

基于 Hough 变换的改进的纸币倾斜校正方法

艾朝霞

(榆林学院能源工程学院, 榆林 71900)

摘要 纸币清分机采集图像是在纸币快速进纸过程的情况下实现,不可避免地会发生倾斜,这为后续的图像分割和识别带来了困难。针对图像中纸币边缘检测结果通常断裂为若干直线段的现象,提出了一种基于 Hough 变换的改进倾斜校正算法,能够较准确地检测到图像的倾斜角度,从而实现纸币图像的倾斜校正。

关键词 纸币 倾斜校正 旋转反馈

中图分类号 TP391.41; **文献标志码** A

纸币清分机采集图像是在纸币高速进纸过程中进行的,纸币会发生倾斜。因此,倾斜校正是图像预处理部分的重要环节,倾斜校正的好坏对后续的图像分析和识别有较大影响。

纸币倾斜校正包括倾斜角度检测和图像的旋转,其核心在于如何检测出图像的倾斜角。目前,倾斜角检测的方法有许多种,主要可分为5类:基于 Hough 变换的方法^[1]、基于交叉相关性的方法^[2]、基于投影的方法^[3]、基于 Fourier 变换的方法和 K-最近邻簇方法^[4]。针对纸币本身的特点,还有人提出通过搜索纸币的边界角点来确定纸币的倾斜角度^[5],该方法虽然实现简单,快速,但是算法鲁棒性较差。当纸币图像本身变形,或者纸币图像存在缺角、折角,或者背景中存在干扰等情况时,纸币图像的四条边界并不构成一个矩形,会获得多于四个的边界角点,从而不能有效检测纸币的倾斜角。

1 Hough 变换的基本原理

Hough 变换^[6]是对图像进行某种形式的坐标变换,它将原始图像中一定的几何形状的直线或曲线变换成参数空间的一个点。即图像空间中给定形

状的直线或曲线上的所有点都集中到参数空间中的某个单元而形成局部峰值,这样就把在图像空间中检测直线或曲线的问题变成寻找参数空间中峰值单元的问题。

设直角坐标系中的一条直线方程为:

$$y = kx + b \quad (1)$$

式(1)中, k 为该直线的斜率, b 为该直线在 y 轴上的截距。我们也可用参数表示则为:

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2)$$

式(2)中 ρ 为从原点到直线的垂直距离, θ 为从 x 轴算起的角度,这条直线在 $\rho-\theta$ 平面中为一点,而在 $x-y$ 平面中通过一点的一簇直线变换到 $\rho-\theta$ 平面时,将形成一条类似正弦曲线的轨迹,也即在 $x-y$ 平面上一个点对应 $\rho-\theta$ 平面上一条曲线。若在 $x-y$ 平面上有三个共线点,它们变换到 $\rho-\theta$ 平面上为有一公共交点的三条曲线,公共交点的 $\rho-\theta$ 参数就是共线直线的参数。根据这个原理,可以用 Hough 变换提取直线,通常将 $x-y$ 平面称为图像平面,将 $\rho-\theta$ 平面称为参数平面。对于直线的检测问题而言,任意一条直线都可以用参数 ρ 和 θ 完全确定下来。

2 改进的纸币倾斜校正方法

理论上,对于纸币边界直线的检测,其上下边框对应最长的直线段,因此在纸币图像倾斜检测中可以利用纸币边框为最长直线段的特征,通过

Hough 变换来搜索累加器 $A(\rho, \theta)$ 的峰值,即找到纸币边框的位置直线。然而在实际应用中,由于图像对比度、纸币扭曲、图像数字化等原因,边界直线往往断裂为若干较短的直线,如图 1 所示,图中存在 11 条较短的直线段,都存在于纸币的边界上,如果纸币的倾斜角度为 θ ,则这些直线段的角度应该接近于 θ 或 $(\theta + 90^\circ)$ 的角度。基于本文方法的纸币倾斜校正的具体步骤为:

(1) 对纸币图像运用 Sobel 算子检测图像边缘,从而得到有效的纸币图像边界。



图1 直线段叠加到原图(7°)

(2) 使用 Hough 变换检测图像中的所有直线段,并求取它们的角度。此时直线段分别隶属于纸币的上下边界(θ_1)和左右边界(θ_2),假设直线段总条数为 N 。

(3) 去除某些非边界的直线段干扰,确定纸币候选倾斜角度 θ_{cand} 。首先,分别统计步骤(2)中隶属于 θ_1 、 θ_2 的平均值 θ_{1c} 、 θ_{2c} ,及对应直线段条数 n_1 、 n_2 (有 $n_1 + n_2 = N$),然后根据服从多数原则选取直线段较多的一类作为纸币的候选倾斜角度 θ_{cand}

$$\theta_{\text{cand}} = \begin{cases} \theta_{1c}, n_1 \geq n_2 \\ \theta_{2c}, n_1 < n_2 \end{cases} \quad (3)$$

