

7-31-2020

Perception Factors Analysis of Command Information Process Based on System Dynamics

Pubing Shen

Xi'an communications Institute, Xi'an 710106, China;

Gao Kai

Xi'an communications Institute, Xi'an 710106, China;

Weiwei Zhao

Xi'an communications Institute, Xi'an 710106, 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.

Perception Factors Analysis of Command Information Process Based on System Dynamics

Abstract

Abstract: The major aspects of operational command processes were investigated and the key factors that influenced the operation process were analyzed. The confront model of command information process was constructed based on Information Age Combat Model (IACM) by the system dynamics theory and modeling methods. Through the experiment, major factors of perceptual element in the model were simulated and statistically analyzed. An inverse linear relationship of attack forces in both sides was found to be existed. These were verified by the experiment and combat capacity could be improved by increasing the number of perception nodes and rate of information collection and processing. The model provided a basis for optimizing command information process. The model put forward an improvement about information age combat model by taking advantage of system dynamics, which brings the model much closer to the requirements of actual combat modeling and provides new ideas and reference for command information process modeling.

Keywords

information age combat model (IACM), command information process, system dynamics (SD), linear inverse

Recommended Citation

Shen Pubing, Gao Kai, Zhao Weiwei. Perception Factors Analysis of Command Information Process Based on System Dynamics[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(7): 1591-1600.

基于SD的指挥信息流程感知因素分析

申普兵, 高凯, 赵卫伟

(西安通信学院, 西安 710106)

摘要: 从信息流转的角度出发, 研究了作战指挥流程的主要环节, 分析出影响信息流程运行的关键因素; 运用系统动力学理论与建模方法, 基于信息时代战斗模型(IACM)构建出体系对抗下的指挥信息流程SD模型; 通过实验, 对模型的感知环节主要因素进行仿真和统计分析, 发现了双方作战力量之间存在一定的线性反比关系, 并验证了利用增加感知节点数量与信息速率来提升作战能力是切实有效的途径, 其结论可以为指挥信息流程优化提供一定的依据。该模型贴近实际作战动态建模的要求, 能够为作战指挥信息流程建模提供有益借鉴。

关键词: 信息时代战斗模型(IACM); 指挥信息流程; 系统动力学(SD); 线性反比

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X(2015)07-1591-10

Perception Factors Analysis of Command Information Process Based on System Dynamics

Shen Pubing, Gao Kai, Zhao Weiwei

(Xi'an communications Institute, Xi'an 710106, China)

Abstract: The major aspects of operational command processes were investigated and the key factors that influenced the operation process were analyzed. The confront model of command information process was constructed based on Information Age Combat Model (IACM) by the system dynamics theory and modeling methods. Through the experiment, major factors of perceptual element in the model were simulated and statistically analyzed. An inverse linear relationship of attack forces in both sides was found to be existed. These were verified by the experiment and combat capacity could be improved by increasing the number of perception nodes and rate of information collection and processing. The model provided a basis for optimizing command information process. The model put forward an improvement about information age combat model by taking advantage of system dynamics, which brings the model much closer to the requirements of actual combat modeling and provides new ideas and reference for command information process modeling.

Keywords: information age combat model (IACM); command information process; system dynamics (SD); linear inverse

引言

随着科学技术与武器装备的不断发展革新,

信息时代作战指挥与传统模式相比发生了较大变化, 如何客观合理地建立作战指挥模型, 并将其应用在作战模拟中, 以便真实地反映军事活动的规律, 已成为现代作战模拟研究亟待解决的问题之一。

2005年美国学者 Jeffery R. Cares^[1]从网络角度出发, 根据作战单元在战场中的不同角色和任务, 将其区分为决策者(D)、传感器(S)、响应者(I)及目



收稿日期: 2014-07-08 修回日期: 2014-09-17;
基金项目: 全军军事类研究生课题(2012JY002-256);
作者简介: 申普兵(1964-), 男, 山西汾阳, 教授, 硕士, 研究方向为军事通信网; 高凯(1982-), 男, 陕西西安, 硕士生, 研究方向为军事通信网; 赵卫伟(1978-), 男, 山东陵县, 副教授, 研究方向为作战仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 1591 •

标(T)等 4 类节点,依据各类节点间可能发生的作用关系,建立了信息时代战斗模型(IACM),从此将作战建模带入了网络化时代。此后, Dellar^[2]等学者对 IACM 模型进行作战模拟仿真,运用网络动力学理论,深入分析网络作战力量组织的有效性,其研究结论与思路对指挥信息流程建模研究具有很好的借鉴和参考价值。

系统动力学(System Dynamics, SD)作为一门分析研究信息反馈系统的学科,在对复杂问题仿真时,SD 用回路描述系统结构框架,用因果关系描述系统要素之间的联系,用流图描述系统要素的性质及本质规律,用差分方程对系统进行数学描述,整个分析过程从定性、半定量、定量,最后又把定量的数学模型利用计算机进行仿真分析。系统动力学强调系统的行为模式主要取决于其内部的动态结构和反馈机制,对大多数参数则表现出不敏感性,因此在数据缺乏的条件下仍然可以进行研究。国内许多学者^[3-6]运用系统动力学方法对信息条件下作战对抗、网络中心作战炮兵营对抗、空防对抗及网电对抗等军事领域进行建模仿真,所得结论具有较好地真实性与可靠性,为进一步研究作战评估与优化提供了依据。

