

大型灌区运行状况综合评价软件开发研究

胡建桥^{1,2}, 王锦辉³, 成自勇⁴, 薛连谦^{1,2}, 高 凯³

(1. 陇东学院土木工程学院, 甘肃 庆阳 745000; 2. 甘肃省高校黄土工程性质及应用省级重点实验室, 甘肃 庆阳 745000;
3. 西北综合勘察设计研究院, 陕西 西安 710003; 4. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 结合陕西省大型抽水灌区——交口抽渭的实际, 在对交口抽渭灌区全面调查基础上, 建立了 6 个一级指标, 27 个二级指标的评价指标体系, 运用 G1 法和变异系数法分别确定出主、客观权重, 再运用博弈论法将主、客观权重进行融合、集化, 最终确定出一组合理的综合权重。采用灰色关联理论的理想解法对交口抽渭灌区运行状况进行综合评价, 并开发出大型灌区运行状况综合评价的计算软件, 以交口抽渭为实例进行验证, 评价软件结果显示: 交口抽渭灌区在 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 年的相对贴近度分别为 0, 0.1166, 0.2468, 0.4275, 0.6102, 0.7783, 运行状况级别分别为差、中等、中等、良好、良好、良好。其评价结果与实际计算结果基本一致, 即随着时间的推移, 交口抽渭灌区评价级别从差逐渐变为良好, 运行状况越来越好, 这也符合交口抽渭灌区的客观实际和发展规律。大型灌区运行状况综合评价软件评价结果可靠, 可大幅度提高灌区综合评价的效率。

关键词: 大型灌区; 运行状况; 综合评价; 灰色关联理论的理想解法; 计算软件

中图分类号: S274.3 **文献标志码:** A

Development research of the comprehensive evaluating software for operation condition of large-scale irrigation district

HU Jian-qiao^{1,2}, WANG Jin-hui³, CHENG Zi-yong⁴, XUE Lian-qian^{1,2}, Gao Kai³

(1. Civil Engineering Institute, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China;
2. Provincial Key Laboratory of Loess Engineering Properties and Applications, Qingyang, Gansu 745000, China;
3. Northwest Survey and Design Institute, Xi'an, Shaanxi 710003, China;
4. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Combined with the actual condition of Jiaokou large-scale irrigation district (ID) pumping Weihe River in Shaanxi Province, based on the overall survey, established the evaluation index system as 6 first-level indicators and 27 secondary indicators, utilized the G1 method and variation coefficient method to determine the subjective and objective weights respectively, and then utilized the game theory to fuse and gather the subjective and objective weights, finally determined a set of reasonable comprehensive weights. Using the ideal solution method of the grey relation theory, carried out the comprehensive evaluation for the operation condition of Jiaokou ID, and developed the calculating software of comprehensive evaluation for the operation situation in a large-scale ID. Taking the Jiaokou ID as the case study, carried out the test and verify. The evaluation software results showed that in 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 and 2012, the relative closeness degree in Jiaokou were 0, 0.1166, 0.2468, 0.4275, 0.6102 and 0.7783 respectively, and the operation status levels were poor, medium, medium, good, good and good, respectively. The evaluation results were basically in accordance with the actual calculated results. With time going, the evaluation level was gradually improved from poor to good and operation condition was better and better in Jiaokou ID. Which was also in accord with the objective reality and the developing rule in this ID. irrigation district The comprehensive evaluation software evaluation results for operation condition in large-scale ID was reliable and correct, it can be greatly improved the efficiency of comprehensive evaluation in irrigation district.

Keywords: large-scale irrigation district; operation condition; comprehensive evaluation; ideal solution of the grey relation theory; calculation software

收稿日期: 2016-02-18
基金项目: 甘肃省庆阳市科技局青年科技基金项目(ZJ2014-08); 庆阳市西峰区科研基金项目(2013-8); 陕西省水利科技项目(2011-8)
作者简介: 胡建桥(1987—), 男, 甘肃庆阳人, 讲师, 主要从事水工结构及水资源优化配置等研究。E-mail: 57268785@qq.com。
通信作者: 王锦辉(1989—), 男, 陕西岐山人, 硕士, 主要从事水资源评价与土地整理方面的研究。E-mail: 460033572@qq.com。

