

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2017.10.017

基于图像纹理分析的动态车辆识别方法研究

张密科, 胡选儒

(中国公路车辆机械有限公司, 北京 100055)

摘要: 在智能交通系统中, 动态图像识别技术是系统应用的基础核心技术之一。以应用于交通监控、智能驾驶系统等场景的HSV空间动态车辆识别为基础, 研究并论证提出了新的检测识别方法, 实现对运动车辆的检测识别、目标追踪、驾驶辅助等功能。研究问题的难点是, 如何从复杂的背景中分割运动物体, 是检测方法能否有效的至关重要的一步, 在研究了目前存在的各种方法之后, 提出了一种新的基于阴影检测的HSV空间自适应背景模型的车辆追踪检测算法, 算法基于HSV空间图像处理, 采用最大类间方差法获取相邻帧二值化阈值, 利用纹理信息进一步确定动态图像以及确认图像范围。通过截取由监控系统获取的视频信息, 并对其进行处理检测车辆移动轨迹。从监控视频信息中获取两帧不同时刻的图像信息, 在HSV空间进行相邻帧检测。由于阈值的选择将直接影响判断精度, 本研究将固定阈值法进行了改进, 该阈值是通过统计模型对整幅图像上灰度值进行计算, 并通过最大类间方差法确定阈值。最后经过实际视频图像验证, 仿真试验流程清晰, 试验结果达到预期设想。

关键词: 交通工程; 动态车辆识别; 图像纹理分析; 阈值; 最大类间方差

中图分类号: U491.6⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2017)10-0122-06

Study on Dynamic Vehicle Identification Method Based on Image Texture Analysis

ZHANG Mi-ke, HU Xuan-ru

(China Highway Vehicle Machinery Co., Ltd., Beijing 100055, China)

Abstract: In intelligent Transport Systems, dynamic image recognition technology is one of the basic core technologies of system application. Dynamic vehicle identification (In HSV space) is applied to the scenes such as traffic monitoring, intelligent driving system. On this basis, a new detection identification method is studied, proved and puts forward to realize the functions of moving vehicle detection and recognition, target tracking, driver assistance and so on. The difficulty of the study is how to segment moving objects from the complex background, which is a crucial step for an effective detection method. After studying the various existing methods, the vehicle tracking detection algorithm for a new HSV space self-adaptive background model based on shadow detection is proposed. Based on HSV space image processing, the algorithm uses maximum between-class variance to obtain the binarized threshold of adjacent frames, and then determine the dynamic image and confirm the image scope by using texture information. The moving trajectory of vehicle is detected by intercepting the video information obtained by the monitoring system and processing the image. The image information of 2 frames at different time is obtained from surveillance video information, and the adjacent frame detection in HSV space is conducted. Because the selection of threshold value will directly affect the judgment accuracy, the fixed threshold method is improved, in which the threshold value is calculated through calculating the gray levels on the whole image, and determined by maximum between-class variance. Finally, the actual video image verification shows that the flowchart of simulation test is clear, and

收稿日期: 2017-08-07

基金项目: 交通运输部标准研究项目(201611109)

作者简介: 张密科(1976-), 男, 河北井陘人, 硕士, 高级工程师. (zmike@163.com)

the experimental result meets expectation.

Key words: traffic engineering; dynamic vehicle identification; image texture analysis; threshold; maximum between-class variance

0 引言

智能交通系统 (Intelligent Transportation System, 简称 ITS) 是未来交通系统的发展方向, 它是将先进的信息技术、数据通讯传输技术、电子传感技术、控制技术以及计算机技术等有效地集成运用于整个地面交通管理系统而建立的一种在大范围内、全方位发挥作用的, 实时、准确、高效的综合交通运输管理系统^[1-4]。

