

基于群决策的高校图书馆信息化水平综合评价

吴大纬, 于俊杰, 张元源, 李英江

(信息工程大学 信息工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 本文构建了高校图书馆信息化水平综合评价模型, 利用层次分析法融合决策专家个人权重确定了各评价指标的权重, 研究了 TOPSIS 方法在高校图书馆信息化水平评价方面的应用, 为多个高校图书馆信息化水平高低的综合排序提供了方法。最后以五所高校图书馆为例进行了实例研究, 应用结果表明, 该模型能够较好地用于多个高校图书馆信息化水平的评价。

关键词: 群决策; TOPSIS; 信息化; 个人权重

1 引言

图书馆作为整个社会重要的信息资源保证系统, 图书馆信息化成为社会信息化的主要组成部分, 它包括图书馆业务、读者、信息服务、管理等方方面面的内容。作为整个社会信息化中的一环, 图书馆信息化的规范化是重要的问题, 是否规范是制约信息化正常发展的关键因素。对图书馆信息化水平评估要依据一定的标准, 需要制定一套评估的标准体系, 使图书馆信息化发展有方向、有目标, 逐步走向规范化, 从而能够为广大师生提供更好的服务。本文通过对高校图书馆信息化水平评价指标的分析, 引入决策专家个人权重的概念, 同 AHP 方法相结合, 确定了各评价指标的权重, 运用 TOPSIS 方法对多所高校图书馆信息化水平进行了评价和多目标综合排序。

2 高校图书馆信息化水平评价指标体系

图书馆信息化改变了图书馆的信息存贮、传递和检索方式, 向着开放式的社会化的服务方式转变, 使信息资源以数字化的电子信息形式在网络上对读者服务, 极大地改善了信息服务的质量, 实现信息资源的共享和互补。评价的目的是对被评价的对象作出有价值的判断, 建立科学的评价指标体系是评价的基础和关键。测评信息化水平国际上通行的做法是尽量寻找、选取或创造那些与客观事实本身最为接近的指标, 使之达到与事实更为吻合的联系。由于各高校图书馆的面积、读者人数都不尽相同, 综合来看, 人均输出或单位面积输出的指标比较合理。通过调查分析并结合专家咨询的方式给出评价指标体系, 对高校图书馆信息化水平进行评测, 指标体系如表 1 所示。

表 1 高校图书馆信息化水平评价指标体系

一级指标	二级指标	指标解释
信息化基础 (B_1)	图书馆计算机网络密度(C_1)	计算机网线路总长度/图书馆单位面积(C_1)
	图书馆电信网络密度(C_2)	电信网络线总长度/图书馆单位面积(C_2)
	读者人均计算机台数(C_3)	读者拥有计算机数/读者数(C_3)
	馆员人均计算机台数(C_4)	读者拥有计算机数/读者数(C_4)
	读者人均电子阅览室数(C_5)	电子阅览室数/读者数(C_5)
信息资源的开发利用 (B_2)	读者人均信息化建设经费投入(C_6)	信息化建设经费总额/读者总数(C_6)
	读者人均电子出版物拥有量(C_7)	拥有的电子出版物数量/读者总数(C_7)
	读者人均订阅报纸份数(C_8)	所订报纸份数/读者总数(C_8)
	读者人均订阅期刊数(C_9)	所定期刊份数/读者总数(C_9)
	读者人均订阅图书数(C_{10})	所定图书数/读者总数(C_{10})
	读者人均借阅纸质图书数(C_{11})	借阅纸质图书数/读者总数(C_{11})
	读者人均借阅纸质期刊数(C_{12})	借阅纸质期刊数/读者总数(C_{12})

