

地面防空武器系统作战训练效能综合评估研究

谢春燕, 李为民

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:通过对地面防空武器系统性能的分析,建立了其作战训练效能综合评判的指标体系,运用判断矩阵校正法改进了权重的确定,并采用层次分析和判断矩阵相结合的方法对地面防空武器系统作战训练实例的效能进行了综合评估研究。

关键词:地面防空武器系统;作战训练效能;层次分析法;判断矩阵校正法

中图分类号:E274.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)04-0011-04

地面防空武器系统包括有地空导弹武器系统、高炮系统和弹炮结合的武器系统^[1],进行地面防空武器系统的作战训练是提高地面防空兵战斗力的重要手段,因此,如何科学合理的分析和评价其作战训练的效能^[2],将会对推动地面防空武器系统的发展以及提高整体作战效能产生重要意义。

1 地面防空武器系统作战训练效能的综合评价指标体系

要建立地面防空武器系统作战训练效能的评价指标体系^[3-4],关键是要研究地面防空武器系统作战训练能力的定量评价方法。为此,我们根据实际作战训练的特点,从系统分析入手,采用层次分析的方法^[5],通过分析决定和影响地面防空武器系统作战训练能力的主要因素,将该系统作战训练效能的综合评价分为以下四个层次进行,如图1所示。

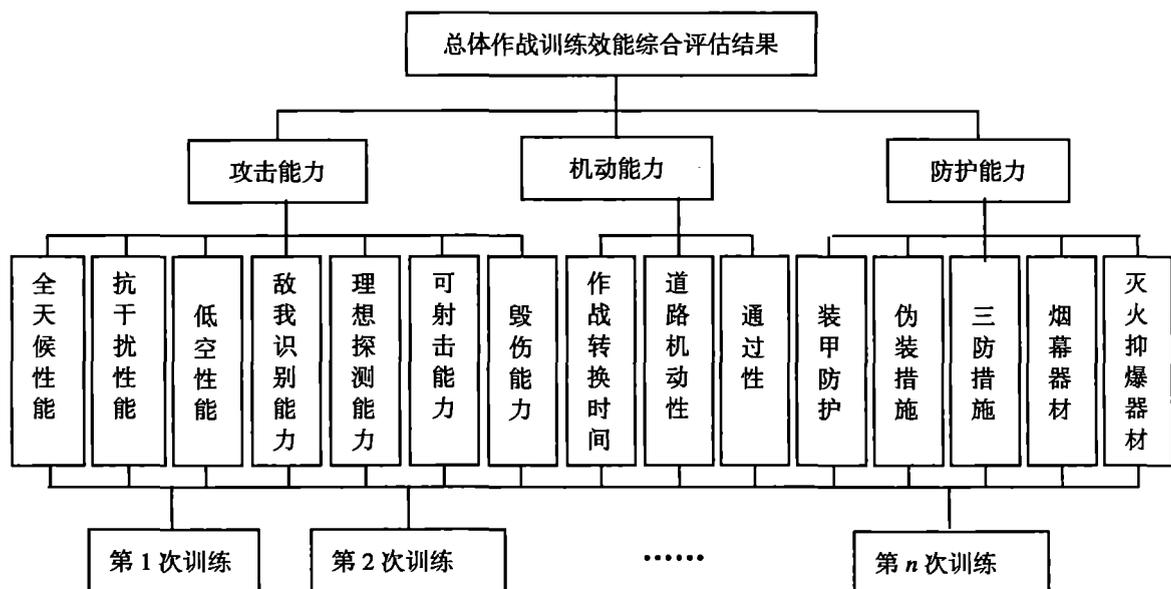


图1 总体作战训练效能综合评估体系

收稿日期:2003-02-28

作者简介:谢春燕(1977-),女,浙江临海人,博士生,主要从事防空反导运筹分析及作战模拟研究;

李为民(1964-),男,甘肃民勤人,教授,博士生导师,主要从事军事运筹学的理论、武器装备的运筹分析。

由图 1 可以看出,综合评估的第 1 层,即目标层,反映了地面防空武器系统作战训练效能的最终结果。第 2 层即主准则层,提出了形成地面防空武器系统作战能力的 3 个主要能力^[5]:攻击能力、机动能力和防护能力,其中,攻击能力主要是指地面防空武器系统能够歼灭来袭空中目标的能力,它包括能够发现、锁定来袭的空中目标,在发现目标后能迅速的对其实施射击,以及在射击后能有效毁伤目标的能力;机动能力是指地面防空武器系统为保证完成其基本任务,能够克服各种自然和人为的障碍,迅速的转移阵地及迅速的进行行军与战斗状态转换的能力;防护能力是指地面防空武器系统在受到敌方攻击时既不实施反击,也不采取规避动作条件下的固有生存能力。第 3 层即次准则层是对上述 3 种能力的进一步分解。最后是待评估的各次训练。

