

一种基于视频流的多车牌定位方法^①

董春雨, 王夏黎, 刘炜琪, 谢生龙

(长安大学 信息工程学院, 西安 710064)

摘 要: 针对视频流中多个车牌的定位问题, 提出了一种基于图像复原技术与 HSV 颜色空间的多车牌定位方法. 该方法的主要思想是用改进的维纳滤波器对获取的视频图像进行复原, 根据车牌的颜色特征, 利用 HSV 颜色模型构造 5 级灰度图, 对灰度图用形态学方法进行消噪和区域连通处理, 最后利用水平、垂直投影技术, 结合车牌先验知识, 通过分析和判断来确定并分割出各个汽车牌照. 实验表明, 该方法能有效的从复杂的背景中准确定位并提取出多个运动中的车牌.

关键词: 视频流; 多车牌定位; 图像复原; HSV 颜色空间; 形态学方法

Approach to Locate Multi-License Plates Based on Video Streams

DONG Chun-Yu, WANG Xia-Li, LIU Wei-Qi, XIE Sheng-Long

(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: For the location of multiple License Plates in video streams, this paper presented an effective method of Multi-license plates location based on image restoration and HSV color model. The main idea of this method was to use an improved Wiener filter to get the video image recovery. And then in HSV color space, it constructed a five-scale gray image according to the color characteristics of license plate, and used the morphology smooth to eliminate noise. Finally, the potential region of the plate was segmented through horizontal and vertical projection value and we got the accurate position of the multiple plates by prior knowledge of the car-plate region. Experimental results show that the proposed method can extract multiple motive license plates exactly from a complex background.

Key words: video streams; multi-license plates location; image recovery; HSV color space; mathematic morphology

车牌识别是计算机视觉与模式识别技术在智能交通领域的重要应用, 其中车牌定位是车牌识别的关键. 目前, 由于单个车牌的定位需要在每个车道上都要架设摄像头, 增加了使用成本, 效率比较低, 因此在复杂背景中的多个车牌定位技术得到许多研究者的关注, 并已有一些研究成果发表. 如: 张变莲等提出一种综合利用边缘检测、连通域分析、倾斜矫正等多种方法的车牌定位算法^[1]. 甘玲等针对多车牌定位中候选区域过多和结构元素选择不合理的问题, 提出了一种基于分块投影和形态学分块处理的多车牌定位方法^[2]. 侯一民等针对车牌定位受外界因素干扰较大的情况, 提出了一种基于密度判别与聚类分析的快速车牌定位

方法^[3]. 朱春满等针对竖直边缘检测方法在多车牌定位中的梯度分割阈值的问题, 提出一种改进的阈值选取方法^[4]. 冯满堂等提出了一种基于混合特征的多车牌定位的方法^[5]. 任德华根据中国车牌的颜色特征, 利用颜色空间距离等方法对自然复杂环境中的多车牌进行定位^[6]. 上述方法在一定条件下可以同时满足多个车牌的准确定位, 但没有考虑从视频流中获取的车辆图像, 车牌会发生模糊、畸变、部分被遮挡的问题, 此时车牌定位的准确率会大大降低, 且其中的很多算法较复杂, 计算量大, 实时性不好.

本文针对存在的问题, 充分利用车牌颜色特征、灰度特征和几何形状特征, 提出了一种基于图像复原

① 基金项目: 国家自然科学基金(50978030); 中国博士后科学基金(2012M521729)

收稿时间: 2014-02-23; 收到修改稿时间: 2014-03-31

和 HSV 颜色空间的多车牌定位的综合方法. 该方法首先对从视频流中获取的运动模糊图像进行图像复原, 然后把 RGB 彩色图像转化到 HSV 颜色空间, 利用车牌固定的底色特征, 构造 5 级灰度图, 再利用形态学方法进行消噪和区域连通处理, 最后利用水平垂直投影技术, 结合车牌先验知识进行分析判断, 确定并分割出汽车牌照. 多车牌定位流程图如图 1 所示:

