

doi: 10.7690/bgzdh.2023.12.013

# 远程火箭炮打击平台作战效能评估

刘明扬, 王 凯

(陆军炮兵防空兵学院研究生大队, 合肥 230000)

**摘要:** 针对远程火箭炮打击平台未来面临多战场环境下作战考验的问题, 提出一种运用云模型的评估方法。在构建远程火箭炮打击平台作战效能评估指标体系的基础上, 评估在不同战场环境下远程火箭炮打击平台作战效能; 通过实验证明复杂战场环境对远程火箭炮打击平台作战效能发挥产生影响。实验结果表明: 该方法能够对摸清远程火箭炮打击平台在不同战场环境下作战能力底数, 改进远程火箭炮打击平台装备发展及为部队有针对性应用实践提供支撑。

**关键词:** 远程火箭炮; 作战效能; 效能评估; 战场环境

**中图分类号:** TJ393 **文献标志码:** A

## Operational Effectiveness Evaluation of Long Range Rocket Artillery Strike Platform

Liu Mingyang, Wang Kai

(Brigade of Graduate Student, PLA Army Academy of Artillery and Air Defense, Hefei 230000, China)

**Abstract:** Aiming at the problem that the long range rocket artillery strike platform will face the battle test in the multi battlefield environment in the future, an evaluation method using cloud model is proposed. On the basis of building the operational effectiveness evaluation index system of the long-range rocket artillery strike platform, the operational effectiveness of the long-range rocket artillery strike platform in different battlefield environments is evaluated; Experiments show that the complex battlefield environment has an impact on the operational effectiveness of the long-range rocket artillery attack platform. The experimental results show that this method can provide support for finding out the base of the combat capability of the long-range rocket artillery attack platform in different battlefield environments, improving the equipment development of the long-range rocket artillery attack platform and the targeted application practice of the army.

**Keywords:** long range rocket artillery; operational effectiveness; effectiveness evaluation; battlefield environment

### 0 引言

根据新时代军事战略方针、国防和军队建设战略, 发展新型武器装备已成为巩固国防战备建设的重要内容。火炮作为杀伤敌作战力量的高效手段, 其新型武器装备研究发展始终备受关注。远程火箭炮武器系统作为陆军进行远程突击作战的新型武器, 可有效填补身管火炮与战术导弹间的射程空白, 作为新时期陆军武器“战争之神”, 能够实现“精打要害、破击体系”的作战要求, 已经成为陆军部队捍卫国家主权安全和发展利益, 遂行联合火力打击作战任务的“撒手锏”武器<sup>[1]</sup>。近年来, 远程火箭炮武器系统发展迅速, 新型远程火箭炮系统大量装备, 有效提高了战场火力打击能力。远程火箭炮打击平台作为陆军远程精确打击的主体力量, 未来要在多战场环境下遂行火力打击任务, 复杂多变战场

环境对远程火箭炮打击平台作战效能是否存在影响, 影响有多大, 需进行科学评估。评估不同战场环境对远程火箭炮打击平台的作战影响, 对改进武器装备研究和部队应用实践具有重要意义, 可为在作战中精准高效使用远程火箭炮提供更多理论依据, 为提升远程火箭炮部队的作战能力发挥积极作用。

笔者着眼远程火箭炮打击作战平台作战运用特点规律, 从现代战争对作战效能评估的“科学性、系统性、动态性”要求着手, 运用云模型效能评估模型, 通过分析对比不同战场环境下的远程火箭炮火力打击平台作战效能, 探求战场环境对远程火箭炮作战效能的影响, 以摸清远程火箭炮火力打击平台在不同环境下作战能力底数, 研究解决战场环境对作战效能影响的解决措施, 为提高远程火箭炮火力打击平台作战效能打下基础。

收稿日期: 2023-07-17; 修回日期: 2023-09-05

第一作者: 刘明扬(1993—), 男, 河北人, 硕士。

## 1 云模型评估模型

### 1.1 云模型理论

用数字特征( $E_x, E_n, H_e$ )来描述云模型, 其中  $E_x$  代表云模型的期望,  $E_n$  代表云模型的熵,  $H_e$  代表云模型的超熵, 利用云模型正云发生器和逆云发生器分别实现定向描述向定量描述, 定量描述向定性描述转化<sup>[2-11]</sup>, 如图 1 所示。

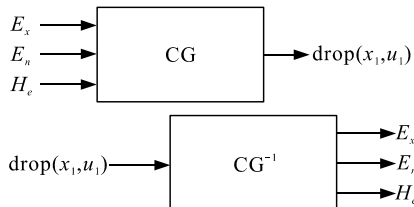


图 1 定性描述和定量描述转化

#### 1.1.1 正向云发生器

正向云发生器能够实现定性描述向定量描述转换, 其算法为:

