

doi: 10.3969/j.issn.1001-893X.2019.08.016

引用格式: 侯思尧,李永光,陈思静,等.利用主客观集成赋权法的多目标威胁评估[J].电讯技术,2019,59(8):956-961.[HOU Siyao, LI Yongguang, CHEN Sijing, et al. Multi-target threat assessment using subjective and objective integrated weighting method[J]. Telecommunication Engineering, 2019, 59(8): 956-961.]

利用主客观集成赋权法的多目标威胁评估^{*}

侯思尧^{**} 李永光 陈思静 黄黔川

(中国电子科技集团公司第二十九研究所,成都 610036)

摘 要: 在利用逼近于理想解的排序法(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution, TOPSIS) 进行多目标威胁评估时,针对如何获取合理的目标威胁评估因子的权重比,提出了一种主客观集成赋权方法。该方法首先利用主观赋权法和客观赋权法获取两组权重值;然后,通过构造多目标规划模型,将两组权重值进行综合处理,得到更合理的权重值。仿真结果表明,相较于主观赋权法和客观赋权法,所提方法计算出的威胁评估因子的权重值,在用 TOPSIS 法计算目标威胁评估时,能够得到更加合理、有效的评估结果。

关键词: 电子对抗;多目标威胁评估;权重比;主客观集成赋权法

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



微信扫描二维码
听独家语音释文
与作者在线交流

中图分类号: TN97 文献标志码: A 文章编号: 1001-893X(2019)08-0956-06

Multi-target Threat Assessment Using Subjective and Objective Integrated Weighting Method

HOU Siyao, LI Yongguang, CHEN Sijing, HUANG Qianchuan

(The 29th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chengdu 610036, China)

Abstract: A subjective and objective integrated weighting method is presented to get a reasonable weight of target threat assessment factors when using Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution(TOPSIS) to assess multi-target threat level. First, it uses subjective weighting method and objective weighting method to get two sets of weight values. Then, by constructing a multi-target programming model, the two sets of weights values are synthetically processed to get a more reasonable value. Simulation results show that when using TOPSIS to assess multi-target threat level, the threat assessment factor calculated by the proposed method can get more reasonable and effective assessment results compared with subjective weighting method and objective weighting method.

Key words: electronic countermeasure(ECM); multi-target threat assessment; weight ratio; subjective and objective integrated weighting method

1 引 言

随着科技的发展及其逐渐应用于军事领域,今后的战场将会日趋复杂。为了更好地掌控战场、指

挥作战,关键在于准确、及时地对战场中敌方多个目标的威胁程度进行评估,为指挥员的决策提供必要的参考。

* 收稿日期: 2018-09-24; 修回日期: 2018-12-02

** 通信作者: 125371206@qq.com

目标威胁主要分为两个层面,其一为电磁威胁,主要表现在电磁侦察威胁和电磁干扰威胁两方面;其二为火力打击威胁,主要表现在物理打击能力方面。因此,目标威胁评估通常针对目标上述两个层面的特点,选取用来描述它们威胁程度的特征值,依据某些准则进行综合评估后,完成对目标威胁等级或威胁程度的预测。

常见的目标威胁评估方法包括多属性决策法^[1]、贝叶斯推理法^[2]、模糊推理法^[3]等。其中,多属性决策法简单灵活,易于工程实现,因此本文选用逼近于理想的排序法^[4-5](Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution, TOPSIS)完成多目标威胁评估。该方法是典型的多属性决策法,且能够同时对多个目标进行威胁评估。该方法首先根据目标集来构造加权决策矩阵,然后从加权决策矩阵中确定理想解(威胁最大)和负理想解(威胁最小),最后通过计算每个目标与理想解之间的近似度,得到最终的威胁评估结果。