大型灌区水源相对稳定,具有相对完善的田、水、路、林、村、电等配套基础设施,有利于促进大型灌区所属区域渔业、牧业、林业和农业的发展。大型灌区不仅在农业发展中发挥着基础设施的作用,还带动着与农业相关的其它产业的发展,对当地农村经济与社会的发展繁荣有很大的促进作用。陕西省共有12个大型灌区,有效灌溉面积约801.01万 hm^2 ,是陕西省主要的粮棉油果菜生产基地。大型灌区不仅担负着农田灌溉任务,而且部分灌区水源还担负着向城镇和工矿企业供水的任务。2004年大型灌区提供的供水量为1865亿 m^3 ,约占全国供水总量的1/3,其灌溉用水量达到1373亿 m^3 ^[1],约为全国灌溉用水总量的38%^[2]。但由于年久失修,加上多年来资金投入不足,管理体制不顺等原因,目前我国大部分灌区存在的主要问题有工程建设标准低^[3]、灌排设施老化损坏严重、灌溉可利用水量减少、灌溉技术落后、灌区工程建设缺乏合理的规划、水价制度不健全、农田生态环境问题突出等^[4]。所以,需要对大型灌区运行状况进行综合评价,以诊断出其存在的问题。

美国农业部推荐了几种节水灌溉系统评价的方法,即根据系统的灌水强度、灌水深度、系统的供水能力、灌水均匀度、水量损失、管网造价与能耗以及灌水可能对作物产生的损害等7个方面进行评价。2007年Lilienfeld A等^[5]用数据包络法对美国堪萨斯农业灌溉弃水进行了估算研究。2008年Komaragiri Srinivasa Raju A. Vasan用多指标效用理论对灌溉系统进行了评估,取得了良好的效果。H. Okada等用层次分析法对灌区工程改造进行了分析研究。国内外广泛运用的评价大型灌区运行状况的方法,如层次分析法^[6]、可拓评价法^[7]、生态足迹法^[8]、数据包络法^[5]、人工神经网络法等^[9],这些方法计算过程都比较复杂繁琐。本文结合陕西大型灌区的实际,采用灰色关联理论的理想解法对大型抽水灌区交口抽渭的运行状况进行客观的综合评价,并开发出大型灌区运行状况综合评价的计算软件,可大幅度提高灌区综合评价的效率,使大型灌区可持续健康稳定发展。

1 评价软件开发的目标及原则

大型灌区运行状况综合评价软件是针对整个大型灌区运行状况数据信息收集、处理、浏览和管理的数据库系统。对其资料收集、计算和管理是其基本功能,为了能够充分节约评价时间,提高评价效率,并使评价计算标准化,建立了大型灌区运行状况综

合评价功能模块,形成数据库和运行状况综合评价的综合系统^[10-11]。为了达到软件预期的功能,该软件的开发还应遵循以下原则:

(1) 专一性原则

要系统、全面地收集、整理、挖掘大型灌运行状况综合评价的相关数据、参考文献等资料。

(2) 安全可靠性能原则

保障数据信息的安全可靠是数据库系统的重要功能,而数据信息的可靠性是数据库内数据信息存储、处理以及利用的前提。

2 评价软件开发平台、运行环境及结构

(1) 开发平台

开发平台的选择及开发语言的熟练应用是该评价软件设计和代码实现的前提。VB(Visual Basic)是Microsoft公司推出的基于Basic语言的可视化编程环境,以其简单易学、功能强大而备受广大电脑爱好者青睐。VB具有面向对象的可视化设计工具、面向工具的设计方法、结构化的程序设计语言、事件驱动的编程机制、支持动态数据交换技术等特点。因此,该软件的编写采用VB语言。

(2) 运行环境

软件运行环境采用WindowsXP或Windows 7和8系统。

(3) 评价软件结构

大型灌区运行状况综合评价软件结构思路图:以灰色关联理论的理想解法^[13]为例,见图1。

3 评价软件功能介绍

3.1 评价软件的主界面

大型灌区运行状况综合评价软件的主界面如图2,主菜单包括三种类型的大型灌区即自流灌区、抽水灌区、井渠双灌灌区。遵循系统性与层次性相结合原则、代表性与独立性相结合原则、动态性与静态性相结合原则、定量与定性相结合原则、可操作性与指导性相结合原则,采用综合法、分解法和交叉法相结合的方法,确定大型灌区6个一级指标,27个二级指标,还有各类灌区各级指标权重的计算。在二级指标中,每个指标值都有其各自的计算公式,通过输入灌区资料的基础数据即可得到各指标值。通过G1法^[13-14]及变异系数法^[15-16]分别计算出各级指标的主观权重和客观权重,再用博弈论法^[17-18]对其进行集合,使得到的综合权重更加准确、可靠。该软件的主界面反映了该软件的主要功能。

