

1、一种基于卷积自编码器极限学习机的污水处理系统监测预警方法，其特征在于，该方法包括：

- (1) 对污水处理系统收集到数据，进行数据预处理；
- (2) 经过预处理后的数据输入卷积自编码器极限学习机进行学习；
- (3) 利用卷积自编码器极限学习机预测出污水处理系统出水水质；
- (4) 根据出口水质的预测值，确定警级状态，及时反馈，并给出是否需要进行前一阶段的工艺改进，参数调剂，药品用量的增减等相应处理决策；

所述污水处理系统收集到的数据包括：进水生物需氧量（BOD），化学需氧量（COD），氨氮（NH<sub>3</sub>-N），总氮（TN），总磷（TP），悬浮物（SS）以及出水 COD；数据预处理包括降噪、剔除异常值、平滑以及标准化处理；

所述卷积自编码器极限学习机进行学习的具体步骤如下：

1) 根据公式  $y_{(n)} = x_n * h_n = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x(t)h(n-t)$  对输入样本进行卷积计算，（其中  $x_n$  是输入信号， $h_n$  是单位响应， $y_n$  是对应的输出），并得到对应的卷积矩阵；

2) 将得到的卷积矩阵利用卷积自编码器，对其进行自动编码输出，得到卷积自编码器第一层的输出；

3) 将第一层的输出作为第二层的输入，重复步骤 1) 和 2)，得到第二层输出；

4) 重复步骤 3)，将上一层的输出作为下一层的输入进行学习，直到最后一层  $n$ ，并将得到的  $n$  个卷积自动编码堆栈；

5) 卷积自编码器最后一层得到的输出作为极限学习机的输入；

6) 卷积自编码器最后一层得到的输出，本发明选择增量型极限学习机并进行学习训练，过程如下：

A. 一个线性输出节点的单隐层前向神经网络有  $L$  个隐层节点，其数学模型可以表示为：

$$f_n(x) = \sum_{i=1}^L \beta_i g_i(a_i x + b_i),$$

其中  $g_i(x)$  表示第  $i$  个隐层节点的输出， $\beta_i$  表示第  $i$  个隐含层节点与输出节点的输出权重， $a_i$  是连接输入层与第  $i$  个隐层节点之间的输入权值， $b_i$  是第  $i$  个隐层节点的阈值；

B. 设最大隐层节点个数为  $M$ ，隐层节点个数  $L$  从 1 开始增加当  $L < M$  且误差大于期望误差时： $L = L + 1$ ；

C. 随机获取当前隐层神经元的权值  $a$  和阈值  $b$ ；

D. 计算当前神经元激励函数  $g(x)$  的输入  $x$ ；

a 加法隐含层神经元：见  $b$  扩展成一个  $1 \times U$  的矩阵  $b$ ，然后计算  $x = aX + b$ ，其中  $X$  为  $n \times U$  的矩阵；

b 径向基隐层神经元：将  $a$  扩展成一个  $U \times n$  的矩阵，然后计算  $x = b \cdot \|X^T - a\|$ ；

E. 计算当前隐层输出：

a 加法隐层神经元： $H = g(x)$ ，

B 径向基隐层神经元： $H = g^T(x)$ ，

F. 然后计算该隐层神经元的输出权值： $\beta = \frac{E \cdot H^T}{H \cdot H^T}$ ，

其中  $E$  为余差，即网络实际输出与目标输出之间的差值矩阵；

重复上述步骤，直到误差小于期望误差停止学习，若误差一直大于期望误差，则当  $L > M$  时停止学习，这是由于输入权值  $a$  和阈值  $b$  随机造成，这时将重新开始学习。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：利用卷积自编码器极限学习机

得出出水水质预测结果的具体方法为：

将新收集到污水处理厂水质因子数据输入卷积自编码器极限学习机，卷积自编码器极限学习机的输出即为预测结果。

3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于：经过卷积自编码器极限学习机得到出水水质预测结果，根据预测结果进行预警决策，其方法包括：

- (1) 预警状态水平确定模块；
- (2) 污水处理系统检验模块。

4、根据权利要求1所述的方法，其特征在于：经卷积自编码器n层的输出作为极限学习机的输入，选择增量型极限学习机，学习过程方法如下：

- (1) 设最大隐层节点个数为M，隐层节点个数L从1开始增加，当 $L < M$ 且误差大于期望误差时： $L=L+1$ ；
- (2) 随机获取当前隐层神经元的权值和阈值；
- (3) 计算当前神经元激励函数的输出x；
- (4) 计算当前隐层输出；
- (5) 然后计算该隐层神经元的输出权值。

5、根据权利要求3所述的方法，其特征在于：预警状态水平确定模块，具体方法为：

- (1) 若预测或监测的出水COD低于60mg/L，此时的预警状态为正常，及确定当前不需要进行水质预警；
- (2) 若预测或监测的出水COD介于60-80mg/L，此时的预警状态为一般；
- (3) 若预测或监测的出水COD介于80-100mg/L，此时的预警状态为不正常；
- (4) 若预测或监测的出水COD大于100mg/L，此时的预警状态为极不正常。

6、根据权利要求3所述的方法，其特征在于：对于预测状态为不正常或是

极不正常，将对污水处理系统进行以下检验具体为：

- （1）检验进水水质是否发生变化；
- （2）检验水温是否发生变化；
- （3）检验污泥状态，并做镜检做下观察；
- （4）检验是否排泥过多；
- （5）检验曝气量是否发生变化。