合理的加权决策矩阵决定着威胁评估的合理性,所以权值的计算尤为关键。传统的计算方法包括主观赋权法和客观赋权法两类:主观赋权法是指基于人的经验、知识、偏好等主观意识,按照各属性的重要程度进行赋值,计算得出其权重的方法,常见的包括层次分析法^[6]、环比评分法^[7]等,但是上述方法的透明度较差,并且时常会出现由于经验不足,给出不合理的权重比;客观赋权法是指通过对客观数据的差异进行计算,得到各属性的权重的方法,常见的包括主成分分析法^[8]、熵值法^[9-10]等,上述方法评价过程透明度高,但是仅依靠属性间的差异性,容易导致结果片面。

本文针对上述两种方法的不足之处,将主观赋权法与客观赋权法进行加权求和,并构造多目标规划模型,计算加权值,从而得到更加合理的威胁评估因子权重值。该方法依赖完善的数学理论,既保留了对某些威胁评估因子的偏重,同时又包含了对数据差异性的分析,使威胁评估因子的权重值保持主观、客观的一致性。最后将计算结果应用到 TOPSIS 法中进行仿真分析,验证了该方法在多目标威胁估计中的合理性。

2 目标威胁评估方法及模型的确定

本文研究的目标威胁从电磁威胁及火力威胁两个方面进行综合考虑:电磁威胁由目标所搭载雷达

的重复频率、扫描周期(重访周期)、脉宽以及载频共同决定;火力威胁从目标之间的距离进行考虑。因此,单一目标威胁程度由多种不同属性共同决定,并且实际战场中,目标数量较多,所以本文采用一种典型的多属性决策法——TOPSIS 法,同时对多个目标进行威胁评估。该方法中的目标集应包括海上目标、陆地目标以及空中目标;属性集应包括目标各属性,记 $G=\{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}=\{\text{距离, 重复频率, 扫描周期(重访周期), 脉宽, 载频}\}$, 后续统称为威胁评估因子。

威胁评估流程图如图 1 所示。



图 1 基于 TOPSIS 的威胁评估流程

以作战舰艇为例,分析各威胁评估因子对目标威胁评估的影响。通常,作战舰艇与目标距离越小,作战舰艇在应对目标攻击的处理时间就越短,因此对作战舰艇威胁越大;目标搭载雷达的重复频率越高,表明该雷达用于攻击的可能性越高,对作战舰艇威胁也越大;目标搭载雷达的扫描周期(重访周期)越小,其观测间隔就越小,越可能采取战术动作,对作战舰艇威胁也就越大;若重访周期为零,表明对作战舰艇已形成跟踪或锁定,此时威胁最大;目标搭载雷达的脉宽越小,表明目标对作战舰艇精确定位的可能性越大,准备攻击的可能性也就越大,因此对作战舰艇威胁也越大;目标搭载雷达的载频越高,其衰减速度越快,从其用途上判断,用于跟踪、制导、炮瞄的可能性越大,威胁性也就越大。

因此,根据上述内容,目标威胁评估模型如表 1 所示。

表 1 目标威胁评估模型

威胁评估因子	数值与威胁程度关系	备注
距离	反比关系	
重复频率	正比关系	
扫描周期(重访周期)	反比关系	为 0 时,威胁最大
脉宽	反比关系	
载频	正比关系	

3 隶属度函数确定

对目标威胁的评估,要综合考虑各威胁评估因子的影响,因此需要将各威胁评估因子的原始值转化为威胁度,而威胁度具有模糊性^[11],没有明确的边界,所以本文通过模糊数学的方式,根据目标威胁评估模型,选用合适的隶属度函数,得到量化后的各威胁评估因子的威胁度。

(1) 距离的隶属函数^[11]为

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 3.5 \\ 1 - [(x-3.5)/96.5]^2 \times 0.2, & 3.5 < x \leq 100 \\ [(300-x)/200]^2 \times 0.8, & 100 < x \leq 300 \\ 0, & x > 300 \end{cases} \quad (1)$$

