

# 基于层次分析法和模糊评价方法相结合的 装备数据评估模型方法研究\*

黄杰<sup>1</sup>, 袁俊<sup>2</sup>, 崔脩龙<sup>1</sup>, 程传奇<sup>1</sup>, 代修<sup>3</sup>, 周小飞<sup>1</sup>

(1. 武警工程大学 反恐指挥信息工程教育部重点实验室(立项), 陕西 西安 710086;  
2. 武警部队参谋部, 北京 100854; 3. 武警贵州总队, 贵州 贵阳 550000)

**摘要:** 针对武警部队装备效能评估问题, 提出一种基于层次分析法和模糊综合评价法相结合的效能评估模型。首先, 综合考虑武警部队任务特点和装备建设情况, 从“五种能力”角度出发, 运用层次分析方法构建了包括目标层、环境影响层、3级准则层、方案层在内的6层结构模型, 并对结构模型的指标体系设置相应权重; 之后利用模糊综合评价法, 建立相应模糊评估模型, 对装备效能等级进行评判; 最后以模拟评估综合保障能力为例列出了评估模型的具体步骤和实现方法, 结果显示评估值为77.5, 评判等级为及格, 符合实际。通过实例验证, 所提评估方法能够有效地实现武警部队装备效能评估, 为武警部队后续装备建设筹划提供了理论支持, 为装备体系效能评估提供了一种分析思路。

**关键词:** 装备; 能力评估; 层次分析法; 模糊评价法

**中图分类号:** E252 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19358/j.issn.2097-1788.2024.11.008

**引用格式:** 黄杰, 袁俊, 崔脩龙, 等. 基于层次分析法和模糊评价方法相结合的装备数据评估模型方法研究 [J]. 网络安全与数据治理, 2024, 43(11): 43-49, 55.

## Research on evaluation for equipment data based on the combination of analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation

Huang Jie<sup>1</sup>, Yuan Jun<sup>2</sup>, Cui Xiaolong<sup>1</sup>, Cheng Chuanqi<sup>1</sup>, Dai Xiu<sup>3</sup>, Zhou Xiaofei<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Counterterrorism Command & Information Engineering (Engineering University of PAP), Ministry of Education (Project Approval), Xi'an 710086, China; 2. General Staff of PAP, Beijing 100854, China; 3. Guizhou Corps of PAP, Guiyang 550000, China)

**Abstract:** Aiming at the operational capability evaluation for PAP's equipment, an evaluation method is proposed in this paper, which is based on the combination of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation. Firstly, taking the PAP's mission characteristics and its current equipment construction situation into consideration comprehensively and from the perspective of the 'Five Abilities', a 6-layers structure model including target hierarchy, environmental impact hierarchy, 3 criteria hierarchies and scheme hierarchy is constructed by the AHP, and then the corresponding weight index system is established. Secondly, the fuzzy comprehensive evaluation method is adopted to construct a fuzzy evaluation model to evaluate the operational capability level of equipment. Finally, the concrete steps and implementation methods of the model are listed by taking the simulation evaluation of comprehensive support capability as example, and the result shows that evaluation value is 77.5 and the evaluation grade is 'Pass', which is consistent with the army's actual situation. Testing example verifies that the evaluation method proposed in this paper can effectively evaluate the operational capability evaluation for PAP's equipment, which provides theoretical support for the subsequent construction and planning of PAP's equipment and proposes an analytical thought for the operational capability evaluation.

**Key words:** equipment; capability evaluation; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation

\* 基金项目: 武警工程大学基础研究基金 (WJY202239); 武警工程大学军事理论课题 (JLY2022105); 武警工程大学基础前沿创新项目 (WJY202335); 武警部队军事理论课题 (145BKJ70008152X)

## 0 引言

装备效能分析是对装备发挥效能过程所进行的一系列评估活动,是推动任务需求向装备发展需求的有效过程,能够为装备发展及其建设等提供理论支撑<sup>[1-2]</sup>。装备在一定条件下能够完成既定任务的优劣程度,是装备体系的综合效能的表征。为更加客观地评价体系,以便后续加强体系能力建设,需要研究科学合理的方法对现编装备进行综合评估。

当前,常用的装备能力评价方法大致为:结构分析法、系统效能分析法、层次分析法(AHP)、指数法以及模糊综合评估法等<sup>[3-5]</sup>。这些评估方法或存计算方法复杂、或存在评估不完全等问题,不能完全满足复杂的部队评估要求。本文提出了一种基于层次分析法与模糊综合评估法相结合的装备能力评估模型,该模型力图通过有效整合相关数据信息,分析部队装备情况,给出合理可信的评分等级,为部队后续装备建设提供理论指导和决策依据。

