

信息化条件下空战威胁评估指标体系*

王俊敏¹, 李涛¹, 贾子英²

(1. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264001; 2. 海军陆战学院, 广东 广州 510430)

摘要: 目标威胁评估是空战决策研究的重要组成部分, 评价指标是进行威胁评估的前提和基础。根据现代空战的特点, 借鉴网络中心战思想, 从空间态势、物理域、信息域、认知域4个角度构建了信息化条件下空战目标威胁评估指标体系, 并对指标体系进行了完备性、合理性、有效性检验。通过实例分析表明威胁评估指标能较好地反映信息化条件下空中目标的实际威胁, 为空战决策研究提供参考。

关键词: 空战决策; 威胁评估; 评估指标; 信息化

中图分类号: E917; E844

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1673-3819.2014.05.004

Threat Assessment Indexes of Air Combat Target in Conditions of Informationalization

WANG Jun-min¹, LI Tao¹, JIA Zi-ying²

(1. Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001; 2. Naval Marine Academy, Guangzhou 510430, China)

Abstract: Threat assessment of target is an important part in the air combat decision study, and the evaluation index is the premise and the basis of such evaluation. According to the features of modern air combat and network-centric warfare, the threat assessment indexes of air combat target was built four categories, including the spatial position, physical domain, information domain and cognitive domain. The indexes were tested from completeness, rationality and effectiveness. Through the case analysis, show that the indexes is effectively. The result is expected to be reference for the air combat decision study in the future.

Key words: air combat decision; threat assessment; evaluation index; informationalization

随着战争形态由机械化向信息化的转变, 相对于传统近距离格斗空战模式, 现代空战转变为信息化条件下的超视距协同对抗。交战双方越来越注重利用信息优势取得战场的主动权, 由信息优势所造成的作战威胁也越来越受到关注。目标威胁评估是空战决策研究中的重要内容。进行空战目标威胁评估, 首先要建立评估指标体系, 它的好坏直接影响威胁评估的结果。

在以美国 F-22 为代表的第四代隐身战斗机服役之后, 按照传统指标体系对空中目标进行威胁评估已经不能体现高技术条件下由于目标具备信息优势而产生的威胁, 不能满足现代空战决策的需要。本文借鉴网络中心战思想并结合空战实际情况, 从物理域、信息域、认知域以及空间威胁4个角度建立一种能体现信息化空战中目标威胁的评估指标体系。

1 信息化空战威胁评估指标体系

信息化条件下的空战是包括多机种在内的协同空

战, 参战飞机之间借助信息化技术共同协作完成空战任务。信息化空战最大的特点就是交战双方运用高技术装备获取战场信息优势, 并在此基础上将其转化成空战中的战术优势, 从而获取空战中的主动权。网络中心战是描述信息时代组织和作战方法的理论, 该理论认为“任何战争都同时发生在物理、信息和认知三个领域”^[1]。信息化条件下的空战目标威胁也可从这三个方面进行分析。

物理领域是空战中各类飞机平台实际存在的领域, 一般通过飞机的机动速度、抗毁性能和武器系统性能来衡量飞机在该领域作战能力的强弱。因此, 可以从载机的自身能力(包括机动性、探测能力、生存力等)及其所携带武器的杀伤能力两方面来对空战目标在物理领域产生的威胁进行分析, 综合归纳为目标的能力威胁。

信息领域是交战双方收集、处理、共享作战信息的领域。空战中作战信息包括目标的类型、数量、空间位置、移动速度等特征参数。空战双方通过采取战术手段影响、阻碍对方收集、处理和共享这些信息而取得信息优势。例如飞机通过超低空飞行等战术动作躲避雷达探测、四代机平台采用先进的隐身设计降低雷达反射面积以及使用复合材料降低红外特性等措施, 都是为了取得空战过程中的信息优势, 这种在信息领域由于信息优势而产生的威胁定义为目标的信息威胁。

收稿日期: 2014-04-24

修回日期: 2014-05-10

* 基金项目: 总装备部题资助项目(513040501)