其子系统包括车辆控制系统、交通监控系统、车辆管理系统等, 这些系统的应用对动态车辆识别技术提出了迫切要求。例如汽车在行进过程中, 换道这种看似平常的行车方式, 却是影响道路安全的重要因素。据统计, 交通事故的 4% ~ 10% 是由车辆换道引起的, 与此同时换道引发的交通延误所占的比例更高^[5]。造成事故的主要原因是驾驶员在换道过程中看不清相邻车辆。通过实时监控相邻车道和车后的车辆, 并设置警报提醒, 以此来提高驾车安全性。当下的换道辅助系统多以雷达实时监测, 如 HLC A 系统 (Highway Lane Change Assistant)、Vision Sense 系统等^[5-7]。

鉴于成本以及实现的难易程度, 本研究以机器视觉技术为基础, 提出了一种基于 HSV 空间图像纹理分析的识别动态目标的方法, 实现在较复杂道路环境中通过检测车辆的移动轨迹识别并监测临近车辆。

1 系统综述

通过截取由监控系统获取的视频信息, 并对其进行处理检测车辆移动轨迹。系统识别原理框图如图 1 所示: 首先, 从监控视频信息中获取两帧不同时刻的图像信息, 通过在 HSV 空间进行相邻帧检测, 并通过最大间分法确定阈值, 从而确定疑似动目标的区域。然后采用纹理特征检测排除静态、光照等拍摄过程中的干扰, 确定真正的动态目标所在区域。最后依靠 HSV 色彩空间方法完整确定动态目标所在区域, 目标图像得以正确识别。

2 算法及原理描述

2.1 HSV 空间

我们通常用 RGB 色彩空间表示彩色, 但其与人

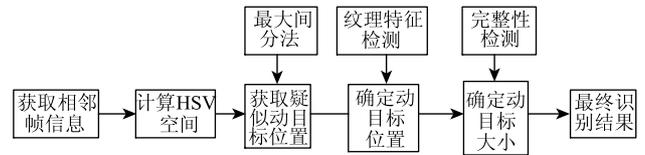


图 1 动态目标识别原理框图

Fig. 1 Flowchart of principle of dynamic target recognition

视觉感知存在较大差异, RGB 空间相似并不能说明实际颜色也相似。从 RGB 变换到 HSV 是一个简单的非线性关系。HSV 色彩空间由色调 (Hue), 饱和度 (Saturation), 与亮度 (Value) 3 个量构成。色调 (H) 为颜色的种类, 饱和度 (S) 为颜色的深浅, 亮度 (V) 为颜色的明暗程度^[8]。数字图像 RGB 空间中任意一点 (R, G, B), 其变换到 HSV 空间的过程中, 颜色量化与编码方法可用如下公式所示方法实现^[9-10]:

$$H_1 = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 [R - G + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\}, \quad (1)$$

$$H = \begin{cases} H_1 & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - H_1 & \text{if } B > G \end{cases}, \quad (2)$$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}, \quad (3)$$

$$V = \frac{\max(R, G, B)}{255}. \quad (4)$$

如果 $H < 0$, 则 $H = H_1 + 360^\circ$, 这样可以使得色调 H 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 范围之内。 V 与 S 的取值在 $0 \sim 1$ 范围之内。经过变换之后 H, S, V 这 3 个量分布在一维矢量上, 可有效减少光照强度对图像产生的影响^[11]。

2.2 最大类间方差法在图像分割的帧差提取

本方法在视频图像或在运动图像检测领域应用较为广泛。当运动的物体出现在检测场景中, 监测图像相邻帧之间会有明显的差异出现, 称为相邻帧差法。通过对视频图像序列中相邻两帧做差分运算, 根据差分运算结果来确定运动目标的轮廓^[12]。监测图像 (i, j) 坐标点处的像素值在 k 处表示为 $f_k(i, j)$, 在 $k+1$ 帧表示为 $f_{k+1}(i, j)$, 对两帧图像进行差分处理, 得到差分结果 $d_k(i, j)$ 。

$$d_k(i, j) = |f_{k+1}(i, j) - f_k(i, j)|. \quad (5)$$

在对运动图像检测中, 传统的相邻帧差法的做法是, 将差分结果与固定阈值比较, 若大于阈值则

为运动点,反之则为静止点^[13]。可见,阈值的选择将直接影响判断精度。本研究将固定阈值法进行了改进,通过采用一种最大类间分割法来确定阈值。该阈值是通过统计模型对整幅图像上灰度值进行统计,使得分割后图像的前景与背景之间方差达到最大。具体的做法是,设图像的灰度范围为 $[L_1, L_2]$,将灰度值为 i 的像素数记为 $h(i)$,则图像中总像素数 $N = \sum_{i=L_1}^{L_2} h(i)$;每个灰度级在该图像中的概率

