

doi: 10.7690/bgzdh.2015.09.005

基于模糊综合评判的装备维修效能评估

张毅¹, 汪刘应¹, 曹继平¹, 陈正²

(1. 第二炮兵工程大学五系, 西安 710025; 2. 海军 91967 部队, 河北 沙河 054100)

摘要: 为了对维修系统的效能进行客观科学的评估, 在考虑维修实际的基础上, 首先分析了影响维修系统维修效能发挥的诸多因素, 构建了维修系统效能评估的指标体系, 利用层次分析法确定了诸影响因素的权重系数; 然后给出了维修系统维修效能评估的模糊综合评判法计算方法和步骤; 最后, 通过实例对该方法进行了验证。验证结果表明, 该方法可以有效地对维修系统的维修效能进行定量评估。

关键词: 模糊综合评判; 装备维修; 指标体系; 效能评估

中图分类号: TJ07 **文献标志码:** A

Equipment Maintenance Effectiveness Evaluation Based on Fuzzy Comprehensive Criterion

Zhang Yi¹, Wang Liuying¹, Cao Jiping¹, Chen Zheng²

(1. No. 5 Department, Second Artillery Engineering University, Xi'an 710025, China;

2. No. 91967 Unit of Navy, Shahe 054100, China)

Abstract: For objective and scientific evaluation of maintenance system efficiency, based on considering maintenance reality, firstly, analyze the factors which have influence on maintenance efficiency of maintenance system. Establish maintenance system efficiency evaluation index system, use AHP to determine the influence factor weighting index. Then, give fuzzy comprehensive criterion calculation method and steps of maintenance system maintenance efficiency evaluation. At last, verify the method by example. The result shows that the method can be used for evaluating the maintenance effectiveness effectively.

Keywords: fuzzy comprehensive criterion; equipment maintenance; index system; effectiveness evaluation

0 引言

装备维修工作是一项复杂的系统工程, 装备维修效能评估也是一个多属性的系统问题。目前评价部队装备维修效能的方法, 通常只是看装备是否圆满地完成了一些演习训练任务, 是否能在考核中取得优异成绩, 即仅从结果或效果出发度量装备维修系统的效能, 而不是采取系统的方法进行评估, 这样虽然可以有效检验维修系统的能力, 但也存在一些问题: 容易忽略维修系统平时的建设, 使许多严重影响维修效能的制约因素长期得不到调整, 使一些困扰新式装备形成保障力的突出问题长期得不到合理的解决^[1]。随着科学技术的飞速发展, 各种大型、复杂装备均已成为主要作战平台。装备维修对保持和恢复装备的固有能力和战斗力有着非常重要的作用, 是确保装备形成和保持战斗力的关键环节^[2]。提高装备的维修效能, 不仅是当前国防现代化建设的急需, 更是打赢未来高技术条件下局部战争, 保障部队作战任务顺利完成的需要^[3]。近年来, 国内外对于军

事装备作战效能评估方面有较深入的研究, 但是专门研究维修效能评估的比较少^[4-5], 用定量化的手段来评估装备维修效能对认识和改进装备维修能力是非常有必要的。

1 维修效能评估指标体系

鉴于影响装备维修效能评估的因此的多样性, 在确定效能指标时, 主要考虑以下几个方面的因素: 一是维修资源条件; 二是维修效果, 即维修后装备质量的恢复水平; 三是维修及使用情况的统计分析; 四是装备使用人员和维修专家意见。同时, 装备维修效能要以完成装备维修保障任务、满足部队装备维修保障需求情况为主要内容, 因此应考虑维修系统本身的业务流程、资源配置等现实状态。

作为反映维修能力的参数是维修效能评估时的基本输入, 即装备维修能力, 其参数指标主要包括维修物质资源、人力资源、信息资源以及管理手段等。维修效能指标表现为维修质量效能, 包括装备性能状态、任务成功性和可靠性安全性恢复程度。

收稿日期: 2015-04-20; 修回日期: 2015-05-26

基金项目: 装备预研基金项目(9140A27040413JB4708)