### 1 评估模型基本流程

装备能力评估可看作一个非线性优化问题,当等动用数量较大时,会使得解空间构成极为复杂,因此需要构建一套评估算法来进行设计,建立数学模型是装备能力评估优化的关键<sup>[6]</sup>。对于中部分定性指标无法定量化,以及定性指标边界无法明确划分问题,难以对本就模糊的评估结果进行明确数学表达。针对这一情况,如果采用模糊综合评价方法,可以在一定程度上综合考虑定性和定量因素,有助于扩充信息量、增大评价数,这样使得评估结论更加可信,针对性地避免评价的模糊性和不确定性问题<sup>[7]</sup>。

本文提出了一种基于层次分析法与模糊综合评估法相结合的装备能力评估模型,具体分为数据准备、层次分析法、模糊综合评价法建模以及最终结果分析四步,如图1所示。其中指标确定采用德尔菲法由专家给出<sup>[6]</sup>,通过层次分析法赋予其指标权重,并通过模糊综合评判法给出具体单位现有装备能力评分,最终对评分结果进行分析,给出装备建设意见建议<sup>[8]</sup>,主要分析过程包含利用层次分析方法建立指标权重和利用模糊综合评价进行评估两大部分。

### 2 构建 AHP 指标体系

20世纪70年代初,针对多领域的多目标决策问题,美国 Saaty 教授提出了一种解决思路,即层次分析法,该方法仿照人类的思维模式和推理方法,从定量和定性角度综合考虑,将决策过程逐步分层进行,使得整个决策方法更加科学严谨、合理可行<sup>[9]</sup>。因此,层次分析法充分融合了定量和定性决策要素,而且方法结构简洁精练,容易操作,决策实施时按照图2步骤逐项进行。

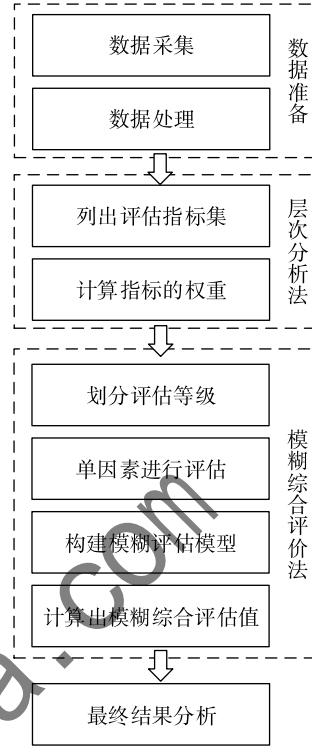


图1 评估模型流程图

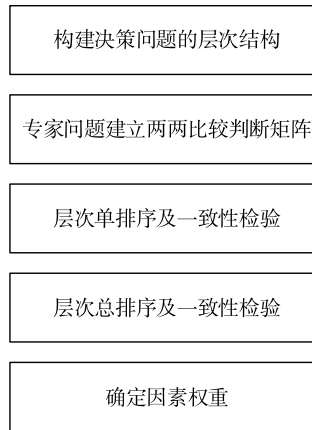


图2 层次分析法的一般步骤

### 2.1 建立层次结构模型

对于需要评估的装备系统,首先要在宏观上进行系统分析,将各类需要考虑的因素划分层次,包括但不限于目标层、准则层、指标层等,建立该评估系统决策问题的相应层次结构模型。

对于体系的评估,需要考虑的因素数量多、关系复杂,重难点在于确定评估的权重系数。通常在利用层次分析法评估复杂的装备系统时,一般采用专家评分获得最终的评估结果。在全局上,按照层次分析法的相应计算方法,对构建的判断矩阵进行一致性校验;再对算法

中相应要素的排序权值在全局上进行求解，获得最优值<sup>[10-11]</sup>。层次分析法中对某些影响要素权重的确定主观性太强，容易导致评判结果的偏差，为此，采用模糊综合评判方法和层次分析法，使得结果更符合实际。模型基于非战时条件下实地调研分析，影响的主要因素为“种类及数量”，其他具体指标由于不同装备指标差异大，实地调研难度大，获取困难，不利于建模与分析，不作考虑。同时，考虑到不同地区地理环境与人文环境差异较大，执行任务中部分装备受环境影响较大，因此，环境因素也作为一个重要因素进行考虑。

在此步骤中，本文构建如图3所示的层次结构。

自上而下，首先是目标层，最终是得到装备的反恐、处突、执勤能力评估。该三个目标值由5种能力分别加权综合得到，分别为指挥控制能力、情报侦察能力、快速机动能力、火力突击能力、综合保障能力，也就是一级准则层。因为武警部队不同任务（反恐、处突、执勤

