

基于物元分析的火炮维修能力评价

文志伟¹, 刘 辉²

(1. 海南省军区 军械装甲处, 海口 570236; 2. 海南省军区 军械修理所, 海南 定安 571231)

摘要:针对火炮的维修单位选择问题,选取火炮维修人员、火炮维修器材、火炮维修设备、火炮维修环境和组织管理水平5个评价指标,采用基于变异系数法确定权重的物元分析模型,对火炮修理机构的维修能力进行评价;实例验证表明,评价模型正确、可用。

关键词:火炮维修能力;评价;物元分析

中图分类号:TJ303.4

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2013)11-0073-04

Evaluation of Gun Maintenance Capability Based on Matter Element

WEN Zhi-wei¹, LIU Hui²

(1. Ordnance and Armor Department, Hainan Province Military District, Haikou 572036, China;

2. Ordnance Repairing Department, Hainan Province Military District, Ding'an 571231, China)

Abstract: Aimed at the choice of gun maintenance organization, some of these factors, such as gun maintainer, gun maintain material, gun maintain equipments, organization management, are used as evaluation indexes. The evaluation of gun maintain capability of gun maintain organization can be done using the matter element model based on variation coefficient. The result indicates that matter elements comprehensive evaluation model of gun maintain capability based on variation coefficient method is reasonable and creditable.

Key words: gun maintain capability; evaluation; matter element

现代局部战争中,高新技术武器正在发挥越来越重要的作用,但火炮作为常规的压制性武器,仍然是不可或缺的^[1]。不管是在日常训练中还是在战时,火炮的可靠性、维修性、测试性等特性都是其能否正常使用的决定因素。但是,当故障已经发生时,修理机构的维修能力则成为影响能否及时排除故障的重要因素^[2]。通过对修理机构维修能力进行评价,能够准确选取较为有利的修理机构,减少不必要的维修步骤并降低资源消耗。目前,有关维修能力评价的方法主要有层次分析法^[2]和模糊综合评判法^[3],这些评价方法虽然得到了一定的应用,但是还没有一种方法能够脱颖而出,达到令人满意的程度。本文采用由蔡文教授创立的物元分析理论^[4-5]来进行火炮维修能力评估,用 $(-\infty, +\infty)$ 上的关联度来刻画多属性变化区间特征,具有一定的理论和实践意义。

1 火炮维修能力评价因素

干扰火箭是一种以火箭为动力、携带并投放或抛撒大量干扰物的软杀伤型武器,其最大射程可达12 km,广泛装备于舰艇、飞机、坦克和地面部队。其指标体系实际上是对反导效能这一评估目标的分解,它常常是一个递结层次结构模型。在结构模型中,总目标被分解成一系列子目标,这些子目标又按其属性分作若干组,每一个子目标可继续分解,从而形成不同的层次。本文主要从以下几个方面建立箔条干扰火箭反导效能指标体系:火炮维修是为使火炮保持、恢复到或改善其规定技术状态所进行的全部活动。按照维修的目的与时机,维修可分为预防性维修、修复性维修、战场抢修和改进性维修。其中,修复性维修也称修理或排除故障维

修,它是火炮发生故障或遭受损失后,使其恢复到规定技术状态所进行的修理活动,包括故障定位、故障隔离、分解、更换、再装、调校、检验以及修复损坏件等^[6]。

评价修理机构对火炮的维修效果主要看维修的数量和质量,维修数量包括可维修的火炮类型以及固定时间内可维修的火炮数量,维修质量包括故障修复率和维修时间等。火炮的维修效果主要取决于火炮维修系统的组成要素,包括人、设备、材料、方法、检测和环境等。为了更有效地评价修理机构对火炮的维修能力,根据火炮维修保障的相关要求,结合装备安全修理的实际,按照系统性、科学性、可测性、可操作性的原则,建立火炮维修能力评价指标体系。评价火炮维修能力的指标可以总结归纳为火炮维修人员、火炮维修器材、火炮维修设备、火炮维修环境和组织管理水平。