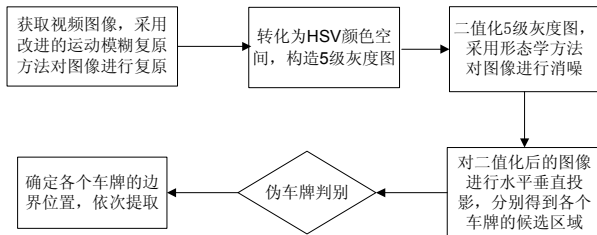


图 1 多车牌定位流程图

1 图像的获取和复原

从实时视频流中获取含有汽车牌照的图像是通过调用 OpenCV 中的函数实现的. 由于车辆高速运动, 而且曝光时间比较短, 获取的图像往往是深度模糊的, 此时需要对模糊图像进行复原, 以得到可视效果较好的图像供后续处理. 图像复原就是在研究造成图像退化原因的基础上, 以退化图像为依据, 根据一定的先验知识设计一种算法, 补偿退化过程造成的失真, 获得未经干扰退化的原始图像或原始图像的最优估值.

在考虑噪声的情况下, 运动模糊图像的退化复原模型如图 2 所示:

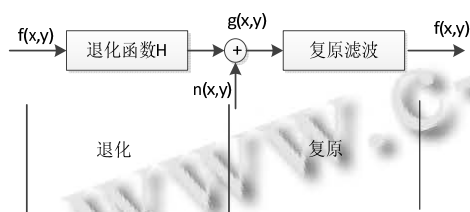


图 2 图像的退化复原模型

图像的退化过程可以描述为: 原始图像 $f(x, y)$ 经过退化函数 H 、噪声项 $n(x, y)$ 的作用, 形成退化图像 $g(x, y)$. 图像复原过程可以描述为: 根据退化图像 $g(x, y)$ 和退化算子 H , 沿着反向过程去求解原始图像 $f(x, y)$ 或原始图像的最佳近似估计 $\hat{f}(x, y)$. 图像复原的关键步骤是准确辨识出相关的退化参数, 并以此建立合适的退化模型. 文章采用一种改进的运动模糊图像复原

方法^[7], 首先对退化图像的频谱进行分析, 估计出点扩展函数(PSF)的模糊长度 L 和角度参数 θ , 利用以上参数构建 PSF, 再使用改进的 k 值自动估计算法估计出 k 值, 最后利用维纳滤波器实现模糊车辆图像的复原.

维纳滤波是假设图像信号是平稳随机的过程的前提下, 寻找图像 $f(x, y)$ 的一种估值 $\hat{f}(x, y)$, 使得 $\hat{f}(x, y)$ 和 $f(x, y)$ 之间的均方误差(在统计意义上)最小. 在频率域中, 可写成如下形式:

$$\hat{G}(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + \gamma \frac{S_n(u, v)}{S_g(u, v)}} F(u, v) \quad (1)$$

取一比值 k , 使得 $k = \gamma [S_n(u, v) / S_g(u, v)]$, 这里 k 叫做噪信功率比, 由一种改进的自动估计算法得出^[8], 得到简化的维纳滤波:

$$\hat{G}(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + k} F(u, v) \quad (2)$$

设运动方向与 X 轴的夹角为 θ , 运动距离为 L , 则运动模糊退化系统的 PSF 可以表示成:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{L}, & 0 \leq x \leq L \cos \theta, y = x \tan \theta \\ 0, & \text{other} \end{cases} \quad (3)$$

图 3 是从实时视频流中获取的图像, 运行上述算法估计该图像运动模糊方向 θ 为 21° 、模糊长度 L 为 7 像素、噪信功率比 k 约为 0.002, 复原结果见图 4, 可见该方法具有很好的复原效果.



