

# 行道树倒伏对城市道路交通延误的影响

王宇航,郑益锋,林睿睿,岳小泉\*,张可欣

福建农林大学交通与土木工程学院,福建 福州 350002

**摘要:**为研究行道树倒伏后对城市道路交通流运行状态的影响,采用软件 VISSIM 仿真福州市多路段交叉口行道树倒伏后路网交通状态,采用软件 MATLAB 将交通量代入仿真文件生成交通延误,通过软件 EViews 拟合分析行道树倒伏长度、倒伏宽度及交通量对不同车道数道路交通延误的影响。结果表明:3个影响因素对三车道和四车道交通延误影响较大,对五车道交通延误影响较小;交通延误随行道树倒伏长度、倒伏宽度、交通量的增大而增大,对交通延误影响程度按从大到小排列依次为行道树倒伏长度、宽度、交通量;三车道道路在行道树倒伏长度为5、6 m时,交通延误对交通量的变化较敏感;行道树倒伏长度和倒伏宽度均较小或均较大时,交通量变化对交通延误的影响较小;不同行道树倒伏宽度下,行道树倒伏长度大于6 m后交通延误明显增大;交通量大于1500辆/h后行道树倒伏长度、宽度与交通延误的拟合优度趋于稳定,交通量为1800辆/h时,拟合优度为0.9822,交通量越大,行道树倒伏长度、倒伏宽度与交通延误的拟合效果越好。

**关键词:**城市道路;交通延误;行道树倒伏;交通量

**中图分类号:**U491

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0032(2024)03-0010-08

**引用格式:**王宇航,郑益锋,林睿睿,等.行道树倒伏对城市道路交通延误的影响[J].山东交通学院学报,2024,32(3):10-17.

WANG Yuhang, ZHENG Yifeng, LIN Ruirui, et al. The impact of fallen roadside trees on urban road traffic delay[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2024, 32(3): 10-17.

## 0 引言

随着全球城市化发展,极端天气增多,近几年我国东南沿海各省多次遭受台风侵袭,行道树倒伏事故频发,造成交通拥堵,影响城市道路交通秩序,存在较大安全隐患。行道树倒伏属突发事件,具有短时性和危险性,行道树由外侧车道向内侧车道倒伏时,与普通交通事故和施工区围挡对交通流的影响不同,研究行道树倒伏对交通流状态的影响有重要的现实意义。

学者多采用卷积神经网络<sup>[1-3]</sup>、软件仿真<sup>[4-6]</sup>、元胞自动机模拟<sup>[7-9]</sup>等方法预测障碍物影响下的短时交通流。梅朵等<sup>[10]</sup>基于时空遗传粒子群支持向量机算法预测短时交通流,预测精度较高;张杉等<sup>[11]</sup>采用元胞自动机模型分析车辆冰雪道路环境下交通流特性及事故概率,并提出相应管控措施;杨庆祥<sup>[12]</sup>通过软件 VISSIM 仿真施工作业区的道路通行能力,提出作业区通行能力计算公式;姬浩等<sup>[13]</sup>采用软件 VISSIM 分析事故车辆对三车道道路交通流的影响机制及事故持续时间变化时的城市道路交通流演化;刘霞等<sup>[14]</sup>通过建立元胞自动机模型,考虑事故车辆位置及车辆运行状态,分析事故区域内的车流量和平

收稿日期:2023-07-21

基金项目:福建省社会科学基金项目(FJ2023C038);福建农林大学大学生创新创业训练计划项目(FAFUXMPC20230718001-00120)

第一作者简介:王宇航(2000—),男,河南南阳人,硕士研究生,主要研究方向为交通运输规划与管理,E-mail:1033482709@qq.com。

\*通信作者简介:岳小泉(1979—),女,福建长汀人,副教授,工学博士,主要研究方向为交通运输规划与管理,E-mail:446807259@qq.com。

均车速变化曲线;孙然然等<sup>[15]</sup>建立支持向量机模型,实时监测道路交通流参数,识别和预报可能导致交通事故的危险交通流状态。目前多研究雨雪天气、施工围挡及交通事故等因素对道路交通流的影响,对行道树倒伏后城市道路交通流变化的研究较少。

本文以行道树倒伏后占城市道路长度、宽度、车道数及交通量等为主要参数,分析福建省福州市多路段交叉口行道树倒伏后至被清理前对城市道路交通流的影响,为城市道路交通管制提供理论依据。

## 1 试验方案设计

### 1.1 道路交通参数

调查风雨天气下道路实际交通量,根据文献[16]规定的折算系数,将机动车交通量转换为当量交通量取整,对不同车道数的道路分别选取6个交通量代入软件VISSIM中仿真,试验路段交通参数如表1所示。