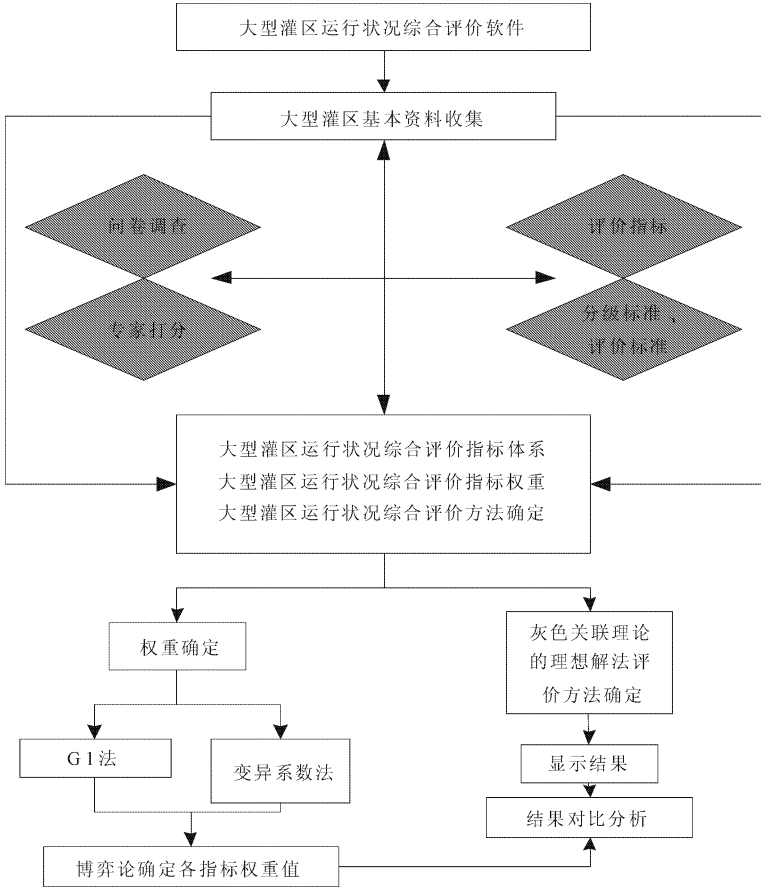


图 1 大型灌区运行状况综合评价软件结构图

Fig.1 The structure diagram of the comprehensive evaluation software for operation condition in large-scale ID



图 2 大型灌区运行状况综合评价软件主界面

Fig.2 The main interface of comprehensive evaluation software for operation condition in large-scale ID

3.2 大型灌区运行状况综合评价

交口抽渭灌区主要工程由渠首枢纽、各级泵站、配电系统、灌溉渠系、排水沟系等组成。枢纽工程由进水闸、一级泵站和河道控导工程三部分组成。灌区共建有抽排水泵站 31 座,安装机组 137 台(套),

总装机容量 2.96 万 kW。其中抽灌泵站 25 座,安装机组 108 台,总装机容量 2.49 万 kW。灌区分八级抽水,累计净扬程 86.25 m(总扬程 39.2 m);沿渭河左岸建有排水泵 5 座,主要用于排出灌区内排水系统汇集的地下水,消除内涝灾害。

灌区灌溉渠系和排水沟系设置完善。其中灌溉渠系分为干(分干)、支(分支)、斗、分、引五级,建有总干渠 1 条,长度 36.2 km;分干渠 4 条,长度 55.7 km;事故退水渠 1 条,长度 5.2 km;支渠 34 条,长度 250.5 km;干支渠建筑物 1 714 座。建有田间斗渠 501 条,长度 935 km;分渠 4 944 条,长度 2 040 km。灌区排水系统由相排、西排、东排、孝排、南排及直排六大排水系统组成,共有干沟 4 条,长度 87.05 km;支沟 55 条,长度 323.01 km;干支沟各类建筑物 1 802 座,排水干支沟控制排水面积 $8.047 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。修建分毛沟 592 条,长 660.65 km,分毛沟建筑物 2 018 座。

