

一种复杂环境下的车牌定位算法

陈乔松, 董师周, 崔栋灿, 邓欣, 王进

(重庆邮电大学 计算机智能重庆市重点实验室, 重庆 400065)

摘要: 为了解决复杂环境下车牌不易准确定位的问题, 提出了一种兼顾纹理、颜色和反光三方面信息的车牌定位算法。其中在利用边缘纹理定位车牌时, 通过对图片进行亮、暗区域的划分, 解决了颜色失真和逆光下车牌不易定位的问题。然后针对有强反光的车牌, 利用了车牌区域灰度值高的特点由二值化的方法得到待选的车牌区域。特别地, 针对图像处理中车牌大小不一致的问题, 用水平分段的方法实现了一种快速有效的二值图像填充算法。最后利用基于灰度跳变的方法来进行车牌约减, 达到了剔除伪车牌的目的。实验证明, 该算法在多种复杂环境下均有较高的准确率, 并且鲁棒性强, 具有广泛的应用场景。

关键词: 车牌定位; 图像分割; 复杂环境; 鲁棒性

中图分类号: TP 391 **文献标志码:** A

An algorithm of car license plate positioning in a complexity

CHEN Qiao-song, DONG Shi-zhou, CUI Dong-can, DENG Xin, WANG Jin

(Chongqing Key Laboratory of Computational Intelligence, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: A problem difficult to accurately locate the license plates in a complex situation, can be solved in a new algorithm based on texture, color as well as reflection of the license plates. When this solution by the principle of edge and texture positioning divides a car image into bright and dark areas, it enables to cope with the difficulties of color distortion and backlighting of the license plate. In terms of the license plate with the characteristics of strong reflectiveness, a binarization algorithm in accordance with the high intensity value of the license plate results to the candidate regions. In particular, a fast and effective binary image filling algorithm by horizontal segmentation is implemented to deal with the problem of the license plate size inconsistency. Finally, another new approach based on the gray level jump between the characters and the background of the license plate region, is adopted to remove pseudo license plates in the process of the reduction of the license plates candidacy. Experiments show that this algorithm characters high accuracy in many kinds of complex situations, strong robustness and wide application.

Key words: license plate location; image segmentation; complex scene; robustness

引言

车牌识别是智能交通系统中信息处理分析的重要组成部分, 被广泛应用于视频监控、自动收费、车辆流量检测、停车管理等现实场景中。车牌识别主要包含车牌定位、字符分割

收稿日期: 2016-04-12

基金项目: 国家自然科学基金(61403054), 重庆市基础与前缘研究计划项目(cstc2014jcyjA40001), 重庆教委科学技术研究项目(自然科学类)(KJ1400436)资助课题

作者简介: 陈乔松(1978-), 重庆市人, 博士, 副教授, 主要研究方向为智能交通和智能图像处理研究。电话(Tel.):023-62460846; E-mail: chengqs@cqupt.edu.cn.

和字符识别三个过程。其中，车牌定位是整个车牌识别系统中一个关键的环节，其定位的准确度将直接影响到整个识别的效果。

目前，车牌定位的算法主要分为三类:1)基于颜色特征的车牌定位方法^[1-3],这类算法主要利用车牌的前景字符与背景底色之间有较强的对比度和固定的颜色搭配等特点,通过颜色信息进行车牌定位。此类算法对于颜色信息保持很好的车辆图像,能快速定位到车牌。但容易受光照影响,在逆光、车牌反光等环境下,会由于颜色失真,导致效果不理想。2)基于边缘纹理特征的车牌定位方法^[4-9],该类算法主要利用车牌中前景字符和背景之间存在的丰富纹理信息,通过边缘检测获得稳定的强边缘响应来定位车牌,能够在一定程度上克服环境光照的影响。该类算法虽然在环境背景比较单一的情况下有较高的准确率,但在环境背景也存在丰富的纹理或者逆光、车牌反光等情况下,由于车牌区域的纹理减弱,使得效果较差。3)基于颜色和边缘纹理特征的车牌定位方法^[10-13],该类方法可细分为两种,其一是先利用边缘纹理特征检测出整幅图像的边缘,然后根据颜色信息筛选出车牌区域^[10-12]。该方法简单且速度快,在车牌清晰和背景较单一的环境下有较理想的效果,但同样也无法避免上述颜色和纹理两种方法的缺点,应用场景有较强的局限性;其二是对同一幅车辆图像同时采用基于颜色和基于边缘纹理的方法,然后合并两种方法所获得的车牌候选区,利用车牌的连通轮廓填充比、大小以及宽高比等特征去掉伪车牌候选区,得到车牌区域集合^[13]。这种方法很好地结合了基于颜色和基于边缘纹理两类方法的优点,明显的提高了车牌的定位准确度,有较广泛的应用场景,但是依然无法较好地解决逆光、车牌反光等特殊环境下的车牌定位问题。

基于上述分析,本文提出了一种能够处理颜色失真、逆光、车牌反光等复杂场景下的车牌定位算法。本算法主要在利用边缘纹理的基础上提出了划分亮、暗区域进行 Sobel 垂直边缘检测与二值化的方法,解决了逆光情况下车牌不能定位的问题。同时本算法针对强反光的车牌,利用其区域灰度值高的特点,对车辆图像直接使用 OTSU^[14](最大类间方差)二值化获得了其车牌的候选区集合。特别地,为了获得车牌完整轮廓,本算法又在文献[13]的基础上,提出了一种快速填充车牌的方法,克服了车牌大小不一致的问题。此外,为了在车牌筛选阶段能够剔除尽量多的伪车牌,本算法还提出了一种基于车牌区域前景字符与背景间的灰度跳变剔除伪车牌的算法。因为判定一张车辆图像属于哪一种场景是一项困难的工作,准确度也难以保障,所以本算法提出先处理,再择优的办法,即,对于单张车辆图像,先分别根据车牌的纹理、颜色和反光特征得到其车牌候选区,再在三个车牌候选区中筛选出最终的车牌集合。实验证明,本算法在颜色失真、逆光、车牌反光等复杂环境下均有较高的准确率,表现出较为理想的鲁棒性。