图 3 从视频流中获取的图像

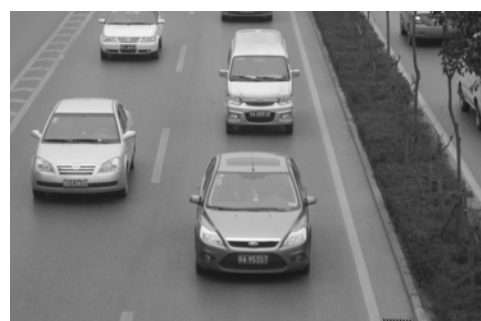


图 4 复原后的图像

2 图像的转换

2.1 颜色空间的转换

选取合适的颜色空间是处理彩色图像的前提。RGB 颜色空间是最常用的颜色空间，我们采集到的彩色图像一般就是被分成 R、G、B 的成分加以保存的。然而，RGB 颜色空间中的两点间的欧氏距离与颜色距离不成线性比例，即对亮度比较敏感，不具有彩色图像处理所要求的均匀性和独立性指标，因此 RGB 颜色空间并不适合于图像处理^[9]。而 HSV 颜色空间，对应于画家的配色模型，由色度 H 、饱和度 S 、亮度 V 三个分量组成，这三个分量与人眼能够感知的颜色特性一一对应，各坐标之间具有心理感知独立性，因此与 RGB 模型相比，HSV 颜色模型更符合人眼对景物颜色的感知。任一幅图像的 R 、 G 、 B 值，其对应的 HSV 颜色空间中的 H 、 S 、 V 分量均可以由下面给出的公式计算：

$$H = \begin{cases} \arccos \theta \frac{(R-G)+(R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} & B \leq G \\ 2\pi - \arccos \theta \frac{(R-G)+(R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} & B > G \end{cases}$$

$$S = \frac{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)}{\max(R,G,B)} \quad (4)$$

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

其中， $R,G,B \in [0,255]$ ， $H \in [0,360]$ ， $S,V \in [0,1]$ 。由上式可知：HSV 颜色模型中的 H 分量是确定颜色的主要因素； S 分量越大颜色越纯， S 分量越小，颜色越接近纯灰色； V 表示色彩的明亮程度，但和光强度之间并无直接联系。

2.2 5 级灰度图的构造

我国常用的汽车牌照为蓝底白字、黄底黑字、白底黑字和黑底白字 4 种，因此车牌照所涉及的颜色有蓝、黑、白、黄 4 种^[10]。根据 HSV 颜色空间的模型，我们可以用 H 和 S 分量标识 HSV 彩色车辆图像中的蓝色和黄色区域，用 V 分量标识其中的白色和黑色区域，将其它颜色区域标识为牌照的背景，即可初步确定车牌的大致位置。因此在 HSV 颜色空间中，应分别确定蓝底和黄底牌照 H 、 S 分量的阈值范围，白底和黑底牌照 V 分量的阈值范围。

以蓝底牌照为例，选取 n 块蓝底牌照，在牌照的蓝色区域取 m 个样本点，分别记为 p_1, p_2, \dots, p_m ，则计

算 H 分量的均值和方差的公式为：

$$\begin{cases} \bar{H}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m p_j(:, :, 1) \\ H_{\sigma,i} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (p_j(:, :, 1) - \bar{H}_i)^2 \\ \bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{H}_i \end{cases} \quad (5)$$

其中， $p_j(:, :, 1)$ 为 j 个像素 H 分量的值， \bar{H}_i 为第 i 块牌照中蓝色样本点的 H 分量的均值， $H_{\sigma,i}$ 为对应的方差， \bar{H} 为第 i 块牌照中蓝色样本点的 H 分量的均值，其中 $i = 1, 2, \dots, n$ 。取 H 分量的方差为： $H_{\sigma} = \max\{H_{\sigma,i}\}$ ，得出 H 分量的区间估计：

$$\left[\bar{H} - t_{\alpha/2} * \frac{H_{\sigma}}{\sqrt{n}}, \bar{H} + t_{\alpha/2} * \frac{H_{\sigma}}{\sqrt{n}} \right] \quad (6)$$

