

灌区节水改造综合评估指标权重确定方法研究

王书吉^{1,2}, 费良军¹, 雷雁斌³, 田伟³

(1. 西安理工大学西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048; 2. 河北工程大学水电学院, 河北 邯郸 056021;
3. 陕西省关中灌区改造工程世界银行贷款项目办公室, 陕西 西安 710032)

摘 要: 为了科学合理地确定指标权重, 从而对灌区节水改造项目综合后评估作出理想的评价结果, 在阐述基于离差平方和的综合赋权法和基于博弈论的综合赋权法原理的基础上, 将这两种综合集成赋权法分别应用于关中洛惠渠等 4 个灌区的节水改造项目综合评估, 发现两种综合赋权法得出的权重向量大小排序结果并不相同, 但根据两种权重值计算的多个灌区综合评价价值大小排序结果相同。对这一现象进行的进一步分析表明, 两种综合集成赋权法的指导思想虽然不同, 但其原理都是科学合理的。在确定灌区评价指标权重时, 若为了对各灌区评价对象充分拉开档次, 可选用基于离差平方和的综合赋权法, 当希望尽可能保留各主客观权重值的信息时, 可选用基于博弈论的综合赋权法。

关键词: 灌区节水改造; 综合评估; 离差平方和; 博弈论
中图分类号: S274.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0101-06

为了改善我国部分灌区目前工程设施老化、管理落后等现状, 提高灌区综合生产能力, 提高水资源利用效率, 国家通过多种方式投巨资实施了灌区节水改造项目, 目前部分项目已经完工, 为了考察已完成的项目的综合效益, 并为以后类似项目的建设提供借鉴和参考, 对这些已完工的项目进行后评估研究意义重大。

在对灌区节水改造项目进行评价时, 指标权重的确定对于评价结果的合理性起着至关重要的作用。目前, 在指标权重确定上, 存在着主观赋权法和客观赋权法两种赋权方法^[1~6], 先进的权重确定方法是综合主客观两种因素的综合集成赋权法^[1, 7~9], 目前已有极少数研究人员将综合集成赋权法引入了灌区评价权重确定^[9], 但其研究水平仅仅是满足于得出一个综合权重值。而目前存在的一个问题是, 综合集成赋权法已有多种形式, 这些综合集成赋权法原理各不相同, 应用于灌区评价时, 其各自的应用效果如何? 适用条件和范围如何? 并无明确答案。本文即对此进行研究讨论。本文选取两种典型的综合集成赋权方法对其应用情况进行比较研究。这两种方法分别是: 基于离差平方和的综合集成赋权法^[7]、基于博弈论的综合集成赋权法^[8, 9]。

1 两种综合集成赋权法

1.1 基于离差平方和的综合集成赋权法原理

假设某多属性问题, 对 n 个属性, 有 L 种赋权方

法对其赋值, 设第 k 种赋权方法给出的权重向量为:

$$W_k = (w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kn})^T, k = 1, 2, \dots, L$$

其中 $w_{kj} \geq 0, \sum_{j=1}^n w_{kj} = 1, k = 1, 2, \dots, L;$
 $j = 1, 2, \dots, n$

为综合各种赋权方法的特点, 考虑如下组合赋权:

$$W_c = \theta_1 W_1 + \theta_2 W_2 + \theta_3 W_3 + \dots + \theta_L W_L \quad (1)$$

称 $W_c = (w_{c1}, w_{c2}, \dots, w_{cn})^T$ 为组合赋权向量, $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_L$ 为组合系数, $\theta_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, L,$ 且满足单位化约束条件

$$\sum_{k=1}^L \theta_k = 1$$

令分块矩阵 $W = (W_1, W_2, \dots, W_L), \Theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_L)^T$, 则式(1)可表示为: $W_c = W\Theta$ 。

根据线性加权法, 由组合赋权向量 W_c 计算而得的第 i 个决策方案 S_i 的多属性综合评价价值可表示为:

$$D_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} w_{cj}, i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

