

层次分析法在地空导弹团战斗力评估中的应用

袁继东, 郭有全, 黄飞

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:综合考虑影响地空导弹团战斗力的多方面因素,基于AHP方法建立了地空导弹团战斗力模型,以定性和定量相结合的方式评估地空导弹团战斗力,最后以具体算例证明模型可行。

关键词:层次分析法;地空导弹团;战斗力;评估

中图分类号:E927 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)01-0080-04

地空导弹团战斗力受多种因素的影响和制约,要把所有的因素都罗列出来是不可能的。在以往分析的诸多因素中,有一些是确定的因素,但多数是模糊的,沿用以往的人数与武器评估法,将存在一定的不合理性。层次分析法^[1]是一种有效地处理难以完全用定量方法来解决复杂问题的手段,它将复杂的问题分解成若干层次,在比原问题简单得多的层次上逐步分析,还能将决策者的主观判断用数量形式表达和处理。因此,采用层次分析法(AHP),对地空导弹团作战能力给出一种定量和定性相结合的评估,这种方法比较切合实际。

1 层次分析法评估模型的建立

1.1 评估研究的递阶结构模型

地空导弹团的战斗能力^[2]从大的方面可以区分为武器装备作战能力、战斗人员作战能力和战斗保障能力。武器装备作战能力主要来源于武器装备本身所具备的性能,人员作战能力则是指战员具备的作战能力,战斗保障能力是根据指挥自动化能力、维修能力、物资供应能力的不同而有所不同。因此,地空导弹团作战能力是一个变量,不可能是固定不变的。根据以上分析,将影响地空导弹团的作战能力的各种因素分类整理,使其处于不同的层次,形成一个递阶层次结构模型。该模型分为总目标层(A)、准则层(B)、指标层(C)3个层次,具体结构如图1所示。

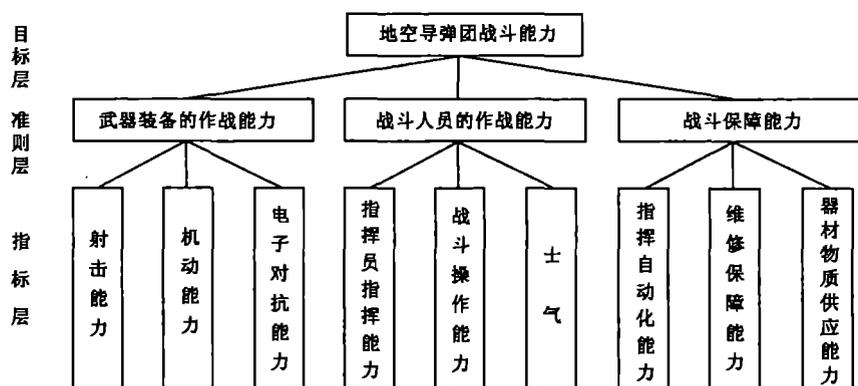


图1 递阶层次结构模型

1.2 指标权重的计算

收稿日期:2003-05-28

作者简介:袁继东(1975-),男,陕西西安人,硕士生,主要从事兵种战术研究。

递阶层次结构模型简明地表述了地空导弹团的战斗能力的诸多因素及其相互关系,但每个因素对战斗能力的影响程度并不一样,因此,应首先确定它们的权重。

1) 两两比较的判断矩阵

我们的目的是要在准则 B_k 下,按其重要性分别给指标层 C 各因素赋予相应的权重,即要回答:对于准则 B_k ,2 个元素 C_{k_i} 与 C_{k_j} 哪个更重要? 重要多少? 并对于这“重要多少”赋予一定的数值。这里采用如表 1 所示的 1-9 比例标度。

表 1 比例标度

标度	含义
1	两个元素相比,具有同等重要性
3	两个元素相比,一个比另一个稍微重要
5	两个元素相比,一个比另一个明显重要
7	两个元素相比,一个比另一个强烈重要
9	两个元素相比,一个比另一个极端重要
2, 4, 6, 8	上述两个相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 相比较得 a_{ij} , 则 j 与 i 比较得 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

设有 n 个元素,得两两比较判断矩阵^[3] $C = (c_{ij})_{n \times n}$ 。矩阵 C 有 3 个性质:① $c_{ij} > 0$; ② $c_{ij} = \frac{1}{c_{ji}} (i \neq j)$; ③ $c_{ij} = 1 (i, j = 1, 2, \dots, n)$, 称这类矩阵 C 为正互反矩阵。矩阵 C 的元素不一定具有传递性,即未必有 $c_{ij} \times c_{jk} = c_{ik}$ 等式成立。若等式成立时,称 C 为一致性矩阵。