1) 根据云的数字特征( $E_x, E_n, H_e$ )生成正态随机数  $E'_n$ ;

2) 生成一个期望为  $E_x$ , 标准差为  $|E_n|$  的正态随机数  $x$ ;

3) 计算  $x$  得隶属度  $\mu$ :

$$\mu = \exp[-(x - E_x)^2 / (2E_n^2)]. \quad (1)$$

4) 重复上述步骤, 直至产生  $n$  个云滴为止。

#### 1.1.2 逆向云发生器

逆向云发生器能够实现定量描述向定性描述转换, 其算法为:

$$E_x = \bar{x} = \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) / n; \quad E_n = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|;$$

$$H_e = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - E_n^2}. \quad (2)$$

#### 1.1.3 标准云计算模型

依据评判集  $V = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ , 计算标准云数字特征, 而后利用定性向定量描述转换算法, 生成评价标准云图。依据评判集  $V$ , 计算标准云数字特征算法如下:

当  $c_{inf}=0$  时:

$$\left. \begin{aligned} E_{xi} &= c_{inf} \\ E_{ni} &= c_{sup}/3 \\ H_{ei} &= s(\text{常数}) \end{aligned} \right\}; \quad (3)$$

当  $c_{sup}=1$  时:

$$\left. \begin{aligned} E_{xi} &= c_{sup} \\ E_{ni} &= (c_{sup} - c_{inf})/3 \\ H_{ei} &= s(\text{常数}) \end{aligned} \right\}; \quad (4)$$

当  $c_{inf} \neq 0$  且  $c_{sup} \neq 1$  时:

$$\left. \begin{aligned} E_{xi} &= (c_{inf} + c_{sup})/2 \\ E_{ni} &= (c_{sup} - c_{inf})/6 \\ H_{ei} &= s(\text{常数}) \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

## 1.2 构建指标体系

作战效能评估指标体系构建是开展武器系统作战效能评估的基础, 根据评估研究的目标科学建立评估指标体系。构建远程火箭炮打击作战平台的作战效能指标体系, 遵循指标体系构建的科学性、目的性、系统性和可行性原则外, 还需针对远程火箭炮打击作战平台作战效能评估试验的特点, 注意以下原则: 1) 选取指标体系要以有效反映远程火箭炮打击作战平台的作战能力为出发点; 2) 选取指标体系要基于远程火箭炮打击作战平台的作战任务; 3) 选取指标体系应具有较强的适应性; 4) 选取指标体系要有足够灵敏度。

远程火箭炮打击作战平台系统复杂、作战构成要素繁多, 需综合分析远程火箭炮打击作战平台的作战效能, 以构建层次清晰、精准合理的作战效能指标体系。根据远程箱式火箭炮打击平台作战能力构成, 从战场机动能力、侦察情报能力、指控通信能力、火力打击能力、多维防护能力和综合保障能力 6 方面构建评估指标体系, 如表 1 所示。

表 1 远程火箭炮打击平台作战效能评估指标体系  $U$

一级指标	二级指标
战场机动能力 $U_1$	远程投送能力 $U_{11}$
	野战机动能力 $U_{12}$
侦察情报能力 $U_2$	侦察监视能力 $U_{21}$
	信息获取能力 $U_{22}$
	情报处理能力 $U_{23}$
指控通信能力 $U_3$	指挥信息系统构建能力 $U_{31}$
	信息传输能力 $U_{32}$
	系统指挥能力 $U_{33}$
火力打击能力 $U_4$	持续作战能力 $U_{41}$
	火力反应能力 $U_{42}$
	火力打击效果 $U_{43}$
多维防护能力 $U_5$	防侦察监视能力 $U_{51}$
	防敌火力打击能力 $U_{52}$
	电磁防护能力 $U_{53}$
	核生化防护能力 $U_{54}$
综合保障能力 $U_6$	卫勤保障能力 $U_{61}$
	给养保障能力 $U_{62}$
	弹药油料保障能力 $U_{63}$
	抢救抢修能力 $U_{64}$

### 1.3 确定指标权重

利用 AHP 方法确定指标权重，主要分为 3 个步骤：

1) 构建判断矩阵。

邀请远程火箭炮打击平台作战运用领域专家利用 9 标度法(见表 2)，构建各因素的判断矩阵  $A=(a_{ij})_{n \times n}$ ，其中  $a_{ij}=a_i/a_j$ 。

