

基于 FCM 颜色聚类的车牌定位方法^{*}

刘德山¹, 赵颖²

(1. 辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081;

2. 辽宁工业大学 计算中心, 辽宁 锦州 121001)

摘要: 提出了一种基于 FCM 颜色聚类的车牌定位方法。首先应用高斯差分算子对图像进行二值化; 其次进行中值滤波; 然后利用形态滤波, 基于车牌的结构特征进行车牌的粗定位; 最后基于 FCM 颜色聚类进行车牌的精定位。对各种条件下采集的 250 幅车辆图像进行实验, 定位率在 98% 以上, 同时该算法对光照影响有很好的鲁棒性。

关键词: 车牌定位; 高斯差分; FCM; 颜色聚类; 结构特征

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)04-0045-05

A novel approach for vehicle license plate location based on FCM color clustering

Liu Deshan¹, Zhao Ying²

(1. School of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China;

2. Computer Center, Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China)

Abstract: Locating the vehicle license plate plays an important role in a vehicle license plate automatic recognition system. This paper proposes a new method for vehicle license plate location based on FCM color clustering. Firstly, Difference of Gaussian (DOG) operator was used to gain binary car images; secondly, the median filter was operated, and then rough location of the license plates can be confirmed by the morphology filter and the structure feature; finally accurate location of the license plates can be obtained by the color clustering algorithm based on Fuzzy C-Means (FCM). The experimental results of more than 250 car images show that the proposed method is more accurate and robust to illumination variation, and the license plate location rate is higher than 98%.

Key words: license plate location; difference of gaussian; FCM; color clustering; structure feature

汽车牌照自动识别系统 LPR (License Plate Recognition) 是实现智能化道路车辆的监控基础, 也是光学字符识别 (OCR) 研究的一个重要领域, 由于巨大的市场需求, 长期以来, 开发实用、可靠、高性能的 LPR 系统一直是国内外学者研究的重要课题。

车牌识别系统主要由车牌定位、字符分割和字符识别三大部分组成。车牌定位为其核心技术, 正确而可靠地检测出车牌区域是提高系统识别率的关键。目前主要有下列车牌定位方法: 基于纹理特征的车牌定位方法^[1-3], 基于边缘检测的车牌定位方法^[4], 基于数学形态学的车牌定位方法^[5,6], 基于遗传算法的车牌定位方法^[7], 基于颜色信息的车牌定位方法^[8-10], 基于神经网络的车牌定位

方法^[11]。纵观这些方法, 若仅单一利用纹理或边缘信息, 则当车牌图像的对比度较小及有类似车牌纹理特征干扰时, 误识率会增加。基于遗传和神经网络的算法抗噪性好, 但是计算量过大, 速度慢, 不能较好地满足实时性。而大多数基于颜色的定位方法仅利用了车牌底色的颜色信息, 未充分利用车牌的颜色特征。在基于颜色的定位方法中, 基于边缘颜色对车牌定位的算法考虑到了车牌底色和字符颜色的固定搭配, 但由于应用彩色边缘检测, 影响了快速性, 同时在图像模糊的情况下, 定位效果不理想。本文提出一种基于 FCM 颜色聚类的车牌定位方法, 该方法基于高斯差分二值化图像, 基于形态滤波, 利用车牌的结构特征进行车牌的粗定位, 最后基于 FCM 颜色聚类实现车牌的精定位。实验结果表明, 该方

* 基金项目: 辽宁省教育厅科学研究项目(2008366)

图形、图像与多媒体

法能够快速、准确地定位车牌,且抗干扰能力强。

1 FCM 聚类分析^[12,13]

人眼视觉的主观性使图像适合用模糊手段处理,训练样本图像的匮乏又需要无监督分析,而模糊聚类正好满足这两方面的要求,因此成为图像处理中一个较强的分析工具。

设 $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset R^s$ 是特征空间 R^s 上一个具有 n 个样本的有限数据集, c 是需要划分的类数, $2 \leq c \leq n$ 。定义目标函数 $J_m(U, V)$ 为:

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c \mu_{ik}^m d_{ik}^2 \quad (1)$$

其中 $k=1, \dots, n; i=1, \dots, c$ 。

约束条件为: $\sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \mu_{ik} \in [0, 1]$

其中 $U=[\mu_{ik}]$ 为模糊划分矩阵; $V=[v_i]$ 为聚类原型矩阵; μ_{ik} 为第 k 个样本对第 i 个类别的隶属度; $d_{ik} = \|x_k - v_i\|$, $\|\cdot\|$ 为 R^s 中由内积诱导出的范数; $m \in (1, \infty)$ 为一个加权指数。则目标函数的最小值(或鞍点)可由式(2)迭代获得:

$$u_{ik} = \frac{(1/d_{ik}^2)^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{j=1}^c (1/d_{jk}^2)^{\frac{1}{m-1}}}, v_i = \frac{\sum_{k=0}^n u_{ik}^m \cdot x_k}{\sum_{k=0}^n u_{ik}^m} \quad (2)$$

