

# 车道流量自动统计及被占用对通行的影响<sup>①</sup>

李 琨<sup>1</sup>, 孙 川<sup>1,2</sup>, 张丽华<sup>2</sup>, 薛 慧<sup>1</sup>, 姜 超<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(内蒙古工业大学 理学院, 呼和浩特 010051)

<sup>2</sup>(内蒙古师范大学 地理科学学院, 呼和浩特 010022)

**摘 要:** 车流量检测是智能交通监控系统的重要组成部分. 提出一种基于灰度阈值的车流量检测算法, 利用该算法对一条三车道道路上同一横断面相邻车道发生交通事故时, 另一条未发生交通事故车道的车流量进行了统计, 并对不同的未发生交通事故车道(内车道和外车道)的车流量的差异进行了 t 检验. 结果表明, 利用该算法统计的车道的车流量准确率达 95% 以上, 说明该算法是可行有效的; 当相邻车道发生交通事故时, 不同的未发生交通事故车道(内车道和外车道)的通行能力有显著差异.

**关键词:** 视频图像; 灰度值; t 检验; 自动统计; 事故横断面; 实际通行能力

## Automatic Statisticson on Traffic Flow and the Impact on Road Capacity When Being Occupied

LI Kun<sup>1</sup>, SUN Chuan<sup>1,2</sup>, ZHANG Li-Hua<sup>2</sup>, XUE Hui<sup>1</sup>, JIANG Chao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(College of Science, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China)

<sup>2</sup>(College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

**Abstract:** Traffic flow detection is an important part in Intelligent Traffic Control System. A traffic flow detection algorithm based on gray threshold is presented in this paper. When a traffic accident occurs on the neighboring lanes of the same cross section in a three lane road, the traffic flow on the other lane (inside lane or outside lane) where no traffic accident occurred is detected by using this algorithm. And the difference between the traffic flow in inside lane and in outside lane is tested by t test. The results show that the accuracy of traffic flow is more than 95% when using this algorithm, which indicates that this algorithm is feasible and effective. When a traffic accident occurs on the neighboring lanes, the difference between the traffic flow in inside lane and in outside lane is significant.

**Key words:** video image; gray value; t test; automatic statistics; the accident cross-sectional; the actual capacity

交通数据的采集是智能交通监测系统的重要组成部分, 它离不开对道路上车流量的检测. 车道常常会因为交通事故、占道施工和路边停车等情况被占用, 致使被占用车道单位时间内的通行能力下降. 长时间的压线或占道行驶会缩短单向行车道行驶车辆的横向距离, 极易导致刮碰事故; 同时也阻碍了后方车辆的正常超车, 造成道路拥堵现象. 准确地估算车流量变化情况和车道被占用的实际通行能力, 将为交通管理部门正确引导车辆行驶、设计道路渠化方案、设置非港湾式公交车站和审批占道施工等方面提供理论依据.

视频车辆检测技术是近年来兴起的一种交通检测技术, 与传统的环形线圈检测技术、微波检测技术相比, 它具有安装和维护简便、检测信息量大及应用范围广等优点<sup>[1]</sup>. 通常基于视频的车辆检测方法有背景差分法、灰度等级法和边缘检测法等<sup>[2]</sup>. 1978 年美国喷气推进实验室最早提出基于机器视觉<sup>[3]</sup>实现对车辆的检测的方法. Fathy 和 Siyal 采用 SMED 的形态学边缘检测完成了车辆的检测统计<sup>[4]</sup>. M. Baykal-Gursoy 等人提出了成批服务受干扰下的稳态 M/M/c 排队系统, 并模拟了发生异常事件的道路路段的通行状况<sup>[5]</sup>. 目前,

① 基金项目:内蒙古自然科学基金(2016MS0408);内蒙古自治区高等学校科学研究重点项目(NJZZ16041);国家自然科学基金(11562016);国家留学基金

收稿时间:2016-07-31;收到修改稿时间:2016-10-24 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005787]

