

Recognition and Feature Analysis of Lane Changing and Overtaking Behavior in Urban Tunnels

Haomiao Liao

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: Long-term sampling of real-time traffic conditions in a city tunnel in Chongqing was carried out using the vehicle operation monitoring and recognition system, and the illegal lane change and overtaking behavior were identified by comparing the queue sequence of vehicles at the entrance and exit of the tunnel; the illegal lane change, overtaking behavior and real-time traffic parameters were analyzed based on these law, relevant measures and suggestions are put forward.

Keywords: City tunnel; Lane change; Overtaking; Real-time traffic parameters; Law analysis

城市隧道超车、变道行为识别及特征分析

廖浩淼

重庆交通大学, 重庆, 中国, 400074

摘要: 利用车辆运行监测识别系统对重庆某城市隧道实时交通状况进行了长期采样, 利用比对隧道出入口车辆排队序列的方式识别违规变道、超车行为; 分析了违规变道、超车行为与实时交通参数之间的规律, 针对这些规律提出了相关措施及建议。

关键词: 城市隧道; 监测; 变道; 超车; 实时交通参数; 规律分析

1 引言

城市隧道内的违规超车、变道是诱发追尾、刮擦等事故的主要诱因之一[1], 尽管现阶段大多数城市隧道均已配备电子眼等设备, 但由于其抓拍覆盖率有限, 违规现象仍得不到彻底有效的杜绝[2]。针对上述现象, 郭忠印等曾利用车道上下游流量协方差来判断车辆变换车道的次数[3], 但该方法只针对违规变道行为也无法识别违规车辆。对此, 本文基于车辆监测识别系统提出了一种新的判断方法, 利用该方法对重庆某城市隧道车辆的违规超车、变道行为进行了长期的统计, 并且实时记录同时刻隧道内的各项交通参数。通过分析掌握违规超车、变道行为与交通流参数的相互规律, 以便从交通工程角度做出预防和改进以减少上述行为的发生。

2 违规数据的采集和判定

2.1 车辆实时信息的获取

在隧道进出口上方设置车辆运行监测识别系统, 系统摄像机朝向隧道外部路面, 该系统具有获取车流量、车辆特征、车道位置、车辆速度等信息的功能,

其安装位置如图 1 所示。



Figure 1. Vehicle operation monitoring and recognition system
图 1. 车辆运行监测识别系统

2.2 违规变道、超车行为的判定

本研究试验隧道为双孔单向, 每孔包含快慢两车道, 记左侧快车道为车道 A, 右侧慢车道为车道 B。假设在某一时间段有多辆车依次从两个车道排队进入隧道, 记录每辆车的车道位置及驶入序列, 同时当上述车辆依次驶离隧道时再次记录每辆车的车道位置及

驶离序列，如图 2 举例所示：

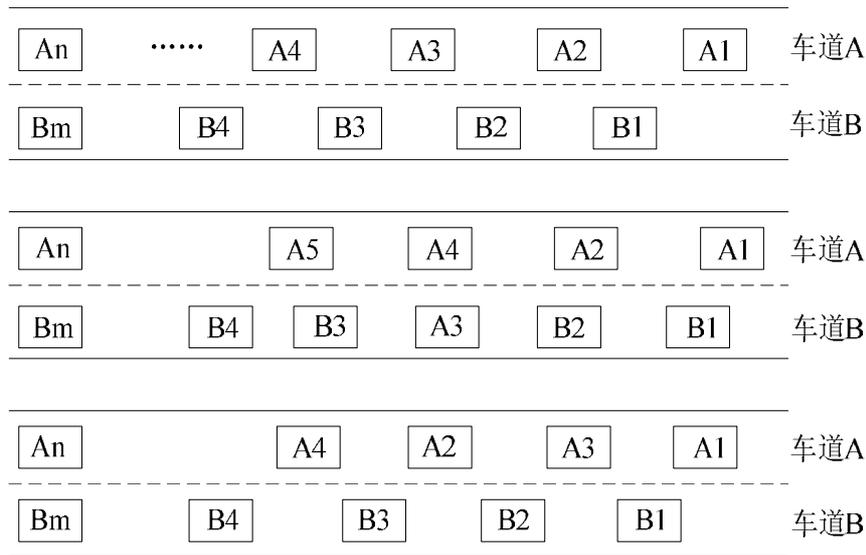


Figure 2. Indication of judgment of illegal lane change and overtaking
图 2. 违规变道超车判定示意