一般而言, D_i 总是越大越好, 越大表示决策方案 S_i 越优, 但为了拉开各决策方案评价价值之间的差别(或档次), 选择组合赋权系数向量时, 应把使各决策方案的综合评价价值 D_i 尽可能分散作为指导思想。

设 $v_i(W_c)$ 表示第 i 个决策方案与其它各决策

方案综合评价值的离差平方和,则有:

$$v_i(\mathbf{W}_c) = \sum_{i=1}^m [\sum_{j=1}^n (b_{ij} - b_{i1j}) w_{cj}]^2, \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{3}$$

若使 m 个决策方案总离差平方和达到最大,可构造如下目标函数:

$$\mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{i1} - b_{i_11})(b_{i1} - b_{i_11}) & \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{i1} - b_{i_11})(b_{i2} - b_{i_12}) & \cdots & \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{i1} - b_{i_11})(b_{in} - b_{i_1n}) \\ \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{i2} - b_{i_12})(b_{i1} - b_{i_11}) & \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{i2} - b_{i_12})(b_{i2} - b_{i_12}) & \cdots & \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{i2} - b_{i_12})(b_{in} - b_{i_1n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{in} - b_{i_1n})(b_{i1} - b_{i_11}) & \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{in} - b_{i_1n})(b_{i2} - b_{i_12}) & \cdots & \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{in} - b_{i_1n})(b_{in} - b_{i_1n}) \end{bmatrix} \tag{5}$$

显然 $\mathbf{B}_1$ 为 n 阶对称方阵,且为非负定矩阵,则目标函数 $J(\mathbf{W}_c)$ 可表示为:

$$J(\mathbf{W}_c) = \mathbf{W}_c^T \mathbf{B}_1 \mathbf{W}_c \tag{6}$$

由式(1)可知,只要求出系数向量 Θ 即可,则基于 m 个决策方案总的离差平方和的最优组合赋权方法即为如下最优化问题:

$$\max F(\Theta) = \Theta^T \mathbf{W}^T \mathbf{B}_1 \mathbf{W} \Theta \tag{7}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \Theta^T \Theta = 1 \\ \Theta \geq 0 \end{cases} \tag{8}$$

该优化模型可简化为如下无约束优化问题

$$\max F_1(\Theta) = \Theta^T \mathbf{W}^T \mathbf{B}_1 \mathbf{W} \Theta / (\Theta^T \Theta) \tag{9}$$

根据相关矩阵理论, $\mathbf{F}_1(\Theta)$ 是系数向量 Θ 的 Rayleigh 商,显然 $\mathbf{W}^T \mathbf{B}_1 \mathbf{W}$ 是对称矩阵,则由 Rayleigh 商的性质可知, $\mathbf{F}_1(\Theta)$ 存在最大值。

设 $\lambda_{\max}$ 为矩阵 $\mathbf{W}^T \mathbf{B}_1 \mathbf{W}$ 的最大特征根, Θ^* 为最大特征根所对应的单位化特征向量,则 $\mathbf{F}_1(\Theta)$ 的最大值为 $\lambda_{\max}$, 且 Θ^* 即为式(1)的最优解。将 Θ^* 的值代入式(1),并将权重进行归一化,即得最优综合权重。

1.2 基于博弈论的综合集成赋权法原理

该方法首先分别确定主观权重和客观权重,然后通过博弈论的方法将主观权重和客观权重综合起来,其基本思想是在不同的权重之间寻找一致或妥协,即极小化可能的权重跟各个基本权重之间的各自偏差^[4]。

