

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.07.012

基于优度评价方法的空袭目标威胁评估

王丰¹, 李日华², 尹付梅², 王彦¹

(1. 海军航空工程学院研究生4队, 山东 烟台 264001;

2. 海军航空工程学院基础部系统科学与数学研究所, 山东 烟台 264001)

摘要: 针对定量与定性评价指标共存的特点, 将优度评价方法运用于对空袭目标威胁的评估。确定集群空袭目标的评价指标体系, 建立空袭目标关于各评价指标的关联函数来刻画各空袭目标的威胁, 计算关联度和规范关联度, 并计算出各目标威胁的优度值, 将其用于对各空袭目标的威胁进行排序。实例证明: 该方法可靠、实用, 可为防空武器拦截方案的确定提供定量的依据。

关键词: 优度评价方法; 空袭目标; 威胁评估; 关联函数

中图分类号: O224 **文献标志码:** A

Threat Evaluation of Air Attack Target Based on Priority Degree Evaluation Method

Wang Feng¹, Li Rihua², Yin Fumei², Wang Yan¹

(1. No. 4 Brigade of Postgraduate, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China;

2. Institute of Systems Science & Mathematics, Dept. of Basic Theories, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China)

Abstract: For the features in the evaluation indexes including quantificational and qualitative indicators, the paper uses priority degree evaluation method to evaluate threat of air attack targets. For many targets, via ascertaining evaluation index system, building dependent function of each evaluation indexes, accounting correlation degree and standardization correlation degree and accounting threat priority of each target, then sequencing each target. The example proves that the method is reliable and practical, supplying the quantificational basis for ascertaining the aerial defence missile-interception's schemes.

Keywords: priority degree evaluation method; air attack target; threat evaluation; dependent function

0 引言

优度评价方法是可拓学^[1-3]中评价一个对象(事物、策略、方法等)优劣的基本方法,能够在合适的评价指标体系下,对待评对象进行综合评价,确定其综合优度值。战争中,对集群空袭目标的威胁进行评估排序,对于防空武器拦截方案的确定等指挥决策起着至关重要的作用。运用有效的空袭目标威胁评估方法,评估各空袭目标威胁的大小,对威胁度高的目标应首先实施拦截,完成射击循环后,再拦截其它目标^[4]。目前判断空袭目标威胁的方法较多,如专家评估法、灰色综合关联度评估方法^[5]等。笔者运用优度评价方法对空袭目标的威胁进行评估,为防空指挥决策提供一种定性和定量相结合的方法。

1 空袭目标威胁的优度评价方法

空袭目标威胁的优度评价流程如图1。

1.1 评价指标的选取

在现代防空作战中,空袭目标数量越多、距离

越近、速度越快、航路捷径和飞临时间越短,威胁度就越大。空袭目标干扰能力、机动性和预警能力越强,威胁度也越大。空袭目标的类型主要有小型目标、大型目标、武装直升机和战术弹道导弹等,不同目标对被掩护对象造成的损伤程度是不同的。被掩护对象由于战略、战术地位的不同,其重要等级也不相同^[6]。根据当前空袭兵器、空袭样式的发展和被掩护对象防御的需要,对威胁评估指标主要考虑空袭目标的类型及其能力,被掩护对象的重要等级,目标的数量、距离、速度、飞临时间、高度、航路捷径、干扰能力、机动性和预警情况等,分别将其记为 SI_i , ($i = 1, 2, \dots, n$)。

