

# 基于局部投影方差的快速车牌校正方法

汪敏倩, 卢书芳, 张元鸣, 张永良, 高飞

(浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 杭州 310023)

**摘要:** 车牌倾斜与错切校正作为车牌识别的重要环节, 虽已提出不少方法, 但仍存在准确度低、效率低等不足; 鉴于现有方法的不足提出一种高效的车牌倾斜与错切校正方法; 首先, 根据车牌图像的投影方差存在着明显的局部性规律, 提取车牌的局部特征图像用于角度检测; 并提出一种基于坐标旋转的最大投影方差获取方法, 快速得到车牌水平倾斜角度和垂直错切角度; 此外, 针对字符本身的结构对于垂直错切角度检测的影响, 提出相应的解决策略; 最终使用 3000 张情况各异的车牌进行实验; 实验结果表明, 在正确率比现有传统方法略高的情况下, 算法效率也得到大幅提升。

**关键词:** 倾斜校正; 投影方差; 旋转变换; 错切变换

## A Fast Correction Method for Vehicle License Plate Based on Local Projection Variance

Wang Mingqian, Lu Shufang, Zhang Yuanming, Zhang Yongliang, Gao Fei

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** As an important part of license plate recognition, a lot of tilt and shear correction methods of license plate have been put forward. However, there are still some deficiencies. In order to improve the efficiency and accuracy of the tilt and shear correction methods of vehicle license plate, a series of improvement measures are put forward. First of all, special parts are extracted from the vehicle license plate to be used for horizontal tilt correction and vertical shear correction respectively. Then, according to the distribution rule of the projection variance, the angle with the maximum projection variance in the horizontal direction and vertical direction will be found respectively. These two angles are corresponding to the horizontal tilt angle and vertical shear angle of the vehicle license plate. In order to eliminate the influence of the structure of characters, the corresponding strategy is proposed. Experiments were conducted on 3000 real vehicle license plates in different situations. The experimental results show that not only the accuracy of the proposed method is slightly higher than the existing traditional methods, but also the efficiency has been greatly improved.

**Keywords:** tilt correction; projection variance; rotation transformation; shear transformation

### 0 引言

当前, 车牌识别技术在停车场出入口、公路卡口等场景下得到广泛应用。车牌识别技术通常包括车牌定位、字符分割和字符识别等步骤<sup>[1]</sup>。其中, 车牌倾斜与错切对于字符分割具有重要影响。目前主流的车牌倾斜或错切校正方法主要分为五大类: 直线法、角点检测法、主方向分析法、方向场法和投影法。

直线法包括直线检测<sup>[2-3]</sup>和直线拟合两种方法。然而直

线检测法在边框缺失的情况下无法检测到正确的倾斜角度, 直线拟合法则在车牌存在污渍、字符粘连或者断裂的情况下, 也会出现偏差。角点检测法<sup>[4-5]</sup>在角点检测时易受到污渍干扰, 导致角点检测出错。主方向分析法所采用的分析手段分别有主成分分析法<sup>[6-7]</sup>、图像矩法<sup>[8-9]</sup>和 K-L 展开式法<sup>[10]</sup>。方向场法<sup>[11]</sup>则耗时长。此外, 以上方法只适用于车牌的水平倾斜校正, 对于车牌错切变形的情况则难以正确处理, 为此, 通常需结合其他方法进行垂直校正<sup>[12-13]</sup>。

投影法<sup>[14-19]</sup>利用车牌在倾斜方向的投影特征, 通过旋转图像或者 Radon 变换计算图像在不同角度上的投影找到投影特征值存在的角度即为车牌的倾斜角度。该方法能够适用于车牌的水平倾斜校正和垂直错切校正, 并且校正精度较高, 容易实现。因此, 在目前的车牌倾斜校正方法中被使用得比较多。然而, 现有投影法均需对车牌进行大量的旋转操作, 即使利用 Radon 变换, 也需要固定计算一定角度范围内每个角度上车牌的投影特征值, 所以该方法比较耗时。

### 1 车牌倾斜与错切校正流程

提出的快速车牌倾斜与错切校正方法主要利用了车牌局部投影最大方差的特征, 即车牌局部在其倾斜角度方向

收稿日期: 2018-07-05; 修回日期: 2018-07-31。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(C12412135, 61402410); 浙江省重点研发计划项目(2018C01064)。