本文其余内容将按照如下章节组织,第 2 章介绍本文提出的算法,其中包括三种车牌定位算法以及车牌候选区整合,第 3 章介绍该算法在实际场景下的测试结果,第 4 章节总结全文。

2 一种复杂环境下的车牌定位算法

2.1 算法框架

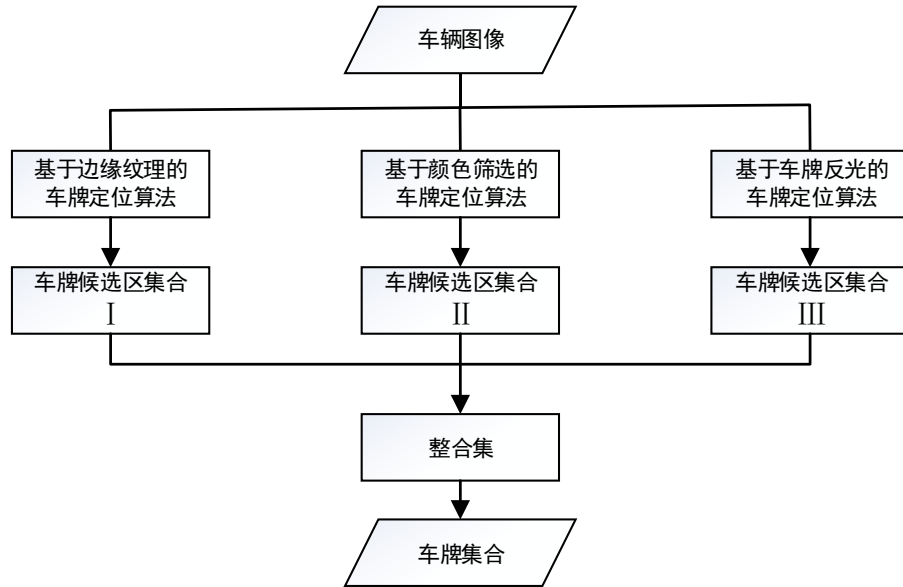


图 1 复杂环境下的车牌定位算法流程图

Fig.1 The flowchart of license plate positioning algorithm in complex environment

本算法的总体流程图如图 1 所示，一张车辆图像分别经过基于边缘纹理的车牌定位算法、基于颜色筛选的车牌定位算法和基于车牌反光的车牌定位算法的三种方法定位车牌，可以得到车牌候选区集合 I、II 和 III。再根据车牌的宽高比和前背景间的灰度跳变来筛选后，合并得到一个整合集。最后剔除整合集中重复的车牌候选区，余下的车牌集合即为最终的车牌定位结果。

2.2 基于边缘纹理的车牌定位算法

2.2.1 算法介绍

传统的基于边缘纹理加全局 OTSU 自动二值化的方法不能定位逆光车辆图像中车牌的原因主要有两个：一是车辆在地面上形成的影子轮廓（以下简称车影轮廓）具有极强的边缘响应，淹没了车牌区域的边缘。二是车牌所处的区域亮度明显偏低，在边缘检测中不能获得强边缘响应。上述两个原因导致了在二值化的过程中很难在全局计算出一个既保留车牌边缘又去除了尽量多的非车牌边缘的阈值，而大多数的局部阈值二值化算法又会保留太多非车牌边缘。因此本文在对车辆图像进行边缘检测时避开了车影轮廓，并通过车影轮廓把逆光车辆图像分成亮暗两部分，每个部分单独计算一个阈值进行二值化。本方法既可去除尽量多的非车牌边缘，又能保留完整的车牌边缘。从而解决了逆光车辆图像的车牌定位问题。

图 2 是本文提出的基于边缘纹理定位车牌的算法流程图。利用二值化加形态学运算计算的掩模把车辆图像划分成亮、暗两个区域，对亮暗两个区域分别进行边缘检测、OTSU 二值化和快速填充，然后合并得到整幅车辆图像的边缘填充图，再对其进行形态学运算，计算连通区域闭合轮廓，最后对符合条件的连通区域闭合轮廓求最小矩形描述符即得到车辆图像的车牌候选区集合。

