

基于熵权的改进的 TOPSIS 模型在灌区运行状况综合评价中的应用

梁天雨¹, 魏占民¹, 李泽鸣¹, 李佳宝¹, 付海磊²

(1. 内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 赤峰市红山区水利局, 内蒙古 赤峰 011566)

摘 要:为了评价灌区节水改造后的运行状况和分析近年来节水改造的综合效益,提出了一种灌区运行状况评价的改进 TOPSIS 模型评价方法,选择影响灌区运行状况的主要因素作为评价分析的特征指标,引入信息熵来计算各评价指标的权重,利用求得的贴近度综合评价灌区的运行状况。通过某灌区实例分析可知该灌区在 10 a 里的节水改造中,2006 年的评价样本最优解的相对贴近度最大,灌区运行状况最优。该方法克服传统的 TOPSIS 法在确定评价指标的权重因子时采用专家意见打分或单一样本材料造成主观因素的影响,计算过程简单科学,结果合理,可为灌区节水改造后的运行评价提供科学依据和良好思路。

关键词:灌区; 信息熵; TOPSIS 模型; 综合评价

中图分类号: S274

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)06-0101-03

Application of TOPSIS Method Based on Improved Entropy Weight Coefficient to Comprehensive Evaluation of the Operation Condition of Irrigation Areas

LIANG Tian-yu¹, WEI Zhan-min¹, LI Ze-ming¹, LI Jia-bao¹, FU Hai-lei²

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China

2. Water Conservancy Bureau of Red Mountain Area of Chifeng City, Chifeng, Inner Mongolia 011566, China)

Abstract: An improved TOPSIS evaluation method, which aimed at comprehensive evaluation of the operation condition of irrigation areas and water-saving reconstruction benefit in recent years, was proposed in this paper. Some characteristic indexes affecting the operation condition of irrigation areas were selected as evaluation indexes, information entropy was introduced to calculate the weight coefficient of each index and to comprehensively evaluate the operation condition benefit by using the close degree in irrigation area. The analysis result shows that the relative closeness evaluation of the optimal solution sample in 2006 was the largest and the operation conditions of the irrigation area were optimal in 10 years in the water-saving reconstruction of irrigation. It overcame the impact of expert appraise and the materials of sample. The results indicated that the calculation principle of this model was scientific and simple, and its result of calculation process was reasonable. It can offer scientific basis and good reference for comprehensive evaluation of the operation condition benefit in irrigation areas.

Key words: irrigation areas; TOPSIS model; entropy; comprehensive evaluation

灌区是国家的重点水利设施和农业发展命脉,在现代经济社会发展中起到举足轻重的作用^[1]。灌区的节水改造工程不仅能够有效保障灌区范围内农业作物的生产,而且还能改善灌区的生态环境,从而更大限度地发挥土地的资源效益。灌区节水改造后的

运行状况对灌区综合生产能力、经济效益和生态环境等都起到了至关重要的作用。所以,灌区节水改造后的运行状况如何成为灌区综合评价的重中之重,其运行状况科学合理的评价可为决策部门进行灌区续建配套与节水改造提供决策依据。

收稿日期: 2013-12-15

修回日期: 2014-01-16

资助项目: 内蒙古自治区专项课题“大型灌区灌溉水利用效率测试分析与评估”项目。

作者简介: 梁天雨(1990—),男,辽宁省黑山县人,硕士研究生,主要从事农田水利研究。E-mail: 975191562@qq.com

通信作者: 魏占民(1960—),男,河北省无极县人,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论与新技术。E-mail: wei_zhanmin@yahoo.com.cn

1 基于熵权 TOPSIS 模型的基本原理

1.1 传统的 TOPSIS 模型

TOPSIS 法是一种有效的多指标、多目标决策分析法,它的基本思想是:基于无量纲化的决策矩阵,找出所有项目中的最优项目 and 最劣项目,然后分别计算所需的评价对象与最优项目 and 最劣项目的欧式距离^[2],获得各评价对象与最优解的相对贴近度,根据其相对贴近度来进行排序,以此作为评价项目优劣的依据,进而进行灌区节水改造效益综合评价分析。TOPSIS 法建模步骤如下^[3]。