表1 试验路段交通参数

| 单向车道数 | 车道宽度/m | 道路宽度/m | 交通量/(辆·h <sup>-1</sup> )            | 设计速度/(km·h <sup>-1</sup> ) |
|-------|--------|--------|-------------------------------------|----------------------------|
| 5     | 3.5    | 35     | 1 400,1 500,1 600,1 700,1 800,1 900 | 60                         |
| 4     |        | 28     | 1 300,1 400,1 500,1 600,1 700,1 800 | 50                         |
| 3     |        | 21     | 1 300,1 400,1 500,1 600,1 700,1 800 | 40                         |
| 2     |        | 14     | 350,400,450,500,550,600             | 40                         |

### 1.2 行道树倒伏长度、宽度、角度

风雨作用造成的行道树倒伏状态具有不确定性,假设行道树倒伏后树干左、右侧枝叶均匀分布,行道树高 $h$ ,树冠宽 $w_c$ ,倒伏长度为 $l$ ,倒伏宽度为 $w$ ,倒伏后与行车方向的夹角为 $\theta$ ,若 $\theta > 90^\circ$ ,则取 $\theta$ 的补角。行道树倒伏示意图如图1所示。依据图1可得:

$$l = 0.5w_c \cos \theta + h \sin \theta, \quad (1)$$

$$w = 0.5h \cos \theta + w_c \sin \theta. \quad (2)$$

行道树生长进度不同,有各向异性特点,倒伏角度存在全面性及随机性。调查福州市主城区254棵行道树的高度和树冠宽度,取 $\theta = 10^\circ \sim 90^\circ$ ,以 $10^\circ$ 为间隔依次取数代入式(1)(2),计算得到2 286组行道树倒伏长度和宽度,行道树倒伏长度和宽度的频次与累积频率如图2所示。

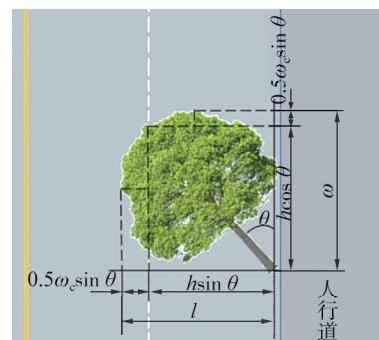


图1 行道树倒伏示意图

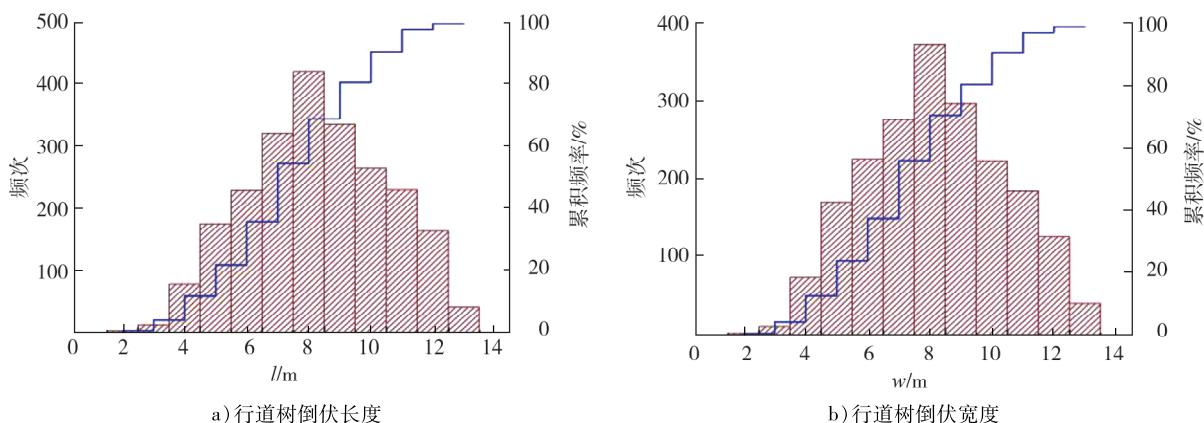


图2 行道树倒伏长度和倒伏宽度的频次与累积频率

由图2可知:行道树的倒伏长度和倒伏宽度均集中在4~12 m,若倒伏行道树占用车道导致车辆无法通行,进口道的交通处于瘫痪状态,无法分析各因素变化对交通流的影响,根据文献[17]规定的城市道路横断面宽度,以3 m作为1辆车通过的最小宽度,对二车道仅分析行道树倒伏长度为4 m的情况,对三、四、五车道分别分析行道树倒伏长度为4~7、4~11、4~12 m的情况。

