

计算机多尺度辅助定位车牌算法

魏 亭¹, 邱 实², 李 晨³, 王 锐⁴

(1. 西安工业大学, 陕西西安 710021; 2. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西西安 710119;
3. 中国科学院深海科学与工程研究所, 海南三亚 572000; 4. 西安市公安局, 陕西西安 710002)

摘 要: 违法占道拍摄出的单帧车辆图像具有数据量大、时效性强、检测环境复杂等特点. 对其检测需要花费大量的人力与物力. 并且人们在定位过程中, 无法避免因经验、疲劳等方面的干扰, 导致遗漏和错误定位. 为此本文从视觉感知角度提出计算机多尺度辅助定位车牌算法. 模拟视觉感知原理, 从车辆特征、纹理特征、颜色特征尺度, 逐次聚焦至车牌所在区域. 提出了完整的单帧图像车牌定位流程. 并且提出基于边界对的车牌区域准确定位算法. 通过对实拍的交通图像实验, 表明本算法对于正对的车辆有较高的准确率, 符合人类视觉感知的过程可实时的对图像进行车牌检测, 可同时检测单幅图片的多个车牌. 但对于光线过暗、过强或者颜色失真的情况, 仍需要进一步的研究.

关键词: 计算机辅助定位; 视觉感知; 车牌; 多尺度; 边缘对

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2018)09-2188-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn> **DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2018.09.020

License Plate Detection Algorithm Based on Computer Multi Scale Assist

WEI Ting¹, QIU Shi², LI Chen³, WANG Rui⁴

(1. Xi'an Technological University, Xi'an, Shaanxi 710021, China;
2. Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS, Xi'an, Shaanxi 710119, China;
3. Institute of Deep-sea Science and Engineering of CAS, Sanya, Hainan 572000, China;
4. Xi'an Municipal Public Security Bureau, Xi'an, Shaanxi 710002, China)

Abstract: There are the characters of large data, strong effectiveness and complex environment in a single-frame image of illegal encroaching vehicles, the detection of illegal encroaching vehicles requires amount of experimental work and labor. In the process of positioning license plates, people cannot avoid some interference such as experience, fatigue, which results in missing and misplacing license plates. The computer-assisted location algorithm of license plates is proposed from the perspective of visual perception, and used the method of multiple scales in this paper. Simulating the visual perception principle, the computer successively focused to the license plate area according to vehicle characteristics, texture features, and color characteristics scale. We put forward a complete license plate positioning process for the single-frame image and propose an accurate location algorithm for license plate area based on boundary pair. The experiments on real traffic images show that the proposed algorithm has a higher accuracy rate when the image is acquired from the head or rear of vehicles, and is consistent with the process of human visual perception, and can detect multiple license plates on the single image at the same time. But further study need to be carried in the situation of too dark environment, too bright light or color distortion.

Key words: computer assisted location; visual perception; license plate; multi-scale; boundary pair

1 引言

随着生活水平的提高, 人们对出行有了更高的要求, 越来越多的车辆涌现到交通中. 如何高效准确的管

理交通系统成为了当前重要的研究课题^[1,2]. 其中违章占道、停车的采样处理工作巨大. 需要投入大量的人力对此违章行为进行拍照存档, 分析并录入. 据报道, 单个工作日单辖区违停采集图像, 需要专业警官至少连续

工作 3 小时,才能全部录入,而节假日甚巨.在此过程中,无法避免因疲劳、熟练程度不同,导致误检测,会引起不必要的纠纷,所以提高检测效率,提供检测准确率是当前急待解决的问题.

近年来计算机成像和处理技术飞速发展,使得现代智能交通管理成为可能,其中通过车牌检测对车辆进行管理是常用的方式.但面对拍摄过程中产生的大量图像数据中车辆所在位置的不确定性,导致车牌定位效率低和准确率低.为此,国内外学者展开了深入研究,基于纹理特征^[3-6]的算法,在指定区域内,构建边界提取算子,形成特征进行判别,确定车牌所在区域.基于颜色特征^[7-9]的算法,根据车牌设计的颜色组合分布特征,构建多通道颜色模型实现车牌定位.以上两类算法均是从单一特征角度构建模型,仅适用简单环境下的车牌定位.近年来,学者提出基于多特征融合^[10,11]的算法将纹理与颜色特征相融合,实现快速对车牌区域进行定位.基于机器学习的算法^[12-14],构建特征学习模型,动态对图像中目标区域进行分类,确定车牌区域.

