

# 基于改进的灰色关联法在天津近岸捕鱼作业区水质综合评价中的应用

苑辉<sup>1</sup>, 韩少强<sup>1</sup>, 马楠<sup>2</sup>, 张昊<sup>2</sup>, 张莹<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>天津市生态环境监测中心, 天津

<sup>2</sup>天津天滨瑞成环境技术工程有限公司, 天津

收稿日期: 2021年12月28日; 录用日期: 2022年1月17日; 发布日期: 2022年1月24日

## 摘要

捕鱼作业区域作为近岸海域渔船活动的主要区域, 对其进行科学客观的评价十分重要。基于10个采样点2021年10月捕鱼作业期间监测数据, 运用改进的灰色关联法评价了近岸捕鱼作业区水质, 并结合该区域水质的实际情况, 与综合指数评价法的评价结果进行了对比。改进的灰色关联法评价结果表明, 研究区主要的污染影响因子为化学需氧量、生化需氧量、无机氮、非离子氨和活性磷酸盐。综合指数评价法和改进的灰色关联法的评价结果在点位优劣上趋势一致, 但改进的灰色关联法的评价结果更符合实际。

## 关键词

改进的灰色关联, 近岸捕鱼作业区, 水质综合评价

# Application of Water Quality Assessment in Fishing Operation Areas on Improved Grey Correlation Method

Hui Yuan<sup>1</sup>, Shaoqiang Han<sup>1</sup>, Nan Ma<sup>2</sup>, Hao Zhang<sup>2</sup>, Ying Zhang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tianjin Eco-Environmental Monitoring Center, Tianjin

<sup>2</sup>Tianjin Tianbin Ruicheng Environmental Technology Engineering Co., Ltd., Tianjin

Received: Dec. 28<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 17<sup>th</sup>, 2022; published: Jan. 24<sup>th</sup>, 2022

\*通讯作者。

文章引用: 苑辉, 韩少强, 马楠, 张昊, 张莹. 基于改进的灰色关联法在天津近岸捕鱼作业区水质综合评价中的应用[J]. 海洋科学前沿, 2022, 9(1): 1-9. DOI: 10.12677/ams.2022.91001

## Abstract

Fishing operation area is the main activity area for fishing activities of immediate off shore area. It is very important to evaluate the water quality scientifically and objectively. Based on the monitoring data of 14 indicators of 10 sampling points during the fishing operation period in 2021, improved grey correlation method is used to evaluate the water quality of fishing operation area. Combined with the actual situation of fishing activity area, the evaluation results are compared with the composite index method. The results of improved grey correlation method show that the comprehensive evaluation results of fishing activities area water quality in the study area are better. The main pollution impact factors of the study area include chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, inorganic nitrogen, nonionic ammonia and phosphate. Comparing with the composite index method and improved grey correlation method, the advantage and disadvantage trends of the sampling points are basically consistent. In comparison, the evaluation results of improved grey correlation method are more in line with the reality.

## Keywords

Improved Grey Correlation Method, Fishing Operation Areas, Water Quality Assessment

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

捕鱼作业区域作为近岸海域渔船活动的主要区域, 渔业生产过程是造成该区域污染的一个主要来源[1], 对捕鱼作业区水环境质量进行科学、综合、客观的评价十分重要[2] [3]。近年来, 大量的数学方法应用于水环境质量评价中, 如水质指数法(WQI) [4]、主成分分析法(PCA) [5] [6]、主因子分析法(PFA) [7] [8]、模糊综合评价(FSE) [9] [10] [11]等, 这些方法在构建水环境评价体系的应用过程中往往忽略了水环境质量指标和其他相关调研因素的相关性。灰色系统理论是 20 世纪 80 年代创立的一门基于数学理论的系统工程新兴学科[12], 灰色关联模型主要根据各因素之间发展趋势的几何相似程度, 确定各评价因子各指标间强弱、大小和次序和关系, 目前已经成为水环境质量评价中应用较广泛的一种量化方法[13] [14] [15]。但是, 传统的灰色关联法存在一些缺陷, 例如评价步骤不规范, 计算过程极其复杂, 评价结果仅限于给出水质污染现状, 而对其污染物影响程度难以进行判断。