指挥信息流程是从“目标感知”到“目标摧毁”的一个复杂有序的过程,其中涉及到复杂的信息采集、处理、分发共享、决策与火力打击的一体化流程。本文在信息时代战斗模型(IACM)的基础上,针对感知、决策、攻击 3 个环节,构建出一种基于系统动力学的指挥信息流程模型。通过分析作战指挥各环节基本流程,研究了优化指挥信息流程的重点和关键,运用系统动力学理论与建模方法,对感知环节进行实验分析,验证出增加感知节点数量、提高感知环节各类速率都是增强作战能力的有效途径;红(蓝)方感知节点数量与蓝(红)方攻击节点数量存在一定线性关系;当蓝(红)方作战力量恒定时,红(蓝)方的感知节点数量与攻击节点数量存在反比关系等结论,为指挥信息流程优化提供一定的帮助。

1 指挥信息流程环节分析

在实际的信息化战场上,指挥信息流程是一个从战场态势感知、决策指挥下达和目标实施打击的反复循环过程。在信息时代战斗模型中,作战指挥流程被抽象为“感知→决策→攻击→目标”4 个节点构成的一个闭合回路,信息流程则依托于该闭合回路形成“数据采集→信息处理→信息分发共享→情报信息→决策控制→指令信息→打击行动”的信息链。那么,对指挥信息流程分析可以从态势感知、决策控制、目标打击等环节进行详细地研究。

1.1 感知过程

作战过程中的感知,主要是依靠作战体系中的各类感知实体,采用多种感知手段对敌我目标进行全面、准确、实时的侦测与态势监控,掌握战场态势和所需数据,最终形成共享态势的一系列活动和紧密联系的过程。其具体过程包括信息采集、信息处理、信息分发与共享等环节(如图 1 所示)^[7]。

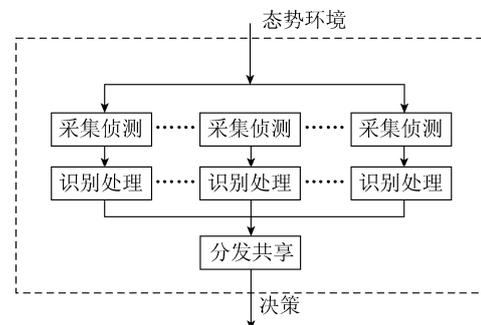


图 1 感知的基本流程

在感知环节中,首先,各感知节点围绕作战任务,对情报数据进行分布式采集。其次,将采集的情报数据进行适当的处理(将错误的、无关的或冗余的信息剔除),对所剩的有用信息进行多方位综合分析处理,形成最终情报信息。最后,将情报信息及时分发给各相关指挥机构和作战单元,实现信息的共享。

1.2 决策过程

决策过程是整个作战指挥的核心环节,主要包

括作战方案拟定、任务下达、决策指挥等活动。在决策控制过程中, 决策节点接收感知节点传来的情报信息, 依据情报信息与作战目的制定最优行动方案, 对感知实体和攻击实体下达作战任务, 并对作战活动进行协同控制。其基本流程主要包括确定决策目标、明确决策条件、拟制决策方案、评估决策方案和做出决策选择等 5 个环节(如图 2 所示)^[7]。

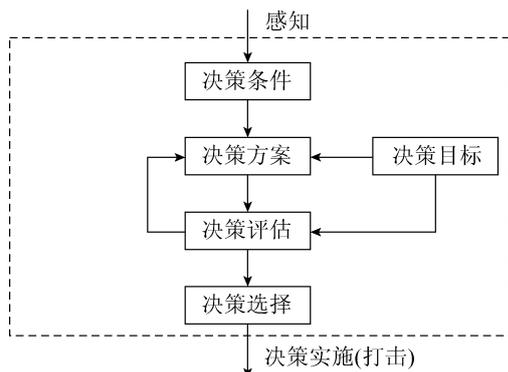


图 2 决策的基本流程

在决策环节中, 首先确定决策目标, 了解任务并确定作战目的, 并根据上级意图, 确定作战所要达到的预期结果。其次, 通过对情报信息进行去伪存真、由表及里的处理, 获得作战决策的基本条件, 并依据目的与条件, 拟制多种合理的作战方案。在拟定好各种方案后, 还需要对各方案的优劣进行反复评估, 直到确定最优方案, 即符合作战目标要求程度高、作战效益大、适应战场情况变化程度高的方案。

1.3 攻击过程

在作战攻击环节中, 攻击节点接收作战指令信息, 并对目标实体进行打击或干扰, 其攻击形式可以是软杀伤或硬摧毁, 攻击手段具有多样化、多元化的特性。与传统打击相比, 信息条件下的作战攻击呈现出以分布式、多维化和高精度为核心的攻防一体化特点。其基本流程主要包括量化打击意图、选定打击目标、信息火力分配、判定打击效果、信息火力调整等环节(如图 3 所示)^[7]。

在攻击环节中(1)根据作战意图, 对作战目标、作战效果进行明确和量化。(2)对整个作战体系进行全面分析, 选择可能或确定的攻击目标, 可适当

对多目标排序。(3)根据打击目标的情况, 将各类攻击力量科学合理地规划, 强调互补性和协调性。(4)对打击实施效果进行评估, 判断是否达到预期攻击效果。最后, 根据打击的实际效果, 及时且恰当地调整火力和信息力量, 提高攻击效能。

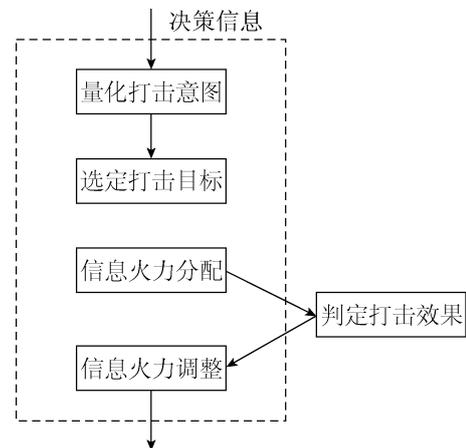


图 3 攻击的基本流程

通过对指挥信息流程分析, 可以看出整个信息流程具有 3 个较为关键的环节, 即战场态势感知、作战决策控制、目标精确打击; 信息时代战斗模型(IACM)同样是将信息作战过程中的关键环节和重要因素高度抽象为感知、决策、攻击及目标等四类节点, 因此, 指挥信息流程研究考虑在信息时代战斗模型(IACM)基础上对感知、决策及打击等环节进行系统动力学建模, 分析各环节内要素相互联系, 为优化信息流程、增强作战能力提供合理依据。

