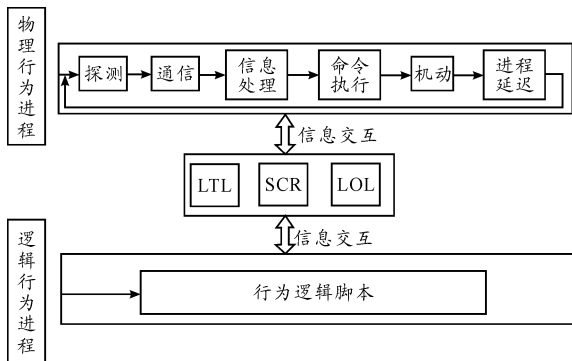


图 3 面向进程的体系作战 Agent 行为描述框架

LTL、SIL 和 LOL 是逻辑行为进程和物理行为进程进行信息能力交互的介质,存储了行为描述所需的各类信息。

通过采用上述的多实体行为描述方法,将 Agent 在信息域、认知域和物理域内的各系统行为描述解耦合,一旦需要调用 Agent 的决策逻辑和遂行的作战任务逻辑,只需要通过少量的脚本语言进行重新描述即可,而不必重新建立或修改模型,提高了实体行为模型的可重用性及扩展性。

## 3 作战能力涌现性模型

基于信息系统的体系作战能力的释放,绝不是各个组成子系统之间的简单线性相加,首先是相关系统的结构功能耦合,同时又要必须受到作战过程相关条令的制约,所以又必须体现指挥控制组织结构的层次化特征,确保体系能力表现的有序性要求。基于以上分析,对体系作战能力模型的建立,需要采用自底向上的层次化 OODA 网络模型与自顶向下相结合的方式方法,来描述表达具有演化属性的基于信息系统的作战体系。

### 3.1 作战控制层次化 OODA 网络模型

体系作战的 OODA 过程模型把系统行为划分为“探测-判断-决策-行动”等 4 个过程,实现了一个闭合的作战回路,构建了一个新的动态系统,对作战过程的决策和控制回路各个环节及其之间的相互影响,体现了体系作战能力演化的基本结构特点,具有 OODA 回路的作战单元能够针对具体的作战打击目标,通过执行回路实现完成作战任务。

通过把基于信息系统的作战体系中的作战实体建模为多属性 Agent,可以分解为认知器、效应器和传感器。认知器能够实现判断、决策功能,效应器体现行动功能,传感器具备了探测功能。以信息网络系统为基础,连接战场上的各种属性 Agent,构成了认知决策网络、效应网络和传感网络,共同构成了体系作战网络,按照体系指挥控制的权限层次,完成层次化嵌套的 OODA 回路,如图 4 所示。

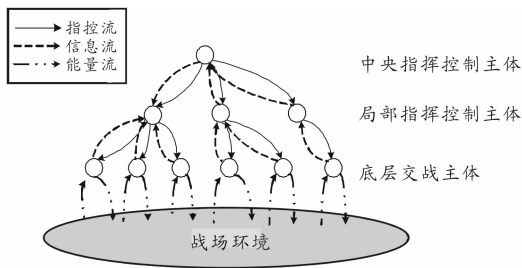


图4 层次化OODA网络模型

基于信息系统的作战体系中的实体可分为体系中心指挥控制实体、系统属级局部指挥控制实体和作战打击实体三类。体系级指挥控制实体的情报认知和作战决策能力较强,运行过程相对较为复杂,而低层实体多表现为快速反应式的线性简单过程,但二者都是围绕“探测-判断-决策-行动”作战回路进行运转。两者不同的是处于交战地位的Agent实体要把侦察感知到的情报信息经过综合分析判断以后把具有较高价值的信息转送到上一级的Agent实体,作为上一级Agent实体的情报信息来源,同时有负责接收更高级的“作战打击行动”指令信息。通过图5所描述的信息流、能量流、指控流,把指挥控制网络中的各级Agent实体OODA作战回路连成有机整体,构成了具有交互影响的基于信息系统的作战体系基本结构。作为作战体系神经“中枢”的信息系统,为各个作战Agent实体之间的信息能量交互提供了便利的连接,这些连接是具有动态演化特征的,这也是体系作战模型要解决的涌现问题。

