

基于车牌识别数据的交通拥堵识别方法

姜桂艳^{1,2}, 常安德², 牛世峰²

(1. 吉林大学 汽车动态模拟国家重点实验室, 130022 长春, jianggy@jlu.edu.cn;

2. 吉林大学 交通学院, 130022 长春)

摘要: 针对目前缺少基于车牌识别数据的交通拥堵识别方法的相关研究, 使得建设及维护成本均较高的车牌识别系统只能实现交通监控、流量检测等初级功能, 导致系统性价比比较低的问题, 分别设计了基于车牌识别数据的单车行程速度采集方法及区间平均行程速度采集方法, 对交通拥堵的识别方法进行了研究, 并进行了实例分析. 结果表明, 单车行程速度采集方法及区间平均行程速度采集方法可以获得高质量的交通数据, 同时交通拥堵识别方法能够准确获得拥堵持续时间、拥堵类型等有用交通信息, 从而为交通管理部门提供实时、可靠的决策依据.

关键词: 交通拥堵识别; 拥堵类型; 车牌识别; 行程速度

中图分类号: U491.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2011)04-0131-05

Traffic congestion identification method based on license plate recognition data

JIANG Gui-yan^{1,2}, CHANG An-de², NIU Shi-feng²

(1. State Key Laboratory of Automotive Dynamic Simulation, Jilin University, 130022 Changchun, China, jianggy@jlu.edu.cn;

2. College of Transportation, Jilin University, 130022 Changchun, China)

Abstract: According to the problem of low performance price ratio of license plate recognition systems which are just for traffic monitoring, traffic flow measurement etc, and the lack of researches on traffic congestion identification methods based on license plate recognition data at present, methods for collecting travel speed of individual vehicle and link average travel speed are designed, and based on these, a method of traffic congestion identification is studied, which is also verified by using measured license plate recognition data on an arterial road of a city in China. The results show that traffic data with high quality can be obtained using the travel speed collection methods, and the duration and types of traffic congestion can be obtained using the traffic congestion identification method, which will provide real-time and reliable decision basis for traffic management departments.

Key words: traffic congestion identification; traffic congestion types; license plate recognition; travel speed

随着汽车保有量与驾驶员人数的增加, 交通拥堵问题日益突出. 交通拥堵导致出行时间浪费、交通事故频发、环境质量降低、车辆损耗严重等诸多后果, 从而带来巨大的经济损失.

近年, 伴随计算机、通信等技术的发展, 交通

拥堵自动识别 (Automatic Congestion Identification, ACI) 技术成为解决交通拥堵问题的新思路. ACI 技术的核心功能是利用各种检测设备实时采集交通数据, 并依据相关理论与方法快速识别得到交通拥堵发生的时间、地点等信息, 从而为交通管理部门提供信息参考^[1].

目前, 依据原始数据输入系统的不同, ACI 方法主要包括基于视频监控的 ACI 方法^[2]、基于地点线圈的 ACI 方法^[3-5]以及基于 GPS 浮动车的 ACI 方法^[6-8]等. 由于视频监控设备的视野范围

收稿日期: 2009-12-26.

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2007AA11Z245);
吉林大学研究生创新基金资助项目(20101025).

作者简介: 姜桂艳(1964—), 女, 教授, 博士生导师.

有限同时工作人员劳动强度较大、地点线圈装置的道路覆盖范围较小、GPS 浮动车的数量往往不足等诸问题,上述 3 种 ACI 方法的应用效果普遍不够理想。

随着相关技术的完善,车牌捕获率与识别率的显著提高,基于车牌识别数据的交通信息采集技术应运而生^[9]。相比其他交通信息采集技术,基于车牌识别数据的交通信息采集技术具有工作连续性强、数据精确度高、检测样本量大等优点^[10]。因此,研究基于车牌识别数据的 ACI 方法具有重要的学术意义和实用价值。

本文将分别设计基于车牌识别数据的单车行程速度及区间平均行程速度采集方法,并且以此研究交通拥堵的识别方法,然后利用某城市主干路的实测车牌识别数据进行实例分析。

1 单车行程速度采集方法

1.1 单车行程速度估算

对于 2 个车牌检测截面先后测得的同一车辆的车牌数据,需要首先计算车辆穿过 2 个截面的时差,如果时差过大,则不能进行单车行程速度的采集,原因在于:第一,某些特殊情况容易导致个别车辆产生过大的时间延误,例如中途抛锚、停车待客等等,此时个别车辆的运行状态无法准确反映车流的运行状态;第二,由于车牌漏检、车辆中途离开检测区间等情况的发生,可能导致两个截面获取的相同车牌数据源于车辆的二次出行,甚至多次出行,此时个别车辆的运行状态同样无法准确反映车流的运行状态。可见,只有车辆经过当前截面与前一截面的时差小于一定界值,才能采集单车行程速度,本文将此界值称为有效时间间隔。

