

最大类间方差车牌字符分割的模板匹配算法

王兴玲

(中国海洋大学计算中心, 青岛 266003)

摘 要: 提出一种基于模板匹配的最大类间方差车牌字符分割算法。根据字符串的结构和尺寸特征, 设计了车牌字符串模板, 该模板在车牌区域滑动匹配进行分类, 并结合最大类间方差判决准则, 确定最佳匹配位置, 分割车牌字符。实验表明, 该方法自适应性强, 可以获得最优的分割效果。

关键词: 车牌字符分割; 模板匹配; 最大类间方差

Template Match Algorithm of Maximum Variance Between Clusters and License Plate Characters' Segmentation

WANG Xingling

(Center of Computation, Ocean University of China, Qingdao 266003)

[Abstract] This paper presents a method based on template match and maximum variance between clusters to segment the characters of license plate. The template of character string on license plate is designed, according to the character string's structural features. The template slips on the license plate to match the right location, and this matching process regarded as a classifying process combines with the judge rule of maximum variance between clusters to get the optimizational matching location to segment the characters.

[Key words] License plate characters' segmentation; Template match; Maximum variance between clusters

车牌识别技术是智能交通工程中的一项关键技术, 越来越受到人们的重视。车牌识别是一个复杂的过程, 依次包括 4 个部分: 图像获取, 车牌定位, 字符分割, 字符识别。字符分割后得到的单个字符经过特征提取后交给分类器进行识别, 因此字符分割直接影响识别准确率, 是车牌识别过程中关键的一环。目前常用的字符分割方法有 2 种: 基于聚类分析的字符分割方法^[1]和垂直投影法^[2], 但是经过车牌定位分割出的车牌区域一般是含有牌照边框以及 2 个铆钉的区域, 同时由于光照问题的影响, 字符区域可能存在粘连、模糊等问题。以上这些因素都有可能影响聚类分析法, 尤其是垂直投影法字符切割不准确。

1 字符分割预处理

1.1 牌照图像二值化

在对车牌进行分割之前首先应该对车牌进行二值化。在此采用基于空间分布的最大类间方差二值化算法^[3], 二值化效果见图 1。



(a) 车牌原图像



(b) 二值化结果

图 1 二值化算法效果

1.2 车牌倾斜度检测

在后面的字符分割算法中要求字符串水平, 所以要先检测车牌是否水平。本文采用基于行扫描的跳跃点数目变化率

来判断车牌是否水平。方法如下:

首先对二值化的车牌从下向上作行扫描并记录每行的 0、1 跳跃次数, 当某一行的 0、1 跳跃次数大于 9 (7 个字符和两条垂直边框) 时, 认为找到字符串的下边界 (假设车牌水平)。将该行的 0、1 跳跃次数与其前 3 行的平均 0、1 跳跃次数按照下面的公式计算并作出判别。

$$\frac{n_i}{\sum_{k=i-3}^{i+3} n_k / 3} \begin{cases} \geq 2 \text{ 车牌水平} \\ < 2 \text{ 车牌倾斜} \end{cases}$$

其中, n_i 表示第 i 行 0、1 跳跃的次数。判断的依据是如果车牌水平, 跳跃点的数目应该是突变的, 因为水平布局的字符串下边界的下面没有纹理特征的; 而倾斜的车牌其跳跃点的数目是渐变的。阈值 2 是经验值。

经过上述的车牌倾斜度检测, 如果车牌倾斜, 采用 hough 变换算法^[4]检测倾斜角度并进行几何校正。

1.3 确定字符上下边界

现在对水平车牌确定其字符的上下边界。实现方法如下: 对二值化的车牌从下向上作行扫描并记录每行的 0、1 跳跃次数, 当某一行的 0、1 跳跃次数大于 9 (7 个字符和两条垂直边框) 时, 认为找到字符串的下边界, 记下该行纵坐标 Y_1 。继续扫描直到再次出现 0、1 跳跃点数目小于 9 的行, 记下其前一行的纵坐标 Y_2 。坐标区间 $[Y_2, Y_1]$ 内的行即是车牌的字符串位置。至此可以将字符串分割出来, 同时获得字符的精确

