

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.05.011

基于熵权模糊评判的自行火炮作战效能评估

骆祺¹, 廖瑞²

(1. 南昌陆军学院战术教研室, 南昌 330103; 2. 桂林空军学院 3 系, 广西 桂林 541000)

摘要: 为评估自行火炮复杂的效能指标对作战效能的影响, 运用熵权模糊评判法对作战效能进行综合评判、分析。根据效能评估结果可知我军自行火炮的优势和不足, 通过对指标性能的改进, 将会提高其作战效能。不仅评估了我军自行火炮的作战效能, 也检验了我军装备发展的国际水平, 为我军装备发展找到差距, 为今后的发展指明方向。

关键词: 模糊评判; 熵权; 自行火炮; 作战效能; 性能指标

中图分类号: TJ303 **文献标志码:** A

Self-Running Artillery Battle Effect Estimation Based on Entropy Weight Fuzzy Adjudication

Luo Qi¹, Liao Rui²

(1. Staff Room of Tactical, Nanchang Military Academy, Nanchang 330103, China;
2. No. 3 Department, Guilin Air Force Academy, Guilin 541000, China)

Abstract: In order to estimate the influence of the self running artillery effect index to the battle effect, estimate and analyze the battle effect use entropy weight fuzzy adjudication. According to effect estimation, we know the advantages of disadvantages of self-running artillery. Through improving index performances, the battle effect will be more efficient. The thesis not only evaluates the battles effect to our self-running artillery, but also examines our material development level in international. The analyses result find out the gap for our army equipments development and indicate the direction for the development in aftertime.

Key words: fuzzy adjudication; entropy weight; self-running artillery; battle effect; performance index

0 引言

自行火炮在作战中的地位越来越重要, 对其作战效能评估是适应部队发展的时代课题。由于自行火炮作战效能指标的复杂性, 运用模糊评判法对装备的效能指标进行隶属度的模糊评估, 结合熵权值法量化效能指标的权重, 能够克服主观判断的不足。因此, 基于熵权的模糊评判法对自行火炮作战效能评估是可靠而有效的方法。

1 模糊评判模型的建立

模糊评判法^[1]是一种定性分析与定量分析相结合的多目标分析方法, 对于结构复杂的多准则、多目标决策问题是一种有效的分析工具。

1.1 确定因素集和评判等级

自行火炮的作战效能一般可以用火力、机动力和防护力等因素来描述^[2], 根据自行火炮在火力、机动力和防护力等方面的性能情况进行分析, 得出自行火炮作战效能的火力因素集 $X_h = \{X_1, X_2, X_3,$

$X_4\}$, 其中 X_1 为持续射速, 发/min; X_2 为最大射程, km; X_3 为弹丸重, kg; X_4 为携弹量, 发。机动力因素集 $X_j = \{X_5, X_6, X_7, X_8\}$, 其中, X_5 为公路最大行驶速度, km/h; X_6 为最大行程, km; X_7 为最大爬坡, %; X_8 为单位功率, kW/t。防护力因素集 $X_f = \{X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}\}$, 其中 X_9 为前装甲厚度, mm; X_{10} 为车体面积, m^2 ; X_{11} 为车高, m; X_{12} 为服务比(射击时间与阵地停留时间加上机动 750 m 脱离危险区的时间和之比)。其因素集的模糊化参数值如表 1 所示。评判等级分为五级: $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\} = \{\text{优、良、中、较差、差}\}$, 也可以按照其他的评判方法进行评判。笔者按百分制赋予评判等级数值为 $\{90, 80, 70, 60, 50\}$ 。

表 1 模糊化参数指标

指标	等级				
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
X_1 持续射速/(发/min)	8	7	6	5	4
X_2 最大射程/km	75	60	45	30	15
X_3 弹丸重/kg	100	90	80	70	60
X_4 携弹量/发	50	40	30	20	10
X_5 最大速度/(km/h)	90	80	70	60	50

收稿日期: 2011-12-03; 修回日期: 2011-12-28

作者简介: 骆祺(1982—), 男, 江西人, 硕士, 助教, 从事步兵分队战术研究。

续表

指标	等级				
	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅
X ₇ 最大爬坡/%	60	50	40	30	20
X ₈ 单位功率/(kW/t)	16	14	12	10	8
X ₉ 前装甲厚度/mm	30	25	20	15	10
X ₁₀ 车体面积/m ²	20	25	30	35	40
X ₁₁ 车高/m	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0
X ₁₂ 服务比	0.80	0.60	0.40	0.20	0.10

