

武器装备维修器材供应效果的模糊综合评估方法研究

赵建忠, 张磊, 李保刚

(海军航空工程学院, 山东 烟台 264001)

摘要: 目的 解决武器装备维修器材供应保障效果的评估问题。方法 构建武器装备维修器材供应保障效果评估指标体系,结合模糊综合评估方法建立供应保障效果多层次模糊评估模型。结果 模糊互补判断矩阵确定评估体系中各层指标的权重向量,使得各层指标权重分配更加科学合理,更加客观地反映了各个因素对供应保障效果的影响程度;运用新的模糊合成算子实现了各层指标隶属度的合成,达到了综合评估的最终目标。结论 通过某一器材保障机构供应保障实例,验证了该方法的可行性和有效性。

关键词: 维修器材; 模糊理论; 评估模型

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.01.010

中图分类号: TJ01; TP391.9 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)01-0045-06

Research on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method of Ordnance Maintenance Material Supply Effectiveness

ZHAO Jian-zhong, ZHANG Lei, LI Bao-gang

(Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China)

ABSTRACT: Objective To solve the evaluation problem of ordnance maintenance material supply effectiveness.

Methods A supply effectiveness evaluation index system of ordnance maintenance material was constructed, and a fuzzy multi-level model was built by incorporating the method of FCE into the supply effectiveness evaluation.

Results Fuzzy complementary judgment matrix was used to confirm the FCE weight vector, making the distribution of weight vector more scientific and reasonable. The weight vector reflected each factor influencing the supply effectiveness in a more objective manner. The new fuzzy synthetic operator reached the purpose of subsection degree synthesis and comprehensive evaluation. **Conclusion** The feasibility and validity of this method was validated through a supply support example of one material support institution.

KEY WORDS: maintenance material; fuzzy theory; evaluation model

部队装备维修主要以换件为主,对维修器材的供应有很大的依赖性,因而维修器材供应保障就成为影响武器装备维修的重要因素之一。可见,武器装备维修器材供应效果评估是一个非常重要的问

收稿日期: 2014-09-08; 修订日期: 2014-01-09

Received: 2014-09-08; Revised: 2014-01-09

作者简介: 赵建忠(1978—),男,山东冠县人,博士,讲师,主要研究方向为装备综合保障工程。

Biography: ZHAO Jian-zhong (1978—), Male, from Guanxian, Shandong, Ph. D., Lecturer, Research focus: equipment integrated support engineering.

题,同时也是一项复杂、难度较大的工作。目前,评估理论和方法取得了很大进展,从单指标评估发展到多指标评估,实现了定性指标同定量指标相结合的综合评估。美军在装备维修器材的供应保障效果评估方面已经取得了很大的成就,基于维修器材供应效果评估的软件系统也已经趋于成熟,各种新的评估理论和评估方法也不断地应用于器材供应保障效果评估,大大提高了美军装备维修器材的供应保障效果。在国内有许多专家对评估理论和评估系统进行了研究,但更多的是将评估理论应用在武器系统的作战效能及维修保障效能评估方面,专门针对维修器材供应保障方面的评估研究还不太多。因此有必要对武器装备维修器材的供应保障效果评估进行系统研究。

1 评估指标体系的建立

武器装备维修器材供应保障效果评估指标体系应建立在大量的资料调查、分析的基础上,由若干个单项评估指标组成,并能够反映出影响武器装备维修器材供应保障效果的各项目标要求。以满足部队对器材、经费、技术资源的需求为依据,建立武器装备维修器材供应效果评估指标体系,具体的武器装备维修器材供应效果评估指标体系递阶层次结构如图1所示。

2 模糊综合评估模型的建立

模糊综合评估(Fuzzy Complementary Evaluation, FCE)作为定性分析和定量分析综合集成的一种常用方法,已在工程技术、经济管理和社会生活中得到广泛应用^[1-2]。由于评估目标涉及的因素较多,一般将模糊综合评估与层次分析法相结合来减少同层评估因素的数量,提高评估的准确性。模糊综合评估模型涉及到权重、单因素隶属度矩阵以及两者的合成三方面问题,文中将在介绍模糊综合评估模型的基础上对这三方面进行重点研究。

