

大型灌区节水改造经济评价

洪 林¹,熊玉江¹,吕 娟¹,牛起飞²,李远华³

(1. 武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室,湖北 武汉 430072;

2. 中国水利水电科学研究院,北京 100044; 3. 水利部农水司,北京 100053)

摘 要:根据所收集大型灌区节水改造相关资料,以层次分析法和模糊数学理论为基础建立了大型灌区节水改造经济评价模型。在此评价模型中,利用层次分析法建立了大型灌区节水改造投资效益分析的谱系结构,并根据模糊数学确立相应的大型灌区节水改造投资效益评价指标体系及其参数。最后利用模型对我国中、西部典型灌区——韶山灌区和青铜峡灌区节水改造进行了经济评价,并对评价结果进行了讨论,说明了模型和方法的有效性,同时说明了我国西部大开发的必要性。

关键词:大型灌区;节水改造;经济评价;韶山灌区;青铜峡灌区

中图分类号:F303.1 **文献标识码:**A

Economic Evaluation of Large-scaled Irrigation District Water-Saving Rehabilitation Projects in China

HONG Lin¹, XIONG Yu-jiang¹, L V Juan¹, NIU Qi-fei², LI Yuan-hua³

(1. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Science, Wuhan University, Wuhan 430072;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower, Beijing 100044; 3. China Ministry of Water Resources, Beijing 100053)

Abstract: Through investigation of water-saving rehabilitation projects of large-scaled irrigation districts in China, an economic evaluation model of large-scaled irrigation district water-saving rehabilitation projects is proposed according to Analytical Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy theories. In the model, a hierarchical structure is established according to AHP method, and an evaluation indicator system is designed based on Fuzzy theory. The model is applied in two typical irrigation districts in China—Shaoshan Irrigation District in Hunan Province and Qingtongxia Irrigation District in Ningxia, and the results of evaluation are discussed to testify the validity of the model.

Key words: large-scaled irrigation district; water-saving rehabilitation; economic evaluation; Shaoshan irrigation district; Qingtongxia irrigation district

0 引 言

大型灌区是我国农业和农村经济发展的重要基础设施,是粮、农、油等农产品的生产基地,还肩负着城乡生活、工业、企业 and 环境供水的重要作用。但是,我国灌区“先天不足,后天失调”,存在很多问题。例如,灌区水资源匮乏,工程老化失修严重等等^[1]。为了解决上述问题,我国从 1998 年开始实施大型灌区续建配套与节水改造工程。截止到 2004 年,国家共安排 255 个大型灌区项目建设,总投资 135.5 亿元,其中中央国债

资金 74.4 亿元,地方应配套资金 61.1 亿元。项目建设安排投资占骨干工程改造规划投资的 16.5 %^[2]。

项目已经实施将近 10 年,为了全面的总结大型灌区续建配套与节水改造项目建设的经验和教训,科学评价取得的成效与存在的问题,合理调整大型灌区节水改造的目标、布局、投资方向,对大型灌区节水改造工程进行研究就显得十分必要和迫切。目前我国对于大型灌区节水改造投资效益分析主要呈现两个特点:对象单一性。即当前人们对于大型灌区节水改造投资效益分析的对象往往只是单个灌区^[3-6]。这虽然比较真

收稿日期:2008-11-10

基金项目:国家自然科学基金重点项目(50639040);国家高技术研究发展计划(“863”计划)(2006AA06Z362);湖北省自然科学基金(2005ABA290)。

作者简介:洪 林(1963-),女,教授,博士。

实的反映了灌区的情况,但缺乏横向比较,也不利于评价方法的推广及规范化;定性分析居多,不能完全反映节水改造工程的作用。由于灌区节水改造所涉及的内容比较广泛,评价分析层次较多,故有些评价指标的定量较为困难。

