

优化布点的 TOPSIS 法研究

张苗云^{1,2,3}, 王世杰², 黄颖飞³ (1.中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 2.中国科学院研究生院, 北京 100029; 3.金华市环境监测中心站, 浙江 金华 321000)

摘要: 针对多目标系统的优化布点问题, 尝试提出用改进的 TOPSIS 法研究水质环境监测点位的优化, 并建立改进的 TOPSIS 法优化模型。实例分析表明, 该方法充分利用了优化矩阵的信息, 优选结果符合客观实际, 可用于环境监测点位的优化布点。

关键词: TOPSIS 法; 多目标决策; 优化布点; 环境监测

中图分类号: X830.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6002(2005)01-0031-02

The study on optimal number of sites by TOPSIS method

ZHANG Miao-yun, et al(State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: Aiming at the question of optimum setting on water quality environmental monitoring sites, this paper puts forward the improved technique for order preference by similarity to ideal solution and sets up the optimal model of improved TOPSIS. This method sufficiently makes use of the information of the optimal matrix. The practical example for environmental monitoring shows that it is feasible to optimize the number of sites by the improved TOPSIS method.

Key words: TOPSIS method; multiple objective decision making; optimal number of sites; environmental monitoring

为了获得完整的环境质量监测信息, 从理论上讲, 要求监测的空间和时间分辨率越高越好, 然而单纯追求和实现高分辨率的空间和时间监测, 不论从经济观点, 还是从实践观点上看, 都是难以实现的。因此, 用尽可能少的监测点位获取最有空间代表性的环境信息, 就成为环境监测优化布点需要解决的问题。

TOPSIS 法是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用技术^[1]。近年来已被用于污染治理方案优选、环境质量综合评价等实际工作^[2,3], 取得了较为满意的结果, 但在环境监测优化布点方面的应用还有待研究。考虑到 TOPSIS 法在某些实际问题的应用中会出现不合理现象^[4], 本文尝试提出用改进的 TOPSIS 法研究水质环境监测点位的优化问题, 通过对监测点位环境质量的优劣排序和分类, 最终达到优化布点的目的。

1 改进的 TOPSIS 优化模型

1.1 建立优化矩阵

设有 n 个目标单元, 每一目标单元有 m 个属

性指标, 则优化矩阵 X 为

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}$$

1.2 规范化优化矩阵

在讨论实际的多目标决策问题时, 由于各指标的量纲不同, 而且各指标变化范围有大有小, 为了较好地反映指标变化的实际情况, 各指标均进行无量纲化处理, 构筑规范化优化矩阵 Z

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}$$

其中, $Z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{kj}^2}}$, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$

1.3 确定规范化矩阵 Z 的理想解和负理想解向量

$$Z^+ = \{(\max Z_{ij} \mid j \in J)\}$$

$$\begin{aligned}
 & (\min Z_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, n \} \\
 & = \{z_1^+, z_2^+, \dots, z_m^+\} \\
 Z^- = & \{(\max Z_{ij} | j \in J), \\
 & (\max Z_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, n \} \\
 & = \{z_1^-, z_2^-, \dots, z_m^-\}
 \end{aligned}$$

式中, J 是效益型目标集, J' 是成本型目标集。

1.4 计算各指标的权重 ω_j

目标集中的评价指标按其指标值的相对变化率的大小确定其权重 ω_j , 具体计算如下:

$$\alpha_j = \left| \frac{z_j^+ - z_j^-}{z_j^+} \right|, j = 1, 2, \dots, m$$

$$\omega_j = \frac{\alpha_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j}, j = 1, 2, \dots, m$$

1.5 计算各目标单元到理想解和负理想解的距离

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [\omega_j (z_{ij} - z_j^+)]^2},$$

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

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [\omega_j (z_{ij} - z_j^-)]^2},$$

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

1.6 计算各目标单元对理想解的相对接近度

$$C_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ + D_i^-}, i = 1, 2, \dots, n$$

1.7 根据相对接近度大小确定排序, 并结合点位优化原则进行监测断面的优化

2 实例分析

2.1 水质环境监测点位优化

本文实例水质环境监测摘自文献[5]。表1列出了某市12个监测断面COD、油类、挥发酚、 NO_2^- -N、 NO_3^- -N等5项水质污染指标监测值。

利用文中建立的TOPSIS法优化模型, 首先对监测断面的水质污染指标进行无量纲处理。由于环境监测指标值越大, 环境质量越差, 因此按成本型目标集构筑规范化优化矩阵, 并分别计算各监测指标的权重 ω_j 及各监测断面的 D_i^+ 、 D_i^- 、 C_i 。最后根据相对接近度的大小确定排序, 同时结合点位优化原则进行监测断面的优化, 具体结果见表2。

表1 监测断面的监测值 mg/L

| 监测断面 | COD | 油类 | 挥发酚 | NO_2^- -N | NO_3^- -N |
|------|--------|------|-------|--------------------|--------------------|
| 1 | 23.45 | 1.00 | 0.020 | 0.047 | 2.72 |
| 2 | 41.22 | 0.91 | 0.001 | 0.116 | 3.86 |
| 3 | 32.62 | 0.46 | 0.007 | 0.089 | 0.77 |
| 4 | 45.06 | 0.41 | 0.005 | 0.109 | 3.73 |
| 5 | 32.14 | 0.35 | 0.004 | 0.138 | 1.19 |
| 6 | 90.00 | 8.18 | 0.154 | 0.182 | 8.05 |
| 7 | 52.13 | 1.05 | 0.040 | 0.268 | 2.39 |
| 8 | 45.95 | 1.75 | 0.025 | 0.222 | 6.68 |
| 9 | 82.53 | 1.96 | 0.044 | 0.385 | 6.44 |
| 10 | 65.63 | 1.18 | 0.044 | 0.490 | 5.63 |
| 11 | 102.24 | 3.79 | 0.048 | 0.003 | 1.20 |
| 12 | 60.77 | 3.87 | 0.088 | 0.032 | 0.09 |

