

# 基于最小二乘支持向量机车牌字符特征识别

刘 静

(渭南师范学院 统计科学与社会计算研究所, 陕西 渭南 714000)

**摘要:** 车牌识别通常按照车牌图像预处理、定位与字符分割、特征提取、特征分类的步骤展开分析与研究, 特征提取与分类识别是提高车牌识别率和识别速度的关键环节。最小二乘支持向量机是一种新的有效的机器学习算法, 文中提出利用最小二乘支持向量机识别车牌字符奇异值特征的方法。该方法是在车牌图像预处理的基础上, 提取分割后车牌字符的奇异值特征, 压缩保留主要特征, 利用最小二乘支持向量机分类器分类识别。在自建车牌图像库上进行实验, 结果证实, 文中提出的方法是有效可行的。

**关键词:** 车牌识别; 最小二乘支持向量机; 奇异值分解

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)05-0195-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.050

## LSSVM-based License Plate Character Feature Recognition

LIU Jing

(Institute of Statistical Science and Social Computing, Weinan Normal University, Weinan 714000, China)

**Abstract:** LP recognition is analyzed and researched in LP image preprocessing, location and character segmentation, feature extraction and feature classification. Among them, feature extraction and classification is the key link to reach more better recognition rate and speed. Least square support vector machine (LSSVM) is a kind of novel machine learning method. Propose a new method of license plate (LP) character recognition based on LSSVM and singular value decomposition (SVD). This method is based on preprocessing, extracts the singular value features of the LP character after segmentation, the main feature is compressed and contained, uses LSSVM to classify and identify. Experiment is based on LP image. The experimental results demonstrate the efficiency of the proposed approach.

**Key words:** license plate recognition; least square support vector machine (LSSVM); singular value decomposition (SVD)

## 0 引言

车牌识别技术 LPR (License Plate Recognition) 是一种通过计算机自动识别车牌字符的技术, 是计算机视觉、模式识别技术与图像识别技术的融合, 在交通领域有着广泛的应用和发展前景, 极大地推动了交通管理的智能化发展。

车牌识别通常按照车牌图像预处理、定位与字符分割、特征提取、特征分类的步骤展开分析与研究。其中, 特征提取与分类识别是提高车牌识别率和识别速度的关键环节。文中研究的出发点就是期望能够提取到车牌图像中对提高识别能力具有较大贡献的特征

值, 能够找到具有优秀分类能力的分类器, 从而达到提高识别正确率和识别精度的目的。

## 1 车牌图像预处理

车牌图像预处理是实现车牌识别的基础, 能够将不同光照条件下的车牌图像, 不同成像设备采集的车牌图像以及受过污染的车牌图像进行处理, 提取需要识别的字符部分, 处理掉其余影响识别的部分。

图像预处理主要利用基于小波变换和中值滤波的图像增强方法, 降低图像噪声, 并进行直方图均衡化。小波变换在图像处理领域具有独特的优势, 不仅能对图像的低频部分进行分解, 也能对图像的高频部分进行分解, 在图像处理方面具有更强的适应性, 更加适合于各种图像处理, 如图 1 所示<sup>[1]</sup>。中值滤波能很好地保持原来的边界, 能够保护图像边缘的同时去除噪声, 中值滤波对脉冲噪声非常有效, 容易去除孤立点, 能很好地去除二值噪声, 如图 2 所示。直方图均衡化是一种自动调节图像对比度质量的算法, 可导致图像的对比度增加, 如图 3 所示<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2012-09-03; 修回日期: 2012-12-09

基金项目: 国家统计局课题项目(2012LY056); 2011 年度军民融合研究基金项目(11JMR09); 2012 年陕西省科技计划项目(2012JM8031); 陕西省自然科学基金项目(2011JM8020); 渭南师范学院科研计划项目(12YKZ053)

作者简介: 刘 静(1983-), 女, 陕西渭南人, 讲师, 硕士, 研究方向为智能信息处理。



图 1 小波变换增强的结果



图 2 中值滤波增强效果



图 3 直方图均衡化增强的结果

对带有复杂背景图像定位车牌区域并提取车牌,对车牌进行二值化处理并分割得到车牌字符图像。车牌定位时先通过粗定位,可以得到一些车牌候选区域,其中包括一些“伪车牌区域”,然后,综合考虑车牌的长宽比、车牌的面积及垂直投影特征这三个参数,结合上述 3 个参数来确定车牌区域,就可以避免仅使用单一参数进行分析所带来的偏差。因此,将车牌的长宽比、面积及垂直投影特征值加权综合,可确定出真实的车牌区域。文章中研究的后续算法都是基于灰度图像的,因此,这里采用二值化方法将图像进行灰度化。