在各灌区分析研究基础上,以陕西省交口抽渭灌区运行状况为例^[19],对灌区运行状况运用软件进行评价研究。

表 1 大型灌区运行状况综合评价指标体系

Table 1 The index system for comprehensive evaluation of operation condition in large-scale ID

一级指标(准则层) First level index (rule layer)	指标编号 Index number	二级指标(指标层) Secondary level index (index layer)	单位 Unit
水源保证情况 Assurance of water resources	1	供水保证率 Water supply assurance	%
	2	单位控制面积供水量 Water supply volum for unit control area	$\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$
工程配套率 Engineering matching rate	3	渠道配套率 Channel matching rate	%
	4	建筑物配套率 Structure matching rate	%
	5	排水沟配套率 Drainage matching rate	%
工程完好率 Engineerig intact rate	6	渠道衬砌完好率 Channel lining intact rate	%
	7	建筑物完好率 Structure intact rate	%
	8	抽水站机电设备完好率 Pumping station electrical and machinery equipments intact rate	%
	9	机井完好率 Machine well intact rate	%
管理措施指标 Management measures index	10	灌溉管理人员业务素质 Professional quality for irrigation management persons	%
	11	灌溉水费实收率 Real collecting rate for Irrigation water price	%
	12	农民用水协会参与率 Farmers participating rate for Water User Association(WUA)	%
	13	单位员工管理面积 Management area per staff	$\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$
	14	政府支持程度 The government support degree	%
节水节能与增产指标 Water-saving and energy-saving and increasing production index	15	节水灌溉面积占有率 Water-saving irrigation area rate	%
	16	灌溉渠系水利用系数 Water use coefficient for irrigation canal system	%
	17	灌溉水利用系数 Irrigation water use coefficient	%
	18	泵站抽水节能指标 Energy-saving index for pumping station	$\text{kW} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kt}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
	19	灌溉水分生产效率 Irrigation water production efficiency	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
	20	灌区农民人均纯收入 Farmer net income per capita in ID	元
	21	灌区收入支出比 Income and expenditure rate in ID	%
	22	水费收入占总收入比例 Water fee accounted ratio for whole revenue	%
生态环境指标 Ecological and environmental index	23	灌溉水质达标率 Irrigation water quality up to standard rate	%
	24	地下水相对埋深 The relative groundwater table	m
	25	生态用水满足率 The satisfied rate for cological water	%
	26	盐碱化面积占有率 Salinization area shared rate	%
	27	灌区涝渍化面积占有率 Waterlogged area shared rate in ID	%

3.2.1 各级指标评价价值 以大型抽水灌区交口抽渭运行状况综合评价中的 2007 年节水节能与增产情况为例进行软件开发研究,各二级指标分别输入该交口抽渭灌区运行状况综合评价的实际资料,如图 3 所示。截图时只以软件的功能界面为主,而评价过程内嵌在运行程序中。

3.2.2 各级指标权重计算 该软件开发中在后台运行计算过程中嵌入 G1 法、变异系数法以及博弈论方法,即用 G1 法和变异系数法分别确定出主、客观权重,再用博弈论法将主、客观权重进行融合、集

化,最终确定出一组合理的综合权重。以大型抽水灌区中的交口抽渭灌区为例,对其一级权重值进行计算运行,其计算界面如图 4 所示。同理,可以用该软件计算出三类典型灌区(大型自流灌区、大型抽水灌区、大型井渠双灌灌区)中的一级指标权重值、二级指标权重值。

二级指标权重值计算如上,以节水节能与增产情况为例,为了方便对比分析,在数据库中存储了各级权重计算的结果,以抽水灌区交口抽渭灌区为例,其二级权重结果如图 5 所示。

