

高峰时段道路交叉路口二氧化碳浓度预测

王淑敏, 刘寿东, 高韵秋, 胡 凝

(南京信息工程大学大气环境中心, 江苏 南京 210044)

摘要: 对交通高峰时段道路交叉路口的二氧化碳浓度的预测, 能够有效治理交通污染问题。对路口二氧化碳浓度的预测, 需要提取交叉路口二氧化碳浓度特征, 通过高斯核函数得到原始样本数据的特征值。传统方法提取路口二氧化碳浓度变化规律, 计算机动车的多种尾气排放量, 但忽略了对原始样本特征值的求取, 导致预测精度偏低。提出基于改进支持向量机的交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测方法。该方法提取各个交通高峰时段的交叉路口二氧化碳浓度特征, 通过高斯核函数得到原始样本数据的特征值, 给出各个交通高峰时段的交叉路口二氧化碳浓度变化规律, 由此预测交叉路口二氧化碳浓度。实验表明, 所提方法预测精度较高, 为改善交通高峰时段交叉路口的机动车排放量提供了有效依据。

关键词: 高峰时段; 交叉路口; 二氧化碳; 浓度预测

中图分类号: TP391 **文献标识码:** B

Carbon Dioxide Concentration Forecast at Peak Crossing

WANG Shu-min, LIU Shou-dong, GAO Yun-qiu, HU Ning

(Yale-NUIST Center on Atmospheric Environment, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210044, China)

ABSTRACT: In order to predict the carbon dioxide concentration at crossroad, a prediction method for the carbon dioxide concentration at crossroads during peak time based on improved support vector machines is proposed. The feature of carbon dioxide concentration at each peak time is extracted. Through the Gaussian kernel function, the eigenvalue of original sample data is obtained, and the change regulation of carbon dioxide concentration at crossroads during peak time is given. Thus, the carbon dioxide concentration at crossroads can be predicted. Simulation results show that the proposed method has high prediction accuracy, which provides an effective basis for improving the vehicle emission at crossroads during peak time.

KEYWORDS: Peak time; Crossroads; Carbon dioxide; Concentration prediction

1 引言

在国内, 随着车辆的不断增多, 交通高峰时段交叉路口信号灯的设置会促使车流成为间断流, 而且很多车辆通过交叉口时, 经常需要怠速(或停车)、加速, 由此不仅会使得车辆产生一定的延误, 而且由于机动车运行工况发生变化, 直接导致车辆在交叉口产生比在无交叉口道路行驶时较多的尾气排放和燃油消耗^[1-3]。在尾气排放和燃油消耗中, 主要的成分是二氧化碳, 而研究表明, 大气中二氧化碳气体浓度高于时 0.5mg/m³ 开始对人体健康产生影响, 大气中烟尘含有多种重金属及其氧化物, 它们能催化二氧化碳与之发生协同作用, 形成毒性更强, 破坏力更大的硫酸雾^[4-6]。因此, 为了更好地改善城市交通环境状况, 需要进行交通高峰时段交叉

路口二氧化碳浓度预测。但是在实际的预测过程中, 相对于大多数的预测方法, 均无法提取各个交通高峰时段的交叉路口二氧化碳浓度分布特征, 致使其对交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测的实施陷入了瓶颈。在这种情况下, 交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测问题, 成为制约交通领域发展的一个重要因素, 引起了很多专家和学者的重视^[7]。

目前, 关于交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测方法的研究有很多, 其相对研究也出现了一定成果。文献[8]先提取交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度变化规律, 计算交叉路口机动车的多种尾气排放量, 由此进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测。该方法可以有效地计算出二氧化碳浓度的年变化趋势, 但是采用当前方法进行二氧化碳浓度预测时, 无法提取各个交通高峰时段的交叉路口二氧化碳浓度分布特征, 存在二氧化碳浓度预测误差大的问题。文献[9]先得到影响二氧化碳检测的物理量以及红外传感器测量数据, 采用回归模型分析理论给出最优二氧化碳气体检测

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划项目(PCSIRT); 江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD)

