

# 行驶时间估测及多点交通流数据融合

曹丽, 刘杰, 尹朝征, 路加 (清华大学自动化系 北京 100084)

**摘要:** 本文对交通流进行仿真, 收集多点的检测数据, 验证估测方法并且引入结合车流密度的检测方法。首先, 文章对已有的估测方法作了简要回顾, 然后根据仿真模型的结果发现交通流量的融合对于在交通拥挤条件下有更好的估测结果, 并进一步提出一种融合交通密度的新方法。最后, 对将来数据融合方法在行驶时间估测中应用的方向进行了讨论。

**关键字:** 智能交通系统 行驶时间估计 数据融合 车流密度

## Travel Time Estimation and Data Fusion

### Based On Multiple Traffic Measurement Spots

Cao Li, Liu Jie, Yin Zhao-zheng, Lu Jia ( Dept. of Automation, Tsinghua University , 100084 )

**Abstract:** The purpose of this study is to simulate traffic flow, gather multi-spot data, test the estimation methods and to drive a better method which inducts the traffic density. Firstly, the current estimation methods are reviewed. Next the simulation results are shown that traffic speed data fused by traffic flow data is effective to estimate the traffic time on the congested occasion, then a new method fusing traffic density is proposed to show better result. Lastly, the direction of future research is discussed.

**Key words:** ITS travel time estimation data fusion traffic density

## 1. 引言

行驶时间的估测是当今智能交通系统中的研究热点。在路段上的不同点埋设传感器, 通过对来车的脉冲信号的检测而得到流量; 距离很近的两个传感器可以得到通过这一点车辆的瞬时速度。两个检测点之间单位距离内的车辆数则是该路段的车流密度, 对这几个主要检测结果的处理可以得到行驶时间。通常每隔一段时间(如5分钟), 结果显示在高速路的路口处设置的公告牌上。估测结果应当具有相当的准确性, 才能合理分配交通流, 避免交通拥挤的发生。

## 2. 行驶时间的估测算法:

### 2.1 直接法:

典型的直接方法通常是利用 AVI 设备, 在入口和出口分别设置 CCD 摄像头, 记录特定的一辆车通过入口和出口的时刻, 两个时刻之差就是这辆车通过这一路段所用的时间。在一段时间间隔内对所观察的车辆的全部结果进行平均, 得到行驶时间。从理论上来说, 直接方法的结果非常准确, 但是, 直接法硬件结构复杂, 受环境因素影响大。

### 2.2 间接法:

通常分下面的步骤:

1. 测量单车在检测点上的瞬时速度  $v_{入}$ ,  $v_{出}$ ;
2. 在给定的时间间隔内, 计算空间平均速度;

3. 利用公式转化为时间平均速度;

$$\bar{v}_{space} \approx \frac{\bar{v}_{time}}{2} + \sqrt{\frac{\bar{v}_{time}^2}{4} - \hat{\sigma}^2(v_{time})} \quad (1)$$

4. 求两个速度的调和项;
5. 求路段的行驶时间;
6. 求多个路段的时间, 两种方法:

$$T(k) = \sum_i t_i \quad (2)$$

$$T(k) = L \frac{\sum_i t_i(k) q_i(k)}{\sum_i L_i q_i(k)} \quad (3)$$

(3)式融合了流量数据, 这将在一定程度上提高精确程度, 下面会通过仿真试验得到验证。

### 2.3 直接方法和间接方法的融合:

典型的直接方法与间接方法的融合有神经网络模型和遗传算法等, 具体可参考文献[1], [3]。

## 3. 交通流仿真模型:

### 3.1 交通流仿真模型的实现:

仿真模型的原理图见文末。模型的建立过程中, 参考了交通量的统计特性: 发车的时间间隔, 也就是车间时距, 遵守对数正态分布, 所以发车间隔是计算机发生的对数正态分布的随机数; 发车速度采用正态

分布的随机数；车辆在行驶过程中，采用车辆跟驰模型来控制车辆在行进过程中的加速度。模型可以构造不同的交通环境，可以在正常（通畅）和拥挤的两种条件下进行转换。

### 3.2 仿真实验：

数据由于版面所限未能发表，欢迎来信交流。

### 3.3 结果分析及结论：

在通畅的交通流情况下，方法（1）和方法（2）都很好地接近直接方法的测量结果。而对于拥挤情况下，方法（2）融合了流量，能够一定程度上反映路段内的拥挤堵塞的情况，所以，效果好一些。