以上算法仅从图像特征角度构建模型,忽略视觉认知过程,难以同时保证速度与精度的要求.为此,本文

对视觉认知过程进行研究,提出计算机多尺度辅助车牌检测算法,从车、纹理和颜色三尺度对图像进行层层聚焦,并提出边缘对的车牌定位算法,快速准确的实现车牌定位,满足实际需求.

2 本文算法

物体能被感知,主要是由眼和脑共同作用与加工的结果.格式塔心理视觉学派^[15-17]认为眼睛感知信息的能力是有限的.当信息过多时,眼睛会通过大脑将信息按某种关系组合进行简化,予以辨识.

视觉感知车牌所在位置的过程如图 1 所示:面对各种场景拍摄出的海量图像数据,警官首先观察整幅图片,对图像有个整体的认识,聚焦至车所在位置(第一次视觉感知).然后聚焦到类似车牌的矩形区域(第二次视觉感知).最后根据车牌颜色组合特征(第三次视觉感知)确定车牌所在位置.计算机模拟该过程,辅助警官做出正确的定位.首先构建变形部分模型聚焦至车辆所在区域(车尺度),然后构建边缘对算子对疑似车牌区域进行定位(纹理尺度),最后根据车牌设计特点,从颜色组合角度确定车牌位置(颜色尺度).

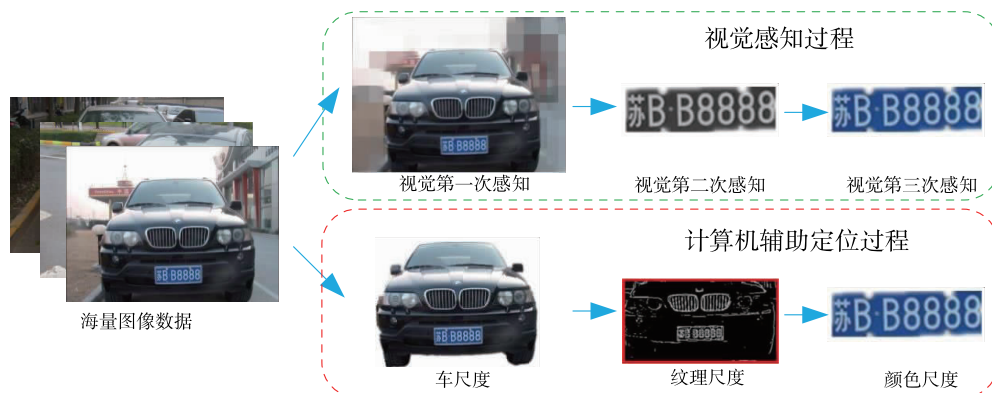


图1 视觉感知过程图

2.1 车量特征尺度的提取

车辆是由车身、车灯和车窗等部件组成.综合运用部件组合可有效确定车辆位置.设计基于变形的部分模型^[18,19],引入训练机制,通过学习结构组件,形成潜在的支持向量机,确定车量位置.

首先对输入的大量标记图像平滑采样形成图像金字塔和变化的 HOG 特征来组成本层特征金字塔.然后构建变形的部分模型(DPM)检测特定位置是否含有所需的部分,公式如下:

$$g_{\beta} = \max_z \beta \cdot f(y, z) \quad (1)$$

其中 g_{β} 为包含所需部分的可信度, β 为模型参数, y 表示图像金字塔特征值, z 为部分相关度, $f(y, z)$ 表示部分形变函数.

根据拍摄违停车辆主体保持正对的特点,分别对

车灯、车窗区域(车辆正对或者偏移不大的图像)进行学习和训练,得到车灯区域(红色框)、车窗区域(黄色框)若两者都满足,则确定车的位置,如图 2 所示.从而对车位置进行聚焦,简化图像.

确定车位置后,需进一步确定车牌所在区域,简化图像,下一节将从纹理特征尺度进行阐述.

2.2 纹理特征尺度的提取

据报道:矩形具有稳定、可识别性,并且符合车辆佩戴特点.为此全球大部分车牌均以矩形设计.本节以纹理特征尺度分析,实现车牌位置的定位.

通过上一节算法,已定位出车灯所在区域,根据车辆设计特点,车牌应在车灯所在区域.所以聚焦至车灯区域将彩色图像转化为低维图像,以满足实际应用需求.然后进行高斯滤波实现平滑滤波去除噪声干扰,并



图2 车提取图

且运用 Robert 算子提取出边界区域.

再根据车牌设计的纹理特征和成像特点,对平滑后图像垂直滤波,加强车牌垂直边界特点,提取加强的垂直区域,最后寻找左右边缘对实现车牌的定位.其具体步骤如下:

(1) 图像降维,以降低运算时间.公式如下:

$$I_g(x, y) = 0.299R(x, y) + 0.587G(x, y) + 0.114B(x, y) \quad (2)$$

其中 $R(\cdot)$ 、 $G(\cdot)$ 、 $B(\cdot)$ 分别代表红、绿、蓝三通道的颜色强度值, $I_g(\cdot)$ 为对应点的灰度值,效果如图3所示.