### 1.3 试验平台搭建

福州位于我国东南沿海地区,夏季台风活动频繁,易造成行道树倒伏。选取福州市城市中心区域的6个交叉口及交叉口间连接路段组成的道路网络作为试验路段,该路网潮汐交通现象明显,全天交通量变化大,道路两侧行道树多且种植时间较长。

采用软件 VISSIM 中的跟驰和换道微观驾驶模型仿真行道树倒伏后的路网交通状态。为保证数据稳定性,仿真1 000 s后开始取值,行道树倒伏后相关部门会尽快清理倒伏行道树,设仿真周期为3 600 s,以900 s为间隔仿真交通延误。交通延误是指车辆在行驶过程中,因交通流减缓或阻塞等因素造成车辆行驶时间增大。研究行道树倒伏后的交通延误能判断局部交通拥堵情况,对分析交通流运行状态、保障交通安全与畅通、提升道路通行能力有重要作用。

以交通延误作为衡量交通流运行状态的因素,根据行道树倒伏长度及倒伏宽度,在建立的路网车道上设置倒伏行道树,共生成198个VISSIM仿真文件。采用软件MATLAB将不同车道数道路的交通量分别代入198个仿真文件进行联合仿真,将仿真导出的1 188组交通延误写入Excel文档进行后续数据处理与分析。

## 2 仿真数据分析

### 2.1 交通延误影响因子与拟合式分析

根据仿真数据分析行道树倒伏长度、倒伏宽度及交通量3个影响因素对交通延误的影响。采用软件EViews拟合仿真数据,得到不同车道下3个影响因素的影响因子及交通延误拟合式,如表2所示。通过EViews回归结果的伴随概率(Prob值)可知各影响因素的显著性差异均小于0.05,说明3个影响因素与交通延误有显著的线性关系。

表2 行道树倒伏长度、倒伏宽度及交通量对交通延误的影响因子及拟合式

| 车道数 | 影响因子    |         |         | 交通延误拟合式                                      | 拟合优度 $R^2$ |
|-----|---------|---------|---------|----------------------------------------------|------------|
|     | $l$     | $w$     | $Q^{①}$ |                                              |            |
| 2   |         | 0.054 4 | 0.002 4 | $t_1^{②} = 0.05w + 0.002 4Q - 0.94$          | 0.891 6    |
| 3   | 4.764 3 | 0.624 6 | 0.018 0 | $t_2^{②} = 4.76l + 0.62w + 0.020 0Q - 19.73$ | 0.927 3    |
| 4   | 4.258 7 | 0.422 1 | 0.038 1 | $t_3^{②} = 4.26l + 0.42w + 0.040 0Q - 84.57$ | 0.731 8    |
| 5   | 0.724 8 | 0.070 8 | 0.002 0 | $t_4^{②} = 0.72l + 0.07w + 0.002 0Q - 7.54$  | 0.865 9    |

① $Q$ 为交通量,辆/h;② $t_1 \sim t_4$ 分别为二、三、四、五车道道路的交通延误,s。

由表2可知:交通延误拟合式的拟合效果较好,行道树倒伏长度、倒伏宽度及交通量与交通延误有较强的相关性;3个影响因素对交通延误的影响程度按从大到小排列依次为倒伏长度、倒伏宽度、交通量;3个影响因素对三车道和四车道交通延误影响较大,对五车道交通延误影响较小,行道树倒伏易造成二车道交通系统瘫痪;五车道的交通环境较其他车道更复杂,交通延误受多种因素影响。

### 2.2 交通延误分析

#### 2.2.1 行道树倒伏长度对交通延误的影响

以三车道道路为例,采用软件ORIGIN绘图分析行道树不同倒伏长度、宽度及交通量对交通延误的影响。不同行道树倒伏长度下,倒伏宽度和交通量对三车道道路交通延误的影响曲线如图3所示。

