

加油站中基于自适应阈值分割的车辆停车检测方法

肖军弼¹ 朱风珍¹ 钱志军² 程千才²

¹(中国石油大学(华东)计算机与通信工程学院 山东 青岛 266580)

²(中国石油天然气有限公司规划总院 北京 100089)

摘要 针对加油站复杂环境下难以获取停车数据的问题,提出一种基于自适应阈值分割的车辆停车实时检测方法。以加油位为检测对象,使用改进的均值背景法更新加油位的背景;将背景差分法与 Otsu 算法相结合,提出一种改进的自适应阈值分割算法;设计停车检测算法,检测出加油车辆的停车时间点、车牌号以及停车持续时间。实验结果表明,该算法能有效检测出车辆的停车数据,并能过滤掉过往车辆和行人等噪声干扰。

关键词 加油站 停车检测 均值背景法 Otsu 算法 自适应阈值分割

中图分类号 TP391.41 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2019.02.045

VEHICLE PARKING DETECTION METHOD BASED ON ADAPTIVE THRESHOLD SEGMENTATION IN GAS STATION

Xiao Junbi¹ Zhu Fengzhen¹ Qian Zhijun² Cheng Qiancai²

¹(College of Computer and Communication Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, Shandong, China)

²(China Petroleum Planning and Engineering Institute, Beijing 100089, China)

Abstract Aiming at the problem that it is difficult to obtain parking data in complex environment of gas station, we proposed a real-time detection method of vehicle parking based on adaptive threshold segmentation. Taking the refueling position as the detection object, we used the improved mean background method to update the background of the refueling position. Combining background difference method with Otsu algorithm, an improved adaptive threshold segmentation algorithm was proposed. We designed a parking detection algorithm to detect the parking time, license plate number and parking duration of refueling vehicles. The experimental results show that the algorithm can effectively detect the parking data of vehicles and filter out the noise interference of passing vehicles and pedestrians.

Keywords Gas station Parking detection Mean background method Otsu algorithm Adaptive threshold segmentation

0 引言

在当今的石油零售行业,利用网络实现电子支付^[1-2]的新型支付方式引起了各大石油企业的关注,通过车牌付款的方式已悄然走进市场。但由于加油站环境复杂,大多数情况是在加油机两侧分别安装车牌识别摄像头辅助完成车牌付款。这种实现方式的弊端在于摄像头的照射范围较小,拍摄角度较低。当多辆

车排队停靠在一台加油机旁加油时,摄像头只能识别出最前面车辆的车牌号,并由于前车的遮挡无法识别后面其他车辆的车牌号,造成后面加油车辆自动扣款失败,因此每一侧的摄像头只能辅助一辆车完成车牌付款。但传统的加油站部署情况是在每台加油机旁地面上标有多个停车位标线(以下简称“加油位”),可容纳多辆车同时进行加油,而当前车牌支付功能却将原本多辆车同时加油的情况缩短至一辆车,降低了加油效率,在加油高峰期阶段,还加剧车辆排队情况。为

解决当前加油站内车牌付款功能中车牌识别摄像头的弊端,需要寻找更合适的车辆信息视频采集角度,从而实现通过摄像头辅助一台加油机周围的多辆车完成车牌付款。

当前加油站针对每台加油机的每把油枪设置了唯一编号,油枪提枪后会向后台服务器发送交易的详细信息,包括油枪编号、提枪时间、加油交易编号等信息。若通过监控摄像头获取到该加油机旁加油车辆的停车数据,包括加油位、停车时间、已停车时间、车牌号等信息,根据油枪编号与车辆所在加油位的对应关系、油枪的提枪时间与车辆的停车时间差值等数据关系,可实现车牌号与对应加油交易的匹配,从而辅助同一台加油机旁的多辆车使用车牌付款功能。因此,在停车数据获取方面,只要能获取到多辆加油车辆的加油位、停车时间、已停车时间、车牌号等停车数据,就可以较容易地提高当前车牌支付功能的加油效率。