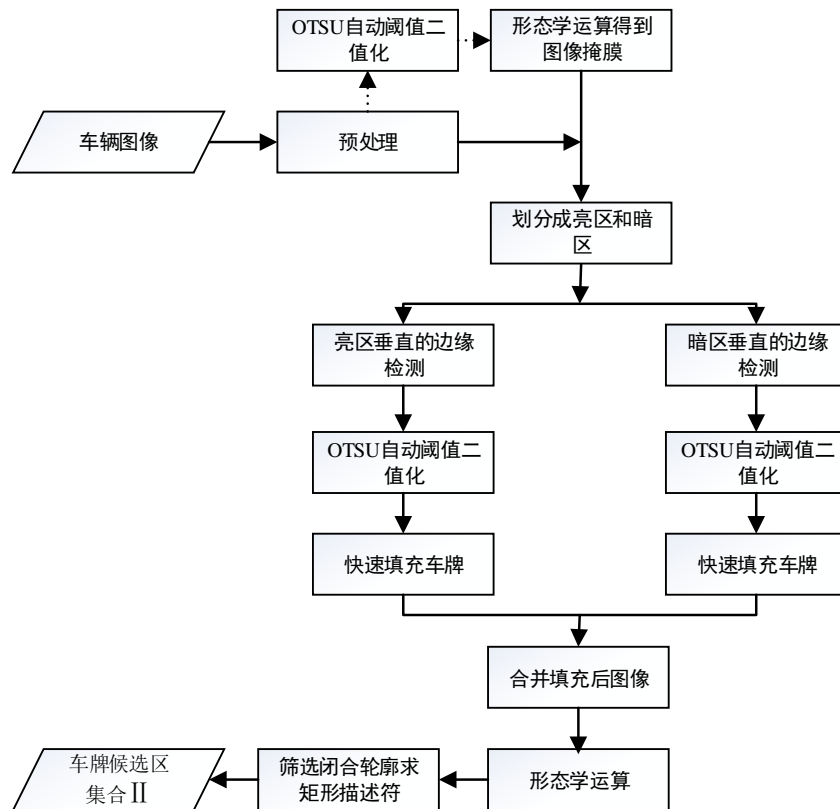


图 2 基于边缘纹理的车牌定位算法流程图

Fig.2 The flowchart of license plate positioning based on edge and texture

2.2.2 算法详细步骤

步骤 1：计算掩模，划分亮暗区域

把车辆图像同比例缩放到宽度为 1306 像素的图像,用核为 5×5 (5×5 像素大小的矩形), $\sigma = 1.5$ 的高斯滤波对原图像去噪。观察逆光车辆图像,发现暗区相对于亮区更易聚合到一个区域,所以对其进行 OTSU 全局自动二值化,反转黑白,再对其用 60×60 的核进行形态学开运算抹掉多余的小区域,即可获得一个如图 3(b)所示的较好的暗区的图像掩模。根据该掩模即可把原图划分成如图 3(c)和图 3(d)亮暗两个区域。

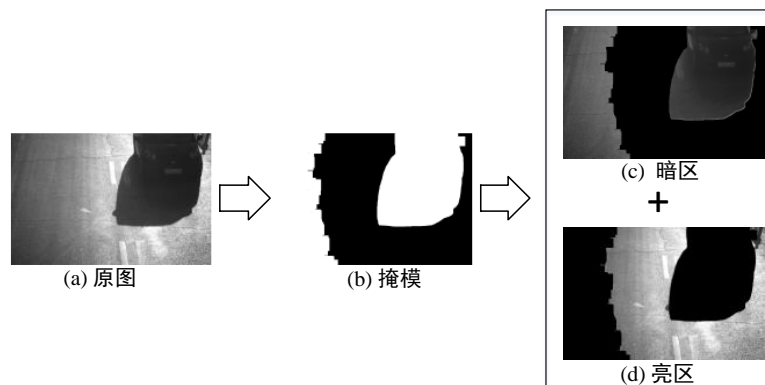


图 3 划分亮暗区域示例

Fig.3 An example of dividing bright and black regions

步骤 2: 边缘检测

车牌中前景字符和背景之间存在丰富的边缘纹理信息,其中垂直边缘占主要部分,所以本文选择 Sober 垂直边缘检测算子来进行边缘检测。同时,为避免在对边缘执行 OTSU 二值化操作时车影轮廓淹没车牌区域,在进行边缘检测时应避开亮暗分割边缘区域。本文选用一个大小为 $(2l+1) \times 3$ 的窗口来判定窗口中心点是否属于分割边缘区域,其中 l 是窗口宽度的一半,应稍大于车影轮廓从暗区过渡到亮区的最大宽度。如下图 4 所示,判定窗口 2 右侧有较多亮度等于 0 的像素点,所以判定该窗口的中心点属于亮暗分割边缘区域,而判定窗口 1 中无像素点的亮度值等于 0,则判定该窗口的中心点不属于亮暗分割边缘区域。

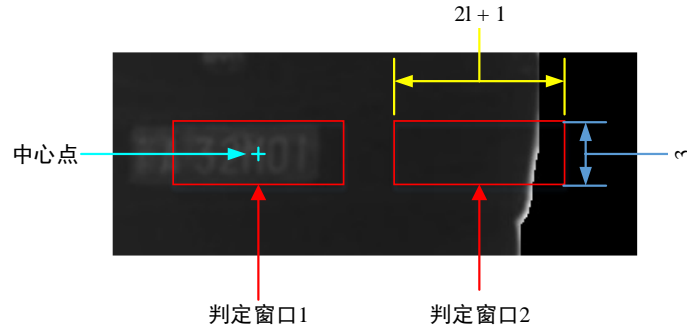


图 4 亮暗区域边缘判定示意图

Fig.4 An example of the edge judgment in bright and black regions

具体方法是统计 $(2l+1) \times 3$ 窗口中的亮度为 0 的像素个数,设为 z ,同时设置一个阈值常数 C 。如果 $z \geq C$ 则该窗口的中心点边缘检测值为 0,否则执行正常的边缘检测。本文中取 $l=10$, $C=2$ 。

步骤 3: 快速填充

对步骤 2 得到的亮暗区域的边缘分别进行 OTSU 二值化处理。为能够获得车牌的轮廓,可以对亮暗区域二值化后的图像直接执行形态学闭运算,但对于大小不同的车牌就需要设置多个大小不同的核,这不仅会增加运算量,还会增加太多伪车牌,所以在文献[13]的基础上,本文提出一种快速填充车牌的算法,只设置一个核进行形态学闭运算即可解决大小不同车牌的填充问题。具体的方法是从左到右,从上到下,逐行扫描整个二值化后的图像,碰到亮度为 255 的像素就记录下它的列位置 p_1 ,然后在这行寻找下一个与它相邻的一个亮度值为 255 的像素直到行末,记录下其列位置 p_2 ,如果 $p_2 - p_1$ 大于常数 D ,就把 $p_1 \rightarrow p_2$ 之间的像素亮度值全部重新赋值为 255,直到把整个图像扫描完。其中常数 D 的取值介于车牌上两个字符笔画之间的最大间距和车牌区域边缘与非车牌区域边缘最小间距之间。如下图 5 所示,常数 D 满足不等式(1)。

$$m \leq D \leq 5 \times m \quad (1)$$

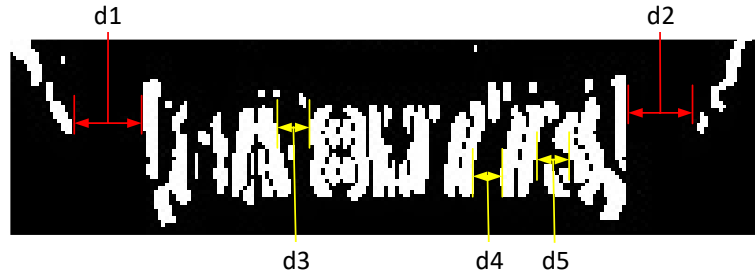


图 5 车牌纹理间距标记

Fig.5 The texture distance mark of license plate

其中 d_1 和 d_2 分别表示车牌区域边缘与非车牌区域边缘的左右间距， d_3 、 d_4 和 d_5 表示车牌上两个字符笔画之间较大的间距。本文选取 $D = 15$ ，对二值化后的亮暗区域分别执行快速填充然后合并两张图像得到图 6(b)所示的已被填充后的车牌区域。可以看到图 6(b)相对图 6(a)中的车牌大部分区域已经被填充完整，其他非车牌区域也部分填充完整。图 6(c)和(a)则显示了车牌的放大示意图。

