

复杂图像中的车牌定位算法

王 伟 马永强 田新宇 (西南交通大学 信息科学与技术学院 四川 成都 610031)

摘 要: 针对复杂车辆图片中的车牌定位与分割,充分利用了车牌区域的高频特性和底色特性,提出一种梯度边缘检测与彩色分割相结合的综合算法,能够对诸多干扰因素影响下的车牌进行精确定位与分割。实验表明该算法准确、可靠。

关键词: 车牌定位;边缘检测;颜色特征;数学形态学;纹理特征

License Plate Location in Complex Vehicle Images

WANG Wei, MA Yong-Qiang, TIAN Xin-Yu

(Information Science and Technology Institute, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: An edge detection and color segmentation-based algorithm to locate the plate region is proposed for complex vehicle images, which makes use of high frequency characteristics and the background color of the plate. The algorithm can quickly find the accurate position of license plate from the whole vehicle picture with all kinds of interference factors. Experimental results show that the method is accurate and robust.

Keywords: license plate location; edge detection; color features; mathematics morphology; texture feature

车牌定位可以说是车牌识别技术中最关键的环节,如果处理不当,则直接影响着车牌校正、字符分割和识别等后续处理操作的实现,最终导致整个识别过程的失败。在实际应用中,由摄像机所获得的车辆图片往往存在由天气、光照度、外在环境(树木、建筑物等)以及车辆本身(如蓝车蓝牌等)等诸多因素的干扰,给车牌的定位带来极大的困难,因而,有必要研究出一种准确率与实时性较高、适应性与灵活性较强的定位方法。

位方法^[1],虽然速度快,但容易受到建筑物、树木等因素的影响,常会引入过多的与车牌处理无关的噪声,因而,在实际的车牌定位中,不应当局限于一种方法,应将多种定位方法综合考虑,以确保定位的准确性。

分析诸多算法的利弊,现提出一种基于梯度边缘检测与颜色分割相结合的车牌定位方法,不但充分利用了两种算法优点,而且使得两者能相互弥补对方的缺点,极大地减少了诸多干扰因素。实验表明,定位准确率很高,适应性较强。

算法基本思路如图 1 所示:

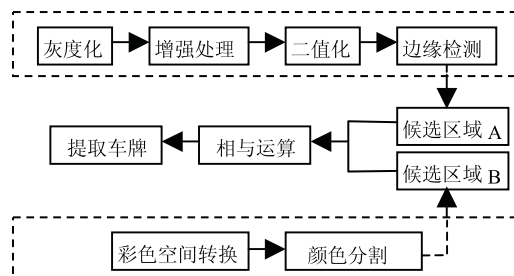


图 1 车牌定位流程

1 引言

1.1 基本介绍

1.1.1 算法思路

目前的车牌定位算法很多,算法基础主要有灰度特征分析、颜色信息、数学形态学、神经网络等,这些算法定位准确度和实时性各有优劣,应用条件也都有有一定的限制,比如基于车牌颜色信息的定位方法,虽然定位精度高,但容易受到天气、光照等因素的影响,对环境的适应性较差;而基于车牌梯度信息的定

文章中的图片为蓝车蓝牌且背景较为复杂的车辆图片。

2 利用边缘检测方法获取候选区域

车牌区域稳定的高频特性是车牌粗定位的主要依据，但在定位前，有必要进行适当的预处理以减少外在干扰及降低图像处理的运算量。

2.1 灰度化

彩色图像中包含大量的彩色信息，直接进行处理往往会影响算法的时间复杂度和空间复杂度，因而，应尽量将彩色图像转化为灰度图像进行处理。其中用到的经验公式^[2]为：

$$GRAY=0.30*R+0.59*G+0.11*B \quad (1)$$

其中，GRAY 为转化的灰度值，R、G、B 分别为红、绿、蓝分量，系数的大小依人眼对三分量的敏感程度而定。如图 2(左)所示。



图 2 图像增强处理

2.2 增强处理

摄像机拍摄的车辆图片由于光照强度和均匀度的影响，会出现过暗、过亮、对比度低等问题，导致整体图像的清晰度不够，很不利于后续处理，应适当进行增强操作。

此处采用形态学增强方法。设 F 为被处理的图像，B 为结构元素，则相关基本运算定义为：

腐蚀： $F \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq F\}$ ，可以消除目标边界点，结果使目标变小、孔洞增大。