表 2 9 标度法

标度	说明
1	2 个因素同等重要
3	前者比后者稍重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者强烈重要
9	前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示相邻判断的中间值
倒数	若指标 $i$ 和 $j$ 的重要性之比为 $a_{ij}$ ，则指标 $j$ 和 $i$ 的重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

2) 计算指标权重  $w_i$ ，方法如下：

$$\bar{a}_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n);$$

$$w'_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}'_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n); \quad w_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^n w'_i} \quad (i=1, 2, \dots, n)。 \quad (6)$$

3) 一致性检验，公式如下：

$$CR=CI/RI; \quad CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1);$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j / w_i \right)。 \quad (7)$$

当  $CR < 0.1$  时，判断矩阵满足一致性要求；当  $CR > 0.1$  时，表明判断矩阵不满足一致性检验，需要修正。一致性检验如表 3 所示。

表 3 一致性检验

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

### 1.4 生成评价结果

计算综合评价云数字特征，而后利用定性向定量描述转换算法生成综合评价云图，将评价标准云图与综合评价云图比较得出评价结果。综合评价云数字特征计算公式如下：

$$\left. \begin{aligned} E_x &= \sum_{i=1}^n E_{xi} \times w_i \\ E_n &= \sqrt{\sum_{i=1}^n E_{ni}^2 \times w_i} \\ H_e &= \sum_{i=1}^n H_{ei} \times w_i \end{aligned} \right\}。 \quad (8)$$

## 2 评估实例验证

1) 建立评判集  $V$ 。

根据专家意见，建立评判集  $V$ ， $V$  数域取值如表 4 所示。

表 4 评判集数域取值

评判集	好	较好	一般	较差	差
数域区间	80~100	70~90	50~80	60~30	0~40

2) 生成评价标准云图。

运用式(3)~(5)计算评价标准云数字特征，如表 5 所示。

表 5 评价标准云数字特征

评判集	$E_x$	$E_n$	$H_e$
好	100	6.67	0.01
较好	80	3.33	0.01
一般	65	5.00	0.01
较差	45	5.00	0.01
差	0	13.30	0.01

利用定性向定量描述转换算法，生成评价标准云图，如图 2 所示。

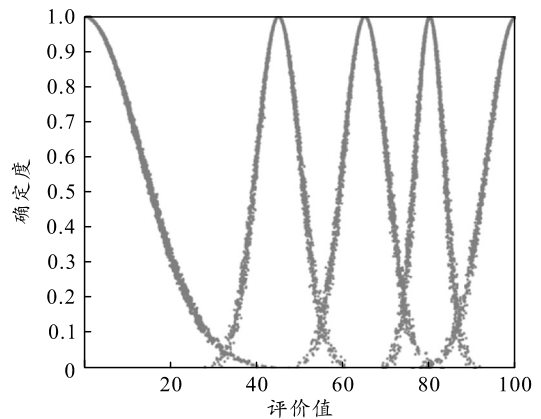


图 2 评价标准云图

3) 计算指标权重。

邀请远程火箭炮打击平台作战运用领域专家构建判断矩阵，限于篇幅，文中以侦察情报能力  $U_2$  为例，进行评估。

专家构建的判断矩阵如下：

$$U_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{2}{3} & \frac{4}{5} \\ \frac{3}{2} & 1 & \frac{12}{15} \\ \frac{5}{4} & \frac{15}{12} & 1 \end{bmatrix}。$$

运用式(6)计算指标权重，运用式(7)计算  $CR$ ，并进行一致性检验，经计算  $U_2=(0.266, 0.356, 0.378)$ ， $CR < 0.1$ ，符合一致性检验要求。

4) 生成综合评价云图。

邀请 5 名专家分别对正常战场环境和复杂战场环境下的侦察情报能力打分，表 6 为正常战场环境下专家评分表，表 7 为复杂战场环境下专家评分表。

表 6 正常战场环境下专家评分

指标	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5
$U_{21}$	93	90	90	89	91
$U_{22}$	88	90	89	89	91
$U_{23}$	90	88	87	91	90

表 7 复杂战场环境下专家评分

指标	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5
$U_{21}$	82	80	79	80	81
$U_{22}$	78	77	75	80	82
$U_{23}$	81	79	83	78	80

运用式(2)，分别计算正常战场环境和复杂战场环境下的云模型数字特征( $E_x, E_n, H_e$ )，如表 8 所示。

表 8 不同战场环境云模型数字特征

特征	正常战场环境			复杂战场环境		
	$U_{21}$	$U_{22}$	$U_{23}$	$U_{21}$	$U_{22}$	$U_{23}$
$E_x$	90.6	89.4	89.2	80.4	78.4	80.2
$E_n$	1.4	1.1	1.7	1.10	2.61	1.81
$H_e$	0.58	0.30	0.44	0.30	0.71	0.67