作者简介: 张毅(1983—), 男, 陕西人, 博士, 讲师, 从事装备维修保障研究。

基于以上分析,装备维修效能评估指标体系如图 1。

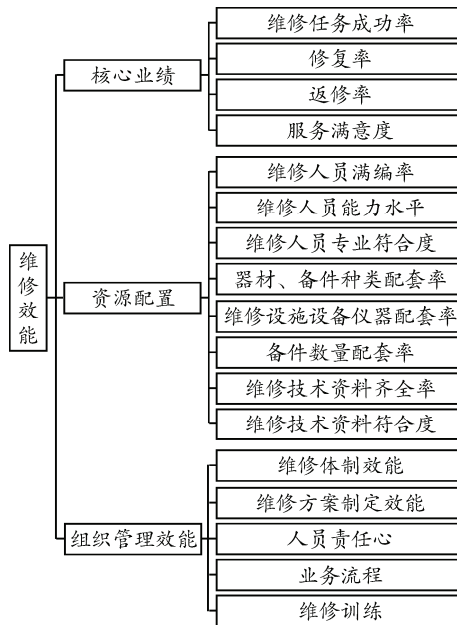


图 1 装备维修效能评估指标体系

2 模糊综合评判模型

模糊评判模型于 20 世纪 80 年代初由汪培庄提出^[6],它从多个方面对评价对象做出一个综合的评价。该模型由于简单实用,应用非常广泛。影响装备维修效能的因素很多,这样的评估问题属于典型的多属性决策问题^[7]。在这些因素中,有些可以量化,有些很难甚至无法量化,且各种因素影响的程度不同,而模糊综合评判可以较好解决这些问题。

2.1 评判模型的建立

利用模糊评判实现装备维修效能评估的思想是:首先找到影响装备维修效能的因素集,确定这些因素可能的类别,如好、中、差并组成评语集,再根据隶属度的关系将各因素映射到评语集中,即得到评判矩阵,依据评判矩阵和相应权重向量就可以对评估对象作出综合评判^[8]。

模糊综合评判模型的数学表达是由因素集 $U = \{u_i | i=1,2,\dots,n\}$ 和评语集 $V = \{v_j | j=1,2,\dots,m\}$ 以及评判矩阵 R 共同形成的。设各因素的权重构成的权重向量为:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (1)$$

其中 $w_i (w_i > 0)$ 为第 i 个因素的权重,并且有

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1。$$

因素 u_i 评判到 V 上所得的模糊评判向量为

$R_i = (r_{ij}), j=1,2,\dots,m$, 则 n 个因素的评判向量所组成的评判矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = (r_{ij})_{n \times m} \quad (2)$$

从而模糊综合评判可以表示为

$$B = (c_1, c_2, \dots, c_m) = W \cdot R = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot R_i) \quad (3)$$

2.2 指标权重的确定

层次分析法是将评判因素按相关属性从高向低逐级分解和细化^[9],将复杂的决策问题分解构建成为若干个简单的决策系统,通过因素的两两比较构成判断矩阵,然后通过一定的运算得到各个指标相对上层目标的权重,再通过聚合运算得到各个因素相对于总目标的权重。具体步骤^[10]如下:

1) 分析系统影响因素间的关系,建立系统的递阶层次结构。

2) 构造两两比较的判断矩阵, k 个比较因素构成的判断矩阵为

$$A = (a_{ij})_{k \times k} \quad (4)$$

显然判断矩阵具有如下性质:

$$a_{ij} > 0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ii} = 1, i, j = 1, 2, \dots, k. \quad (5)$$

a_{ij} 的值由判断矩阵标度表决定,如表 1 所示。

表 1 判断矩阵的标度

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有同样的重要性
3	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断的中值
倒数	相应两因素交换次序的重要性比较

3) 层次单排序与判断矩阵的一致性检验

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1} \quad (6)$$

其中 λ_{\max} 为判断矩阵 A 的最大特征根。

通过表 2 可以查找到相应的平均随机一致性指标 RI。

表 2 平均随机一致性指标

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

令 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，称 CR 随机一致性比率，当 $CR < 0.1$ 时，认为判断矩阵具有满意一致性，否则就要调整判断矩阵，重新进行一致性判断。