作者简介: 汪敏倩(1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事计算机视觉与图像处理方向的研究。

张元鸣(1977-), 男, 博士, 副教授, 主要从事视觉大数据分析方向的研究。

张永良(1977-), 男, 博士, 副教授, 主要从事图像分析与识别方向的研究。

通讯作者: 高飞(1974-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事视觉感知与理解等方向的研究。

上投影值的方差将达到最大值。具体算法流程如图 1 所示。根据式 (1) 对车牌图像进行垂直错切校正, 其中,  $(x, y)$  为校正前的像素坐标,  $(x_1, y_1)$  为校正后的图像坐标,  $\theta$  为错切角度,  $H$  为车牌图像高度。

$$\begin{cases} x_1 = x \\ y_1 = y - \left(x - \frac{H}{2}\right) \times \tan\left(\theta - \frac{\pi}{180}\right) \end{cases} \quad (1)$$

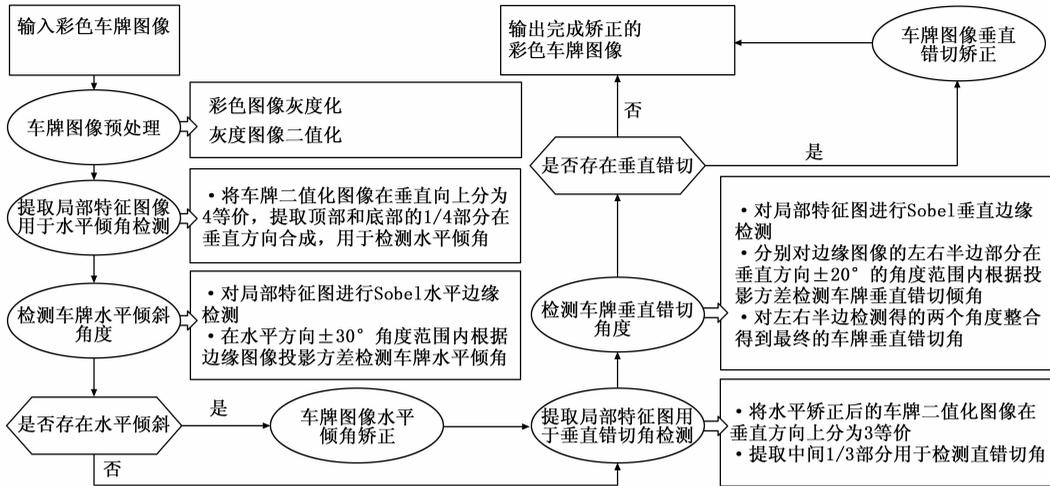


图 1 车牌倾斜与错切校正算法流程图

算法重点包含以下三方面的贡献: (1) 提取车牌图像中的局部特征图像用于车牌水平倾斜角度和垂直错切角度的计算, 避免对车牌无关部位的投影计算; (2) 探索一定角度范围内车牌投影方差的分布规律, 根据方差分布规律无需计算每个角度对应的车牌投影方差即可得到最大投影方差对应的角度; (3) 整合车牌左右两边的垂直错切角度得到最终的车牌垂直错切角度, 提高车牌垂直错切角度检测的鲁棒性。下面就这三部分分别进行介绍。

## 2 车牌局部特征图像提取

在实验过程中发现并不需要对一整幅车牌图像进行投影才能使其在倾斜角度方向上投影方差达到最大值。实际上, 导致车牌在其倾斜角度方向上投影方差达到最大值的只是车牌中局部区域的投影值。因此, 只需提取车牌中影响投影方差大小的局部区域作为局部特征图像, 并对这一图像进行不同方向的投影, 即可根据最大投影方差检测到车牌的倾斜角度。

在车牌中导致其在水平倾斜方向上和垂直错切方向上投影方差达到最大值的局部区域是不同的。首先以水平倾斜为例, 投影方差越大说明在此方向上车牌投影值的波动越大, 所以需要分析车牌中哪一区域在其水平倾斜角度方向上的投影值波动比较大, 而在其他角度方向上的投影值波动则比较平缓。如图 2 所示为同一车牌在不同方向上的投影图, 图 2 (a) 表示车牌在其水平倾斜角度方向上的投影图, 图 2 (b) 表示车牌在偏离其水平倾斜角度方向  $10^\circ$  的方向上的投影图, 图 2 (c) 表示车牌在偏离其水平倾斜角度方向  $-10^\circ$  的方向上的投影图。通过分析三幅投影图, 可

