# 一种基于鱼眼全景拍摄的畸变车牌校正方法

赵麒瑞，刘 煜
（国防科学技术大学信息系统与管理学院，长沙 410073）

**摘要：**由于全景图像的采集受到鱼眼镜头和各种因素的干扰，得到的车牌图像经常产生畸变，因此实现车牌图像畸变校正对提高车牌识别准确率具有重要意义。研究提出一种将畸变图像近似分割校正的方法，主要思路是将非线性畸变的车牌图像根据车牌字符特征进行近似分割，用线性近似替代非线性的思想确定角点，采用透视投影模型重构车牌图像，实现非线性畸变的车牌图像校正。实验证明，本文方法针对非线性畸变车牌图像的校正效果较为显著。

**关键词：**系统工程；非线性畸变；鱼眼全景；图像分割；透视变换
**中图分类号：**TP391 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-2850(2018)10-1052-06

# Correcting method of distorted license plates based on fisheye panoramic photography

ZHAO Qirui, LIU Yu
(*College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha* 410073, *China*)

**Abstract:** Since the collection of panoramic images is disturbed by the fisheye lens and various factors, the obtained license plate images are often distorted. It is important to achieve license plate image distortion correction to improve the accuracy of license plate recognition. This paper proposes a new method to segment distorted images for linear approximation. The main idea is to segment the non-linear distorted license plate images into linear parts according to the license plate character, searching for the corners of each part, then reconstructing the non-linear distortion of the license plate image by using the perspective projection model, finally realizing the license plate image correction of non-linear distortion. Experimental results show that the proposed method is effective for the correction of non-linear distortion license plate images.
**Key words:** system engineering; non-linear distortion; fisheye panorama; image segmentation; perspective transformation

## 0 引言

基于鱼眼镜头采集的全景图像中，车牌图像的采集由于受到拍照角度、空间位置、光照条件，特别是设备镜头以及车牌本身存在形变等一系列因素的影响，常常产生多种图像畸变。产生的图像畸变除了水平倾斜、垂直倾斜、不规则四边形畸变等线性畸变，还包括弯折、扭曲、局部比例失调等非线性畸变。车牌图像畸变对车牌字符分割、字符识别等产生极大干扰，影响车牌识别系统的准确率，因此，对车牌图像进行校正是提高图像鲁棒性、提升车牌识别准确率的重要途径。

现有的车牌畸变校正方法主要有直线检测法、投影最值法和角点检测法等。其中，直线检测法[1]主

**基金项目：**高等学校博士学科点专项科研基金（20134307120040）
**作者简介：**赵麒瑞（1988—），男，硕士研究生，主要研究方向：计算摄影
**通信联系人：**刘煜，副教授，主要研究方向：计算摄影. E-mail: jasonyuliu@nudt.edu.cn

要通过检测车牌的边框直线，求取倾斜角实现图像校正；投影最值法[2]主要通过字符投影的方法求取最大投影值，对应得到车牌倾斜角实现校正；角点检测法[3~11]主要通过检测车牌边框的角点，采用插值方法实现车牌的校正。直线检测法、投影最值法和角点检测法主要针对车牌的线性畸变，对出现非线性畸变的车牌图像校正效果较差。

本文在角点检测法校正车牌图像思路的基础上，提出一种针对非线性畸变图像的校正方法，主要思想是依据车牌字符特征，对非线性畸变的车牌区域进行近似分割，采用近似线性的方法对每个分割的畸形区域分别建立透视投影模型，实现非线性畸变图像的校正，具体过程如图 1 所示。

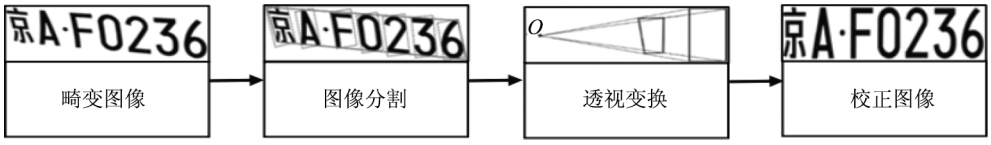



图 1 车牌图像畸变校正过程

Fig. 1 License plate image distortion correction process

## 1 图像分割

图像分割主要是将非线性畸变的车牌图像依据车牌字符特征进行近似的线性分割，采用局部处理的方法，寻找与车牌字符相应的特征控制区域，为方便计算，选取四边形区域作为分割区域。具体的算法设计步骤如下。

