

# 熵权法在项目后评价阶段的应用

——以多因子综合评价为例

权 汉

云南省设计院集团有限公司 云南昆明 650500

**摘要:** 本文将熵权法应用于学校建设项目投入使用后的综合评价中。通过对多所学校建设项目相关指标数据的处理,依次进行数据标准化、非负平移、计算指标比重、对数计算、计算信息熵、确定权重以及计算各学校得分等步骤,得出各学校建设项目的综合评价结果,为学校建设项目的后续改进和决策提供了科学依据。

**关键词:** 熵权法; 学校建设项目; 项目后评价; 综合评价

## 引言

学校建设项目对于提升教育质量、改善教学环境具有重要意义。在项目投入使用后,对其进行科学、客观的综合评价能够总结经验教训,为后续类似项目的规划、设计和实施提供参考。传统的评价方法可能存在主观因素影响较大的问题,而熵权法作为一种客观赋权方法,依据数据自身的信息特征来确定各评价指标的权重,能使评价结果更加准确、可靠。因此,本文将探讨熵权法在学校建设项目投入使用后的综合评价中的具体应用。

## 一、评价指标与数据来源

### 1. 评价指标选取

选取投资(万元)、提供学位数量(个)、升学率(%)、建筑面积( $m^2$ )、家长好评度(%)这五个指标作为评价学校建设项目的关键因素,分别记为 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 。这些指标从不同维度反映了学校建设项目的投入、产出以及社会认可程度等方面。

### 2. 数据来源

数据来源于A、B、C、D四所学校建设项目投入使用后的实际统计结果,具体数据见表1:

表 1

| 学校 | $X_1$<br>(投资/<br>万元) | $X_2$<br>(提供学位<br>数量/个) | $X_3$<br>(升学率<br>%) | $X_4$<br>(建筑面<br>积/ $m^2$ ) | $X_5$<br>(家长好<br>评度/%) |
|----|----------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| A  | 6750                 | 750                     | 75                  | 11250                       | 75                     |
| B  | 10440                | 900                     | 88                  | 18000                       | 83                     |
| C  | 15900                | 1200                    | 80                  | 30000                       | 81                     |
| D  | 10290                | 1500                    | 79                  | 21000                       | 78                     |

## 二、熵权法的应用过程

### 1. 数据标准化

为消除不同指标量纲的影响,首先对原始数据进行标准化处理。对于正向指标(数值越大越好的指标),标

准化公式为 $y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$ 。

以 $X_1$ (投资/万元)指标为例, $\max(x_1) = 15900$ ,  
 $\min(x_1) = 6750$ 。

对于A学校 $X_1$ 的标准化值计算如下:

$$y_{A1} = \frac{6750 - 6750}{15900 - 6750} = 0$$

对于B学校 $X_1$ 的标准化值计算如下:

$$y_{B1} = \frac{10440 - 6750}{15900 - 6750} \approx 0.597$$

标准化后的数据见表2:

表 2

| 学校 | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| A  | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| B  | 0.597 | 0.200 | 1.000 | 0.360 | 1.000 |
| C  | 0.000 | 0.600 | 0.385 | 1.000 | 0.750 |
| D  | 0.613 | 1.000 | 0.308 | 0.520 | 0.375 |
| 求和 | 2.210 | 1.800 | 1.692 | 1.880 | 2.125 |

### 2. 非负平移(+0.001)

为避免后续计算中出现对数无意义的情况,对标准化后的数据进行非负平移,平移后的数据见表3:

以A学校 $X_1$ 为例,平移后的值为 $1.000 + 0.001 = 1.001$ ;

以B学校 $X_2$ 为例,平移后的值为 $0.200 + 0.001 = 0.201$ 。

### 3. 计算 $P_{ij}$ (指标比重)

根据非负平移后的数据计算各学校在每个指标上的

表3

| 学校 | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| A  | 1.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| B  | 0.598 | 0.201 | 1.001 | 0.361 | 1.001 |
| C  | 0.001 | 0.601 | 0.386 | 1.001 | 0.751 |
| D  | 0.614 | 1.001 | 0.309 | 0.521 | 0.376 |
| 求和 | 2.214 | 1.804 | 1.696 | 1.884 | 2.129 |