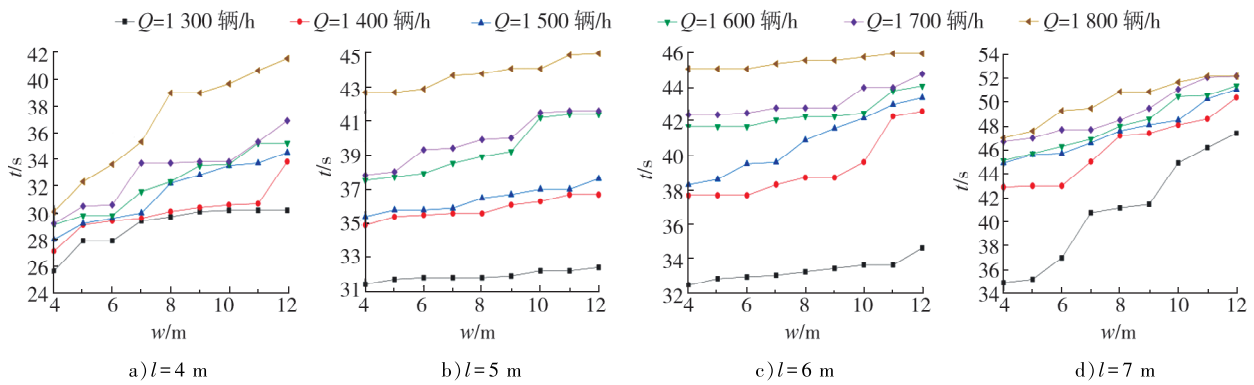


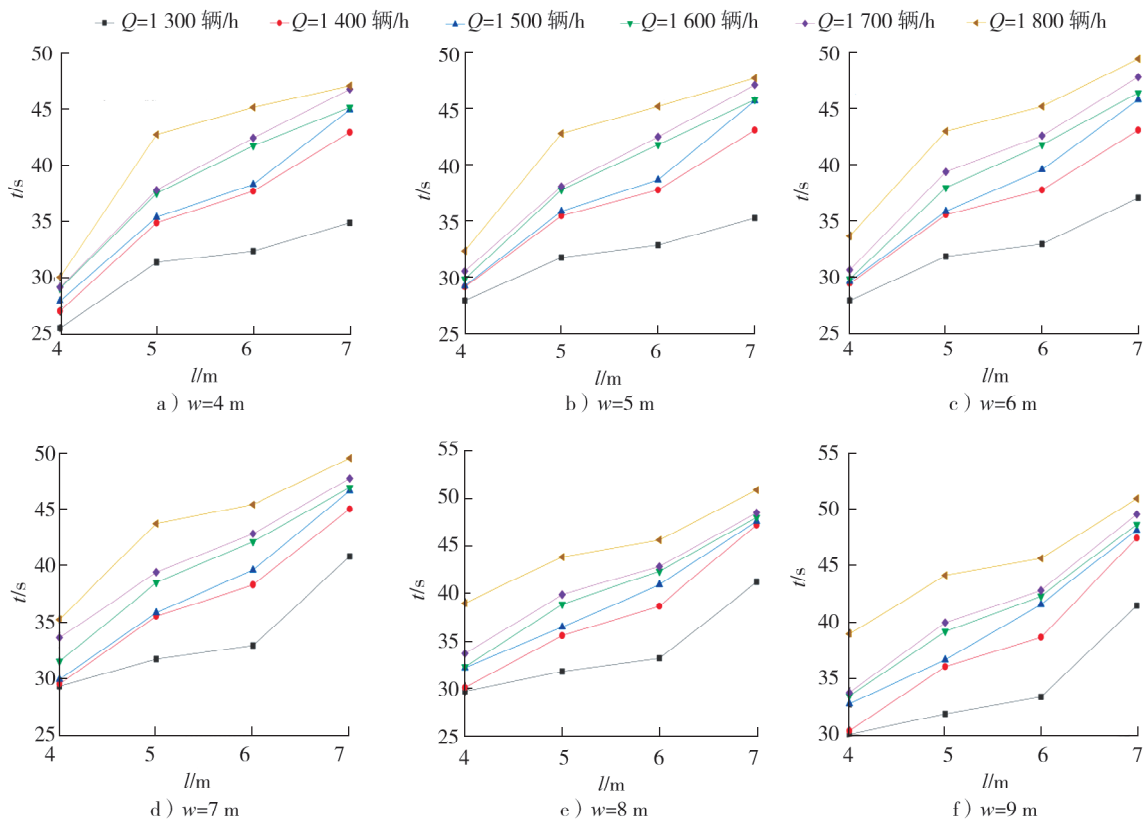
图3 不同行道树倒伏长度下倒伏宽度和交通量对三车道道路交通延误的影响曲线

由图3可知:不同行道树倒伏长度下,随行道树倒伏宽度和交通量的增大,交通延误增大;行道树倒伏长度为4、7 m时,不同交通量下行道树倒伏宽度对交通延误的影响曲线整体变化趋势较陡,即倒伏宽度对交通延误影响较大;行道树倒伏长度为5、6 m时,不同交通量下行道树倒伏宽度对交通延误的影响曲线整体变化趋势较缓,即倒伏宽度对交通延误影响较小,此时不同交通量下的交通延误相差较大,说明该行道树倒伏长度下,三车道道路的交通延误对交通量变化较敏感。

