

应用模糊聚类法对夏季胶州湾 海水类型的初步划分*

朱兰部 张启龙

(中国科学院海洋研究所)

自1980年胶州湾被选为水产生产农牧化增殖实验基地以来,中国科学院海洋研究所及有关单位对该海湾进行了大量的调查研究工作,发表了一些研究成果;但对该海湾海水的基本类型尚未进行过系统的划分。本文拟采用模糊聚类法^[1,2],利用1981年8月份16个测站的实测资料,对夏季胶州湾的海水类型进行初步分析。

一、分析方法

在研究海域,假设某一观测层有 n 个测站,构成一个集合 $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$,每个测站有 m 个水文和水化观测资料,显然,集合 X 可写成:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} = [X_{ij}]$$

其中, X_{ij} ($i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m$) 代表第 i 测站第 j 个水文和水化要素观测值。这里我们采用相似系数作为测站的相似尺度。计算公式为:

$$r'_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m X_{ik} X_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m X_{ik}^2 \sum_{k=1}^m X_{jk}^2}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

将式(1)进行模糊变换

$$\text{令 } r_{ij} = \frac{1+r'_{ij}}{2} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

得模糊矩阵

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

这时 $\tilde{R}$ 满足

反身性 $r_{ii} = 1, (i=1, 2, \dots, n)$

对称性 $r_{ij} = r_{ji}, (i, j=1, 2, \dots, n)$

但不满足传递性 $\tilde{R} \circ \tilde{R} \leq \tilde{R}$

对 X 进行模糊分类,即根据 X 的模糊等价关系进行分类。 $\tilde{R}$ 不是一个模糊等价关系,因此,须要对它作适当变换,使其具备传递性,变成模糊等价关系,以便进行模糊分类。

从数学上可以证明,对于 X 上的一个满足反身性和对称性的模糊矩阵 $\tilde{R}$,只要

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \tilde{R}^k \wedge \lim_{k \rightarrow \infty} \tilde{R} \circ \tilde{R} \circ \dots \circ \tilde{R} = \tilde{R}^\infty$$

存在,那么 $\tilde{R}^k$ 即是一模糊等价关系。求 $\tilde{R}^k$ 的方法很多,本文采用了连续平方幂的方法,即

$$\tilde{R} \rightarrow \tilde{R}^2 \rightarrow \tilde{R}^4 \rightarrow \dots$$

求出模糊等价关系 $\tilde{R}^k$ 之后,便可进行模糊分类。首先仿照普通聚类方法,依 $\tilde{R}^k$ 进行系

* 本文承蒙王从敏、张法高同志的指导,白少英同志绘图,谨致谢意。

统聚类分析, 将所得结果绘制成聚类谱系图, 利用谱系图便可进行水型划分。最后取不同水平的 λ , $\lambda \in (0, 1]$, 按

$$R_\lambda = \begin{cases} 1 & r_{ij} \geq \lambda \\ 0 & r_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (3)$$

确定 R_λ 的若干个截集 R_λ , 也称为 λ 水平下的聚类矩阵。从而可以得到一个动态聚类图。根据以往划分水团的经验, 确定一个分类界限 λ_c , 于是便可得到一个较为合理的分类结果。

二、结果和分析

利用上述方法对胶州湾16个测站的9项水文和水化要素在DJS-033机上进行了计算。考虑到不同的要素在划分水团中所起的作用不同, 在划分水型时, 对某些要素适当地加大了权重。为此, 对经过标准化处理后的数据再作适当的加权处理。权重系数分别取为: 温度、盐度和溶解氧均取为0.150; 磷酸盐、酸碱度、亚硝酸盐和硝酸盐的权重系数为0.100; 氨氮和透明度为0.075。这样, 原始数据矩阵 X 变成了一个经过标准化和加权处理的数据矩阵。

对于矩阵 X , 根据公式(1)算出任意两站之间的相似系数 r'_{ij} ($i, j=1, 2, \dots, 16$), 然后根据公式(2)算得一个 16×16 阶模糊矩阵 R , 接着对 R 进行连续平方幂的运算, 把 R 变

成一个模糊等价关系。实际计算表明, $R^{16} = R^{32}$ 。因此, R^{16} 已满足传递性, 故 R^{16} 即是一个模糊等价关系, 可依 R^{16} 进行模糊分类。所得聚类谱系见图1。