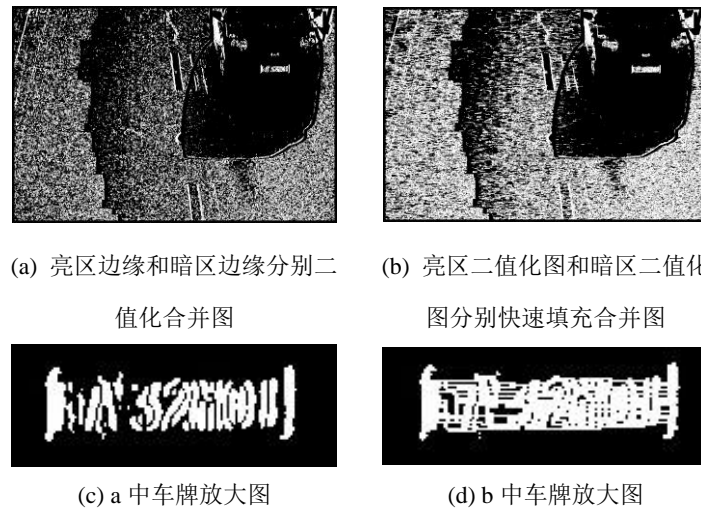


图 6 二值化与快速填充

Fig.6 Binarization and fast filling

步骤 4：轮廓填充

选取 11×7 大小的核对图 6(b)进行闭运算，即可得到被完整填充好的车牌区域。为了去掉非车牌区域噪声和车牌区域与非车牌区域间的细微连接，还需对闭运算后的结果进行开运算，本文选取开运算的核大小为 7×5 。

步骤 5：获得车牌候选区集合

对步骤 4 轮廓填充后的图像进行连通区域闭合轮廓的提取。根据车牌大小范围计算出车牌的周长范围，即可去掉明显不可能是车牌的轮廓。然后对余下的轮廓求最小矩形描述符即可得到车牌候选区集合。图 7 列出了车牌候选区集合，正确的车牌区域包含在其中。在这里，伪车牌候选区也有着和正确车牌区大致相似的纹理特征，它们将会在后续的车牌整合步骤中被剔除。



图 7 车牌候选区集合

Fig.7 The set of candidate license plates

2.3 基于颜色筛选的车牌定位算法

2.3.1 算法介绍

我国车牌底色分为白色、蓝色、黑色和黄色四种^[12]。在实际情况下对蓝色和黄色车牌进行定位检测的情况居多，对于蓝色和黄色这两种车牌，在车辆图像颜色信息保持较好的情况下，可直接筛选出车牌的位置。下图 8 即是此算法流程图。

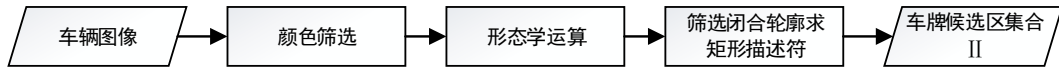


图 8 基于颜色筛选的车牌定位算法流程图

Fig.8 The flowchart of license plate positioning based on color filter

2.3.2 算法详细过程

步骤 1：通过 *HSV* 颜色空间筛选蓝色和黄色区域

将车辆图像从 *RGB* 颜色空间转换到 *HSV* 颜色空间^[1]，把车辆图像中车牌底色为蓝色和黄色的车牌筛选出来。其中，蓝色的颜色区间在 $180 \leq h_b \leq 260 \cap s_b \geq 0.2 \cap v_b \geq 0.17$ ，黄色在 $30 \leq h_y \leq 60 \cap s_y \geq 0.2 \cap v_y \geq 0.17$ 。在这里， h_b 、 s_b 、 v_b 和 h_y 、 s_y 、 v_y 分别表示蓝色和黄色在 *HSV* 颜色空间中的色调、饱和度和亮度三个分量。

步骤 2：形态学运算

在颜色筛选时，因为可能出现车牌上前景字符颜色与车牌颜色不一致、车牌区域部分褪色、车牌区域与车牌周围区域颜色相近等情况，导致颜色筛选结果中的车牌区域不会完全地被标记或者车牌区域和周围区域并没有完全分开。所以需要选择合适的形态学运算核对步骤 1 筛选到的蓝色和黄色区域再进行开或闭运算。

形态学运算核的大小是影响形态学运算结果的关键点。如图 9 所示，在对颜色筛选得到的图像进行形态学操作时，核的宽 Kw 和高 Kh 应该满足下面的公式：

$$Mw \leq Kw \leq Pw \quad (2)$$

$$Mw \approx \frac{Pw}{7} \quad (3)$$

$$\frac{Kh}{Kw} \approx \frac{Ph}{Pw} \quad (4)$$

上述公式中 Pw 表示车牌的宽度， Ph 表示车牌的高度， Mw 表示单个字符的最大宽度，式(2)可以保证车牌区域中的孔洞能够被完全填充并且在开运算时不会被抹掉，式(3)为计算单个字符宽度的一般方法，式(4)保证了车牌形状的完整性，同时便于抹掉非车牌区域。