行道树倒伏长度、倒伏宽度均为4 m时,交通量由1 300 辆/h增大至1 800 辆/h,交通延误仅增大18%,说明三车道道路在行道树倒伏长度和倒伏宽度均较小时,交通量变化对交通流的影响较小,道路能满足正常通行要求;行道树倒伏长度为7 m,倒伏宽度为12 m时,交通量由1 300 辆/h增大至1 800 辆/h,交通延误仅增大10%,说明三车道道路在行道树倒伏长度和倒伏宽度均较大时,交通延误对交通量的变化不敏感,原因是此时交通流为拥堵状态,道路已无法满足正常通行要求。

### 2.2.2 行道树倒伏宽度对交通延误的影响

不同行道树倒伏宽度下,倒伏长度和交通量对三车道道路交通延误的影响曲线如图4所示。



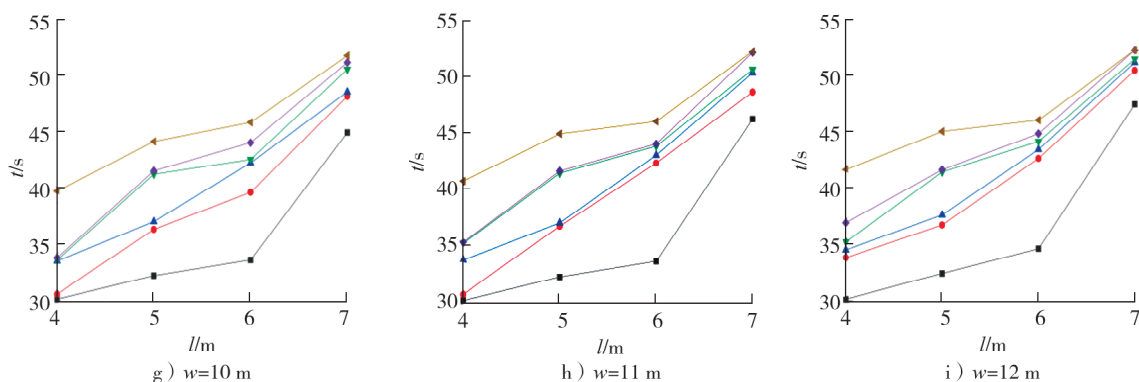


图4 不同行道树倒伏宽度下倒伏长度和交通量对三车道道路交通延误的影响曲线

由图4可知:1)不同行道树倒伏宽度下,随行道树倒伏长度和交通量的增大,交通延误增大。2)行道树倒伏宽度为12 m,交通量为1 800 辆/h时,倒伏长度由4 m增至6 m时,交通延误增大11%;倒伏长度由6 m增至7 m时,交通延误增大14%,行道树倒伏长度大于6 m后,交通延误明显增大;其他行道树倒伏宽度下,交通延误的变化规律相同。3)不同行道树倒伏宽度下,倒伏长度为4~6 m时,交通量为1 300~1 700 辆/h的交通延误与交通量为1 800 辆/h的相差较大;倒伏长度为7 m时,不同交通量下的交通延误相差较小,均接近拥堵状态。

