

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2015.03.010

# 改进的模糊层次分析法 在数字图书馆评价中的应用

吴楠楠, 臧振春, 崔春生  
(河南财经政法大学 郑州 450046)

**摘要:** 随着图书馆数字化的进一步发展, 数字图书馆的综合评价逐渐成为国内外研究热点。本文从三标度法出发, 建立优先判断矩阵, 将定性与定量相结合, 用改进的模糊层次分析法进行综合评价, 促进数字图书馆的发展和完善。

**关键词:** 改进的模糊层次分析法, 数字图书馆, 综合评价

中图分类号: G250

## The Improved Fuzzy Analytic Hierarchy Process in the Application of the Digital Library Evaluation

WU Nannan, ZANG Zhenchun, CUI Zhunsheng  
(Henan University of Economics and Law, Zhengzhou, 450046)

**Abstract:** With the further development of digital library, the comprehensive evaluation of digital library gradually becomes a research hotspot domestically and abroad gradually. This article embarks from the method of three scales; establishes the priority judging matrix; and it combines the qualitative and quantitative methods. Then the digital library is evaluated comprehensively by using the improved fuzzy analytic hierarchy process, promoting the development and perfection of digital library.

**Key words:** the improved fuzzy analytic hierarchy process, Digital library, Comprehensive evaluation

**基金项目:** 国家社科基金项目: “数字图书馆的评价系统研究”(12BTQ011)”

**作者简介:** 吴楠楠(1989-), 在读研究生, 研究方向: 管理科学与工程; 臧振春(1964-), 教授, 研究方向: 图书情报; 崔春生(1974-), 副教授, 研究方向: 软件产业发展、电子商务推荐系统、可拓学等。

## 1 引言

美国运筹学家 Saaty 于 20 世纪 70 年代初提出了层次分析法 (简称 AHP) [1]。此方法将与决策有关的元素分解成递阶层次结构, 并在此基础上进行定性和定量的分析。主要思想是将复杂问题分解为若干层次和若干因素, 而后对两两指标间的重要性进行比较, 建立判断矩阵, 通过判断矩阵的最大特征值及特征向量的计算, 得出不同方案重要性的权值, 为最佳方案的抉择提供依据。现在层次分析法已与多个理论研究相结合, 如网络层次分析法、模糊层次分析法、改进的模糊层次分析法、可拓模糊层次分析法和灰色层次分析法等, 促进了层次分析法进一步的发展和完善 [2-3]。其中改进的模糊层次分析法在实践中有着广泛的应用。李东昌将其应用在了公路环境影响评价中 [4], 何颖针对初级任职教育院校教学工作中评价指标多, 体系复杂, 难以完全量化评估的特点, 引入改进的模糊层次分析法, 构建了模糊评价模型, 提出了多目标决策问题解决方案 [5]。

数字图书馆从最初的理论研究逐渐发展到了以信息组织、开放存取、知识服务等为研究热点, 此外, 资源共建共享、用户满意度、信息产品、知识服务等也成为了数字图书馆的发展趋势。近几年随着三网融合、物联网建设等的崛起, 推进移动通信技术与图书馆的结合即移动数字图书馆, 这一新型模式推动了我国图书馆科学、快速的发展。在未来数字图书馆极有可能在云计算环境下进行重构。目前数字图书馆总体评价研究相对比较薄弱, 缺乏成熟完善的理论指导, 深入详细的研究较少, 评价方法相对单一。传统的评价方法过于主观, 导致评价结果与实际情况差距较大, 缺乏应有的参考价值。本文将改进的模糊层次分析法应用于数字图书馆的综合评价当中, 进而调整数字图书馆的完善策略, 适应数字化发展。

## 2 改进的模糊层次分析法原理

针对传统层次分析法中存在标准不足、计算量较大、判断时的不确定性和模糊性, 提出一种用三标度法及最优传递矩阵来构造高准确度的判断矩阵, 避免了对判断矩阵的一致性检验和调整。

改进的模糊层次分析法的具体步骤 [6-7]:

(1) 利用三标度法建立优先模糊判断矩阵  $F$ ,  $F = (f_{ij})_{n \times m}$ 。

$$(f_{ij})_{n \times m} = \begin{cases} 0 \dots \dots \text{如果 } i \text{ 劣于 } j \\ 0.5 \dots \dots \text{如果 } i, j \text{ 优劣性一致} \\ 1 \dots \dots \text{如果 } i \text{ 优于 } j \end{cases} \quad (2.1)$$

(2) 计算行和  $r_i = \sum_{j=1}^m f_{ij}$ , 利用转换公式  $r_j = \frac{r_i - r_j}{2n} + \frac{1}{2}$ , 将  $F = (f_{ij})_{n \times m}$  改造为模糊一致性判断矩阵  $R = (r_{ij})_{n \times m}$ 。