信息技术的应用 (B_3)	馆藏文献数字化率 (C_{13}) 新订文献联合编目率 (C_{14}) 网上参考咨询服务率 (C_{15}) 网上馆际互借文献率 (C_{16}) 网上纸质文献采购率 (C_{17})	馆藏文献数字化数 / 馆藏文献总数 (C_{13}) 新订文献联合编目数 / 编目文献总数 (C_{14}) 网上参考咨询服务数 / 参考咨询服务总数 (C_{15}) 网上馆际互借文献数 / 馆际互借文献总数 (C_{16}) 网上纸质文献采购数 / 纸质文献采购总数 (C_{17})
信息化人才 (B_4)	管理人员中信息技术人员的比重 (C_{18}) 专职信息技术人员的比重 (C_{19}) 掌握信息化技术的馆员比重 (C_{20}) 图书情报专业本科毕业馆员比重 (C_{21}) 图书馆信息化组织机构人数 (C_{22})	信息技术人员数 / 管理人员总数 (C_{18}) 专职信息技术人员数 / 馆员人数 (C_{19}) 掌握信息化技术的馆员数 / 馆员总数 (C_{20}) 图书情报专业本科毕业馆员数 / 馆员总数 (C_{21}) 机构人员数量 (C_{22})
教育事业 (B_5)	读者人均科技成果数 (C_{23}) 读者人均专利数 (C_{24}) 大学生就业率 (C_{25}) 高级职称教职工的比重 (C_{26})	科技成果 / 读者总数 (C_{23}) 标准专利数量 / 读者总数 (C_{24}) 一次性大学生就业率 (C_{25}) 高级职称教职工数 / 教职工总数 (C_{26})

3 基于群决策的评价指标权重

3.1 层次分析法确定指标权重

层次分析法^[4] (简记 AHP) 是一种定性分析与定量分析相结合的多准则决策方法。它将决策问题的有关元素分解成目标、准则、方案等层次, 在此基础上进行定性分析和定量分析的一种决策方法。层次分析法求解决策问题包括构造层次分析结构、构造判断矩阵、判断矩阵的一致性检验、层次单排序、层次总排序等几个步骤。这里采用层次分析法确定准则层对目标层即高校图书馆信息化水平, 指标层对准则层以及指标层对目标层的权重, 具体应用步骤不再详细介绍。在用层次分析法确定指标权重时, 判断矩阵一般是通过对一些相关专家的咨询获得的, 由于决策专家知识经验及个人偏好的影响, 导致每个专家的判断矩阵会有所差别, 以至于最终得到的权重也不统一, 甚至会出现较大差别。为了使评估结果更合理, 为大家所接受, 这里引入决策专家的个人权重, 以体现群决策时各个专家不同程度的作用。

3.2 决策专家个人权重的确定

假设共有 k 个决策专家参与 n 个指标的评判, 决策专家个人权重向量为 $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k)$, $\sum_{l=1}^k \varepsilon_l = 1$ 。

第 l 个专家的判断矩阵为 $P^l = [p_{ij}^l]_{n \times n}$ 。遵从少数服从多数的原则, 这里运用聚类分析^[5]的方法求解专家个人权重。具体算法步骤如下:

- (1) 设每位决策专家自为一类, 共构造 k 个类 $G = (G_1, G_2, \dots, G_k)$, 置 $g = k$;
- (2) 根据 (1) 式计算各个决策专家判断矩阵的归一化向量

$$b^l = (b_i^l)_{n \times 1} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}^l = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (p_{ij}^l / \sum_{i=1}^n p_{ij}^l) \quad (1)$$

- (3) 根据 (2) 式计算各类两两之间一致性程度值

$$d_{ij} = (b^i \cdot b^j) / (|b^i| \cdot |b^j|) \quad (2)$$

- (4) 寻找一致性程度值 d_{ij} 中最大值 d_{xy} , 并将对应的两类 G_x 和 G_y 合并后加入新类 G_{g+1} , 即

$$G_{g+1} = (G_x, G_y);$$

- (5) 若 $g = 2(k-1)$, 则转向步骤 (9), 否则转向步骤 (6);
- (6) 在类集合中去除类 G_x, G_y , 并加入新类 G_{g+1} ;

(7) 计算所构造的新类两两之间的一致性程度值 $d_{ig+1} = \max\{d_{ix}, d_{iy}\}$, ($i \neq x, y$);

(8) 返回步骤 (3) 继续合并剩余的类, 并置 $g = g + 1$;

(9) 确定最终得出类的个数和类;

(10) 求解决策专家个人权重 $w_l = \lambda_l / \sum_{i=1}^k \lambda_i$ (λ_i 为第 i 个专家所在类中的专家数) (3)

3.3 专家个人权重和指标权重的融合

不同决策专家依据自身知识体系结构, 经主观判断最终得到的指标权重各不相同, 为体现评判的公正性, 将依据少数服从多数原则得到的专家个人权重同 AHP 方法得到的指标权重结合起来。二者的结合采用加性加权法:

设 (w_1, w_2, \dots, w_l) 为 l 个决策专家的个人权重, $(w_k^1, w_k^2, \dots, w_k^n)$ 为第 k 个决策专家评判出的 n 个指标的权重。

$$\text{加性加权和: } x_i = \sum_{k=1}^l w_k w_k^i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$\text{归一化处理: } \omega_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

