

文章编号: 2095-4980(2016)03-0372-06

基于反导作战环的装备作战网络能力评估

芦 荻¹, 商慧琳²

(1.92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125000; 2.国防科学技术大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 考虑到以往装备体系的研究方法忽略了装备之间的配合关系, 基于网络科学思想, 建立反导作战网络模型。阐明了反导作战能力生成机制, 并基于此提出了反导装备体系作战网络能力评估方法, 最后通过示例对所提出的建模和评估方法进行展示, 证明了该方法的可行性和有效性。

关键词: 反导作战网络; 能力评估; 反导作战环

中图分类号: TN97

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201603.0372

Assessment of equipment operation network capability based on the anti-missile operation loops

LU Di¹, SHANG Huilin²

(1.Unit 92941 of PLA, Huludao Liaoning 125000, China; 2.College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073, China)

Abstract: Considering the interactions between equipment that have been neglected in the earlier research on equipment system-of-systems, an exploration based on networks science is conducted. The paper presents a model of anti-missile operation network and illustrates the generation progress of anti-missile operation capability, based on which a capability assessment method of anti-missile equipment system-of-systems is examined. An example of anti-missile operation network is demonstrated to illuminate the feasibility and validity of the proposed method.

Key words: anti-missile operation networks; capability assessment; anti-missile operation loops

信息化技术的进步使作战过程中装备之间的交互关系更为紧密, 这种交互关系对于现代战争的影响越发显著。仅考虑体系中各装备性能的简单叠加, 无法作为对体系整体能力的评价, 因此在表示衡量体系作战能力时, 必须将各装备之间的配合关系考虑进去。特别是在反导作战过程中, 对敌方目标信息的获取、处理和分析一直是决定反导作战成败的主要因素^[1]。如何将装备间的互联、信息互通和互操作性量化描述, 并集成到对整个反导装备体系能力的评价中, 一直是困扰着相关研究人员的问题。随着对装备体系认识的不断深入, 以往基于美军所提出的 DoDAF 体系结构框架^[2]的装备体系建模和分析方法已无法满足体系研究的需求, 定量的研究方法因其科学性和合理性得到更多人的认同。同时, 网络科学的兴起和发展为体系的研究注入了新的活力, 引起了相关研究人员的注意。基于网络思想, Jeffery R C 建立了信息时代交战模型^[3-4], 把不同的武器装备描述成不同类型的网络节点, 将装备间的信息交互和作战行为描述为网络的边, 从而将交战过程建立成网络模型。国内相关学者将复杂网络理论用于体系对抗仿真中^[5], 模拟作战中武器装备的关系, 制定网络模型生成规则, 建立了仿真分析模型, 赋予了网络评价指标在军事领域的意义, 基于此开展了体系评估的一系列研究工作。另外, 国内一些专家提出可通过对作战过程中的不确定性程度进行度量^[6-7], 从而达到评价体系作战能力的目的。本文研究反导装备体系作战网络能力评估方法, 面向特定的作战使命, 建立反导作战网络模型。在此基础上, 以反导作战环为主要牵引, 基于信息量的概念度量作战过程中的不确定性程度, 从而提出反导装备体系作战能力评估的方法。

1 反导装备体系作战网络建模

本文评价的是面向特定使命任务的装备体系能力, 为了进行能力评估, 建模是基础。因此, 首要工作是对面

向作战使命的装备体系构建作战网络模型。网络是由节点和边构成的,对网络的建模离不开节点与边。建立反导装备体系作战网络时也一样,现分别对网络的节点和边进行建模。

1.1 反导作战网络建模流程

面向反导战略使命任务,考虑相应的敌方导弹群体。为了对敌方导弹进行有效拦截,反导装备体系中各装备实体之间通过预警、通信、指控、拦截等单向关系,从而将整个反导装备体系连接成一个网络,称之为反导作战网络。

根据网络科学的基本理论,构成网络的最基本要素是节点和边。作战网络是基于反导装备体系和敌方目标所抽象出来的网络,因此要对其中各要素进行抽象描述和定义,才能得到作战网络的节点和边。

