

车牌定位和分割的一种综合方法^{*}

张树波, 赖剑煌

(中山大学数学与计算科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 提出了一种基于颜色空间和字频统计结合的车牌分割方法。该方法是在 HSV 彩色空间中, 充分利用车牌图像提供的彩色信息, 构造出 5 级灰度图, 然后采用数学形态学、字频统计方法进行分析和判断, 确定并分割出汽车牌照。该方法不受车牌大小、位置以及车牌的背景和光照条件等方面的限制, 适用范围广。实验表明, 该方法符合人类的视觉特征, 效果好, 精度高, 对含噪声图像也能有效分割。

关键词: HSV 彩色空间; 数学形态学; 字频统计

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2004)02-0126-04

近年来, 中国汽车的消费量不断增长, 车辆管理已经成为智能交通管理中的重要环节。而数字图像处理和模式识别技术的发展, 使汽车牌照识别技术成为智能交通领域中的重要研究课题。如果能够实时采集车辆的图像, 对其车牌及车号进行正确识别, 那么将有利于快速、高效地进行车辆的管理和监控, 实现交通管理的自动化、智能化。因此, 车牌识别技术是智能交通系统中的核心技术之一。

车牌识别技术包括牌照定位、牌照分割、字符分割和字符识别 4 个步骤。牌照定位技术是整个车牌识别技术的基础和前提, 牌照定位准确与否, 直接关系到后续工作能否顺利进行, 因此, 汽车图像中牌照的正确定位是车牌识别技术中的关键技术和难点所在。目前已有不少学者在这方面进行了研究, 提出了各自的车牌定位和分割方法, 总结起来主要有如下几类方法: ①基于颜色的分割方法, 这种方法主要利用彩色空间的信息, 实现车牌分割, 包括彩色边缘算法^[1]、颜色距离和相似度算法^[2]等; ②基于纹理的分割方法, 这种方法主要利用车牌区域水平方向的纹理特征进行分割, 包括小波纹理^[3]、水平梯度差分纹理^[2]等; ③基于边缘检测的分割方法^[1,4]; ④基于数学形态学的分割方法^[3]。综观这些方法, 对于基于纹理或边缘的算法来说, 车牌图像中很可能不止一个区域具有车牌区域的纹理特征, 难以准确找到车牌位置, 而且这些方法对图像有各种不同的条件限制, 尤其是对车牌倾斜度的要求, 一旦条件发生变化, 车牌定位效果明显下降。基于颜色空间的分割方法中, 彩色边缘算法实际上也是一种边缘检测算法, 没有摆脱其局限性,

而颜色距离和相似度算法中, 没能排除光照强度的干扰。数学形态学的方法主要是用来对二值图像进行一些预处理, 它往往要结合其它方法使用, 不能单独用来分割车牌。本文通过对汽车牌照特征进行研究, 提出一种综合的车牌定位和分割方法, 该方法充分利用颜色空间提供的信息, 在 HSV 颜色空间中, 利用各分量提供的信息将彩色图像转化为 5 级灰度图, 然后在这个 5 级灰度图上, 运用字频统计分析方法, 有效地排除光照强度的干扰, 准确地定位和分割出汽车图像中的车牌。

1 5 级灰度图的构造

1.1 颜色空间的选择 在基于颜色的数字图像处理中经常用到的颜色模型有 RGB 和 HSV 2 种模型, RGB 模型中各像素值由红色(R)、绿色(G)和蓝色(B) 3 种颜色的亮度值叠加来表示。这 3 种颜色的亮度值随光照强度的不同而改变, 因此该模型是受光照条件影响的, 而一般汽车图像的光照条件是不定的, 所以在 RGB 空间中进行识别车牌是十分困难。而 HSV 模型分别用色度(H)、饱和度(S)、和亮度(V) 3 个分量表示每一个像素的颜色特性, 分量 V 表示了亮度方面的信息, 也即是光照条件方面的信息, 而 H 和 S 两个分量包含了图像的彩色信息, 如果舍弃 V 分量, 只考虑 H 和 S 分量就是排除了光照条件的影响, 这对于光照条件不确定的彩色汽车图像分割具有重要的意义, 在该模型下, 仅用 H 和 S 两个分量就可以将蓝色和黄色两种颜色区域找出来。同时通过对白底和黑底车牌的研究, 发现只用 V 分量就能将白色和黑色两种颜色识别出来, 因此 HSV 模型特别适合于车牌区域的识别。由于一般采

