

基于模糊综合评判的防空信息战效能评估

张多林, 刘胜, 吴智辉
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:基于防空信息战提出的防空信息战作战效能评估的指标体系,对防空信息战作战效能进行了研究,提出了基于模糊综合评判法的防空信息战作战效能的数学模型和研究方法,为在这方面的进一步研究提供了一定的参考,并通过实例分析了该方法的可行性。

关键词:防空信息战;效能评估;层次分析法

中图分类号:E0221.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)05-0075-03

1 评估指标体系

防空信息战效能,是指在一定的作战背景条件下,参与防空信息战活动的装备、人员完成上级赋予的对空信息斗争任务能力的大小^[1-2]。因此,防空信息战效能是一个复杂的系统工程,影响其效能的指标很多,根据文献[1]的总结,建立如图1所示的评价体系。

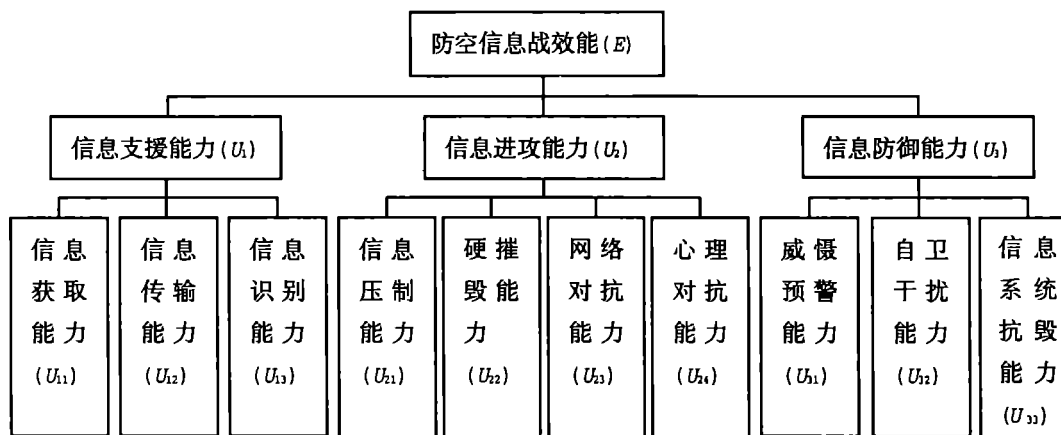


图1 防空信息战效能评价体系

2 建立模糊综合评价模型

2.1 建立二级模糊综合评判模型^[3]

1)根据指标体系划分,将因素集 U 分成 m 个子集 U_1, U_2, \dots, U_m ,且 U 满足 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}, U_i \cap U_j = \Phi (i \neq j)$ 。对于每一个子集 U ,又可有其自己的因素集 $U_{ik}, k=1, 2, \dots, n_i$,且 $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{in_i}\} (i=1,$

2, \dots, m), U_{ik} \cap U_{il} = \Phi (k \neq l), 其中 n_i 为 U_i 的因素集所含元素个数。

2) 对于每个因素 U_{ik}, 分别作单因素综合评判。设评定集记为 V = \{V_1, V_2, \dots, V_p\}, U_{ik} 相对于 U_i 的权重为 w_{ij}, 则 U_i 中的因素相对 U_i 的权重为 w_i = \{w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in_i}\}, 且 \sum_{j=1}^{n_i} w_{ij} = 1。根据评判集 V 的等级划分, 对每个因素 U_{ik} 确定其隶属度 r_{ikj}。本文采用专家打分法确定因素的隶属度。具体作法为邀请 10 位专家, 独立对各因素按差、较差、一般、较好和好五个等级进行打分, 假设有 l 位专家对因素 U_{ik} 划定为一般, 则其隶属度为 r_{ik,3} = l/10。依次方法对各因素进行隶属度计算, 得到 U_i 到 V 模糊评判矩阵为 R_i = (r_{ikj})_{n_i \times p} (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n_i; j = 1, 2, \dots, p)。于是第一级综合评判向量为 B_i = w_i R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ip})。

3) 进行二级综合评判。将 B_i 作为 U_i 的单因素评判向量, 可构成 U 到 V 的模糊评判矩阵 R = (B_1, B_2, \dots, B_m)^T = (b_{ij})_{m \times p}。再给出 U_i 相对 U 的权重 w_i, 则 U 中各元素相对 U 的权重集 w = (w_1, w_2, \dots, w_p), 那么第二级综合评判向量为 B = w R = (b_1, b_2, \dots, b_p), 则 b_i 表示该方案作战效能被评为 V_i 的隶属度。

4) 模糊算子的选取。对于一个防空信息战系统, 其效能是所有因素的一个综合体现, 因此我们采用加权平均型算子 M(., \oplus) 作为计算该系统的模糊算子。

5) 作战效能评定。对于某一次战役, 单独评判其效能时, 可根据得到的评判向量 B, 按照最大隶属度原则, 取 B 中最大值对应的评判集指标作为最终评判结果, 确定该战役信息战的效能。对于比较两次或多次战役效能大小或者比较敌我双方效能大小时, 可将评判结果数字化。首先, 将评判向量 B 归一化处理, 规定 V_1, V_2, \dots, V_p 对应的效能值分别为 V_1 = 20, V_2 = 2 \times 20 = 40, \dots, V_p = p \times 20 - 20p, 记 V = (V_1, V_2, \dots, V_p)^T, 则对某一个方案其作战效能可记为 E = B \cdot V。由此可得出各次战役信息战效能的综合排序。