作者简介: 王俊敏(1984-), 男, 湖南衡阳人, 博士研究生, 研究方向为飞行器精确打击作战运用。

李涛(1982-), 男, 博士研究生。

贾子英(1984-), 男, 博士, 讲师。

目标信息威胁可以从信息的完整性、准确性、时效性3个方面进行评价。

认知领域是交战双方依据战场态势通过推理做出作战决策的领域。认知领域的能力由交战双方对战场态势的响应性来衡量^[1],我方在进行决策时应根据敌方目标的空战战术以及目标对我方作战任务的影响制定有针对性的作战方案。目标在认知领域的威胁可以从目标的战术威胁和我方作战意图的影响两方面进

行分析,概括为目标的作战决策威胁。

空战过程中,目标处于不同的空间位置对我方作战单元的威胁程度是不同的。目标除了在物理、信息、认知领域产生的威胁,还必须结合空战的实际情况考虑目标的空间态势威胁^[2]。综合以上分析,根据指标体系的完备性、合理性、有效性构建原则,本文从物理域、信息域、认知域和空间态势四个角度建立信息化条件下空战目标威胁评估指标体系,如图1。

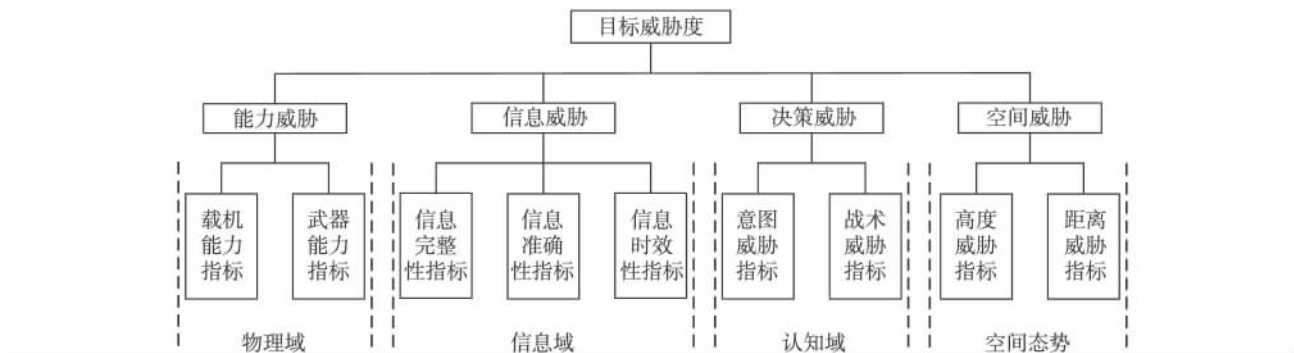


图1 目标威胁评估指标体系

2 指标的内涵

2.1 能力威胁指标

目标的能力威胁主要包括载机平台能力以及所携带武器的杀伤能力两个方面。

指标1:载机能力威胁指标,是反映航空作战平台性能好坏的测度。载机能力一般用机动性能 M 、目标探测能力 D 、操纵效能 ε_1 、生存力 ε_2 和航程 ε_3 等5个主要因素来衡量。定义载机能力指标函数:

$$P_{11} = (\ln M + \ln D) \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \quad (1)$$

指标2:武器能力威胁指标,是反映目标所挂载武器系统对己方作战单元毁伤能力的测度,由硬杀伤能力 F 和软杀伤能力 E_c 两方面构成,硬杀伤能力由目标所挂载的武器类型和数量综合决定,软杀伤能力主要指目标的电子战能力^[3]。定义武器能力指标函数:

$$P_{12} = \ln(E_c + F + 1) \quad (2)$$

2.2 信息威胁指标

信息威胁的评价指标包括信息的完整性、信息的准确性、信息的时效性^[4]3个方面。

指标1:信息完整性指标,是反映目标种类和数量信息与战场事实吻合程度的测度。目标种类和数量信息吻合程度越低,则对目标的信息越不完整,认为目标信息威胁指数越高。假设空战中 t 时刻空中实际目标数量为 $m(t)$ 、种类为 $n(t)$,己方已获取的作战信息中目标数量为 $m_r(t)$ 、种类为 $n_r(t)$,战场目标信息更新频次为 S 。定义信息完整性指标函数:

$$P_{21} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \frac{n_r(t)}{n(t)} \times \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \frac{m_r(t)}{m(t)} \quad (3)$$