2 构建指挥信息流程 SD 模型

一般情况下, 指挥信息流程研究都是从流程本身出发进行指挥程序的建模与分析, 从而达到流程优化的目的。但是, 对于信息作战下的指挥流程研究, 需要从信息流转角度出发, 分析流程的主要环节中各因素对信息的作用与影响, 以此找出对指挥信息流程优化的策略, 通过改善流程中的关键因素, 达到优化指挥信息流程的目的。该模型主要包括感知、决策、攻击 3 个主要环节, 各环节分别由多种因素相互联系构成。

2.1 因果关系图

在指挥信息流程的 3 个环节中,信息流经过数据采集到数据处理,处理后的数据汇聚成为情报信息,通过信息分发与共享将情报信息发送给各级指挥机构,为指挥决策提供依据。各级指挥机构依据情报信息进行决策分析,达成决策共识,最终形成

行动方案,输出指令信息。各攻击单元依照指令信息进行目标攻击,打击行动可以针对性的分为感知、决策或攻击 3 个方面。因此,根据指挥信息流转过程及主要影响要素之间的相互关系,构建因果关系图(如图 4 所示)。

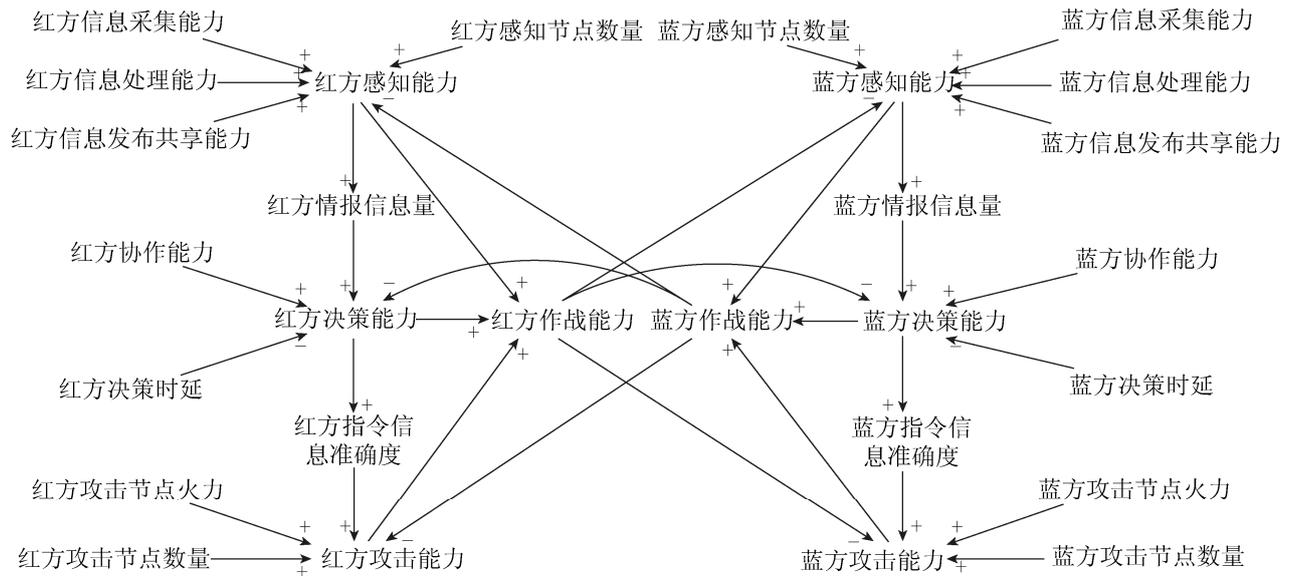


图 4 指挥信息流程因果关系图

因果关系图中包括若干个反馈回路,其中主要回路为:

红方作战能力→蓝方感知能力→蓝方情报信息量→蓝方决策能力→蓝方指令信息准确度→蓝方攻击能力→蓝方作战能力→红方感知能力→红方情报信息量→红方决策能力→红方指令信息准确度→红方攻击能力→红方作战能力;

蓝方作战能力→红方感知能力→红方情报信息量→红方决策能力→红方指令信息准确度→红方攻击能力→红方作战能力→蓝方感知能力→蓝方情报信息量→蓝方决策能力→蓝方指令信息准确度→蓝方攻击能力→蓝方作战能力。

在反馈回路中,双方作战能力由各自的感知能力、决策能力及攻击能力决定;信息采集能力、信息处理能力、信息分发共享能力及感知节点数量决定感知能力大小,感知环节具有一定损耗,除系统

自身损耗外,还存在攻击损耗,损耗会对感知能力起到反作用。情报信息量、指挥机构之间的协作能力、决策时间长短是影响决策能力的主要因素。感知能力决定情报信息量,各级指挥机构之间的协作能力则取决于指挥机构间的指挥结构,指挥结构优劣取决于结构损伤及自身修复能力。在形成最终共识的行动方案过程中,需要经历一段时间过程,决策时延会对决策能力产生一定影响。指令信息准确性是打击目标成功与否的前提,其中,指令信息准确度、攻击力量强弱均能对打击效果起到影响作用。决策能力越强,指令信息准确度越高,将对攻击行动起到积极作用。攻击节点火力与数量,是攻击能力组成的主要因素。在战斗过程中,双方的攻击节点面临直接的对抗,攻击节点损耗会对攻击能力产生直接影响。