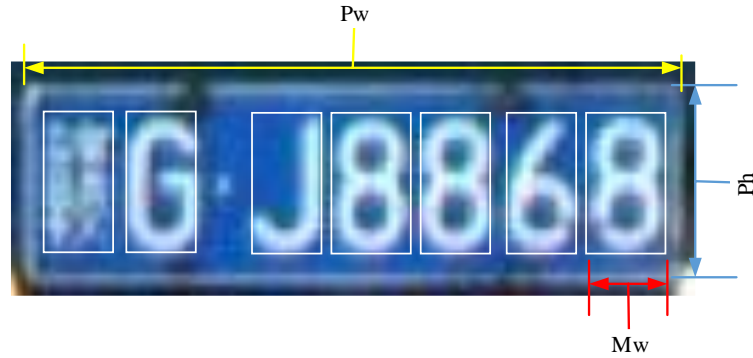


图 9 车牌尺寸标记

Fig.9 The size mark of license plate

在实际检测到的车辆图像中，如果车牌的大小变化范围较大时，仅设一个核，是无法同时满足所有车牌的形态学操作核的选取要求的。为了增加算法的鲁棒性，可在该阶段设置大小递增的形态学运算核分别对颜色筛选得到的图像依此进行闭、开运算。其后，获得车牌候选区集合的方法和 2.2 节算法中的步骤 5 一致。

2.4 基于车牌反光的车牌定位算法

2.4.1 算法介绍

多数车牌定位的论文讨论的都是在白天的情况下的车牌定位问题，而在实际的应用场景中，夜晚的车牌同样有被定位识别的需求。在夜晚或其他暗光环境有外加照明设备的情况下，车牌容易反光，纹理和颜色信息变弱，通过普通的边缘纹理或者颜色筛选的方法不易定位到车牌，但是因为车牌处在亮度值较高的区域，所以通过对其灰度图像 OTSU 自动二值化可以较容易的定位到车牌。如下图 10 即是基于车牌反光定位车牌算法的流程图。

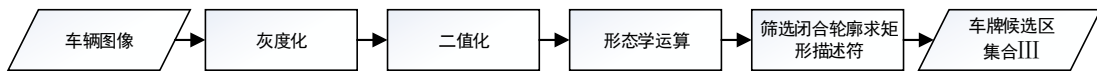


图 10 基于车牌反光的车牌定位算法流程图

Fig.10 The flowchart of license plate location based on license plate reflective

2.4.2 算法详细步骤

将车辆图像都同比例缩放到宽度为 1306 像素的图像，灰度化处理后，对灰度图像进行 OTSU 二值化即可筛选出车牌的大致区域。

2.4.3 算法示例



图 11 反光车牌全局 OTSU 二值化图例

Fig.11 An example of the reflective license plate global OTSU binarization

如图 11(a)为灰度图像，图 11(b)是图 11(a)全局 OTSU 二值化后的二值图像，可见车牌区域已被直接标记出来，图 11(c)即是最终得到的车牌候选区集合。

2.5 车牌候选区整合

在车牌候选区集合Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ中可能有伪车牌的存在，需要对三个集合分别进行筛选。三个集合中也可能包含重复的车牌区域，所以在对其合并得到最终的车牌集合时，需先去除重复的车牌候选区域。

2.5.1 车牌候选区集合筛选

通过观察分析车牌候选区集合，发现真实车牌候选区和伪车牌候选区的差别在于真实的车牌候选区的轮廓填充比普遍较高、宽高比在一定范围内且存在合适的灰度跳变区间，而伪车牌候选区集合很难同时满足这些条件。因此，本文设计了如图 12 所示的车牌判定算法，利用了轮廓填充比、宽高范围和是否存在合适灰度跳变区域四个判定条件来筛选填充车牌。

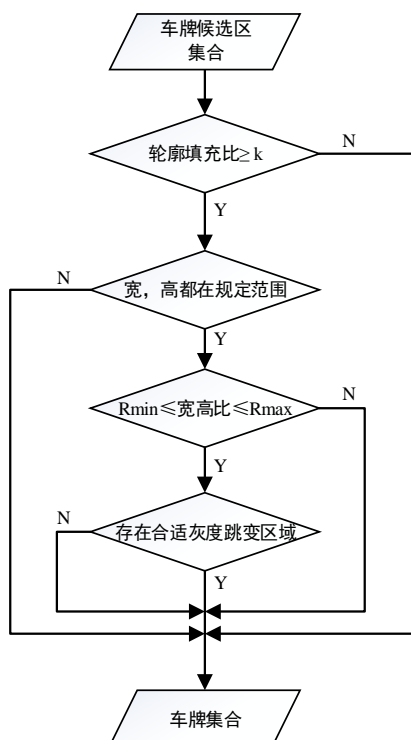


图 12 车牌判定算法流程图

Fig.12 The flowchart of license plate judgment

如果一个车牌候选区不满足四个判定条件中的某一个步骤,那么它就会判定为伪车牌候选区,只有同时通过了四个步骤的判定条件的车牌才会被判定为真实的车牌候选区。四个判定的定义如下:

1)轮廓填充比:定义轮廓填充比为 w , 车牌候选区的连通区域闭合轮廓的面积为 s_1 , 车牌候

选区的面积为 s_2 , 则: $w = \frac{s_1}{s_2}$ 。由于车牌是矩形的,使得真实车牌候选区的轮廓比普遍较

高,因此可设一个阈值 k , 若 $w < k$, 则判定为伪车牌候选区。考虑到车牌倾斜的情况,可适当放宽 k 的取值,建议 k 的取值在区间[0.5,0.9]中。

2)宽度和高度:观察采集到的车辆图像,发现其中的车牌区域的宽度和高度基本都在一定的范围内,并且过小的车牌区域即使正确定位到,后续步骤也很难处理,因此为了简化算法可人为规定一个车牌区域的宽度和高度的有效范围。宽度或高度不在规定范围内的车牌候选区将被判定为伪车牌候选区。

3)宽高比:我国车牌普遍的宽高比是 3.14^[11],考虑到拍摄及倾斜等原因,有效宽高比定在区间[1.5,6.0]中,宽高比不在此范围内的车牌候选区将被判定为伪车牌候选区。