等）所需要的能力侧重点不同，因此需要依据任务确定不同的权重。

目标层下方为环境影响层。考虑到地理环境与人文环境对不同能力及不同任务的影响差异较大，因此其作为一个中间层考虑，值的范围为0~1，越趋近于1表示影响越小，趋近于0表示影响越大。将得到的具体的五种能力分值分别与专家给出的环境影响权重值相乘得到考虑环境因素后的一级准则层。在本文实际进行指标权重确定时，对不同能力（一级准则层）影响值由专家直接给出，不再具体计算。

二级准则层是指不同类型的装备，如指挥控制能力通常由使用A类网、B类网、C类网、D类网、E类网等不同网络类型的装备决定，网络装备对指挥控制能力的影响不一样。其中快速机动能力仅对应快速投送装备类型，这是为了方便理解整个层次结构所设定的，在考虑快速机动能力时可直接分析第三级准则层。

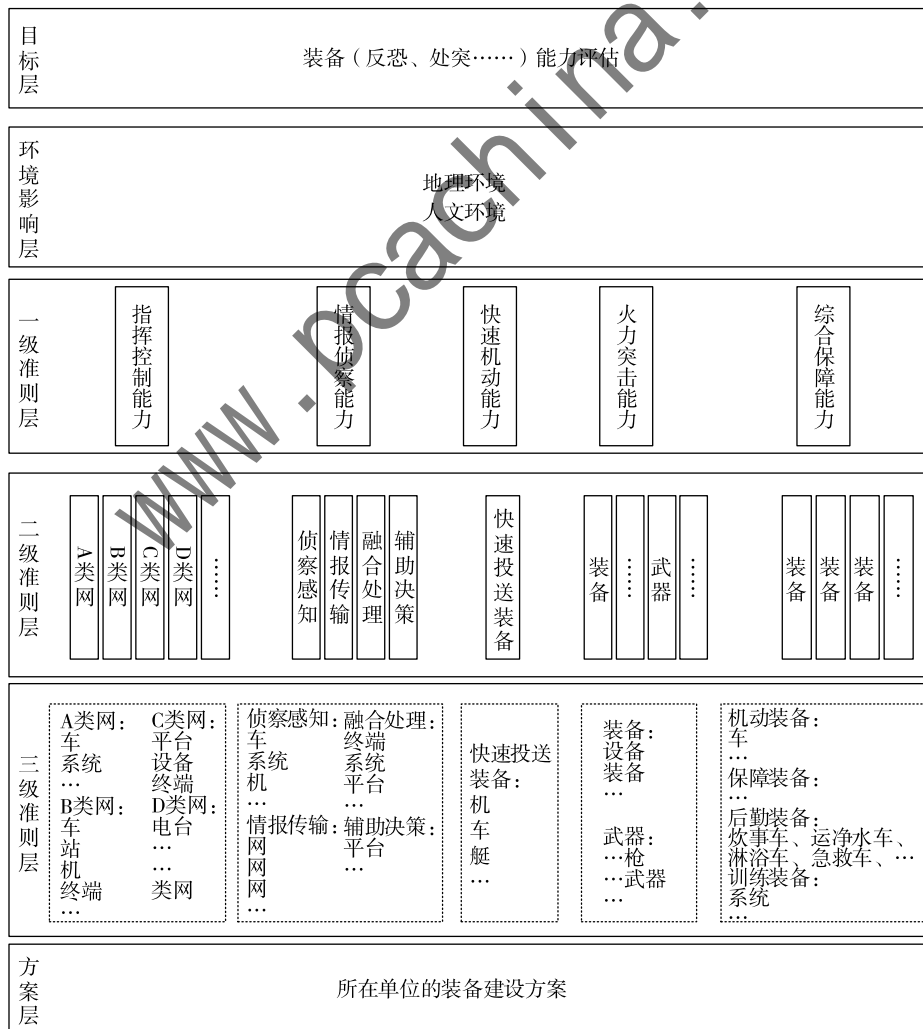


图3 层次结构图

三级准则层为具体的装备型号类别,如使用后勤保障装备有炊事车、运净水车、淋浴车、急救车等,每类设备对二级准则层的影响不一样。

最下方为方案层,即提供所在单位的装备具体类型以及数量,并提供所在任务区域的地理以及人文环境情况。基于以上分析,指标体系举例表1所示。

表1 装备能力评估指标体系

目标层	一级准则层	二级准则层	三级准则层	
指挥控制能力 $u_1$	A类网 $u_{11}$	A类网 $u_{11}$	车 $u_{111}$	
			...	
			车 $u_{121}$	
			...	
			电台 $u_{131}$	
	C类网 $u_{13}$	C类网 $u_{13}$	...	
			台 $u_{141}$	
			...	
			平台 $u_{151}$	
			...	
	E类网 $u_{15}$	E类网 $u_{15}$	...	
			车 $u_{211}$	
			...	
			网 $u_{221}$	
			...	
情报侦察能力 $u_2$	情报侦察能力 $u_2$	情报传送 $u_{22}$		
		...		
		终端 $u_{231}$		
		...		
		平台 $u_{241}$		
装备(反恐、处突、执勤)能力评估	快速机动能力 $u_3$	快速机动能力 $u_3$	辅助决策 $u_{24}$	
			...	
			车 $u_{311}$	
			...	
			枪 $u_{411}$	
	火力突击能力 $u_4$	火力突击能力 $u_4$	装备 $u_{41}$	
			...	
			装置 $u_{421}$	
			...	
			枪 $u_{431}$	
机动装备 $u_{51}$	机动装备 $u_{51}$	机动装备 $u_{51}$	炮 $u_{441}$	
			...	
			车 $u_{511}$	
			...	
			系统 $u_{521}$	
	保障装备 $u_{51}$	保障装备 $u_{51}$	保障装备 $u_{51}$	...
				炊事车 $u_{531}$
				运净水车 $u_{532}$
				淋浴车 $u_{533}$
				急救车 $u_{534}$
综合保障能力 $u_5$	综合保障能力 $u_5$	综合保障能力 $u_5$	系统 $u_{541}$	
			...	
		训练装备 $u_{54}$	...	