2.2 系统流图

在系统动力学建模时, 流位变量是随时间变化的积累量, 而流率变量是对应流位变量单位时间内的变化量。在体系对抗下的指挥信息流程 SD 模型中, 作战双方的感知节点数量、攻击节点数量、指挥网络性能均为流位变量, 是对方打击的重点目标, 节点损耗为流率变量, 其值取决于对方火力分布情况, 火力打击力度越大其损耗将会越大; 感知

环节的采集速率、处理速率、分发共享速率作为常量设定, 其相应损耗考虑为自身损耗的影响; 指挥网络性能表示各级指挥机构之间进行协作决策的能力, 其损耗既可能是自身网络损伤造成的, 也可能是对方打击产生的; 这里假设只有感知节点与攻击节点会受到对方打击产生攻击损耗, 其余损耗均为自身系统产生, 攻击损耗率采用表函数形式。基于 SD 的指挥信息流程模型如图 5 所示。

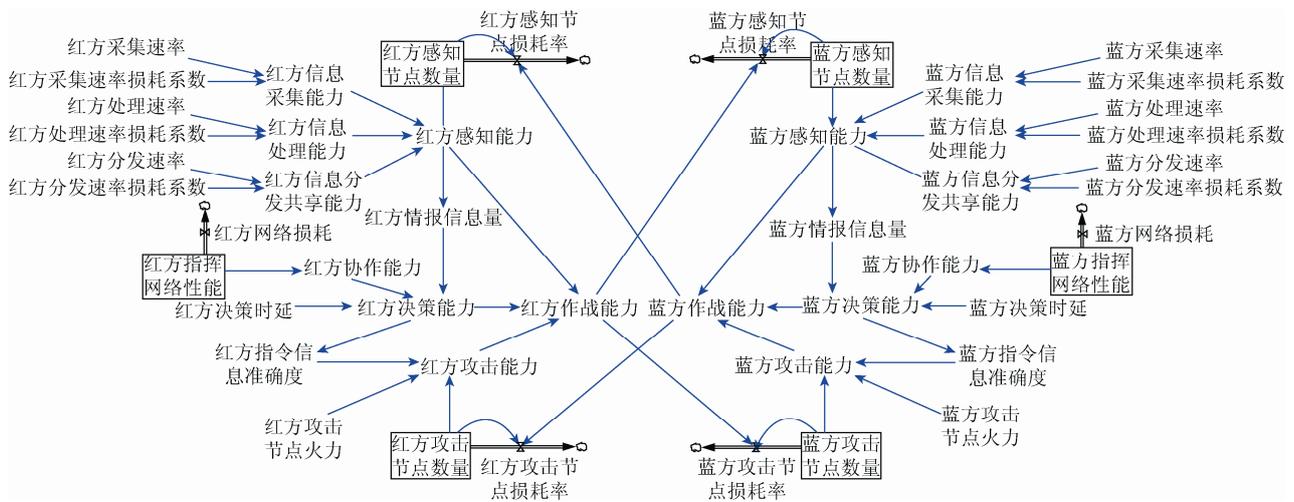


图 5 指挥信息流程流图

主要参数公式如下:

红方作战能力=红方感知能力+红方决策能力+红方攻击能力;

红方感知能力=IF THEN ELSE(红方感知节点数量>=1, (红方信息采集能力+红方信息处理能力+红方信息分发共享能力)×红方感知节点数量, 0);

红方信息采集能力=INTEGER(红方采集速率×(1-红方采集速率损耗系数));

红方信息处理能力=INTEGER(红方处理速率×(1-红方处理速率损耗系数));

红方信息分发共享能力= INTEGER(红方分发速率×(1-红方分发速率损耗系数));

红方感知节点数量=INTEG(-红方感知节点损耗率, 红方感知节点数量初始值);

红方感知节点损耗率=WITHLOOKUP(IF THEN ELSE(红方感知节点数量>=1, 蓝方作战能力×0.4,

0), [(0, 0)-(15 000, 1)], (0, 0), (1 500, 0.1), (3 000, 0.2), (4 500, 0.3), (6 000, 0.4), (7 500, 0.5), (9000, 0.6), (10 500, 0.7), (12 000, 0.8), (13 500, 0.9), (15 000, 1));

红方决策能力=IF THEN ELSE(红方情报信息量>0, 红方协作能力×红方情报信息量/EXP(红方决策时延), 0);

红方情报信息量=0.8×红方感知能力;

红方协作能力=红方指挥网络性能×0.01;

红方指挥网络性能=INTEG(-红方网络损耗, 红方指挥网络性能初始值);

红方攻击能力=IF THEN ELSE(红方攻击节点数量>=1, 红方攻击节点火力×红方攻击节点数量×红方指令信息准确度, 0);

红方指令信息准确度=红方决策能力×0.01;

红方攻击节点数量=INTEG(-红方攻击节点损耗, 红方攻击节点数量初始值);

红方攻击节点损耗率=WITHLOOKUP(IF THEN ELSE(红方攻击节点数量>=1, 蓝方作战能力×0.6, 0), [(0, 0)-(15 000,1)], (0,0), (1 500, 0.1), (3 000, 0.2), (4 500, 0.3), (6 000, 0.4), (7 500, 0.5), (9 000, 0.6), (10 500, 0.7), (12 000, 0.8), (13 500, 0.9), (15 000, 1)));

蓝方主要参数公式与红方相同。

3 感知环节仿真与分析

3.1 实验 1: 节点数量对作战能力影响分析

3.1.1 实验假设

假设双方初始情况: 红方与蓝方在攻击节点数量上存在一定差距, 即作战力量呈现不对称: 红蓝双方感知节点数量均为 50, 红方攻击节点数量为 50, 蓝方攻击节点数量为 100; 保持红蓝双方在感知环节中各类速率与损耗分别相等, 采集速率均为 10, 采集速率损耗系数为 0.04, 处理速率均为 9, 处理速率损耗系数为 0.04, 分发共享速率均为 8, 分发共享速率损耗系数为 0.04。

