

基于数学形态学边缘检测的车牌字符分割算法^①

熊哲源 樊晓平 黎 燕 (中南大学 信息科学与工程学院 湖南 长沙 410075)

摘 要: 汽车牌照字符分割是车牌识别过程中的关键步骤,直接影响到字符识别的效果。传统的方法对车牌图像质量要求较高,且抗干扰能力较差。提出一种基于 Renyi 熵和数学形态学边缘检测的车牌字符投影分割算法,首先用二维 Renyi 熵最大阈值法对车牌图像做二值化处理,然后用形态学腐蚀运算进行边缘检测,再去除车牌边框,最后通过投影分割提取车牌字符。仿真实验表明,基于 Renyi 熵最大阈值法和数学形态学边缘检测车牌图像预处理使得车牌字符边缘清晰,降低了噪声的干扰,有利于进行字符投影分割。该算法分割速度快,鲁棒性好,可获得比传统方法更好的分割效果。

关键词: 字符分割; 二维 Renyi 熵; 数学形态学; 边缘检测

Segmentation Algorithm of License Plate Characters Based on Mathematical Morphology Edge Detection

XIONG Zhe-Yuan, FAN Xiao-Ping, LI Yan

(School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Vehicle-license-plate character segmentation is one of the most important steps in license plate recognition. Traditional methods always need high quality original images and thus, will inevitably affect the ultimate recognition rate. In this paper, a method for segmentation of license plate characters, based on Renyi's entropy and mathematical morphology edge detection, is introduced. The algorithm binarizes the license plate by two-dimensional Renyi's entropy first and then detects the edges by morphology erosion. After getting rid of the outer bounding frame, the license plate character is segmented by projection. Computer simulation results show that the character is much clearer after preprocessing based on Renyi's entropy and mathematical morphology edge detection. This is favorable for the character segmentation based on projection. The algorithm is not only simple and fast, but also robust, and performs better than traditional methods.

Keywords: character segmentation; two-dimensional Renyi's entropy; mathematical morphology; edge detection

车辆牌照自动识别系统作为智能交通系统的重要组成部分,在交通控制方面有着广泛应用。一般来说,车牌识别主要有三个步骤^[1]: 车牌定位, 车牌字符分割和字符识别。车牌字符分割是在车牌定位的基础上,将车牌区域分割成若干单个字符子区域,为了正确识别车牌上的汉字、字母和数字,每个字符区域必须是包括单个字符的最小矩形区。车牌字符分割是字符识

别的前提和准备,分割效果的好坏直接影响识别效果。在实际环境中,由于背景复杂、车牌污损、车牌旋转、光照不均匀、边框影响、铆钉和间隔符影响等原因,使分割精度降低,并且很难找到一种普遍使用的分割方法。

常见的字符分割算法有水平投影字符分割法^[2]、模版匹配字符分割算法^[3]、聚类分析字符分割算法^[4]

① 收稿时间:2009-12-21;收到修改稿时间:2010-03-13

等。水平投影法算法设计简单, 执行快, 但是对车牌图像质量要求高, 而且不能很好解决字符粘连和汉字不连通问题。模版匹配法较好的解决了字符粘连和汉字不连通问题, 执行快, 受背景干扰小, 但是算法设计复杂, 受车牌左右边框影响大, 且不适用于两行字符车牌。聚类分析法受噪声影响小, 较好解决了字符粘连和汉字不连通问题, 且适用于两行字符车牌, 但算法设计复杂且执行效率低, 对车牌的宽度有一定的限制。

本文提出一种改进的车牌字符投影分割算法, 先用二维 Renyi 熵最大阈值法将车牌图像二值化, 然后用数学形态学算子进行边缘检测, 再去掉车牌边框, 最后进行投影分割提取字符。这种方法克服了传统投影分割算法对图像质量要求高的缺陷, 具有较强的抗干扰能力, 并且执行速度快。

1 车牌图像预处理

在实际应用中, 车牌图像背景复杂, 存在较大的干扰、噪声, 这是由于光照不均匀及摄像机等设备噪声引起的。同时, 经过车牌定位分割出的牌照区域亦非完全精确到车牌上的字符区域, 所以在字符分割之前要进行车牌图像预处理。

