

二次定位车牌分割及识别方法

刘尚旺^{a,b}, 段德全^{a,b}, 崔艳萌^{a,b}, 周 猛^{a,b}

(河南师范大学 a. 计算机与信息工程学院; b. “智慧商务与物联网技术”河南省工程实验室, 河南 新乡 453007)

摘 要:智慧城市建设中,需对重点街道和路口采集到的交通视频文件进行智能分析.为此,提出一种二次定位车牌分割、识别方法.首先,利用垂直投影区域特征并结合 Hough 变换得到车牌的粗略定位分割结果;然后,基于该车牌图像的粗略定位分割结果,采用支持向量机的方法,进行车牌的精细定位分割并对车牌号码进行自动提取、识别.通过对多源车流量视频实验数据中的 1680 帧车牌图像进行自动车牌提取分析,在 5°和 10°两个倾斜角度,二次定位车牌识别方法的准确率分别达到 96.7%和 96.2%,优于相关算法.

关键词:车牌识别;智慧城市;视频文件;垂直投影区域特征;支持向量机

中图分类号:TP391.41

文献标志码:A

在物联网时代的智慧城市建设中,随着城市预警与视频监控系统建设的全面铺开^[1],对重点街道和路口采集到的交通视频文件进行车牌定位识别的车流量智能分析,不管是对平安城市的道路建设还是对智能交通管理都具有重要意义^[2].

汽车车牌号码是车辆唯一准确、特定的身份标识.在受监控的路面上,车牌识别技术能够对检测到车辆进行自动提取车辆牌照信息.对移动车辆车牌识别技术可以有效地完成对汽车“身份”的自动登记及验证,并可应用到以下领域:公路收费管理系统,车辆出入管理,牌照号码自动登记,公路管理系统等^[3].

已有车牌定位识别技术的研究成果,可归纳为以下 5 类^[4-13]:① 基于车辆牌照图像区域的纹理特征识别法,该方法虽然充分利用了纹理特征,但易受光照偏弱、偏强、不均匀等因素的影响;② 基于车牌几何特征定位法,尽管其利用我国车牌标准轮廓尺寸为 440×140 mm 的特点,但此类方法在车牌边框有污损、变形情况时,其定位准确性会受到极大影响;③ 基于车牌图像颜色信息定位法,该方法简单利用车牌背景颜色信息来定位车牌边界,其定位准确性还有待提高;④ 基于车辆牌照特征选择在遗传算法上的应用,该算法的缺点是搜索速度比较慢,即需要较多的训练时间和丰富的经验才能得到较精确的解;⑤ 基于神经网络的车牌定位方法,在特征空间中它可以实现比较复杂的划分,但也需要花费大量时间进行网络训练.

针对上述研究方法存在的车牌识别率不高、鲁棒性不强、实时性差等问题,提出一种二次定位车牌识别算法:首先,提取车牌图像垂直投影区域特征,对车牌图像进行粗定位;然后,在粗定位的基础上,进行基于支持向量机的细定位,及车牌号码的最终识别与存储.

1 车牌粗定位

主要通过提取车牌关键帧图像的垂直投影区域特征,进行车牌的粗定位和分割.

1.1 关键帧提取

关键帧就是指一幅或者若干幅能够描述车辆牌号视频内容信息的帧图像.通过关键帧,能够建立对镜头的简要描述,为更高层次的视频摘要、场景聚类提供线索和依据.一段视频内容至少有一个关键帧,各关键帧

收稿日期:2015-11-26;修回日期:2016-05-27.

基金项目:国家自然科学基金(U1304607);河南省高等学校重点科研项目(15A520080);河南师范大学博士科研启动基金(qd12138).

第 1 作者简介(通信作者):刘尚旺(1973-),男,河南新乡人,河南师范大学副教授,博士,研究方向为生物图像处理, E-mail: shwl2012@hotmail.com.

在标号上基本是不连续的,并且相隔较远^[13].由于关键帧是对镜头主要内容的描述,因此更加强调调查全率指标,如果由于某些原因导致关键帧的提取出现漏检的问题,则会导致部分关键帧缺失,将直接影响镜头表达内容的准确性.

本文通过基于图像中心距的图像清晰度检测方法和基于 Hough 变换的矩形检测方法,来对具有比较清晰且具有矩形边框的交通视频图像的关键帧进行提取.所提取的关键帧图像,如图 1 所示.