## 2.2 针对专家问题建立两两比较判断矩阵

按照上述提出的层次结构模型,针对专家问题,按照目标层、准则层到方案层由上而下的顺序,逐层建立两两比较判断矩阵。

对于通过专家比较建立的同层因素判断矩阵  $A = (a_{ij})$ ,在其同层因素  $A_1, A_2, \dots, A_n$  中任取两者  $A_i$  和  $A_j$ ,根据 Saaty 标度表(表2),比较  $A_i$  和  $A_j$  分别对上层因素的重要程度,据此可获取各指标的两两比较判断矩阵。

表2 Saaty 标度表

标度	标度定义(因素 $A_i$ 与 $A_j$ 相比)
1	因素 $A_i$ 与 $A_j$ 同等重要
3	因素 $A_i$ 比 $A_j$ 稍重要
5	因素 $A_i$ 比 $A_j$ 更重要
7	因素 $A_i$ 比 $A_j$ 重要得多
9	因素 $A_i$ 比 $A_j$ 重要得多
2, 4, 6, 8	重要度介于上述两个相邻判断之间

## 2.3 层次单排序的指标权重与一致性检验

此步骤主要用于计算各级指标的权重系数。首先,对于前述获得的两两比较判断矩阵,求解其最大特征根和对应的特征向量(特征向量需进行归一化处理),即获得该层次单排序的权重向量之后,再结合最大特征根和对应的特征向量进行一致性检验。

指标权重可通过专家打分法获得,本文以调查问卷的方式收集专家们对效能评估问题的指标权重评判。下面,以对构建的某类型网装备三级准则层因素权重的评判为例,对层次单排序以及其一致性检验的步骤进行说明,表3为对应的判断矩阵。

表3 两两比较判断矩阵

名称	A1 基车台因素	B1 手持台因素	A2 基车台因素	B2 手持台因素
A1 基车台因素	1	1/5	1/2	1/3
B1 手持台因素	5	1	3	4
A2 基车台因素	2	1/3	1	1/3
B2 手持台因素	3	1/4	3	1

具体计算步骤如下:

(1) 将判断矩阵的各元素按行相乘,计算相乘结果:

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

即

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= 1 \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{30} \\ M_2 &= 5 \times 1 \times 3 \times 4 = 60 \\ M_3 &= 2 \times \frac{1}{3} \times 1 \times \frac{1}{3} = \frac{2}{9} \\ M_4 &= 3 \times \frac{1}{4} \times 3 \times 1 = \frac{9}{4} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) 将步骤 (1) 中计算结果  $M_i$  进行  $n$  次开方运算, 本文中  $n$  为 4, 即有:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{W}_1 &= 0.4273 \\ \bar{W}_2 &= 0.4273 \\ \bar{W}_3 &= 0.6866 \\ \bar{W}_4 &= 1.2247 \end{aligned} \right. \quad (3)$$

