

DOI: 10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2017.1.07

基于改进灰色模型的前车检测与跟踪算法

陈戈珩, 潘晓旭*, 杨林, 胡明辉

(长春工业大学 计算机科学与工程学院, 吉林 长春 130012)

摘要: 基于改进 GM(1,1)模型, 依据车底阴影特征自适应确定目标假设区域, 利用边缘对称性和纹理特征两层约束验证车辆区域, 排除虚假目标。应用改进的 GM(1,1)预测下一帧目标位置, 结果表明, 可以实现前方车辆的检测与跟踪。

关键词: 前车检测; 前车跟踪; GM(1,1)

中图分类号: TP 391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2017)01-0038-05

Preceding vehicle detection and tracking algorithm based on modified grey model

CHEN Geheng, PAN Xiaoxu*, YANG Lin, HU Minghui

(School of Computer Science & Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: Based on improved GM(1,1) model, the hypothesis vehicle region is self-adjustably defined according to the feature of the shadow underneath a vehicle, and then the region is verified with edge symmetry and texture feature constraints to eliminate the false target. With the modified GM(1,1) algorithm is used to predict the next frame of the target position, and the results show that it is feasible for front vehicle detection and tracking.

Key words: front vehicle detection; tracking; GM(1,1).

0 引言

自上世纪 50 年代, 基于视觉的道路环境理解已经成为安全辅助驾驶系统研究领域的热门话题, 准确地定位路面上的主要障碍物车辆是非常必要的。基于车载摄像头定位前方车辆的技术难点是: 不仅图像中的目标车辆在运动, 而且摄像

机、目标和背景环境之间存在着相对运动。常用的基于视觉的前车检测与跟踪方法存在特征点匹配难度大、硬件成本较高和计算复杂的不足, Kalman滤波存在着可能发散以及噪声参数和初值选取困难等问题, 而且其通常假设运动目标做匀加速或匀速直线运动, 与实际运动情况不符, 跟踪准确度不高^[1-2]。灰色系统理论具有小样本、可

收稿日期: 2016-07-17

基金项目: 教育部“春晖计划”基金资助项目(403-004077003)

作者简介: 陈戈珩(1961-), 女, 汉族, 吉林长春人, 长春工业大学教授, 主要从事数字信号处理及应用方向研究, E-mail: chengeheng@ccut.edu.cn. * 通讯作者: 潘晓旭(1989-), 女, 蒙古族, 辽宁凌源人, 长春工业大学硕士研究生, 主要从事数字信号处理及应用方向研究, E-mail: 568308233@qq.com.

检验、运算简单等优点^[3-5], 无需假设目标运动规律和随机噪声参数即能估计预测目标。文中给出一种基于 GM(1,1)模型的前方车辆检测和跟踪方法, 而且针对灰色系统理论长期预测精度低的不足, 给出了改进的 GM(1,1)算法。

1 预处理

由于复杂的外界环境, 车载图像中蕴含着许多无用信息和噪声。灰度化原始图像后对其高斯滤波去噪, 天空与路面相比具有较高灰度值, 且在路面和天空相接处有一个较大的亮度差异变化, 选择水平均值分布曲线上部起第一个最小值所在的行作为天空和路面区域的分界线; 靠近摄像机的路面区域通常最暗且无车辆, 选择水平均值曲线上部起第二个最小值所在的行作为感兴趣区域的下边缘, 水平均值分布曲线和感兴趣区域 (ROI) 分别如图 1 和图 2 所示。

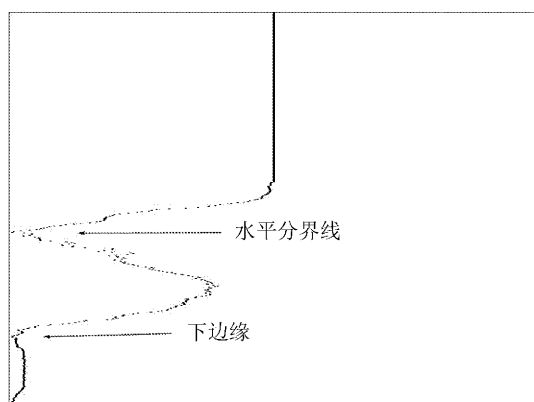


图 1 水平均值分布曲线

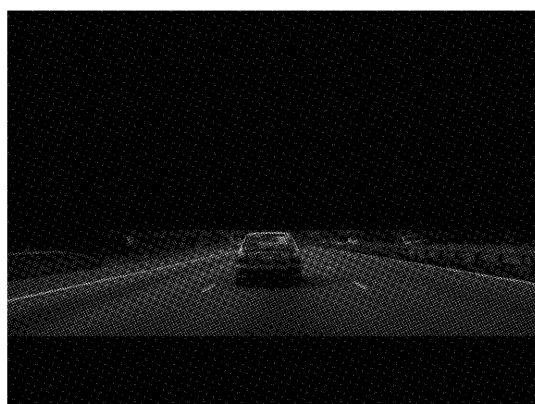


图 2 感兴趣区域 (ROI)