4)合适的灰度跳变区间:我国车牌上的字符有 7 个,将车牌候选区图像同比例缩放到宽度为 80 像素的图像,对其进行灰度化、垂直 Sober 边缘检测、OTSU 二值化后,能从其垂直方向上检测到一个每一行黑到白、白到黑的灰度跳变次数都在 14^[15]左右的某个区间。考虑到车牌字符的缺失或一个字符产生多于两次灰度跳变的情况,可把有效灰度跳变次数定在区间[5,30]中。考虑到拍摄及倾斜等原因,垂直区间的大小可定为[5,45]。如果在某个车牌候选区中找不到满足要求的灰度跳变区间,此车牌候选区将被判定为伪车牌候选区。

2.5.2 车牌去重

对 I、II 和 III 三个车牌候选区集合进行筛选后,再对其进行合并,考虑到可能不止一个算法定位到同一个车牌区域,故把一个车牌候选区放进最后的车牌集合时,应先与集合中存在的车牌区进行逐一比较,只有与集合中存在的任何一个车牌的重合率都小于规定值 R 时才把该车牌候选区放进最后的车牌集合。 R 的取值建议在区间[0.5,1.0]中。

3 实验

3.1 实验数据集说明

如表 1 所示,实验的车辆图像总共有 1254 张,分 27 个测试集。除了 Test22, Test23, Test24 是高速路和小区路口多个摄像头混合的图像外,其他测试集都是单独来自重庆市车道或停车场某一个摄像头,其中 Test25, Test26 是来自某两个小区路口摄像头,Test27 来自某地下停车场入口的摄像头,其余均来自高速路上不同位置的摄像头。每张车辆图像中车牌个数在 0 到 6 个,车牌宽度在 40 像素到 400 像素范围内。

表 1 测试图像详细信息

Tab.1 Specific information illustrated in the test image

测试	数量	白天	夜晚	描述
Test1	13	8	5	高速路摄像头 1
Test2	13	8	5	高速路摄像头 2
Test3	17	17	0	高速路摄像头 3
Test4	23	23	0	高速路摄像头 4
Test5	26	26	0	高速路摄像头 5
Test6	20	0	20	高速路摄像头 6, 夜晚部分车牌反光明显
Test7	20	20	0	高速路摄像头 7, 有车窗折射光线
Test8	44	30	14	高速路摄像头 8, 有雾霾
Test9	30	26	4	高速路摄像头 9
Test10	26	17	9	高速路摄像头 10, 车牌较小
Test11	8	4	4	高速路摄像头 11, 车牌较小
Test12	26	12	14	高速路摄像头 12
Test13	33	15	18	高速路摄像头 13
Test14	21	16	5	高速路摄像头 14
Test15	7	3	4	高速路摄像头 15
Test16	11	6	5	高速路摄像头 16, 有雾霾
Test17	31	12	19	高速路摄像头 17
Test18	33	19	14	高速路摄像头 18
Test19	23	20	3	高速路摄像头 19
Test20	24	0	24	高速路摄像头 20, 车牌较小
Test21	323	323	0	高速路摄像头 21, 大部分车牌逆光
Test22	235	95	140	高速路和小区路口多个摄像头混合 1
Test23	49	39	10	高速路和小区路口多个摄像头混合 2
Test24	48	35	13	高速路和小区路口多个摄像头混合 3
Test25	22	22	0	小区路口摄像头 1, 背景纹理丰富
Test26	47	37	10	小区路口摄像头 2, 部分车牌倾斜
Test27	81	0	81	车库入口摄像头, 车牌较大, 反光明显

3.2 实验环境及方法

实验测试代码均在 Window10 下采用 C++调用 Opencv2.4.9 实现, 依赖于 Windows 平台多线程, 由 Microsoft Visual Studio 2013 编译, 测试主机主频 2.60GHz, 8G 内存。

每张测试的车辆图像中的车牌区域都事先由人工标记, 测试时, 把程序计算出的车牌区域和人工标定的区域计算重合部分, 一般来说, 重合部分达到 0.2 以上即被认为是识别成功。识别成功的车牌占全部车牌的比率即为准确率。

3.3 实验结果及对比

表 2 是本文、利用颜色和纹理定位车牌的文献[13]和只利用颜色定位车牌的文献[2]在

27 个测试集上的测试结果,图 13 是其柱状图,可以看出在大部分的测试集上本文和文献[13]接近且均达到较高准确率,本文在 Test7 上表现最差,只有 79.2%的准确率,文献[13]在 Test7 和 Test25 上表现差,分别只有 79.2%和 66.7%准确率,因此本文算法的鲁棒性比文献[13]]算法稍强,整体结果平均值本文算法也稍优于文献[13]算法。需要说明的是 Test7 中有部分车辆车窗反射出的光线严重影响了车牌的定位,Test25 中的车辆图像来源于小区路口,周围有树木枝叶,背景纹理丰富,不利于车牌的定位。文献[2]只是在 Test12、Test15、Test17、Test19 和 Test20 上表现优秀,其他测试集上表现一般,其中 Test21 表现最差,只有 13.8%。

表 2 实验结果

Tab.2 The experiment result

测试集	本文	文献[13]	文献[2]
Test1	100%	100%	85.7%
Test2	95.2%	100%	57.1%
Test3	96.7%	96.7%	80.0%
Test4	100%	100%	88.9%
Test5	86.8%	84.2%	55.3%
Test6	85.4%	87.5%	56.3%
Test7	79.2%	79.2%	45.3%
Test8	92.2%	92.2%	84.3%
Test9	92.6%	96.3%	63.0%
Test10	100%	96.0%	88.0%
Test11	87.5%	93.7%	75.0%
Test12	100%	94.3%	95.5%
Test13	92.7%	90.2%	80.4%
Test14	100%	100%	88.9%
Test15	100%	100%	100%
Test16	100%	100%	72.7%
Test17	96.9%	93.8%	93.8%
Test18	97.1%	94.3%	91.4%
Test19	96.2%	100%	100%
Test20	100%	96.0%	96.0%
Test21	96.8%	96.5%	13.8%
Test22	94.4%	91.6%	65.5%
Test23	91.8%	91.8%	81.6%
Test24	88.4%	93.0%	69.8%
Test25	97.6%	66.7%	69.0%
Test26	86.0%	84.2%	35.1%
Test27	92.6%	96.3%	40.7%
平均	94.3%	93.1%	73.1%

