

一种反舰导弹目标威胁判断算法

鲍永亮, 肖明, 颜仲新

(海军装备研究院, 北京 100161)

摘要: 反舰导弹目标威胁等级评估与排序对于合理进行火力分配和制定科学攻击决策具有十分重要的意义。分析了水面舰艇编队目标的作战能力及军事价值。从综合防空、反潜、反舰、对陆攻击、电子战、情报、军事价值、效费比等方面深入研究了威胁等级的评估方法, 给出了舰艇编队威胁评估算法, 建立了基于 D-S 证据理论的多目标威胁度评估模型以及基于目标价值权重向量分析的人工辅助威胁判断模型。通过多目标编队的案例仿真, 结果表明, 本文提出的目标威胁判断算法较全面地反映了水面舰艇编队目标的威胁特性, 有较强的理论基础和实用价值, 可行有效, 能够为反舰导弹的协同火力使用、作战任务辅助决策提供支撑。

关键词: 兵器科学与技术; 反舰导弹; 目标威胁判断; 算法

中图分类号: TJ761.1⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1093(2015)S2-0090-07

An Algorithm for Anti-ship Missile Target Threat Estimation

BAO Yong-liang, XIAO Ming, YAN Zhong-xin

(Naval Academy of Armament, Beijing 100161, China)

Abstract: Grade evaluation and sorting of the anti-ship missile target threats are of great importance to distribute the battlefield resources and make a scientific decision on attack or defense. The operational capability and military value of surface warship formation are analyzed. The evaluation method of target threat is deeply investigated based on integrated air-defense, anti-submarine, anti-ship, land-attack, electronic warfare, information, military value, cost-effectiveness. An anti-ship missile target threat estimation algorithm, a multi-target threat estimation model based on D-S evidence theory and an artificial auxiliary threat judgment model based on vector analysis of target value weight are also proposed. The multi-target formation simulation result shows that the proposed target threat judgment algorithm can fully reflect the features of threat of surface warship formation target.

Key words: ordnance science and technology; anti-ship missile; target threat estimation; algorithm

0 引言

随着电子技术、信息技术以及体系化协同作战思想的发展, 复杂战场环境下的远程精确打击成为未来战争的主要手段。为打赢未来信息化、体系化

条件下的战争, 要求作为现代战争主战武器的导弹必须具备精细化的作战能力, 以达到整体作战效能最大化。对于反舰导弹, 在获得全局战场对抗态势之后, 如何对最优打击过程进行精确建模、对多个水面舰艇目标进行高效的、最优的打击一直以来是

收稿日期: 2015-06-01

基金项目: 国防预先研究基金项目(4010701020107)

作者简介: 鲍永亮(1975—), 男, 高级工程师。E-mail: qiupchen@163.com

一个技术难点。由于水面舰艇目标的多样性和态势的复杂性,如何在现有条件和技术基础上,完成目标威胁的评估与判断在当前是一个技术难点。对于体系化作战成为未来战争主要形式的趋势下,需要对该技术进行攻关。通过对目标威胁判断技术的研究,对典型敌方目标特性进行分析,结合导弹作战性能和作战环境,确定对目标打击所需用弹量,实现最优打击。

威胁评估是数据融合和指挥控制系统的重要功能之一,目的是确定敌方武器装备、兵力部署等对我方形成的威胁等级^[1]。目前,国内开展了大量的目标威胁评估研究工作,方法也有很多,主要有贝叶斯推理^[2]、模糊推理^[3]、层次分析方法^[1]等,根据不同方法的特点可适用于不同的环境。在战术导弹目标威胁判断的研究中,大多是针对防空反导,主要研究空中目标的威胁判断,而对于反舰导弹目标威胁判断研究相对较少。文献[4]采用反舰导弹目标威胁判断主要研究在多弹探测信息融合处理与应用的基础上对目标的作战意图和防御策略进行预估和判断,结合目标特性和作战任务要求对目标的威胁等级进行评估和分析,给出反舰导弹作战打击优先次序,为打击目标的用弹量分配提供决策依据。

1 目标威胁评估与判断技术

1.1 评估准则

对目标编队进行的威胁等级评估与判断是在一定的评估原则基础上进行的。针对典型舰艇编队舰船目标的特点,可以采用的评估准则包括综合防空能力、综合反舰能力、综合反潜能力、综合对陆攻击能力、综合电子对抗能力、综合情报能力、军事价值、经济价值、效费比和时敏性等,如图1所示。