式中: x 表示目标与我方单位之间的距离,单位 km。

(2) 根据雷达工作特性,重复频率越大,威胁越高,通常以 0.3 kHz 为分界点,因此隶属函数为

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x \leq 0.3 \\ 1 - e^{-(x-0.3)^2}, & x \geq 0.3 \end{cases} \quad (2)$$

式中: x 表示重复频率,单位 kHz。

(3) 扫描周期(重访周期) 如果为 0,则代表目标对作战舰艇进行跟踪或锁定,此时威胁最大;若扫描周期(重访周期)较大,代表目标正在进行预警搜索,此时威胁最小。通常以 4 s 为分界点,因此隶属函数为

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ 0.7, & 0 < x \leq 4 \\ 0.3, & x > 4 \end{cases} \quad (3)$$

式中: x 表示扫描周期(重访周期),单位 s。

(4) 脉宽越窄,雷达的最小作用距离越小,距离分辨力越高,威胁也越大,因此隶属函数为

$$\mu(x) = 1/(1+x^2), \quad x \neq 0 \quad (4)$$

式中: x 表示脉冲宽度,单位 μs 。

(5) 根据经验可知,载频越高,威胁越大,通常以 2 GHz、8 GHz 为分界点,因此其隶属函数为

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & 8 < x \leq 18 \\ 0.6, & 2 < x \leq 8 \\ 0.3, & 0 < x \leq 2 \end{cases} \quad (5)$$

式中: x 表示载频,单位 GHz。

4 威胁评估因子权重值的确定

4.1 传统权重值计算方法的选取

对于主观赋权法,常见的有层次分析法、环比评分法等。从工程实现性方面来看,由于层次分析法中,判断矩阵很难满足一致性要求,若要达到较好的一致性,需要结合判断矩阵一致性检验方法和一致性检验指标,并且不断调整矩阵,导致计算复杂、运算量大、工程实现性较差。而环比评分法需要的计算次数较少,且可靠性高、误差小,是一个更易工程实现的方法,因此本文选用环比评分法计算主观权重值。

对于客观赋权法,常见的有主成分分析法、熵值法等。从算法中主观成分所占比例来看,主成分分析法在确定主成分权重的时候,用到了方差贡献率做权重,这一点包含了主观的成分,而熵值法利用信息效用值来确定指标的权重,是一个更加客观的赋权方法,因此本文选用熵值法计算客观权重值。

4.2 基于环比评分法的主观权重计算

记各威胁评估因子对应的权重值为 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5)$, 分别对应距离、重复频率、扫描周期(重访周期)、脉宽以及载频,并满足 $\sum_{i=1}^5 \omega_i = 1$, 然后通过专家给出 G_{m-1} 与 G_m 之间的重要性比例 $u_{m-1,m}$, 其中 m 为威胁评估因子个数。权重值具体计算步骤如下:

Step 1 专家评估各威胁评估因子的重要性,并综合无源侦察设备上报的目标信息的可信度,给出两两之间的重要性之比分别为距离、重复频率的重要性之比 $u_{1,2}$ 为 2, 重复频率、扫描周期(重访周期)的重要性之比 $u_{2,3}$ 为 2, 扫描周期(重访周期)、脉宽的重要性之比 $u_{3,4}$ 为 1, 脉宽、载频的重要性之比 $u_{4,5}$ 为 1/3。

Step 2 计算权重中间量:

$$\omega'_j = u_{m-1,m} \omega'_m, \quad j = m-1, m-2, \dots, 1. \quad (6)$$

令 $\omega'_m = 1$, m 为威胁评估因子个数。

Step 3 计算各威胁评估因子最终权重值,构造权重向量 ω_j :

$$\omega_j = \omega'_j / (\sum_{i=1}^n \omega'_i), \quad j = m, m-1, \dots, 1. \quad (7)$$

4.3 基于熵值法的客观权重计算

熵值法从客观数据入手,通过对多个目标的同一威胁评估因子的值进行分析,计算出权重值,是典型的客观权重计算方法。具体步骤如下:

