

长株潭区域河流幸福度等级评价研究

陈卓, 唐德善

(河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 为科学评价区域河流幸福度等级,从防洪安全、优质水资源、健康水生态、宜居水环境、先进水文化、绿色水产业和文明水管护7个方面选取21个指标构建区域河流幸福度等级评价体系并建立评价模型。通过云模型、熵权法确定指标的主、客观权重,利用逼近理想解排序法和灰色关联度分析组合形成改进灰色TOPSIS模型,计算多个指标和研究对象的综合贴近度,判断所属幸福度等级。采用该模型对长株潭及周边7个城市的典型河流进行幸福度等级评价。结果表明:各地区河流幸福度仍有较大差距,部分指标反映的问题具有普遍性,与实际情况相符,表明所建立的评价模型具有可行性。评价结果及建议对长株潭区域的幸福河创建工作具有指导意义。

关键词: 幸福河; 组合权重; 改进灰色TOPSIS模型; 长株潭区域

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2021)05-0084-08

Evaluation of river happiness in Changzhutan region

CHEN Zhuo, TANG Deshan

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to evaluate the happiness level of regional rivers, 21 indicators are selected from seven aspects including flood control and safety, high-quality water resources, healthy water ecology, livable water environment, advanced water culture, green aquaculture and civilized water management, with which a regional river happiness evaluation system was constructed and then introduced to the evaluation model. In this model, the subjective and objective weights of the indicators are determined by cloud model and entropy method, and an improved grey TOPSIS model is established based on the combination of TOPSIS and grey relational analysis to calculate the comprehensive closeness of multiple indicators and research objects, so as to estimate their individual degree of happiness. This model was then applied to the evaluation of the typical rivers in Changzhutan region and seven cities in the periphery. The evaluation results show that the river happiness varies greatly in different regions, yet the problems reflected by some indicators are universal and are consistent with the actual situation, indicating that the proposed evaluation model is feasible. The evaluation results and recommendations can provide some reference for the cultivation of happy river in Changzhutan region.

Key words: happy river; weight combination; improved grey TOPSIS model; Changzhutan region

1 研究背景

河流孕育着自然万物,也是人类发展的基本要素。随着人类对美好生活的不断追求^[1],对河流健康的要求也越来越高,从近代的生存需求、发展需求渐渐转变为和谐需求、生态需求、幸福需求。2019年习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上发出了“让黄河成为造福人民的幸福河”

的伟大号召,不仅为新时代加强黄河治理与保护提供了根本遵循,也为新时代河湖治理提出了明确的目标^[2]。目前,全国积极开展幸福河的样板河创建工作,并将幸福河治理的目标纳入“十四五”河湖整治规划。在这种形势下,确定幸福河评价指标并对区域河流进行幸福度评价和等级判定,为今后的幸福河规划建设提供依据和方向就显得尤为重要。

由于河流幸福的内涵模糊性和河流的复杂性,

收稿日期:2021-03-01; 修回日期:2021-07-08

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0405805-04)

作者简介:陈卓(1997-),女,江苏连云港人,硕士研究生,研究方向为水利水电建设与管理。

通讯作者:唐德善(1955-),男,江苏泰州人,博士,教授,博士生导师,研究方向为水利水电系统规划与管理。

河流幸福度的评价涉及诸多影响因素,从不同的角度看待会有不同的结果。左其亭等^[3-4]认为“幸福河”不仅包含河流安全流畅、河流生态系统健康等基本要求,还需要满足人与河流的和谐相处需求,是能够造福人民的河流。邓铭江院士认为,幸福河建设要从河流给人带来的直观感受出发,涉及水资源、水安全、水环境、水生态、水景观、水文化等各个方面^[5]。左其亭等^[6]以安全运行、持续供给、生态健康、和谐发展“四大判断准则”为框架,采用单指标量化-多指标综合-多准则集成“方法评价了黄河上中下游的幸福度。程常高等^[7]从河流的兴利和除害两个作用出发,以压力、状态、管理和服务 4 个要素为基础构建了评价指标,并用模糊综合评价方法评价了太湖流域的幸福度。

本文在已有研究的基础上,从新的评价准则出发,以防洪保安全、优质水资源、健康水生态、宜居水环境、先进水文化、绿色水产业和文明水管护为 7 个准则层构建幸福河评价指标体系,通过云模型-熵权法确定组合权重,采用改进灰色 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 模型计算河流幸福度的综合贴近度,从而建立河湖幸福度等级评价模型,并以长株潭城市群的 7 条河流为研究对象,评价了各典型河湖的现状和幸福度,验证了所建立评价模型的可行性,为区域河流的幸福度评价提供了一种科学合理的方法。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区域概况