为了能够综合反应捕鱼作业区域水环境质量, 客观说明各评价因子之间的关系和优劣程度, 本文将灰色关联法进行改进, 根据监测数据和评价内容确定评价矩阵构造判别矩阵, 通过对评价矩阵的归一化和标准化优化了计算过程, 同时构建母序列并计算各个指标与母序列的灰色关联度, 通过计算每个指标的权重确定污染物影响程度, 最后对评价对象的得分归一化后进行优劣排名, 将定性分析和定量分析相结合, 使评价结果更为公正客观。在将该模型应用到天津地区主要近岸捕鱼作业区域水质监测指标的评价过程中, 充分考虑了各评价指标的内在联系和相互作用, 对区域水环境做出了综合评价。在将该模型与传统的综合指数法对比结果可以看出改进的灰色关联法模型表现出了较好的稳定性和有效性, 更加全面反应了水质综合情况。

## 2. 研究区域概况

天津市位于华北平原东北部，所邻近的渤海湾海域是重要的海洋经济水产物种的繁育区，海岸线全长 153.67 km，传统海域面积约 3000 km<sup>2</sup>，其中渔业用海共计 18 km<sup>2</sup>。根据农业农村部《渤海渔港认定标准(试行)》，2019 年 12 月，滨海新区人民政府对渔港重新进行了认定，分别是北塘渔港、东沽渔港、大神堂渔港、蔡家堡渔港和天津中心渔港。渔船产生的含油污水、渔民排放生活废水是作业区水环境污染一个重要来源，在一定程度上也会对近岸海域水质状况造成污染。因此，针对 5 个渔港所辖的近岸主要作业区进行了综合水质评价研究。

## 3. 材料与方法

### 3.1. 样品采样及分析方法

天津开海时间为每年的 9 月 1 日，因此在捕鱼期对渔民主要作业区域进行海水水质样品的采集，根据《海水水质标准》(GB3097-1997)和《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008)确定 pH、水温、溶解氧、悬浮物质、粪大肠菌群、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、无机氮、非离子氨(以 N 计)、活性磷酸盐(以 P 计)、石油类、铅、镉、铜等 14 项指标作为监测指标，样品根据《海洋监测规范第 3 部分：样品的采集、贮存与运输》(GB 17378.3-2007)采集表层水样，2021 年 10 月对每个渔港临近的主要捕鱼作业区选择 2 个监测点位，主要作业区域位于近岸 7~10 海里以内(即 13~18 公里以内)采样点位分布情况如图 1 所示，监测方法依照《海洋监测规范第四部分海水分析》(GB 17378.4-2007)执行。

