

文章编号 1004-924X(2013)12-3198-07

基于分形维数和隐马尔科夫特征的车牌识别

耿庆田^{1,2}, 赵宏伟^{1*}

- (1. 吉林大学 计算机科学与技术学院, 吉林 长春 130012;
2. 长春师范大学 计算机科学与技术学院, 吉林 长春 130032)

摘要:针对现有车牌识别方法中车牌二值化和车牌字符识别效率不高的问题,提出一种基于分形维数和隐马尔科夫特征的车牌识别算法。该方法基于分形维数和隐马尔科夫特征并利用联合 OC_SVM 和 MC_SVM 的方法进行车牌识别。实验中,基于分形维数进行车牌的二值化处理;利用隐马尔科夫特征办法进行字符特征提取,然后利用多重分类器进行字符识别。对字符、英文字母和阿拉伯数字分别进行了 800 幅、800 幅和 1600 幅图像的识别,得到的结果显示该算法对字符、英文字母和阿拉伯数字的识别率分别为 98%、98.5%和 98.9%,对各种不同的车牌整体识别的平均识别率高于 90.60%。该方法识别效率高、鲁棒性强,为车牌识别的准确性提供了保证。

关键词:车牌识别;二值化;字符识别;分形维数;隐马尔科夫特征;联合分类器

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20132112.3198

License plate recognition based on fractal and hidden Markov feature

GENG Qing-tian^{1,2}, ZHAO Hong-wei^{1*}

- (1. *Department of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China;*
 2. *Department of Computer Science and Technology, Changchun Normal University, Changchun 130032, China)*
- * Corresponding author, E-mail: zhaohw@jlu.edu.cn*

Abstract: Because existing license plate recognition algorithm has lower efficiency in the binarization and character recognition, a license plate recognition algorithm based on fractal dimension and hidden Markov features was proposed. The algorithm is based on fractal dimension and hidden Markov features, and uses the joint classification of OC_SVM and MC_SVM to recognize license plates. In experiments, the fractal dimension was used complement the binarization of the license plate, the hidden Markov features were taken to extract character features and a multi-classifier was utilized to recognize the character. 800 Chinese character images, 800 English letter images and 1600 Arabic numeral images were recognized, obtained results show that the recognition rates of Chinese characters, English letters and Arabic numerals are 98%, 98.5% and 98.9%, respectively, the average recognition rate of license plates is more than 90.60%. It concludes that the method has higher efficiency, better accuracy

收稿日期:2013-07-14;**修订日期:**2013-08-18.

基金项目:吉林省科技发展计划资助项目(No. 20101504);吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(No. 2013111);长春师范学院自然科学基金资助项目(No. 2010003)

and stronger robustness, and it can provide a guarantee for license plate recognition.

Key words: license plate recognition; binarization; character recognition; fractal dimension; hidden Markov feature; joint classifier

1 引言

汽车车牌识别技术^[1-4]是目前智能交通系统中的核心技术之一,并已应用于车辆监控和电子计费等方面。一般而言,车牌识别系统主要包括以下 3 个部分:车牌图像定位、车牌字符分割,字符识别^[5-7]。车牌识别算法成为越来越多的研究者所研究的焦点,国内外对车牌识别研究已达到很高的水平。但国外系统只适合于当地的车牌,对我国车牌中汉字识别准确率不高。国内系统也存在一些问题,比如车牌本身歪斜、磨损、脏污或者光线干扰都会影响识别准确率。早期学者使用简单的方差阈值法进行车牌二值化处理^[8],这样做虽然简单快速,但当有以上因素干扰时,该方法的识别效率大打折扣。在车牌中字符进行识别的过程中,由于特征的提取以及识别对象都在车牌图像矩形区域内部,所以关键是要从背景中分割出完整字符图像^[9-12],并对字符进行准确识别。人们针对上述问题提出了许多方法,比如基于模板匹配、基于车牌特征以及基于神经网络等^[13-16],但其效果与实际的要求相差较大。本文提出一种基于分形维数和隐马尔科夫特征^[17]的车牌识别算法。该方法基于分形维数完成车牌二值化处理;利用隐马尔科夫特征进行字符特征提取,然后利用多重分类器进行字符识别。大量实验表明,该算法识别率高,具有良好的应用前景。