记 m 个权重向量 $\mathbf{W}_i^T [\mathbf{W}_i^T = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in})]$ 的线性组合为

$$\mathbf{W} = \sum_{i=1}^m \alpha_i \mathbf{W}_i^T \quad (\alpha_i > 0) \tag{10}$$

$$\begin{aligned} J(\mathbf{W}_c) &= \sum_{i=1}^m v_i(\mathbf{W}_c) = \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m [\sum_{j=1}^n (b_{ij} - b_{i_1j}) w_{cj}]^2 \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m [\sum_{j_1=1}^n \sum_{j_2=1}^n (b_{ij_1} - b_{i_1j_1}) w_{cj_1} (b_{ij_2} - b_{i_1j_2}) w_{cj_2}] \\ &= \sum_{j_1=1}^n \sum_{j_2=1}^n [\sum_{i=1}^m \sum_{i_1=1}^m (b_{ij_1} - b_{i_1j_1}) (b_{ij_2} - b_{i_1j_2}) w_{cj_1} w_{cj_2}] \end{aligned} \tag{4}$$

令矩阵 $\mathbf{B}_1$ 为

$\mathbf{W}$ 为基于基本权重集的一种可能的综合权重

向量,它的全体 $\{ \mathbf{W} \mid \mathbf{W} = \sum_{i=1}^m \alpha_i \mathbf{W}_i^T \}$ 表示可能的权重向量集。因此,寻找最满意的权向量可归结为对式(10)中的 m 个线性组合系数 α_i 进行优化,优化目标是使 $\mathbf{W}$ 与各个 $\mathbf{W}_i$ 的离差极小化。由此,导出了下面的对策模型:

$$\min \parallel \sum_{i=1}^m \alpha_i \mathbf{W}_i^T - \mathbf{W}_j^T \parallel_2 \quad j = 1, 2, \dots, m \tag{11}$$

上面模型是一组包含有多个目标函数的交叉规划模型,求解该模型能够获得一个跟多种权重赋值方法在整体意义上相协调、均衡一致的综合权重结果。

根据矩阵的微分性质,可得出式(11)最优化的—阶导数条件为

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i \mathbf{W}_j \mathbf{W}_i^T = \mathbf{W}_j \mathbf{W}_j^T \tag{12}$$

式(12)对应下面的线性方程组

$$\begin{bmatrix} \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_1^T & \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2^T & \cdots & \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_m^T \\ \mathbf{W}_2 \mathbf{W}_1^T & \mathbf{W}_2 \mathbf{W}_2^T & \cdots & \mathbf{W}_2 \mathbf{W}_m^T \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{W}_m \mathbf{W}_1^T & \mathbf{W}_m \mathbf{W}_2^T & \cdots & \mathbf{W}_m \mathbf{W}_m^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_1^T \\ \mathbf{W}_2 \mathbf{W}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{W}_m \mathbf{W}_m^T \end{bmatrix} \tag{13}$$

运用 Matlab 软件可以很方便地求出上述方程解 α_i , 将 α_i 值代入式(10),即可求出综合权重向量 $\mathbf{W}$ 。

2 两种综合集成赋权法应用于灌区评价权重确定的比较

关中灌区是陕西省重要的粮棉油生产基地,素

有“关中大粮仓”之称。关中灌区包括宝鸡峡、泾惠渠、交口抽渭、桃曲坡、石头河、冯家山、羊毛湾、洛惠渠、石堡川等九个灌区。关中灌区的运行状况对陕西的经济、社会发展起着举足轻重的作用。但是,关中灌区在发挥效益的同时,也存在着工程老化失修、灌溉水源不足、灌区管理体制不顺、机制不活等诸多问题,制约了灌区的正常运转。为此,省政府于 1999 年向世界银行申请 1 亿美元贷款,国内提供相同配套资金,于 2000 年 1 月~2006 年 6 月实施了

“陕西省关中灌区改造工程”。为了总结项目实施情况,主管部门于 2007 年开始组织专家对关中灌区节水改造项目效益进行评估。

在对陕西关中大型灌区节水改造项目的效益进行评价时,将项目效益分为社会效益、经济效益、节水和节能效益、资源性效益、生态环境效益、技术推广效益等六个二级指标,各二级指标又可进一步分成许多三级指标,灌区效益评价指标体系结构见表 1。

表 1 灌区节水改造项目效益评价指标体系

Table 1 The index system of benefit evaluation of irrigation district 's water saving and improvement