表 2 交口抽渭灌区指标实际值

Table 2 The actual value of index in Jiaokou ID pumping Weihe River

二级指标(指标层) Secondary index (index layer)	评价年份指标实际值 Actual value of index in evaluation years					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
供水保证率 Assurance rate for water supply/%	61.50	63.50	67.50	69.00	73.00	75.50
单位控制面积供水量 Water supply volume for unit control area/(m ³ ·hm ⁻²)	1900.00	2125.00	2225.00	2350.00	2450.00	2537.50
渠道配套率 Channel matching rate/%	62.80	68.10	74.90	77.80	82.80	84.80
建筑物配套率 Structure matching rate/%	66.00	71.25	72.75	76.00	80.25	83.25
排水沟配套率 Drainage matching rate/%	59.25	63.75	69.00	74.25	79.50	84.75
渠道衬砌完好率 Channel lining intact rate/%	57.00	63.00	69.00	74.25	77.25	81.00
建筑物完好率 Structure intact rate/%	64.50	71.25	72.75	77.25	78.75	81.75
抽水站机电设备完好率 Electrical and mechnary equipments intact rate in pumping station/%	63.00	64.50	66.75	70.50	73.50	78.75
机井完好率 Mechine well intact rate/%	54.75	58.50	60.75	63.75	69.00	74.25
灌溉管理人员业务素质 The professional quality for irrigation management staff/%	60.50	62.00	67.50	71.50	75.50	77.00
灌溉水费实收率 Real collecting rate for irrigation water fee/%	77.50	79.50	80.50	84.00	86.50	87.00
农民用水协会参与率 Farmers participating rate for WUA/%	39.70	41.80	43.00	45.50	47.00	49.30
单位员工管理面积 Management area per staff/(hm ² ·人 ⁻¹)	90.00	107.50	130.00	142.50	147.50	158.00
政府支持程度 The government support degree/%	40.50	42.90	46.00	48.00	50.50	52.00
节水灌溉面积占有率 Water-saving irrigation area shared rate/%	37.50	44.50	47.50	48.50	49.00	51.00
灌溉渠系水利用系数 Water use coefficient for irrigation canal system/%	51.50	55.50	56.50	59.00	62.00	66.00
灌溉水利用系数 Irrigation water use coefficient/%	43.00	46.00	51.50	54.50	56.00	58.00
泵站抽水节能指标 Energy-saving index in pumping station/(kW·h ⁻¹ ·kt ⁻¹ ·m ⁻¹)	1.11	0.80	0.49	0.29	0.21	0.15
灌溉水分生产效率 Irrigation water production efficiency/(kg·m ⁻³)	1.04	1.22	1.24	1.38	1.60	1.73
灌区农民人均纯收入 Farmer net income per capita in ID/元	1677.00	2173.50	2434.50	2866.00	3072.50	3219.00
灌区收入支出比 Income and expenditure ratio in ID/%	68.70	74.30	79.10	76.80	79.40	85.10
水费收入占总收入比例 Water fees accounted ratio for gross revenue/%	49.00	55.50	58.00	62.00	66.50	68.00
灌溉水质达标率 Irrigation water quality up standard rate/%	63.00	69.00	74.25	75.75	80.25	85.50
地下水相对埋深 The relative groundwater table/m	2.37	2.01	1.54	1.35	1.29	1.10
生态用水满足率 Satisfied rate for ecological water/%	63.50	67.00	69.50	72.00	73.00	76.00
盐碱化面积占有率 Salinization area shared rate/%	10.13	6.44	3.89	3.07	2.76	2.29
灌区涝渍化面积占有率 Waterlogged area shared rate in ID/%	10.76	8.66	9.00	7.69	6.57	5.63

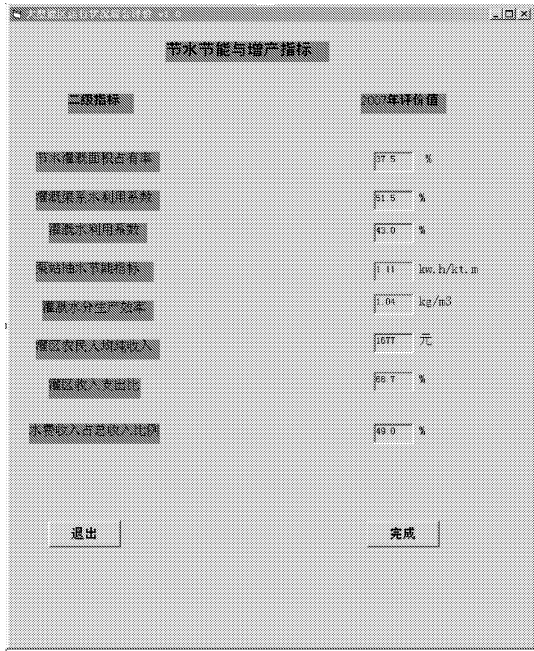


图 3 交口抽渭灌区 2007 年节水节能与增产情况评价界面

Fig.3 The evaluation interface for water-saving, energy-saving and increasing production in 2007 of Jiaokou ID