(1) 火炮维修人员。火炮维修人员是使用和维修火炮的主体,也是火炮维修活动的操作者。影响维修能力的人员因素主要包括人员数量和人员素质(技能)两个方面。

(2) 火炮维修器材。火炮维修器材是指用于火炮维修的一切器材和材料,包括备件和消耗品,它是火炮维修的物质基础。影响维修能力的器材因素主要是备件及消耗品的数量。

(3) 火炮维修设备。火炮维修设备是指火炮维修所需的各种机械、电器、仪器等的统称,一般包括拆卸和维修工具、测试仪器、诊断设备、工艺装置以及切削加工和焊接设备等,影响维修能力的设备因素主要是维修设备的数量和完好程度。

(4) 火炮维修环境。火炮维修环境是指火炮维修时所处的修理车间及该修理间的照明、空间大小、温度、湿度以及振动、噪音等各方面条件。这些环境因素虽不能直接影响维修效果,但会影响维修人员的心理和疲劳程度等,从而间接影响维修效果。

(5) 组织管理水平。组织管理水平是指火炮修理机构为确保火炮维修质量而进行的组织管理活动及其效果。好的组织管理能够提高维修效率,缩短维修时间,增强机构的维修能力。

2 火炮维修能力评价的物元模型

2.1 确定经典域

$$R_{0j} = \begin{bmatrix} N_{01} & N_{02} & \cdots & N_{04} \\ C_1 & \langle a_{011}, b_{011} \rangle & \langle a_{021}, b_{021} \rangle & \cdots & \langle a_{041}, b_{041} \rangle \\ C_2 & \langle a_{012}, b_{012} \rangle & \langle a_{022}, b_{022} \rangle & \cdots & \langle a_{042}, b_{042} \rangle \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_5 & \langle a_{015}, b_{015} \rangle & \langle a_{025}, b_{025} \rangle & \cdots & \langle a_{045}, b_{045} \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中: N_{0j} 为所划分的第 j 个火炮维修能力等级, $j=1$ 表示火炮维修能力为“优秀”, $j=2$ 表示火炮维修能力为“良好”, $j=3$ 表示火炮维修能力为“一般”, $j=4$ 表示火炮维修能力为

“差”; C_i 表示火炮维修能力评价等级全体的示性指标, $i=1 \sim 5$ 分别表示火炮维修人员、火炮维修器材、火炮维修设备、火炮维修环境和组织管理水平这5项示性指标; $\langle a_{0ji}, b_{0ji} \rangle$ 分别为 N_{0j} 关于 C_i 所规定的量值范围,即评价等级关于对应指标所取的数值范围(经典域)。

2.2 确定节域

$$R_p = \begin{bmatrix} P & C_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & C_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & C_5 & \langle a_{p5}, b_{p5} \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中: P 表示火炮维修能力等级全体; $\langle a_{pi}, b_{pi} \rangle$ 为 P 关于 C_i 所取的量值范围。

2.3 确定待评物元

$$R_0 = \begin{bmatrix} P_0 & C_1 & x_1 \\ & C_2 & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_5 & x_5 \end{bmatrix} \quad (3)$$

式(3)中: R_0 称为待评物元,即待评的火炮修理机构; P_0 表示待评火炮修理机构的维修能力等级; x_i 表示 P_0 关于 C_i 的量值。

2.4 变异系数法确定权重

由于层次分析法确定权重系数带有很强的主观性,本文采用一种通过统计处理指标特征值来计算指标权重的方法——变异系数法^[7],该法是采用评价指标特征值之间的参数——变异系数来作为各指标的权重,由于不存在人为赋值、打分的现象,因此排除了主观因素的影响,使结果更加客观、可信。变异系数法确定权重的步骤:

