

文章编号:1000-582X(2006)09-0126-04

# 基于 Internet 的三峡库区水质监测模型与监测点布点

段其昌,吴冠霖,张从力  
(重庆大学 自动化学院,重庆 400030)

**摘要:**结合三峡库区水质监测工作的现状以及在新时期对水质监测工作的要求,提出了一种以 Internet 作为信息平台 and 介质,实施大范围、远距离监测的新模型.该模型融合了 GIS 和 GPS 技术、网络通讯技术和数据库技术,通过数据的自动采集,同时可以便捷的发布查询信息,并能完成数据分析统计等工作,大大提高水质监测工作的实时性.由于融入了 GPS 技术,能方便地对突发情况定位,并利用改进的 TOPSIS 模型结合根据实际水质信息情况对监测点的分类对监测点布点进行优化处理,使得系统的布点更合理,以更低的成本完成监测工作.

**关键词:**基于 Internet; B/S 模式; GIS; GPS; TOPSIS 模型

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

## 1 三峡库区流域基本情况

### 1.1 三峡库区水域概况和水质现状

三峡工程库区作为一个现代地理概念,系指按照位于宜昌县中堡岛的三峡大坝蓄水 175 m 方案,因水位升高而受淹没影响的有关行政区域.三峡库区总面积 5.67 万 km<sup>2</sup>,其中淹没陆地面积 600 km<sup>2</sup>.

三峡库区沿江各个县城和集镇,每年排放的工业废水和生活污水近 2 亿吨;重庆以上长江干流和主要支流(岷江、沱江、嘉陵江、乌江、赤水河)的沿江城市、县城和主要集镇,每年排放的工业废水和生活污水近 25 亿吨,绝大部分都是未经处理便直接排入长江.

三峡水库蓄水后对库内水质的影响:三峡水库蓄水后控制库内水质的关键时段,是在水库水位 156 m、175 m 而入库流量又较小的 12 月末至翌年 2 月末.该时段内上游来水量很小,使得水库内水流的速度减缓很多,意味着污染物在水库内的滞留时间延长,上面提到的各种污染源如不抓紧进行治理,势必使库内水质变差<sup>[1]</sup>.

### 1.2 水环境监测基本情况

三峡库区水环境质量监测包括年度水期水质监测、城区江段岸边污染带监测和三峡工程二期蓄水期间水质监测.评价标准和测试方法执行 GB3838-2002

《地表水环境质量标准》.

2003 年 6 月 1 日,三峡水库开始二期蓄水.为及时掌握三峡库区蓄水期间的水质情况,国家环保总局自 5 月 25 日至 6 月 20 日对库区水质进行逐日同步监测,从重庆至湖北秭归三峡大坝前共布设 6 个监测断面.监测项目共 8 项,分别为溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、总磷、挥发酚、石油类、铅和粪大肠菌群.三峡库区城区江段水质 2002 年和 2003 年情况见表 1.

表 1 三峡库区城区江段水质年际变化比较

水期	枯水期		平水期		丰水期		全年度	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
监测断面总数	16	18	16	18	16	18	16	18
I、II类水质断面比例/%	68.8	33.3	0	33.3	25	33.3	43.8	22.2
III类水质断面比例/%	25	55.6	87.5	66.7	56.2	66.7	50	77.8
达到或优于III类水质断面比例/%	93.8	88.9	87.5	100	81.2	100	93.8	100

## 2 监测系统模型

### 2.1 系统结构

基于 Internet 的水质监测系统的提出正是一种水

• 收稿日期:2006-04-22

作者简介:段其昌(1970-),男,四川内江人,重庆大学教授,主要从事基于网络的综合智能控制与信息管理技术的研究.

质监测的自动化解方案, 它能大大节约成本, 相对于传统监测方式提供更快实时响应, 缩短信息传播周期, 实现数据的共享. 该在线水质监测系统采用 B/S 模式结构<sup>[2]</sup>, 利用 Activex 组件开发, 整个系统划分为 3 个层次.

第 1 层是数据采集层, 按照功能的不同, 它又可划分为检测单元、控制单元和网络通讯单元 3 部分<sup>[3]</sup>. 其中检测单元主要完成水体的采样与测量; 控制单元则负责对各类仪器、仪表和电动设备进行控制, 以使其协同工作; 分析所得到的结果则通过网络通讯单元送往上层系统. 此外控制单元还可以通过网络通讯单元接收上层系统的指令, 完成设备的参数调整工作. 由于监测项目的差异, 检测单元将由各种来自不同厂家的设备组成. 为了解决异种设备间的通信问题, 可在构建数据采集子系统过程中引入现场总线技术. 现场总线技术的通用性与开放性, 可以保证系统有良好的扩充能力; 此外传感测量、补偿计算、信号处理与控制的功能都可以分散到现场仪表中完成, 这在很大程度上也提高了监测网络的自动化程度.