(3) 对步骤 (2) 中的计算结果  $\mathbf{W} = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \bar{W}_3, \bar{W}_4]^T$  归一化, 得到关于该类型网装备三级准则层因素权重的评判矩阵的指标权重特征向量, 即:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} W_{A1\text{基车台}} \\ W_{B1\text{手持台}} \\ W_{A2\text{基车台}} \\ W_{B2\text{手持台}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0797 \\ 0.5479 \\ 0.1317 \\ 0.2406 \end{bmatrix} \quad (3)$$

(4) 对上述结果开展一致性校验。

首先, 对步骤 (3) 中获得的特征向量  $\mathbf{W}$ , 计算其最大特征根, 得到  $\lambda_{\max} = 4.20817$ 。

之后, 根据平均随机一致性检验表 (如表 4 所示), 查询阶数  $n$  为 4 时的 RI 值, 即有  $RI = 0.9$ 。

表 4 平均随机一致性检验表

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

再计算其一致性值 CR:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\left[ \frac{\lambda - n}{n - 1} \right]}{RI} = 0.0771 < 0.1 \quad (5)$$

上述计算得到的 CR 为 0.0771, 表示由该专家得到的判断矩阵符合一致性检验要求, 这样可以确定四个指标的权重: A1 基车台因素为 0.0797、B1 手持台因素为 0.5479、A2 基车台因素为 0.1317、B2 手持台因素为 0.2406。

参照上述步骤, 依次计算其他层的指标权重。如果由专家得到的判断矩阵无法通过一致性检验, 则需要调整判断矩阵, 直至通过一致性检验为止。对所有专家获取的指标权重进行平均, 以此作为各指标层最终的权重。环境影响层为设置考虑因素, 无需计算判断矩阵, 直接

由各专家指定, 取平均值。

### 3 模糊综合评价

对于一些边界模糊、难以量化的决策问题, 采用模糊综合评价方法可以将评判因素定量化, 模糊综合评价方法可以作为多因素决策问题的有效解决方案, 当评判因素多时, 还可以采用多级模糊综合评判<sup>[12]</sup>, 多级模糊综合评判的步骤如下<sup>[13]</sup>。

#### 3.1 一级综合评判

(1) 对需要综合考虑的因素集  $U$ , 按照不同属性划分为若干个互斥的因素子集:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_s\} \quad (6)$$

(2) 对全部因素子集进行一级综合评判, 这里以  $U_k$  ( $k=1, 2, \dots, s$ ) 为例。

①按照  $U_k = \{u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{km}\}$  中各因素作用程度给出因素权重集  $W_k$ 。

$$\begin{cases} W_k = (w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}) \\ \sum_{j=1}^m w_{kj} = 1 \end{cases} \quad (7)$$

②建立相应的因素评判集:  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ , 例如 {优, 良, 中, 差};

③建立单因素模糊判断矩阵  $R_k$ : 对  $U_k$  中的每一因素  $u_{ki}$  按照评语集  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  的等级评定出  $u_{ki}$  对  $W_j$  的隶属度  $r_{kij}$  ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ),  $R_k$  为:

$$R_k = \begin{pmatrix} r_{k11} & r_{k12} & \dots & r_{k1n} \\ r_{k21} & r_{k22} & \dots & r_{k2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{km1} & r_{km2} & \dots & r_{kmn} \end{pmatrix} \quad (8)$$

其中  $r_{kij} \in (0, 1)$ 。

④对  $U_k$  进行一级模糊综合评判:

$$A_k = W_k \times R_k = (a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}) \quad (9)$$

#### 3.2 二级模糊综合评判

将  $U$  的所有因素子集 (本文为  $s$  个),  $U_k$  ( $k=1, 2, \dots, s$ ) 视作  $U$  的  $s$  个综合因素, 也按照  $U_k$  在  $U$  中作用程度, 赋予其权重系数  $W = (W_1, W_2, \dots, W_s)$ 。根据  $U_k$  的评判结果  $B_k$  ( $k=1, 2, \dots, s$ ), 计算最终的单因素评价矩阵  $R$ 。

$$R = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_s \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{s1} & a_{s2} & \dots & a_{sn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

由此计算  $U$  综合评判  $A$ :

$$A = WR = \begin{bmatrix} W_1 R_1 \\ W_2 R_2 \\ \vdots \\ W_s R_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_s \end{bmatrix} = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (11)$$

若是实际问题确实比较复杂,可将  $U$  中的各个因素子集  $U_k$  进一步划分,建立三级或以上的综合评价模型。

#### 4 基于层次分析法和模糊综合评价相结合的装备效能评估实例分析

结合图 3 层次结构图,以综合保障能力评估为例进行分析,具体步骤如下:

##### (1) 建立评估指标集

由图 3 可知,在评估综合保障能力时,其第二级准则层应当包括机动装备因素、保障装备因素、后勤装备因素及训练装备因素这 4 个评估指标,其权重分别记为  $\{W_1, W_2, W_3, W_4\}$ ,分别采用应层次分析法得到对应的  $\{u_{51}, u_{52}, u_{53}, u_{54}\}$ 。

机动装备因素:宿营运输车因素、宿营型大客车因素、载重拖车因素、综合抢修车因素、运加油车因素,其权重分别为  $\{W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{15}\}$ ,分别采用层次分析法得到对应的  $\{u_{511}, u_{512}, u_{513}, u_{514}, u_{515}\}$ 。

保障装备因素:型单兵综合系统因素因素分别为  $\{W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{24}\}$ ,分别采用层次分析法得到对应的  $\{u_{521}, u_{522}, u_{523}, u_{524}\}$ 。

后勤装备因素:炊事车因素、运净水车因素、淋浴车因素、急救车因素,其权重分别为  $\{W_{31}, W_{32}, W_{33}, W_{34}\}$ ,分别采用层次分析法得到对应的  $\{u_{531}, u_{532}, u_{533}, u_{534}\}$ 。

训练装备因素:模拟对抗系统因素、模拟驾驶系统因素、教学教具因素,其权重分别为  $\{W_{41}, W_{42}, W_{43}\}$ ,分别采用层次分析法得到对应的  $\{u_{541}, u_{542}, u_{543}\}$ 。

##### (2) 计算指标的权重

权重计算参照 2.3 节步骤进行,此处直接给出,第二级准则层指标权重为:

$$\{W_1, W_2, W_3, W_4\} = \{0.25, 0.25, 0.25, 0.25\} \quad (11)$$

第三级准则层各部分指标权重如下:

$$\begin{aligned} \{W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{15}\} &= \{0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2\} \\ \{W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{24}\} &= \{0.25, 0.25, 0.25, 0.25\} \\ \{W_{31}, W_{32}, W_{33}, W_{34}\} &= \{0.25, 0.25, 0.25, 0.25\} \\ \{W_{41}, W_{42}, W_{43}\} &= \{0.333\ 3, 0.333\ 3, 0.333\ 3\} \end{aligned} \quad (12)$$

##### (3) 划分评估等级

以后勤保障装备因素为例,对评估对象的等级划分

与评估要求和评估目的有关。

在划分时,若等级设置过多,会导致评估过程考虑因素倍增,明显对评估操作不利;若是太少,又会造成等级间区分度模糊<sup>[14-15]</sup>。在此处案例中选择 {优,良,及格,中下,差} 的五级评估等级,相应等级的赋值分别为 {100, 80, 60, 40, 20}。

当评估结果等级为“优”“良”“及格”时,该评估单位的后勤保障装备因素评估结果为“合格”;当评估结果等级为“中下”“差”时,该评估单位的后勤保障装备因素评估结果为“不合格”。

##### (4) 进行单因素评估

在评估后勤保障装备因素中的三级准则层时,先要建立模糊关系评估矩阵,记为  $R_i$ 。

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i1} & \cdots & r_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{ki} & \cdots & r_{kn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

其中,  $r_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, k; j=1, 2, \dots, n$ ) 为评估专家针对因素  $i$  作出第  $j$  种评估结果的可能性。打分依据如表 5 所示。

表 5 指标层打分依据表

装备配装比	100%	≥80%	≥60%	≥40%	<40%
分值	5	4	3	2	1

采用调查问卷的方式或者直接获取相关数据,以后勤保障装备因素评估为例,参见图 3 层次结构图中三级准则层中后勤保障装备。

共选取 40 名官兵作为评估专家,评估专家对后勤保障装备因素的三级准则层进行打分,分数越高说明结果越好。

①炊事车因素项。评估专家中给出分数为 5 分的 16 人,给出分数为 4 分的 16 人,给出分数为 3 分的 8 人,给出分数为 2 分的 0 人,给出分数为 1 分的 0 人。因此得到:

$$\{r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{15}\} = \{0.4, 0.4, 0.2, 0, 0\} \quad (14)$$

②运净水车因素项。评估专家中给出分数为 5 分的 12 人,给出分数为 4 分的 16 人,给出分数为 3 分的 8 人,给出分数为 2 分的 4 人,给出分数为 1 分的 0 人,因此得到:

$$\{r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{24}, r_{25}\} = \{0.3, 0.4, 0.2, 0.1, 0\} \quad (15)$$

③淋浴车因素项。评估专家中给出分数为 5 分的 6 人,给出分数为 4 分的 16 人,给出分数为 3 分的 14 人,给出分数为 2 分的 4 人,给出分数为 1 分的 0 人,因此得到:

$$\{r_{31}, r_{32}, r_{33}, r_{34}, r_{35}\} = \{0.15, 0.4, 0.35, 0.1, 0\} \quad (16)$$