1.1 车牌图像二值化

车牌字符图像为一般灰度图, 为方便字符分割和识别要先对图像进行二值化处理^[5], 二值化的好坏直接影响分割和识别的效果。根据阈值选取情况, 二值化方法可分为全局阈值法、局部阈值法和动态阈值法。考虑车牌识别应用的实时性要求, 以及车牌图像背景和背景分离明显的特点, 采用算法简单的全局阈值法即可获得较好的分割效果^[6]。

本文采用二维最大 Renyi 熵阈值法, 利用图像的二维灰度直方图即像素的灰度值分布及其邻域的平均灰度值分布所构成的直方图来进行阈值分割。由于利用了图像的灰度值信息和邻域的空间相关信息, 其效果较传统方法有明显改善, 在二值化后的图像中保留了更多的边缘信息。

原始图像($f(x, y) \ x \in 1, 2, \dots, M; y \in 1, 2, \dots, N$) 灰度级为 L , 以其中各像素及其 4 邻域的像素为一个区域, 计算出区域灰度均值图像, 这样原始图像中的每一个像素都对应一个点灰度—区域灰度均值对。设 $n_{i,j}$ 为图像中点灰度为、区域灰度为的像素点数目,

$p(i, j)$ 为点灰度—区域灰度均值对 (i, j) 发生的概率, 即

$$p(i, j) = \frac{n_{i,j}}{M \times N} \quad (1)$$

其中 $M \times N$ 为图像的大小, 则 $\{p(i, j), i, j = 1, 2, \dots, L\}$ 就是该图像关于点灰度—区域灰度均值对的二维直方图。它的平面图如图 1 所示。 (t, s) 为阈值。一三象限反映图像中的噪声点、边缘点和杂散点; 二四象限对应目标和背景。因此应该确定最佳 (t, s) , 使代表目标和背景的信息量最大。

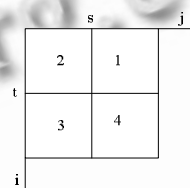


图 1 二维平面图

假设边缘点和噪声点忽略不计, 二四象限的后验概率如下:

$$P_2(t, s) = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s p(i, j) ; \quad P_4 \approx 1 - P_2 \quad (2)$$

熵是平均信息量的表征, Renyi 熵是 Shannon 熵的广义形式, 二维 Renyi 熵的定义如下^[7]:

$$H_a = \frac{1}{1-a} \ln \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p(i, j)^a \quad (3)$$

式中 $p(i, j)$ 是随机变量 i, j (灰度值、区域灰度) 的概率密度分布, L 是原始图像的灰度级。与 Shannon 熵不同, Renyi 熵引了一个可以调节的参数 a , 使得对信息的度量更具一般性和灵活性。

目标和背景的 Renyi 熵分别为:

$$H_a^b(t, s) = \frac{1}{1-a} \ln \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^s \left(\frac{p(i, j)}{P_2(i, j)} \right)^a \quad (4)$$

$$H_a^o(t, s) = \frac{1}{1-a} \ln \sum_{i=t+1}^L \sum_{j=s+1}^L \left(\frac{p(i, j)}{P_4(i, j)} \right)^a \quad (5)$$

将式(4)和(5)相加得到判别函数, 找出判别函数的最大值, 其对应 $(t^*(a), s^*(a))$ 的就是最佳阈值:

$$(t^*(a), s^*(a)) = \max [H_a^b(t, s) + H_a^o(t, s)] \quad (6)$$

P.K. Sahoo^[7]等人通过大量实验证明,对于复杂背景图像,当 a 在 0 到 1 之间取任意值,会得到相同或相近的最佳阈值;对于简单背景图像, a 的取值应大于 1。车牌灰度图像如图 2(a)所示属于背景复杂图像,根据上述算法, $a = 0.5$ 选取得到二值化的结果如图 2(b)所示。



(a) 车牌灰度图像 (b) 二值化车牌图像

图 2 车牌灰度图像二值化

1.2 数学形态学边缘检测

对二值化车牌图像进行边缘检测,可使得车牌字符边缘清晰,去除噪声干扰。传统边缘检测算法实时性较好,但抗噪声干扰性差。数学形态学边缘检测算法比较简单,同时能较好地保持图像的细节特征。

