

基于地点车速的路段交通拥堵指数计算方法

宋志洪^{1,2}, 江金凤^{1,2}, 尹少东^{1,2}, 梁子君^{1,2}

(1.城市交通管理集成与优化技术公安部重点实验室, 安徽 合肥 230088;

2.安徽科力信息产业有限责任公司, 安徽 合肥 230088)

摘要: 利用固定检测器提供的地点车速等参数, 选用聚类分析方法建立固定检测设备的交通状态判别算法模型, 不同类的交通指数对应不同的计算方法, 为城市交通拥堵指数准确计算、交通决策、交通诱导等提供依据, 有利于缓解城市道路交通拥堵现状。

关键词: 地点车速; 聚类分析; 交通状态判别; 交通拥堵指数

中图分类号: U491.23

文献标识码: A

文章编号: 2095-0748(2015)15-0064-04

引言

随着我国各大中小城市汽车保有量的持续增长, 与有限的道路资源之间的矛盾不断激化, 道路交通拥堵现象日渐频繁, 城市道路交通管理者不得不利用各种渠道来缓解交通拥堵问题。其中, 通过现有的交通参数获取资源或者新增一些检测设备, 获取道路交通拥堵状态, 进而有规划有目的地向驾驶员发布道路交通运行状态, 诱导驾驶员出行, 达到缓解道路交通拥堵的目的。地点车速是城市道路路段交通实时拥堵状态的重要评价指标。但速度值的大小无法给决策者和出行者带来直观的拥堵感受, 因此需要计算一个拥堵指数来对现行路段拥堵情况进行分级评价。现有的拥堵指数计算方法在分级策略上主观意识较强, 无法从定量的角度做到精确分级; 另外, 计算模型的参数太少, 无法适应不同城市交通运行的实际状况, 可移植性不强。

1 交通拥堵类别及评价指标

目前国内对于交通拥堵的定义尚未有定论, 不

同城市、地区等拥堵的判定条件也不一。根据拥堵的规律性划分, 交通拥堵可分为周期性拥堵 (recurrent congestion, 也叫常发性拥堵) 和非周期性拥堵 (nonrecurrent congestion, 也叫偶发性拥堵)。周期性拥堵, 是指一定时间内反复出现的拥堵, 具有特定的规律性, 如最常见的早晚上下班高峰期拥堵。长期的道路施工、市政设施施工、地铁、大型建筑施工、节假日旅游出行等引起的拥堵也可看作周期性拥堵。非周期性拥堵, 是指随机出现的拥堵, 例如, 交通事故、违法行驶、突发事件、突发恶劣气候环境等意外原因引起的拥堵。一些不具备规律性的特殊事件, 如VIP车队、短期的大型活动等引起的拥堵, 也可看作非周期性拥堵。

不同城市对于交通拥堵的范围界定不同, 计算方法各有差异, 不同地区计算出的交通指数意义不同。目前沿用较多的是参照北京《城市道路交通运行评价指标体系 (DB11/T 785—2011)》, 将道路交通拥堵划为5个级别, 取值区间为[0,10], 对应拥堵状态级别如下表1所示。该地方标准中拥堵评价指标如表2所示。

表1 交通拥堵分级

道路交通运行指数	[0, 2]	[2, 4]	[4, 6]	[6, 8]	[8, 10]
道路网拥堵等级	非常畅通	畅通	轻度拥堵	中度拥堵	重度拥堵

收稿日期: 2015-07-15

国家科技支撑项目课题: 基于数据驱动的城市交通智能网联联控关键技术与示范 (编号2014BAG03B02)

第一作者简介: 宋志洪 (1984—), 男, 湖北安陆人, 硕士研究生, 毕业于长安大学公路学院交通工程专业, 工程师, 研究方向: 交通运输规划与管理。

表2 北京市《城市道路交通运行评价指标体系》

拥堵评价指标	
指标名称	说明
道路交通运行指数	综合反映道路网交通运行状况
道路交通拥堵率	综合反映特定时段内的交通拥堵程度
拥堵里程比例	从空间分布的角度反应道路网交通拥堵的影响范围
拥堵持续时间	从时间分布的角度反应道路网拥堵状况和变化趋势
常发拥堵路段数	反应交通拥堵发生的聚集性、潮汐性
行程时间可靠性指数	反应道路网交通运行的波动性

