

汽车牌照字符识别系统设计

王 洋, 曾雪琴, 范剑英

(哈尔滨理工大学 测控技术与仪器黑龙江省高校重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要:随着交通事业的迅速发展,人工管理方式已不能满足实际的需求,针对这一问题,提出了汽车牌照字符识别系统设计,采用了数字图像处理技术、车牌定位技术、车牌字符分割技术、BP神经网络识别技术来解决车牌字符的识别问题,研究了图像预处理、边缘提取、车牌定位、字符分割、字符识别5部分内容,并给出了BP神经网络实现车牌字符的识别,实验表明,此方法能实现良好的定位精确度和较高的识别率。

关键词:车牌定位; 字符分割; 字符识别; BP神经网络

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2012)01-0090-06

Design of Recognition System for License Plate Character

WANG Yang, ZENG Xue-qin, FAN Jian-ying

(The Higher Educational Key Laboratory for Measuring and Control Technology and Instrument of Heilongjiang Province, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: With the rapid development of transport, labor management can not meet the actual demand. For this problem, a car character recognition system design is proposed. In this article, the license plate character recognition problem is solved, using digital image processing technology, license plate localization technology, license plate character segmentation technology and BP neural network recognition technology and so on. The researched main content is divided into five large parts: image preprocessing, edge detection, license plate localization, character segmentation, character recognition. The license plate character recognition is implemented by means of BP neural network. The experiments show that this method can realize good positioning accuracy and high recognition rate.

Key words: license plate location; character segmentation; character recognition; BP neural network

0 引 言

随着我国交通事业的迅速发展,人工管理方式已满足不了实际的需要,汽车牌照识别系统(license plate recognition, LPR)已成为智能交通系统不可缺

少的重要组成部分^[1]。车牌字符样式复杂,牌照颜色及格式多样化,加上环境和人为因素导致牌照识别困难。

车牌识别系统的核心是对车牌上的字符进行识别与分类^[2]。现在,对于车牌字符识别的算法^[3]有多种,其中BP神经网络所具有的良好自学习能

收稿日期: 2011-03-04

基金项目: 哈尔滨市创新人才研究专项资金(2011RFQXC006); 黑龙江省研究生创新科研资金(YJSCX2009-041HLJ)

作者简介: 王 洋(1978—),男,博士研究生,讲师,E-mail: wangyang@hrbust.edu.cn;

曾雪琴(1983—),女,硕士研究生;

范剑英(1963—),男,教授。

力,自适应并行处理能力,高度的容错能力及强大的分类能力,决定了它能够很好的解决车牌字符识别问题^[4]. 本文选择并改进了 BP 神经网络技术作为识别方法,以车牌字符为识别对象,大量实验结果表明,该方法具有效率高、精确度好、鲁棒性强等特点.

1 车牌图像预处理及边缘提取

汽车牌照识别系统主要内容包括车牌定位、字符分割和字符识别 3 个关键环节,其识别流程图如图 1 所示.

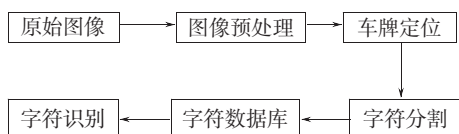


图 1 汽车牌照识别流程图

其中,原始图像:由数码相机拍摄到的图像;图像预处理^[4]:对采集到的图像进行滤波、灰度增强、边缘检测等处理,以克服图像干扰;车牌定位:利用数学形态学方法,大致确定车牌位置;字符分割:利用投影检测的字符定位分割方法得到单个的字符;字符数据库:为字符识别建立字符模板数据库;字符识别:通过基于人工神经网络的 BP 算法^[4],训练识别出对应的字符.