数学形态学对图像的处理是基于填充结构元素的概念,结构元素的选择和图像的某种信息有密切的关系。本文选定的 8 连接方式的结构矩阵,即一个以中心为原点的全 1 结构矩阵。用此结构矩阵进行腐蚀运算时,图像中对象四周被腐蚀一圈,腐蚀深度为结构矩阵的半径。

二值图像中,对象的边缘是以灰度值的突变这种形式出现的。当结构元素进入图像的灰度跳变区域(边缘)时,则由于灰度值差别较大,从而使变换后的输出图像比原图有所降低。所以对原图与其相应的腐蚀图进行减法运算后,其差值反映了原图像的边缘信息。

腐蚀运算能使原图像收缩,收缩以后的图像与原图像相似。因此,用原图像减去腐蚀处理所得图像,可以得到原图像的边界,我们称之为腐蚀型算法。用形态学运算表示上述思想为:

$$X - (X \ominus B) = X \cap (X \ominus B)^c \quad (7)$$

式中 X 为原图像,为所选的结构元素, $X \ominus B$ 为腐蚀运算后的图像, $(X \ominus B)^c$ 为被腐蚀后的图像的补集。原图像减去腐蚀后图像所得的原图像边界,也可以用原图像与腐蚀图像的补集进行交运算得到。数学形态学边缘检测结果如图 3(a)所示,传统的 Laplace、Sobel、Roberts 等边缘检测的结果分别如图 3(b)、(c)、(d)所示。可以看出,数学形态学腐蚀型算法边缘检测效果比其他几种方法要好。

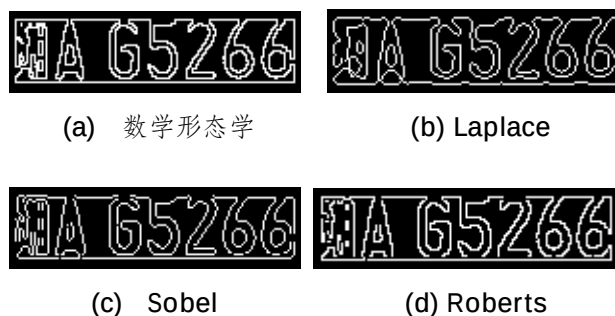


图 3 边缘检测结果比较

1.3 去除车牌边框

车牌定位后的图像大多包含车牌边框,会干扰字符分割的正确率,必须去除边框。字符区域边缘丰富,边框区域边缘简洁,采用合理的阈值就能有效去除车牌边框。

首先,去除上下边框。对形态学边缘检测后的车牌图像进行逐行扫描,统计每行中像素值为 1 的像素点个数,将结果保存至一维数组 $Row(i)$, i 为当前行数,曲线图如图 4(a);将 $Row(i)$ 的均值作为阈值 $Ravg$;在 $Row(i)$ 的前 10 个元素中,第一个大于 $Ravg$ 的元素,所对应的行数即为车牌上边框;同样,在 $Row(i)$ 的后 10 个元素中,第一个大于 $Ravg$ 的元素,所对应的行数即为车牌下边框。去除上下边框后的车牌图像如图 5(a)所示。

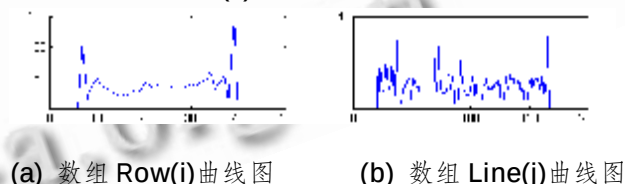


图 4 车牌图像直方图

然后,去除左右边框。对已经去除上下边框的车牌图像进行逐列扫描,统计每列中像素值为 1 的像素点个数,将结果保存至一维数组 $Line(j)$, j 为当前列数,曲线图如图 4(b);将 $Line(j)$ 的均值作为阈值 $Lavg$;在 $Line(j)$ 的前 10 个元素中,第一个数值大于 $Lavg$ 的元素,所对应的列数即为车牌字符左边框;同样,在 $Line(j)$ 中的后 10 个元素中,第一个数值大