红蓝双方各类数据初始情况仿真对比: 图 6 为双方作战力量对比, 图 7 为双方感知环节各能力对比, 图 8 为双方感知、决策能力对比, 图 9 为双方攻击、作战能力对比。

3.1.2 仿真与分析

以作战能力大小为衡量标准, 在其它因素均保持不变情况下, 对红方感知节点数量进行调整。

仿真 1: 红方感知节点增加到 60, 可得红方调整后的作战力量、感知能力、决策能力、攻击能力、作战能力变化情况及蓝方对比仿真结果: 如图 10~14 所示。

仿真分析: 红方感知节点数量从 50 提高到 60 后, 红方感知、决策、攻击及作战能力等各能力初始值均得到明显增强, 下降速率变得更加缓慢; 红方各类能力的变化并没有对蓝方各类能力初始值产生影响, 仍然保持最初数值, 但是, 在作战过程中蓝方各类能力的下降速率却变得更快。这一系列

结果不但表明了红方通过增加感知节点数量使其各类能力增强的方法是可行的, 而且, 可以使自身的抗打击能力也得到提升。

对红方感知节点数量的首次调整, 使其作战能力得到提升, 但是, 显然没有达到与蓝方作战能力初始值相等的目的。通过多次反复实验, 在红方感知节点数量增加到 76 时, 双方作战能力初始值相同, 仿真结果如图 15 所示。