(a) 关键帧原图像1 (b) 关键帧原图像2

图1 车辆视频文件关键帧图像提取

从图 1 可以看出,本文提取的关键帧图像,具有车牌图像信息清晰完整的特性,便于后续的车牌号码提取与识别.

1.2 车牌粗定位算法

首先,利用车辆牌照垂直投影特征,进行车牌信息区域粗略定位.所谓垂直投影特征,是对图像中垂直方向上像素进行统计计数,从而造成字符空隙区域和字符区域的统计值变化较大,以利于后续车辆牌照的分割和识别.

该车牌粗定位算法,步骤如下.

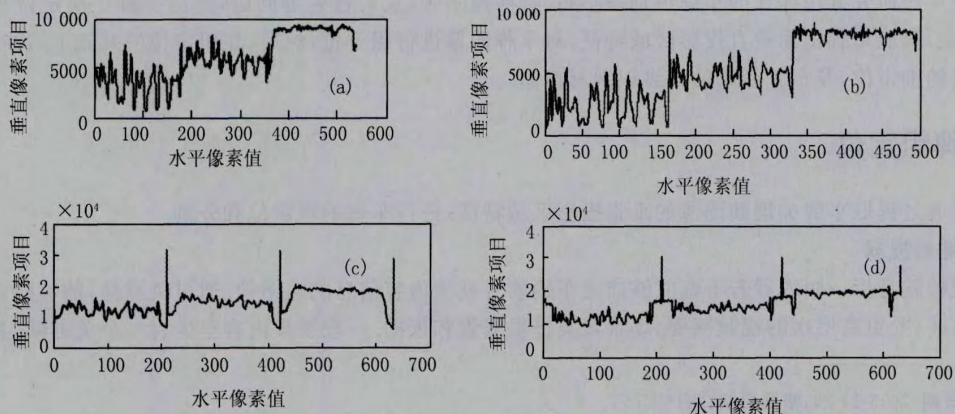
步骤 1 利用上节中的 Hough 变换提取出关键帧图像中的矩形区域特征,然后用矩形边框线对车牌区域进行标记,如图 2 所示.



(a) 关键帧图像1车牌区域 (b) 关键帧图像2车牌区域

图2 关键帧图像车牌区域标记

步骤 2 对标记出的矩形车牌区域进行垂直投影特征提取,如图 3 所示.



(a) 车牌垂直投影特征1; (b) 车牌垂直投影特征2; (c) 原图像垂直投影特征1; (d) 原图像垂直投影特征2.

图3 车牌区域和原关键帧图像垂直投影特征对比

从图3的(a)与(c)与原图像中车牌区域对比可以看出,原图像由于在车牌区域周围有很多被其他噪声和车牌边距影响的区域,因此在对原图像进行垂直投影时,会表现出明显、幅度较大的像素跳跃点,没有表现出在车牌区域应有的比较平滑、起伏变化很小的状况.而从图3的(b)与(d)原图像与车牌区域对比亦可看出,车牌区域的垂直投影表现出比较平滑、像素跳跃比较连续等符合要求的特点.

然后,结合 Hough 变换通过不断迭代,即可得到车牌的粗分割结果,如图4所示.

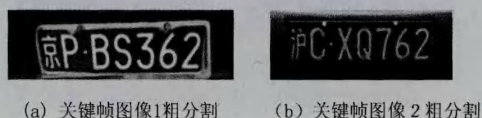


图4 关键帧图像粗分割结果

从图4可以看出,在车牌倾斜角度和清晰度方面,对车牌区域采取粗定位效果不是很理想,与所需要的车牌号区域还有很大误差.即,需要将上述粗略分割后得到的车牌区域,进行二次精细定位、校正、字符分割和识别.

2 车牌细定位

对经过粗略处理后的车牌区域进行基于支持向量机(Support Vector Machine, SVM)模型的精细定位及其后续识别处理,以进一步提高车牌区域的分割与识别精度.核心思想是选择合适的非线性映射,针对输入实空间非线性可分情况,高维空间通过选择合适的非线性映射将输入空间中的点映射到其上面,然后通过选择一系列参数因子、核函数得到最优分界面^[9].具体工作原理,是把所有待分类的点映射到高维空间中,然后在高维空间中找到一个超平面来将车牌像素点进行有效分类.

