

# 基于 Cesium 平台中车辆的碰撞识别跟踪

杨东远, 王瑞玺

(交通运输部天津水运工程科学研究院 信息化中心, 天津 300456)

**摘要:** 采用传统方法进行识别与跟踪, 效果较差, 无法得到精准车辆碰撞数据, 提出了基于 Cesium 平台中车辆的碰撞识别与跟踪; 针对车辆碰撞识别需先对样本进行训练, 提取出正、负两种样本特征, 利用离线车辆碰撞识别分类器识别尺度模块, 并在 Cesium 平台下构建积分图, 由此进行图像识别; 针对车辆碰撞跟踪需进行阴影检测, 根据获得的阴影区, 排除非车辆碰撞阴影区, 即完成车辆定位与验证; 实验结果表明, 该方法识别跟踪效果良好。

**关键词:** Cesium 平台; 车辆碰撞; 识别跟踪; 3D 虚拟

## Collision Recognition and Tracking of Vehicles Based on Cesium Platform

Yang Dongyuan, Wang Ruixi

(Tianjin research Institute For Water Transport Engineering, M. O. T, Tianjin 300456, China)

**Abstract:** The traditional method of identifying and tracking is not effective, and can not get precise vehicle collision data. A collision recognition and tracking based on Cesium platform is proposed. The vehicle collision recognition need to be conducted training on the positive and negative samples, extracted two kinds of sample characteristics, using off-line vehicle collision classifier recognition scale module, and construct the integral map in the Cesium platform, the image recognition; for vehicle collision tracking for shadow detection and shadow area according to the exclusion of non vehicle collision shadow, complete vehicle positioning and verification. According to the experimental results, the method of recognition and tracking is good.

**Keywords:** cesium platform; vehicle collision; recognition tracking; 3D virtual

## 0 引言

基于 Cesium 平台的车辆碰撞识别跟踪方法, 最常用的是基于模型和特征的方法, 具有较好鲁棒性和实时性, 并且以 JavaScript 库中的 3D 绘图协议 (WebGL) 地图作为引擎, 如果前方车辆与摄像机相对运动距离较小时, 那么利用该引擎可将车辆与背景区域区分开来<sup>[1]</sup>。利用车辆某些显著的特征, 比如阴影和边缘可将车辆从背景中分割出来, 虽然受到周围环境噪声影响, 但是从单一特征信息中提取车辆碰撞地理位置信息是相对容易的<sup>[2]</sup>。结合阴影特征采用小波包技术对车辆碰撞进行识别与跟踪, 缺乏实时性; 利用边缘对称性对车辆碰撞进行识别与跟踪, 只能应用于形变较小的车辆, 对于大型车辆并不适用。采用传统方法进行识别与跟踪, 效果较差, 无法得到精准车辆数据<sup>[3]</sup>。

针对上述存在的问题, 提出了基于 Cesium 平台中车辆的碰撞识别与跟踪。结合多种车辆碰撞信息, 采用区域性假设验证方法对车辆底部阴影部分进行检测, 提取车辆区域边缘特征和序列图像不可屏蔽中断 (NMI) 特征来实现车辆碰撞目标的识别与跟踪, 通过实验验证结果可知, 该方法识别与跟踪效果较好。

## 1 基于 Cesium 平台车辆碰撞识别与跟踪

Cesium 平台指的是在一个不需要任何插件的浏览器上构建的 3D 虚拟平台, 利用 JavaScript 库中的 3D 绘图协议 (WebGL) 进行硬件图像加速处理, 适应于动态数据的可视化

管理。该平台是基于 Web 服务器软件 (Apache) 许可的开源程序基础上进行研发的, 可免费用于商业和非商业用途<sup>[4]</sup>。Cesium 平台是一个基于 JavaScript 库编写而使用 3D 绘图协议 (WebGL) 地图引擎, 可用于交互车辆碰撞识别在移动设备上展现的 3D 内容, 充分支持使用图像加速标准来规定车辆的碰撞识别与跟踪。

### 1.1 车辆的碰撞识别

车辆碰撞识别流程主要包括对样本进行训练, 需提取出正、负两种样本特征, 利用离线训练出来的车辆碰撞识别分类器识别出多尺度模块, 并将识别图像进行处理, 由此获得的识别结果需进行标记<sup>[5]</sup>。在 Cesium 平台下车辆碰撞识别具体流程如下所示: 首先选取正样本和负样本, 计算积分图, 将积分图中的矩形特征进行提取; 然后使用单个弱分类器进行训练, 选择最优弱分类器组成强分类器, 强分类器可连城级联分类器。同时, 将待检测的图像也进行积分图计算, 采用多尺度扫描方式获得窗口, 再次提取特征, 利用分类器再次进行识别。最后, 将两者识别结果同时显示出来。