一级指标 First grade index	二级指标 Second grade index	三级指标 Third grade index	属性 Attribute
项目效益 Project benefit	社会效益 Social benefit	项目受益区农民人均纯收入的相对增长率 Relative growth rate of farmers ' per capital net income of area benefiting from the project	定量 Quantitative
		防灾减灾效益 Benefit of prevention and reduction of disaster	定量 Quantitative
		项目受益区险工险段工程事故下降率 Decreased rate of hazard engineering 's accident	定量 Quantitative
		群众欢迎程度 Masses ' welcoming	定性 Qualitative
		农民节水意识的加强 Strengthening of famers ' water saving consciousness	定性 Qualitative
		农民参与管理程度 Farmers participation degree in management	定性 Qualitative
		促进当地农民就业 Promotion of local farmers ' employment	定性 Qualitative
		对社会风气好转的促进 Promotion of social fashion improvement	定性 Qualitative
	经济效益 Economic benefit	农业种植结构的调整 Adjustment of agricultural planting structure	定性 Qualitative
		项目受益区农业增产效果 Yield-increasing effect of agriculture	定量 Quantitative
		项目受益区农业综合生产能力的提高率 Growth rate of agricultural comprehensive productivity	定量 Quantitative
		经济内部收益率 Internal economic return rate	定量 Quantitative
	节水效益 Water saving benefit	效益费用比 Benefit cost ratio	定量 Quantitative
		已改造渠段渠道水利用系数提高率 Improvement rate of canal efficiency of improved canal segments	定量 Quantitative
		项目受益区亩次毛用水量下降率 Decreased rate of water consumption per acre	定量 Quantitative
		灌溉水利用系数提高率 Improvement rate of irrigation water 's utilization coefficient	定量 Quantitative
		单方水产量提高率 Improvement rate of unilateral 's production	定量 Quantitative
		项目受益区灌溉周期的缩短率 Shortening rate of irrigation cycle	定量 Quantitative
	资源性效益 Resources benefit	灌区灌溉保证率的提高率 Growth rate of irrigation district 's irrigation guarantee	定量 Quantitative
		有效灌溉面积的增长率 Growth rate of effective irrigation area	定量 Quantitative
		节水灌溉面积的增长率 Growth rate of water saving irrigation area	定量 Quantitative
		旱涝保收面积的增长率 Growth rate of area that ensures stable yields despite drought or excessive rain	定量 Quantitative
	生态环境效益 Ecological environmental benefit	渠首取水能力提高率 Improvement rate of canal head 's drawing water ability	定量 Quantitative
		涝、渍、盐碱地的改良程度 Improvement rate of flood and waterlogging area	定量 Quantitative
		生态用水量增加率 Growth rate of ecological water consumption	定量 Quantitative
		农村生态系统改善程度 Improvement degree of rural ecosystem	定性 Qualitative
		地下水改善程度 Improvement degree of groundwater quality	定量 Quantitative
		作物病虫害损失减少率 Decrease rate of crop 's loss caused by diseases and pests	定量 Quantitative
	技术推广效益 Technique generalizing benefit	灌溉水质改善程度 Improvment degree of irrigation water quality	定性 Qualitative
		新技术、新工艺应用和开发促进程度 Promotion degree of new technique and technology 's application and development	定性 Qualitative
		灌区信息化发展程度 Development degree of irrigation district 's information	定量 Quantitative

2.1 灌区效益评价方法

目前,在灌区效益评价方面已有的方法主要有:层次分析法^[10~12]、模糊综合评判法^[13,14]、综合主成分分析法^[15]、人工神经网络法^[16]、灰色关联方法^[17,18]、投影寻踪法^[19]、加权综合法^[1]等,这些方法都有其各自的优缺点。

在上述诸方法中,加权综合法突出的优点是原理简便易懂,计算过程简便,易于在实际应用中掌握,也能够突出指标权重对综合评价结果的影响。本文即应用线性加权综合法对灌区节水改造资源性效益进行评价。加权综合法主要包括线性加权综合法和非线性加权综合法,本文采用线性加权综合评价方法。