首先,构建各指标的特征值矩阵,本文根据物元模型的经典域来构建此矩阵

$$U_{ji} = \begin{bmatrix} N_1 & N_2 & \cdots & N_4 \\ C_1 & u_{11} & u_{21} & \cdots & u_{41} \\ C_2 & u_{12} & u_{22} & \cdots & u_{42} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_5 & u_{15} & u_{25} & \cdots & u_{45} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(4)中的 u_{ji} 用式(1)中的 a_{0ji}, b_{0ji} 来表示, $u_{ji} = \frac{a_{0ji} + b_{0ji}}{2}$;然后,依次根据式(5)~式(8)计算,可得到变异系数,即个指标的权重值

$$\bar{u}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m u_{ji} \quad (5)$$

$$D_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (u_{ji} - \bar{u}_i)^2} \quad (6)$$

$$\delta_i = \frac{D_i}{u_i} \quad (7)$$

$$\omega_i = \frac{\delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (8)$$

显然,在本文建立的火炮维修能力的物元评价模型中, $m=4$,

$n = 5$ 。

2.5 计算关联度并确定评价等级

待评物元的第 i 个指标对于第 j 个评价等级的关联度:

$$K_j(x_i) = \frac{\rho(x_i, x_{0ji})}{\rho(x_i, x_{pi}) - \rho(x_i, x_{0ji})} \quad (9)$$

其中

$$\rho(x_i, x_{0ji}) = \left| x_i - \frac{1}{2}(a_{0ji} + b_{0ji}) \right| - \frac{1}{2}(b_{0ji} - a_{0ji}) \quad (10)$$

$$\rho(x_i, x_{pi}) = \left| x_i - \frac{1}{2}(a_{pi} + b_{pi}) \right| - \frac{1}{2}(b_{pi} - a_{pi}) \quad (11)$$

则待评火炮维修机构的维修能力 P_0 关于等级 j 的关联度为

$$K_j(P_0) = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot K_j(x_i) \quad (12)$$

若 $K_j(P_0) = \max\{K_j(P_0)\}$, 则 P_0 属于等级 j 。

3 应用实例

维修人员这一指标可以根据高级、中级、初级和一般维修人员所占的比例来衡量。维修器材和维修设备这两个指标,可以根据对主要火炮修理机构的统计数据,确定优秀、良好、一般和差对应的数值。而修理环境和组织管理水平,可以由专家根据各修理机构的实际情况进行打分。下面仅以一组各指标的属性值为例,来为验证评价模型的正确性。

根据经验统计和一些资料文献的总结,评价火炮修理机构维修能力的各个示性指标属性值相对于各个评价等级的取值范围如表 1 所示。

(1) 确定经典域和节域。根据表 1 中相应的指标取值范围可以确定物元评价模型的经典域和节域,进一步将所有数据归一化后,得到标准后的经典域和节域。

表 1 指标范围

指标	优秀	良好	一般	差
火炮维修人员	$9 \leq X_1 \leq 10$	$8 \leq X_1 < 9$	$6 \leq X_1 < 8$	$4 \leq X_1 < 6$
火炮维修器材	$85 \leq X_2 \leq 100$	$70 \leq X_2 < 85$	$60 \leq X_2 < 70$	$30 \leq X_2 < 60$
火炮维修设备	$8.5 \leq X_3 \leq 10$	$7 \leq X_3 < 8.5$	$6 \leq X_3 < 7$	$3.6 \leq X_3 < 6$
火炮维修环境	$8 \leq X_4 \leq 10$	$7 \leq X_4 < 8$	$6 \leq X_4 < 7$	$2 \leq X_4 < 6$
组织管理水平	$9 \leq X_5 \leq 10$	$7.5 \leq X_5 < 9$	$6.2 \leq X_5 < 7.5$	$4.5 \leq X_5 < 6.2$