本文建立了大型灌区节水改造投资效益分析模型,并对典型灌区进行求解计算,得出了相关结论。对定量分析大型灌区节水改造投资效益进行一些探索。

1 大型灌区节水改造投资效益分析模型

1.1 灌区节水改造投资与效益评价指标体系的建立

灌区节水改造投资与效益评价指标体系主要分为投资评价指标与效益评价指标两大类。

1.1.1 灌区节水改造投资评价指标

灌区节水改造投资是指为了灌区续建配套与节水改造工程而投入的一切人、财、力等。经分析后,可用投资节省额(B_1)作为灌区节水改造投资的评价指标。

1.1.2 灌区节水改造效益评价指标

对于灌区改造项目来说,其效益评价指标包括两层4个部分,即新增灌溉面积指标、水利用系数指标、节水能力指标和促进农业生产及经济指标。

(1)新增改善灌溉面积指标(C_1)。用新增(恢复)灌溉面积 D_1 、改善灌溉面积 D_2 等两项作为此级的评价指标。

(2)水利用系数指标(C_2)。用灌溉水利用系数增加量 D_3 、渠系水利用系数增加量 D_4 作为此级的评价指标。

(3)灌区节水能力指标(C_3)。用平均灌溉用水减少量 D_5 、灌区年节水量 D_6 作为灌区节水能力指标。

(4)农业生产及经济指标(C_4)。用以下4项作为农业生产及经济指标:平均粮食增加量 D_7 、新增粮食生产能力 D_8 、农业总产值增加量 D_9 和农民人均纯收入增加量 D_{10} 。

1.1.3 灌区节水改造投资与效益评价指标体系

节水改造投资与效益评价指标体系谱系结构见图1。

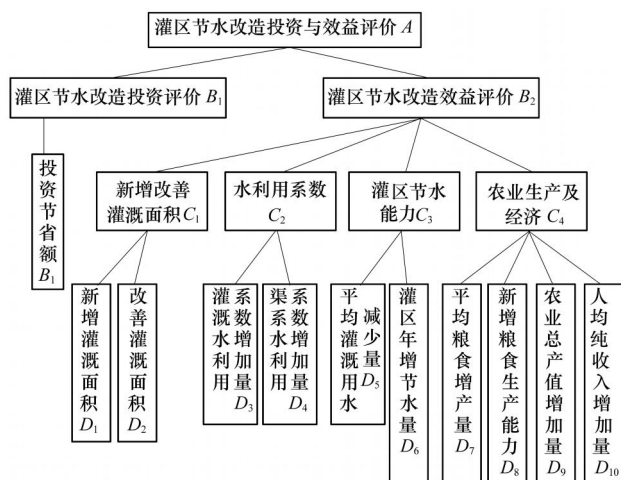


图1 灌区节水改造投资与效益评价指标体系谱系结构图

1.2 灌区节水改造投资与效益评价指标值的确定

灌区节水改造投资效益评价指标体系建立后,就面临着如何确定指标值的问题。对于本研究来说,所有的指标均为定量指标。指标体系中的定量指标,大多具有不可公度的特点。为

了便于应用综合评价方法进行评价,必须对各指标值作统一的处理。处理的方法可采用隶属函数法,对各指标的全部定量指标进行规范化换算,统一换算到 $[0,1]$ 范围^[7]。

给定论域 U , A 是 U 的一个模糊集,如果对于任意的 $x \in U$,都能确定一个 $\mu_A(x) \in [0,1]$,用以表示 x 隶属 A 的程度。这意味着做出了一个映射:

$$\mu_A(x): \rightarrow [0,1]$$

$$x \rightarrow \mu_A(x) \quad (1)$$

这个映射称为 A 的隶属函数。 $\mu_A(x)$ 称为 U 中的元素 x 对模糊集 A 的隶属度。灌区节水改造投资效益指标既有“正向目标”型(指目标值越大越优型)也有“逆向目标”型(指目标值越小越优型),还有“适中目标”型(指目标数值越接近某个数值越优型)。将指标评价因素特征值转化为相应的隶属度,常用的隶属曲线有正态分布型、 k 次抛物线型、哥西分布型、三角形分布型等。在上述隶属度函数种,一定要注意指标值的取值范围。采用全国实施节水改造的各大型灌区指标的最大值和最小值(有一些采用了理论上的最小值)^[2],作为取值区间的两个端点,从而确定了隶属函数的参数。通过对灌区节水改造投资与效益评价指标的进一步分析,给出了各定量指标的隶属函数类型,见表1。

表1 灌区节水改造投资与效益评价指标隶属函数类型

指 标	隶属函数类型
投资完成额 B_1	极小最优
新增灌溉面积 D_1	极大最优
改善灌溉面积 D_2	极大最优
灌溉水利用系数增加量 D_3	极大最优
渠系水利用系数增加量 D_4	极大最优
平均灌溉用水减少量 D_5	极大最优
灌区年增节水量 D_6	极大最优
平均粮食产量增量 D_7	极大最优
新增粮食生产能力 D_8	极大最优
农业总产值增长量 D_9	极大最优
农民人均纯收入增长量 D_{10}	极大最优

