

# 一种基于 DIS/HLA 仿真的空对地作战效果评估方法

郭张龙<sup>1</sup>, 丁尔启<sup>1</sup>, 李为民<sup>2</sup>, 阎来喜<sup>3</sup>

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 空军工程大学 科研部, 陕西 西安 710051;  
3. 空军指挥学院, 北京 100089)

**摘要:**空对地作战效果的分析与评估,是空防对抗仿真训练系统的一个核心组成和难点问题。通过深入研究,提出了一种基于 DIS/HLA 仿真的、将空中进攻过程划分为若干赋权子阶段的空对地作战效果评估方法,可实现航空兵对地整体作战效果与对不同地面目标作战效果的评估。实际应用表明,该方法具有较强的实用性与较高的可信度。

**关键词:**DIS/HLA;空防对抗仿真;空对地作战效果;阶段划分

**中图分类号:** TP391      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009 - 3516(2006)02 - 0022 - 03

在基于 DIS/HLA 空防对抗仿真训练系统的设计与实现中,作为系统的核心组成模块——训练效果特别是空对地作战效果的分析与评估,一直是一个难以解决的问题<sup>[1]</sup>。本文对该问题进行了深入的分析与讨论,提出一种基于空防对抗仿真的空对地作战效果评估方法,可实现航空兵对地整体作战效果评估和航空兵对所有地面目标总体作战效果评估,即执行任务满意度和执行效果的总体评定;航空兵对不同地面目标作战效果评估,航空兵对某一选定地面目标作战效果评估。

## 1 基于 DIS 的空地对抗战术训练仿真系统简介

基于 DIS 的空地对抗战术训练仿真系统由多台 PC 机(仿真节点)组成,相互之间通过 100 Mbit/s 以太网联接,网络设置为对等网模式。仿真运行期间,系统内部各仿真节点、实体之间通过命令响应 PDU,实体状态 PDU、设置数据 PDU、电磁 PDU、射击 PDU 和爆炸 PDU 等进行信息交互,并最终由作战效果监测与评估模块,依据运行期间数据采集成员记录并存入数据库的多组相关数据,进行空对地作战效果的分析与评估。

## 2 空对地作战效果评估模型

空对地作战效果评估模型,主要用于分析评估给定空中进攻方案能够完成对地作战任务的有效程度。可依据一次或多次仿真运行结果统计数据,评估航空兵对地整体作战效果与对某一选定地面目标作战效果。其基本思路是:将整个空中进攻过程按照一定逻辑阶段和运行状态,划分为若干子阶段,而后就每一子阶段的运行结果进行处理并评价打分,最终综合后所得分值即为空对地作战效果评估值。

### 2.1 评估模型的前提条件

空对地作战效果评估的前提条件,包括地面突击目标的类型划分与空中进攻过程的阶段划分。

#### 2.1.1 地面突击目标的类型划分

根据航空兵进攻作战时突击目标的选取原则、方法以及目标面积大小、性质等,将目标主要划分为 3 类:

- 1) 单个目标。是指那些具有独立职能且面积较小的目标,如雷达站、桥梁和油、弹库等。
- 2) 面状目标。是指在一个较大地域范围内,分布着若干相同或不同性质的目标,它们相距较近,不易区

收稿日期:2005 - 06 - 13

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:郭张龙(1978 -),男,山西平陆人,博士生,主要从事区域防空反导运筹分析研究。

分,通常不能分别实施瞄准突击,而只能作为一个整体对待,将此类目标称为面状目标。

3) 机场跑道。机场跑道是一类特殊的面状目标,多数情况下,突击目的并不在于跑道上的面积被破坏多少,而是要使敌机在一定时间内不能在跑道上起飞或降落,即封锁跑道,因此突击机场跑道与突击其他面状目标的模拟分析有不同之处,故单独将其作为一类目标。并且出于简化模型的目的,根据突击不同目标时航空武器选用的一般原则,规定:①对单个目标突击可采用精确制导空对地武器,即空地导弹或精确制导炸弹;也可采用普通航空炸弹;②对面状目标或机场跑道突击则限制只能使用普通航空炸弹。

