

基于改进模糊熵的车牌定位方法

黄鑫娟¹, 房岩¹, 周洁敏¹, 刘伯扬¹, 王占军², 陶思钰¹

(1. 南京航空航天大学民航学院, 江苏南京 210016;

2. 南京林业大学林木遗传与生物技术省部共建教育部重点实验室, 江苏南京 210037)

摘要: 车牌定位是车牌自动识别系统中关键技术之一, 定位的准确性直接影响到后期识别的效果。为了提高定位的准确性, 提出了一种高效实时的车牌定位方法。该方法首先将彩色图像转化为灰度图像, 并对图像进行灰度拉伸和灰度均衡, 用中值滤波平滑图像, 以去除噪声点; 其次利用 Sobel 垂直算子检测出边缘, 用模糊熵法求出二值化图像; 最后结合水平扫描和垂直扫描定位出车牌。经过大量实验证明, 该方法具有较好的自适应性, 在不同外界环境下能够准确快速地定位出不同型号的车辆牌照。

关键词: 模糊熵; 车牌定位; 图像预处理; Sobel 算子; 准确性

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)01-0193-04

A License Plate Location Method Based on Improved Fuzzy Entropy

HUANG Xin-juan¹, FANG Yan¹, ZHOU Jie-min¹, LIU Bo-yang¹,
WANG Zhan-jun², TAO Si-yu¹

(1. College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China;

2. Ministry of Education Key Lab. of Forest Genetics & Biotechnology,
Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: License plate location is a key technique in the automated license plate recognition system. In this system, the accuracy of location has a big influence on the effect of recognition. To enhance the accuracy of the location, present an efficient and a real-time method of license plate location. In the method, firstly, change the color image into the gray image, use gray level transform and histogram equalization method to enhance the image, in order to remove the noise, median filter is used to smooth the image; Secondly, extract out the vertical edges of the car image using Sobel vertical operator, display the threshold image using fuzzy entropy method; And finally combine the method of horizontal scan and vertical scan on the threshold image so as to segment the license plate out from the original car image. The experiments show that this method has preferable adaptive performance, and it can locate the different types of vehicle license plate quickly in different environment.

Key words: fuzzy entropy; license plate location; image preprocessing; Sobel arithmetic operator; accuracy

0 前言

车牌自动识别系统是智能交通系统 (intelligent traffic system, ITS) 中的研究课题之一, 它包括车牌定位、字符分割、字符识别。车牌定位是整个研究过程的关键步骤, 定位的效果直接影响到后两个步骤的准确性。

收稿日期: 2009-05-13; 修回日期: 2009-08-13

基金项目: 2009 年大学生创新基金

作者简介: 黄鑫娟 (1983-), 女, 安徽池州人, 硕士研究生, CCF 会员, 研究方向为数字图像处理、交通工程计算机测控技术; 周洁敏, 研究员, 研究方向为交通工程计算机测控技术、电力电子技术。

目前, 该系统已应用于道路车流监控、公安治安卡口、开放式收费站、停车场管理、寻找被盗车辆、违章记录系统、门禁管理场合, 尤其在国内高速公路车辆管理中得到了广泛的使用^[1]。

如今研究车牌定位的方法越来越多: 如基于纹理特征分析法^[2]; 基于神经网络法^[3]; 基于数学形态学法^[4]; 基于小波法^[5]; 基于边缘检测法^[6]; 基于遗传算法^[7]; 基于模糊边缘检测法^[8]等。

文中考虑到夜晚或阴雨天时, 基于彩色信息的车牌定位法的定位效果差, 提出了一种基于模糊熵的灰度图像车牌定位法, 利用模糊熵分割背景和目標, 结合水平扫描和垂直扫描定位车牌。

1 图像预处理

我国标准车牌是由汉字、英文字母和阿拉伯数字组成,其可分为四类:蓝底白字、黄底黑字、白底黑字和黑底白字。通过统计实验(从高速公路收费站随机抽取 100 张图像),如表 1,最常见的车牌为蓝底白字的小型汽车牌照,其次为黄底黑字的大型汽车牌照,白底黑字和黑底白字牌照占较低比例。