运用式(8)计算  $U_2$  的综合评价云数字特征，正常战场环境综合评价云数字特征为( $E_x=89.6, E_n=1.43, H_e=0.427$ )；复杂战场环境综合评价云数字特征为( $E_x=79.6, E_n=2, H_e=0.59$ )，而后利用定性向定量描述转换算法生成综合评价云图。图 3 为正常战场环境下综合评价云图，图 4 为复杂战场环境下综合评价云图。利用正常战场环境下综合评价云图、复杂战场环境下综合评价云图与标准云图相比较(如图 5 所示)，可知：正常战场环境下远程火箭炮打击平台侦察情报能力为好；复杂战场环境下远程火箭炮打击平台侦察情报能力为较好，在复杂战场环境下，远程火箭炮打击平台侦察情报能力由好降为较好，说明复杂战场环境对远程火箭炮打击平台作战效能存在影响。

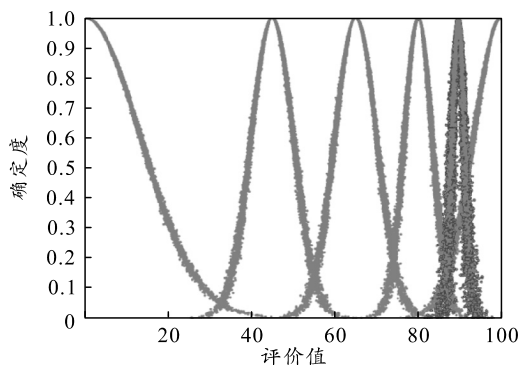


图 3 正常战场环境下综合评价云图

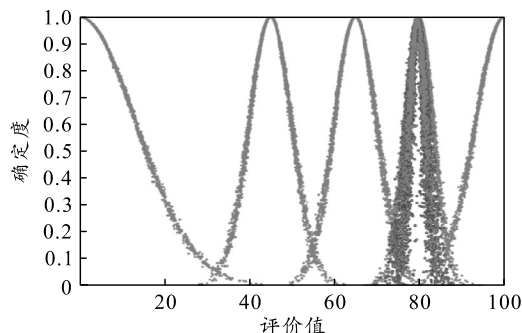


图 4 复杂战场环境下综合评价云图

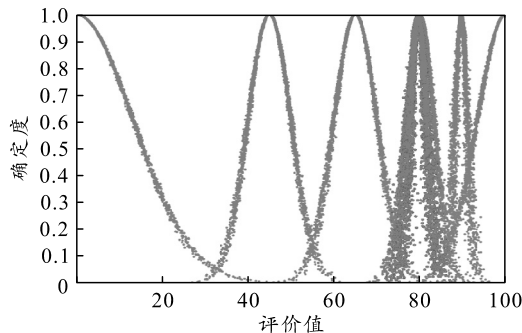


图 5 对比云图

3 结论

远程火箭炮打击平台作为陆军战略威慑、战役打击、战术支援的重要火力打击力量，未来面临多战场环境下作战考验，在构建远程火箭炮打击平台作战效能评估指标体系的基础上，运用云模型的评估方法，评估在不同战场环境下远程火箭炮打击平台作战效能。实验结果表明：正常战场下环境对远程火箭炮打击平台作战效能好；复杂战场下环境对远程火箭炮打击平台作战效能较好。实验结果证明：复杂战场下环境对远程火箭炮打击平台作战效能产生一定影响，其由好变为较好。本文中实验结果对摸清远程火箭炮打击平台在不同战场环境下作战能力底数，改进远程火箭炮打击平台装备发展以及为部队有针对性应用实践提供重要支撑。

参考文献：

[1] 王凯. 基于云模型的炮兵远程火力目标保障效能评估[J/OL]. 指挥控制与仿真: 1-9[2022-06-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1759.TJ.20220427.1341.030.html>.

[2] 丛林虎, 肖支才, 陈育良, 等. 基于改进云模型的某型反舰导弹状态评估方法[J]. 兵器装备工程学报, 2021, 42(8): 85-93.

[3] 张晶晶, 吴鹏飞. 基于云模型的导弹装备技术保障能力评估[J]. 舰船电子工程, 2021, 41(7): 143-147.

[4] 彭辉, 姜强, 邓建辉, 等. 基于云模型的舰船战备完好

性评估方法[J]. 中国舰船研究, 2021, 16(6): 61-71.

