

doi: 10.7690/bgzd.2014.05.007

基于灰色局势决策的维修工具品种整合

邓立杰^{1,2}, 程中华¹, 高勇¹, 林智崧¹

(1. 军械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003; 2. 中国人民解放军 66382 部队, 河北 保定 072750)

摘要: 针对维修工具品种多、数量大的现象, 在分析工具性能指标的基础上进行品种整合, 使维修工具品种适当、规模适度。介绍灰色局势决策模型的基本概念和基本原理, 运用灰色局势决策方法对维修工具品种进行整合。通过分析维修工具的各项技术指标, 以不同品牌、型号的 4 种检测维修工具为例, 优选整合为一种工具作为通用工具。结果表明: 与传统方法相比, 灰色局势决策在维修工具品种整合中不仅能考虑各局势的效果, 而且能克服依靠经验进行决策的不足, 获得各个方案的综合效果测度。

关键词: 灰色局势决策; 维修工具; 整合**中图分类号:** TJ07 **文献标志码:** A

Integration of Maintenance Tool Types Based on Grey Situation Decision-making

Deng Lijie^{1,2}, Cheng Zhonghua¹, Gao Yong¹, Lin Zhisong¹(1. Department of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;
2. No. 66382 Unit of PLA, Baoding 072750, China)

Abstract: Aiming at the phenomenon that types and numbers were very abundant, maintenance tools were integrated after a lot of performance indexes were analyzed. The aim was achieved and the scales were reduced. The basic concept and principle of grey situation decision-making theory was introduced firstly. Then the grey situation decision-making model was used for integrating the maintenance tools. One maintenance tool was selected as the common tool by analyzing the technology indexes and determining the comprehensive measurements for improving the support effectiveness of equipment. The result shows that the method not only can regard for effect of each condition, but also can overcome the shortage decision-making depend to experience in maintenance tools type integration, obtain comprehensive effect measure each scheme.

Keywords: grey situation decision-making; maintenance tools; integration

0 引言

维修工具是维修资源中重要的组成部分, 对于及时诊断装备故障并进行修理使其恢复战斗力具有重要作用。随着装备复杂程度的提高, 维修工具在品种和数量的确定与优化问题也越来越突出, 维修工具的费用在使用保障费用中所占比重也呈上升趋势。进一步整合、优化维修工具对于提高保障效益, 降低保障负担都具有重要意义; 因此, 应从多种功能和性能相近的维修工具中综合考虑多项指标, 进而优选出一种维修工具, 使之既符合维修要求, 又节约保障成本, 从而最终提高保障效益。笔者运用灰色局势决策理论, 对维修工具优选中的多目标、多事件、多对策等方面的问题进行融合, 使之转化为可量化、可比性指标, 进而将较为主观的维修工具随机选择问题转化为合理的确定性决策问题^[1-2]。

1 相关概念

灰色局势决策^[3-4](grey situation decision)方法

是灰色系统理论的重要组成部分, 是在多个时间、多种对策、多个目标下的满意决策, 指在决策模型中含有灰元, 或一般决策模型与灰色模型相结合的情况下进行的决策。决策是指对于事件, 从许多对策中选出最佳的过程, 一般包括事件、对策、效果和过程 4 个目标, 其中事件与对策的二元结合称为局势。灰色局势是以灰色环境为分析前提的一种决策方式, 通过灰色生成方式, 在具有随机性的数据列中进行效果测度分析, 从而得到最佳决策^[5-6]。

2 基本步骤

灰色局势的原理是将各方案的各项指标转化成一定范围内的无量纲效果测度, 然后将同一方案中各指标的效果测度组合成一个综合效果测度, 由效果测度大小来决策与评价方案的优劣。灰色局势决策含有 4 个基本的要素, 即事件(需要处理的问题)、对策(处理问题的措施)、效果和目标(评价准则)^[7], 其一般步骤如下。

收稿日期: 2013-12-24; 修回日期: 2014-01-13

作者简介: 邓立杰(1981—), 男, 河北人, 在读硕士, 从事装备保障理论与应用研究。

2.1 确定决策局势

设 $a_i (i=1,2,\dots,m)$ 为事件； $b_j (j=1,2,\dots,n)$ 为对策。事件和对策的二元组合称为局势，记为 $s_{ij} = (a_i, b_j)$ 称为第 ij 个局势，表示用第 j 个对策 b_j 去处理第 i 个事件 a_i 。所有事件与对策的全体称为局势集，记为 $S = \{s_{ij} / i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n\}$ 。记

“选择最佳的维修工具”为事件 a ，则事件集 $A = \{a\}$ ；记选择维修工具 1，维修工具 2，……，维修工具 n ，分别为对策 b_1, b_2, \dots, b_n ，则对策集 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ ，其中 $s_j = \{\text{选择最佳维修工具, 维修工具 } j\}$ ， $j=1,2,\dots,n$ ，于是有局势集 $S = \{s_j = (a, b_j / a \in A, b_j \in B, j=1,2,\dots,n)\}$ 。