膨胀： $F \oplus B = \{x | [(B)_x \cap F] \neq \emptyset\}$ (B_p 为 B 关于原点的映射)，可以将与目标相接触的背景点合并到目标区，结果使目标增大，孔洞变小。

用于灰度图像增强的形态学白高帽运算定义为：

$$T = F - F(O_B) \quad (2)$$

其中，T 为白高帽运算结果，F 为灰度图像， $F(O_B)$ 为灰度图像采用结构元素 B 进行形态学开运算的结果，定义为：

$$F(O_B) = F \circ B = (F \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

开运算可将图片中小于结构元素的对象去除，如果结构元素大于车牌区域，开运算后车牌区域强度被削减，大于结构元素的背景等区域保持不变，再用灰度图像减去开运算后的图像，车牌区域反得以加强，而背景区域则得以削减，所以，白高帽运算的主要作用就是突出图片中的目标，尤其图片中暗区的细节。如图 2(右)所示。

针对特殊情况，比如当车辆顶部光照特别强而车牌区域特别暗的时候，许多颜色信息和纹理信息会丢失，这不利于车牌特征的提取，而且在下一步进行二值化操作时，阈值也将非常难以确定，很可能出现二值化后车牌区域无法显现的情况，这无疑给车牌的定位带来极大的干扰，为此，可采用另一种称为黑高帽的运算来解决，其操作结果可突出图片中的暗目标。试验证明，对高对比度图片的处理效果比白高帽操作更有效，其定义为：

$$T = F(C_B) - F \quad (4)$$

其中，T 为黑高帽运算结果，F 为灰度图像， $F(C_B)$ 为灰度图像采用结构元素 B 进行形态学闭运算的结果，闭运算可以把比结构元素小的缺口或孔洞填补，连接短的间断，起到连通作用，其定义为：

$$F(C_B) = F \cdot B = (F \oplus B) \ominus B \quad (5)$$

2.3 二值化

车牌图片增强之后，车牌所在区域亮度一般比较高，相对其他区域较为明显，此时进行二值化，可以进一步突显车牌区域，同时也极大地降低了运算量，提高处理速度。

由于车牌图像的亮度变化较大，一般不能用固定阈值进行二值化。此处采用 Ostu 阈值算法。

Ostu 算法即为最大类间方差算法，其基本原理反映在两组数之间方差的均衡程度上，如果一幅图片可分为目标和背景，则目标或背景内部像素灰度值的方差应该很小，而目标和背景之间的像素灰度值的方差应该相对很大。Ostu 算法的阈值是采用统计方法获得的，因而，对光照不均的情况下也能获得较好的目标与对象分离效果。

Ostu 的原理^[3]：如果图像的灰度等级为 L，存在阈值 T 将图像分为两类 A 和 B。

A 和 B 出现的概率 P_A 和 P_B 分别为：

$$P_A = \sum_{i=0}^{T-1} p_i \quad P_B = \sum_{i=T}^{L-1} p_i \quad (6)$$

A 和 B 的均值 μ_A 和 μ_B 分别为：

$$\mu_A = \frac{\sum_{i=0}^T ip_i}{P_A} \quad \mu_B = \frac{\sum_{i=T+1}^{L-1} ip_i}{P_B} = \frac{\sum_{i=T+1}^{L-1} ip_i}{1 - P_A} \quad (7)$$

A 和 B 的方差 σ_A^2 和 σ_B^2 分别为：

$$\sigma_A^2 = \sum_{i=0}^T \frac{(i - \mu_A)^2 p_i}{P_A} \quad \sigma_B^2 = \sum_{i=T+1}^{L-1} \frac{(i - \mu_B)^2 p_i}{P_B} \quad (8)$$

类间方差定义为： $\sigma^2 = P_A P_B (\mu_A - \mu_B)^2$ (9)

