

文章编号: 1000-5013(2007) 01-0075-04

水利生态绩效分析

王 敬¹, 王全凤²

(1. 华北电力大学 工商管理学院, 北京 102206; 2. 华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 从生态系统功能的恢复而衍生的直接经济效益、生态效益、社会效益等方面, 对水利生态的绩效进行分析, 解决生态系统价值的评估问题. 通过建立绩效指标体系, 采取模糊综合评价与状态空间分类排序的方法进行绩效评估. 实例验证结果表明, 方法具有较强的可操作性, 对水利生态的绩效评估具有指导意义.

关键词: 水利生态; 综合评判; 绩效; 模糊理论

中图分类号: TV 213.4

文献标识码: A

水利生态以恢复生态系统的平衡为目标, 生态系统的恢复带来了其价值的提高, 除表现在生态系统的恢复所衍生出的一部分经济价值之外, 更多的表现在生态环境的改善、人民生活质量的提高、社会的稳定、促进国民经济健康发展等方面. 对这类项目完成后所产生的效益、达到的效果等综合评价和分析, 称为水利生态的绩效评估. 水利生态绩效评估是一个新的研究课题, 涉及水利与生态两个系统. 由于全面核算生态系统服务功能的价值是一个世界性难题, 因此, 对水利生态项目的实施而使生态系统产生的变化, 只能从生态系统功能改善方面谈起, 并对由此衍生的效益、所达到的效果用一系列指标进行表征. 文中通过建立指标体系, 选择评价模型, 对水利生态项目的绩效进行描述和评估.

1 水利生态工程的绩效分析

水利生态项目的实施, 改善了生态系统的功能. 生态系统功能的改善大体可从生产功能、生态服务功能、景观与社会文化功能 3 个方面来分析^[1-2]. 水利生态项目对生态系统的影响, 引起生态系统功能改善, 衍生的效益和效果从经济、生态、社会等 3 方面来论述.

(1) 经济效益. 水利生态项目以治理生态环境为目标, 它的实施改善了生态系统的功能, 且其所衍生出的价值能够定量衡量, 有市场价值, 如粮秣木材、生化燃料、药品、工业原料等. 这部分的价值虽然只占生态系统所具有的价值的一小部分, 但已足以影响整个社会经济的基本状态^[3-4]. 这种由生态系统的改善而产生的, 能直接进入市场的价值, 本文定义为生态水利项目的经济效益.

(2) 生态效益. 生态效益是指行为主体的经济活动对生态系统的改善, 使得自然生态系统对人类的生产、生活条件和质量产生的某种影响. 例如, 区域性气候的变化、食物链及营养结构的变化、生物多样性的变化、对防沙固沙的作用等. 这部分功能的改善作为对“生命支持”具有深远的意义, 是人类可持续发展的基础.

(3) 社会效益. 社会效益是水利生态绩效评估研究中极为重要的一个方面^[5]. 水利生态的实施在稳定生态环境、改善居民的生活生产条件、调整就业结构的、促进地方经济的发展等方面, 都将产生积极作用. 另外, 水利生态对人类生存起到改善和美化作用, 以及景观要素和组分的空间配置与时间配置的进程差异所表现出的各种美感, 可称环境和景观效益. 由于环境效益和景观效益与生态效益及社会效益存在一定程度的交叉, 本文将其包括在社会效益之中.

收稿日期: 2006-04-13

作者简介: 王 敬(1965-), 女, 博士研究生, 主要从事水利生态工程的研究; 通讯作者: 王全凤(1945-), 男, 教授, 博士生导师. E-mail: qfwang@hqu.edu.cn.

基金项目: 水利部“水利生态绩效审计评价”项目(040310)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 绩效评估

由于水利生态工程所产生效益的滞后性、隐蔽性, 以及对生态系统恢复能力认识的局限性, 绩效分析应该包括静态绩效分析与动态绩效分析. 静态评估是指对水利生态工程某一时间点进行的绩效分析; 动态评估是指对水利生态工程某一时间段进行的绩效分析, 以此反映生态工程对生态系统的影响.

