

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20222039

# 基于组合赋权-TOPSIS 的齐齐哈尔市幸福河综合评价

郝旭东<sup>1</sup>, 王立权<sup>1</sup>, 李铁男<sup>2</sup>, 张 柠<sup>2</sup>, 孟昊杰<sup>1</sup>

(1. 黑龙江大学水利电力学院, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 黑龙江省水利科学研究院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

**摘要:** 基于对幸福河概念的理解, 以齐齐哈尔市河道规模适中的 6 条河流为例, 结合比例标度层次分析法(AHP)和反熵权法(AEM)进行组合赋权, 构建 TOPSIS 评价模型, 将目标层划分 5 个导向层、20 个指标层进行幸福河评价。结果表明, 齐齐哈尔市河流整体幸福等级为Ⅲ级, 其中, 雅鲁河幸福等级为Ⅳ级, 阿伦河、诺敏河、音河、润津河幸福等级为Ⅲ级, 绰尔河幸福等级为Ⅱ级。分析结果中 2 个指标层整体较差的原因, 并提出治理建议。

**关键词:** 幸福河; 组合赋权; TOPSIS; 齐齐哈尔市

**中图分类号:** X522; TV85

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7709(2023)08-0043-05

## 1 引言

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中提出“幸福河”的概念<sup>[1]</sup>, 建设幸福河充分体现人民对美好生活的向往。近年来, 左其亭等<sup>[2]</sup>对幸福河的概念及基本标准做出判断, 构成幸福河研究的基本雏形; 唐克旺<sup>[3]</sup>从心理学角度提出基于层次化的多维度评价指标体系; 靳春玲等<sup>[4]</sup>着重于诊断指标研究幸福河绩效评价。总体而言, 由于我国疆域辽阔、水系众多, 河流生态建设处于大力发展中, 而幸福河研究还在起步阶段, 仍需进一步系统地探索。齐齐哈尔市地处中国东北地区, 于黑、吉、蒙三省区交汇处, 地势北高南低, 北部和东部为小兴安岭南麓, 中部和南部为嫩江冲积平原。流经境内的大规模河流共 1 江 9 河, 此外, 还有较小型江河 400 余条、湖泊 800 余个。本文选取长度均等、流量适中、流域相似的 6 条中小型河流(从西至东依次为绰尔河、雅鲁河、音河、阿伦河、诺敏河和润津河), 构建多指标、多河流的综合评价模型, 结果更贴合区域内幸福河实际情况, 能为地区河流生态治理及建设工作提供理论指导。

## 2 研究方法

### 2.1 评价体系构建

为确保评价体系贴合幸福河理念, 对已完成的调查成果整理分类, 形成 20 个指标, 参照《河湖健康评价指南(试行)》<sup>[5]</sup>划分 3 个层级, 其中一级为幸福河评价目标层(A), 二级为评价导向层(B), 三级为评价指标层(C)。将幸福河各评价指标满分规定为 1、划分 5 个等级, 明确各指标相应数值的等级标准(表 1)。

### 2.2 评价方法

#### 2.2.1 基于比例标度的层次分析法(AHP)

以比例标度构造法为基础, 建立基于层次分析法的传递矩阵, 由此得到的判断矩阵无需进行一致性检验<sup>[6]</sup>, 基本步骤如下。

**步骤 1** 建立判断矩阵。判断矩阵  $R = [r_{ij}]$  严格满足以下条件:  $r_{ij} > 0$ ;  $r_{ii} = 1$ ;  $r_{ij} = 1/r_{ji}$ 。其中,  $r_{ij}$  为  $i$  指标与  $j$  指标的比例标度值(表 2)。

按重要程度递减的方式对  $n$  个指标结合专家评判的主观方法进行排序, 再比较相邻 2 个指标的重要程度, 记为 1 个标度  $t_i$ , 依次得到  $n-1$  个标度值, 列出判断矩阵  $R$  为:

**收稿日期:** 2022-09-29, **修回日期:** 2022-10-24

**基金项目:** 黑龙江省重点研发计划指导类项目(GZ20210061)

**作者简介:** 郝旭东(1999-), 男, 硕士研究生, 研究方向为农业水土资源高效利用与保护, E-mail: 2252770777@qq.com

**通讯作者:** 王立权(1968-), 男, 博士、教授、硕导, 研究方向为农业水土资源高效利用与保护, E-mail: 15304640067@163.com

表 1 评价体系层级结构及标准划分

Tab. 1 Hierarchy and standard division of evaluation system

目标层	导向层	指标层 <sup>*</sup>	评价标准				
			等级I	等级II	等级III	等级IV	等级V
齐齐哈尔市 幸福河综合 评价 A	水环境现状 B1	水功能区水质达标率 C1	0.95~1.00	0.80~0.95	0.65~0.80	0.35~0.65	0~0.35
		水质优劣度 C2	0.90~1.00	0.75~0.90	0.6~0.75	0.40~0.60	0~0.40
		堤防工程达标率 C3	0.95~1.00	0.80~0.95	0.65~0.80	0.50~0.65	0~0.50
	水文资源 B2	岸坡稳定性 C4	0.75~1.00	0.50~0.75	0.25~0.50	0~0.25	0
		水土保持率 C5	0.90~1.00	0.75~0.90	0.50~0.75	0.25~0.50	0~0.25
		生态流量满足程度 C6	0.50~1.00	0.40~0.50	0.30~0.40	0.20~0.40	0~0.20
		供水保证率 C7	0.95~1.00	0.85~0.95	0.60~0.85	0.30~0.60	0~0.30
		天然湿地保留率 C8	0.86~1.00	0.72~0.86	0.44~0.72	0.16~0.44	0~0.16
	水生生态 B3	大型底栖动物生物多样性指数 C9	0.75~1.00	0.50~0.75	0.25~0.50	0~0.25	0
		鱼类保有指数 C10	0.75~1.00	0.50~0.75	0.25~0.50	0~0.25	0
		岸带植被覆盖率 C11	0.75~1.00	0.50~0.75	0.25~0.50	0.05~0.25	0~0.05
	水域和谐发展 B4	纵向连通性指数 C12	0.90~1.00	0.70~0.90	0.55~0.70	0.40~0.55	0~0.40
		人均 GDP 指数 C13	0.90~1.00	0.70~0.90	0.55~0.70	0.40~0.55	0~0.40
		河流亲水性程度 C14	0.95~1.00	0.80~0.95	0.65~0.80	0.50~0.65	0~0.50
		公众对河流幸福满意度 C15	0.90~1.00	0.70~0.90	0.55~0.70	0.40~0.55	0~0.40
	水务管理 B5	水生态文明建设公众认知度 C16	0.90~1.00	0.70~0.90	0.55~0.70	0.40~0.55	0~0.40
		河长巡河达标率 C17	0.85~1.00	0.60~0.85	0.40~0.60	0~0.40	0
		万元工业增加值用水量定额 C18	0.90~1.00	0.70~0.90	0.55~0.70	0.40~0.55	0~0.40
		水政监察队伍建设率 C19	0.85~1.00	0.60~0.85	0.40~0.60	0~0.40	0
		水资源监控能力指数 C20	0.95~1.00	0.80~0.95	0.65~0.80	0.50~0.65	0~0.50

注：\* 表中指标的评价标准均为经过百分比转换后的值。

表 2 比例标度值对应表

Tab. 2 Corresponding table of scale value

标度值	表示含义	标度值	表示含义
1.0	同等重要	1.6	明显重要
1.2	略微重要	1.8	绝对重要
1.4	强烈重要		

感性,基本步骤如下。

步骤 1 原始数据矩阵标准化。构造  $m \times n$  的原始数据矩阵  $X$ 。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

各指标值均为极大期望,即数值越大越优,所以可利用下式将原始数据矩阵  $X$  转化为标准矩阵  $Y$ 。

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m1} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中  $y_{ij} = (x_{ij} - x_{i\min}) / (x_{i\max} - x_{i\min})$  (5)

步骤 2 计算反熵值  $H_j$ 。计算公式为:

$$H_j = - \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(1 - P_{ij}) \quad (6)$$

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

其中  $P_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij}$  (7)

步骤 3 计算客观权重。计算公式为:

$$\omega_j^* = H_j / \sum_{j=1}^n H_j \quad (8)$$

式中,  $\omega_j^*$  为单一指标的客观权重;  $\sum_{j=1}^n H_j$  为所有评价指标反熵值的和。

式(8)可将所有参与评价的数值定性赋予权重。

$$R = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & t_1 t_2 & \cdots & \prod_{i=1}^{n-1} t_i \\ \frac{1}{t_1} & 1 & t_2 & \cdots & \prod_{i=2}^{n-1} t_i \\ \frac{1}{t_1 t_2} & \frac{1}{t_2} & 1 & \cdots & \prod_{i=3}^{n-1} t_i \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{\prod_{i=1}^{n-1} t_i} & \frac{1}{\prod_{i=2}^{n-1} t_i} & \frac{1}{\prod_{i=3}^{n-1} t_i} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