不同地区、区域交通拥堵级别根据需求采用不同的评价指标，采用的方法主要由交通量组成、不同出行方式组成比例、道路条件、交通组织等因素综合决定。

2 基于地点车速的路段拥堵指数计算模型

路段交通拥堵指数（TPI）是路段运行状态的量化指标参数，用于微观评价路段的拥堵程度和服务水平。通过对某路段的历史地点车速数据进行聚类分析，确定出交通状态的判别界限，给出拥堵指数分级的阈值，并确定交通拥堵指数计算模型的参数值。在一定时间汇集度内，对通过该固定检测设备与其他设备数据如电子警察、卡口等数据进行比较分析及融合，得出该时间汇集度内该路段具有代表性的速度值。然后利用拥堵指数计算公式将速度值换算成拥堵指数，得到当前路段的交通拥堵情况。

传统的交通状态判别算法过于生硬的将交通参数看作是线性变化，确定预定阈值，根据是否超出阈值来判别是否拥挤，切割了道路交通状态各个等级间的内在联系，在此为了避免此问题，选用机器学习中的聚类分析方法建立固定检测设备的交通状态判别算法模型。

交通参数的选择是建立基于固定点检测器交通状态算法模型的基础上，选择合理的交通参数可以保证算法模型具有良好的实用性、可靠性和有效性。城市道路交通状况通常是指交通流特征，在此交通流指的主要是车流。交通流特征是由交通流参数来描述，宏观参数有交通量、速度、密

度、占有率和排队长度，微观参数包括车头时距和车头间距。

固定检测器都是按照一定的时间间隔采集数据的，但是在实际情况中，交通检测器扫描频率不固定、传输线路出现故障、车辆过度密集造成交通检测器无法正确检测车辆等多种原因都会使采集到的交通数据无法严格地按照指定的时间间隔上传，经常会出现某个时段或连续几个时段内数据丢失的现象。所以可对一定时间段采集的数据进行扫描和判断，如果在该时段内没有获得数据或获得多组数据，则说明数据丢失，进行修复处理。

错误数据的数值通常表现为0，或者是超过可能出现的最大值 y_{\max} ，所以数值不在 $(0, y_{\max})$ 之间的数据被认为是错误数据。对于每一类交通参数，都根据经验公式给它一个大致范围，如果数据不在这个范围之内，则认为是错误数据应该剔除。

要得到模型，需要首先有样本数据，用来得到模型参数。选取每个检测点过去一个月的数据作为样本数据。由于速度、流量、占有率和车头时距的单位和数量都不同，因而首先需要归一化。用z-score方法对其作归一化处理。

假设样本数据集为 $S=\{(q_1, o_1, v_1, g_1), (q_2, o_2, v_2, g_2), \dots, (q_n, o_n, v_n, g_n)\}$ ，其中 (q_i, o_i, v_i, g_i) 表示一个样本点， q_i, o_i, v_i, g_i 分别代表流量，占有率，速度和车头时距。

流量的均值 $\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i$ ，流量的方差 $V_q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2$ ；
占有率的均值 $\bar{o} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n o_i$ ，占有率方差 $V_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2$ ；
速度的均值 $\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$ ，速度的方差 $V_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2$ ；
车头时距的均值 $\bar{g} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i$ ，车头时距的方差 $V_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (g_i - \bar{g})^2$ ；

归一化后的输入参数格式为

$$(\hat{q} = \frac{q_i - \bar{q}}{V_q}, \hat{o} = \frac{o_i - \bar{o}}{V_o}, \hat{v} = \frac{v_i - \bar{v}}{V_v}, \hat{g} = \frac{g_i - \bar{g}}{V_g})$$

