

基于区间数 TOPSIS 法的空袭目标威胁评估

郭 辉, 徐浩军, 周 莉

(空军工程大学工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要 针对现有空袭目标威胁评估方法存在的不足,提出了一种新的基于区间数 TOPSIS 法的空袭目标威胁评估方法。首先建立了空袭目标威胁评估的指标体系,给出了区间数形式的空袭目标威胁评估指标值的规范化方法。基于最优化的思想并利用区间数相离度和理想值的概念,给出了空袭目标威胁评估指标值为区间数且指标权重完全未知时的指标权重计算步骤,克服了以往空袭目标威胁评估指标权重确定的主观性;然后建立了区间数 TOPSIS 法评估空袭目标威胁的数学模型,并进行了实例验证。空袭目标威胁评估仿真实例证明该方法合理有效。

关键词 威胁评估;TOPSIS;区间数;权重

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2011.01.009

中图分类号 TP301;E917 **文献标识码** A **文章编号** 1009-3516(2011)01-0040-06

对空袭目标的威胁评估是防空作战中数据融合的重要组成部分^[1],科学准确评估有利于对防空系统武器资源或传感器资源进行高效地分配,为我方的决策和指挥提供科学依据。目前对空袭目标威胁评估的研究方法很多,主要有:变权理论法^[2]、属性分析法^[3]、灰关联分析法^[4-5]、神经网络方法^[6]和多属性决策方法^[7-8]等,它们大多是将威胁指标值作为实数进行处理。由于防空作战的复杂性和不确定性,通过多传感器所获取的威胁指标信息具有不完备性、不确定性及不可靠性等,因此用区间数的形式表示威胁指标信息将更为合理有效。文献[9]用模糊多属性决策方法对用区间数表示的威胁指标信息进行集结,取得了良好的评估结果。本文将尝试采用一种新的区间数 TOPSIS 法对空袭目标进行威胁评估。

1 威胁评估指标体系

空袭目标的威胁程度是指空天袭击兵器侵袭成功的可能性及造成的破坏程度。对多个空袭目标的威胁程度进行评估,必须以各目标的几何特性和飞行参数为基础。根据防空武器系统的特点和空袭目标的飞行特性,由目标类型、飞行速度、飞临时间、航路捷径、飞行高度及干扰能力等6个指标构成威胁评估的指标体系:

1) 目标类型:根据目标速度及目标信号特征等因素可区分为小型目标(空地导弹、反辐射导弹、巡航导弹、隐身飞机等)、大型目标(轰炸机、歼击轰炸机、强击机等)、武装直升机和战术弹道导弹。根据战术原则,战术弹道导弹和上级指定拦截的目标的威胁程度最大,应优先拦截。所以,仅对其余3类目标的威胁程度进行评估。其中,小型目标的威胁程度最大,大型目标次之,武装直升机的威胁程度最小。

2) 飞行速度:空袭目标的飞行速度直接影响地空导弹对其杀伤的概率。一般来说,飞行速度大的目标,其威胁程度也大,反之威胁程度就小。

3) 飞临时间:是指空袭目标到达发射区远界的时间,它由目标的距离、速度、高度等飞行参数和武器系统的杀伤区计算得到。飞临时间越长,武器系统用于目标分配及发射准备的时间就越充分,目标的威胁程度

* 收稿日期:2010-03-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(76071106)

作者简介:郭辉(1981-),男,吉林柳河人,博士生,主要从事飞行器作战效能与仿真技术研究。

E-mail:guohui731506@163.com

就越小;反之,目标的威胁程度就越大。

4) 航路捷径:是指地空导弹武器系统的雷达所在位置(或保卫要地中心)到目标航路水平投影的距离。依据射击理论,若空袭目标的航路捷径越小,则攻击意图愈明显,威胁程度也就越大;航路捷径越大,威胁程度就越小。

5) 飞行高度:低空突袭目标针对性强,而高空目标(如侦察机)没有必要的自卫手段,因此低空目标的威胁程度有时更大。根据雷达的技战术性能可知,高度越低的目标,其发现距离越近,威胁程度就越大。