(1) 形成决策矩阵。设多指标决策问题的方案集、指标集分别为: $M=(M_1, M_2, \dots, M_m)$, $C=(C_1, C_2, \dots, C_m)$, 方案 M_j 对指标 C_i 的值记为 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$), 则可形成多目标决策矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ C_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_n & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2) 无量纲化决策矩阵。为消除各指标纲量不同所产生的影响,本文首先对评价指标体系中各分值进行无量纲化处理,构建标准化决策矩阵 $V=(x_{ij}^*)_{m \times n}$, 对于越大越优型指标采用:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \quad (2)$$

对于越小越优型指标采用:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{j\max} - x_{ij}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \quad (3)$$

式中: $x_{j\max}, x_{j\min}$ ——同指标下所有样本的最大值和最小值。

(3) 构建加权决策矩阵。将形成的无量纲化矩阵 V 与各指标的权重 W 相乘,可得到加权决策矩阵:

$$Z=(r_{ij})_{m \times n} \quad (4)$$

式中: $r_{ij} = w_j \cdot x_{ij}^*$, w_j ——评价指标的权重。

(4) 确定矩阵 Z 的最优向量 Z^+ 和最劣向量 Z^- 。

$$Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_m^+) \quad (5)$$

$$Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_m^-) \quad (6)$$

式中: $z_j^+ = \max(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{mj})$, $z_j^- = \min(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{mj})$ 。

(5) 计算贴近度。首先要对加权决策矩阵求取最优向量(z^+)和最劣向量(z^-),即由每个评价指标中的最大和最小值所组成的向量。然后,利用欧氏距离计算公式,对各样本的理想解(D^+)和负理想解

(D^-)进行计算,具体公式如下:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

(6) 运用以下公式对最优解的相对贴近度(C_i)进行计算。

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

(7) 运行状况综合评价。根据相对贴近度的大小对灌区运行状况进行排序,值越大,越贴近理想解,表明该年灌区运行状况越好;反之该年最差。

1.2 用熵值法求解指标权重

传统的权重确定方法,容易造成评价结果可能由于人的主观因素而形成偏差,由于各评价指标对评价的影响程度不同,需确定各指标权值,采用信息熵法进行各指标权值的求取能尽量消除各因素权重的主观性,使评价结果更符合实际。信息熵是系统无序程度的一个度量,如果指标信息熵越小,则该指标信息量就越大,在综合评价中的影响作用就越大,权重亦就越大。因此,依据信息熵的大小可以用来度量各评价指标的变异程度,从而确定该指标的权值^[3]。

对于多个目标综合评价问题,设有 m 个评价方案、 n 个评价指标,则评价指标熵 H_j 为:

$$H_j = \frac{1}{-\ln m} \left(\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

$$f_{ij} = \frac{1 + b_{ij}}{\sum_{i=1}^m (1 + b_{ij})} \quad (11)$$

式中: b_{ij} ——无量纲化决策矩阵中的元素。

计算评价指标的熵权为:

$$W = (w_j) \quad (12)$$

$$\text{其中, } w_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j}, \sum_{j=1}^n w_j = 1.$$

2 应用实例

2.1 评价指标体系构建

结合某灌区续建配套与节水改造项目,利用 1997—2006 年 10 a 的资料,运用基于熵权的改进的 TOPSIS 模型方法对其运行状况进行综合评价。根据灌区运行状况评价指标体系的设计原则和相关的文献资料,结合该灌区续建配套与节水改造规划的内容,遵循客观和真实的原则,对指标进行评价分析,确定指标之间的关联程度后进行取舍和筛选最终从管理水平指标、工程状况指标、生产效率指标及财务指

标 4 个大方面选取 9 个评价指标进行分析^[4-6]，其评价指标见表 1。

表 1 灌区运行状况综合评价指标体系

灌区 运行 状况 综合 评价	管理水平指标	专业技术人员占员工比例
		灌溉水利用系数
	工程状况指标	田间工程配套率
		信息化管理程度
		工程陈旧率
	生产效率指标	单位灌溉用水量收益
		田间节水灌溉面积百分比
	财务指标	水价到位程度
		收入支出比

