

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.04.009

基于灰度值差分的纸张计数算法设计

石 伟, 龙永红, 童文超, 李 健, 杨丹君

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 针对实际生产中机械式纸张计数存在成本高、噪声大的缺点, 采用基于灰度差分的纸张计数算法, 并且实验验证了其计数的准确性。基于灰度差分的纸张计数算法将排列整齐的纸张的图像进行灰度化后, 利用 Gabor 滤波器进行图像边缘增强, 并利用图像灰度投影后的灰度差分, 得到灰度像素曲线; 根据波峰与波峰之间的间隔初步判断 1 张纸的厚度, 排除干扰峰谷点后, 准确定位出波峰或者波谷的位置; 根据标记的位置, 实现对纸张进行计数。实验验证结果表明: 该算法能较好地实现对纸张的计数, 且简单易行, 准确率在 97% 以上。

关键词: 灰度值差分; Gabor 滤波器; 黑白条纹; 纸张计数

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)04-0047-05

Design of Paper Counting Algorithm Based on Gray Value Difference

Shi Wei, Long Yonghong, Tong Wenchao, Li Jian, Yang Danjun

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract : Aimed at the shortcoming of high cost and noise in mechanical paper counter, the paper counting algorithm based on gray value difference of paper was adopted and tested in order to resolve these issues from a visual way. After the image graying of neatly arranged paper, with the Gabor filter grayscale image edge enhancement, the gray pixel curve was obtained by using the gray value difference after gray projection. The thickness of a sheet of paper could be preliminarily judged based on the interval of peaks as the position of peak or valley could be accurately located after the exclusion of peak valley disturbance. Then paper counting was conducted according to the location markers. The counting results showed that this paper counting method could perform with simple operation, while the accuracy rate of paper counting achieved more than 97%.

Key words : gray value difference; Gabor filters; black and white stripes; paper counting

0 引言

在现代印刷造纸生产过程中, 经常需要对纸张或者形如纸张(如纸币等)的物品进行清点或计数, 纸张计数对印刷造纸生产具有重要的意义。目前, 纸

张或者纸币的计数一般采用机械式结构或传感器计数方式, 如银行采用的点钞机计数方式。但是机械式纸张计数方式对纸张的材质或厚度有较高要求, 而且计数范围较小, 计数所需要的时间也较长; 同时, 设备还会经常出现损坏或对纸张产生破坏, 在

收稿日期: 2015-05-06

作者简介: 石 伟(1990-), 男, 湖北随州人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为图像处理与机器视觉, 智能检测与控制, E-mail: 522167301@qq.com

计数时,机械设备在高速运转下会产生较大的噪声,严重影响工作环境和生活环境。因此,设计一种快速、准确的纸张计数方式具有重要意义。

国内外对基于纹理特征的纸张计数方式进行了一定的基础研究。苗良等^[1]从纸张叠层图像的纹理特征出发,通过LOG滤波等操作得到二值图像,然后用像素差分算法和差分统计方法获得纸张数目。李毅等^[2]从二维Gabor滤波和一维频率分析处理的角度入手,通过提取纸张边棱来对纸张进行计数。尹志武等^[3]从条纹分析的角度出发,提出了基于条纹计数及定位的二值化、滤波和求条纹升降沿三者结合的方法,此方法能有效提高条纹图像的信噪比。王富治等^[4]利用区域极值,对极值区域和非极值区域进行标记得到二值条纹,并对二值条纹进行计数,该方法具有较强的抗毛边、抗油墨及抗光照不均衡等性能。郑光等^[5]提出了一种基于数学形态学的纸张计数方法,通过二值形态学开闭及膨胀运算,填充纸张纹理中的孔洞,该方法能满足实际生产需要,实用价值较高。目前,相关纸张计数技术已被应用于实际生产^[6-9]。

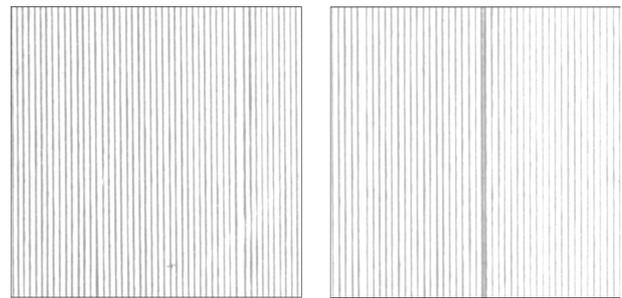
本文提出了一种基于灰度值差分的纸张计数算法,对厚度为0.07~0.09 mm的药品说明书类纸张进行计数。