(a) 去除上下边框 (b) 去除四周边框

图 5 去除边框后车牌图像

于 Lavge 的元素,所对应的列数即为车牌字符的右边框。去除边框后的车牌图像如图 5(b)所示。

2 车牌字符分割

在使用二维 Renyi 熵最大阈值法和数学形态学边缘检测等方法进行预处理之后,去除了大量噪声,使得车牌字符分割具有更准确的分割效果和更强的抗干扰性。车牌字符分割的过程主要包括:车牌图像二值化、垂直投影切分、水平投影切分和车牌字符精确定位。

车牌图像字符定位切分的具体算法如下:

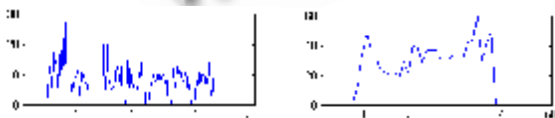
1) 垂直投影。对车牌图像进行垂直投影,定位出每个字符的左右边界,并保存在数组里;

2) 水平投影。把每个字符切分出来,再进行水平投影,定位出字符具体的上下边界,并保存在数组里;

3) 字符精确定位。根据每个字符的边界,把字符信息保存在数组里,并在图像中显示定位情况。

标准的车辆牌照(军车、警车、教练车、领事馆车除外)上有 7 个字符,首位为省名缩写(汉字),次位为英文字母,后五位为英文字母或阿拉伯数字,字符总长度为 409 毫米,其中单个字符统一宽度为 45mm,第二、三个字符间隔为 34mm(中间小圆点 10mm 宽,小圆点与第二、三个字符间隔分别为 12mm),充分利用这些先验知识有助于单一字符边框的精确切分[8]。

用投影法进行车牌字符分割十分简便快捷,其思想是根据车牌字符的特点,把车牌图像进行垂直方向的投影,因字符区域黑色的像素点比较多而集中,且每个车牌字符之间有一定的空隙间隔隔开。这样投影下来得到的投影图应该有七个相对集中的投影峰值群,只需要根据峰值群的特点进行分割,就可得到车牌的字符。对图像垂直方向进行投影,对像素值为 1 的白色像素点进行累加[9]。垂直投影图如图 6(a)所示。



(a) 去除边框后垂直投影图 (b) 去除边框后水平投影图
图 6 车牌图像投影图

根据车牌图像的垂直投影像素累加值,寻找波谷进行分割,从右往左定位出每个字符的起始和结束位置,并且切割出来。然后对切割出来的每个字符图像

再进行水平投影,如图 6(b)所示。然后再根据水平投影像素累加值进行水平切割,这样就得到了字符的精确定位置。字符分割后的图像如图 7 所示。



图 7 字符分割结果

3 结论

传统的投影字符分割算法,对车牌图像质量要求高,受噪声影响严重,使得垂直投影图中字符间的波谷不明显,给分割带来了困难。本文采用二维最大 Renyi 熵阈值法将车牌图像二值化,经过数学形态学边缘检测和去除边框后,再做投影时,得到了效果较好的波峰波谷图,方便寻找谷值点进行字符分割。本文采用的方法运算速度快,准确率高,抗干扰能力强,是一种简单而有效的车牌字符分割方法。

参考文献

- 1 Comelli P, Ferragina P, Granieri MN, Stabile F. Optical Recognition of Motor Vehicle License Plates. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1995,44(4): 790 - 799.
- 2 周景超,陈锋,陈为多,王家捷.车牌字符分割的研究和实现.计算机工程, 2006,32(5):238 - 243.
- 3 范玮琦,穆长江.一种基于汉字结构特征的车牌照字符分割方法.仪器仪表学报, 2003,24(4):472 - 474.
- 4 李文举,梁德群.质量退化的车牌字符分割方法.计算机辅助设计与图形学学报, 2004,6(5):697 - 700.
- 5 黎燕,樊晓平,李刚.一种新的阈值分割方法.小型微型计算机系统, 2006,27(11):2125 - 2127.
- 6 Chen WT, Wen CH, Yang CW. A fast two-dimensional entropic thresholding algorithm. Pattern Recognition, 1994,27(7):885 - 893.
- 7 Prasanna KS, Gurdial A. A thresholding method based on two-dimensional Renyi's entropy. Pattern Recognition, 2004,37(66):1149 - 1161.
- 8 周春霞.车牌识别技术应用[硕士学位论文].南京:南京理工大学, 2005.
- 9 李凌.汽车牌照识别技术的研究与实现[硕士学位论文].合肥:合肥工业大学, 2006.