为 $P_i = h(i)/N$;平均灰度值可表示为 $\bar{\mu} = \sum_{i=L_1}^{L_2} iP_i$ 。最大类间分割的基本原理^[6]是:设图像的灰度阈值为 t ,依据分割阈值将图像分为 c_0, c_1 两类,其中 c_0 的灰度值范围为 $[L_1, t]$,灰度概率为 $\omega_0 = \sum_{i=L_1}^t P_i$; c_1 的灰度值范围为 $[t+1, L_2]$,灰度概率 $\omega_1 = \sum_{i=t+1}^{L_2} P_i$,则这两类的灰度平均值 $\bar{\mu}_0$ 和 $\bar{\mu}_1$ 可分别表示

为: $\bar{\mu}_0 = \sum_{i=L_1}^t iP_i/\omega_0$, $\bar{\mu}_1 = \sum_{i=t+1}^{L_2} iP_i/\omega_1$ 。且存在:

$\begin{cases} \omega_0 + \omega_1 = 1 \\ \omega_0\bar{\mu}_0 + \omega_1\bar{\mu}_1 = \bar{\mu} \end{cases}$, c_0, c_1 类间方差表示为:

$$\sigma_{0,1} = \omega_0(\bar{\mu}_0 - \bar{\mu})^2 + \omega_1(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu})^2. \quad (6)$$

从而满足式(1)的最大阈值 t ,阈值 t_{opt} 即为使用最大类间分割法获得的该图像的阈值:

$$t_{opt} = \text{Arg} \left\{ \max_{L_1 \leq t \leq L_2} (\sigma_{0,1}) \right\}. \quad (7)$$

最后得出分割后的结果为:

$$\hat{d}_k(i, j) = \begin{cases} 1 & d(i, j) > t_{opt} \\ 0 & \text{other} \end{cases}. \quad (8)$$

通过上述分割出的区域,可以得到两帧中疑似目标物移动的区域。通过纹理特征的检测来进一步判断移动区域。

2.3 纹理特征检测

纹理特征是图像中描述与辨别物体的一种重要特征,能够量化图像中的一些信息。它反映了反复出现在图像中的局部形式与排列组合规则,可以用来描述灰度变化的一些规律^[14-15]。因此,图像的组合是由不同的纹理区域构成的。Haralick等人通过使用灰度共生矩阵定义了描述纹理的14个特征参数。通过后续研究发现:14个纹理特征参数,具有不相关特性的只有4个特征参数,并且4个特征参数即能通过灰度共生矩阵方便地给出又可以提高后续的

分类精度,因此通过4个线性无关的特征参数实现图像纹理特征的提取工作。

二阶距 $p_{1,k}$ 可称之为能量,它指的是灰度共生矩阵中各个元素的平方和,它不仅能够反映出图像中的纹理粗细程度,也能反映出灰度分布的均匀程度。

$$p_{1,k} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \hat{f}_k^2(i, j), \quad (9)$$

式中, $\hat{f}_k(i, j)$ 为邻帧提取结果,即 $\hat{f}_k(i, j) = f_k(i, j) \odot \hat{d}_k(i, j)$, \odot 为哈德曼积。

