

基于车载电子标签数据的单交叉口 状态判别研究

刘云翔, 贾璐, 朱萍

(上海应用技术学院 计算机科学与信息工程学院, 上海 201418)

摘要: 基于目前交叉口状态判别存在设备安装复杂度高, 判别准确率低, 受环境影响大、无法识别具体车辆等问题, 提出基于车载电子标签数据的交叉口状态判别方法; 通过简化模型, 以两相位单交叉口为例, 选择的参数为流量, 交通密度, 停车数量; 最后经 VISSIM 交通仿真软件的二次开发, 模拟车载电子标签运行环境, 通过对比仿真试验所得与专家观察分析所得, 相似度高达 90% 以上; 证明该方法在克服以往方法缺陷的基础上可有效判别交叉口状态。

关键词: 智能交通; 交通流量; 交通密度; 停车数量; 状态判别

Study on single Intersection State Identification Based on Vehicle Electronic Tag Data

Liu Yunxiang, Jia Lu, Zhu Ping

(School of Computer Science and Information Engineering, Shanghai Institute of Applied Technology,
Shanghai 201418, China)

Abstract: Due to the current intersection state identification exists some problems, such as high confused equipment installation, low accuracy rate easily affect by the circumstance, sensitive parameters are difficult to obtain, and so on. Traffic congestion identification design based on vehicle electronic tag data is proposed. Take two phase single intersection as an example, select the traffic flow, traffic density, parking number as parameters for traffic. The simulation environment is built by VISSIM with secondary development. By comparing the simulation results with the analysis of the results obtained from the experts, the degree of similarity is higher than 90%. It is proved that this method can effectively distinguish the intersection state.

Keywords: intelligent transportation; traffic flow; traffic density; parking number; state discrimination

0 引言

城市的发展与道路交通状态息息相关, 道路交通拥挤状态是指交通流的总体运行状况, 是用各区间的交通参数所表示的交通流状态, 包括宏观路网交通状态、微观路段和交叉口交通状态。交通状态的判别可以为交通的控制与诱导做好准备。而由于交通的复杂性, 变化性等特点给道路交通状态判别^[1-2]带来一定的困难, 至今交通状态的判别没有明确的标准。一般对于交通判别有两种, 一是人工被动判别, 一是自动主动判别。近年来, 随着技术的发展, 越来越倾向于主动判别, 主动判别有基于固定检测器、移动监测器、多源检测器等方法。各自有相应的算法, 没有一种算法的绩效完全优于其他算法。而由于移动式检测设备的兴起, 交通状态的判别越来越倾向于基于移动设备。移动设备目前主要使用的有 GPS 与 GIS, 车载电子标签与车牌判别等等^[3-5]。每种判别的适合领域不一样。本文

主要阐述基于车载电子标签的状态判别。

1 结构设计

在交叉口的设备安装情况^[6]如图 1。模型简化为单交叉口直行, 相位为两相位。在距离交叉口 50 m 地方安装背靠背式阅读器 (以下简称 Reader), 通过调整阅读器两边的内部天线发射的频率, 控制检测范围为靠近交叉口两端 200 m (交叉口方向 50 m, 背离交叉口方向 150 m)。通过与交叉口信号灯之间的通信, 在了解信号周期的基础上结合标签数据进行判别。

2 基于参数的算法设计

2.1 参数选择

以往交通拥挤自动判别 (automatic congestion identification, ACI) 算法中通常采用的参数见表 1, 表中 “*” 表示其中参数可以任选其一。从表中可见算法大多采用一个交通参数, 其中使用较多的为交通量与占有率。原因与参数的获取难易, 对交通的敏感度等有关。

而对于车载电子标签, 有的参数可以直接获取, 有的只能间接获取, 而有的则无法获取, 具体参数的获取情况见下表 2。综合这两个方面的原因选择了适合本文判别方法的参数: 选择对交通状态敏感的交通量与交通密度为参数, 为了排除停车对交通状态的误判别, 这里新增停车数量。