比重 $P_{xy}$ , 计算公式为 $p_{ij} = \frac{y_{ij} + \varepsilon}{\sum_{i=1}^m y_{ij} + \varepsilon}$ , 这里  $\varepsilon = 0.001$ ,  $m$  为学校数量 ( $m=4$ )。

以A学校 $X_1$ 为例, 计算 $P_{A1}$ :

$$P_{A1} = \frac{1.001}{1.001 + 0.598 + 0.001 + 0.614} = \frac{1.001}{2.214} \approx 0.452$$

以B学校 $X_2$ 为例, 计算 $P_{B2}$ :

$$P_{B2} = \frac{0.201}{0.001 + 0.201 + 0.601 + 1.001} = \frac{0.201}{1.804} \approx 0.111$$

结果见表4:

表4

| 学校 | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| A  | 0.452 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.000 |
| B  | 0.270 | 0.111 | 0.590 | 0.192 | 0.470 |
| C  | 0.000 | 0.333 | 0.227 | 0.531 | 0.353 |
| D  | 0.277 | 0.555 | 0.182 | 0.277 | 0.177 |

#### 4. 计算 $\text{Ln}P_{xy}$

对 $P_{xy}$ 取自然对数 $\text{Ln}P_{xy}$ 。

以A学校 $X_1$ 为例,  $\text{Ln}P_{A1} = \text{Ln}(0.452) \approx -0.794$ ;

以B学校 $X_4$ 为例,  $\text{Ln}P_{B4} = \text{Ln}(0.192) \approx -1.652$ 。

结果见表5:

表5

| 学校 | $X_1$  | $X_2$  | $X_3$  | $X_4$  | $X_5$  |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| A  | -0.794 | 0.000  | -7.436 | 0.000  | -7.663 |
| B  | -1.309 | -2.194 | 0.000  | -1.652 | -0.755 |
| C  | 0.000  | -1.099 | -1.481 | -0.632 | -1.042 |
| D  | -1.282 | -0.589 | 0.000  | -1.285 | -1.734 |

#### 5. 计算 $P_{xy} * \text{Ln}P_{xy}$

将 $P_{xy}$ 与 $\text{Ln}P_{xy}$ 相乘。

以A学校 $X_1$ 为例,

$$P_{A1} * \text{Ln}P_{A1} = 0.452 \times (-0.794) \approx -0.359;$$

以B学校 $X_2$ 为例,

$$P_{B2} * \text{Ln}P_{B2} = 0.111 \times (-2.194) \approx -0.245。$$

结果见表6:

表6

| 学校 | $X_1$  | $X_2$  | $X_3$  | $X_4$  | $X_5$  |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| A  | -0.359 | 0.000  | -0.004 | 0.000  | -0.004 |
| B  | -0.354 | -0.245 | 0.000  | -0.317 | -0.355 |
| C  | 0.000  | -0.366 | -0.337 | -0.336 | -0.368 |
| D  | -0.356 | -0.327 | 0.000  | -0.355 | -0.306 |

#### 6. 计算各指标的信息熵 $E_j$

根据 $P_{xy} * \text{Ln}P_{xy}$ 的结果计算各指标的信息熵 $E_j$ , 计算

$$\text{公式为 } e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, \text{ 这里 } m=4, \ln 4 \approx 1.386。$$

以 $X_1$ 指标为例,

计算信息熵 $E_1$ :

$$E_1 = -\frac{1}{1.386} \times (-0.359 - 0.354 + 0 - 0.356) \approx 0.770$$

以 $X_2$ 指标为例,

计算信息熵 $E_2$ :

$$E_2 = -\frac{1}{1.386} \times (0 - 0.245 - 0.366 - 0.327) \approx 0.676$$

结果见表7:

表7

| 指标    | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $E_j$ | 0.770 | 0.676 | 0.246 | 0.727 | 0.745 |