步骤 2 计算主观权重。计算公式为:

$$\omega_j' = \left( \prod_{j=1}^n r_{ij} \right)^{1/n} / \sum_{i=1}^n \left( \prod_{j=1}^n r_{ij} \right)^{1/n} \quad (2)$$

式中,  $\omega_j'$  为单一指标的权重;  $\prod_{j=1}^n r_{ij}$  为矩阵  $R$  中第  $i$  行所有元素的乘积。

2.2.2 反熵权法(AEM)

熵权法(EM)将热力学中的“熵”的概念引入到信息论中,用于度量信息不确定的权重计算<sup>[7]</sup>。传统熵权法对具有明显差异的指标敏感性强,权重计算结果会导致某个指标权重偏大或偏小。反熵权法在熵权法的基础上弱化了指标差异度的敏

### 2.2.3 变异系数法组合赋权

由于层次分析法(AHP)得出的权重忽视真实数据的客观性、反熵权法(AEM)得出的权重又缺乏主观偏向,为此采用变异系数法进行组合赋权法,得出主客观结合的权重。建立组合赋权的基本步骤如下。

**步骤 1** 计算变异系数加权距离。计算公式为:

$$d_i = \sum_{j=1}^n b_j \omega_j \quad (9)$$

式中,  $d_i$  为第  $i$  个评价对象与平均值的加权距离,  $i=1, 2, \dots, m$ ;  $b_j$  为第  $j$  个评价指标的变异系数,  $j=1, 2, \dots, n$ ;  $\omega_j$  为组合权重。

**步骤 2** 建立组合赋权模型。计算公式为:

$$\omega_j = \alpha \omega'_j + \beta \omega''_j \quad (10)$$

式中,  $\alpha$  为主观权重系数,  $\beta$  为客观权重系数, 两者满足  $\alpha, \beta \geq 0, \alpha^2 + \beta^2 = 1$ 。

基于此,构造的目标函数为:

$$\max D = \sum_{i=1}^m d_i = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j (\alpha \omega'_j + \beta \omega''_j) \quad (11)$$

式(10)通过变异系数  $b_i$  加权后,使组合权重  $\omega_j$  最大化,表示在组合赋权中,主客观权重分布变异性越大,权重越大。

**步骤 3** 求解  $\alpha, \beta$ 。用拉格朗日极值法求解为:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j \omega'_j}{\sqrt{(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j \omega'_j)^2 + (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j \omega''_j)^2}} \quad (12)$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j \omega''_j}{\sqrt{(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j \omega'_j)^2 + (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_j \omega''_j)^2}} \quad (13)$$

将  $\alpha, \beta$  进行归一化处理,可得到  $\alpha', \beta'$ 。最后得到的组合权重表达式为  $\omega_j = \alpha' \omega'_j + \beta' \omega''_j$ , 组合权重为  $\omega_j = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$ 。

通过变异系数法将 AHP 与 AEM 得出的结果进行组合赋权,构建最大目标函数,求解主客观权重系数,反映在组合赋权中表示为权重分布的变异性越大,则权重越大。

### 2.2.4 TOPSIS 评价模型

逼近理想排序法(TOPSIS)可对给出的评价对象进行优劣排序,再比较评价对象与评价标准的贴合度,从而得到评价结果<sup>[8]</sup>。TOPSIS 影响力算法步骤如下。

**步骤 1** 建立加权后的决策矩阵  $Z$ 。矩阵  $Z$  中各元素值为:

$$z_{ij} = y_{ij} \omega_j \quad (14)$$

式中,  $y_{ij}$  为式(4)中标准矩阵  $Y$  的各元素;  $\omega_j$  为式(10)中组合赋权后的权重。

则  $Z$  为:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

**步骤 2** 确定最优解指标值和最劣解指标值。涉及到多个对象的评价结果,直接取最优解指标值  $Z_j^+ = 1 (j=1, 2, \dots, n)$ ; 最劣解指标值  $Z_j^- = 0 (j=1, 2, \dots, n)$ 。