2.2 各因素权重的确定

2.2.1 建立评价指标体系, 如图 1 所示。

2.2.2 应用 1~9 比例标度法, 对同层因素两两比较量化, 得出判断矩阵 C;

2.2.3 求 C 的最大特征根所对应的特征向量, 经标准化后, 得到同层各因素对应于上一层某因素的相对重要性权重, 进行一致性检验。

1) 求出判断矩阵 C 的最大特征向量: \omega_i = \bar{\omega}_i / \sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i, (\bar{\omega}_i = (\prod_{j=1}^n C_{ij})^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n)。

2) 计算 C 的最大特征根: \lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(C\omega)_i}{n\omega_i} (i = 1, 2, \dots, n)。

3) 进行一致性检验, 偏差一致性指数: CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}。

随机一致性指数 RI 如表 1 所示。

表 1 随机一致性指数表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

则相对一致性指数: CR = CI/RI。当 CR < 0.1 时, 可以认为判断矩阵具有满意的一致性, 特征向量 (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) 就是所确定的各因素权值; 当 CR \ge 0.1 时, 应重新调整判断矩阵的元素, 直到具有满意的一致性为止。

3 应用举例

应用上述模糊评判方法和因素权重确定方法, 采用专家评判对某次战役防空信息战效能进行评价。邀请 10 位专家对信息战评价指标进行独立打分, 得到的评价结果如表 2 所示。

由表 2 得到评判矩阵分别为

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} \quad R_2 = \begin{pmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 \end{pmatrix}$$

表2 评价结果表

	很差	差	一般	好	很好
信息侦察能力	1	3	5	2	0
信息传输能力	0	2	4	3	1
信息识别能力	2	4	3	1	0
信息压制能力	2	3	3	2	0
硬摧毁能力	0	1	4	3	2
网络对抗能力	1	2	5	1	1
心理对抗能力	0	0	2	5	3
威胁预警能力	1	1	4	3	1
自卫干扰能力	2	3	3	2	0
信息系统抗毁能力	0	2	5	2	1

$$R_3 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix}$$

应用层次分析法计算各层权重,得到判断矩阵如下:

A	B ₁	B ₂	B ₃	w
B ₁	1	1/4	1/2	0.136 5
B ₂	4	1	3	0.625
B ₃	2	1/3	1	0.238 5

B ₂	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	w ₂
C ₄	1	1/2	2	3	0.314
C ₅	2	1	3	4	0.443
C ₆	1/2	1/3	1	2	0.152
C ₇	1/3	1/4	1/2	1	0.091

B ₃	C ₈	C ₉	C ₁₀	w ₃
C ₈	1	1/2	1/5	0.116 9
C ₉	2	1	1/4	0.199 8
C ₁₀	5	4	1	0.683 3

经计算,判断矩阵均满足一致性要求。利用上面的计算结果,可以求出一级模糊评判结果如下:

$$B_1 = w_1 R_1 = (0.051\ 6 \quad 0.262 \quad 0.385 \quad 0.238 \quad 0.063\ 7)$$

$$B_2 = w_2 R_2 = (0.078 \quad 0.168\ 9 \quad 0.365\ 6 \quad 0.256\ 4 \quad 0.131\ 1)$$

$$B_3 = w_3 R_3 = (0.051\ 7 \quad 0.208\ 3 \quad 0.448\ 4 \quad 0.211\ 7 \quad 0.08)$$

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	w ₁
C ₁	1	1/5	1/3	0.104 7
C ₂	5	1	3	0.637 3
C ₃	3	1/3	1	0.258

由此可知上一层的模糊评判矩阵为

$$R = \begin{pmatrix} 0.051\ 6 & 0.262 & 0.385 & 0.238 & 0.063\ 7 \\ 0.078 & 0.168\ 9 & 0.365\ 6 & 0.256\ 4 & 0.131\ 1 \\ 0.051\ 7 & 0.208\ 3 & 0.448\ 4 & 0.211\ 7 & 0.08 \end{pmatrix}$$

则,第二级模糊综合评判为

$$B = wR = (0.068 \quad 0.191 \quad 0.388 \quad 0.243\ 2 \quad 0.109\ 7)$$

根据最大隶属度原则,可认为该次战役防空信息战效能一般。

参考文献:

- [1] 王凤山. 防空信息战概论[M]. 北京:航空工业出版社,2002.
- [2] 岳韶华,周国安,张金成. 防空 C³I 作战效能研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2002,3(1):30-31.
- [3] 李洪兴,汪培庄. 模糊数学[M]. 北京:国防工业出版社,1994.

(编辑:田新华)

An Effectiveness Analysis of the Information Warfare of Air Defense Based on the Fuzzy Synthetic Evaluation

ZHANG Duo - lin, LIU Sheng, WU Zhi - hui

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: This paper presents an index system for the information war of air defense operational efficiency estimation, and establishes an estimation model by using the fuzzy synthetic evaluation.

Key words: information warfare of air defense ; operational efficiency estimation; fuzzy synthetic evaluation