本文在建立模型的过程中,隶属函数选用半梯形分布型。半梯形分布包括极小最优型和极大最优型两类,具体表达式如下。

(1)极小最优型:由于投资完成额是越小越好的指标,即同等效益情况下,投资越少的项目效果越好。为了与效益指标加权平均,这里将投资完成额转换为投资节省额,即其隶属度为:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ (b-x)/(b-a) & a < x \leq b \\ 0 & x > b \end{cases} \quad (2)$$

(2)极大最优型:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

式中: a 和 b 分别为极小和极大值。

1.3 大型灌区节水改造投资效益分析模型的建立

1.3.1 大型灌区节水改造投资效益分析采用如下数学模型

$$r = \alpha \cdot B_1 + \beta \cdot B_2 \tag{4}$$

式中： r 为某灌区节水改造投资与效益综合评价指标 A 的隶属度； α 、 β 为某灌区节水改造投资、效益评价指标 B_1 、 B_2 的权重，且 $\alpha + \beta = 1$ 。

灌区节水改造投资指标由于只有一个，故可直接采用投资节省额 B_1 的隶属度。但是效益指标涉及两层 4 大部分，因而不能简单处理，本文采用综合评价法来求效益指标 B_2 的隶属度。

1.3.2 指标隶属度的确定

大型灌区节水改造效益指标隶属度的确定采取以下数学模型：

$$b_2 = A \cdot Y = (W_1, W_2 \dots W_{10}) \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \dots \\ d_{10} \end{pmatrix} \tag{5}$$

式中： W 为权向量， $W = (W_1, W_2 \dots W_{10})$ ； W_i 为第 i 个效益指标的权重（ $i = 1, 2, 3, \dots, 10, W_i \in [0, 1]$ 且 $\sum_{i=1}^{10} W_i = 1$ ）； Y 由 10 个效益指标构成的评价矩阵， $Y = (d_1, d_2 \dots d_{10})^T$ 。

1.3.3 权向量 W_i 的确定

在评价指标已经选择的基础上，确定各指标的权重是关键问题。权重的确定无法用数学解析方法直接推求，它涉及行为科学。不同的人，由于所从事的专业不同、所处的环境不同、所积累的经验不同，会有不同的观点，给出不同的权重。这就说明采用个别人的观点，会存在较大的片面性并缺乏说服力。为此，最好的办法是采用德尔菲法或层次分析法，也可以将两者结合起来使用。本文在参考了相关文献及咨询有关专家后，给定权向量，即：

$$W_i = (0.15 \quad 0.1 \quad 0.1 \quad 0.1 \quad 0.1 \quad 0.25 \quad 0.06 \quad 0.06 \quad 0.04 \quad 0.04) \tag{6}$$

至此，大型灌区节水改造投资效益分析模型已经完全建立起来了。通过收集各个灌区的资料，确定模型中的参数。进而可以对典型灌区进行求解，获得典型灌区节水改造工程的投资效益评价指标 r 。

2 模型的应用

我国幅员辽阔，自然社会条件各不相同。根据地形可大致分为东、中、西三部分。我国的大型灌区有 400 余处，因自然条件、社会经济、农作物种植等的影响各个灌区也不尽相同，大致也可分为东、中、西部三类灌区。这里选取湖南省的韶山灌区和宁夏的青铜峡灌区分别作为东中部和西部的代表，它们基本上反映了我国中部和西部灌区的特点。

2.1 指标值的测定

经过资料收集^[2]，并参考相关文献^[8-12]，得到了两个典型灌区的节水改造投资效益评价指标值，具体见表 2。其中： B_1 的隶属度为到 1998 - 2005 年大型灌区节水改造完成的投资额与规划的总投资相比，所节约的幅度。

表 2 典型灌区节水改造投资效益评价指标值及隶属度计算结果

指 标	韶山灌区		青铜峡灌区	
	数值	隶属度	数值	隶属度
投资额 B_1	3 959.81 万元	0.937	33 556 万元	0.908
新增灌溉面积 D_1	0.827 万 hm^2	0.641	0	0
改善灌溉面积 D_2	1.019 万 hm^2	0.154	2 万 hm^2	0.258
灌溉水利用系数增加量 D_3	0.05	0.167	0.02	0.067
渠系水利用系数增加量 D_4	0.05	0.074	0.02	0.029
每公顷灌溉用水减少量 D_5	1 107 m^3	0.178	5 115 m^3	0.822
灌区年增节水量 D_6	8 000 万 m^3	0.047	16.9 亿 m^3	0.500
每公顷粮食产量增量 D_7	735 kg	0.204	525 kg	0.146
新增粮食生产能力 D_8	5 881 万 kg	0.467	1.26 亿 kg	0.500
农业总产值增长量 D_9	44 684 万元	0.221	20.2 亿元	0.500
农民人均纯收入增长量 D_{10}	1 224 元	0.171	948 元	0.132
综合效益隶属度 B_2		0.221		0.307

