

# 一种基于火柴棒模型的图像水平倾斜矫正算法

吴震宇, 杜宇人\*

(扬州大学 信息工程学院, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 针对二值化图像中待识目标倾斜的问题, 提出一种基于火柴棒模型的图像水平倾斜矫正算法. 首先将原图像二值化, 对该区域进行去噪处理, 获取目标区域, 然后构建“火柴棒”模型, 再采用该模型对图像进行水平倾斜矫正. 实验结果表明, 该方法能有效克服目标区域较小、附近干扰较多、边缘不清晰等情况带来的不良影响, 矫正效果良好.

**关键词:** 图像分析; 水平倾斜矫正; 火柴棒模型

**中图分类号:** TP 391. 41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007 - 824X(2009)04 - 0066 - 04

随着计算机技术的发展, 图像处理技术已广泛应用于智能交通系统<sup>[1-2]</sup>、条码识别、视频压缩和医学图像处理等领域. 在对图像进行识别时, 首先要对图像进行预处理, 如果获得的图像有一定倾斜角度, 那么就要对图像进行必要的矫正, 矫正效果的好坏将直接影响后续处理工作的进行. 倾斜矫正的具体方法有很多种, 传统的倾斜矫正方法的核心是采用 Hough 变换方法进行矫正<sup>[3]</sup>. 这类方法主要通过 Hough 变换<sup>[4-5]</sup>求得目标区域的边框, 以进一步确定目标区域的倾斜角. 大量的实验证明, 单纯使用 Hough 变换方法是不可靠的, 有必要寻找更好的方法. 通常的改进思路是采用最小二乘法<sup>[6]</sup>拟合直线的办法来代替 Hough 变换检测直线, 或将两者结合起来使用. 此外, 还有一些其他的矫正方法: 通过模板匹配先寻找目标固定时的顶点, 再重建目标所在的矩形区域, 从而矫正目标区域乃至整个图像<sup>[7]</sup>; 通过投影分析确定倾斜角度<sup>[8]</sup>; 研究图像上左右两边目标像素的平均高度<sup>[9]</sup>, 如果两边目标像素的平均高度不处于水平位置附近, 有比较大的起落, 就说明图像存在倾斜, 需要进行调整; 先求得目标区域的极大和极小特征点<sup>[10]</sup>, 再对它们进行投影, 求得目标区域的倾斜角, 最后进行图像旋转, 达到倾斜矫正的目的. 在本文中, 笔者拟提出一种基于目标特征的倾斜矫正方法. 该方法首先利用目标区域框架抽象特征对图像进行水平矫正, 再通过腐蚀去噪等操作得到长条块状, 构建“火柴棒”模型, 进而对图像进行水平倾斜矫正. 在本文的方法中, 经校正的检测系统的相机镜头与测试台成直角关系, 其成像透视的影响忽略不计.

## 1 火柴棒模型

在一般的倾斜矫正方法中, 几乎都是利用目标区域的颜色或梯度信息来完成矩形目标边缘的检测. 由于拍摄条件、运动目标模糊以及目标区域提取方法等诸多因素的影响, 往往导致所得的待处理目标区域的情况异常复杂, 对于这样的彩色或灰度图像, 几乎不可能找出一个通用的方法或某个特定不变的目标特征来适应所有的目标区域倾斜矫正, 于是考虑从二值图像出发, 寻找问题的突破口. 不管目标倾斜程度如何, 其在水平方向上的各个长条块应该基本上在同一直线上. 只须了解长条块的大概走势, 就可知道目标的倾斜程度, 如果这条走势线上存在比较固定的特征, 则只须检测这些特征就可以反过来确定这条走势线. 然而将各个长条块的中心作为检测特征是不可取的, 但可以利用长条块

收稿日期: 2009 - 05 - 07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(20299030); 扬州大学自然科学基金资助项目(KK0313090)

\* 联系人, E-mail: yzdyr@163.com

在走势线方向的跳变点作为检测特征。

为了便于说明问题,笔者将长条块框架进行抽象,用一根理想的、均匀的“火柴棒”代替一条目标线,即把目标区域上的所有目标抽象成等长的“火柴棒”,依次等距放置。“火柴棒”的中心连线与水平方向有一夹角,假设同时有一组等间距水平扫描线射向“火柴棒”,如图1(a)所示。在数学上很容易证明:当“火柴棒”中心线与水平方向夹角为 $0^\circ$ 时,射到“火柴棒”的有效水平扫描线数最少,同时穿过“火柴棒”的射线平均撞击“火柴棒”的次数最多,如图1(b)所示。