(2) 图像归一化,滤波平滑,去除噪声干扰.

$$I_{gu}(x, y) = \exp\left(-\frac{I_g(x, y)}{I_{g \max} - I_{g \min}}\right) \quad (3)$$

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{(x^2 - y^2)}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

$$I_b(x, y) = I_{gu}(x, y) \otimes G(x, y) \quad (5)$$

其中 $I_{g \max}$ 、 $I_{g \min}$ 分别为灰度图像的 I_g 最大值与最小值. $G(\cdot)$ 为高斯滤波核, I_b 为滤波后图像.

(3) 根据车牌的设计特点:边界类似矩形,牌照由数字、字母等部分组成.则采用 Robert 算子,以直方图算法自适应选取阈值,实现边界提取.保留所有边界信息,但此时车牌边界多与其他边界区域相连,无法准确定位车牌的位置,如图4所示.

(4) 由于监控设备拍摄方位和车牌位置多存在一定角度,使得车牌在图像中显示并不是一个正对矩形.根据成像及几何原理,长度短边相比长度长的边形变小,所以对图像 I_b 垂直梯度滤波,加强垂直边界响应,公式如下,其中垂直梯度滤波核函数为 V , H 为响应滤波器高度.滤波后图像记为 I_c (如图5),然后对 I_c 采用 Robert 算子提取出垂直边界(如图6).

$$V = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}_{H \times 3} \quad (6)$$

(5) 根据车牌设计特点,两垂直边之间存在数字或字母区域,图像提取边界细化后,多以空心字体为主.从图像学角度表现为指定长度线段,经过多次间断通过

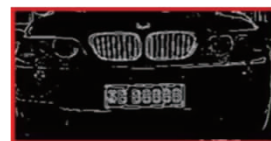
图3 灰度图(I_g)

图4 提取边界图

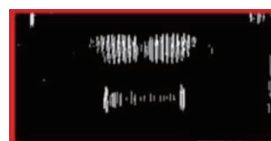
图5 垂直滤波图(I_c)

图6 提取垂直边界图

同一连通区域.利用此特征可对车牌区域予以确认.具体如图7所示,对垂直边界细化,得到2条线段(红色线),垂直长度分别记为 L_1 和 L_2 .取线段中点为起点,分别向水平方向以长度 L_1 和 L_2 寻找空心连通区域.如果仅单边满足条件则保留,确定左(右)边界,不满足则予以去除,保留左、右边界(图8).

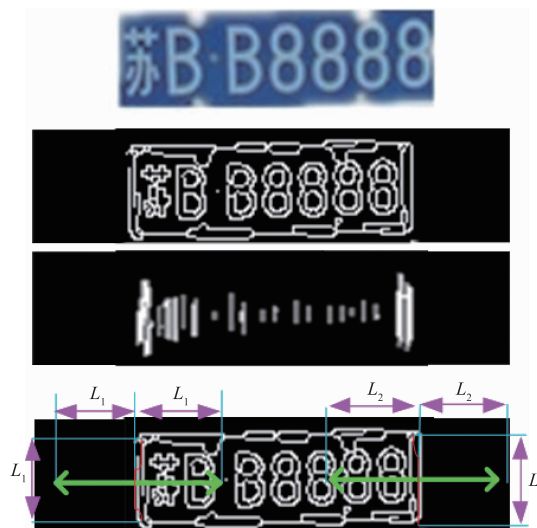


图7 边界特征图



(a) 左边界图

(b) 右边界图

图8 左右边界图

(6) 左右边界配对,令车牌长宽比为 W ,以水平方向左边界为基础,线段长度的 $0.8W$ 和 $1.2W$ 内寻找右边界.若满足条件则成功配对.反之则予以去除,得到边界对匹配图9.

通过本节算法定位,已大幅度降低了疑似区域的个数,但仍存在误检测的风险,需要从颜色角度进一步聚焦车牌区域.



图9 边界匹配图

2.3 颜色特征尺度提取

在实际交通中,计算机无法提前知道图像中所包含车牌的颜色,根据车牌设计特点,车牌多以 2 种主颜色组成,如表 1 所示.所以本章在 2.2 节提取疑似车牌区域的基础上,从颜色组合角度确定车牌区域.

为降低光线对车牌检测的影响,将图像 RGB 转化为 YUV 通道进行检测,统计颜色区域所占比例.