6) 干扰能力:指目标的电子干扰能力。该能力越强,越能影响我方的雷达和制导的精度,从而致使我方地空导弹的杀伤概率下降,因此威胁程度也越大。电子干扰能力可以划分为:强、中、弱、无。

2 基于区间数的威胁评估指标权重的确定

现有的空袭目标威胁评估方法中多采用层次分析法等主观赋权法来确定指标的权重。由于威胁评估指标较多且不同的专家对各威胁指标有不同的偏好,因此得到的指标权重不尽相同。为了克服主观赋权法带来的不确定性和盲目性,本文利用区间数法来确定威胁评估指标的权重。

2.1 区间数决策矩阵及其规范化

对于空袭目标威胁评估问题,令 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为空袭威胁目标(方案)集, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 为空袭目标威胁评估指标(属性)集。对于威胁目标 x_i ,按威胁评估指标 u_j 进行测度,得到 x_i 关于 u_j 的区间数属性值 $\tilde{a}_{ij} = [a_{ij}^L, a_{ij}^U]$,从而构成威胁评估的区间数决策矩阵 $\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times m}$ 。最常见的属性类型为效益型和成本型,设 $I_j (j=1, 2)$ 分别表示效益型、成本型的下标集^[10-11]。在空袭威胁评估指标体系中,目标类型、飞行速度和干扰能力为效益型指标,其余 3 个指标为成本型指标。为了消除不同物理量纲对决策结果的影响,可用下列公式将区间数决策矩阵 \tilde{A} 转化为规范化区间数决策矩阵 $\tilde{R} = (r_{ij}^{\sim})_{n \times m}$,其中 $r_{ij}^{\sim} = [r_{ij}^L, r_{ij}^U]$,且

$$\begin{cases} r_{ij}^L = a_{ij}^L / \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ij}^U)^2} \\ r_{ij}^U = a_{ij}^U / \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ij}^L)^2} \end{cases} \quad i \in n, j \in I_1 \quad (1)$$

$$\begin{cases} r_{ij}^L = (1/a_{ij}^U) / \sqrt{\sum_{i=1}^n (1/a_{ij}^L)^2} \\ r_{ij}^U = (1/a_{ij}^L) / \sqrt{\sum_{i=1}^n (1/a_{ij}^U)^2} \end{cases} \quad i \in n, j \in I_2 \quad (2)$$

2.2 威胁评估指标权重的确定

在多属性决策问题中,应用客观赋权法确定属性权重的方法很多。下面给出一种新的以规范化区间数决策矩阵形式表示的威胁指标的权重确定方法。首先给出区间数相离度和理想值的定义。

定义 1 设规范化区间数决策矩阵 $\tilde{R} = (r_{ij}^{\sim})_{n \times m}$,令决策矩阵中任意 2 个区间数的范数 $\|r_{ij}^{\sim} - r_{kj}^{\sim}\| = |r_{ij}^L - r_{kj}^L| + |r_{ij}^U - r_{kj}^U|$,则称 $d(r_{ij}^{\sim} - r_{kj}^{\sim}) = \|r_{ij}^{\sim} - r_{kj}^{\sim}\|$ 为 r_{ij}^{\sim} 与 r_{kj}^{\sim} 之间的相离度。

定义 2 对于 $\tilde{R} = (r_{ij}^{\sim})_{n \times m}$,各个指标的理想值为 $r_j^{\sim} = [r_j^L, r_j^U]$,其中:

$$r_j^L = \max_{1 \leq i \leq n} r_{ij}^L, r_j^U = \max_{1 \leq i \leq n} r_{ij}^U \quad (3)$$

则理想目标为 $r^{\sim} = ([r_1^L, r_1^U], [r_2^L, r_2^U], \dots, [r_m^L, r_m^U])$ 。

对于目标 x_i ,各指标评价价值与理想值之间的偏差(采用平方表示)为:

$$D_i(\omega) = \sum_{j=1}^m d^2(r_j^{\sim}, r_{ij}^{\sim}) \omega_j^2, \quad i \in n \quad (4)$$