作战网络的节点:在构建作战网络的过程中,将敌方目标和反导装备体系中能够独立完成作战活动的作战实体(包括武器装备单元、平台或者系统)抽象为该网络的节点。

作战网络的边:为了对敌方目标进行拦截,反导装备体系中的各作战实体之间由信息交互或其他作战行为形成的作战活动,可以抽象成为一条单向边。如,预警卫星将所预警到的敌方导弹信息传输给反导指控平台,就是一个由信息流牵引的作战活动,可以抽象为一条由预警卫星指向反导指控平台的单向边。

1.2 作战网络节点和边的建模

在反导作战过程中,能够保证一次作战活动有效完成的是各装备实体及其之间的信息交互或作战行为。反导装备体系包含预警卫星、预警雷达、识别雷达、指控中心和拦截武器等基本装备实体。在构建作战网络时,将这些装备实体作为网络中的节点进行建模。按照装备在作战中发挥的不同作用,可将装备实体分为预警类(S)、指控类(D)和拦截类(I)装备实体。另外,敌方目标导弹作为分析反导作战过程中的重要角色,在建立反导作战网络模型时将它归为目标类节点(T)。对各类节点建模,可统一表示成如下形式: $n_i^j = (l_i^j, ind_i^j)$, $i \in \{1, 2, \dots\}$, $j \in [T, S, D, I]$ 。其中, $j \in [T, S, D, I]$ 表明节点类型, $i \in \{1, 2, \dots\}$ 区分同一类型不同节点,表示某一个节点,是节点 n_i^j 的部署位置,它可以是一个三维的坐标; ind_i^j 是节点 n_i^j 的性能指标集合,里面包含了与节点 n_i^j 在作战过程中主要作战行为相关的所有性能指标。敌方目标节点作为作战网络节点的一部分,也要考虑其具备的相关性能指标以对抗反导装备对它的作战行为。如隐身系数、抗红外系数等影响目标导弹能否被反导装备体系中的预警卫星探测到。

对作战网络的边进行建模是基于装备之间交互关系的能力指标,因为不考虑环境因素,这些能力指标由各装备相关的性能指标决定。反导作战网络中边的形式化建模如下: $e_{imjl} = (n_m^i, n_l^j, cap_{imjl}, vc_{imjl})$ 。其中, n_m^i, n_l^j 分别表示边 e_{imjl} 的起点和终点,上标 i 和 j 分别表示装备类型,即 $i, j \in \{T, S, D, I\}$,下标 m 和 l 表示 n_m^i, n_l^j 分别在各自类型的装备中的标号,如 n_1^T 表示的是第1枚敌方目标导弹。 cap_{imjl} 是边 e_{imjl} 的能力指标集合,其取值范围包括发现能力、跟踪能力、识别能力、通信能力、信息处理能力、拦截能力, vc_{imjl} 是能力指标取值。如表示预警类装备实体 n_1^S 将探测到的目标导弹信息上报给指控类装备实体 n_1^D 的边,其能力指标主要是通信能力,通信能力取值为0.95,则这条边可以形式化表示为 $e_{imjl} = (n_1^S, n_1^D, \{\text{通信能力}\}, 0.95)$ 。

2 反导作战网络能力评估方法

2.1 反导作战网络能力生成过程分析

反导作战过程能力生成过程是基于反导作战环的概念进行分析的,反导作战环是在作战环的概念基础上提出的^[8],反导作战环的定义如下:

为了对来袭的敌方导弹进行拦截,由反导装备体系中预警装备、指控装备和拦截武器发挥各自功能,完成预警、信息处理和传输、指控和拦截这一系列作战活动而形成的循环称为反导作战环。在反导作战网络中,作战环就是反导装备体系中的节点与敌方导弹节点通过作战活动所抽象成的边连接形成的闭合回路。