以明显看到图 2 (a) 所示的车牌在其水平倾斜角度方向上的投影值波动是最大的, 并且波动比较大的投影值主要集中在图 2 (a) 所示的虚线框区域中。而在图 2 (b) 和图 2 (c) 所示的虚线框区域中投影值曲线则没有明显的波动, 相比较于图 2 (a) 中的投影曲线更加平滑。

因此, 在车牌水平倾斜角度的检测过程中只需要关注虚线框区域内的投影值, 而无需关注虚线框区域以外的投

影值。虚线框区域内的投影值刚好对应着车牌的顶部和底部区域, 因此, 只需提取车牌的顶部和底部区域, 并将提取的 2 个区域在垂直方向上合成得到一个局部特征图像。在检测水平倾斜角度时只需要对这个图像进行不同方向投影即可找到最大投影方差对应的角度。如图 3 (a) 所示, 分别提取车牌的顶部四分之一和底部四分之一区域进行合成。

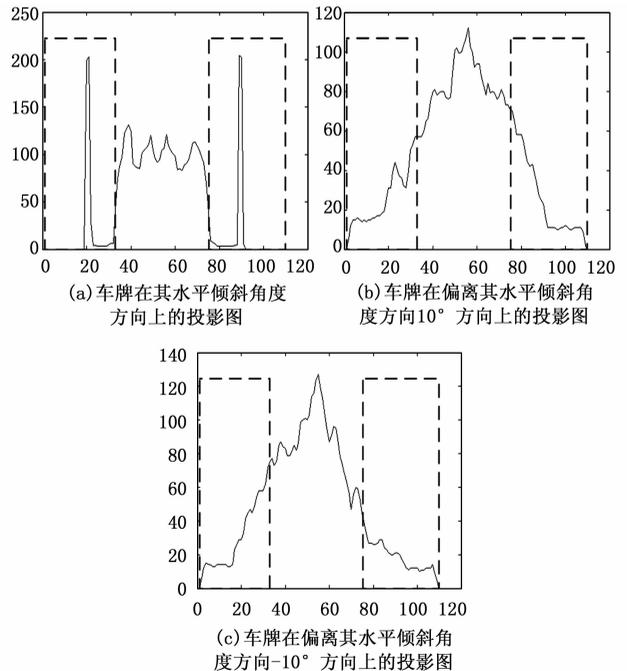


图 2 车牌在不同方向上的投影图

类似于水平倾斜的情况, 导致车牌在其垂直错切方向上投影方差达到最大值的主要是车牌字符与字符之间的投影值波动, 因此只需提取车牌中间字符区域计算投影值即可。如图 3 (b) 所示, 提取车牌中间三分之一部分用于检测车牌垂直错切角。

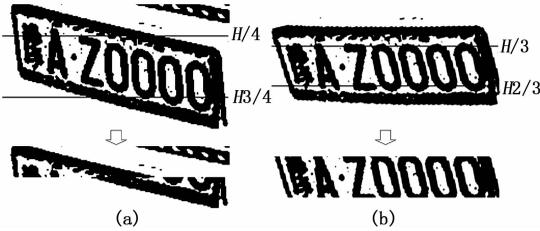


图 3 用于检测水平倾斜角和垂直错切角的局部特征图像提取示意图

### 3 水平倾斜角和垂直错切角检测

车牌水平倾斜角度的检测需要将提取的局部特征图像在水平方向一定角度范围内投影，并且找到投影方差最大的角度。车牌垂直错切角的检测则需要将提取的局部特征图像在垂直方向一定角度范围内投影，并且找到投影方差最大的角度。那么在一定角度范围内找最大投影方差对应的角度是否必须在每个角度上计算其投影方差呢？即使是对提取的局部特征图像而不是整张车牌图像进行投影，如果需要在每个角度上进行一次投影并计算投影方差，计算量仍然非常大。下面将介绍一种基于一定角度范围内车牌投影方差分布规律的最大投影方差判断方法，该方法不需要在每个角度进行投影即可得到最大投影方差对应的角度。