式中 $\omega_j (j \in m)$ 为指标 u_j 的权重。

一般地,若某个目标与理想目标越靠近,说明该目标越优。对于空袭目标威胁评估问题,即目标威胁越大;反之,若某个目标与理想目标越远,则该目标越差。权重向量的选取应使所有目标的评价价值与理想目标值之间的总偏差最小,即应满足下列约束最优化问题:

$$\begin{aligned} \min F(\omega) &= \sum_{i=1}^n D_i(\omega) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d^2(r_j, r_{ij}) \omega_j^2 \\ \text{s. t. } \omega_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, m, \sum_{j=1}^m \omega_j = 1. \end{aligned} \quad (5)$$

解此模型,作拉格朗日函数并求其偏导数,则可得:

$$F(\omega, \lambda) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d(r_j, r_{ij}) \omega_j)^2 + 2\lambda \left(\sum_{j=1}^m \omega_j - 1 \right) \quad (6)$$

$$\omega_j = \frac{\frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sum_{i=1}^n d^2(r_j, r_{ij})}}}{\sum_{i=1}^n d^2(r_j, r_{ij})}, \quad j \in m \quad (7)$$

3 基于区间数 TOPSIS 法的威胁评估算法

将区间数概念引入空袭目标威胁评估技术,并结合传统 TOPSIS 方法的基本思想^[12],下面直接给出基于区间数 TOPSIS 法的空袭目标威胁评估算法,具体步骤如下:

步骤 1 构造空袭目标的区间数决策矩阵 $\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times m}$, 其中 \tilde{a}_{ij} 表示目标 x_i 关于指标 u_j 的区间数属性值,然后利用式(1)和式(2)将 $\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times m}$ 转化为规范化区间数决策矩阵 $\tilde{R} = (r_{ij})_{n \times m}$;

步骤 2 利用式(7)求解各个威胁评估指标的权重 ω_j ;

步骤 3 构造加权规范化区间数决策矩阵 $\tilde{Y} = (y_{ij})_{n \times m}$, \tilde{Y} 中的元素 y_{ij} 为:

$$y_{ij} = r_{ij} \omega_j, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

步骤 4 确定区间型正理想解 $y^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_m^+)$ 和负理想解 $y^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_m^-)$ 。正理想解为所有威胁指标值最大的解,负理想解为所有威胁指标值最小的解。其中:

$$y_j^+ = [y_j^{+L}, y_j^{+U}] = [\max_{1 \leq i \leq n} (y_{ij}^L), \max_{1 \leq i \leq n} (y_{ij}^U)], j \in m \quad (9)$$

$$y_j^- = [y_j^{-L}, y_j^{-U}] = [\min_{1 \leq i \leq n} (y_{ij}^L), \min_{1 \leq i \leq n} (y_{ij}^U)], j \in m \quad (10)$$

步骤 5 计算每个目标分别到正理想解和负理想解的距离 d_i^+ 、 d_i^- 。显然, d_i^+ 越小或 d_i^- 越大表明目标 x_i 的威胁越大:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^m \|y_{ij}^- - y_j^+\| = \sum_{j=1}^m [|y_{ij}^L - y_j^{+L}| + |y_{ij}^U - y_j^{+U}|], i \in n \quad (11)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^m \|y_{ij}^+ - y_j^-\| = \sum_{j=1}^m [|y_{ij}^L - y_j^{-L}| + |y_{ij}^U - y_j^{-U}|], i \in n \quad (12)$$

步骤 6 计算每个目标对理想解的贴近度:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, i \in n \quad (13)$$

