

组合法在河涌水质预测中的应用

宋华兵^{1,2}, 张新政¹

(1. 广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510009; 2. 肇庆学院 数学与信息学院, 广东 肇庆 526061)

摘要: 利用组合预测技术,在 SP 模型与 RBF 模型的基础上,构建 BOD、DO 的组合模型,并应用于番禺市桥河涌水质预测中,结果表明,组合预测模型的预测误差最小,预测精度明显提高,即组合预测法在复杂水环境中 BOD、DO 的预测是更有效。

关键词: 组合预测法; 河涌; 水质预测

中图分类号: X832

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)04-0185-02

Application of combination method to the water quality prediction in urban river

SONG Huabing^{1,2}, ZHANG Xinzhen¹

(1. Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Department of Math and Information, Zhaoqing University, Zaoqing 526061, China)

Abstract: on the basis of SP and RBF model, the combination techonology was used to build a combination model of BOD and DO, and applied to water quality forecast in Panyu Shiqiao urban river. The results show that the model has minimum error in the three model, and the prediction accuracy also be improved, it means the combination forecasting method of BOD and DO is more effective in a complex water environment.

Key words: combination forecasting method; urban river; water quality prediction

水质模型作为河流水质管理与预测的主要依据,是水环境研究的一个重点,目前常用于水质预测的模型主要有:神经网络类模型^[1-2]、微分方程类模型^[3],灰色系统类模型^[4],综合管理类模型^[5-6],随机模型等^[7-8],各类模型从不同的角度对水环境中污染物的迁移、转化过程进行了描述。河涌作为城市排污的主要渠道,受污染的因素及污染物在水中的迁移、转化过程更为复杂,此时,单一的模型在预测上往往具有一定的局限性,为了更好的描述水体中的复杂过程,通常利用组合法将不同类型的模型组合成一个综合模型,以改善水质预测效果。本文将选取 RBF 神经网络模型与 SP 模型为基础,建立组合模型并应用于番禺市桥河涌 BOD、DO 的预测。

式中: L 为水体中 BOD 浓度, mg/L; x 为河水的流动距离, km; u 为河段水流的平均流速, km/d; K_1 为污染物降解系数; K_2 为复氧系数; O_s 为饱和溶解氧浓度, mg/L。

径向基网络模型为:

$$z = w_2^T y_j$$

$$L = \exp\left[-\frac{(L_0 - w_{1,j})^T (L_0 - w_{1,j})}{2\sigma_j^2}\right] \quad (2)$$

$$O = \exp\left[-\frac{(O_0 - w_{1,j})^T (O_0 - w_{1,j})}{2\sigma_j^2}\right], j = 1, 2, \dots, N$$

式中: w_{1j} 为隐含层第 j 个神经元高斯中心; w 为输出层权向量; σ 为方差; L_0 为 BOD 初始浓度; O_0 为 DO 初始浓度。

记由(1)式预测的 BOD 结果为 L_{sp} , DO 预测结果为 O_{sp} ; 由(2)式预测的 BOD 结果为 L_{rbf} , DO 预测结果为 O_{rbf} , 则将(1)和(2)式预测结果进行加权组合得组合预测方程:

$$L_{zh} = [L_{rbf} \quad L_{sp}] \begin{bmatrix} \alpha \\ 1 - \alpha \end{bmatrix}$$

1 水质模型

排污稳定时, S-P 模型如下:

$$\begin{cases} u \frac{dL_{sp}}{dx} = -K_1 L_{sp} \\ u \frac{dO_{sp}}{dx} = -K_1 L + K_2 (O_s - O_{sp}) \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期: 2012-04-25; 修回日期: 2012-05-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(61074185); 番禺区科技计划项目(2009-Z-28-1); 广州市属高校科技计划项目(08C005); 广东省科技计划项目(2009B030802044); 广东省中国科学院全面战略合作项目(2010B090301042)资助。

作者简介: 宋华兵(1972-), 男, 江西丰城人, 讲师, 主要研究方向: 复杂系统建模与控制。

$$O_{zh} = [O_{rbf} \quad O_{sp}] \begin{bmatrix} \beta \\ 1 - \beta \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中： α 为BOD在RBF模型与SP之间的权系数， β 为DO在RBF与SP模型之间权系数。