第 2 层是数据工作站作为客户端, 主要完成监测设备的上位机监控及数据的处理工作. 将数据采集层采集的数据利用 Internet 发送到监测中心站.

第 3 层为水质监测中心作为服务器端, 负责某一流域范围内水质信息的收集、处理和发布. 该层系统将利用 GIS 技术<sup>[4]</sup>与网络通讯技术以及 Web 服务, 以可视化界面向管理人员提供整个流域范围内各监测断面的实时水质信息, 并且可以通过自同步功能完成数据的同步采集.

### 2.2 系统特点

系统中主要有 3 种数据收集方式: 一般情况下的定时数据收集、突发性水污染事故下的数据自动上传和查询式数据收集 (即监测中心可随时向其下的数据工作站下达命令, 收集监测断面的水质信息). 第 1 种情况采集时间通过监测中心可以按需要设置; 第 2 种情况下, 采用中断方式设定一旦发现突发情况自动将数据送往监测中心, 并有相应的报警提示; 而第 3 种情况下的数据则由工作站根据监测中心的命令进行采集.

在系统设置中, 不同的监测站点对不同的污染源和流域监测将根据对应的重点监测参数设置, 按具体的实际情况, 可对监测点的监测参数进行调整, 实现有针对性的监测和报警.

监测点的分布主要考虑定点和重点污染源. 在监

测区域的流域中, 按流域设置固定的监测站点, 然后对重点污染源设个性化监测站, 对其排放的重点污染参数监测. 对于不在定点监测站和重点污染源的地方, 可考虑用流动监测的方式, 即通过船载临时采集, 用无线方式发回数据.

在系统中引入 GIS 技术, 整合了流域的空间信息和属性信息, 通过 GPS 定位<sup>[5]</sup>, 能准确对整个监测流域定位, 特别是船载流动监测点的定位, 能够更加直观的发布信息, 提供一个非常友好的人机交互界面.

集成了数据库技术, 能方便对历史数据分析、查询、统计, 根据分析能对某段时间的水质情况趋势作出比较准确的判断.

系统属于开放结构, 能方便的扩展新的监测站点, 且系统能完全覆盖整个流域, 在实时性方面, 相对于传统的监测方式, 大大提高了数据的采集和发布频率, 减少了大量人力.

## 3 监测区域布点优化探索

### 3.1 优化布点的原则

- 1) 控制一定数目的采样点, 以保证足够的信息量, 同时应尽可能避免提供重复的信息.
- 2) 优化点在水体中的分布合理.
- 3) 优化后测点表征的污染物的平均浓度与优化前水体总平均浓度一致.
- 4) 在重点监测点定点布点.

### 3.2 优化布点方法

首先对监测点分类, 在这里分为 3 类监测点: 第 1 类, 按流域监测断面划分出来第 1 类  $N_k$ ; 第 2 类, 源头和重点污染源  $H_j$ ; 第 3 类, 在不方便设立固定监测点的地方, 采用船载的方式临时采集数据  $F_t$ . 分类是以尽可能不丢失数据且尽可能实时反映水质变化为依据, 并且考虑投入点的数量, 节约系统运行成本. 然后对第一类监测点采用 TOPSIS 法进行优化, 所以优化后监测点  $S_i$

$$S_i \begin{cases} N_k & \text{用 TOPSIS 法优化监测点布点 } N_k \\ H_j & \text{源头或者重点污染源} \\ F_t & \text{流动监测点} \end{cases}$$

其中  $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m;$   
 $k = 1, 2, \dots, p; t = 1, 2, \dots, q$

### 3.3 优化布点的 TOPSIS 法研究

TOPSIS 法是有限方案多目标决策分析的一种常用技术. 在此将 TOPSIS 改进用于监测点布点优化.

### 3.3.1 改进的 TOPSIS 优化模型<sup>[6]</sup>

建立目标矩阵: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

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} n \times m$$

### 3.3.2 归一化目标矩阵

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,为了反映指标变化的实际情况,各指标均进行无量纲化处理,构成规范矩阵  $Z$

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix} n \times m$$

其中,

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

### 3.3.3 确定 $Z$ 的正理想解和负理想解向量

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

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

式中,  $J$  是效益型目标集,  $J'$  是成本型目标集.

### 3.3.4 计算各指标的权重 $w_j$

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

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

$$w_j = \frac{a_j}{\sum_{j=1}^m a_j}, j=1,2,\dots,m.$$

计算各目标单元到正理想解和负理想解的距离

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [w_j(z_{ij} - z_j^+)]^2}, i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [w_j(z_{ij} - z_j^-)]^2}, i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$$

### 3.3.5 相对接近度

计算各目标单元对理想解的相对接近度,

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

然后根据相对接近度大小确定排序,  $C_i$  越大,第  $i$  个单元越接近最优.