对每个固定检测器，选取过去一个月的数据，把数据分成两组：周一到周五作为一组，周六和周日作为另一组。对这两组数据分别构建模型。根据所要得到的交通状态级别，决定模型最终得到的簇(cluster)的数目以及每个簇的聚类中心点，五个簇分别代表五个交通状态等级^[1-3]。

一旦模型构建成功，就可以用来判别交通状

态, 基本原则就是计算要判别的数据点与五个聚类中心的欧氏距离, 离哪个聚类中心最近, 就把它归为哪个交通状态。

根据聚类分析结果, 每类都有相对独立及对应的方法, 如下所示:

TPI的计算公式:

$$a = \frac{V_f - v}{V_f} * F$$

$$TPI = \frac{\frac{a}{x} \cdot 2}{\frac{a}{y} \cdot \frac{x}{y} \cdot 2(x \cdot a \cdot y)} + \frac{\frac{a}{z} \cdot 2}{\frac{a}{p} \cdot \frac{z}{p} \cdot 2(z \cdot a \cdot p)} + \frac{\frac{a}{k} \cdot 2}{\frac{a}{p} \cdot \frac{k}{p} \cdot 2(p \cdot a \cdot k)}$$

其中,

V_f ——该路段自由流速度;

v ——地点车速;

a ——分段函数自变量;

F 、 x 、 y 、 z 、 k 、 p ——可变参数。

主要按照以下几个步骤进行:

1) 确定模型参数值。选取某一城市路段, 对路段的速度历史数据进行聚类分析, 得出拥堵程度的五个类别, 确定每一类别的分界值速度; 设 F , 将各临界速度代入公式, 等于各临界拥堵等级对应的指数值, 求得 x 、 y 、 z 、 k 、 p 各参数的值;

2) 确定时间汇集度。时间汇集度是计算RCI的时间间隔。对连续的历史数据, 进行扫描找出交通状态维持同一拥堵等级的最小时间距离 T 。若 $T > 10 \text{ min}$, 则取 $T = 10 \text{ min}$, 若 $T < 3 \text{ min}$, 则取 $T = 3 \text{ min}$ 。

3) 多源异构数据融合, 得出代表性速度。在时间汇集度内, 对固定路段检测器和FCD采集到的该路段的地点车速进行融合, 对不同数据格式进行同一化转换, 然后根据各检测器数据量的多少对速度进行加权计算, 得出具有路段典型代表性的速度平均值 V 。数据量很少的可以用插值法和同期历史数据补充, 如果没有数据, 则速度为自由流。

4) 计算当前时间汇集度内的 I_{RC} 。将上一步得到

的速度平均值代入公式, 得到当前时间汇集度内的路段拥堵指数 I_{RC} 。

5) 模型参数修正。根据现场交通运行实际情况, 和当地居民出行感受, 调节参数。先调节 F 的值, 进行整体的粗调, 然后对各拥堵水平对应的阈值 x 、 y 、 z 、 k 、 p 进行微调, 直至达到满意的结果。

计算出路段的结果后, 一些宏观指标如全路网运行指数、分片区的运行指数、市区主要道路的运行指数等, 均可按照北京《城市道路交通运行评价指标体系 (DB11/T 785—2011)》规定的进行计算, 主要不同的是不同道路的阈值设定不一而已。

3 模型验证

以舟山市海天大道 (千岛路-体育路段) 为例, 以流量和地点车速为基础指标根据上述模型计算实际TPI, 进行模型验证工作。该路段为双向六车道, 道路类型为主干道。固定检测器检测到的速度数据 (全天观测值, 其中纵坐标为速度, 横坐标为时间点) 如图1所示。