对比度 $p_{2,k}$ 作为描述图像清晰程度的量,用来描述刻画沟纹的深浅程度。它与纹理深浅,显示效果好坏有直接关系。图像的对比度,反应在像素上就是像素之间灰度差的大小,图像的对比度随着像素之间灰度差的变化而变化。用数学公式可表示为,远离对角线元素在灰度共生矩阵中占有比例越高,对比度越大^[16]。

$$p_{2,k} = \sum_{n=0}^{L-1} n^2 \left\{ \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \hat{f}_k(i, j) \right\}. \quad (10)$$

相关性 $p_{3,k}$ 可以作为度量灰度共生矩阵相似程度的量。在灰度共生矩阵中,相关性随着包含的元素值远离对角线元素程度变化而变化。

$$p_{3,k} = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij \hat{f}_k(i, j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2}, \quad (11)$$

式中 μ_1, μ_2, σ_1 与 σ_2 定义为:

$$\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} \hat{f}_k(i, j),$$

$$\mu_2 = \sum_{j=0}^{L-1} j \sum_{i=0}^{L-1} \hat{f}_k(i, j),$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} \hat{f}_k(i, j),$$

$$\sigma_2^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} \hat{f}_k(i, j).$$

在图像中,熵 p_4 为度量图像信息量的参数。其中,灰度共生矩阵中元素的随机性越大,则熵越大。即,图像中的纹理随机性或者非均匀程度越大,则对应的熵就越大。若图像几乎没有纹理特征,则灰度共生矩阵中的元素接近于0,熵值小^[17]。

$$p_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \hat{f}_k(i, j) \lg \hat{f}_k(i, j). \quad (12)$$

通过求得4个纹理特征参数,可以将动目标以及静目标很好地区分开。决策过程如下:

$$\delta = \frac{1}{4} \sum \left(\frac{|\Delta p_1|}{p_1} + \frac{|\Delta p_2|}{p_2} + \frac{|\Delta p_3|}{p_3} + \frac{|\Delta p_4|}{p_4} \right), \quad (13)$$

式中, Δp_1 为相邻帧所求的纹理信息结果之差, 即为 $\Delta p_1 = p_{1,k+1} - p_{1,k}$ 。 δ 为判决门限, 文中取 $\delta = 1$ 。纹理信息结果超出门限, 则相对应的图像区域为最终识别的动目标区域, 记为 $\hat{m}_k(i, j)$ 。

$$\hat{m}_k(i, j) = \begin{cases} 1 & \hat{d}_k(i, j) > \delta \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (14)$$

2.4 完整性识别

通过纹理特征识别之后, 相邻帧的动目标被显示出来, 但由于移动以及噪声等问题, 所显示的动目标区域只是动目标的部分区域而不是全部。但是由于车辆的整体一致性, 可以依靠车辆颜色 HSV 空间, 将完整的动目标识别出来^[18-19], 即:

$$\overline{HSV} = HSV[\hat{m}_k(i, j) \odot f_k(i, j)] \quad (15)$$

最后得到动目标整体的识别区间

$$\hat{t}_k(i, j) = \begin{cases} 1 & \overline{HSV} < \varepsilon \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (16)$$

3 试验分析

本节采用实测道路监控视频来演示验证研究方法的正确和完整性。

笔者在北京市大兴区工业开发区基地选取了一个交通流量稀少的路口做实车试验, 取得了现场视频图像, 并经过了计算机处理。如图 2 所示, 图 2 (a) 为视频帧原有图像, 图 2 (b) 为 HSV 空间图像, 从图像中可以看出, 大楼, 路面等非目标变得模糊, 而动目标变得更加清晰。由 RGB 空间转化为 HSV 空间后, 可以有效地将饱和度较高的色彩信息突显出来。为图像中目标物的分割提供了良好的条件, 并使移动目标物区域得到快速检测。

图 3 为视频中不同时间所截取的图像信息, 根据上述理论首先对图像进行颜色空间信息转换, 然后利用帧差法对两帧图像信息进行运算, 最后进行分割提取。由于车辆一直处于运动状态, 两幅图像中移动目标物位置信息有所变化, 所以结果如图 4 所示。