1.2 建立隶属函数

自行火炮主要参数技术性能的高低一方面受制造技术条件的限制而具有最高限，另一方面受作战效能指标的要求而具有最低限。根据各个评判等级，对影响自行火炮作战效能诸因素的参数技术性能指标的要求和诸因素的最高、最低限，可以确定出单个因素 X_i 在不同评价等级 y_j 下的参数技术性能的模糊化指标 y_{ij}。当因素 X_i = y_{ij}，则 X_i 完全隶属 y_j，当因素 X_i ≠ y_{ij} 时，X_i 离 y_{ij} 越远，则 X_i 隶属于 y_j 的程度就越小。据此，可以建立各因素 X_i 对 y_j 的隶属函数为中间型正态分布^[3]，即：

$$U_{y_j}(X_i) = \exp\left(\frac{-(y_{ij} - X_i)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

其中，i=1,2,⋯,12; j=1,2,3,4,5, σ 为 y_{ij} 以 X_i 为期望值时的均方差。

1.3 建立单因素评判矩阵

笔者以我军的 PLZ45-155 mm 自行榴弹炮、法国的 GCT 155 mm 自行榴弹炮、南非的 G6 式 155 mm 自行榴弹炮和美国 M109A2 式 155 mm 自行榴弹炮为例，进行作战效能的评估，其主要参数如表 2。

表 2 主要参数

指标	炮种			
	GCT	M109A2	G-6	PLZ45
X ₁ 持续射速/(发/min)	6	4	7	5
X ₂ 最大射程/km	65	37	62	73
X ₃ 弹丸重/kg	87.5	85.8	90.2	91.6
X ₄ 携弹量/发	42	36	47	30
X ₅ 最大速度/(km/h)	60	56	90	55
X ₆ 最大行程/km	450	350	600	450
X ₇ 最大爬坡/%	60	60	50	30
X ₈ 单位功率/(kW/t)	12.6	13.3	8.4	11.9
X ₉ 前装甲厚度/mm	20	25	20	25
X ₁₀ 车体面积/m ²	33.18	28.20	34.03	26.31
X ₁₁ 车高/m	3.300	3.048	3.200	3.100
X ₁₂ 服务比	0.556	0.213	0.556	0.556

根据模糊化指标 y_{ij} (表 1)、某型自行火炮的参数 (表 2) 和上述正态型隶属函数可以建立单因素评判矩阵^[4]。例如，对于 GCT155 mm 自行榴弹炮，查表 2 得 GCT155 mm 自行榴弹炮持续射速为 6 发/min，即 X₁=6，利用式 (1) 计算得到单因素评判向量：

$$\begin{aligned} R_{GCT}^{y_1}(X_1) &= 0.449, & R_{GCT}^{y_2}(X_1) &= 0.819, \\ R_{GCT}^{y_3}(X_1) &= 1, & R_{GCT}^{y_4}(X_1) &= 0.819, \\ R_{GCT}^{y_5}(X_1) &= 0.449 \end{aligned}$$

从而求得 R_{GCT}^h 的归一化矩阵为：

$$R_{GCT}^h = \begin{bmatrix} 0.127 & 0.232 & 0.283 & 0.232 & 0.127 \\ 0.216 & 0.219 & 0.209 & 0.189 & 0.165 \\ 0.207 & 0.219 & 0.215 & 0.195 & 0.164 \\ 0.216 & 0.219 & 0.211 & 0.191 & 0.163 \end{bmatrix} \quad (2)$$

同理可计算出 R_{GCT}ⁱ、R_{GCT}^f、R_M^h、R_Mⁱ、R_M^f、R_{G-6}^h、R_{G-6}ⁱ、R_{G-6}^f、R_p^h、R_pⁱ、R_p^f。

2 基于熵的指标权重的确定

熵权系数法是把多目标决策评价各待选方案的固有信息和决策者的经验判断的主观信息进行量化和综合，进而建立基于熵的多指标权重评价模型，其步骤如下^[5]：

1) 设有 n 个待评价的样本，每个样本有 m 个评价指标，则根据实测数据构造评价指标矩阵：

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中，i=1, 2, ⋯, m; j=1, 2, ⋯, n。

