

基于COWA-灰色定权聚类法的城市河流生态治理项目运营期绩效评价

朱记伟^{1,2}, 王江瑞^{1,2}, 刘阳阳³

(1. 西安理工大学 省部共建西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048; 2. 陕西高校新型智库生态水利与可持续发展研究中心, 陕西 西安 710048; 3. 延安大学, 陕西 延安 716000)

摘要: 城市河流生态治理是推进生态城市建设的重要举措, 生态治理项目运营期的绩效水平高低是项目建成后能否长远发挥综合效益的关键。从组织管理、监督管理、工程管理以及综合效益管理4个方面, 选取18个评价指标构建了城市河流生态治理项目运营期绩效评价指标体系, 建立了基于COWA-灰色定权聚类法的城市河流生态治理项目运营期绩效评价模型。利用该模型对西安某河流生态治理项目运营期绩效水平进行了评价, 结果表明: 该项目运营期综合绩效评价值为7.806, 等级为良好, 其中工程管理二级指标绩效水平最高, 结果为优秀, 其余3项二级指标绩效水平均为良好, 评价结果与项目实际情况基本相符。研究结果可以客观反映城市河流生态治理项目运营期的绩效水平, 可为其管理水平提升提供参考。

关键词: 城市河流生态治理项目; 绩效评价; 运营期; COWA算子; 灰色定权聚类

中图分类号: TV213.4; X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2021)01-0014-08

Performance evaluation of urban river ecological governance projects in operation period based on COWA – grey fixed weight clustering method

ZHU Jiwei^{1,2}, WANG Jiangrui^{1,2}, LIU Yangyang³

(1. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. Research Center of Eco-hydraulics and Sustainable Development, The New Style Think Tank of Shaanxi Universities, Xi'an 710048, China; 3. Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Urban river ecological governance is an important aspect of the construction of ecological city, and the performance level of a project during the operation period is the key to the long-term comprehensive benefits it brings after the completion. We selected 18 evaluation indexes from four aspects of organization management, supervision management, engineering management and comprehensive benefit management, and constructed the performance evaluation index system of urban river ecological governance project in operation period. Then a performance evaluation model of urban river ecological governance project in operation period was established based on combination ordered weighted averaging (COWA) – grey fixed weight clustering method. The performance level of a river ecological governance project in operation period in Xi'an was evaluated using this model. The results show that the comprehensive performance of the project during the operation period is evaluated as 7.806, which is classified as “good”. Among the indicators, the performance level of secondary indicators of project management is the highest, and the result is “excellent”. The performance level of the other three secondary indicators is “good”, which is basically consistent with the actual situation of the project. The results can reflect the performance level of urban river ecological governance projects in operation period objectively and can provide some reference for the improvement of their management.

收稿日期: 2020-11-15; 修回日期: 2020-12-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(71774132); 陕西省水利科技计划项目(2020SLKJ-22)

作者简介: 朱记伟(1982-), 男, 山东日照人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为生态水利与可持续发展。

Key words: urban river ecological governance project; performance evaluation; operation period; combination ordered weighted averaging (COWA) operator; grey fixed weight clustering

1 研究背景

快速发展的城镇化在带来经济高速增长和居民生活质量提高的同时,对水生态环境也提出了更高层次的要求。据统计,我国共有大、中、小河流7万余条^[1],然而,诸多因素导致河流生态系统遭受如水质污染严重、水生态环境容量减小、水体修复能力下降、水生生物多样性受损等问题,严重影响了水生态环境健康。实施河流生态治理已经成为改善城市环境,提高环境承载力的重要举措^[2]。自国家全面启动河湖长制工作以来,河流治理项目在高目标引领下,以高强度推进,高标准落实,治理成效初显,2018年全年我国在建江河治理工程5406处,累计完成投资 $3\,386.3 \times 10^8$ 元。其中,中、小河流治理工程3677处,占比68%^[3]。但由于城市河流生态治理项目实施周期长以及运营期管理效率不高、监督管理不到位等情况,导致项目投资反复、资源浪费等问题凸显,因此,有必要对城市河流生态治理项目运营期绩效水平实施评价,并根据评价结果对项目运营期存在的不足及时进行动态纠偏并提出对策建议,以提升运营期绩效管理水平,为促进河流与城市和谐发展提供支撑。