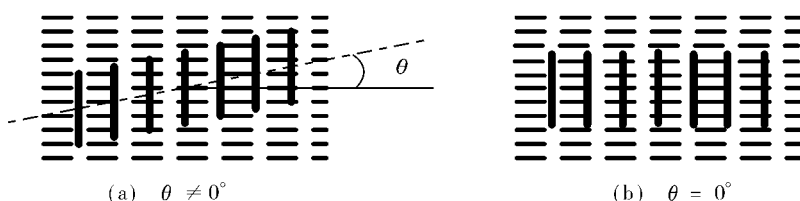


图1 “火柴棒”模型

Fig. 1 Matchstick model

由上述分析可知:可利用等间距的目标扫描线上的像素跳变信息来表征每条扫描线特征,通过确定有效扫描线数量和平均跳变点的个数判断水平倾斜角度。

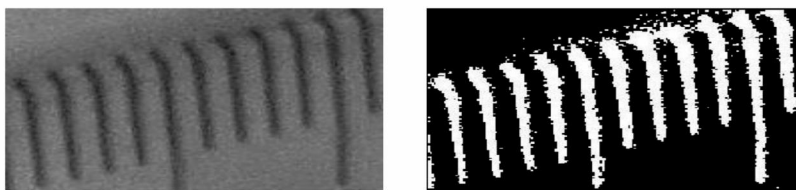
## 2 水平矫正的具体步骤

以标尺刻度的灰度图像为例,水平矫正的具体步骤如下。

1) 首先对图像进行边缘检测,然后根据各种先验知识设置一个大小适当的滑动矩形框,在整幅图像的有效区域上移动此矩形框,当框内边缘点密度最大时即为目标区域。

2) 对定位的目标图像 $B_1$ 进行同态滤波,削弱光照不均匀等带来的影响,然后应用改进背景补偿的二值化算法对图像进行二值化。

3) 二值化后图像扩充其行区域,以满足旋转需要。其中,原始图像 $B_1$ 及其二值化图像 $B_2$ 如图2所示。由于不明确水平倾斜方向(但实际标尺目标区域基本上向一个方向倾斜),后续步骤将对标尺目标区域分别进行顺时针和逆时针旋



(a) 原始图像

(b) 二值化后的图像

图2 原始图像和二值化后的图像

Fig. 2 Original image and its binary image

转 $0^\circ \sim 15^\circ$ 实验时标尺一般与镜头的横轴水平,因此旋转的角度不会很大),这样二值化图像中目标可能随着旋转而出原图像边界,因此须将图像的行进行扩充,上下各扩充 $r \times \sin(15^\circ)$ 行,其中 $r$ 为整个图像的长(因为最终是要倾斜矫正整个图像)。设行区域扩充后的图像为 $B_3$ ,如图3所示。

4) 对行区域扩充后的二值化图像进行腐蚀操作。腐蚀操作的目的是去除目标区域横向噪声的干扰(比如粘连)。图像二值化后部分图像将含有明显的横向噪声,这些噪声会对基于火柴棒模型的算法带来一些干扰,因此最好将其削弱或去除。腐蚀中选用 $[1, 1, 1, 1, 1, 1]^T$ 作为结构元素,经过该结构元素腐蚀后的二值化图像中横向噪声明显削弱或去除,同时标尺中的目标被腐蚀后,不论有无粘连情况,均出现断裂,形成规则的棒状,从而构造出火柴棒模型。设腐蚀后的二值化图像为 $B_4$ ,如图4所示。

5) 对腐蚀后的二值化图像进行等间距扫描。统计有效扫描行和平均每行跳变点数。为了提高倾斜矫正的精度,同时克服部分噪声的影响,采用隔行扫描方式。有效扫描行可以定义为具有标尺目标信息的行数,即该扫描行中须含有跳变点(“0”“1”或“1”“0”)。为了排除噪声点等的干扰,实际选取扫描行中含有跳变点数大于阈值 $T_{th}$ 的为有效扫描线(实验中 $T_{th}$ 取3)。如图5所示,图中长线表示有效扫描行。在等间距扫描时,记录整幅图像的有效扫描行的总和 $L$ 与所有对应有效扫描行中跳变



图 3 行区域扩充后的图像  
Fig. 3 The expanded row areas



图 4 腐蚀后的二值化图像  
Fig. 4 The eroded binary image

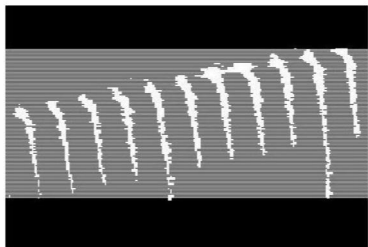


图 5 倾斜时的有效扫描行  
Fig. 5 Active scan lines in tilted condition

点的总数  $S_D$ , 计算有效扫描行平均跳变点数  $D_t$ ,  $D_t = S_D / L$ .

