

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.07.014

多层次灰色评估法在装备设计定型过程评估中的应用

赵亮¹, 康林², 卢康宁³

(1. 装备指挥技术学院研究生 5 队, 北京 101416; 2. 总装备部重庆军代局驻绵阳地区军代室, 四川 绵阳 621000; 3. 总装备部防化驻成都和贵阳地区军代室, 成都 610041)

摘要: 为减少人为因素对装备设计定型过程评估带来的偏差, 建立一个多层次灰色评估模型。该模型将层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)法与灰色关联分析(gray relation analysis, GRA)法有机结合, 由 AHP 法构建层次结构关系图, 确定各层中元素的相对权重, 然后应用 GRA 法计算获取指标与目标指标的关联度, 确定装备满足设计定型的水平。评估结果表明: 该模型解决了评估指标难以准确量化和统计的问题, 提高了评估的科学性和精确性, 为装备设计定型工作提供了一种新的思路和新的方法。

关键词: 设计定型过程; 评估; 多层次灰色评估法

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Application of Multilayer Grey Evaluation Method in Process Evaluation of Equipment Approval

Zhao Liang¹, Kang Lin², Lu Kangning³

(1. No. 5 Brigade of Postgraduate, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China; 2. PLA Presentation Office in Mianyang District, PLA Representation Bureau of General Equipment Department in Chongqing, Mianyang 621000, China; 3. PLA Presentation Office in Chengdu & Guiyang District, Chemical Defense of General Equipment Department, Chengdu 610041, China)

Abstract: In order to reduce the deviation of equipment approval evaluation process by the human factors, designed a multilayer grey evaluation model, which combined analytic hierarchy process (AHP) with grey relation analysis (GRA). Hierarchy graph is designed by AHP, and relative weight of element in every layer is defined, then the degree of association between obtained indicator and target indicator is calculated by GRA, in order to make sure the level of equipment approval. This model solved the problem of evaluation index hard to quantify and statistics, improve the scientificity and accuracy of the evaluation, which provided a new method for equipment design and approval work.

Key words: approval process; evaluation; multilayer grey evaluation method

0 引言

笔者探讨的装备设计定型过程评估, 是指应用过程方法, 顾客为确保装备能够满足规定的使用要求或已知的预期用途的要求, 依据设计定型的标准和要求, 对设计和开发的输出进行的验证性评估。笔者以某型军械装备设计定型过程评估为例, 采取多层次灰色评估模型, 由层次分析法构建层次结构关系图, 确定各层中元素的相对权重, 然后应用灰色关联分析法计算获取指标与目标指标的关联度, 确定装备满足设计定型的水平。

1 设计定型过程指标体系

参照设计定型的标准和要求, 并结合该型军械装备规定的使用要求, 按照系统性、可测性原则, 选择主要因素, 忽视次要因素, 建立设计定型过程的评估指标体系如图 1。

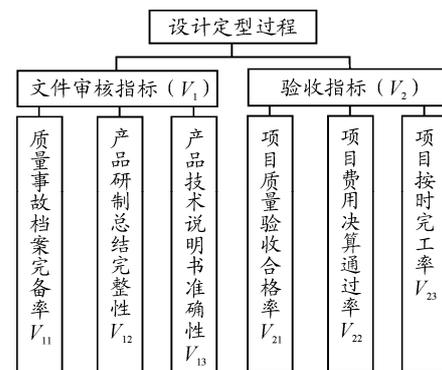


图 1 设计定型过程的评估指标体系

从图 1 可以看出, 设计定型过程评估指标主要分为文件审核指标和验收指标, 其主要内容如下。

1) 文件审核指标:

① 质量事故档案完备率, 是指上报记录的质量事故数量与发生质量事故数量之比;

② 产品研制总结完整性, 指在设计定型阶段所要

收稿日期: 2012-03-01; 修回日期: 2012-03-16

作者简介: 赵亮(1980—), 男, 湖北人, 工程师, 从事弹药工程、项目管理研究。

验收的产品研制总结是否全面, 包含了各阶段的内容;

③ 产品技术说明书准确性, 是指针对具体产品所做的技术说明是否全面准确, 是否包含了用户可能用到的全部技术说明。

2) 验收指标:

① 项目质量验收合格率, 是指已完成的产品数量中经检验的合格产品所占百分比;

② 项目费用决算通过率, 是指在项目审查过程中费用通过的概率;