在一次反导作战中,己方整个反导装备体系的使命任务可能是针对多枚来袭导弹实施拦截行动,将反导装备体系对每一枚来袭导弹所实施的拦截作战定义为一次军事行动,对每一枚来袭导弹,反导装备体系都可以构成至少一个反导作战环来确保能够对其进行拦截,那么这每一个反导作战环都可以定义为一次作战任务,更进一步地,每一个反导作战环都是由探测、跟踪、识别、信息互传(包括情况上报和命令下达)、决策以及发射拦截弹等多个作战活动构成。基于此,将反导作战网络整体作为战略使命层,即整个网络就是为了完成该使命而形成的。根据

上述过程, 可以将整个反导作战网络分解为军事行动层、作战任务层以及作战活动层, 根据各自含义, 每一层都具有各自的作战能力, 作战能力从作战活动开始自下而上逐层聚合, 便得到了整个作战网络的作战能力。整个反导作战能力生成过程如图 1 所示。

2.2 作战网络能力评估方法

基于上一节对反导作战网络节点和边的定义, 根据反导作战网络能力生成过程, 提出反导作战网络能力评估方法。利用反导作战环的思想, 将反导装备体系对敌方目标导弹的预警、指控和拦截等作战活动进行集成, 计算出反导作战环对目标导弹的作战能力, 再对多个作战环进行集成。对应于网络科学理论中距离的概念, 首先给出反导作战网络中边的长度以及 2 个节点之间距离的定义: 若存在节点 n_m^i 到节点 n_l^j 的单向边 e_{imjl} , 用 L_{imjl} 来表示这条边的长度。

根据网络科学中对于距离的考虑, 边的长度越大, 说明两点之间越难以到达。在反导作战中, 边的长度越大, 说明这条边所代表的作战活动效能越低。这里用改进的信息熵, 即信息量的定义来表示这条边的长度。也就是说, 边的长度越大, 这条边所代表的作战活动中所包含的不确定性越大, 能够顺利、准确完成的可能性越低, 因此, 对于边的长度定义可以根据这条边所代表的各项能力指标来计算, 即:

$$L_{imjl} = - \sum_{r=1}^{|cap_{imjl}|} w_{imjl}^r \ln vc_{imjl}^r \quad (1)$$

式中: $|cap_{imjl}|$ 是能力指标中所包含能力指标数; r 是能力指标的标识指数; vc_{imjl}^r 是能力指标 r 的取值; w_{imjl}^r 为能力指标 r 对于边而言的影响程度。一般来说, 能力指标的取值 vc_{imjl}^r 是由边的起点 n_m^i 和终点 n_l^j 所代表装备的性能指标来确定的。根据边的定义, 下面给出 2 个节点之间距离的定义: 假设作战网络中节点 n_m^i 可以通过中间节点 $n_1, n_2, \dots, n_k$ 达到节点 n_l^j , 即存在有向边集合 $E_{imjl} = \{e_{im1}, e_{12}, e_{23}, \dots, e_{kjl}\}$, 则存在节点 n_m^i 到节点 n_l^j 的通路, 该通路的长度 d_{imjl} 称为节点 n_m^i 到节点 n_l^j 的距离, 计算公式如下:

$$d_{imjl} = \frac{1}{k} \sum_{e_{st} \in E_{imjl}} L_{st} \quad (2)$$

式中: L_{st} 表示边 e_{st} 的长度。当节点 n_m^i 与节点 n_l^j 表示同一节点时, 上述定义中的节点和边可以构成一个闭合回路。下面给出反导作战环长度的定义:

对敌方目标导弹 T_p 构成的反导作战环 OL_p 的长度:

$$d_p = \frac{1}{k} \sum_{e_{st} \in E_p} L_{st} \quad (3)$$

式中: k 为该作战环中节点(或者边)的总数; E_p 为该作战环中所有单向边构成的集合。计算得出的反导作战环的长度表示该反导作战环的作战能力。

前面的建模中, 反导装备体系对敌方目标 T_p 所建立的每个作战任务抽象为一个作战环, 这些作战任务的不同组合就构成针对敌方目标 T_p 所能采取的军事行动, 即通过作战过程中构建不同的作战环组合, 可以对 T_p 采取不同的军事行动, 其作战能力就是所有这些作战环的综合作战能力。那么, 一次军事行动对 T_p 的最大作战能力就是所有这些作战任务的作战能力的聚合。因此, 通过对于作战环能力的评价, 可以得到一个评价反导装备体系对同一个目标导弹采取军事行动的最大作战能力。

