

doi: 10.7690/bgzdh.2013.03.004

基于区间数与可拓理论的装备维修保障人员训练效果评估

崔凯旋, 石全, 胡起伟, 张文宇, 王业

(军械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要: 针对部队装备维修保障人员的训练效果进行定量分析和等级划分, 建立一种基于区间数与可拓理论的装备维修保障人员训练效果评估体系。结合装备维修保障人员训练实际特点和要求, 利用可拓理论构建物元评估模型, 从知识水平、岗位能力、装备效能情况、人员素质和工作表现等方面出发, 采用区间数为属性取值, 对其主要指标数据进行量化处理, 利用层次分析法确定物元各指标的权重系数, 建立物元关联函数, 并利用优度评价法和各子指标等级统计情况对装备维修人员训练效果进行评估。分析二级效果表明, 该体系准确客观, 可为训练效果的评估提供参考。

关键词: 物元分析; 区间数; 可拓评估; 训练效果; 关联函数

中图分类号: TJ07 **文献标志码:** A

Training Effect Evaluation of Equipment Maintenance Support Serviceman Based on Interval Number and Extension Theory

Cui Kaixuan, Shi Quan, Hu Qiwei, Zhang Wenyu, Wang Ye

(Department of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Aiming at the quantify analysis and train grade judgment of equipment maintenance support serviceman, the serviceman training effect evaluation system was established based on interval number and extension theory. Combine serviceman training actual characteristics and requirements, use extension theory to establish matter element evaluation model. Based on knowledge level, operation ability, equipment efficiency conditions, personnel quality and working performance, taking interval number as attribute evaluation, the main indicator data was quantified. The matter element weight indexes were confirmed through AHP method. The matter element correlative function was established. The serviceman training effect is evaluated by using the superior degree evaluation method and index rating statistics situation. The analysis result shows that the system is accurate and comprehensive, it can provide reference to training effect evaluation.

Key words: matter element analysis; interval number; extension evaluation; training effect; correlative function

0 引言

现代战争表明, 装备维修保障能力已成为制约战争胜负的关键因素。装备维修保障人员作为武器装备维修系统的操纵者、执行者和保障者, 是装备保障行动中的关键因素; 装备维修保障人员训练效果评估是检查部队装备维修训练情况、衡量训练效果、不断提高训练质量的重要手段和有效措施。

目前, 部队装备维修保障人员训练评估引起了许多关注和研究, 模糊综合评判、灰色关联和 TOPSIS 等方法都被应用到军事训练的评估中。现代化军队的武器装备种类繁多, 技术复杂, 对广大官兵的专业技术水平提出了更高的要求。诸军种、兵种的军官和士兵应熟悉本职专业理论, 熟练掌握武器装备的专业技能, 工程技术人员应精通技术装备, 成为行家和能手。因而, 专业技术训练所占的比重增大, 训练时间增多。为鼓励官兵掌握专业技术, 许多国家的军队在士兵中实行技术等级制度,

在军官中实行技术职称(或职务)制度。结合我军军事训练效果评估中划分训练等级的特点, 笔者引入物元可拓评估理论, 并采用区间数为属性评价取值, 从装备维修训练实际需求出发建立评估指标体系, 运用可拓集合中的关联函数和关联度等理论构造评估模型, 对部队装备维修保障人员的训练效果进行定量分析和等级划分。

1 可拓学与区间数的基本理论

可拓学以物元理论和可拓数学从定性和定量 2 个角度来研究被评价事物的内在规律性, 采用可拓集合的关联函数—关联度的大小来描述各种特征参数与所研究对象的从属关系, 从而把属于或不属于的定性描述扩展为定量描述^[1]。

在实际决策中, 由于客观信息的模糊性, 往往不能给出具体的数值信息, 而是给出决策信息的上限和下限, 即很多决策信息以区间数的形式出现。基于区间数的多属性决策是不确定信息决策科学的