2.1 静态绩效评估

2.1.1 建立指标体系 指标体系的设计是正确评价效益的重要步骤, 每个一级指标由二级指标构成, 指标一步步细分, 直至易于获得为止. 社会效益一级指标由区域产业结构、社会稳定与发展等指标构成. 一级指标又由若干个二级指标构成, 包括就业机会增加、科技进步、生存环境改善、区域知名度提高、健康指数等. 经济效益指标包括农业、渔业、林业、旅游业等直接收益. 生态效益由生态系统支持功能和调节功能构成, 涉及的一级指标包括景观多样性指数、物种多样性指数、珍稀动物、植物保有量等^[6]. 由于反映水利生态项目的指标有定性指标、定量指标、实物指标等, 因此, 对指标的聚类采用多种方法. 经济效益指标明确, 有市场价值可直接进行计算; 生态、社会类指标复杂, 采用模糊评价的方法等.

2.1.2 模糊综合评价 建立指标体系, 获取准确完备的经济、生态、社会等方面的资料后, 对每一类指标进行综合评价. 首先, 确定因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 选择评价集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, 定出每个因素对于各评价等级的隶属度, 建立评价矩阵 R ; 通过权重向量 W 与评价矩阵 R 之间的运算, 得到

$$B = W \cdot R = (b_1, b_2, \dots, b_m). \tag{1}$$

B 是一个模糊向量, 它反映了被评价对象对各评价等级的隶属程度. 在进行多级评价时, 每一评价因素是由低一层次的若干因素(指标)决定的, 每一因素的单因素评价是低一层次的多因素综合评判. 这样, 由低到高的逐层确定权重并进行该层次的综合评价. 将其所得评价结果作为高一层次的模糊评价矩阵构成部分, 继续进行高层次的综合评价, 一直到求出生态效益、社会效益的一级模糊向量 B 为止. 根据评价结果和最大隶属度原则, 就可以对评价对象做出综合评价结论. 但是评价一个复杂事务时, 这种方法会导致信息损失过多. 基于模糊数学的加权平均原则, 本文在模糊综合评价的基础上进一步用综合效益水平指数来反映不同层次的效益水平. 具体方法是, 综合考虑以上综合模糊评价的结果 B 与评价等级集合 V 的关系, 给评价等级集合的 m 个等级(很差、差、...、中、好、很好)分别赋以秩次 $1, 2, 3, 4, \dots, m$, 则水利生态的效益水平指数为

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m b_i \cdot i}{\sum_{i=1}^m b_i}. \tag{2}$$

2.1.3 状态空间分类^[7-8] 首先, 根据式(2)可以求出生态和社会效益水平指数, 规定经济效益水平系数等于直接经济效益与投资的比值. 然后进行标准化处理, 将表达子系统绩效的水平指数变换到 $[0, 1]$ 区间. 根据生态、社会、经济效益水平指数, 综合 3 个子系统中关于系统运行状况所提供的“信息”, 采用状态空间的分类排序方法对系统的绩效进行评价, 有

$$Z = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T \mid x_k \in [0, 1]\}.$$

其中, Z 为系统状态空间, x 称为状态向量.

定义 1 设 $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)^T \in S(x_j^*)$, 对任意的 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T \in S$, 若有不等式 $x_j \geq x_j^*$ ($j = 1, 2, \dots, m$) 成立, 则称 x 连同 x^* 为 Z 中的准有效点. 其中, x^* 是针对系统的设计(或期望)而预先设定的. 根据水利生态系统的特征, 本文假设 x^* 分 x^{1*} 和 x^{2*} , 且 $x^{1*} > x^{2*}$, 称 x 连同 x^{1*} 为 Z 中的第 1 类准有效点, x 连同 x^{2*} 为 Z 中的第 2 类准有效点. 将 Z 中所有的准有效点构成的集合称为 Z 的准有效子集, 并相应地记为第 1 类准有效子集 A 、第 2 类有效子集 B .

定义 2 设 $x^{**} = (x_1^{**}, x_2^{**}, \dots, x_m^{**})^T \in S(x_j^{**})$, 对任意的 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T \in S$, 若至少对某一个 k 有不等式 $x_k < x_k^{**}$ 成立, 则称 x 连同 x^{**} 为 Z 中的非准有效点. 其中 x^{**} 是针对系统的设计(或期望)而预先设定的. 将 Z 中所有的非有效点构成的集合称为 Z 的非有效子集, 并记为 D . 令集合 $C = Z - A - B - D$, 则有 $Z = A \cup B \cup C \cup D$, 但 $A \cap B = B \cap C = C \cap D = D \cap A = \emptyset$.