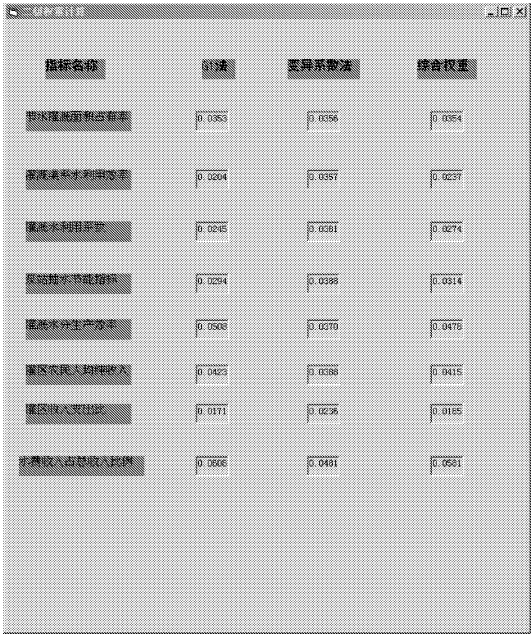


图 5 交口抽渭灌区二级指标权重计算界面

Fig.5 The weight calculation interface of secondary index in Jiaokou ID

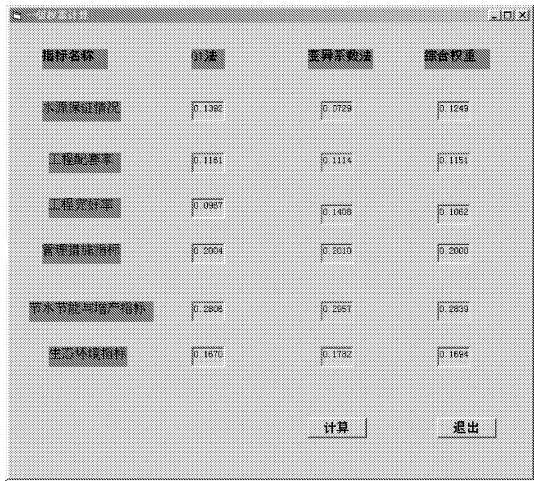


图 4 交口抽渭灌区一级指标权重计算界面

Fig.4 The weight calculating interface of first level index in Jiaokou ID

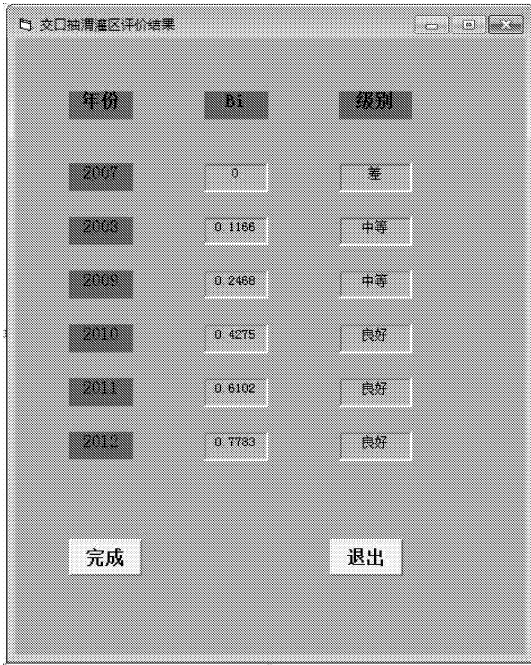


图 6 交口抽渭灌区评价结果计算界面

Fig.6 The calculation interface of evaluation results in Jiaokou ID

3.2.3 评价结果计算 该软件开发中在后台运行计算过程中嵌入灰色关联理论理想解法的计算程序,以大型抽水灌区中的交口抽渭灌区为例,可以得到交口抽渭灌区在 2007 年—2012 年的评价结果相对贴进度 Bi 和级别,见图 6。

从图 6 和表 4 都可以看出:随着年份的持续,相对贴进度呈逐步上升趋势,说明交口抽渭灌区运行状况随时间持续越来越好。其中 2007 年交口抽渭灌区综合运行状况评价级别为差,2008—2009 年运