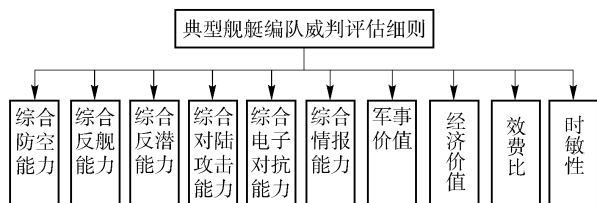


图1 典型舰艇编队威胁评估细则

1.2 威胁评估算法

1.2.1 综合防空能力评估方法

假设目标配备了 N 种防空武器,我方目标 n

种,各防空武器的备弹量为 $M_i (i=1 \cdots N)$,各防空武器单发拦截概率为 $P_{Lij} (j=1 \cdots n)$,各防空武器系统可靠性为 R_i ,各防空武器平均射击时间间隔为 D_{Ti} ,各防空武器拦截最大作用距离为 L_i ,我方导弹飞行速度为 V_M 。

1) 拦截武器的可用发射弹量

$$M_{i0} = \begin{cases} \frac{L_i}{V_M D_{Ti}}, & M_i > \frac{L_i}{V_M D_{Ti}}; \\ M_i, & M_i \leq \frac{L_i}{V_M D_{Ti}}. \end{cases} \quad (1)$$

2) 各拦截武器的饱和拦截概率

$$P_{Lij0} = R_i [1 - (1 - P_{Lij})^{M_{i0}}]. \quad (2)$$

3) 对单目标的综合防空能力

$$P_{Lj} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{L_i}{\sum_{i=1}^N L_i} P_{Lij0} \right). \quad (3)$$

4) 综合防空能力

$$P_L = \frac{\sum_{j=1}^n P_{Lj}}{n}. \quad (4)$$

1.2.2 综合反舰能力评估方法

假设目标配备了 N 种反舰武器,我方有 n 艘舰,各反舰武器的备弹量分别为 $M_i (i=1 \cdots N)$,各反舰武器的系统可靠性为 R_i ,单枚反舰武器被我方给定目标(需要保护的舰船)的拦截概率为 $P_{Lij} (j=1 \cdots n)$,单枚反舰武器对我方给定目标的捕捉概率为 P_{Cij} ,单枚反舰武器对我方给定目标的命中概率为 P_{Mij} ,单枚反舰武器对我方给定目标的毁伤概率为 P_{Kij} ,各反舰武器的最大作用距离为 L_i ,目标与我方舰船的相对距离为 L_{Tij} ,我方舰船的重要程度为

$$\omega_j, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1.$$

1) 可作用条件

$$K_{gij} = \begin{cases} 1, & L_{Tij} \leq L_i; \\ 0, & L_{Tij} > L_i. \end{cases} \quad (5)$$

2) 单种反舰武器饱和和攻击能力

$$P_{K0ij} = K_{gij} R_i [1 - (1 - P_{Kij})^{M_i P_{Mij} P_{Cij} (1 - P_{Lij})}]. \quad (6)$$

3) 对单目标的综合反舰能力

$$P_{K0j} = \begin{cases} \sum_{i=1}^N \left(\frac{K_{gij} L_{Tij}}{\sum_{i=1}^N K_{gij} L_{Tij}} P_{K0ij} \right), & \sum_{i=1}^N K_{gij} L_{Tij} > 0; \\ 0, & \sum_{i=1}^N K_{gij} L_{Tij} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

4) 综合反舰能力

$$P_{K0j} = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{K_{gij}\omega_j}{\sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j)} P_{K0j} \right)}{\sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j)} > 0; \\ 0, & \sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

1.2.3 综合反潜能力评估方法

假设目标配备了 N 种反潜武器,我方有 n 艘潜艇,各反潜武器的备弹量分别为 $M_i (i=1, \dots, N)$,各反潜武器系统可靠性为 R_i ,各反潜武器反潜最大作用距离为 L_i ,各反潜武器反潜深度为 D_i ,我方潜艇的潜水深度为 $d_j (j=1, \dots, n)$,敌方对我方潜艇的搜索成功概率为 P_{Fj} ,单枚反潜武器对我方给定目标的捕捉概率为 P_{Cij} ,单枚反潜武器对我方给定目标的命中概率为 P_{Mij} ,单枚反潜武器对我方给定目标的毁伤概率为 P_{Kij} ,目标与我方潜艇的水平相对距离为 L_{Tij} ,我方潜艇的重要程度为 ω_j , $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$.