④急救车因素项。评估专家中给出分数为5分的8人，给出分数为4分的20人，给出分数为3分的8人，给出分数为2分的4人，给出分数为1分的0人，因此得到：

$$\{r_{41}, r_{42}, r_{43}, r_{44}, r_{45}\} = \{0.2, 0.5, 0.2, 0.1, 0\} \quad (17)$$

综合上述可得模糊评价矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.15 & 0.4 & 0.35 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

其他二级准则层依照此方法，分别计算出其下层指标所对应的矩阵  $R$ 。

#### (5) 建立模糊评估模型

记模糊评估结果为  $A = [a_1, a_2, \dots, a_k]$ ，模糊评估指标权重集合为  $W$ ，即3.2节中按照层次分析法所计算的权重，对模糊评估矩阵  $R$ ，则可建立模糊评估模型  $A$  为：

$$A = WR = [W_1, W_2, \dots, W_k] \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & \dots & r_{kn} \end{bmatrix} \quad (19)$$

后勤保障装备三级准则层因素包含炊事车因素、运净水车因素、淋浴车因素、急救车因素四个，权重由3.2节可知为：

$$\{W_{31}, W_{32}, W_{33}, W_{34}\} = \{0.25, 0.25, 0.25, 0.25\} \quad (20)$$

因此，后勤保障装备因素的模糊矩阵评估结果  $A$  为：

$$A = WR = [0.25 \quad 0.25 \quad 0.25 \quad 0.25] \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.15 & 0.4 & 0.35 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix} = [0.2625 \quad 0.425 \quad 0.2375 \quad 0.075 \quad 0] \quad (21)$$

#### (6) 计算模糊综合评估值

本文采用后勤保障装备因素为例说明了模糊综合评估的求取过程，并得到了计算结果  $A = [0.2625, 0.425, 0.2375, 0.075, 0]$ 。

结合对评估等级的评定标准，结合评估集对应的分数  $B = [100, 80, 60, 40, 20]$ ，即

$$C = AB^T = [0.2625, 0.425, 0.2375, 0.075, 0] \begin{bmatrix} 100 \\ 80 \\ 60 \\ 40 \\ 20 \end{bmatrix} = 77.5 \quad (22)$$

可知模糊综合评估值在60~80间，评估等级为“及格”，即后勤保障装备因素评估结果为“合格”。

#### (7) 最终结果分析

通过上述步骤计算出后勤保障装备因素的指标得分。在对系统中各评估指标及其得分的综合分析，最终根据各自权重给出分值及等级，从而分析出后勤保障装备因素的不足和改进之处。对于某单位的装备体系其他因素的评估依照此例进行，综合可得出装备体系评估等级。

## 5 结论

为实现武警部队装备效能评估，本文提出一种基于层次分析法和模糊综合评价法相结合的评估模型，该方法主要包含两大部分：

(1) 综合考虑武警部队任务特点和装备情况，通过层次分析方法，构建了包括目标层、环境影响层、一级准则层、二级准则层、三级准则层、方案层在内的6层结构模型，建立了相应的指标体系，并给出了具体的赋值方法和计算步骤。

(2) 在进行装备能力等级评判时，采用模糊综合评价法，通过模拟评估综合保障能力列出了具体的评估实施步骤。

本文所提基于层次分析法和模糊综合评价法相结合的装备效能评估模型能够有效地实现武警部队装备效能评估，该方法为评估体系、效能实现提供了一种分析思路，为武警部队后续装备建设提供客观科学的理论依据。

#### 参考文献

- [1] 张世坤, 操新文, 申宏芬. 作战体系评估方法综述 [J]. 指挥控制与仿真. 2021, 43 (6), 1-5.
- [2] 司光亚, 丁剑飞. 强化面向任务的战区联合作战体系效能评估 [J]. 国防大学学报, 2017, 336 (2): 24-27.
- [3] 王斌. 层次分析法在信息安全评价中的应用 [J]. 信息: 技术与应用, 2019, 20 (9): 158-159.
- [4] 尹纯, 黄炎焱, 王建宇, 等. 武器装备作战效能评估指标体系指导模式 [J]. 南京理工大学报, 2009, 33 (6): 779-784.
- [5] 李妮, 李玉红, 龚光红, 等. 基于深度学习的体系作战效能智能评估及优化 [J]. 系统仿真学报, 2020, 32 (8): 1425-1435.
- [6] 张腾. 通信电子战装备体系作战能力评估方法研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2008.
- [7] 司光亚, 王飞. 基于仿真大数据的体系能力评估方法研究 [J]. 军事运筹与系统工程, 2020, 34 (3): 5-10.
- [8] 赵丹玲, 谭跃进, 李际超, 等. 基于作战环的武器装备体系贡献度评估 [J]. 系统工程与电子技术, 2017, 39 (10): 2239-2247.

