

# 一种基于 SVM 的真伪车牌分类算法

焦伟超, 郑伯川, 袁秀芳

(西华师范大学 数学与信息学院, 四川 南充 637009)

**摘要:** 车牌定位算法往往会定位出一些伪车牌候选区域, 为准确区分出车牌候选区域中的真伪车牌, 提出了一种基于支持向量机(SVM)的真伪车牌分类算法。该算法首先提取出车牌候选区域图像的纹理特征和几何特征, 构成特征向量集; 然后根据特征向量训练 SVM 分类器; 最后利用训练好的分类器来实现对真伪候选车牌区域图像进行分类判断, 得到真车牌区域。实验表明, 算法对车牌候选区域分类准确率高达 99.3%, 且具有较强的抗干扰能力和鲁棒性。

**关键词:** 支持向量机; 车牌定位; 真伪车牌; 特征向量; 核函数

**中图分类号:** TP391.4

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.16246/j.issn.1673-5072.2016.02.022

## 0 引言

车牌识别系统(License Plate Recognition, LPR)是智能交通系统中的一项重要研究课题。车牌识别系统主要由 3 部分组成: 车牌定位、字符分割、字符识别。车牌定位技术是将图像中的车牌区域准确的定位、提取出来, 它是车牌识别系统的前提, 也是字符分割和字符识别的先决条件。常见的车牌定位算法流程如图 1 所示:

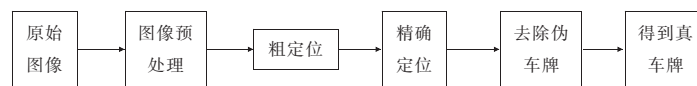


图 1 车牌定位算法流程图

目前常用的车牌定位方法主要有: 基于颜色特征的方法<sup>[1-2]</sup>、基于纹理特征的方法<sup>[3-4]</sup>、基于边缘检测的方法<sup>[5]</sup>、基于神经网络的方法<sup>[6]</sup>、基于形态学的方法<sup>[7]</sup>、基于小波变换的方法<sup>[8]</sup>等。实验表明: 当车牌和车身的颜色相近, 背景图像比较复杂, 存在与车牌区域相似纹理特征区域时, 这些定位方法容易定位出那些干扰性较强的伪车牌区域。因此, 辨别真伪车牌也成了车牌识别系统中的一项重要技术。

在车牌定位算法中常用到的辨别真伪车牌区域的方法有: 主连通域分析和颜色特征判断<sup>[9]</sup>、二值图像中的连通区域分析<sup>[10]</sup>、基于部件信息的分析方法<sup>[11]</sup>、面积和宽高比等先验知识判断<sup>[12]</sup>、底色像素数占总像素数的比例<sup>[13]</sup>等。以上这些方法大部分都是通过单一的某种特征(如纹理特征、几何特征或颜色特征)来区分真车牌和伪车牌区域。由于在自然条件下拍摄车牌图像时环境比较复杂, 车牌候选区域的特征很容易发生改变, 若只根据单一的某种特征往往不能准确的对真伪车牌区域进行判断。为了较好的解决这一问题, 本文提出了一种基于 SVM 的真伪车牌分类算法, 它利用车牌图像的多种特征对车牌候选区域图像进行训练和分类, 最终准确的分类出真伪车牌区域。实验证明: 该算法不仅能快速地对候选区域图像进行分类而且还具有较高的准确度和较广的适用性。

收稿日期: 2015-09-11

基金项目: 西华师范大学校级创新团队项目(XTC2014-4); 四川省科技创新苗子工程培育项目(2016045)

作者简介: 焦伟超(1991—), 男, 河南漯河人, 硕士研究生, 主要从事数字图像处理研究。

通讯作者: 郑伯川(1974—), 男, 四川自贡人, 教授, 博士, 主要从事数字图像处理、机器学习、人工神经网络研究。

E-mail: zhengbochuan@126.com

## 1 SVM 的基本原理

支持向量机(Support Vector Machines, SVM)是由 Vapnik 首先提出的一种基于统计学习理论的机器学习方法。它以结构风险最小化为准则,主要适用于有限样本情况下的模式识别问题。它的基本思想是在样本空间或特征空间建立一个分类超平面作为决策曲面,使得正例和反例之间的隔离边缘被最大化,从而达到最大的泛化能力。

SVM 算法最初是为二值分类问题所提出的,本文采用较常见的二分类支持向量机 C-SVC 模型。它的算法描述如下:

1) 已知训练集:  $T = \{(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)\} \in (X \times Y)^l$ 。其中,  $y_i \in Y = \{1, -1\}$  ( $i = 1, 2, \dots, l$ );  $x_i$  为特征向量。

2) 选取适当的核函数  $K(x, x')$  和惩罚参数  $C > 0$ 。其中,核函数的种类有:

① 线性核函数:  $K(x, x_i) = x \cdot x_i$ ;

② d 阶多项式核函数:  $K(x, x_i) = (x \cdot x_i + 1)^d$ ;

③ 径向基(RBF)核函数:  $K(x, x_i) = \exp(-\frac{\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2})$ ;

④ 具有参数  $k$  和  $\theta$  的 Sigmoid 核函数:  $K(x, x_i) = \tanh(k(x \cdot x_i) + \theta)$ 。

3) 构造并求解最优化问题:

$$\begin{aligned} \min_{\alpha} & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l y_i y_j \alpha_i \alpha_j K(x_i, x_j) - \sum_{j=1}^l \alpha_j \\ \text{s. t.} & \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i = 0, \alpha_i \in [0, C], i = 1, \dots, l, \end{aligned} \quad (1)$$

得到最优解:  $\alpha^* = (\alpha_1^*, \dots, \alpha_l^*)^T$ 。

4) 计算  $b^*$ 。选取位于开区间  $(0, C)$  中的  $\alpha^*$  的一个正分量  $\alpha_j^*$ , 并据此计算阈值:

$$b^* = y_j - \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i^* K(x_i - x_j)。 \quad (2)$$

5) 构造决策函数:

$$f(x) = \text{sgn}(\sum_{i=1}^l \alpha_i^* y_i K(x, x_i) + b^*)。 \quad (3)$$

## 2 SVM 分类算法的实现

### 2.1 特征提取

特征向量的选择和提取非常关键,它将直接影响分类器的设计、性能和分类结果的准确性。为了能准确的辨别出真伪车牌区域,本文分别从候选区域图像的纹理特征和几何特征两方面提取出了 3 个特征向量:波谷个数、相邻波谷间距的离散程度、图像的宽高比。

#### 2.1.1 纹理特征

我国车牌是由水平且等间隔排列的 7 个字符组成,其灰度纹理在垂直方向的投影存在峰—谷—峰规律性的跳变,且相邻波谷的间距相差均匀。

1) 波谷个数特征。本文提出了一种水平线分割方法来求候选区域图像的波谷个数,具体步骤如下:

步骤 1: 对候选区域图像(如图 2(a)所示)进行二值化处理,得到候选区域图像的二值图像  $BP$ (如图 2(b)所示);

步骤 2: 根据公式(5)计算二值图像  $BP$  的垂直投影图  $VP$ (如图 2(c)所示)。

$$VP(i) = \sum_{j=1}^H BP(j, i), i = 1, 2, \dots, W, \quad (4)$$

其中,  $W$  和  $H$  分别表示候选区域图像的宽度和高度。

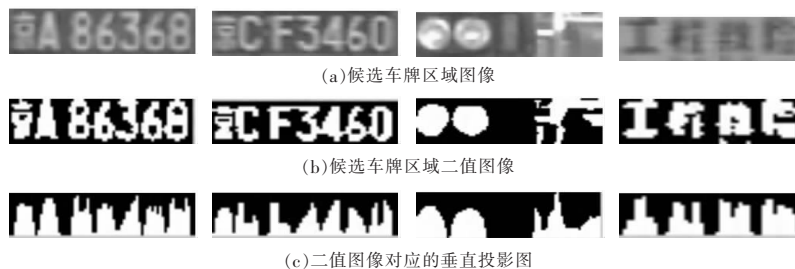


图 2 候选车牌区域的纹理特征

步骤 3:确定分割线。首先找出序列  $VP$  中的最小值  $m = \min_{i=1,2,\dots,W} VP(i)$ , 然后根据公式(6)确定分割线的高度  $h$ 。

$$h = \begin{cases} \frac{H}{4}, & m = 0 \\ m + 2, & 0 < m < \frac{H}{3} \\ \frac{H}{3}, & m \geq \frac{H}{3} \end{cases} \quad (5)$$