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2001AA612040)

作者简介: 王兴玲(1965—), 女, 副教授, 主研方向: 数据挖掘

收稿日期: 2006-03-28 **E-mail:** wang@ouc.edu.cn

高度 $H=Y_1-Y_2$ 。分割效果见图 2。



图 2 分割效果

2 字符分割

2.1 车牌字符串结构特点

为了准确地把汽车牌照的单一字符提取分离出来，必须有效地利用汽车牌照的格式标准和字符排列信息。标准的车辆牌照（军车、警车、教练车、领事馆车除外）有 7 个字符，首位为省名编写（汉字），次位为英文字母，接下来的 5 位或英文字母或阿拉伯数字。字符总长度为 409mm，其中单个字符统一宽度为 45mm，高 90mm，第 2、3 个字符间间隔为 34mm，其余字符间隔为 12mm。可以根据这些先验知识进行字符分割。标准车牌字符串样式见图 3。

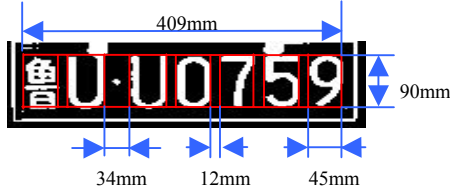


图 3 标准车牌字符串样式

根据实际车牌情况，如普通车、军车、警车等，可确定不同种类的车牌模型。下面的字符分割算法以普通车为例。

2.2 基于模板匹配的最大类间方差车牌字符串分割算法

根据上面的车牌字符串结构特征，本文提出基于模板匹配的最大类间方差车牌字符串分割算法。这里借用模版匹配的思想，将车牌字符串看作一个模板，而这个模板的特征有 2 个：(1)模板大小是一个特征量：因为已经得到了字符串的高度数据，由上面的字符串结构特征可知根据字符串的高度可以确定其它部分的尺寸；(2)模板内字符区域边缘最丰富，而字符间隔区域理论上没有边缘（圆点除外）。

这 2 个特征就是定位的依据。具体定位方法如下：

(1)根据得到的字符高度和字符串结构比例关系，设计模板见图 4。

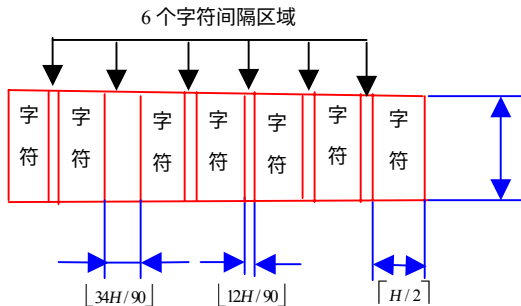


图 4 根据得到的字符高度和字符串结构比例关系

字符串模板表示为一个像素的矩形，其大小为

$$H \cdot (\lceil 7H/2 \rceil + \lfloor 5 * 12H/90 \rfloor + \lfloor 34H/90 \rfloor)$$

其中，包括 7 个大小相同的字符区域和 6 个字符间隔区域。为了分隔准确，根据比例关系计算出的字符区域宽度值向上取整，字符间隔区域宽度值向下取整。

(2)将字符串模板在字符串上从左向右滑动，同时分别统计各个位置处所有字符区域内“1”点的数量 n_{char} 和所有字符间隔区域内“1”点的数量 n_{space} ，并计算其差值 $(n_{char} - n_{space})$ 。

(3)比较各个位置处 $(n_{char} - n_{space})$ 值的大小，设字符串模板左上角点在 (x, y) 坐标时 $(n_{char} - n_{space})$ 取最大值，则由顶点 (x, y) 和 $(x + \lceil 7H/2 \rceil + \lfloor 5 * 12H/90 \rfloor + \lfloor 34H/90 \rfloor, y + H)$ 确定的矩形就是车牌字符串的准确区域。至此可以将 7 个字符分割出来。