收稿日期: 2017-09-26 修回日期: 2017-10-12

策略, 以此为依据进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测。该方法可以将采集的交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度数据进行有效地归一化处理, 但是无法获取二氧化碳非线性气体浓度非线性变化规律。文献[10]先得到二氧化碳对大气的侵蚀作用以及交叉路口车辆增长数量与其浓度的相关性, 利用动态 BP 神经网络给出车辆增长数量与二氧化碳浓度变化的正相关性, 以此为依据进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测。该方法可以快速搜索出影响二氧化碳浓度变化指数的主要因素, 但是无法得到二氧化碳浓度变化中全部的变量参数集合。

针对上述问题, 提出一种基于改进支持向量机的交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测方法。实验证明, 所提方法预测精度较高, 为改善交通高峰时段交叉路口的机动车排放量提供了有效依据。

2 高峰时段路口二氧化碳浓度预测原理

在对交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测过程中, 先将各个交通高峰时段的路口二氧化碳浓度序列分解为不同频段的小波系数序列, 对各层的小波系数子序列进行重构, 给出影响交通高峰时段路口二氧化碳浓度的主要因素, 得到各个交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测训练样本, 获取最优的交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测阈值, 以其结果为依据进行交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测。具体的步骤如下详述:

假设, 由 $k_{gk}^{\cdot}$ 代表原始的二氧化碳浓度数据集合 $e_{dgh}^{\cdot}$ 代表 $k_{gk}^{\cdot}$ 中的频率成分 $\{k_{j1}^{\cdot}, k_{j2}^{\cdot}, k_{j3}^{\cdot}\}$ 代表 $k_{gk}^{\cdot}$ 的子序列, 则利用式(1) 将各个交通高峰时段的路口二氧化碳浓度序列分解为不同频段的小波系数序列

$$g_{tu}^{\cdot}\{j\} = \frac{e_{dgh}^{\cdot} \times k_{gk}^{\cdot}}{\{k_{j1}^{\cdot}, k_{j2}^{\cdot}, k_{j3}^{\cdot}\}} \oplus \frac{k_{jlp}^{\cdot} \pm j_{jlp}^{\cdot}}{R_{sert}^{\cdot}} \quad (1)$$

式中 $k_{jlp}^{\cdot}$ 代表序列的低频部分 $j_{jlp}^{\cdot}$ 代表序列在各尺度下的高频部分 $R_{sert}^{\cdot}$ 代表二氧化碳浓度小波系数序列的变化趋势。

假设, 由 $\phi_{fjh}^{\cdot}$ 代表二氧化碳浓度在各个交通高峰时段的变化程度 $E_{suet}^{\cdot}$ 代表二氧化碳浓度小波系数序列对应着中频部分, 则利用式(2) 对各层的小波系数子序列进行重构

$$S_{aqr}^{\cdot} = \frac{j_{jlp}^{\cdot} \mp \phi_{fjh}^{\cdot}}{E_{suet}^{\cdot}} \pm m_{hkl}^{\cdot} \quad (2)$$

式中 $m_{hkl}^{\cdot}$ 代表二氧化碳浓度小波系数序列的低频部分。

假设, 由 $\kappa_{dgh}^{\cdot}$ 代表异常突发性的二氧化碳浓度影响因素, 则利用式(3) 给出影响二氧化碳浓度的主要因素

$$a_{sfjg}^{\cdot} = \frac{\kappa_{dgh}^{\cdot} \mp S_{aqr}^{\cdot}}{m_{hkp}^{\cdot}} \mp o_{opo}^{\cdot} \quad (3)$$

式中 $m_{hkp}^{\cdot}$ 代表影响二氧化碳浓度的主成分类型集合 $\rho_{opo}^{\cdot}$ 代表影响二氧化碳浓度的主成分权值大小。

假设, 由 $\lambda_{ftru}^{\cdot}$ 代表下一刻浓度预测的最大先验概率 $\rho_{sqp}^{\cdot}$ 代表测试样本的各小波系数序列, 则利用式(4) 得到各个交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测训练样本

$$w_{sfjg}^{\cdot} = \frac{\partial_{sqp}^{\cdot} \oplus \lambda_{ftru}^{\cdot}}{m_{hop}^{\cdot}} \mp j_{jll}^{\cdot} \quad (4)$$

