

AHP-模糊综合评价法在军事计量通用基础标准 实施效果评估中的应用研究

关 静 乔 星 王庆民* 古兆兵 胡君朋

(军事科学院系统工程研究院)

摘 要: 标准实施是标准化活动的关键环节,科学开展标准实施效果评价非常重要。本文以7个典型军事计量通用基础标准为研究对象,构建了以标准适用性、协调性、应用状况和使用成效为决策层,以目标适用性、范围适用性、时效性、可操作性、与国家(军队)法规协调性、与国家(军用)标准协调性、应用程度、被引情况、军事效益、社会效益为准则层的三级评价指标体系。通过层次分析法(Alytic hierarchy process, AHP)确定了各级评价指标的权重;基于模糊判断矩阵及其与相应权重的广义合成运算,获得了各标准实施效果的量化评价结果。研究表明GJB 3756A-2015的实施效果较好,GJB 2749A-2009、GJB 2725A-2001、GJB 1317A-2006的实施效果次之,GJB 5109-2004、GJB 2739A-2009、GJB 2712A-2009的实施效果较差。基于AHP-模糊综合评价法开展的军事计量通用基础标准实施效果评估研究可获得量化评价结果,研究对于有关标准的制修订具有参考价值。

关键词: 军事计量通用基础标准,实施效果,指标体系,层次分析,模糊综合评价

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.09.010

Study on the Application of AHP-Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in the Implementation Effect of Military Metrology General Fundamental Standards

GUAN Jing QIAO Xing WANG Qing-min* GU Zhao-bing HU Jun-peng

(Institute of Systems Engineering, Academy of Military Sciences)

Abstract: Standards implementation is a key step in promoting standardization action, so the scientific evaluation of the implementation effect of standards is very important. In this paper, seven typical military metrology general fundamental standards are selected as study object, and an index system with applicability, compatibility, application status and usability as second level evaluating indicators, and simultaneously objective applicability, range applicability, timeliness, operability, national (military) regulation compatibility, national (military) standard compatibility, application level, citation situation, military benefits and social benefits as third level evaluating indicators is established as well. The index weights of above indicators are determined by analytic hierarchy process (AHP), based on which quantified assessment results are obtained by

作者简介: 关静,研究员,博士,主要从事军用标准基础理论与信息服务研究。

乔星,助理研究员,硕士,主要从事军用标准信息服务与管理研究。

王庆民,通信作者,副研究员,硕士,主要从事军事计量通用基础标准制修订研究。

古兆兵,副研究员,硕士,主要从事军用标准化发展战略与信息服务研究。

胡君朋,助理研究员,博士,主要从事军用标准信息服务研究。

using fuzzy evaluation set and generalized composition calculation. Study results indicate that the implementation effects of GJB 3756A-2015 is very satisfying, followed by GJB 2749A-2009, GJB 2725A-2001 and GJB 1317A-2006, and GJB 5109-2004, GJB 2739A-2009 and GJB 2712A-2009 are worst. In all, the quantified results of standards implementation effects could be obtained by the AHP-fuzzy comprehensive evaluation method, which will provide important reference for standards development and revision.

Keywords: military metrology general fundamental standards, implementation effect, index system, analytic hierarchy process, fuzzy comprehensive evaluation

0 引言

标准的真正价值在于实施。强化标准实施是标准化战略的重要组成部分,也是实现标准化全周期管理的必然要求。科学地开展标准实施效果评价非常重要。在实际工作中,影响标准实施效果的因素关系复杂、层次关系众多,很难用精确的量化指标来衡量,基于模糊数学的多级综合评判为我们开展标准实施效果评估提供了有效途径^[1]。

模糊综合评价法是基于模糊数学的隶属度理论,将受到多种因素制约的评价指标通过多极模糊综合运算,转变为一个有标准、可比较的量的过程^[2]。基于模糊综合评价法开展标准实施效果评估研究的前提是科学确定各指标的权重^[3]。在众多的评价指标权重赋值方法中,层次分析法(AHP)是一个相对科学、简便、实用的方法。AHP法将研究对象视为一个系统,通过分解构造层次、判断各元素标度值、构建判断矩阵和数学运算可导出各指标权重^[4-8]。采用AHP-模糊综合评价法对标准实施效果这一由相互关联、相互制约的众多因素构成的复杂系统进行评价具有较好的应用效果^[9, 10]。