(3) 利用和行归一法求得权重向量  $W^{(0)}$ 。

$$W^{(0)} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T = \left[ \frac{\sum_{j=1}^m r_{1j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^m r_{2j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}}, \dots, \frac{\sum_{j=1}^m r_{nj}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}} \right]^T \quad (2.2)$$

(4) 利用转换公式  $e_j = \frac{r_j}{r_j}$ , 将优先判断矩阵  $R = (r_{ij})_{n \times m}$  转化为互反型矩阵  $E = (e_{ij})_{n \times m}$ 。

(5) 以权重向量  $W^{(0)}$  作为特征值法的迭代初值  $V_0$ , 进而求精度较高的排序向量  $W^{(K)}$ , 即  $a$  输入比较矩阵  $E_{n \times m}$ 、精度和最大迭代次数。 $b$  以  $W^{(0)}$  为迭代初值  $V_0$ , 利用迭代公式  $V_{k+1} = EV_k$  求解特征向量  $V_{k+1}$  及  $V_{k+1}$  的无穷范数  $\|V_{k+1}\|_\infty$ 。

$c$  比较判断, 若  $|\|V_{k+1}\|_\infty - \|V_k\|_\infty| < \xi$  则  $\|V_{k+1}\|_\infty$  即为最大特征值, 将  $V_{k+1}$  进行归一化处理。其中

$$V_{k+1} = \left[ \frac{v_{k+1,1}}{\sum_{i=1}^n v_{k+1,i}}, \frac{v_{k+1,2}}{\sum_{i=1}^n v_{k+1,i}}, \dots, \frac{v_{k+1,n}}{\sum_{i=1}^n v_{k+1,i}} \right]^T$$

即为目标权重向量, 迭代结束; 否则, 以

$$V_k = \frac{V_{k+1}}{\|V_k\|_\infty} = \left[ \frac{V_{k+1,1}}{\|V_{k+1}\|_\infty}, \frac{V_{k+1,2}}{\|V_{k+1}\|_\infty}, \dots, \frac{V_{k+1,n}}{\|V_{k+1}\|_\infty} \right]$$

作为新的迭代初值，再次进行迭代，直到完成最大迭代次数而结束。此时得到的排序向量  $W^{(k)}$  即为改进的模糊层次分析法所确定的权重。首先，改进的模糊层次分析法采用三标度法，形式简单，且符合人民的逻辑思维。其次，改进的模糊层次分析法满足一致性条件，不必进行一致性检验。再次，将特征值作为迭代初值，既可以减少迭代次数又可以提高收敛速度，同时满足计算精度的要求。

### 3 模糊综合评价模型

模糊综合评价模型是通过专家对各评价指标给予评价等级，并依据评价等级构造模糊评判矩阵。从构造最底层评价矩阵开始，逐层向上计算评价结果，并将本层的评价结果作为上一层的评价矩阵，最后将求出的权重与评价矩阵进行合成运算定量地计算出评价结果<sup>[8]</sup>。

#### 3.1 构造模糊综合评价矩阵

首先，专家针对最底层评价指标，给出模糊评价等级。可以将评价等级分为5个等级，也可以根据具体情况自行设定评价等级。根据专家对最底层指标的等级评语构造出评价矩阵。若评审专家人数为  $p$ ，相对于某上一层指标的最底层共有  $n$  个指标，其中的第  $j$  个指标的评价有人评“很好”、人评“好”、人评“一般”、人评“差”、人评“很差”，那么对第  $j$  个指标评价获得的各个评价等级的隶属度分别为： $r_{j1}, r_{j2}, r_{j3}, r_{j4}, r_{j5}$ ， $r_{ji} = c_{ji} / p (i=1,2,\dots,5)$  则相对于某上一层指标的最低层指标评价矩阵为：

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i1} & r_{i2} & r_{i3} & r_{i4} & r_{i5} \\ r_{i2} & r_{i2} & r_{i3} & r_{i3} & r_{i3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{j1} & r_{j2} & r_{j3} & r_{j4} & r_{j5} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & r_{k4} & r_{k5} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

#### 3.2 计算层次指标的评价结果

若评价指标体系由目标层、准则层及最底层三个层构成，根据最底层指标的权重系数及评价矩阵可求出由其构成的上一层指标的评价结果。其中运算符号表示数学模型。则某第二层（准则层）指标的评价结果：

$$B_i = W_i \circ R_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ik}) \circ R_i = \{b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, b_{i4}, b_{i5}\} \quad (3.2)$$

其中  $W_i$  是相对于第二层指标的最底层指标权重排序。这一评价结果也即是指标关于评价等级的5个隶属度元素构成，所有准则层的评价结果按行有序排列即构成目标层的评价矩阵。