本文针对大多数加油站内加油机每侧两个停车位的部署情况,寻找更有效的车牌数据获取方法。不难发现,加油站罩棚顶部的摄像头监控范围更广,可监控一台加油机的多个加油位。若通过加油机前后两端罩棚顶部的两个摄像头分别监控加油机每侧的一个加油位,可实现整体上监控一台加油机左右共四个加油位,从而获取四辆加油车辆的车牌号数据。具体部署情况如图1所示,左边摄像头只需监控加油机左边的两个停车位,右边摄像头监控加油机右边的两个停车位。

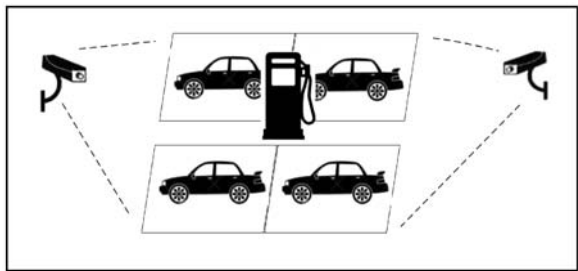


图1 加油站部署情况

但正因为罩棚顶部摄像头监控范围更广,监控到的加油机两侧光线强度差别较大,加油机旁还经常出现行人走动以及过往车辆等干扰情况。针对上述情况进行分析,由于当前的数字图像处理领域中,车牌识别技术已较为成熟,大倾斜角度下的车牌号也可识别成功^[3],但车辆检测技术易受光照和噪声干扰,加油站罩棚内部与罩棚边界的加油位光照强度不同,经常出现行人走动、过往车辆等噪声,无法准确获取车辆目标。而在停车检测方面,文献[4]通过计算车辆与违停区域的质心距离和违停时间长度综合判断违停车辆,但车辆在行驶过程中会产生距离不变的情况,因此无法检测出车辆的停车时间点。文献[5]通过基于像素时

间序列特征的稳态分析法提取停车车辆,文献[6]通过机器学习的分类方法分析车辆的跟踪轨迹,从而检测停车行为。上述两种算法中,分析每个像素点的变化和通过机器学习训练分类器都存在较高的运算量,而加油站中检测停车数据需要保证算法的实时性与准确性,因此必需降低算法的运算复杂度。

故本文通过分析加油站罩棚顶部摄像头获取的视频数据,提出了一种简单有效的停车检测算法。通过改进的背景差分法以及改进的自适应阈值提取算法获取车辆目标,通过提出的停车检测算法获取停车数据。

1 停车检测算法

1.1 车辆检测

当前通过视频检测运动目标的算法主要包括光流法^[7]、相邻帧差法^[8]、背景差分法^[9]等。光流法不易受光照变化的影响,但易受噪声影响,且计算复杂度高,无法满足检测的实时性需求。相邻帧差法主要通过计算相邻帧之间的差异获取运动目标,运算原理简单、复杂度低,但检测结果大多存在空洞,导致获取的目标前景不完整^[10]。背景差分法相比于上述两种方法来说,具有运算复杂度低、目标检测完整等优点^[11-13]。该方法的核心是获取稳定的背景模型,通过计算当前图像与背景图像的差值获取运动目标。因此,为满足系统的实时性,本文选用背景差分法计算加油位背景。

1.1.1 背景差分法

假设 (x, y) 像素点在第 k 帧图像中的像素值为 $F_k(x, y)$,该点在背景图像中的像素值为 $G_k(x, y)$,差值图像为 $D_k(x, y)$ 。计算公式如下:

$$D_k(x, y) = |F_k(x, y) - G_k(x, y)| \quad (1)$$

将差值图像二值化,获取运动目标,计算公式如下:

$$O_k(x, y) = \begin{cases} 1 & D_k(x, y) \geq T \\ 0 & D_k(x, y) < T \end{cases} \quad (2)$$

式中: $O_k(x, y)$ 是获取到的前景图像,当差值 $D_k(x, y)$ 大于等于设定的阈值 T 时视为运动点,将 $O_k(x, y)$ 赋值1。当差值 $D_k(x, y)$ 小于设定的阈值 T 时视为背景点,将 $O_k(x, y)$ 赋值0。最终得到只有黑色和白色的前景图像,白色区域为运动目标,黑色区域为背景部分。