近年来,学者们在绩效评价方面开展了较为深入的研究,形成了诸如PSR-物元模型^[4]、熵权灰色关联分析^[5]、AHP-灰色关联分析^[6]、云模型^[7]、组合权重-理想区间法^[8]、GC-TOPSIS模型^[9]、ANP-灰色关联TOPSIS法^[10]、组合赋权与有序度熵模型^[11]等评价模型与方法。于宗绪等^[12]充分考虑水环境治理项目的复杂多样性,以及传统评价中主观因素的影响,综合运用AHP法与模糊综合评价法对某水环境治理工程进行评价并提出相关建议。章运超等^[13]基于TOPSIS模型构建了河长制绩效评价模型,对其开展定量评价,并探讨了影响绩效水平的关键因素。Gallego-Ayala等^[14]采用综合指数法分析了流域组织作为水资源综合管理框架的关键实施主体的绩效,根据其案例评估绩效的适应性,从115个关键绩效指标中选取了24个指标,并将指标转换成综合指数,采用层次分析法来区分所考虑的各项指标的相对重要性。王建波等^[15]利用层次分析法进行指标赋权,从项目投入、项目过程、项目结果、项目影响4个方面对某城市地下综合管廊PPP项目进

行了绩效评价。徐光启^[16]采用PSR概念模型,筛选出3个子系统、9个评估主题和25个具体指标构建了指标系统,客观评估了河流污染治理工程的绩效水平。

可见,绩效评价研究目前已较为成熟,研究对象范围广,各种评价方法层出不穷,其各有特点但普适性不强,兼具系统性和实用性的绩效评价体系及方法研究仍较为缺乏。另外,鲜有学者对城市河流生态治理项目运营期的绩效进行评价。本文结合城市河流生态治理项目运营期的特点,从组织管理、监督管理、工程管理以及综合效益管理4个方面构建了运用COWA算子确定指标权重的绩效评价体系,建立了基于灰色定权聚类法的运营期绩效评价模型,并应用于西安某河流生态治理项目运营期绩效评价,以期类似项目绩效评价提供借鉴。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

西安某河流综合治理一期工程治理河道长度共计7.7 km,施工总工期为18个月,项目已于2015年基本完工,现由西安某开发建设有限公司进行统一运营管理。为了使工程维持良好的运营状态,避免由于运营效果不佳造成资源浪费,有必要对该项目开展绩效评价工作,以便于运营单位发现运营管理过程中的短板和不足,及时进行调整,提升管理水平,保证项目运营良好并实现生态、社会、经济效益共赢,使该项目的社会服务价值最大化。

2.2 数据来源

本研究对城市河流生态治理项目运营期进行绩效评价,数据主要来源于专家打分,共分为两个阶段。第1阶段,邀请6位专家依据10分制打分法对城市河流生态治理项目运营期的各准则层指标进行打分,以各指标得分作为原始数据计算评价指标权重,为确保数据的可靠性,邀请专家主要为具有丰富河流生态治理项目经验的相关专业人员与咨询专家。第2阶段,邀请10位专家实地调研西安某河流后并结合项目运营期相关资料对该项目的具体运营情况采用10分制进行打分,受邀对象涉及运营管理部门、社会公众、政府部门等多种职位、多个部门的相关人员,以保证数据来源的全面性和可靠性。

2.3 研究方法

项目绩效评价主要包含评价目标、评价主体、评

价对象、评价体系、评价模型、评价标准等主要内容^[17]。在城市河流生态治理项目实际运营过程中,由于专业性要求和项目各参建人员的能力限制,项目运营管理方无法对项目整体及部分进行动态跟踪评价,难以及时发现问题并高效解决,不能有效实现项目后期运维。城市河流生态治理项目运营期绩效评价是对项目整体的客观评价,构建一套具有层次性、关联性和相对独立性的评价指标体系是保障评价结果科学性的前提。因此,首先应明确评价的目标及对象,初步建立指标体系,确定指标权重,在此基础上构建评价模型,计算各指标评价值并排序,同时对指标体系进行反馈、修正,得到科学合理的评价结果。本文构建的城市河流生态治理项目运营期绩效评价框架如图 1 所示。

2.3.1 绩效评价指标体系构建 绩效评价指标选取的合理性对于评价结果的有效性影响重大,城市河流生态治理项目实际运营中存在许多影响绩效水平的因素。本文遵循科学性、代表性、综合性、实用性、相对独立性以及可操作性等原则,结合城市河流