这里采用并联的思想对这个问题进行研究^[7]。类比物理学中并联电路电阻的计算方法, 将环之间的关系看作电路之间的并联关系, 将每个作战环的不确定性(即它的长度)看作该电路的电阻。设己方反导装备体系对敌方目标 T_p 可形成 M 个作战环, 所有作战环的作战能力可定义为:

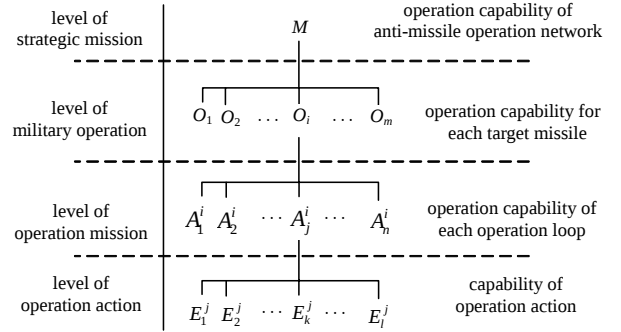


Fig.1 Formation process of operation capability for anti-missile operation network

图 1 反导作战网络能力生成过程示意图

$$AOC_p = \exp \left(\frac{M}{\sum_{c=1}^M 1/d_{pc}} \right) \quad (4)$$

式中 d_{pc} ($c=1,2,\dots,M$) 表示反导装备体系对敌方目标形成反导作战环的长度。同理,可以用式(3)来计算整个反导装备体系对 T_p 执行 k ($k \leq N$) 种不同作战任务组成的军事行动具有的总体不确定性,从而计算这次军事行动对 T_p 的作战能力。

在作战过程中,根据作战使命通常可以确定主要的作战对象,即需要采取军事行动进行影响的敌方目标集合 $T = \{T_1, T_2, \dots, T_{|T|}\}$ 。其中, $|T|$ 是来袭导弹的数量。

根据各目标对战略意义,军事专家和指挥员可以对其进行优先级排序,从而对每个目标 T_p 给出权重值 w_p ($p=1,2,\dots,|T|$),主要从以下几个方面进行考虑:

- 1) 军事任务的紧急程度(威胁程度);
- 2) 各个目标对于敌方装备体系的重要性(敌方体系中的关键节点);
- 3) 敌军研制该目标装备所投入的人力、物力、财力和时间(造成敌军资源紧缺)。

最后,通过体系对各目标的作战能力进行加权平均,可以得到反导装备体系面向特定使命任务作战能力的评估指标:

$$Y = \sum_{t=1}^{|T|} w_t AOC_p \quad (5)$$

2.3 作战网络能力评估流程

基于上述作战能力评估思想,建立本文对于反导装备体系面向特定作战使命的作战能力评估机制,其主要过程可以概括如下:

Step 1: 战略使命分析,确定当前需要拦截的敌方目标导弹集合 $T = \{T_1, T_2, \dots, T_{|T|}\}$;

Step 2: 根据敌方目标导弹,确定反导装备体系中相关的装备实体,通过分析反导作战过程,建立节点和边的模型;

Step 3: 从反导作战网络中找到反导作战环,基于信息量求解各反导作战环能力;

Step 4: 计算针对同一目标导弹的多个作战环总体作战能力,计算出反导装备体系对各目标导弹的作战能力;

Step 5: 对战略使命中的所有敌方目标导弹的作战能力进行加权平均,聚合得到整个反导装备体系的作战能力。

3 示例

现代反导作战中,情报和预警、指挥和控制、火力运用都逐渐趋向一体化^[9],这使得反导作战不同于其他类型的作战样式^[1]。反导作战面临着复杂的军事环境,涉及军事技术的诸多尖端层面,与军事系统工程有着密切的联系。因此,该示例以反导作战为背景,将反导作战网络作为研究对象,基于作战环的概念对反导作战网络能力进行评估。反导作战过程分下面4个阶段:

1) 敌方发射导弹升空,预警卫星探测到该导弹,马上开始预警,并对其进行跟踪。

2) 预警雷达在已有的引导区域内,通过不断地对敌方导弹的跟踪,获取更多的信息,识别雷达对目标进行识别及精确跟踪,识别目标导弹及敌方诱饵,并将所获得的信息上报给指挥控制平台;

3) 指控中心接到预警卫星及雷达上报的信息,对所获取的大量数据信息进行处理、融合,并结合已有资料和战斗经验进行态势分析,并做决策;

4) 指控中心将命令下达给拦截武器(系统),对敌方导弹进行拦截。

根据上述实际反导作战过程,可以得到该反导作战网络模型,如图2所示,该图是由网络分析软件 UCINET 生成。图3和图4分别展示了反导作战网络针对敌方导弹目标 T_1 和 T_2 所构建的作战网络。

本文考虑的反导装备体系包含的装备如表1所示。

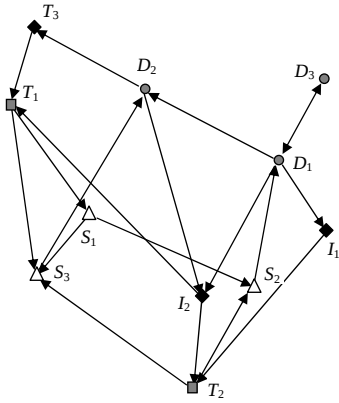


Fig.2 Anti-missile operation network
图 2 反导作战网络

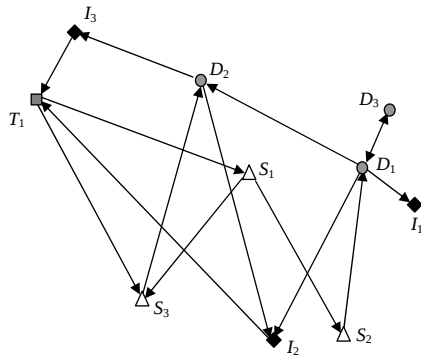


Fig.3 Anti-missile operation network aimed at T_1
图 3 针对目标 T_1 构建的反导作战网络

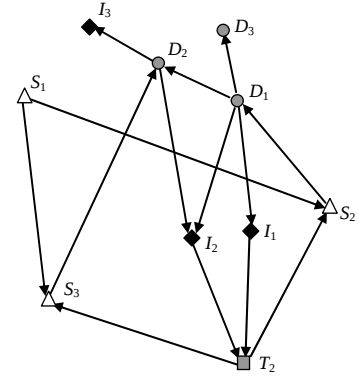


Fig.4 Anti-missile operation network aimed at T_2
图 4 针对目标 T_2 构建的反导作战网络

表 1 反导作战装备

Table1 Anti-missile operation equipment

type	equipment	feature description
T	enemy missile T_1	missile No.1 launched by enemy that can be detected by equipment of type S
T	enemy missile T_2	missile No.2 launched by enemy that can be detected by equipment of type S
S	early-warning radar S_1	can track all sorts of targets quickly and obtain the information on enemy missile, e.g., launch location, launch direction, flight velocity and land point, etc.
S	X-band radar S_2	the detection core of ground-based middle missile defense system which can track, distinguish and identify the targets.
S	early-warning satellite S_3	
D	anti-missile control center D_1	detect, track and identify the coming enemy missiles by infrared remote sensor
D	information processing platform D_2	process and analyze the enemy information by information technology that has been detected to gain more detail information and can transmit it to D_3
D	anti-missile control center D_3	process and analyze the enemy information by information technology that has been detected to gain more detail information.
I	ground-based interceptor I_1	analyze the information transmitted from D_1 and D_2 and make the decision based on the field being equipped in the ground-based middle defense, can receive directions from D_1 and intercept enemy missile No. 2 flying in the midcourse phase of its trajectory.
I	interceptor system I_2	being equipped in the terminal defense and can receive directions from D_1 and D_2 to intercept enemy missile No 1. and No 2.
I	sea-based interceptor system I_3	being equipped in the sea-based midcourse defense and can receive directions from D_3 to intercept enemy missile No 1.