长株潭城市群位于中国湖南省中东部,为长江中游城市群的重要组成部分,包括长沙、株洲、湘潭 3 市,是湖南省经济发展的核心增长极,对于湖南省的各项发展有着指向标的作用,因而本次研究以长株潭三角区为中心并辐射到周围地区,在 7 个城市中各选取 1 条当地典型河流(湖库)作为研究对象(分别为长沙浏阳河、株洲渌水河、湘潭涟水河,以及长株潭周围的衡阳蒸水河、岳阳洞庭湖、娄底水府庙水库以及郴州西河),探究各个城市典型河湖的现状和幸福度,寻找各市河流之间的差距和地区的共性问题。

2.2 指标体系

影响河流的评价指标有很多,本文参考尤洋等^[8]在河流健康评价中将防洪标准、河岸稳定性等 21 个指标以目标-准则-指标层划分准则,以及唐新玥等^[9]在考核区域河流状态时,从水资源保护、水域岸线管护、水污染防治、水环境治理与水生态修复、执法监督等方面建立指标,并根据 2020 年全国水利工作会议上提出的“幸福河必须做到防洪保安全、优质水资源、健康水生态、宜居水环境、先进水文化,一个都不能少”的目标^[10],最终通过咨询专家形成具有普遍适用性和可操作性的河流幸福度指标体系,具体见表 1。

表 1 河流幸福度评价指标体系

目标层	准则层	指标层
幸福河湖评价 指标体系 A	防洪保安全 B_1	防洪标准达标率 $C_{11} / \%$
		河流流动畅通性 C_{12}
	优质水资源 B_2	水质达标率 $C_{21} / \%$
		地表水达到或优于 III 类水体的比例 $C_{22} / \%$
		美丽宜居乡村建设达标率 $C_{31} / \%$
	宜居水环境 B_3	绿道比例 $C_{32} / \%$
		水面及两岸清洁程度 C_{33}
	健康水生态 B_4	新建、改造护岸的生态化比例 $C_{41} / \%$
		水生生物多样性状况 C_{42}
		黑臭水体整治达标率 $C_{43} / \%$
	先进水文化 B_5	文化古迹保存程度 C_{51}
		水文化挖掘程度 C_{52}
		垃圾分类集中处理率 $C_{61} / \%$
	绿色水产业 B_6	污水集中处理率 $C_{62} / \%$
		废弃物综合利用率 $C_{63} / \%$
绿色优质农产品比重 $C_{64} / \%$		
文明水管护 B_7	河道“清四乱”完成率 $C_{71} / \%$	
	河道管理范围划定完成率 $C_{72} / \%$	
	社会动员、宣传和公众参与度 $C_{73} / \%$	
	河长制工作知晓率、满意度 $C_{74} / \%$	
	建立评价激励机制,有考核、有奖补 C_{75}	

2.3 数据来源

基于建立的幸福河评价体系,分别对 2019 年长沙浏阳河、湘潭涟水河、株洲渌水河,以及长株潭周围的衡阳蒸水河、岳阳洞庭湖、娄底水府庙水库和郴州西河进行幸福度评价研究。定性指标数据来源于《湖南统计年鉴 2019》、2019 年各地区水资源公报以及每条河流的《一河一策》,此外,对于水面及两岸清洁程度、水生生物多样性状况、水文化挖掘及保护程度等,则采用问卷调查法和专家打分法获得。具体数据见表 2。

表 2 长株潭及周围地区 7 条河流(湖库)幸福度指标原始数据

指标	湘潭 涟水河	株洲 渌水河	长沙 浏阳河	衡阳 蒸水河	岳阳 洞庭湖	娄底水府 庙水库	郴州 西河
C_{11}	79.3	70.05	90.15	85	90	95	70
C_{12}	75.0	95.00	90.00	92	72	93	65
C_{21}	82.6	98.62	85.54	72	68	90	86
C_{22}	99.0	92.11	99.00	74	67	85	95
C_{31}	66.7	85.00	90.00	82	76	76	65
C_{32}	80.0	75.00	85.00	91	65	70	70
C_{33}	60.0	94.00	95.00	78	68	91	75
C_{41}	50.0	65.00	80.00	65	75	45	30
C_{42}	90.0	85.00	85.00	65	55	92	85
C_{43}	45.0	85.00	94.11	72	80	80	80
C_{51}	90.0	90.00	90.00	84	82	93	90
C_{52}	60.0	75.00	96.00	95	93	87	65
C_{61}	62.5	75.00	92.26	82	80	93	75
C_{62}	65.0	84.43	97.01	74	65	92	87
C_{63}	62.5	86.21	83.22	75	80	65	70
C_{64}	70.0	85.00	80.00	75	65	80	85
C_{71}	66.7	95.00	94.34	82	63	90	80
C_{72}	60.0	95.00	91.25	73	68	96	70
C_{73}	75.0	80.00	80.00	86	62	90	75
C_{74}	75.0	71.39	87.00	91	65	91	80
C_{75}	90.0	92.00	90.00	78	65	86	90