归一化后的向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 作为各指标的最终权重向量。

4 TOPSIS 法多目标排序

运用 TOPSIS 法^[6]对各高校图书馆信息化水平进行排序时需要在目标空间定义一个测度, 以度量某个解靠近理想解和远离负理想解的程度。其中心思想是先选定一个理想解和一个负理想解, 寻找与理想解越近且与负理想解越远的解, 根据距离不同对目标进行评估排序。此法中的距离是指欧式距离; 理想解是指各指标属性信息化水平最高的解; 负理想解指各指标属性信息化水平最低的解。

假设共有 m 个评价对象, 在计算出 n 个指标属性权重 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 的基础上, 采用 TOPSIS 法对 m 个评价对象进行信息化水平评估解算, 其算法步骤如下:

(1) 构造目标属性矩阵 $H = (h_{ij})_{m \times n}$ (由第二节可直接得到);

(2) 将目标属性矩阵进行规范化处理得到规范决策矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$, 式中, $y_{ij} = h_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m h_{ij}^2}$;

(3) 计算加权标准化矩阵 $Z = (z_{ij})_{m \times n} = (\omega_j y_{ij})_{m \times n}$ (6)

(4) 确定理想解和负理想解
理想解:

$$Z^* = \left\{ (\max_{1 \leq i \leq m} | j \in J^+), (\min_{1 \leq i \leq m} | j \in J^-) \right\} = \{z_1^*, z_2^*, \dots, z_n^*\} \quad (7)$$

负理想解:

$$Z^- = \left\{ (\min_{1 \leq i \leq m} | j \in J^+), (\max_{1 \leq i \leq m} | j \in J^-) \right\} = \{z_1^-, z_2^-, \dots, z_n^-\} \quad (8)$$

式中, $J^+ = \{\text{效益型指标}\}$, $J^- = \{\text{成本型指标}\}$;

(5) 计算 z_{ij} 到理想解和 z_{ij} 到负理想解的距离

$$\text{到理想解的距离: } S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^*)^2} \quad (9)$$

$$\text{到负理想解的距离: } S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (10)$$

(6) 计算各评价对象的相对贴近度

$$C_i = S_i^- / (S_i^- + S_i^*) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (11)$$

(7) 根据相对贴近度的大小对 m 个高校图书馆信息化水平排序。

5 实例研究

运用该评价模型对 A、B、C、D、E 五所院校的图书馆进行评价，假设 15 名专家分为 3 组参与评价，以一级指标为例计算指标权重，由于篇幅限制，二级指标对相应上级指标的权重及二级指标层对总目标的组合权重计算不再一一列举。

5.1 AHP 法确定指标权重

三组专家运用 AHP 法对准则层五个因素进行评价，得出以下 3 个判断矩阵：

$$P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 2 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 & 1/2 & 3 \\ 1/4 & 1/2 & 1 & 1/3 & 2 \\ 1/2 & 2 & 3 & 1 & 4 \\ 1/5 & 1/3 & 1/2 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} \quad P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 3 & 7 \\ 1/2 & 1 & 2 & 1 & 3 \\ 1/4 & 1/2 & 1 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1/7 & 1/3 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad P_3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 2 & 6 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1/2 & 2 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 1/2 & 2 & 2 & 1 & 1/3 \\ 1/6 & 1/2 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

运用方根法求出 3 个判断矩阵的归一化向量分别为：

$$b_1 = (0.4185, 0.1600, 0.0972, 0.2625, 0.0618)$$

$$b_2 = (0.4526, 0.2046, 0.1240, 0.1518, 0.0670)$$

$$b_3 = (0.4888, 0.1773, 0.0977, 0.1773, 0.0589)$$

求解出 3 个判断矩阵的一致性指标为：0.0152；0.0094；0.0044 均 ≤ 0.1 ，满足一致性要求。

5.2 计算专家个人权重

根据 (2) 式得两两决策专家之间的一致性程度值分别为 $d_{12} = 0.956524$ ， $d_{13} = 0.923561$ ， $d_{23} = 0.898475$ 。所以决策专家组 1 和 2 聚为新的一类，决策专家组 3 为一类。新类中第一类的专家组数为 2，第二类中的专家组数为 1，从而可以得出 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2 / (2 + 2 + 1) = 0.4$ ， $\varepsilon_3 = 1 / (2 + 2 + 1) = 0.2$ 。最终得出决策专家个人权重为 $\varepsilon = (0.4, 0.4, 0.2)$ 。