步骤 7 按 c_i 值的大小对目标进行威胁排序, c_i 值越大,则目标 x_i 的威胁越大,从而得到目标的威胁序列 X 。

4 应用实例

假设在一次防空作战中,敌方采用空袭编队形式对我方某区域进行空袭,我方地面多传感器系统探测到空袭威胁目标数目为 8 批,相关测量值见表 1。

表 1 空袭目标各个威胁指标的测量值

Tab.1 The measure value of each threat index for air attack target

目标	目标类型	飞行速度/(km·s ⁻¹)	飞临时间/s	飞行高度/km	航路捷径/km	干扰能力
1	大型目标	[0.4,0.48]	[200,210]	[7.9,7.96]	[13,14]	强
2	大型目标	[0.32,0.36]	[180,190]	[8,8.1]	[10,12]	弱
3	大型目标	[0.3,0.33]	[460,480]	[6.8,6.9]	[4.6,4.8]	中
4	小型目标	[0.6,0.63]	[380,385]	[0.9,0.96]	[3,3.5]	强
5	小型目标	[0.51,0.52]	[320,328]	[0.6,0.64]	[11,11.8]	强
6	小型目标	[1.02,1.04]	[590,620]	[4.6,4.7]	[7,7.4]	弱
7	武装直升机	[0.07,0.08]	[660,670]	[1.1,1.2]	[3.8,4.2]	中
8	武装直升机	[0.08,0.09]	[500,565]	[0.98,1.06]	[4,4.6]	中

依据既有的应用实例并征求专家意见,将目标类型分别量化为[7,9]、[4,6]和[2,4],将目标的干扰能力分别量化为[7,10]、[4,6]、[1,3]和[0,1]。对表 1 中各个威胁指标的测量值进行规范化处理,分别利用式(1)和式(2)对效益型指标和成本型指标进行规范化处理,可以得到如下所示的规范化区间数决策矩阵 \tilde{R} 。从而得到各个指标的理想值分别为[0.357 7,0.631 7]、[0.682 7,0.731 0]、[0.566 1,0.626 2]、[0.638 9,0.730 3]、[0.493 9,0.645 7]和[0.339 2, 0.712 5],利用公式(7)可以得到各威胁评估指标的权重为 $\omega = (0.366 5, 0.061 6, 0.129 4, 0.059 0, 0.153 1, 0.230 4)$ 。由此进一步求得加权规范化区间数决策矩阵 \tilde{Y} :

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} [0.204 4, 0.421 1] & [0.267 7, 0.337 4] & [0.512 2, 0.563 5] & [0.051 4, 0.055 5] & [0.123 5, 0.149 0] & [0.339 2, 0.712 5] \\ [0.204 4, 0.421 1] & [0.214 2, 0.253 0] & [0.566 1, 0.626 2] & [0.050 5, 0.054 8] & [0.144 0, 0.193 7] & [0.048 5, 0.213 7] \\ [0.204 4, 0.421 1] & [0.200 8, 0.231 9] & [0.224 1, 0.245 0] & [0.059 3, 0.064 4] & [0.360 1, 0.421 1] & [0.193 8, 0.427 5] \\ [0.357 7, 0.631 7] & [0.401 6, 0.442 8] & [0.279 4, 0.296 6] & [0.425 9, 0.486 9] & [0.493 9, 0.645 7] & [0.339 2, 0.712 5] \\ [0.357 7, 0.631 7] & [0.341 3, 0.365 5] & [0.327 9, 0.352 2] & [0.638 9, 0.730 3] & [0.146 5, 0.176 1] & [0.339 2, 0.712 5] \\ [0.357 7, 0.631 7] & [0.682 7, 0.731 0] & [0.173 5, 0.191 0] & [0.087 0, 0.095 3] & [0.233 6, 0.276 7] & [0.048 5, 0.213 7] \\ [0.102 2, 0.280 7] & [0.046 9, 0.056 2] & [0.160 5, 0.170 8] & [0.340 8, 0.398 3] & [0.411 5, 0.509 8] & [0.193 8, 0.427 5] \\ [0.1022, 0.280 7] & [0.053 5, 0.063 3] & [0.190 4, 0.225 4] & [0.385 8, 0.447 1] & [0.3758, 0.484 3] & [0.193 8, 0.427 5] \\ [0.074 9, 0.154 3] & [0.016 5, 0.020 8] & [0.066 3, 0.072 9] & [0.003 0, 0.003 3] & [0.018 9, 0.022 8] & [0.078 2, 0.164 2] \\ [0.074 9, 0.154 3] & [0.013 2, 0.015 6] & [0.073 3, 0.081 0] & [0.003 0, 0.003 2] & [0.022 0, 0.029 7] & [0.011 2, 0.049 2] \\ [0.074 9, 0.154 3] & [0.012 4, 0.014 3] & [0.029 0, 0.031 7] & [0.003 5, 0.003 8] & [0.055 1, 0.064 5] & [0.044 7, 0.098 5] \\ [0.131 1, 0.231 5] & [0.024 7, 0.027 3] & [0.036 2, 0.038 4] & [0.025 1, 0.028 7] & [0.022 0, 0.029 7] & [0.078 2, 0.164 2] \\ [0.131 1, 0.231 5] & [0.021 0, 0.022 5] & [0.042 4, 0.045 6] & [0.037 7, 0.043 1] & [0.022 4, 0.027 0] & [0.078 2, 0.164 2] \\ [0.131 1, 0.231 5] & [0.042 1, 0.045 0] & [0.022 5, 0.024 7] & [0.005 1, 0.005 6] & [0.035 8, 0.042 4] & [0.011 2, 0.049 2] \\ [0.037 5, 0.102 9] & [0.002 9, 0.003 5] & [0.020 8, 0.022 1] & [0.020 1, 0.023 5] & [0.063 0, 0.078 1] & [0.044 7, 0.098 5] \\ [0.037 5, 0.102 9] & [0.003 3, 0.003 9] & [0.024 6, 0.029 2] & [0.022 8, 0.026 4] & [0.057 5, 0.074 1] & [0.044 7, 0.098 5] \end{bmatrix}$$