2.4 研究方法

长株潭区域河流幸福度等级评价模型的计算步骤为:(1)利用云模型计算主观权重,利用熵权法计算客观权重,两者组合赋权法确定评价指标权重;(2)根据原始数据,利用逼近理想解排序法和灰色关联度分析形成改进灰色 TOPSIS 模型计算河流幸福度的综合贴近度;(3)根据河流贴近度,对比幸福度等级划分,得出各河流幸福度评价等级。

2.4.1 云模型 云模型作为定性和定量之间的转换模型,常被用于计算主观权重^[11-12]。具体计算步骤为:

(1)邀请 10 位专家以自己的经验和判断对影响因素进行影响程度判断。

(2)利用改进的逆向云发生器生成权重因素评价集的数字特征 Ex, En, He 。

$$Ex = \bar{X} \quad (1)$$

$$En = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}| \quad (2)$$

$$He = \sqrt{S^2 - En^2} \quad (3)$$

式中: Ex 为期望值; $\bar{X}$ 为样本均值; x_i 为样本值; n 为样本数目; En 为熵; S^2 为样本方差; He 为超熵。

(3) 运用正向云发生器输入得到的 Ex, En, He 得出该因素的评价云图,通过云图的形状判断结果是否适用。

当出现云图的凝聚性差、呈雾状分布的情况时,说明专家对权重因素的认识有较大差异,需要向专家反馈沟通,最终找到适当的指标权重^[13-14]。

2.4.2 熵权法 熵是系统无序程度的一个度量,常被用于计算客观权重^[15-17]。熵的计算步骤如下:

(1) 计算第 j 项指标下第 i 个评价对象占该指标的比重 f_{ij} 。

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (4)$$

($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)

式中: r_{ij} 为第 i 个评价对象第 j 项指标值; m 为评价对象数目; n 为指标数目。

(2) 计算第 j 个评价指标输出的熵 H_j 。

$$H_j = -K \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$K = (\ln m)^{-1} \quad (6)$$

(3) 计算第 j 个评价指标的熵权 w_j 。

$$w_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j} \quad (7)$$

2.4.3 组合赋权 云模型由专家确定指标权重,具有主观性;熵权法利用信息量的大小确定评价指标的重要程度,具有客观性,两者无偏好($\varepsilon = 0.5$)。因此可采用算术平均法进行组合权重的计算:

$$A = 0.5(A_1 + A_2) \quad (8)$$

式中: A 为组合权重; A_1 为云模型计算出的主观权重; A_2 为熵权法计算出的客观权重。

2.4.4 逼近理想解排序法 TOPSIS 法可以根据评价对象与理想化目标的接近程度进行相对优劣的评价^[18-20]。具体计算步骤如下:

(1) 为了消除数据量纲的影响,需要对数据进行标准化处理,得到标准化矩阵 R 。

$$R_{ij} = \frac{\bar{x}_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\bar{x}_{ij})^2}} \quad (9)$$

($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)

式中: R_{ij} 为第 i 个评价对象的第 j 个指标的标准化值; $\bar{x}_{ij}$ 为第 i 个评价对象的第 j 个指标的原始值。

(2) 为增强矩阵客观性,将熵权值 w_j 与标准化矩阵 R 相乘,计算得到加权标准化矩阵 V 。

(3) 确定正理想解 V^+ 和负理想解 V^- 。

$$V^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (10)$$

$$V^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (11)$$

式中: v_j^+ 和 v_j^- 分别为第 j 项指标在 m 个评价对象中的最优值和最差值。

(4) 计算待评价对象到正理想解和负理想解的距离。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (13)$$