### 2.2.3 交通量对交通延误的影响

不同交通量下,行道树倒伏长度及倒伏宽度对三车道道路交通延误的影响曲线如图5所示。

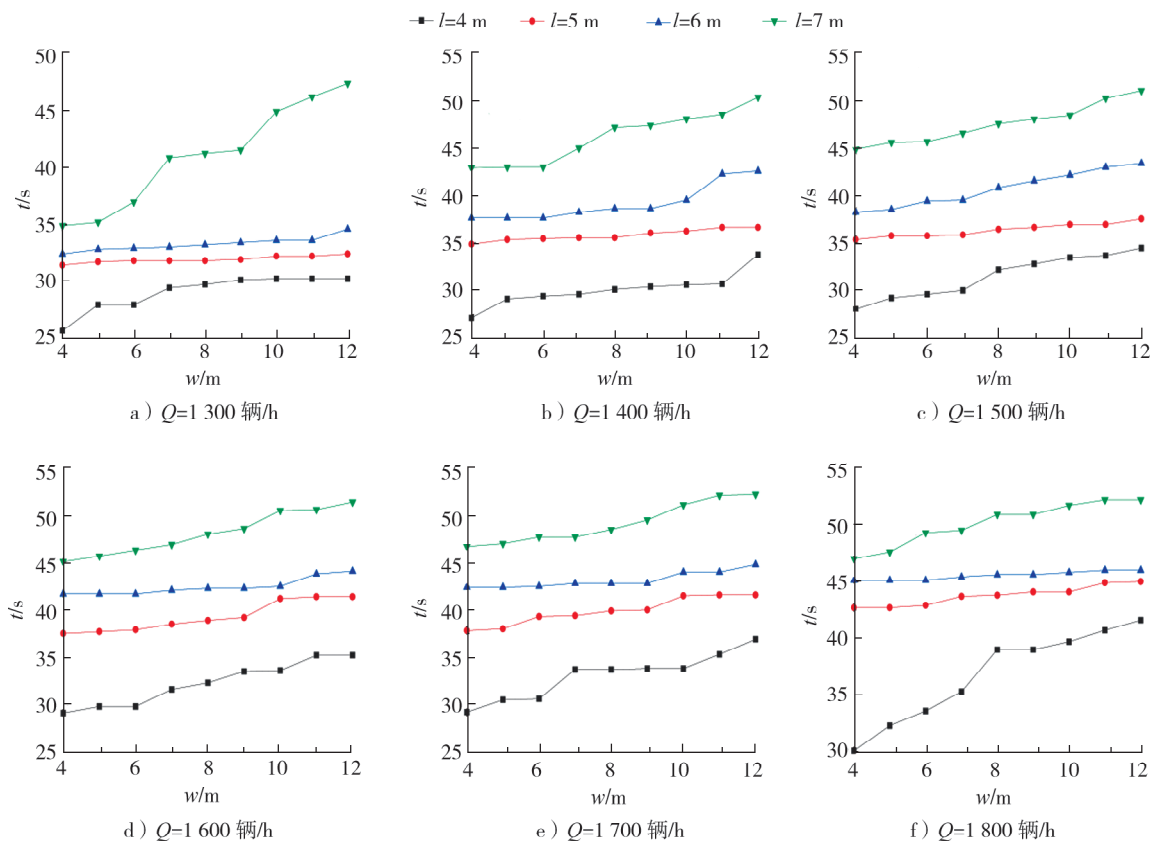


图5 不同交通量下行道树倒伏长度和倒伏宽度对三车道道路交通延误的影响曲线

由图5可知:1)不同交通量下,随行道树倒伏长度、倒伏宽度的增大,交通延误增大。2)行道数倒伏长度为4 m时,交通量分别为1 300、1 400、1 500、1 600、1 700、1 800 辆/h,随行道树倒伏宽度增大,交通

延误分别增大 18%、23%、24%、25%、26%、38%,行道树倒伏长度较小时,随交通量增大,行道树倒伏宽度对交通延误的影响程度增大;行道数倒伏长度为 7 m 时,交通量分别为 1 300、1 400、1 500、1 600、1 700、1 800 辆/h,随行道树倒伏宽度由 4 m 增至 12 m,交通延误分别增大 36%、17%、14%、14%、12%、11%,行道树倒伏长度较大时,随交通量增大,倒伏宽度对交通延误影响程度减小。