车牌垂直错切角检测和水平倾斜角检测的思路类似，下面就以水平倾斜角的检测为例进行介绍。图 4 展示了从某张水平倾斜角度为  $10^\circ$  的车牌中提取的局部特征图像的投影方差在偏离水平方向  $-30^\circ \sim 30^\circ$  之间的分布曲线图，可以看到偏离水平方向  $10^\circ$  的时候对应的投影方差处于曲线的峰值，两边呈递减的趋势。通过试验多张车牌，发现从多张车牌中提取的局部特征图像的投影方差都存在这个规律。根据这个方差分布规律，可以快速定位到车牌最大投影方差对应的角度，具体算法伪代码如图 5 所示。算法具体描述如下：

从水平方向  $0^\circ$  开始，使局部特征图像的坐标系往逆时针方向偏离水平方向  $30^\circ$  的方向旋转，旋转的步长为  $1^\circ$ 。每旋转  $1^\circ$  则将特征图像在图像的垂直坐标轴上进行一次投影并计算其投影方差。在这个过程中记录下最大的投影方差  $MaxVar_1$  和最大的投影方差对应的角度  $MaxAngle_1$ 。若在当前记录的  $MaxAngle_1$  之后连续 5 个角度方向上计算得到的投影方差都比记录的最大投影方差  $MaxVar_1$  的值小，则默认当前记录的最大投影方差  $MaxVar_1$  就是特征图像在偏离水平方向  $0^\circ \sim 30^\circ$  之间的最大投影方差，该最大投影方差对应的角度  $MaxAngle_1$  就是在偏离水平方向  $0^\circ \sim 30^\circ$  之间找到的车牌的水平倾斜角度。无需再继续计算特征图像在其他角度方向上对应的投影方差。

在此基础上，往顺时针方向从偏离水平方向  $-1^\circ$  开始，使局部特征图像的坐标系往偏离水平方向  $-30^\circ$  的方向旋转，旋转的步长同样为  $1^\circ$ 。按照同样的步骤记录最大投影

方差  $MaxVar_2$  的值和最大的投影方差对应的角度  $MaxAngle_2$  的值。最终比较  $MaxVar_1$  和  $MaxVar_2$  的值，选取较大值对应的角度作为车牌水平倾斜角度。

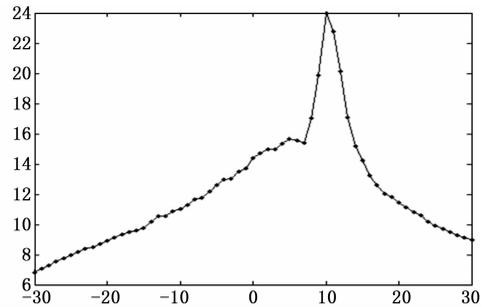


图 4 水平倾斜车牌特征图像的投影方差分布图

```

车牌水平倾角检测算法
Input: image used for detecting horizontal tilt
angle of vehicle license plate (IM)
Output: horizontal tilt angle (HAngle) of vehicle
license plate
MaxVar1=0, MaxAngle1=0, UpCount=5
for (i=0 to 30)
    Rotate image coordinate system i degree
    Project IM to the vertical axis, calculate the
    projection variance (Pvar)
    if (Pvar>MaxVar1)
        MaxVar1=Pvar
        MaxAngle1=i
        UpCount=5
    else
        UpCount=UpCount-1
    endif
    if (UpCount<=0) break
next
MaxVar2=0, MaxAngle2=0, DownCount=5
for (i=-1 downto -30)
    Rotate image coordinate system i degree
    Project IM to the vertical axis, calculate the
    projection variance (Pvar)
    if (Pvar>MaxVar2)
        MaxVar2=Pvar
        MaxAngle2=i
        DownCount=5
    else
        DownCount=DownCount-1
    endif
    if (DownCount<=0) break
next
HAngle=MaxVar1≥MaxVar2?MaxAngle1:MaxAngle2
    
```