式中 $m_{hop}^{\cdot}$ 代表原始数据列的均值 $j_{jll}^{\cdot}$ 代表预测样本序列残差的方差。

假设, 由 $\sigma_{lpo}^{\cdot}$ 代表不同条件下二氧化碳所受干扰的程度, 则利用式(5) 获取最优的交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测阈值

$$\gamma_{gty}^{\cdot} = \frac{\sigma_{lpo}^{\cdot} \pm g_{tu}^{\cdot}\{j\}}{S_{aqr}^{\cdot}} \oplus w_{sfjg}^{\cdot} \quad (5)$$

假设, 由 $\omega_{ftr}^{\cdot}$ 代表二氧化碳浓度稳定度等级的相对值, 则利用式(6) 进行交通高峰时段路口二氧化碳浓度预测

$$m_{gjk}^{\cdot} = \frac{\omega_{ftr}^{\cdot} \mp \gamma_{gty}^{\cdot}}{w_{sfjg}^{\cdot}} \oplus a_{sfjg}^{\cdot} \mp S_{aqr}^{\cdot} \quad (6)$$

综上所述可以说明, 交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测原理, 利用该原理进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测。

3 高峰时段路口二氧化碳浓度优化预测方法

3.1 各个时段路口二氧化碳浓度特征的提取

为了对交通高峰时段路口二氧化碳浓度进行更好地预测, 利用综合气象指数得到各个气象因素和二氧化碳浓度的相关系数, 计算出交叉路口的高峰小时车流量, 获取各气象因素与交叉路口的高峰小时车流量对二氧化碳浓度产生影响的主要因素集合, 提取各个交通高峰时段路口二氧化碳浓度特征。具体的步骤如下详述。

假设, 由 $\iota_{lk}^{\cdot}$ 代表综合气象指数 $\mu_{cbl}^{\cdot}$ 代表平均气温 $G_{swde}^{\cdot}$ 代表平均相对湿度, 利用综合气象指数得到各个气象因素和二氧化碳浓度的相关系数, 用式(7) 进行表述

$$E_{wsde}^{\cdot} = \frac{G_{swde}^{\cdot} \oplus \mu_{cbl}^{\cdot}}{\iota_{lk}^{\cdot}} \mp j_{ipo}^{\cdot} \mp f_{fhk}^{\cdot} \quad (7)$$

式中 $j_{ipo}^{\cdot}$ 代表平均风速 $f_{fhk}^{\cdot}$ 代表绝对值较大的因素相关性。

假设, 由 $d_{eg}^{\cdot}$ 代表在任意交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度中含有的二氧化硫浓度 $k_{gkl}^{\cdot}$ 代表在任意交通高峰时段中交叉路口二氧化碳浓度中含有的二氧化氮浓度 $s_{fh}^{\cdot}$ 代表交叉路口动态拓扑模型 $R_{suet}^{\cdot}$ 代表皮(尔逊) 氏积矩相关系数, 则利用式(8) 计算出交叉路口的高峰小时车流量

$$p_{fh}^{\cdot} = R_{suet}^{\cdot} \times \frac{k_{gkl}^{\cdot} \oplus d_{eg}^{\cdot}}{s_{fh}^{\cdot}} \pm \partial_{hyu}^{\cdot} \quad (8)$$

式中 $\partial_{hyu}^{\cdot}$ 代表各个气象影响因素间的相关性权值。

假设, 由 $\tau_{kop}^{\cdot}$ 代表任意交通高峰时段交叉路口车辆堵塞状态 $\gamma_{fjh}^{\cdot}$ 代表高峰时段交叉路口整体车辆状况, 则利用式(9) 获取各气象因素、交叉路口的高峰小时车流量对二氧化碳浓度产生影响的主要因素集合

$$v_{sf}^{\cdot} = \frac{\gamma_{fjh}^{\cdot} \times \tau_{kop}^{\cdot}}{m_{hkl}^{\cdot} \mp s_{sfk}^{\cdot}} \oplus \frac{k_{hpk}^{\cdot} \oplus p_{fh}^{\cdot}}{\{E_{wsde}^{\cdot}\}^j} \quad (9)$$

