

# 基于熵值模糊层次分析法的科技战略评价

刘子琦<sup>1,2,3,4</sup> 郭炳晖<sup>1,2,3,4</sup> 程臻<sup>5</sup> 杨小博<sup>1,2,3,4</sup> 殷子樵<sup>1,2,3,4</sup>

1 北京航空航天大学数学科学学院 北京 100191

2 鹏城实验室 广东 深圳 518055

3 大数据科学与脑机智能高精尖中心 北京 100191

4 教育部数学信息与行为重点实验室 北京 100191

5 中国航天系统科学与工程研究院 北京 100046

(14091049@buaa.edu.cn)

**摘要** 评价体系的科学性直接关系到对被评价对象优劣的认识程度,将科学方法应用于评价体系的构建具有重大意义。针对传统的模糊层次分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process,FAHP)依靠专家对指标的评判结果和人工给定专家系数计算指标权重存在较强的主观因素从而导致结果不准确的问题,提出了熵值模糊层次分析法。该方法将熵值法和FAHP结合,首先分析专家调查结果得到判断矩阵,进一步将模糊层次分析法中基于专家系数计算指标权重改为利用熵值法对判断矩阵计算得到指标权重,最终利用模糊评价法得到面向对象策略的评价分数。为了检验该算法的客观性及有效性,以国防科技战略事前有效性指标为研究对象,将《2016中国的航天》白皮书作为评估对象进行实例验证。结果表明,熵值法优化权重之后的评分有较大提升,说明熵值法与模糊层次分析法的结合是有效的。

**关键词:** 信息熵;层次分析法;模糊评价;判断矩阵

**中图分类号** TP181

## Science and Technology Strategy Evaluation Based on Entropy Fuzzy AHP

LIU Zi-qi<sup>1,2,3,4</sup>, GUO Bing-hui<sup>1,2,3,4</sup>, CHENG Zhen<sup>5</sup>, YANG Xiao-bo<sup>1,2,3,4</sup> and YIN Zi-qiao<sup>1,2,3,4</sup>

1 School of Mathematics, Beihang University, Beijing 100191, China

2 Peng Cheng Laboratory, Shenzhen, Guangdong 518055, China

3 Big Data Brain Computing, Beijing 100191, China

4 Key Laboratory of Mathematics Informatics and Behavioral Semantics, Ministry of Education, Beijing 100191, China

5 China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing 100046, China

**Abstract** The scientificity of the evaluation system is directly related to the degree of understanding of the merits and demerits of the evaluated objects. It is of great significance to apply the scientific methods to the construction of the evaluation system. In this paper, aiming at the problem that the traditional Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) relies on experts' evaluation of indicators and artificially given expert coefficients to calculate index weights with strong subjective factors, which lead to inaccurate results, the Entropy Fuzzy Analytic Hierarchy Process was proposed. Firstly, the expert survey results were analyzed to obtain the judgment matrix, then the index weights calculation method based on expert coefficients in fuzzy analytic hierarchy process was changed to entropy method, finally, the evaluation scores of the object-oriented were obtained by using the fuzzy evaluation method. In order to test the objectivity and effectiveness of the algorithm, the pre-existing effectiveness index of national defense science and technology strategy was taken as the research object, and the white paper of "2016 China Aerospace" was used as an example. The results show that the score obtained by entropy fuzzy analytic hierarchy process is greatly improved, indicating the effectiveness of the combination of entropy method and fuzzy analytic hierarchy process.

**Keywords** Information entropy, Analytic hierarchy process, Fuzzy evaluation, Judgment matrix

## 1 引言

体系评价被广泛应用于许多领域。层次分析法由运筹学家萨蒂教授提出,该方法利用决策问题的信息资料,首先对其

性质和相关影响因素以及内外部关系进行分析,然后利用定量信息来量化该复杂问题的决策问题,将复杂问题转化为简单运算<sup>[1]</sup>。目前,层次分析法主要用于评价问题,包括各个领域的多目标评价,涉及领域有企业绩效评价、项目后评价、管

基金项目:科技创新 2030-“新一代人工智能”重大项目(2018AAA0102301);国家自然科学基金项目(11671025);民机项目(MJ-F-2012-04)

This work was supported by the Artificial Intelligence Project(2018AAA0102301), National Natural Science Foundation of China (11671025) and Fundamental Research of Civil Aircraft (MJ-F-2012-04).