收稿日期: 2012-09-25; 修回日期: 2012-10-09

作者简介: 崔凯旋(1984—), 男, 河北人, 硕士, 助理工程师, 从事装备保障理论与应用研究。

重要表现形式, 该方法具有广泛的应用前景^[2-3]。

区间数: 记 $\tilde{a}=[a^L, a^U]=\{x|a^L \leq x \leq a^U, a^L, a^U \in R\}$, 称 \tilde{a} 为一个区间数, 当 $a^L = a^U$, 则 \tilde{a} 退化为一个实数, 可见任何一个实数都是一个区间数。区间数的距离定义如下:

定义 1 设有区间数 $\tilde{a}=[a^L, a^U]$, $\tilde{b}=[b^L, b^U]$, 则有距离: $d|\tilde{a}, \tilde{b}| = \sqrt{\frac{|a^L - b^L|^2 + |a^U - b^U|^2}{2}}$, 表示区间数 \tilde{a} 和 \tilde{b} 的区间距离; 如果范数 $\|\tilde{a} - \tilde{b}\| = |a^L - b^L| + |a^U - b^U|$, 称 $d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \|\tilde{a} - \tilde{b}\|$ 为区间数 \tilde{a} 和 \tilde{b} 的相离度; 显然 $d|\tilde{a}, \tilde{b}|$ 和 $d(\tilde{a}, \tilde{b})$ 越大, 则区间数 \tilde{a} 和 \tilde{b} 的距离越大, 当 $d|\tilde{a}, \tilde{b}| = d(\tilde{a}, \tilde{b}) = 0$ 时, 有 $\tilde{a} = \tilde{b}$ 。

两区间的可拓距离定义为 $|\frac{x^U + x^L}{2} - \frac{X_0^U + X_0^L}{2}| - \rho|\frac{X_0^U - X_0^L}{2} + \frac{x^U - x^L}{2}|$, 其中 $\rho(-1 \leq \rho \leq 1)$ 表示为主观因子, 表示区间的大小对

$$\rho(\tilde{x}, \tilde{X}_0) = \begin{cases} |\frac{x^U + x^L}{2} - \frac{X_0^U + X_0^L}{2}| - \rho|\frac{X_0^U - X_0^L}{2} + \frac{x^U - x^L}{2}|, & \tilde{x} \cap \tilde{X}_0 = \emptyset \\ |\frac{x^U + x^L}{2} - \frac{X_0^U + X_0^L}{2}| - \rho|\frac{X_0^U - X_0^L}{2} - \frac{x^U - x^L}{2}|, & \tilde{x} \cap \tilde{X}_0 \neq \emptyset \text{ 且 } \tilde{x} \not\subset \tilde{X}_0 \\ |\frac{x^U + x^L}{2} - \frac{X_0^U + X_0^L}{2}| - \rho|\frac{\max(X_0^U, x^U) - \min(X_0^L, x^L)}{2}|, & \tilde{x} \cap \tilde{X}_0 \neq \emptyset \text{ 且 } \tilde{x} \subset \tilde{X}_0 \end{cases} \quad (2)$$

$\rho(\tilde{x}, \tilde{X}_0) = d|\tilde{x}, \tilde{X}_0| = \sqrt{\frac{|x^L - X_0^L|^2 + |x^U - X_0^U|^2}{2}}$, 表示区间距离。

$\rho(\tilde{x}, \tilde{X}_0) = d(\tilde{x}, \tilde{X}_0) = |x^L - X_0^L| + |x^U - X_0^U|$, 称为区间的范数距离, 在此定义为相离度。

1.3 可拓关联函数

设区间 \tilde{X} , 且有 $\tilde{X}_N \subset \tilde{X}$, 则 \tilde{x} 关于 \tilde{X}_N 和 \tilde{X} 的初等可拓关联函数为:

$$K_j(\tilde{x}_i) = \begin{cases} \frac{\rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_{Ni})}{\rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_i) - \rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_{Ni})}, & \tilde{x}_i \cap \tilde{X}_i = \emptyset \\ \frac{-\rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_{Ni})}{\max(x_i^U, X_{Ni}^U) - \min(x_i^L, X_{Ni}^L)}, & \tilde{x}_i \cap \tilde{X}_i \neq \emptyset \text{ 且 } \tilde{x}_i \not\subset \tilde{X}_i \\ \frac{-\rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_{Ni})}{\max(x_i^U - x_i^L, X_{Ni}^U - X_{Ni}^L)}, & \tilde{x}_i \cap \tilde{X}_i \neq \emptyset \text{ 且 } \tilde{x}_i \subset \tilde{X}_i \end{cases} \quad (3)$$