5.3 确定评价指标最终权重

根据式 (4) 和 (5) 将决策专家个人权重同 AHP 方法得到的准则层指标权重相结合，归一化处理后得到一级指标对于目标层的最终权重向量为：

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5) = (0.4462, 0.1813, 0.1080, 0.2012, 0.0633)。$$

同理，计算各二级指标对目标层的最终权重，同搜集的 5 所高校图书馆信息化水平的各属性值经规范化处理后一并如下表 2 表示。

表 2 指标权重及 5 所高校图书馆信息化水平属性值

指标	权重	A	B	C	D	E
1	0.0413	0.4447	0.6154	0.7919	0.9218	0.7382
2	0.0374	0.1763	0.4057	0.9355	0.9169	0.4103
3	0.0433	0.8936	0.2579	0.3529	0.8132	0.3599
4	0.0542	0.1389	0.2028	0.1987	0.6038	0.2722
5	0.0329	0.1988	0.6153	0.7468	0.4451	0.9318
6	0.0265	0.4660	0.4186	0.8462	0.5252	0.2026
7	0.0219	0.6721	0.8381	0.0196	0.6813	0.3795
8	0.0381	0.8318	0.5028	0.7095	0.4289	0.3046

9	0.0458	0.1897	0.1934	0.6822	0.3028	0.5417
10	0.0252	0.1509	0.6979	0.3784	0.8600	0.8537
11	0.0458	0.5936	0.4966	0.8998	0.8216	0.6449
12	0.0413	0.8180	0.6602	0.3420	0.2897	0.3412
13	0.0303	0.5341	0.7271	0.3093	0.8385	0.5681
14	0.0523	0.3704	0.7027	0.5466	0.4449	0.6946
15	0.0471	0.6213	0.7948	0.9568	0.5226	0.8801
16	0.0413	0.1730	0.9797	0.2714	0.2523	0.8757
17	0.0239	0.7373	0.1365	0.0118	0.8939	0.1991
18	0.0394	0.2987	0.6614	0.2844	0.4692	0.6648
19	0.0316	0.9883	0.5828	0.4235	0.5155	0.3340
20	0.0342	0.4329	0.2259	0.5798	0.7604	0.5298
21	0.0413	0.6405	0.2091	0.3798	0.7833	0.6808
22	0.0232	0.4611	0.5678	0.7942	0.3592	0.6029
23	0.0297	0.2503	0.4154	0.3050	0.8744	0.3150
24	0.0575	0.7680	0.9708	0.9901	0.7889	0.4387
25	0.0433	0.4983	0.2140	0.6435	0.3200	0.9601
26	0.0510	0.7266	0.4120	0.7446	0.2679	0.4399

5.4 计算加权标准化矩阵

按式(6)构造加权的规范化决策矩阵 $B = [b_{ij}]_{5 \times 26}$ ，行表示5个评价对象，列表示26个指标属性，用表3表示如下：

表3 加权的规范化决策矩阵 B

指标	A	B	C	D	E	指标	A	B	C	D	E
1	0.0184	0.0254	0.0327	0.0381	0.0305	14	0.0194	0.0368	0.0286	0.0233	0.0363
2	0.0066	0.0152	0.0350	0.0343	0.0153	15	0.0293	0.0374	0.0451	0.0246	0.0415
3	0.0387	0.0025	0.0153	0.0352	0.0004	16	0.0071	0.0405	0.0112	0.0104	0.0362
4	0.0075	0.0110	0.0108	0.0327	0.0148	17	0.0176	0.0033	0.0003	0.0214	0.0048
5	0.0065	0.0005	0.0246	0.0146	0.0307	18	0.0118	0.0261	0.0112	0.0185	0.0026
6	0.0123	0.0111	0.0224	0.0139	0.0054	19	0.0312	0.0184	0.0134	0.0163	0.0106
7	0.0147	0.0184	0.0004	0.0149	0.0083	20	0.0148	0.0077	0.0198	0.0260	0.0181
8	0.0317	0.0192	0.0270	0.0163	0.0116	21	0.0265	0.0086	0.0157	0.0324	0.0281
9	0.0087	0.0089	0.0312	0.0139	0.0248	22	0.0107	0.0132	0.0184	0.0014	0.0140
10	0.0038	0.0176	0.0095	0.0217	0.0215	23	0.0015	0.0123	0.0091	0.0260	0.0004
11	0.0272	0.0227	0.0412	0.0376	0.0295	24	0.0442	0.0558	0.0569	0.0454	0.0252
12	0.0338	0.0273	0.0141	0.0120	0.0141	25	0.0216	0.0093	0.0279	0.0139	0.0416
13	0.0162	0.0220	0.0094	0.0254	0.0172	26	0.0371	0.0210	0.0380	0.0137	0.0224