生态治理项目运营期的特点与管理要点,多维度收集关于城市河流生态治理项目运营期的评价指标。首先,通过检索文献以及对所搜集的多个实际案例进行梳理,初步拟定评价指标,在此基础上进行专家咨询和筛选,删除代表性不强的指标,优化建立评价指标体系,以保证所构建的指标体系更具科学性与合理性。最终,结合多个项目现场实地调研,确定出城市河流生态治理项目运营期组织管理、监督管理、工程管理、综合效益管理共 4 个准则层指标,管理机构设置、管理制度完善情况以及管理设施情况等 18 个方案层指标,评价指标体系如图 2 所示。

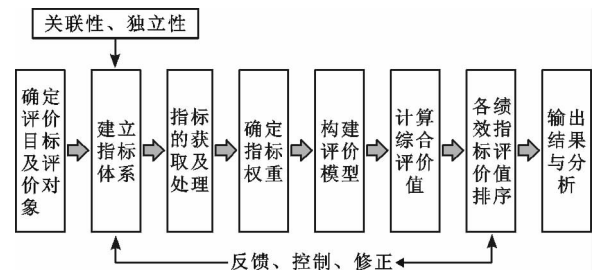


图 1 城市河流生态治理项目运营期绩效评价框架

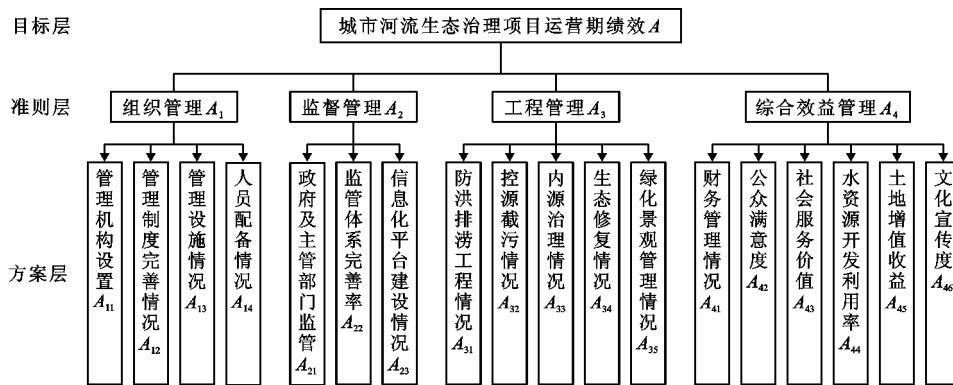


图 2 城市河流生态治理项目运营期绩效评价指标体系

2.3.2 基于 COWA 算子赋权的指标权重确定 评价过程中常见的层析分析法等赋权方法均采用专家打分原始数据进行计算,可能会存在部分专家极端值对指标赋权的客观性产生影响,OWA (ordered weighted averaging) 是通过数据序列重新组合并根据位置先行加权,将数据区别对待而削弱极端不利值影响的赋权方法^[18]。在 OWA 算子基础上改进后的 COWA (combination ordered weighted averaging) 方法是对数据序列进行重新排序并根据自身所处位置进行加权,可在一定程度上减少由于专家自身主观因素对权重计算的影响,使结果更加精确、客观^[19]。邀请 n 位专家对各级指标因素进行赋值,并基于 COWA 算子进行指标权重计算。具体步骤如下:

步骤 1 邀请 n 位专家,对同一层级指标的重要性采用 10 分制打分法进行打分,得到 n 位专家对各指标的原始打分数据集 $(a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n)$,将原始数据进行整理并从大到小排序后,从 0 开始依次编号,可得: $b_0 \geq b_1 \geq b_2 \geq \dots \geq b_j \geq \dots \geq b_{n-1}$ 。

