

# 基于模糊综合评价法的精河流域上游灌区效益评价分析

雪新丽

(新疆双河勘测设计有限公司, 新疆博乐 833400)

**摘要:** 本文以灌区效益为总体目标, 以经济效益、社会效益和生态效益为子目标, 各目标下设指标数据, 建立了灌区效益评价指标体系, 以模糊综合评价法为求解途径, 建立了灌区效益的数学模型, 并以精河流域上游灌区为实例应用, 对2012-2016年灌区效益发展指标进行分析评价, 得到灌区效益逐年提高, 评价结果与实际相符, 该法对灌区效益的评价具有可靠性。

**关键词:** 模糊综合法; 灌区效益; 影响评价

灌区是农业和农村经济发展的重要基础, 也是保障粮食安全的重要基地, 近年来国家对灌区改造投入大量资金, 解决了灌区工程老化病险问题, 改善了灌区的农业生产条件, 整体提高灌区水资源利用效率和农业综合生产能力, 为乡村振兴、农业现代化、生态建设提供有力水利支撑。水利部提出“十四五”期间以推动节水灌区、生态灌区建设为主, 努力打造“节水高效、设施完善、管理科学、生态良好”的现代化灌区。因此, 准确评价灌区综合效益是实现灌区良性运行和可持续发展的重要手段, 需因地制宜的制定一套合理的灌区综合效益评价指标体系。

目前灌区综合效益评价的方法较多, 如灰色关联度法、模糊数学理论、改进的密切值法等方法<sup>[1-3]</sup>, 从经济、社会、生态、环境等方面对灌区效益进行分析评价。本文以精河流域上游灌区为例, 在灌区近五年的社会经济及用水效益等指标的基础上, 采用模糊综合评价法对灌区效益进行评价。评价结果可为灌区的管理规划及效益评估提供参考。

## 1 模糊综合评价法

模糊综合评价法是基于模糊数学的理论对评价对象进行客观公正的评价, 其原理是首先建立评价指标体系, 构建模糊矩阵, 其次确定各指标的权重, 进而根据多层复合运算确定评价等级。模糊综合评价法应用诸多领域, 如房地产项目、水质评价、多目标优先级评定等, 本次利用模糊综合评价法对灌区效益进行分析评价, 主要步骤如下<sup>[3]</sup>:

(1) 确定综合评价所涉及的因素集合, 即评价对象的因素集 $U$ ,  $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 。

(2) 确定评价等级的集合, 即评价对象的评语集 $V$ ,  $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ,  $n$ 为总的评价结果数, 一般划分为3-5个等级。

(3) 确定评价因素的权重向量, 即权重分配模糊矢量 $A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , 权重反映了各因素的重要程度, 对评价结果影响较大。本文采用层次分析法确定指标权重, 如要确定各子目标的权重即经济效益、社会效益和生态效益的权重, 通过比较两两效益指标的重要程度, 从而建立判断矩阵, 矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 对应的特征向量, 归一化后就是各指标的权重。同时, 应检验判断矩阵的合理性, 通过检验该权重分布较合理<sup>[4]</sup>。

(4) 进行单因素模糊评价确定隶属度矩阵 $R$ 。确定从单因素看被评价对象对各等级模糊子集的隶属度, 进而得到隶属度矩阵 $R$ , 见式(1)。隶属度矩阵 $R$ 的计算则是根据评价指标的数值大小与各指标分级标准进行计算, 如某一指标数值落在该指标对应分级标准I级和II级区间内, 则其隶属度函数为 $(x, 1-x, 0, 0, 0)$ , 根据该指标距离I级和II级标准的远近确定隶属度, 距离I级标准越近, 则落在I级的隶属度 $x$ 越大, 具体步骤详见文献<sup>[5]</sup>。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(5) 多指标综合评价。将模糊权矢量 $A$ 与模糊关系矩阵 $R$ 合成得到各被评价对象的模糊综合评价结果矢量 $C$ 。模糊综合评价模型见式(2)。