1.1.2 改进的均值背景建模

在加油站中,加油位的背景较为简单,大多数情况只受光照缓慢变化的影响,因此本文采用均值法进行背景建模。但由于车辆在加油时停车时间较长,使用

该算法会将停车车辆误判为背景。除此之外,当有行人走动时,计算出的初始背景中容易混入行人残影。为此,本文针对加油站的特点,在均值背景法的基础上做了改进,解决了车辆混入背景以及行人残影的问题,保证了加油位背景的正常更新。具体计算步骤如下:

1) 选取参考背景图像 首先提取加油位第一帧无车辆图像作为背景,读取一帧图像后,通过背景差分法计算前景图像。根据前景目标面积值判断是否有车辆大面积驶入加油位(若前景图像的目标面积大于阈值 T_1 则表示有车辆大面积驶入)。当无车辆大面积驶入时,将当前帧作为参考背景存储,直到存储的图像帧数达到一定值 N 后,计算均值背景。

2) 计算均值背景 根据存储的参考背景图像,通过下式计算均值背景。

$$G_N(x, y) = \frac{1}{N} \times \sum_{k=1}^N I_k(x, y) \quad (3)$$

式中: $I_k(x, y)$ 为 (x, y) 像素点在第 k 帧参考背景中的像素值, N 为参考背景的帧数, $G_N(x, y)$ 为计算得出的均值背景在 (x, y) 像素点的像素值。

3) 去除残影 将均值背景与参考背景的每一帧像素值作差并求平均值,获取残影图像,公式如下:

$$S_N(x, y) = \frac{1}{N} \times \sum_{k=1}^N (G_N(x, y) - I_k(x, y)) \quad (4)$$

式中: $S_N(x, y)$ 为残影图像在 (x, y) 像素点的像素值。获取残影图像后,通过下式计算均值背景 G_N 与残影图像 S_N 的差值,获得初始背景 B_N 。

$$B_N(x, y) = |G_N(x, y) - S_N(x, y)| \quad (5)$$

4) 进行背景更新 读取背景图像,通过 1.1 节的背景差分法计算 $O_k(x, y)$, 并通过下式更新背景:

$$B_{N+1}(x, y) = \begin{cases} B_N(x, y) & O_k(x, y) = 1 \\ B_N(x, y) \times (1 - \theta) + I_k(x, y) \times \theta & O_k(x, y) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

式中: θ 是背景更新速度参数, $B_N(x, y)$ 为更新前的背景, $B_{N+1}(x, y)$ 为更新后的背景。由于加油位背景简单、光线变化缓慢,因此通过大量实验测试后,此处 θ 取经验值 0.02。

5) 通过改进的自适应阈值算法提取目标前景

(1) Otsu 算法。Otsu 算法(最大类间方差法)由 Otsu(即天津展之)于 1978 年提出^[14],该算法是一种对图像进行二值化的高效算法,分割效果较好,适用范围广泛。

假设一副灰度图像 I 的灰度级为 L (即灰度范围在 $[0, L-1]$), 图像的大小为 $M \times N$, n_i 是灰度级为 i 的像素点的个数,根据下式求像素点出现的概率 P_i :

$$P_i = \frac{n_i}{M \times N} \quad (P_i \geq 0, \sum_{i=0}^{L-1} P_i = 1) \quad (7)$$

根据图像 I 的灰度级,设分割阈值 $k \in [0, L-1]$, 通过下式分割前景图像:

$$I(x, y) = \begin{cases} F_0 & i < k \\ F_1 & i \geq k \end{cases} \quad (8)$$

通过下式计算 F_0 和 F_1 的方差:

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=0}^k (i - \mu_0)^2 \times \frac{P_i}{\omega_0} \quad (9)$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=k+1}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \times \frac{P_i}{\omega_1} \quad (10)$$

计算出目标与背景之间的类间方差,计算公式如下:

$$\sigma_k^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_1 - \mu_0)^2 \quad (11)$$