**步骤 3** 计算相对距离。计算每个指标值与最优解指标值的欧氏距离  $S_{d_i^+}$ 、每个指标值与最劣解指标值的欧氏距离  $S_{d_i^-}$ :

$$S_{d_i^+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad (16)$$

$$S_{d_i^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (17)$$

**步骤 4** 计算贴合度。公式为:

$$C_i = S_{d_i^-} / (S_{d_i^+} + S_{d_i^-}) \quad (18)$$

式中,  $C_i$  为每个评价对象与最优解对象的相对接近程度。

$C_i$  值越大,表明评价对象等级越好,反之,表明评价对象等级越差。

## 3 结果与分析

### 3.1 评价结果

研究数据选自《齐齐哈尔市国务院河湖长制正向激励资金项目》、《2021 年度黑龙江省水文年鉴》、《2021 年齐齐哈尔市国民经济和社会发展统计公报》<sup>[9]</sup> 及河流的外业勘测采样、实地走访调查。计算指标层的权重及齐齐哈尔市 6 条河流各指标赋分,得到相应结果(表 3),河流指标赋分均为各指标实际数据经表 1 中划分标准转换后的值。

结合幸福河的已有研究成果<sup>[2-4]</sup>,将评价结果划分为 I、II、III、IV、V 5 个等级,各等级对应数值代入 TOPSIS 评价模型,可得到相应贴合度  $C$  (表 4)。

计算每条河流的贴合度  $C_i$ ,可得到对应的评价结果(表 5)。由表 5 可知,齐齐哈尔市参与评价的 6 条河流评价等级分布在“II ~ IV”,评价结果在“幸福指数低”到“幸福指数高”之间,既无不幸福河流,亦无非常幸福河流。表明齐齐哈尔市幸福河综合评价结果为等级 III。其中,幸福指数

表 3 幸福河评价指标权重及赋分

Tab.3 Evaluation index weight and score of Happiness River

评价 指标	权重计算结果			河流指标赋分					
	主观	客观	组合	阿伦河	绰尔河	诺敏河	润津河	雅鲁河	音河
C1	0.039	0.042	0.041	0.787	0.780	0.331	0.610	1.000	0.610
C2	0.039	0.082	0.062	0.774	0.767	0.550	0.550	1.000	0.550
C3	0.032	0.048	0.041	0	1.000	0	0.540	0.887	0.067
C4	0.023	0.041	0.033	0.675	0.732	0.772	0.624	0.748	0.775
C5	0.056	0.040	0.048	0.991	0.998	1.000	0.464	0.112	0.998
C6	0.031	0.059	0.046	0.772	0.905	0.916	0.760	0.786	0.728
C7	0.022	0.046	0.035	0.720	0.810	0.800	0.770	0.830	0.900
C8	0.022	0.044	0.034	0.962	0.679	0.486	1.000	0.668	0.972
C9	0.051	0.063	0.058	0.677	0.860	0.670	0.807	0.772	0.694
C10	0.042	0.050	0.047	0.964	1.000	1.000	0.920	1.000	0.920
C11	0.042	0.047	0.045	0.857	0.892	0.694	0.707	0.828	0.901
C12	0.030	0.058	0.045	1.000	1.000	0	0.360	0	0.480
C13	0.113	0.046	0.077	0.600	0.750	0.500	0.600	0.800	0.400
C14	0.081	0.041	0.060	0.802	0.774	0.875	0.560	0.665	0.785
C15	0.067	0.041	0.053	0.862	0.880	0.850	0.850	0.880	0.820
C16	0.056	0.047	0.051	0.600	0.650	0.700	0.800	0.800	0.700
C17	0.076	0.078	0.077	0.850	0.750	0.800	0.900	0.750	0.760
C18	0.076	0.038	0.056	0.750	0.600	0.770	0.700	0.750	0.740
C19	0.055	0.047	0.051	1.000	1.000	1.000	0.950	1.000	0.950
C20	0.045	0.041	0.043	0.750	0.800	0.850	0.750	0.800	0.660

表 4 幸福河评价指标等级贴合度

Tab.4 Evaluation index grade fit degree of Happiness River

贴合度 $C_i$	评价 等级	对应 结果	贴合度 $C_i$	评价 等级	对应 结果
$\geq 0.046$	I	非常幸福	0.014~0.025	IV	幸福指数低
0.036~0.046	II	幸福指数高	0~0.014	V	不幸福
0.025~0.036	III	幸福指数一般			