#### 1.1.1 正、负样本特征提取

正样本集特征的提取应包含车辆图像共 2000 张, 图片需经过预处理。负样本集特征的提取不包含正样本中的图像共 4300 张, 此时图片是不需要经过预处理的<sup>[6]</sup>。

#### 1.1.2 Cesium 平台积分图

积分图是对样本特征集子区域进行提取, 并加速求和的数学方法, 将任意矩形区域内像素和相机可获取图形加速特征的计算, 如图 1 所示。

由图 1 可知: 积分图中点  $(a, b, c)$  大小取决于其内部矩形区域的所有图像像素值大小。内部矩形特征即为分类的矩形特征, 指的是图像中长方体特征, 针对车辆碰撞, 需考虑其

收稿日期: 2018-01-12; 修回日期: 2018-02-01。

作者简介: 杨东远 (1979-), 男, 新疆木垒人, 高级工程师, 主要从事交通信息化方向的研究。

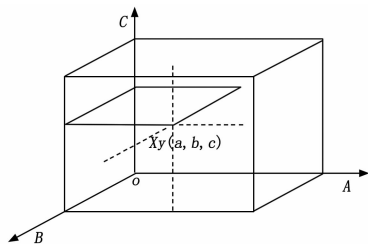


图 1 Cesium 平台积分图

正面轮廓特征和安全停车距离。

### 1.1.3 分类器

针对车辆碰撞识别的分类器的构建，首先需对正、负样本特征进行提取，由此获得提取样本矩形特征，然后对特征进行训练可得到单一的弱分类器，使用权值系数线性组合方式可获得强分类器，最后将所有分类器级联。其中，每一个弱分类器都对一个矩形特征，将具有合理特征值的数据作为阈值，可降低弱分类器进行车辆碰撞样本识别数据分类错误现象的发生。针对强分类器在 Cesium 平台下进行构建，通过迭代方式可获得特征样本的分布情况，强大的分类器可包含所有的弱分类器，其主要原理为：将车辆碰撞图像输入，在所有的单一弱分类器中进行车辆有无碰撞（即 1 或 0）的投票，对投票结果进行统计可获得车辆碰撞样本识别数据分类错误率，经过加权、求和后可得到分类结果<sup>[7]</sup>。从简单到复杂对所有单一弱分类器集合的强分类器进行逐级串联，可最终获取级联分类器，其中包含所有车辆碰撞的图像子窗口，通过层层选拔，可得到最强分类器，并最终被识别，如图 2 所示。

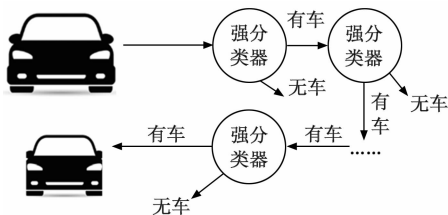


图 2 分类器识别过程

## 1.2 车辆碰撞跟踪

车辆碰撞跟踪处理流程可分成两条主线：一条是从灰度图像中提取出阴影特征进行检测，排除噪声影响，生成车辆假设区域，定位区域内车辆；另一条是从灰度图像中提取相关车辆碰撞的特征，并进行跟踪检测，产生预测车辆区域，并进行车辆不可屏蔽中断验证，如果验证成功可输入到扩展预测区域，并进行区域内车辆定位。如果验证失败，那么需要放弃跟踪。

### 1.2.1 阴影检测

由于在跟踪过程中，容易受到各种干扰因素的影响，使得车辆在行驶时，容易出现远近区域灰度差距过大的现象，在 Cesium 平台下对车辆碰撞进行 3D 模拟，模拟图像底部与路面消失交界点时像素灰度变化最大值的的地方，从远处看，车辆碰撞阴影区域与图像底部像素灰度值相差较小。为此采用统计数据方式在 Cesium 平台下确定路面阈值大小，虽然该方法容易受到路线和车辆等因素的干扰，但是由于获取的阈值误差时可忽略的，能够实时反映出路面灰度变化情况<sup>[7]</sup>。为此，采用梯度阴影检测方法，将路面上的像素灰度分布情况由近及远依次进行分析，可发现该分部是具有连续性的，并且在碰撞车辆底

部处像素灰度值与周围其他像素灰度值相比明显较低，对于像素灰度的分布情况可发现车辆碰撞图像是存在较大落差的。通常情况下，在车道实线路上，像素灰度值的分布情况总体是具有连续性的，而在车辆底部阴影部分的像素灰度值与之相比却较低，该种情况使得碰撞车辆的车身像素灰度分布情况与前方路面像素灰度分布情况相比较混乱，该现象被称为车辆碰撞像素灰度低谷期<sup>[8]</sup>。针对在实线路上出现的像素梯度问题，需在车辆碰撞阴影处对其特征进行提取，该部分的特征是在低谷值前和高峰值后，为此可根据获取的梯度分布情况作为车辆碰撞阴影检测基础，可完成车辆碰撞跟踪的初步定位，这样可以减少因路面受到干扰因素影响造成的灰度变化误差，也可以排除因车辆碰撞跟踪误差出现车道线干扰问题。

