

文章编号: 1673-3851 (2011) 01-0079-06

基于相似度的车牌定位方法

毛 敏^a, 白植铭^b, 裴道武^b

(浙江理工大学, a. 信电学院; b. 理学院, 杭州 310018)

摘 要: 根据车牌区域内字符的纹理特征以及车牌的颜色特征,提出了一种基于相似度的模板匹配车牌定位方法。该算法先对车牌区域构造出相应的模板,同时分别构造出模板与待定位图像的模糊集,再根据所构造出的模糊集,用滑动窗法计算模板与当前窗口的相似度,得到一个相似度矩阵。取其中最大相似度所对应的区域作为车牌候选区,通过对该候选区进行判断与精确定位分割出车牌区域。实验结果表明该方法能得到较理想的车牌定位效果。

关键词: 车牌定位; 相似度; 模板匹配; 模糊集

中图分类号: TP391. 41 **文献标识码:** A

0 引 言

车牌识别技术是智能交通系统的重要组成部分,它在交通管理、停车收费、车辆检测等方面有广泛的应用。车牌识别系统主要由车牌定位,字符分割以及字符识别三部分组成,其中车牌定位是车牌识别系统的一个重要环节,其成功与否直接影响到整个系统的性能。并且由于车牌图片的复杂性与车牌位置的不确定性使得车牌定位成为了车牌识别系统的难点之一。目前常用的定位方法主要有两种:一是利用灰度信息与纹理信息进行定位。常用的方法有利用 Hough 变换,数学形态学的方法以及神经网络等。其中文献[1]利用一种 Haar 的方法提取出车牌区域的字符特征,然后利用分级神经网络对车牌区域进行提取。文献[2]提出了一种将车牌图片分块的方法对车牌图片进行过滤找出候选区,然后对候选区进行筛选找出目标区域的方法,实验证明该方法可以快速准确的找出车牌区域。二是利用图像的彩色信息进行定位。由于利用灰度信息与纹理信息进行定位的方法在背景比较复杂的情况下错误率较高,而利用彩色信息进行定位的方法则对光照条件比较敏感。实际上由于车牌区域其特征本身具有一定的模糊性,一些学者提出了利用模糊推理的方法来提取车牌。然而在以往车牌定位方法的研究中模糊数学的应用主要是针对彩色图像进行车牌提取,但由于彩色图片受光照影响大,并且相对于灰度图像其处理的时间较长,使得该方法的鲁棒性不高。在文献[3]中提出了一种基于相似度的车牌字符识别方法,因此本文在此基础上结合图片的色彩信息与灰度信息提出了一种基于相似度的车牌定位算法。

1 基于相似度的车牌定位算法的步骤

利用车牌图片的灰度信息与纹理信息对车牌进行定位时主要受到两个因素的影响,背景的复杂程度和图像在车牌区域的对比度大小。对于前一种影响,需要对图像做预处理来简化背景区域或加强车牌区域,对于后一种影响,由于不同图像在车牌区域的对比度有所不同,因此在利用纹理信息对车牌进行定位时,对于车牌区域纹理跳变次数的阈值存在一个比较大的范围,在进行行扫描时阈值范围越大则定位出的候选车牌

收稿日期: 2010-07-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(10871229)

作者简介: 毛 敏(1986-),男,浙江杭州人,硕士研究生,主要从事智能信息方面的研究。

区域越多,并且这些定位出的区域在精确度上也越低。相反若阈值范围越小则定位出的车牌区域的精确度也越高,然而定位的成功率则越低,在另一方面利用彩色信息进行车牌的识别方法则受光照条件的影响较大。针对这两种情况本文提出了一种基于模板与彩色信息相结合的车牌定位方法,识别过程如图1所示。

2 基于 HSV 颜色分量的车牌图像过滤方法

文中所用的图片都是用 RGB 三原色模型进行描述的,由于这种模型不便于图形的彩色分割,因此这里选用 HSV 空间对图像进行描述,具体的转换方法如下^[4]:

$$s=\begin{cases} 0, & \text{if}(I_{\max}=0) \\ \frac{\delta}{I_{\max}}, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{1}$$

$$v=I_{\max} \tag{2}$$

$$h=\begin{cases} \text{undefined} & \text{if}(s=0), \\ \frac{g-b}{\delta}\times 60 & \text{if}(s\neq 0)\text{and}(I_{\max}=r)\text{and}(g\geq b), \\ \frac{g-b}{\delta}\times 60+360 & \text{if}(s\neq 0)\text{and}(I_{\max}=r)\text{and}(g<b), \\ \left[2+\frac{b-r}{\delta}\right]\times 60 & \text{if}(s\neq 0)\text{and}(I_{\max}=g), \\ \left[4+\frac{r-g}{\delta}\right]\times 60 & \text{if}(s\neq 0)\text{and}(I_{\max}=b). \end{cases} \tag{3}$$