表 1 车辆牌照统计表

车牌颜色	蓝底白字	黄底黑字	白底黑字	黑底白字
个数	59	38	2	1

1.1 灰度转换

从图像采集卡读出的图像大多为彩色图像,直接处理彩色图像,其时间复杂度和空间复杂度都很大,且所获取的彩色图像中含有复杂的背景信息,同时易受光照等因素的影响,使图像容易失真。鉴于考虑,文中先将彩色图像转换为灰度图像,借助于 RGB 空间到 YIQ 空间的变换矩阵进行转换:

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

其中 Y 代表图像的灰度值。

根据公式:

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.144 * B$$

求出图像中每个像素的灰度值。

1.2 灰度拉伸

阴雨天等光线较暗天气下采集的车辆,其车牌和车身的光照不均匀,车牌的垂直边缘比较弱,为解决此类问题,选择分段线性拉伸法对图像进行增强。将输入图像某位置的灰度值 $f(x,y)$,通过映射函数 T ,映射成输出图像该位置的灰度值 $g(x,y)$ 。假设原图像灰度值 $f(x,y)$ 的范围为 $[a,b]$,拉伸后图像灰度值 $g(x,y)$ 的范围为 $[c,d]$ 。步骤为:

(1) 遍历存放图像灰度值的数组,找到最大值和最小值,并分别赋给图 1 中字母 b 和 a ;将最大值的 $3/2$ 倍赋给图 1 中字母 d ,将最小值的一半赋给图 1 中字母 c ;

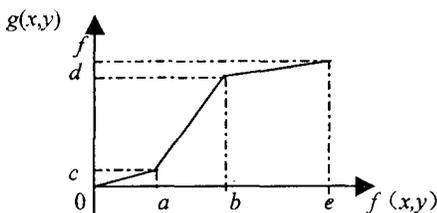


图 1 灰度拉伸

(2) 按照以下公式进行灰度拉伸:

$$g(x,y) = \begin{cases} \frac{c}{a}f(x,y) & 0 \leq f(x,y) \leq a \\ \frac{d-c}{b-a}[f(x,y) - a] + c & a < f(x,y) \leq b \\ \frac{f-d}{e-b}[f(x,y) - b] + d & b < f(x,y) \leq e \end{cases}$$

(3) 显示拉伸后的图像,达到了提高对比度和增强图像的效果。

1.3 灰度均衡

考虑到以下两个因素,采用灰度均衡法改善图像的质量。(1)车牌采集时间不同,且一般位于车身下部;(2)采集的图像对比度不均匀。灰度均衡的目的是通过点运算使输入图像转换为在每一个灰度级上都有相同像素点数的输出图像即输出的直方图是平的。

1.4 中值滤波

中值滤波是一种局部平均平滑技术,它是基于排序统计理论,在消除噪声的同时能够保持图像的细节。文中采用 $3 * 3$ 的窗口对图像进行滤波,这种滤波具有运算简单、速度快,且易于实现的优点,在滤除叠加白噪声和长尾叠加噪声方面显示了极好的性能。

1.5 Sobel 算子边缘检测

Sobel 算子有水平和垂直两个方向的模板,水平方向模板对字符水平边缘的响应大,垂直方向模板对字符垂直边缘响应大。由于只需考虑车牌字符的垂直方向,故只选择了 Sobel 垂直方向算子。模板如图 2 所示。

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

图 2 垂直模板算子

效果如图 3 所示,(a)中给出了 Sobel 垂直算子、(b)中给出了 Sobel 水平算子和(c)中给出了 Robert 算子检测后的图像。由图像可看出 Sobel 垂直算子检测边缘最优。



(a) 垂直算子 (b) 水平算子 (c) Robert 算子

图 3 边缘检测

1.6 二值化

图像二值化是处理与识别图像中的关键步骤之一,其效果影响到后续工作^[9]。常用的二值化方法有

直方图统计法、固定门限法、动态阈值法、松弛法等^[10]。

图像背景和目标分割的效果最终都是由人眼主观评价,图像所具有的不确定性既含随机性又含模糊性^[11],模糊集合理论能较好地体现这些视觉特性。

为了减少处理过程中噪声的影响,文中提出了一种改进的基于二维模糊熵法以获得二值化图像。熵是在概率统计模型上建立起来的信息度量,信息量越大,体系结构越规则,功能越完善,熵就越小。传统上,设一幅 $M * N$ 的图像 $X = \{x_{(i,j)}\}, i = 0, \dots, M-1; j = 0, \dots, N-1, (i, j)$ 处的灰度值为 $x_{i,j}, x_{i,j}$ 隶属于目标的隶属度函数为 $\mu(x_{i,j}), x_{i,j}$ 隶属于背景的隶属度函数为 $1 - \mu(x_{i,j})$, 因此 $x_{i,j}$ 的模糊熵为:

$$H(x_{i,j}) = -\mu(x_{i,j})\ln\mu(x_{i,j}) - (1 - \mu(x_{i,j}))\ln(1 - \mu(x_{i,j}))$$

整幅图像 X 的模糊熵为:

$$H(X) = -\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [-\mu(x_{i,j})\ln\mu(x_{i,j}) - (1 - \mu(x_{i,j}))\ln(1 - \mu(x_{i,j}))]$$

文中二值化算法为:

(1) 计算二维直方图。横坐标表示该像素的灰度值 $f(x, y)$, 纵坐标表示该像素的邻域均值 $g(x, y)$, 其中:

$$g(x, y) = 1/8(f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x-1, y+1) + f(x, y-1) + f(x, y+1) + f(x+1, y-1) + f(x+1, y) + f(x+1, y+1)) + 0.5。$$

(2) 选择所要考虑的区域(图 4 中的 ABECDO 区域)。远离对角线的区域,中心灰度值与其区域灰度均值相差很大,这部分表现的是图像中的噪声点和边缘点;邻近对角线处表现的是图像中背景点和目标点,所以应该在 ABECDO 区域中选取合适的阈值 T , 令 T 初值为 $(a + b)/2, a$ 的取值范围为 0 到 254, b 的取值范围为 1 到 255。

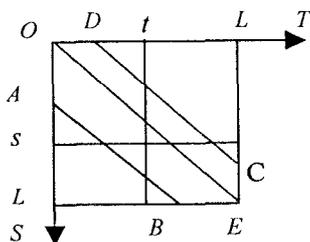


图 4 图像二维直方图

(3) 计算灰度值为 x , 邻域均值为 y 的像素点的个数 $N(x, y)$ 。

(4) 按照如下公式计算像素及其邻域均值的隶属度,目标隶属度 $\mu_{\text{bright}}(x, y)$ 和背景隶属度 $\mu_{\text{dark}}(x, y)$

分别为目标区像素和背景区像素与其邻域均值隶属度的笛卡尔积。

$$\mu(x_{i,j}) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \frac{|x_{i,j} - \mu_0|}{c}} & x_{i,j} < T \\ \frac{1}{1 + \frac{|x_{i,j} - \mu_b|}{c}} & x_{i,j} > T \end{cases}$$

其中 c 为归一化因子, μ_0 为目标集的均值, μ_b 为背景集均值。

(5) 计算图像背景区和目标区出现的概率:

$$P(\text{bright}) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{L-1} \mu_{\text{bright}}(x, y) \frac{N(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \text{bright}} N(x, y)}$$

$$P(\text{dark}) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{L-1} \mu_{\text{dark}}(x, y) \frac{N(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \text{dark}} N(x, y)}$$

(6) 模糊熵函数 H 为:

$$H = \min(P(\text{bright})^2, \epsilon^2) + \min(P(\text{dark})^2, \epsilon^2)$$

其中 ϵ 取经验值 2。

(7) $a++$, $b++$, 计算新的阈值 $T = (a + b)/2$, 返回到第(4)步重新计算,直到新算的 H 比上一次的 H 值小,循环停止,并进行二值化:

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & f(x, y) > T \\ 0 & f(x, y) < T \end{cases}$$

图 5 给出了文中二值化方法和最大类间方差法二值化结果图,其中(a)图中干扰信息少,更能显出车牌。



(a)文中方法

(b)最大类间方差法

图 5 二值化图像

2 车牌定位

2.1 牌照分割分析

图像分割是对图像中目标和背景进行标记、定位,然后将目标从背景或伪目标中分隔出来,其是目标提取过程中重要组成部分,只有正确地分割出图像,才能保证目标提取和目标识别的准确性。