2 分形维数

2.1 分形维数的原理

分形是一种具有自相似特性的现象、图像或者物理过程。“维数”用来表示该过程的不规则性和复杂性。

分形维数有多种定义方法,例如 Hausdorff 维数、信息维数和容量维数等等。为简化计算,此方法使用盒子维方法,下面给出盒子维方法定义。

定义 1 设 $A \subset R^n$, 在欧氏距离范围内,用边长为 $1/2^n$ 的盒子毗邻地去包含 A , 设 $N_n(A)$ 表

示包含 A 所需最少盒子的数量, 则:

$$D_B = \lim_{n \rightarrow \infty} \ln N_n(A) / \ln 2^n, \quad (1)$$

D_B 即为集合 A 的盒子维。

2.2 分形维数的计算

分形维数的流程图如图 1 所示,从图中流程可以看出该算法计算复杂度相对较低,很适合算法的快速执行。

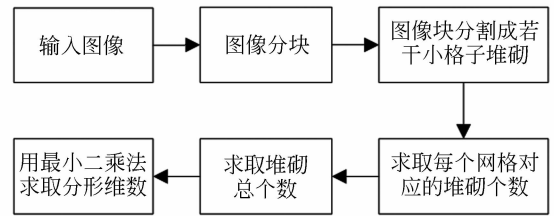


图 1 计算分形维数的流程图

Fig. 1 Process of computing fractal dimension

具体分形维数计算过程如下:

1) 将得到的感兴趣图像块(大小为 $K \times K$)考虑成一个三维空间,坐标 (x, y) 代表二维坐标平面,用于标记像素位置,图像的灰度值代表 Z 轴方向。

2) 将二维平面 (x, y) 分成若干个大小为 $l \times l$ 的格子(l 为整数,且 $1 \leq l \leq K/2$), 并令 $r = l/K$ 。

3) 在每个格子中有许多体积为 $l \times l \times l$ 的小盒子堆砌,使第 (i, j) 个格子中灰度表面最大值和最小值分别落入堆砌序号(从下往上数)为 p 和 q 的盒子中。

$$4) \text{ 令 } n_r(i, j) = \max I_k - \min I_k + 1, \quad (2)$$

对所有格子 $n_r(i, j)$ 求和, 得到

$$N_r = \sum_{i, j} n_r(i, j). \quad (3)$$

5) 用最小二乘法拟合 $\lg N_r - \lg(1/r)$, 求出斜率即为盒子维数 Dimension。

这种方法使得在盒子计算过程中不再使固定立方体大小是 $l \times l \times l$, 使用可变高度长方体 $l \times l \times l'$ 作为包裹曲面盒子, 使得这种方法对立方体包裹更加紧密, 提高分形维数的准确性。

在图 2 中, 图 a, b 和 c 是 3 幅不同的车牌图像, 分别取自不同光照环境中, 图 d, e 和 f 是 3 幅添加高斯噪声图像, 图 d 被添加了 10% 的高斯噪

声,图 e 被添加了 20% 的高斯噪声,图 f 被添加了 30% 的高斯噪声。通过使用分形维数方法,可以得到各个图分形维数值依次为 2.193、2.224、2.254、2.289、2.341 和 2.380。



图 2 原始车牌图像以及加噪声的车牌图像

Fig. 2 Original license plates and license plates with Gaussian noise

3 二值化

二值化是车牌识别过程中的关键技术。根据灰度图像设置某一阈值 T_D , 则图像像素群即分成两部分: 像素群 $A \geq T_D$, 像素群 $B < T_D$ 。将图像二值化, 即:

$$\forall (x_i, y_j), f(x_i, y_j) = \begin{cases} a & \text{if } f(x_i, y_j) \geq T_D \\ 0 & \text{if } f(x_i, y_j) < T_D \end{cases}$$