图 5 车牌水平倾斜角度检测算法伪代码

### 4 车牌垂直错切角度确定

由于个别车牌字符形状在垂直方向上本身就存在一定的倾斜，比如“7”、“6”、“9”等字符存在往左边倾斜的现象。如果一个车牌中有连续几个字符都存在这样的现象，那么直接找到最大投影方差对应的角度作为车牌的垂直错切角很可能就会出现偏差。因此，为了避免这种偶然性的发生，提出了将用于检测车牌垂直错切角的局部特征图像分为左半部分和右半部分，在左半部分和右半部分分别使用第 3 节描述的方法检测出垂直错切角度  $\theta_1$  和  $\theta_2$ ，然后根据式 (2) 确定车牌最终的垂直错切角度  $\theta$ 。若两边检测

到的垂直错切角是同一个方向的, 可信度就比较高, 将选择较小角度作为车牌的垂直错切角度。若两边检测到的垂直错切角是不同方向且 2 个角度相差比较大, 则认为角度较大的一侧受到了字符本身倾斜的影响, 将选择较小角度作为车牌的错切角度。若两边检测到的垂直错切角方向不同且 2 个角度相差较小, 则 2 个角度的可信度都不高, 不能进行校正。

$$\theta = \begin{cases} \theta_1, & \text{if } |\theta_1| < |\theta_2| \ \&\& \frac{|\theta_1 + \theta_2|}{||\theta_1| + |\theta_2||} > 0.5 \\ \theta_2, & \text{if } |\theta_1| < |\theta_2| \ \&\& \frac{|\theta_1 + \theta_2|}{||\theta_1| + |\theta_2||} > 0.5 \\ 0, & \text{if } \frac{|\theta_1 + \theta_2|}{||\theta_1| + |\theta_2||} < 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

### 5 实验结果与分析

为了验证所提出方法的高效性和鲁棒性, 将提出方法与文献[16]提出的基于字符投影最小距离的车牌校正方法和文献[18]在车牌定位阶段中提出的基于车牌投影标准差的车牌校正方法进行了正确率和效率上的对比。文献[16]和文献[18]在思路都是采用典型的旋转投影法, 本文所提方法基本思路也是基于旋转投影, 因此实验中选择与这两种方法进行实验结果的对比。使用 3000 张不同场景下的真实车牌进行实验, 为了比较不同车牌倾斜校正方法的效率, 所有车牌在实验过程中均规格化为 204×54 的大小, 算法测试环境为: Windows 7, Visual Studio 2013, 计算机配置是 Intel (R) Celeron (R) CPU 1007U @ 1.50 GHZ, 4 GB RAM。

实验对比结果如表 1 所示, 其中正确率的统计中规定当检测到的车牌倾斜角度或者错切角度和真实车牌倾斜角度或者错切角度之间差值小于 2° 以内时认为检测正确。经过表 1 中的对比, 可以看出无论在车牌校正的正确率还是算法的运行效率上, 本文所提出的方法都要优于基于字符投影最小距离的车牌校正方法。和基于车牌投影标准差的车牌校正方法进行比较发现, 虽然在水平校正的正确率上本文提出的方法略低, 但是在水平校正和垂直校正的效率上远远高于基于车牌投影标准差的车牌校正方法。且通过对垂直错切角度检测的改进, 使所提出方法的垂直错切校正的正确率也高于基于车牌投影标准差的车牌校正方法。

表 1 不同车牌校正算法的正确率和效率比较

不同车牌倾斜校正算法	水平校正		垂直校正	
	正确率	平均耗时	正确率	平均耗时
文献[16]	81.7%	175.5ms	85.3%	164.2ms
文献[18]	99.8%	330.9ms	98.8%	87.5ms
本文方法	97.7%	29.5ms	99.8%	8.7ms

图 6 展示了其中 6 张车牌图像的倾斜校正效果。从图中可以看出, 利用基于字符投影最小距离的车牌校正方法对

第 1 张、第 2 张、第 4 张车牌的水平校正和垂直错切校正均失败, 且对第 3 张、第 5 张、第 6 张车牌的水平校正和垂直错切校正都存在偏差, 主要是因为受到污渍影响, 其二值化图在一定角度范围内各个角度方向上的投影距离都是相等的, 无法找到正确的车牌倾斜角度。利用基于车牌投影标准差的车牌校正方法对第 5 张车牌的垂直错切校正失败, 主要是因为车牌本身的字符“2”在垂直方向上存在向左的倾斜的情况, 导致整张车牌的倾斜角度检测失败。而使用本文方法进行垂直错切校正时, 可以避免由于字符本身倾斜角度的影响导致车牌倾斜角度检测出现偏差。