根据式(11)和式(12)可求出各目标与正理想解的距离为: $d_1^+ = 0.405 5, d_2^+ = 0.570 9, d_3^+ = 0.514 9, d_4^+ = 0.141 7, d_5^+ = 0.234 9, d_6^+ = 0.455 4, d_7^+ = 0.584 2, d_8^+ = 0.576 2$; 各目标与负理想解的距离为: $d_1^- = 0.398 2, d_2^- = 0.232 7, d_3^- = 0.288 8, d_4^- = 0.661 9, d_5^- = 0.568 7, d_6^- = 0.348 3, d_7^- = 0.219 5, d_8^- = 0.227 4$; 根据公式(13)可求出各目标对理想解的贴近度为: $c_1 = 0.495 4, c_2 = 0.289 6, c_3 = 0.359 3, c_4 = 0.823 6, c_5 = 0.707 7, c_6 = 0.433 3, c_7 = 0.273 1, c_8 = 0.283 0$ 。由上面的计算结果可以得出各目标的威胁排序(由大到小)结果为 $X = (4, 5, 1, 6, 3, 2, 8, 7)$ 。该评估结果与专家给出的结论相一致,符合防空作战的实际情况。

为了进一步说明该方法的有效性,这里采用文献[9]中算例的数据进行验证。文献[9]中的规范化区间数决策矩阵 \tilde{R} 如下所示,利用本文给出的权重确定方法可得 $\omega = (0.42, 0.11, 0.08, 0.10, 0.18, 0.11)$,可以进一步求得加权规范化区间数决策矩阵 \tilde{Y} 。

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} [0.34, 0.43] & [0.21, 0.22] & [0.35, 0.59] & [0.55, 0.65] & [0.41, 0.50] & [0.59, 0.73] \\ [0.54, 0.65] & [0.56, 0.62] & [0.57, 0.88] & [0.11, 0.17] & [0.28, 0.34] & [0.19, 0.22] \\ [0.53, 0.59] & [0.42, 0.46] & [0.11, 0.17] & [0.58, 0.70] & [0.41, 0.48] & [0.39, 0.44] \\ [0.53, 0.63] & [0.62, 0.67] & [0.24, 0.47] & [0.13, 0.16] & [0.31, 0.37] & [0.23, 0.26] \\ [0.18, 0.25] & [0.05, 0.06] & [0.08, 0.14] & [0.40, 0.48] & [0.59, 0.68] & [0.50, 0.59] \end{bmatrix}$$