对于不同交通状态,有效时间间隔有所差别。为了适应所有交通状态,采用下式进行计算。

$$\Delta t_i = \frac{l_i}{\alpha_i \cdot v'_i} \quad (1)$$

式中: Δt_i 为区间 i 的有效时间间隔; l_i 为区间 i 的长度; v'_i 为区间 i 交通拥堵识别速度阈值,确定方法见后文; α_i 为修正系数,可取 0.5 ~ 0.8。

单车行程速度估算流程如图 1 所示。

1.2 单车行程速度质量控制

有效时间间隔的引入只能避免错误明显的单车行程速度数据的采集,但是无法根据实时的交通状态选出更多无效的单车行程速度数据,因此,本文采用变异系数作为某一数据分析时间间隔内的单车行程速度数据离散程度的评价指标,得到

离散程度较大的无效单车行程速度数据,并且将其剔除,以便提高输出数据的质量。

对于单车行程速度样本数量 $n \geq 1$ 的情况,如果式(2)所示条件成立,则可认为存在离散程度过大的无效数据。

$$c_v = s/\bar{x} \geq c_v' \quad (2)$$

式中: c_v 为单车行程速度变异系数; c_v' 为单车行程速度变异系数的阈值,可取 0.8; \bar{x} 为单车行程速度均值; s 为单车行程速度标准偏差。

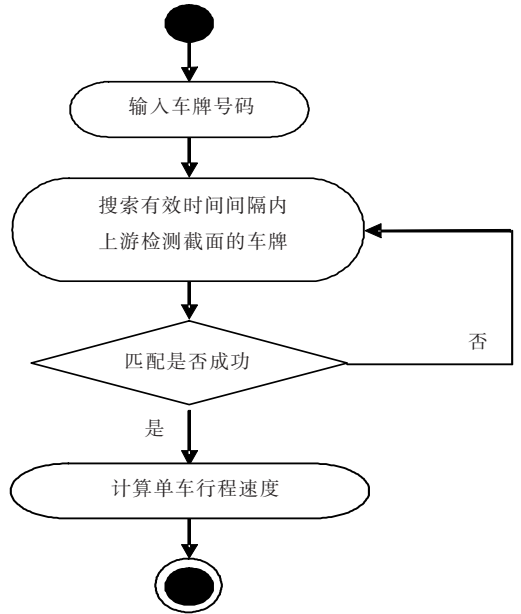


图 1 单车行程速度估算流程

根据样本数量的大小,可将单车行程速度无效数据的控制分为以下 2 种情况:

1) 当 $n = 2$ 时,因为难以断定较小的单车行程速度数据是由真实的交通状态所致,还是车辆的某些个体特殊行为所致,因此应该将其剔除,并将较大的数据保留;

2) 当 $n > 2$ 时,可以依据公式(3)选出离散程度最大的单车行程速度数据,同时将其剔除,然后循环往复,直到式(2)所示条件不再成立。

$$v_k - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i = \max_{s_1 \leq j \leq n} (|v_j - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i|) \quad (3)$$

式中 v_k 为离散程度最大的单车行程速度数据。

2 区间平均行程速度采集方法

2.1 区间平均行程速度估算

由于交通管理部门要求的数据分析时间间隔往往较小,采用下式计算区间平均行程速度。

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (4)$$

式中: \bar{V} 为区间平均行程速度; V_i 为第 i 单车行程速度。

2.2 区间平均行程速度质量控制

对于某一数据分析时间间隔,如果没有车辆经过检测区间,或者没有成功采到任何单车行程速度数据,此时无法输出区间平均行程速度实测数据.为了满足交通拥堵识别环节的信息输入需求,采用前一时间间隔或者前一星期同一日期(周一、周二、…、周日)相同间隔的历史数据代替实测数据输出.

对于单车行程速度样本数量较小的情况,区间平均行程速度可能出现较为明显的波动,可以将其视为错误数据.本文分别按照式(5)和(6)确定错误数据的阈值,如果连续超过阈值的数据分析时间间隔不足2个,认为此时获取的数据是错误数据,否则这些数据可能源于交通事件.

$$V' = \mu + N\sigma, \quad (5)$$

$$V'' = \max(0, \mu - N\sigma). \quad (6)$$

式中: V' 为错误数据上限阈值; V'' 为错误数据下限阈值; μ 为区间平均行程速度历史数据均值; σ 为区间平均行程速度历史数据标准偏差; N 为标准偏差倍数.