表 5 齐齐哈尔市幸福河评价结果

Tab.5 Evaluation results of Happiness River in Qiqihar Areas

河流	贴合度 $C_i$	评价结果	河流	贴合度 $C_i$	评价结果
阿伦河	0.033	III	润津河	0.029	III
绰尔河	0.039	II	雅鲁河	0.025	IV
诺敏河	0.036	III	音河	0.025	III

低的为润津河,表现为受某几个指标影响而导致得分偏低;幸福指数高的为绰尔河,20个指标层得分均处于中上水平,但河流仍未达到I级。

### 3.2 横向评价

为进一步研究影响河流评价等级的因素,对所得结果进行横向比较,将6条河流的单个导向层得分作图,以此进一步得到齐齐哈尔市整体的河流幸福状况(图1)。

由图1可知,在水环境现状B1中,音河、阿伦河和润津河这3条河流均为IV级;在水文资源B2中,仅雅鲁河为III级,其余5条河流均为II级,整体较好;在水生生态B3中,诺敏河、雅鲁河及润津河为III级,其余3条河流均在II级以上,其中,绰尔河达到I级;在水域和谐发展B4中,仅

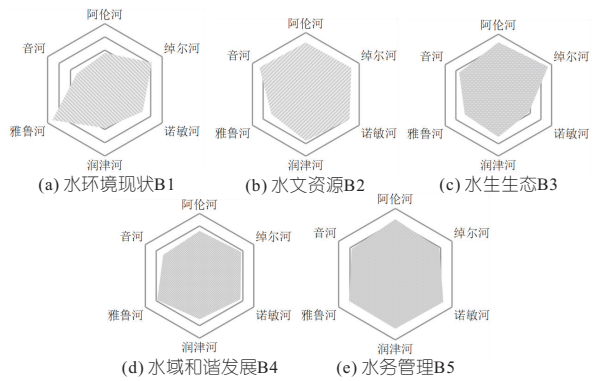


图 1 导向层横向评价

Fig.1 Evaluation of guidance layer

有绰尔河和雅鲁河达到II级,且两者均为略高于该水平,该导向层整体状况较差;在水务管理B5中,所有河流均达到II级,该导向层整体状况较好。

### 3.3 问题分析

计算时发现某几个指标层整体较差。除雅鲁河外,其余5条河流的水环境现状均表现出不稳定的共性,作为最严格水资源管理指标之一的水功能区水质达标率,随月份的递增出现由好转差再转好的趋势。该数据的变化原因为每年5~6月农田灌溉退水携带营养物质进入河流水体,而6~8月份主汛期坡耕地的水土流失导致水质变差。该问题的处理应着重于优化健全水环境质量监测体系、进一步优化调整水环境质量监测点位布局,落实农业水价综合改革、农业现代化灌区建设、加快解决农田灌溉问题、大力解决生活污水直排入河问题。

另一个与幸福河密切相关的导向层水生生物中,大型底栖动物生物多样性作为权重最高的评价指标,阿伦河、诺敏河、音河在该项指标上得分略低,表明这些河流生物多样性受损,具有指示水环境变化的水生生物种类缺失、大型底栖无脊椎动物空间分布差异较大。造成此问题的主要原因是水文情势变化和水功能区污染物浓度高等。加强流域水生生态的保护和修复需以生态系统的综合整治和自然恢复为导向,对流域珍稀和特有鱼类资源及栖息地的保护和恢复,提高水源涵养能力,增强流域生物多样性维护、水土保持等生态功能。

幸福河评价体系涉及多个导向层、多指标,本文的评价程序与模型为某一地区幸福河的综合评价提供了一个可行的、具有实际意义的体系。对外业调查数据进行整理与筛选,使各指标更好地体现河流幸福状况,可根据河流地理位置、所处气候等的不同来进一步调整指标,获得符合实情的评价结果。

### 4 结论

a. 基于“幸福河”的概念,以齐齐哈尔市为例,构建了幸福河评价体系和评价模型,划分 5 个评价等级,对绰尔河、雅鲁河、音河、阿伦河、诺敏河、润津河 6 条中小型河流进行了幸福河评价,确定齐齐哈尔市河流整体幸福等级为Ⅲ级。

b. 水质达标率不稳定,可从监测体系、农业污染等方面进行整治;生物多样性出现问题,可从机构主治、自然恢复等两个方面改善。

#### 参考文献:

[1] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 中国水利, 2019(20): 1-3.