式中 $m_{hkl}^{\cdot}$ 代表信号灯控制方案 $s_{sfk}^{\cdot}$ 代表机动车排放状况 $k_{hpk}^{\cdot}$ 代表第 j 类车型的修正排放因子。

假设,由 $\omega_{dgi}^{'}$ 代表第 j 类车型的基准排放因子 $\zeta_{jil}^{'}$ 代表车辆速度的标准差,则利用式(10)提取各个交通高峰时段路口二氧化碳浓度特征

$$E_{surt}^{'} = \frac{\zeta_{jil}^{'} \oplus j}{k_{fity}^{'} \omega_{dgi}^{'}} \mp v_{sf}^{'} \pm \frac{g_{gkl}^{'} \pm R_{sue}^{'}}{R_{kker}^{'}} \mp p_{fh}^{'} \quad (10)$$

式中 $k_{fity}^{'}$ 代表驾驶员的行为参数 $g_{gkl}^{'}$ 代表整体的影响因素指标间的相关性阈值 $p_{fh}^{'}$ 代表二氧化碳浓度变化速度的过速时间 $R_{sue}^{'}$ 代表机动车排放状况的最基本参数 $R_{kker}^{'}$ 代表不同类型机动车的各种污染物排放因子类型集合。

3.2 基于支持向量机的二氧化碳浓度优化预测

在进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度优化预测过程中,以3.1节获取的不同交通高峰时段路口二氧化碳浓度特征 $E_{surt}^{'}$ 为依据,利用高斯核函数的支持向量机理论将各个时段路口二氧化碳浓度样本数据从低维空间向高维空间映射,融合于模糊理论将样本数据根据时间序列分割成若干子序列,得到交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度变化规律,由此进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度优化预测。具体的步骤如下详述:

假设,由 $h_{hui}^{'}$ 代表高维空间 $\varphi(x)$ 代表映射函数 $h(x)$ 代表二氧化碳浓度低维空间的数据集 $K(x, x')$ 代表核函数,以3.1节获取的各个交通高峰时段路口二氧化碳浓度特征 $E_{surt}^{'}$ 为依据,利用高斯核函数的支持向量机理论将不同时段路口二氧化碳浓度样本数据从低维空间向高维空间映射,用式(11)表述

$$j_{hui}^{'} = \frac{h_{hui}^{'} \otimes \varphi(x)}{h(x) \pm K(x, x')} \oplus E_{surt}^{'} \frac{\mu_{hj}^{'}}{f(x)} \quad (11)$$

式中 $f(x)$ 代表决策函数 $\mu_{hj}^{'}$ 代表单位向量。

假设,由 ω 代表权值向量 b 代表阈值 μ_i 代表拉格朗日乘子,利用式(12)融合于模糊理论将样本数据根据时间序列分割成若干子序列

$$g_{jk}^{'} = \frac{a_i \oplus \omega}{b} \oplus \frac{j_{hui}^{'} \oplus n_{jhp}^{'}}{p_k} \quad (12)$$

式中 $j_{hui}^{'}$ 代表二氧化碳浓度循环波动时间序列要素 $n_{jhp}^{'}$ 代表二氧化碳浓度小时监测值的统计规律 p_k 代表浓度监测值的变化范围。

假设,由 $\sigma_{hui}^{'}$ 代表二氧化碳浓度变化的离散程度,则利用式(13)给出交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度变化规律

$$p_{jio}^{'} = \sigma_{hui}^{'} \otimes \frac{k_{we}^{''} \pm l_{jik}^{'}}{o_{kop}^{''}} \quad (13)$$

式中 $k_{we}^{''}$ 代表车辆空燃比 $l_{jik}^{'}$ 代表在怠速情况下车辆燃油耗量 $\rho_{kop}^{''}$ 代表交叉路口的单位时间换气次数。