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U &= -0.147R - 0.289G + 0.436B \\ V &= 0.615R - 0.515G - 0.100B \end{aligned} \quad (7)$$

表1 车牌颜色组成及比例表

类型	主色调颜色	比例
	白/蓝	1/2.8
	黑/黄	1/2.6
	白/黑	1/3.1

对 1000 幅图像车牌区域、非车牌区域进行手工标记,作为训练样本,利用支持向量机对不同类型车牌颜色进行训练,学习不同车牌的颜色组成归为两类.统计

颜色所占比例,对疑似车牌区域进行检测,若满足或间接满足某类车牌的颜色比例,则对其保留,不满足去除.下表为部分类型车牌颜色组成及比例.

3 实验结果与分析

验证算法性能,建立含有昼夜、不同分辨率(最大为 3264 * 2448,最小为 320 * 160)的车牌图像共计 3130 帧,组成实验数据库.并请专业的警官对车牌区域进行标注以当作实验的金标准.

算法检测结果如图 10 所示,分析可知文献[8]的算法仅考虑边界特征(蓝框),对于类似车牌边界的区域会出现误检测.文献[4]的算法仅考虑颜色特征(绿框),针对特定颜色车牌定位效果,若不符合所选取的颜色会出现漏检.以上算法均没有考虑车牌本身的特点,构建模型单一,并且默认图像中仅存在一个车牌,导致面对多个车牌时漏检.本文提出的算法以人类认知车牌的过程为出发点,构建多尺度检测模型,逐次聚焦,利用边缘对算法在保证检出率同时,降低了干扰的数量.具有较好的检测效果.可同时检出多个含有车牌、不同颜色组成的车牌所在区域.

采用假阴性率(False Negative Rate, FNR)、假阳性率(False Positive Rate, FPR)和单帧图像平均处理时间来评价算法定位的效果. FNR 表示实际为车牌区域,但算法检出该区域不是车牌区域的百分比,反映漏检测的情况. FPR 表示实际不是车牌区域,但算法检出该区域为车牌区域的百分比,反映误检率. FNR 与 FPR 均是越小越好.



图10 检测效果图

实验结果如表 2 所示,本文提出的算法从视觉成像原理,充分考虑整体性,步步简化图像,利用多尺度确定车牌位置, FPR 与 FNR 指标均优于主流算法.单帧

图像平均处理时间略逊于文献[8]的 0.35 秒每帧(1280 * 720 图像),但定位准确度大幅度提高,满足实际应用需求.

表 2 算法提取效果

评价方法	文献[8]	文献[4]	本文
FPR	0.23	0.15	0.05
FNR	0.33	0.28	0.12
单帧平均处理时间(S)	0.35	0.65	0.37

在实验中仍有定位不准确的情况,当光线变化过大时,边界模糊,颜色发生畸变导致漏检,如图 11 所示,后续需要进一步的研究。

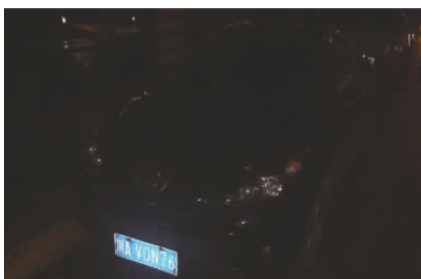


图 11 光线变化大的图像

4 结论

本文针对单帧图像中车牌难以快速准确定位的问题,提出了计算机多尺度辅助定位车牌算法.利用视觉感知原理,综合车、车牌自身边界及颜色特征多尺度对其进行提取,具有较好的定位效果.在一定程度上缓解了工作人员因熟练程度和不可避免的疲劳带来的错误和遗漏定位车牌的情况.但面对光线变化大和车牌角度大幅度变化时,需要进一步研究.