### 3.2 体系涌现模型

基于信息系统的体系作战环境所具有的不确定性,对作战体系提出了较高要求,必须具有动态的演化能力,对复杂战场环境作战态势具有较强的自适应能力,需要各级Agent实体能够在具体情况下能够自治,充分发挥作战体系低层实体的涌现作用,控制和引导低层Agent实体的作战行为通过涌现满足高层实体的能力目标。

多Agent群体能力的涌现是基于Agent个体能力。以信息网络系统为基础,系统的Agent具有局部感知和通信能力,从而具备了体系能力涌现产生的属性基础。在体系作战OODA回路过程中,通过在特定条件下给予Agent实体一定的自治性,允许在条令范围内可以不完全遵从上级指示的基础上,根据自身局部环境及情报信息来进行决策,并通过信息网络系统与相关Agent实体协同,自组织形成基于实现自身目标的作战力量结构,协同情报、行动达成局部或整体作战目标。图5为基于体系作战OODA回路框架的Agent实体自组织模型。由于不同作战层次的Agent实体行为和自组织的能力要求不尽相同,建立的模型也各不相同。

由于体系作战的顶层多Agent实体的决策和控制过程相对来说比较复杂,必须具有较高的基于规则和认知的态势推理等能力,具备进行融合复杂目标的能力。因此,模型需要较高认知粒度。交战层面的Agent实体,由于只需要满足一触即发式的行为反应,决策与控制过程就不再那么复杂,

也许只是简单的目标权重比较或相关选择过程。但特定情况下同一个Agent也许要同时满足本层次中最终要形成的相关多个目标的约束,即需要同时加入多个功能分组子网,在这种条件约束下,自组织就会形成具有不可预测的复杂网络结构,需要在信息能力负反馈的控制下,实现作战体系的能力涌现结果与全局目标保持一致。采用图6所示的自适应结构优化过程,有高层Agent来控制其下级Agent自治性的度,从而确保作战体系能力涌现结果不背离体系作战目标。

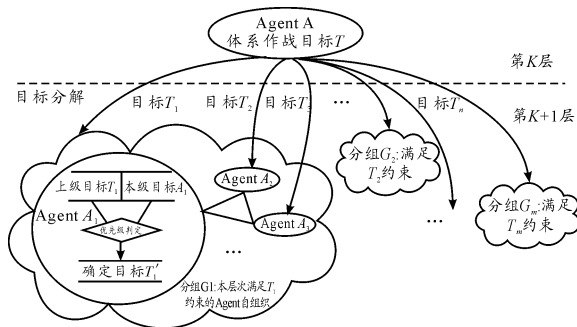


图5 基于信息系统的体系作战Agent自组织模型

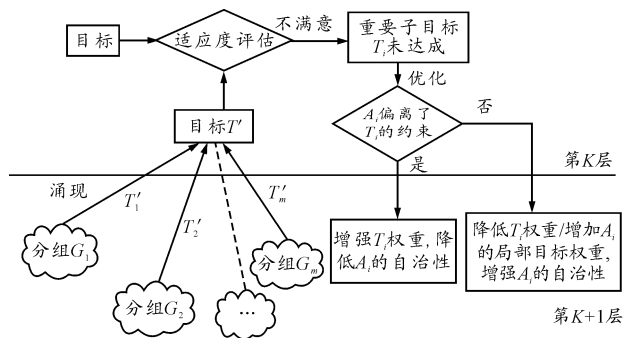


图6 基于涌现的作战体系自适应优化

### 3.3 层次控制与体系涌现的融合

图4、图5、图6描述了基于信息的体系作战的层次化能力涌现现象的复杂开放系统,并且同时满足了系统有序性与涌现性的统一,形成了一个完整的基于信息系统的作战体系可扩展性模型。通过调整多Agent实体对于作战任务优先级的判断原则以实现控制自治性的要求,以达到掌控涌现度的目的。体系指挥控制机构也可以通过在作战命令中提高打击任务优先级来降低下级作战实体的自治性,或降低作战打击的任务优先级提升下级实体的体系自治性,从而增强涌现概率。