通过分维数算法降低维数, 避免了图像二值化可能出现像素群的分类错误。

分维数算法计算流程如图 3 所示(假如以 2 为比例因子放大尺度)。

对于一幅灰度图像, 计算分维数采取一个简单算法, 即当计算 2×2 模板时, 用一个像素点来记录该模板主灰度值, 遍历后则图像尺寸变为原来尺寸的 $1/4$ 大小。在尺度增大时, 仅需要统计缩小后图像中相对应的 2×2 模板信息即可。

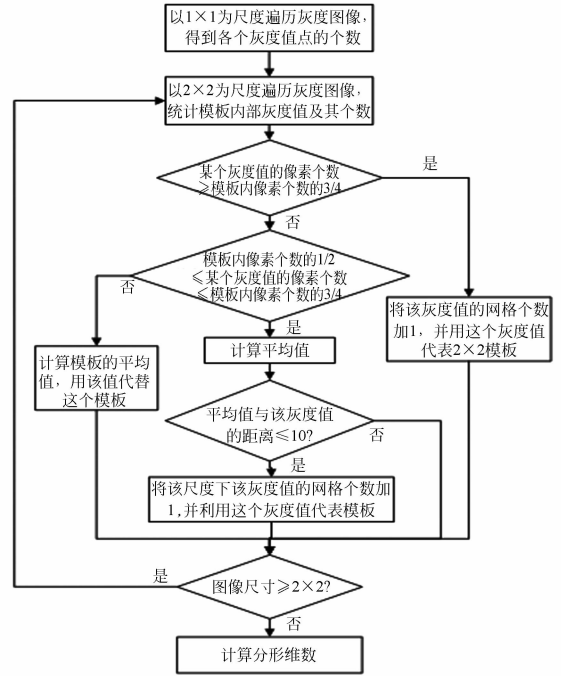


图 3 分形维数特征获取流程

Fig. 3 Fractal dimension algorithm flow

在分形维数特征获取流程图中有 2 个阈值, 分别为 $3/4$ 和 $1/2$ 。选择 $3/4$ 是因为目标区域边缘可能是不规则形状, 只有当区域内像素点个数占模板像素点总个数大部分时, 才可被认为是目标内的点, 因此 $3/4$ 是较合适的比例。选择 $1/2$ 作为阈值是考虑外界噪声干扰, 通过选择该阈值, 可以有效实现该算法较强的噪声鲁棒性。

4 字符识别

4.1 隐马尔科夫特征的获取

我国车牌主要有黑、蓝、红、黄、白 5 种颜色信息。因此车牌图像不同于普通图像, 它所包含的信息要少于普通图像的信息。其图像的内容相关性符合马尔可夫性, 本算法利用隐马尔科夫特征进行提取模型, 从而达到降维特征提取, 其基本流程如图 4 所示。

算法执行步骤为:

- (a) 对图像做 8×8 不重复块离散余弦变换 (DCT), 将原始图像转变为频域空间;
- (b) 数据预处理, 即取整和取绝对值;
- (c) 横向差异矩阵和纵向差异矩阵计算;
- (d) 阈值处理;

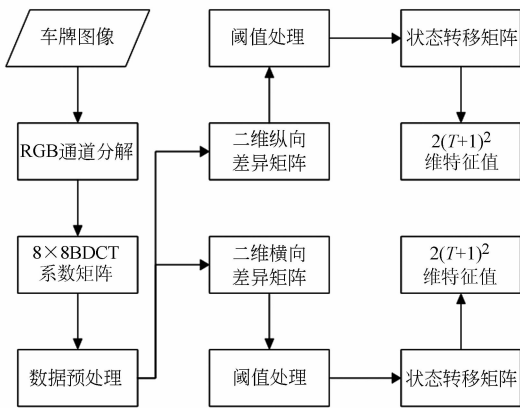


图 4 隐马尔科夫特征获取流程

Fig. 4 Process of obtaining hidden Markov features

(e) 状态转移概率矩阵计算。

其中横向差异矩阵和纵向差异矩阵利用公式(4)和公式(5)获得; 阈值 T 作用是降维和抛弃相关度不大的高能量部分, 公式(6)为阈值处理的计算方法。

$$F_h(u, v) = F(u, v) - F(u + 1, v), \quad (4)$$

$$F_v(u, v) = F(u, v) - F(u, v + 1), \quad (5)$$

其中: $F(u, v)$ 为坐标 (u, v) 处能量值。

$$F_T(u, v) = \begin{cases} T & F(u, v) > T \\ F(u, v) & \hat{u}F(u, v) < T \\ -T & F(u, v) < -T \end{cases} \quad (6)$$