1 纸张边缘图像特点分析

虽然获得的图像特征各不相同,纸张厚度也不一样,排列结构也有差别,但是纸张边缘具有一个共同特征,即在纸张码放均匀整齐的情况下,纸张边缘基本彼此平行,在获得的图像中,可以清楚地发现该边缘平行特征。由获得的图像分析可知,相邻纸张边缘两侧的灰度高低对比明显,而且这种灰度对比有规律地呈条纹状分布在整个图像中。从纹理分析的角度来看,纸张边缘有规律的条纹状分布可以近似地看作黑白间隔分布且重复排列的纹理图像。目前,一种认同度较高的纹理特性观点认为:纹理是由大量或多或少、相似的纹理元或模式组成的一种结构^[2-3],这与本研究中所提出的纸张边缘分布的图像特征十分相似。图1所示为采用线阵2400 dpi扫描仪,对纸张厚度为0.09 mm的药品说明书进行扫描,在纸张边缘排列整齐的条件下得到的纸张成像效果图。

从图1中可以看出,在纸张码放均匀整齐、纸张边缘基本上彼此平行的条件下,在获得的图像中,可以清楚地看到上文提到的规律,即在图像中,相邻

纸张边缘两侧的灰度高低对比明显,而且这种灰度的对比有规律地呈条纹状分布在整个图像中。



a) 原始图像 a b) 原始图像 b

图1 扫描得到的纸张成像效果图

Fig. 1 Two paper images obtained after scanning

虽然图1a与b 2个图像在排列规律上有微小的区别,如图1b中由于存在2张纸粘连在一起的情况,所以中间有1列条纹灰度值偏小,但是从总体上看,图1a与b中纸张图像边缘的纹理结构具有以下2个明显的排列规律:1)纸张图像的黑白间隔条纹呈现出周期性、重复排列的特征,因此可以得到纸张的基本周期性排列规律;2)纸张的条纹彼此之间基本上是平行的,并且具有方向性。因此,如果获得该近似纹理图像中关于黑白条纹的频率和方向信息,并据此信息滤出纸张边缘后,则最终获得计数结果就会容易很多,因为图像中纸张边缘的数目与纸张的数目是完全相等的。

2 应用灰度差分法的纸张计数方法

本研究所设计的纸张计数流程为:首先,将获得的纸张图像转化为灰度图;然后,采用Gabor滤波器,对灰度图进行边缘增强;其后,对增强后的灰度图选取一定长度的图像,并采用纵向灰度投影法,得到灰度曲线,且根据得到的灰度曲线进行灰度值差分计算,得到差分后的效果图;最后,采用计数算法,计算出纸张张数,显示计数效果图。具体流程如图2所示。

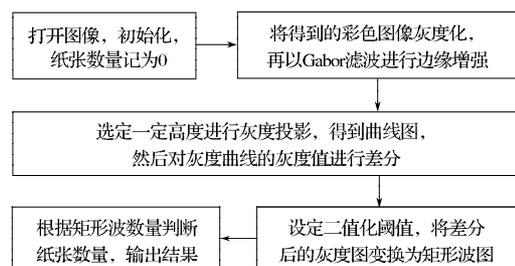


图2 纸张计数流程

Fig. 2 The paper counting process

2.1 图像灰度化

在实际生活中,大多数图像的格式是采用RGB模型来保存的,所以每个像素点都是由R、G、B 3种颜色组成,而图像中像素的灰度值则需要经过计算得到。一般情况下,一个三通道像素点的R、G、B值对应的灰度值可用式(1)计算得到。

$$imgGray = \frac{R+G+B}{3}, \quad (1)$$

式中: $imgGray$ 为灰度值, R, G, B 分别为红色值、绿色值、蓝色值。

2.2 图像边缘增强

采用Gabor滤波器进行图像增强可克服传统傅里叶方法的不足,能够较好地兼顾信号在空间域和频率域中的分辨能力,且具有易于调谐的方向和径向,与人类视觉系统相似。在图像处理、模式识别以及计算机视觉等领域中,Gabor滤波器得到了广泛的应用。20世纪90年代以来,研究者们对Gabor滤波器在纹理分割、物体检测、图像增强以及图像特征提取等方面的应用做了深入研究。常用的偶对称二维Gabor滤波器可以表示为:

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{u^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right)\right\} \cos(\omega u), \quad (2)$$

$$u = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad v = -x \sin \theta + y \cos \theta. \quad (3)$$

式中: θ 为Gabor滤波器的方向, σ_u 和 σ_v 分别为高斯包络在 u 轴以及 v 轴上的标准差 (u 轴平行于 θ , v 轴垂直于 θ), ω 为调制频率。