假设,由 $\omega_{fity}^{'}$ 代表车辆发动机在交叉路口的平均运行时间,则利用式(14)进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度优化预测

$$\sigma_{hui}^{'} = \frac{\omega_{fity}^{'} \mp j_{hui}^{'}}{p_{jio}^{'} \times \omega_{fity}^{'}} \oplus g_{jk}^{'} \quad (14)$$

4 实验结果分析

为了证明提出的基于改进支持向量机的交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测方法有效性,需要进行一次实验。利用仿真软件 $Mat-lab7.1$ 搭建交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测实验平台。实验数据来源于某市某重要交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度基本数据,并在2015年6月对该交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度进行实际测量,该交叉路口全高峰时段的车流量是从早6时开始上升,6时至7时的车流量为27143辆,7时出现交通高峰,7时至8时的车流量为48429辆,随着时间的推移,车流量稍有下降,但7时至12时,每小时的车流量均不低于40000辆,每小时的车流量均不低于39000辆,12时至13时,车流量下降至33004辆,直至19时才较大幅度回落,当天交通高峰时段交叉路口,车流量总量达到66000辆。

4.1 评价指标的设定

在实验过程中,为了更好地体现实验的完整性和公正性,将实验分为两个部分:

1) 将实际交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度和基于改进支持向量机方法预测的交通高峰时段二氧化碳浓度相比较,依据比较的结果衡量改进支持向量机方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测的性能。

2) 将文献[10]所提基于动态BP神经网络预测方法作为对比方法进行共同的分析和验证,从预测的均方误差和绝对误差这两方面来衡量不同方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测的质量。假设,由 $y_{hjo}^{'}$ 代表真实值, $\hat{y}_{hui}^{'}$ 代表预测值,则利用式(15)和式(16)计算出预测的均方误差和绝对误差

$$MSE = \frac{\hat{y}_{hui}^{'} \oplus y_{hjo}^{'}}{\mu_{der}^{'}} \oplus l_{kop}^{'} \quad (15)$$

$$ABS = \frac{\hat{y}_{hui}^{'} \oplus y_{hjo}^{'}}{\mu_{der}^{'} \times MSE} \oplus l_{kop}^{'} \quad (16)$$

式中 $\mu_{der}^{'}$ 代表二氧化碳浓度排放速率 $l_{kop}^{'}$ 代表车辆的运行速度。

从式(15)和式(16)的计算结果中可以分析得出,MSE值和ABS值越小,则预测的质量就越高。

4.2 改进支持向量机方法预测的拟合优度

利用改进支持向量机方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测实验,将实际的交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度和基于改进支持向量机方法预测的交通高峰时段二氧化碳浓度相比较,比较结果见图1。

从图1的实验仿真结果中可以说明,利用改进支持向量机方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测的结果和实际的交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度值较为吻合,这是因为利用改进支持向量机方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测可以提取各个交通高峰时段交叉路口二氧化碳的浓度特征,从而充分地保障了交叉路

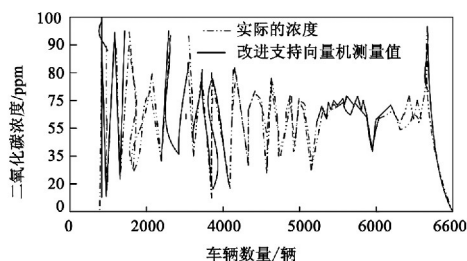


图1 改进支持向量机方法预测结果

口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测对其预测精度的需求。

4.3 不同方法二氧化碳浓度预测的质量对比

利用改进支持向量机方法和文献[10]所提基于动态BP神经网络预测方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测实验。对比两种不同方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测的均方误差和绝对误差,预测结果见图2和图3。