步骤 2 设排序后的原始数据 b_j 权重为 θ_{j+1} ,运用组合数对其赋权,计算公式如下:

$$\theta_{j+1} = \frac{c_{n-1}^j}{\sum_{j=0}^{n-1} c_{n-1}^j} = \frac{c_{n-1}^j}{2^{n-1}} \quad (1)$$

$$(j = 0, 1, 2, \dots, n-1)$$

式中: $\sum_{j=0}^{n-1} \theta_{j+1} = 1$; c_{n-1}^j 为从 $n-1$ 个元素中取出 j 个元素的组合数。

步骤 3 对排序后的各个数据 b_j 进行赋权,得到各指标因素的绝对权重值 $\bar{w}_i$,即:

$$\bar{w}_i = \sum_{j=0}^{n-1} \theta_{j+1} b_j \tag{2}$$

$(j = 0, 1, 2, \cdots, n - 1; i = 1, 2, \cdots, m)$

式中: m 为指标因素的个数, $\theta_{j+1} \in [0, 1]$ 。

步骤 4 计算各指标因素的相对权重 w_i ,即:

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^m \bar{w}_i} \quad (i = 1, 2, \cdots, m) \tag{3}$$

2.3.3 基于灰色定权聚类的绩效评价模型 考虑到城市河流生态治理项目绩效评价指标的部分信息存在不易量化的现象,因此可将城市生态河流治理

项目作为一个灰色系统^[20]。灰色聚类方法是通过依照属性对目标进行分类后,选取合适的白化权函数,通过白化权函数计算各灰数的白化值,将灰色系统转化为白色系统,进而完成综合评价^[21-22]。但传统的灰色聚类法无法很好地反映不同指标因素在聚类过程中作用的差异性,本文采用灰色定权聚类法首先对各聚类指标进行赋权可有效避免这一弊端,具体过程如下:

步骤 1 首先,确定灰类并建立对应的白化权函数。确定“优秀,良好,中等,合格,较差”5 个灰类,中心点向量为 $U = (9, 7, 5, 3, 1)$,根据城市河流生态治理项目内涵建立 5 个灰类对应的白化权函数,如表 1 所示。

表 1 灰类、灰数和白化权函数

等级	灰类	灰数	白化权函数
优秀	$e = 1$	$\otimes_1 \in [0, 9, \infty)$	$f_1[d_{ijk}] = \begin{cases} d_{ijk}/9, & d_{ijk} \in [0, 9] \\ 1, & d_{ijk} \in [9, \infty) \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, \infty) \end{cases}$
良好	$e = 2$	$\otimes_2 \in [0, 7, 14]$	$f_2[d_{ijk}] = \begin{cases} d_{ijk}/7, & d_{ijk} \in [0, 7] \\ (14 - d_{ijk})/7, & d_{ijk} \in [7, 14] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 14] \end{cases}$
中等	$e = 3$	$\otimes_3 \in [0, 5, 10]$	$f_3[d_{ijk}] = \begin{cases} d_{ijk}/5, & d_{ijk} \in [0, 5] \\ (10 - d_{ijk})/5, & d_{ijk} \in [5, 10] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 10] \end{cases}$
合格	$e = 4$	$\otimes_4 \in [0, 3, 6]$	$f_4[d_{ijk}] = \begin{cases} d_{ijk}/3, & d_{ijk} \in [0, 3] \\ (6 - d_{ijk})/3, & d_{ijk} \in [3, 6] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 6] \end{cases}$
较差	$e = 5$	$\otimes_5 \in [0, 1, 2]$	$f_5[d_{ijk}] = \begin{cases} 1, & d_{ijk} \in [0, 1] \\ 2 - d_{ijk}, & d_{ijk} \in [1, 2] \\ 0, & d_{ijk} \notin [0, 2] \end{cases}$

步骤 2 建立评价矩阵。结合项目实施的实际情况,邀请 P 位专家对方案层指标 A_{ij} 的绩效水平进行赋值,建立评价矩阵 D_i :

$$D_i = [d_{ijk}]_{s \times p} \tag{4}$$

式中: d_{ijk} 为第 k 位专家对方案层评价指标 A_{ij} 的打分值, $k = 1, 2, \cdots, p$; s 为矩阵 D_i 中所列的评价指标 A_{ij} 的数量。

步骤 3 构建灰色聚类权矩阵。某一评价指标 A_{ij} 属于灰类 e 的聚类系数用 X_{ije} 表示为:

$$X_{ije} = \sum_{i=1}^p f_e[d_{ijk}] \tag{5}$$

则该指标总聚类系数为:

$$X_{ij} = \sum_{e=1}^5 X_{ije} \tag{6}$$

由此可计算得灰色聚类权向量为:

$$r_{ije} = \frac{X_{ije}}{X_{ij}} \quad (7)$$

进一步可构建灰色聚类权矩阵如下:

$$R_i = \begin{pmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & r_{ij3} & r_{ij4} & r_{ij5} \end{pmatrix} \quad (8)$$

