

道路交通视频的车辆跟踪算法

郭锋, 王秉政, 陈燕

(郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 针对现有车辆跟踪算法准确率不太高的问题, 结合具体的道路交通视频的特点, 提出了一种车辆跟踪算法。该算法通过道路车辆行驶运动规律, 在设计的预测区域内进行搜索, 并根据车辆形心、颜色等特征进行匹配和跟踪。实验结果表明, 该算法在满足实时性的要求下, 具有较好的稳定性和较高的准确率。

关键词: 道路交通视频车辆跟踪算法; 车体形心; 基于区域的目标跟踪

中图分类号: TP391

文献标志码: A

Vehicle tracking algorithm in road traffic video

GUO Feng, WANG Bing-zheng, CHEN Yan

(College of Comp. and Com. Eng. Zhengzhou Univ. of Light Ind. Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Aiming at the problem that the accuracy of present vehicle tracking algorithm was not too high, according to the road traffic video features, an algorithm of vehicle tracking was presented. In predictional region, vehicles were matched and tracked through road movement rule of vehicle according to vehicle centroid and color characteristics. The experimental results showed that the algorithm had good stability and high accuracy, and meeting the real-time requirement.

Key words: vehicle tracking algorithm in road traffic video; vehicle centroid; target tracking based on area

0 引言

车辆跟踪是交通视频检测的重要研究领域,是实现车辆检测与计数、交通违章判别的必要前提,是道路智能视频监控的重要模块。目前车辆跟踪算法主要有 4 类,即基于模型的目标跟踪^[1]、基于特征的目标跟踪^[2]、基于活动轮廓的目标跟踪^[3]和基于区域的目标跟踪^[4]。基于模型的目标跟踪需要对所有车辆建立模型,因此很难在前期实现;基于特征的目标跟踪需要提取车辆的大量特征,提取过程复杂;基于活动轮廓的目标跟踪通过自动适应的轮廓来实现车辆跟踪,但是初始化轮廓很难;基于区

域的目标跟踪利用区域关系跟踪目标,根据滤波技术预测目标的位置^[5-6],但不易处理车辆分裂合并问题。目前的跟踪算法,在简单背景下效果较理想,但在实际的道路交通视频中,由于交通运动的复杂性、噪声、夜晚灯光等因素的干扰,容易造成跟踪失败。

本文拟根据道路交通视频的特点,拟提出一种车辆跟踪算法,采用在预测区域进行搜索,然后根据车辆形心、车体颜色等特征进行匹配和跟踪。

1 预测区域中的车辆形心跟踪

道路视频图像的相邻帧之间具有很大的关联

收稿日期: 2012 - 04 - 30

基金项目: 河南省科技攻关项目(092102210108)

作者简介: 郭锋(1981—),男,河南省信阳市人,郑州轻工业学院助教,主要研究方向为数字图像处理与数据库。

性. 相邻帧的图像时间间隔很小, 在很小的时间间隔中, 车辆的速度变化很小, 位移也是很小, 所以下一帧图像没有必要在整个图像中搜索该车辆, 而只需利用帧的形心位置和速度计算出车辆在下一帧图像的大概位置, 然后在预测区域内对车辆进行搜索. 这样, 车辆匹配跟踪的准确率较高, 算法的时间复杂度较低. 跟踪算法模型有以下4个模块: 1) 定位检测到车辆; 2) 预测车辆在下一帧图像中可能出现的位置, 从而得到矩形搜索窗口; 3) 根据车辆特征, 匹配车辆是否为上一帧同一车辆; 4) 更新车辆序列和车辆特征, 为下一帧的跟踪作好准备.

1.1 车辆在下一帧图像位置的预测

每一帧图像中车辆的轮廓可用一多边形标记, 对每一车辆计算出的形心点就是车辆在此帧图像坐标系的位置. 根据此点的位置和道路运动的规律就可以预测出下一帧图像中该车辆形心的可能位置.