由于错误的区间平均行程速度数据不仅无法体现数据序列的历史趋势,而且不能反映真实的交通状态,应该将其剔除,并且利用历史数据对其进行修复.

3 交通拥堵识别方法

3.1 交通拥堵识别标准确定

合理确定识别标准是准确识别交通拥堵的前提条件.由于我国《城市道路交通管理评价指标体系》只对城市主干路的交通拥堵识别标准有所规定,因此,本文结合《城市道路设计规范》有关不同等级道路设计速度的规定对其他等级道路的交通拥堵识别标准进行递推,具体步骤如下:

1) 依据《城市道路设计规范》确定各级城市道路设计速度上限与下限的均值;

2) 依据《城市道路交通管理评价指标体系》采用二级状态的速度下限作为主干路段交通拥堵的识别标准;

3) 计算主干路段交通拥堵识别标准与1)中的相应结果之比,并将其与其他等级道路1)中的相应结果相乘,最终所得结果作为其他等级道路路段交通拥堵的识别阈值,如表1所示.

3.2 交通拥堵识别算法设计

为了实时、准确输出交通管理部门关注的拥堵发生地点、拥堵发生时刻、拥堵持续时间以及拥堵类型(常发性拥堵或偶发性拥堵)等信息,本文

设计的交通拥堵识别算法专门引入以下2个环节:(1)为了避免数据的随机波动被误认作是由交通拥堵所致,需要进行2次持续检测;(2)为了避免渐变交通事件导致偶发性拥堵的初始阶段被误认作常发性拥堵,需要进行常发性拥堵的延迟修正.综上所述,ACI算法的具体步骤如下:

1) 判断前一数据分析时间间隔的识别结果是否发生交通拥堵,若是,则进行步骤2),否则进行步骤6);

2) 判断当前数据分析时间间隔的区间平均行程速度 $\bar{V}(t)$ 是否大于交通拥堵识别阈值,若是,则进行步骤3),否则更新拥堵持续时间,同时进行步骤4);

3) 判断前一数据分析时间间隔的区间平均行程速度 $\bar{V}(t-1)$ 是否大于交通拥堵识别阈值,若是,则交通拥堵结束,否则更新拥堵持续时间,同时进行步骤4);

4) 判断前一数据分析时间间隔的拥堵类型是否为偶发性拥堵,若是,则保持拥堵类型不变,否则进行步骤5);

5) 判断式(7)所示条件是否成立,如是,则保持拥堵类型不变,否则修正本次拥堵初始阶段的拥堵类型

$$\frac{\hat{V}(t) - \bar{V}(t)}{\bar{V}(t)} \leq K. \quad (7)$$

式中: $\hat{V}(t)$ 为区间平均行程速度预测值; K 为拥堵类型判断阈值,可取0.5.

6) 判断当前数据分析时间间隔的区间平均行程速度 $\bar{V}(t)$ 是否大于交通拥堵识别阈值,若是,则没有发生交通拥堵,否则进行步骤7);

7) 判断前一数据分析时间间隔的区间平均行程速度 $\bar{V}(t-1)$ 是否大于交通拥堵识别阈值,若是,则没有发生交通拥堵,否则进行步骤8);

8) 判断式(7)所示条件是否成立,如是,则发生常发性交通拥堵,否则发生偶发性交通拥堵.

表1 城市道路交通拥堵识别阈值 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$

道路等级	快速路	主干路	次干路	支路
特大与A类城市	20	16	13	10
B类城市	—	19	15	11
C、D类城市	—	21	17	12

4 实例分析

利用某城市主干路的实测车牌识别数据进行ACI方法的实例分析,数据调查线路及检测截面

设置情况如图2所示。

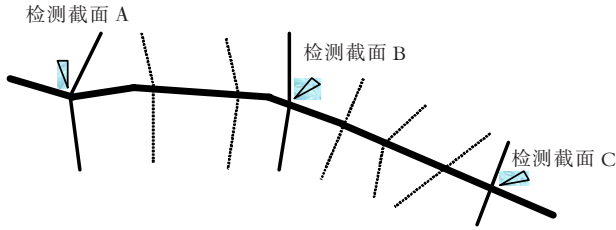


图2 车牌识别数据调查线路

利用文中设计的数据采集方法获得连续4个周一(2008年9月8日、2008年9月15日、2008

年9月22日、2008年9月29日)24h的单车行程速度。

为了验证单车行程速度质量控制方法及区间平均行程速度质量控制方法的效果,将以区间B→A为例,以5min为数据分析时间间隔估算区间平均行程速度。对于每个数据分析时间间隔,选出趋势较为一致的 $m(m \leq 4)$ 个不同星期相同日期同一间隔的数据作为历史数据。单车行程速度质量控制前后及区间平均行程速度质量控制之后的时间序列分别如图3~5所示。