步骤4 合成综合评价矩阵。运用聚类方法对各指标进行评价:

$$Z_i = w_i \times R_i \quad (9)$$

得到综合评价矩阵:

$$Z_0 = [Z_1, Z_2, \dots, Z_p]^T \quad (10)$$

进行准则层指标的综合评价向量计算:

$$M = w_0 \times Z_0 = [M_1, M_2, \dots, M_p] \quad (11)$$

步骤5 计算绩效价值。合成综合评价向量 M 与测度阈值 U , 并进行单值化处理, 以减少依据传统最大权原则确定灰类时导致的信息丢失, 计算过程如下:

$$W = M \cdot U \quad (12)$$

由此, 可对城市河流生态治理项目运营期绩效水平进行定量评价与分析。

2.3.4 绩效等级划分 为便于对城市河流生态治理项目绩效进行科学度量, 首先对所构建的指标进行量化处理, 并依据项目实践经验对其运营期绩效等级进行划分, 进而确定影响运营期绩效的关键指标因素。由于城市河流生态治理项目具有投资金额大、实施周期长等特点, 本文按照准则层各指标因素对项目综合绩效影响程度的不同, 参考类似研究成果, 设定了5级度量标准作为城市河流生态治理项目运营期绩效评价的等级标准, 取值范围为 $[0, 10]$, 并将项目各级指标绩效等级划分为: 优秀、良好、中等、合格、较差5个等级, 具体等级划分如表2所示。

表2 城市河流生态治理项目运营期绩效评价等级划分

等级	优秀	良好	中等	合格	较差
评价值	[10, 8)	[8, 6)	[6, 4)	[4, 2)	[2, 0]

$$\bar{w}_1 = \sum_{j=0}^{n-1} \theta_{j+1} b_j = (0.03125, 0.15625, 0.3125, 0.3125, 0.15625, 0.03125) \cdot \begin{bmatrix} 6.0 \\ 5.5 \\ 5.0 \\ 5.0 \\ 4.5 \\ 4.5 \end{bmatrix} = 5.016;$$

3 结果与分析

3.1 基于COWA算子的指标权重确定

由公式(1)~(3)计算得城市河流生态治理项目运营期绩效评价各指标权重如表3所示, 指标权重越大, 表明其变化对运营期绩效水平的影响越大。

表3 运营期绩效评价各指标权重

目标层	准则层	指标权重	方案层	指标权重
运营期绩效A	组织管理A ₁	0.1927	管理机构设置A ₁₁	0.2681
			管理制度完善情况A ₁₂	0.2421
			管理设施情况A ₁₃	0.1775
			人员配备情况A ₁₄	0.3123
	监督管理A ₂	0.1801	政府及主管部门监管情况A ₂₁	0.4026
			监管体系完善率A ₂₂	0.3398
			信息化平台建设情况A ₂₃	0.2576
			防洪排涝工程情况A ₃₁	0.1978
	工程绩效管理A ₃	0.3541	控源截污情况A ₃₂	0.2297
			内源治理情况A ₃₃	0.1702
			生态修复情况A ₃₄	0.2084
			绿化景观管理情况A ₃₅	0.1939
综合效益管理A ₄	0.2731		财务管理情况A ₄₁	0.2101
			公众满意度A ₄₂	0.1859
			社会服务价值A ₄₃	0.1466
			水资源开发利用情况A ₄₄	0.2047
			土地增值收益A ₄₅	0.1505
			文化宣传度A ₄₆	0.1023

以准则层指标A₁为例, 其权重具体计算过程如下: 将城市河流生态治理项目运营期绩效决策原始数据从大到小排序可得: $b = (6.0, 5.5, 5.0, 5.0, 4.5, 4.5)$; $n = 6$, 由公式(1)得加权向量为: $(0.03125, 0.15625, 0.3125, 0.3125, 0.15625, 0.03125)$ 。

根据公式(2)可得指标A₁绝对权重为:

同理计算可得: $\bar{w}_2 = 4.688, \bar{w}_3 = 9.219, \bar{w}_4 = 7.109$;

由公式(3) 可计算出城市河流生态治理项目准则层指标的相对权重向量为:

$w_0 = (0.1927, 0.1801, 0.3541, 0.2731)$ 。
方案层指标的相对权重向量分别为:
 $w_1 = (0.2681, 0.2421, 0.1775, 0.3123)$;
 $w_2 = (0.4026, 0.3398, 0.2576)$;
 $w_3 = (0.1978, 0.2297, 0.1702, 0.2084, 0.1939)$;
 $w_4 = (0.2101, 0.1859, 0.1466, 0.2047, 0.1505, 0.1023)$ 。

3.2 灰色聚类绩效评价分析

以 10 位专家对 18 个方案层指标的打分值作为绩效评价的原始数据,如表 4 所示,得分越高,表明该专家认为此项指标情况越好。由表 4 可见,此项目人员配备情况(A_{14})、政府及主管部门监管情况(A_{21})、控源截污情况(A_{32})以及财务管理情况(A_{41})得分均在 9 分以上,与本项目工程区供水水源可采用污水处理厂排放的中水补给,以及现有管理人员 18 人,能够确保工程的日常养护和维修、工程的定期检查和保养、维修养护作业水平的监督等管理工

作现状相符。
根据公式(4) 构造评价矩阵 $D_1 \sim D_4$,由表 1 所示 5 类灰数以及对应灰类进行赋值,并根据公式(8) 计算得出权矩阵 $R_1 \sim R_4$ 如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.515 & 0.377 & 0.108 & 0.000 & 0.000 \\ 0.348 & 0.396 & 0.256 & 0.000 & 0.000 \\ 0.849 & 0.063 & 0.088 & 0.000 & 0.000 \\ 0.460 & 0.389 & 0.151 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}$$
$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.534 & 0.374 & 0.093 & 0.000 & 0.000 \\ 0.381 & 0.406 & 0.213 & 0.000 & 0.000 \\ 0.279 & 0.359 & 0.362 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}$$
$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.423 & 0.397 & 0.180 & 0.000 & 0.000 \\ 0.572 & 0.369 & 0.059 & 0.000 & 0.000 \\ 0.439 & 0.539 & 0.352 & 0.000 & 0.000 \\ 0.535 & 0.452 & 0.176 & 0.000 & 0.000 \\ 0.512 & 0.483 & 0.221 & 0.000 & 0.000 \end{bmatrix}$$
$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.572 & 0.369 & 0.059 & 0.000 & 0.000 \\ 0.440 & 0.393 & 0.167 & 0.000 & 0.000 \\ 0.312 & 0.399 & 0.289 & 0.000 & 0.000 \\ 0.418 & 0.313 & 0.098 & 0.000 & 0.000 \\ 0.324 & 0.388 & 0.267 & 0.000 & 0.000 \\ 0.219 & 0.282 & 0.379 & 0.193 & 0.000 \end{bmatrix}$$

表 4 城市河流生态治理项目方案层指标专家打分原始数据表

序号	准则层 指标	方案层 指标	专家序号										准则层 平均值	方案层 平均值
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	A_1	A_{11}	8.0	8.6	8.9	8.0	7.8	8.0	8.2	8.5	8.1	8.8	8.29	7.58
2		A_{12}	7.5	7.6	7.3	7.3	7.6	6.8	7.6	7.4	7.2	7.3	7.36	
3		A_{13}	5.1	5.2	5.0	5.0	5.5	5.8	5.0	5.5	5.0	5.2	5.23	
4		A_{14}	9.8	9.6	9.5	9.3	9.5	9.7	9.2	9.0	9.4	9.2	9.42	
5	A_2	A_{21}	9.0	9.0	9.3	8.7	9.5	9.5	9.6	8.6	9.2	9.0	9.14	7.53
6		A_{22}	7.9	6.8	8.0	7.5	8.4	7.4	8.2	7.6	7.5	7.0	7.63	
7		A_{23}	6.0	5.6	5.9	5.7	6.2	6.0	6.0	5.6	5.2	5.9	5.81	
8		A_{31}	8.8	7.6	7.8	8.4	8.5	7.8	8.0	8.5	8.0	7.5	8.09	
9	A_3	A_{32}	9.8	9.6	9.5	9.3	9.5	9.7	9.2	9.5	9.5	9.2	9.48	8.20
10		A_{33}	7.4	7.3	6.0	6.6	7.2	7.0	7.5	7.2	7.0	6.0	6.92	
11		A_{34}	8.3	8.9	9.2	9.1	8.5	8.4	8.6	7.8	8.1	7.7	8.46	
12		A_{35}	7.4	8.4	8.5	6.9	8.1	8.2	8.2	8.3	8.0	8.7	8.07	
13	A_4	A_{41}	9.8	9.6	9.5	9.3	9.5	9.7	9.2	9.5	9.5	9.2	9.48	7.45
14		A_{42}	7.3	7.5	8.4	8.4	8.5	8.5	8.0	8.4	9.0	8.6	8.26	
15		A_{43}	6.6	6.5	7.0	6.2	7.2	6.5	6.0	6.8	7.0	6.2	6.60	
16		A_{44}	8.5	8.3	8.0	9.5	9.6	9.4	9.1	8.5	9.0	8.6	8.85	
17		A_{45}	7.5	6.5	7.6	6.2	7.7	6.5	6.0	6.8	7.6	6.2	6.86	
18		A_{46}	4.5	5.3	4.3	5.2	4.2	4.3	5.4	4.2	4.0	5.0	4.64	