国外基于视频的车辆检测与自动统计技术已较成熟,一些国外公司已经推出了相关的产品。在国内,由于这种技术起步较晚,此相关的关键技术相比于发达国家还有一定距离。陈望等人通过提取与更新道路背景图像,采用自适应阈值的方法提取了运动车辆信息,利用车辆中心的连续匹配确定了车辆数目<sup>[6]</sup>。陈诚等采用交通波理论给出了该事故路段不同时间段内不同阻塞行车道宽度的车辆排队长度,并对流量变化分析进行了仿真验证<sup>[7]</sup>。最近谭敏等提出一种新的思路,通过弱监督度量与模块学习来识别目标<sup>[8]</sup>,经检验,此方法优于一些国家最先进的识别方法,为车辆检测及自动统计提供了新的识别方法,有望在今后应用于车辆检测当中。

本文就确定车辆的灰度值阈值和轮廓、车道流量的自动统计、交通事故发生在同一横断面的不同车道时未发生交通事故车道(内车道和外车道)通行能力的变化、事故横断面的车流量和实际通行能力等几个方面进行了讨论。

## 1 数据和方法

### 1.1 多车道车流量自动统计探究的数据和方法

所用的原始数据为某一路段的交通监控视频,在视频中 16:42:32 这一时刻发生了交通事故,到 17:01:06 事故结束。交通事故的发生,引起了车流量的变化,能更好的体现算法的正确与否,所以选用交通事故期间的视频。首先从视频中开始发生交通事故的时刻以时间间隔 2s 截取图片,一直到交通事故结束,共截图 557 张。对截取到的图片进行灰度值提取,确定车辆的灰度值阈值,利用 MATLAB 软件编写的算法自动统计车流量。

为了更好地统计车辆通行情况,本文运用 MATLAB 图像处理的相关算法对视频中的车辆进行检测和定位。由于所截取的图片是在交通事故发生过程中,此时车辆行驶速度较慢,故取时间间隔为 2s。若在非交通事故过程中,车辆的速度较快,截取图片的时间间隔应该更短。因为人的视觉特性是对亮度更敏感,因此要根据图像的亮度预先在处理前将视频里的所有图像转为灰度图像(灰度级取 256),而且节省了存储空间减少了后续算法的计算量。同时将图像进行增强,图像增强使用了直方图均衡化,并用中值滤波法去噪。图像检测使用灰度值阈值来确定车辆的轮廓,使用车辆自动提取算法完成车流量的统计。

### 1.2 车道被占用对道路通行能力的影响研究的数据和方法

所用的原始数据为某一路段两个时段的交通监控视频,该路段在单向行驶路线上分为三个车道。在不同时刻两段视频中均发生了交通事故。在视频 1 中,道路的内车道发生了交通事故,正常状况下该车道的车流量为该方向行驶路线上车流量的 35%;在视频 2 中,道路的外车道发生了交通事故,正常状况下该车道的车流量为该方向行驶路线上车流量的 21%。视频 1 中交通事故从发生至撤离共经历了 18 分钟,视频 2 中交通事故从发生至撤离共经历了 25 分钟。

根据视频 1 和视频 2,通过系数转换,利用 1.1 中的方法获取车流量信息,分析了当交通事故分别发生在不同车道时,事故横断面的车流量和实际通行能力的变化,并利用 t 检验对其进行了差异性比较。

t 检验是用 t 分布理论来推论差异发生的概率,是对两样本均数区别的显著性进行检验,从而比较两个平均数的差异是否显著,主要用于样本含量较小( $n < 30$ )的资料数据。两组数据方差的齐性与否会影响 t 检验的结果,所以在进行 t 检验之前需知道两组数据的方差是否齐性,即需检验两组数据的方差。若方差齐性检验结果为没有差别,t 检验的结果要看表中第一排数据,即方差齐性条件下的 t 检验结果;反之,如果方差齐性检验结果为有显著差异,即两方差不齐,t 检验的结果就要看表中第二排的数据,即方差不齐的情况下 t 检验的结果。本文在运用 t 检验的过程中,先检验两组数据的方差是否齐性,再根据其结果取相应的 t 检验结果。