线性加权综合法的评价模型为^[1]:

表 2 四个灌区资源性效益三级指标数据

Table 2 Third grade index 's data of four irrigation districts ' resources ' benefit

灌区 Irrigation district	有效灌溉面积 增长率 x_1 Growth rate of effective irrigation area	节水灌溉面积 增长率 x_2 Growth rate of water-saving irrigation area	旱涝保收面积 增长率 x_3 Growth rate of area that ensures stable yields despite drought or excessive rain	渠首取水能力 增长率 x_4 Growth rate of canal head 's drawing water ability
洛惠渠 Luohuiqu	0.009	0.012	0.008	0.022
石头河 Shitouhe	0.063	0.047	0.035	0.026
桃曲坡 Taoqupo	0.046	0.039	0.017	0.024
石堡川 Shibaochuan	0.212	0.016	0.021	0.028

注:表中资料来源于《关中灌区节水改造工程世行贷款项目竣工报告》。

分别运用 G_1 法(序关系分析法)和熵值法计算主观权重 W_1 和客观权重 W_2 ,得 $W_1 = (0.276, 0.229, 0.331, 0.164)$, $W_2 = (0.741, 0.144, 0.096, 0.019)$ 。限于篇幅,计算过程略。下面分别应用两种综合赋权法确定综合权重。

2.2.1 基于离差平方和的综合集成赋权法 运用表 2 中数据和求得的主客观权重 W_1 及 W_2 ,应用基于离差平方和的综合集成赋权法进行计算,得主观权重 W_1 和客观权重 W_2 的系数分别为: $\alpha = 0.362$ 、 $\beta = 0.932$ 。计算过程略。归一化得: $\alpha = 0.279$ 、 $\beta = 0.721$ 。综合权重为:

$W_1 = (0.611, 0.167, 0.162, 0.060)$

2.2.2 基于博弈论的综合集成赋权法 运用表 2 中数据和求得的主客观权重 W_1 及 W_2 ,应用基于博弈论的综合集成赋权法,计算得主观权重 W_1 和客观权重 W_2 的系数分别为: $\alpha = 0.500$ 、 $\beta = 0.866$ 。归一化得: $\alpha = 0.366$ 、 $\beta = 0.634$ 。综合权重为: $W_2 = (0.571, 0.175, 0.182, 0.072)$

2.3 应用两种权重值计算综合评价值

将 2.2 节中算得的两个综合权重值 W_1 、 W_2 及

$$y = \sum_{j=1}^m w_j x_j \tag{14}$$

式中, y 为被评价对象的综合评价值; x_j 是指标值; w_j 是与评价指标 x_j 相应的权重系数($0 \leq w_j \leq 1 (j = 1, 2, \dots, m), \sum_{j=1}^m w_j = 1$)。

2.2 运用两种综合集成赋权法确定权重

此处以对二级指标资源性效益进行评价为例考察上述两种综合权重确定方法在灌区评价中的应用情况。资源性效益可分为:有效灌溉面积增长率、节水灌溉面积增长率、旱涝保收能力增长率、水源供水能力提高率等 4 项极大型定量指标。

此处以 4 个灌区:洛惠渠、石头河、桃曲坡、石堡川为例进行评价(4 个灌区自然状况、设施等类似),表 2 为 4 个灌区资源性效益的三级指标样本值。

表 2 中 4 个灌区的资源性效益三级指标值代入式(14)中,计算可得 4 个灌区资源性效益的两种综合评价值,见表 3。

分别应用上述两种权重确定方法计算的权重计算出的四个灌区评价值结果见表 3。

表 3 运用两种权重值计算得出的综合评价值

Table 3 Comprehensive evaluation value calculated by using two kinds of weights

灌区 Irrigation district	基于离差平方和的综合 赋权法得出的权重计算 评价值 Evaluation value calculated by using the comprehensive weight combination methods based on sum of squares of deviations	基于博弈论的综合赋 权法得出的权重计算 评价值 Evaluation value calcu- lated by using the com- prehensive weight combi- nation methods based on game theory
洛惠渠 Luohuiqu	0.010	0.010
石头河 Shitouhe	0.054	0.052
桃曲坡 Taoqupo	0.039	0.038
石堡川 Shibaochuan	0.137	0.130