在定位出车牌区域的基础上,采用 Sobel 算子提取车牌图像的边缘和 Laplace 算子增强图像边缘,以便验证字符的完整性,得到质量较高的车牌图像,如图 4 所示。然后根据车牌字符大小的经验数据,对车牌字符进行分割,分割结果如图 5 所示。



图 4 车牌图像处理结果



图 5 车牌字符分割结果

从上述实验结果可以看出预处理能够去除图像噪声、增强图像、去除背景遮挡等影响,能够降低图像维度,并得到轮廓清楚的车牌字符图像,可以作为特征提取的有效结果。

## 2 奇异值代数特征提取

图像的奇异值特征是图像本质的一种数值特征,能够有效描述图像的代数特征,常用于模式识别中。

图像的奇异值特征在某种程度上会同时拥有代数和几何两方面的不变性,对图像灰度值的比例变化、旋转、平移及伸缩具有不变性,对由噪声及光照变化所引起的图像灰度的变化具有很强的适应性,能够很好地描述车牌图像的代数特征<sup>[3,4]</sup>。

奇异值分解定理:设  $A \in R^{n \times n}$ ,必存在两个正交矩阵  $U, V \in R^{n \times n}$ ,使得  $U^H A V = \begin{pmatrix} \Sigma & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \text{diag}(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)$ ,  $\delta_1 \geq \delta_2 \geq \dots \geq \delta_n$ 。其中,  $\delta_1 \geq \delta_2 \geq \dots \geq \delta_n$  为  $A$  的  $n$  个奇异值。

设  $A$  为  $N \times N$  的图像矩阵,则可通过算法 1 求解  $A$  的奇异值:

算法 1: 奇异值分解算法(步骤)

- 1) 首先计算  $A^H A$ 。
- 2) 随后计算  $A^H A$  的特征值  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ , 并计算  $A$  的正奇异值  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_r$ 。
- 3) 计算对应  $A^H A$  的特征值  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  的特征向量,且进行单位化,记为  $e_1, e_2, \dots, e_n$ 。
- 4) 作正交阵  $V = [e_1, e_2, \dots, e_n]$ , 则得到  $V^T A^T A V = \Sigma^2$ 。
- 5) 令  $U_1 = A V \Sigma^{-1}$ , 取单位向量  $U_2$ , 将部分列正交阵  $U_1$  扩充为  $n$  阶正交阵  $U = [U_1, U_2]$ , 从而有  $A$  的奇异值分解结果:  $U^H A V = \begin{pmatrix} \Sigma & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ 。

将矩阵  $A$  依据上述奇异值分解算法分解为三个矩阵  $U, V$  和  $\Sigma$ , 其中  $\Sigma = \text{diag}(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_r)$ ,  $\delta_1 \geq \delta_2 \geq \dots \geq \delta_r > 0$ , 使  $A = U \Sigma V^T$ , 同时满足  $U^T U = I, V^T V = I$ ,  $r$  为特征向量个数,一般远小于  $\min(m, n)$ 。矩阵  $\Sigma$  中对角线上的元素即为奇异值,按降序排列<sup>[5]</sup>。

通过提取 0 到 9 十个数字和字母 A 到 Z 的奇异值特征,得到如图 6 所示的奇异值特征曲线图,从图中可以看出,经过基于小波分析车牌图像平滑、增强和压缩,以及进行车牌图像定位、灰度化、车牌图像分割后得到的车牌字符,具有较好的可分性。因而,对车牌字符进行奇异值分解后得到的字符奇异值特征作为分类特征是可行的。

基于奇异值分解(SVD)算法提取的车牌图像的奇异值作为识别特征,真实地表达了图像本质的代数特征。当图像上有小的扰动时,特征值变化不大,具有一定的稳定性,尽可能地全面保留了具有代表性的特征,有利于对车牌字符的识别分类。