行状况评价级别为中等,2010—2012 年灌区运行状况评价级别为良好,且从 2009 年以后,相对贴进度的增长幅度较大,表明灌区的运行状况好转的速度越来越快。这是因为自 1999 年以来,持续地对灌区进行了续建配套与节水改造,其中包括水源工程、输水设施、基础设施和配水系统等方面,同时对灌区的

运行管理力度也不断加强,将现代化的信息技术投入管理之中,对灌区生态环境的重视程度也逐步提高,节水改造措施的实施使得灌溉水利用率逐步提高。这些综合措施的实施使得灌区的运行状况朝着健康的方向发展。

表 3 交口抽渭灌区实际计算的指标权重值
Table 3 The actual calculated weight values of index in Jiaokou ID

一级指标(准则层) First level index (rule layer)	二级指标(指标层) Secondary index (index layer)	主观权重 Subjective weight	客观权重 Objective weight	综合权重 Comprehensive weight
水源保证情况 Assurance for water resources (0.1249)	供水保证率 Water supply assurance rate	0.0633	0.0376	0.0578
	单位控制面积供水量 Water supply volume for unit control area	0.0759	0.0353	0.0671
工程配套率 Engineering matching rate (0.1151)	渠道配套率 Channel matching rate	0.0459	0.0378	0.0442
	建筑物配套率 Structure matching rate	0.0319	0.0281	0.0311
	排水沟配套率 Drainage matching rate	0.0383	0.0455	0.0399
工程完好率 Engineering intact rate (0.1062)	渠道衬砌完好率 Channel lining intact rate	0.0180	0.0440	0.0236
	建筑物完好率 Structure intact rate	0.0216	0.0280	0.0230
	抽水站机电设备完好率 Electrical and mechnary equipments intact rate in pumping station	0.0312	0.0293	0.0308
	机井完好率 Mechine well intac rate	0.0259	0.0395	0.0288
管理措施指标 Management measure index (0.2000)	灌溉管理人员业务素质 The professional quality for irrigation management staff	0.0388	0.0473	0.0406
	灌溉水费实收率 Real collecting rate for irrigation water fees	0.0558	0.0247	0.0491
	农民用水协会参与率 Farmers participating rate for WUA	0.0324	0.0275	0.0313
	单位员工管理面积 Management area per staff	0.0269	0.0387	0.0294
	政府支持程度 The government support degree	0.0465	0.0628	0.0500
节水节能与增产指标 Water-saving and energy-saving saving and increasing production index (0.2839)	节水灌溉面积占有率 Water-saving irrigation area shared rate	0.0353	0.0356	0.0354
	灌溉渠系水利用系数 Water use coefficient for irrigation canal system	0.0204	0.0357	0.0237
	灌溉水利用系数 Irrigation water use coefficient	0.0245	0.0381	0.0274
	泵站抽水节能指标 Energy-saving index of pumping station	0.0294	0.0388	0.0314
	灌溉水分生产效率 Irrigation water production efficiency	0.0508	0.0370	0.0478
	灌区农民人均纯收入 Farmer net income per capita in ID	0.0423	0.0388	0.0415
	灌区收入支出比 Income and expenditure ratio in ID	0.0171	0.0236	0.0185
	水费收入占总收入比例 Water fee income accounted ratio for whole revenue	0.0608	0.0481	0.0581
生态环境指标 Ecological environmental index (0.1694)	灌溉水质达标率 Irrigation water quality up standad rate	0.0324	0.0359	0.0332
	地下水相对埋深 The relative groundwater table	0.0388	0.0365	0.0383
	生态用水满足率 The satisfied rate for ecological water	0.0465	0.0299	0.0429
	盐碱化面积占有率 Salinization area shared rate	0.0224	0.0445	0.0272
	灌区涝渍化面积占有率 Waterlogged area shared rate in ID	0.0269	0.0314	0.0279

注:表中括号里数值表示一级权重值。
Note: The value in the bracket in the table indicate primary index weight values.