1）采用最小周长多边形[12]来求取字符边界，得到字符边界的多边形近似。如图 2 所示，求取最小周长多边形的过程，核心思想是将字符区域作为一组连接单元的集合，封入一条边界，允许边界收缩，边界受到这些集合单元的约束，进行收缩，得到字符的一个最小周长多边形。



图 2 字符最小周长多边形

Fig. 2 Character minimum perimeter polygon

2）求取最小周长多边形的凸多边形[12]。最小周长多边形的顶点与字符区域的顶点一致，可将多边形顶点分为凸顶点和凹顶点两类，凸顶点是一组 3 个点的中心，它定义了 $0^\circ<\theta<180^\circ$ 范围内的一个角，类似地，凹顶点定义了 $180^\circ<\theta<360^\circ$ 范围内的一个角。如图 3 所示，$B$ 为 $A$、$C$ 之间的凹顶点，删除 $B$ 点，将 $B$ 的相邻顶点直接相连，形成新的多边形，反复迭代这一过程，直到不存在凹顶点为止，得到字符边界的凸多边形。

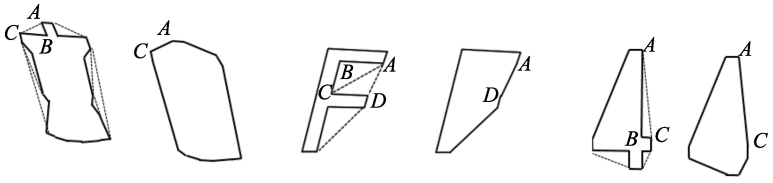



图 3 凸多边形

Fig. 3 Convex polygon

3）求取凸多边形的最小宽外接矩形，确定分割的小四边形区域。如图 4 所示，凸多边形的外接矩形必然经过多边形某一顶点和一条边，以外接矩形不能与多边形产生交点为限制，矩形的宽最小作为目标，得到最小宽外接矩形。进一步考虑字符边界特征，选定外接矩形与字符边界线段的交点，作为畸变

区域的小四边形交点，得到分割的小四边形。




a　　b

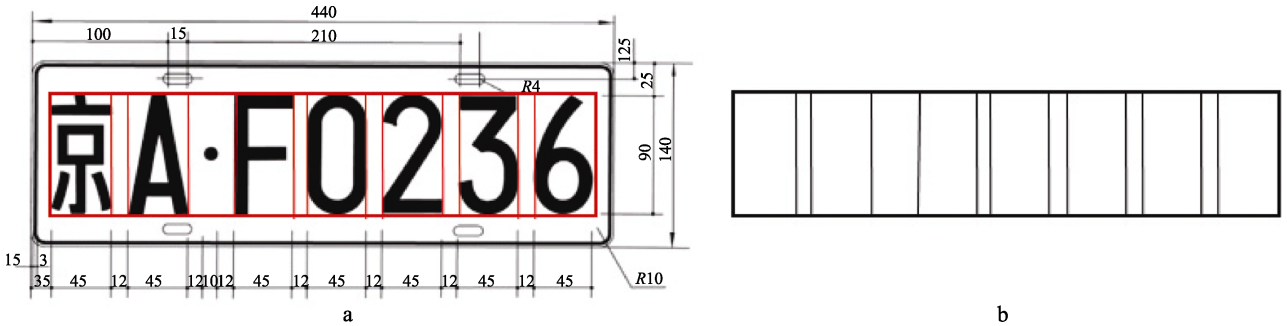
图 4　最小宽外接矩形（a）和分割四边形区域（b）

Fig. 4　Minimum width circumscribed rectangle (a) and split quadrilateral area (b)

## 2　透视投影模型

### 2.1　投影目标区域构建

基于如图 5a 所示的标准车牌图像，构造透视投影区域，如图 5b 所示，将字符区域分割成标准的小矩形，构建对应作为畸变车牌字符小矩形的目标区域。这里注意到特殊字符“1”的构建，较其他字符的构建稍窄。




a　　b

注：图 a 单位为 mm

图 5　标准车牌图像（a）及目标投影区域（b）

Fig. 5　Standard license plate image (a) and target projection area (b)