## 3 LS-SVM(最小二乘支持向量机)车牌字符特征分类

LS-SVM<sup>[6]</sup>作为标准 SVM 的一种演化变换,可以

较好地解决分类回归问题,文中重点分析 LS-SVM 作为分类应用的模型和算法。通过 LS-SVM 方法代替标准 SVM 中的二次规划方法,将二次优化问题不等式约束条件(原始空间)改为等式约束问题(核空间),仅需求解线性方程组即可得到最小二乘支持向量机的分类模型,因而计算过程简单、复杂度低、速度快,适合作为求解分类问题的机器学习模型<sup>[7,8]</sup>。

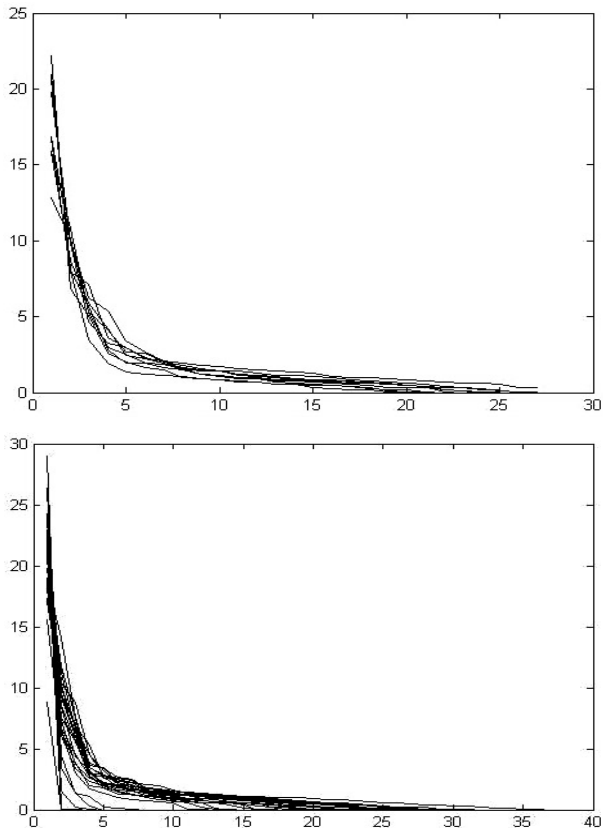


图6 数字0~9奇异值特征曲线图及字母A~Z奇异值特征曲线图

设训练样本为  $S_1: \{x_i, y_i\}, i = 1, 2, \dots, n$ 。其中  $x_i \in R^*$  为被分类的样本向量,  $y_i \in \{+1, -1\}$  为被分类样本向量对应的类别标号,  $n$  为分类样本的容量, 将标准 SVM 优化问题的约束条件由不等式变为等式, 并将经验风险函数更改为二次函数, 即得到公式 1 所示的约束优化问题:

$$\begin{aligned} \min J(\omega, b, e_i) &= \frac{1}{2} \omega^T \omega + \frac{\gamma}{2} \sum_{i=1}^n e_i^2 \\ \text{s. t. } \gamma_i \cdot [\omega^T \cdot \varphi(x_i) + b] &= 1 - e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

$\omega$  为超平面方向向量,  $\varphi(x_i)$  为映射函数(从样本输入空间到特征空间),  $e_i$  为  $x_i$  的松弛系数,  $\gamma$  为边际系数。

公式 1 的解可由与其对应的公式 2 所示的 Lagrange 函数给出:

$$L(\omega, b, e, a) = J(\omega, b, e) - \sum_{i=1}^n a_i \{ [\omega^T \cdot \varphi(x_i) + b] \}$$

$$y_i [\omega^T \cdot \varphi(x_i) + b] = 1 - e_i \quad (2)$$

式 2 中  $a_i$  为 Lagrange 乘子。根据公式 2 求得:  $\frac{\partial L}{\partial \omega} = 0, \omega = \sum_{i=1}^n a_i y_i \varphi(x_i); \frac{\partial L}{\partial b} = 0, a^T \cdot y = 0; \frac{\partial L}{\partial e} = 0, a = \gamma \cdot e; \frac{\partial L}{\partial a_i} = 0, y_i [\omega^T \cdot \varphi(x_i) + b] = 1 - e_i$ , 其中,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。合并上式, 并根据公式 3 所示的线性方程组求解  $a_i$  和  $b$  的值。

$$\begin{pmatrix} 0 & y^T \\ y & \Omega + \gamma^{-1} \cdot I \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ E \end{pmatrix} \quad (3)$$