式中: d_i^+ 和 d_i^- 分别为第 i 个评价对象到正、负理想解的欧式距离。

(5) 计算待评价对象的相对贴近度。

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (14)$$

式中: C_i 为第 i 项评价对象与最优方案的贴近度,其值越接近 1 则评价对象越优异,越接近于 0 则评价对象水平越低。

2.4.5 灰色关联度分析 灰色关联分析方法可以通过关联度来描述各因素之间发展趋势的相似或相异程度^[21-22]。其计算步骤(1)~(3)与上文中 TOPSIS 法的计算步骤一致,步骤(4)~(6)如下:

(4) 计算第 i 个评价对象的第 j 个指标与参考序列的灰色关联度系数 $\zeta_i(j)^+$ 、 $\zeta_i(j)^-$ 。

$$\zeta_i(j)^+ = \frac{\min_n \min_m |v_j^+ - v_{ij}^+| + \lambda \max_n \max_m |v_j^+ - v_{ij}^+|}{|v_j^+ - v_{ij}^+| + \lambda \max_n \max_m |v_j^+ - v_{ij}^+|} \quad (15)$$

$$\zeta_i(j)^- = \frac{\min_n \min_m |v_j^- - v_{ij}^-| + \lambda \max_n \max_m |v_j^- - v_{ij}^-|}{|v_j^- - v_{ij}^-| + \lambda \max_n \max_m |v_j^- - v_{ij}^-|} \quad (16)$$

式中: i 为评价对象数目; j 为指标数目; λ 为分辨系数,取值在 0 ~ 1 之间, λ 值越小则关联系数之间差异越大,区分能力越强,通常取 0.5,但是会造成无论参考序列和评价对象如何变化,相应的关联系数下线值均为 0.333 3 的不合理现象。故在参考相关文献的基础上, λ 取值为 0.3。

(5) 计算关联度 ζ_i^+ 、 ζ_i^- 。

$$\zeta_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \zeta_i(j)^+ \quad (17)$$

$$\zeta_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \zeta_i(j)^- \quad (18)$$

(6) 计算基于灰色关联度的相对贴近度 ζ_i 。

$$\zeta_i = \frac{\zeta_i^-}{\zeta_i^+ + \zeta_i^-} \quad (19)$$

相对贴近度即可反映出各对比序列的优劣度。

2.4.6 改进灰色 TOPSIS 综合评价 改进灰色 TOPSIS 模型将逼近于理想解的排序法与灰色关联度分析相结合,以发挥各自的优点并弥补不足,并充分考虑待评价指标自身的动态变化程度,兼顾动态变化情况与评价对象的位置关系,即可比较多个指标多个待评价对象在一定时间段内的总体发展水平^[23-24]。具体步骤如下:

(1) 对 d_i^+ 、 d_i^- 、 ζ_i^+ 、 ζ_i^- 进行预处理。

$$D_i^+ = \frac{d_i^+}{\max d_i^+} \quad (20)$$

$$D_i^- = \frac{d_i^-}{\max d_i^-} \quad (21)$$

$$\xi_i^+ = \frac{\zeta_i^+}{\max \zeta_i^+} \quad (22)$$

$$\xi_i^- = \frac{\zeta_i^-}{\max \zeta_i^-} \quad (23)$$

(2) 按公式(24)~(26) 计算灰色距离 T_i^+ 、 T_i^- 及综合贴近度 C_i

$$T_i^+ = \alpha \xi_i^+ + b D_i^- \quad (24)$$

$$T_i^- = \alpha \xi_i^- + b D_i^+ \quad (25)$$

$$C_i = \frac{T_i^+}{T_i^+ + T_i^-} \quad (26)$$

式中: a 、 b 为评价者对评价对象位置和态势形状的偏好程度, $a + b = 1$, a 和 b 通常取值为 0.5; 综合贴近度 C_i 的大小表明待评价对象在位置和动态变化上与最优值的贴近程度, C_i 越大, 则评价对象与最优值越接近。

2.4.7 幸福度评价等级划分 通过查阅相关资料并咨询专家,将河流幸福度按照综合贴近度值划分

为 5 个等级^[25],见表 3。可根据计算出的综合贴近度对照表 3 得出幸福度等级。

表 3 河流幸福度等级划分

幸福度等级	综合贴近度	河流幸福度
I	0.8~1.0	理想
II	0.6~0.8	优良
III	0.4~0.6	良好
IV	0.2~0.4	一般
V	0~0.2	不幸福