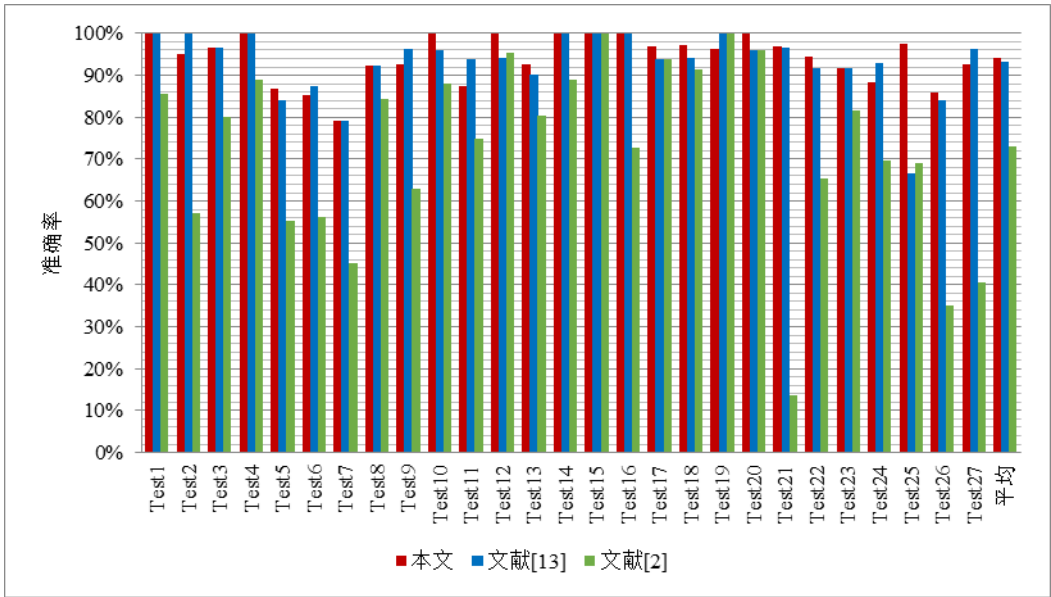


图 13 实验结果柱状图

Fig.13 The histogram of experiment result

把实验数据按来源分为高速路、小区路口、高速路和小区混合和地下车库四类，分别计算平均准确率，可以得到表 3 所示的结果：

表 3 实验结果分类比较

Tab.3 The experimental results are classified

	高速路	小区路口	高速路和小区	地下车库
本文	95.0%	91.8%	91.5%	92.6%
文献[13]	94.8%	75.5%	92.1%	96.3%
文献[2]	76.7%	52.1%	81.9%	40.7%

可以看出，整体上小区路口车辆图像定位的准确率在四类图像来源中是较差的，从现实场景分析，小区路口往往有较多的植被和建筑物等其他易干扰车牌定位的复杂背景存在，实验的数据也正好符合了这一客观事实。

文献[13]在小区路口表现一般，本文在四类场景下均有较高的准确度，进一步说明了本文算法的鲁棒性高于文献[13]的算法。文献[2]在 4 类场景下表现都一般。

从实验结果中抽取一些极端的场景进行分析，得到下表 4 的结果：

表 4 极端场景实验结果

Tab.4 An experiment result in extreme scenes

	逆光	富纹理	反光	雾霾
本文	96.8%	97.6%	89.0%	96.1%
文献[13]	96.5%	66.7%	91.9%	96.1%
文献[2]	13.8%	69.0%	48.5%	78.5%

其中逆光的场景包含 Test21，富纹理包含 Test25，反光包含 Test6 和 Test27，雾霾包含 Test8 和 Test16，可以看到本文在四种极端的场景下都能取得较高的准确率，而文献[13]在逆

光，反光，雾霾极端场景下表现较好，在富纹理下表现较差。文献[2]在 4 种极端场景下都一般。

3.4 性能分析

比较本文和文献[13]的算法，本文利用了车牌颜色，车牌纹理和车牌反光三种特性来定位车牌，文献[13]只利用了车牌颜色和车牌纹理两种特性来定位车牌。可以发现两者主要差别在两个方面，一是利用车牌纹理进行车牌定位时，本文采用的是普通边缘检测加分区域二值化，而文献[13]采用的是强化边缘检测加全局二值化。强化的边缘检测可以有效解决车牌边缘被其他强边缘淹没的情况（例如逆光，反光），但是也增加了算法易被纹理干扰的风险，文献[13]在小区路口环境下和富纹理的极端场景下定位准确率较差也正好证明了这一点。二是本文有利用车牌易反光的特性来定位车牌，这其实是为了弥补车牌在有外界光源照射下颜色失真、纹理变弱的情况下，难以根据颜色和边缘定位车牌的问题，这有助于提高本算法的稳定性，从实验结果看本文算法在反光场景下的定位准确率也是接近于文献[13]的。

比较本文和文献[2]的算法，文献[2]只利用了车牌颜色这一种特性来定位车牌，颜色的判定采用的是 *RGB* 颜色空间。车牌的颜色容易受到光照的影响，*RGB* 颜色空间也不适合进行颜色判定^[1]。观察文献[2]的实验结果，发现定位失败的原因主要有三点：第一点是车牌颜色失真，车牌区域未被标记到；第二点是由于车牌倾斜等原因导致在车牌候选区域检测不到足够的颜色过渡；第三点是在一些较大的车牌候选区域，根据水平颜色过渡合并“背景段”时，垂直方向上很容易出现断裂，不能检测到车牌本身的连续高度，很可能把其他干扰区域检测成车牌。因此文献[2]的算法对颜色较为敏感，但是在车牌颜色保持得较好的测试集 Test12、Test15、Test17、Test18、Test19 和 Test20 上有较高的定位准确率。