通信作者:郭炳晖(guobinghui@buaa.edu.cn)

理水平评价、旅游资源评价、质量评价、风险评价、培训效果评价、设计方案评价、食品安全评价等<sup>[1]</sup>；而研究目的方面，主要分为选择决策、根据指标权重提出建议对策、构建指数模型、目标等级划分、构建评价指标体系、层次分析法的方法改进研究等<sup>[1]</sup>。层次分析法的基础是专家对评价指标的主观判断，首先给出指标相对重要性评价分数，进而将所有专家打出的分数取均值以构建判断矩阵，然后将人工给定的专家系数与判断矩阵相乘，通过一致性检验后再进行同样的操作，得到上一层指标的权重。在此过程中专家对指标的评分存在很强的主观性，这极大程度地依赖于专家的阅历及知识，并且每层指标的权重计算也依赖于经验给定的专家系数得到，因此该方法在某些客观因素占主导的行业评价中略有不足，得出的结果准确度不高。

不同领域的专家针对该问题进行了层次分析法的改进。Yin<sup>[2]</sup>利用 AHP-Entropy 方法构建评价体系，用于科技成果转化绩效评价，并结合调查数据进行实证分析，结果表明评价体系具有科学性和可行性。Dong<sup>[3]</sup>用熵权模糊层次分析法来判断煤矿风险大小，以实例说明该方法在安全评估方面的可行性。Huang<sup>[4]</sup>将遗传层次分析法用于水库除险加固问题中，实验表明水库除险加固的大部分效益指标达到预期效果。Wang 等<sup>[5]</sup>将模拟退火层次分析法用于水库除险加固问题，结果表明该方法稳定，精度高，应用效果好。Chai<sup>[6]</sup>，Wang<sup>[7]</sup>将主成分分析法和模糊层次分析法综合起来对河道生态护坡进行综合评价，结果表明该方法能更准确地得到影响生态护坡的主要因素。Feng<sup>[8]</sup>提出区间层次分析法用于网络安全评估，克服了传统层次分析法权重确定方面的不足，并且以实例验证了该方法的可行性和有效性。Wang<sup>[9]</sup>研究消除评估指标的冗余信息，将支持向量机与层次分析法结合进行网络安全评估，结果表明该方法有效地提高了网络安全评估结果的客观性和准确性。

本文针对航天科技战略评价的特点，利用熵值法计算各级评价指标的权重并进行重要性排序，构建熵值模糊层次分析法，以削弱层次分析法中的主观性；而后利用模糊综合评价法对评估对象进行评分计算，并以《2016 中国的航天》白皮书为评估对象进行实例验证，为我国国防科技的策略建设给出了一定的理论建议和支撑。

## 2 基于熵值法的模糊层次分析法

### 2.1 模糊层次分析法

层次分析法主要包括层次结构模型的建立、判断矩阵的构建、一致性检验、层次单排序和层次总排序及其一致性检验 4 个步骤<sup>[10]</sup>。本文以《2016 中国的航天》白皮书为评价对象，进行航天领域战略有效性评价案例的研究。

#### 2.1.1 层次结构的建立

层次结构的建立就是从评价对象中提取出的指标进行分层分级处理。第一层一般有一个较为笼统的大指标，后面每分一层，指标数增多，指标更为细化。

国防科技战略事前有效性评价主要是在战略制定后、正式实施前开展的评价工作<sup>[11]</sup>。该评价主要将国家现阶段的国防科技战略与国防、军队等的建设结合考虑。由于是事前评价，因此其主要是结合国防科技战略思想对后续战略的管理、执行等提供建议。