$$R_{0ji} = \begin{bmatrix} \text{优秀} & \text{良好} & \text{一般} & \text{差} \\ C_1 & \langle 9, 10 \rangle & \langle 8, 9 \rangle & \langle 6, 8 \rangle & \langle 4, 6 \rangle \\ C_2 & \langle 85, 100 \rangle & \langle 70, 85 \rangle & \langle 60, 70 \rangle & \langle 30, 60 \rangle \\ C_3 & \langle 8.5, 10 \rangle & \langle 7, 8.5 \rangle & \langle 6, 7 \rangle & \langle 3.6, 6 \rangle \\ C_4 & \langle 8, 10 \rangle & \langle 7, 8 \rangle & \langle 6, 7 \rangle & \langle 2, 6 \rangle \\ C_5 & \langle 9, 10 \rangle & \langle 7.5, 9 \rangle & \langle 6.2, 7.5 \rangle & \langle 4.5, 6.2 \rangle \end{bmatrix} \quad R_p = \begin{bmatrix} C_1 & \langle 4, 10 \rangle \\ C_2 & \langle 30, 100 \rangle \\ C_3 & \langle 3.6, 10 \rangle \\ C_4 & \langle 2, 10 \rangle \\ C_5 & \langle 4.5, 10 \rangle \end{bmatrix}$$

$$R_{0ji} = \begin{bmatrix} \text{优秀} & \text{良好} & \text{一般} & \text{差} \\ C_1 & \langle 0.83, 1 \rangle & \langle 0.67, 0.83 \rangle & \langle 0.33, 0.67 \rangle & \langle 0, 0.33 \rangle \\ C_2 & \langle 0.79, 1 \rangle & \langle 0.57, 0.79 \rangle & \langle 0.43, 0.57 \rangle & \langle 0, 0.43 \rangle \\ C_3 & \langle 0.77, 1 \rangle & \langle 0.53, 0.77 \rangle & \langle 0.38, 0.53 \rangle & \langle 0, 0.38 \rangle \\ C_4 & \langle 0.75, 1 \rangle & \langle 0.63, 0.75 \rangle & \langle 0.5, 0.63 \rangle & \langle 0, 0.5 \rangle \\ C_5 & \langle 0.82, 1 \rangle & \langle 0.55, 0.82 \rangle & \langle 0.31, 0.55 \rangle & \langle 0, 0.31 \rangle \end{bmatrix} \quad R_p = \begin{bmatrix} C_1 & \langle 0, 1 \rangle \\ C_2 & \langle 0, 1 \rangle \\ C_3 & \langle 0, 1 \rangle \\ C_4 & \langle 0, 1 \rangle \\ C_5 & \langle 0, 1 \rangle \end{bmatrix}$$

选择某火炮修理机构作为评价对象,表征其维修能力的各项示性指标为维修人员指标值 0.86、维修器材指标值为 92、维修设备指标值为 8.83、维修环境打分为 6.95、组织管理水平为 8.98,则待评物元即可写:

$$R_0 = \begin{bmatrix} P_0 & C_1 & 0.86 \\ & C_2 & 92 \\ & C_3 & 8.83 \\ & C_4 & 6.95 \\ & C_5 & 8.98 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0 & C_1 & 0.77 \\ & C_2 & 0.89 \\ & C_3 & 0.82 \\ & C_4 & 0.62 \\ & C_5 & 0.81 \end{bmatrix}$$

(2) 计算指标权重。根据火炮维修能力物元评价模型的经典域可以得到各示性指标的特征值矩阵如下:

$$U_{ji} = \begin{bmatrix} & \text{优秀} & \text{良好} & \text{一般} & \text{差} \\ C_1 & 0.92 & 0.75 & 0.5 & 0.17 \\ C_2 & 0.90 & 0.68 & 0.5 & 0.22 \\ C_3 & 0.89 & 0.65 & 0.46 & 0.19 \\ C_4 & 0.88 & 0.69 & 0.57 & 0.25 \\ C_5 & 0.91 & 0.69 & 0.43 & 0.16 \end{bmatrix}$$