2.1 指标体系各因素权重向量的确定

模糊层次分析法主要是利用判断矩阵来确定权重,可分为利用模糊互补判断矩阵和三角模糊数来计算,选用模糊判断矩阵来进行权重向量的计算。利用模糊判断矩阵计算权重向量步骤如下^[3-5]:

1) 请专家根据模糊矩阵的比例标度表构造模

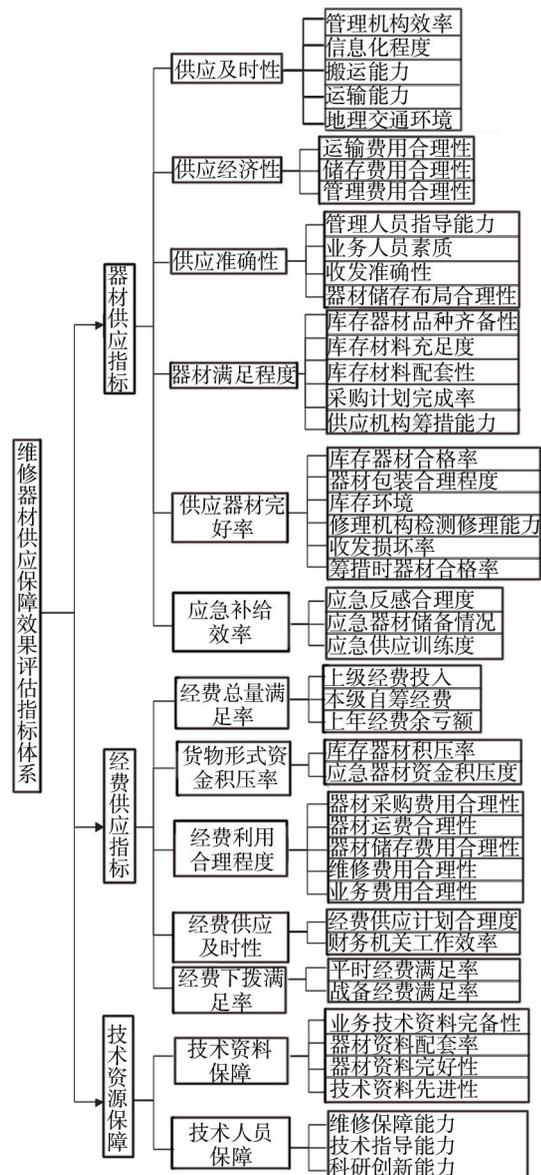


图1 维修器材供应保障效果评估指标体系

Fig.1 The evaluation index system of maintenance material supply support effectiveness

糊互补判断矩阵;

2) 对模糊互补判断矩阵进行一致性检验,选定 $\epsilon=0.2$ 进行一致性检验,符合满意一致性则进行第3步,不符合一致性进行调整直至符合;

3) 计算权重向量。

2.2 单因素隶属度的确定

将评估结果分为优 (V_1)、良 (V_2)、中 (V_3)、差 (V_4)、劣 (V_5) 等5个等级,武器装备维修器材供应保障效果的评语集可表示为 $V=\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ 。

2.2.1 定量指标的单因素评估矩阵

在评估过程中将定性因素转化成定量因素进行评估,具体的操作过程如下所述。

1) 指标取值范围的确定。确定5个评语等级的取值范围:优为95%以上,良为85%~95%,中为75%~85%,差为60%~75%,劣为60%以下。由此可得, $V=\{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}=\{0.95, 0.85, 0.75, 0.6, 0\}$ 。

2) 建立隶属度函数,确定隶属度。为消除两个等级相连区域等级跃变带来的不合理现象,对过中点的数据进行模糊处理。具体做法是^[6]:将每个等级区间的中点作为分界点,当指标进入区间的中点时,该指标对等级的隶属度为,进入相邻区间中点时,对该等级的隶属度为,量化指标值对各等级的隶属度关系如图2所示。