Step 1 构建目标原始数据矩阵:

$$S = \begin{matrix} & \text{威胁评} & \text{威胁评} & \cdots & \text{威胁评} \\ & \text{估因子 } G_1 & \text{估因子 } G_2 & \cdots & \text{估因子 } G_m \\ \text{目标 1} & \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1m} \end{bmatrix} \\ \text{目标 2} & \begin{bmatrix} s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2m} \end{bmatrix} \\ \vdots & \vdots \\ \text{目标 } n & \begin{bmatrix} s_{n1} & s_{n2} & \cdots & s_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

Step 2 根据隶属度函数构建量化矩阵:

$$A = \begin{matrix} & \text{威胁评} & \text{威胁评} & \cdots & \text{威胁评} \\ & \text{估因子 } G_1 & \text{估因子 } G_2 & \cdots & \text{估因子 } G_m \\ \text{目标 1} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \end{bmatrix} \\ \text{目标 2} & \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \end{bmatrix} \\ \vdots & \vdots \\ \text{目标 } n & \begin{bmatrix} x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

Step 3 令 $P_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$, $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$, 得到矩阵 $P_{n \times m}$ 。

Step 4 计算各威胁评估因子的熵:

$$e_j = \frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n (P_{ij} \ln P_{ij}) \quad i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m. \quad (10)$$

Step 5 计算各威胁评估因子的权重,并构造权重向量 ω_j :

$$\omega_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^m (1-e_j)}, j=1, 2, \dots, m. \quad (11)$$

4.4 主客观集成赋权法

众所周知,主观赋权法能够较好的体现决策者的主观意识和经验,但也会因为个人的偏好及经验的欠缺,导致决策结果不可靠;而客观赋权法虽然能够通过数学计算得到数据之间的联系,但是由于缺乏主观意识,常常导致结果片面。因此为了取长补短,本文采用一种集成方法,将主观经验与客观事实进行加权综合。该方法具有通用性,根据应用场景的不同,选用合适的主观赋权法、客观赋权法后,均能采用下述步骤进行集成,得到更合理的权重值。以本文选取的环比评分法和熵值法为例,具体步骤如下:

Step 1 假设环比评分法得出的权重向量为 $\omega_{1j} = (\omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{13}, \omega_{14}, \omega_{15})$, 熵值法得出的权重向量为 $\omega_{2j} = (\omega_{21}, \omega_{22}, \omega_{23}, \omega_{24}, \omega_{25})$, 考虑工程应用,减

小计算量,采用线性加权和法构造多目标规划模型,令集成后的权重为 $\omega_j = k_1 \omega_{1j} + k_2 \omega_{2j}$, 其中 $k_1^2 + k_2^2 = 1$, $k_1, k_2 \geq 0$ 。

Step 2 利用线性评价模型,得到 $y_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \omega_j$, $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ 。显然 y_i 越大威胁越大。因此,可以构造多目标规划模型:

$$\begin{aligned} \max \sum_{i=1}^n y_i &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \omega_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} (k_1 \omega_{1j} + k_2 \omega_{2j}) \\ \text{s.t. } & k_1^2 + k_2^2 = 1, k_1, k_2 \geq 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Step 3 根据上述模型,利用多目标规划求解方法^[12]可得

$$k_1 = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, k_2 = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}.$$

式中: $a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \omega_{1j}$, $b = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \omega_{2j}$ 。

由此可以求出集成后的权重向量 ω_j 。

5 运用 TOPSIS 的目标威胁评估

运用 TOPSIS 法进行多目标威胁评估的具体步骤如下:

Step 1 根据目标威胁评估模型构造决策矩阵:

$$A = \begin{matrix} & \text{威胁评} & \text{威胁评} & \cdots & \text{威胁评} \\ & \text{估因子 1} & \text{估因子 2} & \cdots & \text{估因子 } m \\ \text{目标 1} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \end{bmatrix} \\ \text{目标 2} & \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \end{bmatrix} \\ \vdots & \vdots \\ \text{目标 } n & \begin{bmatrix} x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (13)$$

其中 x_{nm} 为威胁评估因子的威胁度。

Step 2 通过向量规范化法,对决策矩阵进行处理,得到 $Y = (y_{ij})_{n \times m}$, 其中:

$$y_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}, i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m. \quad (14)$$

Step 3 根据第 4 节得到的各威胁评估因子的权重值,构造加权的决策矩阵 $Z = (z_{ij})_{n \times m}$, 其中 $z_{ij} = \omega_j y_{ij}$, $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ 。

Step 4 确定理想解和负理想解,分别对应威胁程度最大和最小的目标,根据第 2 节中对目标威胁评估模型可知,威胁程度最大的目标应该是距离最小、重复频率最大、扫描周期(重访周期)最小、脉宽最小、载频最大,反之则是负理想解。记理想解为 $x^+ = \{x_1^+, x_2^+, x_3^+, x_4^+, x_5^+\}$, 负理想解为 $x^- = \{x_1^-, x_2^-, x_3^-, x_4^-, x_5^-\}$ 。

Step 5 计算各目标分别与理想解和负理想解

的距离 S_i^+ 和 S_i^- :

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^+)^2} \quad i=1, 2, \dots, n; \quad (15)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (16)$$

Step 6 计算各目标对于理想解的相对近似度 C_i^* , 公式如下:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (17)$$

由式(17)可知,若距离负理想解最近,则 S_i^- 最小, S_i^+ 最大, C_i^* 最小;若距离理想解最近,则 S_i^- 最大, S_i^+ 最小, C_i^* 最大。因此,将各目标对于理想解的相对近似度从大到小的排序,即为多个目标的威胁程度大小顺序。

6 仿真分析

本文以海上某舰船为中心,在其周边不同距离上共模拟 14 个海上目标和 3 个空中目标(分别为 T_1, T_2, \dots, T_{17})。假设每个目标仅搭载一部雷达(若目标搭载多部雷达,可对多部雷达分别进行威胁评估,取威胁等级最大值作为目标威胁评估结果),且通过数据筛选、处理,得出目标的各威胁评估因子原始值如表 2 所示。其中,最后一列是人工分析的威胁等级,该分析结果由专家给出,具体分析方式在下文中将会举例说明。

表 2 模拟目标列表

目标序号	距离/km	重复频率/kHz	扫描周期/s	脉宽/ μ s	载频/GHz	目标类型	威胁等级人工分析结果
T_1	15	1.25	2.78	1.50	8.58	海上目标	中
T_2	38	0.99	4.09	0.50	5.53	海上目标	中
T_3	126	0.57	7.75	5.50	2.86	海上目标	低
T_4	120	1.09	3.75	11.50	3.21	海上目标	低
T_5	38	0.80	3.88	0.90	5.52	海上目标	中
T_6	25	1.88	1.91	0.90	5.45	海上目标	中
T_7	35	0.75	3.68	0.95	9.51	海上目标	中
T_8	101	0.89	4.78	26.60	0.90	海上目标	低
T_9	110	3.93	3.98	1.20	5.93	海上目标	中
T_{10}	120	1.66	4.58	1.10	1.24	海上目标	中
T_{11}	30	1.23	4.00	0.10	5.55	海上目标	高
T_{12}	120	0.30	11.35	30.00	1.27	海上目标	低
T_{13}	35	19.23	0.00	0.50	9.70	海上目标	高
T_{14}	121	16.66	4.00	0.10	9.87	空中目标	高
T_{15}	120	55.55	2.40	0.20	10.06	空中目标	高
T_{16}	200	1.25	4.20	8.00	6.00	海上目标	低
T_{17}	96	15.00	0.50	8.00	10.00	空中目标	中

