

井灌节水项目综合评价模型及其应用^{*}

侯维东¹, 徐念榕²

(1. 河海大学技术经济学院, 江苏南京 210098; 2. 华泰证券, 江苏南京 210005)

摘要:在对国内、外综合评价模型综述的基础上, 结合井灌节水项目分析的特点, 采用改进的多层次综合评价方法, 在传统的层次分析方法基础上, 结合灰色关联的有关理论, 再将专家意见、定性、定量数据和各种信息有机结合起来, 使项目分析更趋科学化。

关键词: 井灌节水, 层次分析, 灰色关联, 综合评价

中图分类号: S275 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1980(2000)03-0090-05

低压输水管道节水灌溉项目, 是 80 年代初发展起来的一项节水型灌溉新技术, 它具有节水、节地、节能、省工、投资少、效益高等突出优点。近年来, 在我国得到了大面积推广。通过对山东 17 个县(市、区)的井灌节水效益的综合评价, 寻找一种全面合理的经济效益评价方法, 并为推广这一技术提供理论依据。本文运用的综合评价法的内容包含财务评价、国民经济评价和自然、生态环境与社会评价, 尤其侧重于自然、生态环境与社会评价的研究和分析, 这是我国理论界研究的新领域。

1 井灌节水项目综合评价的指标建立

1.1 井灌节水项目综合评价的指导思想

井灌节水项目的综合评价, 必须以该项目运行的一般过程为指导, 具体体现在对该项目的综合理解、评价要素的构成、评价指标体系的建立都要适应有效发展节水灌溉农业、提高经济生活质量的要求。这是一个复杂的系统, 又是一个崭新的课题, 在综合评价的过程中, 必须遵循科学性和系统性等项原则。

1.2 井灌节水项目综合评价的递阶层次构造

影响井灌节水项目效益的因素很多, 并且结构复杂, 在确定主要的影响因素以及各个因素之间的关系如何时, 需进行广泛的调研和咨询, 并研究国内外大量有关方面的最新科研成果。最后, 设计出井灌节水项目综合评价的递阶层次结构, 见图 1。

图 1 中最外层是目标层 A, 即井灌节水项目效益的综合评价。第二层是指标层 B, 包括财务评价、经济评价和自然、生态环境与社会评价。第三层 C 是指标层 B 的细分。根据课题综合效益评价的需要对第三层 C 再细分出第四层 D, 并进一步细分出第五层 E。

2 井灌节水项目综合评价模型的构建

在对国内、外综合评价模型综述的基础上, 结合井灌节水项目的特点, 井灌节水综合评价模型可采用改进的多层次综合评价方法。此处的多层次综合评价模型是在传统的层次分析方法基础上, 再结合灰色关联的有关理论, 以期充分利用两种方法的优点, 将专家意见、定性、定量数据和各种信息与计算机建模有机地结合起来, 达到对系统进行科学分析和评估目的。

2.1 确定各评价指标的权重^[1]