将该区间记为 $[BH1, BH2]$ ，用同样的方法算出 S 分量的区间估计为 $[BS1, BS2]$ 。同理我们得到黄底牌照 H 和 S 分量的区间估计分别为 $[YH1, YH2]$ 、 $[YS1, YS2]$ ，白底牌照的阈值范围为 $[V1, V2]$ ，黑底牌照的阈值范围为 $[0, V2]$ 。

设图像 $f(x, y)$ 中任一像素点 (x, y) 的 H 分量值为 $H(x, y)$ ， S 分量值为 $S(x, y)$ ， V 分量值为 $V(x, y)$ ，根据上面确定的阈值区间，得到该彩色图像对应的 5 级灰度图，其中灰度值 0 用来标识与牌底颜色无关的图像背景，灰度值 100 用来标识黑色区域，灰度值 150 用来标识白色区域，灰度值 200 用来标识黄色区域，灰度值 255 用来标识蓝色区域，如下式所示：

$$f(x, y) = \begin{cases} 255 & H(x, y) \in [BH1, BH2] \text{ and } S(x, y) \in [BS1, BS2] \\ 200 & H(x, y) \in [YH1, YH2] \text{ and } S(x, y) \in [YS1, YS2] \\ 150 & V(x, y) \in [V1, 1] \\ 100 & V(x, y) \in [0, V2] \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (7)$$

2.3 消除噪声和区域联通处理

经过上述转换后的灰度图，会存在一定的噪声干扰，车牌区域尤易存在小的裂缝，车牌区域被分成几个小的连通域，大大增加了车牌定位的难度。我们采用形态学方法对图像进行平滑操作^[11]，以达到消除噪声和区域连通处理的目的。具体步骤为：

1) 二值化 5 级灰度图：将待处理灰度级的灰度值转化为 1，其它灰度级的灰度值转化为 0，得到二值图像 $b(x, y)$ 。

2)形态学运算:选择合适的结构元素对 $b(x, y)$ 分别进行形态学闭合、开启运算,消除二值图像中的孤立点。

经过二值化、形态学方法消噪后的图像如图 5、图 6 所示,实验证明取得了良好的效果:



图 5 二值化后 5 级灰度图图像



图 6 形态学运算的图像

3 车牌定位

车牌定位分为三部分:确定车牌候选区域,剔除虚假的车牌区域以及牌照区域的提取。首先运用投影方法确定各车牌候选区域,并将所有候选区域从大到小排序,然后利用车牌的几何形状特征与字符密度特征对各候选区域进行分析与判断,将不符合上述特征的候选区域删除,最后将正确的车牌区域一一提取出来。

3.1 候选车牌区域的确定

经过消噪处理后的二值图像,车牌区域明显突出,分别对图像进行水平、垂直投影,如图 7 所示。



图 7 水平、垂直投影图

由上图知,图像具有丰富的投影信息,所以我们

应用投影法来分别定位车牌的边界。具体算法描述为:

1)对二值化后的图像进行水平方向的投影。水平投影即是自上而下对图像 $f(x_i, y_i)$ 进行逐行扫描,将每一列的值相加,得到一维函数 $f(y_i)$,该函数是对图像每一列的黑色像素的统计,如式(8)所示:

$$f(y_i) = \sum_{j=1}^N f(x_j, y_i) \quad (8)$$

2)牌照区的上下边界确定。具体步骤如下:

①在水平方向上的投影图中,自下而上扫描,分别记下式中的 $f(y_i)$,取投影阈值 $T1$,若满足 $f(y_i) > T1$,则将其所在的行序列 i 依次保存在容器 1 中。