其中 $I_{\max}=\max(r,g,b)$, $I_{\min}=\min(r,g,b)$, $\delta=I_{\max}-I_{\min}$ 。

由于主要针对黄色与蓝色车牌进行定位,因此在 HSV 空间中主要对图片的黄色与蓝色进行过滤,根据实验得到的 h,s,v 分量的取值范围如表1所示。

对于满足 $h<75,110<s<130$ 以及 $v<0.7$ 的像素点作为黄色车牌的底色部分,并将其像素值置为1,否则将其置为0,即:

$$yellow_{bin}=\begin{cases} 1 & \text{if}(h<75,110<s<130,v<0.7) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{4}$$

同理可得蓝色车牌的二值化过滤图:

$$blue_{bin}=\begin{cases} 1 & \text{if}(190<h<256,40<s<160,v>0.3) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{5}$$

将黄色与蓝色的二值化过滤图进行合并得到最终的二值化过滤图为:

$$yellow \& blue_{bin}=\begin{cases} 1 & \text{if}(yellow_{bin}=1,or,blue_{bin}=1) \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{6}$$

3 灰度图像的背景简化及边缘检测图像预处理

本文所用图像由 500×375 个像素点所组成,车牌区域通常包含着汉字、数字等一些固有的纹理特征,然而在灰度图像中除了车牌区域以外的背景中也包含着大量的纹理信息,因此为了提高识别的成功率以及减少运算时间,笔者提出了一种基于灰度图像的背景简化方法。

假设在车牌区域中每个像素点的灰度在某一固定大小的窗口内其标准差具有一定的范围,基于这一假

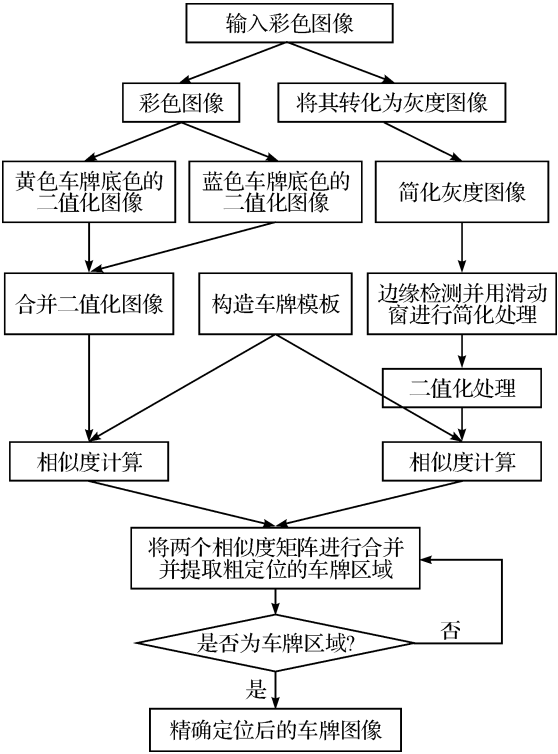


图1 车牌定位流程图

表1 黄色与蓝色车牌上底色的 h,s,v 范围

车牌底色	h	s	v
黄色	<75	$110\sim 130$	<0.7
蓝色	$190\sim 256$	$40\sim 160$	>0.3

设,用式(7)对原始的灰度图像进行过滤。其中 I_{ij} 表示像素点 (i, j) 的像素值,

$$I_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{其他} \\ I_{ij} & \text{if } (100 \leq \sigma_{ij} \leq 600) \end{cases} \quad (7)$$