1) 可作用条件

$$K_{gij} = \begin{cases} 1, & L_{Tij} \leq L_i, d_j \leq D_i; \\ 0, & \text{其他}. \end{cases} \quad (9)$$

2) 单种反潜武器饱和和攻击能力

$$P_{K0ij} = K_{gij} R_i P_{Fj} [1 - (1 - P_{Kij})^{M_i P_{Mij} P_{Cij}}]. \quad (10)$$

3) 对单潜艇综合反舰能力

$$P_{K0j} = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{K_{gij} d_j L_{Tij}}{\sum_{i=1}^N K_{gij} d_j L_{Tij}} P_{K0ij} \right)}{\sum_{i=1}^N K_{gij} d_j L_{Tij}} > 0; \\ 0, & \sum_{i=1}^N K_{gij} d_j L_{Tij} = 0. \end{cases} \quad (11)$$

4) 综合反潜能力

$$P_{K0} = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{K_{gij}\omega_j}{\sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j)} P_{K0j} \right)}{\sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j)} > 0; \\ 0, & \sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

1.2.4 综合对陆攻击能力评估方法

假设目标配备了 N 种对陆攻击武器,我方有 n 个目标,各对陆攻击武器的备弹量分别为 $M_i (i=$

$1, \dots, N)$,各对陆攻击武器的系统可靠性为 R_i ,各对陆攻击武器的最大作用距离为 L_i ,目标与我方目标的水平相对距离为 L_{Tij} ,单枚对陆攻击武器被我方拦截概率为 P_{Lij} ,单枚对陆攻击武器毁伤概率为 P_{Kij} ,

我方目标的重要程度为 ω_j , $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$.

1) 可用条件

$$K_{gij} = \begin{cases} 1, & L_{Tij} \leq L_i; \\ 0, & \text{其他}. \end{cases} \quad (13)$$

2) 单种对陆攻击武器饱和和打击能力

$$P_{K0ij} = K_{gij} R_i [1 - (1 - P_{Kij})^{M_i (1 - P_{Lij})}]. \quad (14)$$

3) 对单目标综合打击能力

$$P_{K0j} = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{K_{gij} L_{Tij}}{\sum_{i=1}^N K_{gij} L_{Tij}} P_{K0ij} \right)}{\sum_{i=1}^N K_{gij} L_{Tij}} > 0; \\ 0, & \sum_{i=1}^N K_{gij} L_{Tij} = 0. \end{cases} \quad (15)$$

4) 综合打击能力

$$P_{K0} = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{K_{gij}\omega_j}{\sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j)} P_{K0j} \right)}{\sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j)} > 0; \\ 0, & \sum_{j=1}^n (K_{gij}\omega_j) = 0. \end{cases} \quad (16)$$

1.2.5 综合电子对抗能力评估方法

假设目标配备了 N 种电子对抗武器,我方有 n 个目标,每一种电子对抗武器的对抗权重为 ξ_{ij} ,每一种电子对抗武器的作用范围为 L_{ij} ,我方目标的权重判别为 ω_j .

1) 单目标综合电子对抗能力

$$C_j = \xi_{ij} \frac{L_{ij}}{\sum_{i=1}^N L_{ij}}. \quad (17)$$

2) 综合电子对抗能力

$$C = \omega_j C_j. \quad (18)$$

1.2.6 综合情报能力评估方法

假设目标配备了 N 种情报手段,每一种情报手段的作用距离为 L_i ,每一种情报处理效率为 E_i ,每一种情报的准确率为 F_i ,每一种情报的使用率 P_i ,我方确定的敌方情报手段的重要程度 ω_i ,目标综合情报能力为

$$C = \sum_{i=1}^N \left(\omega_i P_i F_i E_i \frac{L_i}{\sum_{i=1}^N L_i} \right). \quad (19)$$

1.2.7 军事价值评估方法

假设每一种目标的信息链路为 M_i , 每一个目标距我方指挥中心的距离为 L_i , 我方给出的目标重要程度 ω_i , 目标军事价值的算法为:

$$C = \sum_{i=1}^N \left(\omega_i \frac{M_i}{\sum_{i=1}^N M_i} \frac{L_i}{\sum_{i=1}^N L_i} \right). \quad (20)$$