指标2:信息准确性指标,是反映目标特征与战场事实吻合程度的测度。目标特征信息吻合程度越低,则对某目标的信息准确性越低,认为目标信息威胁指数越高。假设空战中 $G(t)$ 、 $H(t)$ 表示在 t 时刻目标的客观特征向量和己方已掌握作战信息中的主观特征向量,分别表示为

$$\begin{cases} G(t) = [g_1(t) \ g_2(t) \ \cdots \ g_n(t)] \\ H(t) = [h_1(t) \ h_2(t) \ \cdots \ h_n(t)] \end{cases}$$

特征向量由目标的类型、空间位置、移动速度等特征参数构成,参数的数量为 n 。定义信息准确性指标函数:

$$P_{22} = 1 - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{|g_k(t) - h_k(t)|}{|g_k(t)|} \quad (4)$$

指标3:信息时效性指标,是反映目标信息满足作战时限需求程度的测度。目标信息时效性越高,则认为目标信息威胁指数高。定义信息时效性指标函数:

$$P_{23} = [P_{23}^L \ P_{23}^U] \quad (5)$$

式中 P_{23}^L 为时效下界, P_{23}^U 为时效上界,时限参数可以通过查阅机载指挥信息系统数据获得^[4]。

2.3 决策威胁指标

决策威胁主要包括目标对我方整体作战意图的威胁和目标战术威胁两方面。由于决策威胁具有模糊性、非定量性的特点,研究中可先采用语言变量来描述,然后利用模糊数学的方法解决定量分析问题。

指标1:意图威胁指标,是反映目标对己方作战单元完成计划作战任务产生影响大小的测度。设己方飞机可执行的任务种类为 $\{T_1, T_2, T_3, \dots, T_n\}$,目标对己方飞机执行不同作战任务的影响程度为 $\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\}$,某次空战中所执行的空战任务 $T = \omega_1 T_1 + \omega_2 T_2 + \dots + \omega_n T_n$,其中任务权重 ω 依据任务实际情况进行确定。定义目标的意图威胁指标函数:

$$P_{31} = \omega_1 A_1 + \omega_2 A_2 + \dots + \omega_n A_n \quad (6)$$

影响程度 A_i 的大小用语言变量描述为“弱、较弱、一般、较强、强”,对应区间数映射 $[0, 0.2)$, $[0.2, 0.4)$, $[0.4, 0.6)$, $[0.6, 0.8)$, $[0.8, 1]$ 。

指标2:战术威胁指标,是反映目标采取不同的战术方案对己方作战单元产生威胁大小的测度。典型的航空兵协同战术主要包括协同绕侧机动战术、剪形机动战术、分合机动战术等^[5]。定义目标战术威胁指标函数:

$$P_{32} = \begin{cases} EL & R_i \text{ 为 } Z_1, B_j \text{ 为 } Z_3 \\ VL & R_i \text{ 为 } Z_2, B_j \text{ 为 } Z_3 \\ L & R_i \text{ 为 } Z_1, B_j \text{ 为 } Z_2 \\ M & (R_i, B_j) \text{ 同为 } (Z_1, Z_2, Z_3) \\ H & R_i \text{ 为 } Z_2, B_j \text{ 为 } Z_1 \\ VH & R_i \text{ 为 } Z_3, B_j \text{ 为 } Z_2 \\ EH & R_i \text{ 为 } Z_3, B_j \text{ 为 } Z_1 \end{cases} \quad (7)$$