1)第 1 个字符的左上和右下顶点坐标分别是 (x, y) 和 $(x + \lceil H/2 \rceil, y + H)$ ；

2)第 2 个字符的左上和右下顶点坐标分别是 $(x + \lceil H/2 \rceil + \lfloor 12H/90 \rfloor, y)$

$(x + 2 * \lceil H/2 \rceil + \lfloor 12H/90 \rfloor, y + H)$

根据模板的尺寸和结构最终可以分割出全部的字符。

2.3 算法的理论证明

算法中根据 $(n_{char} - n_{space})$ 最大值来确定字符串的准确位置，其依据是：理想状态下，当字符串模板与字符串完全重合时， n_{char} 应当取得最大值，而 n_{space} 应当取得最小值。但是实际匹配计算时，这 2 个值可能不能同时取得理想值，算法中采用这 2 个值的差作为判决标准，当差值最大时认为达到最优状态。这个判决准则的证明如下：

(1)将字符分割的过程看作是一个两类模式的分类过程，当模板左上角顶点位于 (x, y) 时，整个模板内的像素被划分为 A、B 两类，A 类位于字符区域内，B 类位于字符间隔区域内。两类的特征区分就是亮度值，字符像素取值为“1”，背景像素值为“0”。理想的分类结果就是找到一点 (x_K, y_K) ，当模板的左上角顶点位于该点时，字符像素完全位于字符区域内，而字符间隔区域内没有字符像素，即没有错分的样本。

整个字符串模板亮度等级范围为 $[0, 1]$ ，对应亮度级 i 的像素为 n_i 个，则对应亮度 i 的像素出现的概率为

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad p_i \geq 0$$

$$\sum_{i=0}^1 p_i = 1$$

整个模板亮度均值为

$$u_r = \sum_{i=0}^1 i \cdot p_i$$

由于采用的是固定模板，因此模板像素容量是常量。假设字符区域的像素容量为常量 m_0 ，字符间隔区域的像素容量为常量 m_1 。当模板左上角顶点位于 (x_K, y_K) 时，整个模板内的像素被划分为 A、B 两类，A 类位于字符区域内，B 类位于字符间隔区域内。

设字符区域内的“1”像素数量为 n_{char} ，亮度均值为

$$u_0 = \frac{n_{char}}{m_0}$$

字符间隔模板内的“1”像素数量为 n_{space} ，亮度均值为

$$u_1 = \frac{n_{space}}{m_1}$$

A 类和 B 类的出现的概率 w_0 和 w_1 分别为

$$w_0 = \frac{m_0}{m_0 + m_1}$$

$$w_1 = \frac{m_1}{m_0 + m_1}$$

这两类的方差分别为

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=1}^{m_0} (a_i - u_0)^2 P_r(a_i / A) = \sum_{i=1}^{m_0} (a_i - u_0)^2 P_{a_i} / w_0$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=1}^{m_1} (b_i - u_1)^2 P_r(b_i / B) = \sum_{i=1}^{m_1} (b_i - u_1)^2 P_{b_i} / w_1$$

式中, a_i 和 b_i 分别是A、B类中像素的亮度值, P_{a_i} 和 P_{b_i} 分别是在A、B类中亮度级 a_i 和 b_i 的像素出现的概率, $w_0 u_0 + w_1 u_1 = u_r$ 成立。

定义类内方差为

$$\sigma_w^2 = w_0 \sigma_0^2 + w_1 \sigma_1^2$$

类间方差为

$$\sigma_B^2 = w_0 (u_0 - u_r)^2 + w_1 (u_1 - u_r)^2 = w_0 w_1 (u_0 - u_1)^2$$

在模式分类理论中, 不同类别之间可分性度量有 3 个标准: 散布矩阵, 散度和Battacharyya距离^[5], 类间方差与类内方差的比值对应于散布矩阵, 反映了各类模式在模式空间的分布情况。类间方差越大, 类内方差越小, 则说明分类结果类与类之间距离大, 每类自身各像素性质相似度越大, 即模式分类结果越好。