3 结果与分析

按照组合权重的计算方法,通过邀请 10 名专家对所选的长株潭及周围地区 7 条典型河流(湖库)的指标权重进行赋值,然后用云模型计算指标的主观权重。以第 1 个指标防洪标准达标率(C_{11})为例,专家们的权重赋值为 $W = [0.124\ 0, 0.126\ 8, 0.119\ 6, 0.124\ 5, 0.130\ 2, 0.120\ 0, 0.135\ 0, 0.128\ 0, 0.125\ 0, 0.130\ 0]$,求出 $Ex = 0.126\ 30, En = 0.004\ 60, He = 0.000\ 35$,通过 MATLAB 绘制云图如图 1 所示。图 1

显示 C_{11} 指标权重的凝聚性较好,说明专家打分具有一致性和适用性,所得权重适用于本研究。其余 20 个指标也按照此方法求得主观权重,用熵权法计算各指标的客观权重,最后无偏差进行组合赋权,得到指标组合权重,具体权重见表 4。

为消除量纲误差并增强矩阵的客观性,根据计算步骤将原始数据量化,并与所得权重相乘得到标准化矩阵,具体数据见表 5。

根据前文 2.4 节所介绍的计算步骤,通过改进灰色 TOPSIS 模型计算指标的 $d^+, d^-, \zeta^+, \zeta^-, D^+, D^-, \xi^+, \xi^-, T^+, T^-$ 以及最终的综合贴近度 C 。计算结果见表 6。

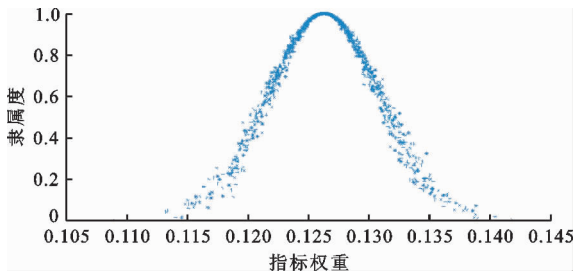


图 1 C_{11} 指标权重的分布云图

表 4 幸福河评价指标组合权重

指标	熵权	云模型权重	综合权重	最终权重
防洪标准达标率 C_{11}	0.0571	0.1263	0.0917	0.1000
河流流动畅通性 C_{12}	0.0567	0.1023	0.0795	0.0800
水质达标率 C_{21}	0.0377	0.1060	0.0719	0.0800
地表水达到或优于Ⅲ类水体的比例 C_{22}	0.0485	0.0966	0.0725	0.0800
美丽宜居乡村建设达标率 C_{31}	0.0492	0.0542	0.0517	0.0600
绿道比例 C_{32}	0.0471	0.0493	0.0482	0.0500
水面及两岸清洁程度 C_{33}	0.0495	0.0372	0.0434	0.0400
新建、改造护岸的生态化比例 C_{41}	0.0417	0.0402	0.0410	0.0500
水生生物多样性状况 C_{42}	0.0471	0.0572	0.0521	0.0500
黑臭水体整治达标率 C_{43}	0.0316	0.0531	0.0424	0.0500
文化古迹保存程度 C_{51}	0.0423	0.0403	0.0413	0.0400
水文化挖掘程度 C_{52}	0.0553	0.0330	0.0442	0.0400
垃圾分类集中处理率 C_{61}	0.0400	0.0403	0.0401	0.0400
污水集中处理率 C_{62}	0.0585	0.0298	0.0442	0.0400
废弃物综合利用率 C_{63}	0.0604	0.0276	0.0440	0.0400
绿色优质农产品比重 C_{64}	0.0457	0.0289	0.0373	0.0400
河道“清四乱”完成率 C_{71}	0.0528	0.0049	0.0288	0.0300
河道管理范围划定完成率 C_{72}	0.0563	0.0306	0.0435	0.0300
社会动员、宣传和公众参与度 C_{73}	0.0345	0.0163	0.0254	0.0200
河长制工作知晓率、满意度 C_{74}	0.0493	0.0023	0.0258	0.0200
建立评价激励机制,有考核、有奖补 C_{75}	0.0386	0.0236	0.0311	0.0200