②获取行区间并保存其对应的索引值,排除单独行的存在。取行间距 $T2$,将容器 1 中的行序列对应的索引值依次记为 V_i ,若满足关系式 $V_{i+1} - V_i < T2$,则这两行之间是连在一起的,即为连续的行区间,在容器 2 中分别保存上述各个行区间对应的索引值 H_i 。

③得到行区间上下边界索引值。对于容器 2 保存的各个行区间的索引值,若满足 $H_{i+1} - H_i = 1$,则这是同一个行区间,否则为不同的行区间。将每个行区间的下界索引值 L_j 保存在容器 3 中,同时把每个行区间的上边界的索引值 T_j 保存在容器 4 中。其中 $j=0, 1, \dots, m$, m 为行区间的个数。

④求出区间下边界 $yLow$ 。以区间下边界 L_j 为索引遍历容器 2,分别找到容器 2 中对应存储的数据 H_i ,以 H_i 为索引遍历找到 V_i ,从而找到容器 1 中投影图的行序列 i ,即为 $yLow$ 。

⑤求出区间上边界 $yHigh$ 。以区间上边界 T_j 为索引遍历容器 2,分别找到容器 2 中存储的数据 H_i ,以 H_i 为索引遍历找到 V_i ,从而找到容器 1 中投影图的行序列 i ,即为 $yHigh$ 。

⑥至此,得到各个行区间的上下边界。

3)对二值图像进行垂直投影。在车牌左右边界确定时,垂直方向的定位相对噪音减少,垂直投影是对图像 $f(x_j, y_i)$ 从左到右逐行扫描,得到一维函数 $f(x_j)$ 。如式(9)所示:

$$f(x_j) = \sum_{i=1}^N f(x_j, y_i) \quad (9)$$

4)牌照区的左右边界确定。对于(2)中找到每一个行区间,改变投影阈值 $T1$ 和列间距 $T2$ 的值,按照(2)中的步骤在垂直投影图中找到相应的列区间,即可确

定相应的左右边界 $xLeft$ 和 $xRight$.

5) 车牌候选区域生成. 分别根据牌照区的四个边界值: $yLow, yHigh, xLeft, xRight$, 将每一个行区间和每一个列区间确定的矩形区域按照从大到小的规则保存起来.

3.2 伪车牌区域的剔除与车牌区域的确定

在 5 级灰度图像中, 我们用 4 个灰度级分别标识出蓝、黄、白、黑 4 种颜色牌照的候选区域, 实验中发现, 每个灰度级可能有多个候选区域, 在这些候选区域中很可能存在伪牌照区域. 这里我们利用车牌的几何形状特征与字符密度特征剔除候选车牌区域中的伪牌照区域. 规则如下:

1) 首先利用牌照区域的几何特征进行滤除. 计算候选牌照区域对应的状态特征矩阵区域的外接矩形的宽高比 $Ratio^{[12]}$, 该值应在一定范围内:

$$Ratio = \frac{Width}{Height} \in [RatioMin, RatioMax] \quad (10)$$

将不满足上述条件的候选块的元素全部改为 0, 满足以上条件的候选块的元素保持不变.

2) 再利用牌照区域的字符密度特征进行滤除. 在二值图像中, 设字符二值化为 1, 牌照底色二值化为 0, 则其字符像素与背景像素的面积比处于一定范围内.

$$\rho = \frac{\text{字符像素值总和}}{\text{背景像素值总和}} \in [\rho_{min}, \rho_{max}] \quad (11)$$

同理, 将不满足上述条件的候选块的元素改为 0, 满足以上条件的候选块的元素保持不变.

3) 经过上述步骤, 将保留的候选区域提取出来, 提取的结果如图 8 所示. 如果二值图像 $b(x, y)$ 的各个候选区域均不符合车牌的特征, 则在该灰度级找不到车牌, 说明所有车牌的底牌均不是这一灰度级所代表的颜色, 需对别的灰度级标识的区域进行处理.