2.2 确定目标效果

在维修工具整合过程中，可以将每一因素作为 1 个决策的目标，则所有的目标就构成了 1 个目标体系。在目标极性中，有的为极大值目标，即目标值越大越好；有的为极小值目标，即目标值越小越好；有的为适中值目标，即目标值既不能太大，也不能太小。由目标的极性^[8]可以获得决策目标 $p (p=1,2,\dots,m)$ 的效果列。对于第 i 个决策目标，其效果列可以表示为 $U^{(i)} = (U_1^{(i)}, U_2^{(i)}, \dots, U_n^{(i)})$ ，以此类推，可确定所有目标的效果列。

2.3 统一效果测度

效果测度就是对各个局势所产生的效果样本统一量纲后的量度。对不同目标，分别采用上限效果测度、下限效果测度和适中效果测度^[3]。

1) 上限效果测度。适用于“越大越好”目标，对维修工具如使用寿命、可操作性等。上限效果测度描述为： $r_{ij}^{(p)} = \frac{U_{ij}^{(p)}}{\max_i \max_j U_{ij}^{(p)}}$ ， $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n; p=1,2,\dots,m$ 。

在维修工具整合中，只需从功能或性能相近或相似的工具有中选择一种，所以此事件集固定，上式

简化为 $r_j^{(p)} = \frac{U_j^{(p)}}{\max_j U_j^{(p)}}$ ， $j=1,2,\dots,n; p=1,2,\dots,m$ 。

2) 下限效果测度。适用于“越小越好”目标，对维修工具如维护费用、购置单价等。下限效果测度描述为： $r_{ij}^{(p)} = \frac{\min_j U_{ij}^{(p)}}{\max_j U_{ij}^{(p)}}$ ， $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n; p=1,2,\dots,m$ 。

上式同样可简化为： $r_j^{(p)} = \frac{\min_j U_j^{(p)}}{\max_j U_j^{(p)}}$ ， $j=1,2,\dots,n; p=1,2,\dots,m$ 。

3) 适中效果测度。同样道理，其公式可描述为：

$r_{ij}^{(p)} = \frac{\min\{U_{ij}^{(p)}, U_0^{(p)}\}}{\max\{U_{ij}^{(p)}, U_0^{(p)}\}}$ ， $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n; p=1,2,\dots,m$ 。

式中 $U_0^{(p)} = \frac{1}{n} \sum_i \sum_j U_{ij}^{(p)}$ 。

同样可简化为： $r_j^{(p)} = \frac{\min\{U_j^{(p)}, U_0^{(p)}\}}{\max\{U_j^{(p)}, U_0^{(p)}\}}$ ， $j=1,2,\dots,n; p=1,2,\dots,m$ 。

式中 $U_0^{(p)} = \frac{1}{n} \sum_j U_j^{(p)}$ 。

2.4 计算综合测度

在得到各指标的效果测度后，可以计算出每一维修工具的综合效果测度，即 $E_{r_j} = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m r_{ij}^{(p)}$ ，在事件集固定的情况下，上式可简化为： $E_{r_j} = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m r_j^{(p)}$ 。

由综合测度集可以比较各种维修工具的综合测度值，选择其中最大者即为满意局势，其对应的对策就是满意对策，可以选择出满足要求的维修工具。

3 案例分析

现有不同品牌、型号的 4 种检测维修工具 X、Y、Z、W，具体参数如表 1 所示，可根据现有指标，选择整合为一种工具作为通用检测工具^[9]。

表 1 检测维修工具相关参数

编号	型号	重量/kg	体积/dm ³	购置费用/(千元)	维护费用/(元/年)	使用寿命/(1 000 h)	性能指数/%
1	X	20	64.2	7.6	100	15	85
2	Y	30	85.5	10.5	150	20	95
3	Z	23	71.8	8.3	90	18	97
4	W	27	80.5	9.7	80	13	90

3.1 确定局势和效果列

记“选择最佳维修工具”为事件 A ，则事件集 $A=\{a\}$ ；记维修工具分别为对策 b_1, b_2, b_3, b_4 ，则对策集 $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ 。由于事件集固定，记 $S_j=\{\text{选择最佳维修工具, } j \text{ 型维修工具, } j=1,2,3,4\}$ ，局势集记为 $S=\{s_j=(a, b_j/a \in A, b_j \in B, j=1,2,3,4)\}$ 。案例中评价效果用极性表示，维修工具重量和体积指标的极性为适中，购置费和维护费指标的极性为极小值，使用寿命和性能参数的指标极性为极大值。根据评价指标和效果，确定各局势在决策目标下的效果列。