(下转第55页)

素的响应,决策者能够快速全面地掌握态势,科学有效地定下指挥决心。但由于气象水文信息网络的特殊性,常常面临信息流动受限于较低的传输效率问题,从物理位置、查询传输和业务模式等方面进行优化改进,设计科学有效的气象水文辅助决策服务架构,提供气象水文辅助决策的质效。

#### 参考文献

[1] MANYIKA J, CHUI M, BROWN B, et al. Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity [R]. McKinsey Global Institute, 2011.

[2] 秦运龙,王迎迎,张冰松,等.省级外网气象大数据服务平台研究与实现[J].气象科技,2020,48(6):823-828,854.

[3] 雷鸣,赵玉娟,姜罕盛,等.基于分布式技术的气象系统数据服务平台构建[J].计算机与现代化,2020,303(11):56-59.

[4] 雷鸣.气象大数据分布式存储设计与实现[J].计算机技术与发展,2021,31(5):193-197.

[5] 胡志强,罗荣.基于大数据分析的作战智能决策支持系统构建[J].指挥信息系统与技术,2021,12(1):27-33.

[6] 戴换策,李正军,王勇斌.提升大数据驱动下指挥决策效能的途径[C]//第十届中国指挥控制大会论文集(上册),2022:3.

[7] 李晓莉,陈潇楠,苏喜生,等.大数据在我军后勤保障中的应用[J].军事交通学报,2022,1(4):50-53.

[8] 朱华巍.基于指挥员关键信息需求的系统能力构建方法[J].指挥信息系统与技术,2022,13(2):37-40.

[9] 唐万年,谢在永.高技术局部战争气象保障概论[J].气象,2000(3):65.

[10] 陈宏戈.现代战争气象保障的新课题[J].现代教育科学,2010(S1):168.

[11] 杨和平,张强,罗兵,等.气象综合指挥平台建设与应用[J].应用气象学报,2023,34(1):117-128.

[12] 徐涛,温鸿鹏,杨红.气象大数据在指挥信息系统中的应用研究[C]//第十一届中国指挥控制大会论文集,2023:4.

[13] 王世伟,惠志斌.信息安全辞典[M].上海:上海辞书出版社,2013.

(收稿日期:2024-08-31)

#### 作者简介:

程煜峰(1986-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:气象水文保障、气象水文大数据。

木子尧(1995-),男,硕士,助理工程师,主要研究方向:深度学习应用。

马申佳(1994-),男,硕士,工程师,主要研究方向:气象水文预报。

(上接第49页)

[9] 刘德胜.基于复杂网络分析方法的作战体系评估研究综述[J].军事运筹与系统工程,2020,34(3):66-73.

[10] 徐强,金振中,杨继坤,等.基于Fuzzy-AHP的武器装备作战试验鉴定指标体系评估[J].火力指挥与控制,2021,46(7):175-180.

[11] 王彪,赵建新,陈兵,等.基于改进AHP的无人机作战能力量化研究[J].火力指挥与控制,2021,46(6):115-120.

[12] 邱伟,张增磊,田文祥,等.基于层次分析法和模糊综合评判的装备保障人员能力评估[J].兵器装备工程学报,2018,39(4):108-113.

[13] 吴春林,郭三学.基于模糊综合层次分析法的反恐装备体系作战效能评估[J].装备环境工程,2018,15(11):129-133.

[14] 牛美霞,陈婷婷.基于模糊综合评判的武警反恐作战力量评估[J].火力指挥与控制,2021,46(11):140-143.

[15] 于涛.武警部队基层警官岗位培训绩效评估体系研究[D].长春:吉林大学,2012.

(收稿日期:2024-07-05)

#### 作者简介:

黄杰(1989-),通信作者,男,博士,讲师,主要研究方向:人工智能应用、数据应用。

袁俊(1988-),男,本科,助理工程师,主要研究方向:数据保障。

崔翊龙(1973-),男,硕士,教授,博士生导师,主要研究方向:武警信息化、信息工程、数据与人工智能。



# 版权声明

凡《网络安全与数据治理》录用的文章，如作者没有关于汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权等版权的特殊声明，即视作该文章署名作者同意将该文章的汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权授予本刊，本刊有权授权本刊合作数据库、合作媒体等合作伙伴使用。同时，本刊支付的稿酬已包含上述使用的费用，特此声明。

《网络安全与数据治理》编辑部

www.pcachina.com