收稿日期: 2015-08-30; 修回日期: 2015-09-06。

基金项目: 上海市科委重点支撑项目 (12510503800)。

作者简介: 刘云翔 (1964-), 男, 上海人, 工学博士, 主要从事人工智能、计算机软件与理论、信息融合、智能信息处理等领域方向的研究。

贾璐 (1991-), 女, 江苏无锡人, 研究生, 主要从事智能检测与控制方向的研究。

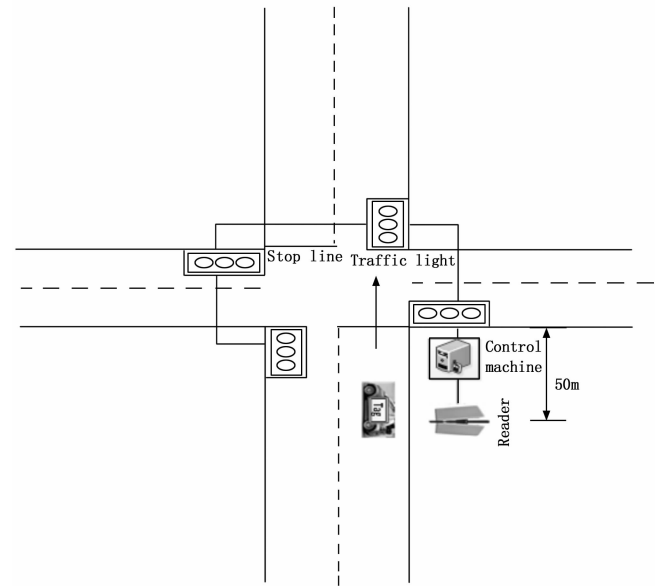


图 1 基于车载电子标签的交通状态判别路口设计图

表 1 各算法通常采用的数据

算法名称	交通量	速度	密度	占有率
指数平滑法	* *	* *	* *	* *
加州算法				*
McMaster 算法		*		*
SND 法	* *			* *
互相关法			*	
卡尔曼滤波	*			

表 2 车载电子标签的参数获取情况表

交通参数	不可的	间接可得	可得
交通流量			*
瞬时车速	*		
行程时间		*	
行程车速		*	
多车道覆盖			*
占有率		*	
车队长度		*	

2.2 参数定义

流量 $Q^{[2]}$:

$$Q = \frac{N}{T} \tag{1}$$

其中: T 为观测时段的长度(h); N 为观测时段内的车辆数(veh)。

流量指标最大的优点是数据获取容易。在 Tag 下的流量我们将令 $T=1$, 则 $Q = N$ 。

交通密度 $K^{[2]}$:

$$K = \frac{S}{l} \tag{2}$$

其中: S 为车辆数 (veh); l 为观测路段的长度 (km)。
交通密度是一个能直观体现道路上车辆密集程度的指标,

能够弥补单独使用流量参数的缺陷。以往获取交通密度的实测数据存在较大难度。这里设观测路段的长度设为一个单位, 则上述公式变为 $K = S$ 。

停车数量: 在交通状态畅通的情况下, 连续两个绿灯周期检测到相同的车辆, 这些车辆数量即为停车数量。

$$J = S_j \tag{3}$$

其中: S_j 为连续两个绿灯周期检测到的相同车辆数(veh);

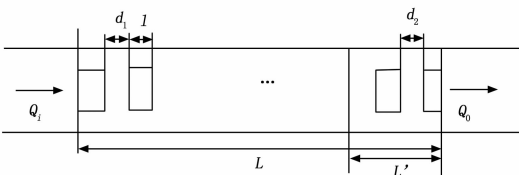


图 2 检测区间车辆模型图

2.3 模型设计与算法

如上图所示, 假设车辆长度 l , 在正常情况车间距离为 d_1 , 在排队情况车间距离为 d_2 , 整个路段的距离为 L , 靠近交叉口方向检测的距离为 L' , 进入的检测区间的车流为 Q_i , 离开车流为 Q_o :