### 1.3 软件及硬件要求

本文利用编写的算法,在 MATLAB 环境下对视频进行图像的读取,并完成所需图像的截取、灰度值提取、数据的处理、图的绘制以及自动统计算法实现等工作。为了提高对视频、数据的处理能力,本文采用 MATLAB 2013 版本。本文 t 检验是在 SPSS21.0 版本软件下实现的。

采集视频需要质量较好的摄像机一台以及为了减少视频抖动现象所需的三脚架一个。笔记本电脑一台,电脑的配置如下:

CPU: Intel Core i3530, 2.10GHZ 及以上

物理内存: 1G 以上

硬盘: 可用空间 1G 以上

## 2 试验结果与分析

### 2.1 多车道车流量自动统计研究

将获取到的每一张图片的信息转换成灰度值数据;然后提取发生交通事故的单行道,确定该道路的灰度值数据;进一步确定车辆的灰度值阈值,最后统计出车流量.对所得到的全部图片进行上述操作,其处理流程如图 1 所示.

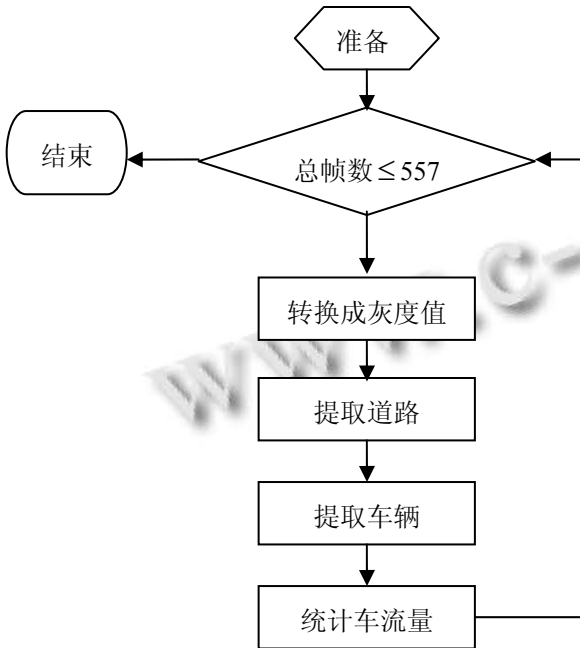


图 1 图片处理流程图

#### 2.1.1 确定发生交通事故的单行车道

视频中交通事故发生在一侧的单行道上,为了与其它部分隔离开,首先提取出发生交通事故的单行道,如图 2 所示,两条红线之间的部分即为发生交通事故的单行道.