根据上述特点，结合对有关方面专家的咨询，得出该体系

的几个大方向<sup>[11]</sup>。

(1) 战略需求有效性：主要针对战略需求与国防科技发展需求的结合性研究。国防科技发展又可以分为国内外安全、新军事变革与前沿技术几个方面。

(2) 战略目标有效性：主要针对国防战略目标与国家战略目标及上层战略目标的一致性与支撑性。国家战略目标又可分为国家宏观战略与军事战略。

(3) 战略任务有效性：主要考核战略任务是否清晰、明确、有效，与国家战略方向是否一致。国家战略方向可以分为创新战略方向和国防战略方向。

(4) 战略措施有效性：通过综合分析国防科技战略相关领域对战略发展路径与实施方案的可行性进行客观评价。实施过程中又包括了条件建设、关键技术研究 and 人才队伍建设 3 个方面。

(5) 战略决策有效性：主要考核国防科技战略决策的情况，包括决策流程的有效性 & 决策人员的有效性。

依据上述几点进行指标分层分级，结果如表 1 所列。

表 1 事前有效性评价指标

Table 1 Effectiveness evaluation index before incident

一级标题	二级标题	三级标题
战略需求 有效性 A <sub>1</sub>	战略需求与国防科技发展 需求的结合性 B <sub>11</sub>	战略需求与国际安全形势的结 合性 C <sub>111</sub>
		战略需求与国内安全需求的结 合性 C <sub>112</sub>
		战略需求与新军事变革的结 合性 C <sub>113</sub>
		战略需求与前沿技术发展的结 合性 C <sub>114</sub>
战略目标 有效性 A <sub>2</sub>	战略目标与国家战略目标 的一致性 B <sub>21</sub>	战略目标与新时期国家宏观战略 与军事战略目标的一致性 C <sub>211</sub>
		战略目标与我国当前国防科技工 业能力基础的相符性 C <sub>212</sub>
战略任务 有效性 A <sub>3</sub>	战略任务与国家战略方向 的一致性 B <sub>31</sub>	战略目标对上层战略的支撑性 C <sub>221</sub>
		战略任务与国家创新战略方向 的一致性 C <sub>311</sub>
		战略任务与国家国防战略方向 的一致性 C <sub>312</sub>
战略措施 有效性 A <sub>4</sub>	战略实施方案有效性 B <sub>42</sub>	战略发展路径有效性 B <sub>41</sub>
		战略发展路径有效性 C <sub>411</sub>
		国防科技战略相关领域条件建设 的可行性 C <sub>421</sub>
战略决策 有效性 A <sub>5</sub>	战略决策过程有效性 B <sub>51</sub>	国防科技战略关键技术研究的全 面性 C <sub>422</sub>
		国防科技战略研究人才队伍建设的 可行性 C <sub>423</sub>
		战略决策过程的有效性 C <sub>511</sub>
		战略决策人员的有效性 C <sub>521</sub>

#### 2.1.2 构建判断矩阵

根据专家对指标的主观评判进行打分操作，并对每个指标的所有专家评分取均值，根据最终相对重要性构造出判断矩阵 A：

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (1)$$

其中，n 为指标个数。

采用问卷发放的形式进行数据采集，一级指标问卷样例如表 2 所列。指标之间相对重要性的判断采用 1—5 标度法，其含义如表 3 所列。问卷发放对象为对国防科技战略有效性有深入研究以及对白皮书内容较为熟知的多个单位中的专家。各领域专家对国防科技战略有效性事前评价指标体系进行各项分析后，对国防科技战略有效性事前评价的层次化指