军事计量通用基础标准对于确保武器装备量值准确统一以及国防科技工业发展具有重要作用,相关领域的专家学者十分重视其实施效果的评价工作。但由于军事计量通用基础标准实施效果评价涉及面广、难度大,迄今为止鲜有研究。基于前人经验,本研究拟采用AHP-模糊综合评价法,对军事计量领域典型通用基础标准实施效果开展评价研究,以期对相关标准的制修订提供依据。

1 指标体系构建

军事计量通用基础标准实施效果评价指标体系由一系列反映标准实施效果基本特征、相互关联、相互协调的指标组成,包括目标层、决策层和准则层。目标层,即“军事计量通用基础标准实施效果”,是该评价指标体系一级指标;“军事计量通用基础标准适用性”“军事计量通用基础标准协调性”“军事计量通用基础标准应用状况”和“军事计量通用基础标准使用成效”为决策层,是该评价指标体系的二级指标;“目标适用性”“范围适用性”“时效性”“可操作性”“与国家(军队)法规协调性”“与国家(军用)标准协调性”“应用程度”“被引情况”“军事效益”和“社会效益”为准则层,是该评价指标体系的三级指标。其中,准则层中的“目标适用性”“范围适用性”“时效性”和“可操作性”与决策层中的“军事计量通用基础标准适用性”指标相对应;准则层中的“与国家(军队)法规协调性”和“与国家(军用)标准协调性”与决策层中的“军事计量通用基础标准协调性”指标对应;准则层中的“应用程度”和“被引情况”与决策层中的“军事计量通用基础标准应用状况”指标对应;准则层中的“军事效益”和“社会效益”与决策层中的“军事计量通用基础标准使用成效”指标对应。军事计量通用基础标准实施效果评价指标体系见表1。

2 评价过程

2.1 标准选取

选取7个制修订时间超过5年的军事计量通用

基础标准为评价对象,其编号、名称见表2。

表1 军事计量通用基础标准实施效果评价指标体系

一级指标 (目标层)	二级指标 (决策层)	三级指标 (准则层)
军事 计量 通用 基础 标准 实施 效果	军事计量通用基 础标准适用性	目标适用性
		范围适用性
		时效性
		可操作性
	军事计量通用基 础标准协调性	与国家(军队)法规协调性
		与国家(军用)标准协调性
	军事计量通用基 础标准应用状况	应用程度
		被引情况
	军事计量通用基 础标准使用成效	军事效益
		社会效益

表2 待评价军事计量通用基础标准

序号	编号	名称
1	GJB 2725A-2001	测试实验室和校准实验室通用要求
2	GJB 5109-2004	装备计量保障通用要求 检测和校准
3	GJB 1317A-2006	军用检定规程和校准规程编写通用要求
4	GJB 2712A-2009	装备计量保障中测量设备和测量过程的质量控制
5	GJB 2739A-2009	装备计量保障中量值的溯源与传递
6	GJB 2749A-2009	军事计量测量标准建立与保持通用要求
7	GJB 3756A-2015	测量不确定度的表示及评定

2.2 权重计算

选取20名技术基础领域资深专家组成军事计量通用基础标准实施效果评价指标权重评估小组,采用层次分析法对同一层级的评估指标构建判断矩阵;应用1~9标度法对构建的5个判断矩阵中各指标依据其相对重要程度进行两两比较并完成标度赋值;对各专家赋值结果进行均值计算后形成各指标标度值。各判断矩阵及相应标度值见表3~表7。

表3 军事计量通用基础标准适用性判断矩阵

适用性	目标适用性	范围适用性	时效性	可操作性
目标适用性	1	1.6700	2.6923	2.1183
范围适用性	0.5988	1	0.7417	1.7550
时效性	0.3714	1.3483	1	1.5533
可操作性	0.4721	0.5698	0.6438	1