2 前方车辆检测

车辆的灰度和边缘对称性、纹理、轮廓、运动

以及车底阴影等特征均可用于检测前车, 然而受复杂路况和光照影响, 可能存在误检, 必须进行验证, 故检测算法分车辆区域假设生成和假设验证两步^[6-8]。

无论光照明暗, 目标车辆大小、运动状态如何, 车辆底部阴影总是存在, 统计路面分界线以下的路面像素, 计算其均值 μ 和标准方差 σ , 以 $\mu - 3\sigma$ 为阈值二值化 ROI, 并对其进行形态学滤波消除噪声, 得到车底阴影。将 y 方向上下行相差低于 10 个像素的阴影线合并, 删除过长或过短的阴影线, 为提高后续分析的精度, 将阴影线的左右端各扩展 10% 个像素, 采用宽高比为 0.9 的矩形框粗定位假设区域; 利用 Sobel 算子对粗定位的检测区域进行水平和垂直边缘检测, 获得垂直和水平积分投影图像, 垂直投影图的局部峰值作为车辆的左右边缘, 水平积分投影图中第一条达到最大值一半的行为水平上边缘, 从而精定位车辆假设区域。检测结果如图 3 所示。

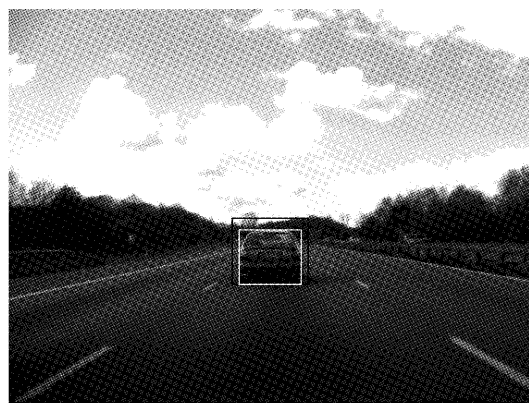


图 3 检测结果

图 3 中黑色矩形框为粗定位假设区域, 白色矩形框为精定位假设区域。

利用纹理特征和边缘对称性特征两层约束验证车辆区域, 排除信息熵小于 2.4 或边缘对称性小于 0.7 的假设区域, 使误检率降到最低。

3 前方车辆跟踪

当视频图像样本间隔较短时, 邻帧之间的目标车辆位置有很大的相关性, 前一帧的位置信息可以用来预测下一帧的目标位置, 跟踪处理是检测的补充, 而且能改善检测效果。

针对卡尔曼滤波器选取噪声参数困难以及需要假设目标运动规律的缺点, 文中给出了以

GM(1,1)模型为基础的改进跟踪算法。

3.1 灰色预测模型 GM(1,1)

灰色模型是基于关联空间、光滑离散函数等概念利用离散数据列建立的微分方程形式的动态模型,GM(1,1)表示单变量一阶方程的灰色模型,其灰微分方程为:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (1)$$

其中, $x^{(0)}(k)$ ($k=1,2,\dots,n$) 为原始数据序列。

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad (2)$$

$$k = 2, 3, \dots, n$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (3)$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

若 $\hat{a} = (a, b)^T$ 为参数序列,且

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}$$

则对 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 应用最小二乘法得到参数估计序列满足

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (5)$$

得到参数估计序列后,便可用式(6)预测将来的数据:

$$x^{(0)}(k) = (\beta - \alpha x^{(0)}(1))e^{-\alpha(k-2)} \quad (6)$$

其中

$$\beta = \frac{b}{1 + 0.5a} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{a}{1 + 0.5a}$$