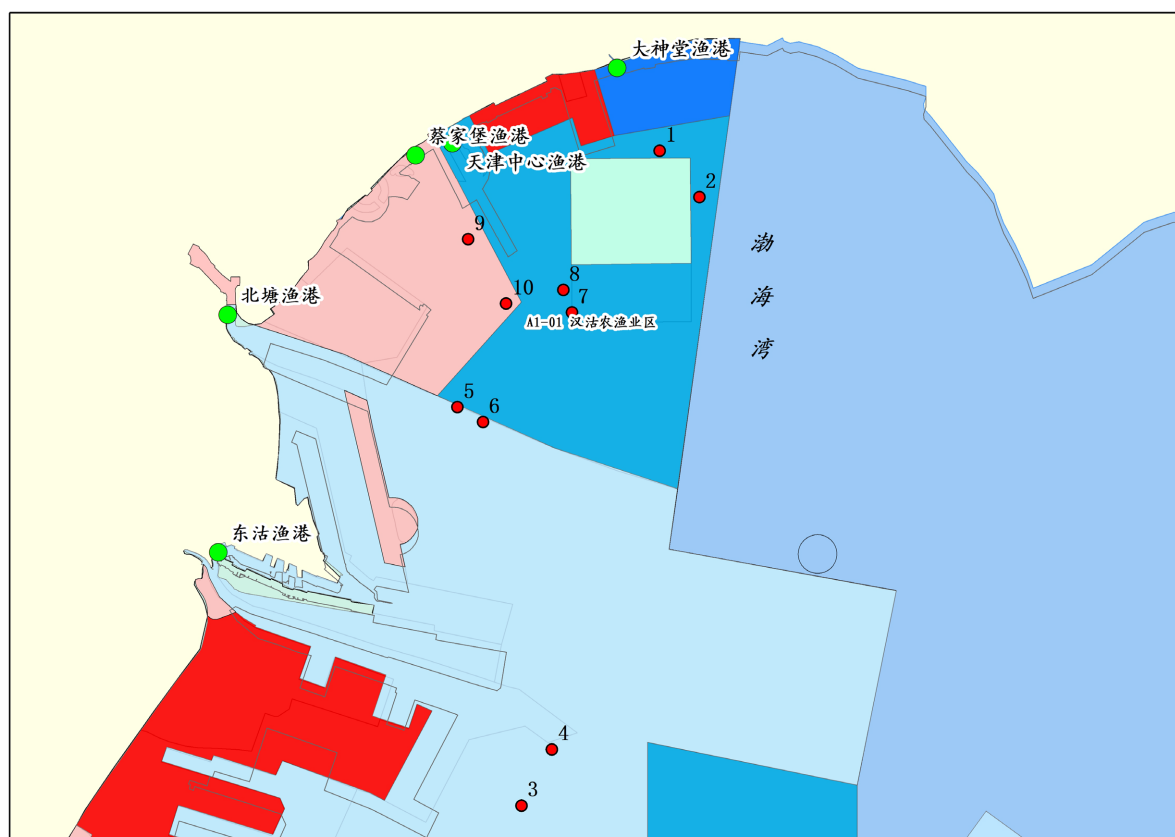


Figure 1. Monitoring points of fishing operation areas in Tianjin

图 1. 天津主要捕鱼作业区域监测点位

### 3.2. 基于灰色关联的综合评价步骤

灰色关联度分析是指用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序。它是一种相对性的排序分析, 根据各序列间的关联度判断联系是否紧密, 关联度越大, 说明被评价受污染地区与区域内受污染程度最高的地区越相似。因此, 关联度的大小顺序, 就是受污染程度强弱的次序。灰色综合评价方法将定性分析和定量分析相结合的综合评价方法, 较好地解决了评价指标难以准确量化和统计的问题, 已被广泛应用于水质评价中。

灰色关联度分析基本评价步骤如下:

1) 构造判别矩阵。根据监测数据和评价内容确定评价矩阵  $X = (x_{ij})_{m \times n}$ , ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ), 其中  $x_{ij}$  为  $n$  个指标中第  $m$  个评价对象。

2) 对指标进行了正向化和标准化, 并确定指标母序列。

监测过程评价指标共分为 3 类, 其中 pH 和水温属于区间型, 溶解氧属于极大型指标, 其余监测因子属于及小型监测指标。为了以消除各指标量纲, 缩小变量的范围, 需要对区间型和极小型指标进行正向化处理, 将其转化为极大型指标, 再对正向化后的指标进行标预处理, 以简化计算过程。

极小型指标正向化:

$$r_{ij} = \frac{1}{x_{ij}} \quad (1)$$

区间型指标正向化:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{x_{ij}}, & x_{ij} < a \\ 1, & a \leq x_{ij} \leq b \\ \frac{1}{x_{ij}}, & x_{ij} > b \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $r_{ij}$  是将正向化后的指标与原来极大型指标共同构建成正向化矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ , 然后对其进行预处理, 得到预处理后矩阵  $Z = (z_{ij})_{m \times n}$ :

$$z_{ij} = r_{ij} / \bar{r}_j \quad (3)$$

其中  $\bar{r}_j$  为第  $j$  个指标正向化后的平均值。

3) 构建母序列并计算各个指标与母序列的灰色关联度。

首先, 求出每一行最大值构成列向量表示母序列, 子序列就是预处理后的数据矩阵。

$$Z' = [z_{i0}, z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ij}] \quad (4)$$

其中, 母序列为  $z_{i0}$ ,  $z_{i0} = \max z_{ij}$ , 即每一行最大值, 子序列为  $[z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ij}]$  为预处理后矩阵  $Z$ 。

然后, 利用公式(5)计算各个指标与母序列的灰色关联度  $y_j$ :

$$y_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{c + \rho d}{|z_{i0} - z_{ij}| + \rho d} \quad (5)$$