σ_{ij} 表示像素点 (i, j) 在一定大小的矩形窗口内的灰度差,矩形窗口大小为 8×8 个像素点,式(7)为 σ_{ij} 的计算式,其中 w, l 分别为矩形窗口的宽与长。

$$\sigma_{ij} = \left[\frac{1}{w \times l} \times \sum_{m=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{n=j-\frac{l}{2}}^{j+\frac{l}{2}} (I_{mn} - \bar{I}_{ij})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

\bar{I}_{ij} 为图像在 (i, j) 处的灰度平均值,其表达式为式(9)。

$$\bar{I}_{ij} = \frac{1}{w \times l} \times \sum_{m=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{n=j-\frac{l}{2}}^{j+\frac{l}{2}} I_{mn} \quad (9)$$

由于按此算法对图像进行分析所需的计算量比较大,因此本文采用双线性插值法来得到每个像素点的灰度标准差以及平均灰度值,其中 (x, y) 为像素点相对于插值窗口的坐标,所用的插值窗口的大小为 12×12 ,如图 2 所示。

式(10)、式(11)即为双线性插值公式。

$$\bar{I}_{w_{xy}} = (1-y)[(1-x)\bar{I}_{w_A} + x\bar{I}_{w_B}] + y[(1-x)\bar{I}_{w_C} + x\bar{I}_{w_D}] \quad (10)$$

$$\sigma_{w_{xy}} = (1-y)[(1-x)\sigma_{w_A} + x\sigma_{w_B}] + y[(1-x)\sigma_{w_C} + x\sigma_{w_D}] \quad (11)$$

经过公式(7)处理后的图像如图 3 所示。可以看到经过处理后图像的背景得到了显著的简化。再对处理后的图像用 Sobel 算子(如图 3c、d 所示)进行边缘检测并对其进行二值化处理,此时的图像背景仍然具有

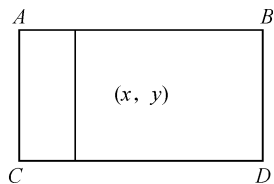


图 2 双线性插值法的原理



(a) 未经过式(7)处理的图像



(b) 经过式(7)处理后的图像

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

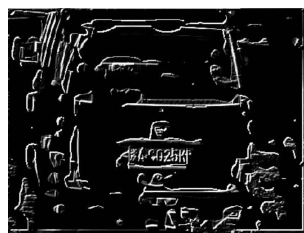
(c) 垂直边沿检测Sobel算子

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(d) 水平边沿检测Sobel算子

图 3 灰度图像背景简化结果及 Sobel 算子

复杂的纹理。为此提出一种针对边缘检测后图像的预处理方法,即根据车牌的特征构造一定大小的矩形窗口对边缘检测后的二值化图像进行过滤,具体方法是用滑动窗法在待过滤的图像上进行扫描,若滑动窗口内亮度为 255 的点的个数大于一定的阈值则该点赋值为零,否则该点的灰度值不变。通过对 300 幅图片进行试验,采用宽为 7 个像素点,高为 27 个像素点的矩形窗口。阈值为窗口内像素点个数的 0.8 倍。处理后的图片如图 4 所示。可见经矩形窗口过滤后的图片得到了进一步的简化。



(a) 未经矩形窗口过滤的边缘检测图像



(b) 经矩形窗口过滤后的边缘检测图像

图 4 边缘检测图像预处理结果

4 基于直觉模糊集的二值化方法

本文所用的二值化方式是针对每一个分割阈值 t 分别构造关于背景和关于目标的模糊集,利用文献[5]所提出的方法来构造隶属度函数:式(13),式(14),式(15),其中 $m_{B_t}(t)$ 为灰度值小于 t 的像素点的平均灰度值, $m_{O_t}(t)$ 为灰度值大于 t 的像素点的平均灰度值, $h(q)$ 为灰度值为 q 的像素点的个数, $\mu_{B_t}(q)$ 表示灰度值 q

关于背景的隶属度函数,类似的 $\mu_{O_t}(q)$ 表示灰度值 q 关于目标的隶属度函数。

$$m_{B_t}(t) = \frac{\sum_{q=0}^t qh(q)}{\sum_{q=0}^t h(q)} \quad (12)$$

$$m_{O_t}(t) = \frac{\sum_{q=t+1}^{L-1} qh(q)}{\sum_{q=t+1}^{L-1} h(q)} \quad (13)$$

$$\mu_{B_t}(q) = 1 - \left| \frac{q}{L-1} - \frac{m_{B_t}(t)}{L-1} \right| \quad (14)$$

$$\mu_{O_t}(q) = 1 - \left| \frac{q}{L-1} - \frac{m_{O_t}(t)}{L-1} \right| \quad (15)$$