式中: $K_j(\tilde{x}_i)$ 表示待评事物 m 的第 i 个指标 \tilde{x}_i 与评估等级 N_j 之间的关联函数, $\rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_{Ni})$ 表示 \tilde{x}_i 与对应的经典域 R_{Nj} 的距, $\rho(\tilde{x}_i, \tilde{X}_i)$ 表示 \tilde{x}_i 与节域 R_X 的距。

于两区间距离的影响。

1.1 物元可拓分析

物元是事物、特征及事物特征值组成的三元组, 记作 $R=(M, C, V)$ 。其中, “事物 M ” 在物元理论中指事物的名称; “特征 C ” 指事物性质、功能、状态等特点; “特征值 V ” 表示特征的量化值, 其取值范围称为量域, 记作 $V=(a, b)$ 。假设事物 M 具有多个特征 C , 可用 C_1, C_2, \dots, C_n 表示, 相应的量值 V 指用 V_1, V_2, \dots, V_n 表示, 称物元 R 为 n 维物元^[4-12], 记作:

$$R=(M, C, V) = \begin{bmatrix} M & C_1 & V_1 \\ & C_2 & V_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

1.2 “距”的概念

定义“距”为区间与区间的距离, 设 $\tilde{x}=[x^L, x^U]$ 为实域上任一个区间, $\tilde{X}_0=(X_0^L, X_0^U)$ 为实域上的一个区间, 则 x 与 X_0 的“距”定义为:

1.4 可拓优度评价方法

首先确定各属性的权系数 w_i , 而后根据关联函数计算优度: 设 $K_j(m) = \sum_{i=1}^n w_i K_j(x_i)$ 为 m 关于等级 N_j 的关联度, w_i 表示各指标权重系数, 最后根据 N_j 的优度进行比较: 若 $K(m_{Nj}) = \max_{j \in \{1, 2, \dots, k\}} K_j(m)$, 则判定等级判定为 N_j 最优, m 与评估等级 N_j 关联度最强。

2 评估指标体系的建立

评估指标体系是对维修人员保障能力进行评估的重要基础和依据, 经过详细的系统分析、参阅有关资料并征求专家意见, 以装备维修保障训练的实际效果和任务需求为出发点, 以军事人员的知识、技能和态度(knowledge, skill and attitude, KSA)和武器装备效能为评估的主要因素, 从装备维修保障人员的知识水平、岗位能力、装备效能和人员素质表现几个方面进行科学分析, 本着系统全面、精确、可操作性强的原则建立装备维修保障训练评估的一般指标体系。整个评估指标体系共包含 5 个二级指标, 16 个三级指标, 如图 1 所示。

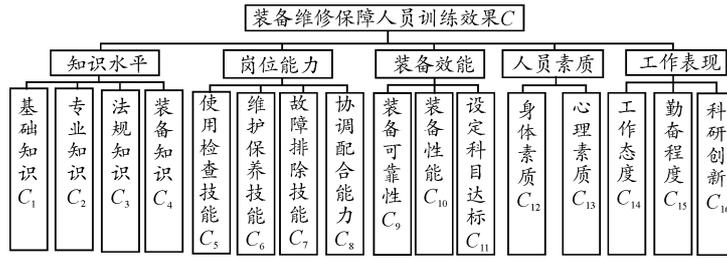


图 1 装备维修保障人员训练效果评估指标体系

评估指标数据的获取，“知识水平”和“人员素质”数据以考核测验的方式获取，“岗位能力”根据被测对象技能测试的方式以 10 分满分制进行测评，“装备效能”根据模拟训练课目中装备性能情况进行统计，采用 5 分满分制进行测评，“工作表现”考察人员的工作态度，勤奋程度等等。