其中,

其中  $c$  为两极最小差:  $c = \min |z_{i0} - z_{ij}|$ ;

$d$  为两级最大差:  $d = \max |z_{i0} - z_{ij}|$ ;

$\rho$  为分辨系数, 一般取  $\rho = 0.5$ 。

4) 计算每个指标的权重。

$$w_j = y_j / \sum_{i=1}^n y_j \quad (6)$$

其中  $w_j$  为每个指标的权重。

5) 计算评价对象的得分, 归一化后进行优劣排名。

$$S_j = \sum_{j=1}^n z_{ij} \times w_j, \quad (j=1, \dots, n) \quad (7)$$

$$S'_j = S_j / \sum_{j=1}^n S_j \quad (8)$$

其中  $S_j$  为评价对象的得分,  $S'_j$  为归一化后得分。

以上 5 步构成基于灰色关联的水环境质量综合评价方法。

## 4. 研究区水环境污染状况评价

### 4.1. 单因子水质评价结果

作业区域水环境质量评价采用单因子评价法, 评价与计算方法如式(9), 结果见表 1:

$$P_i = C_i / S_i \quad (9)$$

式中:  $P_i$  ——第  $i$  类污染物的污染指数;

$C_i$  ——第  $i$  类污染物的平均浓度;

$S_i$  ——第  $i$  类污染物的标准值。

**Table 1.** Assessment results of fishing operation areas water environment by single factor method

**表 1.** 主要作业区水环境单因子质量评价结果

序号	点位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	pH	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	水温	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	溶解氧	2.50	2.59	2.92	3.10	3.41	3.39	2.85	2.89	4.46	3.92
4	悬浮物质	0.25	0.36	1.00	0.05	0.35	0.34	0.13	0.09	0.25	0.21
5	粪大肠杆菌	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	化学需氧量	0.73	0.62	0.57	0.66	0.64	0.61	0.53	0.70	2.36	1.12
7	生化需氧量	0.32	0.30	0.26	0.24	0.26	0.24	0.20	0.22	1.38	0.78
8	无机氮	1.68	2.33	0.53	0.55	0.47	0.49	0.61	0.61	0.19	0.33
9	非离子氨	2.66	3.50	0.73	0.85	0.73	0.79	1.14	1.14	0.19	0.22
10	活性磷酸盐	1.38	1.64	0.69	0.56	0.53	0.76	0.71	0.73	0.04	0.07
11	石油类	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04
12	铜	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
13	铅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	镉	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	水质类别	劣四类	劣四类	三类	三类	三类	三类	劣四类	劣四类	劣四类	劣四类
	综合指数	12.55	14.4	9.75	9.07	9.45	9.67	9.22	9.44	11.94	9.72
	排名	9	10	7	1	4	5	2	3	8	6

通过单因子对比结果可知, 各主要作业区发现, 北塘渔港、中心渔港和蔡家堡渔港作业区水环境质量以劣四类为主, 主要超标的污染因子包括化学需氧量、生化需氧量、无机氮、非离子氨和活性磷酸盐。其中化学需氧量浓度范围在 2.64~11.8 mg/L 之间, 生化需氧量为 1.0~6.9 mg/L, 无机氮为 0.093~1.167 mg/L, 非离子氨为 0.004~0.070 mg/L, 活性磷酸盐为 0.002~0.074 mg/L。

#### 4.2. 灰色关联评价结果分析

首先根据 14 类污染物构造判别矩阵  $X$ , 在根据公式(1)~(3)对各项指标进行正向化和标准化, 标准化后的结果如表 2 所示, 各污染指标权重  $w_j$  值, 如图 2 所示。