2) 确定单层排序权重

根据判断矩阵 C , 求其最大特征根 λ_{max} 及其对应的特征向量 W , 将向量 W 归一化处理后的值作为元素指标层 C 各元素的排序权重。

求得 λ_{max} 后,应根据随机一致性指标 $CR = \frac{CI}{RI}$ 进行一致性检验。其中, $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ 。 RI 由表 2 给出。当 $CR < 0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性可以接受,否则,需要调整判断矩阵,使之具有满意的一致性。

表 2 随机一致性指标

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

3) 确定各层次元素的组合权重

假定已算出第 $k-1$ 层元素相对于总目标的组合排序向量 $a^{k-1} = (a_1^{k-1}, a_2^{k-2}, \dots, a_m^{k-1})^T$, 并设 k 层在第 $k-1$ 的第 j 个元素作为准则下的排序向量为 $b_j^k = (b_{1j}^k, b_{2j}^k, \dots, b_{nj}^k)$, 其中不受支配的元素权重为 0。令 $B^k = (b_1^k, b_2^k, \dots, b_m^k)$, 则第 k 层 n 个元素相对总目标的组合排序权重向量由 $a^k = B^k a^{k-1}$ 给出。

更一般的形式为 $a^k = \prod_{i=3}^k B^i a^2$ 。其中, a^2 表示第 2 层元素的排序权重向量, $3 \leq k \leq n, n$ 为层数。

整个模型的一致性检验,根据 $CR = \frac{CI_k}{RI_k}$ 进行,式中 $CI_k = (CI_k^1, \dots, CI_k^m) a^{k-1}$; $RI_k = (RI_k^1, \dots, RI_k^m) a^{k-1}$ 。当 $CR < 0.1$ 时,认为在 k 层水平上整个判断有满意的一致性。AHP 的最终结果是得到相对于总目标最低层各

元素的优先排序权重,并据此进行决策。用公式 $CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\sum_{i=1}^3 CI_i W_{oi}}{\sum_{j=1}^3 CI_j W_{oj}}$ 对总排序进行一致性检验(式中 W_{oi} 为

向量 W_0 中第 i 个元素)。

1.3 评价指标的量化

在地空导弹团战斗力递阶层次结构中,各层元素的权重均已确定,但是,不同的指标具有不同的量纲或类型。为了确定战斗力 A 的综合性指标值,还需要对评价指标进行量化,使得各指标具有统一的量纲和可比性。

指标的量化是通过隶属度函数进行的^[4],它表示每个指标对总目标(地空导弹团的战斗能力)所提供的功能或价值与该目标的关系。在战斗能力结构模型中,所有评价指标大致分为两类,一类是定量指标,一类是综合性定性指标。定量指标又分类为极大性指标和极小性指标。假若隶属度函数为线性函数,则此两类指标的隶属度函数可表示为

$$\begin{aligned} \text{极大性指标 } \gamma(x) &= \begin{cases} 0, & 0 \leq x < q_{\min} \\ \frac{x - q_{\min}}{q_{\max} - q_{\min}}, & q_{\min} \leq x \leq q_{\max} \\ 1, & x \geq q_{\max} \end{cases} \\ \text{极小性指标 } \gamma(x) &= \begin{cases} 1, & 0 \leq x < q_{\min} \\ \frac{q_{\min} - x}{q_{\max} - q_{\min}}, & q_{\min} \leq x \leq q_{\max} \\ 0, & x \geq q_{\max} \end{cases} \end{aligned}$$

对于综合性定性指标的量化,采用标度法进行。即将定性指标划分为优、良、中、差 4 个等级用层次分析法建立比较等级矩阵,确定每个级别的权重,再由专家评定定性指标所处的等级,从而达到定性指标的量化。

1.4 总体评价目标函数

在战斗能力结构模型中,评价指标的权重和量化问题解决后,战斗能力评价函数可由 $A_j(x) = \sum_{i=1}^n a_i^k \gamma_{ij}(x)$ 表示。其中, $A_j(x)$ 表示第 j 种状态下的战斗力函数; a_i^k 表示第 k 层第 i 个指标的权重向量; $\gamma_{ij}(x)$ 表示第 i 个指标的隶属度函数或其量化值。

2 模型在地空导弹团战斗力评估中的应用

以某地空导弹团为例,建立如图 1 所示递阶层次结构模型,运用层次分析法对该团战斗力进行评估。

准则层(B)相对目标层(A)的判断矩阵

A - B _i	B ₁	B ₂	B ₃	W ₀
B ₁	1	5	2	0.595 4
B ₂	1/5	1	1/2	0.128 3
B ₃	1/2	2	1	0.276 3

指标层(C_{1i})相对于准则层(B₁)的判断矩阵

B ₁ - C _{1i}	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	W ₁
C ₁₁	1	5	3	0.637 0
C ₁₂	1/5	1	1/3	0.104 7
C ₁₃	1/3	3	1	0.258 3