针对上述分析，可对阴影部分进行检测，具体步骤如下所示：

- 1) 从左至右，自获取图像底部至顶部依次对图像像素梯度值进行计算，如下所示：

$$G(a, b) = G(a - 1, b) - G(a + 1, b) \quad (1)$$

其中： $G(a, b)$  表示车辆碰撞获取图像的第  $a$  行、第  $b$  列像素点梯度值。

- 2) 对每列梯度数据进行扫描时，需采用自下向上的方式记录相邻点的极大值和极小值。

- 3) 针对两个极值点序列问题，采用从左向右扫描方式对连续出现极点进行扫描，如果连续出现极点个数能够在两个极值点列上共同存在，那么需对同种阴影区域进行标记，由此可证明极值点是可以同时存在的。

将获取的同类阴影区域进行标记，并对平均值、极小值和阴影边界的起始和终止位置作为左右边界的阴影区域。

### 1.2.2 排除非车辆碰撞阴影区

根据上述获得的阴影区，可知会存在一些误差，因为在获取过程中会受到路面杂质等各种暗色区域的影响，促使后续对车辆碰撞跟踪研究不支持。针对不同方法获取的目标区域分数维度，计算图像边缘维数时，需构建一个虚拟的以阴影顶部为底边界的图形，一般情况下，选取的阴影宽度不大于目标区域宽度。进行测试的车辆碰撞区域分形维度与非车辆碰撞区域的相比较较大，剔除分形维度小于设置阈值的区域，即为对应的阴影。

### 1.2.3 车辆定位与验证

车辆碰撞一旦经过透视变化就会发生形变，但是车辆区域的水平边缘数据会被保存下来，比如车辆碰撞的地盘和挡风玻璃等，利用该特征可实现车辆碰撞区域的定位，具体步骤如下所示：

- 1) 将剔除掉的非车辆碰撞阴影剩余的阴影区水平中线作为底边界，向左或向右进行延伸 5~8 个像素作为车辆碰撞区域宽度，将宽度设置为高度的 2/3 倍，构建车辆碰撞的候选区域。

- 2) 将水平边缘作为检测处理的车辆候选区域，在原始灰度图像数据中进行二值化处理，由此可获得候选区域的二值图像数据。

- 3) 统计二值图像中连续水平边缘位置信息来确定车辆区域精确位置。

定位车辆碰撞区域准确位置后，采用基于 Cesium 平台的 JavaScript 库编写程序来对车辆碰撞进行验证，即使用序列图

像不可屏蔽中断 (NMI) 特征方法来实现车辆区域是否真的存在碰撞车辆<sup>[9]</sup>。将惯量进行归一化转动, 具有良好平移、旋转和缩放的特点, 可适用车辆运动实时性图像的形变。基于 Cesium 平台的序列图像不可屏蔽中断 (NMI) 特征存在计算量、误差小的优势, 可区分不同物体高度, 对视频车辆的检测具有高标准要求。该特征的基本思路是将图像中任何一点的像素都看出该点的质量, 为此, 进行跟踪验证时就可说车辆碰撞图像是有质量的物体, 因此, 该图像具有图像转动惯性。在位置精确过程中, 计算车辆区域不可屏蔽中断 (NMI) 特征值, 如果该区域存在车辆碰撞, 那么在连续的帧数图像中, 车辆碰撞区域图像不可屏蔽中断特征值变化并不显著; 如果该区域不存在车辆碰撞, 那么在连续的帧数图像中, 车辆碰撞区域图像不可屏蔽中断特征值变化较大, 那么需放弃对该区域的跟踪。

#### 1.2.4 基于 Cesium 平台目标跟踪算法

针对基于 Cesium 平台目标跟踪算法首先需采集车辆碰撞连续帧图像, 然后对图像进行识别, 将首次出现的车辆碰撞目标进行标记, 将此图像作为初始帧, 并将标记的矩形窗口作为目标窗口。利用 Cesium 平台下的基于颜色-纹理模型的跟踪算法对车辆进行 3D 实时跟踪<sup>[10]</sup>。针对对初始帧与其他连续帧图像进行处理时, 需先标记目标窗口作为中心窗口, 进而确定车辆碰撞行驶轨迹, 具体目标跟踪算法实现过程如下所示: 1) 迭代次数, 读取初始帧; 2) 计算当前帧数以核心为目标的窗口中心颜色-纹理模型直方图, 由此可获得目标模型; 3) 读取下一帧, 计算目标候选区域中心的颜色-纹理模型直方图, 由此可获得候选模型; 4) 计算权值; 5) 按照迭代算法获取实际候选窗口中心; 6) 如果进行迭代次数达到最大值时, 需返回到第 2) 阶段; 如果进行迭代次数超过或者位于两个窗口间距离时, 可进行下一步; 7) 当前帧是最后一帧, 进行收敛, 那么对目标车辆跟踪即为成功。