标的重要性进行量化,并给出一个评分,再利用所得评分进行均理化处理,通过对同级指标评分两两比较来构建判断矩阵。专家基本信息数据如图1所示。

表2 一级评价指标的相对重要性评分

Table 2 Rating scale of relative importance for the first grade evaluation index

国防科技战略事前有效性	战略需求有效性 A <sub>1</sub>	战略目标有效性 A <sub>2</sub>	战略任务有效性 A <sub>3</sub>	战略措施有效性 A <sub>4</sub>	战略决策有效性 A <sub>5</sub>
战略需求有效性 A <sub>1</sub>	1	0.87	0.94	1.03	0.99
战略目标有效性 A <sub>2</sub>	1.14	1	1.11	1.16	1.14
战略任务有效性 A <sub>3</sub>	1.06	0.9	1	1.02	1.03
战略措施有效性 A <sub>4</sub>	0.97	0.86	0.98	1	1.19
战略决策有效性 A <sub>5</sub>	1.01	0.87	0.97	0.84	1

表3 评价分数的定义

Table 3 Definition of the evaluation index score

标度值	指标 X 与指标 Y 对上级指标重要性的判断
1	对于上级指标,两者的重要程度一样
3	对于上级指标,前者的重要程度明显高于后者
5	对于上级指标,前者的重要程度极大高于后者
2,4	上述两相邻标度值的中间状态
倒数	如 X 对 Y 的标度值为 n,则 Y 对 X 的标度值为 1/n

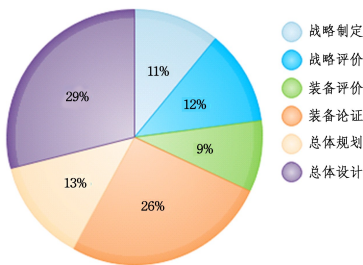


图1 参评专家的基本信息

Fig. 1 Basic information of participating experts

最终得到国防科技战略事前有效性各级指标的判断矩阵,如表4—表11所列。指标用表1中的字母表示。

表4 判断矩阵 A

Table 4 Judgment matrix A

国防科技战略事前有效性	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	1	0.901	0.901	0.9	0.9
A <sub>2</sub>	1.11	1	1.1	1.1	1.1
A <sub>3</sub>	1.1	0.909	1	1	1
A <sub>4</sub>	1.11	0.909	1	1	1.22
A <sub>5</sub>	1.111	0.909	0.1	0.82	1

表5 判断矩阵 C<sub>11</sub>

Table 5 Judgment matrix C<sub>11</sub>

B <sub>11</sub>	C <sub>111</sub>	C <sub>112</sub>	C <sub>113</sub>	C <sub>114</sub>
C <sub>111</sub>	1	1.1478	1.1398	1.2518
C <sub>112</sub>	0.8706	1	0.9638	1.1487
C <sub>113</sub>	0.8773	1.0376	1	0.8767
C <sub>114</sub>	0.7989	0.8706	1.1407	1

表6 判断矩阵 B<sub>2</sub>

Table 6 Judgment matrix B<sub>2</sub>

A <sub>2</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>
B <sub>21</sub>	1	2.1429
B <sub>22</sub>	0.4667	1

表7 判断矩阵 C<sub>21</sub>

Table 7 Judgment Matrix C<sub>21</sub>

B <sub>21</sub>	C <sub>211</sub>	C <sub>212</sub>
C <sub>211</sub>	1	1.1429
C <sub>212</sub>	0.8750	1

表8 判断矩阵 C<sub>31</sub>

Table 8 Judgment matrix C<sub>31</sub>

B <sub>31</sub>	C <sub>311</sub>	C <sub>312</sub>
C <sub>311</sub>	1	1.4340
C <sub>312</sub>	0.6974	1

表9 判断矩阵 B<sub>4</sub>

Table 9 Judgment matrix B<sub>4</sub>

A <sub>4</sub>	B <sub>41</sub>	B <sub>42</sub>
B <sub>41</sub>	1	0.7500
B <sub>42</sub>	1.3333	1