1.2.8 经济价值评估方法

假设每一种目标的成本为 C , 则可以按照 C 的大小对编队目标进行排序。

1.2.9 效费比评估方法

假设目标的数量为 N , 使用的反舰导弹数量为 n_i , 反舰导弹单枚成本 c_i , 反舰导弹突防概率为 P_{Pi} (与综合防空能力的 P_{Lj} 相关), 反舰导弹目标捕捉概率为 P_{Ci} , 反舰导弹单发命中概率为 P_{Mi} , 反舰导弹单发毁伤概率为 P_{Ki} , 指挥系统对各目标的毁伤期望为 P_{W0i} .

1) 对单目标的毁伤概率

$$P_{W0i} \leq 1 - (1 - P_{Ki})^{n_i P_{Pi} P_{Ci} P_{Mi}}. \quad (21)$$

2) 对目标毁伤概率的估计

$$P_{Wi} = 1 - (1 - P_{Ki})^{M_i P_{Pi} P_{Ci} P_{Mi}}. \quad (22)$$

3) 效费比

$$E_i = \frac{P_{Wi}}{M_i c_i}. \quad (23)$$

1.2.10 时敏性评估方法

假设目标价值出现时间为 T_{0i} , 目标价值消失时间为 T_{1i} , 指挥系统对目标价值出现时间关注程度为 ω_1 , 指挥系统对目标价值存在时间关注程度为 ω_2 , 目标的时间敏感指标为:

$$C = \frac{T_{0i}}{\sum_{i=1}^N T_{0i}} \omega_1 + \frac{T_{0i} - T_{0i}}{\sum_{i=1}^N (T_{0i} - T_{0i})} \omega_2. \quad (24)$$

1.3 多目标威胁评估算法

运用灰色关联度分析对影响舰艇多目标威胁度的属性因子之间的关联度进行评估, 建立以下评估模型。

1.3.1 威胁度属性因子选取

在对舰艇多目标进行威胁度评估的过程中, 不同的属性因子具有不同的影响权系数。采用不同的威胁评估准则, 也会影响威胁度评估的结果。这些

属性因子包括环境因素(天气、地形等)、敌我双方武器平台及武器装备性能、敌我双方战斗部署等。在诸多属性因子中, 既有定性因子又有定量描述, 而且彼此之间有着复杂的关联, 需要对其加以分析以便根据某一函数关系建立数学模型。

尽管对作战环境和敌方舰艇的武器装备的战斗部署方法很难或不可能获得, 但被攻击舰艇的武器装备及其战术性能等情报却比较容易获得。根据我方掌握的被攻击舰艇武器装备数量及其性能, 按照某种函数关系建立反舰导弹突防能力的数学模型。这样, 不仅可以大大简化目前的反舰导弹突防能力的数学模型, 而且也可以提高计算结果的可信性。根据我方掌握的敌方信息和目标估计信息、监测信息, 将敌方舰艇的性能、距离、速度、加速度、方位角以及配属武器的性能作为对敌舰艇威胁度评估所采用的属性因子。舰艇性能通常包括舰艇攻击性能、舰艇防御性能和舰艇航海性能。

1.3.2 多目标威胁度评估模型的建立

1.3.2.1 属性因子最优值的确定

通过 D-S 证据理论^[4]对获得的多个信息进行规则匹配, 从而得到所用的多个属性因子的最优值。

1) 基本理论

对一个判决问题, 设人们所能认识到的可能结果用集合 Θ 表示, 那么人们所关心的唯一命题都对应于 Θ 的一个子集。 Θ 被称为识别框架, 识别框架依赖于人们的认识水平。

设 Θ 为识别框架。如果集函数 $m: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 满足: $m(\Phi) = 0$, $\sum_{A \in \Theta} m(A) = 1$, 则称 m 为框架 Θ 上的基本可信度分配。