1.1 图像的采集与转换

用数码相机或 CCD 摄像头拍摄含有车牌照的图像通过视频卡输入计算机进行预处理. 由于拍摄到的车牌图像是 24 位真彩色,而大多数图像处理技术是针对 256 级的灰度图像,因此要把彩色图像转换成灰度图像. 转换公式如式(1),其原始图像、灰度直方图如图 2、图 3 所示.

$$G_{\text{灰}} = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$



图 2 原始图像

1.2 灰度增强

由于外界环境的干扰,使图像的灰度值与实物不匹配,这时就需要增强图像的对比度. 一般车牌图

像的灰度值 $r = (50, 200)$, 且灰度偏低,图像偏暗,所以需要将灰度范围扩展到 $D = (0, 255)$ 之间,扩展公式如下:

$$D = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} r + \frac{D_{\min} r_{\max} - D_{\max} r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \quad (2)$$

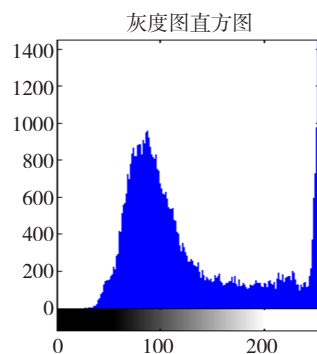


图 3 灰度直方图

其中: $D = T(r)$, T 为线性变换, $r \in [r_{\min}, r_{\max}]$, $D \in [D_{\min}, D_{\max}]$. 由 $r \in (50, 200)$, $D \in (0, 255)$; 可得:

$$D = \frac{255}{150} r - \frac{255 \times 50}{150} \approx 1.7r - 85 \quad (3)$$

增强后的灰度直方图,如图 4 所示.

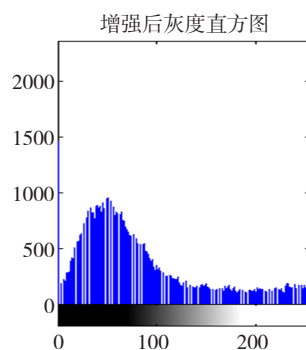


图 4 增强后灰度直方图

1.3 边缘提取

边缘蕴含着丰富的图像信息,故对图像边缘检测是必不可少的环节. 传统的边缘检测有 robert、so-bel、prewitt 和 canny 算法,对应图像边缘检测分别如图 5~8 所示.



图 5 robert 算子边缘检测

sobel 算子边缘检测



图 6 sobel 算子边缘检测

prewitt 算子边缘检测



图 7 prewitt 算子边缘检测

canny 算子边缘检测

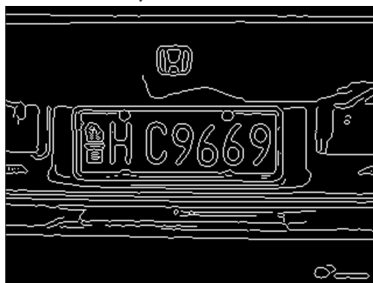


图 8 canny 算子边缘检测

通过上面的检测结果可得,Robert 算子简单直观,定位好,但对噪声敏感,sobel 和 prewitt 算子能滤除一些噪声,在去掉伪边缘的同时会平滑掉真正的边缘,定位性稍差,canny 算子比 Robert、sobel 和 prewitt 算子的去噪能力都强,而且能够检测出图像较细的边缘信息,因此本文采用 canny 算法的边缘检测。

2 车牌的定位和分割

车牌的定位和分割是车牌字符识别的关键,其目的是从预处理后的灰度图像中确定车牌字符的具体位置,并将包含车牌字符的子图像从整个图像中分割出来,供字符识别使用,分割是否准确直接关系到整个车牌字符识别系统的识别率^[7]。车牌字符定位与分割流程图如图 9 所示。