表 5 长株潭及周围地区 7 条典型河流(湖库)幸福河评价指标标准化数据

指标	湘潭涟水河	株洲渌水河	长沙浏阳河	衡阳蒸水河	岳阳洞庭湖	娄底水府庙水库	郴州西河
C_{11}	0.0360	0.0318	0.0409	0.0386	0.0408	0.0431	0.0318
C_{12}	0.0270	0.0342	0.0324	0.0332	0.0259	0.0335	0.0234
C_{21}	0.0298	0.0356	0.0309	0.0260	0.0245	0.0325	0.0310
C_{22}	0.0340	0.0316	0.0340	0.0254	0.0230	0.0292	0.0326
C_{31}	0.0195	0.0248	0.0263	0.0239	0.0222	0.0222	0.0190
C_{32}	0.0196	0.0184	0.0208	0.0223	0.0159	0.0172	0.0172
C_{33}	0.0112	0.0175	0.0177	0.0145	0.0127	0.0170	0.0140
C_{41}	0.0155	0.0202	0.0249	0.0202	0.0233	0.0140	0.0093
C_{42}	0.0211	0.0199	0.0199	0.0152	0.0129	0.0216	0.0199
C_{43}	0.0109	0.0206	0.0228	0.0175	0.0194	0.0194	0.0194
C_{51}	0.0154	0.0154	0.0154	0.0143	0.0140	0.0159	0.0154
C_{52}	0.0110	0.0137	0.0175	0.0174	0.0170	0.0159	0.0119
C_{61}	0.0117	0.0141	0.0173	0.0154	0.0150	0.0175	0.0141
C_{62}	0.0121	0.0157	0.0180	0.0137	0.0121	0.0171	0.0161
C_{63}	0.0126	0.0174	0.0168	0.0151	0.0161	0.0131	0.0141
C_{64}	0.0137	0.0166	0.0156	0.0146	0.0127	0.0156	0.0166
C_{71}	0.0092	0.0131	0.0130	0.0113	0.0087	0.0124	0.0110
C_{72}	0.0085	0.0134	0.0129	0.0103	0.0096	0.0136	0.0099
C_{73}	0.0072	0.0077	0.0077	0.0083	0.0060	0.0086	0.0072
C_{74}	0.0070	0.0067	0.0082	0.0085	0.0061	0.0085	0.0075
C_{75}	0.0080	0.0082	0.0080	0.0069	0.0058	0.0077	0.0080

表 6 长株潭及周围地区 7 条典型河流(湖库)幸福河评价综合贴近度计算表

项目	长沙浏阳河	株洲渌水河	湘潭涟水河	衡阳蒸水河	岳阳洞庭湖	娄底水府庙水库	郴州西河
d^+	0.0062	0.0147	0.0255	0.0185	0.0246	0.0152	0.0264
d^-	0.0326	0.0278	0.0176	0.0220	0.0207	0.0264	0.0180
ζ^+	0.8835	0.7786	0.5730	0.6657	0.5610	0.7807	0.6129
ζ^-	0.4743	0.5445	0.7576	0.5958	0.7781	0.5298	0.6994
D^+	0.2347	0.5579	0.9658	0.7018	0.9317	0.5754	1.0000
D^-	1.0000	0.8523	0.5388	0.6726	0.6349	0.8085	0.5511
ξ^+	1.0000	0.8813	0.6485	0.7535	0.6349	0.8836	0.6937
ξ^-	0.6096	0.6998	0.9737	0.7657	1.0000	0.6809	0.8989
T^+	1.0000	0.8668	0.5937	0.7130	0.6349	0.8461	0.6224
T^-	0.4222	0.6289	0.9697	0.7337	0.9658	0.6282	0.9495
C	0.7031	0.5795	0.3797	0.4928	0.3966	0.5739	0.3960

4 讨 论

根据计算结果分析,长沙浏阳河作为国家第一批幸福河湖示范河,于 2019 年开展河流建设,从水域岸线保护、水资源保护、水污染防治、水生态修复

4 个方面开展工程建设,打造让人民群众满意的幸福河。经过模型计算,浏阳河的综合贴近度为 0.703 1,幸福度为优良(Ⅱ级)。株洲渌水河和衡阳蒸水河均为流经城市的河流,依托地域优势,是当地重点打造的健康河道和生态河道;娄底水府庙水库

是集防洪、发电、灌溉、旅游为一体的水利风景区,具有优质的环境面貌和人文要素,根据评价结果,绿水河综合贴度为 0.579 5,蒸水河综合贴度为 0.492 8,水府庙水库的综合贴度为 0.573 9,幸福度均为良好(Ⅲ级)。湘潭涟水河和郴州西河为郊区河道,曾经乱占、乱堆现象严重,部分河段出现黑臭现象;岳阳洞庭湖近年来湖水污染、淤泥堆积、乱捕滥猎等导致生态破坏、水质恶化、生物多样性下降等问题,经过 2017 年河长制的“清四乱”和消除黑臭水体工作的推进,已经有明显改善,根据模型评价结果,涟水河综合贴度为 0.379 7,西河的综合贴度为 0.396 0,洞庭湖的综合贴度为 0.396 6,幸福度均为一般(Ⅳ级)。