$$\tilde{Y} = \begin{bmatrix} [0.142\ 8, 0.180\ 6] & [0.023\ 1, 0.024\ 2] & [0.028\ 0, 0.047\ 2] & [0.055\ 0, 0.065\ 0] & [0.073\ 8, 0.090\ 0] & [0.064\ 9, 0.080\ 3] \\ [0.226\ 8, 0.273\ 0] & [0.061\ 6, 0.068\ 2] & [0.045\ 6, 0.070\ 4] & [0.011\ 0, 0.017\ 0] & [0.050\ 4, 0.061\ 2] & [0.020\ 9, 0.024\ 2] \\ [0.222\ 6, 0.247\ 8] & [0.046\ 2, 0.050\ 6] & [0.008\ 0, 0.013\ 6] & [0.058\ 0, 0.070\ 0] & [0.073\ 8, 0.086\ 4] & [0.042\ 9, 0.048\ 4] \\ [0.222\ 6, 0.264\ 6] & [0.068\ 2, 0.073\ 7] & [0.019\ 2, 0.037\ 6] & [0.013\ 0, 0.016\ 0] & [0.054\ 0, 0.066\ 6] & [0.025\ 3, 0.028\ 6] \\ [0.075\ 6, 0.105\ 0] & [0.005\ 5, 0.006\ 6] & [0.006\ 4, 0.011\ 2] & [0.040\ 0, 0.048\ 0] & [0.106\ 2, 0.122\ 4] & [0.055\ 0, 0.064\ 9] \end{bmatrix}$$

经过计算可以得到各目标与正理想解的距离为: $d_1^- = 0.384\ 6, d_2^+ = 0.329\ 2, d_3^+ = 0.291\ 2, d_4^+ = 0.370\ 1, d_5^+ = 0.612\ 7$; 各目标与负理想解的距离为: $d_1^- = 0.480\ 9, d_2^- = 0.536\ 3, d_3^- = 0.574\ 3, d_4^- = 0.495\ 4, d_5^- = 0.252\ 8$; 最后可以得到 $c_1 = 0.555\ 6, c_2 = 0.663\ 5, c_3 = 0.619\ 6, c_4 = 0.572\ 4, c_5 = 0.292\ 1$ 。由此可以得出各目标的威胁排序(由大到小)结果为 $X = (2, 3, 4, 1, 5)$ 。该评估结果与文献[9]中的排序结果完全一致,从而说明了该方法的有效性。

5 结束语

空袭目标威胁评估是防空作战指挥自动化决策中的重要组成部分,对防空作战效能的提高起着重要作用。本文在分析了传统的目标威胁评估方法用实数来表示威胁指标值存在不足的基础上,提出了一种基于区间数 TOPSIS 法的空袭目标威胁评估方法。该方法具有运算简单、计算机编程易于实现、实时性高等特点,得到的威胁评估结果科学合理,更加具有说服力,为防空作战辅助决策提供了科学依据。该方法具有较强的泛化能力,亦可以用来解决其它属性值为区间数且属性权重完全未知的区间型多属性决策问题。

参考文献:

- [1] Hamed Essam M, Graham Jame H. An agent - based intrusion detection system using fuzzy logic computer system threat evaluation [J]. Association for computing machinery, 2001, 47(1): 42 - 46.
- [2] 曹可劲, 江汉, 赵宗贵. 一种基于变权理论的空中目标威胁估计方法[J]. 解放军理工大学学报, 2006, 7(1): 32 - 35. CAO Kejin, JIANG Han, ZHAO Zonggui. Air threat assessment based on variable weight theory[J]. Journal of PLA university of science and technology, 2006, 7(1): 32 - 35. (in Chinese)
- [3] 王猛, 章新华, 夏志军. 基于属性分析的威胁评估技术研究[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(5): 848 - 851. WANG Meng, ZHANG Xinhua, XIA Zhijun. Research on the threat assessment based on cue analysis[J]. Systems engineering and electronics, 2005, 27(5): 848 - 851. (in Chinese)
- [4] 王百合, 黄建国, 张群飞. 基于改进灰关联分析的目标威胁评估模型研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(4): 212 - 215. WANG Baihe, HUANG Jianguo, ZHANG Qunfei. Evaluation model of targets threat extent based on refinements to gray relation analysis[J]. Computer engineering and applications, 2008, 44(4): 212 - 215. (in Chinese)
- [5] 骆文辉, 刘少伟, 杨建军. 基于灰色区间关联决策的目标威胁评估[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2008, 9(3): 37 - 41. LUO Wenhui, LIU Shaowei, YANG Jianjun. Threat evaluation technology based on grey Interval - number for grey decision - making[J]. Journal of air force engineering university: natural science edition, 2008, 9(3): 37 - 41. (in Chinese)
- [6] 王向华, 覃征, 刘宇, 等. 径向基神经网络解决威胁排序问题[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(7): 1576 - 1579. WANG Xianghua, QIN Zheng, LIU Yu, et al. RBF neural network for threat sequencing[J]. Journal of system simulation, 2004, 16(7): 1576 - 1579. (in Chinese)
- [7] 曲长文, 何友, 马强. 应用多属性决策的威胁估计方法[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(5): 26 - 29. QU Changwen, He You, MA Qiang. Threat assessment using multiple attribute decision making[J]. Systems engineering and electronics, 2002, 24(5): 26 - 29. (in Chinese)
- [8] 周林, 娄寿春, 赵杰. 基于 MADM 的威胁评估排序模型[J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(1): 18 - 19. ZHOU Lin, LOU Shouchun, ZHAO Jie. Model of menace assess ordering based on MADM[J]. Systems engineering and electronics, 2001, 23(1): 18 - 19. (in Chinese)
- [9] 王小艺, 刘载文, 侯朝桢, 等. 基于模糊多属性决策的目标威胁估计方法[J]. 控制与决策, 2007, 22(2): 215 - 219. WANG Xiaoyi, LIU Zaiwen, HOU Chaozhen, et al. Method of object threat assessment based on fuzzy MADM[J]. Control and decision, 2007, 22(2): 215 - 219. (in Chinese)

- [10] Tran L, Duckstein L. Comparison of fuzzy numbers using a fuzzy distance measure[J]. Fuzzy sets and systems, 2002, 130: 331 – 341.
- [11] Goh C H, Tung Y C A, Cheng C H. A revised weighted sum decision model for robot selection[J]. Computers & industrial engineering, 1996,30(2):193 – 199.
- [12] Land Hwang C, Yoon K. Multiple attribute decision making: methods and applications[M]. New York: Springer – verlag, 1981:1 – 10.

(编辑:徐敏)

Evaluation of Air Attack Threat against Target Based on Interval Numbers TOPSIS

GUO Hui, XU Hao – jun, ZHOU Li

(Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: Considering that the existing methods of evaluation of air attack threat against target is not fully ideal, a new method of evaluation of air attack threat against target based on interval numbers TOPSIS is proposed. A criterion system of evaluating air attack threat against target is founded and a standardization approach to the index value of evaluating the threat against target in the form of interval numbers is presented. The calculation steps for solving the index weight is given based on the optimization idea and using the concept of deviation degree and ideal value when the index value is an interval number and the index weight is unknown, which conquers the subjectivity of the former methods. Then the mathematical model for evaluating the threat against target by interval numbers TOPSIS is established. Finally, a numerical example of evaluating the air attack threat against target is given to show the rationality and effectiveness of the method.

Key words: threat assessment; TOPSIS; interval numbers; weight

(上接第 34 页)

- [12] Liu Aifang, Zhu Xiaohua, Lu Jinhui, et al. . The ISAR range profile compensation of fast – moving target using the dechirp method [C]//IEEE Int Conf neural networks & signal processing. nanjing: IEEE press, 2003:1619 – 1623.

(编辑:田新华)

Ballistic Missile Echo Simulation Based on ISAR

CHEN Xiu – wei, ZHANG Yun – hua, ZHANG Xiang – kun

(Center for Space Science and Applied Research, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract: A kind of radar echo simulator hardware architecture based on PC and FPGA is proposed, it is extensible, programmable and suitable for upgrading, and the ballistic missile echo is generated based on such simulator. This paper builds up a ballistic model and an echo signal model on ballistic missile, the model – based analysis is presented and the analyses of the echo simulator and simulation signal source's test results are done. The result shows that the simulator can precisely and effectively simulate and generate ballistic missile echo signal.

Key words: radar; ballistic missile; echo simulation