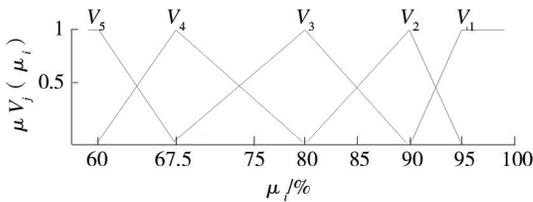


图2 隶属度函数

Fig.2 Subject degree function

各指标评语的隶属度函数的数学表达式为:

$$\mu V_1(\mu_i) = \begin{cases} 1.0 & \mu_i \geq 95\% \\ 20(\mu_i - 90\%) & 90\% < \mu_i < 95\% \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu V_2(\mu_i) = \begin{cases} 20(95\% - \mu_i) & 90\% \leq \mu_i \leq 95\% \\ 10(\mu_i - 80\%) & 80\% < \mu_i < 90\% \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu V_3(\mu_i) = \begin{cases} 10(90\% - \mu_i) & 80\% \leq \mu_i \leq 90\% \\ 8(\mu_i - 67.5\%) & 67.5\% < \mu_i < 80\% \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu V_4(\mu_i) = \begin{cases} 8(80\% - \mu_i) & 67.5\% \leq \mu_i \leq 80\% \\ (\mu_i - 60\%)/7.5\% & 60\% < \mu_i < 67.5\% \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu V_5(\mu_i) = \begin{cases} (67.5\% - \mu_i)/7.5\% & 60\% \leq \mu_i \leq 67.5\% \\ 1.0 & \mu_i < 60\% \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

2.2.2 定性指标的单因素隶属度矩阵

定性指标的单因素评估过程中,让参加评估的专家按预先确定好的评估标准给各定性评估指标确定等级,并且给出专家对于指标属于相应等级的确信度:很强(0.8~1.0)、强(0.5~0.8)、一般(0.2~

0.5)、弱(0~0.2),然后再对隶属度进行归一化处理。统计后按式(6)确定各定性指标对各等级的隶属度,即:

$$\mu V_j(\mu_i) = \sum_{k=1}^n w_k \mu_{ij}^{(k)} \quad (6)$$

式中: $\mu V_j(\mu_i)$ 表示 μ_i 属于 V_j 的隶属函数; w_k 为第 k 位专家的权重; $\mu_{ij}^{(k)}$ 表示指标 μ_i 属于 V_j 等级的第 k 位专家的确信度。

此法允许专家为同一个指标赋予不同的评语,一般每个指标各等级的确信度应该作归一化处理。

运用专家调查法确定隶属度矩阵,需考虑专家的信任度即专家的权重向量,可以从知名度、职称、学历、对问题的熟悉程度几方面来评估。用简单的比重来确定相应的专家权重矩阵^[7],专家评分表见表1。

表1 专家评分表

Table 1 The expert grading table

知名度	院士、国内著名学者、国内一般专家(相应分值10,8,6)
职称	正高、副高、中级(相应分值9,7,6)
学历	博士、硕士、本科(相应分值8,6,4)
对问题熟悉程度	熟悉、较熟悉、一般(相应分值10,8,6)

设有 n 位专家, $R_i=a_i+b_i+c_i+d_i$ (a_i, b_i, c_i, d_i 分别表示专家知名度、职称、学历、对问题的熟悉程度的得分),则第 i 位专家的可信度:

$$w_i = R_i / \sum_{j=1}^n R_j, i=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

2.3 模糊合成算子的选择

在模糊综合评估过程中,其合成过程(合成值 $B=W \cdot R$,其中 W 为权重向量, R 为模糊关系矩阵,“ \cdot ”为模糊合成算子)是影响综合评估结论的重要环节,不同的算子就会导致不同的评估模型^[8-9]。比较常用的是 $M(\cdot, +)$ 模型,“ \cdot ”表示普通乘法;“ $+$ ”表示普通加法。该模型为加权平均型,即:

$$b_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij}, j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

式中: $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

式(8)(“乘与加”算子)本质上是分别对各个评语等级隶属度值作加权算术平均,因此可以推广到一般的幂平均合成:

$$b_j = \left(\sum_{i=1}^m w_i r_{ij}^k \right)^{1/k}, k>0, j=1, 2, \dots, n \quad (9)$$