在上述公式 3 中,  $I$  是  $n$  维的单位矩阵,  $E$  是全 1 的  $n$  维列向量,  $\Omega$  是  $n$  维的一个对称方阵, 元素为  $\Omega_{i,j} = y_i y_j \varphi(x_i)^T \cdot \varphi(x_j), \varphi(x_i)^T \cdot \varphi(x_j) = k(x_i, x_j), k(x_i, x_j)$  是核函数。则  $\Omega_{i,j} = y_i y_j k(x_i, x_j)$  为  $\Omega$  的第  $i$  行第  $j$  列元素,  $\gamma$  用来平衡学习机器的复杂性和经验风险, 称为惩罚因子。

令  $\Omega_0 = \Omega + \gamma^{-1} \cdot I$ , 将公式 3 变形得:

$$\Omega_0 \alpha + y b = E$$

$$Y^T \alpha = 0$$

求解上式, 得到  $a_i$  及  $b$  的值后, 则可得以下 LS-SVM 分类函数:

$$y(x) = \sum_{j=1}^n a_j y_j k(x, x_j) + b \quad (4)$$

可以看出, 在计算最小二乘支持向量机的分类模型时, 与函数  $\varphi(\cdot)$  的形式无关, 仅计算训练样本与待测样本之间的核函数  $k(x_i, x)$  即可。并可由以下公式 5 的判别函数来决定模式向量  $x$  的类别:

$$c(x) = \text{sgn}(y(x)) = \text{sgn}\left(\sum_{j=1}^n a_j y_j k(x, x_j) + b\right) \quad (5)$$

$\text{sgn}(\cdot)$  是符号函数。若  $y(x) \geq 0$ , 则  $x$  被判为正, 否则  $x$  被判为负。

通过分析 LS-SVM 的数学原理可知, 求解出  $a$  和  $b$  的值是实现分类模型的关键, 再通过引入 Lagrange 函数, 可将问题转化为求解线性方程组<sup>[9,10]</sup>。

实验利用了 LS-SVM Lab(最小二乘支持向量机工具箱)<sup>[11,12]</sup>, 在 Matlab 开发环境下实现 LS-SVM 多类分类程序, 将字符奇异值特征作为输入进行训练和分类实验。实验中, 选择同一类车牌图像样本作为训练样本和识别样本时, 识别率达到 100%; 在同一类别车牌图像中, 选择其中 10 个车牌图像作为训练样本, 选择另外 10 个作为识别样本, 在训练样本和识别样本数相同的情况下, 识别率为 86%; 选择五类不同车牌图像类别的 10 个样本作为训练样本和识别样本时, 识别率为 82%; 选择五类不同车牌图像类别的 10 个样

本作为训练样本,对应类别的 10 个样本作为识别样本时,识别率为 80%。从实验结果可知,最小二乘支持向量机可以对车牌图像的代数特征进行有效分类。

## 4 结束语

文章在采用小波分析算法、中值滤波算法、直方图均衡化算法、边缘提取算法等预处理算法的基础上,对采集的车牌图像库进行预处理,得到轮廓清晰的车牌字符。然后采用奇异值分解算法提取车牌字符图像的奇异值代数特征,并选取较大的集中图像主要能量的特征值作为识别特征,使用最小二乘支持向量机作为分类器,可有效分类识别奇异值特征。

因而,奇异值分解算法提取的奇异值特征可以较好地描述车牌图像,并对因光照变化而造成的车牌图像局部变化具有较好的鲁棒性。LS-SVM 可以对车牌图像的代数特征进行有效分类。车牌图像中,样本类别较多而单类样本数量较少,将 LS-SVM 算法用于这类分类问题具有可行性。因此,基于最小二乘支持向量机的车牌识别研究不仅具有理论研究价值,而且具有实际应用价值。

但是,车牌识别的应用环节复杂,且易受到不确定因素的影响。因此无论是作为理论课题研究,还是作为应用项目,都还有许多工作要做。文中的研究只是完成了简单理论研究和一些实验验证工作,还有大量的工作有待于进一步完善及提高。

(上接第 194 页)