式中: $\omega_0 = \sum_{i=0}^k P_i$, $\omega_1 = \sum_{i=k+1}^{L-1} P_i$, $\mu_0 = \sum_{i=0}^k \frac{iP_i}{\omega_0}$,

$$\mu_1 = \sum_{i=k+1}^{L-1} \frac{iP_i}{\omega_1}。$$

通过下式获取 σ_k^2 取值最大时的 k 值,作为图像分割的最佳阈值:

$$k = \text{Arg}_{\max} \{ \sigma_k^2(k) \} \quad 0 \leq k \leq L \quad (12)$$

通过最佳阈值 k 分割的前景图像 I 即为最佳前景图像。

(2) 改进的自适应阈值提取算法。在暗光环境下,当车辆与背景的灰度相近时,通过背景差分法提取的车辆目标有较多空洞。图 2 是亮光和暗光环境下提取的车辆目标效果图。



(a) 亮光下的车辆前景 (b) 暗光下的车辆前景

图 2 亮光与暗光环境下的车辆目标

因此,为增强暗光环境下提取出的车辆前景效果,本文将背景差分法与 Otsu 算法相结合,提出一种自适应阈值提取算法。

首先,读取当前帧,设图像大小为 $M \times N$,通过下式计算当前图像的亮度:

$$S = \frac{1}{M \times N} \times \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} I(x, y) \quad (13)$$

若 S 大于阈值 T_2 表示该图像为亮光图像,使用背景差分法提取目标前景。若 S 小于阈值 T_2 表示该图像为暗光图像,通过下式计算放大的差值图像:

$$D(x, y) = |I(x, y) \times t - G(x, y) \times t| \quad (14)$$

式中: $D(x,y)$ 为放大的差值图像。对 $D(x,y)$ 通过Otsu算法计算最佳分割阈值 k 并进行图像分割,从而获取较为理想的前景图像。具体算法流程图如图3所示。

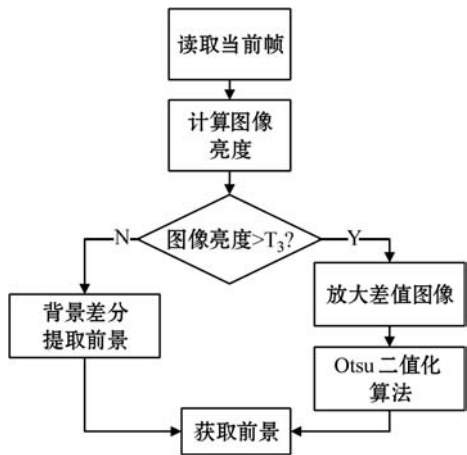


图3 自适应阈值提取目标流程图

1.2 停车判断

本文通过分析车辆驶入时的前景变化,判断车辆的停车行为。此方法运算复杂度低,且能有效过滤加油站的各种噪声干扰。

在每个停车位设置两条虚拟检测带,间隔为375像素,每条检测带的高度为10像素,宽度与加油位宽度相等。当一条检测带有车辆通过时,检测带内每一行的像素值都会出现较多的目标点,并且大多连续,如图4和图5所示。

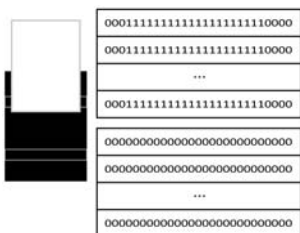


图4 车辆驶入一条检测带

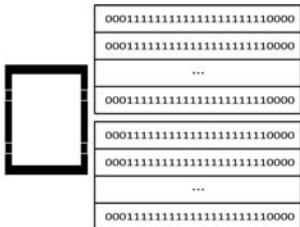


图5 车辆驶入两条检测带

因此,将每个检测带看作有10个元素的一维数组 Z ,其中, $Z[i](i=0,1,\dots,9)$ 表示第 $i+1$ 行的状态值。通过下式计算 Z 的每个元素值:

$$Z[i] = \begin{cases} 1 & P_i \geq T_3 \\ 0 & P_i < T_3 \end{cases} \quad (15)$$