由定义 1 及定义 2, 结合上述评价结果和各子系统的水平指数, 可以作如下判断: 落在子集 A 内的点, 称绩效评估为优; 落在子集 B 内的点, 称绩效评估为良; 落在子集 C 内的点, 称绩效评估为中; 落在

子集 D 内的点, 称绩效评估为差.

2.2 动态绩效分析

由于生态系统的复杂性及对生态系统认识的局限性, 对某一时间点的绩效评估, 不足以反映水利生态项目对生态系统所起的作用. 因此, 需要将水利生态项目在不同时间点的绩效评估结果动态分析, 找出趋势, 以保证评价的客观性与科学性. 动态评估就是在静态评估的基础上, 对不同时间点的绩效进行跟踪分析. 随着时间的推移, 如果由不同时间静态绩效评估组成的点具有上升的趋势, 说明水利生态工程对生态系统的维护与恢复的效果很好. 如果绩效评估具有平稳的趋势, 起伏不大, 说明生态工程对生态系统的维护与恢复的效果良好. 如果绩效评估具有平稳的趋势, 但起伏, 说明生态工程对生态系统的维护与恢复的效果不稳定, 需要及时发现原因, 进行调整. 如果绩效评估具有下降的趋势, 说明生态工程对生态系统的维护与恢复没有起到应有的作用, 影响了生态系统的可持续发展, 需及时进行补救.

3 案例分析

某生态调水工程, 国家投入 1 500 万元. 该生态工程的实施改善了某湿地的生态环境, 缓解了湿地萎缩的现象. 对于抑制湿地自然环境恶化、生物多样性的保护、防止生态灾难发生起了积极的影响. 湿地的恢复和改善, 稳定了该地区的生态环境、改善了当地居民的生活和生产条件、促进了地方经济的发展.

步骤 1 求出生态、社会、经济效益的水平指数. 根据水利生态项目宏观指标体系框架, 结合该湿地的特点, 建立绩效评估的指标体系, 如表 1 所示. 一级指标由二级构成(二级以下指标及计算略), 逐级分解, 直至可观察为止. 采用专家调查方法, 对工程在生态、社会方面的指标进行调查及计算, 并给出各指标的权重. 本例中, 设 $m=5$, 即选择评价集 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ 分别代表{很差、差、中、好、很好}, 逐级计算. (1) 社会效益. 根据权重向量 W_1 和评价矩阵 R_1 , 通过矩阵运算得到综合评价结果为

$$B_1 = (0.034, 0.200, 0.190, 0.184, 0.392).$$

给评价 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 等级集合的 5 个等级分别赋以秩次 1, 2, 3, 4, 5, 则可知社会效益水平指数 $S_1=$

表 1 评价指标体系及专家调查结果

Tab. 1 Evaluation index system and investigation results

指标	一级指标	权重	二级指标计算结果
生态效益	物种多样性指数	0.20	[0.00, 0.14, 0.18, 0.19, 0.49]
	珍稀动、植物保有量	0.20	[0.00, 0.11, 0.14, 0.22, 0.53]
	土壤荒漠化程度	0.05	[0.07, 0.10, 0.15, 0.23, 0.45]
	气候调节能力	0.05	[0.08, 0.10, 0.10, 0.11, 0.61]
	化学性水质特性	0.10	[0.02, 0.11, 0.20, 0.25, 0.42]
	物理性水质特性	0.10	[0.00, 0.18, 0.22, 0.25, 0.35]
	侵蚀控制水平	0.15	[0.00, 0.20, 0.19, 0.18, 0.43]
	植被恢复程度	0.15	[0.00, 0.09, 0.10, 0.10, 0.71]
社会效益	区域影响力改善	0.40	[0.03, 0.25, 0.17, 0.17, 0.38]
	社会稳定与发展	0.40	[0.03, 0.18, 0.25, 0.20, 0.34]
	产业结构调整	0.20	[0.05, 0.14, 0.11, 0.18, 0.52]
经济效益	林业、渔业、旅游产出/ 万元		4 000