由灰微分方程和参数估计序列可知,只要已知 3 个数据就能进行预测,随时间增长,获得的数据越来越多,而最开始的数据已不再能反映系统

当前特征,有必要对 GM(1,1) 进行实时更新,其跟踪原理如图 4 所示。

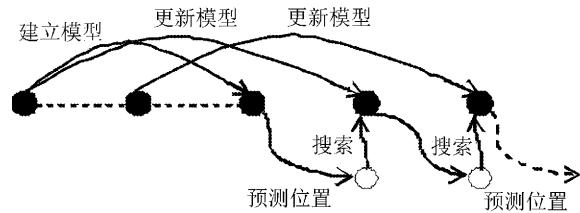


图 4 GM(1,1)模型跟踪过程

检测到连续三帧车辆位置数据后,构建 GM(1,1)模型,对车辆下一帧位置进行预测,在第 4 帧图像的跟踪窗口判断搜寻车辆的实际位置,加入实际的位置数据更新模型,预测第 5 帧中车辆的位置,获得第 5 帧实际位置后,舍弃第 1 帧数据更新模型预测下一帧,如此循环实现车辆预测跟踪。其中,位置数据为车辆检测区域的重心坐标,包括 X 坐标和 Y 坐标,故需要分别建立 X、Y 坐标的 GM(1,1)完成跟踪。用前 4 个数据预测下一数据的 GM(1,1)模型计算过程如下:

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$B = \begin{bmatrix} z^{(1)}(2) & 1 \\ z^{(1)}(3) & 1 \\ z^{(1)}(4) & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (9)$$

因此预测值为:

$$x^{(0)}(5) = (\beta - \alpha x^{(0)}(1))e^{-3a} \quad (10)$$

为改善 GM(1,1)长期预测精度低的不足,需要对 GM(1,1)模型进行改进,假设最新一帧实际位置数据为 $x^1(4)$,预测位置数据为 $x^0(4)$,实际值与预测值残差为:

$$e = x^1(4) - x^0(4) \quad (11)$$

用上一帧的预测偏差修正模型的预测结果作为本帧的预测结果如下:

$$x^{(0)}(5)' = (\beta - \alpha x^{(0)}(1))e^{-3a} + e \quad (12)$$

3.2 计算似然函数

为验证跟踪的区域是否为目标车辆,文中提

出一种新型的匹配函数 l , 其值由模板(上一帧预测位置的真正值)和预测窗口熵之差、平均灰度差、灰色对称性和边缘对称性决定, 其定义式如下:

$$l = \left(\frac{\text{GreyHSym} + 1}{2} \right) \times \left(\frac{\text{EdgeVSym} + 1}{2} \right) \times f(a_1, \text{EntropyDiff}) \times f(a_2, \text{GreyDiff}) \quad (13)$$

式中: EdgeVSym, GreyHSym —— 分别是矩形预测窗口的边缘对称性和水平灰度对称性;

EntropyDiff, GreyDiff —— 分别是模板和

预测窗口之间的熵和灰度差值;

f —— 评价函数。

l 在 $[0, 1]$ 内取值。其值越大, 越可能是目标车辆, 判别阈值为 0.5, 如果 l 大于该阈值, 判别为车辆, 更新参考模板, 继续跟踪下一帧, 否则重新检测目标车辆。