式中: P_i 是每行检测带中1的个数, T_3 为判断阈值。当 Z 的每个元素值都为1,则表示该检测带有车通过,将

该检测带的状态值赋值1。按上述方式监控加油位,若两检测带同时检测出有车辆驶入时表示车辆疑似停车。当疑似停车状态持续 T_4 秒后,代表车辆真正停车。

由于不同车辆的车速不完全相同,故不同车辆停车状态持续时间 T_4 不同,因此需要寻找车辆在通过两检测带后到真正停车时所花费的时间规律。首先获取加油位内第一条检测带检测出车辆时的时间 T_{start} ,并获取加油位内第二条检测带检测出车辆时的时间 T_{end} 。经实验测试,由于车辆停车过程中车速越来越慢,所测得的 $T_{end} - T_{start}$ 的值与 T_4 相等,因此,此处的停车判断条件为 $T_4 \geq T_{end} - T_{start}$,当满足此条件时,表示车辆真正停车。

当检测到车辆停车后,获取当前时间作为车辆的停车时间点,调用车牌识别API识别出加油位的车牌号,并记录车辆已停车时间。

2 实现

本文的测试环境为Xeon(R) CPU E3-1226 3.30 GHz, RAM 8 GB,使用Python结合OpenCV3.4.1软件平台。通过实时读取加油站高清监控摄像头的视频流,测试车辆的停车检测效果。在通过背景差分法计算前景图像时, $T=30$ 。在进行均值背景建模时,判断车辆目标的阈值 $T_1=60000$,参考背景的帧数 $N=100$ 。在自适应阈值提取前景时,判断图像亮度的阈值 $T_2=30$,放大差值图像的参数 $t=2$ 。在停车判别时, $T_3=150$ 。本文的整个算法流程如图6所示。

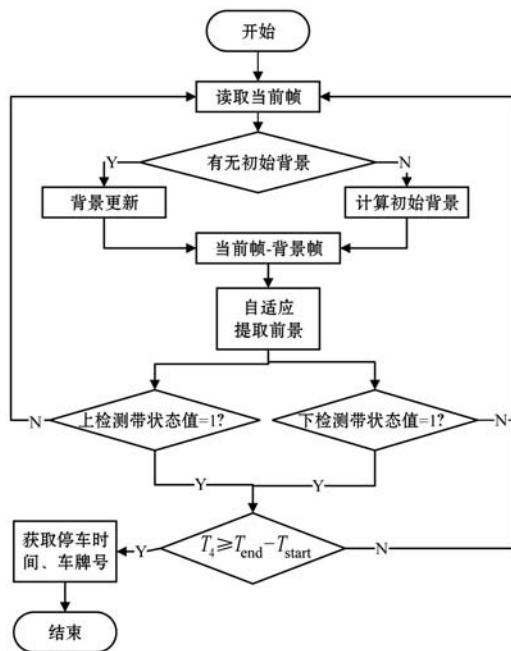


图6 本文算法流程

3 实验结果分析

加油机两侧的监控摄像头分别独立获取加油车辆数据,对监控范围内的图像处理程序完全相同。为验证本文研究方案的具体效果,只选取加油机上方罩棚顶部的一个摄像头进行实验测试与分析。在测试的加油站中,由于加油员的人工干预,加油车辆几乎全部停在前后两加油位中间进行加油。因此,本文将加油机一侧的两加油位合并,作为一个加油位进行检测,共检测一台加油机两侧四个停车位。摄像头监控区域如图 7 所示。为减少不必要的计算,只截取加油位图像进行检测。



图 7 加油站监控区域

通过本文改进的均值背景建模算法计算的初始背景模型与传统的均值算法得出的背景模型比较如图 8 所示,其中,(a)与(b)是行人走动时提取的背景,(c)与(d)是过往车辆经过时提取的背景。可以看出通过本文的改进算法能较好地去除背景中的残影。