其中: $F_T(u, v)$ 为阈值运算后结果。

图 4 中, T 为门限阈值。本文选择 $T=3$, 基于隐马尔可夫模型(HMM)针对 RGB 图像提取的特征参数共计 294 维。

4.2 分类器的选择

本文采用了将现有一类分类器和多类分类器联合策略。其联合方式如图 5 所示。

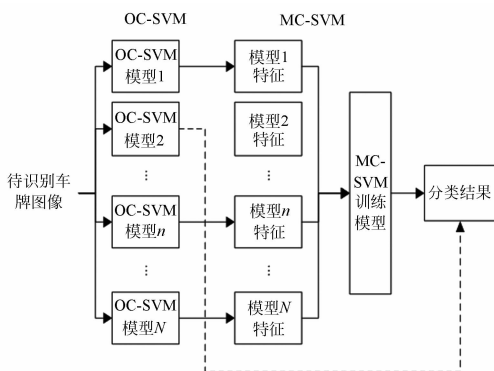


图 5 基于 OC-SVM 和 MC-SVM 联合分类器

Fig. 5 Joint classification of OC_SVM and MC_SVM

首先对待识别车牌图像进行一类分类器检测, 若判断结果不是分类器中任何一类, 则分类器对此图像判别最终结果为“其他类”。若检测结果仅为其中一类, 则直接输出结果。若检测结果是多种分类模型, 则利用多类分类器进行多种模型训练, 然后再利用该多类分类器进行分类检测。在这种检测模式下, 首先利用一类分类器进行先验检测, 再结合多类分类器进行最终检测, 可使最终识别率大幅度上升。因此, 是一种比较理想的分类方法。

5 算法测试与性能分析

本文所提算法中车牌二值化算法处理效果如图 6 和图 7 所示。在图 6 中, 图 a, c, e 取自不同光照环境, 图 b, d, f 分别是图 a, c, e 的二值化图像。在图 7 中, 图 a, c, e 增加了不同比例高斯噪声, 其中图 a, c 和 e 分别被添加了 10%、20% 和 30% 的高斯噪声, 图 b, d, f 分别是图 a, c, e 的二值化图像。从二值化处理结果可以看出, 本文算法中二值化处理效果相对理想, 同时为字符识别



图 6 不同光照条件下的车牌图像及二值化图像

Fig. 6 License plates under different lights and their binarization images

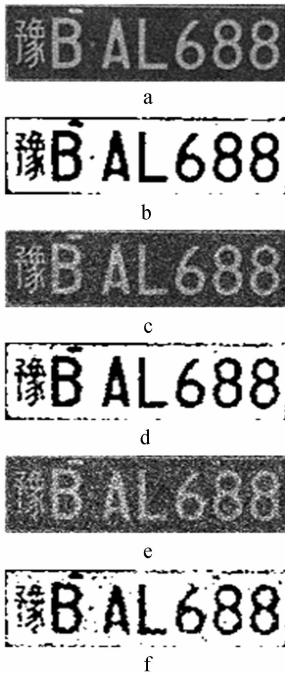


图 7 不同噪声比例下的车牌图像及其二值化图像
Fig. 7 License plates under different Gaussian noises and their binarization images

奠定了很好前提。

在字符识别的实验中,训练阶段选择了车牌中每个汉字图像 200 幅、每个英文字母图像 200 幅以及每个阿拉伯数字图像 200 幅作为本文算法的训练样本,利用联合分类器得到训练模型。在测试实验中,选择了 800 个车牌汉字图像、800 个英文字母图像以及 1 600 个阿拉伯数字图像作为测试样本,利用联合分类器训练模型对测试车牌图像进行测试,得到测试结果如表 1 所示。从该实验结果可以看出,本文算法对汉字的识别率达到了 98%,对英文字母的识别率达到了 98.5%,对阿拉伯数字的识别率达到了 98.9%,实验识别率比较理想。