### 2.1.2 空中进攻过程的阶段划分

根据典型空对地进攻作战过程,可将其划分为4个主要子阶段,包括突破敌地面防空体系、成功进入目标、使用机载空地武器毁伤目标以及安全返回基地(简称突防阶段、进入目标阶段、毁伤目标阶段以及返航阶段)<sup>[2]</sup>。依各个子阶段在整个作战过程中所起作用与重要程度的不同,分别赋予一个权系数  $w_1, w_2, w_3, w_4$ , 且有  $\sum_{k=1}^4 w_k = 1$ 。其中,权系数可由层次分析法(AHP)等方法确定<sup>[3,4]</sup>。

## 2.2 空对地作战效果评估

由前述,航空兵对地整体作战效果与对某一选定地面目标作战效果的评估,都需对各个子阶段的仿真运行结果统计数据作一定处理。

### 2.2.1 航空兵对地整体作战效果评估

1) 突防阶段(权系数  $w_1$  取 0.2), 选用飞机突防率  $\mu_f$  作为评估指标,有:一次仿真运行,  $\mu_f =$  成功突防的飞机架数 / 出动的飞机总架数;多次仿真运行,  $\mu_f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{fi}$ ,  $N$  为仿真运行次数,  $\mu_{fi}$  为第  $i$  次仿真运行的突防率。

2) 进入目标阶段(权系数  $w_2$  取 0.2), 选用飞机进入目标率  $\mu_r$  作为评估指标,有:一次仿真运行,  $\mu_r =$  进入目标的飞机架数 / 成功突防的飞机架数;多次仿真运行,  $\mu_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{ri}$ ,  $N$  为仿真运行次数,  $\mu_{ri}$  为第  $i$  次仿真运行的进入目标率。

3) 毁伤目标阶段(权系数  $w_3$  取 0.5), 选用毁伤目标率  $\mu_{hs}$  作为评估指标,并将所有  $m$  个突击目标,视重要程度不同分别赋以权系数(AHP法,或人为指定),记为:  $u_1, u_2, \dots, u_m$ , 且  $\sum_{j=1}^m u_j = 1$ , 则有:一次仿真运行,  $\mu_{hs} = \sum_{j=1}^m u_j D_j$ , 式中,  $D_j$  取值为 0 或 1, 表示第  $j$  个突击目标是否被毁伤(对机场跑道为封锁);多次仿真运行,  $\mu_{hs} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{hsi}$ ,  $N$  为仿真运行次数,  $\mu_{hsi}$  为第  $i$  次仿真运行的毁伤目标率。

4) 返航阶段(权系数  $w_4$  取 0.1), 选用飞机返航率  $\mu_{fh}$  作为评估指标,有:一次仿真运行,  $\mu_{fh} =$  安全返航的飞机架数 / 进入目标的飞机架数;多次仿真运行,  $\mu_{fh} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{fhi}$ ,  $N$  为仿真运行次数,  $\mu_{fhi}$  为第  $i$  次仿真运行的返航率。依上述方法分别计算出  $\mu_f, \mu_r, \mu_{hs}, \mu_{fh}$  后,利用某种形式评分函数可获得空对地作战效果各子阶段的评分值,记为  $M_k (j = 1, 2, 3, 4)$ , 最终予以综合后即得对地整体作战效果评估值:

$$M = \sum_{k=1}^4 w_k M_k \quad (1)$$

关于评分函数,本文采用10分制进行评分,其函数如图1所示。图中,  $\mu$  表示实际计算出的各子阶段评估指标值,  $\mu_f, \mu_r, \mu_{hs}, \mu_{fh}, \mu_0$  表示各子阶段评估指标的期望值,它们可由解析算法或人为指定预先得到。