2 综合评估分析

2.1 层次分析思想

这里对地面防空武器系统作战训练效能的评估主要采用的是层次分析的思想^[6]。因为层次分析法是一种非常实用的多准则决策方法,它不仅层次清晰,而且分析过程相对简捷。它的思想是先把复杂的问题分解为各个分组成因素,再将这些因素按支配关系分组形成有序的递阶层次结构,通过两两比较的方式确定同层次中诸因素的相对重要性,然后综合决策者的判断,确定决策诸方案相对重要的顺序,从而给出最终的评判结果。

层次分析的主要过程可分为分解、判断和综合 3 部分,即首先建立所需评估问题的层次结构,其次构造两两判断矩阵,并应用德尔菲法给出各判断矩阵的标度值,再次计算分析被比较事物的相对权重,最后计算出最底层经各层到最高层的相对权重的特征向量值的大小,并进行最终的评估排序。下面就依据这种思想对地面防空武器系统的作战训练效能进行综合评估。

2.2 用判断矩阵及其改进方法确定权重

在对作战训练的各个因素进行分层,建立各层的比较判断矩阵后,首先要按判断数的定义对各事项的相对重要性作出判断,并把所得的所有判断列出,依次作每一行判断数的积,并依次对这些积开 m 次方根(m 为本行判断数的数目),最后将这些数规范化,得到的这组向量即为权向量。当然,所有这些数据的成立都是建立在判断矩阵具有一致的前提下进行的,如果它的一致性是不满意的,必须重新评估两两事物之间的相对重要性,依据调整判断校正法调整判断矩阵^[7]。

2.3 系统作战训练效能的综合评估举例

假定某地面防空武器系统进行了 3 次作战训练,并且在每次演练后都记录了指挥决策中的重要数据,由于指挥员的指挥方式和采取的措施不同,其作战的实际效果也就不同^[8]。下面我们就对其效能进行综合评判,由于篇幅有限,这里首先只分别对 3 次训练中的攻击、机动和防护这 3 个主要能力进行分析(对其具体的分因素就不在一一分析了),然后确定出这 3 种能力的权重指标,最后综合各项数据。

1) 计算 3 次训练分别对主准则层的 3 种能力的权重向量

首先给出这 3 次训练对攻击能力的比较判断矩阵 A_1 :

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3/2 \\ 1/2 & 1 & 1/2 \\ 2/3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{各行相乘}} \begin{bmatrix} 3 \\ 1/4 \\ 4/3 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{开立方根}} \begin{bmatrix} 1.442 \\ 0.630 \\ 1.101 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{标准化}} \begin{bmatrix} 0.454 \\ 0.199 \\ 0.347 \end{bmatrix}$$

对矩阵各列求和可得:(2.167, 5, 3)。

则

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^3 \omega_j \sum_{i=1}^3 a_{ij} = 2.167 \times 0.454 + 5 \times 0.199 + 3 \times 0.347 = 3.0198$$

$$C_m = (\lambda_{\max} - m) / (m - 1) R_m = (3.0198 - 3) / (2 \times 0.58) = 0.017 < 0.1$$

即数据满足一致性。

同理,可以得到这 3 次训练分别对机动能力和防护能力的判断矩阵,经计算可得:

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0.344 \\ 0.247 \\ 0.409 \end{bmatrix} \quad A_3 = \begin{bmatrix} 0.312 \\ 0.328 \\ 0.306 \end{bmatrix}$$

2) 计算主准则层中 3 种能力之间的相对权重

判断矩阵为

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/5 & 2 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{各行相乘}} \begin{bmatrix} 5 \\ 1/6 \\ 2/5 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{开立方根}} \begin{bmatrix} 2.466 \\ 0.550 \\ 0.737 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{标准化}} \begin{bmatrix} 0.657 \\ 0.147 \\ 0.196 \end{bmatrix}$$

经计算可知:

$$\lambda_{\max} = 3.163 \quad C_m = 0.1407 > 0.1。$$

因此需要用判断矩阵校正法校正其数值^[9]。

①将 B 的各列标准化, 可得

$$B \xrightarrow{\text{标准化}}, \begin{bmatrix} 0.653 & 0.500 & 0.769 \\ 0.217 & 0.167 & 0.077 \\ 0.130 & 0.333 & 0.154 \end{bmatrix}, \text{ 则令:}$$

$$b_1 = \begin{bmatrix} 0.653 \\ 0.217 \\ 0.130 \end{bmatrix} \quad b_2 = \begin{bmatrix} 0.500 \\ 0.167 \\ 0.333 \end{bmatrix} \quad b_3 = \begin{bmatrix} 0.769 \\ 0.077 \\ 0.154 \end{bmatrix}$$

$$\text{其均值: } \bar{b} = \begin{bmatrix} 0.641 \\ 0.154 \\ 0.206 \end{bmatrix}$$

②计算各列向量与 \bar{b} 的一致性系数 m_i 及偏差 n_i

$$m_i = \frac{\sum_{i=1}^3 b_i \bar{b}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^3 b_i^2)(\sum_{i=1}^3 \bar{b}^2)}} \quad n_i = \sqrt{1 - m_i^2}$$