综合评价问题中的指标权重反映各个指标的重要程度, 考虑到井灌节水项目的特点, 采用层次分析法确定各指标权重。

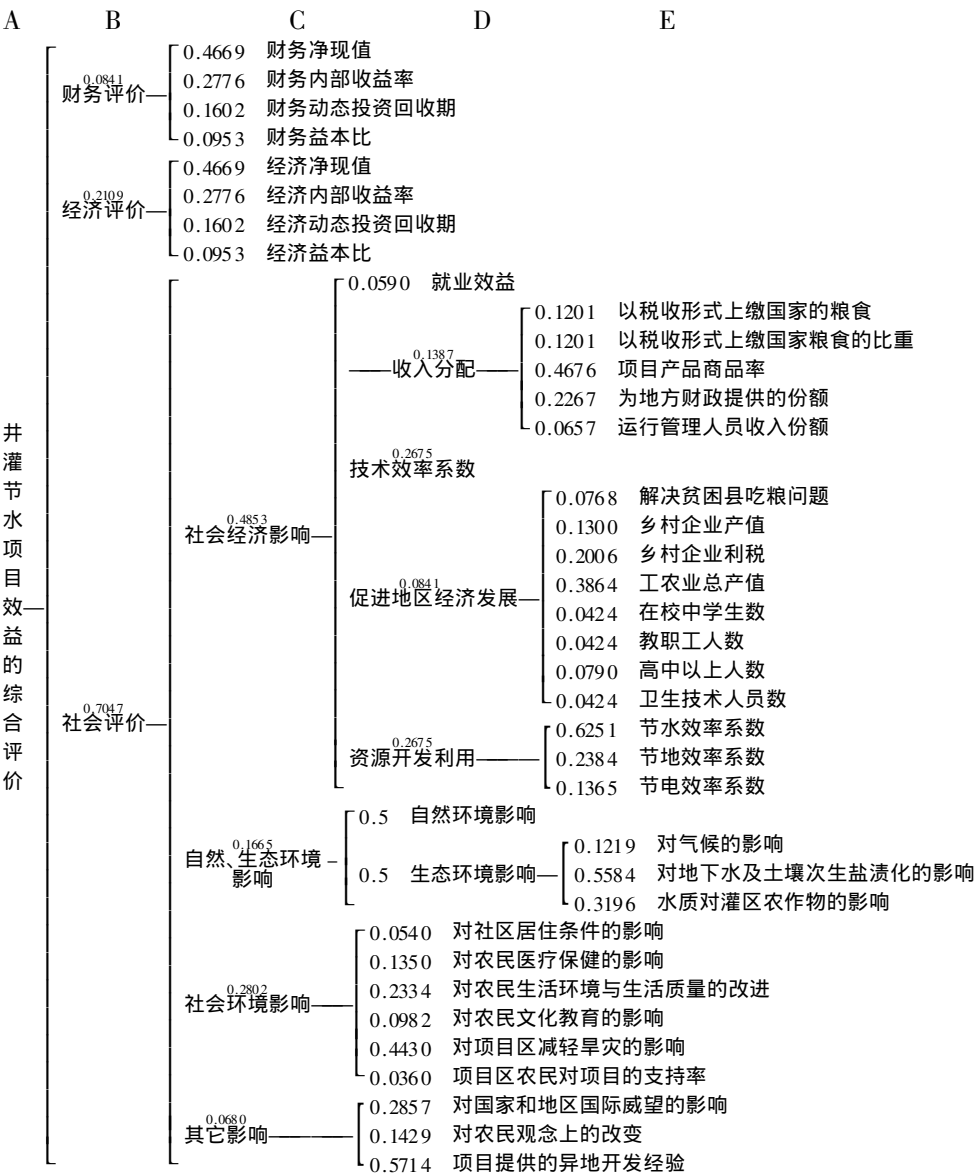


图 1 山东利用世行贷款井灌节水项目综合评价

Fig.1 Comprehensive evaluation of WISW project financed by the world bank in Shandong province

首先,建立递阶层次结构,将评价目标层次化,见图 1.

其次,构造两两比较判断矩阵.目标层次结构建立后,上下层次指标间的隶属关系就被确定了,对同一层次指标,进行两两比较,其比较结果以 1~9 标度法表示,各级标度的含义见表 1.

第三,计算各评价指标的相对权重,采用方根法进行层次单排序.

$$M_i = \prod_{j=1}^n b_{ij}$$
$$\bar{W}_i = M_i^{1/n}$$
$$W_i = \bar{W}_i / \sum_{j=1}^n \bar{W}_j$$

式中: W_i ——各评价指标的权重; n ——判断矩阵的阶数.

第四,进行一致性检验,计算特征根:

表 1 1~9 标度的含义

Table 1 Implication of scale 1~9

标 值	意 义
1	表示两个元素相比,具有同样重要性
3	表示两个元素相比,一个元素比另一个元素稍微重要
5	表示两个元素相比,一个元素比另一个元素明显重要
7	表示两个元素相比,一个元素比另一个元素强烈重要
9	表示两个元素相比,一个元素比另一个元素极端重要

* 标值 2,4,6,8 为上述相邻判断的中值.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{BW}{W_i} \right)_i \qquad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$
$$CR = CI / RI$$

计算一致性比例

式中 RI 为平均随机一致性指标,见表 2.

当 $CR < 0.1$ 时,则认为判断矩阵一致性可以接受,否则重新构造判断矩阵.这样就可以得出各级评价指标的权重 W .

2.2 灰色关联度的计算^[2]

灰色单层次评判模型

表 2 1~11 阶平均随机一致性指标

Table 2 Mean random identity index for order 1~11

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

$$R = W \times E$$

式中: $R = [r_1, r_2, \dots, r_n]$ —— n 个方案的综合评判结果矩阵, $r_i (i = 1, 2, \dots, n)$ ——第 i 个方案的评判结果;
 $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)$ —— m 个评判指标权重分配矩阵, $W_k (k = 1, 2, \dots, m)$ ——第 k 个评判指标权重,应满足 $\sum_{k=1}^m W_k = 1$;

$$E = \begin{bmatrix} a_1^{(1)} & a_2^{(1)} & \dots & a_n^{(1)} \\ a_1^{(2)} & a_2^{(2)} & \dots & a_n^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_1^{(m)} & a_2^{(m)} & \dots & a_n^{(m)} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

$a_i^{(k)} (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m)$ ——第 i 种方案第 k 种指标与第 k 个最优指标的关联系数.具体计算过程:

a. 确定最优指标值(F^*)

设
$$F^* = [f_1^*, f_2^*, \dots, f_m^*]$$

式中 $f_k^* (k = 1, 2, \dots, m)$ 为第 k 个指标在诸方案中的最优值(指标中,如某一指标取大值为好,则取该指标在各方案的最大值;如取小值为好,则取各指标中的最小值).