根据式(5)~式(8)计算,得到各个示性指标的权重值为

$$\omega_i = [0.22 \quad 0.19 \quad 0.20 \quad 0.17 \quad 0.22]$$

(3) 计算关联度、确定评价等级。根据式(9)、式(10)、式(11)、式(12)可计算得到待评火炮修理结构的维修能力相对于优秀、良好、一般和差4个等级的关联度分别为1.8585、-0.0429、-0.4560、-0.6415,显然 $K_1(P_0) = 1.8585 = \max\{K_j(P_0)\}$,则评定该火炮修理机构的维修能力属于“优秀”等级,应该优先选择该修理机构承担火炮维修任务。

4 结束语

火炮维修是保持、恢复乃至提高战斗力的重要因素。对火炮维修能力进行评价,是准确选取有利的修理机构,降低资源消耗,提高维修效率的必要手段。采用基于变异系数法

的物元评价模型来评估火炮维修结构的维修能力,一方面避免了评价信息遗漏,拓展了评价应用范围,提高了评价信息的利用率;另一方面减少了层次分析法等方法中的人为主观因素对评价结果的影响,更加客观可信。

参考文献:

- [1] 李杰仁,马吉胜,刘滨.基于TOPSIS法的火炮质量评价[J].新技术新工艺,2010(2):22-24.
- [2] 邹莹芝,吕川.维修能力综合评价方法初步研究[C].第四届世界维修大会论文集,2008(11):947-952.
- [3] 王铮,黎放,董鹏.舰载武器装备维修单位维修能力评估问题研究[J].中国修船,2009,22(1):42-44.
- [4] 姜欣明,罗兴柏,张玉令,等.基于多级物元分析法的弹药维修安全评价[J].兵工学报,2007,28(4):495-498.
- [5] 田福庆,冯昌林,余海威.基于物元分析的火炮身管性能评价[J].火炮发射与控制学报,2007(3):5-7,25.
- [6] 甘茂治,康建设,高崎.军用装备维修工程学[M].北京:国防工业出版社,1999.
- [7] 孙凯,鞠晓峰,李煜华.基于变异系数法的企业孵化器运行绩效评价[J].哈尔滨理工大学学报,2007,12(3):165-167,172.

(责任编辑 周江川)

(上接第58页)

参考文献:

- [1] 李临.海底地形匹配辅助导航技术现状及发展[J].舰船电子工程,2008,28(2):75-77.
- [2] Hollowell J. Heli/SITAN: A terrain referenced navigation algorithm for helicopters [C]// IEEE Position, Location, and NAVIGATION Symposium 1990(PLANS'90), Las Vegas, NV, USA, 1990:616-625.
- [3] Russell E, Darryl M. Terrain-aided navigation using the Viterbi algorithm[J]. Journal of Guidance, Control and Dynamics, 1995, 43(9):1444-1449.
- [4] Golden J P. Terrain contour matching (TERCOM): a cruise missile guidance aid [C]// Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. San Diego, CA, USA, 1980, 238:10-18.
- [5] 朱华勇,沈林成,常文森.基于地形差分矩的TERCOM地图性能估计[J].国防科技大学学报,2000,22(4):98-101.
- [6] 马昕,袁信.地形辅助惯性导航系统研究[J].南京航空航天大学学报,1997,29(3):289-294.
- [7] Anonsen K, Hallingstad O. Terrain Aided Underwater Navigation Using Point Mass and Particle Filters [J]. Position, Location, And Navigation Symposium, 2006(1-3):1027-1035.
- [8] 刘洪.基于PMF算法的水下地形匹配技术研究[D].武汉:海军工程大学,2012.
- [9] Bishop G C. Gravitational field maps and navigational errors [J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2002, 27(3):726-737.
- [10] 朱志宇.粒子滤波算法及其应用[M].北京:科学出版社,2010:19-21.
- [11] 王华,晏磊,钱旭,等.基于地形熵和地形差异熵的综合地形匹配算法[J].计算机技术与发展,2007,17(9):25-27.
- [12] 郑彤,蔡龙飞,王志刚,等.地形匹配辅助导航中匹配区域的选择[J].中国惯性技术学报,2009,17(2):191-196.
- [13] 周启鸣,刘学军.数字地形分析[M].北京:科学出版社,2006:29-32.

(责任编辑 杨继森)