针对来袭目标导弹形成的反导作战网络中边的长度如表 2 所示, 为简化, 这里并没有给出边的长度是如何通过其能力指标值得到的, 而是直接给出。表 3 和表 4 分别展示了反导作战网络针对敌方目标 T_1 和 T_2 所能够形成的作战环, 以及构成作战环的作战能力的计算结果。

表 2 反导作战网络边的能力值列表

Table2 Length of edges in the anti-missile operation network

edges	length of edges	edges	length of edges
T_1-S_1	0.793 7	D_3-D_1	0.979 1
T_1-S_3	0.957 5	D_1-I_1	0.808 2
T_2-S_2	0.822 5	D_1-I_2	0.810 6
T_2-S_3	0.536 3	D_2-I_2	0.862 9
S_1-S_2	0.837 0	D_2-I_3	0.864 2
S_1-S_3	0.858 5	I_1-T_2	0.518 2
S_2-D_1	0.979 1	I_2-T_2	0.793 7
S_3-D_2	0.979 1	I_2-T_1	0.696 3
D_1-D_2	0.800 0	I_3-T_1	0.745 8
D_1-D_3	0.920 6		

表 3 针对来袭导弹 T_1 形成作战环长度计算值

Table3 Length of operation loops aimed at target T_1

number	operation loop p_1	number of nodes contained in the loop k	length of operation loop L
1	$T_1-S_1-S_2-D_1-I_2-T_1$	5	0.823 3
2	$T_1-S_1-S_2-D_1-D_2-I_2-T_1$	6	0.828 2
3	$T_1-S_1-S_2-D_1-D_2-I_3-T_1$	6	0.836 6
4	$T_1-S_1-S_2-D_1-D_3-D_1-I_2-T_1$	7	0.859 5
5	$T_1-S_1-S_2-D_1-D_3-D_1-D_2-I_3-T_1$	8	0.864 9
6	$T_1-S_1-S_2-D_1-D_3-D_1-D_2-I_2-T_1$	8	0.858 6
7	$T_1-S_1-S_3-D_2-I_2-T_1$	5	0.838 1
8	$T_1-S_1-S_3-D_2-I_3-T_1$	5	0.848 3
9	$T_1-S_3-D_2-I_2-T_1$	4	0.874 0
10	$T_1-S_3-D_2-I_3-T_1$	4	0.886 7

对每个来袭导弹的所有作战环作战能力加权平均, 可以求得体系对该来袭导弹的作战能力, 可以得到对 2 个来袭导弹的拦截能力分别为 $AOC_1 = 0.272 3$, $AOC_2 = 0.349 0$ 。然后, 基于上述结果对目标进行赋权求整体作战能力。通过对上述计算结果的分析, 考虑到 2 个目标自身生存能力的强弱, 本例中, 将 2 个目标的权重分别赋值为:

$$w_{T_1} = 0.7, w_{T_2} = 0.3. \text{ 于是, 反导作战网络的整体作战能力为: } Y = \sum_{i=1}^2 w_{T_i} AOC_i = 0.7 \times 0.272 3 + 0.3 \times 0.349 0 = 0.295 3.$$

通过对比表3中1~6号的反导作战环长度可以看出,作战环中所包含的装备越多,该作战环的长度就越长。这很容易理解,因为作战环中的每个装备都会带来时间延迟,越多的装备就会使得这个作战环存在较大的时延,从而影响对来袭导弹的拦截能力。另一方面,1~6号作战环是通过 S_2 探测和跟踪确定来袭导弹位置的,而7~10号是通过 S_3 实现这一目的,对比二者可以看出,尽管4~6号作战环中包含的装备比7~10号作战环多得多,但是其作战环长度值却更小,这可以说明 S_2 比 S_3 的性能要好得多,用 S_2 作为预警装备能够大幅提高体系对目标 T_1 的拦截能力。