此外,由表 2 和 5 可以看出,部分指标数据普遍较低,比如美丽宜居乡村建设达标率(C_{31}),新建、改造护岸的生态化比例(C_{41}),垃圾分类集中处理率(C_{61}),绿色优质农产品比重(C_{64})等,说明长株潭及周边地区河道存在一些共性问题,还有很大的提升空间。各地区应针对薄弱环节着重治理,为此提出以下几点建议:

(1)加强污水的治理与监督。新建、升级废水处理设施,集聚区内废水必须经预处理达到标准后方可排入。制定入河排污口排污量监测规划和方案,逐步提高规模以上入河排污口监测覆盖率。建立入河排污口联合监测、联合执法和信息共享机制,将入河排放口日常监管列入基层河长履职巡查的重点内容。对未经同意擅自设置入河排污口、未按照批复条件设置入河排污口以及私设暗管、超标排污的,要按照相关法律法规进行处罚和采取强制措施,全面杜绝流域内污水偷排漏排现象。加快推进农村水利建设和城乡统筹供水,各县、市、区优先采取 PPP 模式(public-private partnership,即政府和社会资本合作,是公共基础设施中的一种项目动作模式),促进农村饮水安全工程巩固提升。

(2)加强环境保护与污染源整治。加快农村水源污染治理,全面推行河长制,建立完善覆盖到村的 4 级河长组织体系。重点推进黑臭水体治理、农村生活污水治理^[23]、水上交通运输整治、河面保洁、河道清淤、河湖围垦、河岸绿化、水土流失治理修复等工作,建立“政府主导、部门协作、公众参与”的河道保洁全覆盖工作机制,逐步实现全市河道“水清、河畅、岸绿、景美”的目标。强化水资源消耗总量和强度双向控制,深入开展库区沿岸村镇环境治理,在上游沿岸村镇建设垃圾中转站、简易垃圾收集点、垃圾

无害化填埋场和生态公厕,严格控制倾倒入河垃圾,减少漂浮物的产生,从源头防控垃圾入河。

(3)实施乡村振兴战略。大力推进特色乡村建设,通过差异化定位、市场化运作等手段,打造具有湖湘村落文化的特色小镇。全力推进农村示范园建设,培育农村发展新动力,以园区建设为重点,通过深化农业供给侧结构性改革,推进农业基础设施、生产方式现代化,全面提高湘潭农业的质量、劳动生产率和经济效益,发展绿色优质农产品。

5 结 论

(1) 本文将组合权重、综合贴度与区域河流幸福度评价相结合,建立了区域河流幸福度等级评价模型。该模型通过云模型确定主观权重、熵权法确定客观权重,并进行无偏好组合得出最终权重,减少了单一权重的误差。将逼近理想解排序法和灰色关联度分析相结合,形成改进灰色 TOPSIS 模型,计算河流幸福度的综合贴度,得出各河流相应的幸福度评价等级,从而为区域河流的幸福度评价提供一种科学合理的新路径。

(2) 利用模型对湖南省的长株潭及其周边地区的 7 条典型河流(湖库),以 2019 年数据为基础进行幸福度等级评价计算,根据综合贴度结果判断各条河流的幸福度等级,分析得出的评价结果符合研究区河流(湖库)实际情况,表明该模型合理可行,可适用于其他区域河流幸福度评价。

(3) 根据评价模型中单一指标的实际数据可发现被评价区域河流在幸福度方面的共性问题和个性问题,从而以此为导向,提出相应的整改意见,这对于研究区域进行下一步河道整治规划和幸福河创建工作具有重要意义。

参考文献:

- [1] 李全喜,刘 俭. 掌握马克思主义经典文献的学习理路——以学习《习近平谈治国理政》第三卷部分文献为例[J]. 理论与评论,2020(6):9-15.
- [2] 马颖卓,轩 玮,车小磊,等. 治水兴水为人民盛世千秋谱华章——专访水利部部长鄂竟平[J]. 中国水利,2019(19):6-19.
- [3] 左其亨,郝明辉,马军霞,等. 幸福河的概念、内涵及判断准则[J]. 人民黄河,2020,42(1):1-5.
- [4] ZUO Qiting, HAO Minghui, ZHANG Zhizhuo, et al. Assessment of the happy river index as an integrated index of river health and human well-being: A case study of the Yellow River, China [J]. Water, 2020, 12(11):