表 1 对汉字、英文字母和阿拉伯数字的字符识别结果

Tab. 1 Fractal dimensions D of Chinese characters, English letters and Arabic numerals

分类	车牌样本数	正检个数	误检个数	识别率
汉字	800	784	16	98%
英文字符	800	788	12	98.5%
阿拉伯数字	1 600	1 583	17	98.9%

从表 1 的实验结果,可以得到以下结论:

1)若车牌由 1 个汉字、1 个英文字母和 5 个阿拉伯数字组成,该算法平均识别率为 91.34%。

2)若车牌由 1 个汉字、2 个英文字母和 4 个阿拉伯数字组成,该算法平均识别率为 90.97%。

3)若车牌由 1 个汉字、3 个英文字母和 3 个阿拉伯数字组成,该算法平均识别率为 90.60%。

为验证本算法的优势,本文通过对 1 000 个车牌图像字符进行不同算法测试,测试中识别正确数及正确率结果如表 2 所示。

表 2 不同算法的测试结果

Tab. 2 Testing results of different algorithms

算法名称	正确数	正确率	错误数	错误率
基于模板匹配	898	89.8%	102	10.2%
基于车牌特征	889	88.9%	111	11.1%
基于神经网络	901	90.1%	99	9.9%
本算法	906	90.6%	94	9.4%

图 8 是衡量上述字符图像预测结果的 ROC (Receive Operating Characteristic) 曲线^[11-12], ROC 曲线是衡量算法稳定性和有效性评价方法。ROC 曲线下方面积用 AUC 表示,AUC 越大,则表示预测结果越精确,即对应算法的稳定性越高,有效性越强。预测理想结果是 AUC 为 1。图 8 中 AUC 达到了 0.944 6,这是一个很理想数值,同时也证明了算法的稳定性和有效性。

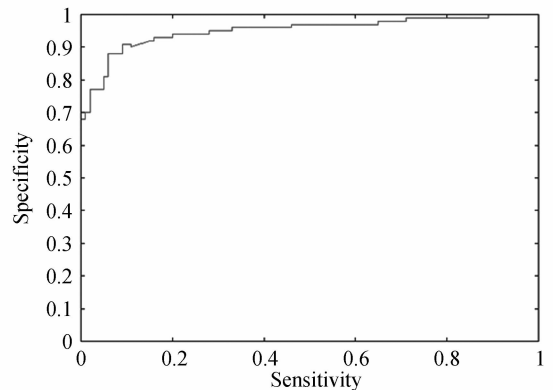


图 8 车牌识别字符算法的 ROC 曲线

Fig. 8 ROC curve of license plate recognition algorithm

6 结 论

本文提出一种基于分形维数和隐马尔科夫特征的车牌识别算法,对车牌字符实现正确率较高

的识别。同时,该算法的鲁棒性较强。实验结果表明,对字符、英文字母和阿拉伯数字分别进行了800幅、800幅和1600幅图像识别,识别率分别

为98%、98.5%和98.9%,对各种不同车牌整体识别的平均识别率高于90.60%,实验效果良好,能够应用到实际的车牌字符识别系统中。

参考文献:

- [1] LI B, ZENG ZH Y, ZHOU J ZH. An adaptive license plate recognition system design methodology [J]. *Microelectronics & Computer*, 2009, 26(4): 217-221.
- [2] ANAGNOSTOPOULOS C, ANAGNOSTOPOULOS I, PSOROULAS I, *et al.*. License plate recognition from still images and video sequences: a survey [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2008, 9(3):377-391.
- [3] GIANNOUKOS I, ANAGNOSTOPOULOS C, LOUMOS V, *et al.*. Operator context scanning to support high segmentation rates for real time license plate recognition [J]. *Pattern Recognition*, 2010, 43, 3866-3878.
- [4] JIAO J B, YE Q X, HUANG Q M. A configurable-method for multi-style license plate recognition [J]. *Pattern Recognition*, 2009, 42:358-369.
- [5] FARAD J F, REZAIE A H. A morphological-based license plate location [C]. *IEEE International Conference on Image Processing*, 2006:57-60.
- [6] PATNAIK S, PAUNWALA C N, SHAH M, *et al.*. Novel edge mapping for license plate detection [C]. *WCECS*, 2011, 10:19-21.
- [7] HUANG Y P, CHEN CH H, CHANG Y T. An intelligent strategy for checking the annual inspection status of motorcycles based on license plate recognition [C]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36:9260-9267.
- [8] 刘希佳, 陈宇, 王文生, 等. 小目标识别的小波阈值去噪方法 [J]. *中国光学*, 2012, 5(3):248-256.
- [9] LIU X J, CHEN Y, WANG W S, *et al.*. De-noising algorithm of wavelet threshold for small target detection [J]. *Chinese Optics*. 2012, 5(3):248-256. (in Chinese)
- [10] 孙辉, 李志强. 基于相位相关的匀速直线运动模糊图像位移参数估计 [J]. *中国光学*, 2012, 5(2) 174-180.
- [11] SUN H, LI Z Q. Estimation of displacement parameters for uniform linear motion-blurred images based on phase-only correlation [J]. *Chinese Optics*. 2012, 5(2) 174-180. (in Chinese)
- [12] 杨利红, 赵变红, 张星祥, 等. 点扩散函数高斯拟合估计与遥感图像恢复 [J]. *中国光学*, 2012, 5(2):181-188.
- [13] YANG L H, ZHAO B H, ZHANG X X, *et al.*. Gaussian fitted estimation of point spread function and remote sensing image restoration [J]. *Chinese Optics*, 2012, 5(2):181-188. (in Chinese)
- [14] 宋建中. 图像处理智能化的发展趋势 [J]. *中国光学* 2011, 4(5):431-440.
- [15] SONG J Z. Development trend of image processing intelligence [J]. *Chinese Optics*, 2011, 4(5):431-440. (in Chinese).
- [16] WANG SH ZH, ZHAO S L, LAN K M, *et al.*. Multiple vehicles license plate tracking and recognition via isotropic dilation [C]. *CICSYN*, 2011: 54-59.
- [17] OUYANG J, LIU P. License plate character recognition based on BP neural network algorithm [J]. *Optoc & Optoelectronic Technology*, 2012, 5(10):67-71.
- [18] YAO ZH J, YI W D. Image super-resolution approach for license-plate recognition [J]. *Journal of Graduate University of Chinese Academy of Sciences*, 2013, 30(1):137-143.
- [19] 邱家涛, 李玉山, 初秀琴. 稳定运动物体视频的特征方法 [J]. *光学精密工程*, 2012, 20(10):2300-2307.
- [20] QIU J T, LI Y S, CHU X Q. Feature-based ap-

proach for stabilizing videos with moving objects [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2012, 20(10):2300-2307. (in Chinese)

- [17] 秦翰林,周慧鑫,刘群昌,等. 采用多尺度隐式马尔可夫模型的红外图像背景抑制[J]. 光学精密工

程, 2011, 19(8):1950-1956.

QIN H L, ZHOU H X, LIU Q C, *et al.*. Suppression of infrared image background by multi-scale hidden Markov model [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(8):1950-1956. (in Chinese)

作者简介:



耿庆田(1972—),男,江苏邳州人,博士研究生,讲师,2005年于吉林大学获得硕士学位,主要从事计算机网络与智能信息系统方面的研究。E-mail: qtgeng@163.com

导师简介:



赵宏伟(1962—)男,辽宁沈阳人,教授,博士生导师,1984年于吉林工业大学获得学士学位,1999年于吉林工业大学获得博士学位,主要从事智能信息系统与嵌入式技术方面的研究。E-mail: zhaohw@jlu.edu.cn

(版权所有 未经许可 不得转载)