图 2 提取发生交通事故单行道的示意图



图 3 某一原始图片做 2 条平行线段的示意图

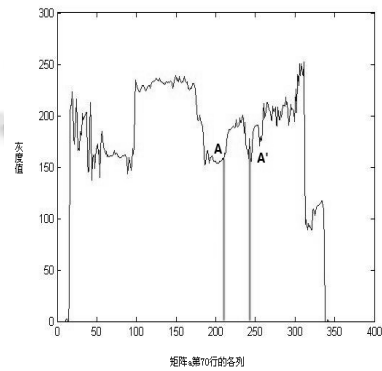


图 4 矩阵 a 第 70 行的灰度值曲线图

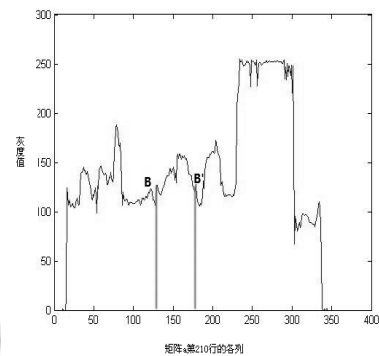


图 5 矩阵 a 第 210 行的灰度值曲线图

令  $A$ 、 $A'$ 、 $B$ 、 $B'$  为图 2 中发生交通事故的单行道边界与图 3 中平行线段  $L_1$ 、 $L_2$  相交的点,这 4 个点分别如图 4、图 5 所示,各点在矩阵 a 中对应的坐标依次为  $A(70, 210)$ 、 $A'(70, 240)$ 、 $B(210, 135)$ 、 $B'(210, 185)$ .由  $A$ 、 $B$  两点和  $A'$ 、 $B'$  两点分别构造直线  $L_1$ 、 $L_2$ ,令直线  $L_1$ 、 $L_2$  之外的图像灰度值为 0,得到矩阵 b,矩阵 b 即为发生交通事故单行道的灰度值数值矩阵,将矩阵 b 转换成图像,如图 6 所示.

过直线  $L_2$  上的两点分别作  $L_1$  的两条垂线,将这两条垂线分别均分为三份,将垂线上对应的两点连接起来,就将发生交通事故的单行道分为三份,分别为该

单行道的三条车道.

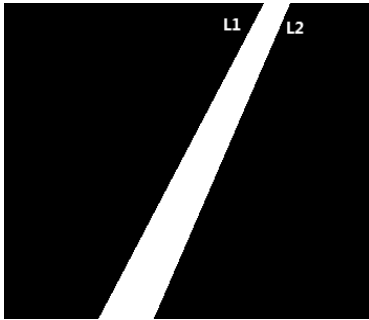


图 6 提取出道路后的示意图

### 2.1.2 车辆的提取与车流量的自动统计

为了确定车辆的灰度值阈值, 在图片上作两条平行线  $l_4$ 、 $l_5$ , 分别对应该图片灰度值矩阵的第 70 行、230 行, 如图 7 所示, 其中一条经过车辆, 一条不经过车辆. 同时提取矩阵  $b$  第 70 行、230 行的值作两条曲线, 如图 8 和图 9 所示. 对照图 7 可以发现图 8 中红色线段以上的值即为车辆的灰度值. 通过大量的重复试验, 得出车辆灰度值的一个阈值为 190.



图 7 做出两条平行线线  $l_4$ 、 $l_5$  后的示意图

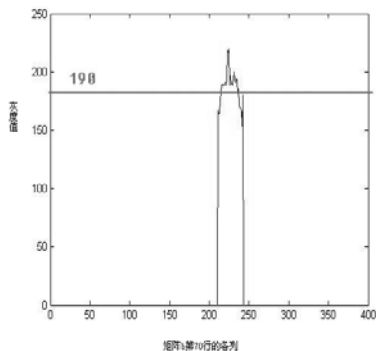


图 8 矩阵  $b$  第 70 行的灰度值曲线

由车辆灰度值的阈值, 可将图 7 所对应的灰度值数据矩阵中不大于该阈值的值设为 0, 设定从距上游

路口 100m 处开始统计车辆, 将原始图片过滤掉非车辆的部分, 只剩下车辆的轮廓. 选取任意一张截取到的原始图片, 如图 10 所示, 对该张图片进行车辆的轮廓提取, 提取结果如图 11 所示.