经过帧差运算以及分割提取后, 可以得到两幅图像的差别之处。光照对图像的灰度信息会产生影响, 会在图像中检测出除运动物体外的像素值变化, 影响对物体跟踪结果。所以本研究采用对帧差法之后所检测出的连通域内图像的纹理特性进行检测, 来判别该区域内的图像是否是由于运动物体造成的。

如表 1 所示, 连通域 A 的 δ 要远大于 1, 而连

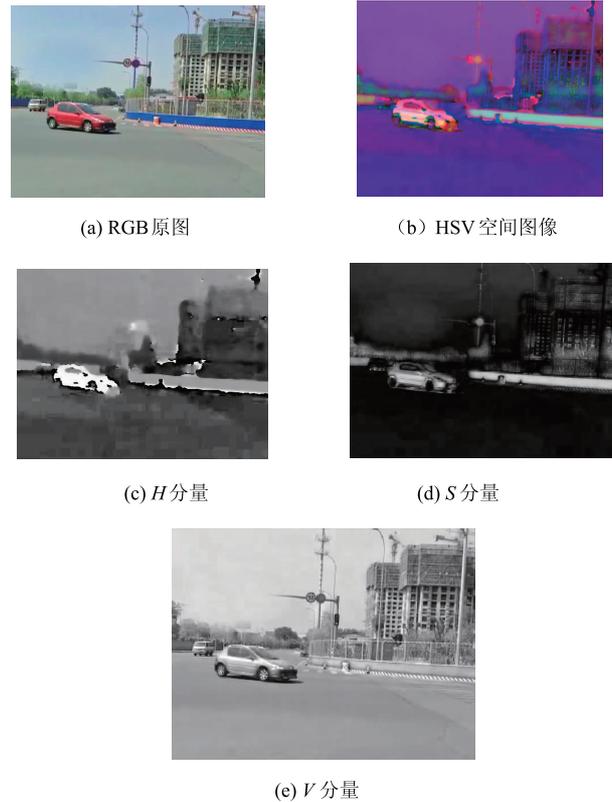


图 2 RGB 空间与 HSV 空间对比

Fig. 2 Comparison of RGB space and HSV space

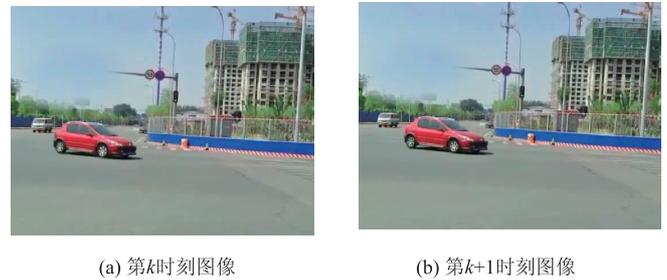


图 3 视频中相邻两帧图像

Fig. 3 Two adjacent frames in video

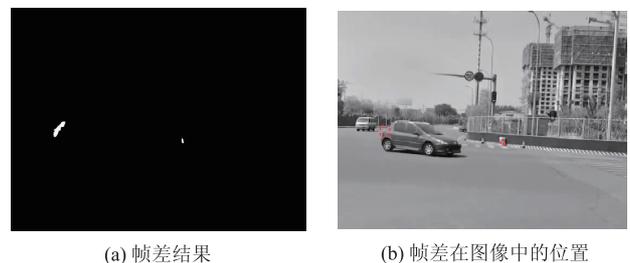


图 4 帧差结果表示

Fig. 4 Frame difference result representation

通域 B 的 δ 远小于 1, 故可判定 A 为动目标, B 为干扰。干扰去除之后采用完整性识别方法, 将连通域所在区域的目标恢复并识别。如图 5 所示, 利用

表1 纹理特征运算结果

Tab. 1 Calculation result of texture feature

类型描述	连通域 A (较大)		连通域 B (较小)	
	第 k 幅图像	第 $k+1$ 幅图像	第 k 幅图像	第 $k+1$ 幅图像
二阶矩	15.493 079 58	2.375 930 606	52	49
相关	3.783 63E - 11	9.881 32E - 09	9.482 64E - 11	7.304 85E - 11
熵	542.712 874 3	114.607 791 6	98	103
对比度	1 531 243.647	320 215.603 3	1 311 567	1 636 353
δ	65.7		0.15	