将计算结果归一化后可以得到目标的隶属度矩阵,此法可以克服“乘与加”算子线性补偿的问题,实际应用中要根据需求来确定 k 的取值,通常选择 $k=2$ 。

2.4 反模糊化

模糊综合评估结果是一模糊向量,但确定评估对象的等级时需要对该向量进行精确化或反模糊化。文中采用重心法进行反模糊化。

重心法又称力矩法,它是对模糊评估结果 B 所有元素求取中心元素的方法,重心法将模糊量的重心元素反模糊化之后得到精确值^[10]。

$$u = \frac{\sum_i u(v_i) \times v_i}{\sum_i u(v_i)} \tag{10}$$

从本质上讲,重心法是通常所讲的加权平均法(加权系数 $u(v_i)$),采用重心法来确定模糊量能反映出整个模糊量信息的精确值,这个过程类同于概率论中的求数学期望过程。加权数不同,所得到的精确值就会不同,这样显然会影响系统的输出结果。文中为了突出隶属度大的元素的作用,取加权系数为 $u(v_i)=b_i^2$,这样就可以得到较为精确的评估结果。

3 案例分析

下面结合某一武器装备维修器材保障机构器材供应保障情况来具体说明武器装备维修器材供应保障效果的评估过程,针对该武器装备维修器材供应保障机构过去一年供应保障的实际状况进行评估。

3.1 指标体系各因素权重向量的确定

由图1知,准则层评估指标分为器材供应指标、经费供应指标、技术资料保障指标,模糊判断矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.9 \\ 0.4 & 0.5 & 0.7 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 \end{bmatrix}$$

经计算不一致程度指标 $\eta=0.1 < \varepsilon=0.2$, 满足一致性检验条件。

计算模糊判断矩阵的特征向量,可得准则层评估指标的权重向量 $W=(0.5, 0.37, 0.13)$ 。同理,可以计算得到各子准则层及指标层的评估指标权重向量,见表2。

3.2 单因素隶属度矩阵

1) 定量指标的单因素隶属度。通过对实际情况的调查了解,得出各个定量指标的数值,代入式(1)~(5)可得各个指标值的隶属度。

2) 定性指标的单因素隶属度。定性指标的单因素隶属度需要专家进行定性的评分,得出相应的隶属度,下面以器材保障机构效率评估指标为例说明具体的求法。

请5位专家实地调查分别给出指标的评语等级及相应的确信度,再与专家的信任度相乘即可得出相应指标的隶属度。即:

专家的信任度为 $A=\{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}=(0.15, 0.3, 0.14, 0.16, 0.25)$

专家给出的隶属度为:

$$C = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.7 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

则器材保障机构效率评估指标属于评语集{优,良,中,差,劣}的隶属度为:

$$A \cdot C=(0.143, 0.668, 0.118, 0.071, 0)$$

运用同样的方法可以求出最低层的各个指标的隶属度,进而得到各指标隶属度矩阵:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.143 & 0.668 & 0.118 & 0.071 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.757 & 0.213 & 0.03 & 0 & 0 \\ 0.55 & 0.369 & 0.081 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \dots,$$

$$R_{32} = \begin{bmatrix} 0.792 & 0.120 & 0.088 & 0 & 0 \\ 0.56 & 0.23 & 0.11 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.52 & 0.1 & 0.1 & 0.08 \end{bmatrix}$$

3.3 隶属度的模糊合成

在对模糊算子进行隶属度合成的计算过程中,要对所得到的结果要进行归一化处理。以供应及时性指标为例说明具体的合成过程。

$$W_{11}=(0.12, 0.16, 0.21, 0.22, 0.3),$$

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.152 & 0.752 & 0.096 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.757 & 0.213 & 0.03 & 0 & 0 \\ 0.55 & 0.369 & 0.081 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