然后根据这两个模糊集构造出关于背景(或目标)的直觉模糊集。针对 t 计算每个灰度值关于背景(或目标)的犹豫度之和,因为在直觉模糊集中犹豫度反映了所作决策的模糊程度(在这里反映了背景与目标之间的模糊程度),犹豫度越小表示所划分出的背景与目标之间的模糊程度越小。基于此,从 $0 \sim 255$ 中选择使犹豫度之和最小的 t 作为分割的阈值。二值化结果如图 5 所示。具体算法如下:

a) 对每一个 t , 构造灰度值关于背景的模糊集 B_t 以及灰度值关于目标的模糊集 O_t ;

b) 针对模糊集 B_t 和 O_t 构造灰度值关于背景的直觉模糊集 A'_t , 这里 $A'_t = \left\{ \left[i, \frac{B_t(q)}{2}, \frac{O_t(q)}{2} \right] \mid q \text{ 为图像的灰度值} \right\} \left(0 \leq \frac{B_t(q)}{2} + \frac{O_t(q)}{2} \leq 1 \right)$;

c) 计算 A'_t 的犹豫度 $\pi_{A'_t}$ 。这里 $\pi_{A'_t}(i) = 1 - \frac{B_t(i)}{2} - \frac{O_t(i)}{2}$;

d) 计算 $\sum_{i=1}^{255} \pi_{B'_t}(i)$ 并将其保存在 $A(t)$ 中;

e) 取 $A(t)$ ($1 \leq t \leq 255$) 中的最小值所对应的 t 作为二值化分割的阈值。



(a) 原图



(b) 二值化后的图像

图5 车牌图像二值化结果

5 基于相似度与颜色相结合的车牌定位算法分析

5.1 模糊集的构造及模板的构造

5.1.1 模糊集的构造方法

由于车牌区域在以上简化后所得到的图像中具有明显的纹理特征,在此基础上对简化图像进行模糊集的构造。模糊集的构造原则是要尽量突出车牌区域的纹理特征,不同的隶属度函数对车牌区域定位准确性的影响很大。式(16)即为本文所提出的隶属度函数。其隶属度函数反映的是每个像素点与其周围的像素点的灰度之差,若灰度差越大,则该点的隶属度越大。

$$\mu(i, j) = \begin{cases} I(i, j) + \sum_{m=i-1}^{i+1} |I(m, j) - I(i, j)| + \sum_{n=j-1}^{j+1} |I(i, n) - I(i, j)| & \text{if } \mu(i, j) \leq 1 \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (16)$$

5.1.2 模板的构造

为了对图像进行车牌区域粗定位,采用了模板匹配的方法,因为车牌区域具有:a)较复杂的纹理特征;b)其周围区域的纹理特征相对比较简单;c)车牌区域是具有一定长宽比的矩形,因此所构造的模板应该同时具备这3个特征。同时本文假设车牌区域具有最大的纹理跳变。根据以上的3个特征及假设,给出车牌区域的模板如图6所示。这里构造了两个模板,其目的是为了尽量使粗定位后的车牌区域位于粗定位区域的中央。



图 6 车牌图像粗定位的模板

5.2 相似度的计算

本文采用的是基于相似度的模板匹配方法,具体方法如下:a)分别将模板 1 与模板 2 作为滑动窗,用滑动窗法分别计算出模板 1 与图像及模板 2 与图像的相似度矩阵。取其平均值并将其保存,同时保存矩阵中每一个相似度值所对应的原图像上的坐标值。用加权的方法将由颜色信息所得到的相似度矩阵与由边缘检测简化后所得到的相似度矩阵进行合并,这里的加权系数 a_1, a_2 满足 $a_1 + a_2 = 1$ 。b)比较所保存的相似度,并找出其中最大的相似度所对应的图像区域并将该区域作为车牌的粗定位区域。本文分别以式(17),式(18)^[6]作为相似度公式并分别对其识别结果进行了比较。

$$S_1(A,B) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A(x_i) - B(x_i)| \tag{17}$$

$$S_2(A,B) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |A(x_i) - B(x_i)|}{\sum_{i=1}^n |A(x_i) + B(x_i)|} \tag{18}$$