知识水平：采用笔试考核的方式进行。重点考查装备维修保障人员的专业理论知识水平，对装备的结构和工作原理、操作方法、保养及常见故障排除知识的掌握程度等。

岗位能力：采用专项技能测试和履历分析法等方式测评。重点考查装备维修保障人员结合实际情况开展装备日常检查维护工作，组织开展故障判断和维修工作，维修训练开展过程中的组织协调能力。

装备效能：由于装备维修保障训练的复杂性和不确定性，对装备维修保障人员的保障能力水平进行量化十分困难，只是通过直接建立指标体系的方式进行评估主观性过强，因此在对装备维修保障人员知识水平和岗位能力进行评估的基础上，基于装

备模拟维修训练情况下装备作战效能建立评估指标，通过训练前后装备作战效能保持和恢复的量化值反映装备维修保障人员能力的提高，由专家组给予评分，对装备训练效果进行评估。

人员素质：指标得分由训练履历分析和训练教员打分的方式进行测评。人员素质包含参训人员的身体和心理素质情况。

工作表现：人员表现包含工作态度、勤奋程度和科研能力等。考察其是否具有较强烈的责任心，纪律观念是否强；学习过程中是否具有刻苦钻研的决心，学习的主动性强不强，参训时间是否达到要求；是否在训练的过程中积极主动思考，善于发现总结问题等等。

参照训练要求和各个指标的评价内容，将等级划分为 5 个等级，即

$N = \{N_0, N_1, N_2, N_3, N_4\} = \{“不合格 N_0”, “一般 N_1”, “中等 N_2”, “良好 N_3”, “优秀 N_4”\}$ ，评价内容及各个等级的指标 $C_1 \sim C_{16}$ 的取值范围如表 1。

表 1 评估指标等级分类

评估指标	评价内容	等级评定				
		不合格 N_0	一般 N_1	中等 N_2	良好 N_3	优秀 N_4
基础知识 C_1	装备维修应掌握的工艺技术、材料性能知识、装备维修保障的发展趋势等	0~60	60~70	70~80	80~90	90~100
专业知识 C_2	装备维修必须掌握的专业知识和其他相关知识	0~60	60~70	70~80	80~90	90~100
法规知识 C_3	维修保障应了解的法规、规章制度、技术规范、安全防护知识等	0~60	60~70	70~80	80~90	90~100
装备知识 C_4	装备维修应掌握的装备构造原理、技术参数、故障模式、维护保养知识等	0~60	60~70	70~80	80~90	90~100
使用检查技能 C_5	正确使用操作装备和工具及装备日常检查能力	0~60	6.0~7.0	7.0~8.0	8.0~9.0	9.0~10
维护保养技能 C_6	对装备进行日常维护，使其保持完好状态的能力	0~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0	8.0~9.0	9.0~10
故障排除能力 C_7	发现故障、判断故障模式以及排除故障的能力	0~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0	8.0~9.0	9.0~10
协调配合能力 C_8	装备维修、保养过程中的组织指挥及管理协调能力	0~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0	8.0~9.0	9.0~10
装备可靠性 C_9	装备模拟训练中装备可靠性，工作参数指标有无偏离正常情况等	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
装备性能 C_{10}	装备模拟训练中装备主要战术指标及性能情况	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
设定科目达标 C_{11}	模拟训练中设定科目的达成情况	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
身体素质 C_{12}	人员身体素质情况	0~60	60~70	70~80	80~90	90~100
心理素质 C_{13}	人员心理素质情况	0~60	60~70	70~80	80~90	90~100
工作态度 C_{14}	对待工作的态度、职业道德水平	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
勤奋程度 C_{15}	训练学习过程中的钻研知识的能力和勤奋程度	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
科研创新 C_{16}	具有多维的思考能力和丰富的想象力，提出创新或者相关性的文章	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5