## 2 实验

为了验证基于 Cesium 平台中车辆的碰撞识别跟踪方式合理性, 进行了如下实验。在识别和跟踪过程中在 Cesium 平台下进行开发并实现, 对换道中的场景进行重新配置, 该场景包括多种模型参数, 在运行车辆碰撞识别和跟踪实验验证结果可进行车辆换道等方法进行实时检验。实验采用一台安装在车辆内部的 CCD 摄像机对公路路况进行实时采集, 将采集到的食品在 Windows8 系统下的 Cesium 平台进行 3D 模拟, 并呈现。

### 2.1 实验结果与分析

在 Cesium 平台下, 构建单向双车道进行虚拟 3D 交通环境模拟。进行换道操作的工况下对系列帧图像进行采集, 结果如图 3 所示。

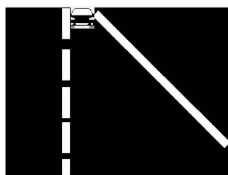


图 3 换道工况

由图 3 可知: 车辆在换道过程中, 虽然在图像帧数中相对于车辆角度发生变化, 但是也能及时被识别出来, 准确提取出车辆前轮廓特征和边缘特征, 通过对大量数据特征样本训练能

够得到性能较好的分类器, 为此, 即使从不同角度观察车辆碰撞情况, 也能被准确识别出来。

将初始帧图像中的车辆碰撞进行识别标记, 其矩形窗口为车辆跟踪的初始化窗口, 同时标记矩形窗口作为中点, 通过对车辆碰撞工况进行跟踪验证, 采集系列帧图像, 进行处理后的效果如图 4 所示。

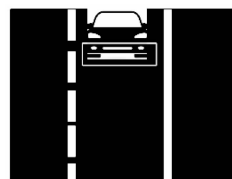


图 4 跟踪效果

由图 4 可知, 在车辆碰撞工况下, 矩形窗口中心点位置发生了改变, 即为实验过程中车辆运行轨迹。由于采集到的系列帧图像矩形窗口中点线可近似当作一条直线, 与原始车辆发生碰撞的运行轨迹路线和可视化模块中的显示效果相符合, 为此该方法具有良好跟踪效果。

为了验证该方法具有可靠性, 将传统方法与改进方法在 Cesium 平台上直接读取每一帧合成的碰撞样本进行判断以验证不同方法的检测率, 实验结果如表 1 所示。

表 1 两种系统方法性能验证

信噪比	传统方法				改进方法			
	碰撞总数	漏报数	总测试次数	检测率 / %	碰撞总数	漏报数	总测试次数	检测率 / %
0	294	2	346	84.97	294	0	294	100
0.1	339	2	423	80.14	339	0	339	100
0.2	412	5	549	75.05	412	1	413	99.75
0.3	380	4	506	75.09	380	3	383	99.21
0.4	674	8	1036	65.57	674	7	681	98.97
0.5	553	15	921	60.04	553	11	564	98.05

由表 1 可知: 在碰撞样本总数一定条件下, 当信噪比为 0 时, 传统方法车辆碰撞漏报数为 2, 获取的检测率为 84.97%, 而改进方法车辆碰撞漏报数为 0, 且获取的检测率为 100%, 相比于传统方法检测率高出 15.03%; 当信噪比为 0.3 时, 传统方法车辆碰撞漏报数为 4, 获取的检测率为 75.09%, 而改进方法车辆碰撞漏报数为 3, 且获取的检测率为 99.21%, 相比于传统方法检测率高出 24.12%; 当信噪比为 0.5 时, 传统方法车辆碰撞漏报数为 15, 且获取的检测率为 60.04%, 而改进方法车辆碰撞漏报数为 11, 且获取的检测率为 98.05%, 相比于传统方法检测率高出 38.01%。

### 2.2 实验结论

本文研究的基于 Cesium 平台中车辆的碰撞识别跟踪方式具有合理性, 与传统方法相比, 该方法车辆发生碰撞时运行轨迹路线和可视化模块中显示效果相符合, 该方法具有良好跟踪效果。在碰撞样本总数一定条件下, 当信噪比为 0 时, 传统方法车辆碰撞漏报数为 2, 改进方法车辆碰撞漏报数为 0, 且获取的检测率相比传统方法检测率高出 15.03%; 当信噪比为 0.3 时, 传统方法车辆碰撞漏报数为 4, 改进方法车辆碰撞漏报数为 3, 且获取的检测率比传统方法检测率高出 24.12%;

(下转第 211 页)