表10 判断矩阵 C<sub>42</sub>

Table 10 Judgment matrix C<sub>42</sub>

B <sub>42</sub>	C <sub>421</sub>	C <sub>422</sub>	C <sub>423</sub>
C <sub>421</sub>	1	1.0006	1.0012
C <sub>422</sub>	0.9994	1	0.9997
C <sub>423</sub>	0.9988	1.0003	1

表11 判断矩阵 B<sub>5</sub>

Table 11 Judgment matrix B<sub>5</sub>

A <sub>5</sub>	B <sub>51</sub>	B <sub>52</sub>
B <sub>51</sub>	1	1.1111
B <sub>52</sub>	0.9000	1

### 2.1.3 一致性检验

计算判断矩阵 A 的最大特征值 λ<sub>max</sub>, 并将其代入式(2), 得到一致性指标 CI。

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (2)$$

判断矩阵的一致性程度越高, CI 值越小。

经检验, 上述判断矩阵均通过一致性检验。

### 2.1.4 指标排序

按照专家的经验、知识水平确定经验系数, 再用各专家判断矩阵权重乘以经验系数得到各指标权重, 对其进行排序, 即为层次单排序。

表12 指标及专家权重表

Table 12 Index and expert weight table

专家	指标 1	指标 2	...	指标 n
Z <sub>1</sub>	W <sub>11</sub>	W <sub>12</sub>	...	W <sub>1n</sub>
Z <sub>2</sub>	W <sub>21</sub>	W <sub>22</sub>	...	W <sub>2n</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Z <sub>n</sub>	W <sub>n1</sub>	W <sub>n2</sub>	...	W <sub>nn</sub>

根据表12, 得到各指标权重:

$$W_i = \sum_{j=1}^m (z_j \times w_{ji})$$

其中, i=1, ..., n; j=1, ..., m。

首先对最下级指标进行排序, 然后依次对上级指标进行同样操作得到每一层的指标权重, 最终得到最上层指标排序, 即为层次总排序。

表13 FAHP 各指标的权重

Table 13 Weight of each FAHP index

指标	权重	指标	权重	指标	权重
A <sub>1</sub>	0.1836	B <sub>11</sub>	1	C <sub>111</sub>	0.2814
A <sub>2</sub>	0.2158	B <sub>21</sub>	0.6818	C <sub>112</sub>	0.2470
A <sub>3</sub>	0.1999	B <sub>22</sub>	0.3182	C <sub>113</sub>	0.2359
A <sub>4</sub>	0.2984	B <sub>31</sub>	1	C <sub>114</sub>	0.2357
A <sub>5</sub>	0.1924	B <sub>41</sub>	0.4286	C <sub>211</sub>	0.5333
		B <sub>42</sub>	0.5714	C <sub>212</sub>	0.4667
		B <sub>51</sub>	0.5263	C <sub>221</sub>	1
		B <sub>52</sub>	0.4737	C <sub>311</sub>	0.5891
				C <sub>312</sub>	0.4109
				C <sub>411</sub>	1
				C <sub>421</sub>	0.3336
				C <sub>422</sub>	0.3332
				C <sub>423</sub>	0.3332
				C <sub>511</sub>	1
				C <sub>521</sub>	1

求得各层指标的权重向量如表 13 所列,其中一级指标权重为  $W_A = (\omega_{A1}, \omega_{A2}, \omega_{A3}, \omega_{A4}, \omega_{A5}) = (0.1836, 0.2158, 0.1999, 0.2084, 0.1924)$ 。计算结果均通过一致性检验。

### 2.1.5 模糊综合评价

模糊综合评价能将主观因素与客观因素结合考虑,针对多个互相关联影响的因素进行系统评价,主要包括以下步骤:1)根据所给指标建立因素集;2)确定指标权重;3)给出评价等级;4)针对子因素集构建模糊矩阵;5)综合指标权重和模糊矩阵计算评分。