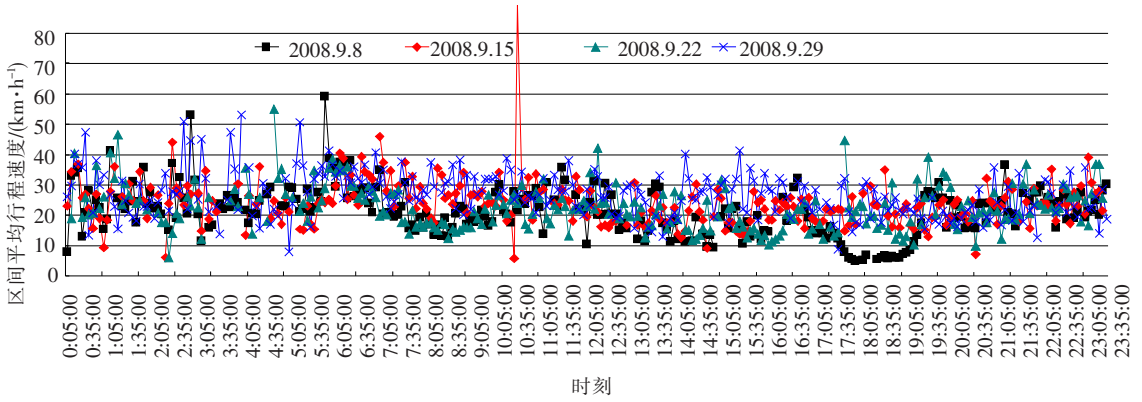


图3 单车行程速度质量控制之前的时间序列

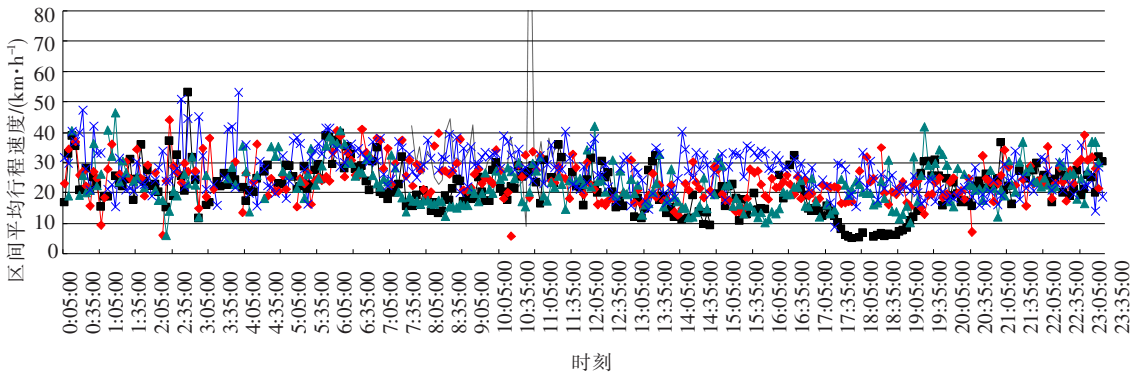


图4 单车行程速度质量控制之后的时间序列

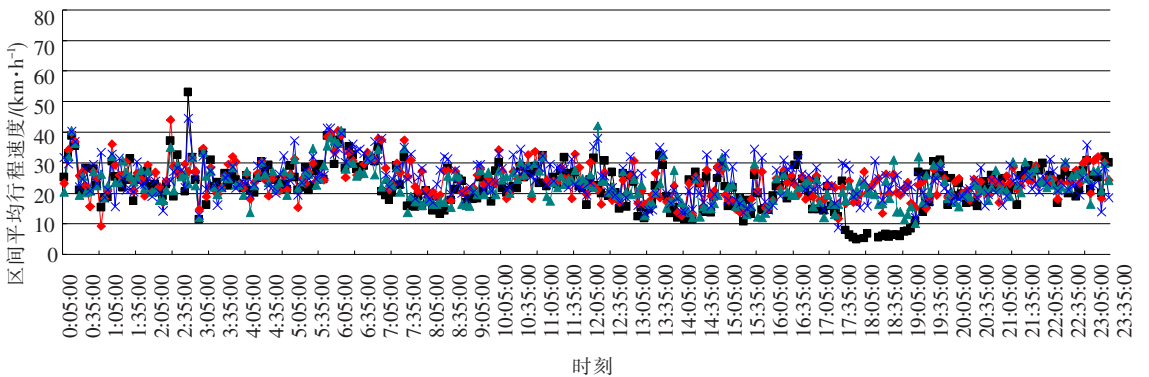


图5 区间平均行程速度质量控制之后的时间序列

依据图3~5可得出:(1)对比图3、4可以看出单车行程速度无效数据的剔除可以显著提高区间平均行程速度数据的质量;(2)对比图4、5可以看出缺失数据与错误数据的修复可以显著提高

区间平均行程速度数据的质量。

采用历史数据的均值作为区间平均行程速度的预测值,所得连续4个周一的交通拥堵识别结果如表2所示。

表2 交通拥堵识别结果

日期	拥堵区间	拥堵开始时刻	拥堵结束时刻	拥堵持续时间/min	拥堵类型
2008.9.8	B→A	8: 25: 00	8: 45: 00	20	常发性拥堵
		13: 05: 00	13: 25: 00	20	常发性拥堵
		13: 50: 00	14: 25: 00	35	常发性拥堵
		15: 55: 00	16: 10: 00	15	常发性拥堵
		17: 15: 00	19: 40: 00	145	偶发性拥堵
2008.9.15	B→A	14: 00: 00	14: 25: 00	25	常发性拥堵
		15: 20: 00	15: 40: 00	20	常发性拥堵
		16: 00: 00	16: 10: 00	10	常发性拥堵
2008.9.22	B→A	14: 10: 00	14: 50: 00	40	常发性拥堵
		15: 35: 00	16: 05: 00	30	常发性拥堵
		19: 00: 00	19: 30: 00	30	偶发性拥堵
2008.9.29	B→A	13: 15: 00	13: 30: 00	15	常发性拥堵
		14: 05: 00	14: 25: 00	20	常发性拥堵
		15: 30: 00	15: 45: 00	15	常发性拥堵

5 结 语

分别设计了基于车牌识别数据的单车行程速度及区间平均行程速度采集方法,研究了交通拥堵的识别方法,利用某城市主干路的实测车牌识别数据进行了实例分析.结果表明,文中设计的单车行程速度采集方法及区间平均行程速度采集方法可以显著提高所得交通数据的质量,同时交通拥堵的识别方法能够准确获得拥堵持续时间及拥堵类型.然而,由于数据调查区域有限,以及车牌数据检测系统类型单一,算法的实用性有待进一步完善。

参考文献:

- [1] 姜桂艳. 道路交通状态判别技术与应用[M]. 北京:人民交通出版社,2004:69-70.
- [2] TUROCHY R E, SMITH B L. Applying quality control to traffic condition monitoring [C]//IEEE Intelligent Transportation Systems Proceedings. Dearborn: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2000: 15-20.