### 2.2　透视投影原理与构建

透视投影原理是常见的成像原理，是指随着观察角度的变化，假想看到物体的一个或多个侧面，按照空间直角坐标系的划分，相应地分为单点透视投影、双点透视投影和三点透视投影，为简化计算，本文采用单点透视投影建立透视投影模型。

二维图像的透视投影模型如图 6 所示，将畸变图像上的点 $P(x,y)$ 以某一中心点 $O$ 为单光源点，投影到正规标准矩形上的点 $P'(x',y')$. 图像的透视变换过程表示为

$$x'=\frac{A_1x+B_1y+C_1}{Dx+Ey+1},$$

$$y'=\frac{A_2x+B_2y+C_2}{Dx+Ey+1}.$$

透视投影是从一个平面到另一个平面的过程，分别根据畸变图像和正规标准矩形图像建立坐标系，确定畸变图像四边形角点坐标 $(x_1,y_1)$、$(x_2,y_2)$、$(x_3,y_3)$、$(x_4,y_4)$ 和正规标准矩形角点坐标 $(x_1',y_1')$、$(x_2',y_2')$、$(x_3',y_3')$、$(x_4',y_4')$，求解透视投影参数，求解的过程矩阵表示如下：

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ x_2' \\ y_2' \\ x_3' \\ y_3' \\ x_4' \\ y_4' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1'x_1 & -x_1'y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -y_1'x_1 & -y_1'y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2'x_2 & -x_2'y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -y_2'x_2 & -y_2'y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3'x_3 & -x_3'y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -y_3'x_3 & -y_3'y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4'x_4 & -x_4'y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -y_4'x_4 & -y_4'y_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \\ A_2 \\ B_2 \\ C_2 \\ D \\ E \end{bmatrix}.$$

求解透视投影参数，实现畸变图像的透视变换。如果畸变图形边界检测为曲线，则需要按照字符位置对其进行近似四边形的分割，并分别对每个分割的小四边形建立相应的透视投影模型，分别实现投影变换，得到相应的正规小矩形，再由这些小矩形进行拼接，得到正规标准矩形，最终实现图像畸变校正。

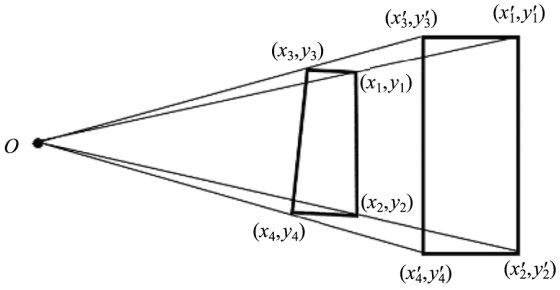



图 6 透视投影模型

Fig. 6 Perspective projection model

## 3 实验结果与分析

实验使用 Inter(R) Core(TM) i7-4710HQ CPU@2.50 GHz 和 8 GB 内存，分别选取人为加入非线性畸变的假车牌和实际采集的畸变车牌，进行分组实验。实验分别选取 100 张人为添加非线性畸变的假车牌图像和 100 张实际采集的车牌图像建立实验测试集，实验数据如图 7 所示。



a b

图 7 实验数据集

Fig. 7 Experimental data images

a—实际采集的畸变车牌图像；b—人为添加畸变的车牌图像

a-Actually acquired distortion license plate images; b-Manually added distortion license plate images

实验采用平均校正角度误差、校正图像和实际图像的像素的平均均方误差作为指标，衡量校正效果。实验结果如表 1 所示，由实验结果可以看出，人为添加畸变的车牌图像校正效果比实际采集车牌的校正效果更好，主要原因在于实际采集的车牌存在其他干扰因素，例如光照、车牌污损等。

**表 1 实验结果**

Tab. 1 Experimental results

| 图像样本 | 数量/张 | 平均校正角度误差/° | 平均均方误差/% | 最大误差角度/° | 最大均方误差/% |
|---|---|---|---|---|---|
| 人为添加畸变图像 | 100 | 1.1 | 12 | 3 | 18 |
| 实际采集图像 | 100 | 1.5 | 15 | 5 | 17 |

进一步，与现有的角点检测实现图像校正方法作对比实验，角点检测方法的校正结果如表 2 所示，角点检测方法实际上是对检测车牌边框的 4 个角点进行校正，本方法进一步检测每个字符的角点，用线