表4 军事计量通用基础标准协调性判断矩阵

协调性	与国家(军队)法规协调性	与国家(军用)标准协调性
与国家(军队)法规协调性	1	2.4773
与国家(军用)标准协调性	0.4037	1

表5 军事计量通用基础标准应用状况判断矩阵

应用状况	应用程度	被引情况
应用程度	1	3.6856
被引情况	0.2713	1

表6 军事计量通用基础标准使用成效判断矩阵

使用成效	军事效益	社会效益
军事效益	1	4
社会效益	0.25	1

表7 军事计量通用基础标准实施效果判断矩阵

实施效果	适用性	协调性	应用状况	使用成效
适用性	1	2.5	1.1350	1.2042
协调性	0.4000	1	1.0033	0.7450
应用状况	0.8811	0.9967	1	1.3375
使用成效	0.8304	1.3423	0.7477	1

采用迭代法分别对上述判断矩阵的最大特征根及其特征向量进行求解,计算步骤如下。

(1) 计算判断矩阵每一行元素的乘积 M_i

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} \quad i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

(2) 计算 M_i 的 n 次方根 $\bar{W}_i$

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

(3) 对向量 $\bar{W}=[\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]^T$ 进行归一化处理

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j} \quad i=1,2,\dots,n \quad (3)$$

则 $W=[W_1, W_2, \dots, W_n]^T$ 即为所求的特征向量。

(4) 计算判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (4)$$

其中, A 表示判断矩阵, $(AW)_i$ 表示向量 AW 的第 i 个元素。

(5) 一致性检验

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CR = CI / RI$$

CI 为判断矩阵的一致性指标, RI 为同阶平均随机一致性指标, CR 为随机一致性比率。对于1~9阶判断矩阵, RI 值见表8。

当 CR 值通过一致性检验($CR<0.1$)时, 特征向量 W 即为评价指标的权重。

按照上述步骤, 分别对5个判断矩阵的特征向量进行求解, 一致性检验结果表明, 各判断矩阵均具有满意的一致性, 各判断矩阵的特征向量 W 即为评价指标的权重, 各指标权重见表9。

表9 军事计量通用基础标准实施效果评价指标权重

二级指标 (决策层)	二级指标 权重	三级指标 (准则层)	三级指标 权重
军事计量通用 基础规范适用性	0.3320	目标适用性	0.4104
		范围适用性	0.2195
		时效性	0.2194
		可操作性	0.1507
军事计量通用基 础规范协调性	0.1805	与国家(军队) 法规协调性	0.7124
		与国家(军用) 标准协调性	0.2876
军事计量通用基 础规范应用状况	0.2542	应用程度	0.7866
军事计量通用基 础规范使用成效	0.2333	被引情况	0.2134
		军事效益	0.80
		社会效益	0.20

2.3 模糊综合评价

模糊综合评价是借助模糊数学的一些概念, 将一些边界不清、不易定量的因素定量化, 从多个因素对被评价对象隶属等级状况进行综合性评价和判断。其基本步骤是: 确定被评价对象的因素集 U 和评价集 V ; 确定各因素的权重及其隶属度向量, 获得模糊评判矩阵; 把模糊评判矩阵与因素的权向量进行模糊运算, 得到模糊综合评价结果。

2.3.1 建立模糊评价集

评价集 V_j 是指对被评价对象每一因素 U_i 所处状态的判断集, V_j 一般分为3~5个等级。本文将评语集 V_j 设定为4个等级, 其中 V_1 =优, V_2 =良, V_3 =中,

V_4 =差。
2.3.2 构建模糊评判矩阵

针对被评价各标准, 邀请6~9名专家组成评审组, 以问卷调查形式对标准实施效果评价指标体系准则层4个评价矩阵中各因素进行单因素评判, 以确定评价对象对评语集的隶属度。根据因素集 U 中第 i 个因素 U_i 对评价集 V 中第 j 个元素 V_j 的隶属度 r_{ij} , 可得到单因素评判集 R_i :

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4})$$

(7)

在准则层中所有因素都分别进行评价后, 即每一个被评价对象确定了从 U_i 到 V_j 的模糊关系, 就构建了一个总的评判矩阵 R :

$$R = (r_{ij})_{m \times 4} = [R_1, R_2, \dots, R_m]^T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & r_{m4} \end{bmatrix}$$

(8)