#### 7. 计算权重 $W_j$

根据信息熵 $E_j$ 计算各指标的权重 $W_j$ , 先计算差异系

$$\text{数 } g_j = 1 - e_j, \text{ 再计算权重 } w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j}, \text{ 这里 } n=5。$$

对于 $X_1$ 指标, 差异系数 $g_1 = 1 - 0.770 = 0.230$ ;

对于 $X_2$ 指标, 差异系数 $g_2 = 1 - 0.676 = 0.324$ 。

$$\sum_{j=1}^5 g_j = 0.230 + 0.324 + 0.754 + 0.273 + 0.255 = 1.836$$

$$X_1 \text{ 的权重 } W_1 = \frac{0.230}{1.836} \approx 0.039;$$

$$X_2 \text{ 的权重 } W_2 = \frac{0.324}{1.836} \approx 0.055。$$

结果见表8:

表8

| 指标    | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $W_j$ | 0.039 | 0.055 | 0.129 | 0.047 | 0.044 |

#### 8. 计算 $X_{ij} * W_i$

将原始数据 $X_{ij}$ 与对应的权重 $W_i$ 相乘, 见表9。

以A学校 $X_1$ 为例,  $X_{A1} * W_1 = 6750 \times 0.039 \approx 265.490$ ;

以B学校 $X_2$ 为例,  $X_{B2} * W_2 = 900 \times 0.055 \approx 49.928$ 。

表9

| $X_i * W_i$ | $X_1$   | $X_2$  | $X_3$  | $X_4$    | $X_5$ |
|-------------|---------|--------|--------|----------|-------|
| A           | 265.490 | 41.607 | 9.690  | 525.991  | 3.283 |
| B           | 410.624 | 49.928 | 11.369 | 841.586  | 3.633 |
| C           | 625.375 | 66.571 | 10.336 | 1402.643 | 3.546 |
| D           | 404.724 | 83.213 | 10.207 | 981.850  | 3.414 |

9. 计算各学校得分

将各学校  $X_i * W_i$  的结果相加，得到各学校的得分，见表10。

以A学校为例，得分=265.490+41.607+9.690+525.991+3.283=846.06;

以B学校为例，得分=410.624+49.928+11.369+841.586+3.633=1317.14。

表10

| 学校 | A      | B       | C       | D       |
|----|--------|---------|---------|---------|
| 得分 | 846.06 | 1317.14 | 2108.47 | 1483.41 |

三、评价结果分析

从各学校的得分来看，C学校的得分最高，为2108.47，这表明C学校在综合评价中表现最佳。可能是因为其在各项评价指标上相对均衡且在某些关键指标（如建筑面积、提供学位数量等）上具有优势。A学校得分最低，为846.06，推测其在投资效益、产出规模等方面可能存在不足。

通过熵权法得到的各指标权重可知， $X_3$ （升学率）的权重最高，为0.129，说明在本次评价中，升学率这一指标对综合得分的影响相对较大。这也提示学校在建设和发展过程中，应重视教学质量的提升，以提高升学率，从而提升综合评价得分。

四、结论与展望

1. 结论

本文成功将熵权法应用于学校建设项目投入使用后的综合评价中，通过一系列科学的计算步骤，客观地确定了各评价指标的权重，并得出各学校的综合评价得分。该方法避免了主观因素的干扰，使得评价结果更加准确、可靠，为学校建设项目的效果评估提供了有力支持。

2. 展望

未来可以进一步扩大样本数量，纳入更多学校建设项目的数据，以提高评价结果的代表性和普遍性。同时，可以考虑引入更多的评价指标，如师资力量、教学设施的先进性等，从更全面的角度对学校建设项目进行评价。此外，还可以将熵权法与其他评价方法相结合，综合分析评价结果，为学校建设项目的决策和改进提供更丰富的参考。

参考文献

[1] 吴祈宗. 运筹学与最优化方法 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.

[2] 郭亚军. 综合评价理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[3] 邱东. 多指标综合评价方法的系统分析与优化 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2001.

[4] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型 (第五版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.

[5] 洪志国, 郭亚军, 易平涛. 熵权法中“零值”问题的处理方法研究 [J]. 数学的实践与认识, 2013, 43 (16): 151-157.