通过大型灌区运行状况综合评价软件计算得出的交口抽渭灌区结果与表 3、表 4 实际计算的结果比较,可以看出评价软件计算结果与实际计算结果一致,提高了灌区运行状况综合评价的效率。

表 4 交口抽渭灌区在不同年份实际计算的评价结果

Table 4 The actual calculated evaluation result in different years in Jiaokou ID

年份 Year	相对贴近度 Bi	级别 Level	排序 Rank
2007	0.0000	差 Poor	6
2008	0.1166	中等 Medium	5
2009	0.2468	中等 Medium	4
2010	0.4275	良好 Good	3
2011	0.6102	良好 Good	2
2012	0.7783	良好 Good	1

4 结论和讨论

(1) 目前,可用于大型灌区运行状况综合评价研究的方法较多,每种方法都存在自身的优点和缺陷。运用各种不同的评价方法模型,虽然得到的评价结果大致相同,但其评价结果所体现的侧重点有所不同,所以运用不同评价方法所得到的评价结果反映灌区存在的问题也有一定的差异。对于哪种方法最适合灌区评价还需进一步研究。此外,对灌区运行状况进行综合评价的计算过程都比较复杂,急需开发大型灌区运行状况综合评价软件。

(2) 本文结合陕西省交口抽渭灌区的实际,在全面调查基础上,建立了 6 个一级指标,27 个二级指标的评价指标体系,运用 G1 法和变异系数法分别确定出主、客观权重,再用博弈论法将主、客观权重进行融合、集化,最终确定出一组合理的综合权重。采用灰色关联理论的理想解法对交口抽渭灌区运行状况进行客观的综合评价,并开发了适合三类典型灌区(自流灌区、抽水灌区、井渠双灌灌区)的运行状况综合评价软件。通过实例验证,可以看出评价软件计算结果与实际计算结果基本一致,说明该软件较可靠,提高了灌区运行状况综合评价的效率。以后应结合不同的评价方法努力研究开发操作性较

好的计算机软件,方便灌区综合评价者的使用,并在实际应用中验证大型灌区运行状况综合评价软件的正确性。

参 考 文 献:

[1] 吴景社,李久生,李英能,等.21 世纪节水农业中的高新技术重点研究领域[J].农业工程学报,2000,16(1):9-13.

[2] 张新玉.水利投资效益评价理论、方法与应用[D].南京:河海大学,2002.

[3] 胡毓骐,李英能.华北地区节水型农业技术[M].北京:中国农业科技出版社,1995.

[4] 钱正英,张光斗.中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告[M].北京:中国水利水电出版社,2001.

[5] Lilienfeld A, Asmild M. Estimation of excess water use in irrigated agriculture: A data envelopment analysis approach[J]. Agricultural Water Management,2007,94(1):73-82.

[6] 舒卫萍,崔远来.层次分析法在灌区综合评价中的应用[J].中国农村水利水电,2005,(6):109-111.

[7] 迟到才,马 涛,李 松.基于博弈论的可拓评价方法在灌区运行状况评价中的应用[J].农业工程学报,2008,24(8):37-39.

[8] Wackernagel M. Why sustainability analyses include biophysical assessments[J]. Ecological Economisc,1999,(29):13-15.

[9] 宋松柏,蔡焕杰.区域水资源可持续利用评价的人工神经网络模型[J].农业工程学报,2004,20(6):89-92.

[10] 史纪安.江河源区生态环境质量评级及数据库研建[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.

[11] 杨春霞.城市地质环境数据库设计与应用研究——以浙江义乌市为例[D].南京:南京师范大学,2006.

[12] 谢 芳.大型自流渠灌区运行状况的综合评价研究——以陕西洛惠灌渠区为例[D].西安:西安理工大学,2014.

[13] 迟国泰,祝志川,张玉玲.基于熵权 - G1 法的科技评价模型及实证研究[J].科学学研究,2008,26(6):1210-1220.

[14] 王学军,郭亚军.基于 G1 法的判断矩阵的一致性分析[J].中国管理科学,2006,14(3):65-70.

[15] 郭文强,安裕伦,刘世曦.基于变异系数法的贵州省石漠化驱动力研究[J].安徽农业科学,2011,39(15):9158-9159,9223.

[16] 高早亮.基于变异系数法的黑龙江省高新区竞争力综合评价[J].经济师,2012(2):219-220.

[17] 李建平,徐伟宣,石 勇.基于主成分线性加权综合评价的信用评分方法及应用[J].系统工程,2004,22(8):64-68.

[18] 朱小娟,程从从.Rough 集综合评价法在评标决策系统中的应用[J].计算机与现代化,2009,(1):126-129.

[19] 陕西省水利厅.陕西省水利统计年鉴(2005 - 2012)[R].西安:陕西省水利厅,2012.