图 2 第一行为车辆进入隧道序列，二、三行为驶离隧道序列。图中第二行中原 A 车道 A3 车辆在驶离隧道时位于车道 B 且在 B2 与 B3 之间，则可认定为在隧道中车辆 A3 变换了车道；第三行中原 A 车道 A2、A3 车辆在驶离隧道时时交换了序列，则认定为车辆 A3 在隧道行驶过程中超越了车辆 A2，以此类推。

2.3 监测效果验证

为了验证该监测方法的效果，将其监测结果与传统抓拍方法进行对比，随机选取其中一天中几个时间段的监测结果如表 1 所示：

Table 1. Comparison of monitoring results

表 1. 监测结果对比

监测方法 时间段	比对序列/次	传统抓拍次
8:00-9:00	16	5
12:00-13:00	9	4
17:00-18:00	18	8
22:00-23:00	3	0

由表可看出，本研究的监测方法效率远高于传统

抓拍法，其原因是现阶段车载导航系统具备违章拍照提示功能，同时在熟悉路况的情况下驾驶员能够轻易避开抓拍范围，而比对序列的方式却只针对违规变道、超车行为的结果，覆盖范围涉及整个隧道车型阶段。

3 违规变道、超车频率与交通参数关系分析

试验隧道长度 720m，设计速度 40km/h，在该速度下车辆正常驶离时间约为 1min，以该时长作为统计周期，共分析了 2000 起违规案例。

3.1 与隧道车辆密度的关系

车辆密度是指在单位长度路段上某一瞬时所存在的车辆数,本文以 1km 为单位长度，计算方式如式 1 所示：

$$\rho = V/L; L = l/1000 \quad (1)$$

其中 ρ 表示车辆密度； V 表示隧道内瞬时车辆数（两车道）； l 表示隧道长度（以米计）。

为了验证隧道违规变道、超车行为与交通密度之间的内在关系，统计了违规行为频率与发生瞬时的车辆密度平均值，由图 3 所示：

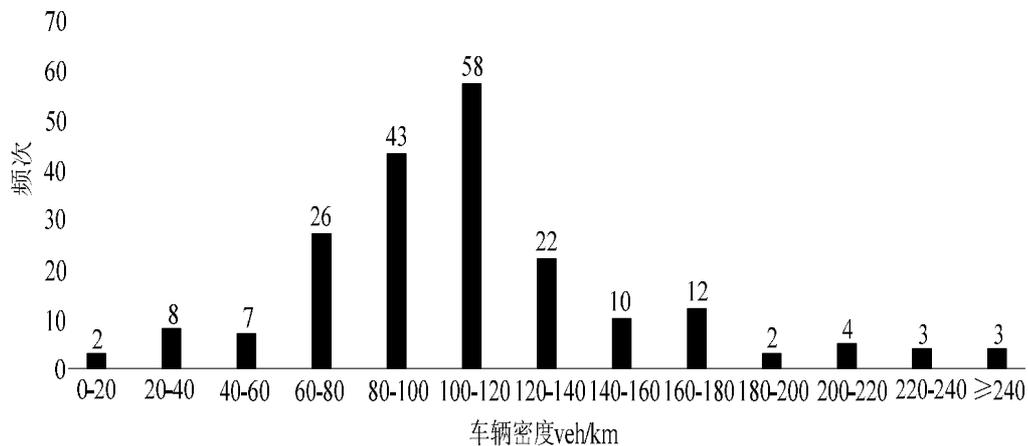


Figure 3. Vehicle density impact
图 3. 车辆密度影响

由图 3 可知，当隧道内车辆密度较小和较大时违规变道、超车行为发生频率相对较少，而当车辆密度在 60-140veh/km 时频率较高。其原因为：当隧道内车辆密度较小时，车辆整体速度较高、车辆间距大，驾驶员没有超车和变道的必要；当隧道内车辆密度持续增加，车辆之行驶自由度随之降低，驾驶员为达到期望速度而频繁换道和超车；当隧道内车辆密度继续增大，车辆间距离持续减小从而不具备完成变道超车的充足空间，因此频率相应减小。