2) 由于各项评估指标数据的量纲和数量级不相同，需对原始数据进行处理，使之无量纲化。笔者使用标准化处理方法：

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad ; \quad S_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad ,$$

i=1, 2, ⋯, m; j=1, 2, ⋯, n，则标准化后的矩阵元素为：

$$x'_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_i) / S_i \quad (4)$$

进行归一化处理，得到归一化矩阵：

$$X'_{ij} = \begin{bmatrix} x'_{i1} & x'_{i2} & \cdots & x'_{in} \\ x'_{21} & x'_{22} & \cdots & x'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x'_{m1} & x'_{m2} & \cdots & x'_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

3) 计算第 i 个评价指标的熵:

$$e_i = \frac{-1}{mn} \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (6)$$

其中 $p_{ij} = x'_{ij} / \sum_{j=1}^n x'_{ij}$, 表示第 i 个评价指标下第 j 个待评价样本评价指标比重。

4) 计算第 i 个评价指标的权重:

$$w_i = (1 - e_i) / \sum_{j=1}^m (1 - e_j) \quad (7)$$

根据熵的指标权重的公式, 结合表 2 的主要参数, 计算火力因素集各分量在 X_h 中的权重分配为 $w_h = \{0.254, 0.251, 0.249, 0.246\}$; 机动力因素集各分量在 X_j 中的权重分配为 $w_j = \{0.248, 0.252, 0.251, 0.249\}$; 防护力因素集各分量在 X_f 中的权重分配为 $w_f = \{0.237, 0.258, 0.263, 0.242\}$ 。

3 作战效能综合评判

在确定了评判集和单因素评价矩阵后, 便可进行系统效能的计算, 其步骤如下:

设 B_f 是一个分数集, c_j 表示第 $j(j=1, 2, \dots, n)$ 级评语的分数。这里假设用百分制等差打分法。计算评判对象的分效能值:

$$E'_i = w_i \cdot R \cdot c \quad (8)$$

根据评判矩阵的计算结果, 结合熵权^[6]的权重, 计算出自行火炮在火力、机动力和防护力 3 个方面的分效能值 E_h, E_j, E_f 如表 3 所示。

表 3 评判结果表

因素	炮种			
	GCT	M109A2	G-6	PLZ45
E_h	70.92	81.62	78.35	80.43
E_j	82.57	78.84	67.29	73.47
E_f	79.63	89.58	83.27	81.69

对于多层效能指标的系统, 则根据分效能的值, 结合熵权值法求出上下层之间的权重值, 最终求得

系统的总效能值。对 n 个系统, 将算得的总效能值 E_i 进行比较, 从而求得各个系统效能的优列排序。

根据熵的权值法对表 3 中的数据求得分效能总效能中权重为 $W_i = (0.35, 0.31, 0.34)$ 。则系统的总效能值:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i W_i \quad (9)$$

根据式 (9) 可知, 自行火炮的效能分别为:

$$E_{GCT} = 77.49; E_M = 83.46; E_{G-6} = 76.59; E_p = 78.70。$$

4 评判结果分析

与外军比较, 我国 PLZ45-155 mm 自行加榴炮的作战效能虽稍逊于美国 M109A2 式 155 mm 自行榴弹炮, 但高于法国 GCT155 mm 自行榴弹炮和南非 G6 式 155 mm 自行榴弹炮, 标志着 PLZ45-155 mm 自行加榴炮已跻身于世界先进自行火炮的行列。

5 结束语

就单项性能而言, PLZ45-155 mm 自行加榴炮的火力仅次于美军装备, 而机动能力和防护能力尚嫌不足。根据效能评估结果可知, 如果我军 PLZ45-155 mm 自行加榴炮能够在持续发射速度较慢、爬坡度、单位功率、最大车速这几项性能上加以改进, 其作战效能将会大大提高。

参考文献:

- [1] 彭祖赠, 孙韞玉. 模糊(Fuzzy)数学及其应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [2] 肖元星, 张冠杰. 地面防空武器系统效费分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [3] 宋朝河, 王雪琴. 基于灰色层次分析法的侦察装备效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008(6): 65-68.
- [4] 郭齐胜. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [5] 宋朝河. 基于熵权的 Fuzzy-AHP 法在雷达效能侦察系统效能评估中的应用[J]. 兵工自动化, 2008, 27(12): 90-96.
- [6] 陶志富, 周礼刚, 陈华友. 基于相对熵的模糊多属性决策的多目标规划方法[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(1): 132.