$$U = [U^{(1)}, U^{(2)}, U^{(3)}, U^{(4)}, U^{(5)}, U^{(6)}]^T = \begin{bmatrix} U_1^{(1)} & U_2^{(1)} & U_3^{(1)} & U_4^{(1)} \\ U_1^{(2)} & U_2^{(2)} & U_3^{(2)} & U_4^{(2)} \\ U_1^{(3)} & U_2^{(3)} & U_3^{(3)} & U_4^{(3)} \\ U_1^{(4)} & U_2^{(4)} & U_3^{(4)} & U_4^{(4)} \\ U_1^{(5)} & U_2^{(5)} & U_3^{(5)} & U_4^{(5)} \\ U_1^{(6)} & U_2^{(6)} & U_3^{(6)} & U_4^{(6)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 & 30 & 23 & 27 \\ 64.2 & 85.5 & 71.8 & 80.5 \\ 7.6 & 10.5 & 8.3 & 9.7 \\ 100 & 150 & 90 & 80 \\ 15 & 20 & 18 & 13 \\ 85 & 95 & 97 & 90 \end{bmatrix}$$

3.2 统一效果测度

对于目标 1(重量)，取适中效果测度，由公式得：

$$r^{(1)} = [r_1^{(1)}, r_2^{(1)}, r_3^{(1)}, r_4^{(1)}] = \{0.800, 0.833, 0.920, 0.926\}$$

对于目标 2(体积)，取适中效果测度，由公式得：

$$r^{(2)} = [r_1^{(2)}, r_2^{(2)}, r_3^{(2)}, r_4^{(2)}] = \{0.850, 0.883, 0.951, 0.938\}$$

对于目标 3(购置费用)，取下限效果测度，由公式得：

$$r^{(3)} = [r_1^{(3)}, r_2^{(3)}, r_3^{(3)}, r_4^{(3)}] = \{1, 0.724, 0.916, 0.784\}$$

对于目标 4(维护费用)，取下限效果测度，由公式得：

$$r^{(4)} = [r_1^{(4)}, r_2^{(4)}, r_3^{(4)}, r_4^{(4)}] = \{0.800, 0.533, 0.889, 1\}$$

对于目标 5(使用寿命)，取上限效果测度，由公式得：

$$r^{(5)} = [r_1^{(5)}, r_2^{(5)}, r_3^{(5)}, r_4^{(5)}] = \{0.750, 1, 0.90, 0.650\}$$

对于目标 6(性能指数)，取上限测度，由公式得：

$$r^{(6)} = [r_1^{(6)}, r_2^{(6)}, r_3^{(6)}, r_4^{(6)}] = \{0.876, 0.979, 1, 0.928\}$$

3.3 计算综合测度

由公式 $E_{r_j} = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m r_j^{(p)}$ 可知，各局势的综合测度为： $E_{r_1}=0.846, E_{r_2}=0.825, E_{r_3}=0.929, E_{r_4}=0.871$ 。综合效果测度集 $S=\{0.846, 0.825, 0.929, 0.871\}$ 。由综合测度效果不难看出，局势 3 为满意局势，对策 3 为满意对策，所以应选择 3 号 Z 型维修工具作为通用检测工具，从而将 4 种维修工具整合为一种进行维修作业。

4 结束语

与传统方法相比，灰色局势决策在维修工具品种整合中的应用不仅考虑了各局势的效果，而且克服了依靠经验进行决策的不足，获得了各个方案的综合效果测度，使得维修工具品种整合具有科学性和可行性。在实际应用中，维修工具各项指标的权重存在各不相同的情况，根据权重的不同其计算结果也存在差异。

参考文献：

- [1] 周玲, 罗党. 多目标灰色局势决策方法研究[J]. 华北水利水电学院学报, 2010, 31(4): 150-153.
- [2] 丘林, 田水娥, 汪学全. 多目标灰色局势群决策模型及应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2005, 26(1): 4-6.
- [3] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 422-437.
- [4] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 174-189.
- [5] 杨宇飞, 汪洋, 许劲松. 基于灰色局势决策的炮兵火力计划方案优选[J]. 舰船电子工程, 2010, 30(9): 62-64.
- [6] 李云峰, 王瑞林, 贾云非. 基于灰色局势决策的备件品种级别配置[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(11): 184-185.
- [7] 吴福初, 吴杰, 邹平. 基于灰色局势决策的空舰导弹方案优选研究[J]. 兵工自动化, 2008, 27(11): 18-19.
- [8] 左召军, 潘少卿, 熊纯. 基于灰色局势决策的航空弹药库选址问题研究[J]. 长沙航空职业技术学院学报, 2006, 6(3): 25-27.
- [9] 陈锋, 酆智刚, 李尚会, 等. 实现超长零件测量的三坐标测量机辅助设备研制及检测方法研究[J]. 机电工程, 2013, 30(7): 820-823.