当类间方差取最大值的时候，则为 A 与 B 最易于区分的时候，此时确定的阈值 T 即为所求。如图 3(左)所示。



图 3 二值化、边缘检测并生成的连通区域

2.4 边缘检测

在一定的范围内，车牌区域和背景区域的频率特性相差很大，车牌边缘检测的目的就是利用此特性而实现的，同时可将车牌边缘之外的区域干扰得以削减。

边缘检测的算法很多，如 Sobel 边缘检测、Canny 边缘检测等，这些算法运算较为复杂，很多情况下并不满足实时性的要求。此处采用微分运算的方法进行边缘检测。

边缘是由不同灰度级的像素构成，如果要检测边缘，只要突显相邻像素点间的灰度差即可，因而，如果将图像左平移一个像素，再用原始图像减去平移后的图像，其结果则反映了原始图像灰度值间的变化，灰度有变化的地方得以显现，而灰度没有变化的地方则由于差值为零而显现为黑。同时考虑纵、横两个方向的边缘检测，最终可采用下式来实现。

$$G(i, j) = |f(i, j) - f(i, j-1)| + |f(i, j) - f(i-1, j)| \quad (10)$$

如图 3(中)所示。由于周围车辆、树木、花草的影响，很多同样具有高频特性的非车牌区域也被检测出来。

2.5 生成连通区域

车牌区域包含一些较为密集且规则的边缘线条，如果要提取车牌，必须将这些线条连成区域。

2.5.1 基于数学形态学的算法

基于前述形态学基本运算的定义，开运算把比结构元素小的突刺去除，切断细长连接，可使原图像中的

局部峰值被削减，闭运算把比结构元素小的缺口或孔洞填补，连接短的间断，使原图像的局部低谷点被填充，从整体上来看，开运算剔除小“目标”，而闭运算则将小面积的“背景”填充。

实际操作中，可以通过先用闭运算将车牌区域的边缘线条连成区域，然后再在水平和垂直方向上分别用开运算将宽于车牌区域和高于车牌区域的小区域滤除的方式来实现。

2.5.2 错位相或算法

错位相或算法对车辆图片尺寸依赖程度较小，其通过将边缘图向左/右平移一定距离且保存中间过程，然后将所有过程图片求“或”运算来获得连通区域，相对较灵活。

两种算法都能得如图 3(右)所示效果。

无论采用哪种算法，生成的连通区域中，很多区域也具有车牌的几何特征，这显然是不利于车牌的最终定位的，即便是恰好能定位出车牌，但随机性太大，也不具有通用性。

3 利用彩色分割方法获取候选区域

由于车牌区域颜色特征相对比较单一(我国车牌有蓝、黄、白、黑四种底色)，因而，可以利用彩色分割的方法将车牌区域分离出来。

由于 R、G、B 三分量之间相关性太高，受光线强弱的影响也比较大，不利于彩色分割，所以，彩色分割应在 HSI 彩色空间进行。

HSI 空间由色度 H、饱和度 S、亮度 I 分量组成，H 表示颜色的种类，S 表示颜色的深浅，I 表示颜色的明暗程度；I 分量与颜色信息无关，H 和 S 与人所能感受颜色的方式相关性大，因而，HSI 比较直观地反映了人的视觉特性。

从 RGB 到 HSI 的转换关系^[4]为：

$$\left\{ \begin{array}{l} H = \arccos\left(\frac{(R-G) + (R-B)}{2*((R-G)^2 + (R-B)(G-B))^{1/2}}\right) \\ (R \geq G \text{ 或 } R \geq B, \text{ 若 } B > G, H = 2\pi - H) \\ S = 1 - 3 * \frac{\min(R, G, B)}{R + G + B} \\ I = \frac{R + G + B}{3} \end{array} \right. \quad (11)$$

表 1^[5] HSI 空间三分量范围(“—”表示不考虑该值)

颜色	H	S	I
白	—	[0, 0.25]	[0.7, 1]
黑	—	—	[0, 0.25]
蓝	[161, 301]	[0.25, 1]	[0.25, 0.27]
黄	[20, 60]	[0.25, 1]	[0.25, 1]
灰	—	[0, 0.05]	[0.25, 0.7]