4) 对指标的权重进行由下至上的聚合运算，即可以得到各因素相对于总目标的权重向量 W 。

综上可以得出，评判具体步骤和流程如图 2。

$$W = (0.10, 0.09, 0.09, 0.05, 0.05, 0.08, 0.05, 0.06, 0.06, 0.06, 0.03, 0.03, 0.06, 0.06, 0.06, 0.05, 0.02)$$

$$R = \begin{bmatrix} 0.35 & 0.30 & 0.20 & 0.25 & 0.20 & 0.25 & 0.15 & 0.25 & 0.30 & 0.20 & 0.25 & 0.30 & 0.40 & 0.45 & 0.20 & 0.40 & 0.30 \\ 0.35 & 0.25 & 0.20 & 0.20 & 0.25 & 0.25 & 0.25 & 0.25 & 0.20 & 0.30 & 0.30 & 0.25 & 0.30 & 0.30 & 0.25 & 0.35 & 0.25 \\ 0.25 & 0.35 & 0.50 & 0.40 & 0.45 & 0.50 & 0.60 & 0.40 & 0.40 & 0.35 & 0.40 & 0.35 & 0.25 & 0.15 & 0.40 & 0.20 & 0.35 \\ 0.05 & 0.10 & 0.10 & 0.10 & 0.05 & 0 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0.10 & 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0.10 & 0.05 & 0.10 \\ 0 & 0 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0 & 0.05 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T$$

可得到该维修单位的模糊综合评判向量 B 为：

$$B = W \cdot R = (0.2655, 0.2807, 0.3698, 0.0624, 0.0216)$$

根据最大隶属度原则，该单位的评估结果应该为一般。经过长期观察，评价结果与实际中该维修单位的总体水平和能力是相符的。

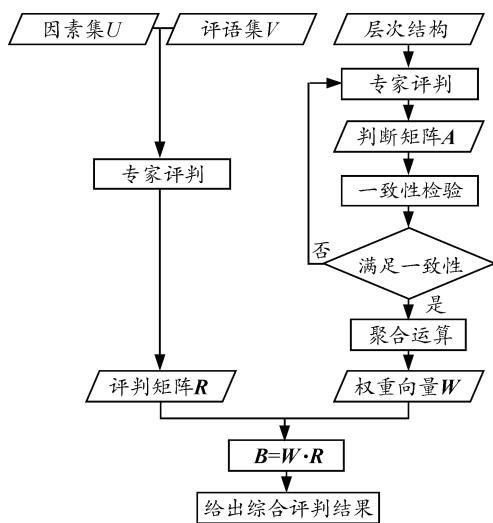


图 2 评判具体步骤和流程

4 结论

维修系统作为装备维修保障的主要力量，对保证装备的完好率起着至关重要的作用。掌握当前维修系统的所处的水平和存在问题改进装备维修系统维修能力的前提，而模糊综合评判法对达到这一

3 实例评估和分析

以某实际维修单位为评估对象，取评语集为{很好，好，一般，差，很差}，经过对多名专家的调查和评判，按图 2 中的处理流程，可以得到图 1 所示的底层指标相对于总目标的权重向量 W ，以及该维修单位的模糊综合评判矩阵 R 如下。

目的提供了一个很好的量化手段，较好地克服了当前仅从结果或效果出发度量装备维修系统效能的不足，可以更全面地了解和发现影响维修系统效能发挥的制约因素，对解决一些困扰装备形成保障力的突出问题提供了一个较好的解决思路。

参考文献：

- [1] 夏雨, 蒋瑾, 郭风. 基于群组定权的装备维修系统效能综合评价[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(2): 73-77.
- [2] 张景臣. 军事装备维修保障概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 2-4.
- [3] 薛元飞, 王亚鹏, 杨超, 等. 车辆装备维修质量的多层次模糊综合评判[J]. 军事交通学院学报, 2011, 13(5): 33-37.
- [4] 刘刚, 王远达, 杜纯. 维修效能评估与定检周期研究[J]. 飞机设计, 2011, 31(6): 71-75.
- [5] 王正元, 朱昱, 曹继平, 等. 装备维修保障辅助决策方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014: 19-20.
- [6] 汪培庄. 模糊集合论及应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [7] 岳超源. 决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 151-169.
- [8] 翟光群, 王永生. 聚类分析与模糊评判结合的入侵检测算法[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(21): 99-102.
- [9] 傅建中. 智能制造装备的发展现状与趋势[J]. 机电工程, 2014, 31(8): 959-962.
- [10] 徐玖平, 胡知能, 李军. 运筹学: II 类[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 39-43.