若目标层下有个准则层，则目标层的评价结果：

$$A = W \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{bmatrix} = (W_1, W_2, \dots, W_n) \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & b_{n4} & b_{n5} \end{bmatrix} = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5) \quad (3.3)$$

$a_i = \sum_{j=1}^n w_j \circ b_{ji} (i=1,2,\dots,5)$  其中  $W_1, W_2, \dots, W_n$  是个准则层相对于目标层的权重。

### 4 数字图书馆综合评价

近年来，随着图书馆数字化的发展，数字图书馆的综合评价日益成为国内外的研究热点，它是数字化对信息共享和信息开放要求的体现，也是信息化发展的产物。然而由于评价主体的主观性较强、评价指标缺乏规范、评价方法差异较大，使得数字图书馆的综合评价结果相对模糊。因此本文试从改进的模糊综合层次分析法对其进行定性与定量相结合的评价，期望可以提供新的评价模型，完善数字图书馆的评价理论，进而提高管理能力、提升服务水平，促进综合效益的发展。

#### 4.1 评价步骤

数字图书馆的综合评价既是静态的，也是动态的，它是一个循环的过程，促进数字图书馆的建设、发展，逐步完善。图1主要根据层次分析

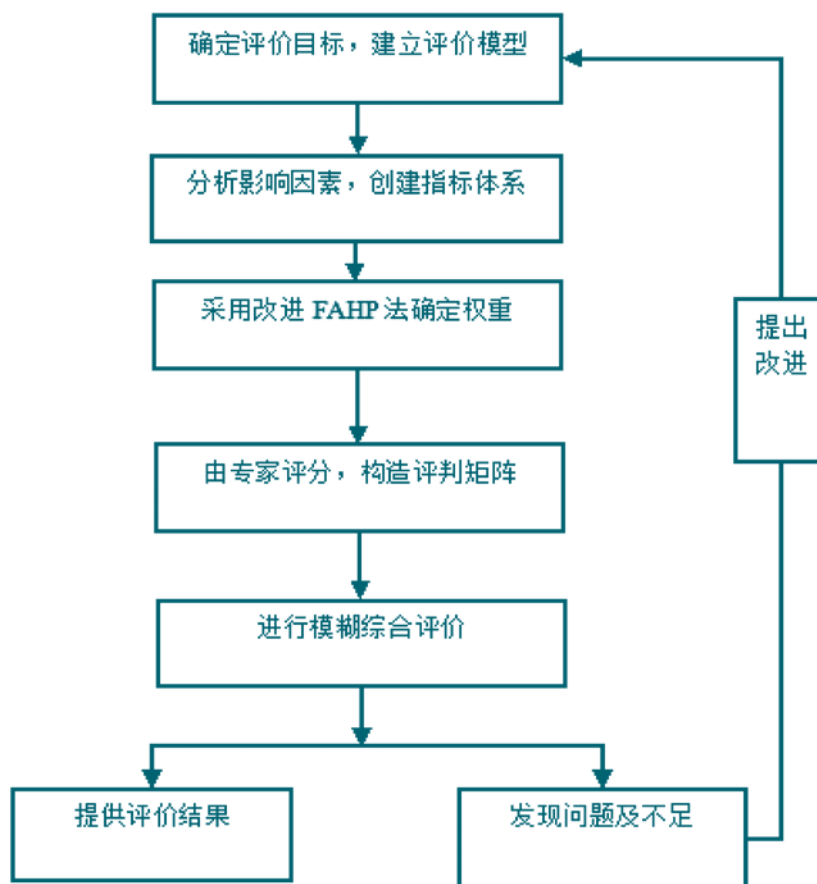


图 1 数字图书馆评价流程

法的核心科学思想, 采用定性与定量、主观与客观相结合的方式, 建构数字图书馆综合评价流程。在这个流程中关键步骤是采用改进的模糊层次分析法确定权重、构造模糊评价矩阵、进行模糊综合评价。

## 4.2 评价指标集

数字图书馆的综合评价是一项十分复杂的多

属性决策问题, 其相关指标的选取具有很大的主观性, 王莹通过差异性分析、鉴别力分析、模糊隶属度、主成分分析、指标竞优评价、信度与效度检验等方法得出了相对合理的评价指标体系。其中包含 4 个一级指标, 29 个二级指标<sup>[9]</sup>。

数字图书馆综合评价指标:

设数字图书馆综合评价为目标层, 一级指标为准则层  $B=\{B_1, B_2, B_3, B_4\}$ , 二级指标为最底

表 1 数字图书馆评价指标

| 一级指标 | 二级指标  |
|------|---|
| 用户评价 | 信息需求满足率、用户满意度、系统反应时间、稳定性评价  |
| 公共服务 | 资源配置质量、图书馆网站访问量、数据库访问量、数字资源下载量、图书使用率、导航服务、互动交流、文献传递传入量、馆藏利用率、智能推荐 |
| 技术服务 | 检索系统及功能、服务器数量、存储总容量、网络硬件设施、软件系统、数据规范标准、硬件基础条件、互联网连通性、网络宽带 / 出口速度  |
| 经济指标 | 数据库经费占图书经费的比例、经费投入、运营成本、检索成本、市场利用率                                |

层  $B_1=\{B_{11}, B_{12}, \dots, B_{14}\}$ 、 $B_2=\{B_{21}, B_{22}, \dots, B_{210}\}$ 、 $B_3=\{B_{31}, B_{32}, \dots, B_{39}\}$ 、 $B_4=\{B_{41}, B_{42}, \dots, B_{45}\}$ ，进而构建评价指标系统，计算各层指标的权重值。

根据数字图书馆的评价标准，评价结论分为很好、好、一般、差、很差五种，记为评价集。

### 4.3 确定各层次指标权重

根据三标度法，首先，对一级指标的四个因素做两两比较，构造优先模糊判断矩阵  $F=(f_{ij})_{4 \times 4}$ 。其次，根据改进的模糊层次分析法的具体步骤，按照模糊矩阵的转换、特征值法的迭代计算求出一级指标的权向量记为  $W_b$ ，用同样的方法计算出二级指标各自的权值，分别记为： $W_{B_1}, W_{B_2}, W_{B_3}, W_{B_4}$ 。

### 4.4 构建模糊评价矩阵

采用专家调查问卷的方式收集指标评价信息，然后利用指标隶属度公式构造评价矩阵，其中  $r_{ij}$  为因素  $U_i$  被评为  $V_j$  的有效调查问卷， $P$  为有效问卷总数，进而逐层构建各个指标的专家评语隶属度模糊关系矩阵  $R_{ij}$ 。首先构造最底层指标的评价矩阵，利用上级指标求出的层次权重和模糊评判矩阵进行模糊变换，即可求出上级指标的模糊评判矩阵。同理，逐步求出每一层次的模糊评价结果。

### 4.5 模糊综合评价结果

以上述求出的权重与评价矩阵做模糊变换，即  $A=W_b \circ R_{ij}$ ，得出模糊综合评价结果。此种方法建立了模糊评价模型，通过隶属度原则既可做出可靠性判断，也可了解数字图书馆各层级指标的发展程度。

## 5 结语

传统层次分析法构造的判断矩阵经常不满足一致性条件，需要检验和修正，计算精度不高。而

改进的模糊层次分析法将模糊理论与层次分析法相结合，并加以改进，采用三标度法构建互补型模糊评价矩阵，避免了繁琐的计算，且计算结果更加精确。改进的模糊层次分析法将优先判断矩阵改造为模糊一致性矩阵，并把和行归一法或方根法与特征向量法结合使用，既满足了一致性条件，也无需进行一致性检验，大大减少了迭代次数，提高收敛速度，满足了计算精度的要求，此种方法求得的排序向量与实际情况更为吻合，从而为多目标决策提供了更为可靠的决策方法。将它应用于数字图书馆评价的过程中，提高了数字图书馆评价的可靠性、准确性。同时，我们也应注意到该方法仍然存在一定的主观性，需要进一步的改进和完善。

### 参考文献

- [1] 汪应洛. 系统工程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 张吉军. 模糊层次分析法 (FAHP) [J]. 模糊系统与数学, 2000, 14(2): 80-88.
- [3] 於实. 模糊层次分析法在教学质量评价中的应用研究 [J]. 计算机仿真, 2012, 29(6): 369-372.
- [4] 李东昌. 改进的模糊层次分析法在公路环境影响评价中的应用 [J]. 山东交通科技, 2011(5): 70-72.
- [5] 何颖. 改进模糊层次分析法在初级任职教育院校教学工作评价中的应用 [J]. 数学理论与应用, 2012, 32(1): 91-98.
- [6] 李永, 胡向红, 乔箭. 改进的模糊层次分析法 [J]. 西北大学学报, 2005, 35(2): 11-16.
- [7] 周艳美, 李伟华. 改进的模糊层次分析法及其对任务方案的评价 [J]. 计算机工程与应用, 2008(44): 22-25.
- [8] 杨海玲. 模糊层次分析法在图书馆总体服务质量评价中的应用 [J]. 现代情报, 2010(30): 22-25.
- [9] 王莹. 数字图书馆评价指标体系的设计 [J]. 数学的实践与认识, 2013(43): 91-98.