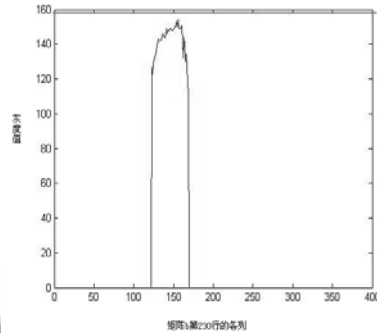


图 9 矩阵  $b$  第 230 行的灰度值曲线



图 10 某一时刻的原始图像示意图

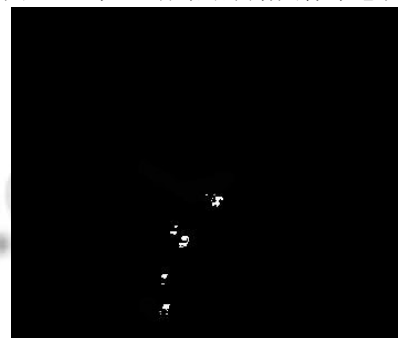


图 11 提取出车辆轮廓后的示意图

提取出车辆的轮廓后, 利用车辆和车辆间隙的纹理特征来区分不同车辆, 对车流量进行自动统计. 在二值图像中, 首先从上到下进行图片的扫描, 接着从左到右进行扫描, 在对每行进行扫描时, 确定每一辆车的起始坐标, 计算其中心坐标, 以中心坐标为基准, 从下往上连续进行扫描, 向上连续扫描 40 个点, 对扫描到的白色点进行记录, 如果连续记录的点达到 4 个或超过 4 个, 就认为扫描出一辆车, 不断重复以上的操作, 来统计车流量, 车流量自动统计流程图如图 12 所示.

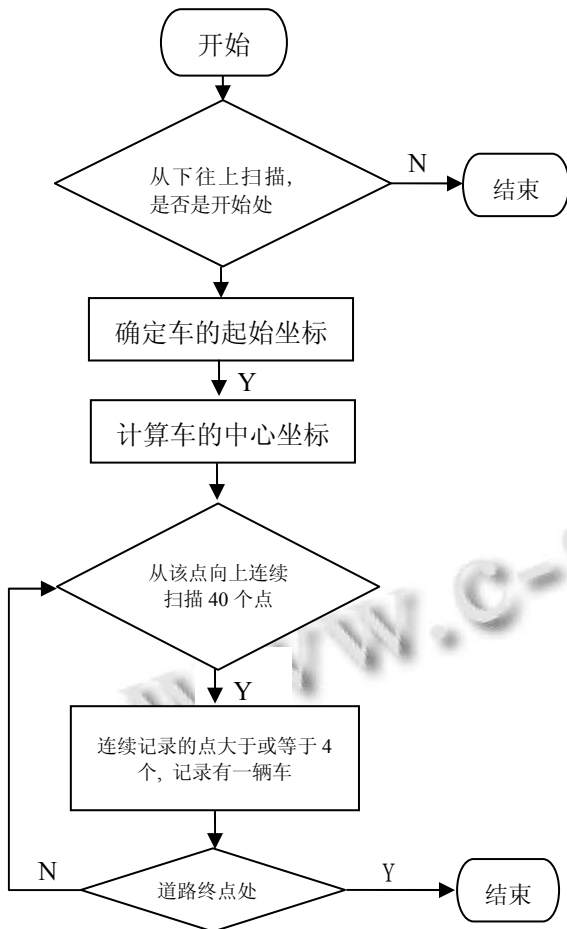


图 12 自动统计车流量的流程图

2.1.3 车辆自动统计结果分析

通过程序对视频中截取的某一图片进行车流量统计, 测量出数目为 4 辆, 而实际通过车辆也为 4 辆, 对视频中截取的所有图片进行车流量自动统计, 将统计结果与实际通过的车辆数进行比较, 发现利用程序统计正确率可达 95%以上, 误差较小, 能比较准确的确定道路的车流量.

该算法既避免了车辆阴影和天气变化的影响, 又避免了当车辆与道路背景颜色相近时引起的误差. 误差主要有遗漏和重复计数两种情况, 遗漏的车辆可能是由于前后车距太近引起; 重复计数可能是由于车体大, 车顶变化比较明显而引起, 在以后的研究中应增加相应的判别条件来加以解决. 所提取的图片是在发生交通事故的时段, 若选择没有发生交通事故的时段, 需要缩短采样频率, 即缩短截取图片的时间.

2.2 车道被占用对道路通行能力的影响研究

道路上有各种各样的车辆通过, 为了统一标准进

行比较和分析, 将各种车辆换算为标准车当量数 (Passenger Car Unit, 简称为 PCU).