### 2.2.2 航空兵对某一选定地面目标作战效果评估

航空兵对某一选定地面目标作战效果评估模型建模原理及评估步骤与对地整体作战效果基本一致,只是在计算  $\mu_f, \mu_r, \mu_{hs}$  时,由于仅针对某一选定地面目标,计算方法稍有所不同:①一次仿真运行,  $\mu_f =$  突防该目标地防火力的飞机架数 / 用于突击该目标的飞机总架数;  $\mu_r =$  进入该目标的飞机架数 / 突防该目标地防火力的飞机架数;  $\mu_{fh} =$  安全返航的飞机架数 / 进入该目标的飞机架数;②多次仿真运行,  $\mu_f, \mu_r, \mu_{fh}$  的计算同前。毁伤目标阶段的评分方法也有所区别:一次仿真运行,无需计算毁伤目标率;对于单个目标,评分函数如图2所示,图中  $\omega$  为毁伤目标平均必须命中弹数;若判定目标被毁伤,评分值也为 10;对于面状目标,评

分函数如图3所示,图中  $a_{gd}$  为目标规定毁伤面积百分比;对于机场跑道,若成功封锁,则评分值为10,否则为0。多次仿真运行,需计算毁伤目标率:对于单个目标,  $\mu_{hs} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{hsi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1 - (1 - \frac{1}{\omega})^{K_i}]$ , 式中,  $P_{hsi}$ 、 $K_i$  分别为第  $i$  次仿真运行对该单个目标的毁伤概率、命中该目标弹数;对于面状目标,  $\mu_{hs} = \frac{N_{hs}}{N}$ , 式中,  $N_{hs}$  为  $N$  次仿真运行判定该面状目标被毁的总次数;对于机场跑道,  $\mu_{hs} = \frac{N_{hs}}{N}$ , 式中,  $N_{hs}$  为  $N$  次仿真运行判定成功封锁跑道的总次数。