2.1 SVM 核函数的选择

选用一种非线性变换将特征空间与输入空间相对应,基本思想就是将核函数应用到 SVM 中,然后基于该特征空间,利用线性可分方法来解决非线性可分的问题.常见的核函数有:

① 线性核函数

$$K(x, x_i) = x \cdot x_i. \quad (1)$$

② 多项式核函数

$$K(x, x_i) = ((x \cdot x_i) + 1)^d. \quad (2)$$

③ 径向基(Radial Basis Function, RBF)核函数

$$K(x, x_i) = \exp\left(-\frac{|x - x_i|^2}{\sigma^2}\right). \quad (3)$$

④ Sigmoid 核函数

$$K(x, x_i) = \tanh(k(x, x_i) - \delta). \quad (4)$$

支持向量机求解中至关重要的因素是核函数的选取.若采用线性核函数,则输入空间就是特征空间,而要解决的是非线性问题,构造分类超平面较困难,所以线性核函数不合适.这里如果采用的核函数是多项式,假设特征空间维数增多,计算量将激增,且有分类结果不正确的情况.若选择 Sigmoid 核函数,优点是增加空间维数,分类能力会随之增强,但训练需要的参数会随之增加.相对来说,径向基核函数具有良好的泛化能力,收敛速度快,最主要它有较强的分类能力,需要设定的参数少,所以本文选择 RBF 核函数.

2.2 车牌细定位算法

从不同地点和不同时间段的交通视频文件中,提取出1680幅关键帧车牌图像.从中,随机选择出168幅,经过手工精细分割和简单预处理后,建立车牌小样本库,来对上述 SVM 进行小样本训练.

SVM 的学习本质就是解决一个凸二次规划的问题,求解这一问题可以使用很多最优化算法.但是,当遇到数量较大的训练样本时,有些算法变得效率很低甚至不能使用.序列最小最优化(Sequential Minimal Optimization, SMO)算法能够满足本文采集和训练小样本需求,其基本思路是:若所有变量的解均满足该最优化问题的 KKT (Kerush-Kuhn-Tucker conditions) 条件,则就得到了这个最优化问题的解^[14].采用 SMO 算

法进行训练,用解析方法求解子问题,避免了复杂的迭代过程,不仅可以大大提高算法的计算速度,而且不会存在由于迭代造成的误差累积。

经过车牌图像信息粗识别后,采用经过训练的 SVM 对上述车牌区域进行二次定位,就能够准确地分割出车牌区域,如图 5 所示。

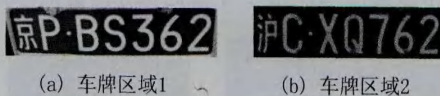


图5 二次定位车牌区域精细分割结果

从图 5 可见,该二次定位方法在处理普通视频关键帧图像的车牌区域方面能够取得较好效果;即使车牌有所倾斜,也能得到较理想的精细分割效果(图 5(a))。

3 车牌字符分割与识别

对上节车牌二次定位分割图像经仿射变换进行车牌扭曲矫正、灰度变换及高斯平滑滤波去噪等预处理之后,进行车牌字符的分割与识别。

3.1 车牌字符分割

在图像分割阈值自动选取中,Otsu 方法一直公认为较佳;其选取的阈值往往能够将背景和目标合理分开,使其类别内误差达到最小,常被视作图像分割方法的客观评价标准^[15]。本文利用 Otsu 方法对车牌二次定位后分割图像进行二值化处理,如图 6 所示。

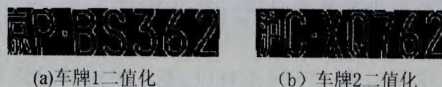


图6 对车牌图像进行二值化处理

我国车牌号码的特点是由字母、汉字、数字组成,且汉字放在第一位,字母放在第二位,后面的由数字和字母组成^[16]。从而,可利用前述垂直投影法和车牌号码构成特点,进行车牌号码的字符分割,如图 7 所示。