($k=1, \dots, n; i=1, \dots, c$)

如果 $\|v_i^b - v_i^{b+1}\| < \varepsilon$, 则停止迭代并输出划分矩阵 U 和聚类原形 V 。

2 车牌定位算法

2.1 车牌图像的二值化

设 $I(x, y)$ 为原始图像, 将其转换为灰度图像, 然后进行高斯差分(DOG), 即:

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) \times I(x, y) \quad (3)$$

$G(x, y, \sigma)$ 是高斯函数, 即:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (4)$$

其中, (x, y) 是图像坐标, 标准差 σ 是图像平滑的尺度。由高斯函数的性质及“ 3σ ”定理可知, 若设 W 为笔画宽度, 则当 $\sigma = W/6$ 时, 在笔画的中心位置 DOG 取得最大值。因此可根据 W 的大小动态地选择 σ 。图 1 为原始图像,



图 1 原始图像



图 2 高斯差分结果

图 2 为高斯差分结果。

由于 DOG 算子在字符中心取得最大值, 因此为了突出字符区域, 进行二值化:

$$I(x, y) = \begin{cases} 1, & I(x, y) \geq A \times M \\ 0, & I(x, y) < A \times M \end{cases} \quad (5)$$

其中, M 为高斯差分结果绝对值的最大值; A 为一系数, 其值通过实验选取。

二值化的结果如图 3 所示。



图 3 图像二值化结果

2.2 中值滤波

为去除不必要的干扰信息, 对二值图像进行中值滤波。这里选取的是 $N \times N$ 的方形滤波器, 其中 N 为与笔画宽度 W 最相近的奇数。滤波后的结果如图 4 所示。

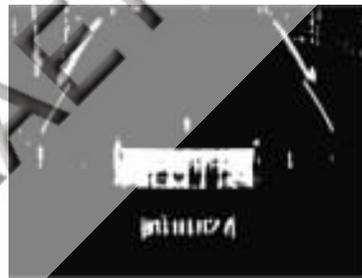


图 4 中值滤波后结果

2.3 基于结构特征的车牌粗定位

车牌具有明显的结构特征: 标准车辆的前部车牌宽、高比为 3.14(考虑到倾斜等原因, 宽高比范围可取 1.3~3.5), 车牌区域的面积也有一个变化范围。

利用形态学中的闭运算得到连通域图像如图 5 所示, 根据连通域的填充度和其面积进行车牌粗定位。



图 5 闭运算

连通域的填充度如下定义^[10]: 设连通域面积为 S_1 , 连通域中像素的水平坐标的最小值和最大值分别为 X_{\min} 和 X_{\max} , 垂直坐标的最小值和最大值分别为 Y_{\min} 和 Y_{\max} ,

《微型机与应用》2011 年 第 30 卷 第 6 期

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

它们所围成的面积为 $S=(X_{\max}-X_{\min})\times(Y_{\max}-Y_{\min})$, 则定义 $F=S_1/S$ 为连通域的填充度。

车牌区域 F 值较大, 非车牌区域 F 值较小, 选取合适的阈值, 将 F 值小于阈值的非车牌区域剔除; 然后, 去除不符合车牌面积变化范围的区域。此时, 剩下的可能是车牌、车灯、散热器等候选区域, 如图 6 所示。



图 6 候选区域

2.4 基于 FCM 颜色聚类的车牌精定位

我国车牌的颜色特征是车牌背景与字符颜色对比强烈, 具有固定的颜色搭配, 且各颜色像素所占比例有一定范围。散热器不具备车牌的颜色特征, 它的颜色分布较为单一, 多数散热器的背景是黑色, 前景为金属色。车灯的色差则较小且没有明显的前后景。因此对这些区域进行基于 FCM 的颜色聚类, 分别得到各个聚类中心和颜色像素的比例分布, 根据所得结果进行判断便可精确定位车牌。图 7 是候选区域聚类后的结果, 图 8 是定位结果。



图 7 候选区域的颜色聚类



图 8 提取的车牌

2.4.1 候选区域的颜色聚类

对于每一个区域, 通过初始化、颜色聚类和类合并进行颜色中心和颜色分布的计算, 以此判断是否为车牌区域。

设有 $M\times N$ 个样本, 样本序列为 $X=(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_{M\times N})^T$, $x_k=(x_{kR}, x_{kG}, x_{kB})$ 为颜色矢量, 其中 k 是样本的序列号, x_{kR} 、 x_{kG} 、 x_{kB} 分别是第 k 个样本在 RGB 彩色空间中的红、绿和蓝颜色分量。算法步骤如下:

(1) 初始化: 由于候选区域的颜色种类较少, 设置最大分类数 $C=6$, 加权指数 $m=2$ 。

(2) 颜色聚类: 利用 FCM 求出 $j=2\sim 6$ 的各个目标函数 $J_m(U, V)$ 。按下式计算 res_j [14]:

$$res_j = dl(j \times J_m(U, V)) \quad (6)$$

其中, d 是 j 类中任意两类类间距的最大值, $J_m(U, V)$ 为

此时的目标函数。

比较 res_j , res_j 为最大值时的分类为最佳的分类。求取各个聚类中心和颜色的分布情况。

(3) 类合并: 计算各个聚类中心间的色差, 生成色差矩阵 D_m , 如果式(7)成立, 则把两类进行合并, 同时求取类合并后的新的聚类中心

$$D_{i,j}/D_{\max} < T \quad (7)$$

其中 $D_{i,j}$ 是任意两类 i 和 j 的类间距, D_{\max} 是此时色差矩阵中的最大值, T 是经验阈值。

2.4.2 车牌的精确定位

车牌的候选区域主要有车牌、散热器和车灯等, 需要根据颜色聚类的结果, 剔除散热器、车灯等干扰区域, 准确地提取车牌。

对大量车牌图片进行颜色聚类, 获得其颜色聚类中心范围如表 1 所示。

表 1 车牌颜色聚类中心

车牌	蓝牌 (白字)	黄牌 (黑字)	黑牌 (白字)	白牌 (黑或红字)
字符	(78, 89, 133) ~(233, 241, 247)	(37, 35, 13) ~(128, 86, 48)	(92, 104, 106) ~(223, 232, 239)	----
底色	(8, 25, 82) ~(74, 129, 219)	(101, 85, 12) ~(235, 185, 72)	(16, 26, 37) ~(71, 80, 109)	(111, 134, 169) ~(250, 250, 250)

注: 表 1 中彩色空间为 RGB, “----”表示该值不予考虑。

受合并阈值的影响, 白色车牌会被分成 2 类或 3 类, 当分成 2 类时, 由于黑色与红色的色差小于黑色与白色的色差, 因此红色和黑色被合并为一类, 此时, 所形成的新的聚类中心不能很好地反映字符的聚类中心, 但这并不影响底色的聚类中心。因此在表 1 中, 对白色车牌只给了底色的颜色范围。

对散热器进行颜色聚类, 可得到两个聚类中心, 设其颜色矢量分别为 $C_1=(C_{1R}, C_{1G}, C_{1B})$ 和 $C_2=(C_{2R}, C_{2G}, C_{2B})$, 两类样本点的比例分别是 $P_1\%$ 和 $P_2\%$, 且 $P_1>P_2$, 则 C_1 类对应的颜色为底色, 然后对照表 1 中该底色车牌的字符 RGB 值范围, 就可判断该区域是否为散热器。

车灯经过颜色聚类后, 各类样本点所占比例较为均衡, 最大的比例一般不会超过 60%; 同时车灯各类样本点的色差很小, 即车灯没有蓝白、黄黑、白黑这些色差较大的组合, 据此可判断该区域是否为车灯。

对图 6 中上部连通域对应的车牌候选区域进行颜色聚类, 可得到两个聚类中心, $C_1=(16.01, 21.12, 36.87)$, $C_2=(66.82, 89.43, 116.78)$, 并且两类样本点的比例分别是 84% 和 16%。如果该区域是车牌, 则比例大的颜色为底色, 根据其 RGB 值可知底色是蓝或黑色。对照表 1 中蓝牌和黑牌的字符 RGB 值范围, 可判断该区域为干扰区域。由于只有两个车牌候选区域, 因此下部连通域所对应的图像区域为车牌。

3 实验结果

对在不同背景、不同光照条件下拍摄的 250 幅分辨率为 640×480 的图像应用本文算法, 其中 100 幅图像为强光(晴朗)条件下获得, 100 幅为逆光条件下获得, 50 幅为人为轻微抖动相机的情况下获得, 实验结果如表 2 所示。经测试, 总体有效定位率在 98% 以上。该算法在 Intel PIV2.0 GHz、512 MB 内存计算机, Matlab 6.5 环境下, 平均运行时间为 3.74 s。如果该算法在 C 环境下, 运算速度会大大提高, 能够满足实时性。