对于给定的一幅图像可以证明 $\sigma_w^2 + \sigma_B^2$ 为常数 (该图像的整体方差), 因此只需求出 $\max \sigma_B^2$, 则 σ_w^2 达到最小。此时最大类间方差, 类内方差最小, 分类效果最佳。

$$\sigma_B^2 = w_0 w_1 (u_0 - u_1)^2 = \frac{m_0}{m_0 + m_1} \cdot \frac{m_1}{m_0 + m_1} \left(\frac{n_{char}}{m_0} - \frac{n_{space}}{m_1} \right)^2$$

$$= \frac{m_1}{(m_0 + m_1)^2 m_0} \left(n_{char} - \frac{m_0 n_{space}}{m_1} \right)^2$$

其中, 第 1 个因子是常量, σ_B^2 要取得最大值, 公式中的平方

项应该取得最大值。

在实际情况下, n_{char} 值要远大于 $\frac{m_0 n_{space}}{m_1}$ 值。因此 σ_B^2 最

大等价于 $n_{char} - \frac{m_0 n_{space}}{m_1}$ 的最大值; 前后两项都是正数, 即

$\frac{n_{char}}{m_1}$ 取最大值; 由于 $\frac{m_0}{m_1}$ 也是常量, 因此 $\frac{n_{char}}{n_{space}}$ 取最大

值, 即 $(n_{char} - n_{space})$ 的最大值。

3 实验结果

基于模板匹配的最大类间方差字符分割方法综合了车牌图像的字符串结构特性与最大类间方差的统计分布特性, 根据字符串结构制定模板, 再由最大类间方差判决准则函数进行最优化选择, 取得较为满意的分割效果。分割结果见图 5。



图 5 分割结果

实验表明该算法在牌照倾斜以及边框铆钉等影响下不受干扰, 分割效果好。

参考文献

- 1 陈黎, 黄心汉, 王敏等. 基于聚类分析的车牌字符分割方法[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(6): 221-256.
- 2 张引. 面向车辆牌照字符识别的预处理算法[J]. 计算机应用研究, 1999, 6(7): 85-87.
- 3 张引. 基于空间分布的最大类间方差牌照图像二值化算法[J]. 浙江大学学报(工学版), 35(3): 272-275.
- 4 章毓晋. 图像工程(上册)——图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- 5 Kunaga F K. Introduction to Statistical Pattern Recognition[M]. Boston: Academic Press, 1990.

(上接第 177 页)

参考文献

- 1 Simoncelli E P, Freeman W T. The Steerable Pyramid: A Flexible Architecture for Multi-scale Derivative Computation[C]. Proc. of IEEE Second Int'l Conf. on Image Processing, Washington D.C., 1995-10.
- 2 Goldenberg R, Kimmel R, Rivlin E, et al. Fast Geodesic Active Contours[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 2001, 10(10): 1467.
- 3 Malladi R, Sethian J A, Vemuri B C. Shape Modeling with Front Propagation: A Level Set Approach[J]. IEEE Trans. on PAMI, 1995, 17(2): 158-175.
- 4 Paragios N K. Geodesic Active Regions and Level Set Methods:

Contributions and Applications in Artificial Vision[D]. France: School of Computer Science, University of Nice Sophia Antipolis, 2000.

- 5 Suri J S. Leaking Prevention in Fast Level Sets Using Fuzzy Models: An Application in MR Brain[C]. Proc. of Int. Conf. Inform. Tech. Biomedicine, 2000: 220-226.
- 6 李玲玲, 周成平, 丁明跃等. 基于易操纵金字塔的多传感器图像融合[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(22): 24-27.
- 7 Karasaris A, Simoncelli E. A Filter Design Technique for Steerable Pyramid Image Transforms[C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Atlanta, Georgia, 1996: 2387-2390.