**作者简介:** 雪新丽, 本科, 工程师, 现从事水利水电工程设计。

$$C = A \cdot R = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

## 2 实例应用

### 2.1 灌区概况

精河流域上游灌区位于新疆博尔塔拉蒙古自治州精河县境内，地处天山北麓，准噶尔盆地西缘，东距精河县城28公里，西距博乐市78公里。灌区东西宽21公里，南北长22公里。灌区总播种面积19.22万亩，其中粮食作物面积0.6万亩，单产350kg/亩。棉花面积16.19万亩，籽棉单产300 kg/亩。油料作物面积0.23万亩，油料作物单产180 kg/亩。其他作物面积2.2万亩。

### 2.2 指标体系的建立

本次收集到精河流域上游灌区社会经济发展指标以及用水效率指标等，以此建立灌区效益评价的指标体系。以灌区效益为总目标，下设经济效益、社会效益和生态效益三个子目标，其中经济效益子目标又

有许多指标来体现，有渠系水利用系数 $B_{11}$ 、亩均用水量 $B_{12}$  ( $m^3/亩$ )、人均GDP  $B_{13}$  (万元/人) 以及单方水粮食产量 $B_{14}$  ( $kg/m^3$ ) 等。社会效益子目标采用万元GDP取水量 $B_{21}$  ( $m^3/万元$ )，人口自然增长率 $B_{22}$  ( $\%$ ) 以及节水灌溉比重 $B_{23}$  ( $\%$ ) 来表征。生态效益子目标采用地表水和地下水开采利用程度 ( $\%$ ) 来体现。灌区效益的评价指标体系见图1所示，2012–2016年精河流域上游灌区效益评价各指标值见表1。



图1 灌区效益评价的指标体系

表1 精河流域上游灌区不同年份各指标体系表

目标层	指标层	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
经济效益 $A_1$	渠系水利用系数 $B_{11}$	0.66	0.69	0.7	0.72	0.82
	亩均用水量 ( $m^3/亩$ ) $B_{12}$	471	457	460	452	460
	人均GDP (万元/人) $B_{13}$	3.0	3.7	4.5	5.2	5.3
	单方水粮食产量 ( $kg/m^3$ ) $B_{14}$	0.8	1.1	1.1	1.5	1.9
社会效益 $A_2$	万元GDP取水量 ( $m^3/万元$ ) $B_{21}$	900.1	720.1	722.7	613.3	619.0
	人口自然增长率 ( $\%$ ) $B_{22}$	2.7	-7.8	0.6	-2.9	2.5
	节水灌溉比重 ( $\%$ ) $B_{23}$	88.5	90	90	90.24	92.03
生态效益 $A_3$	地表水开发利用率 ( $\%$ ) $B_{31}$	34.29	32.75	32.67	29.95	26.34
	地下水开采率 ( $\%$ ) $B_{32}$	72.77	82.83	69.3	69.29	68.26

### 2.3 评价标准与等级

目前灌区效益评价标准没有统一的国家标准，参考《灌区规划规范》《大中型灌区标准化规范化管理指导意见》及多省份《灌区标准化规范化管理实施细则》等相关成果规定的灌区建设目标、效益目标，确定精河上游灌区效益评价指标等级，为 I – V 级，表示灌区综合效益低、较低、中等、较高、高。各指标分级标准详见表2。

### 2.4 评价模型的建立

以2012年为例，根据模糊评价法隶属度矩阵R的确定方法可得到2012年精河上游灌区各指标相对于分级标准的隶属度矩阵R。根据层次分析法得到各指标的权重A。

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.42 & 0.58 & 0 & 0 \\ 0 & 1.00 & 0 & 0 & 0 \\ 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.35 & 0.65 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.00 \\ 0 & 0 & 0 & 0.71 & 0.29 \\ 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