道路视频中, 因为每帧之间时间间隔小, 因此车辆的运动基本可以认为是加速直线运动. 由于图像噪声的存在, 可取该运动的加速度为一正态分布的随机变量 $\omega \sim N(0, \delta_\omega^2)$, 其值可通过观察和大量机器学习训练得到.

在第 k 帧图像中, 该车辆的观察状态向量可取为 $[x_k, v_{xk}, y_k, v_{yk}]^T$, 其中 x_k, y_k 是车辆形心在坐标系 X 轴和 Y 轴的坐标; v_{xk}, v_{yk} 是车辆在该帧图像 X 轴和 Y 轴的瞬时速度.

按照直线运动相关定律, 在 X 轴可得到 (Y 轴也有类似方程)

$$x_k = x_{k-1} + v_{x(k-1)}t + \frac{1}{2}w_{k-1}t^2$$

$$v_{xk} = v_{x(k-1)} + w_{k-1}t$$

其中 w_k 是该帧车辆瞬时加速度.

第 k 帧图像的车辆状态可描述为

$$\begin{bmatrix} x_k \\ v_{xk} \\ y_k \\ v_{yk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & t & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{k-1} \\ v_{x(k-1)} \\ y_{k-1} \\ v_{y(k-1)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t^2/2 \\ t \\ t^2/2 \\ t \end{bmatrix} w_{k-1} \quad (1)$$

在得知车辆在本帧图像的形心坐标后, 根据式①就可以计算得到该车辆在下一帧图像的车辆 X 轴和 Y 轴瞬时速度和形心坐标. 然后以车辆形心点为中心, 取适当长度为边, 得一矩形区域, 即为车辆在下一帧图像中的预测矩形区域.

1.2 下一帧图像中车辆形心的计算

在车辆检测中, 通过背景相减法和边缘检测, 就可以得到车辆的多边形轮廓, 在轮廓区域内表面是车体, 车体部分为白点, 灰度值为 255, 其余部分为黑点, 灰度值为 0. 因为图像的车辆多边形为不规则图形, 所以采用积分计算, 假定车体每个像素的函数值为

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{若像素点为目标} \\ 0 & \text{若像素点为背景} \end{cases}$$

根据此函数可以计算出车辆形心在 X 轴和 Y 轴的坐标函数.

$$\bar{x}_{n_0} = \frac{\sum x \times f(x, y)}{\sum f(x, y)} \quad (2)$$

$$\bar{y}_{n_0} = \frac{\sum y \times f(x, y)}{\sum f(x, y)} \quad (3)$$

其中 μ_n 为某车体所有像素点.

1.3 车辆的特征匹配与更新

根据式①计算得到的车辆在下一帧的预测形心坐标为 C_{k+1}^{i*} , 其 X, Y 轴值为 $(x_{k+1}^{i*}, y_{k+1}^{i*})$. 在搜索矩形区域搜索得到的车辆, 根据式②和式③计算得到车辆在下一帧的真实形心坐标为 C_{k+1}^j , 其在 X, Y 轴值为 (x_{k+1}^j, y_{k+1}^j) , 可以定义如下公式:

$$D(i, j) = \frac{\sqrt{(x_{k+1}^{i*} - x_{k+1}^j)^2}}{\sqrt{(y_{k+1}^{i*} - y_{k+1}^j)^2}} \quad 0 \leq D(i, j)$$

根据道路车辆行驶特点, 车辆在 X 轴位移很小, 而在 Y 轴位移适中 (车辆速度有其范围), 所以 $D(i, j)$ 应为一合理值, 即 $T_{\min} \leq D(i, j) \leq T_{\max}$, 其中 T_{\min} 和 T_{\max} 可以通过反复训练学习得到.