3.2 与车辆速度差异的关系

标准差能有效反映一个统计集中数据的离散程度，因此将利用车速差来量化车辆间速度的差异，起计算方式如式 2 所示[4]：

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} \quad (2)$$

其中： v_i 为通过观测点的车辆速度， \bar{v} 为观测车辆算数平均速度。

将样本中发生违规、变道车辆及该车前后五辆车的速度（该速度指隧道入口测得的车辆行驶速度）进行标准差处理，得出速度标准差与违规变道、超车频次间的相互关系如图 4 所示。

如图 4 可看出，当车辆间速度标准差小于 8 时，违规变、超车的频次随速度标准差的增加而上升，其原因为当车辆之间速度标准差越大则车速离散程度越大，尤其是当后车速度大于前车而受前车的制约时，

驾驶员为达到预期速度更易采取违规变道、超车的行为；然而当速度标准差大于 8 时违规变道、超车频次却出现了下降现象，其原因是试验隧道限速较低，速度标准差较大的情况较少，因此针对不同限速条件须单独做相应统计研究。

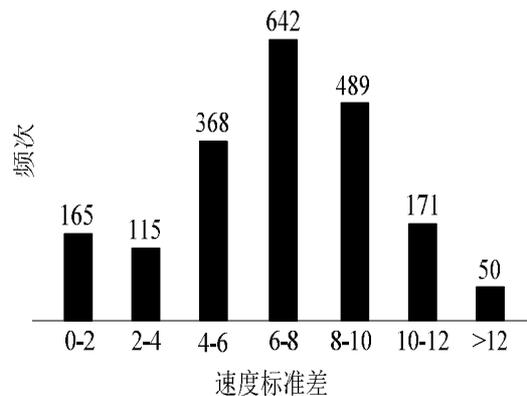


Figure 4. Relationship with speed standard deviation
图 4. 速度标准差的影响关系

3.3 与大车型比例的关系

本研究将测试隧道内车身长度大于 6m、总质量超过 4500 千克或大于 20 座的汽车视为大型车，其余为小型车[5]。经过统计，得出大、小型车速度分布箱型图，如图 6 所示。

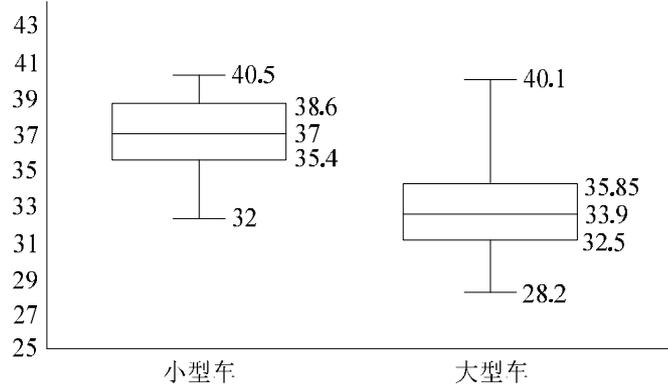


Figure 5. Speed distribution of large and small cars
图 5. 大、小型车速度分布

由图 6 可知，大、小型车整体速度存在一定的差异，而该差异可能导致大型车制约小型车的行驶，进一步迫使小型车采取变道、超车等行为。为了探究大型车对隧道违规变道、超车行为的影响规律，根据实时的大型车比例将样本进行划分，统计结果如图 6 所示。