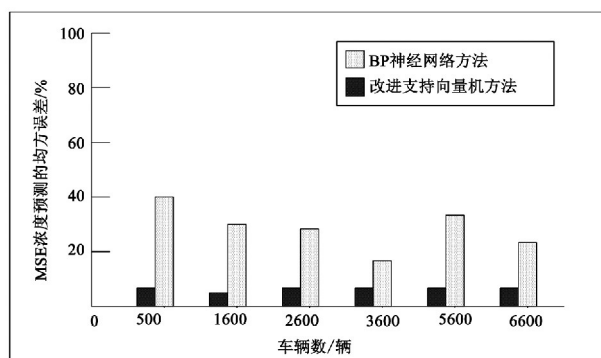


图2 不同方法二氧化碳浓度预测的均方误差

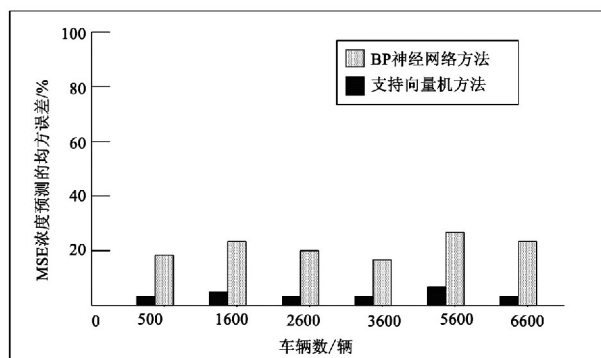


图3 不同方法二氧化碳浓度预测的绝对误差

从图2和图3的实验结果中可以说明,相对于文献[10]所提基于动态BP神经网络预测方法,利用改进支持向量机方法进行交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度预测可以利用高斯核函数的支持向量机理论将不同时段路口二氧化

碳浓度样本数据从低维空间向高维空间映射,从而更准确地反映交叉路口的交通高峰时段二氧化碳浓度的排放水平。

实验证明,所提方法预测精度较高,为改善交通高峰时段交叉路口的机动车排放量提供了有效依据。

5 结束语

针对交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测问题。提出一种基于改进支持向量机的交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测方法。该方法先依据支持向量机方法给出各个交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度的特征值。利用模糊理论获取交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度变化规律,由此进行交通高峰时段交叉路口二氧化碳浓度预测。实验证明,所提方法预测精度较高,为改善交通高峰时段交叉路口的机动车排放量提供了有效依据。

参考文献:

- [1] 陈翔,等.静态软件缺陷预测方法研究[J].软件学报,2016,27(1):1-25.
- [2] 陈晶,王文圣.Copula预测方法及其在年径流预测中的应用[J].水力发电学报,2015,34(4):16-21.
- [3] 黄同庆,庄毅.一种实时网络安全态势预测方法[J].小型微型计算机系统,2014,35(2):303-306.
- [4] 王勃,冯双磊,刘纯.基于天气分型的风电功率预测方法[J].电网技术,2014,38(1):93-98.
- [5] 修春波,等.基于卡尔曼滤波的风速序列短期预测方法[J].电工技术学报,2014,29(2):253-259.
- [6] 刘玉岭,等.基于时空维度分析的网络安全态势预测方法[J].计算机研究与发展,2014,51(8):1681-1694.
- [7] 李黎,等.电力系统供电短期负荷预测方法仿真研究[J].计算机仿真,2017,34(1):104-108.
- [8] 石庄彬,张宁,邵星杰.城市轨道交通客流高峰持续时间预测方法[J].城市轨道交通研究,2016,19(7):35-39.
- [9] 许丽,等.自动预测通勤高峰期交通流量的方法[J].地理信息世界,2016,23(2):16-20.
- [10] 丁楠.基于机器学习的大学生自杀风险预测与分析[J].现代电子技术,2016,40(21):91-93.

【作者简介】



王淑敏(1989-),女(汉族),山西临汾人,硕士研究生,研究方向:城市气象学;

刘寿东(1963-),男(汉族),河北沧州人,硕士,教授,研究方向:大气环境;

高韵秋(1990-),女(汉族),江苏扬州人,博士研究生,研究方向:城市气象学;

胡凝(1978-),女(汉族),浙江湖州人,博士,讲师,研究方向:大气环境。