整体上来说利用多种车牌特性定位车牌的算法（本文和文献[13]）定位准确率高于单纯利用一种车牌特性定位车牌的算法（文献[2]）。特别地，本文的算法相对于文献[13]的算法不仅是利用到了车牌的反光特性，在车牌填充时还实现了一种快速有效的二值化图像填充算法，更能克服车牌大小不一致的情况，而且利用了基于灰度跳变的方法来进行车牌约减，剔除了尽量多的伪车牌。因此本文的算法比文献[13]的算法和文献[2]的算法适合更多的应用场景，有着较高的准确率和较强的鲁棒性。

4 结论

本文根据车牌的颜色，纹理和反光三个特性，提出了一种适用于多种应用场景下的车牌定位方法。针对逆光，颜色失真和反光的车牌做了特殊的优化。同一张车辆图像，通过颜色筛选来定位颜色保持得较好的车牌；通过划分亮、暗区域的边缘检测与二值化来定位颜色失真和处于逆光区的车牌；通过直接自动阈值二值化来定位强反光的车牌，然后整合三种方法定位得到车牌集合才是此张车辆图像中全部的车牌候选区。此外，本文在车牌填充阶段，提出了一种车牌的快速填充方法，解决了车牌大小不一致的问题。在车牌约减时，本文还提出了一种基于车牌区域前景字符与背景间的灰度跳变剔除伪车牌的算法。通过实验证明，该算

法准确度高,鲁棒性强,适用于多种应用场景。

参考文献

- [1] 陈帅,赵海龙.基于 HSV 空间的创新型车牌定位方法[J].**北京建筑大学学报**, 2015, 31(13): 69-72.
CHEN Shuai, ZHAO Hai-long. Creative License Plate Locating Method Based on HSV Space [J]. **Journal of Beijing University of Civil Engineering and Architecture**, 2015, 31(3): 69-72.
- [2] Dun J Y, Zhang S Y, Ye X, et al. Chinese License Plate Localization in Multi-Lane with Complex Background Based on Concomitant Colors[J].**IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine**, 2015, 7(3): 51-61.
- [3] 刘瑞林,杨晨晖.HSV 色彩空间中的多阈值车牌定位分割方法[J].**福建电脑**, 2008, (1): 14-14.
LIU Rui-lin, YANG Chen-hui. Multi-threshold segmentation method of vehicle license plate location in HSV color space[J].**FUJIAN COMPUTER**, 2008, (1): 14-14.
- [4] 乔有田.基于数学形态学和灰度跳变特征的车牌定位方法[J].**工业控制计算机**, 2015, 28(2): 77-78.
QIAO You-tian. Technology of License Plate Location Based on Mathematical Morphology and Gray-hopping Feature[J].**Industrial Control Computer**, 2015, 28(2): 77-78.
- [5] 甘岭,孙博.基于分块投影和形态学处理的多车牌定位方法[J].**计算机应用研究**, 2012, 29(7): 2730-2732.
GAN Lin, SUN Bo. Multiple license plate location based on separation projective and morphology operation[J].**Application Research of Computers**, 2012, 29(7): 2730-2732.
- [6] Chen C H, Chen T Y, Huang C M, et al. License Plate Location for Vehicles Passing through a Gate[C]//**IEEE 2011 Seventh International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing**, Dalian: IEEE Press, 2011.340-343.
- [7] Saha S, Basu S, Nasipuri M. License Plate localization from vehicle images: An edge based multi-stage approach[J].**International Journal of Recent Trends in Engineering(Computer Science)**, 2009, 1(1): 284-288.
- [8] Zheng D N, Zhao Y N, Wang J X. An efficient method of license plate location[J].**Pattern Recognition Letters**, 2005, 26 (15): 2431-2438.
- [9] Paunwala C N, Patnaik D S, Chaudhary M. Multiple License Plate Extraction Based on Mathematical Morphology and Component Filtering in Indian Traffic Condition[C]//**2010 International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing**, Kottayam: IEEE Press, 240-242.
- [10] 孙金岭,庞涓,张泽龙.基于颜色特征和改进 Canny 算子的车牌图像定位[J].**吉林大学学报(理学版)**, 2015, 53(4): 693-697.
SUN Jin-ling, PANG Juan, ZHANG Ze-long. Recognition of Vehicle License Plate Locating Based on Color Feature and Improved Canny Operator[J].**Journal of Jilin University(Science Edition)**, 2015, 53(4): 693-697.
- [11] 李文举,梁德群,张旗, et al.基于边缘颜色对的车牌定位新方法[J].**计算机学报**, 2004, 27(2): 204-208.
LI Wen-ju, LIANG De-qun, ZHANG Qi, et al. A Novel Approach for Vehicle License Plate Location Based on Edge-Color Pair[J].**CHINESE JOURNAL OF COMPUTERS**, 2004, 27(2): 204-208.
- [12] 曾丽华,李超,熊璋.基于边缘与颜色信息的车牌精确定位算法[J].**北京航空航天大学学报**, 2007, 33(9): 1112-1116.
ZENG Li-hua, LI Chao, XIONG Zhang. Precisely license plate locating algorithm based on edge and color information[J].**Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics**, 2007, 33(9): 1112-1116.

- [13] Yu S F, Xu Z J, Zhang B B, et al. A novel algorithm for license plate location based on the RGB features and the texture features[C]//**2012 5th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics (BMEI 2012)**, Chongqing: IEEE Press, 2012.156-159.
- [14] OTSU N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J].**IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, 1979, 9(1): 62-66.
- [15] 王鹏, 杨建华.车牌识别中的多种定位算法的比较[J].**现代计算机 (专业版)**, 2015, (3): 31-33.
WANG Peng, YANG Jian-hua. Compare multiple location algorithms of license plate recognition [J]. **Modern Computer**, 2015, (3): 31-33.