3 评估实例

3.1 确定物元的经典域和节域

根据评估中收集数据资料，选取其中 5 名待评装备维修保障人员的训练效果评估统计数据 $X_1 \sim$

X_5 作为待评物元，其中专家群组打分指标根据专家的范围确定评分区间，指标考评成绩得分区间根据评估时间段内考评得分范围来确定，评估数据如表 2。

根据表 1 取各个等级所对应的取值范围作为经典域 R ，节域 R_p 根据测评收集数据的取值范围而

定, 包括所有等级的全体取值。指标体系中的 16 个评估指标用 $C_1 \sim C_{16}$ 表示, 评定等级 N_0 表示“不合格”, N_1 表示“一般”, N_2 表示“中等”, N_3 表示“良好”, N_4 表示“优秀”。

表 2 装备维修保障人员评估数据

待评人员	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}
X_1	[80,88]	[70,82]	[81,91]	[87,93]	[8,10]	[5,9]	[4,10]	[6,10]	[1,1]	[3,5]	[3,5]	[88,100]	[68,84]	[3,5]	[3,5]	[1,3]
X_2	[82,88]	[76,96]	[76,80]	[83,91]	[5,7]	[8,10]	[7,9]	[6,8]	[1,3]	[3,5]	[2,4]	[77,89]	[60,66]	[1,3]	[2,4]	[1,1]
X_3	[63,75]	[40,50]	[53,59]	[56,68]	[3,7]	[7,9]	[5,7]	[5,7]	[1,1]	[3,5]	[2,4]	[75,87]	[67,71]	[1,3]	[1,3]	[1,3]
X_4	[94,98]	[72,82]	[70,90]	[72,88]	[10,10]	[8,10]	[6,10]	[8,10]	[3,5]	[3,5]	[5,5]	[90,98]	[80,94]	[5,5]	[3,5]	[5,5]
X_5	[71,81]	[75,89]	[83,87]	[84,90]	[6,8]	[5,9]	[4,8]	[6,8]	[2,4]	[1,1]	[1,3]	[68,72]	[55,67]	[1,3]	[1,3]	[1,1]

根据表 2 确定待评物元, 以待评装备维修保障

人员 X_1 的各指标得分情况为例得待评物元 R_{X_1} :