式中, R_i 表示红方第 i 架飞机, B_j 表示蓝方第 j 架飞机; Z_1 表示协同绕侧机动; Z_2 表示剪形机动; Z_3 表示协同分合机动; EL, VL, L, M, H, VH, EH 分别表示目标战术方案对我产生的威胁大小为非常低、很低、低、一般、高、很高、非常高,相应三角模糊数映射为 $EL = (0, 0.1)$, $VL = (0.1, 0.2, 0.3)$, $L = (0.2, 0.3, 0.4)$, $M = (0.4, 0.5, 0.6)$, $H = (0.6, 0.7, 0.8)$, $VH = (0.8, 0.9, 1.0)$, $EH = (0.9, 1.0, 1.0)$ 。

2.4 空间威胁指标

信息化条件下的空战模式更多表现为超视距条件下的协同作战^[2]。针对超视距空战,空间威胁主要包括距离威胁、高度威胁两个方面。

指标1:距离威胁指标^[2],是反映目标在空间距离上对己方作战单元产生威胁大小的测度。定义距离威胁指标函数:

$$P_{41} = \begin{cases} 0.5 & r < R_{mr}, R_{mb} < r < R_{rr}, R_{rb} < r \\ 0.5 + 0.2 \frac{r - R_{mr}}{R_{mb} - R_{mr}} & R_{mr} < r < R_{mb} \\ 0.5 + 0.1 \frac{r - R_{rr}}{R_{rb} - R_{rr}} & R_{rr} < r < R_{rb} \end{cases} \quad (8)$$

式中, r 为红蓝双方飞机间的距离; R_{rr}, R_{rb} 分别为红、蓝方飞机雷达截获区的远边界; R_{mr}, R_{mb} 为红、蓝双方导弹攻击区远边界。

指标2:高度威胁指标,是反映目标在空间高度上对己方作战单元产生威胁大小的测度。设 H 为目标与己方作战单元的相对高度差, H_0 为门限高度差^[6]。定义高度威胁指标函数:

$$P_{42} = \begin{cases} e^{-\left(\frac{H-H_0}{\sigma_{H_0}}\right)}, & H \leq H_0 \\ 1, & H > H_0 \end{cases} \quad (9)$$

3 指标体系的检验

3.1 完备性检验

评估指标能否全面地反映评价目标与任务是完备性检验的目的。完备性检验可以从“区分度”和“重叠度”两方面进行分析,前者是分析指标对评价对象的描述能力,后者是分析指标间的相互独立性。研究中一般采用定性分析的方法对指标体系的完备性进行检验,因此专业知识在检验过程中占主导作用。本文在目标威胁评估指标体系建立过程中,通过查阅专业文献以及咨询相关领域专家等方式完成指标体系的完备性检验。

3.2 合理性检验

评估指标是否具有代表性是合理性检验的目的。一般认为人们对于不同事物同种属性的差别分辨能力在5~9级之间^[8],因此当某指标权重小于0.1时,则认为该指标影响过小,可予以排除。本文采用权数判断法对指标进行筛选,利用IAHP方法^[9]得到指标权重如表1。从指标分配结果权重可以看出,体系内一、二级指标的相对权重均超过0.1,说明各项信息化条件下空战目标威胁评估指标均具有一定代表性,指标体系比较合理。

3.3 有效性检验

在实际评估过程中,由于在认识上的差异性,不同专家采取同一指标体系对事物进行评估时往往会得到不同的评估结果。针对这种情况可以采用效度系数法^[10]对指标体系的有效性进行检验。效度系数 β 越大,则说明专家对该问题的认识存在的分歧越大,指标体系的有效性越低。一般认为 β 小于0.1时,指标体系有效性越高。

设指标体系 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, β 为 C 的效度系数, β_i 为单个指标 c_i 的效度系数,一共请 S 个专家进行评估,得

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^S x_{ij}}{S}, \beta_i = \frac{\sum_{j=1}^S |\bar{x}_i - x_{ij}|}{S \times M}, \beta = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n}。$$

式中 n 为指标数量,第 j 个专家对第 i 项指标的评分为 x_{ij} ,指标 c_i 的评分均值为 \bar{x}_i , M 为 $\{x_{i1}, x_{i2}, \cdots, x_{in}\}$ 评分集中的最优值。对本文指标体系进行有效性检验时,分别请 5 位专家采用打分法(五分制)对同一空中目标进行定性评估,结果见表 2。