在得到车辆的多边形框内, 随机抽取若干点, 取个数最多的颜色为车体颜色. 若在第 m 帧有 s 辆车, 序列为 $p_m = \{h_1, h_2, \dots, h_s\}$, 在第 $m+1$ 帧图像搜索的车辆序列为 $p_{m+1} = \{h'_1, h'_2, \dots, h'_n\}$, 在第 m 帧某车辆 p 根据预测区域搜索到第 $m+1$ 帧图像的车辆 q , 当 $D(i, j)$ 满足合理值, 且车体颜色一致时, 就可以认为第 $m+1$ 帧的车辆 q 即为 m 帧车辆 p 的更新, 即车辆 q 和车辆 p 为同一车辆. 按照同样方法, 更新各个车辆.

假定第 $m+1$ 帧的图像已更新, 若在第 $m+1$ 帧图像检测到的 h'_j 在 m 帧图像中没有, 则表明该车辆为刚驶入监控跟踪区域的新增加车辆, 需把它加

入车辆序列进行跟踪;若在 m 帧图像的 h_c 车辆在 $m+1$ 帧图像中找不到后续,即在 $m+1$ 帧图像找不到与该车辆匹配成功的车辆,即认为该车辆驶出路口检测跟踪区域,需把它从车辆序列中删除.这样,为下一帧跟踪完成了车辆序列的更新,车辆序列更新后,对序列中各车提取新的特征值,车辆形心坐标等值,继续进行下一帧的车辆跟踪.

2 实验结果

本实验采用真实的城市交通道路的视频,对该算法进行验证.图1和图2中检测跟踪区域为白色线框矩形,在跟踪区域内对车辆进行检测和跟踪.为了尽可能画出车辆的实际轮廓,对车辆用多边形框勾出,并记下每帧图像车辆的形心,连接起来从而绘出该车辆在视频图像的形心轨迹.



图1 白天车辆的跟踪



图2 夜晚车辆的跟踪

对福州市某道路进行视频监控,在不同的时间段对车辆进行跟踪,表1为用普通的车辆跟踪算法与本文提取的在预测区域的车辆跟踪算法的对比数据.

表1 道路视频监控的2种车辆跟踪算法比较

算法	9:00—9:30			0:30—1:00		
	车辆总数	正确数	正确率	车辆总数	正确数	正确率
文献[7]车辆跟踪算法	350	280	80%	144	109	76%
预测区域跟踪算法	350	292	83%	144	114	79%
算法	6:30—7:00			2:00—2:30		
	车辆总数	正确数	正确率	车辆总数	正确数	正确率
文献[7]车辆跟踪算法	268	222	83%	112	88	79%
预测区域跟踪算法	268	233	87%	112	90	80%

3 结论

针对现有车辆跟踪算法准确率不太高的问题,提出了一种车辆跟踪算法.该算法基于本帧图像车辆的状态信息,预测出车辆在下一帧图像的大概位置,设置跟踪矩形区域,在其区域内进行搜索,根据车辆形心、颜色等特征进行车辆匹配和跟踪.实验结果表明本文所提出的预测区域中的车辆形心跟踪算法,可满足道路监控区域车辆跟踪的实时性要求,运行时间降低,车辆匹配和跟踪正确率较高.

参考文献:

- [1] 翁木云,何明一.图像综合特征及其在图像检测与匹配中的应用[J].中国图象图形学报,2007,12(1):121.
- [2] Fathy M, Siyal M Y. Real-time image processing approach to measure traffic queue parameters[J]. IEEE Proc-Vis Image Signal Process, 1995, 142:297.
- [3] Wang Y, Wang T E, Shen D G. Lane detection and tracking using B-Snake[J]. Image and Vision Comp, 2004, 22(4):269.
- [4] Paragios N, Deriche R. Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects[J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(3):266.
- [5] 肖敬若,张艳宁,胡伏原,等.一种鲁棒的多目标自动跟踪算法[J].信号处理,2007,23(3):437.
- [6] 常发亮,刘雪,王华杰.基于均值漂移与卡尔曼滤波的目标跟踪算法[J].计算机工程与应用,2007,43(12):50.
- [7] 孙状,宋正河,毛恩荣,等.高清视频车辆检测及跟踪系统的设计与实现[J].中国农业大学学报,2009,14(6):97.