6) 在  $[-15^\circ, +15^\circ]$  范围(图像倾斜一般在这个范围), 从  $\alpha = -15^\circ$  开始, 以  $\Delta\alpha = 1^\circ$  为步长对二值化图像进行旋转, 即  $\alpha_n = \alpha_{n-1} + \Delta\alpha$  ( $n = 2, 3, \dots, 31$ ). 对每次旋转后的图像进行等间距扫描, 记录有效扫描行  $L(\alpha_n)$  和有效扫描行平均跳变点  $D_t(\alpha_n)$ , 其中  $\alpha_n = -15^\circ, -14^\circ, \dots, -1^\circ, 0^\circ, 1^\circ, \dots, 14^\circ, 15^\circ$ . 全部旋转完成后便得到 2 个数组  $L(\alpha_n)$ ,  $D_t(\alpha_n)$ .

7) 将数组  $L(\alpha_n)$ ,  $D_t(\alpha_n)$  作为判断条件, 确定倾斜角度, 并进行水平倾斜矫正. 先对有效扫描行数组  $L(\alpha_n)$  进行排序, 选择数组中最小值  $L_{\min}$  对应的  $\alpha_n = \alpha_{\min}$ , 那么  $\alpha_{\min}$  为倾斜角度, 如图 6 所示, 水平时有效扫描行最少. 再按以下 3 种情况进行修正: 判断  $L(\alpha_n)$  中最小值  $L_{\min}$  是否唯一, 若含 2 个或 2 个以上最小值  $L_{\min}$ , 则判断平均跳变点数组  $D_t(\alpha_n)$  对应的  $\alpha_n$  中数值, 选择其中最大的  $D_{t\max}$  对应的  $\alpha_n = \alpha_{\max}$ , 则  $\alpha_{\max}$  为倾斜角度; 在少数情况下, 存在 2 个或 2 个以上的  $\alpha_n$  对应着最小值  $L_{\min}$  与最大的  $D_{t\max}$ , 这时须判断  $\alpha_n$  中旋转角度绝对值, 取最小的  $|\alpha_n|$  作为最终的旋转角度; 若绝对值最小的  $|\alpha_n|$  也出现一致时, 即顺时针旋转和逆时针旋转的效果一样, 则认为图像原本已经水平, 不必旋转.

最后根据确定的旋转角度对倾斜的标尺目标区域图像  $B_2$  进行水平矫正, 设水平矫正后的二值化图像为  $B_5$ , 如图 7 所示.

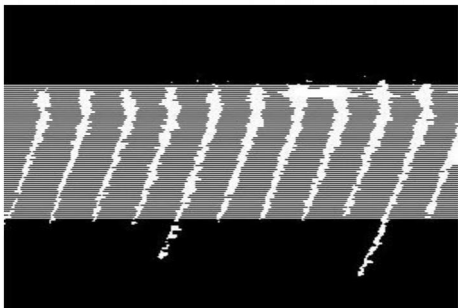


图 6 水平时的有效扫描行  
Fig. 6 Active scan lines in horizontal condition



图 7 水平矫正后的二值化图像  
Fig. 7 Horizontal tilt corrected binary image

### 3 实验结果

通过对 200 幅目标区域样本的测试, 结果表明: 使用 Hough 变换的水平倾斜方向正确检出率可以达到 85 % 左右, 误检率约为 10 %, 矫正失败率不超过 7 %; 而采用基于目标抽象特征的水平矫正方法的水平倾斜方向正确检出率可以达到 96 % 以上, 误检率不超过 2 %, 矫正失败率 2.5 % 左右, 具体数据如表 1 所示. 由此可见本文方法正确检出率高, 是一种较为理想的水平矫正方法. 部分实验图像如图 8 所示.