### 3.4 布点优化举例

以 14 个监测点数据为例,其监测数据如表 2,其中 1~12 号为第一类监测点,13 号为源头,14 号为重点污染源,对 1~12 号水质的 COD、油类、挥发酚、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  的 5 项水质污染指标监测值利用改进的 TOPSIS 优化模型,先对监测点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建规范化矩阵,并分别计算各监测指标的权重  $w_j$  及各监测点的  $D_i^+$ 、 $D_i^-$ 、 $C_i$ .最后根据相近度原则的大小确定排序,同时结合点位优化原则进行监测点的优化,优化结果见图 1.

表 2 监测点的监测指标值 mg/L

监测点	COD	油类	挥发酚	$\text{NO}_2^- - \text{N}$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$
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
13	45.86	0.67	0.009	0.134	2.86
14	71.63	1.21	0.048	0.378	5.06

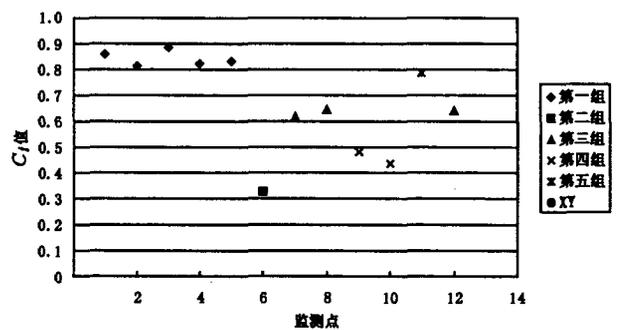


图 1 1~12 号监测点点位对应的  $C_i$  值

由图 1 可知 1~12 号监测点分为 5 组,根据相近度原则的大小取每一组  $C_i$  值大者作为该组优化监测点:3 号监测点作为第一组优化监测点,代表 1,2,3,4,

5号监测点;6号监测点和11号监测点分别独立成为一组;7,8,12号监测点作为第3组,8号监测点作为优化监测点;9,10号监测点作为第4组,9号监测点作为优化监测点,再将13号和14号监测点分别列为单独的监测点,将14个监测点优化为7个.通过以上方法对整个三峡库区监测点布点进行优化处理,尽可能的保证不丢失数据,并且由于第2类监测点 $H_j$ 的确定,使系统模型对突发性情况能够比较及时的做出反应,而通过第3类监测点 $F_i$ ,弥补了系统的空白位置,并且能随时对某个区域实时监测和抽样调查.

#### 4 结 语

基于Internet的三峡库区水质监测系统与传统水质监测系统相比,无论在监测范围,还是信息共享集成以及实时性上都有较大的改进.同时在这里对监测点布点的优化问题进行了尝试性探索,将监测点分类并结合TOPSIS法进行优化处理,能够使监测点的分布在

不丢失信息的前提下合理的优化,节约了成本,而且通过对监测点的分类处理,使得系统监测的实时反应速度得到提高,并且能灵活的对流域水质信息抽查,在当前的我国的水质监测现状中无疑将成为一个亮点.

#### 参考文献:

- [1] 王红峡,王强.三峡工程库区水质污染现状及保护对策[J].三峡大学学报,2002,24(5):389-391.
- [2] 陈旭,刘加伶. Client/Server 与 Browser/Server 结构的分析与比较[J].重庆工学院学报,2000,(2):100-103.
- [3] 王丹奎,张根昌,王绍纯.水质自动监测的PLC控制与网络通讯[J].仪器仪表用户,2002(6):30-31.
- [4] 鲍远律,郭杰华,胡玉锁,等.基于Internet的地理信息系统(WebGIS)的研究和开发[J].微机发展,1999,(2):61-63.
- [5] 海松. GPS系统简介[J].渔业机械仪器,1994,(108):28-29.
- [6] 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.

## Three-gorge Water Quality Monitoring Model Based on Internet and Distribution of Monitoring Points

DUAN Qi-chang, WU Guan-lin, ZHANG Cong-li

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** With the development of the three-gorge project, a new large-area and distance monitoring model that use the internet as its information medium is presented under the request of national water quality monitoring work. This kind of model is a combination of the GIS, GPS technology, the network communication technology and the data-base technology. It can not only perform the auto-data acquisition and issue the information conveniently, but also carry out the statistic work and data analysis. So the ability of real-time monitoring could be promoted. It's also convenient to emergent locating with the GPS technology. And more proper redistribution though optimizing the distribution of the monitoring points with improved TOPSIS model and classifying monitoring points. Then, it is executed by lower cost.

**Key words:** based on Internet; GIS; GPS; TOPSIS model

(编辑 陈移峰)