^{*} 收稿日期: 2003-06-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60144001); 广东省自然科学基金资助项目(021766)

作者简介: 张树波(1971年生), 男, 工程师; 通讯联系人: 赖剑煌; E-mail: stsljh@zsu.edu.cn

集到的汽车图像是 RGB 模型，所以在处理之前应把 RGB 模型转化为 HSV 模型，记 RGB 模型各分量为 $R、G、B$ ，转换成 HSV 模型各分量为 $H、S、V$ 。

1.2 阈值的确定和牌照区域的标识 一般车牌的牌底颜色为蓝、黄、黑或者白色中的一种，那么要在颜色空间中定位车牌首先就必须在汽车图像中找出这 4 种颜色的区域，在 HSV 彩色汽车图像中用 H 和 S 分量标识蓝色和黄色区域，再用 V 分量标识白色和黑色区域，其它无关颜色区域标识为牌照的背景，就可初步确定车牌的大致位置。为此，首先必须确定各种颜色牌底在 HSV 空间中各有关分量的阈值，对于蓝、黄底牌照，需要确定 $H、S$ 分量的阈值范围，现以黄底牌照为例说明阈值的确定方法如下：选取 n 块标准黄底牌照，对每块牌照进行如下操作：在牌照的黄色区域各取 m 个样本点 $p_1, p_2, \dots, p_m$ 。分别计算 $H、S$ 分量的均值和方差：

$$\begin{cases} [\overline{H_i}] = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m p_j(:, :, 1) \\ H_{\alpha} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (p_j(:, :, 1) - \overline{H_i})^2 \\ \overline{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \overline{H_i} \end{cases} \quad (1)$$
$$\begin{cases} \overline{S_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (p_j(:, :, 2)) \\ S_{\alpha} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (p_j(:, :, 2) - \overline{S_i})^2 \\ \overline{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \overline{S_i} \end{cases} \quad (2)$$

其中， $p_j(:, :, 1)$ 为 j 个像素 H 分量的值。 $p_j(:, :, 2)$ 为第 j 个像素 S 分量的值。 $\overline{H_i}$ 为第 i 块牌照中黄色样本点的 H 分量的均值。 H_{α} 为对应的方差。 $\overline{H}$ 为第 i 块牌照中黄色样本点的 S 分量的均值。 S_{α} 为对应的方差。 $\overline{H}$ 为所有样本牌照 H 分量的均值。 $\overline{S}$ 为所有样本牌照 S 分量的均值。

取这两个分量的方差为： $H_{\sigma} = \max_{i=1,2,\dots,n} \{H_{\alpha_i}\}$ ， $S_{\sigma} = \max_{i=1,2,\dots,n} \{S_{\alpha_i}\}$ ， $i = 1, 2, \dots, n$ ，所以黄底牌照在 HSV 空间 H 和 S 分量的区间估计为：

$$\left[H - t_{a/2} * \frac{H_{\sigma}}{\sqrt{n}}, H + t_{a/2} * \frac{H_{\sigma}}{\sqrt{n}} \right]$$
$$\left[S - t_{a/2} * \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{n}}, S + t_{a/2} * \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{n}} \right]$$

(3)