利用各级指标权重,经过模糊综合评价计算后,最终得到的评价分数为 4.768(满分为 5 分)。

### 2.2 熵值法

熵值法用来度量数据所提供的有效信息。某个评价指标的熵值越小,所能提供的信息越大,相应的权重也就越大;反之,指标权重就越小。根据指标提供的有效信息量,可以客观得出指标权重,使评价结果更科学<sup>[12]</sup>。

决策树是一种常用的数据挖掘方法,用于构建多变量分类系统或指定预测结果变量的算法<sup>[13]</sup>,将分类对象依次按提取出的属性分类,属性提取原则为熵增的大小。熵增越大的属性越被优先选取出来,表明其越重要。我们可以抽取这一部分思想,将属性的熵增进一步转化成属性的权重大小。图 2 是一个以国防科技战略事前有效性评价指标体系为例构建的决策树示意图。从图中可以看到战略需求有效性是最优先考虑的指标,战略目标有效性和战略任务有效性是第二考虑的指标,战略措施有效性和战略决策有效性是最后考虑的。

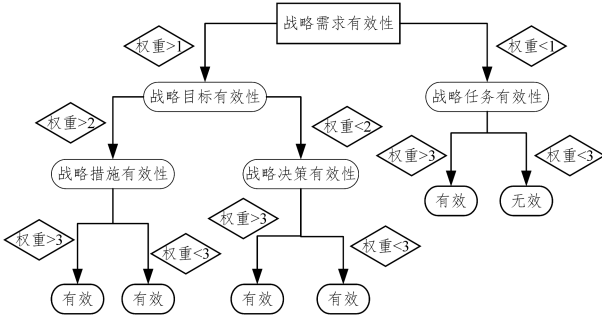


图 2 决策树示例图

Fig. 2 Example diagram of decision tree

熵值法的具体算法步骤如下:

(1)已知  $n$  个对象和  $m$  个属性,  $x_{ij}$  为第  $i$  个对象的第  $j$  个属性值。

(2)将属性进行归一化处理。

(3)计算第  $j$  个属性下第  $i$  个对象占该指标的比重:

$$p_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m) \quad (4)$$

(4)计算第  $j$  项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (5)$$

其中,  $k=1/\ln(n)>0$ , 满足  $e_j \geq 0$ 。

(5)计算信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (6)$$

(6)计算各项指标的权值:

$$\omega_j = d_j / \sum_{j=1}^m d_j \quad (7)$$

### 2.3 E-FAHP 方法

针对层次分析法中的专家评分存在主观性以及权重计算过于简单的问题,结合熵值法与层次分析法来建立熵值层次分析法。与层次分析法相同,该方法也分为 5 个步骤。

(1)层次结构的建立。与层次分析法中的一样,对从评价对象中提取出的指标进行分层分级处理。结果如表 1 所列。

(2)构建判断矩阵。与上述层次分析法一样构造出判断矩阵  $A$ :

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (8)$$

其中,  $n$  为指标个数。结果如表 4—表 11 所列。

(3)一致性检验。计算判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda_{\max}$ , 并将其代入式(9),得到一致性指标  $CI$ 。

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (9)$$

判断矩阵一致性程度越高,  $CI$  值越小。判断矩阵均通过一致性检验。

(4)熵值法的指标排序。这里将通过一致性检验的判断矩阵作为熵值法的输入,将每行看作一个对象,每列看作一个待排序的属性。由于判断矩阵是一个  $n \times n$  的矩阵,因此矩阵的列必然由所有属性构成。根据 2.2 节中的算法即可得到单层指标的权重向量。各一级指标的权重结果为  $W_A = (\omega_{A1}, \omega_{A2}, \omega_{A3}, \omega_{A4}, \omega_{A5}) = (0.5605, 0.0843, 0.1076, 0.1348, 0.1128)$ 。二级指标和三级指标的权重与 AHP 方法一致。