将权向量与权矩阵合成得到 Z_i , 并构造准则层指标的综合评价矩阵 Z_0 :

$$Z_0 = \begin{bmatrix} 0.519 & 0.329 & 0.152 & 0.000 & 0.000 \\ 0.416 & 0.381 & 0.203 & 0.000 & 0.000 \\ 0.501 & 0.443 & 0.189 & 0.000 & 0.000 \\ 0.404 & 0.360 & 0.185 & 0.020 & 0.000 \end{bmatrix}$$

由公式(11), 将灰色聚类综合评价向量与指标权重合成, 可得该城市河流生态治理项目运营期绩效综合评价向量 M :

$$M = w_0 \cdot Z_0 \\ = [0.463, 0.387, 0.183, 0.005, 0.000]$$

由公式(12) 将运营期绩效综合评价向量 M 与测度阈值 U 合成, 可计算出绩效评价值 W , $W = M \cdot U = 7.806$, 由绩效评价等级标准可知, 该项目综合绩效水平为良好。

单值化处理指标 $A_1 \sim A_4$, 可得到绩效评价值为 $W_1 = 7.734$, $W_2 = 7.426$, $W_3 = 8.555$, $W_4 = 7.141$ 。

对准则层指标绩效评价从大到小排序为 $W_3 > W_1 > W_2 > W_4$ 。根据评价排序, 对其绩效等级进行分析, 绩效水平由大到小依次为工程管理、组织管理、监督管理、综合效益管理。表明本项目在运营期时工程管理绩效水平为优秀, 其余各指标绩效水平均处于良好等级, 计算结果与表4所示专家打分结果的平均值排序一致。该工程建设完成后, 防洪排涝等功能得以有效发挥, 生态环境优美, 管理人员配备齐全, 为周边居民提供了休闲场地, 成为周边地区游客的好去处。但随着景区人流量增多, 仍存在内源污染风险高、运营管理设施破损等问题, 项目运营整体绩效水平仍有待进一步提高。

4 结 论

(1) 本文结合城市河流生态治理项目基本特征, 考虑各指标因素的差异性, 构建了包含组织管理、监督管理、工程管理以及综合效益管理4个方面18个评价指标的指标体系, 运用COWA-灰色定权聚类法建立了城市河流生态治理项目运营期绩效评价模型。

(2) 以西安某河流生态治理项目为例, 计算出该项目运营期综合绩效评价值为7.806, 对应评价等级为良好, 与项目实际情况相符, 验证了模型的适用性。

(3) 在项目绩效评价中, 采用COWA算子进行指标赋权, 可在一定程度上削弱由于专家主观因素造成的打分极端值对结果的不利影响, 采用灰色定

权聚类法进行项目绩效评价, 可有效避免聚类过程中不同指标因素作用程度大小不一的问题, 使得评价结果更为客观, 提高了评价结果的准确性。

(4) 本文构建的绩效评价模型科学且易操作, 可运用到类似城市河流生态治理项目评价中, 但若要进一步提高评价结果的精准性, 仍需开展更深入的研究。

5 建 议

为进一步提升城市河流生态治理项目运营期绩效水平, 实现河流经济、社会、生态效益共赢, 本文针对研究发现的河流生态治理项目运营期存在的问题, 提出以下建议:

(1) 提高组织管理水平。规范城市河流生态治理项目各项管理制度, 保障项目建成后投入运营期间的经费, 加强资金使用管理, 引进专业化管理人才, 开展管理人员培训与考核工作。

(2) 加强监督考核。针对专项任务设立专职人员进行定期或不定期检查与维护, 加大水环境污染的监管力度, 定期组织阶段性运营绩效评估与考核, 建立健全的公众参与监督机制。

(3) 完善信息化平台建设。加强智慧水利和河长制信息化建设, 建设动态实时的信息化监管平台, 拓宽公众参与监督和反馈的信息渠道。

(4) 加大社会公众参与度。城市河流生态治理项目以公益性为主, 要通过加大水资源公益宣传力度, 唤醒社会公众爱水护水的意识, 提升社会公众对于项目运营的认知度与践行度。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部, 中华人民共和国国家统计局. 第一次全国水利普查公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [2] 马丽. 牟汶河莱芜城区段综合治理工程影响后评价研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [3] 中华人民共和国水利部. 2018年全国水利发展统计公报[EB/OL]. (2019-12-10) [2020-11-10] http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/slfztjgb/201912/t20191210_1374268.html.
- [4] 皮家骏, 欧阳澍, 张带琴, 等. 基于PSR-物元模型的水生态文明评价研究——以南昌市为例[J]. 水资源与水工程学报, 2018, 29(1): 55-61.
- [5] 孙伊云, 袁汝华. 基于熵权灰色关联分析的湿地补水项目综合效益评价[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(5): 102-106+112.

- [6] 刘煜晴,沙晓军,袁艳梅,等. 基于 AHP 和 GRA 的江阴市节水型社会建设综合评价[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(6): 239-243.
- [7] 刘阳阳. 城市河流生态治理项目绩效评价研究[D]. 西安:西安理工大学, 2020.
- [8] 彭欣雨,唐德善. 基于组合权重-理想区间法的河长制实施效果评价模型及应用研究[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(2): 50-56.
- [9] 罗浩,周维博,白洁芳,等. 基于 GC-TOPSIS 模型的水资源管理绩效评价及障碍度分析[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(4): 26-31.
- [10] 祁英弟,靳春玲,贡力. 基于 ANP-灰色关联 TOPSIS 法的引水隧洞病害安全性评价[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(1): 143-149.
- [11] 蓝利,雷晓云,高凡,等. 基于组合赋权与有序度熵模型的干旱内陆河流健康评价[J]. 水资源与水工程学报, 2018, 29(3): 57-62.
- [12] 于宗绪,马东春,范秀娟,等. 基于 AHP 法和模糊综合评价法的城市水环境治理 PPP 项目绩效评价研究[J]. 生态经济, 2020, 36(10): 190-194.
- [13] 章运超,王家生,朱孔贤,等. 基于 TOPSIS 模型的河长制绩效评价研究——以江苏省为例[J]. 人民长江, 2020, 51(1): 237-242.
- [14] GALLEGO-AYALA J, JUÍZO D. Performance evaluation of river basin organizations to implement integrated water resources management using composite indexes[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2012, 50-52: 205-216.
- [15] 王建波,张娜,王政权,等. 城市地下综合管廊 PPP 项目的绩效评价[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2020, 36(6): 745-750.
- [16] 徐光启. 构建河流污染治理工程绩效评价体系[J]. 居舍, 2019(31): 176.
- [17] 李建国. 农村水利建设评价研究[D]. 天津:天津大学, 2014.
- [18] 申建红,张云华,张胜昔. 基于 G-COWA 的工程项目界面风险评价[J]. 土木工程与管理学报, 2016, 33(3): 16-21.
- [19] 申建红,盖立庭,梁竞之. 基于 D-S 证据理论的深基坑施工风险评价[J]. 工程管理学报, 2018, 32(5): 109-113.
- [20] 王志强,张樵民,王国强,等. 基于 FTA-SPA-灰色聚类的装配式建筑施工安全测评[J]. 安全与环境工程, 2018, 25(2): 166-173.
- [21] 亢磊磊,王琼. 基于 DEA 和灰色聚类的高层建筑火灾安全评价[J]. 工业安全与环保, 2017, 43(7): 29-33+37.
- [22] 夏春艳. 基于 Shapley 值的高层建筑火灾安全灰色聚类评价[J]. 安全与环境工程, 2019, 26(3): 133-138.