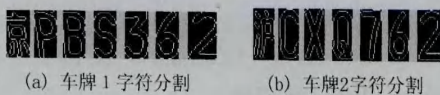


图7 对二值化车牌图像进行字符分割

3.2 车牌字符识别

继续使用支持向量机的方法实现车牌字符识别。首先,对各字符图像进行必要的去噪、图像增强等预处理;然后,在支持向量机里进行小样本训练和样本学习;最后,利用训练好后的 SVM 进行车牌字符的具体识别。由于车牌牵涉的字符种类较多,故其中的难题是如何有效解决 SVM 的多分类问题。

SVM 主要用于解决二分类问题,而车牌字符识别如上所述属于多个类别问题,即涉及支持向量机的多分类问题^[9]。对多分类问题有效解决大体上分两种思路:一是把多分类问题转变成求解二分类问题;另一种是一次性求解,但第二种思路在求解过程中目标函数的选择方法过于复杂,难以实施,变量多,计算复杂度高^[14]。故,一次性求解这种方法并不适用求解实际问题。

下面,介绍常见的两种多分类解决方法。

(1) 一对多(One-Against-Rest)方法

一对多的方法是使用二分类器依次将某类和剩余的类别分开,类别个数为 K 的样本就需要构造出 K 个 SVM,在分类过程中将未知样本分到所属分类函数值最大类中。由于该方法只对 K 个支持向量机进行训练,所以分类和训练的速度较快。但其也存在不少缺点,比如,在训练 SVM 时,正负样本的数量分布不均匀;泛化能力不强;存在无法分类的情况等。

(2) 一对一(One-Against-One)方法

在任意两类别之间一对一的方法都需要构造 SVM,待分类样本如果有 M 类,则需要 SVM 个数是 $M(M-1)/2$. 采取投票的方法对测试样本进行分类,即如果对某类样本进行分类,会将其输入到每个分类器中辨别,如果被识别所属该类票数就自动加 1,最终该分类样本所属类别是得到票最多的一类. 该方法的优点是每个分类器只需进行少量训练,且正负样本的分布很均匀. 但是当需要分类的类别太大时,训练和分类的速度会降低.

由于车牌字符是有限固定的种类数目,所以本文选择 One-Against-One 的方法.

4 实验结果与分析

实验平台为:Inter(R)Core(TM)i3-2350M CPU,2.30 GHz;1024 M 内存;开发环境:VC++6.0.

从网络摄像机获取的视频文件中,提取出 1680 幅关键帧图像进行对比试验. 参与对比试验的相关方法有:基于几何特征^[3]、基于 SVM 定位^[10]和本文二次定位识别.

采用准确率衡量指标. 其计算公式,如(5)式所示,

$$\text{准确率} = \frac{\text{样本数} - \text{错检数}}{\text{样本数量}} \times 100\% \quad (5)$$

测试结果,如表 1 所示.

表 1 检测结果

帧数量	车牌倾斜/(°)	几何特征			支持 SVM 定位			二次定位		
		检测时间/ms	错检数	准确率/%	检测时间/ms	错检数	准确率/%	检测时间/ms	错检数	准确率/%
62	<6	450<t<600	4	0.935	350<t<500	3	0.951	560<t<680	2	0.967
106	<10	620<t<710	7	0.934	400<t<750	6	0.943	690<t<720	4	0.962

从表 1 可以看出,二次定位车牌识别方法由于大大降低了车牌的错检率,很大程度上提高了车牌识别准确率. 具体来讲,归因于基于车牌区域垂直投影特征的车牌粗定位,以及支持向量机细定位的车牌二次定位识别算法. 首先,采用了 Hough 变换算法和采用图像清晰度检测的方法来识别并记录具有清晰且具有矩形区域的图像帧;然后,采用支持向量机的定位与识别算法进行车牌定位. 从而,充分利用了两个步骤中所用方法的优劣互补性:前者为后者小样本训练界定了识别范围去除了大量冗余信息,后者为前者的延伸或扩展.

从表 1 还可以看出,二次定位车牌识别方法耗时较长,但也满足了实时性需求(<1000 ms). 通过代码分析,超出时间主要消耗在仿射变换中.