参考文献

- [1] Panchal T, Patel H, Panchal A. License plate detection using harris corner and character segmentation by integrated approach from an image[J]. *Procedia Computer Science*, 2016, 79:419 - 425.
- [2] Tabrizi S S, Cavus N. A hybrid KNN-SVM model for iranian license plate recognition[J]. *Procedia Computer Science*, 2016, 102:588 - 594.
- [3] Gou C, Wang K, Yao Y, et al. Vehicle license plate recognition based on extremal regions and restricted boltzmann machines[J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2016, 17(4):1096 - 1107.
- [4] 费继友,谢金路,李花,等.基于字符特征约束的自适应车牌校正提取[J]. *仪器仪表学报*, 2016, 37(3):632 - 639.
Fei J, Xie J, Li H, et al. Adaptive license plate correction and extraction based on character feature constraint[J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2016, 37(3):632 - 639.
- [5] Kim T, Kim E. A vehicle license plate recognition system using morphological ROI (Region of Interest) map generated from morphology operation [J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, 806(1):012004.
- [6] Makaoui K, Guennoun Z, Ghogho M. Improved license plate localization[A]. *Electrical and Information Technologies (ICEIT)*, 2016 International Conference on [C]. Tangiers, Morocco:IEEE, 2016. 402 - 405.
- [7] Tian Y, Song J, Zhang X, et al. An algorithm combined with color differential models for license-plate location [J]. *Neurocomputing*, 2016, 212:22 - 35.
- [8] Rashedi E, Nezamabadi-pour H. A hierarchical algorithm for vehicle license plate localization[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2018, 77(2):2771 - 2790.
- [9] Agarwal A, Goswami S. An efficient algorithm for automatic car plate detection & recognition[A]. *Computational Intelligence & Communication Technology (CICT)*, 2016 Second International Conference on [C]. Ghaziabad, India: IEEE, 2016. 644 - 648.
- [10] 陈庄,杨峰,冯欣,等.多尺度积角点检测和视觉颜色特征的鲁棒车牌定位算法[J]. *重庆大学学报:自然科学版*, 2016, 39(2):89 - 98.
Chen Z, Yang F, Feng X, et al. A robust license plate location algorithm based on multi-scale feature fusion corner detection and visual color features [J]. *Journal of Chongqing University*, 2016, 39(2):89 - 98. (in Chinese)
- [11] 杨硕,张波,张志杰.多特征融合的车牌定位算法[J]. *计算机应用*, 2016, 36(6):1730 - 1734.
Yang S, Zhang B, Zhang Z. Vehicle license plate location algorithm based on multi-feature fusion[J]. *CODEN JYI-IDU*, 2016, 36(6):1730 - 1734. (in Chinese)
- [12] Miyata S, Oka K. Automated license plate detection using a support vector machine [A]. *Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)*, 2016 14th International Conference on [C]. Phuket, Thailand, IEEE, 2016. 1 - 5.
- [13] Jo J H, Kang D J. An ensemble classifier based method to select optimal image features for license plate recognition [J]. *The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, 2016, 65(1):142 - 149.
- [14] Liu Y, Huang H, Cao J, et al. Convolutional neural networks-based intelligent recognition of Chinese license plates[J]. *Soft Computing*, 2018, 22(7):2403 - 2419.
- [15] Friis J K B O. Gestalt descriptions embodiments and medical image interpretation[J]. *Ai & Society*, 2017, 32(2):209 - 218.
- [16] 邱实,汶德胜,冯筠,等.一种新策略的肺结节检测算法[J]. *电子学报*, 2016, 44(6):1413 - 1419.
Qiu S, Wen D, Feng J, et al. A new strategy lung nodules

- deteccion algorithm[J]. Acta Electronica Sinica ,2016,44 (6):1413 – 1419. (in Chinese)
- [17] 钱夔,宋爱国. 一种改进型机器人仿生认知神经网络 [J]. 电子学报,2015,43(6):1084 – 1089.
Qian B, Song A. An improved bionic cognitive neural network for robot [J]. Acta Electronica Sinica , 2015, 43 (6):1084 – 1089. (in Chinese)
- [18] 曾接贤,程潇. 结合单双行人 DPM 模型的交通场景行人检测[J]. 电子学报,2016,44(11):2668 – 2675.
Zeng J, Cheng X. Pedestrian detection combined with single and couple pedestrian DPM models in traffic scene [J]. Acta Electronica Sinica , 2016, 44 (11); 2668 – 2675. (in Chinese)
- [19] 曹明伟,余焯. 基于多层背景模型的运动目标检测[J]. 电子学报,2016,44(9):2126 – 2133.
Zeng M, YU Y. Moving object detection based on multi – layer background model [J]. Acta Electronica Sinica , 2016,44(9):2126 – 2133. (in Chinese)

作者简介



魏 亭 男,1975 年生,西安工业大学讲师,硕士,研究方向:智能检测与控制、计算机控制.

E-mail:83094738@qq.com

邱 实 (通信作者) 男,1986 年生,中科院西安光学精密机械研究所助理研究员,博士,研究方向:图像处理、模式识别.

E-mail:qiushi215@163.com

李 晨 女,1991 年生,中国科学院三亚深海科学与工程研究所助理工程师,硕士,研究方向:图像处理、模式识别.

E-mail:lic@idsse.ac.cn

王 锐 男,1976 年生,西安市公安局警官,硕士,研究方向:计算机、交通管理、信息自动化.