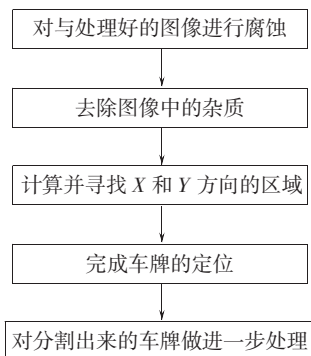


图 9 车牌定位与分割流程图

2.1 车牌区域的定位

车牌区域的定位就是指图像在经过预处理之后,进一步确定车牌在整幅图像中的准确位置。这里选用数学形态学方法,即用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形状来达到对图像分析和识别的目的。数学形态学的应用能简化图像数据,保持图像基本的形态特征,并去除不相干的结构。在本程序中首先使用腐蚀(imerode)运算删除较细小的像素点,如图 10 所示,用膨胀(imdilate)运算恢复矩形的大小,接着用闭合(imclose)运算来平滑图像的轮廓,得到平滑轮廓图如图 11 所示,最后使用 bwareaopen 来去除对象中不相干的小对象,如图 12 所示,目的是定位出车牌矩形区域,便于后面的分割。

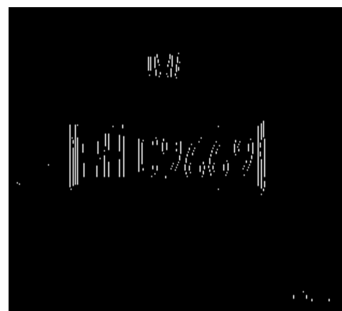


图 10 腐蚀后的图像

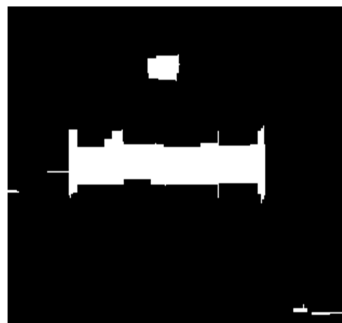


图 11 平滑图像的轮廓

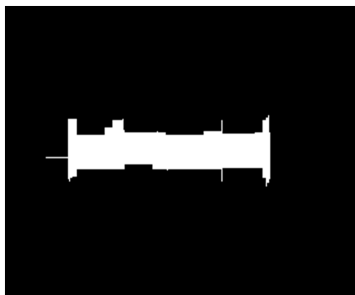


图12 从对象中移除小对象

2.2 车牌区域的分割

确定车牌字符的位置后,下一步的目标就是进行字符切分分离出车牌号码的全部字符图像^[8]. 本文采用彩色像素点统计法分割出合理的车牌区域,首先确定车牌底色蓝色 RGB 对应的灰度范围值,然后在行方向统计蓝色像素点的数量,选取合适的阈值,确定车牌在行方向的合理区域. 接着,在分割出来的行区域内,统计列方向蓝色像素点的数量,并确定完整的车牌区域如图 13 所示.



图13 行方向区域和最终定位出来的车牌

这样分割出的车牌图像中仍存在目标物体、背景和噪声,设置一个合适的阈值 T ,能直接从图像中提取目标物体. 经图像二值化、均值滤波和膨胀和腐蚀处理后得到图像如图 14 所示.



图14 定位后车牌的进一步处理过程图

2.3 字符的分割与归一化

字符分割方法^[8]有: 聚类分析字符分割、投影分割、模板匹配字符分割等,本文采用投影分割,其优点是程序设计简单,循环执行功能单一,程序运行时间短. 分割后字符进行归一化处理,如图 15 所示.



图15 分割及归一化后的字符

3 车牌字符的识别中 BP 神经网络的构建

针对应用于车牌字符识别^[10]的 BP 神经网络分类器^[11],必须结合具体的实际情设计 BP 网络结构、选择网络参数,并在反复试验中不断改进,才能训练出一个泛化性能好的模式分类器.

3.1 网络参数设定

1) 网络层数的确定

我国车牌字符的特点: 共 7 个字符组成,第 1 个字符为汉字,第 2 个字符为英文字母,第 3、4 个字符为数字或英文字母,第 5 到第 7 个字符均为数字. 为了更好的识别,需针对不同的字符构造不同的识别子网络. 由以上分析,本文构造了 4 个含一个隐含层的三层 BP 神经网络,分别用来识别汉字、英文字母、数字或英文字母以及数字.