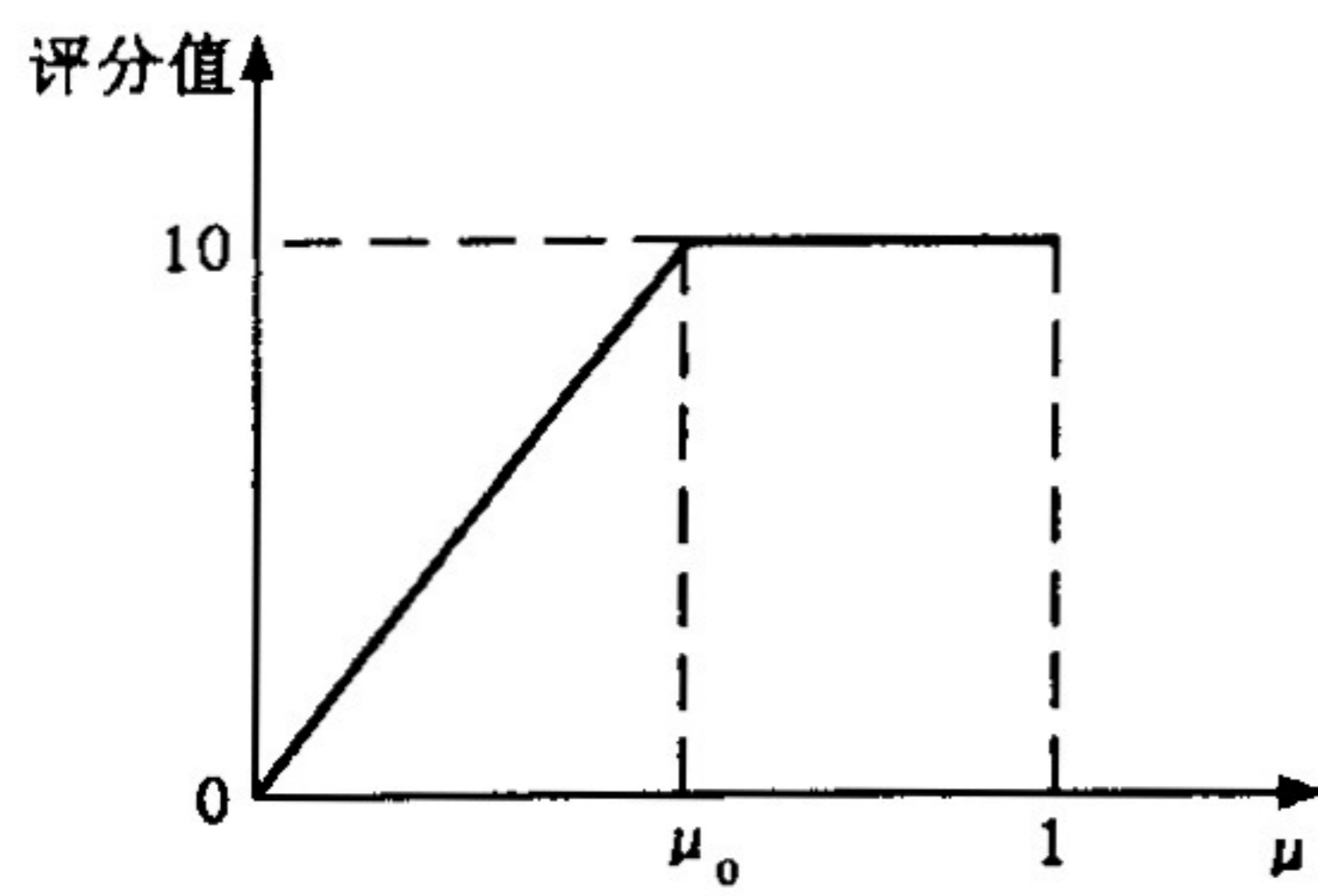


图1 各子阶段评分函数示意

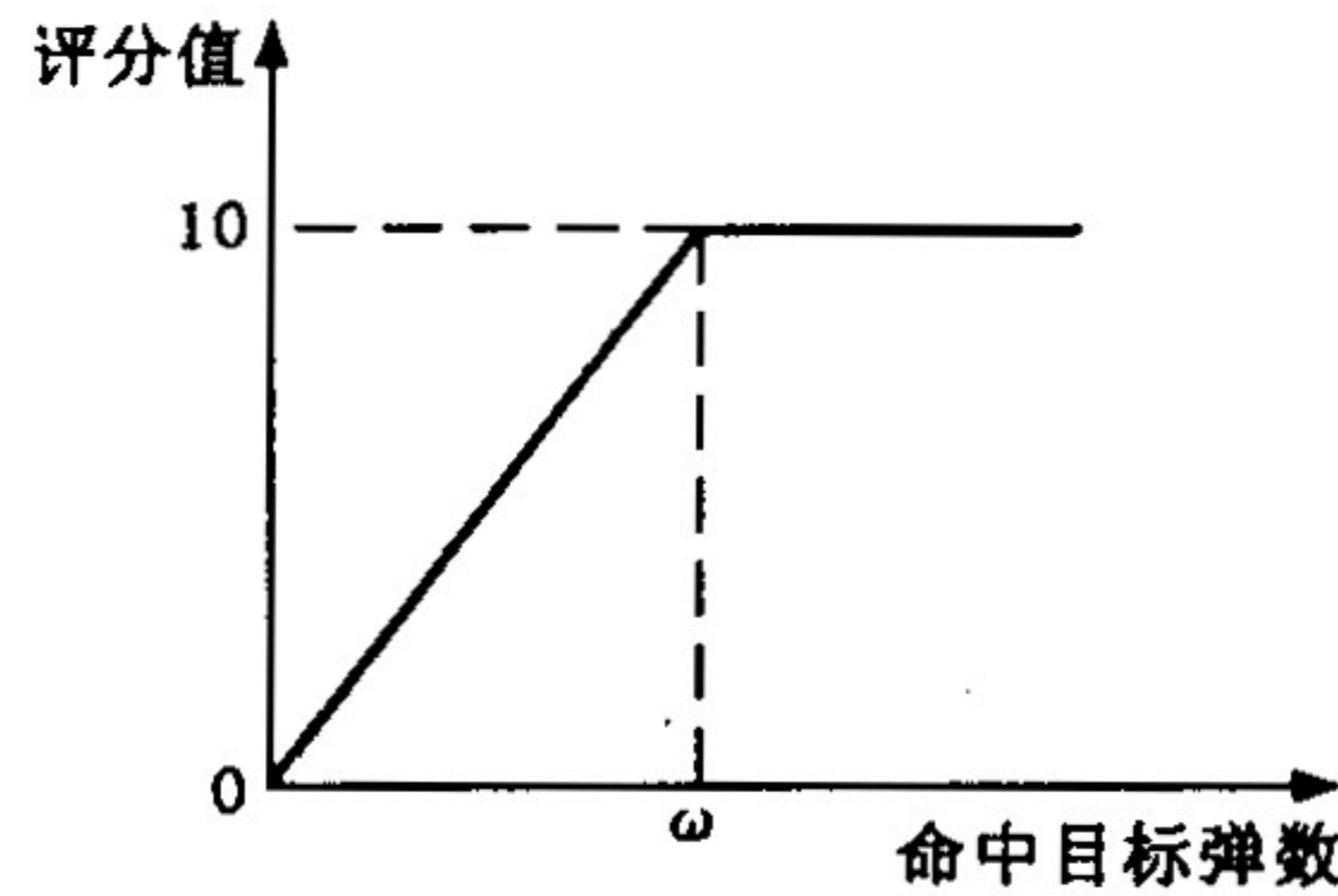


图2 毁伤单个目标评分函数

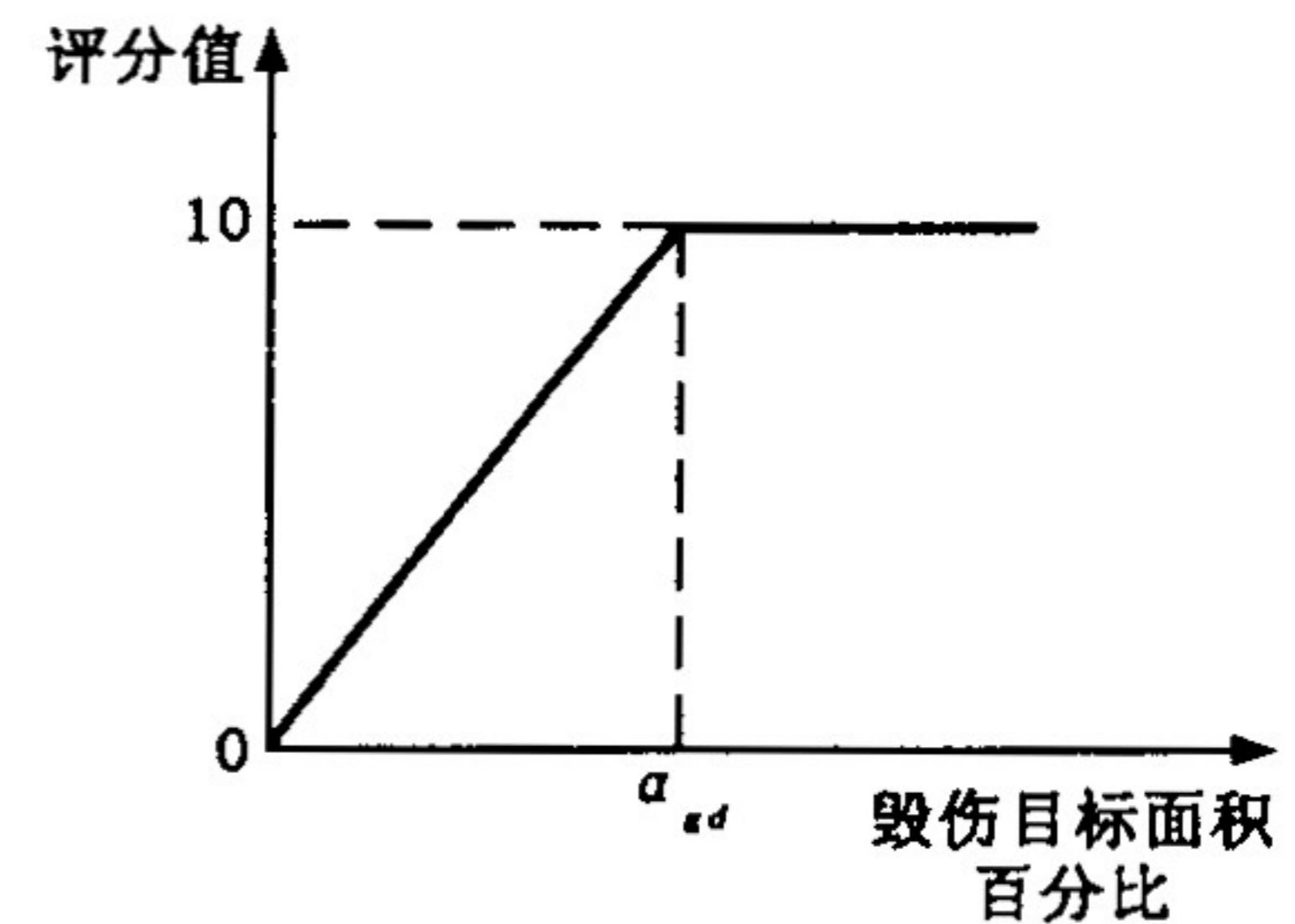


图3 毁伤面状目标评分函数

### 3 结束语

由于空地对抗战术训练仿真系统主要是进行战术级的空地对抗仿真<sup>[5]</sup>,仿真粒度较粗且大多采用概率模型模拟空对地作战过程,因此评估模型中对航空兵整个空中进攻过程的阶段划分也相应比较粗略,只能满足本仿真系统空对地作战效果评估的要求。而对于仿真粒度较细的仿真系统(如武器平台级仿真),则应考虑将空中进攻过程进行更进一步的阶段划分,以满足其空对地作战效果分析与评估的要求。

#### 参考文献:

- [1] 任全,李为民,黄树彩. 基于CGF/HLA的地空导弹攻防对抗仿真研究[J]. 计算机仿真,2004,21(5):4-7.
- [2] 徐洸. 空军作战运筹[M]. 北京:空军指挥学院出版社,2002.
- [3] 康崇禄. 国防系统分析方法[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [4] 郭张龙,李为民. 地空导弹部队阵地选择方案多层次灰色评价[J]. 系统工程与电子技术,2002,24(11):69-72.
- [5] 丁炳汉,王学智. 基于HLA和UML的空防对抗系统仿真研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2004,5(4):37-39.

(编辑:田新华)

## A Method for Evaluation of Air - to - Ground Engagement Effect Based on DIS / HLA Simulation

GUO Zhang-long<sup>1</sup>, DING Er-qi<sup>1</sup>, LI Wei-min<sup>2</sup>, YAN Lai-xi<sup>3</sup>

(1. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China; 2. The Science Research Department, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China; 3. Air Force Command College, Beijing 100098, China)

**Abstract:** The analysis and evaluation of air - to - ground engagement effect is a kernel portion of the air - to - ground engagement simulation training system, and also is a very difficult problem. Through deep research, a method for evaluation of air - to - ground engagement effect is provided based on DIS / HLA simulation and sub - phase partition with weight. By using this method, two different air - to - ground engagement effects can be evaluated. This method proved to be practical and reliable in application.

**Key words:** DIS / HLA; air - to - ground engagement simulation; air - to - ground engagement effect; phase partition