**Table 2.** Standardization results of each evaluation index

**表 2.** 各评价指标标准化结果

序号	点位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	pH	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	水温	1.0106	1.0106	0.9574	0.9574	0.7447	0.7979	1.0106	0.9574	1.2766	1.2766
3	溶解氧	0.7795	0.8097	0.9127	0.9678	1.0636	1.0594	0.8888	0.9033	1.3914	1.2239
4	悬浮物质	0.7044	0.0000	2.2474	1.9958	0.0671	0.1509	1.4423	1.7191	0.7212	0.9518
5	粪大肠杆菌	1.2238	0.0000	1.5602	1.5602	1.5602	1.5602	0.4876	1.5602	0.4876	0.0000
6	化学需氧量	1.0846	1.1523	1.1868	1.1310	1.1443	1.1602	1.2160	1.1018	0.0000	0.8230
7	生化需氧量	1.1042	1.1250	1.1667	1.1875	1.1667	1.1875	1.2292	1.2083	0.0000	0.6250
8	无机氮	0.4227	0.0000	1.1577	1.1474	1.2001	1.1833	1.1088	1.1101	1.3799	1.2900
9	非离子氨	0.3696	0.0000	1.1957	1.1522	1.1957	1.1739	1.0217	1.0217	1.4348	1.4348
10	活性磷酸盐	0.2857	0.0000	1.0238	1.1667	1.1905	0.9524	1.0000	0.9762	1.7143	1.6905
11	石油类	1.6925	1.1283	1.0398	1.0177	1.0288	1.1836	1.5597	1.1283	0.0000	0.2212
12	铜	2.0000	1.6364	1.6364	0.1818	0.1818	1.2727	0.0000	0.1818	1.4545	1.4545
13	铅	1.6216	0.0000	1.0811	1.8919	1.3514	0.0000	0.8108	1.6216	0.5405	1.0811
14	镉	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1538	2.6923	1.5385	1.5385	1.5385	1.5385

构建母序列并计算各个指标与母序列的灰色关联度  $y_j$ , 并根据公式  $w_j = y_j / \sum_i^n y_j$  计算权重  $w_j$ , 结果如表 3 所示。

**Table 3.** Grey correlation degree  $y_j$  and weight values  $w_j$

**表 3.** 灰色关联度  $y_j$  和权重  $w_j$

序号	点位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$w_j$
1	pH	0.5738	0.6790	0.5190	0.5748	0.7061	0.4430	0.7063	0.6518	0.6533	0.6610	0.0679
2	水温	0.5764	0.6827	0.5107	0.5645	0.6227	0.4154	0.7103	0.6387	0.7546	0.7648	0.0687
3	溶解氧	0.5245	0.6195	0.5021	0.5670	0.7305	0.4519	0.6674	0.6227	0.8065	0.7426	0.0687

Continued

4	悬浮物质	0.5096	0.4513	1.0000	1.0000	0.4741	0.3463	0.9198	1.0000	0.5755	0.6457	0.069
5	粪大肠杆菌	0.6343	0.4513	0.6620	0.7555	1.0000	0.5432	0.5566	0.8944	0.5232	0.4433	0.0691
6	化学需氧量	0.5952	0.7355	0.5593	0.6089	0.7640	0.4677	0.7966	0.6856	0.4399	0.6081	0.0762
7	生化需氧量	0.6004	0.7247	0.5547	0.6248	0.7738	0.4722	0.8028	0.7249	0.4399	0.5582	0.0739
8	无机氮	0.4605	0.4513	0.5526	0.6134	0.7889	0.4715	0.7491	0.6885	0.8010	0.7707	0.0776
9	非离子氨	0.4522	0.4513	0.5614	0.6147	0.7869	0.4699	0.7145	0.6588	0.8281	0.8404	0.0727
10	活性磷酸盐	0.4399	0.4513	0.5239	0.6188	0.7845	0.4362	0.7063	0.6444	1.0000	1.0000	0.0737
11	石油类	0.8140	0.7260	0.5271	0.5792	0.7170	0.4715	1.0000	0.6950	0.4399	0.4781	0.071
12	铜	1.0000	1.0000	0.6878	0.4260	0.4941	0.4867	0.4633	0.4669	0.8383	0.8509	0.0712
13	铅	0.7806	0.4513	0.5358	0.9283	0.8657	0.3333	0.6425	0.9325	0.5342	0.6884	0.0702
14	镉	0.4023	0.4513	0.3746	0.4028	0.7681	1.0000	0.9844	0.8817	0.8845	0.8985	0.0699

