三峡科技移民示范区及其毗邻地区水体营养状况的数量分析

姜 萍[1], 许苏葵[2], 潘文斌[3]

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所,沈阳 110015; 2. 辽宁教育出版社,沈阳 110003;
3. 中国科学院水生生物研究所,武汉 430072)

摘要: 对在梅子垭及其毗邻地区若干重要水体所取的10个水样及其pH值、总氮、总磷、PO_4^{3-}态磷和P_2O_5态磷进行了聚类和主成分分析。聚类分析表明10个水样可分为两大类,其中一类又明显分为两类。主成分分析表明磷对第一主成分的贡献最大;氮对第二主成分的贡献最大,其值为负表示存在负相关,排序时将会影响水样在第二主成分上的排列方向。

关键词: 水样; 聚类分析; 主成分分析
中图分类号: X824 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3207(2000)05-0464-04

宜昌县梅子垭村是"三峡库区科技移民示范区"的实验点,位于湖北省宜昌县中东部,北纬30°39′,东经111°31′。区内水域面积占总面积的11%,是发展渔业的理想基地;现有面积约30hm^{2}的水库是宜昌市、县的重要饮用水源[1]。随着三峡工程的全面展开,库区移民及移民区经济发展已是急需解决的问题,同时关系着三峡工程的成败。对梅子垭村及其毗邻地区若干重要水体进行了取样分析,并对这些水体的重要营养元素进行有关数量分析[2—6],旨在为示范区的建设及其对环境的影响评价提供有关资料和理论依据。

1 研究方法

所有水样于1998年4月取自梅子垭村及其毗邻地区,取样点分别为曲溪干流上游(S1)、梅子垭水库(S2)、艾家七里冲水井(S3)、艾家七里冲水库上游(S4)、曲溪饮用贮水池(S5)、艾家七里冲水库中游(S6)、曲溪水文站(S7)、长江艾家镇(S8)、曲溪入江口(江边)(S9)和曲溪入江口(溪水)(S10),共计10个水样。进行数量分析时,主要使用pH值、总氮、总磷、PO_4^{3-}态磷和P_2O_5态磷;数据分析主要在计算机上利用EXCEL、STATISTICA等通用软件完成。

收稿日期: 1999-10-15; **修订日期**: 2000-05-30
基金项目: 国家"九五"科技攻关专题(96-920-04-12)和国家自然科学基金项目(39670150)
作者简介: 姜萍(1966—),女,实验师,主要从事森林土壤及水化学分析工作。中国科学院生态环境研究中心栾兆坤研究员负责水样采集及分析工作;中国科学院水生所蔡庆华研究员在数据处理及论文撰写中给予一定指导,在此一并表示诚挚的谢意

2　结果

2.1　聚类分析

聚类分析[7—8]是多元分析的一个分支,它根据分类对象的数量指标,定量地确定它们之间的亲疏关系,并根据其相似或相异程度进行分类。聚类分析虽然方法较多,但关键在于对距离系数的聚合方法,比如单联法、全联法、UPGMA 法、WPGMA 法、UPGC 法、WPGC 法、Ward 法等。本研究主要利用单联法对水样之间的欧氏距离进行聚类(图 1)。

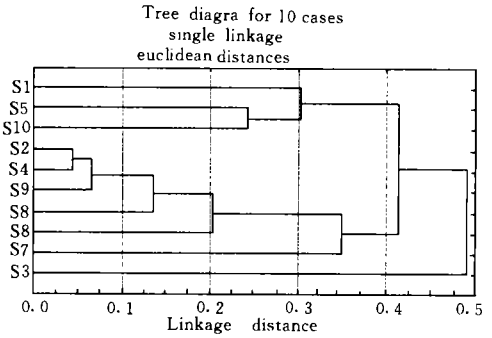

图 1　10 个水样的聚类图

Fig. 1　Tree diagram for 10 water samples by single linkage cluster and analysis.

由图 1 可知,这 10 个水样可分为两大类,其中一类只含有水样 S3 即井水,另一大类又可明显分为两类,所有分类结果与实际采样地点相符。在所有 10 个水样中,梅子垭水库(S2)和艾家七里冲水库上游(S4)最为近似。

2.2　主成分分析

主成分分析[9—10],又称主分量分析,是排序分析中研究最充分,也是应用最广泛的一种方法。主成分分析常应用于四个方面[6]:用于反映 R 分析中划分性状组的变异方向;用于评价和压缩性状;用于在压缩的主成分空间排序 OTU,从而达到分类的目的;f 与图论方法配合使用,也容易在几何空间得到直观的分类结果。表 1 是对 10 个水样共 5 个性状进行主成分分析所得的结果。

表 1　10 个水样 5 种因子的主成分分析

Tab. 1　Principal component analysis on 5 factors of 10 water sampling

主成分分析 PCA			主成分系数(只列前 2 个) Coefficients of PCA		
主成分	方差百分数	累计百分数	主成分	1	2
1	66.55	66.55	pH(f_1)	0.165	0.566
2	21.85	88.40	总氮(f_2)	−0.101	−0.771
			总磷(f_3)	0.296	0.034
			PO_4^{3-}(f_4)	0.296	0.027
			P_2O_5(f_5)	0.297	0.017