$$Q_{\max} = T_g C / 3600 \tag{4}$$

其中: Q_{\max} 为最大的离开车子流量为 T_g 为该方向上绿灯的时间。

$$K_{LL} = S_{LL} = \frac{L + d_1}{l + d_1} \tag{5}$$

其中: K_{LL} 为路段正常行驶时的最大密度。

$$K_{LH} = S_{LH} = \frac{L + d_2}{l + d_2} \tag{6}$$

其中: K_{LH} 为交通路段的排队时最大的密度。

$$K_{50\max} = \frac{L' + d_2}{l + d_2} \tag{7}$$

其中: $K_{50\max}$ 为靠近交叉口 50 m 的最大密度。

将经过两个绿灯周期还有相同的车辆的数量记为停车数量^[7-8], 停车数量公式如下:

$$J = S_j \tag{8}$$

针对连续两个绿灯周期作如下定义。

定义 1: 严重拥堵: 第二个绿灯周期 $K_2 > K_{LH}$ 。

定义 2: 拥堵: 两个绿灯周期 $K_{LL} < K \leq K_{LH}$, 且第二绿灯周期 $Q_{i2} \geq Q_{o2}$ 。

定义 3: 一般拥堵: 第二绿灯周期 $K_{LL} < K_2 \leq K_{LH}$ 且第一绿灯周期 $K \leq K_{LL}$, 或者第二绿灯周期 $K_{LL} < K_2 \leq K_{LH}$, 且 $Q_{i2} < Q_{o2}$ 。

定义 4: 畅通: 第二绿灯周期 $K_2 \leq K_{LL}$, $J = 0$ 。

定义 5: 停车: 第二绿灯周期 $K_2 \leq K_{LL}$, $J \neq 0$ 。

在严重拥堵时, 当 $Q_i < Q_o$, 严重拥堵持续时间 $T_c = \frac{K - K_{LH}}{Q_o - Q_i}$, 拥堵往消散方向发展。当 $Q_i \geq Q_o$, 严重拥堵持续时间 $T_c \rightarrow \infty$ 。在畅通时, $Q_i \geq Q_o$, 拥堵缓冲时间 $T_h = \frac{K_{LL} - K}{Q_i - Q_o}$, 当 $Q_i < Q_o$, 拥堵缓冲时间 $T_h \rightarrow \infty$ 。在拥堵时, 拥堵缓冲时间 $T_h = \frac{K_{LH} - K}{Q_i - Q_o}$, 在一般拥堵时, 拥堵持续时间

$T_c = \frac{K - K_{LL}}{Q_o - Q_{i2}}$ 。算法流程如下图 3，图 4 所示。过程分成数据
采集与算法判别两部分。在数据采集部分，为了适应仿真流
程，设置了仿真时间，仿真时间到即结束。

在状态判别部分，由于仿真软件本身问题，严重拥堵时车
辆失序的状态不可能出现，当严重拥堵时，道路上超过其通行
能力的部分车辆将会消失，而在仿真结束时弹出相应提示。因
此将严重拥堵部分的判别改为软件是否出车完成，否则认为严
重拥堵，否则进行下阶段的判别。在严重拥堵时，当 $Q_{i2} \neq$
 Q_{o2} 时，则计算拥堵持续时间 $T_c = \frac{K_2 - K_{LH}}{Q_{o2} - Q_{i2}}$ ；不为严重拥堵
时，当连续两个绿灯周期的 $K_{LL} < K \leq K_{LH}$ ， $K_{50} = K_{50max}$ ，
且其中第二绿灯周期 $Q_{i2} \geq Q_{o2}$ ，判该阶段状态为拥堵，计算
此时的拥堵缓冲时间 $T_h = \frac{K_{LH} - K_2}{Q_{i2} - Q_{o2}}$ ；当第二个绿灯周期
 $K_{LL} < K_2 \leq K_{LH}$ ， $K_{50} = K_{50max}$ 且第一绿灯周期 $K \leq K_{LL}$ ，或
者第二绿灯周期 $K_{LL} < K_2 \leq K_{LH}$ ， $K_{50} = K_{50max}$ ，且 $Q_{i2} <$
 Q_{o2} ，都判该阶段状态为一般拥堵，但在第一种情况时，计算
拥堵缓冲时间 $T_h = \frac{K_{LH} - K_2}{Q_{i2} - Q_{o2}}$ ，在第二种情况时，计算拥堵
持续时间 $T_c = \frac{K_2 - K_{LL}}{Q_{o2} - Q_{i2}}$ ；当第二绿灯周期 $K_2 \leq K_{LL}$ 时，判
别该状态为畅通，在 $Q_{i2} \geq Q_{o2}$ ，且 $J = 0$ 时，计算拥堵缓冲
时间 $T_h = \frac{K_{LL} - K_2}{Q_{i2} - Q_{o2}}$ ，在 $J \neq 0$ 时，此时有停车现象。具体过
程见图 4 判别流程图。