由图 7 可知，随着大型车比例升高，发生违规变

道、超车行为的频次整体上也逐步增加，说明大型车的混入会很大程度影响隧道交通的通畅性；当大型车比例超过 35% 时，违规变道、超车行为的频率迅速下降，其原因此时隧道大型车比例较高，小型车驾驶员视距受限、变道超车预留空间不足，因此选择跟驰行驶，速度逐渐趋同于大型车。

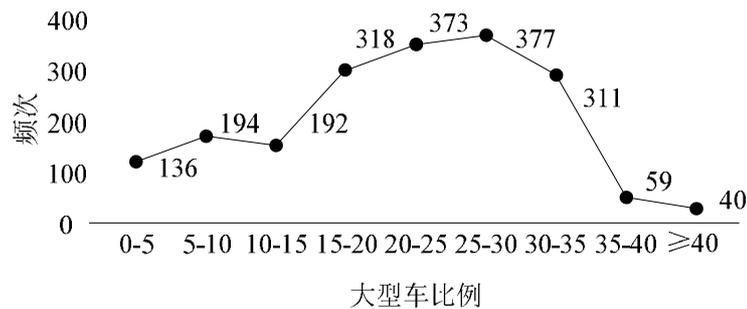


Figure 6. The proportion of large cars
图 6. 大型车比例影响

4 结论

通过比对隧道进出口两车道车辆排队序列来判断是否发生违规变道、超车，经过实际验证，本研究监测方法的效率远高于传统抓拍方式；隧道交通密度较高（拥堵状态）或较低（自由流状态）时发生违规变道、超车的频率较低，当位于二者之间时频率相对较高；车辆间速度标准差越大即速度离散程度越大时车辆间相互制约程度较大，发生违规变道、超车的可能性越高；隧道小型车的速度高于大型车，违规变道、超车频次与大型车比例关系呈现为开口向下的抛物线型且当大型车比例在 30%~35% 之间时违规变道、超

车的频率达到最高。根据违规变道、超车行为与交通参数相关分析可以得知，该行为的发生须满足“制约”和“空间”两个条件，换言之即前车因为某种原因约束后车，使后车产生了变道或超车的想法，同时当驾驶员认为变道和超车所需空间满足时则可能会进一步采取违规操作。

5 建议措施

由于隧道内空间受限，电子眼的盲区较多，针对部分交通复杂的城市隧道可增大监控密度或改进监控手段以加强对违规驾驶行为的约束力度；当交通流处

于自由流和拥堵流状态之间时违规变道、超车行为发生频率最高，此时可适当降低限速条件，减小因该行为引起追尾、刮擦等事故的严重程度；应在城市隧道入口前至少 150 米处设置显眼的减速提示标志，针对部分事故频发的城市隧道应在入口处合理设置减速带，以降低进入隧道时车辆间的速度差异；尽量诱导大型车绕行其他非隧道路段，城市中心或交通量荷载较大的城市隧道应对大型车实行严格的限行条件，尽量避免大型车驶入加剧交通混乱程度；在隧道入口及隧道内设置“严禁随意变道、超车”提示标志，加强对隧道违规变道、超车行为危害的教育宣传力度，增

进驾驶员本身行车素养。

References (参考文献)

- [1] 王瑚. 预防隧道灾难的现实问题. 上海消防. 2005, (6), 56-73.
- [2] 陈均栋. 事件检测器在高速公路隧道监控中的应用. 西安:长安大学. 2018.
- [3] 郭忠印, 廖志高. 高速公路隧道交通流实时事故风险监视与控制研究. 中国公路学会. 第四届全国公路科技创新高层论坛论文集. 北京:人民交通出版社. 2008, 802-806.
- [4] 任小华, 吴彪, 李瑞. 普干线公路穿村路段车速离散性影响因素辨识. 交通科技与经济. 2019, 21(02), 39-42.
- [5] 邓旻兰. 机动车辆及挂车分类. 商用汽车. 2006, 000(003), 110-110.