记为 $[YH_1, YH_2]$ 和 $[YS_1, YS_2]$ 。

用相同的方法可以估计出 H 分量的区间估计 $[BH_1, BH_2]$ ， S 分量的区间估计 $[BS_1, BS_2]$ 。对于黑、白底牌照，需要确定 V 分量的阈值，用上面的方

法采集样本，根据式(1)可计算出 V 分量的均值 V 和方差 V_{σ} ，再结合式(3)确定白底牌照的阈值范围为 $[V_1, 1]$ ，黑底牌照的阈值范围为 $[0, V_2]$ 。

设图像 $f(x, y)$ 中任一像素点 (x, y) 的 H 分量为 $H(x, y)$ ， S 分量为 $S(x, y)$ ， V 分量为 $V(x, y)$ ，根据上面确定的阈值区间，可构造出判断树(图 1)。

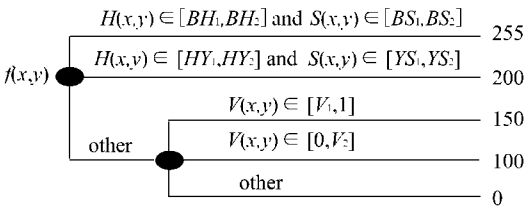


图 1 构造 5 级灰度图的判断树
Fig. 1 Decision tree for five-scale gray image

运用该判断树就可以把彩色图像 $f(x, y)$ 转化为 5 级灰度图 $g(x, y)$ ，将所有可能的牌照区域标识出来，其中灰度值 255 用来标识蓝色区域，灰度值 200 用来标识黄色区域，灰度值 150 用来标识白色区域，灰度值 100 用来标识黑色区域，灰度值 0 用来标识与牌底颜色无关的图像背景。图 2 为按上述方法标识出的 5 级灰度图。

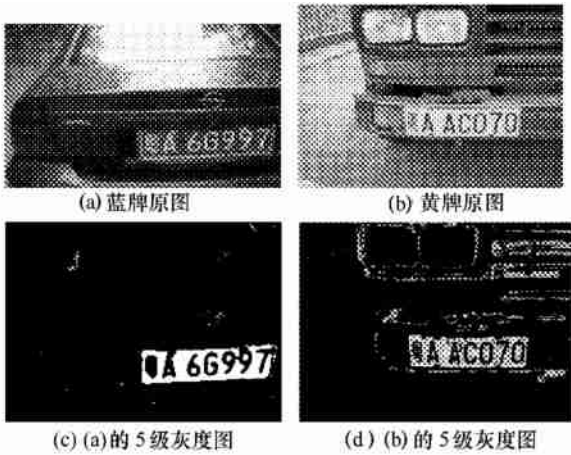


图 2 彩色图像的 5 级灰度标识图
Fig. 2 Five-scale gray image from color plate

2 汽车牌照的定位和分割算法

我们知道汽车牌照除了具有颜色方面的特征之外，还具有一定的字频统计特征和几何结构特征。从彩色图像变换得到的 5 级灰度图像 $g(x, y)$ 已经用 4 个灰度级标识出各种颜色牌照的候选区域，每个灰度级可能有多个候选区域，但是只有满足特定的字符密度特征和频率特征以及长、宽比例特性的区域才是所要找的牌照区域。首先必须确定牌照的字符密度、空间频率和长、宽比例的先验估计值，方

法如下:取 n 幅标准样本牌照图像,对每幅图像根据牌底颜色按前面确定的阈值进行二值化得到牌照的二值图(假定字符二值化为 1,底牌二值化为 0),然后计算出第 $i(i = 1, 2, \dots, n)$ 块车牌的字符密度 $\rho_i = \frac{\text{该图像像素值总和}}{\text{该图像的总面积}}$,空间频率 $R_i = \frac{\text{该图像水平方向灰度值平均跳跃次数}}{\text{长、宽之比 } L_i}$,根据公式(1)和(3)可以计算出这 3 个参数的区间估计值分别为 $[\rho_1, \rho_2], [R_1, R_2], [L_1, L_2]$ 。