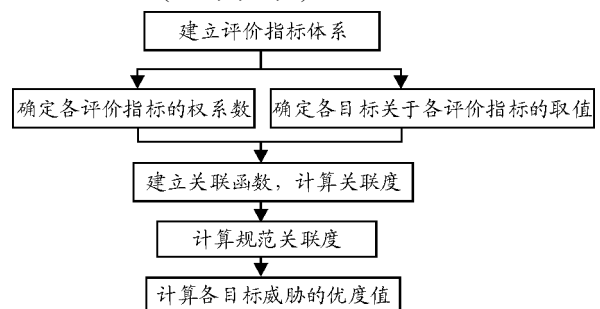


图1 空袭目标威胁的优度评价流程图

收稿日期: 2011-02-20; 修回日期: 2011-04-20

作者简介: 王丰(1985—), 男, 山东人, 硕士研究生, 从事系统分析与集成研究。

1.2 确定各评价指标的权系数

对空袭目标 Z_j , ($j=1,2,\dots,m$) 的威胁度进行评估, 以权系数来表示各评价指标 SI_1, SI_2, \dots, SI_n 的重要程度, 根据经验、专家打分法或层次分析法等分别赋予 $[0,1]$ 的值, 权系数记为 $\alpha=(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, 其中 $\sum_{k=1}^n \alpha_k = 1$ 。

1.3 确定各空袭目标关于各评价指标的量值

在历史资料的基础上, 根据侦察系统探测到的各空袭目标的信息, 确定各空袭目标关于各评价指标的原始量值。

1.4 建立关联函数, 计算关联度

根据历史资料、战场搜集到的信息或专家打分的方法, 对所确定的评价指标集 $SI=\{SI_1, SI_2, \dots, SI_n\}$, 分别建立关联函数 $K_1(x), K_2(x), \dots, K_n(x)$ 。若评价指标的量值域是一些离散数据的集合, 如 SI_v , ($v \in \{1, 2, \dots, n\}$) 表示被掩护对象的重要等级, 其量值域为 $\{1$ 级, 2 级, 3 级, 4 级 $\}$, 则可建立关联函数^[1]:

$$K_v(x) = \begin{cases} a, & x=1\text{级}, \\ b, & x=2\text{级}, \\ c, & x=3\text{级}, \\ d, & x=4\text{级}, \end{cases} \quad (1)$$

其中 a, b, c, d 的值可由专家打分得到。对空袭目标类型及其能力, 空袭目标的数量, 目标的干扰能力, 机动性, 预警能力和量值域为高空、中空和低空的目标高度, 也可用同样的方法建立关联函数。

当评价指标 SI_y , ($y \in \{1, 2, \dots, n\}$) 为空袭目标的速度, 其正域^[1]为 $X_y = \langle r_1, r_2 \rangle$, 当 $x=r_2$ 时, 目标威胁最大; 量值越小, 威胁就越小, 则建立关联函数为:

$$K_y(x) = \begin{cases} \frac{x-r_1}{r_2-r_1}, & x < r_2, \\ 1, & x = r_2, \\ \frac{r_2-x}{r_2-r_1}, & x > r_2, \end{cases} \quad (2)$$

临界值 r_1, r_2 可根据历史资料、战场搜集的信息和专家的意见确定。

对正域为 $X_z = \langle q_1, q_2 \rangle$, 且 $x=q_1$ 时目标威胁最大, 即量值越大威胁就越小的评价指标而言, 如 SI_z , ($z \in \{1, 2, \dots, n\}$) 为空袭目标距离, 则建立关联函数为:

$$K_z(x) = \begin{cases} \frac{x-q_1}{q_2-q_1}, & x < q_1, \\ 1, & x = q_1, \\ \frac{q_2-x}{q_2-q_1}, & x > q_1, \end{cases} \quad (3)$$

临界值 q_1, q_2 也可根据历史资料、战场搜集到的信息和专家的意见确定。同样, 对航路捷径和飞行时间, 也可按照类似方法建立关联函数。

把空袭目标 Z_j 关于各评价指标 SI_i 的量值代入相应的关联函数中, 求出关联函数值, 简记为 $K_i(Z_j)$, 则各空袭目标 Z_1, Z_2, \dots, Z_m 关于 SI_i 的关联度为:

$$K_i = (K_i(Z_1), K_i(Z_2), \dots, K_i(Z_m)), \quad (i=1, 2, \dots, n)。$$

规范化得:

$$k_{ij} = \frac{K_i(Z_j)}{\max |K_i(x)|},$$

$$(i=1, 2, \dots, n), (j=1, 2, \dots, m)。$$

则各空袭目标 Z_1, Z_2, \dots, Z_m 关于 SI_i 的规范关联度为:

$$k_i = (k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{im}), (i=1, 2, \dots, n)。$$