表 1 各级指标权重计算表

评估目标	一级指标	相对权重	二级指标	相对权重	权重
目标威胁度	能力威胁	0.27	载机能力	0.50	0.135
			武器能力	0.50	0.135
			信息完整性	0.30	0.096
	信息威胁	0.32	信息准确性	0.35	0.112
			信息时效性	0.35	0.112
			意图威胁	0.65	0.149
	决策威胁	0.23	战术威胁	0.35	0.081
			距离威胁	0.50	0.063
	空间威胁	0.18	高度威胁	0.50	0.063

表 2 指标有效度计算

评估指标	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	x_{i4}	x_{i5}	\bar{x}_i	$\sum_{j=1}^S \bar{x}_i - x_{ij} $	β_i
载机能力	5	5	4	4	4	4.4	2.4	0.096
武器能力	5	4	3	4	4	4.0	2.0	0.08
信息完整性	4	3	3	4	5	3.8	4.0	0.088
信息准确性	5	5	4	5	4	4.6	2.4	0.096
信息时效性	5	5	4	4	4	4.4	2.4	0.096
意图威胁	4	5	4	3	4	4.0	2.0	0.08
战术威胁	4	5	3	5	4	4.2	3.2	0.128
距离威胁	3	3	3	3	4	3.2	1.6	0.08
高度威胁	3	3	4	4	4	3.6	2.4	0.12

计算得到效度系数 $\beta = 0.0944$,说明指标体系的有效性较高。

4 算例分析

假设己方为 1 架第三代战斗机配合编队其余飞机执行空战任务,编号 R ;敌方空中编队包括:预警机 1

架,编号 B_1 ;第三代战斗机 1 架,编号 B_2 ;第四代隐身战斗机 1 架,编号 B_3 ;电子战飞机 1 架,编号 B_4 。其中 R 挂载中、远距空空导弹;目标 B_1 、 B_4 搭载电子对抗设备;目标 B_2 、 B_3 分别挂载中、远距空空导弹。根据战场作战信息,参考各类型飞机相关作战参数,经过数据信息融合后,得到目标的威胁属性如表 3。

表 3 空战目标威胁属性

目标	距离	高度	载机能力	武器能力	信息完整性	信息准确性	信息时效性	意图威胁	战术威胁
预警机 B_1	185	13	8.6	2.8	0.77	0.93	[1.3 2.0]	较弱	M
三代机 B_2	102	8	10.5	4.8	0.86	0.78	[2.5 3.8]	较强	H
四代机 B_3	110	6	15.8	4.8	0.43	0.39	[5.3 7.5]	强	EH
电子战飞机 B_4	95	7	10.5	2.2	0.88	0.78	[2.1 3.7]	弱	H

从表 3 中可以看出,在不考虑空间位置的情况下,相对于其他飞机,四代战斗机由于具备超机动性和超音速巡航能力造成其载机能力威胁较大;由于挂载的武器系统(主要是空空导弹)类似,四代机和三代机的

者武器能力威胁相同;相对于预警机和电子战飞机,敌方三代机和四代机对我方完成空战任务产生的影响较大,因此作战意图威胁较大;另外,武器能力包括硬杀伤和软杀伤两方面,预警机和电子战飞机虽然不能发

射武器 ,但由于载有电子对抗设备 ,能降低我方飞机的空战能力 ,因此它们也拥有一定的武器软杀伤能力 ,空战中也会对我产生威胁 ;四代战斗机产生的最大威胁是信息威胁 ,从表中可以看出 ,不论从信息的完整性、准确性还是时效性考虑 ,其威胁程度都远高于其他