2) 输入层与输出层节点数的确定

在车牌字符识别部分,字符集中包含约 30 个汉字,26 个大写英文字母及 10 个阿拉伯数字,总的字符样本并不太多. 输入神经元的节点数目,是由待识别字符所提取的网格像素特征的维数来确定的,这里取网络的输入层个数应取为 $16 \times 8 = 128$. 输出层神经元个数是由所需识别的字符的数目来决定的,为了减少输出神经元的数目,本文采用二进制编码作为输出层神经元的目标向量. 对应的汉字网络输出节点为 6,字母网络输出节点为 5,字母及数字网络输出节点为 6,数字网络输出节点为 4.

3) 隐含层节点数的确定

BP 算法中最难确定的是隐含层节点数目,隐层节点过少时,局部的极值点增多,鲁棒性和容错性均会减弱,隐层节点过多时,网络的学习时间增长,误差的精度也会降低,隐含层节点的数目不能过少也不能过多,常用的确定隐含层节点数目的公式有:

$$p = \sqrt{m + n} + a \quad (4)$$

$$p = \log_2^n \quad (5)$$

$$p = 2m + 1 \quad (6)$$

其中: p 为隐层个数; m 为输入层数; n 为输出层数; a 为 0 ~ 10 间常数. 本文采用第一种方案确定隐层节点数. 经计算得到汉字网络、字母网络、字母及数字网络和数字网络的隐含层节点数分别为: 17、15、16、15.

4) 初始权值、激活函数的选取

初始权值,随机选取 -1 ~ 1 之间的数,激活函数依次为: tansig 和 purelin.

5) BP 算法改进

BP 算法采用梯度下降法,易陷入局部极优,收敛速度慢,对 BP 算法改进如下:

① 权值调整时加入一个动量项,不仅能修正权值,也可使学习避免陷入局部最小,加快训练的速度.其公式如下:

$$\Delta\omega_{ij}(k) = \alpha\Delta\omega_{ij}(k-1) + \eta\delta_j(k)v_i(k) \quad (7)$$

其中, α 为动量项, $0 < \alpha < 1$,本文选取 $\alpha = 0.95$.

② η 为学习速率. η 大,网络的收敛速度快,但过大则会引起网络的不稳定; η 小,收敛速度慢,所以 η 值的选取很关键.在试验中,往往是凭借经验设置 η 值的大小,此处采用在训练过程中自动调整学习速率.

③ 在原转移函数 $f(t) = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda t)}$ 中引入

陡度因子 λ ,由于 BP 网络易陷入局部极小,此时减小 λ 能使网络跳出局部极小值,进而加快 BP 神经网络的收敛速度.

3.2 BP 网络的训练与识别

1) BP 神经网络的训练

车牌字符的识别之前要对改进的 BP 神经网络进行训练,然后才能使用训练好的网络进行识别. BP 神经网络的训练主要是采用误差逆向传播算法,从输出层经中间层最后到达输入层的逐层进行权值的修正过程.

首先,分别对汉字、字母、字母及数字、数字 4 个样本的子网络进行训练,得出相应的权值和节点数目,训练结果如表 1 所示;然后,对已经定位好的车牌进行图像预处理及字符的特征提取,从对应的子网络读取相应的数据,最后把车牌字符送入对应子网络进行字符的识别,输出识别结果,如图 16 所示.

表 1 各个子网络的训练结果

神经网络	输入层 节点	输出层 节点	隐含层 节点	最小均 方误差	动量 因子	学习 率	训练迭 代次数
汉字网络	128	6	17	0.000 01	0.95	0.1	628
字母网络	128	5	15	0.000 05	0.95	0.1	1 276
数字字母网络	128	6	16	0.000 01	0.95	0.1	1 032
数字网络	128	4	15	0.000 05	0.95	0.1	827

车牌号码:鲁 HC9669



图 16 车牌字符识别结果

3.3 结果分析

在实验中,挑选了 100 幅图片,其中 42 幅作为训练样本,58 幅作为测试识别,测试结果如表 2 所示.