首先设计出大小为 5×5 的不同空间频率的Gabor滤波器模板,由于Gabor函数是一个被复正弦函数调制的高斯函数,在对纸张进行滤波时,使用滤波器的实部对纸张进行滤波。定义经过Gabor滤波器滤波后输出的图像 f_0 为

$$f_0 = |i(x, y) * h(x, y)|. \quad (4)$$

式中: $i(x, y)$ 为输入的灰度图像, $*$ 表示卷积运算。

2.3 灰度投影

灰度投影包括行投影和列投影,行投影就是将图像中每行中各点的灰度值相加而得,列投影是将图像中每列中各点的灰度值相加而得。将每行或每列的投影值在直角坐标系中描述,便得到灰度投影曲线。利用灰度投影曲线可以直观地看到图像中灰度信息的分布。纸张的条纹灰度具有明显的差异,因此,可以此作为纸张计数的方法。本研究中,为了减少计算量和保持像素值在0~255之间,采用统计每列像素灰度值的均值进行计算。

$$row(i) = \sum_{j=1}^n img(i, j), \quad (5)$$

$$col(j) = \sum_{i=1}^m img(i, j). \quad (6)$$

式中: $row(i)$ 表示图像第 i 行像素之和, $col(j)$ 表示图像第 j 列像素之和。

2.4 灰度差分计算

对灰度投影后的图像进行灰度差分计算,即统计投影后图像在投影区域的灰度值之和,用一维向量表示,将统计的灰度值向量起始值设置为0,然后采用依次后向差分的方式对灰度值进行相减操作,得到另一个一维向量,该向量的值即为对灰度值进行差分得到的结果。在本文中,选取的纵向高度为100,对原始图像进行灰度化以及投影差分后得到的结果如图3所示。

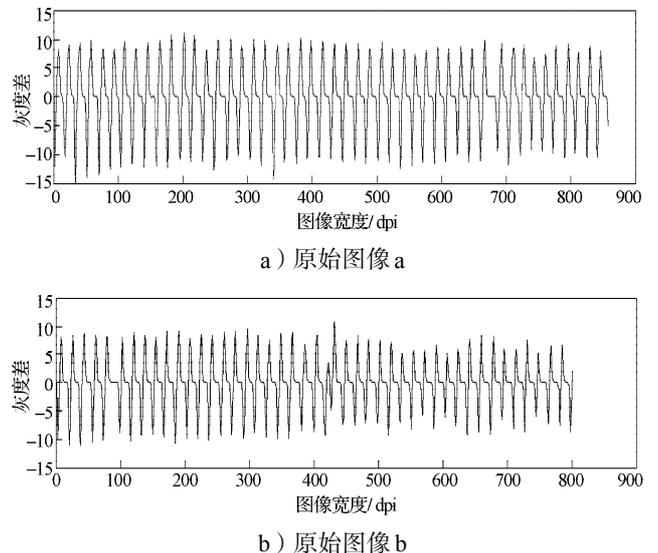


图3 对原始图像进行差分运算得到的效果图

Fig. 3 The renderings obtained after differential operation

由图3可以看出,上述对灰度值进行差分运算的方式局部有波型波动轨迹,对应于图1中的纸张明暗相间的条纹。由此可以看出:当纸张边缘处对应的灰度值较小而两张纸张的间隙部分对应的灰度值较大时,对图像进行差分计算后所得到的曲线中波谷对应于两张纸的间隙,而波峰对应于纸张,所以在对图像进行差分计算后的曲线中就会周期性地出现波峰和波谷,相邻的波峰和波谷之间的灰度差对应于图像中白色条纹到黑色条纹的跳变,这个跳变就可认为是两张纸之间的分割线。那么,根据这种特性便可设计算法,进而对纸张数量进行计算。

2.5 纸张计数算法

纸张计数算法采用以下方式进行:

1) 在对灰度投影曲线进行差分后得到的效果图

中,找出曲线中所有的波峰和波谷,然后分别找出两相邻波峰或者波谷之间的间隔长度,其后对所有的峰峰间隔或者谷谷间隔进行统计,找出出现频率较高的间隔长度,初步作为1张纸的厚度 len 。

2)根据差分后的投影图进行二值化操作,具体方法为:若灰度值在某一点处的值由小于0跳变为大于0,则认为此处存在1张纸,并将大于0的跳变点在原始图像中用黑色矩形标记出来。

3)从波峰或者波谷第1点开始判断,是否在 $[len-wid, len+wid]$ 的范围之内,其中, wid 是为了减少计数误差而自定义的一个常量,在本研究中取 $wid=3$ 。如果在此范围内,则进行下一步判断;否则,舍弃该点。