由表 1 可知,前 2 个主成分占有原方差的 88.40%,在实际研究中,取前 2 个主成分就可满足要求,它们分别为:

$$PCA_1 = 0.165f_1 - 0.101f_2 + 0.296f_3 + 0.296f_4 + 0.297f_5 \quad (1)$$

$$PCA_2 = 0.566f_1 - 0.771f_2 + 0.034f_3 + 0.027f_4 + 0.017f_5 \quad (2)$$

图 2 是 5 个因子在 PCA_1 和 PCA_2 上的负荷图,图中因子的坐标与其主成分系数有所不同,可认为是对因子进行排序。但其结果与主成分系数所表示的相同,即磷对第一主成

分的贡献最大，氮对第二主成分的贡献最大，其值为负表示存在一种负相关关系，在进行排序时将会影响水样在第二主成分上的排列方向。

而利用主成分分析的结果，同样可以对样品进行排序(图 3)。图 3 中横坐标即第一主成分代表磷，10 个水样的横坐标与其磷含量一致；纵坐标即第二主成分代表氮，水样的纵坐标排列与其氮含量正好相反，即前面所述的负相关。

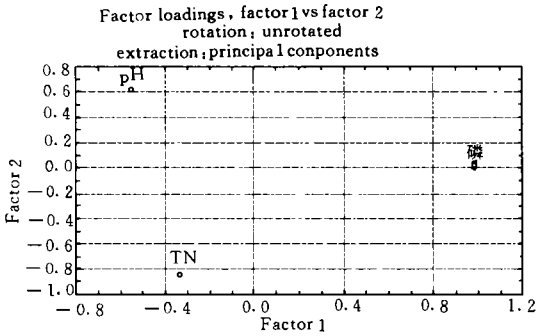

图 2 5 个因子在各主成分上的负荷图

Fig. 2 The loadings of five factors on every principal component

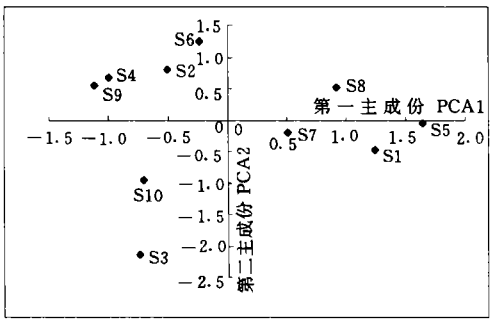

图 3 利用主成分分析对 10 个水样进行排序

Fig. 3 Ordering of ten water samples by principal components analysis

3 小结

聚类分析将水样中的井水和其它水样首先分成两大类，且井水中氮的含量明显高于其它水样，其中一类又基本可分成与取样地点有关的两类，这表明聚类分析在本研究中是一有效分析工具。

主成分分析表明磷对第一主成分的贡献最大，氮对第二主成分的贡献最大，这与蔡庆华等[2]的研究结果相同，有可能这是水体数量分析中的普遍规律。氮的主成分系数为负，在进行排序时将会影响水样在第二主成分上的排列方向。

参考文献：

[1] 王庆礼，邓红兵，郝占庆，等. 梅子垭旅游资源评价及开发、保护规划研究[J]. 长江流域资源与环境，1998，**7**(4)：347—353

[2] 蔡庆华，刘瑞秋，黎道丰，等. 黄淮海平原封丘试区水体营养状况的综合评价[J]. 湖泊科学，1992，**4**(2)：46—51

[3] 蔡庆华. 武汉东湖富营养化综合评价[J]. 海洋与湖沼，1993，**24**(4)：337—341

[4] 蔡庆华. 湖泊富营养化评价方法综述[J]. 湖泊科学，1997，(1)：89—94

[5] 蔡庆华，王骥，李植生，等. 从营养状态指数看南极中山站、长城站附近若干湖泊的环境质量[J]. 海洋与湖沼，1997，**28**(增刊)：134—138

[6] 刘元波，高锡芸. 太湖北部梅梁湾水域水质聚类分析[C]. 蔡启铭. 太湖生态环境研究(一). 北京：气象出版社. 1998. 89—95

[7] 程子峰. 聚类分析在环境数据处理中的应用[C]. 全浩. 环境管理与技术. 北京：中国环境科学出版社. 1994. 265—274

[8] 蔡庆华. 东湖生态系统污染状况的 Fuzzy 聚类分析[J]. 水生生物学报，1988，**12**(3)：193—198

[9] 阳含熙，卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法[M]. 北京：科学出版社. 1981

[10] 蔡庆华. 数学在水生生物学中的应用[A]. 刘建康. 高级水生生物学[M]. 北京:科学出版社. 1999. 376—400

QUANTITATIVE ANALYSIS ON NUTRIENT OF WATERS IN THE THREE GORGES DEMONSTRATION SETTLEMENT AND ITS CONTIGUOUS REGIONS

JIANG Ping[1], XU Su-kui[2] and PAN Wen-bin[3]

(*Institute of Applied Ecology, The Chinese Academy of Sciences, Shenyang* 110015, *Liaoning Education Press, Shenyang* 110003, *Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan* 430072)

Abstract: In this research, taking the factors as pH value, total nitrogen(N), total phosphor(P), PO_4^{3-} – P and P_2O_5 – P, cluster analysis(CA) and principal component analysis(PCA) of 10 important waters in Meiziya Village and its contiguous regions were carriedon CA showed that the ten waters could be classified into two categories, and one of which could be classified into two categories, too. PCA showed that P contributed to the first principal component most and N contributed the second principal component largely The factor score coefficient of N being negative meant there existed negative relationship, and it could affect the arrange direction of water samplings in the second principal component.

Key words: Water sampling; Cluster analysis; Principal component analysis