③ 项目按时完工率, 是指项目在规定的时

内所完成的工作占总工作的比重。

2 确定指标的评估标准

将评估指标的评估标准划分为 5 个等级, 在评估过程中, 一些指标可以通过某些参数利用技术标准、试验数据、经验值和统计信息等来直接进行定量考核, 而那些无法直接定量考核与评估的定性指标, 通过调查研究, 借鉴其它专业领域的经验做法, 采用 7±2 级对这些指标进行量化处理, 并确定出相应的评估标准如表 1 所示。

表 1 设计定型过程的评估标准

评估等级		设计定型过程					
		文件审核指标 V_1			验收指标 V_2		
		质量事故档案 完备率 V_{11}	产品研制总结 完整性 V_{12}	产品技术说明 书准确性 V_{13}	项目质量验收 合格率 V_{21}	项目费用决算 通过率 V_{22}	项目按时 完工率 V_{23}
很高	0.8~0.9	≥ 80%	完整	准确	≥ 80%	≥ 80%	≥ 80%
高	0.6~0.7	≥ 60%, < 80%	比较完整	比较准确	≥ 60%, < 80%	≥ 60%, < 80%	≥ 60%, < 80%
较高	0.4~0.5	≥ 40%, < 60%	基本完整	基本准确	≥ 40%, < 60%	≥ 40%, < 60%	≥ 40%, < 60%
较低	0.2~0.3	≥ 20%, < 40%	不太完整	不太准确	≥ 20%, < 40%	≥ 20%, < 40%	≥ 20%, < 40%
低	0~0.1	< 20%	不完整	不准确	< 20%	< 20%	< 20%

笔者邀请了 6 位专家给该型装备设计定型过程按评估指标评分等级标准评分, 根据 6 位专家所填写的评分表, 求得该装备设计定型过程的样本矩阵, 如式 (1):

$$D = \begin{bmatrix} d_{111} & d_{121} & \dots & d_{221} \\ d_{112} & d_{122} & \dots & d_{222} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{116} & d_{126} & \dots & d_{226} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 & 8 & 7 & 8 & 8 & 7 \\ 8.5 & 8 & 7.5 & 8 & 8 & 6 \\ 7 & 7.5 & 7 & 8.5 & 8.5 & 7 \\ 7.5 & 8 & 7 & 9 & 8 & 7 \\ 8 & 7 & 7.5 & 8.5 & 8.5 & 6 \\ 7 & 7.5 & 6.5 & 8 & 8 & 6.5 \end{bmatrix} \quad (1)$$

3 确定评估指标的权重

运用层次分析法求得二级指标权重向量, 即 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 对 V_1 的权值 A_1 , V_{21} 、 V_{22} 、 V_{23} 对 V_2 的权值 A_2 , 如式 (2):

$$A_1 = (0.40, 0.32, 0.28), A_2 = (0.55, 0.26, 0.19) \quad (2)$$

4 评估灰类及计算

笔者确定了 5 个评估灰类, 分别为“很高”、“高”、“较高”、“较低”和“低”, 其相应的灰数和白化权函数如式 (3) ~ 式 (7) 所示。

第一灰类“很高” ($e=1$), 设定灰数 $\otimes_1 \in [0, 9, \infty]$,

白化权函数为

$$f_1 = \begin{cases} \frac{x}{9} & 0 \leq x \leq 9 \\ 1 & x \geq 9 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

第二灰类“高” ($e=2$), 设定灰数 $\otimes_2 \in [0, 7, 12]$,

白化权函数为

$$f_2 = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 7 \\ \frac{12-x}{5} & 7 \leq x \leq 12 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

第三灰类“较高” ($e=3$), 设定灰数 $\otimes_3 \in [0, 5, 8]$,

白化权函数为

$$f_3 = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 5 \\ \frac{8-x}{3} & 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

第四灰类“较低” ($e=4$), 设定灰数 $\otimes_4 \in [0, 3, 6]$,

白化权函数为

$$f_4 = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{6-x}{3} & 3 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

第五灰类“低” ($e=5$), 设定灰数 $\otimes_5 \in [0, 1, 3]$,

白化权函数为

$$f_5 = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{3-x}{2} & 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

5 计算灰色评估系数

对于评估指标 V_{11} ，第 e 个评估灰类的评估系数 X_{11e} 计算如下：

$e=1$ 时, $X_{111} = f_1(8) + f_1(8.5) + f_1(7) + f_1(7.5) + f_1(8) + f_1(7) = 5.11$

$e=2$ 时, $X_{112} = f_2(8) + f_2(8.5) + f_2(7) + f_2(7.5) + f_2(8) + f_2(7) = 5.2$

$e=3$ 时, $X_{113} = f_3(8) + f_3(8.5) + f_3(7) + f_3(7.5) + f_3(8) + f_3(7) = 0.83$