最后根据公式(7)画出垂直投影图像的分割线(如图 3 所示)。

$$BP(H - h + 1, j) = 1, \quad j = 1, 2, \dots, W \quad (6)$$

步骤 4:确定波谷个数。图 3 中分割线被垂直投影所分割的线段数即为所求波谷个数。

2) 相邻波谷间距的离散程度特征。首先根据图 3 找出所有波谷的位置  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ , 然后计算出相邻波谷间距  $V_k' = \Delta V_k = V_{k+1} - V_k (k = 1, 2, \dots, n - 1)$ 。

本文选取波谷间距  $V_k'$  的标准差

$$\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n-1} (V_k' - \bar{V}')^2}{n-1}}$$

这一特征来体现相邻波谷间距的离散程度。其中,  $n$  为

波谷个数;  $\bar{V}' = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} V_k'$ 。



图 3 垂直投影图像的分割线

由图 2 可以看出:根据车牌区域的纹理特征可以较准确的区分出与真车牌区域和相似纹理特征的伪车牌区域。

### 2.1.2 几何特征

车前的排气栅格与车牌区域等间距分布字符的灰度纹理特征极为相似,仅通过纹理特征很难对其进行准确的分类。

宽高比特征。我国的标准车牌具有固定的宽度和高度,且宽高比约为 3.14。根据先验知识:若车牌的宽高比满足  $(2.5, 3.5)^{[1]}$ , 可以认为是真车牌区域。结合车牌候选区域图像的纹理特征和宽高比特征,可以较好地辨别出真车牌区域和排气栅格伪车牌区域。表 1 给出了一些真伪车牌区域几何特征的比较结果。

### 2.2 参数的选取

不同的参数取值会得到不同的分类结果,为了得到较好的分类模型,选取不同参数进行实验并比较分类结果。实验选取了 600 张候选区域图像,其中 500 张进行 SVM 训练,余下的 100 张用于测试。

表 1 候选车牌区域的几何特征

候选车牌区域	宽度/像素	高度/像素	宽高比
真车牌区域 1	78	25	3.12
真车牌区域 2	90	31	2.90
伪车牌区域 1	109	15	7.27
伪车牌区域 2	126	110	1.15

表 2 不同核函数的比较结果

核函数	消耗时间/s	分类准确率/%
线性核函数	0.001 331	96.0
多项式核函数	0.044 560	92.5
径向基核函数	0.001 368	95.0
Sigmoid 核函数	0.001 500	80.0

1)不同核函数取  $C = 1$  时的比较结果如表 2 所示。

通过表 2 的比较结果可以看出:对于提取的车牌候选区域图像的特征向量,采用线性核函数作为核函数时,分类结果的准确率最高且耗时也较少。

2)参数  $C$  的选取

惩罚因子  $C$  影响支持向量偏离边缘的程度,通常  $C$  的值是根据测试经验给定。本文选取线性核函数,分别取  $C = 1, C = 10, C = 100, C = 1\ 000$  进行实验,将得到的支持向量总个数、分类准确率进行比较(如表 3 所示)。实验表明:随着  $C$  值的增大,Total SV 减少,当惩罚因子  $C = 10$  时,分类准确率趋于稳定最大值。

表 3 不同  $C$  值的分类结果

参数 $C$	Total SV/个	分类准确率/%
1	72	96.0
10	69	99.3
100	68	99.3
1 000	70	99.3

### 2.3 实验步骤与结果

本文算法在 CPU 2.67GHz,2.00GBRAM 的环境下使用 LIBSVM 软件工具<sup>[14]</sup>。实验选取 600 张车牌候选区域图像,其中 500 张进行 SVM 训练,100 张用于测试。具体步骤如下:

- 1)提取出训练样本图像的 3 个特征向量:宽高比、波谷个数、相邻波谷的间距;
- 2)对特征向量进行归一化处理,处理后的特征向量集作为分类器的输入;
- 3)选取线性核函数作为核函数,惩罚因子  $C = 10$  对特征向量集进行训练;
- 4)输入测试样本图像,根据步骤 3 得到分类决策函数对其进行分类。

实验结果表明:SVM 分类算法不仅可以快速地对车牌候选区域进行分类,且分类准确率高达 99.3%,鲁棒性较好。

## 3 结论

本文针对辨别真伪车牌候选区域这一问题,提出了一种基于 SVM 的真伪车牌分类算法。通过提取出候选区域图像纹理特征和几何特征中 3 个能较好的区分真伪车牌的特征,构成特征向量集。再利用 SVM 分类器对向量集进行训练,最终建立分类模型。实验表明:本文使用的 SVM 分类算法能准确的区分出候选车牌图像中的真伪车牌图像且具有较高的准确率,避免了使用单一特征造成的错误分类,具有较好的应用价值。