通常在对灌区进行综合评估时,人们总是设定

一定的评分标准,根据评价结果进行评分,根据得分情况确定其等级优劣。如:设对应60分以上综合评估结果为合格,80分以上为良,90分以上为优秀。但在本文中,灌区资源性效益在灌区效益评价中属于二级指标体系,本文侧重考察不同综合赋权法的应用效果,所以此处不再设定资源性效益评价标准,仅对各灌区资源性效益具体评价结果进行比较分析。

2.4 计算过程及结果分析

将 W_1 、 W_2 进行对比可以发现,分别运用两种方法计算得到的权重向量分量大小排序结果不一致,基于离差平方和的赋权法得出的权重分量大小排序结果为: $w_1 > w_2 > w_3 > w_4$,基于博弈论的综合赋权法得出的权重分量大小排序结果为: $w_1 > w_3 > w_2 > w_4$ 。出现这样的权重排序结果主要是由两种赋权法原理不同以及数学处理过程不一样造成的。

从表3中可以看出,分别应用两种权重计算得到的各灌区综合评价大小排序结果一致,都为:石堡川>石头河>桃曲坡>洛惠渠。虽然本例中根据两种权重所求各灌区评价大小排序结果一致,但并不能保证两种方法在应用于其他灌区评价时,都能得到相同的结果,也即该结果不排除受本文样本数据本身取值的影响。

单纯从数学的角度考虑,两种综合赋权法的原理不相同,但都是正确合理的。都是在一定的评价目标或评价思想指导下,建立数学模型,通过求解数学模型,确定主观权重和客观权重在综合权重中所占的比例系数,最后确定出综合权重。两种综合赋权法原理的区别在于:基于离差平方和的综合赋权法在求解优化模型时,是使各决策方案(或各评价对象)的综合评价 D_i 尽可能分散作为指导思想;基于博弈论的综合赋权法在求解数学模型时,是在各参考权重之间寻找一种和这些权重在整体意义上最协调、均衡一致的理想综合权重,使理想权重与各个主、客观权重的离差极小化。两种综合权重确定方法原理不一样,数学处理过程不一样,求解步骤也不一样,所得结果会出现不一致的情况,由此并不能断定孰优孰劣,在实际工作中可以根据客观需要来选取需要的综合赋权法。

在为了对各评价灌区对象充分拉开档次的情况下,可选用基于离差平方和的综合赋权法;当对于可供参考的权重值难以进行取舍,且希望尽可能保留各权重的信息时,可选用基于博弈论的综合赋权法。

综合评估是在人们主观意识操作下为达到一定的目的而实施的系统评价活动^[20],受人们主观因素

的影响,不同原理的综合赋权法得出的权重向量排序结果不一致,目前还无法从数学理论的角度证明不一致的原因。

3 结 语

本文对两种不同原理的综合赋权法应用于灌区评价的情况进行了比较研究,两种方法虽然指导思想不同,但原理都是科学合理的,在实际应用中,人们可根据实际情况,选择不同的评价目标或指导思想,从而选择不同的综合权重确定方法。

本文只选取了两种典型的综合赋权法对其应用于灌区节水改造评价进行了研究,在实际应用中,应该进一步探讨、研究、发现新的综合集成赋权方法,且应从数学的角度对多种综合赋权法原理相关性进行分析,力求从数学原理的角度证明导致不同综合赋权法得出的权重向量不同的原因,为灌区评价实际工作提供参考。

参 考 文 献:

- [1] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京:科学出版社,2002:74—75.
- [2] 曹庆奎,李建光,杨艳丽. 基于信息熵和灰关联分析的煤矿企业供应商评价选择研究[J]. 河北工程大学学报,2008,25(1):81—84.
- [3] 周书敬,曾维彬. 房地产风险投资的模糊多目标决策[J]. 河北工程大学学报,2008,25(1):86—87.
- [4] 庞彦军,周少玲,杨 珠,等. 水质模糊综合评判模型的改进[J]. 河北工程大学学报,2007,24(3):90—93.
- [5] 吴春花,李巨文,池建刚,等. 基于熵理想点的房地产投资环境评价[J]. 河北工程大学学报,2007,24(1):93—94.
- [6] 庞彦军,刘开第,吴海玉,等. 指标分类权重的概念及其应用[J]. 河北工程大学学报,2005,22(4):109—112.
- [7] 陈 伟,夏建华. 综合主、客观权重信息的最优组合赋权方法[J]. 数学的实践与认识,2007,37(1):17—21.
- [8] 陈加良. 基于博弈论的组合赋权评价方法研究[J]. 福建电脑,2003,(9):15—16.
- [9] 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.
- [10] 何淑媛. 农业节水综合效益评价指标体系与评估方法研究[D]. 河海大学,2005.
- [11] 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,(5):109—111.
- [12] 周维博,李佩成. 干旱半干旱地域灌区水资源综合效益评价体系研究[J]. 自然资源学报,2003,18(3):288—293.
- [13] 任晓力,王书吉,胡浩云. 用模糊综合评判逆问题方法确定节水灌溉项目后评价指标权重[J]. 中国农村水利水电,2005,(5):40—42.
- [14] 刘从柱. 大型灌区节水改造项目后评估指标体系与评估方法研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.
- [15] 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, (10): 106—111.

[16] 高 峰, 雷声隆, 庞鸿宾. 节水灌溉工程模糊神经网络综合评价模型[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 84—87.

[17] 朱秀珍. 大型灌区运行状况综合评价研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.

[18] 刘翠华, 孙 瑾. 基于灰色系统的模糊综合评判在产险公司偿付能力评价中的应用[J]. 数学理论与应用, 2008, 28(4): 6—12.

[19] 王顺久, 侯 玉, 张欣莉, 等. 灌区改造综合评价的投影寻踪模型[J]. 灌溉排水, 2002, 21(4): 32—34.

[20] Malano H, Burton M. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector[R]. IPTRID—FAO—Knowledge Synthesis Report (No.5), Rome, 2001.

Study on determination of comprehensive evaluation index weight in irrigation district 's water saving and improvement

WANG Shu-ji^{1,2}, FEI Liang-jun¹, LEI Yan-bin³, TIAN Wei³

(1. Key Lab of Northwest Water Resources and Environment Ecology of Ministry of Education at Xi ' an University of Technology, Xi ' an, Shaanxi 710048, China; 2. College of Hydraulic and Electric Power, Hebei Engineering University, Handan, Hebei 056021, China;

3. Office of Guanzhong Irrigation Improvement Project by World Bank Loan of Shaanxi Province, Xi ' an, Shaanxi 710032, China)

Abstract: In order to obtain scientific and reasonable index weight and get ideal result of comprehensive evaluation in irrigation districts ' water saving and improvement, the principle of comprehensive weight combination methods is described on the basis of the sum of squares of deviations and the game theory, and two kinds of comprehensive weight combination methods are applied to comprehensive evaluation of Luohuiqu and other three irrigation districts ' water saving and improvement in Guanzhong area. The results show that two kinds of weight ' s vector have different size order, but the order of evaluation value of four irrigation districts calculated by using two kinds of weight are same. The results of further analysis show that the guiding ideology of comprehensive weight combination methods based on the sum of squares of deviations and the game theory is different, but both of their principles are scientific. In determining the index weights of an irrigation district ' s evaluation, if one wants to make irrigation districts ' evaluation results have fully scatter degree, he should select the comprehensive weight combination method based on the sum of squares of deviations; If he wants to preserve information of all objective and subjective indexes ' weights as possible, he should select the comprehensive weight combination method based on the game theory.

Keywords: irrigation district ' s water saving and improvement; comprehensive evaluation; sum of squares of deviations; game theory