不同交通量下,行道树倒伏长度及倒伏宽度对三车道道路交通延误影响的三维图如图 6 所示。

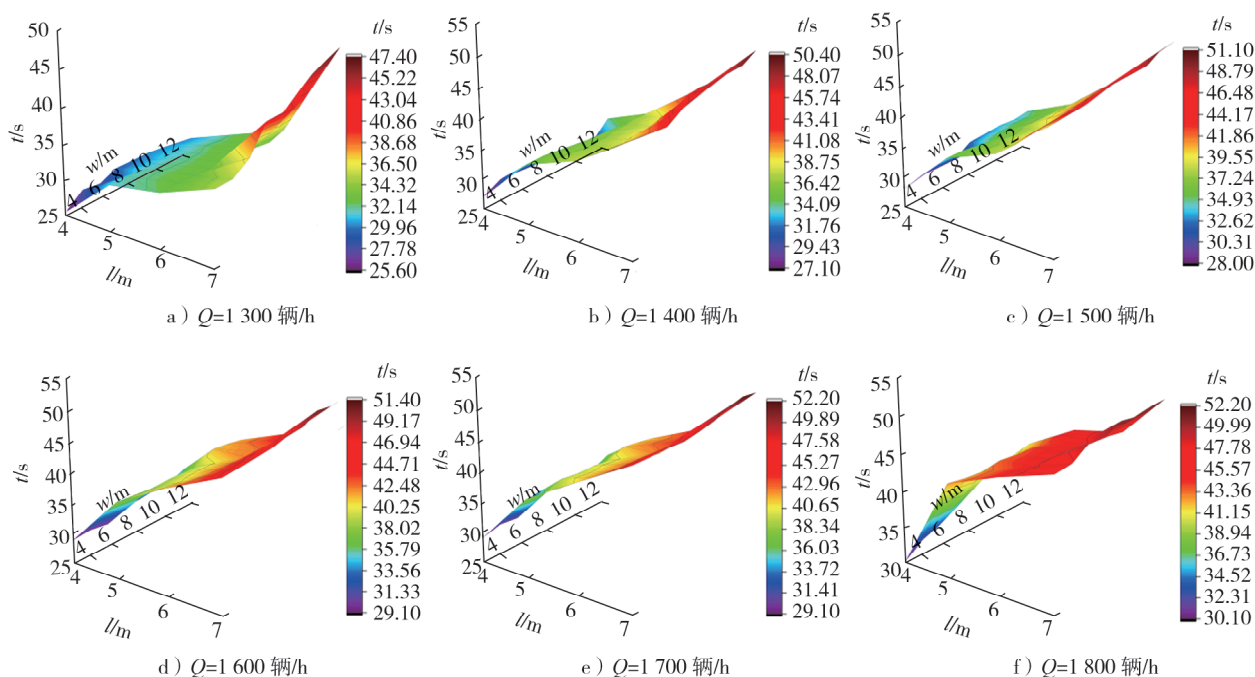


图 6 不同交通量下行道树倒伏长度及倒伏宽度对三车道道路交通延误影响的三维图

由图 6 可知:随行道树倒伏长度、倒伏宽度、交通量的增大,交通延误增大。在台风、暴雨等极端天气下,交通管理部门应优先控制行道树倒伏长度可能性大的路段的交通量,避免出现交通堵塞,影响倒伏行道树的清理工作。

### 2.3 不同交通量的数据敏感性分析

以三车道为例分析随交通量的变化,行道树倒伏长度与宽度对交通延误的影响程度的拟合优度,判断行道树倒伏长度与宽度对交通延误的敏感性。采用软件 EViews 拟合 6 组不同交通量的仿真数据,得到交通量为 1 300、1 400、1 500、1 600、1 700、1 800 辆/h 的拟合优度分别为 0.791 6、0.882 4、0.963 3、0.969 3、0.973 9、0.982 2。交通量较小时,拟合优度较小,交通量为 1 300~1 500 辆/h 时,拟合优度随交通量增大而快速增大,交通量超过 1 500 辆/h 后,拟合优度趋于稳定,交通量为 1 800 辆/h 时拟合优度最大。说明交通量越大,行道树倒伏长度、宽度与交通延误的拟合优度越大,对交通延误的影响越大。

## 3 结论

针对沿海城市行道树倒伏对交通流运行状态的影响问题,以行道树倒伏长度、宽度及交通量为影响因素,通过软件 VISSIM 仿真分析各影响因素与交通延误的关系。交通延误随行道树倒伏长度、宽度及交通量的增大而增大,行道树倒伏长度对交通延误的影响最大,倒伏宽度次之,交通量最小;三车道道路在行道树倒伏长度为 5、6 m,交通量增大时,交通延误明显增大,而倒伏宽度对不同交通量下的交通延误影响较小;三车道道路在不同行道树倒伏宽度下,行道树倒伏长度大于 6 m 后交通延误明显增大;行道树倒伏长度较小时,随交通量增大,行道树倒伏宽度对交通延误影响程度增大;行道树倒伏长度较大时,随交通量增大,倒伏宽度对交通延误影响程度减小。交通量越大,行道树倒伏长度、倒伏宽度与交通延误的拟

合优度越大。

城市道路交通环境复杂,未来可通过选取多种影响因素,结合仿真软件分析交通流的运行状态,获得更接近现实情况的仿真结果,为城市交通管制及交通规划提供可靠的理论依据。

#### 参考文献:

- [1] HUANG X H, YE Y M, WANG C, et al. A multi-mode traffic flow prediction method with clustering based attention convolution LSTM[J]. *Applied Intelligence*, 2022,52:14773–14786.
- [2] WANG K, MA C X, QIAO Y H, et al. A hybrid deep learning model with 1DCNN-LSTM-Attention networks for short-term traffic flow prediction[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2021,583:126293.
- [3] NAGY A M, SIMON V. Improving traffic prediction using congestion propagation patterns in smart cities[J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2021,50:101343.
- [4] 郭瑞军,刘森. 基于 Vissim 的高速公路网应急事件仿真[J]. *大连交通大学学报*,2020,41(6):18–22.
- [5] 赵福利,雷进,张昆仑. 基于 VISSIM 仿真施工区路段速度推荐值研究[J]. *中外公路*,2021,41(3):358–364.
- [6] 王龙. 基于 VISSIM 的高速公路改扩建施工区交通仿真与分析[J]. *市政技术*,2021,39(5):17–21.
- [7] OU H, TANG T Q. An extended two-lane car-following model accounting for inter-vehicle communication[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2018,495:260–268.
- [8] JETTO K, TAHIRI Z, BENYOUSSEF A, et al. Cognitive anticipation cellular automata model:an attempt to understand the relation between the traffic states and rear-end collisions[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2020, 142:105507.
- [9] SUO Y F, SUN Z H, CLARAMUNT C, et al. A dynamic risk appraisal model and its application in VTS based on a cellular automata simulation prediction[J]. *Sensors*, 2021,21(14):4741.
- [10] 梅朵,郑黎黎,冷强奎,等. 基于时空 GPSO-SVM 的短时交通流预测[J]. *交通信息与安全*,2017,35(2):68–74.
- [11] 张杉,庞明宝,任泊宁. 冰雪道路环境下交通流微观仿真及事故率研究[J]. *中国安全科学学报*,2020,30(1):148–154.
- [12] 杨庆祥. 施工作业对城市道路通行能力的影响分析[J]. *西部交通科技*,2008(5):105–108.
- [13] 姬浩,王永东,李佩,等. 事故车辆影响下的城市三车道道路交通流仿真[J]. *中国安全科学学报*,2021,31(3):112–120.
- [14] 刘霞,胡凯,龚鹏. 基于元胞自动机的事故交通流模型仿真[J]. *解放军理工大学学报(自然科学版)*, 2017,18(3):285–288.
- [15] 孙然然,张静莹,朱广宇. 基于 SVM 的危险交通流状态实时识别模型[J]. *公路交通科技*,2021,38(10):120–128.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局. 城市综合交通体系规划标准:GB/T 51328—2018[S]. 北京:中国建设工业出版社,2019.
- [17] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市道路工程设计规范:CJJ 37—2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.