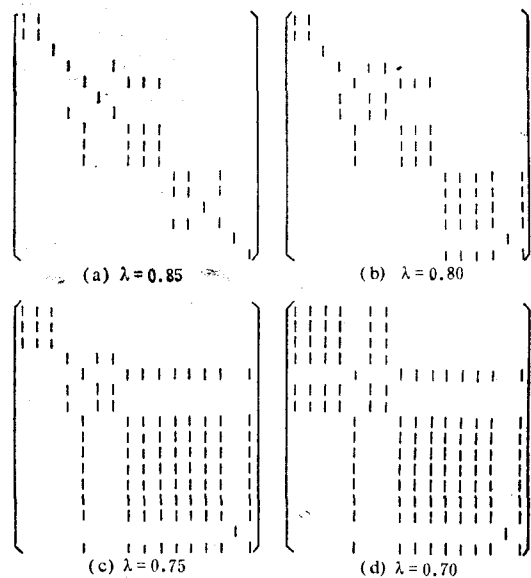


图2 $\lambda=0.85, 0.80, 0.75$, 和 0.70 时的动态聚类

Fig.2 The dynamic cluster for $\lambda=0.85, 0.80, 0.75$ and 0.70

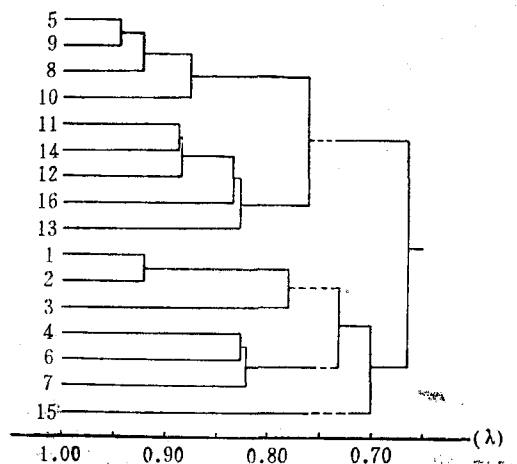


图1 聚类谱系

Fig.1 Cluster pedigree

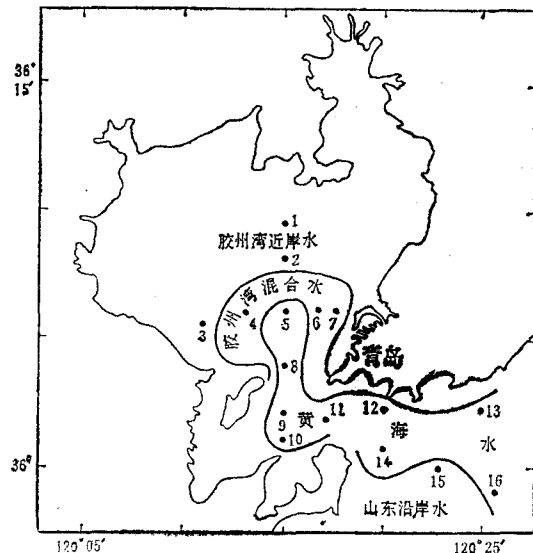


图3 测站和海水类型分布

Fig.3 The distribution of Seawater types and the observation stations

表1 胶州湾海水各类型示性特征值
Tab.1 The characteristic value of sea-water types in Jiaozhou Bay

要素 海水类型 \ 特征值	温 度 (t)	盐 度 (S)	溶解氧 (O ₂)	磷酸盐 (PO ₄)	酸碱度 (pH)	亚硝酸盐 (NO ₂)	硝酸盐 (NO ₃)	氨 氮 (NH ₄)	透明度 (m)
胶州湾沿岸水	26.18	32.00	4.41	0.25	8.14	0.24	0.92	2.14	1.3
黄 海 水	25.35	31.69	4.70	0.38	8.21	0.22	0.98	3.18	4.6
胶州湾混合水	26.02	31.73	4.60	0.54	8.19	0.16	0.86	4.20	3.0
山东沿岸水	26.60	31.58	4.78	0.49	8.18	0.35	0.57	4.10	5.5

由图1可以清晰地看出测站的归并顺序。若以 $\lambda = 0.75$, 水平分类, 可以将16个测站分为4类: {1, 2, 3}, {5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16}, {4, 6, 7}, {15}。

为了进一步看清各站的动态聚合过程, 根据 R^1 中各元素, 从大到小, 先后取 $\lambda = 0.90, 0.85, \dots$ 等7个水平, 按式(3)进行聚类。这样就获得类型构成的一个动态聚类图。为了详细说明本文的聚类结果。我们给出 $\lambda = 0.85, 0.80, 0.75$ 和 0.70 时的动态聚类图(图2)。

从图2可以看出, 随着 λ 由大到小逐渐降低, 测站逐步聚合, 类数由多变少。结合水团分析的实际经验, 本文取 $\lambda = 0.75$; 由此可以将胶州湾海水分为4种类型, 即胶州湾沿岸水、胶州湾混合水、黄海水和山东沿岸水(分布如图3)。

根据以上分析, 我们得出胶州湾海水各类型示性特征值如下表。

根据以上分析, 我们认为胶州湾各类水型的分布及水文特征如下。

1. 胶州湾沿岸水: 分布于湾内近岸海域。由于受陆地及自然环境的影响较大, 因

此, 这类海水的水文和水化要素变化比较复杂。其主要特征为温度、盐度较高; 溶解氧、磷酸盐、酸碱度及透明度偏低。

2. 黄海水: 位于胶州湾中央及湾口附近海域。因这部分水源于黄海, 故称为黄海水。黄海水温是4种水型中最低, 其温度、盐度较胶州湾沿岸水为低, 而溶解氧、磷酸盐、酸碱度和透明度则略偏高。

3. 胶州湾混合水: 它位于胶州湾沿岸水和黄海水之间, 分布范围较小。它是由上述两类海水混合而成的。因此, 其温度、盐度、溶解氧、酸碱度和透明度的值均介于上述二者之间。

4. 山东沿岸水: 分布于湾口以南的近岸海域。它的主要特征是温度、溶解氧和透明度值较高; 而盐度值较低。对于这一类海水的分布范围及变化特征还有待于进一步调查研究。

参 考 文 献

- [1] 方开泰、潘恩沛, 1982. 聚类分析. 地质出版社, 250—270。
- [2] 胡基福、高新生, 1983. 应用模糊聚类分析划分海雾天气过程. 山东海洋学院学报 13(1): 15—20。

PRELIMINARY INVESTIGATION ON SEA-WATER TYPES IN JIAOZHOU BAY IN SUMMER WITH FUZZY CLUSTER METHOD

Zhu Lanbu Zhang Qilong

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Based on the data of temperature, salinity, oxygen, phosphate, acidity, nitrite, nitrate, ammonia and transparency collected in the Jiaozhou Bay in August, 1981, sea-water type was analysed by means of the fuzzy cluster method. The results show that there are four sea-water types in Jiaozhou Bay in summer: The near coastal sea-water type, The Yellow Sea sea-water type, the mixed sea-water type and shandong coastal sea-water type.