仿真中,将环比评分法、熵值法和本文算法计算出的不同权重值应用到 TOPSIS 方法中,对各目标的威胁程度进行评估,最后针对评估结果不同的目标,由专家进行人工分析,以验证本文算法的合理性。

根据模拟数据,首先分别利用环比评分法、熵值法以及主客观集成赋权法对各威胁评估因子的权重进行求解,得到各目标威胁评估结果,如表 3 和图 2 所示。

表 3 目标威胁评估表

目标序号	评估结果(数值、等级)		
	环比评分法	熵值法	主客观集成赋权法
T_1	0.75(高)	0.36(中)	0.50(中)
T_2	0.64(中)	0.72(高)	0.67(中)
T_3	0.37(中)	0.06(低)	0.19(低)
T_4	0.46(中)	0.16(低)	0.27(低)
T_5	0.59(中)	0.51(中)	0.52(中)
T_6	0.73(高)	0.60(中)	0.65(中)
T_7	0.66(中)	0.49(中)	0.53(中)
T_8	0.43(中)	0.10(低)	0.24(低)
T_9	0.64(中)	0.49(中)	0.56(中)
T_{10}	0.49(中)	0.50(中)	0.52(中)
T_{11}	0.70(高)	0.86(高)	0.78(高)
T_{12}	0.32(低)	0.03(低)	0.17(低)
T_{13}	0.94(高)	0.82(高)	0.86(高)
T_{14}	0.73(高)	0.98(高)	0.86(高)
T_{15}	0.74(高)	0.97(高)	0.86(高)
T_{16}	0.31(低)	0.19(低)	0.26(低)
T_{17}	0.72(高)	0.29(低)	0.44(中)

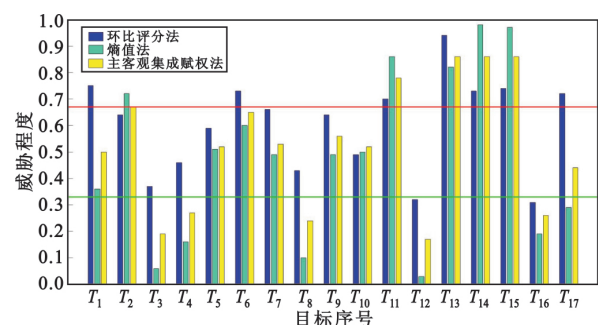


图 2 目标威胁评估结果

将威胁等级分为低、中、高三级,其估计区间分别为 $[0, 0.33]$ 、 $(0.33, 0.67]$ 、 $(0.67, 1]$,在图 2 中通过红、绿两根横线区分。由图 2 可知,不同的权重值计算方式得到了不同的威胁评估结果。下面从评估

结果有差异的目标入手,分析三种权重值计算方法的合理性:

(1) 目标 T_1 为海上目标,重复频率较低、脉宽值适中、载频值较大,可知搭载雷达工作状态倾向于中、近程警戒搜索,威胁程度不高,但由于 15 km 已处于视距范围内,敌舰随时能够对我舰进行攻击,因此将其划为中级威胁程度最为合适,环比评分法评估结果过高,主客观集成赋权法评估结果准确;

(2) 目标 T_2 为海上目标,分析其参数可知,海上目标距离 38 km,属于正常范围,重复频率较低、载频值适中、扫描周期适中,可知雷达工作状态倾向于中、远距离预警搜索,威胁程度不高,但脉宽较小,导致距离分辨率较高,因此综合评估威胁等级应为中级,熵值法评估结果过高,主客观集成赋权法评估结果准确;

(3) 目标 T_3 、 T_4 、 T_8 为海上目标,载频值较小,脉宽较大,重复频率较低,均表明搭载雷达用于远程预警,同时对于海上目标而言,其距离较远,因此该目标威胁等级应为低级,环比评分法评估结果过高,主客观集成赋权法评估结果准确;