$\lambda_{\max} = 3.069 1, CI = 0.034 55, RI = 0.58, CR = 0.059 6 < 0.1$

$\lambda_{\max} = 3.035 9, CI = 0.017 95, RI = 0.58, CR = 0.030 9 < 0.1$

指标层(C_{2i})相对于准则层(B₂)的判断矩阵

B ₂ - C _{2i}	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	W ₂
C ₂₁	1	2	3	0.527 8
C ₂₂	1/2	1	3	0.332 5
C ₂₃	1/3	1/3	1	0.139 6

指标层(C_{3i})相对于准则层(B₃)的判断矩阵

B ₃ - C _{3i}	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	W ₃
C ₃₁	1	3	5	0.648 3
C ₃₂	1/3	1	2	0.229 7
C ₃₃	1/5	1/2	1	0.122 0

$\lambda_{\max} = 3.053 4, CI = 0.026 7, RI = 0.58, CR = 0.046 1 < 0.1$

$\lambda_{\max} = 3.003 9, CI = 0.002, RI = 0.58, CR = 0.003 4 < 0.1$

通过计算,各层具体权重指标如表 3 所示。

表 3 各层次具体权重指标的组合

C	B ₁ (0.595 4)	B ₂ (0.128 3)	B ₃ (0.276 3)	W
C ₁₁	0.637 0	0	0	0.379 3
C ₁₂	0.104 7	0	0	0.062 3
C ₁₃	0.258 3	0	0	0.153 8
C ₂₁	0	0.527 8	0	0.067 7
C ₂₂	0	0.332 5	0	0.042 66
C ₂₃	0	0.139 6	0	0.017 9
C ₃₁	0	0	0.648 3	0.179 1
C ₃₂	0	0	0.229 7	0.063 5
C ₃₃	0	0	0.122 0	0.033 7

由此,可以得出该地空导弹团各项作战能力 A 的指标如表 4 所示。

表 4 地空导弹团各项作战能力 A 的指标

C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	B_1	B_2	B_3
0.379 3	0.062 3	0.153 8	0.067 7	0.042 66	0.017 9	0.179 1	0.063 5	0.033 7	0.595 4	0.128 3	0.276 3

对以上数据进行综合评判: $CR = 0.052 2 < 0.1$ 具有满意的一致性。

在以上的判断矩阵中,地空导弹团的作战能力(A)是 B_1 、 B_2 和 B_3 的综合;武器装备作战能力(B_1)是 C_{11} 、 C_{12} 和 C_{13} 的综合;战斗人员作战能力(B_2)是 C_{21} 、 C_{22} 和 C_{23} 的综合;战斗保障能力(B_3)是 C_{31} 、 C_{32} 和 C_{33} 的综合。

射击能力(C_{11})是射程、射速、命中能力、毁伤评估以及团所属各营相互协同,构建共同火力网时对目标射击能力的综合;机动能力(C_{12})是地空导弹团装备的部署能力、通行能力、转移速度的综合;电子对抗能力(C_{13})是抗干扰能力、电子防护能力、电子战能力的综合;指挥员指挥能力(C_{21})是团、营指挥员的决策能力、战术运用能力、指挥能力的综合;战斗人员操作水平(C_{22})是战斗人员对装备的熟练操作能力、战场应变能力、战术正确运用能力的综合;士气(C_{23})是作战人员的精神状态、执行作战任务的决心、整体意识的综合能力;指挥自动化能力(C_{31})是指令控制、情报、通讯、全天候侦察、监视、目标识别能力以及团向所属各营进行目标指示,目标分配能力的综合;维修保障能力(C_{32})是战伤抢修能力和伴随保障能力的综合;器材物资供应能力(C_{33})是器材物资完备、机动运输能力的综合。

3 结束语

层次分析法评估地空导弹团战斗能力,减少了许多不确定因素和人为因素造成的不利影响,为作战能力分析提供了一个客观的、切合实际的方法。而且,层次分析法的运用不仅适用于某一特定的编制,它也可以用于各层次部队乃至其它军兵种和整个军队的作战能力的评估。

参考文献:

- [1] 梁志平. 地空导弹兵防空战斗运筹概论[M]. 陕西三原:空军导弹学院,1990.
- [2] 郭有全. 战术学[M]. 西安:空军工程大学导弹学院,2000.
- [3] 许金余,刘开帝,战勇. AHP法在阵地系统生存概率计算中的应用[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(1):84-87.
- [4] 杨家荣. 军队作战能力综合评价研究[M]. 济南:济南陆军学院,1992.

(编辑:田新华)

Application of Stratified Analysis Method to Evaluating Battle Effectiveness of Ground - Air Missile Corps

YUAN Ji - dong, GUO You - quan, HUANG Fei

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

Abstract: The factors influencing the battle effectiveness of the ground - air missile corps are synthetically considered and based on AHP method, the model of the corps is built up to evaluate the battle effectiveness qualitatively and quantitatively. Finally, an idiographic example is given to prove that the model is feasible.

Key words: stratified analysis method; ground - air missile corps; battle effectiveness; evaluation