通过给所有作战实体打击目标定义一套统一的权值标准,这种情况下权值的设置将决定了作战体系涌现的度。对于下级一个Agent实体来说,增大局部的目标权值,则自治性增强,相应地适应作战目标局部环境的能力就增强,但由此发生的涌现会增大偏离上级指控中心的作战企图的可能性。但当下级Agent实体的自身作战任务的权重变大时,则对上级对下级Agent实体的控制力加强,则体系的自治性就

会减弱,体系产生的涌现结果会与作战企图保持一致,但相应地下级作战实体对打击目标相关的战场环境的适应能力就会减弱。

## 4 结束语

基于信息系统的作战体系,受作战任务的影响,力量结构将会处于不断的复杂动态演化之中,随着作战进程的发展变化所产生的涌现行为使得能力的形成过程更加模糊不定。因此,科学理性评价并定量描述作战体系在作战过程中的涌现性对于正确使用力量更为重要。论文重点从作战体系的宏观研究了涌现功能的本质,从多 Agent 视角研究了体系作战能力涌现的描述方法,在多方面满足作战体系个体之间交互作用与自治的二元性要求的前提下,建立了能力涌现性模型。

## 参考文献:

[1] 苗东升. 系统科学精要[M]. 北京:中国人民大学出版

社,2006.

- [2] 金士尧,黄红兵,范高俊. 面向涌现的多 Agent 系统研究及其进展[J]. 计算机学报,2008,31(6):881-895.
- [3] Dere K Hitechins. System Engineering: A 21st Century Systems Methodology[M], USA: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [4] Ulieru M, Doursat R. Emergent Engineering A Radical Paradigm shift[J]. Int. J. Autonomous and Adaptive Communications Systems (S1754-8632), 2011, 4(1):39-60.
- [5] 朱敏洁,王精业. 作战指挥机构的建模与仿真研究[J]. 系统仿真学报,2007,19(21):5008-5014.
- [6] Stefan Grobbelaar, Mihaela Ulieru. Holonic Stigmergy as a Mechanism for Engineering Self-Organizing Applications [R]//3rd International conference of Informatics in control, Automation and Robotics, Setubal, Portugal, 2006.
- [7] 曹鹏,候博,谭健. 海军合成编队反舰体系作战能力涌现性分析[J]. 兵工自动化,2013(7):67-70.

(责任编辑 周江川)

(上接第 87 页)

## 4 结束语

本文利用可拓学的方法对影响电子战的作战效能的因素进行发散分析,并对系统整体的作战效能进行了评价。为评价方法扩展了新的方向,丰富并发展了作战效能的评价方法体系。可拓评价方法在指标选择以及最终评价结果确定阶段都能综合考虑各种因素,做到全面客观。同时模型借鉴了层次分析法的思想,将评价指标分 2 层,使得模型更贴近实际。

## 参考文献:

[1] 沈永伟,蒋关银,张君莉. 电子战系统效能评估层次分析[J]. 四川兵工学报,2011,32(3):147-153.

- [2] 付方,方程,王震雷. 作战能力与作战效能评估方法研究[J]. 军事运筹与系统工程,2012,12(6):67-74.
- [3] 陈文伟,杨春燕,黄金才. 可拓知识与可拓知识推理[J]. 哈尔滨工业大学学报,2006,38(7):1094-1096.
- [4] 丁峰,黄建冲. 新时期综合电子战系统概述[J]. 飞航导弹,2012,25(7):3-4.
- [5] 孙成松. 电子对抗指挥决策效能评估问题[J]. 火力指挥与控制,2012,27(6):58-63.
- [6] 付昭旺,于雷. 混合编队协同空战电子支援干扰功率分配方法[J]. 系统工程与电子技术,2012,12(7):167-173.
- [7] 王伟锋,赵五洲. 基于扩展 AHP 的电子战仿真效能评估[J]. 通信技术,2010,14(6):134-139.
- [8] 唐志航. 可拓数据挖掘方法及其应用研究[D]. 上海:东华大学,2009.

(责任编辑 杨继森)