$e=4$ 时, $X_{114} = f_4(8) + f_4(8.5) + f_4(7) + f_4(7.5) + f_4(8) + f_4(7) = 0$

$e=5$ 时, $X_{115} = f_5(8) + f_5(8.5) + f_5(7) + f_5(7.5) + f_5(8) + f_5(7) = 0$

那么，对于评估指标 V_{11} 属于各个评估灰类的总灰色评估数 V_{11} 为

$$X_{11} = \sum_{e=1}^5 X_{11e} = 5.11 + 5.2 + 0.83 + 0 + 0 = 11.14 \quad (8)$$

那么，所有专家对评估指标 V_{11} 主张的第 e 个评估灰类的灰色评估权为

$$r_{11e} = \frac{X_{11e}}{X_{11}} \quad (9)$$

代入数据得： $r_{111} = 0.46, r_{112} = 0.47, r_{113} = 0.07, r_{114} = 0, r_{115} = 0$ 所以评估指标 V_{11} 对于各灰类的灰色评估权向量 r_{11} 为

$$r_{11} = (0.46, 0.47, 0.07, 0, 0) \quad (10)$$

同理可计算出：

$$\begin{aligned} r_{12} &= (0.47, 0.47, 0.06, 0, 0) \\ r_{13} &= (0.38, 0.47, 0.15, 0, 0) \\ r_{21} &= (0.56, 0.44, 0, 0, 0) \\ r_{22} &= (0.54, 0.46, 0, 0, 0) \\ r_{23} &= (0.37, 0.42, 0.21, 0, 0) \end{aligned} \quad (11)$$

由此得到文件审核所属指标对于各评估灰类的灰色评估矩阵：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.46 & 0.47 & 0.07 & 0 & 0 \\ 0.47 & 0.47 & 0.06 & 0 & 0 \\ 0.38 & 0.47 & 0.15 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

验收所属指标对于各评估灰类的灰色评估矩阵为

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.56 & 0.44 & 0 & 0 & 0 \\ 0.54 & 0.46 & 0 & 0 & 0 \\ 0.37 & 0.42 & 0.21 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

6 对文件审核和验收做综合评估

利用公式 $B = A \cdot R$ ，分别求得文件审核评估结果矩阵 B_1 和验收评估结果矩阵 B_2 。

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 =$$

$$(0.40, 0.32, 0.28) \begin{bmatrix} 0.46 & 0.47 & 0.07 & 0 & 0 \\ 0.47 & 0.47 & 0.06 & 0 & 0 \\ 0.38 & 0.47 & 0.15 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.44, 0.47, 0.09, 0, 0) \quad (14)$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 =$$

$$(0.55, 0.26, 0.19) \begin{bmatrix} 0.56 & 0.44 & 0 & 0 & 0 \\ 0.54 & 0.46 & 0 & 0 & 0 \\ 0.37 & 0.42 & 0.21 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.52, 0.44, 0.04, 0, 0) \quad (15)$$

7 综合评估

确定一级指标权重向量 $A = (0.29, 0.71)$ ，而总的灰色评估矩阵 $R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}$ ，那么该型装备设计定型过程的综合评估结果为：

$$B = A \cdot R = (0.29, 0.71) \begin{bmatrix} 0.44 & 0.47 & 0.09 & 0 & 0 \\ 0.52 & 0.44 & 0.04 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.50, 0.45, 0.05, 0, 0) \quad (16)$$

取各评估灰类等级值化向量为 $C = (\text{很高, 高, 较高, 较低, 低}) = (9, 7, 5, 3, 1)$ ，求得该型装备设计定型过程的综合评估值 $Z = B \cdot C^T = (0.5, 0.45, 0.05, 0, 0) \cdot (9, 7, 5, 3, 1) = 7.9$ ；因此，该装备设计定型过程总体处于“高”水平。

8 结论

由于多层次灰色评估方法充分考虑了人为因素的影响，充分吸收了各类质量信息，作出高层次系统综合，给出客观定量的分析结果，因此很好地消除了评估中由于专家个体差异所带来的不确定性。在应用中，可根据装备特性对评价指标体系加以修正调整，使评估的结果更符合实际。

参考文献：

[1] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉：华中理工大学出版社, 1987: 87-153.
[2] 曹鸿兴, 郑耀文, 顾今. 灰色系统理论浅述[M]. 北京：气象出版社, 1988: 36-50.
[3] 袁嘉祖. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京：科学出版社, 1991: 12-23.
[4] 杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京：清华大学出版社, 2008: 168-182.
[5] 杜栋. 论 AHP 的标度评价[M]. 运筹与管理, 2000: 42-45.