5.5 计算各评价对象到理想解的距离

(1) 确定理想解和负理想解

所有二级指标均为效益型指标，根据式(7)和(8)确定理想解和负理想解如表4。

表4 各指标属性的理想解和负理想解

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
理想解	0.0381	0.0350	0.0387	0.0327	0.0307	0.0224	0.0184	0.0317	0.0312	0.0217	0.0412	0.0338	0.0254
负理想解	0.0184	0.0066	0.0004	0.0075	0.0005	0.0054	0.0004	0.0116	0.0087	0.0038	0.0227	0.0120	0.0094
指标	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

理想解	0.0368	0.0451	0.0405	0.0214	0.0261	0.0312	0.0260	0.0324	0.0184	0.0260	0.0569	0.0416	0.0380
负理想解	0.0194	0.0246	0.0071	0.0003	0.0026	0.0106	0.0077	0.0086	0.0014	0.0004	0.0252	0.0093	0.0137

(2) 各评价对象的加权标准化矩阵距理想解的距离分别为

$$s_1^* = 0.0831 \quad s_2^* = 0.0863 \quad s_3^* = 0.0702 \quad s_4^* = 0.0703 \quad s_5^* = 0.0834$$

(3) 各评价对象的加权标准化矩阵距负理想解的距离分别为

$$s_1^- = 0.0711 \quad s_2^- = 0.0679 \quad s_3^- = 0.0796 \quad s_4^- = 0.0841 \quad s_5^- = 0.0717$$

(4) 各评价对象的相对贴近度分别为

$$c_1 = 0.4611 \quad c_2 = 0.4403 \quad c_3 = 0.5314 \quad c_4 = 0.5447 \quad c_5 = 0.4623$$

根据相对贴近度的大小对五所高校图书馆信息化水平进行综合排序，由高到底的顺序为：D>C>E>A>B。

6 结束语

AHP 法思路简单明了，它将决策者的思维过程条理化、数量化，便于计算，容易被人们所接受。它所需要的量化数据较少，对问题的本质，问题所涉及的因素及其内在关系分析得比较透彻、清楚，是一种很好的评价方法。但 AHP 法存在着较大的主观随意性，本文引入了决策专家个人权重的概念，遵从少数服从多数的原则赋予各个决策专家相应的权重，有效避免了个人主观因素对评价结果造成过大的影响。采用 TOPSIS 法对多目标排序，在目标空间中定义一测度去测量各个解靠近理想解和远离负理想解的程度，对于高校图书馆信息化水平评价非常有效。随着信息化建设的发展，图书馆信息化水平所涉及的因素越来越多，如何避免各种评价方法的缺点，使所构造的评价模型更加准确，这个问题将在下一步的研究中予以讨论。

参考文献：

- [1] 樊治平, 宫贤斌, 张全. 区间数多指标决策中决策矩阵的规范化方法[J]. 东北大学学报: (自然科学版), 1999, 20(3): 326-329.
- [2] 张国方, 包凡彪. 熵权值模糊综合评判法在物流选址中的应用[J]. 武汉理工大学学报, 2005, (7): 23-27.
- [3] 陈靖. 高校图书馆信息化水平测度的神经网络实现[J]. 现代情报, 2006, (8): 9-11.
- [4] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1998.
- [5] 周德云. 熵权与群组 AHP 相结合的 TOPSIS 法多目标威胁评估[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(7): 1661-1664.
- [6] 胡劲松, 陈怡宁. 多目标问题的逼近于理想解的排序方法研究[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2000, 13(1): 72-75.
- [7] 菊良, 魏一鸣, 丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型[J]. 水利学报, 2004(3): 65-69.
- [8] Digital Equipment Corporation. DEC RCB SQL Reference Manual. USA: Digital Equipment Corporation 1999.
- [9] Mustafa Dinc, Kingsley E. Haynes. Sources of regional inefficiency An integrated shift-share, data envelopment analysis and input-output approach. Ann Reg Sci (1999) 33: 469-489.
- [10] Michael J. Ryan. Constrained game approach to the systematic regulation of land use variability Ann Reg Sci (2002) 36: 497-517.