如果 $Belz(A) = \sum_{B \subset A} m(B)$ ($\forall A \subset \Theta$), 则称 $Bel: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 为 Θ 上的信度函数, 表达了对每个命题的信度(考虑前因后果)。如果 $m(A) > 0$, 则称 A 为信度函数 Bel 的焦元, 所有焦元的并成为它的核心。如果函数 $Q: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 满足: $Q(A) = \sum_{A \subset B} m(B)$ ($\forall A \subset \Theta$), 则称 Q 为众信度函数, 反应了包含 A 的集合的所有基本可信度之和。如果函数 $pl: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 满足: $pl(A) = 1 - Bel(A)$ 和 $Q(A) = \sum_{A \subset B} m(B)$ ($\forall A \subset \Theta$), 则称 pl 为似真度函数, $pl(A)$ 表示不怀疑 A 的程度, 它包含了所有与 A 相容的集合的基本可信度函数。

2) D-S 证据合成法则

设 Bel_1, \dots, Bel_n 是同一识别框架 Θ 上的信度函数 m_1, \dots, m_n 是对应的基本可信度分配, 如果 $Bel_1 \otimes \dots \otimes Bel_n$ 存在且基本可信度分配为 m , 则

$$\forall A \subset \Theta, A \neq \Phi, A_1, \dots, A_n \subset \Theta, m(A) = K, \quad (25)$$

$$\sum_{\substack{A_1, \dots, A_n \subset \Theta \\ A_1 \cap \dots \cap A_n = A}} m_1(A_1) \cdot \dots \cdot m_n(A_n).$$

式中:

$$K = \left(1 - \sum_{\substack{A_1, \dots, A_n \subset \Theta \\ A_1 \cap \dots \cap A_n \neq \Phi}} m_1(A_1) \cdot \dots \cdot m_n(A_n) \right)^{-1} =$$

$$\left[\sum_{\substack{A_1, \dots, A_n \subset \Theta \\ A_1 \cap \dots \cap A_n \neq \Phi}} m_1(A_1) \cdot \dots \cdot m_n(A_n) \right]^{-1} = (1-t)^{-1}, \quad (26)$$

式中: $1-t$ 是修正因子(归一化系数)。 $1-t$ 的引入实际上是为了避免证据组合时将非零的概率赋给空集, 把空集所丢弃的信度分配按比例地补到非空集上。

1.3.2.2 关联系数矩阵的建立

为了保证结果的可靠性, 首先需要对原始因素进行规范化处理。然后, 通过灰色系统理论找到属性因子的参考数列(即最优因子指标), 利用关联分析法建立各个舰艇的属性因子与所对应的最优因子指标的关联系数。

将 $\{C_0\} = [C_{01}, C_{02}, \dots, C_{0m}]$ 作为参考数列, 将 $\{C\} = [C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{im}]$ 作为被比较数列, 则用关联分析法分别求得的第 k ($k \in [1, m]$) 个因素与第 k 个最优因子指标的关联系数, 即

$$\xi_{ik} = \frac{\min_i \min_k |C_{0k} - C_{ik}| + \rho \max_i \max_k |C_{0k} - C_{ik}|}{|C_{0k} - C_{ik}| + \rho \max_i \max_k |C_{0k} - C_{ik}|}, \quad \rho \in (0, 1). \quad (27)$$

则得到关联矩阵:

$$E = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \dots & \xi_{1m} \\ \xi_{21} & \dots & \xi_{2m} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \xi_{n1} & \dots & \xi_{nm} \end{bmatrix}. \quad (28)$$

采用层次分析法(AHP), 通过两两比较的方式, 制定比较标准, 获得各层次评估指标的权重系数。构成权重向量 $1-t$, 根据公式 $V = EW$ 计算出 V 的值, 则可对敌方各舰艇的威胁度进行排序。关联度大的舰艇, 威胁度也大, 反之, 关联度小的舰艇, 威胁度就小。