5.3 车牌区域的判别与精确定位

在文献[7]的基础上(如图 7 所示,即同时用三个水平线扫描图像,记录每一条水平线的纹理变化,若三条水平线上跳变的平均值在一定的范围之内则为车牌区域的水平上界,车牌区域的水平下界同理可得),再利用车牌区域在水平方向上的对称性,即计算出车牌区域的水平上界与水平下界的纹理跳变之差的绝对值,若其小于某一阈值则将其判断为车牌区域,否则将该区域判断为非车牌区域。对判断为车牌区域的图像,取其水平上下界之间的部分并对其进行二值化处理,利用车牌的宽与高的比值为 3 : 1 这一特征构造一个矩形窗口,将该窗口作为滑动窗,用滑动窗法从左到右对其的进行扫描,取其中灰度为 255 的像素点个数最多部分作为精确定位后的车牌区域。



图 7 车牌区域精确定位的水平纹理扫描图

5.4 实验结果

车牌图像全都是由数码相机拍摄和网上下载所得。分别利用式(17)与式(18)对不同拍摄距离和不同光线条件下所得的 230 幅照片进行测试,成功定位出的车牌图片分别为 227 幅与 224 幅。定位成功率分别为 98. 7%和 97. 3%,平均每幅图片的定位时间为 15 s。图 8 为图 5(b)图片的实验结果。



图 8 车牌定位实验结果图

6 结 语

提出了一种基于相似度的模板匹配车牌提取算法,同时在图像预处理的过程中提出了一种基于滑动窗法的图像预处理方法对车牌区域进行增强。在二值化的过程中利用直觉模糊集的概念提出了一种阈值提取算法。通过构造车牌模板以及车牌图像的模糊集,计算出车牌图像的相似度矩阵,通过对相似度矩阵进行取小运算得到相应的粗定位车牌区域,最后根据车牌的纹理特征及对称性对粗定位区域进行判断和精确定位。通过验证,该方法具有较强的鲁棒性与较高的实验成功率。

参考文献:

[1] 贾墨峰,陈继荣. 基于字符检验的车牌定位方法[J]. 计算机工程, 2010, 36(3): 192-194.
[2] 苑玮琦,张 亮. 基于分块思想的汽车牌照定位算法研究[J]. 自动化学报, 2007, 33(7): 768-770.
[3] 吴 炜,杨晓敏,刘大宇,等. 一种基于模糊模板匹配的车牌汉字识别方法[J]. 微型机与应用, 2005(11): 57-59.
[4] Wang Feng, Man Lichun, Wang Bangping. Fuzzy-based algorithm for color recognition of license plates[J]. Pattern Rec-

ognition Letters, 2008(29): 1007-1020.

[5] Bustince H, Pagola M, Barnechea E, et al. Lgnorance functions. An application to the calculation of the threshold in prostate ultrasound images[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2010(161): 20-36.

[6] Wang De-gang, Meng Yan-ping, Li Hong-xing. A fuzzy similarity inference method for fuzzy reasoning[J]. Computers and Mathematics with Applications, 2008(56): 2445-2454.

[7] Huang Yo-ping, Chen Chien-hung, Chang Yuen-tsun, et al. An intelligent strategy for checking the annual inspection status of motorcycles based on license plate recognition[J]. Expert Systems with Applications, 2009(36): 9260-9267.

License Plate Location Method Based on Similarity Measure

MAO Min^a, BAI Zhi-ming^b, PEI Dao-wu^b

(Zhejiang Sci-Tech University, a. School of Informatics and Electronics;
b. School of Sciences, Hangzhou 310018, China)

Abstract: According to the characteristics of the texture on a car license plate(CLP), and the characteristics of the color on the CLP, a new location method based on similarity measure template matching is proposed in this paper. The template for representing license plates and the fuzzy sets for representing the template and car pictures are structured, respectively. The similarity for each template size location of each photo is estimated by using the method of sliding windows, and matrices of similarity are gotten. The location with the maximum similarity as the range of interesting (ROI) will be chosen. Through processing the ROI, the CLP zone can be segmented easily. The experimental results show that the method is effective for car license plate location.

Key words: license plate location; similarity measure; template matching; fuzzy set

(责任编辑: 陈和榜)