表 14 E-FAHP 各指标权重

Table 14 Weight of each E-FAHP index

指标	权重	指标	权重	指标	权重
$A_1$	0.5605	$B_{11}$	1	$C_{111}$	0.2814
$A_2$	0.0843	$B_{21}$	0.6818	$C_{112}$	0.2470
$A_3$	0.1076	$B_{22}$	0.3182	$C_{113}$	0.2359
$A_4$	0.1348	$B_{31}$	1	$C_{114}$	0.2357
$A_5$	0.1128	$B_{41}$	0.4286	$C_{211}$	0.5333
		$B_{42}$	0.5714	$C_{212}$	0.4667
		$B_{51}$	0.5263	$C_{221}$	1
		$B_{52}$	0.4737	$C_{311}$	0.5891
				$C_{312}$	0.4109
				$C_{411}$	1
				$C_{421}$	0.3336
				$C_{422}$	0.3332
				$C_{423}$	0.3332
				$C_{511}$	1
				$C_{521}$	1

(5)模糊综合评价。按建立因素集给出评价等级,构建模糊矩阵,根据 AHP 方法得到的指标权重和模糊矩阵计算评分的步骤,得到评价对象的最终得分为 4.8134。

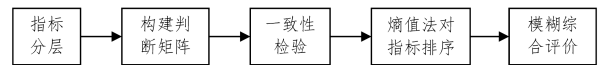


图 3 E-FAHP 算法的流程

Fig. 3 Flow of E-AHP

### 2.4 C-FAHP 方法

相关系数法也是一种常用的确定指标权重的方法,其根据全部指标的相关矩阵的内部依联结构来确定权系数<sup>[14]</sup>。引用相关系数法优化一级指标权重可以构建 C-FAHP 法, C-FAHP 法得到各个一级指标的权重结果为  $W_A = (\omega_{A1}, \omega_{A2}, \omega_{A3}, \omega_{A4}, \omega_{A5}) = (0.1607, 0.2987, 0.1412, 0.2566, 0.1428)$ 。二级指标和三级指标权重与 AHP 方法一致。最终得到的评价分数为 4.7965。

表 15 C-FAHP 各指标的权重  
Table 15 Weight of each C-FAHP index

指标	权重	指标	权重	指标	权重
A <sub>1</sub>	0.1607	B <sub>11</sub>	1	C <sub>111</sub>	0.2814
A <sub>2</sub>	0.2987	B <sub>21</sub>	0.6818	C <sub>112</sub>	0.2470
A <sub>3</sub>	0.1412	B <sub>22</sub>	0.3182	C <sub>113</sub>	0.2359
A <sub>4</sub>	0.2566	B <sub>31</sub>	1	C <sub>114</sub>	0.2357
A <sub>5</sub>	0.1428	B <sub>41</sub>	0.4286	C <sub>211</sub>	0.5333
		B <sub>42</sub>	0.5714	C <sub>212</sub>	0.4667
		B <sub>51</sub>	0.5263	C <sub>221</sub>	1
		B <sub>52</sub>	0.4737	C <sub>311</sub>	0.5891
				C <sub>312</sub>	0.4109
				C <sub>411</sub>	1
				C <sub>421</sub>	0.3336
				C <sub>422</sub>	0.3332
				C <sub>423</sub>	0.3332
				C <sub>511</sub>	1
				C <sub>521</sub>	1

### 3 实验结果分析

从表 16 的结果中可以看到,相关系数法得到的权重和熵值法得到的权重算出的评价分数均高于层次分析法的,用熵值法优化权重后的评分也高于相关系数法的,说明熵值法与模糊层次分析法的结合有效且可行;同时猜测相关系数法和熵值法削减了层次分析法中的专家主观性,因而得到了更为客观的结果,得分的提高也表明白皮书的制定确实比较合理。