图 8 提取的车辆牌照

4 结果分析

本文针对视频流中多个车牌的定位问题, 利用图像复原和基于 HSV 颜色空间的多车牌定位的综合方法, 通过对西安市某路段的视频监控中截获的 150 张分辨率为 1600×1200 车辆图像进行测试, 部分测试结

果如图 9 所示.

此外, 我们将该方法与基于分块投影和形态处理的多车牌定位方法^[2]、自然复杂环境中基于颜色的多车牌定位研究^[6]作了对比, 其测试结果如表 1 所示.



图 9 自然环境下视频流中车牌定位示例

表 1 不同车牌定位方法的检测结果

定位方法 \ 定位结果	文献[2]	文献[6]	本文方法
实有车牌/个	389	389	389
准确定位/个	341	359	363
漏检车牌/个	48	30	26
误判车牌/个	6	7	4
定位不完整数/个	38	22	30
定位稍宽数/个	22	17	13
车牌定位正确率/%	87.7	92.2	93.3
平均定位时间/s	0.776	0.891	0.653

从图 10 和表 1 可以看出, 本文提出的基于视频流的多车牌定位方法能够对来自背景复杂、车牌大小不一(偏小)、倾斜度不同、运动图像、多个车牌进行比较准确的定位分割. 在多车牌定位正确率达到 93% 以上的同时, 具有较好的实时性. 该方法克服了当车牌图像有运动模糊的干扰时, 误识率增加的缺点, 为后续的字符分割、字符识别奠定了基础.

5 结语

本文提出的基于视频流的多车牌定位方法, 针对视频图像的特点, 综合利用了车牌颜色特征、灰度特征、几何形状特征等, 实现了视频流中多个车牌的准确、实时定位. 实验证明, 该方法解决了退化图像的自动复原, 较好的复原了从视频流中获取的运动模糊图像, 从而保证了多车牌定位方法的有效性. 与其他方法相比, 该方法可在一定限度内自适应车牌的大小、数量和方向, 精确度好, 实时性强, 易于实现. 该方法可满足既要提取单车牌又要提取多车牌的监控系统的

基本需求,为后续的车牌字符识别提供了可靠的数据来源,保证了 LPR 系统的识别精度,一定程度上拓展了车牌定位的思想,具有较好的应用前景.

参考文献

- 1 张变莲,唐慧君,闫旻奇.一种复杂车辆图像中的多车牌定位方法.光子学报,2007,36(1):184-187.
- 2 甘玲,孙博.基于分块投影和形态学处理的多车牌定位方法.计算机应用研究,2012,29(7):2730-2732.
- 3 侯一民,金新会.基于字符密度与聚类分析的多车牌定位方法.计算机技术与发展,2013,23(7):124-130.
- 4 朱春满,房斌,尚赵伟,王翊.复杂背景下的多车牌定位技术研究.公路交通科技,2010,27(7):147-153.
- 5 冯满堂,马青玉,成峰.基于混合特征的多车牌定位算法.微计算机信息,2009,25(9):236-238.
- 6 任德华.自然复杂环境中基于颜色的多车牌定位研究.中国图象图形学报,2009,14(12):2517-2526.
- 7 高巍.运动模糊车牌自动识别算法研究与实现[学位论文].成都:西南交通大学,2011.
- 8 王秋云,李瑞生.车辆运动模糊图像复原方法研究.自动化与仪器仪表,2012(6):46-48.
- 9 王夏黎,周明全,耿国华.基于视频检测和颜色的车辆牌照提取方法.计算机应用与软件,2005,22(11):41-44.
- 10 程增会,戴祥,唐大鹏,童飞飞,冉庆森.一种基于 HSV 和 YUI 颜色模型的车牌定位方法.计算机应用与软件,2011,12(28):132-134.
- 11 常巧红,高满屯.基于 HSV 色彩空间与数学形态学的车牌定位研究.工程图学学报,2013,4(34):159-162.
- 12 王怡.基于数学形态学的车牌定位与分割.计算机应用与软件,2010,27(8):255-256.