表 2 字符识别测试结果

各种神经网络	样本数	识别数	误识数	识别率/%
汉字网络	58	55	3	94.83
字母网络	58	56	2	96.55
字母数字网络	58	56	2	96.55
数字网络	58	57	1	98.28

下面是对另一幅车牌照的检测,其结果如图 17 ~ 21 所示.

原图



图 17 原始图像

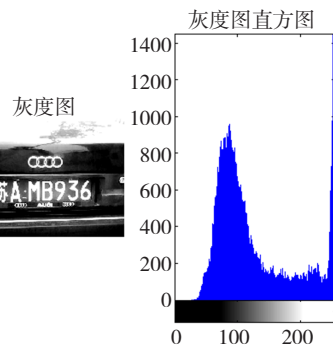


图 18 灰度图像和灰度直方图



图 19 行方向区域和最终定位出来的车牌



图 20 定位后车牌的进一步处理过程图

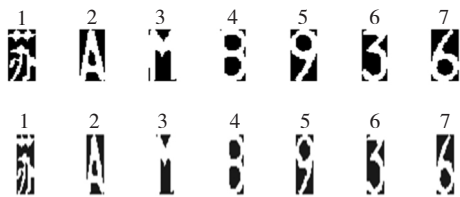


图 21 分割及归一化后的字符



图 22 车牌字符识别结果

改进的 BP 神经网络进行车牌字符的识别的实验,可以得到较好的识别效果,普通的 BP 神经网络字符的识别率仅为 91.83%,识别时间为 21.4 ms/字符,改进后的 BP 网络识别率为 96.55%,识别时间为 19.5 ms/字符,加大训练的样本数目,识别率随之也相应的提高,具有较强的容错力。

4 结 语

车牌的定位和识别系统是现在交通和管理系统的核心环节,根据车牌的特点,本文主要研究了车牌字符识别的定位、分割、和识别的设计,采用边缘检测算法实现了车牌的定位,利用投影分割法实现字符的分割,利用改进的 BP 神经网络进行字符的识别。通过对50多幅不同背景、光照条件下的车牌图

像进行试验,实验结果表明,此方法能实现良好的定位精确度和较高的识别率。

参 考 文 献:

- [1] 富煜清,沈巍,黄心晔. 汽车牌照的提取方法研究 [J]. 模式识别与人工智能,2000,43(3):345-348.
- [2] SIRTHINAPHONG T, CHAMMONTAI K. The Recognition of Car License Plate for Automatic Parking System [J]. Processing of the Fifth International Symposium on Signal Processing and Its Applications, 1999(1):455-457.
- [3] 孙炎增,张前进. 车牌字符识别技术的研究与实现 [J]. 微电子与计算机,2008,25(6):101-104.
- [4] 张玲,张鸣明,何伟. 基于 BP 神经网络算法的车牌字符识别系统设计 [J]. 视频应用与工程,2008,32(S1):140-142.
- [5] 冈萨雷斯. 数字图像处理: 第二版. 电子工业出版社,2007: 60-71.
- [6] 万来毅,陈建勋,王卫平. 基于 BP 神经网络的图像识别研究 [J]. 武汉科技大学学报: 自然科学版,2006,29(3):277-292.
- [7] 赵颖. 基于改进的核判别分析的人脸识别算法研究 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2011,16(3):19-22.
- [8] SEETHARAMAN V, NATHAN V S L Nathan. License Plate Recognition System Using Hybrid Neural Networks [J]. IEEE, 2004(4):363-366.
- [9] 韩书娜,么宏伟,范剑英. 指纹图像分割与增强算法 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2011,16(1):98-101.
- [10] NUKANO T, FUKUMI M. Vehicle License Plate Character Recognition By Neural Networks [J]. IEEE, 2004(4):771-775.
- [11] 万来毅,陈建勋,王卫平. 基于 BP 神经网络的图像识别研究 [J]. 武汉科技大学学报,2006,29(3):277-292.

(编辑: 温泽宇)