在确定了字频特征和几何特征的先验信息之后,接下来就要在 5 级灰度图中,根据各区域的相关指标值找出实际牌照区域。计算步骤如下(流程图如图 3)。

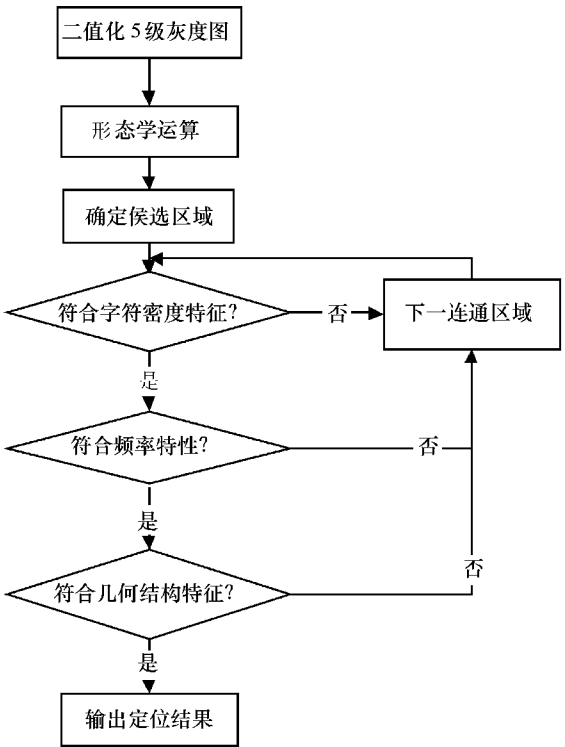


图 3 字频统计分析流程

Fig 3 Procedure of statistical-letter-frequency analysis

- (1) 二值化 5 级灰度图: 将待处理灰度级的灰度值转化为 1, 其它灰度级的灰度值转化为 0, 得到二值图 $g_1(x, y)$ 。
- (2) 形态学运算: 运用合适的结构元素对 $g_1(x, y)$ 进行形态学运算, 消除孤立点, 改善二值图的质量。
- (3) 确定候选区域: 运用投影方法找出并标识各候选区域, 将所有候选区域从大到小排序, 从第一个区域开始进入步骤 (4)。

(4) 字符密度特征判断: 计算出候选区域的字符密度 ρ , 如果 $\rho \in [\rho_1, \rho_2]$, 则进入步骤(5); 否则, 对下一个区域进行处理。

(5) 频率特征判断: 计算出候选区域灰度值水平方向平均跳跃次数 R , 如果 $R \in [R_1, R_2]$, 则进入步骤(6); 否则, 对下一个区域进行处理。

(6) 几何结构特征判断: 计算候选区域的长、宽比 L , 如果 $L \in [L_1, L_2]$, 则断定该区域是车牌所在位置, 该灰度级所代表的颜色就是车牌的底牌颜色; 否则, 对下一个区域从步骤(4)开始进行处理。

(7) 如果这二值图 $g_1(x, y)$ 的各区域均不符合车牌的特征, 则在该灰度级找不到车牌, 说明车牌的底牌不是这一灰度级所代表的颜色。必须对别的灰度级所标识的区域进行处理。

经过上述算法处理后根据投影图的坐标标识, 就可以分割出真实的车牌区域, 如图 4 为图 2 中 (a) 和 (b) 的分割结果。

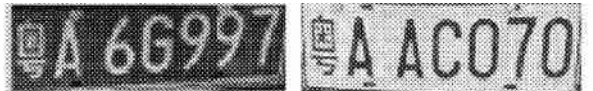


图 2 (a) 的分割结果

图 2 (b) 的分割结果

图 4 分割结果图

Fig 4 Segmenting result

3 结 论

本文提出了一种对彩色汽车牌照进行识别和分割的综合方法, 该方法是建立在对汽车牌照特征充分认识的基础之上, 首先, 利用 HSV 颜色空间的特点, 将搜索范围缩小在有限的 4 种颜色之内, 根据不同颜色车牌出现的概率, 从最可能的蓝底牌照开始搜索, 然后是黄底牌照、黑底牌照, 最后是白底牌照, 有效地提高了运算效率。