将各种车辆转换成标准车当量数以后, 用程序自动统计视频 1 和视频 2 中发生交通事故的横断面在发生事故后单位时间内未发生交通事故车道(内车道和外车道)的车流量; 结合统计结果与实际通行能力的计算结果, 分别计算视频 1、视频 2 中发生交通事故的横断面的实际通行能力.

由实际通行能力计算结果, 利用 t 检验对视频 1、视频 2 发生交通事故后横断面实际通行能力的差异进行比较, 然后分析其原因.

2.2.1 视频 1 中发生交通事故后横断面的车流量和实际通行能力

标准车当量数与不同车种车辆的转换系数如表 1 所示.

表 1 标准车当量数换算系数

| 车种            | 换算系数 | 车种            | 换算系数 |
|---------------|------|---------------|------|
| 自行车           | 0.2  | 旅行车           | 1.2  |
| 二轮摩托          | 0.4  | 大客车或小于 9t 的货车 | 2    |
| 三轮摩托或微型汽车     | 0.6  | 15t 货车        | 3    |
| 小客车或小于 3t 的货车 | 1    | 铰接客车或大平板拖挂货车  | 4    |

视频 1 中发生交通事故的事故横断面在事故发生后单位时间内未发生交通事故车道通过的车流量如图 13 所示.

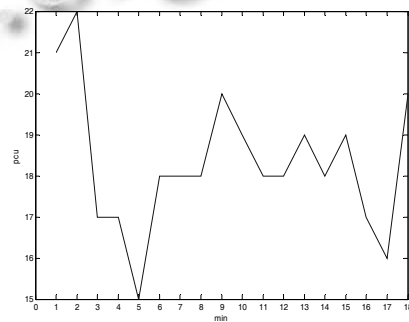


图 13 视频 1 中通过事故横断面的车流量示意图

由图 13 可知, 刚发生交通事故后, 事故所处横断面的车流量还比较大, 过几分钟后, 车流量减小, 到撤离时车流量又有所恢复. 车流量忽高忽低与上游十字路口的红绿灯周期和通行能力的最佳信号周期有关.

如果通行能力的最佳信号周期正好在上游十字路口的绿灯范围内,车流量就会变大;如果通行能力的最佳信号周期正好在上游十字路口的红灯范围内,车流量就会变小.

$$C = f_w \times C_0 \tag{1}$$

其中  $C$  是实际通行能力,  $f_w$  是宽度修正系数,  $C_0$  是车道基本通行能力,且  $C_0 = 3600/ht$ .

宽度修正系数  $f_w$  可以通过如下式计算:

$$f_w = a \times W + b \tag{2}$$

其中  $W$  是道路的宽度,  $a$ 、 $b$  的值如表 2 所示.

表 2 修正系数计算公式中  $a$ 、 $b$  的值

| 公路类别   | 等级 | 地形    | $a$   | $b$    |
|--------|----|-------|-------|--------|
| 汽车专用公路 | 二级 | 平原微丘区 | 0.22  | -0.778 |
|        |    | 山岭重丘区 | 0.196 | -0.269 |
|        | 二级 | 平原微丘区 | 0.250 | -1.250 |
|        |    | 山岭重丘区 | 0.286 | -1.000 |
| 普通公路   | 三级 | 平原微丘区 | 0.265 | -0.857 |
|        |    | 山岭重丘区 | 0.286 | -1.000 |
|        | 四级 | 平原微丘区 | 0.619 | -1.167 |
|        |    | 山岭重丘区 | 0.619 | -1.167 |

根据表 2 和本文中发生交通事故的道路可取  $a=0.265$ 、 $b=-0.857$ ,而道路的车道宽度  $W = 3.25m$ ,代入式(2)可得  $f_w = 0.00425$ ,将  $f_w = 0.00425$  代入式(1)可得:

$$C = 0.00425C_0 \tag{3}$$

根据式(3)计算从事故发生至撤离期间视频 1 中事故横断面的实际通行能力,结果如图 14 所示.