构造矩阵

$$D = \begin{bmatrix} f_1^* & f_2^* & \dots & f_m^* \\ f_1^1 & f_2^1 & \dots & f_m^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1^n & f_2^n & \dots & f_m^n \end{bmatrix}$$

式中 $f_k^i (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m)$ 为第 i 个方案中第 k 个指标的原始数值.

b. 指标值的规范化处理

由于评判指标之间常具有不同的量纲和数量级,不能直接对比,因此要对原始指标进行规范化处理.设第 k 个指标的变化区间为 $[f_{k1}, f_{k2}]$,即 f_{k1} 为第 k 个指标在所有方案中的最小值, f_{k2} 为第 k 个指标在所有方案中的最大值,则可用式(2)将式(1)中的原始数据变换成无量纲值 $C_k^i \in [0, 1]$.

$$C_k^i = \frac{f_k^i - f_{k1}}{f_{k2} - f_{k1}} \qquad (2)$$

c. 计算综合评判结果

将经规范化处理后的最优指标集 $\{C^*\} = [C_1^*, C_2^*, \dots, C_m^*]$ 作为参考数据列,将经规范化处理后各方案的指标值 $\{C^i\} = (C_1^i, C_2^i, \dots, C_m^i)$ 作为被比较数列,则可用公式(3)分别求得第 i 个方案中第 k 个指标与第 k 个最优指标的关联系数:

$$\alpha_i^{(k)} = \frac{\min_i \min_k |C_k^* - C_k^i| + \rho \max_i \max_k |C_k^* - C_k^i|}{\max_i |C_k^* - C_k^i| + \rho \max_i \max_k |C_k^* - C_k^i|} \qquad (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m) \qquad (3)$$

式中 $\rho \in [0, 1]$, 一般取 $\rho = 0.5$.

则综合评判结果矩阵 $R = W \times E$, 即 $r_i = \sum_{k=1}^m W_k a_i^{(k)}$. 若关联度 r_i 最大, 则说明 $\{C^i\}$ 与最优指标集 $\{C^*\}$ 最接近, 亦即第 i 个方案优于其他方案, 据此可排出各方案的优劣次序.

2.3 多层次综合评价模型

当系统方案各指标间分为不同层次时, 需采用多层次综合评价模型. 图 2 是以两个层次的综合评价模型为例给出的框图.

多层次综合评价是在单层次评价的基础上进行的, 具体评价方法、步骤与单层次评价相同. 如对 K 个指标进行单层次评判后, 得到评价结果 R_k ($R_k = W \cdot E_k$), 则进行第一层次的综合评价时, 由公式 (2) 将 W_k 规范化处理后, 转换成 C_k , 再由公式 (3) 计算关联系数 $\{a_i^{(k)}\} (i = 1, 2, \dots, m)$, 则 $\{a_i^{(k)}\}$ 作为第一层次综合评价矩阵 E 中的一个分量, 再进行第一层次的综合评价.

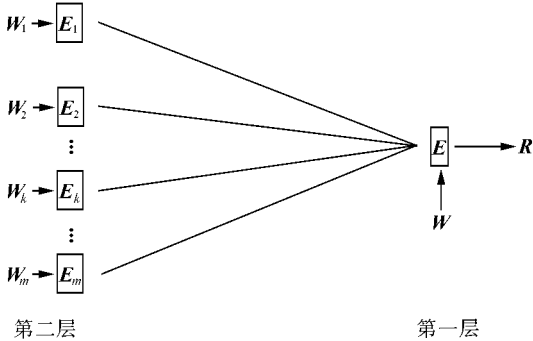


图 2 两个层次综合评价模型框图

Fig.2 Flow chart based on comprehensive evaluation model with two levels

3 山东省利用世行贷款井灌节水项目综合评价实例

世界银行加强灌溉农业贷款的山东省井灌节水项目(Well Irrigating of Saving Water 项目, 简称 WISW)是从 1990 年开始建设, 到 1994 年结束. WISW 项目的建设宗旨是: 利用世行贷款, 发展节水灌溉, 改善农业生产条件, 增强农业发展后劲, 把项目区建成高产稳产的粮棉油生产基地, 增加农产品的有效供给, 提高农民生活水平.