3.70. (2) 生态效益. 与社会效益的水平指数算法相同, 根据权重向量 W_2 和评价矩阵 R_2 , 通过矩阵运算得到综合评价结果为

$$B_2 = W_2 \cdot R_2 = (0.010, 0.132, 0.162, 0.191, 0.505).$$

给评价 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 等级集合的 5 个等级分别赋以秩次 1, 2, 3, 4, 5, 则生态效益的水平指数为 $S_2=$

4.05. (3) 经济效益. 由林业、渔业、农业、旅游业等组成, 效益合计为 4 000 万元, 投入为 1 500 万元, 则经济效益水平指数 $S_3=4\,000/1\,500=2.667$.

步骤 2 采用状态空间分类的方法进行绩效评估. 按照 $S_1 \in [1, 5] \Rightarrow [0, 1], S_2 \in [1, 5] \Rightarrow [0, 1], S_3 \in [1, 5] \Rightarrow [0, 1]$ 的规则, 对 $S_j, (j=1, 2, 3)$ 进行标准化处理. 将 S_1, S_2, S_3 进行标准化处理, 得到 $x_1 \rightarrow x_1 = 0.675, x_2 \rightarrow x_2 = 0.763, x_3 \rightarrow x_3 = 0.533$, 状态空间为 $Z = \{x = (x_1, x_2, x_3)^T | x \in [0, 1]\}$.

步骤 3 水利生态绩效评估. 根据目前水利生态的实际情况, 取 $x^{1*} = (0.75, 0.75, 0.50)^T$, $x^{2*} = (0.50, 0.50, 0.30)^T$, $x^{3*} = (0.25, 0.25, 0.10)^T$. 由定义可知, 该生态调水工程绩效评估的状态处于 **B** 区域, 综合绩效结果为良. 从生态效益方面来看, 生态效益水平指数属于优的范畴; 从社会效益方面来看, 效益指数属于良的范畴. 水利生态工程达到了良好的生态效果和社会效果. 从经济效益方面来看, 生态系统的恢复产生了很好的经济效益. 从这个实例的分析中可以看出, 本文方法具有较强的可操作性, 对水利生态的绩效评估具有指导意义.

5 结束语

水利生态项目是近年来为保护生态、维持生态平衡而实施的项目, 对此类工程的绩效评估尚无标准. 工程的绩效评估与生态系统的价值评估有关, 而生态系统的价值评估是尚未解决的世界性难题, 因此对由于水利生态工程的实施而提升的生态价值评估是不可能实现的. 本文从水利生态项目的实施而产生的作用入手, 从生态系统的恢复而产生的直接经济效益, 以及对当地生活条件的改善等方面影响出发, 通过建立指标体系, 对生态系统衍生的效益进行综合评价. 实例分析结果表明, 采用的评估模型具有可操作性, 以此思路对水利生态进行绩效分析是可行的.

参考文献:

- [1] COSTANZA R, d'Arge R, deGroot D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [2] TURNER R K, JEROEN C J, BERGH V D, et al. Ecological economic analysis of wetlands: Scientific integration for management and policy[J]. Ecological Economics, 2000, 35(1): 7-23.
- [3] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [4] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估[J]. 生态学报, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [5] 范大路. 生态农业投资项目外部效益评价研究[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2001: 47-76.
- [6] 王敬, 李晶, 胡兆光, 等. 水利生态投资项目外部效益评价研究[J]. 水利水电技术, 2005, 36(7): 4-7.
- [7] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 167-196.
- [8] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 3-26.

Performance Evaluation of Water Conservancy Ecosystem

WANG Jing¹, WANG Quan-feng²

(1. School of Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China

2. College of Civil Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: The purpose of the water conservancy ecosystem project is to protect the environment and to resume ecosystem destroyed. The performance evaluation of the project is related to the cost of corresponding ecosystem. The benefit of water conservancy ecosystem project is analyzed. Using integrated benefit index, a model of fuzzy comprehensive evaluation with statespace sorting is proposed to assess the performance. Based on the static analysis of performance evaluation, the dynamic method of performance evaluation is established. The model is tested by some projects, indicating its validity and efficiency.

Keywords: water conservancy ecosystem; comprehensive evaluation; performance; fuzzy theory

(责任编辑: 黄仲一)