1.5 计算各目标威胁的优度值

空袭目标 Z_j 关于各评价指标 SI_1, SI_2, \dots, SI_n 的规范关联度为:

$$K(Z_j) = \begin{pmatrix} k_{1j} \\ k_{2j} \\ \vdots \\ k_{nj} \end{pmatrix}, (j=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

则空袭目标 Z_j 威胁的优度值为:

$$C(Z_j) = \alpha K(Z_j) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$$

$$(k_{1j}, k_{2j}, \dots, k_{nj})^T = \sum_{i=1}^n \alpha_i k_{ij}, \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

对 Z_j 威胁的优度值进行比较, 若 $C(Z_0) = \max_{j \in \{1, 2, \dots, m\}} \{C(Z_j)\}$, 则空袭目标 Z_0 的威胁最大, 应考虑首先予以拦截。

2 应用举例

假设在一次防空作战中, 某地空导弹防空系统欲拦截小型目标 Z_1, Z_2 , 大型目标 Z_3 , 武装直升机 Z_4 批来袭目标, 利用优度评价方法对空袭目标的威

胁进行评估。

确定评价指标体系为 $SI = \{SI_1, SI_2, SI_3, SI_4, SI_5, SI_6, SI_7\}$, 其中 SI_i , ($i=1,2,\dots,7$) 分别表示空袭目标的电子干扰能力, 空袭目标欲攻击的被掩护对象的重要等级, 空袭目标飞临时间, 目标高度, 目标数量, 不同空袭目标类型的平均杀伤能力, 目标有无机动性。

根据作战任务、作战需求和敌我实力等因素确定评价指标的重要程度, 分别赋予评价指标 $SI_1, SI_2, SI_3, SI_4, SI_5, SI_6, SI_7$ 的权系数为 $\alpha = (0.08, 0.16, 0.14, 0.11, 0.19, 0.25, 0.07)$, 满足 $\sum_{k=1}^7 \alpha_k = 1$ 。

根据历史资料和地面侦察系统探测到的各空袭目标的信息, 确定各目标关于各评价指标的量值。假设 Z_1, Z_2, Z_3 和 Z_4 的飞行高度分别为高空, 中空, 高空, 低空。 Z_1, Z_2, Z_3 和 Z_4 欲攻击的被掩护对象的重要等级分别为 2, 1, 5, 3 级。 Z_1, Z_2, Z_3 和 Z_4 的干扰能力分别为强, 很强, 弱, 中。飞临时间分别为 10, 15, 25, 20 min。空袭目标数量分别为 2, 4, 4, 3。目标机动性分别为有, 有, 无, 有。

根据空袭目标的干扰能力, 依据战场搜集到的信息和专家的意见, 建立 SI_1 的关联函数为:

$$K_1(x) = \begin{cases} 0.9, & x = \text{很强}, \\ 0.6, & x = \text{强}, \\ 0.4, & x = \text{中}, \\ 0.1, & x = \text{弱}, \\ 0, & x = \text{无}. \end{cases}$$