- 12113064.
- [5] 王慧,韦凤年.全视角多维度全过程把控水利发展定位推进节水优先建设幸福河湖:访中国工程院院士邓铭江[J].中国水利,2020(6):7-10+4.
- [6] 左其享,郝明辉,姜龙,等.幸福河评价体系及其应用[J].水科学进展,2021,32(1):45-58.
- [7] 程常高,马骏,唐德善.基于变权视角的幸福河湖模糊综合评价体系研究——以太湖流域为例[C]//2020(第八届)中国水生态大会论文集.郑州:2020.
- [8] 尤洋,许志兰,王培京,等.温榆河生态河流健康评价研究[J].水资源与水工程学报,2009,20(3):19-24.
- [9] 唐新玥,唐德善,常文倩,等.基于云模型的区域河长制考核评价模型[J].水资源保护,2019,35(1):41-46.
- [10] 李先明.幸福河的文化内涵及其启示[J].中国水利,2020(11):55-59.
- [11] 韩冰,刘义军,陈汶滨,等.基于云模型的指标权重获取方法[J].软件导刊,2012,11(5):15-17.
- [12] CHEN Yan, FENG Yazhong, ZHANG Fan, et al. Assessing water resources vulnerability by using a rough set cloud model: A case study of the Huai River Basin, China. [J]. Entropy, 2018, 21(1): E21010014.
- [13] 张秀梅.基于熵权法和云模型的农村居民点集约利用评价——以山西省芮城县为例[D].晋中:山西农业大学,2013.
- [14] 乔丹颖,刘凌,闫峰.基于云模型的中运河水安全评价[J].水资源保护,2015,31(2):26-29.
- [15] 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.
- [16] 黄雍华.基于GIS的上海市都市功能优化区应急避难场所适宜性评价与分析[D].上海:上海师范大学,2018.
- [17] 杨丹,唐德善,周祎.基于正态云模型的人水和谐度评价[J].水资源与水工程学报,2020,31(3):53-58.
- [18] 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.
- [19] NGUYEN H X, NGUYEN A T, NGO A T, et al. A Hybrid Approach using GIS-based fuzzy AHP - TOPSIS assessing flood hazards along the south - central coast of Vietnam [J]. Applied Sciences, 2020, 10 (20): 10207142.
- [20] 赵梦薇.基于改进的变权TOPSIS评价法的湖泊生态安全评价方法研究[D].大连:大连理工大学,2020.
- [21] 刘娟,王飞,韩文辉,等.汾河上中游流域生态系统健康评价[J].水资源与水工程学报,2018,29(3):91-98.
- [22] ZHANG Yongyong, XIA Jun, Wang Zhonggen. Integrated water resources carrying capacity in Tongzhou District, Beijing City [J]. Journal of Resources and Ecology, 2010, 1(3): 253-258.
- [23] 许杨,陈菁,夏欢,等.基于DPSIR-改进TOPSIS模型的淮安市水资源承载力评价[J].水资源与水工程学报,2019,30(4):47-52+62.
- [24] 李晓峰,刘宗鑫,彭清娥. TOPSIS模型的改进算法及其在河流健康评价中的应用[J].四川大学学报(工程科学版),2011,43(2):14-21.
- [25] 周向华,杨侃,蒋立伟,等.引入SPA的6级模糊模式识别模型在水质综合评价中的应用[J].水资源与水工程学报,2016,27(6):1-6.

(上接第83页)

- [25] 张人权,梁杏,靳孟贵,等.水文地质学基础(第六版)[M].北京:地质出版社,2011.
- [26] 钱会,马致远,李培月,等.水文地球化学[M].北京:地质出版社,2005.
- [27] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [28] 张彦军.巴伊盆地地表水资源评价[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
- [29] 张艳,吴勇,杨军,等.阆中市思依镇水化学特征及其成因分析[J].环境科学,2015,36(9):3230-3237.
- [30] ZHAO Jian, FU Guo, LEI Kun, et al. Multivariate analysis of surface water quality in the Three Gorges area of China and implications for water management[J]. Journal of Environmental Sciences, 2011, 23(9): 1460-1471.
- [31] LIU Chenwuing, LIN Kaohung, KUO Yiming. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan[J]. Science of the Total Environment, 2003, 313(1-3): 77-89.
- [32] 潘希哲,王旭奎,张鹏飞,等.新疆准噶尔盆地浅层地下水水化学类型特征及成因研究[J].地下水,2020,42(3):21-22.