$$R = \begin{bmatrix} N_j & N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ C_1 & \langle 0,60 \rangle & \langle 60,70 \rangle & \langle 70,80 \rangle & \langle 80,90 \rangle & \langle 90,100 \rangle \\ C_2 & \langle 0,60 \rangle & \langle 60,70 \rangle & \langle 70,80 \rangle & \langle 80,90 \rangle & \langle 90,100 \rangle \\ C_3 & \langle 0,60 \rangle & \langle 60,70 \rangle & \langle 70,80 \rangle & \langle 80,90 \rangle & \langle 90,100 \rangle \\ C_4 & \langle 0,60 \rangle & \langle 60,70 \rangle & \langle 70,80 \rangle & \langle 80,90 \rangle & \langle 90,100 \rangle \\ C_5 & \langle 0,6.0 \rangle & \langle 6.0,7.0 \rangle & \langle 7.0,8.0 \rangle & \langle 8.0,9.0 \rangle & \langle 9.0,10 \rangle \\ C_6 & \langle 0,6.0 \rangle & \langle 6.0,7.0 \rangle & \langle 7.0,8.0 \rangle & \langle 8.0,9.0 \rangle & \langle 9.0,10 \rangle \\ C_7 & \langle 0,6.0 \rangle & \langle 6.0,7.0 \rangle & \langle 7.0,8.0 \rangle & \langle 8.0,9.0 \rangle & \langle 9.0,10 \rangle \\ C_8 & \langle 0,6.0 \rangle & \langle 6.0,7.0 \rangle & \langle 7.0,8.0 \rangle & \langle 8.0,9.0 \rangle & \langle 9.0,10 \rangle \\ C_9 & \langle 0,1 \rangle & \langle 1,2 \rangle & \langle 2,3 \rangle & \langle 3,4 \rangle & \langle 4,5 \rangle \\ C_{10} & \langle 0,1 \rangle & \langle 1,2 \rangle & \langle 2,3 \rangle & \langle 3,4 \rangle & \langle 4,5 \rangle \\ C_{11} & \langle 0,1 \rangle & \langle 1,2 \rangle & \langle 2,3 \rangle & \langle 3,4 \rangle & \langle 4,5 \rangle \\ C_{12} & \langle 0,60 \rangle & \langle 60,70 \rangle & \langle 70,80 \rangle & \langle 80,90 \rangle & \langle 90,100 \rangle \\ C_{13} & \langle 0,60 \rangle & \langle 60,70 \rangle & \langle 70,80 \rangle & \langle 80,90 \rangle & \langle 90,100 \rangle \\ C_{14} & \langle 0,1 \rangle & \langle 1,2 \rangle & \langle 2,3 \rangle & \langle 3,4 \rangle & \langle 4,5 \rangle \\ C_{15} & \langle 0,1 \rangle & \langle 1,2 \rangle & \langle 2,3 \rangle & \langle 3,4 \rangle & \langle 4,5 \rangle \\ C_{16} & \langle 0,1 \rangle & \langle 1,2 \rangle & \langle 2,3 \rangle & \langle 3,4 \rangle & \langle 4,5 \rangle \end{bmatrix} \cdot R_p = (N_p, C, V_p) = \begin{bmatrix} N_p & C_1 & \langle 0,100 \rangle \\ C_2 & \langle 0,100 \rangle \\ C_3 & \langle 0,100 \rangle \\ C_4 & \langle 0,100 \rangle \\ C_5 & \langle 0,10 \rangle \\ C_6 & \langle 0,10 \rangle \\ C_7 & \langle 0,10 \rangle \\ C_8 & \langle 0,10 \rangle \\ C_9 & \langle 0,5 \rangle \\ C_{10} & \langle 0,5 \rangle \\ C_{11} & \langle 0,5 \rangle \\ C_{12} & \langle 0,100 \rangle \\ C_{13} & \langle 0,100 \rangle \\ C_{14} & \langle 0,5 \rangle \\ C_{15} & \langle 0,5 \rangle \\ C_{16} & \langle 0,5 \rangle \end{bmatrix} \cdot R_{X_1} = (N_{X_1}, C, V_{X_1}) = \begin{bmatrix} N_{X_1} & C_1 & (80,88) \\ C_2 & (70,82) \\ C_3 & (81,91) \\ C_4 & (87,93) \\ C_5 & (8,10) \\ C_6 & (5,9) \\ C_7 & (4,10) \\ C_8 & (6,10) \\ C_9 & (1,1) \\ C_{10} & (3,5) \\ C_{11} & (3,5) \\ C_{12} & (88,100) \\ C_{13} & (68,84) \\ C_{14} & (3,5) \\ C_{15} & (3,5) \\ C_{16} & (1,3) \end{bmatrix} \quad (4)$$

3.2 计算关联度

根据式 (3) 得待评人员 X_1 与经典域 N_1 的关联函数为 $K_{N_1}(V_{x_{1i}}) = \{-0.4667, -0.2000, -0.5333, -0.6667, -0.6667, 0, 0, -0.3333, -0.3333, -0.6000,$

$-0.6000, -0.8000, -0.2000, -0.6000, -0.6000, 1\}$; 同理得装备维修保障人员 X_1 与其他各评定等级的关联函数值 $K_{N_i}(V_{x_{1i}})$ 见表 3。