类似, 可建立 $SI_2, SI_3, SI_4, SI_5, SI_6$ 和 SI_7 的关联函数分别为:

$$K_2(x) = \begin{cases} 0.9, & x = 1\text{级}, \\ 0.7, & x = 2\text{级}, \\ 0.5, & x = 3\text{级}, \\ 0.3, & x = 4\text{级}, \\ 0.1, & x = 5\text{级}, \end{cases} \quad K_3(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{30}, & x < 5 \text{ min}, \\ 1, & x = 5 \text{ min}, \\ \frac{35-x}{30}, & x > 5 \text{ min}, \end{cases}$$

$$K_4(x) = \begin{cases} \text{高空}, & x = 0.2, \\ \text{中空}, & x = 0.5, \\ \text{低空}, & x = 0.8, \end{cases} \quad K_5(x) = \begin{cases} 0.1, & x = 1, \\ 0.15, & x = 2, \\ 0.2, & x = 3, \\ 0.25, & x = 4, \end{cases}$$

$$K_6(x) = \begin{cases} 0.8, & x = \text{小型目标}, \\ 0.5, & x = \text{大型目标}, \\ 0.2, & x = \text{武装直升机}, \end{cases} \quad K_7(x) = \begin{cases} 0.6, & x = \text{有}, \\ 0.4, & x = \text{无}. \end{cases}$$

把 Z_1, Z_2, Z_3 和 Z_4 关于评价指标的量值代入相应的关联函数中, 求出对应的关联度, 分别为:

$$\begin{aligned} K_1 &= (0.6, 0.9, 0.1, 0.4), \\ K_2 &= (0.7, 0.9, 0.1, 0.5), \\ K_3 &= (0.83, 0.67, 0.33, 0.5), \\ K_4 &= (0.2, 0.5, 0.2, 0.8), \\ K_5 &= (0.15, 0.25, 0.25, 0.2), \\ K_6 &= (0.8, 0.8, 0.5, 0.2), \\ K_7 &= (0.6, 0.6, 0.4, 0.6). \end{aligned}$$

规范化得:

$$\begin{aligned} k_1 &= (0.67, 1, 0.11, 0.44), \\ k_2 &= (0.78, 1, 0.11, 0.56), \\ k_3 &= (1, 0.81, 0.4, 0.6), \\ k_4 &= (0.25, 0.63, 0.25, 1), \\ k_5 &= (0.6, 1, 1, 0.8), \\ k_6 &= (1, 1, 0.63, 0.25), \\ k_7 &= (1, 1, 0.67, 1). \end{aligned}$$

计算空袭目标 Z_1 威胁的优度值为:

$$\begin{aligned} C(Z_1) &= (0.08, 0.16, 0.14, 0.11, 0.19, 0.25, 0.07), \\ & (0.67, 0.78, 1, 0.25, 0.6, 1, 1)^T = 0.7799. \end{aligned}$$

同理可得:

$$C(Z_2) = 0.9327, \quad C(Z_3) = 0.5043, \quad C(Z_4) = 0.6033.$$

从以上结果可知, $C(Z_2) = \max_{j \in \{1,2,3,4\}} \{C(Z_j)\}$, 即空袭目标 Z_2 的威胁最大, 应予以首先拦截。并且目标的威胁排序为 $Z_2 > Z_1 > Z_4 > Z_3$ 。

3 结束语

利用优度评价方法对空袭目标的威胁进行评估, 是一种定性和定量相结合的方法。实例证明: 优度评价方法可靠性较高, 具有很强的实用价值, 而且解算方便, 为防空武器拦截方案的确定提供一种定量化的方法和思路。

参考文献:

- [1] 杨春燕, 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 70-170.
- [2] 陈军生, 周文明. 基于可拓方法的装备保障动态评估模型[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(11): 11.
- [3] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 25-106.
- [4] 娄寿春. 地空导弹射击指挥控制模型[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 299-320.
- [5] 徐伟, 智军, 陈亮, 等. 基于灰色综合关联度的空中目标威胁度评估[J]. 兵工自动化, 2008, 27(8): 86-91.
- [6] 吴智辉, 张多林. 基于模糊理论的空袭目标威胁判断模型[J]. 火力与指挥控制, 2005, 30(4): 92-94.