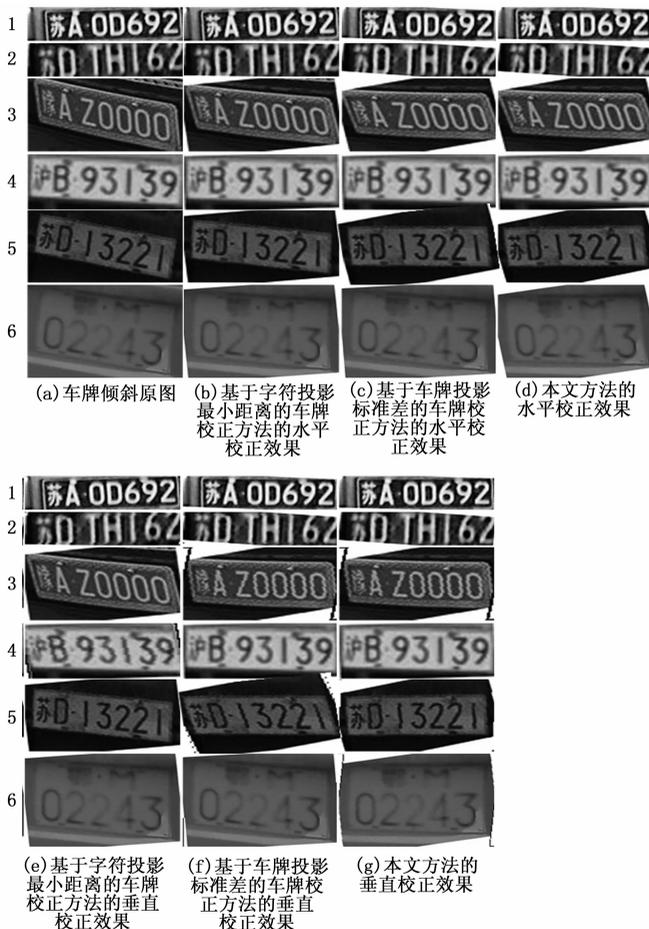


图 6 不同车牌倾斜校正方法的校正效果图

### 6 算法讨论

经过大量真实车牌图像的实验, 发现本文算法在垂直校正时还存在一定的局限性。如图 7 所示的车牌图像, 左半部分检测出来的是正确的倾斜角度, 右半部分受 2 个“6”字符的影响, 检测出来的角度变成了一 18°, 由于左右两边检测得到的倾斜角度是不同方向的, 而且 2 个角度相差又比较小, 因此认为 2 个角度的可信度都不高, 根据公式 (2) 得到的最终车牌的垂直错切角度就是 0°。这虽然避免了车牌的错误校正, 但也使得车牌不能进行正确的校正。所以将车牌分为两部分分别计算错切角还是没有根本性避免字符本身形状的影响, 在后续开发中需要找到一个更好

的方法来解决这个问题。或者在垂直校正的过程中选用其他不受字符本身形状影响的特征来代替投影方差特征进行垂直错切角度的检测。

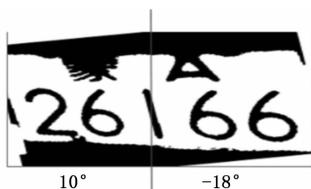


图 7 算法局限性

## 7 结论

针对现有方法的不足，本文提出基于局部投影最大方差的快速车牌倾斜与错切校正方法。该方法通过实验总结出局部投影即可反映车牌倾斜及错切角度的规律，在此基础上，提取车牌局部特征图像用于倾角检测。并提出一种基于坐标旋转的局部投影最大方差获取方法，从而可以快速得到车牌水平倾斜角度或垂直错切角度。此外，为了消除字符本身结构对于垂直错切角度检测造成的影响，提出了先左右分部检测再合成的策略。通过对大量真实车牌进行倾斜与错切校正实验，证明本文方法能够在保证正确率的前提下使算法的效率得到大幅度的提升，可满足实时性需求。

## 参考文献:

[1] 曾超, 陈雨. 车牌超分辨率重建与识别 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (3): 244 - 249.

[2] Hou X H, Liu H H. The Research and Improvement on Correction Algorithm of Inclination License Plate [J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 543: 2800 - 2803.