建立的舰艇多目标威胁度评估结构如图2

所示。

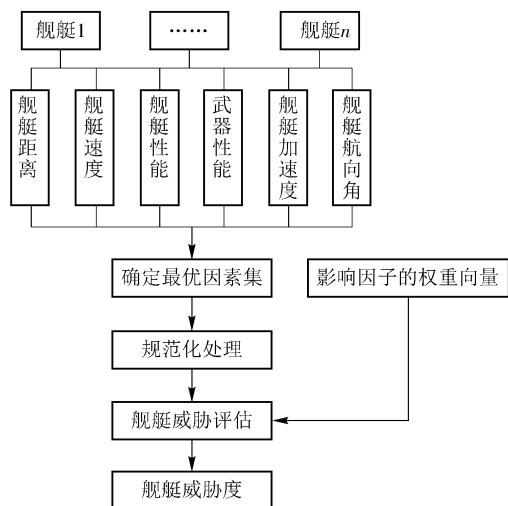


图2 舰艇多目标威胁度评估结构图

1.4 人工辅助威胁判断

目标威胁等级和重要性的确定, 不同的作战意图有不同的确定方法, 根据任务规定和指挥员的战术意图, 可使用层次分析法进行人工辅助决策。

1.4.1 比较尺度

目标 i 与目标 j 相比, 其重要性衡量尺度 a_{ij} 由表1给出。

表1 目标重要性衡量尺度和含义

尺度 a_{ij}	含义
1	i 和 j 同等重要
3	i 比 j 稍微重要
5	i 比 j 重要
7	i 比 j 明显重要
9	i 比 j 绝对重要
2, 4, 6, 8	i 与 j 相比在上述两个相邻等级之间
1/2, 1/3, ..., 1/9	i 与 j 相比与上相反

1.4.2 两两比较矩阵

应用上述尺度构造比较矩阵 A , 将目标预排序并填入表中。

1.4.3 计算目标价值权重

首先将比较矩阵 A 每一列归一化, 得到:

$$\tilde{V}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad (29)$$

式中: \tilde{V}_{ij} 为第 i 个目标相对于第 j 个目标重要性的权重值。将 \tilde{V}_{ij} 按行求和得

$$\tilde{V}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{V}_{ij}, \quad (30)$$

式中: \tilde{V}_i 为第 i 个目标价值权重总和。将 \tilde{V}_i 归一化得出第 i 个目标价值权重

$$V_i = \frac{\tilde{V}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{V}_i}. \quad (31)$$

则目标价值权重向量为

$$V = (V_1, V_2, \dots, V_n)^T. \quad (32)$$

1.5 威胁排序

不同威胁等级的目标按照威胁等级(如综合防空能力指数 P_L)由小到大依次排列,相同威胁等级的目标按到达时间或目标距离由近到远依次排列,得到所有威胁目标统一排序后的序号,即为各目标的综合威胁排序值。

2 示例仿真

编队目标打击优先级评估主要包括作战对象选择、作战对象尺度比较、作战对象分析、AHP 权重敏感性分析等。需要进行评估的目标可以选择数据库中已有的、长期积累的情报目标,也可以选择实际作战中实时探测获取的目标。进行评估的作战对象可以选择已知编队中的所有目标,也可以从不同编队中选取不同的目标个体,还可以选择情报与实时探测目标的混合评估。

这里选取由 8 艘水面舰艇组成的编队作为反舰导弹威胁判断评估的计算案例。假设这八个目标分别为 201, 202, ..., 208。在对这八个目标的基本性能和参数进行设定后,可以采用以上的方法对其威胁等级和程度进行分析评估。

当选取需要进行评估的所有目标后,可以根据各类型目标专家决策权重直接进行评估,如图 3 所示;也可以根据指挥员的战术意图采用层次分析法对各目标的重要程度进行评估,如图 4 所示。

新编定任务和指挥员战术意图进行排列									
目标名称	201	202	203	204	205	206	207	208	
201	1.00000	1.28571	1.80000	3.00000	4.50000	9.00000	3.00000	1.80000	
202	0.77778	1.00000	1.40000	2.33333	3.50000	7.00000	2.33333	1.40000	
203	0.55556	0.71429	1.00000	1.66667	2.50000	5.00000	1.66667	1.00000	
204	0.33333	0.42857	0.60000	1.00000	1.50000	3.00000	1.00000	0.60000	
205	0.22222	0.28571	0.40000	0.66667	1.00000	2.00000	0.66667	0.40000	
206	0.11111	0.14286	0.20000	0.33333	0.50000	1.00000	0.33333	0.20000	
207	0.33333	0.42857	0.60000	1.00000	1.50000	3.00000	1.00000	0.60000	
208	0.55556	0.71429	1.00000	1.66667	2.50000	5.00000	1.66667	1.00000	

目标评估权重									
目标名称	201	202	203	204	205	206	207	208	
AHP法权重	0.25714	0.20000	0.14286	0.09571	0.05714	0.02857	0.09571	0.14286	
优先级1	0.42857	0.40000	0.30000	0.20000	0.10000	0.05000	0.20000	0.30000	
排序结果	201	202	203	204	205	206	207	208	