## The impact of fallen roadside trees on urban road traffic delay

WANG Yuhang, ZHENG Yifeng, LIN Ruirui, YUE Xiaoquan<sup>\*</sup>, ZHANG Kexin

*College of Transportation and Civil Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China*

**Abstract:** In order to study the impact of fallen roadside trees on the operational status of urban road traffic, using software VISSIM to simulate the traffic condition at multiple intersections in Fuzhou City after the roadside trees fell, and using software MATLAB to input traffic volume into the simulation file to calculate traffic delays. The effects of the length and width of fallen roadside trees, and traffic volume on traffic delays are fitted and analyzed using software EViews. The results show that the length and width of fallen roadside trees and traffic volume have a significant impact on traffic delays of three-lane and four-lane roads, but have a lesser impact on five-lane roads traffic delays; Traffic delays increase with the length and width of fallen roadside trees and traffic

volume, with the impact on traffic delays ranked in descending order as follows: length of fallen trees, width of fallen trees, and traffic volume. For a three-lane road, when the length of the fallen roadside trees is 5 or 6 m, traffic delays are more sensitive to changes in traffic volume. When the lengths and widths of fallen roadside trees are either small or large, the impact of traffic volume changes on traffic delays is minimal. Under different widths of fallen roadside trees, traffic delays significantly increase when the length of fallen trees is greater than 6 m. After the traffic volume exceeds 1 500 vehicles per hour, the fitting goodness of fallen tree length, width, and traffic delays tends to stabilize. At a traffic volume of 1 800 vehicles per hour, the goodness of fit is 0.982 2, and the greater the traffic volume, the better the fit between the length and width of fallen roadside trees and traffic delays.

**Keywords:** urban road; traffic delay; fallen roadside tree; traffic volume

(责任编辑:赵玉真)

(上接第9页)

[27] 韩宝睿,濮海建,朱震军. 基于改进 Lotka-Volterra 模型的城市轨道交通与常规公交竞合关系演变研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2023, 42(2): 106-112.

## The evolution and diffusion of residents' green travel under government regulation

ZENG Yi, LI Qinchuan \*

*School of Transportation Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China*

**Abstract:** To analyze the mechanism of government policy regulation on residents' green travel, considering the impact of government policy regulation and travel costs, an evolutionary game model of residents' green travel and non-green travel under government guidance is constructed, exploring the evolutionary path of residents' green travel transformation, and conducting solution analysis and simulation verification. The Lotka-Volterra model is used to study the diffusion paths and trends of green travel under different levels of government regulation, confirming that government regulation is an important factor in promoting residents' transition to green travel. The results show that through the analysis of the evolutionary game model of strategies between the government and residents, two stable equilibrium points can be obtained under different conditions. Regardless of the initial point set, the evolution will ultimately move towards the stable equilibrium point. By matching the evolutionary path with the equilibrium solution of the diffusion model, the diffusion path of green travel can be obtained. Through diffusion simulation, it is known that government regulation can effectively promote residents' transition to green travel. By continuously adjusting the regulatory intensity, government subsidies and tax policies play an important role in promoting residents' transition to green travel. To encourage more residents to choose green travel modes, the government should implement a regulatory model that emphasizes subsidies and complements penalties.

**Keywords:** green travel; evolutionary game model; Lotka-Volterra model; government regulation

(责任编辑:赵玉真)