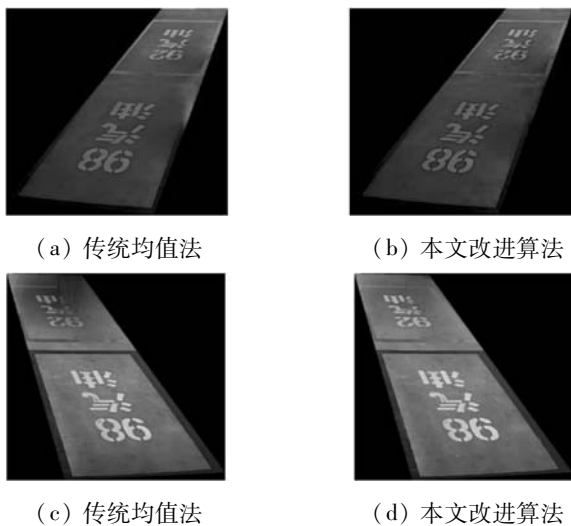


图 8 背景更新

在车辆检测模块,通过图 9 可以看出本文改进的自适应阈值提取算法与其他两种算法相比,能有效提取暗光环境下的车辆运动目标。

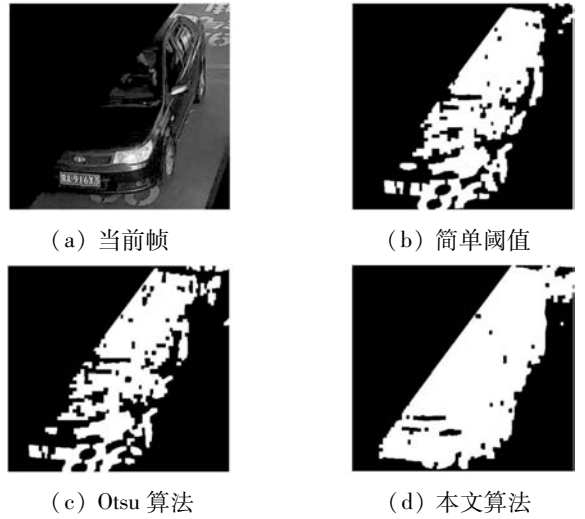


图 9 车辆检测

在停车检测模块,通过图 10 和图 11 可以看出,本文停车检测算法能准确获取车辆的停车时间。值得注意的是,在图 10 中,车辆先驶入加油位前端,后调整到中间区域,停车检测算法依然能准确检测出停车时间点。

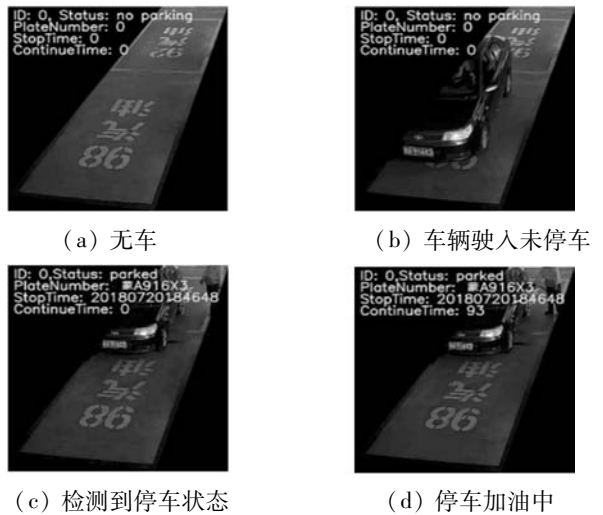


图 10 左加油位停车检测

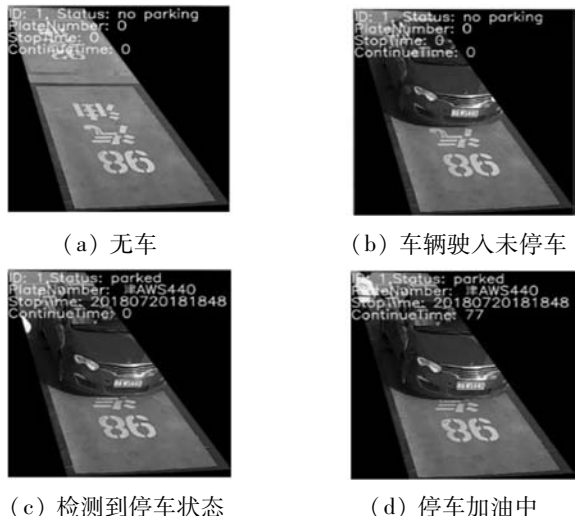


图 11 右加油位停车检测

对该加油站内一台加油机左右两侧的4个加油位进行长时间的停车检测实验,总共检测车辆数235辆,除过往车辆外,实际停车数228辆,本文系统检测出的停车数225辆,检测出的停车时间点准确的车辆数223辆,其余2辆车的停车时间点与实际停车时间点左右相差1s,完整的检测数据如表1所示。