图5 (a) 中所判断出的移动区域, 可以通过原图像中该区域的彩色信息来分割出整个目标物在图像中的区域, 如图5 (b) 所示。最终实现结果如图5 (c) 所示。



(a) 干扰去除之后

(b) 完整性识别



(c) 识别结果

图5 去除干扰后的运动目标恢复示意图

Fig. 5 Schematic diagram of moving object restoration after interference removal

4 结论

本研究将获得图像通过运用 RGB 空间到 HSV 空间转化, 可以有效减小环境光照对图像处理结果的影响, 便于突显出图像中饱和度较高的颜色区域。然后利用视频中相应两帧图像经过颜色空间转换后作差, 经过最大类间分割后得到两帧图像的差别区域 (疑似移动目标区域)。通过对疑似区域内图像的纹理度区域进行检测, 排除干扰项得到两帧图像中目标物的移动区域, 并利用得到的目标物移动区域在原图中进行彩色特征检测, 从而得出目标物的整体轮廓。由试验结果可以看出, 文中方法可以准确地识别图像范围之内的动目标。本研究成果可以进

一步应用于智能交通系统车辆动态识别、智能驾驶辅助系统等, 在提高交通车辆管理技术, 开发车辆智能驾驶系统工程化产品方面具有积极的促进作用。

参考文献:

References:

- [1] 刘志强, 宋世亮, 汪澎, 等. 基于视觉的车辆侧后方道路图像检测技术 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31 (12): 2800 - 2803.
LIU Zhi-qiang, SONG Shi-liang, WANG Peng, et al. Vision Based for Road Image Detection of Rear Vehicle [J]. Computer Engineering and Design, 2010, 31 (12): 2800 - 2803.
- [2] 李斌, 刘文峰, 郝亮. 中国应用智能交通改善道路交通安全现状分析 [J]. 公路交通科技, 2012, 29 (增1): 21 - 25.
LI Bin, LIU Wen-feng, HAO Liang. Analysis of Current Situation on Applying ITS to Improve Road Safety in China [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2012, 29 (S1): 21 - 25.
- [3] 张辉, 庄文盛, 杨永强, 等. 车路协同系统中的车辆精确定位方法研究 [J]. 公路交通科技, 2017, 34 (5): 137 - 143.
ZHANG Hui, ZHUANG Wen-sheng, YANG Yong-qiang, et al. Study on Vehicle Accurate Position Method in Cooperative Vehicle Infrastructure System [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2017, 34 (5): 137 - 143.
- [4] TEWARY S, AKULA A, GHOSH R, et al. Hybrid Multi-resolution Detection of Moving Targets in Infrared Imagery [J]. Infrared Physics & Technology, 2014, 67: 173 - 183.
- [5] 郭艳君, 徐远新, 孙勤英, 等. 嵌入式换道预警系统设计 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (18): 199 - 205.
GUO Yan-jun, XU Yuan-xin, SUN Qin-ying, et al. Embedded Design of Lane Change Warning System [J]. Science Technology and Engineering, 2015, 15 (18):