4 实验结果分析

选取 PETS2001 的视频图像序列验证基于改进 GM(1,1) 的前车检测和跟踪算法的鲁棒性和实时性, 部分帧的跟踪结果如图 5 所示。

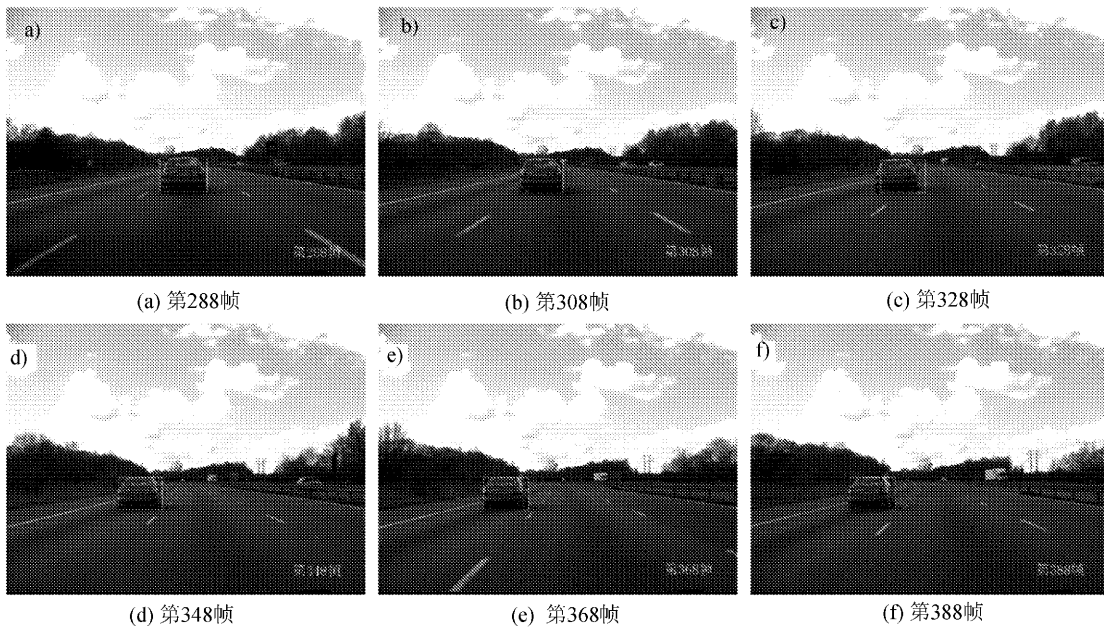
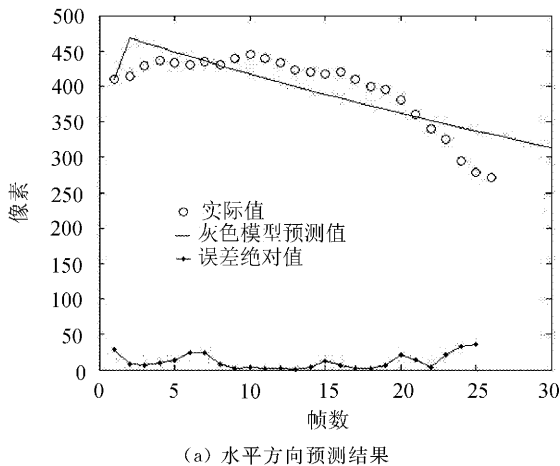
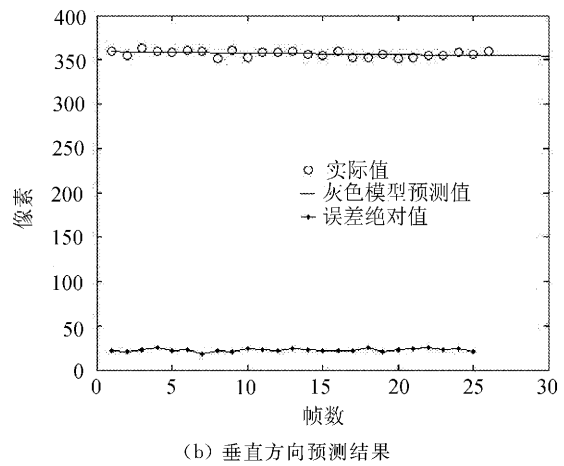


图 5 第 288 帧到 388 帧部分图像的跟踪结果

该算法可以在较短的时间内准确检测跟踪到目标车辆。将前 15 s 的视频图像(共 376 帧)每隔 15 帧提取一幅关键帧图像, 共 26 帧, 对其进行检测, 跟踪结果如图 6 所示。



(a) 水平方向预测结果



(b) 垂直方向预测结果

图 6 水平、垂直方向 GM(1,1) 预测结果

图 6 中, 横、纵坐标模型的预测跟踪平均误差分别为 0.031 3、0.007 3, 能够满足跟踪对准确率的高要求。

5 结 语

给出的改进灰色预测模型可以弥补 GM(1,1)长期预测精度不高的缺点,大大减少了预测误差,缩小了搜索范围,提高了实时性。以上算法目前仅考虑日间车辆的检测跟踪,后续工作将进一步研究各种光照条件和夜间前车的检测跟踪。

参考文献:

- [1] 王海,陈军.基于局部 Gabor 特征匹配和 Kalman 滤波的车辆跟踪算法[J].现代交通技术,2015,12(1):36-40.
- [2] 张江山,朱光喜.一种基于 Kalman 滤波的视频对象跟踪方法[J].中国图象图形学报:A 辑,2002,7(6):606-609.
- [3] 王江荣.基于灰色 GM(1,1)和小波神经网络的预测模型及应用[J].自动化与仪器仪表,2011(6):88-90.
- [4] 袁基炜,史忠科.一种基于灰色预测模型 GM(1,1)的运动车辆跟踪方法[J].控制与决策,2006,21(3):300-304.
- [5] 何俊,刘会茹,张彦群.基于 GM(1,1)的可变季节指数预测模型[J].长春工业大学学报:自然科学版,2012,33(1):16-20.
- [6] 齐美彬,潘燕,张银霞.基于车底阴影的前方运动车辆检测[J].电子测量与仪器学报,2012,26(1):54-59.
- [7] 谭学治,韩艺.动态背景下运动车辆的检测与跟踪研究[J].移动通信,2015(11):80-85.
- [8] Weina L, Shuyao T, Lihong Z, et al. Preceding vehicle detecting and tracking for intelligent vehicles [C]// Industrial and Information Systems (IIS), 2010 2nd International Conference on. IEEE, 2010: 306-309.