2.2 模型求解

对模型进行求解，首先要求典型灌区节水改造效益评价指标 B_2 的隶属度 b_2 ，根据公式 (5) 及 (6) 可以求得韶山灌区和青铜峡灌区节水改造效益评价指标 B_2 的隶属度 b_2 分别为 0.221 和 0.307。

当效益指标的隶属度求出来后，就可以用公式 (4) 来计算典型灌区节水改造的投资效益评价指标 A 的隶属度 r 。

2.3 计算结果及讨论

α 、 β 的值确定对 r 的影响很大，为此在利用模型对典型灌区进行求解时，其中 α 值分别采用 0.1、0.3、0.5、0.7、0.9（对应的 β 采用 0.9、0.7、0.5、0.3、0.1）等 5 种情况，可以比较全面地反映投资与效益分别取不同权重时的投资效益情况。计算结果见表 3。

表 3 典型灌区节水改造投资效益指标 A 隶属度 r 的计算结果

灌区	$\alpha=0.1$ $\beta=0.9$	$\alpha=0.3$ $\beta=0.7$	$\alpha=0.5$ $\beta=0.5$	$\alpha=0.7$ $\beta=0.3$	$\alpha=0.9$ $\beta=0.1$
韶山灌区	0.292 7	0.435 9	0.579 1	0.722 2	0.865 4
青铜峡灌区	0.366 8	0.487 0	0.607 2	0.727 4	0.874 0

通过对计算结果的分析，可以得出以下两点。

(1) 当节水改造投资、效益评价指标 B_1 、 B_2 相对于 A 的权重 α 、 β 在一定的范围内（0.1 ~ 0.9）变化时，两个典型灌区的 r 值均发生变化：随着投资节省额的权重 α 不断增加， β 不断减小， r 值不断增加；但是两个灌区评价结果是一致的。这说明了所采用的方法和模型是有效的，结果是可靠的。

(2) 在所给定的权重范围内，青铜峡灌区的 r 值要大一些，这说明青铜峡灌区节水改造投资效益比韶山灌区灌区要好，即在基础设施薄弱的地区加大节水改造投资力度可以收到更好的效果。这与我国西部大开发的战略决策是一致的。

3 结 语

本文在大型灌区中期评估的基础上，利用层次分析法和模糊数学理论，建立了大型灌区节水改造经济评 （下转第 7 页）

在地区地下水越少,农户越能感到开展农业节水的重要性,因此农户参与农业节水的意愿也就会越高。

(4)年龄和外出打工的系数均为正值。在做模型之前假设年龄对参与意愿的作用方向有两个,即:一方面农户年龄越大,信息接受能力较差,思想也更可能趋于保守,对农业节水的认知和理解程度也可能较低,因而其参与的意愿可能越低;另一方面,可能农户的年龄越大,经验积累越丰富,判断力更加敏锐,其参与农业节水的意愿可能更高。说明年龄的参与意愿的正向原因超过了负向原因,年龄越大农户参与农业节水的意愿就越强。做模型之前假设外出打工对参与意愿的作用也有两个,实证结果表明外出打工经历对农户参与农业节水的正向作用大于其所造成的负向作用。

(5)是否为村干部、对农业节水效果的预期以及对农业政策的关注度对农户参与农业节水的意愿也有一定的影响,并且与农户的参与意愿均呈正相关关系。

3 对策建议

(1)重视农村人力资本的建设。本文的研究结果表明,农户户主的文化程度是影响农户参与农业节水的重要决定因素。这就要求政府增加对农民的教育投资,进一步提高农民的文化程度,普及农业节水知识,培养他们的公共意识,改进农村人力资本状况,从而促进农业节水的发展。

(2)加强对农户的农业节水宣传。实证表明,当地的水资源状况对农户参与农业节水影响显著,加大对农户的农业节水宣传,可以使农户加大对农业节水的关注力度,对农业用水形式的严峻性有更加清晰的了解;另外,村干部参与农业节水的意愿高于普通村民,从侧面说明村干部对农业节水形式的认识比农户要深刻,因此加强村干部向村民的农业节水宣传是有必要的。