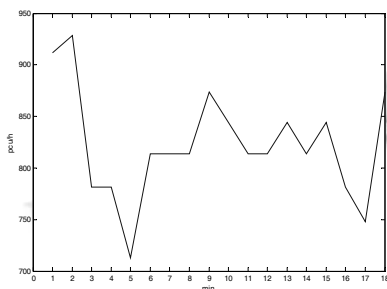


图 14 视频 1 中事故横断面的实际通行能力示意图

由图 14 可知,交通事故刚发生不久后,事故横断面的实际通行能力还比较强,几分钟后,实际通行能力降低,到撤离时实际通行能力又有所恢复.

### 2.2.2 视频 2 中发生交通事故后横断面的车流量和实际通行能力

视频 2 中发生交通事故的事故横断面在事故发生

后单位时间内未发生交通事故车道通过的车流量如图 15 所示.

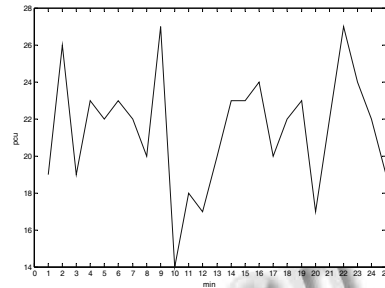


图 15 视频 2 中通过事故横断面车流量示意图

由图 15 可知,自事故发生到结束的过程中,视频 2 中通过道路的车流量变化比较明显.

根据 2.2.1 中实际通行能力的计算公式和图 15 中的车流量数据,可得视频 2 中事故横断面的实际通行能力.由于视频 1 中从发生交通事故到结束共 18 分钟,故取视频 2 中发生交通事故期间的前 18 分钟计算其实际通行能力,如图 16 所示.

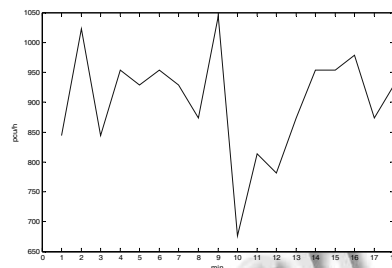


图 16 视频 2 中事故横断面的实际通行能力示意图

由图 16 可知,视频 2 中交通事故所处道路在发生交通事故后道路的实际通行能力变化比较明显.

### 2.2.3 视频 1 与视频 2 发生交通事故后事故横断面车流量和实际通行能力的变化比较

选取根据视频 2 所得的前 18 个车流量数据与根据视频 1 所得的 18 个车流量数据用 MATLAB 软件进行作图,结果如图 17 所示.

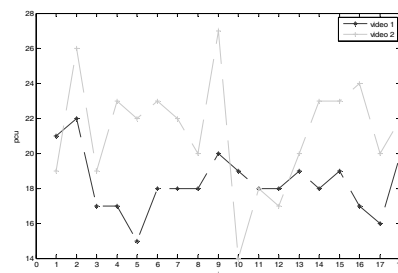


图 17 视频 1 与视频 2 通过事故横断面车流量变化示意图

由图 17 可知, 当交通事故发生在同一道路不同车道时, 单位时间内通过事故横断面的车流量变化有显著差异。

利用 t 检验分析视频 1、视频 2 发生交通事故后事故横断面的实际通行能力是否有显著差异, 分析结果如表 3 所示。

由表 3 可知, 在方差方程的 Levene 检验中  $F=5.003$ 、 $Sig=.030$ , 表现为两组数据的方差没有显著

差别, 即两方差齐性, 则 t 检验结果要根据表中第一排数据进行判断。由第一排数据中  $Sig=.000$ , 可知发生交通事故以后, 视频 1 与视频 2 中的事故横断面的实际通行能力有显著差异。视频 1、视频 2 中事故横断面的实际通行能力平均值分别为 822.0831PCU/h 和 901.5825PCU/h, 由此可知, 发生事故后视频 2 的实际通行能力更好些。