- 199 - 205.
- [6] 王建强, 迟瑞娟, 张磊, 等. 适应驾驶员特性的汽车追尾报警 - 避撞算法研究 [J]. 公路交通科技, 2009, 26 (增 1): 7 - 12.
WANG Jian-qiang, CHI Rui-juan, ZHANG Lei, et al. Study on Forward Collision Warning-avoidance Algorithm Based on Driver Characteristics Adaptation [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2009, 26 (S1): 7 - 12.
- [7] SANIN A, SANDERSON C, LOVELL B C. Shadow Detection: A Survey and Comparative Evaluation of Recent Methods [J]. Pattern Recognition, 2012, 45 (4): 1684 - 1695.
- [8] 张国权, 李战明, 李向伟, 等. HSV 空间中彩色图像分割研究 [J]. 计算机工程与应用, 2010, 46 (26): 179 - 181.
ZHANG Guo-quan, LI Zhan-ming, LI Xiang-wei, et al. Research on Color Image Segmentation in HSV Space [J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46 (26): 179 - 181.
- [9] 曹建芳, 陈俊杰, 赵青杉. 一种改进的 HSV 颜色空间量化方法及其应用 [J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2014, 14 (2): 68 - 73.
CAO Jian-fang, CHEN Jun-jie, ZHAO Qing-shan. An Improved Method on Color Space Quantization and Application [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2014, 14 (2): 68 - 73.
- [10] 蔡式东, 杨芳. 一种基于 HSV 空间和粗糙集的彩色图像分割方法 [J]. 光电子技术, 2011, 31 (1): 5 - 9.
CAI Shi-dong, YANG Fang. Color Image Segmentation Based on HSV Space and Rough-set Theory [J]. Optoelectronic Technology, 2011, 31 (1): 5 - 9.
- [11] FELZENSZWALB P F, GIRSHICK R B, MCALLESTER D, et al. Object Detection with Discriminatively Trained Part-based Models [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2010, 32 (9): 1627 - 1645.
- [12] 楼亮亮, 金彦亮. 基于 AForge.NET 类库的视频移动目标检测 [J]. 现代电子技术, 2015, 38 (17): 58 - 60, 64.
LOU Liang-liang, JIN Yan-liang. Moving Target Detection for Videos Based on AForge.NET Library [J]. Modern Electronics Technique, 2015, 38 (17): 58 - 60, 64.
- [13] 杨强. 交通视频监控中车辆检测与跟踪的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2011.
YANG Qiang. Research on Vehicle Detection and Tracking in Traffic Video Surveillance [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2011.
- [14] 谢鹏鹤. 图像阈值分割算法研究 [D]. 湘潭: 湘潭大学, 2012.
XIE Peng-he. Research on Image Threshold Segmentation Algorithm [D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2012.
- [15] 詹志宇, 安友军, 崔文超. 图像阈值分割算法及对比研究 [J]. 信息通信, 2017, 172 (4): 86 - 89.
ZHAN Zhi-yu, AN You-jun, CUI Wen-chao. Image Thresholding Segmentation Algorithm and Contrastive Study [J]. Information and Communications, 2017, 172 (4): 86 - 89.
- [16] 叶苗. 基于并行灰度级差共生矩阵的图像纹理检测 [J]. 激光与红外, 2011, 41 (11): 1287 - 1291.
YE Miao. Image Texture Detection Based on Parallel Gray Level Grade Co-occurrence Matrix [J]. Laser and Infrared, 2011, 41 (11): 1287 - 1291.
- [17] 郭依正, 焦蓬蓬, 周巧扣, 等. 基于灰度共生矩阵的肝脏 CT 图纹理特征分析 [J]. 实验室研究与探索, 2012, 31 (8): 62 - 64.
GUO Yi-zheng, JIAO Peng-peng, ZHOU Qiao-kou, et al. Texture Analysis of Liver CT Diagram Based on Gray Level Co-occurrence Matrix [J]. Laboratory Research and Exploration, 2012, 31 (8): 62 - 64.
- [18] 刘梦飞, 付小雁, 尚媛园, 等. 基于 HSV 颜色特征和贡献度重构的行人跟踪 [J]. 激光与光电子学进展, 2017, 5 (9): 1 - 15.
LIU Meng-fei, FU Xiao-yan, SHANG Yuan-yuan, et al. Pedestrian Tracking Based on the Color Characteristics and Contribution of HSV [J]. Progress of Laser and Optoelectronics, 2017, 5 (9): 1 - 15.
- [19] ZHENG Y, PENG S. A Practical Roadside Camera Calibration Method Based on Least Squares Optimization [J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2014, 15 (2): 831 - 843.