表 2 三种条件下定位结果

条件	强光	弱光	模糊	总体
成功定位数	100/100	98/100	47/50	245/250
定位率/%	100	98	94	98

部分测试结果如图 9~图 11 所示, 图 9 是当光照较



图 11 图像模糊时的车牌定位

强时的车牌定位结果, 图 10 是逆光时的车牌定位结果, 图 11 是拍摄时摄像机轻微抖动, 即图像模糊时的车牌定位结果。

本文提出了一种基于 FCM 颜色聚类的车牌定位方法。该方法基于高斯差分进行车牌图像的二值化, 突出了车牌的字符特征; 基于形态滤波, 应用车牌的结构特征进行车牌的粗定位; 基于 FCM 技术进行颜色聚类, 利用车牌的颜色特征进行车牌的精定位。该方法能够很好地解决对比度较小、有类似车牌纹理特征干扰或车牌图像模糊、字符边界不清等情况下的车牌定位问题。实验表明本文方法具有很好的定位效果。进一步的工作是在颜色信息丢失及车牌图像质量退化严重时对本方法进行改进。

参考文献

- [1] 肖淑琴, 刘锦高. 基于纹理特征和连通域分析的车牌定位[J]. 计算机科学, 2009, 36(4A): 290-293.
- [2] 朱成军, 蒲菊华, 高磊, 等. 基于 Tophat 变换和文字纹理的车牌定位算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34(5): 541-545.
- [3] 应宏徽, 姚明海, 张永华. 基于纹理分析和垂直投影的车牌定位算法[J]. 控制工程, 2004, 11(5): 432-435.
- [4] KIM S, KIM D, RYU Y, et al. A robust license plate extraction method under complex image conditions[C]. Proc IEEE 16th International Conference on Pattern Recognition. Seoul South Korea, 2002: 216-219.
- [5] 李刚, 曾锐利, 林凌, 等. 基于数学形态学的车牌定位算法[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(7): 1323-1327.
- [6] 戴青云, 余英林. 一种基于小波与形态学的车牌图像分割方法[J]. 中国图象图形学报, 2005, 5A(5): 410-415.



图 9 强光下的蓝色车牌定位

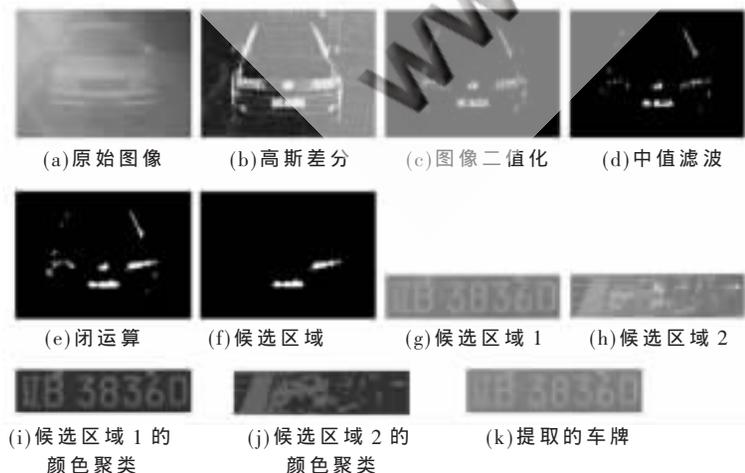


图 10 弱光下的蓝色车牌定位

- [7] 陈梅. 改进遗传算法在车牌定位中的应用[J]. 现代电子技术, 2008(10):155-159.
- [8] 张庆丰, 岑豫皖, 杜培明. 基于颜色的车牌定位技术的研究[J]. 安徽工业大学学报, 2005, 22(1):63-67.
- [9] 聂洪印, 周卫东, 刘辉. 多颜色模型和综合特征下的车牌定位新方法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(12):221-223.
- [10] 李文举, 梁德群, 张旗, 等. 基于边缘颜色对的车牌定位新方法[J]. 计算机学报, 2004, 27(2):204-208.
- [11] 赵涛, 杨晓莉, 王绪本, 等. 一种用于车牌定位的改进 BP 神经网络方法[J]. 计算机仿真, 2007, 24(2):240-243.
- [12] 郑华利, 周献中, 王建宇. FCM 图像分割算法的特征分析与改进[J]. 计算机工程, 2004, 30(5):17-18.
- [13] 高新波. 模糊聚类分析及其应用[M]. 西安: 西安电子

科技大学出版社, 2004.

- [14] Wang Weina, Zhang Yunjie, Li Yi, et al. The global fuzzy C-means clustering algorithm[C]. Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, Dalian, 2006:3604-3607.

(收稿日期: 2011-01-10)

作者简介:

刘德山, 男, 1970 年生, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 主要研究方向: 计算机应用。

赵颖, 女, 1966 年生, 副教授, 主要研究方向: 计算机应用。