[5] 张宗腾, 张琳, 汪文峰, 等. 基于云模型的防空武器系统毁伤效能评估[J]. 信息工程大学学报, 2021, 22(4): 497-501.

[6] 刘保军, 李成, 卿华, 等. 基于不确定性量化的装备抢修效能云模型评估[J]. 现代防御技术, 2021, 49(5): 65-70, 103.

[7] 戴剑勇, 王雯雯, 黄晓庆. 基于网络云模型的尾矿库溃坝安全评估[J]. 安全与环境学报, 2022, 22(1): 1-7.

[8] 张晶晶, 吴鹏飞. 基于云模型的导弹装备技术保障能力评估[J]. 舰船电子工程, 2021, 41(7): 143-147.

[9] 张海峰, 韩芳林, 潘长鹏, 等. 基于云模型的无人机对海突击作战效能评估[J]. 兵工自动化, 2019, 38(4): 57-61.

[10] 连云峰, 代冬升, 李会杰, 等. 基于云模型的装备维修保障系统评估[J]. 兵工自动化, 2021, 40(2): 8-12, 28.

[11] 龚杰, 雍歧东, 于力, 等. 基于云模型和层次分析法的油料保障能力评估[J]. 兵工自动化, 2018, 37(2): 66-69.

\*\*\*\*\*

(上接第 28 页)

表 2 工艺流程案例 final 参数(总工时=12.00)

序号	起止节点	工序名	工时	最早开工	最迟开工	最早完工	最迟完工	总时差	单时差	关键工序
1	1...>2	工序 19	0	0	0	0	0	0	0	是
2	1...>3	工序 18	0	0	3	0	0	0	0	-
3	1->9	船舶进入港口测试准备	2	0	2	2	2	2	2	-
4	2->8	核心部件测试上船	4	0	0	4	4	4	4	是
5	3->4	装载设备功能测试	1	0	3	1	1	1	1	-
6	4->5	吊装上船设备固定	1	1	4	2	1	1	1	-
7	5->6	船上测试	1	2	5	3	1	1	1	-

6) 网络图文件存储, 生成 word 报表。

如上表所示, 选择保存路径, 以 cpm 为扩展名存储网络图文件, 便于调用、比对和优化。

选择生成 word 报表功能, 可在指定路径生成报表, 展示网络图全貌和工序参数计算结果。

### 5 结论

笔者提出的图形化网络图流程设计与参数计算方法, 合理设计了网络图箭线、节点等图形元素的面向对象类型和图形化交互方法, 能在图形绘制的同时快速完成网络图结构关系的模型构建。根据网络图模型, 确定箭线和节点图形元素的输入输出关系, 实现了网络图规范性自动判断、关键路径和时间参数自动计算功能。相比现有网络图绘制工具, 该软件提供了直观灵活的箭线和节点编辑功能, 实现了图形绘制同时自动关联工序参数。箭线能够按需分段并改变指向, 工序内容、时间显示位置和方式可灵活设置, 节点可自动完成拓扑编号, 方便用户随时优化流程设计。该软件具有一定的通用性, 设计方法可推广应用于多领域流程图和网络图计划方法研究。

### 参考文献:

[1] CAKIR B, ALTIPARMARK F, DENGIZ B. Multi objective optimization of a stochastic assembly line balancing: A hybrid simulated annealing algorithm[J]. Computer & Industrial Engineering, 2011, 60(3): 376-384.

[2] MASOOD F, MORTEZA G. A technical comment on “a review on assembly sequence planning and assembly line balancing optimization using soft computing approaches[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, 71(9): 2033-2042.

[3] 赵旭, 王磊, 董大志, 等. 基于任务分解与协同的作战计划[J]. 空军装备研究, 2016, 10(2): 15-20.

[4] 吕卫民, 胡文林, 王哲, 等. 基于生产线平衡的导弹技术准备流程优化[J]. 系统工程与电子技术, 2016, 38(7): 1589-1593.

[5] 谢芝亮, 陈维义, 彭英武, 等. 基于网络计划法的防空装备准备技术流程优化[J]. 兵工自动化, 2016, 35(7): 27-31.

[6] 张宏军, 郝文宁. 基于作战行动的训练演习实况数据编辑方法[J]. 军事运筹与系统工程, 2013, 27(3): 10-14, 23.

[7] 熊华, 王立波. 论网络计划技术在导弹技术准备流程优化中的运用[J]. 海军航空兵, 2016, 50: 39-41.

[8] 沈玉玲, 邱兴业. 网络计划技术在海上作战任务规划中的运用[J]. 指挥与控制学报, 2017, 3(4): 330-335.