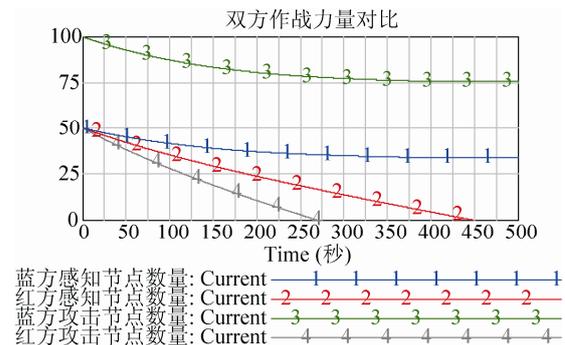


图 6 初始状态

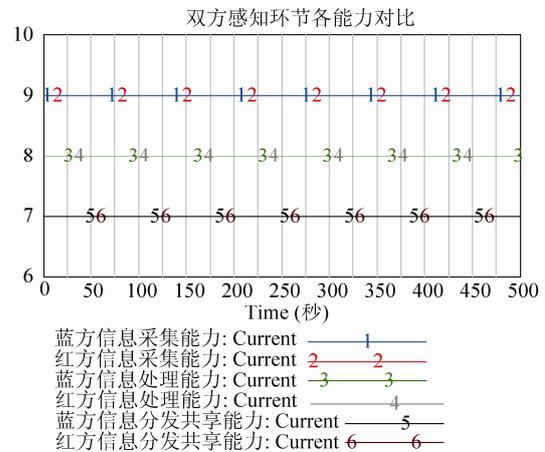


图 7 初始状态

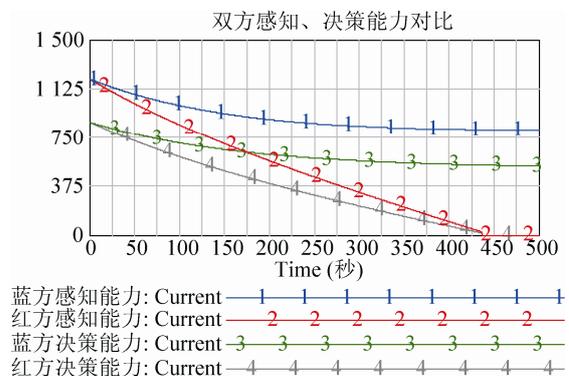
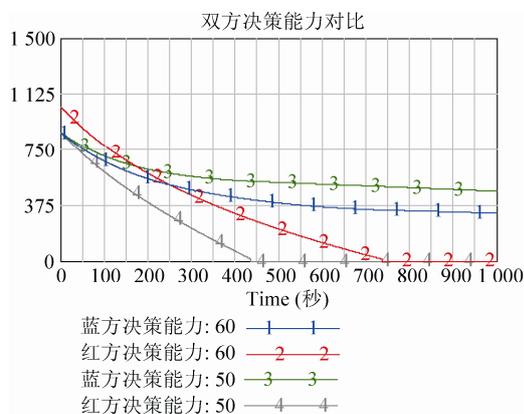
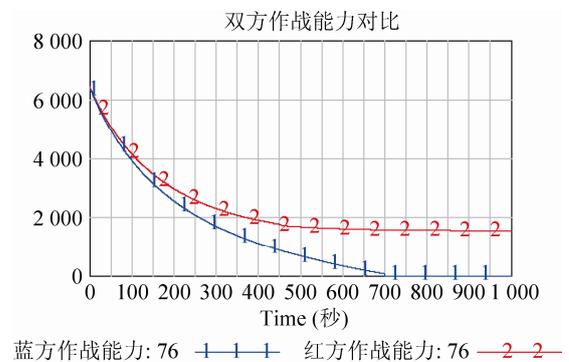
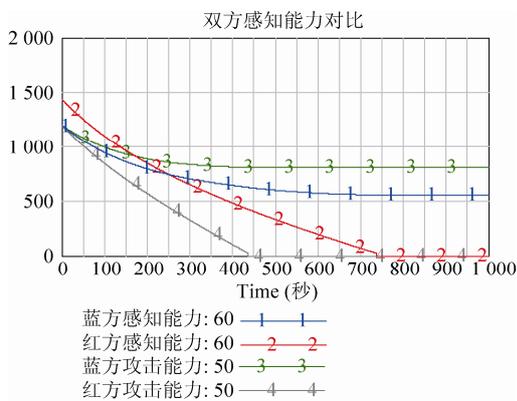
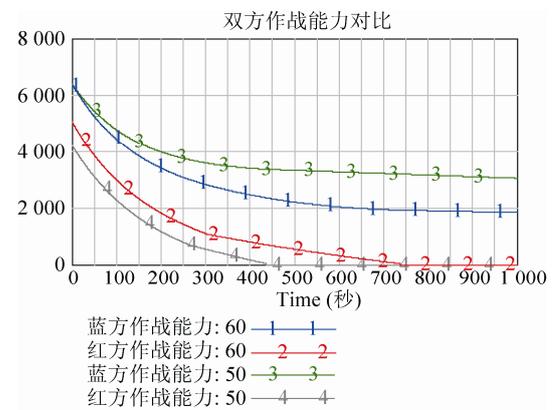
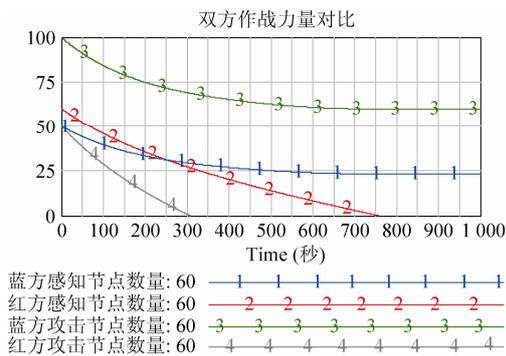
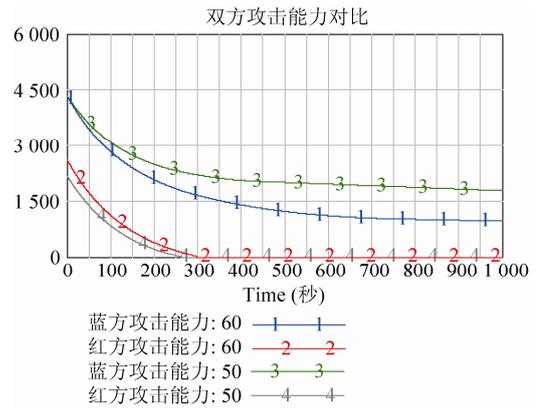
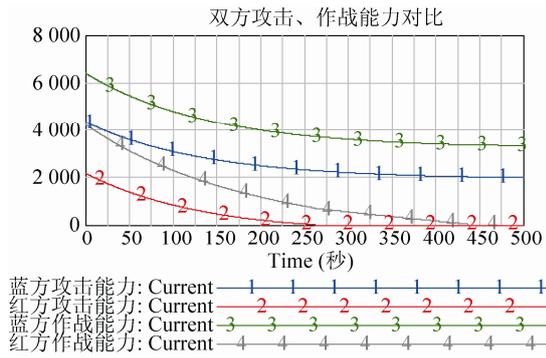


图 8 初始状态



由此可见, 在双方作战力量不平衡情况下, 只要能够合理部署节点类型, 就能够使双方作战能力达到相同效果, 同时, 红方感知节点数量与蓝方攻击节点数量之间必然存在着一定联系。

仿真 2: 在保持双方作战能力初始值相同(即红方感知节点数为 76)前提下, 使红方攻击节点数量与蓝方感知节点数量均不变化, 分别将蓝方攻击节点数量由初值 100 不断递减, 其递减量为 10, 通

过多次调整,则红方感知节点数量与蓝方攻击节点数量关系符合表 1 递减关系。

设红方感知节点、攻击节点数量分别表示为 N_{S-R} , N_{A-R} , 蓝方感知节点、攻击节点数量分别表示为 N_{S-B} , N_{A-B} , 则表 1 中的两者关系可转化为以下表达式: $N_{S-R}=0.5 \times N_{A-B}+25$,

对于一般情况下,可以将上式表示为:

$$N_{S-R}=\alpha \cdot N_{A-B}+\beta \quad (1)$$

表 1 红方感知节点数量与蓝方攻击节点数量递减关系

节点类型	红方攻击节点数量=蓝方感知节点数量=50										
调整次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
蓝方攻击节点数量	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
红方感知节点数量	75	70	65	60	55	50	45	40	35	29	25

表 2 NS-R/NS-B 与 NA-B/NA-R 之间关系

调整次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N_{S-R}/N_{S-B}	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
N_{A-B}/N_{A-R}	2	1.8	1.6	1.4	1.2	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0

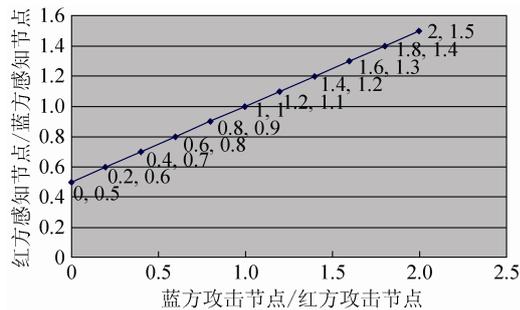


图 16 双方节点比值关系

以上关系可以表达为:

$$\frac{N_{S-R}}{N_{S-B}} = \frac{N_{A-B}}{N_{A-R}} \times \frac{1}{2} + 0.5 \quad (2)$$

对于一般情况可表示:

$$\frac{N_{S-R}}{N_{S-B}} = \frac{N_{A-B}}{N_{A-R}} \times \alpha + \beta \quad (3)$$

式中: α 表示感知与决策 2 类节点产生作战能力的效能比; β 表示为双方系统效能存在偏差。

由此看出: 蓝(红)方作战力量确定的情况下, 红(蓝)方的感知节点数量与攻击节点数量存在线性反比关系, 由此可推出以下优化配比定理:

证明: 令, $\frac{N_{A-R}}{N_{A-B}} = x$, 则 $y = \frac{\alpha}{x} + \beta$

式中: α 为红方感知节点递减量与蓝方攻击节点递减量的比值; β 为蓝方攻击节点数量 0 时的红方感知节点数量。

因此, 红方感知节点数量与蓝方攻击节点数量存在一定线性关系。同时, 多次仿真结果中的 N_{S-R}/N_{S-B} 与 N_{A-B}/N_{A-R} 相互之间也存在一定相互关系, 如表 2 所示。

将两者关系在坐标中表示, 如图 16。

由于 N_{S-B} , N_{A-B} 为常数, 则优化目标为 $\min(x+y)$, 令 $M = x + y = x + \frac{\alpha}{x} + \beta \geq 2\sqrt{\alpha} + \beta$, 当 $x = \sqrt{\alpha}$, $y = \sqrt{\alpha} + \beta$ 时取最小值, 则 $N_{S-R} = N_{S-B} \cdot (\sqrt{\alpha} + \beta)$, $N_{A-R} = N_{A-B} \cdot \sqrt{\alpha}$

优化配比定理: 当对方作战力量恒定时, 己方若想以尽可能少的节点数量来产生最大限度的作战能力, 而感知节点数量 N_S 应与攻击节点数量 N_A 成比例, 最优情况下为:

$$N_{S-R} = N_{S-B} \cdot (\sqrt{\alpha} + \beta), \quad N_{A-R} = N_{A-B} \cdot \sqrt{\alpha}。$$

仿真分析:

(1) 由于红方感知节点数量与蓝方攻击节点数量存在一定线性关系, 当蓝方攻击节点数量增加时, 红方可以通过增加感知节点数量, 保持与蓝方攻击节点数量的线性关系, 从而维持与蓝方作战能力的平衡。

(2) 当蓝(红)方作战力量恒定时, 红(蓝)方的感知节点数量与攻击节点数量存在线性反比关系。因此, 在作战过程中, 红方若想以尽可能少的节点数量来产生最大限度的作战能力, 就需要将感知节点数量与攻击节点数量取最优值 $N_{S-R} = N_{S-B} \cdot (\sqrt{\alpha} + \beta)$, $N_{A-R} = N_{A-B} \cdot \sqrt{\alpha}$ 。

3.2 实验 2: 信息速率对作战能力影响分析

3.2.1 实验假设

假设红蓝双方初始情况: 红方在攻击节点数量上与蓝方存在一定差距, 即作战力量呈现不对称: 红蓝双方感知节点数量均为 50, 红方攻击节点数量为 50, 蓝方攻击节点数量为 100; 保持红蓝双方在感知环节中各类速率与损耗分别相等, 双方采集速率均为 30, 采集速率损耗系数为 0.5, 处理速率均为 20, 处理速率损耗系数为 0.3, 分发共享速率均为 10, 分发共享速率损耗系数为 0.2。通过对感知环节中信息速率(采集速率、处理速率、分发共享速率)的调整, 使作战能力得到提升。

3.2.2 仿真与分析

首次针对信息采集速率调整: 在保持其他速率均不变情况下, 对红方信息采集速率进行多次调整, 将红方信息采集速率从 30 不断增加, 直至速率上升到 68 时, 双方作战能力基本达到相同初始值, 此时实验结束, 其仿真结果如图 17 所示。

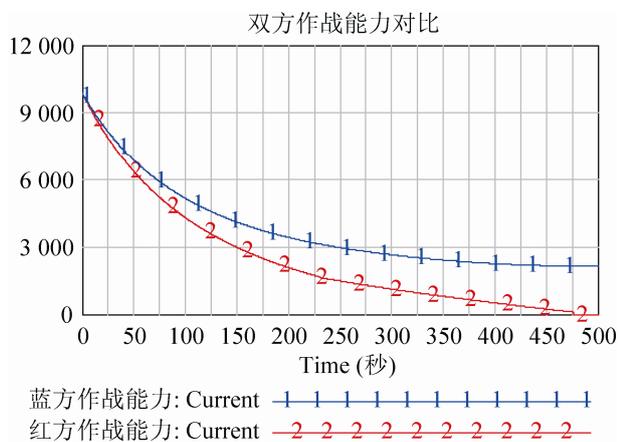


图 17 信息采集速率调整

其次针对信息处理速率调整: 在保持其他速率均不变情况下, 对红方信息处理速率进行多次调整, 将红方信息处理速率从 20 不断增加, 直至速率上升到 48 时, 双方作战能力基本达到相同初始值, 此时实验结束, 其仿真结果如图 18 所示。

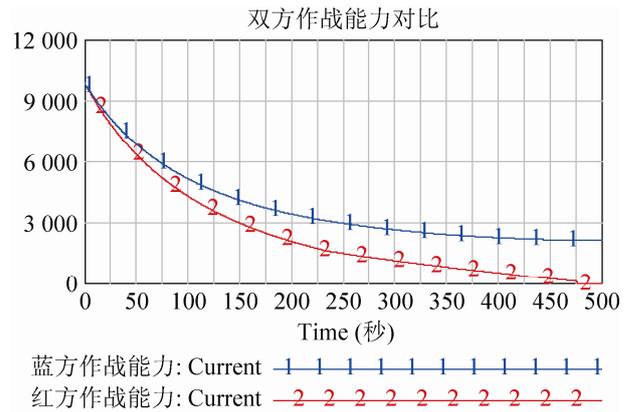


图 18 信息处理速率调整

最后针对信息分发共享速率调整: 在保持其他速率均不变情况下, 对红方信息分发共享速率进行多次调整, 将红方信息分发共享速率从 10 不断增加, 直至速率上升到 34 时, 双方作战能力基本达到相同, 此时实验结束, 其仿真结果如图 19 所示。