3 仿真结果与分析

用 VISSIM 软件对交叉口进行仿真。为了仿真从更客观的
角度反映问题的本质，该仿真做了如下假设：

- 1) 交叉口仅为单交叉口，相位为两相位；
- 2) 驾驶员不存在看到绿灯不行使的状态；
- 3) 安全事故不存在；
- 4) 观测道路上车辆仅为小轿车；
- 5) 检测道路为单车道。

利用检测线圈模拟位于交叉口两端的接收机接收范围。分
别仿真车流量在 200，400，600，800，1 000，1 200 时的交叉
口交通状态。仿真时间 3 600 s 其中含有 600 s 的暖机时间，随
机数种子选择 42。仿真图如图 5 所示^[9]。其中包括交叉口信
号灯和数据采集点，左边三条构成交叉口左边 50 m，150 m 的
检测范围。信号周期为 60 s，为了仿真的便捷，不设黄灯时
间，仅设全红时间 5 s。

仿真结果将数据分为 10 个一组，求出平均值，将所得结
果与请 10 位观察者在相同时间观察后打分的结果作比较，比
较结果如图 6。

实验结果图的上面部分为专家组的判别结果，下面部分为
算法判别结果。其中每张图从左至右分别是交通情况为 200
veh/h，400 veh/h，600 veh/h，800 veh/h，1 000 veh/h，1
200 veh/h 时的交通状态判别结果。实验结果显示，利用交通
量、交通密度，停车数量可以较好的判别交叉口交通状态，尤
其在调整算法后能较好的克服交通软件 VISSIM 在判别严重拥
堵时的缺陷，更好的判別了交叉口严重拥堵的状态。在与 10
组专家打分比较中，比较结果表见表 3，表 4。