其中, r_{ij} 表示第 i 个因素 U_i 在第 j 个评语 V_j 上的频率分布, $i=1\sim m$ ($m=2, \dots, 10$), $j=1\sim 4$ 。

2.3.3 单因素模糊评价

按照公式(9), 将准则层中4个模糊判断矩阵分别与相应权向量进行广义合成运算, 可得到标准适用性、协调性、应用状况、使用成效的评价向量 B_i ($i=1, 2, 3, 4$):

$$B_i = W_i^T \circ R_i = (b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, b_{i4})$$

(9)

B_i 即为军事计量通用基础标准决策层中各指标的单因素模糊评判向量。

2.3.4 多因素模糊综合评价

按照公式(10), 将上述各二级指标的评价向量 B_i 组合为一级指标的模糊评价矩阵, 与相应权向量进行广义合成运算, 可得到一级指标“军事计量通用基础标准实施效果”的综合评价向量 B 。

$$B = W^T \circ R = W^T \circ [B_1, B_2, B_3, B_4]^T = (b_1, b_2, b_3, b_4)$$

(10)

表8 阶数和 RI 值对照表

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI 值	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

依据综合评价向量 B 中评价等级中的最大值,确定相应的评价结论(优、良、中、差),完成各标准实施效果的多因素模糊综合评价。

为使各标准最终评价结果量化可比较,本研究对评语集中各评价等级进行赋值,即 V_1 (优)=100分、 V_2 (良)=75分、 V_3 (中)=50分、 V_4 (差)=25分,形成评价等级分数集;将各标准综合评价向量 $B(b_1, b_2, b_3, b_4)$ 与相应评价等级分数集 $V\{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ 之积累加,即可得到各标准的量化评价结果。

2.4 评价示例

这里以GJB 3756A-2015为例,简要介绍军事计量通用基础标准实施效果模糊综合评价过程。

邀请6位专家组成评审组,对标准的目标适用性、范围适用性、时效性、可操作性等10个三级指标进行评价等级判断,得到该标准模糊评判矩阵(见表10)。

从表10数据可知,对于GJB 3756A-2015标准而言,除了军事效益、社会效益的评价等级不能归属为优外,其他三级指标的评价等级均为优,表明该标准的适用性、协调性、应用状况均较好,但产生的效益还有待提高。

依据表9、表10数据,按照公式(9)进行广义合成运算,分别求得各二级指标的评价向量 B_1 、

B_2 、 B_3 、 B_4 (见本页下方)。

表10 GJB 3756A-2015 实施效果模糊评判矩阵

评价指标	优	良	中	差
目标适用性	1	0	0	0
范围适用性	0.8333	0.1667	0	0
时效性	0.6667	0.3333	0	0
可操作性	0.6667	0.3333	0	0
与国家(军队)法规协调性	0.8333	0.1667	0	0
与国家(军用)标准协调性	1	0	0	0
应用程度	1	0	0	0
被引情况	1	0	0	0
军事效益	0.5	0.5	0	0
社会效益	0.3333	0.6667	0	0

将上述各二级指标的评价向量组合为一级指标的评价矩阵 R ,与一级权重进行合成运算 W ,求得GJB 3756A-2015实施效果的综合评价向量 B (见本页下方)。

根据最大隶属度原则,可知GJB 3756A-2015实施效果评价等级为“优”;按照各评价等级分值以及综合量化计算方法,可知该标准实施效果综合得分为93.67。

2.5 评价结果

按照上述评价方法,完成了全部标准实施效果模糊综合评价,评价结果见表11。

从表11数据可知,7个典型军事计量通用基础

$$B_1 = W_1^T \circ R = (0.4104, 0.2195, 0.2194, 0.1507) \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8333 & 0.1667 & 0 & 0 \\ 0.6667 & 0.3333 & 0 & 0 \\ 0.6667 & 0.3333 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.8401, 0.1599, 0, 0)$$

$$B_2 = W_2^T \circ R = (0.7124, 0.2876) \circ \begin{bmatrix} 0.8333 & 0.1667 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.8812, 0.1188, 0, 0)$$

$$B_3 = W_3^T \circ R = (0.7866, 0.2134) \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.7866, 0.2134, 0, 0)$$

$$B_4 = W_4^T \circ R = (0.80, 0.20) \circ \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.3333 & 0.6667 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.4667, 0.5333, 0, 0)$$

$$B = W^T \circ R = (0.3320, 0.1805, 0.2542, 0.2333) \circ \begin{bmatrix} 0.8401 & 0.1599 & 0 & 0 \\ 0.8812 & 0.1188 & 0 & 0 \\ 0.7866 & 0.2134 & 0 & 0 \\ 0.4667 & 0.5333 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.7469, 0.2531, 0, 0)$$