表 3 装备维修保障人员 X_1 训练效果等级关联函数值

评估指标	权重 w_i	评估等级					可拓距离
		$K_{N_0}(X_{1i})$	$K_{N_1}(X_{1i})$	$K_{N_2}(X_{1i})$	$K_{N_3}(X_{1i})$	$K_{N_4}(X_{1i})$	
基础知识 C_1	0.084	-0.500 0	-0.333 3	0	0.800 0	-0.090 9	良好
专业知识 C_2	0.090	-0.250 0	0	0.833 3	0.100 0	-0.210 5	中等
法规知识 C_3	0.045	-0.525 0	-0.366 7	-0.050 0	0.818 2	0.052 6	良好
装备知识 C_4	0.024	-0.675 0	-0.566 7	-0.350 0	0.230 8	0.230 8	优秀
使用检查技能 C_5	0.093	-0.487 2	-0.310 3	0.034 5	0.550 0	0.450 0	良好
维护保养技能 C_6	0.050	0.122 2	0.525 0	0.475 0	0.219 5	-0.019 6	中等
故障排除能力 C_7	0.093	0.210 0	0.516 7	0.483 3	0.316 7	0.150 0	一般
协调配合能力 C_8	0.029	0.010 0	0.275 0	0.525 0	0.475 0	0.225 0	中等
装备可靠性 C_9	0.143	0.090 9	-0.090 9	-0.523 8	-0.677 4	-0.756 1	不合格
装备性能 C_{10}	0.079	-0.487 2	-0.310 3	0.034 5	0.550 0	0.450 0	良好
设定科目达标 C_{11}	0.043	-0.487 2	-0.310 3	0.034 5	0.550 0	0.450 0	良好
身体素质 C_{12}	0.057	-0.700 0	-0.600 0	-0.400 0	0.100 0	0.833 3	优秀
心理素质 C_{13}	0.057	-0.200 0	0.083 3	0.750 0	0.181 8	-0.157 9	中等
工作态度 C_{14}	0.045	-0.487 2	-0.310 3	0.034 5	0.550 0	0.450 0	良好
勤奋程度 C_{15}	0.045	-0.487 2	-0.310 3	0.034 5	0.550 0	0.450 0	良好
科研创新 C_{16}	0.023	0.033 3	0.550 0	0.428 6	-0.032 3	-0.268 3	一般
指标关联度 $K_{N_1}(X_1)$		-0.264 5	-0.100 3	0.113 7	0.259 0	0.062 3	良好

3.3 确定指标权重

笔者采用层次分析法, 根据评价指标体系二级指标{基础知识, 岗位能力, 装备效能, 人员素质, 工作表现}的重要程度进行对比构造判断矩阵得:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 0.5 & 0.5 & 0.33 & 1 & 1 \\ 0.5 & 0.33 & 0.5 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

对矩阵的特征向量进行归一化求解并进行一致性检验，得权重为： $W_c=(0.244\ 4, 0.265\ 1, 0.265\ 1, 0.112\ 7, 0.112\ 7)$ 。同理各项指标权重： $W=\{w_i\}=\{0.084, 0.09, 0.045, 0.024, 0.093, 0.05, 0.093, 0.029, 0.143, 0.079, 0.043, 0.057, 0.057, 0.045, 0.045, 0.023\}$ 。

3.4 计算优度等级评定

待评人员数据样本 X_1 与等级 N_1 表示“一般”的关联度： $K_{N_1}(X_1)=K_{N_1}(V_{x_{1i}}) \times W = -0.100\ 3$ ，同理可得与其他等级的关联函数度值如表 3。

所以待评对象数据样本 X_1 的关联函数 $K(m)=\max_{j \in \{1,2,\dots,k\}} K_j(m)=0.259$ ，即评定等级为“良好”，其等级偏向“中等”。其子指标“基础知识”评估等级为“良好”，偏向“中等”。

同理根据距离范数和区间距离的定义可以计算

表 4 装备维修保障人员训练效果等级关联度和等级评定

待评人员	不合格 $K_{N_0}(m)$	一般 $K_{N_1}(m)$	中等 $K_{N_2}(m)$	良好 $K_{N_3}(m)$	优秀 $K_{N_4}(m)$	$K(m_N)$	可拓等级	区间距离	范数距离
X_1	-0.264 5	-0.100 3	0.113 7	0.259 0	0.062 3	0.259 0	良好	良好	良好
X_2	-0.219 5	0.073 2	0.206 8	0.279 6	-0.070 9	0.279 6	良好	良好	良好
X_3	0.016 2	0.143 6	0.034 3	-0.100 2	-0.280 5	0.143 6	一般	中等	一般
X_4	-0.557 9	-0.417 6	-0.137 4	0.080 8	0.262 4	0.262 4	优秀	优秀	优秀
X_5	-0.091 5	0.193 9	0.265 5	0.074 5	-0.229 0	0.265 5	中等	中等	中等