### 参考文献:

- [1] 李莹,高满屯.基于边缘颜色信息的车牌定位算法[J].计算机仿真,2009,26(08):262-265.
- [2] 覃丕七,吴志红.基于边缘颜色点对分布特征的车牌定位算法[J].计算机应用,2010,30(12):3321-3324.
- [3] 刘广起,郑晓势,张晓波.基于图像纹理特征提取的车牌定位算法[J].中国图象图形学报,2005,10(11):1419-1422.
- [4] 万燕,徐勤燕,黄蒙蒙.复杂背景中基于纹理和颜色的车牌定位研究[J].计算机应用与软件,2013,30(10):259-262.
- [5] 王剑书,樊养余,张辰锐.基于左上边缘点检测的快速车牌定位算法[J].计算机仿真,2013,30(11):143-147.
- [6] 姚德宏.基于神经网络的汽车牌照提取研究[J].计算机应用,2001,21(06):40-41.
- [7] 廖春生.基于数学形态学车牌定位算法仿真研究[J].计算机仿真,2011,28(12):353-356.
- [8] 许礼武,许伦辉,黄艳国.基于小波分解的车牌定位算法[J].计算机工程,2006,32(21):191-193.
- [9] 朱春满,房斌,尚赵伟,等.复杂背景下的多车牌定位技术研究[J].公路交通科技,2010,27(07):147-153.
- [10] 万燕,徐勤燕,黄蒙蒙.复杂背景中基于纹理和颜色的车牌定位研究[J].计算机应用与软件,2013,30(10):259-262.
- [11] 王永杰,裴明涛,贾云得.多信息融合的快速车牌定位[J].中国图象图形学报,2014,19(03):471-475.
- [12] 王义兴,黄凤岗,韩金玉,等.基于颜色搭配与纹理特征的车牌定位方法[J].中国图象图形学报,2009,14(02):303-308.

## Modeling of Elastic Electromagnetic Actuator Based on Nonlinear Controlled Algorithm

ZHAO Haijun, LI Mingdong, YUE Miao, LUO Yu

(School of Computer, China West Normal University, Nanchong Sichuan 637009, China)

**Abstract:** An elastic electromagnetic actuator system and its mathematical model are presented in this paper. Firstly, the dynamic mathematical model of single-sided electromagnetic actuator is established and a nonlinear controlled algorithm with quadratic input nonlinearity is presented to ensure the stability of the system and to inhibit the bounded disturbances. Secondly, based on the study of single-sided elastic electromagnetic actuator, a double-sided elastic electromagnetic actuator is constructed as well and a nonlinear controlled algorithm put forward. Finally, the numerical simulation on the nonlinear controlling of double-sided elastic electromagnetic actuator is verified. The simulation results show that the algorithm proposed can not only obtain expected performance, but also can ensure that electromagnetic plate will not be pulled together.

**Keywords:** elasticity; electromagnetic actuating; nonlinearity; modeling; disturbance suppression

(上接第 236 页)

- [13] 盛曦, 吴炜, 杨晓敏, 等. 一种基于 Adaboost 的车牌定位算法[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2007, 53(03): 535-539.
- [14] CHANG CHIHCHUNG, LIN CHIHJEN. LIBSVM: a library for support vector machines[J]. Acm Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2011, 2(3): 1-2. software available at <http://www.csie.edu.tw/~cjlin/libsvm/>.

## An Algorithm Based on SVM to Classify True or False License Plates

JIAO Weichao, ZHENG Bochuan, YUAN Xiufang

(College of Mathematic and Information, China West Normal University, Nanchong Sichuan 637009, China)

**Abstract:** The license plate location algorithm always locates some pseudo candidate regions of license plates. To distinguish the true or false license plates accurately from candidate regions of license plates, in this paper, we propose a classification algorithm that is based on support vector machine (SVM). Firstly, the algorithm extracts license plate image texture and geometrical features of candidate regions to form an eigenvector set. Next, it trains the SVM classifier. Finally, it classifies the license plates' candidate regions via the well trained classifier. Experimental results show that the algorithm can classify the license plates' candidate regions with accuracy up to 99.3%, and has a strong anti-interference ability and robustness.

**Keywords:** support vector machines; license plate location; true or false license plate; eigenvector; kernel function