图3 专家权重评估

新编定任务和指挥员战术意图进行排列									
目标名称	201	202	203	204	205	206	207	208	
201	1.00000	1.28571	1.80000	3.00000	4.50000	9.00000	3.00000	1.80000	
202	0.77778	1.00000	1.40000	2.33333	3.50000	7.00000	2.33333	1.40000	
203	0.55556	0.71429	1.00000	1.66667	2.50000	5.00000	1.66667	1.00000	
204	0.33333	0.42857	0.60000	1.00000	1.50000	3.00000	1.00000	0.60000	
205	0.22222	0.28571	0.40000	0.66667	1.00000	2.00000	0.66667	0.40000	
206	0.11111	0.14286	0.20000	0.33333	0.50000	1.00000	0.33333	0.20000	
207	0.33333	0.42857	0.60000	1.00000	1.50000	3.00000	1.00000	0.60000	
208	0.55556	0.71429	1.00000	1.66667	2.50000	5.00000	1.66667	1.00000	

目标评估权重									
目标名称	201	202	203	204	205	206	207	208	
AHP法权重	0.25603	0.20589	0.14224	0.08292	0.05690	0.02845	0.08534	0.14224	
优先级1	0.42857	0.40000	0.30000	0.20000	0.10000	0.05000	0.20000	0.30000	
排序结果	201	202	203	204	205	206	207	208	

图4 目标敏感性分析

对于时间敏感的实战情况,可以直接使用预定义的战术原则对所选择目标进行自动化评估、判断与优先级排序。可使用的战术原则有:防空能力、反舰能力、反潜能力、对陆攻击能力、电子对抗能力、情报能力、军事价值、经济价值、效费比、经济对换比、时敏性等。根据防空指数战术原则给出的威胁判断与排序的结果如图 5 所示,根据效费比指数战术原则给出的威胁判断与排序的结果如图 6 所示。

战术原则									
目标名称	201	202	203	204	205	206	207	208	
防空指数	0.13078	0.13131	0.12479	0.12533	0.12183	0.11585	0.12533	0.12479	

图5 防空指数战术原则给出的威胁判断与排序

战术原则									
目标名称	201	202	203	204	205	206	207	208	
效费比指数	0.06804	0.07296	0.12261	0.12512	0.16930	0.19422	0.12512	0.12261	

图6 效费比指数战术原则给出的威胁判断与排序

3 结论

目标威胁等级评估与排序有利于合理分配战场资源,进行科学的攻防决策。本文对舰艇编队目标的威胁等级判断与评估技术进行了深入研究,给出

了舰艇编队威判评估细则计算法,建立了基于 D-S 证据理论的多目标威胁度评估模型。通过多目标编队的案例仿真,认为其结果可作为火力打击的输入条件,为反舰导弹的协同火力使用、作战任务辅助决策提供支持。

参考文献(References)

- [1] 曹睿婷,章卫国,李广文.基于等多层次分析方法的目标威胁评估研究[J].弹箭与制导学报,2011,31(2):30-32.
CAO Rui-ting,ZHANG Wei-guo,LI Guang-wen.Target threat estimation study based on AHP[J].Rockets, Missile and Guidance, 2011, 31(2):30-32. (in Chinese)
- [2] 李伟生,王宝树.基于贝叶斯网络的态势评估[J].系统工程与电子技术,2003,25(4):480-483.
LI Wei-sheng,WANG Bao-shu.Situation assessment based on bayesian networks[J].Systems Engineering and Electronics, 2003, 25(4):480-483. (in Chinese)
- [3] 钟咏兵,张瑞昌,肖树臣,等.基于模糊集理论的UCAV群空战目标威胁评估研究[J].长春理工大学学报,2008,31(3):139-143.
ZHONG Yong-bing,ZHANG Rui-chang,XIAO Shu-chen,et al. Study of threat assessment for UCAV swarm air combat based on fuzzy sets theory[J].Journal of Changchun University of Science and Technology, 2008, 31(3):139-143. (in Chinese)
- [4] 缪燕子,方健,马小平,等.D-S证据理论融合技术及其应用[M].北京:电子工业出版社,2013.
MIAO Yan-zi,FANG Jian,MA Xiao-ping,et al.D-S evidence of fusion technology and application[M].Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 2013. (in Chinese)