表 1 两种水平矫正方法的实验结果比较

比较项目	Hough 算法	本文算法
样本数/ 张	200	200
正确矫正数( $\pm 2^\circ$ / 张(检出率)	168(84 %)	193(96.5 %)
矫正失败数/ 张(失败率)	12(6 %)	5(2.5 %)
误检数/ 张(误检率)	20(10 %)	2(1 %)

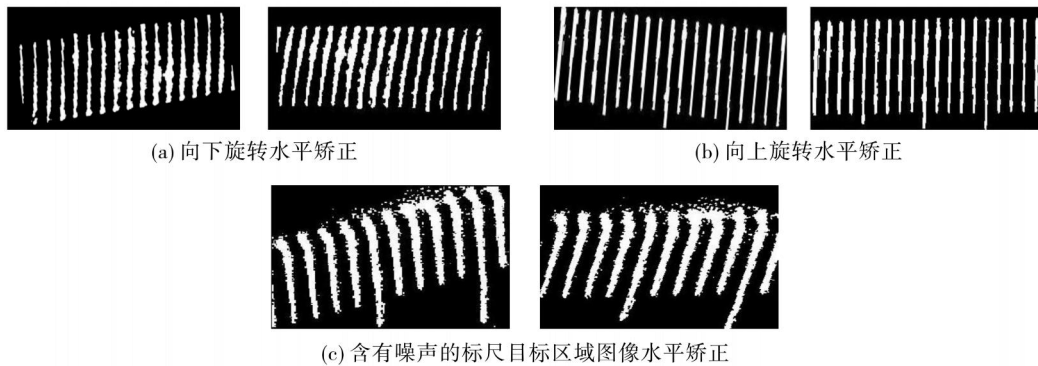


图 8 倾斜目标区域水平矫正

Fig. 8 Horizontal tilt correction using this paper approach

## 参考文献：

- [1] 杜宇人, 周爱军. 一种基于视频图像的运动车辆跟踪方法 [J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(3): 45-48.
- [2] 杜宇人, 高浩军. 基于车辆轮廓定位匹配的车型识别方法 [J]. 扬州大学学报: 自然科学版, 2007, 10(2): 62-65.
- [3] 包明, 路小波. 基于 Hough 变换的车牌倾斜检测算法 [J]. 交通与计算机, 2004, 22(2): 57-60.
- [4] KESIDIS A L, PAPAMARKOS N. On the inverse Hough transform [J]. IEEE Trans on Pattern Anal & Mach Intell, 1999, 21(12): 1329-1343.
- [5] PAN Yi, LI Ke-qin, HAMDI M. An improved constant-time algorithm for computing the Radon and Hough transforms on a reconfigurable mesh [J]. IEEE Trans on Syst, Man & Cybern: Part A, 1999, 29(4): 417-421.
- [6] CHANG Cheir-i, REN Hsuan, CHANG Cheir-rchi, et al. Estimation of subpixel target size for remotely sensed imagery [J]. IEEE Trans on Geosci & Remote Sensing, 2004, 42(6): 1309-1320.
- [7] SHIN B G, PARKS Y, LEE J J. Fast and robust template matching algorithm in noisy image control [C]// JOO D Y. International Conference on Control, Automation and System. Seoul, Korea: Institute of Control, Robotics and Systems, 2007: 6-9.
- [8] NAGABHUSHAN P, ANGADI S A, ANAMIB S. Geometric model and projection based algorithms for tilt correction and extraction of ascenders/ descenders for cursive word recognition [C]// International Conference on Signal Processing, Communications and Networking. Chennai, India: Department of Electronics Engineering Madras Institute of Technology, Anna University in Association with AU- KBC Research Centre, 2007: 488-491.
- [9] YOU D, KIM G. An efficient approach for slant correction of handwritten Korean strings based on structural properties [J]. Pattern Recognition Lett, 2003, 24(12): 2093-2101.
- [10] WU Guo-ping, CHENG Shi, AO Mir-si, et al. Slant correction of vehicle license plate based on feature point and principal component analysis [C]// SHEU P. International Conference on Computer Science and Software Engineering. Wuhan, China: IEEE Computer Society, 2008: 487-490.

## An approach to horizontal tilt correction based on matchstick model

WU Zhen-yu, DU Yu-ren \*

(Sch of Inf Engin, Yangzhou Univ, Yangzhou 225009, China)

**Abstract :** Since the identifying target area is tilt in binary images, an approach to horizontal tilt correction based on matchstick model is presented. First, the original image is binarized and the noise is removed to get the target area. Then the "matchstick model" is built up. This model is used to make horizontal tilt correction to the image. Experimental results show that this method is of great help in reducing those unfavorable influences caused by a relatively small target area, more interference and unsharp edges, etc. The result of correction is well.

**Key words :** image analysis; horizontal tilt correction; matchstick model

(责任编辑 时光)