表 16 白皮书的评价得分  
Table 16 Evaluation score of white paper

方法	得分
AHP	4.7680
C-AHP	4.7965
E-AHP	4.8134

**结束语** 本文结合科技评价的特点,将熵值法用于模糊层次分析法中的权重计算,改进了原有的模糊层次分析法,构建了 E-FAHP 模型。该方法首先对专家进行问卷调查,调查结果用于生成判断矩阵,而后利用熵值法代替层次分析法过程中基于专家系数的权重计算并对各层指标进行排序,进而将排序结果用于模糊综合评价,得到最终评分。本文最后利用《2016 中国的航天》白皮书进行实例验证,通过 FAHP, C-FAHP, E-FAHP 3 种方法进行评分计算,其中 E-FAHP 方法得到的评分最高,证明了熵值法和模糊层次分析法结合的有效性和可行性。

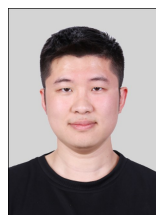
E-FAHP 方法相较于原 FAHP,首先使得评价过程更为简便,不需要人工制定专家权重系数;其次,在很大程度上削弱了层次分析法中专家系数制定的主观性,使得权重结果更为客观,进而可以得到一个更为科学可信的评价分数。

### 参 考 文 献

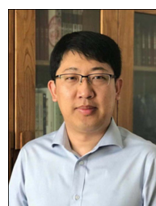
- [1] MA P. A Review of Research Based on Bibliometric Analytic Hierarchy Process[J]. Economic Research Guide, 2018(32): 6-8.
- [2] YIN H. Performance Evaluation of Scientific and Technological Achievements Transformation Based on AHP-Entropy Method [J]. Operations Research and Management Science, 2007(12): 111-117.
- [3] DONG B S. Coal Mine Safety Risk Assessment Based on Entropy

Weight Fuzzy Analytic Hierarchy Process [J]. Journal of Shanxi Institute of Energy, 2019(4): 25-28.

- [4] HUANG X F, HUANG X Q, FANG G H, et al. Benefit Evaluation of Reservoir Reinforcement Based on GA-AHP and Matter Element Analysis [J]. Water Resources and Power, 2016(10): 141-145.
- [5] WANG N, SHEN Z Z, XU L Q, et al. Evaluation of reinforcement effect of dangerous reservoirs based on simulated annealing analytic hierarchy process [J]. Water Resources and Power, 2013(9): 65-67.
- [6] CHAI C C, XU D Q, ZHANG L, et al. Urban river channel based on fuzzy hierarchy-principal component analysis Comprehensive evaluation of ecological slope protection [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2016(10): 167-177.
- [7] WANG L P, CHEN X X. Comprehensive evaluation of river ecological slope protection based on fuzzy hierarchy-principal component analysis [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2018(8): 38-42.
- [8] FENG Y. Research on Network Security Evaluation Based on Inter-regional Analytic Hierarchy Process [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2016(3): 162-167.
- [9] WANG W. Research on Network Security Evaluation by AHP and SVM Combination [J]. Computer Simulation, 2011(3): 182-185.
- [10] XIAO H. The application of analytic hierarchy process in the choice of transportation mode [J]. Economic and Trade Practice, 2019, 02, 298.
- [11] CHENG Z, XUE H F. Evaluation of National Defense Science and Technology Strategy Effectiveness Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process [J]. Scientific Management Research, 2019(2).
- [12] LIN C R, YANG X Y. Product quality evaluation based on entropy method and sequence relation analysis method [J]. Modular Machine Tools and Automated Processing Technology, 2018, 1001-2265: 10-0156-05.
- [13] SONG Y Y, LU Y. Decision tree methods: application for classification and prediction [J]. Shanghai Archives of Psychiatry, 2015, 27(2): 130-135.
- [14] BAI X M, ZHAO S S. The method of weight determination derived from index correlation [J]. Jiangsu Statistics, 1998(4): 16-18.



**LIU Zi-qi**, born in 1996, postgraduate. He is a student member of China Computer Federation. His main research interests include data science, and complex intelligent system.



**GUO Bin-gui**, born in 1982, associate professor, Ph.D supervisor. He is a professional member of China Computer Federation. His main research interests include data science, and complex intelligent system.