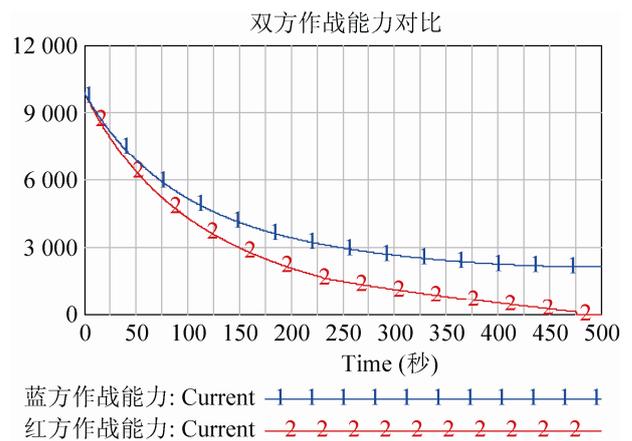


图 19 信息分发共享速率调整

仿真分析: 当红方信息采集速率由 30 提高到 68 时, 双方作战能力初始值基本达到相同(如图 17); 当红方信息处理速率从 20 提升到 48 时, 红蓝双方作战能力初始值达到相同(如图 18); 当分发共享速率从 10 提高到 34 时, 双方作战能力初始值达到相同(如图 19)。由此可以看出, 对于三类速率的调高均能达到提高作战能力的目的, 但因各速率具有不同的损耗, 最终想达到同一值的作战能力初始值, 需要将各速率提高不同的幅度, 其损耗较大的速率提高幅度越大; 由于实验预设双方作战损耗主要体现在节点数量上, 因此, 通过调整速率提高

作战能力的途径, 虽然本质上使感知能力得到提高, 但却并不能解决红方作战能力比蓝方下降速率快的问题。

4 结论

通过构建体系对抗下指挥信息流程 SD 模型及感知环节仿真分析可知, 感知节点数量与信息速率都是制约作战能力提升的关键因素, 同时, 对抗双方作战力量之间存在一定的线性反比关系, 因此, 作战力量的合理分配是作战能力最大发挥的关键。指挥信息流程是能否实现将信息优势经由感知优势和决策优势转化为行动优势的决定因素^[8], 感知是整个流程中的首要环节, 运用 SD 对体系对抗下的指挥信息流程感知环节进行研究, 有利于贴近实战下找准指挥信息流程中的各环节之间、各要素之间的因果关系, 为作战指挥流程要素分析、优化设计与整合及作战体系对抗具有较好的参考价值。但是, 本文的实验内容仅仅是对感知环节进行仿真分析, 作为指挥信息流程的另一个重要环节——决策控制, 是整个流程的核心部分, 因此, 下一步将针对指挥信息流程决策环节中各因素对作战能力的

影响进行深入研究。

参考文献:



(上接第 1590 页)

- [14] 杨哲, 李曙林, 周莉, 等. 飞机作战生存力设计参数灵敏度分析[J]. 北京航空航天大学学报, 2013, 39(8): 1096-1101.
- [15] 张爱珍, 王延新. 机载红外告警技术分析[J]. 航天电子对抗, 2013, 29(6): 5-7.
- [16] 胡绍华, 杨丽娜. 导弹紫外告警技术综述[J]. 飞航导弹, 2005, 35(3): 33-36.
- [17] 胡绍华, 冷锋, 卢峰. 紫外告警技术综述[J]. 舰船电子对抗, 2005, 28(1): 12-15.
- [18] 周帆, 陈兴凯, 韩壮志, 等. 机载雷达告警接收机的现状及技术发展趋势[J]. 飞航导弹, 2014, 44(2): 41-46.

- [1] Jeffery R Cares. An Information Age Combat Model [C]// International Command and Control Research and Technology Symposium. Virginia : Alidade incorporated press, 2004: 325-348.
- [2] Sean Deller, Ghaith Rabadi, Andreas Tolk, *et al.* Organizing for Improved Effectiveness in Networked Operations [J]. Military Operations Research (S1082-5983), 2012, 17(1): 5-16.
- [3] 李小全, 蓝鹏飞, 程懿. 基于 SD 的网络中心作战炮兵营对抗建模与仿真 [J]. 系统仿真学报, 2012, 24(7): 1496-1500.
- [4] 黄建明, 高大鹏. 基于 OODA 环的作战对抗系统动力学模型 [J]. 系统仿真学报, 2012, 24(3): 561-564.
- [5] 商长安. 空防对抗仿真的系统动力学模型研究 [J]. 系统仿真学报, 2009, 21(19): 5994-5997.
- [6] 黄仁全, 李为民. 空防体系网电对抗系统动力学分析 [J]. 军事运筹与系统工程, 2012, 26(4): 44-48.
- [7] 董连山. 基于信息系统的体系作战研究 [M]. 北京: 国防大学出版社, 2012.
- [8] Walter Perry, David Signor, John Boon. Exploring Information Superiority: A Methodology for Measuring the Quality of Information and Its Impact on Shared Awareness [R]. USA: RAND, 2004.

- [19] 夏庆军, 张安, 张耀中. 战斗机编队协同作战效能评估研究[J]. 系统仿真学报, 2010, 22(9): 2182-2189.
- [20] 黄俊, 滕鹏, 于雷, 等. C4ISR 多传感器跟踪资源协同分配方法研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(3): 851-867.
- [21] 黄国庆, 王明绪. 基于 ADC 模型的多机协同作战效能评估[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(10): 126-129.
- [22] 汪泽焱, 钱祖平. 基于最劣方案的指标赋权法及其应用[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(11): 5-7.
- [23] 郭辉, 徐浩军, 刘凌. 基于区间数的预警机作战效能评估[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(5): 1007-1010.