检测点的设置决定能否检测到交通流变化的信息，从而影响到最后结果的准确性。所以检测点至少要设置在交通速度最容易发生变化的地方，例如道路出入口和信号灯停车线的附近等。

## 4. 一种改进的行驶时间算法：

中国交通部智能交通研究所的技术人员采用方法一，但只在交通顺畅的高速公路上采用。具体到一般的公路上，由于拥挤时常发生，很容易影响估测结果。结果不够精确的原因主要是速度利用的不合理，因为出入口两点速度简单平均不能准确代表空间平均速度，即使用流量进行融合，也只是有一定的改善。

考虑到如果所有的传感器能够被一个中心随时监控，那么车辆经过检测点时，除了改变流量值，得到一个瞬时速度值之外，还查询得到这个时刻其他检测点上的时间平均速度和流量的值。那么一个车辆的一个瞬时速度就能够对应到一个此时刻车辆所在路段对应的密度。

空间平均速度和密度的关系引入格林息尔治模型

$$v = v_k \left(1 - \frac{k}{k_j}\right) \quad (4)$$

其中  $v_k$ ,  $k_j$  分别是畅行时的速度和阻塞密度  
在检测过程中，一个瞬时速度对应一个车流密度，根据模型计算出一个与这个密度对应的的速度值，如果实际检测速度与计算值有大的差异的话，则对检测值进行一定的折算，然后用折算后的值作为检测结果继续进行后面的计算。具体的方法是：

$$\text{if } V_t/V_s > \varepsilon, \text{ then } V_t = V_t(1 - k/k_j) \quad (5)$$

$V_t$  为检测得到的实际瞬时速度， $V_s$  为模型得出的计算值。实验结果显示平均相对误差变小。

### 4.1 结论：

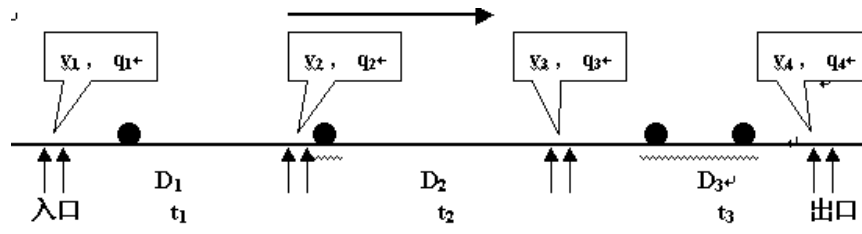
1. 由于能够实时检测到车流密度，并且根据拥挤的程度实时地对检测到的瞬时速度进行一定的折算，所以，结果比原有的方法有一定程度的改善。
2. 对于两点速度对整个区间的空间平均速度的逼近问题，我们有理由相信引入流量信息和密度信息是一个有前途的方向。本文方法检测车流密度，对路段内的交通流借用了格林息尔治的模型，但应该还会有更准确的模型。如何与流量和密度信息结合起来检测交通环境的变化与否和变化的程度，还有待于今后的进一步研究。

## 5. 总结：

本文总结了智能交通系统的行驶时间的估测问题的一些研究方法，建立了基于多点检测的交通流仿真模型，利用模型进行仿真试验，并根据从仿真结果发现的问题提出了一种改进的检测方法及处理方法，可以更好地对在拥挤交通流情况下行驶时间进行估测，但是融合的具体方法仍然有待于进一步的提高。

### 参考文献

- [1] K. Yamane, T. Fushiki, M. Furuta & Y. Sano: Deployment of travel time estimation system combining license plate recognition AVI and ultrasonic vehicle detectors, the 6<sup>th</sup> ITS World Congress, Toronto 1999, No. 3078
- [2] Lindeld, Ch. D. R. and Thijs, R.: On-Line Travel Time Estimation Using Inductive Loop Data: The Effect of Instrumentation Peculiarities, the 6<sup>th</sup> ITS World Congress, Toronto 1999, No. 2213
- [3] Application of a Neural - Kalman Filter Technique for Dynamic Estimation of O-D Travel Time and Flow, the 5<sup>th</sup> ITS World Congress, Toronto 1999
- [4] 交通流理论, 丹尼尔 等著, 蒋璜等译 人民交通出版社
- [5] 高等级公路交通流理论 罗霞等著, 西南交通大学出版



$$x = \Delta l / \Delta t$$

$$q = q + 1$$

图 1. 仿真模型原理示意图