飞机。

本文采用文献 [11] 中的混合多属性决策方法对目标进行威胁度计算。

1) 根据决策威胁指标语言变量与区间数、三角模糊数之间的映射关系 ,得到混合多属性决策矩阵 :

$$A = \begin{bmatrix} 185 & 13 & 8.6 & 3.9 & 0.77 & 0.93 & [1.3 \ 2.0] & [0.8 \ 1] & (0.4 \ 0.5 \ 0.6) \\ 102 & 8 & 10.5 & 3.8 & 0.86 & 0.78 & [2.5 \ 3.8] & [0 \ 0.2] & (0.6 \ 0.7 \ 0.8) \\ 110 & 4 & 15.8 & 4.8 & 0.43 & 0.39 & [5.3 \ 7.5] & [0.2 \ 0.4] & (0.9 \ 1 \ 1) \\ 95 & 7 & 10.5 & 3.3 & 0.88 & 0.78 & [2.1 \ 3.7] & [0.6 \ 0.8] & (0.6 \ 0.7 \ 0.8) \end{bmatrix}$$

2) 将决策矩阵 A 规范化 :

$$B = \begin{bmatrix} 0.16 & 0.29 & 0.21 & 0.27 & 0.32 & 0.11 & [0.22 \ 0.29] & [0.54 \ 0.91] & (0.26 \ 0.37 \ 0.52) \\ 0.20 & 0.15 & 0.27 & 0.26 & 0.46 & 0.24 & [0.34 \ 0.47] & [0.08 \ 0.14] & (0.39 \ 0.52 \ 0.70) \\ 0.21 & 0.13 & 0.36 & 0.37 & 0.65 & 0.76 & [0.62 \ 0.83] & [0.14 \ 0.37] & (0.67 \ 0.87 \ 0.87) \\ 0.29 & 0.14 & 0.26 & 0.23 & 0.48 & 0.24 & [0.30 \ 0.46] & [0.41 \ 0.73] & (0.39 \ 0.52 \ 0.70) \end{bmatrix}$$

3) 利用目标威胁指标权重系数 $\omega = (0.108 \ 0.072 \ 0.135 \ 0.135 \ 0.096 \ 0.112 \ 0.112 \ 0.149 \ 0.081)$,求加权规范化矩阵 :

$$Z = \begin{bmatrix} 0.017 & 0.021 & 0.028 & 0.036 & 0.031 & 0.012 & [0.025 \ 0.032] & [0.081 \ 0.136] & (0.021 \ 0.030 \ 0.042) \\ 0.022 & 0.011 & 0.036 & 0.035 & 0.044 & 0.027 & [0.038 \ 0.053] & [0.012 \ 0.021] & (0.032 \ 0.042 \ 0.057) \\ 0.023 & 0.009 & 0.049 & 0.048 & 0.062 & 0.085 & [0.069 \ 0.093] & [0.021 \ 0.055] & (0.054 \ 0.070 \ 0.071) \\ 0.031 & 0.010 & 0.035 & 0.031 & 0.046 & 0.027 & [0.034 \ 0.052] & [0.061 \ 0.109] & (0.032 \ 0.042 \ 0.057) \end{bmatrix}$$

4) 确定正理想解和负理想解 :

$$T^+ = [0.031 \ 0.021 \ 0.049 \ 0.048 \ 0.062 \ 0.085, [0.62 \ 0.83], [0.54 \ 0.91], (0.67 \ 0.87 \ 0.87)]$$

$$T^- = [0.017 \ 0.010 \ 0.028 \ 0.031 \ 0.031 \ 0.012, [0.22 \ 0.29], [0.08 \ 0.14], (0.26 \ 0.37 \ 0.52)]$$

5) 求出各目标的到正负理想解的距离 ,并计算相对贴近度得出 : $B_1^* = 0.534$, $B_2^* = 0.796$, $B_3^* = 0.825$, $B_4^* = 0.237$ 。

由计算结果得出目标威胁度排序为 : $B_3 > B_2 > B_1 > B_4$ 。

假设己方第三代战斗机挂载电子战吊舱配合编队

其余飞机执行电子对抗任务 ,在其余条件不变的情况下 ,目标的威胁属性如表 4。由于我方战斗机挂载的电子战吊舱 ,敌方预警机和电子战飞机降低我方飞机的作战能力的能力增大 ,即其软杀伤能力增大 ,导致这两类飞机的武器能力威胁指数相对执行空战任务时明显增大。