表1 测试结果统计表

检测车辆数	实际停车数	检测到的停车数	漏检率	停车时间点准确数	准确率	停车时间点非准确误差
235	228	225	1.32%	223	99.11%	1s

通过实验结果可以看出,本文算法能有效检测出绝大多数车辆的停车数据,并能有效过滤未停车车辆。测试过程中发现,停车时间点检测中有2辆车存在1s左右的误差,由于停车时间点只作为车辆数据匹配的因素之一,较小的误差不会对加油交易的车辆数据匹配造成影响。在车辆停车检测时存在漏检的情况,漏检情况主要是由于车辆排队加油时,前车加油结束离开、后来车辆驶入时两车距离过近造成前后车辆粘连情况,系统会误认为加油车辆还未驶离,因此会漏检后来的加油车辆。在当前系统实施阶段,需要采用人工干预的办法,保证车主驶入加油位时与驶离的前车保持不小于2m的车距,从而避免出现系统的漏检情况。同时在加油机旁设置电子显示屏,显示已匹配的车牌号与交易信息,使现场人员能够及时发现未匹配情况并采用人工付款方式完成付款。而在研究方面,这也是本文检测算法依然需要完善的地方。

4 结 语

为获取加油站内停车加油车辆的停车数据,本文提出了一种停车实时检测算法。用背景差分法检测运动车辆,用改进的均值法计算初始背景,在保证实时性的同时有效去除了行人残影以及过往车辆等噪声干扰。通过改进的自适应阈值提取算法,能较完整地提取出暗光环境下的车辆目标。最后使用停车检测算法,成功检测出车辆的停车时间点以及持续时间,并通过实地测试验证了本文算法的可行性。

参 考 文 献

- [1] Cui H, Xu T, Jiang X, et al. Gas stations oriented internet service system based on intel minnowboard[C]//International Symposium on Computational Intelligence and Design. IEEE, 2017:290-293.
- [2] Wyman O. The gas station's digital future[EB/OL]. [2017-4-18]. https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2017/jun/automotive-manager-2017/cross-function/the-gas-station_s-digital-future.html.
- [3] 罗斌, 邵伟, 汤进, 等. 复杂环境下基于角点回归的全卷积神经网络的车牌定位[J]. 数据采集与处理, 2016, 31(1): 65-72.
- [4] 姜明新, 王洪玉, 沐方顺. 基于视频监控的违章停车检测算法[J]. 计算机工程, 2012, 38(19): 151-153, 158.
- [5] 赵敏, 张波, 唐毅, 等. 露天场景下高速公路违章停车视频检测算法[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(2): 489-492.
- [6] 于青青, 张可, 唐恒亮, 等. 基于视频跟踪轨迹的全过程路侧停车行为检测与识别技术[J]. 计算机与现代化, 2017(9): 67-73.
- [7] Wang Y, Liang Y, Zhang L, et al. Adaptive spatiotemporal background modelling[J]. Iet Computer Vision, 2012, 6(5): 451-458.
- [8] 张玲, 陈丽敏, 何伟, 等. 基于视频的改进帧差法在车流量检测中的应用[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2004(5): 31-33, 73.
- [9] Ohta N. A Statistical Approach to Background Subtraction for Surveillance Systems[C]//Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on. IEEE, 2001: 481-486 vol. 2.
- [10] Fan X, Cheng Y, Fu Q. Moving target detection algorithm based on susan edge detection and frame difference[C]//International Conference on Information Science and Control Engineering. IEEE, 2015: 323-326.
- [11] 祝加祥, 胡鹏程, 何璇, 等. 基于滑动窗非负矩阵分解的运动目标检测方法[J]. 计算机技术与展, 2017, 27(1): 20-24.
- [12] 杨婷, 李博, 石雯婧, 等. 基于DSP的单车道车流量实时监测算法[J]. 计算机应用, 2017, 37(2): 593-596.
- [13] Bang J, Kim D, Eom H. Motion object and regional detection method using block-based background difference video frames[C]//International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications. IEEE, 2012: 350-357.
- [14] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.