5 结语

本文提出了一种车牌识别的二次定位的算法,并开发出基于视频文件的车流分析原型系统. 首先,提取行驶中车辆的垂直投影区域特征,结合 Hough 变换,得到车牌的第一次定位粗略分割结果;然后,对车牌粗略分割结果进行必要的预处理,并利用支持向量机,进行车牌的精细定位. 在精细定位的基础上,进行车牌精细分割结果的校正、字符分割和识别. 实验结果表明,在车牌倾斜度小于 6°的情况下车牌识别准确率能够达到 96.7%,比基于几何特征的算法提高了 3.42%,比单纯基于 SVM 的方法提高了 1.68%;在车牌倾斜度小于 10°的情况下比基于几何特征的算法提高了 3.42%,比基于 SVM 的方法定位地提高了 3.00%. 下一步研究工作将主要集中在如何优化以减少系统耗时,同时进一步提高算法的准确性与鲁棒性.

参 考 文 献

- [1] 黄艳国,赵书玲,许伦辉. 基于纹理特征和颜色匹配的车牌定位方法[J]. 微电子学与计算机,2011,9(28):123-126.
- [2] Wang J S, Fan Y Y, Zhang C R. Fast algorithm for vehicle license plate location based on left-up edge-point detection[J]. Computer Simulation, 2013, 30(11):143-147.
- [3] 杨霞,何术. 基于神经网络的车牌识别系统设计[J]. 科技信息, 2013, 37(18):265-266.
- [4] 巨志斌. 遗传算法在车牌特征选择的应用研究[J]. 计算机仿真, 2010, 27(12):331-334.
- [5] 张坤艳,钟宜亚,苗松池,等. 一种基于全局阈值二值化方法的 BP 支持向量机 SVM 车牌字符识别系统[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(2):88-90.

- [6] WANG B, CHEN Y N, LIU F N. A method of fast recognizing characters in vehicle license plates based on the theory of rough sets[J]. *Software*, 2010, 31(10): 44-48.
- [7] 罗辉武,唐远炎. 基于结构特征和灰度特征的车牌字符识别方法[J]. *计算机科学*, 2011, 11(38): 267-270.
- [8] LI Y X, WANG Y H, NIU R Y, et al. Automatic identification system of vehicle license plate tail number[J]. *Journal of Computer Applications*, 2013, 33(1): 227-264.
- [9] 王伟,马永强,彭强. SVM多类分类器在车牌字符识别中的应用[J]. *计算机工程与设计*, 2011, 9(32): 3166-3169.
- [10] Jain A S, Kundargi J M. Automatic number plate recognition using artificial neural network[J]. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2015, 2(4): 1072-1078.
- [11] 胡峰松,朱浩. 基于多重特征和 SURF 算法的车牌定位研究[J]. *计算机工程与应用*, 2015, 51(17): 182-187.
- [12] Ashtari A H, Nordin M J, Fathy M. An iranian license plate recognition system based on color features[J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2014, 15(4): 1690-1705.
- [13] 刘云鹏,张三元,王仁芳,等. 视觉注意模型的道路监控视频关键帧提取[J]. *中国图像图形学报*, 2013, 18(8): 933-943.
- [14] 胡志军,王鸿斌,张惠斌. 基于距离排序的快速支持向量机分类算法[J]. *计算机应用与软件*, 2013, 30(4): 85-87.
- [15] 陈金位,吴冰. 二维直方图重建和降维的 Otsu 阈值分割算法[J]. *图像学报*, 2015, 36(4): 570-575.
- [16] Gu B Y. Visual attention saliency model for license plate location[J]. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 2015, 8(2): 267-274.

Vehicle License Plate Segmentation and Recognition Method Based on Two Times Locations

LIU Shangwang^{a,b}, DUAN Dequan^{a,b}, CUI Yanmeng^{a,b}, ZHOU Meng^{a,b}

(a. College of Computer and Information Engineering; b. Engineering Lab of Intelligence
Business & Internet of Things, Henan Normal University, Xixiang 453007, China)

Abstract: During the construction of smart city, it is necessary to analyze the traffic video files collected in the main streets and crossroads. Therefore, a vehicle license plate segmentation and recognition method based on two times locations was proposed in this paper. Firstly, the coarse segmentation result of license location was obtained based on the vertical projection regional characteristic and Hough transform. Secondly, the support vector machine (SVM) was adopted to locate, segment and recognize the vehicle license plate number automatically and accurately. After analyzing the 1680 license plate images in multi-source traffic video, the accuracy of the proposed method can reach 96.7% and 96.2% in the two angles of 5 and 10 degrees, which is better than considered algorithms.

Keywords: vehicle license plate recognition; smart city; video files; vertical projection regional characteristic; support vector machine(SVM)