经计算可得:

$$m_1 = 0.991 \quad m_2 = 0.960 \quad m_3 = 0.981$$

$$n_1 = 0.134 \quad n_2 = 0.280 \quad n_3 = 0.194$$

由于 $n_1 < n_3 < n_2$, 所以第 1 列一致性较好, 第 2 列一致性较差。

③以第 1 列为准校正第 2 列与第 3 列, 此时只修正 2、3 列中相关的一对正反元素即可, 按第 1 列比例校正, 可改 2 为 1, 则 1/2 改为 1/1 即 1, 则新的判断矩阵为

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{各行相乘}} \begin{bmatrix} 15 \\ 1/3 \\ 1/5 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{开立方根}} \begin{bmatrix} 2.466 \\ 0.693 \\ 0.585 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{标准化}} \begin{bmatrix} 0.665 \\ 0.187 \\ 0.158 \end{bmatrix}$$

则

$$\lambda_{\max} \sum_{j=1}^3 \omega_j \sum_{j=1}^3 a_{ij} = 1.533 \times 0.665 + 5 \times 0.187 + 7 \times 0.158 = 3.06$$

$$C_M = (\lambda_{\max} - m) / (m - 1) R_m = 0.05 < 0.1$$

由于满足一致性, 所以主准则层权值 $\omega_i = \begin{bmatrix} 0.665 \\ 0.187 \\ 0.158 \end{bmatrix}$ 。

3) 计算各次作战训练效益的组合权重如下:

$$\text{第 1 次训练 } C_1 = 0.454 \times 0.665 + 0.344 \times 0.187 + 0.312 \times 0.158 = 0.416$$

$$\text{第 2 次训练 } C_2 = 0.199 \times 0.665 + 0.247 \times 0.187 + 0.328 \times 0.158 = 0.230$$

$$\text{第 3 次训练 } C_3 = 0.347 \times 0.665 + 0.409 \times 0.187 + 0.360 \times 0.158 = 0.364$$

由上述结果可知, 在进行的地面防空武器系统作战训练中, 第 1 次训练的效益最高, 第 3 次次之, 第 2 次最差。

3 结束语

在对地面防空武器系统作战训练进行效能评估的过程中,可以看出,层次分析法能统一处理决策中的定性与定量因素,是一种将半定性、半定量问题转化为定量处理的行之有效的方法。应用层次分析法不仅可以较好的解决这个问题,为训练效果提供量化的依据,同时还可以为今后改进作战训练方法,分析各因素对作战训练效果的影响起到一定的指导作用。该方法简洁、实用且分析效果显著,同时在应用判断矩阵校正法之后弥补了各因素之间的不一致性,使问题得到了较满意的解决。

参考文献:

- [1] 钟山. 低空近程防空导弹武器系统综合评论[J]. 系统工程与电子技术,1997,12(19):2-7.
- [2] 胡永宏. 综合评价分析[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [3] 萧元星. 地面防空武器系统效能模型[J]. 系统工程理论与实践,1997,5(17):94-98.
- [4] 辛永平. 防空导弹武器系统生存能力评价[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2002,3(5):32-34.
- [5] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 北京:天津大学出版社,1988.
- [6] 王莲芬. 层次分析法引论[M]. 北京:中国人民大学出版社,1990.
- [7] 刘万里. 关于 AHP 中判断矩阵校正方法的研究[J]. 系统工程理论与实践,1997,6(17):32-34.
- [8] 田隶华. 高射武器系统效能分析[M]. 北京:国防工业出版社,1991.
- [9] 杜之韩. 判断矩阵一致性检验的新途径[J]. 系统工程理论与实践,1998,6(18):102-104

(编辑:田新华)

A Study of Comprehensive Evaluation of GADWS Combat Training Efficiency

XIE Chun-yan, LI Wei-min

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

Abstract: This paper, through the analysis of the ground air defense weapon system, sets up a factor system of the combat training efficiency, uses a judgment matrix rectification method in improving the determination of weights, and comprehensively evaluates the efficiency of the ground air defense weapon system combat training example by adopting the method of AHP combined with judgment matrix rectification.

Key words: ground air defense weapon system; combat training efficiency; analytic hierarchy process; judgment matrix rectification method