表2 灌区效益评价指标的分级标准

指标层	低	较低	中等	较高	高
	I	II	III	IV	V
B <sub>11</sub>	0	0.2	0.6	0.75	0.9
B <sub>12</sub>	550	500	450	400	350
B <sub>13</sub>	1	3	5	8	12
B <sub>14</sub>	0.8	1.2	1.5	1.8	2
B <sub>21</sub>	100	80	60	40	20
B <sub>22</sub>	10	8	6	4	2
B <sub>23</sub>	0	20	40	60	80
B <sub>31</sub>	100	80	60	40	20
B <sub>32</sub>	40	30	20	10	0

$$A = [0.09 \ 0.1 \ 0.08 \ 0.07 \ 0.1 \ 0.09 \ 0.20 \ 0.12 \ 0.15]$$

本次将各影响因素的评价等级加权平均来确定灌区效益的综合评价结果E。

即

$$C = A \cdot R = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{34} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

$$= [0.32 \ 0.12 \ 0.11 \ 0.15 \ 0.29]$$

$$E = CN^T = [0.32 \ 0.12 \ 0.11 \ 0.15 \ 0.29] \times (1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5)^T = 2.99$$

据此可得到2012年精河上游灌区效益综合评价值为2.99，位于2与3之间，说明2012年精河上游灌区效益处于较低与中等之间。同理可得到不同年份精河上游灌区效益综合评价值，详见表3。

表3 不同年份精河上游灌区效益综合评价值

年份	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
灌区效益评价值	2.99	3.16	3.19	3.34	3.49

### 2.5 结果分析

根据模糊综合法隶属度矩阵R与各指标权重A复合运算可得到精河流域上游灌区不同年份灌区效益评价结果。根据表3可知，2012–2016年灌区效益评价结果依次为2.99，3.16，3.19，3.34和3.49，其中评价结果值最大的是2016年，最小的是2012年，C值越大，灌区效益越好，越接近高效灌区。2012年灌区效益处

于较低与中等之间，2013年至2016灌区效益处于中等与较高之间，并且有持续升高趋势。

近年来，随着水利工程的大力发展，节水灌溉水平不断提高，渠道防渗技术不断加强，精河流域上游灌区效益总体逐年上升。同时可发现制约精河上游灌区发展的不利因素，如灌区地下水开采强度较高，五年平均开采率为72.5%，处于低效益区间；万元GDP取水量较大，五年均值为715m<sup>3</sup>/万元，用水效率不高，处于低效益区间。人均GDP较低，五年均值为4.34万元/人，处于较低效益区间。因此，可采取大力发展节水灌溉、节约用水、减少地下水的开采、提高水资源重复利用率及降低万元GDP用水量等措施提高灌区综合效益。

### 3 结语

本文以灌区效益为研究对象，提出经济效益、社会效益和生态效益为三个子目标，各目标下设指标数据，建立了灌区效益的评价指标体系，利用模糊综合评价法，确定灌区效益的评价指标体系与分级标准，构建灌区效益指标数理模型，以精河流域上游灌区为例，对2012–2016年灌区效益进行分析评价，得到的评价结果与实际相符。此外，根据权重分析结果，生态效益对灌区影响较大，减少地下水开采，保护地下水环境的可持续发展是提高灌区的综合效益及灌区的可持续发展的重要途径。

### 参考文献

- [1] 冯峰,许士国.基于模糊优选理论的水资源效益评价体系研究[J].水利水电科技进展,2008,28(2):35-38.
- [2] 刘思远.灰色关联度法对灌区综合效益影响评价研究[J].吉林水利,2019(5):25-28.
- [3] 叶澜涛,孙书洪,王仰仁,等.灌区用水效率与效益评价——以天津市里自沽灌区为例[J].中国农村水利水电,2011(2):105-108.
- [4] 雷宏军,刘鑫,徐建新,等.郑州市水资源可持续利用的模糊综合评价[J].灌溉排水学报,2008,27(2):77-81.
- [5] 张慧.基于模糊综合评价法的灌区灌溉用水效率分析[J].吉林水利,2020(2):56-59.