性逼近的方法，进一步提高了车牌图像畸变校正的效果。实验结果表明，本方法实现的非线性畸变车牌的校正，能够满足后续车牌字符分隔和识别的要求，对提高车牌的识别具有重要作用。

**表 2　传统的角点检测校正实验结果**

Tab. 2　Traditional corner detection correction experimental results

| 图像样本 | 数量/张 | 平均校正角度误差/° | 平均均方误差/% | 最大误差角度/° | 最大均方误差/% |
|---|---|---|---|---|---|
| 人为添加畸变图像 | 100 | 1.4 | 14 | 4.6 | 21 |
| 实际采集图像 | 100 | 1.6 | 17 | 6.2 | 20 |

分别从不同的车牌实验测试集中，挑选最大误差角度和最大均方误差的实验车牌进行分析。图 8 所示的车牌图片为产生最大误差角度的样本，主要原因在于车牌的采集偏斜角度太大，导致字符的凸多边形难以准确得到投影控制点。图 9 所示的车牌图片为产生最大均方误差的样本，产生较大误差的原因在于字符本身发生较大非线性畸变，导致字符的最大凸多边形不准确，最终影响到校正的效果。下一步工作将着重针对字符特征的提取进行判断，加入特征的选择判断机制，进一步提高校正的准确率。




图 8　最大误差角度的样本

Fig. 8　Maximum error angle samples




图 9　最大均方误差的样本

Fig. 9　Maximum mean square error samples

## 4　结论

基于鱼眼镜头采集的全景图像具有其固有的图像特征，车牌图像在采集过程中极易发生非线性的图像畸变，降低了车牌图像识别的鲁棒性。传统的车牌图像畸变校正方法主要针对的是线性的图像畸变，对非线性畸变的校正效果较差，本文提出的方法将畸变图像近似分割的思想与透视投影模型相结合，通过投影变换重构车牌图像，实现了非线性畸变的车牌图像的畸变校正，并在实验中取得了较好的效果。

**[参考文献] (References)**

[1] GUO J M, LIU Y F. License plate localization and character segmentation with feedback self-learning and hybrid binarization techniques[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 57(3): 1417-1424.

[2] 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.

[3] 吴一全，付晓莉. 采用角点信息和惯性主轴的车牌倾斜检测与校正方法[J]. 工程图学学报，2009，30（6）：127-131.
WU Y Q, FU X L. The method of detecting and correcting oblique license plate based on the corner points information and inertial principal axis[J]. Journal of Engineering Graphics, 2009, 30(6): 127-131. (in Chinese)

[4] 许晓伟，王知衍，曹晓叶，等. 基于灭点的倾斜畸变车牌图像快速校正方法研究[J]. 计算机应用研究，2008，25（8）：2405-2406，2409.
XU X W, WANG Z Y, CAO X Y, et al. Rapid skew distortion rectification for vehicle licenses plate images based on vanished points[J]. Application Research of Computers, 2008, 25(8): 2405-2406, 2409. (in Chinese)

[5] PAN M S, XIONG Q, YAN J B. A new method for correcting vehicle license plate tilt[J]. International Journal of Automation and Computing, 2009, 6(2): 210-216.

[6] 张美多，郭宝龙. 车牌识别系统关键技术研究[J]. 计算机工程，2007，33（16）：186-188.
ZHANG M D, GUO B L. Research on key technology of license plate recognition[J]. Computer Engineering, 2007, 33(16):

186-188. (in Chinese)

[7] CHANG S Q, LIU S Q, YUAN F, et al. Unified optical distortion correction method for imaging systems using a concise geometrical transformation model[J]. Optics Communications, 2017, 383: 223-230.

[8] HOU J, LI H F, ZHENG Z R, et al. Distortion correction for imaging on non-planar surface using freeform lens[J]. Optics Communications, 2012, 285(6): 986-991.

[9] 李建春，杨星，刘伟，等. 车牌倾斜校正研究综述[J]. 科技创新导报，2013（1）：252-253.
LI J C, YANG X, LIU W, et al. A survey of license plate tilt correction[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2013(1): 252-253. (in Chinese)

[10] GUAN Z J, SONG L M, SONG X R. A new algorithm research of license plate tilt correction[C]//Proceedings of the 2016 International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modelling. Beijing: Atlantis Press, 2016: 138-140.

[11] 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 Y, XIE J L, 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. (in Chinese)

[12] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing[M]. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2008.