3.1 彩色分割

首先创建与车辆图片同大小的模板，然后扫描车辆图片，若像素符合蓝色范围则将相应模板位置标记为 1，否则，则标记为 0，扫描结束将生成如图 4(左)所示的二值图。



图 4 彩色分割并生成连通区域

由于车体颜色与车牌颜色相近，彩色分割后的效果并不一定将车牌单独突显出来，同时，周围环境中符合颜色范围的像素也可能被标记，这给车牌的定位带来更大的干扰。

3.2 生成连通区域

为了尽可能地减少干扰，同时方便下一步车牌的提取，也采用形态学的方法对已标记区域进行干扰处理，将特别小的区域剔除。如图 4(右)所示，最终的干扰几乎全是车体颜色带来的。

4 相与运算

由梯度边缘检测方法获取的连通区域由于外界环境高频特性的影响，最终未能将车牌区域完全突显；而由颜色分割方法获取的连通区域由于车体颜色的同种特性的影响，最终也未能将车牌区域完全突显，但仔细观察这两部分的区域不难发现，一个是外在干扰，一个相对的内在干扰，如果两者进行相与运算求交集，则恰好将对方引入的干扰排除。如图 5(左)所示。

对于晚间由于光照原因造成的颜色信息较少的情况，由颜色分割方法获取的连通区域可能有偏差，但

此时的外界环境对梯度边缘方法的干扰却极大地减弱，因而，可单独采用梯度边缘检测方法获取的区域做为候选区域。

5 候选区域筛选

在对两种算法获取的连通区域进行相与运算之后，最终的候选区域所剩无几，经过简单的筛选甚至不经筛选便可以很容易地提取车牌。

5.1 依据几何特征筛选

标准车牌总宽度为 440mm，高度为 140mm，车牌中字符宽度为 45mm，高度为 90mm，字符间距 12mm，第二、三字符间隔为 34mm。实验表明，以下几何特征可用于候选区域的筛选。

宽高比介于[2, 5]；

底色段宽度和字符宽度的比例介于[0.2, 0.8]。

5.2 依据纹理特征筛选

标准车牌共有七个字符并列排开组成，首字符为汉字，第二个字符一般为英文大写字母，第二、三字符之间为分隔圆点(使馆汽车和警用汽车除外)，第三至第七字符为英文字母或数字。因而，车牌区域内部有着极为丰富的纹理特性。实验表明，以下纹理特征可用于候选区域的筛选。

每行像素由黑到白跳变次数平均值在[6, 18]；

字符最大间距大于车牌宽度的 1/13。

5.3 依据底色特征筛选

标准车牌颜色共有四种类型，即蓝底白字、黄底黑字、白底黑字、黑底白字。实验表明，以下底色特征可用于候选区域的筛选^[6]。

字符像素数与候选区域像素数的比例大于 0.25；

底色像素数与字符像素数的比例大于 1；

最多的两种颜色像素数的总和与候选区域像素数的比例大于 70%。

最终车牌定位与提取效果如图 5(右)所示。



图 5 相与运算并筛选候选区域

(下接第 134 页)

6 实验结果

针对性地选择了 200 幅有着复杂干扰的车牌图牌进行测试, 结果仅有 2 幅出现了区域提取上的偏差, 而这种偏差完全是由车牌区域存在着过大倾斜造成的。实验表明, 该算法准确度与稳定性很高, 抗干扰能力及适应能力较强。

7 总结

提出一种梯度边缘检测与颜色分割相结合的复杂环境下车牌定位算法, 较好地解决了由于外界环境、车体颜色、光照等问题造成的车牌定位不准甚至错误的问题, 实验证明, 算法满足实时性要求, 准确率高、适应性强, 具有很强的使用价值。

参考文献

- 1 胡小锋,赵辉.Visual C++/MATLAB 图像处理与识别实用案例精选.北京:人民邮电出版社, 2004.
- 2 赵启升,李存华等.基于 VC++的车牌识别系统关键技术研究.计算机科学, 2006,33(12):207-213.
- 3 付炜,王大江,赵正则等.一种实用新型蓝底白字车牌定位方法及实现.电子测量技术, 2008,(1):25-28.
- 4 章毓晋.图像工程-图像处理和分析.北京:清华大学出版社, 2008.
- 5 张丽静,孙杰,殷晓宇等.基于 HSV 颜色空间的车牌定位方法.软件天地, 2008,24(3-1):247-248.
- 6 郭大波.彩色汽车图像车牌定位技术分析.山西大学学报(自然科学版), 2005,28(1):40-43.