表2 各监测断面的 D_i^+ 、 D_i^- 、 C_i 及优化结果

| 监测断面 | D_i^+ | D_i^- | C_i | 点位排序 | 优化点位 | 代表点位 |
|------|----------|----------|----------|------|------|-----------|
| 3 | 0.044340 | 0.343102 | 0.885557 | 1 | | |
| 1 | 0.053803 | 0.331548 | 0.860380 | 2 | | |
| 5 | 0.067869 | 0.332637 | 0.830542 | 3 | 3 | 1,2,3,4,5 |
| 4 | 0.072104 | 0.330872 | 0.821071 | 4 | | |
| 2 | 0.075509 | 0.334094 | 0.815654 | 5 | | |
| 11 | 0.086496 | 0.318102 | 0.786218 | 6 | 11 | 11 |
| 8 | 0.146265 | 0.266226 | 0.645410 | 7 | | |
| 12 | 0.155936 | 0.275774 | 0.638795 | 8 | 7 | 7,8,12 |
| 7 | 0.150175 | 0.244700 | 0.619689 | 9 | | |
| 9 | 0.219627 | 0.205276 | 0.483113 | 10 | 9 | 9,10 |
| 10 | 0.261126 | 0.200929 | 0.434860 | 11 | | |
| 6 | 0.307567 | 0.150522 | 0.328587 | 12 | 6 | 6 |

微囊藻毒素的极谱测定法

刘斌¹, 周培疆¹, 宋立荣²

(1. 武汉大学环境科学系, 湖北 武汉 430079; 2. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

摘要: 建立了微囊藻毒素的一种新的测定方法。在 Ni^{2+} -硼砂为支持电解质的体系中, 微囊藻毒素-RR 在 -1.55V 产生一个极谱波。在此实验条件下, 微囊藻毒素在 $1.50 \sim 8.00\text{mg/L}$ 浓度范围内, 极谱波高与微囊藻毒素浓度有良好的线性关系, 线性相关系数为 0.998, 检测限为 0.07mg/L 。同时对测定条件进行了研究, 并探讨了极谱电流的性质, 认为该极谱波是一个催化氢波; 常见无机物和有机物不干扰本法测定, 具有良好的选择性。该方法用于实际水样测定, 获得了满意结果。

关键词: 微囊藻毒素; 单扫描示波极谱法; 催化氢波

中图分类号: X835 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6002(2005)01-0033-05

Determination of microcystin in water with polarography

LIU Bin, et al (Department of Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: This paper brings up a new analytic method of Microcystins. Microcystin-RR can produce a sensitive catalytic hydrogen wave in $3 \times 10^{-4}\text{mol/L Ni}^{2+} - 2 \times 10^{-2}\text{mol/L borax}$ medium, E_p is -1.55V (vs. SCE). The good linear concentration of Microcystin-RR with derivative peak current is over the range of $1.50 \sim 8.00\text{mg/L}$. The detection limit of the method is 0.07mg/L . The conditions of the analysis were studied and the mechanism of electrode reaction was explored. The result shows that its catalytic wave to hydrogen is coordination compound of microcystin and Ni^{2+} , which catalysis hydrogen to discharge. This method has been applied to the analysis of water sample and the result is satisfying.

Key words: microcystin; polarographic analysis; catalytic hydrogen wave

淡水环境藻毒素污染已成为一个全球性环境难题, 藻毒素不仅可以引起生物机体的急性毒性,

而且是生物体肝脏肿瘤的促进剂^[1]。因此, 研究和开展藻毒素的分析检定方法以对其进行监测十

收稿日期: 2003-10-29

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(No. 2001AA641030); 国家自然科学基金项目(No. 20177018)

作者简介: 刘斌(1978-), 男, 贵州人, 在读研究生。

从表 2 可以看出, 最终筛选出的优化断面为 3、6、7、9 和 11 号。3 号可作为 1、2、3、4、5 号的代表断面, 反映的是水质环境质量最好的情况; 11 号则反映出水质环境质量较好的情况; 7 号可作为 7、8、12 号的代表断面, 这三个断面水质环境质量一般; 9 号可代表水质环境质量较差水平的 9、10 号断面; 6 号则反映了水质环境质量最差的情况。

2.2 与物元分析法优选结果的比较

文献[5]将物元分析法用于水质环境的优化布点, 12 个断面优化为 5 号、6 号、7 号、9 号和 11 号 5 个监测断面。这一结果与本文 TOPSIS 法优选结果可谓异曲同工, 有着较好的吻合性。其中 3 号和 5 号断面的差异主要是权重 ω , 确定方法

不同造成的, 而且 3、5 号断面均属水质最好水平的一类监测断面, 两者不存在根本性的区别。

参考文献:

- [1] 夏绍纬等. 系统工程概论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
- [2] 田贵金. 密切值法在污染源治理方案优选中的应用[J]. 环境工程, 1995, 13(5): 46-48.
- [3] 李春晖, 李爱贞. TOPSIS 法在环境质量综合评价中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 1999, 10(2): 9-13.
- [4] 胡永宏. 对 TOPSIS 法用于综合评价的改进[J]. 数学的实践与认识, 2002, 32(4): 572-575.
- [5] 高明慧. 用物元分析进行水质环境监测优化布点的研究[J]. 环境科学进展, 1997, 5(3): 77-81.