表2 权重和隶属度表
Table 2 Weight and subjection degree table

子准则层	权重	指标层	权重	单因素隶属度				
				优	良	中	差	劣
供应及时性	0.19	管理机构效率	0.11	0.143	0.668	0.118	0.071	0
		信息化程度	0.16	0.1	0.6	0.3	0	0
		搬运能力	0.21	0.6	0.3	0.1	0	0
		运输能力	0.22	0.757	0.213	0.03	0	0
		地理交通环境	0.3	0.55	0.369	0.081	0	0
供应经济性	0.07	运输费用合理性	0.44	0.143	0.668	0.118	0.071	0
		储存费用合理性	0.33	0.204	0.193	0.232	0.306	0.065
		管理费用合理性	0.22	0.2	0.46	0.24	0.1	0
供应准确性	0.15	管理人员指导能力	0.25	0.05	0.66	0.19	0.06	0.04
		业务人员素质	0.35	0.806	0.18	0.014	0	0
		收发准确性	0.23	0.812	0.12	0.068	0	0
		储存布局合理性	0.17	0.328	0.587	0.085	0	0
器材满足程度	0.25	库存器材品种齐备性	0.19	0.506	0.131	0.2	0.1	0.063
		库存器材数量充足度	0.22	0.705	0.12	0.1	0.075	0
		库存器材配套性	0.26	0.802	0.145	0.053	0	0
		采购计划完成率	0.14	0.605	0.23	0.12	0.025	0.02
		供应机构筹措能力	0.1	0.503	0.24	0.13	0.1	0.027
		供应机构调配能力	0.09	0.5	0.32	0.13	0.05	0
供应器材完好率	0.23	库存器材合格率	0.25	0.8	0.11	0.08	0.01	0
		器材包装合理程度	0.18	0.215	0.62	0.135	0.03	0
		库存环境	0.14	0.54	0.387	0.073	0	0
		机构检测修理能力	0.12	0.176	0.641	0.158	0.025	0
		收发损坏率	0.1	0.373	0.581	0.046	0	0
		筹措时器材合格率	0.21	0.639	0.275	0.086	0	0
应急补给效率	0.11	应急方案合理度	0.33	0.192	0.664	0.115	0.029	0
		应急器材储备状况	0.47	0.626	0.269	0.105	0	0
		应急供应训练程度	0.2	0.522	0.364	0.114	0	0
经费总量满足率	0.29	上级费用投入	0.46	0.546	0.344	0.11	0	0
		本级自筹费用	0.4	0.668	0.263	0.069	0	0
		上年经费盈亏额	0.14	0.04	0.54	0.28	0.12	0.02
货物资金积压	0.11	库存器材积压率	0.6	0.709	0.261	0.03	0	0
		应急器材资金积压	0.4	0.594	0.305	0.071	0.03	0
经费合理程度	0.18	器材采购费用合理性	0.29	0.439	0.461	0.1	0	0
		器材运输费用合理性	0.25	0.668	0.263	0.069	0	0
		器材储存费用合理性	0.21	0.546	0.344	0.11	0	0
		维修费用合理性	0.14	0.54	0.387	0.073	0	0
		业务费用合理性	0.11	0.626	0.269	0.105	0	0
经费供应及时性	0.16	经费计划合理程度	0.6	0.76	0.14	0.1	0	0
		财务机关工作效率	0.4	0.65	0.12	0.13	0.1	0
经费下拨满足率	0.26	平时经费满足率	0.6	0.8	0.145	0.055	0	0
		战备经费满足率	0.4	0.62	0.3	0.08	0	0
技术资料保障	0.55	业务技术资料完备性	0.18	0.35	0.52	0.1	0.03	0
		器材资料配套率	0.34	0.891	0.109	0	0	0
		器材资料完好性	0.22	0.2	0.72	0.08	0	0
		技术资料先进性	0.26	0.652	0.231	0.117	0	0
技术人员保障	0.45	维修保障能力	0.53	0.792	0.12	0.088	0	0
		技术指导能力	0.3	0.56	0.23	0.11	0.1	0
		科研创新能力	0.17	0.2	0.52	0.1	0.1	0.08

利用公式(9)可以得到:

$$B_{11}=W_{11} \cdot R_{11}=(b_{111}, b_{112}, b_{113}, b_{114}, b_{115})$$

$$\text{其中, } b_{111} = \left(\sum_{i=1}^5 w_{11i} r_{i1}^2 \right)^{1/2} = 0.5448, \dots,$$

$$b_{115} = \left(\sum_{i=1}^5 w_{11i} r_{i5}^2 \right)^{1/2} = 0.$$

将上述隶属度归一化后可得到供应及时性指标的隶属度为:

$$B_{11}=W_{11} \cdot R_{11}=(0.18, 0.35, 0.15, 0.31) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0.757 & 0.213 & 0.003 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.49, 0.39, 0.12, 0, 0)$$

$$B_{12}=W_{12} \cdot R_{12}=(0.159, 0.453, 0.186, 0.168, 0.034)$$

...