- [3] WANG Y B, PAPAGEORGIU M, MESSMER A. Real-time freeway traffic state estimation based on extended Kalman filter: a case study [J]. Transportation Science, 2007, 41(2):167-181.
- [4] KONG Q J, LI Z P, CHEN Y K, et al. An approach to urban traffic state estimation by fusing multisource

information [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2009, 10(3): 499-511.

- [5] 姚智胜,邵春福. 道路交通状态预测研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2009,41(4):247-250.
- [6] KERNER B S, DEMIR C, HERRTWICH R G, et al. Traffic state detection with floating car data in road networks [C]//IEEE Intelligent Transportation Systems Proceedings. Vienna: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2005: 700-705.
- [7] THAMMASAK T, SATIDCHOKE P, WASAN P A. Classification of road traffic congestion levels from GPS data using a decision tree algorithm and sliding windows [C]//Proceedings of the World Congress on Engineering. London: International Association of Engineers. 2009: 105-109.
- [8] 孙棣华,董均宇,廖孝勇. 基于GPS探测车的道路交通状态估计技术[J]. 计算机应用研究,2007,1(2):243-245.
- [9] KENNEDY J, CANTRELL C R, VARNEY M D. Highway travel time analysis using license plate image capture techniques [C]//Proceedings of Industrial and Highway Sensors Technology. Providence: International Society for Optical Engineering, 2004: 294-303.
- [10] 杨晓光,蔡润林,庄斌. 基于车牌自动识别系统的城市道路行程时间预测算法[J]. 交通与计算机, 2005,23(3):29-32.

(编辑 赵丽莹)