## 5 结束语

嵌入式系统的低功耗、低成本,同时体积小又有很强的处理速率,在计算机技术和网络技术中都带来了新的革新<sup>[13]</sup>。综合考虑监控视频特性以及使用场所,采用嵌入式系统具有高效稳定,监控范围较广,不易受外界干扰等优点。文中实现了视频监控系统中服务器 boa 的设计与视频采集等关键技术,并采用开源视频服务器实现视频传输。用户只需要用浏览器即可完成监控,提供了监控系统的灵活性,对应用实际实时监控系统有一定的参考价值。

### 参考文献:

- [1] 徐力,孔岩. 视频监控系统的现状和发展趋势[J]. 信息技术与信息化,2005(4):60-62.
- [2] 崔珂,吴镇伟,刘明哲. 基于嵌入式实时 Linux 的远程监控系统[J]. 计算机工程与应用,2005,22(10):95-97.
- [3] Samsung. S3C6410 Datasheet[M]. [s. l.]:Samsung,2009.
- [4] 刘洪涛,孙天泽. 嵌入式系统技术与设计[M]. 北京:人民

### 参考文献:

- [1] Gonzalez R C. Digital Image Processing[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2003.
- [2] 汪志云,黄梦为,胡钊,等. 基于直方图的图像增强及其 Matlab 实现[J]. 计算机工程与科学,2006,28(2):54-56.
- [3] Hong Z Q. Algebraic feature extraction of image recognition[J]. Pattern Recognition,1991,24(3):211-219.
- [4] 赵峰,黄庆明,高文. 一种基于奇异值分解的图像匹配算法[J]. 计算机研究与发展,2010,47(1):23-32.
- [5] 龚婕,姜军,张桂林. 基于奇异值分解和支持向量机的人脸检测[J]. 计算机与数字工程,2003,31(1):69-72.
- [6] Vapnik V. The nature of statistical learning theory[M]. New York:Springer-Verlag,1995.
- [7] Hsu C W, Lin C J. A comparison of methods for multiclass support vector machines[J]. IEEE Trans on Neural Networks, 2002,13(2):415-425.
- [8] Suykens J A K, van Gestel T, de Brabanter J, et al. Least Squares Support Vector Machines[M]. Singapore:World Scientific Publishing,2002.
- [9] Suykens J A K, Vandewalle J. Least Squares Support Vector Machine Classifiers[J]. Neural Processing Letters, 1999, 9(3):293-300.
- [10] 于海征. 基于奇异值分解的数字图像的特征提取[J]. 工程数学学报,2004,12(21):131-134.
- [11] 刘军,耿国华. 一种大场景点云的快速分割方法[J]. 计算机应用与软件,2010(8):33-36.
- [12] 姜鹤,陈丽亚. SVM 文本分类中一种新的特征提取方法[J]. 计算机技术与发展,2010,20(3):17-19.

邮电出版社,2009.

- [5] 韦东山. 嵌入式 Linux 应用开发完全手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [6] 王国伟,宋铁成,陈正石. 基于嵌入式 Web Server 的视频监控服务器[J]. 计算机工程,2005,31(22):202-204.
- [7] John L D. Boa Web Server[EB/OL]. 2000. <http://www.boa.org/>.
- [8] 付聪,王志良. Linux 嵌入式视频直播监控系统[J]. 微机计算机通信,2008,24(1-2):12-13.
- [9] 毛德操,胡希明. 嵌入式系统[M]. 杭州:浙江大学出版社,2003.
- [10] 毛德操,胡希明. Linux 内核源代码情景分析[M]. 杭州:浙江大学出版社,2001.
- [11] 陶俊杰. 浅析数字视频监控系统[J]. 微型电脑应用,2007, 23(7):56-58.
- [12] 李兰英,刘洋,姜秀丽. 嵌入式系统 Bootloader 的设计与实现[J]. 电脑学习,2006(6):35-36.
- [13] Liao Rikun, Ji Yufeng, Li Hui. Optimized Design and Implementation of TCP/IP Software Architecture Based on Embedded System[J]. Machines, Learning and Cybernetics, 2006(1):590-594.

# 基于最小二乘支持向量机车牌字符特征识别

作者: [刘静](#)  
作者单位: [渭南师范学院 统计科学与社会计算研究所, 陕西 渭南714000](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)  
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2013(5)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjz201305052.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjz201305052.aspx)