3.5 待评人员综合排序

得到评估 5 个待评对象训练效果等级分类为： X_4 为“优秀”， X_1 、 X_2 为“良好”， X_5 为中等， X_3 为“一般”，根据其子指标等级统计情况得其综合排序为： $X_4 > X_2 > X_1 > X_5 > X_3$ 。根据计算结果不但可以得出人员的综合排名，而且可以得出他们的评价子科目的优劣统计，如： X_1 的“故障排除能力”评价为“一般”，而“装备可靠性”评价为“不合格”，在下一步的训练中应着重加强训练，为评估提供了丰富的参考资料。

4 总结

笔者运用区间数与可拓理论建立了装备维修保障人员训练效果可拓综合评估模型，并采用 3 种关联函数进行区间关联度的计算研究，最终计算得出装备维修保障人员训练等级评定、偏向程度和综合排序。从评估实例来看，该方法能够以定量方式准确反映装备维修保障人员训练效果与各个等级的关联度，且得到了各个子指标的等级及偏向，评价客观全面，为装备维修保障训练效果评估提供了一种较好的方法。

参考文献：

[1] 蔡文. 可拓集与可拓数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社,

X_1 与各等级 N_j 之间的关联度如图 2 所示，可见采用 3 种距离得到了相同的等级关联排序，与 N_4 (良好) 关联度最强， N_0 (不合格) 关联度最差。由图可见，可拓距离可正可负，更符合评估的实际特点。

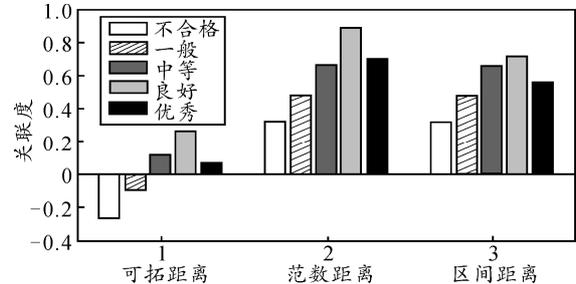


图 2 X_1 与各评定等级 N_j 的关联度

同理，经过关联度计算可得到参训人员 $X_1 \sim X_5$ 的关联度 $K(m_N)$ 和等级判定表 4。

2008: 22-23.
 [2] 徐泽水, 孙在东. 一类不确定型多属性决策问题的排序方法[J]. 管理科学学报, 2002, 5(3): 35-39.
 [3] 宋业新, 尹迪, 张建军. 一种新的区间数多属性决策的集结方法[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(8): 1060-1062.
 [4] 康广, 岳强斌, 宋辉. 装备保障训练评估质量分析[J]. 四川兵工学报, 2009, 30(4): 116-118.
 [5] 沈斌. 可拓评价法在企业绩效评价中的应用研究[D]. 西安建筑科技大学, 2007.
 [6] 王永林. 关于可拓评价中几种关联函数的分析[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(12): 116-118.
 [7] 赛云秀, 郭庆军. 可拓评价方法在工程项目方案选择中的应用研究[J]. 建井技术, 2006, 27(3): 34-36.
 [8] 丁有和, 周春林. 高校教学人员考核可拓评价模型[J]. 南京师范大学学报, 2006, 6(4): 91-94.
 [9] 刘义, 王国玉, 冯德军, 等. 基于装备作战效能的复杂电磁环境下训练效果评估[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(17): 5375-5378.
 [10] 李屹. 基于可拓评价方法的工程项目方案选择[J]. 山西建筑, 2011, 37(12): 240-242.
 [11] 牛东晓, 李建青. 基于物元可拓模型的火电厂建设项目过程后评价研究[J]. 华北电力大学学报, 2010, 37(6): 49-54.
 [12] 刘增勇, 欧阳欢, 俞雁华, 等. 基于可拓理论的装备维修人员保障能力评价[J]. 军事交通学院学报, 2011, 13(1): 29-42.