(4) 目标 T_6 为海上目标,由重复频率、载频可知其倾向于搜索状态,威胁不高,但距离较近,扫描周期较短,需保持关注,因此综合评估威胁等级应该为中级,环比评分法评估结果过高,主客观集成赋权法评估结果准确;

(5) 目标 T_{17} 为空中目标,重复频率较大、载频较大、扫描周期很小,所以工作状态倾向于跟踪、制导,威胁较大,但是由于其脉宽较大,导致其精度较低,因此综合考虑后判断该目标威胁等级为中级,需要保持关注,而环比评分法评估结果过高,熵值法评估结果过低,主客观集成赋权法评估结果准确。

目前,对于目标威胁评估最可靠、合理的方式还是通过专家对各参数进行分析后得到,因此上述分析内容更多地依靠专家长期积累的经验。

7 结束语

本文研究了用于多目标威胁评估的多属性决策算法中加权值的合理性问题,提出了一种主客观集成赋权法,将主、客观赋权法相结合,同时通过构造多目标规划模型,计算出最优的主、客观赋权法之间的权重比,提高了权重值的合理性以及可计算性。仿真实验说明,相较于环比评分法和熵值法,本文提出的方法能够得到更加合理的威胁评估结果,与实

际情况符合度更高,证明了该方法的可行性。

本文未将目标搭载的武器系统纳入威胁评估模型,因此后续可结合目标识别判断目标型号后,考虑其搭载的武器带来的威胁;同时,由于实际中不同型号、不同平台搭载的雷达即使在相同工作模式下,其参数值也会有很大的不同,因此未来可以对不同型号的雷达进行分类建模,以得到更加准确的威胁评估模型。

参考文献:

- [1] 曲长文,何友,马强.应用多属性决策的威胁评估方法[J].系统工程与电子技术,2000,22(5):26-29.
- [2] 朱波,方立恭,金钊.基于贝叶斯网络的空中目标威胁估计方法[J].指挥控制与仿真,2011,33(4):29-32.
- [3] 雷英杰,王宝树,王毅.基于直觉模糊推理的威胁评估方法[J].电子与信息学报,2007,29(9):2077-2081.
- [4] 王海洋,代立超,李霖.基于 TOPSIS 法的电子侦察目标威胁评估[J].舰船电子对抗,2013,36(6):106-108.
- [5] 林桦,王公宝,武从猛,等.水面舰艇编队防空御目标威胁评估分析[J].舰船电子工程,2016,36(10):16-18.
- [6] 姚传明,王庆元,谢瑞生.面向坦克的多目标威胁评估方法[J].指挥信息系统与技术,2018,9(1):68-72.
- [7] 王慧.基于多智能体进化算法的 COA 方法研究[D].西安:西安电子科技大学,2010.
- [8] 刘爽,吕永波,张仲义.基于 AHP 和 PCA 的多指标评价建模方法及应用[J].信息与控制,2015,44(4):416-421.
- [9] 张莉.基于 Entropy-Topsis 的水面舰艇防空威胁判断研究[J].舰船电子工程,2016,36(8):56-59.
- [10] 肖海,刘新学,李斌,等.基于隶属度与信息熵的空间目标威胁评估[J].现代防御技术,2015,43(4):25-29.
- [11] 陈守煜.系统模糊决策理论与应用[M].大连:大连理工大学出版社,1994:89-97.
- [12] 刘三明.多目标规划的若干理论和方法[D].大连:大连理工大学,2006.

作者简介:



侯思尧 男,1988 年生于四川成都,2014 年获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为情报处理。

李永光 男,1977 年生于山东潍坊,2006 年获硕士学位,现为高级工程师,主要研究方向为情报处理、多元信息融合等。

陈思静 女,1990 年生于四川达州,2015 年获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为数据模型设计。

黄黔川 男,1986 年生于四川广安,现为工程师,主要研究方向为情报处理。