(3)尊重农民意愿,不搞一刀切。农户参与农业节水的意

愿除受到农户自身因素和外部条件的共同影响,有其发展的内在规律性。政府在制定发展农业节水的政策时,应该综合考虑各地的经济状况和具体条件,尊重农民的意愿和选择,决不能强求一律。

(4)加大对农业节水的支持力度。政府的支持对于促进农户参与农业节水具有极其重要的推动作用。当前,对于政府来说,首先要尽快完善有关促进农业节水发展的法律法规,为其发展创造宽松的环境;其次要在资金扶持、税收减免等方面给予支持。

4 结 语

本文以河北省农户为例分析了影响农户参与农业节水意愿的决定因素。研究表明,农户参与农业节水的意愿受到文化程度、农户家庭类型对、地下水资源状况、年龄、外出打工经历、是否为村干部、对农业节水效果的预期以及对农业政策的关注度的影响,并随着这些因素的变化而不断变化。

参考文献:

- [1] 柯水发. 农户参与退耕还林行为理论与实证研究[D]. 北京林业大学, 2007.
- [2] 侯鲁川,朱钟麟. 四川省农业用水紧缺度评价与节水农业发展对策[J]. 中国农村水利水电, 2006, (9): 7 - 9.
- [3] 郭红东. 我国农户参与专业合作社经济组织的意愿和行业——基于694个农户的问卷分析[J]. 农业经济, 2005, (11): 31 - 32.
- [4] 邵 熠,侯仁礼. 河北省微灌发展存在的问题及对策[J]. 南水北调与水利科技, 2005, (7): 21 - 22.
- [5] 张金萍. 东北半干旱地区节水合作经济组织研究[D]. 东北农业大学, 2005.
- [6] 余建华. 新农村集中居住区建设的农民意愿及对策探究[J]. 经济问题, 2007(12): 91 - 94.
- [7] 赵 宇,周 律,刘力群,等. 群众参与维持农村供水工程可持续运行[J]. 中国农村水利水电, 2008, (7): 48 - 51.

(上接第3页) 价模型,并应用该模型对我国中、西部典型灌区-韶山灌区和青铜峡灌区的节水改造投资效益进行了综合评价。模型应用的结果表明所采用的方法和理论是有效的;同时说明在我国基础设施相对薄弱的西部地区加大节水改造投资力度可以收到更好的效果。这与我国西部大开发的战略决策是一致的。

致谢:本文调查过程中得到中国灌排中心的张绍强和吉野的帮助。

参考文献:

- [1] 李现社,蒋任飞. 我国大型灌区节水改造分析研究[J]. 灌溉排水学报, 2005, (5).
- [2] 水利部. 全国大型灌区续建配套与节水改造项目中期评估[Z]. 北京:2005.
- [3] 黄震明,李卫宁. 龟石灌区节水改造的潜力与效益分析[J]. 节水灌溉, 2001, (5).
- [4] 冯保清,许晓华,姜海波,等. 位山灌区节水改造效益分析[J]. 中国农村水利水电, 2002, (5).

- [5] 张学俊. 党河灌区续建配套与节水改造项目经济效益计算浅析[J]. 节水灌溉, 2002, (6).
- [6] 赵 伟,俞双恩,王学秀. 皂河灌区节水改造工程效益分析[J]. 水利经济, 2005, (2).
- [7] 张新玉. 水利投资效益评价理论与方法[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2005.
- [8] 何淑媛,方国华. 农业节水综合效益评价指标体系构建[J]. 中国农村水利水电, 2007, (7).
- [9] 徐 成,陈建康,朱钟麟,等. 南方季节性缺水灌区节水农业综合效益评估指标体系研究[J]. 中国农村水利水电, 2007, (1).
- [10] 彭立清,马伟龙,朱 伟. 韶山灌区科学管水促进灌区良性发展[J]. 中国水利, 2002, (7).
- [11] 哈岸英. 青铜峡灌区续建配套与节水改造技术研究[J]. 人民黄河, 2002, (9).
- [12] 吕朝阳,郭宗楼. 节水灌区指标体系与总效益评价方法探讨研究[J]. 节水灌溉, 2008, (3): 52 - 54.
- [13] 迟俊民. 大型灌区水资源供需平衡与节水改造效益分析[J]. 中国农村水利水电, 2007, (7): 51 - 56.