表4 针对来袭导弹 T_2 形成作战环长度计算值Table4 Length of operation loops aimed at target T_2

number	operation loop p_2	number of nodes contained in the loop k	length of operation loop L
1	$T_2-S_2-D_1-I_1-T_2$	4	0.782 0
2	$T_2-S_2-D_1-I_2-T_2$	4	0.851 5
3	$T_2-S_2-D_1-D_2-I_2-T_2$	5	0.851 6
4	$T_2-S_2-D_1-D_3-D_1-I_1-T_2$	6	0.838 0
5	$T_2-S_2-D_1-D_3-D_1-I_2-T_2$	6	0.884 3
6	$T_2-S_2-D_1-D_3-D_1-D_2-I_2-T_2$	7	0.879 7
7	$T_2-S_3-D_2-I_2-T_2$	4	0.793 0

4 结论

本文对反导装备体系的作战网络进行建模,提出了反导作战网络中节点和边的形式化表示,并基于信息熵的概念,通过计算反导作战环的长度,提出了反导装备体系作战网络的能力评估方法和流程。在这过程中仍存在一些问題,需要作进一步的研究来解决。如,在计算多个作战环的能力时,简单的叠加并不能反映各个环之间的联系。实际上,针对同一个目标构建的作战环之间在同一次作战中对目标进行攻击时具有相互影响,其中既包含积极影响,也可能包含消极影响,这一点,需要在后续研究中进行深入分析。

参考文献:

- [1] Future combat system[EB/OL]. (2011-5-1)[2011-5-18]. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/fcs.htm>.
- [2] DoD Architecture Working Group. DoD Architecture Framework Version2.0 Volume 1:Introduction, Overview,and Concepts[R]. Washington:US DoD Chief Information Office, 2009.
- [3] CARES J R. INCORPORATED A. An information age combat model[C]// Paper for ICCRTS. 2004:85-90.
- [4] CARES J R. Distributed networked operations:The foundations of network centric warfare[M]. [S.l.]:iUniverse, 2006.
- [5] 金伟新. 体系对抗复杂网络建模与仿真[M]. 北京:电子工业出版社, 2010. (JIN Weixin. Modeling and Simulation of System-of-Systems Combat Complex Network[M]. Beijing:Electronics Industry Press, 2010.)
- [6] 姜博轩,郝海飞. 基于信息熵理论的部队作战效能[J]. 四川兵工学报, 2010,31(6):113-114. (JIANG Boxuan,HAO Haifei. Combat capability of the army based on information entropy theory[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2010,31(6):113-114.)
- [7] 徐敬,张生. 基于信息熵的反导系统综合作战能力评估研究[J]. 指挥控制与仿真, 2010,32(5):63-66. (XU Jing,ZHANG Sheng. Research on integrative operation effectiveness evaluation of anti-missile systems based on information entropy[J]. Command Control & Simulation, 2010,32(5):63-66.)
- [8] 谭跃进,张小可,杨克巍. 武器装备体系网络化描述与建模方法[J]. 系统管理杂志, 2012,21(6):781-786. (TAN Yuejin, ZHANG Xiaoke,YANG Kewei. Research on networked description and modeling methods of armament system-of- systems[J]. Journal of Systems & Management, 2012,21(6):781-786.)
- [9] 刘金荣,罗伦,徐斌,等. 基于活动的反导体系结构模型[J]. 火力与指挥控制, 2012,37(6):59-62. (LIU Jinrong,LUO Lun, XU Bin,et al. Research on missile defense system architecture based on activity methodology[J]. Command Control & Simulation, 2012,37(6):59-62.)

作者简介:

芦 荻(1983-),男,黑龙江省齐齐哈尔市人,在读硕士研究生,主要研究方向为实时数据处理 .email: 2652732055@qq.com.

商慧琳(1989-),女,山东省聊城市人,在读博士研究生,主要研究方向为国防采办与体系工程管理.