此时,还无法确定 θ_{cand} 是上下边界还是左右边界的角度。

(4) 通过旋转反馈的方法确定纸币最终的倾斜角度 θ_{skew} 。首先,分别将边缘图像旋转 θ_{cand} 和 $-\theta_{\text{cand}}$ 角度,获得边缘图像 $f_{\text{rot}+}$ 和 $f_{\text{rot}-}$;然后,对 $f_{\text{rot}+}$ 和 $f_{\text{rot}-}$ 进行水平和垂直投影,获取对应的边界 (u_+, d_+, l_+, r_+) 和 (u_-, d_-, l_-, r_-) ,并计算纸币投影长宽比:

$$\text{rate}_+ = |l_+ - r_+| / |u_+ - d_+| \quad (4)$$

$$\text{rate}_- = |l_- - r_-| / |u_- - d_-| \quad (5)$$

最后,和实际纸币长宽比 $\text{rate}_{\text{real}}$ 最接近的角度即为纸币的倾斜角度 θ_{skew}

$$\theta_{\text{skew}} = \begin{cases} \theta_{\text{cand}}, | \text{rate}_+ - \text{rate}_{\text{real}} | < | \text{rate}_- - \text{rate}_{\text{real}} | \\ -\theta_{\text{cand}}, | \text{rate}_+ - \text{rate}_{\text{real}} | \geq | \text{rate}_- - \text{rate}_{\text{real}} | \end{cases} \quad (6)$$

(5) 将图像旋转 θ_{skew} 角度,如图 2 所示为倾斜校正后的纸币图像。



图2 倾斜校正后的图像

3 实验与分析

为了验证本文改进方法对纸币倾斜角度检测的有效性,本文对大量纸币图像进行了实验。此外运用本文方法对已分割的车牌图像进行倾斜校正。

如图 3,初步分割后的车牌图像存在一定的倾斜,在识别等处理前需要对其进行倾斜校正。运用本文方法检测到倾斜角度为 3° ,图 3(d) 是倾斜校正后的车牌图像。实验结果表明,本文的倾斜校正方法除了用于纸币图像外,也可用于如车牌等其他类似的图像处理中,具有较好的鲁棒性。

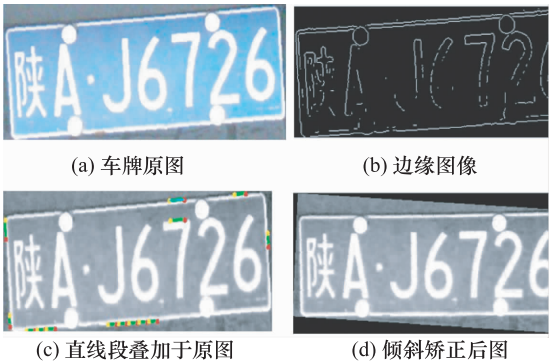


图3 对于车牌图像的倾斜校正

校正。

4 总结

人民币图像在采集到的整个图像区域会有小幅度的倾斜和偏离正中。本文使用 Hough 变换检测图像中的所有直线段,并求取它们的角度。此时直线段主要分布在纸币的上下边界 θ_1 和左右边界 θ_2 ,二者是近似垂直的,为了去除某些非边界的直线段干扰,算法首先分别统计 θ_1, θ_2 的平均值及对应直线段条数,然后根据多数原则选取直线段较多的一方作为纸币的倾斜角度 θ_{cand} ,此时 θ_{cand} 是纸币偏离水平轴的角度,但无法确定其顺时针偏离还是逆时针偏离。本文通过反馈的方法确定纸币倾斜角度。分别进行顺时针和逆时针旋转边缘图像,然后采用投影法获取旋转后纸币的上下以及左右边界,根据先验知识(纸币长宽比)确定 θ_{cand} 的方向。继而采用插值和背景补零的方式对人民币进行倾斜

参 考 文 献

1 Le D S ,Thoma G R,Wechsler H. Automated page orientation and skew angle detection for binary document images. Pattern Recognition, 1997;27(10):1325—1344

2 Yan J H. Skew correction of document images using interline cross-correlation. Vision Graphics Image Process: Graphical Models and Image Process, 1993;55(6):538—543

3 Steiherz T,Intrator N,Rivlin E. Skew detection via principal component analysis. In: Proceeding of International conference of Document analysis and Recognition, Bangalore, India, 1999;153—156

4 O'Goman L. The document spectrum for page layout analysis. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell,1993;15(11):1162—1173

5 童 春. 纸币面值与编号识别的算法研究. 广州:中山大学硕士学位论文. 2008

6 Illingworth J,Kittler J. The adaptive Hough transform. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987;9(5):691—698

An Improved Method for Banknote Tilt-correction Based on Hough-transform

AI Zhao-xia

(School of Energy Engineering , Yulin University, Yulin 719000 ,P. R. China)

[Abstract] It was inevitable to cause skew in the process of banknote quick feeding in image collection, which may make it difficult for the following-up image segmentation and recognition. For the traditional edge detection method, the detected image may break into several straight segments. To solve this problem, an improved banknote tilt-correction method based on Hough-transform is proposed, which can detect the tilt angle accurately.

[Key words] banknote tilt-correction rotating feedback