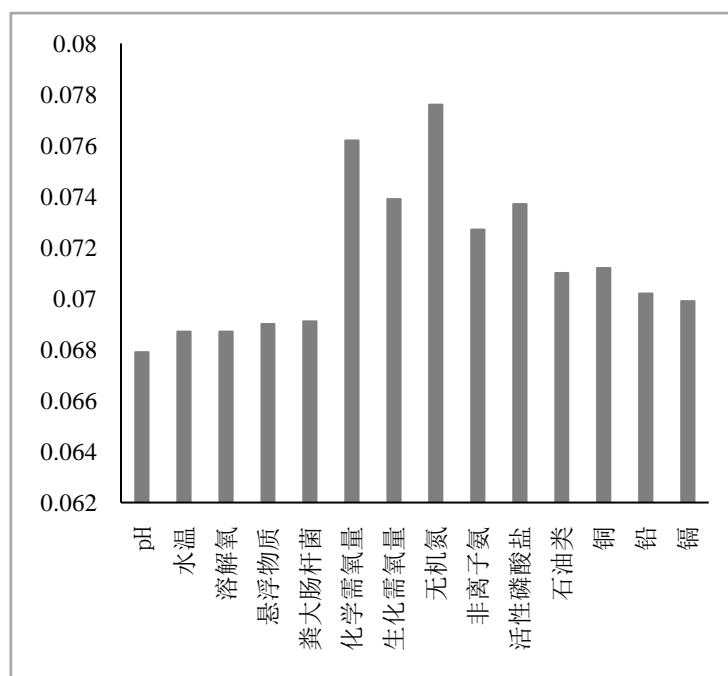


Figure 2. The weight values  $w_j$  of each pollution indicators

图 2. 各污染指标权重  $w_j$  值

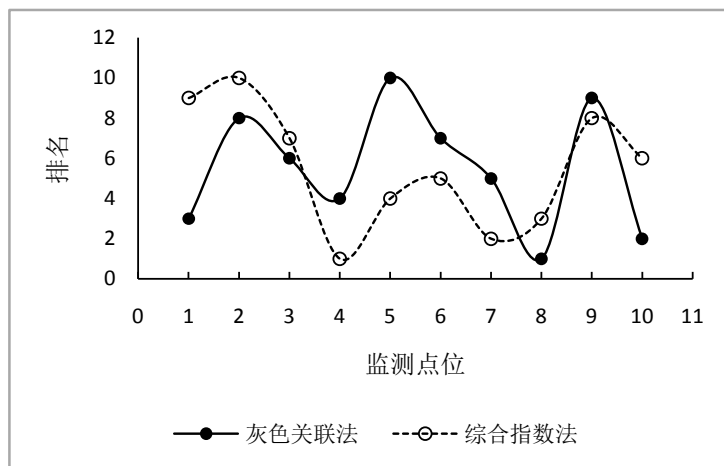
从权重矩阵可以看出作业区主要的污染影响因子为化学需氧量、生化需氧量、无机氮、非离子氨和活性磷酸盐，这几类污染因子均超标，这与单因子评价法超标情况一致，表明方法可靠。最后根据公式 (7)、(8) 计算评价对象的得分  $S_j$ ，归一化后进行优劣排名如表 4 所示。

**Table 4.** Evaluation results of improved grey correlation method and composite index method  
**表 4.** 灰色关联法和综合指数法评价结果

评价方法	点位	北塘渔港		东沽渔港		大神堂渔港		中心渔港		蔡家堡渔港	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
灰色关联法	归一化后得分	0.0947	0.0551	0.1155	0.1095	0.0998	0.1102	0.1024	0.1150	0.0930	0.0947
	排序	3	8	6	4	10	7	5	1	9	2
综合指数法	综合指数法	12.55	14.4	9.75	9.07	9.45	9.67	9.22	9.44	11.94	9.72
	排名	9	10	7	1	4	5	2	3	8	6

为了证明方法的有效性和评价结果的准确定, 将灰色关联法与综合指数法的结果进行对比, 结果如表 4 和图 3 所示。图 3 是对各个监测点位进行排名的对比, 从图中的结果可以看出, 两种方法的排名结果变化趋势基本一致, 即评价结果较为可靠性较高。