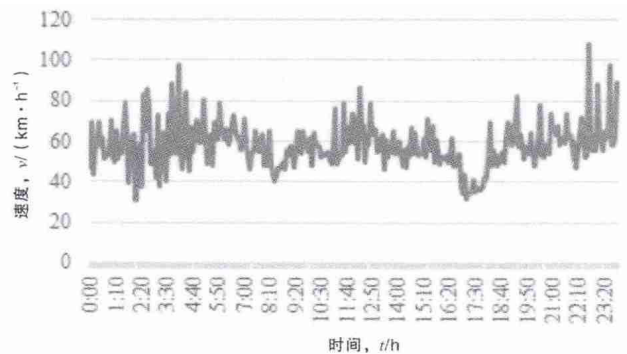


图1 海天大道 (千岛路-体育路段) 全天速度变化曲线图
全天流量观测值如图2所示。

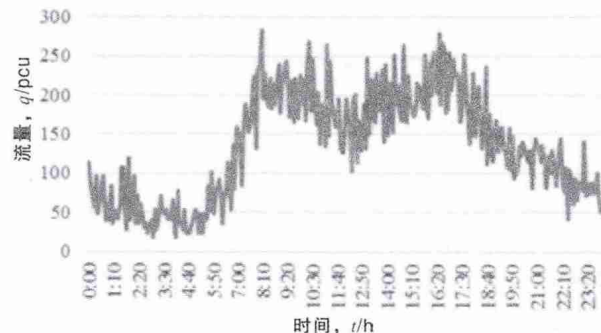


图2 海天大道 (千岛路-体育路段) 全天流量变化曲线图
(统计周期5 min)

根据速度参数计算出的指数如图3所示。

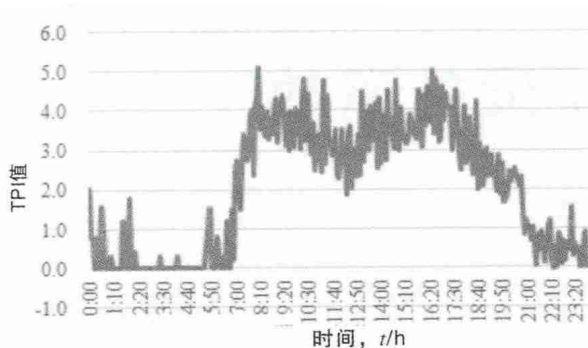


图3 根据速度参数及上述模型计算出的TCI值

由图1展示的结果,根据上节所阐述的模型计算出对应的 I_{RC} 值,与流量变化曲线拟合,基本一致。由此可知,在地点车速准确的前提下,可用于道路交通拥堵指数的计算,同时还必须以掌握的其他参数如流量、密度等参数予以验证,这样才能够保证计算RCI值的准确性。舟山市道路交通拥堵指数计算首先要结合当地实际情况,用不同参数计算RCI值,确定模型中可变参数的取值区间,计算出的结果也须结合实际交通运行状况反复验证。

4 结语

根据固定检测设备获取的地点车速、流量等参数,利用聚类分析方法,研究不同级别交通运行状态的交通指数计算方法,并结合实际的工程项目,阐述该方法的可行性与可用性。当然,针对交通流量未达到饱和状态的中小城市和县域城市而言,本方法可用性较高,但对于一些大城市经常有饱和或过饱和状态时,本文提到的方法还有待验证。

参考文献

- [1] 祝付玲.城市道路交通拥堵评价指标体系研究[D].南京:东南大学,2006.
- [2] 常贵智.城市道路交通拥堵判定研究[D].重庆:重庆交通大学,2007.
- [3] 郭璘.基于信息融合的交通信息采集研究[D].合肥:中国科学技术大学,2007.

(编辑:姚欢)

The Traffic Congestion Index Calculation Method Based on the Place Speed of the Road Section

Song Zhihong^{1,2}, Jiang Jinfeng^{1,2}, Yin Shaodong^{1,2}, Liang Zijun^{1,2}

(1.Ministry of Public Security Key Laboratory of Urban Traffic Management, Integration and Optimization Technology, Hefei Anhui 230088;2. Anhui Keli Information Industry Co. Ltd., Hefei Anhui 230088)

[Abstract] Using fixed detector provides spot speed and other parameters, the choice of clustering analysis method to establish fixed detection device of traffic state identification algorithm model, different kinds of traffic index corresponding to different calculation methods, for urban traffic congestion index calculation, transportation decision-making, traffic guidance provide the basis, is conducive to ease the situation of urban road traffic congestion.

[Key words] location speed; clustering analysis; traffic state discriminant; traffic congestion index