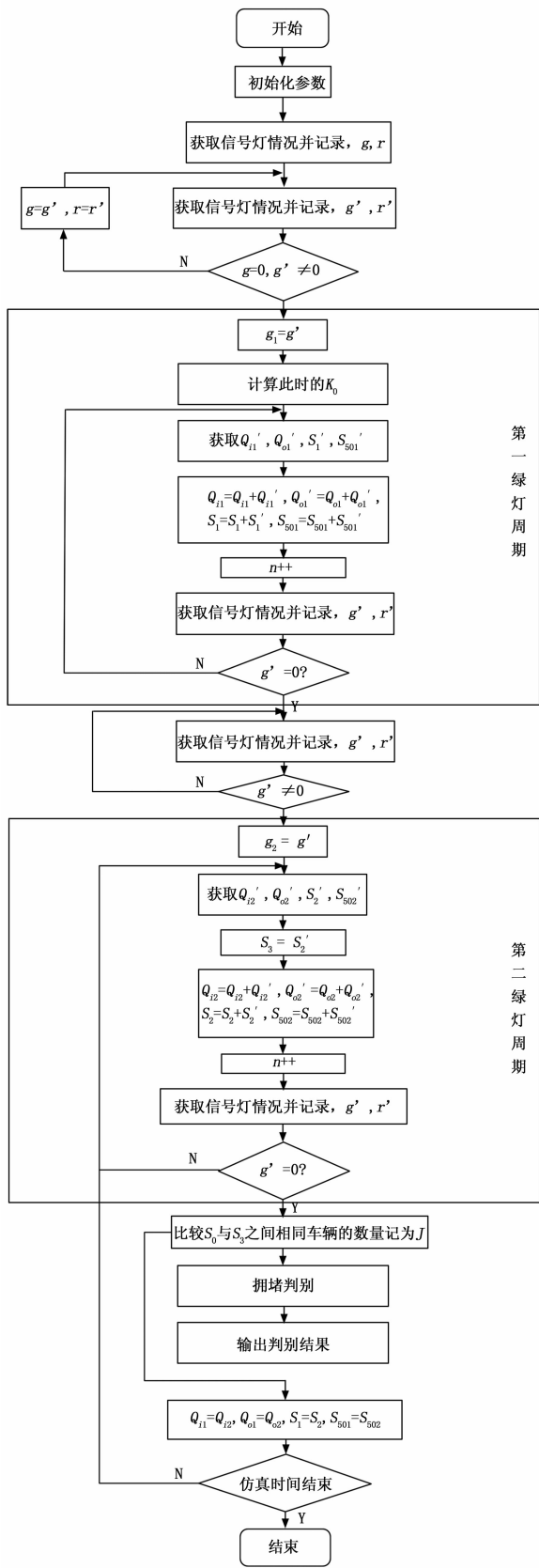


图 3 交通状态判别算法流程图

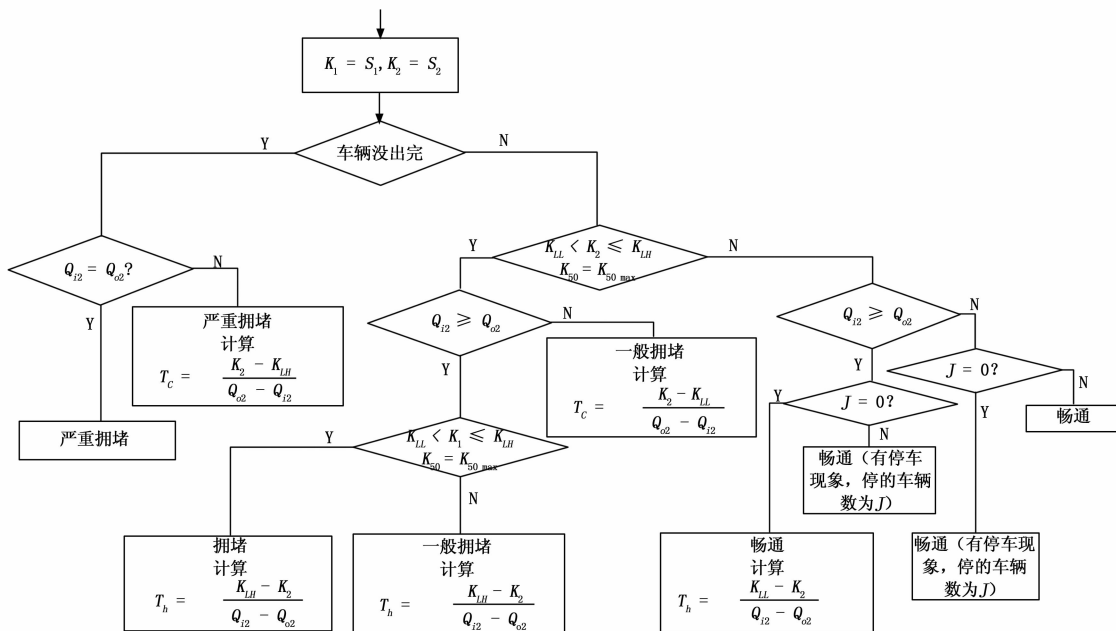


图 4 交通状态判别的流程图

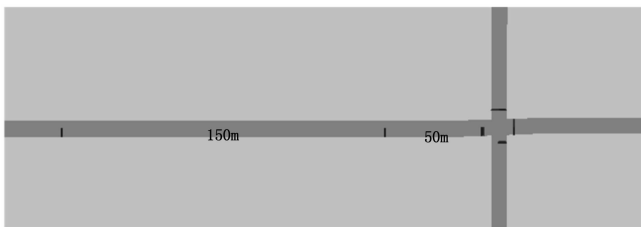


图 5 仿真实验图

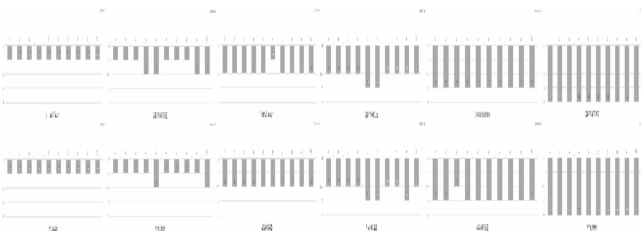


图 6 实验结果对比图

表 3 误差分析表 1

出行车辆数(veh/h)	200	400	600	800	1 000	1 200
平均误差	0%	10%	10%	20%	10%	0%

表 4 误差分析表 2

拥堵程度	畅通	轻度拥堵	拥堵	严重拥堵
平均误差	5%	15%	10%	0%
整体平均误差	7.5%			

从误差分析表可得该算法判别结果的准确度较高,在90%以上。并且经过适应软件的修正后在严重拥堵情况下判别率几乎为零。误差的来源主要集中于一般拥堵与拥堵的状态,原因主要为判别等级划分细度不够。专家组存在一定人为因素干扰,在等级细度划分不够的情况下,该干扰将尤其明显,特

别是在临界点地方。但总体认为实验结果可信,利用车载电子标签获得的交通流量、交通密度和停车数量的参数数据,以及配合交叉口信号灯状态可以较好的判别交叉口的交通状态。

4 结论

基于车载电子标签数据的交叉口状态判别,利用 tag、reader、控制机与信号灯组组成的联动体系,获得的交通流量、交通密度和停车数量等参数数据,再配合交叉口绿灯周期,可以较好的判别交叉口的状态。数值仿真结果与专家判别结果对比,相似度高达 90% 以上,在严重拥堵状态下的相似度高达 100%。证明该方法可有效判别交叉口状态。但当交叉口车道不为单车道,相位也增加至超过两相位时,该判别方法的准确度还需进一步验证。

参考文献:

- [1] 张新等. 基于视频投影法的交通拥挤实时检测算法 [J]. 合肥工业大学学报 (自然科学版), 2013 (3): 319-323.
- [2] 胡启洲, 等. 城市路网交通拥堵态势监控的测度理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [3] 但雨芳, 马庆禄. RFID, GPS 和 GIS 技术集成在交通智能监管系统中的应用研究 [J]. 计算机应用研究, 2009, 12: 4628-4630.
- [4] 赖 锴, 米慧超. 基于 RFID 的未知标签检测协议研究 [J]. 计算机应用研究, 2015 (3): 814-820.
- [5] Mandal K, Sen A, Chakraborty A, et al. Road traffic congestion monitoring and measurement using active RFID and GSM technology [A]. Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14th International IEEE Conference on [C], pp. 1375-1379, 2011.
- [6] 邢 磊. 车辆检测技术研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2013.
- [7] 晏承玲. 基于模糊理论的城市道路交通状态判别研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2013.
- [8] 孙晓亮. 城市道路交通状态评价和预测方法及应用研究 [Z]. 北京: 北京交通大学, 2013.
- [9] VISSIM 5.20 用户手册 [Z]. Karlsruhe, Germany. 2009 PTV AG.