目前有多种牌照分割法,如彩色分类法、神经网络法、模板匹配法等。车辆图像大多采集于复杂环境下,很多分割方法都存在着相应的弊端。文中采用分步定位法定位出车牌,即先确定图像中车牌的上下边界位

置,然后确定车牌的左右边界位置。

2.2 水平方向扫描

算法为:

(1)统计图像每行的跳变点个数,并把跳变点个数记录到数组中;

(2)从上往下每隔 10 行扫描一次,当该行的跳变点个数等于最大跳变点个数时,将该行的行号记录到数组中,并把该行的跳变点个数改为 0;

(3)重复(2)步骤,直到循环 10 次结束;

(4)找到所记录下的行号的最大值 MAX;

(5)根据车牌的先验知识,在所记录下的行号中,用最大行号 MAX 逐一减去其余的行号,其值小于一个经验值时,计数器 C 加 1。本实验中经验值取 40;

(6)从 $MAX - (C + 1) * 10$ 行开始显示,直到 $MAX + 15$ 行结束。

2.3 垂直方向扫描

算法为:

(1)统计图像每列的跳变点个数,并把跳变点个数记录到数组中;

(2)从左往右每隔 10 列扫描一次,当该列的跳变点个数等于最大跳变点个数时,将该列的列号记录到数组中,并把该列的跳变点个数改为 0;

(3)重复(2)步骤,直到循环 30 次结束;

(4)求出满足条件的列的列号的平均值;

(5)根据车牌的先验知识,从(平均值 - 经验值 1)列开始显示,直到(平均值 + 经验值 2)列结束。实验中经验值 1 取 90,经验值 2 取 140。

3 实验结果

车辆图像大多采集于复杂环境下,好的定位算法应适应于各种外界环境,图 6 给出了 4 种情况下的定位结果,分别是:光线良好且无干扰字符的车辆定位结果(6 - I)、光线良好且有干扰字符的车辆定位结果(6 - II)、下雨天的车辆定位结果(6 - III)、夜晚的车辆定位结果(6 - IV)。从实验结果可看出本算法定位效果较好。

为了验证算法的准确性,从高速公路收费站图像采集库中随机抽取 40 幅图像进行实验,不能定位出车牌的图像个数为 0,车牌定位区域过大的图像个数为 4,定位的准确率达到 96% 以上,故算法具有良好的鲁棒性。

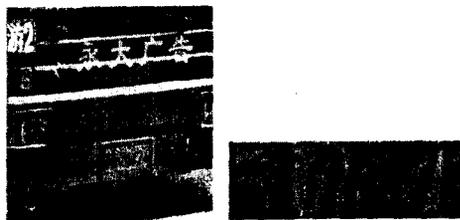
4 结束语

文中提出了一种基于改进模糊熵的车牌定位算法,纵向系统地分析了基于改进模糊熵车牌定位方法

的各个步骤,横向清楚地比较了各步骤环节中不同方法的优缺点,针对分割的性能进行了仿真,系统比较分析了在多种环境下车牌定位的结果。实验结果表明,该算法简单、快速,且能准确定位出车牌,抗干扰能力强,能高效实时地定位出车牌位置,具有很好的应用背景。



I. 正常天气时 (不含干扰区)



II. 正常天气时 (含干扰区)



III. 下雨天气时



IV. 夜晚时

图 6 多种环境下的车辆定位实验结果

参考文献:

- [1] 应宏微,宋加涛,杨忠秀,等. 车牌定位算法研究[J]. 电视技术,2007,31(1):79-82.
- [2] 余彦翔. 基于灰度纹理分析的车牌定位算法研究[D]. 南京:东南大学,2003.
- [3] Park S H, Kim K I, Jung K, et al. Locating car license plates using neural networks[J]. Electronics Letters, 1999, 35(17): 1475-1477.