表 3 独立样本检验表

|   | 方差方程的 Levene 检验 |       |      |        | 均值方程的 t 检验 |      |        |             |        |        |
|---|-----------------|-------|------|--------|------------|------|--------|-------------|--------|--------|
|   | F               | Sig   | t    | df     | Sig(双侧)    | 均值差值 | 标准误差值  | 差分的 95%置信区间 |        |        |
|   |                 |       |      |        |            |      |        | 下限          | 上限     |        |
| T | 假设方差相等          | 5.003 | .030 | -4.146 | 45         | .000 | -3.218 | .776        | -4.782 | -1.655 |
|   | 假设方差不相等         |       |      | -4.681 | 44.803     | .000 | -3.218 | .668        | -4.603 | -1.833 |

### 3 结论

利用灰度值数据对多车道车流量自动统计研究的算法计算简单、容易实行、准确率可达 95%以上, 误差较小, 能满足交通监控实时性的要求, 可以应用到车流量的统计当中。在车道被占用对道路通行能力的影响研究中, 视频 1 中通过内车道事故横断面的车流量和实际通行能力呈逐渐降低到逐渐恢复的特点; 视频 2 中通过外车道事故横断面的车流量和实际通行能力在整个事故过程中变化比较明显。比较视频 1 和视频 2 分别发生交通事故后事故所处横断面的车流量和实际通行能力可知, 当事故发生在同一道路同一横断面的不同车道时, 通过事故横断面的车流量和通行能力有显著差异。差异显著的原因与各自车道分担整个道路的车流量和以及下游的丁字路口有关, 今后应就差异的原因展开进一步的研究。

#### 参考文献

- 胡凯峰, 吴晓红, 杨毅, 何小海. 基于 TMS320DM648 的多车道车流量检测系统. 电视技术, 2014, 38(9): 239-242.
- 王小鹏, 郭莉琼. 公路车流量视频检测方法. 计算机应用, 2012, 32(6): 1585-1588.
- Aldrich C, Marais C, Shean BJ, Cilliers JJ. Online monitoring and control of froth flotation systems with machine vision: A review. International Journal of Mineral Processing, 2010, 96(1): 1-13.
- Fathy M, Siyal MY. An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real-time traffic analysis. Pattern Recognition Letters, 1995, 16(12): 1321-1330.

- Baykal-Gürsoy M, Xiao W, Ozbay K. Modeling traffic flow interrupted by incidents. European Journal of Operational Research, 2009, 195(1): 127-138.
- 陈望, 陈兵旗. 基于图像处理的公路车流量统计方法的研究. 计算机工程与应用, 2007, 43(6): 236-239.
- 陈诚, 谭满春. 交通事故影响下事发路段交通流量变化分析. 科学技术与工程, 2011, 11(28): 6904-6909.
- Tan M, Hu Z, Wang B, Zhao J, Wang Y. Robust object recognition via weakly supervised metric and template learning. Neurocomputing, 2016, (181): 96-107.
- 李家杰, 郑义. 影响城市道路通行能力因素分析. 城市道桥与防洪, 2006, (3): 19-21.
- Heydecker BG, Addison JD. Analysis and modelling of traffic flow under variable speed limits. Transportation Research Part C Emerging Technologies, 2011, 19(2): 206-217.
- Zheng Y, Peng S. Model based vehicle localization for urban traffic surveillance using image gradient based matching. 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). IEEE. 2012. 945-950.
- 何得平, 赵广州, 陆承恩, 朱光喜. 基于区域生长处理的视频运动车辆提取新方法. 计算机应用, 2008, 28(4): 979-981.
- 王坤峰, 李镇江, 汤淑明. 基于多特征融合的视频交通数据采集方法. 自动化学报, 2011, 37(3): 322-330.
- 何雅琴, 李杰. 基于路边停车的路段通行能力研究. 土木工程与管理学报, 2012, 29(1): 44-47.
- 朱虹, 张竞介, 梁镇钊, 张雅轩. 基于 M/M/1/K 模型的车道占用对道路通行能力影响的分析与预测. 数学的实践与认识, 2015, (2): 225-231.