2 模型应用

表1给出了番禺市桥一河段水质检测数据，河段长度9.4 km，平均水流 $u = 32$ km/d，

表1 BOD、DO 检测数据 mg/L

时间	石壁		大龙涌口(中)		清流(中)	
	BOD	DO	BOD	DO	BOD	DO
2000-01-12	2.11	4.0	2.57	5.1	2.22	4.8
2000-10-09	1.00	5.0	3.65	4.2	2.05	5.2
2001-01-02	2.80	5.6	1.00	4.8	4.20	6.7
2001-01-08	3.90	4.4	2.95	5.2	1.00	5.2
2001-06-08	1.00	4.5	2.30	5.1	2.30	5.7
2001-10-12	1.00	6.2	2.05	5.4	2.70	6.3
2002-01-14	1.00	6.3	4.00	1.8	3.20	6.0
2002-09-03	1.00	5.6	3.10	1.2	1.00	3.9
2003-01-05	2.00	8.7	4.00	1.8	2.20	8.2
2003-03-05	3.90	4.7	2.80	1.8	2.00	5.1
2003-05-06	2.00	6.7	2.35	3.8	2.70	5.9
2003-07-03	2.00	5.6	3.20	4.0	2.00	6.4
2003-09-06	2.80	4.4	2.40	3.1	2.00	5.2
2004-03-09	2.90	4.1	2.60	1.2	2.10	3.1
2004-07-05	2.20	4.6	2.50	4.0	2.00	4.3
2004-09-01	2.40	1.1	2.10	2.6	2.00	5.7
2004-11-01	3.70	3.2	5.50	2.1	3.40	5.5
2005-01	2.30	4.4	3.90	2.8	2.50	7.7
2005-03	3.90	2.8	5.60	2.8	2.80	4.6
2005-09	2.00	4.1	2.10	2.2	2.00	4.4
2005-11	3.60	1.7	2.90	2.2	2.00	4.4

利用前16行数据对(2)式进行训练，并分别利用(1)、(2)、(3)式对表1中后5行数据进行拟合，当 $\alpha = 0.45, \beta = 0.05$ 时，取饱和溶解氧浓度 $O_s = 9$ mg/L, $\bar{K}_1 = 1.5, \bar{K}_2 = 1.8$ 。预测结果如下：

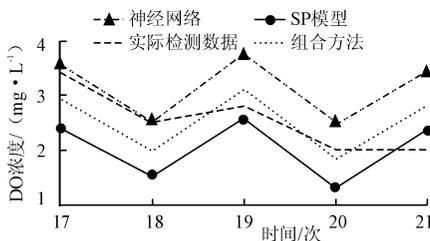


图1 DO 预测曲线

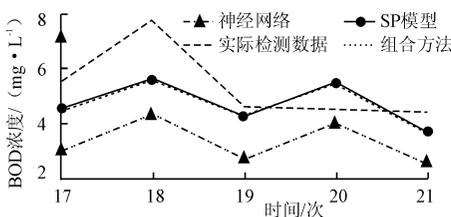


图2 BOD 预测曲线

3 误差分析

设第 i 次 BOD、DO 检测结果分别记为 L_i, O_i ，第 i 次 SP 模型 BOD、DO 预测结果分别记为 $L_{sp,i}, O_{sp,i}$ ，第 i 次 RBF 神经网络模型 BOD、DO 预测结果分别记为 $L_{rbf,i}, O_{rbf,i}$ ，第 i 次 BOD、DO 组合预测结果分别记为 $L_{zh,i}, O_{zh,i}$ ，定义：预测误差：

$$E_z = \sqrt{\frac{1}{2N} \left[\left(\frac{L_z - L}{L} \right) \left(\frac{L_z - L}{L} \right)^T + \left(\frac{O_z - O}{O} \right) \left(\frac{O_z - O}{O} \right)^T \right]} \quad (4)$$

式中： Z 为预测方法，包括：神经网络预测，SP模型预测，组合预测， \bar{L}, \bar{O} 分别为 L, O 的平均值。

则对表1中第17~21行数据模拟的误差为：径向基神经网络误差： $E_{rbf} = 0.3730$ ；SP模型预测误差： $E_{sp} = 0.2547$ ；组合预测误差： $E_{zh} = 0.2173$ 。有： $E_{zh} < E_{sp} < E_{rbf}$ ，即组合预测方法的预测精度更高。

4 结 语

由于水环境中存在复杂的物理、化学过程及各种不确定性因素的影响，单一模型往往只能描述其中一部分因素，利用多模型组合预测，则可以扩展模型描述能力，实例说明了组合预测方法提高了模型预测精度。

参考文献：

- [1] Sharad K J. Development of integrated sediment rating curves using ANNs [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2001, 127(1): 30-37.
- [2] 赵永龙, 丁晶, 邓育仁. 相空间小波网络模型及其在水文中长期预测中的应用[J]. 水科学进展, 1998, 9(3): 252-257.
- [3] 汪家权, 陈众, 武君. 河流水质模型及其发展趋势[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2004, 27(3): 242-247.
- [4] 曾光明, 蒋益民, 卓利, 等. 河流水质灰色模型和模拟[J]. 水电能源科学, 1999, 17(4): 62-65.
- [5] 卢吉, 余锡平. 河海海岸水动力学综合模型[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2009, 49(6): 820-824.
- [6] Whitehead P, BECK B, O'CONNELL E. A systems model of streamflow and water quality in the Bedford Ouse River system - II water quality modeling[J]. Water Research, 1981, 15(10): 1157-1171.
- [7] 郭天恩, 王松, 周玉珍. 随机水质数学模型与发展[J]. 人民黄河, 1996, 18(2): 56-58.
- [8] Loucks D P, Lynn W R. Probabilistic models for predicting stream quality [J]. Water Resources Research, 1996 (3): 593-605.