表11 军事计量通用基础规范实施效果综合评价结果

被评价标准	优	良	中	差	分值	排序
GJB 2725A-2001	0.5384	0.3370	0.1246	0	85.35	3
GJB 5109-2004	0.4576	0.2828	0.2311	0.0286	79.24	5
GJB 1317A-2006	0.4623	0.3580	0.1596	0.0202	81.57	4
GJB 2739A-2009	0.4568	0.2230	0.2572	0.0629	76.84	6
GJB 2749A-2009	0.5787	0.3266	0.0636	0.0312	86.33	2
GJB 2712A-2009	0.4256	0.2343	0.3038	0.0363	76.23	7
GJB 3756A-2015	0.7469	0.2531	0	0	93.67	1

标准实施效果定量评价结果中GJB 3756A-2015最好,综合评价分值为93.67;其次为GJB 2749A-2009、GJB 2725A-2001、GJB 1317A-2006,综合评价分值分别为86.33、85.35、81.57;GJB 5109-2004、GJB 2739A-2009、GJB 2712A-2009的综合评价结果较差,分值依次为79.24、76.84、76.23。

3 结论

标准实施是标准化活动的关键环节,建立一套科学的评价体系以及适宜的评价方法对标准实施效果进行衡量,可为相关标准的制修订提供重要依据。本文选取军事计量通用基础标准为研究对象,以标准适用性、协调性、应用状况和使用成效

为二级指标,以目标适用性、范围适用性、时效性、可操作性、与国家(军队)法规协调性、与国家(军用)标准协调性、应用程度、被引情况、军事效益、社会效益为三级指标构建了军事计量通用基础标准实施效果评价指标体系。应用AHP法确定了各级评价指标权重,建立了AHP-模糊综合评价模型对被评价标准实施效果各指标隶属度等级进行了综合评判,实现了定性分析与定量运算的有效结合,获得了7个典型军事计量通用基础标准实施效果的量化综合评价结果。基于标准实施效果模糊评判矩阵中各评价等级隶属度数值可以得到其在实施应用中的短板弱项。上述数据信息对于分析影响该标准实施效果的主要因素,有针对性地开展标准的制修订、提升标准质量具有重要作用。

参考文献

[1] 高建标. 模糊多目标综合评判在标准评价中的应用研究[J]. 水利水电标准化与计量, 1997, 5(1):40-41,43.

[2] 黄廷彪. 型号工程计量保证项目效益评估[J]. 航空计测技术, 2000,20(1):31-35.

[3] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2012.

[4] 王文斌. 军工计量保证项目效益评估方法的分析[J]. 工业计量, 2014,24(5):65-69.

[5] 王晖,陈丽,陈昱,等. 多指标综合评价方法及权重系数的选择[J]. 广东药学院学报, 2007,23(5):583-589.

[6] 杨程丽,杜坤鹏,寇洁,等. 基于AHP的制造技术能力评价标准研究[J]. 中国质量与标准导报, 2020(6):51-57.

[7] 台辉,王苹,江宁,等. 基于AHP-模糊综合评价法的生产建设项目水土保持效果研究[J]. 水土保持通报, 2023,43(5):169-175.

[8] 刘琳,吴云飞. 基于AHP-模糊综合评价法的东北地区林业生态建设研究[J]. 森林工程, 2023,39(3):82-90.

[9] 韩冰,徐婷,陈俊峰,等. AHP-模糊综合评价法在标准实施效果评价中的应用[J]. 标准科学, 2020,551(4):35-38.

[10] 王晶亚,宗星煜,王丁熠,等. 基于AHP-模糊综合评价法的中医药国际标准实施效果评价研究[J]. 中国中医基础医学杂志, 2023,29(5):770-774.