$$B_{32}=W_{32} \cdot R_{32}=(0.588, 0.235, 0.087, 0.061, 0.029)$$

同理,根据子准则层各个子指标的隶属度矩阵和权重,得到准则层各个指标的隶属度为:

$$B_1=W_1 \cdot R_1=(0.486, 0.334, 0.111, 0.053, 0.016)$$

$$B_2=W_2 \cdot R_2=(0.62, 0.242, 0.085, 0.05, 0.003)$$

$$B_3=W_3 \cdot R_3=(0.555, 0.308, 0.077, 0.041, 0.019)$$

以此类推,求得目标层的隶属度为:

$$B=W \cdot R=(0.543, 0.297, 0.097, 0.05, 0.013)$$

此时便可以得出该器材保障机构的供应效果,根据最大隶属度原则可以判定供应效果为“优”,下面用重心法实施反模糊化处理:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^5 b_i^2 \times v_i}{\sum_{i=1}^5 b_i^2} = 0.9203$$

得到的评分值属于“良”级较偏向“优”,因此可以断定此武器装备维修器材保障机构的在过去一年供应效果属于“优良”等级。

4 结语

结合武器装备维修器材供应效果的评估过程,着重研究了模糊综合评估方法,建立了武器装备维修器材供应保障效果评估模型,分析了模型中权重向量求解、隶属度矩阵获取及两者的模糊合成三方面问题,并结合具体的实例给出了评估模型的应用过程,为武器装备维修器材供应保障效果评估提供了一种科学的方法。

参考文献:

[1] 刘增勇,欧焘,张爱民,等. 军事装备维修器材供应链中

不确定性分析及柔性管理[J]. 四川兵工学报, 2013(10): 41—44.

LIU Zeng yong, OU Tao, ZHANG Ai min, et al. Uncertainty Analysis and Flexible Management in Supply Chain of Military Equipment Maintenance Equipment[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2013(10): 41—44.

[2] 顾基发. 综合评价方法[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1990. GU Ji-fa. Methods of Comprehensive Evaluation[M]. Beijing: Science Technology Press of China, 1990.

[3] 史凤隆,赵功伟,祝华远,等. 灰色聚类法在航空装备保障特性评估中的应用[J]. 装备环境工程, 2013, 10(2): 43—47.

SHI Feng-long, ZHAO Gong-wei, ZHU Hua-yuan, et al. Application of Grey Cluster Method in Aviation Equipment Support Characteristics Evaluation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(2): 43—47.

[4] 肖四汉,樊治平,王梦光. Fuzzy 判断矩阵的一致性研究[J]. 系统工程学报, 2001, 16(2): 142—145.

XIAO Si-han, FAN Zhi-ping, WANG Meng-guang. Study on Consistency of Fuzzy Judgement Matrix[J]. Journal of Systems Engineering, 2001, 16(2): 142—145.

[5] 朱建军,王梦光,刘士新. AHP 判断矩阵一致性改进的若干问题研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 22(1): 18—21.

ZHU Jian-jun, WANG Meng-guang, LIU Shi-xin. Research on Consistency Modification Problem of Comparison Matrix in the Analytical Hierarchy Process[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2007, 22(1): 18—21.

[6] 张会奇,陈春良,曹玉坤,等. 基于相似系统理论的装甲车辆发动机使用状态评价研究[J]. 装备环境工程, 2013, 10(6): 37—40.

ZHANG Hui-qi, CHEN Chun-liang, CAO Yu-kun, et al. Evaluation Study on the Service Status of Armored Vehicle Engine Based on the Similarity System Theory[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(6): 37—40.

[7] HUANG Mei, YANG He-miao. Genetic Algorithm and Fuzzy Synthetic Evaluation Based Risk Programming for Virtual Enterprises[J]. Acta Automatica Sinica, 2004, 30(3): 449—454.

[8] 梁梁,熊立,王国华. 一种群决策中确定专家判断可信度的改进方法[J]. 系统工程, 2004, 22(6): 79—85.

LIANG Liang, XIONG Li, WANG Guo-hua. A New Method of Determining the Reliability of Decision-makers in Group Decision[J]. Systems Engineering, 2004, 22(6): 79—85.

[9] ZHANG Zhao-jia. New LCA Approach with Fuzzy Evaluation[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2001, 10(1): 56—62.

[10] DIMITRAS A I, SLOWINSKI R, SUSMAGA R. Business Failure Prediction Using Rough Sets[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 25(14): 24—37.

[11] FUSUN U, TOPCU Y I, SULE O S. An Integrated Decision Aid System for Bosphorus Water Crossing Problem[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 14(34): 179—192.