根据评价结果可以看出, 7、8 点位所临近的中心渔港附近的捕鱼作业区水环境质量最好, 而 5、6 和 1、2 所临近的北塘渔港和大神堂渔港水质较差, 造成这种现象的主要原因是, 北塘渔港和大神堂渔港船只较多, 且以捕鱼作业生产为主, 渔民活动十分密集, 而中心渔港以旅游为主, 船只较少, 渔民活动仅限于渔业旅游, 且渔船各种设施配套完善, 因此, 该区域作业区水质相对较好。



**Figure 3.** Comparison of ranking results of improved grey correlation method and composite index method

**图 3.** 灰色关联法和综合指数法排名结果对比

## 5. 结论及建议

本文将灰色关联法进行改进, 根据监测数据和评价内容确定评价矩阵, 通过归一化和标准化优化计算过程, 构建母序列计算各个指标与母序列的灰色关联度, 通过计算每个指标的权重确定污染物影响程度, 最后对评价对象的得分归一化后进行优劣排名, 并应用到天津地区主要近岸捕鱼作业区域水质监测指标的评价过程中, 将定性分析和定量分析相结合, 使评价结果更为公正客观, 在将该模型与传统的综合指数法对比结果可以看出改进的灰色关联法模型表现出了较好的稳定性和有效性, 更加全面反应了水质综合情况。



通过评价和调研结果,可以看出,由于大部分渔船配有简易厨房和卫生间,但没有生活污水收集器,仅有简单的水桶等,存在生活污水直排入海的情况,生活污水的主要因素和评价结果显示的主要污染影响因子一致,主要包括化学需氧量、生化需氧量、无机氮、非离子氨和活性磷酸盐。

## 基金项目

天津市科技计划项目(18ZXSZSF00130)。

## 参考文献

- [1] 陈霞. 塘沽区水环境污染问题及防治对策探讨[J]. 资源节约与环保, 2007, 23(2): 49-52.
- [2] 黄超, 常传刚, 房殿荣. 渔港环境综合整治形势分析及对策建议——以烟台市为例[J]. 中国水产, 2021(1): 55-58.
- [3] 吴金浩, 李强, 宋广军, 等. 2008-2017 年夏季辽东湾北部渔业水域生态环境质量综合评价[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(8): 1000-1008.
- [4] 王坤, 黄晶, 冯孙林, 等. CCME WQI 在入海河流(鳌江)感潮河段水质评价中的应用[J]. 中国环境监测, 2019, 35(4): 93-99.
- [5] 张广帅, 闫吉顺, 张全军, 等. 基于主成分分析法近岸海水环境质量与空间异质性研究——以庄河港近岸海域为例[J]. 海洋环境科学, 2020, 39(2): 244-252.
- [6] 孔海燕, 安国安, 史淑娟, 等. 以 PCA 分析为基础的水环境质量综合评价研究[J]. 污染防治技术, 2019, 32(1): 6-8.
- [7] 姜明岑. 基于水质指标的流域水环境预警技术研究与应用[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2019.
- [8] 赵卫东, 赵芦, 龚建师, 等. 宿州矿区浅层地下水污染评价及源解析[J]. 地学前缘, 2021, 28(5): 1-14.
- [9] 刘玉伟, 刘剑. 沙河水环境质量模糊综合评价[J]. 河北水利电力学院学报, 2019(1): 35-38.
- [10] 张鑫. 模糊综合评价在水环境质量综合评价中的应用[J]. 科技经济导刊, 2019(17): 118.
- [11] 张彦波. 模糊综合评价法在地表水环境质量评价中的应用——以西安市曲江池水环境为例[J]. 西安石油大学学报(社会科学版), 2021, 25(4): 1-6.
- [12] 齐志超. 基于灰色系统理论的水环境质量评价和预测系统研究[D]: [硕士学位论文]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2011.
- [13] 单义明, 杨侃. 基于灰色关联度分析的山西省 PSO-SVR 需水量预测模型[J]. 水文水资源与环境, 2021, 39(2): 18-21.
- [14] 徐建新, 王丽红, 王伟, 等. 基于灰色关联的地下水环境承载力评价研究[J]. 人民黄河, 2009, 31(12): 47-48.
- [15] 甄小丽. 灰色系统理论在乌梁素海水环境研究中的应用[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.