[2] 左其亭,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.

[3] 唐克旺. 对“幸福河”概念及评价方法的思考[J]. 中

国水利, 2020(6):15-16.

[4] 靳春玲,李燕,贡力,等. 基于 UMT 模型的幸福河绩效评价及障碍因子诊断[J]. 中国环境科学,2022,42(3):1466-1476.

[5] 水利部河长办. 河湖健康评价指南(试行)[EB/OL]. <http://hhs.mwr.gov.cn/tzgg/202008/P020200820401648281363.pdf>.

[6] 黄德才,胥琳. AHP 法中判断矩阵的比例标度构造法[J]. 控制与决策,2002,17(4):484-486.

[7] 安慧,孟益,蒙锦涛. 基于 AHP-GEM-FCA 模型的水电 PPP 项目脆弱性评价[J]. 水电能源科学,2018,36(9):143-147.

[8] 颜山凯,黄显峰,方国华,等. 基于熵权 TOPSIS 法的梯级水电站补偿效益分摊模型研究[J]. 水电能源科学,2021,39(9):76-80,28.

[9] 齐齐哈尔市人民政府. 2021 年齐齐哈尔市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. <http://www.flej.gov.cn/yuetongjishuju/10382.html>.

## Comprehensive Evaluation of Happiness River Based on Combined Weighting TOPSIS in Qiqihar Areas

HAO Xu-dong<sup>1</sup>, WANG Li-quan<sup>1</sup>, LI Tie-nan<sup>2</sup>, ZHANG Ning<sup>2</sup>, MENG Hao-jie<sup>1</sup>

(1. School of Hydraulic and Electric-power, Heilongjiang University, Harbin 150080, China;

2. Heilongjiang Province Hydraulic Research Institute, Harbin 150080, China)

**Abstract:** Based on the understanding of the concept of happiness river, taking 6 rivers with moderate river scale in Qiqihar Areas as an example, the TOPSIS evaluation model is constructed by combining the proportional scale AHP and AEM to carry out the evaluation on the happiness river, whose goal was divided into 5 guiding layers and 20 indicator layers. The evaluation results show that the overall happiness of the rivers in Qiqihar Areas is grade Ⅲ, which the happiness of Yalu River is grade Ⅳ, the happiness of Alen River, Nuomin River, Yin River and Runjin River is grade Ⅲ, and the happiness of Chaoer River is grade Ⅱ. In addition, the common problems of poor evaluation grade in the results were analyzed and the treatment suggestions were put forward.

**Key words:** happiness river; combination weighting approach; TOPSIS; Qiqihar Areas

(上接第 72 页)

[11] 宋杰,吕谋,郝晨西,张士官. 基于 PSO-SVM 模型的供水管网漏损诊断[J]. 水电能源科学,2020,38(7): 122-125.

[12] ALI ASGHAR HEIDARI, SEYEDALI MIRJALI-LI, HOSSAM FARIS, et al. Harris hawks optimization: Algorithm and applications[J]. Future genera-

tion computer systems,2019,97:849-872.

[13] 吴丁杰,温立书. 一种基于哈里斯鹰算法改进的 BP 神经网络[J]. 网络安全技术与应用,2022(1):38-40.

[14] 职璐爽,薛惠锋. 基于熵权法的城市水资源脆弱性研究——以广东省为例[J]. 水土保持通报,2018,38(5):322-329.

## Water Quality Prediction Model Based on HHO-SVM and Its Application

SONG Zhi-cen, ZHANG Shun-ping, LU Min

(School of Water Conservancy, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** Support Vector Machine (SVM) has advantages in small sample simulation prediction, but there is subjectivity in the selection of penalty factor  $C$  and kernel function parameter  $\gamma$  in SVM. Therefore, the Harris Hawks Optimization (HHO) algorithm was used to optimize  $C$  and  $\gamma$  in the SVM. And then the HHO-SVM mode was established to predict water quality in the Xiyuan tunnel section of Lake Dianchi Caohai. The results show that the prediction accuracy of the water quality prediction model based on HHO-SVM is higher than that of the SVM based on genetic algorithm (GA-SVM) and the SVM based on whale optimization algorithm (WOA-SVM). It is proved that the HHO is feasible to optimize the parameters in SVM, and HHO-SVM can be used in water quality prediction.

**Key words:** Harris Hawks Optimization; Support Vector Machine; water quality prediction; application