其次, 对于每一个候选区域的判别, 充分利用车牌的几何结构、字符密度和空间频率各种特征, 识别能力强。实验结果表明, 用该算法对 74 张不同背景、不同颜色的车牌进行定位, 正确率达到 90% 以上。

另外, 在并行运行的环境下, 只要将本文的算法稍微改动, 可明显提高识别速度。所以, 本算法具有速度快、准确率高、适应性强等特点, 可应用于智能交通的车牌识别系统中, 也可应用于其它的相关领域。

(下转第 132 页)

[6] MA R Y. Existence of positive solutions for elliptic systems [J] . J Math Anal Appl, 1996, 201: 375—386.

[7] DUNNINGER D R, WANG H Y. Existence and multiplicity of positive solutions for elliptic systems[J] . Non Anal, 1997, 29(9): 1051—1060.

[8] FINK A M, GATICA J A. Positive solutions of second order systems of boundary value problems[J] . J Math Anal Appl, 1993, 180: 93—108.

[9] 郭大钧, 孙经先, 刘兆理. 非线性常微分方程泛函方法 [M] . 济南: 山东科学技术出版社, 1995.

[10] DEIMLING K. Nonlinear Functional Analysis[M] . Berlin: Springer-Verlag, 1985.

A Singular Second Order Differential Systems of Boundary Value Problem

BAI Ding yong¹, MA Ru-yun²

(1.Department of Mathematics, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2.Department of Mathematics, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The existence of positive solutions for a singular second order differential systems of boundary value problems is established by using fixed point theorems on a cone. The main results here improve and generalize the works of other references in sublinear and superlinear cases.

Key words: singular boundary value problem; cone; fixed point; positive solution

(上接第 128 页)

参考文献:

[1] 张引, 潘云鹤. 彩色汽车图象牌照定位新方法[J] . 中国图象图形学报, 2001, 6A(4): 374—377.

[2] 郭捷, 施鹏飞. 基于颜色和纹理分析的车牌定位方法 [J] . 中国图象图形学报, 2002, 7A(5): 472—475.

[3] 戴青云, 余英林. 一种基于小波与形态学的车牌图象分割方法[J] . 中国图象图形学报, 2000, 5A(5): 412—413.

[4] KAMAT V, GANESAN S. An efficient implementation of the Hough transform for detecting vehicle license plates using DSP'S // Proceeding of Real-Time Technology and Applications Symposium[M] . CA: IEEE Computer Society Press, 1995: 58—59.

[5] 左奇, 史忠科. 一种基于数学形态学的实时车牌图象分割方法[J] . 中国图象图形学报, 2003, 8A(5): 281—285.

[6] 章毓晋. 图象工程(上册)[M] . 北京: 清华大学出版社, 1999.

A Synthesize Approach for Locating and Segmenting Vehicle License Plates

ZHANG Shu-bo, LAI Jian-huang

(School of Mathematics and Computational Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: A new approach of Vehicle License Plate Locating and Segmenting based on color space and statistical-letter-frequency analysis is introduced. The algorithm employs information of the color image in HSV color space to construct a five-scale gray image, pre-processes the image with morphological method, then locates and segments the vehicle license plate by analyzing and discriminating the statistical-letter-frequency property of every possible regions. The algorithm is neither confined to the size or the position of the plate, nor limited to the background or illumination condition of image. Experiments show that the locating and segmenting method is harmony with human vision, and is effective even for image with noises.

Key words: HSV color space; mathematical morphology; statistical-letter-frequency