(下转第 200 页)

Output:按照网页中的块的权重的顺序,从网页中块提取出特定量的主题信息。

ExtractWebValues(Web_i)

- 1 将一个网页表示成 DOM 树的形式;
- 2 调用 VIPS 算法,将 Web_i 分块;
- 3 ExtractBlockValues(pNode, depth);
- 4 按块中权值的大小,从 BlockPool 中将每块中输出数目为 I 的主题;
- 5 Return 网页中的提取信息。

3 实验结果

抽取国内一些知名的门户网站的部分网页作为模拟测试对象,测试结果如表 1 所示。

表 1 页面 Block 信息的提取结果

来源网站	网页数目	正确率	平均提取时间
新浪	150	97%	0.62s
搜狐	268	96%	0.68s
网易	288	98%	0.59s
腾讯	122	95%	0.62s
新华网	234	96%	0.61s
人民网	168	97%	0.68s

实验测试对象包括了当前的主流门户网站,经过大量的实验,发现本方法对新闻和 BBS 领域的信息有很好的效果,提取块信息的正确率能够达到 97% 左右,提取一个网页的时间大约在 0.2s 到 0.6s 之间。从实验结果可以看出,对于页面机构和页面风格相对稳定的网站提取效率较高,提取错误产生的原因主要是某些网站的个别网页的页面分区和页面风格与网站的整体不相同。

4 结束语

页面信息提取的方法很多,页面分区的理论早已提出,页面 Block 赋权的工作也有人开展,但是从未有

人将二者联系起来从大量的网页中挖掘主要的页面信息。这是文中的创新之处。在以后的研究工作中,一是提高算法的效率;二是提高页面的预处理能力,规范化 HTML 页面,进而提高算法的准确率;三是对于一些页面结构相对不变的大网站,可以考虑是否将其页面分区和页面 Block 的权值存储起来,那将大大提高网页的信息提取速度。

参考文献:

- [1] Cai D, Yu S, Wen J R, et al. VIPS: a version - based page segmentation algorithm [R]. Microsoft Technical Report, 2003.
- [2] Cai D, Yu S, Wen J R, et al. Block - based Web Search[C]//in 27th Annual International ACM SIGIR Conference on Information Retrival. Sheffield, South Yorkshire, UK: [s. n.], 2004.
- [3] Cai D, Yu S, Wen J R, et al. Block - based Link Analysis [C]//in 27th Annual International ACM SIGIR Conference on Information Retrival. Sheffield, South Yorkshire, UK: [s. n.], 2004.
- [4] 宋 杰,王大玲,鲍玉斌,等.基于页面 Block 的 Web 档案采集和存储[J].软件学报,2008,19(2):275 - 290.
- [5] 王晓宇,熊 方,凌 波,等.一种基于相似度的主题提取和发现算法[J].软件学报,2003,14(9):1578 - 1585.
- [6] 李晓明,朱家稷,阎宏飞.互联网上主题信息的一种收集与处理模型及其应用[J].计算机研究与发展,2003,40(12):1667 - 1671.
- [7] 张 敏,高剑锋,马少平.基于链接描述文本及其上下文的 Web 信息检索[J].计算机研究与发展,2004,41(1):221 - 226.
- [8] 宋聚平,王永成,尹中航,等.面向主题的网页搜索系统[J].上海交通大学学报,2003,37(3):401 - 403.
- [9] Song Ruihua, Liu Haifeng, Wen Ji - Rong, et al. Learning Block Improtance Models for Web Pages[C]//the 13th international conference on World Wide Web. [s. l.]:ACM,2004.

(上接第 196 页)

- [4] 卢雅琴,邹凌超.基于数学形态学的车牌定位方法[J].计算机工程,2005,31(3):224 - 226.
- [5] 韩丽萍,尹王保,李月娥.一种有效的滤波尺度自适应调整边缘检测方法[J].计算机工程与应用,2005(11):70 - 72.
- [6] Zheng D, Zhao Y Z, Wang H X. An efficient method of license plate location[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(15): 2431 - 2438.
- [7] 张 玲,刘 勇,何 伟.自适应遗传算法在车牌定位中的

- 应用[J].计算机应用,2008,28(1):184 - 186.
- [8] 李庆庆,张燕平.基于模糊边缘检测算法的车牌定位[J].计算机技术与发展,2006,16(12):7 - 8.
- [9] 徐 慧. Visual C++ 数字图像实用工程案例精选[M].北京:人民邮电出版社,2004.
- [10] 郭 亚,王水波.基于灰度图像的车牌定位算法研究与实现[J].现代电子技术,2008(2):137 - 139.
- [11] 章毓晋.图像分割[M].北京:科学出版社,2001.