[3] Arulmozhi K, Perumal S A, Mohan M V, et al. Skew detection and correction of Indian vehicle license plate using polar Hough Transform research [A]. IEEE International Conference on Computational Intelligence & Computing Research [C]. 2013: 1 - 4.

[4] Hossen M K, Deb K. Vehicle License Plate Detection and Tilt Correction Based on HSI Color Model and SUSAN Corner Detector [J]. Smart Computing Review, 2014, 4 (5): 371 - 388.

[5] Guan Z, Song L, Song X. A New Algorithm Research of License Plate Tilt Correction [A]. International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modeling [C]. 2016: 138 - 140.

[6] 李智勇. 基于频域积分的振动信号处理方法 [J]. 汽车科技, 2009 (5): 28 - 30.

[7] 赵才友, 王平. 轨道交通扣件系统时频特性测试与分析 [J]. 振动、测试与诊断, 2014, 34 (1): 33 - 38.

[8] 张宇. 数字图像梯形畸变校正算法研究与视频实时校正应用 [D]. 安徽大学, 2014.

[6] 黄骥, 吴一全. 基于颜色对特征点主成分分析的车牌校正方法 [J]. 中国图象图形学报, 2008, 13 (4): 642 - 646.

[7] Wu G P, Ao M S, Shi C, et al. Slant Correction of Vehicle License Plate Integrates Principal Component Analysis Based on Color - Pair Feature Pixels and Radon Transformation [A]. International Conference on Computer Science and Software Engineering [C]. IEEE Computer Society, 2008: 919 - 922.

[8] 潘梅森, 郭国强. 基于图像矩的车牌号码倾斜校正 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19 (8): 1041 - 1045.

[9] Ju Z Y, Wang P D. License Plate Image Skew Correction Algorithm Based on Geometric Constraint [J]. Applied Mechanics & Materials, 2012, 220: 1389 - 1392.

[10] 吴一全, 丁坚. 基于 K-L 展开式车牌倾斜校正方法 [J]. 仪器仪表学报, 2008, 29 (8): 1690 - 1694.

[11] Ma X, Pan R, Wang L, et al. A method based on orientation field for skew correction of license plate [A]. IEEE Asia - Pacific Conference on Computational Intelligence and Industrial Applications, PACIIA [C]. 2009: 308 - 311.

[12] 杨立刚, 张兴会, 李兰友. 车牌照字符倾斜校正方法的研究 [J]. 仪器仪表学报, 2004, 25 (4): 696 - 697.

[13] Rong C, Yanping B. A Novel Approach for License Plate Slant Correction, Character Segmentation and Chinese Character Recognition [J]. Image Processing and Pattern Recognition, 2014, 7 (1): 353 - 364.

[14] Jiao J B, Ye Q X, Huang Q M. A configurable method for multi - style license plate recognition [J]. Pattern Recognition, 2009, 42 (3): 358 - 369.

[15] Du Y, Wu Z. An Approach to Horizontal Tilt Correction of Vehicle License Plate Based on Matchstick Model [M]. IEEE Computer Society, 2009: 1124 - 1127.

[16] Wang M, Wang G. An Optimization Algorithm of Vehicle License Plate Correction Based on Minimum Projection Distance [A]. the 9th international conference for young computer scientists [C]. 2008: 1701 - 1705.

[17] 李文举, 梁德群, 王新年, 等. 质量退化的车牌字符分割方法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16 (5): 697 - 700.

[18] Vladimir Shapiro, Georgi Gluhchev, Dimo Dimov. Towards a multinational car license plate recognition system [J]. Machine Vision and Applications, 2006, 17 (3): 173 - 183.

[19] 吴一全, 张金矿. 基于投影坐标 p 次方差及粒子群的车牌倾斜检测 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2010, 22 (1): 114 - 120.

[19] 黄漫国, 樊尚春, 郑德智, 等. 多传感器数据融合技术研究进展 [J]. 传感器与微系统, 2010, 29 (3): 5 - 8.

[20] 岳元龙, 左信, 罗雄麟. 提高测量可靠性的多传感器数据融合有偏估计方法 [J]. 自动化学报, 2014, 40 (9): 1843 - 1852.

[21] Moravec H P. Toward automatic visual obstacle avoidance [A]. Proc. int. joint Conf. arti Intelligence [C]. 1997.

(上接第 227 页)