表 4 电子对抗目标威胁属性

目标	距离	高度	载机能力	武器能力	信息完整性	信息准确性	信息时效性	意图威胁	战术威胁
预警机 B_1	185	13	8.6	4.5	0.77	0.93	[1.3 2.0]	强	M
三代机 B_2	102	8	10.5	4.8	0.86	0.78	[2.5 3.8]	弱	H
四代机 B_3	110	6	15.8	4.8	0.43	0.39	[5.3 7.5]	弱	EH
电子战飞机 B_4	95	7	10.5	4.2	0.88	0.78	[2.1 3.7]	强	H

采用同样方法对目标进行威胁度计算可得 : $B_1^* = 0.746$, $B_2^* = 0.723$, $B_3^* = 0.783$, $B_4^* = 0.692$,此时目标威胁度排序为 : $B_3 > B_1 > B_2 > B_4$ 。主要原因是由于我方飞机执行电子对抗任务 ,敌方预警机和电子战飞机的作战意图威胁较大 ,导致预警机和电子战飞机较空战时的威胁度大幅提高 ,此时预警机对我机的威胁已

经超过三代战斗机 ,四代机由于其综合威胁非常明显 ,威胁程度依然最高。

仿真算例 1 中 ,四代机相对于三代机 ,载机能力以及武器毁伤能力差距较小或基本相同 ,但四代机的信息威胁不论从完整性、准确性还是时效性指标分析 ,威胁程度都远高于三代机 ,是导致四代机综合威胁程度

高于三代机的最主要因素;算例2中,虽然决策威胁对评估目标综合威胁产生了较大影响,但目标决策威胁的判断是建立在准确掌握目标信息的基础之上的,只有准确及时地掌握目标信息,才能对目标进行正确的决策威胁判断。因此在信息化空战中,威胁评估必须考虑目标的信息威胁。

5 结束语

目标威胁评估指标是进行空战威胁评估的基础,是信息化条件下空战决策研究中亟待解决的问题之一。在确定威胁评估指标时,应充分考虑信高技术装备的运用所带来的战场信息威胁,同时也要体现敌方目标对我空中编队整体作战任务的影响。本文从空间态势、物理域、信息域、认知域四个角度出发,构建了一种能体现信息化空战中目标威胁的评估指标体系,通过对指标体系的完备性、合理性、有效性进行检验,最后通过算例分析表明该评估指标体系符合空战目标威胁实际情况,可为空战决策研究提供参考。

参考文献:

- [1] 费爱国,许同和,徐德池.网络中心战与信息化战争[M].北京:军事科学出版社,2006:66-67.
- [2] 刘正敏,姜长生,陈志伟.多机协同空战中的威胁排序[J].电光与控制,2011,18(2):30-34.
- [3] 粘松雷.001型舰航母编队舰载机防空作战决策模型研究[D].烟台:海军航空工程学院,2012.
- [4] 臧垒,蒋晓原,王钰.C⁴ISR系统作战效能评估指标体系研究[J].系统仿真学报,2008,20(3):574-576.
- [5] 崔晓宝.航空兵战术定量分析的理论与方法[M].北京:蓝天出版社,2009:116-117.
- [6] 张涛,周中良,苟新禹.基于信息熵和TOPSIS法的目标威胁评估及排序[J].电光与控制,2012,19(11):35-38.
- [7] 陈正.舰载战斗机超视距空战协同问题研究[D].烟台:海军航空工程学院,2013.
- [8] 郭戎潇,夏靖波,王晓东.面向网络中心战的通信网作战效能评估指标体系研究[J].军事运筹与系统工程,2010,24(1):70-73.
- [9] 谷向东,同中翔,郭辉.IAHP和熵权相结合的TOPSIS法的空战目标威胁评估[J].火力指挥与控制,2012,37(1):69-72.
- [10] 苏为华.多指标综合评价理论与方法问题研究[D].厦门:厦门大学,2000.
- [11] 夏勇其,吴祈宗.一种混合性多属性决策问题的TOPSIS方法[J].系统工程学报,2004,19(6):630-634.