2.2 灌区评价指标体系归一化处理

根据表 1 中的评价指标体系，将其指标进行归一

表 2 灌区运行状况评价指标体系无量纲化

年份	灌溉水 利用系数	专业技术人员 占员工比例	田间工程 配套率	工程 陈旧率	信息化 管理程度	单位灌溉 用水量收益	田间节水灌溉 面积百分比	水价到位 程度	收入 支出比
1997	0	0	0	0.167	0	0	0	0	0.157
1998	0.150	0.057	0.012	0	0	0.106	0	0	1
1999	0.150	0.057	0.012	0	0	0.188	0	0	0.661
2000	0.150	0.057	0.012	0.333	0	0.270	0	0	0.760
2001	0.285	0.250	0.083	0.667	0.373	0.375	0	0	0.289
2002	0.580	0.304	0.083	1	0.597	0.425	0	0	0
2003	0.650	0.459	0.167	1	0.746	0.464	0	0	0.669
2004	1	0.768	0.167	0.667	0.970	0.604	0.480	0.500	0.599
2005	1	0.768	1	0.667	1	0.988	0.800	1	0.554
2006	1	1	1	0.667	1	1	1	1	0.322

2.3 欧式距离计算最优解的贴近度

利用 TOPSIS 模型对评价指标体系进行计算，最终得到的评价结果见图 1。

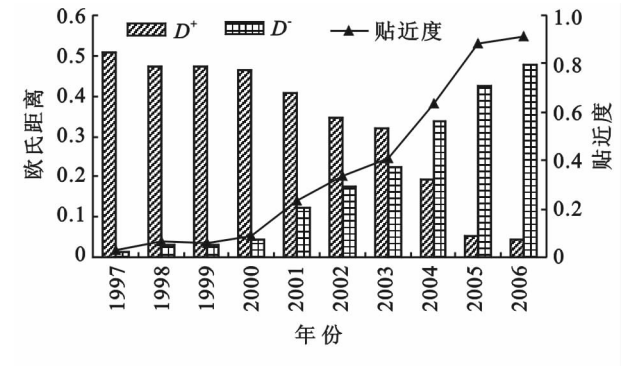


图 1 各样本年份欧式距离与贴近度发展趋势

评价样本最优解的相对贴近度的大小可以综合反映灌区运行状况的良好。从图 1 可以看出 2006 年的贴近度为 0.914，在整个参评的 10 a 里是最大的，说明 2006 年灌区运行状况最优。1997 年的贴近度最小，因为当时的农田水利基础条件较差，未进行节水改造，所以灌区运行状况最差。根据各年欧式贴近度的数值可以清晰地反映当年灌区运行状况的依次

化处理，得到评价指标体系的无量纲化^[6]，见表 2。

为消除各指标纲量不同所产生的影响，对评价指标体系中各分值进行无量纲化处理。该表数值范围在 0~1 之间，即当数值为 1 时表示最好，而数值为 0 时则表示最差^[7]。从表 2 中可以看出，从 1997—2006 年灌溉水利用系数、专业技术人员占员工比例、田间工程配套率、信息化管理程度、单位灌溉用水量收益、田间节水灌溉面积百分比、水价到位程度随着节水改造的不断完成，各指标大致成上升趋势；而工程陈旧率、收入支出比则随时间先增加，后减少的趋势，说明开始灌区基础建设很差，而后正在逐步跟进，节水改造投资逐渐增多。总体来看，灌区节水改造后综合效益显著，运行状况良好。

顺序，评价结果与灌区运行的实际情况基本相符。

2.4 灌区节水改造综合效益评价

根据灌区多年资料收集与整理，评价分析了 1997—2006 年灌区节水改造后的运行状况，总体看来随着该灌区不断加大节水改造投资力度，其灌区灌溉水效率和运行状况呈上升的趋势，同时也反映出灌区管理水平的提高和灌区农田水利基础条件进一步完善，社会效益、经济效益和生态效益显著，使得灌区正逐步向效益高、浪费少和灌溉质量优的良好方向发展。1997 年的运行状况较差，是由于灌区当时没有较完善的管理系统和较好的灌区农田水利设施，导致灌溉水利用率较低，灌区运行状况综合效益相对较差。灌区节水改造后，大部分渠道已衬砌，综合效益显著，管理系统逐渐完善，灌溉水效率和灌区运行状况明显提高。

3 结论与讨论

正确的评价方法对灌区节水改造后的运行状况评价至关重要。

预警;加强水库河道堤和分蓄滞洪区等水利基础设施建设,提高抵御极端气候等自然灾害的能力;加强农业土地资源的合理规划,在土地适宜性评价的基础上构建符合生态安全的土地利用格局。

参考文献:

- [1] Turner B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land-use and Land-cover Change, Science/Research Plan [A]. IGBP Report No 35 and HDP Report No 7[C]. Stockholm: IGBP, 1995.
- [2] 闫丹, Uwe A, Schneider, Erwin Schmid, 等. 未来气候变化对鄱阳湖区土地利用变化的影响评估[J]. 资源科学, 2013, 35(11): 2255-2265.
- [3] Dale V H. The relationship between land-use change and climate change[J]. Ecological applications, 1997, 7(3): 753-769.
- [4] Dilly O, Hüttl R F. Top-down and Europe-wide versus bottom-up and intra-regional identification of key issues for sustainability impact assessment[J]. Environmental Science & Policy, 2009, 12(8): 1168-1176.
- [5] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. science, 2005, 309(5734): 570-574.
- [6] Pielke R A. Land use and climate change[J]. Science, 2005, 310(5754): 1625-1626.
- [7] 张润森, 濮励杰, 刘振. 土地利用/覆被变化的大气环境效应研究进展[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(4): 123-128.
- [8] 刘纪远, 邵全琴, 延晓冬, 等. 土地利用变化对全球气候

影响的研究进展与方法初探[J]. 地球科学进展, 2001, 26(10): 1015-1022.

- [9] 毛慧琴, 延晓冬, 熊喆. 土地利用变化对气候影响的研究进展[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(4): 513-524.
- [10] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 254-261.
- [11] 高志强, 刘纪远. 1980—2000 年中国 LUCC 对气候变化的响应[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 865-872.
- [12] 韦振锋, 任志远, 张翀. 近 12 年广西植被覆盖与降水和气温的时空响应特征[J]. 水土保持研究, 2013, 20(005): 33-38.
- [13] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 254-261.
- [14] 王兮之, 梁钊雄, 周显辉, 等. 黄河源区玛曲县植被覆盖度及其气候变化研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 57-61.
- [15] 刘畅. 吉林省辽河流域生态环境因子时空变化及综合评价研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2013.
- [16] ERDASIMAGINE 遥感图像处理办法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [17] 金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [18] 赵玉萍, 张宪洲, 王景升, 等. 1982 年至 2003 年藏北高原草地生态系统 NDVI 与气候因子的相关分析[J]. Resources Science, 2009, 31(11): 1988-1998.
- [19] 李克让, 陈育峰, 黄玫, 等. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 57-63.
- [20] 魏书精, 孙龙, 魏书威, 等. 气候变化对森林灾害的影响及防控策略[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 36-40.

(上接第 103 页)

本文阐述了基于熵权的改进 TOPSIS 模型, 并将该方法应用于灌区运行状况评价中。由于熵权的确定对灌区运行状况评价的结果有显著影响, 本文运用改进的 TOPSIS 模型方法避免了权重确定的主观性^[8], 使求得的综合权重更加准确可信, 克服了单纯依赖专家意见打分或样本数据来确定指标体系权重的缺点。应用改进的 TOPSIS 模型法, 可以在一定程度上消除因各评价指标的相关性与容斥性对评价结果造成的影响。并且, 更好地分析出了灌区运行状况是否达到了预期效果。

目前, 适用于所有类型的灌区运行状况评价的标准还不成熟, 本研究设定的评价指标体系可能并不完全适用于所有灌区或对于其他灌区应该增加或减少某项评价指标, 因此, 如何确立一套完整且权威的灌区运行状况综合评价的标准还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 严以新, 杨邦杰, 李远华. 农田水利建设是农业增产之本

[J]. 中国发展, 2009, 9(2): 1-6.

- [2] 张会敏, 李占斌, 姚文艺, 等. 灌区续建配套与节水改造效果多层次多目标模糊平均[J]. 水利学报, 2008, 39(2): 212-217.
- [3] 方崇, 张春乐, 陆明本. 基于熵权的 TOPSIS 模型在右江灌区节水改造效益综合评价中的应用[J]. 节水灌溉, 2011(2): 52-54.
- [4] 柯劲松. 江西省大型灌区运行状况综合评价[J]. 中国农村水利水电, 2008(10): 64-68.
- [5] 姚杰, 郭宗楼, 陆琦. 灌区节水改造技术经济指标的综合主成分分析[J]. 水利学报, 2004, 35(10): 106-111.
- [6] 马涛, 迟道才, 郅君, 等. 改进的可拓评价模型在灌区综合评价中的应用[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(2): 127-130.
- [7] 李慧伶, 王修贵, 崔远来, 等. 灌区运行状况综合评价的方法研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 543-548.
- [8] 朱秀珍, 崔远来, 李远华, 等. 灌区运行状况综合评价权重系数的确定[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(1): 10-13.