WISW 项目涉及泰安、莱芜、宁阳、肥城、东平、新泰、曲阜、兖州、汶上、泗水、邹县、薛城、滕州、荷泽、郓城、单县、曹县等 17 个县(市、区), 共 2 341.9 千人.

WISW 项目的主要内容是发展低压管道输水灌溉工程, 配合农业措施, 加强项目区农业发展的后劲.

WISW 项目综合评价是一项复杂的系统工程, 在经过了调研、资料查询、表格设计并实施调查、专家座谈、数据库建立等基础性工作后, 运用上述的综合评价模型, 得出判断矩阵及计算结果见表 3. 汇总综合评价各指标的权重见图 1.

表 3 山东井灌节水项目各县第二层和总目标综合关联度

Table 3 The comprehensive correlation degree at the 2nd highest level and the highest level for each county in the wisw project

县名	泰 安	莱 芜	宁 阳	肥 城	东 平	新 泰	曲 阜	兖 州	汶 上	泗 水	邹 县	薛 城	滕 州	荷 泽	郓 城	单 县	曹 县
第二层指标	财务评价	0.45	0.39	0.45	0.45	0.45	0.39	0.49	0.49	0.42	0.36	0.34	0.32	0.64	0.33	0.36	0.36
	排序	3	5	3	3	3	5	2	2	4	6	7	9	1	8	6	8
	经济评价	0.45	0.39	0.45	0.45	0.45	0.39	0.49	0.49	0.42	0.36	0.34	0.32	0.64	0.33	0.36	0.36
	排序	3	5	3	3	3	5	2	2	4	6	7	9	1	8	6	8
自然、生态环境与社会评价	综合评价	0.49	0.58	0.46	0.63	0.38	0.62	0.76	0.48	0.41	0.50	0.45	0.40	0.41	0.42	0.46	0.49
	排序	7	4	9	2	14	3	1	8	12	6	10	13	12	11	9	5
总目标	综合评价	0.42	0.47	0.40	0.55	0.36	0.51	0.85	0.43	0.36	0.40	0.37	0.34	0.53	0.35	0.38	0.40
	排序	8	5	9	2	12	4	1	7	12	9	11	14	3	13	10	6

从表 3 和图 1 可以得出如下结论:

WISW 项目财务评价和经济评价对各市(县)的影响方向是一致的, 关联度的大小主要与各市(县)的受益面积有关, 受益面积越大, 指标关联度越大. 由表中的结果可知: 滕州的财务、经济效益最佳, 其次是泰安、宁阳、肥城、东平、曲阜、兖州, 其余的市(县)由于受益面积较小, 因而财务、经济指标的关联度也相对较小.

社会评价主要体现 WISW 项目的实施对项目区的社会经济、自然生态环境、社会环境等方面的影响, 关联度的大小主要与各县(市)原有的经济状况有关. 从表中结果看, 曲阜名列第一, 莱芜、肥城、新泰、曹县居

中,其余市(县)的关联度较小.有些地区的社会经济条件原本较好,因而项目的实施对社会经济等影响不大,而有些地区的社会经济等情况相对较差,项目的实施对其改善就比较明显.

综合评价的结果是在综合了财务评价、经济评价和社会评价的基础上得出的,它们所占的比重分别为:0.0841、0.2109及0.7049.由表1可知综合评价的结果为:曲阜第一,莱芜、肥城、新泰、滕州居中,其余市(县)的综合评价关联度相对较小.

项目的实施不仅给各地区带来了一定的财务效益和经济效益,而且给各个地区带来了程度不同的自然生态环境与社会效益,尤其是对以前相对不发达的地区产生的社会效益更为明显,说明WISW项目的实施既有现实的财务、经济效益,更有显著的自然生态环境与社会效益,WISW项目是可行的、值得推广的.

参考文献:

[1] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.6~13.
[2] 邓聚龙.灰色系统的基本原理[M].武汉:华中理工大学出版社,1987.17~30.

Structure of Comprehensive Evaluation Model of the WISW Project

HOU Wei-dong¹, XU Nian-rong²

(1. College of Technical Economics, Hohai Univ., Nanjing 210098, China;
2. Jiangsu Stock Co., Ltd., Nanjing 210005, China)

Abstract On the basis of summarizing the comprehensive evaluation models both at home and abroad, according to the characteristics of analysis of the WISW Project, adopted is an improved multiple-level comprehensive evaluation method. The present multiple-level comprehensive evaluation model is based on the conventional level analysis method, integrated with the Grey Relation Theory. It integrates organically the experts' opinions, quantitative and qualitative data and various information, so as to achieve the goal of analysing and evaluating the analysis system scientifically.

Key words water-saving; well irrigation; multiple-level; Grey Relation Theory; comprehensive evaluation