4)判断二值化后的波形图之间的像素宽度是否大于 $1.5*len$,若是,表明两者之间增加1张纸,否则进行下一处判断。

5)根据标记出的黑色矩形个数对纸张进行计数,同时在灰度图中用黑色矩形对纸张计数效果进行显示。

纸张计数算法的具体流程如图4所示。

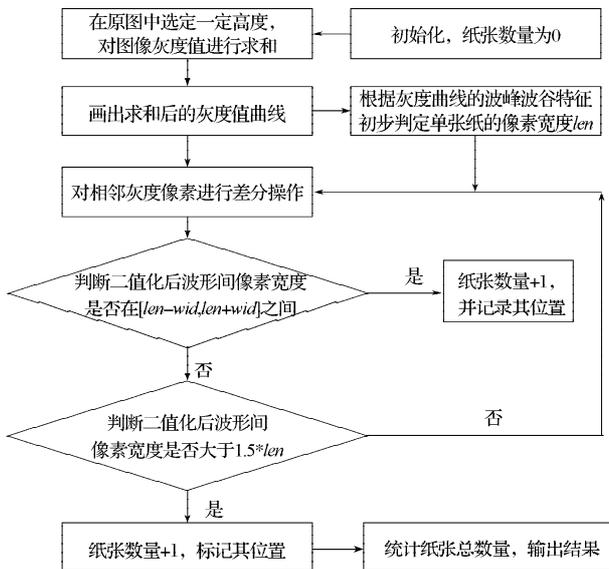


图4 纸张计数算法流程图

Fig. 4 The paper counting algorithm flow chart

3 实验与结果分析

为了验证灰度差分法对纸张计数的准确性,本文对图1中2种不同成像效果下的纸张进行计数,并显示其计数效果。因为本文所采用的纸张计数方法很大程度上依赖于差分曲线的性质,是根据曲线的波峰或者波谷进行计数的,所以在判断差分曲线的

波峰和波谷的性质后,根据上述纸张计数算法,对图1中的2种不同成像效果下的纸张进行计数,得到的计数效果如图5所示。由图5分析计算可知,根据差分曲线对纸张进行计数,其准确率在97%以上。

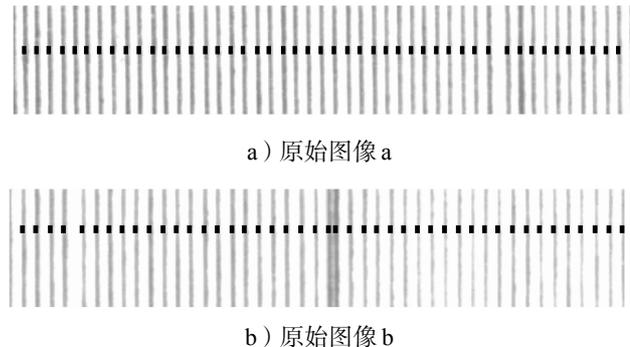


图5 原始图像的纸张计数效果图

Fig. 5 The counting renderings from two original graphs

由图5可看出:图a中间部分排列均匀,没有出现纸张粘连在一起的现象,除了在两端起止点出现漏检之外,计数效果较理想;图b中,纸张与纸张之间存在粘连在一起的现象,但从计数效果来看,在纸张粘连不是很严重的情况下,本文所采用的算法也能达到正确判断、实现较准确计数的效果。

为了验证本文采用的基于灰度差分算法对纸张计数具有较高的准确率,将本文算法和李毅等直接应用Gabor滤波器对纸张边缘进行提取的算法^[2]相对比,以比较其纸张计数的准确率,结果如表1所示。

表1 本文方法和李毅等的方法比较

Table 1 Comparison of this method and Li Yi method

算 法	图 像		
	图 1a	图 1b	
本文方法	实际值	48	45
	测试值	47	45
	误检 / 漏检	1	0
	准确率	97.91%	100%
李毅等的方法	实际值	48	45
	测试值	45	42
	误检 / 漏检	3	3
	准确率	93.75%	93.33%

由表1可以得出,对2种不同的纸张成像效果而言,采用本文提出的灰度值差分算法的准确率要高于李毅等的方法。同时,对于2种不同成像效果的纸张,本文所采用的方法,其准确率都达到了97%以上,尤其是在原始图像b中,虽然存在着2张纸粘连在一起的情况,但是本文提出的算法依然能够准确识别和检测出纸张数量,相对于直接利用Gabor滤波器进行边缘提取的方法有很大的改进和提高。本文

所采用的算法之所以要比直接应用 Gabor 滤波器进行纸张边棱提取的算法优异,是因为本算法中对纸张相邻条纹之间的性质进行了分析和处理,同时对纸张之间的间隙进行了准确的定位,减少了误检和漏检的数量,提高了计数准确率。

4 结语

对以上实验结果进行分析可知,在纸张排列整齐的情况下,本文所提出的在得到明暗相间条纹图像的基础上,采用一种基于灰度值差分的方法对纸张数量进行计数,其计数效果较好,准确率较高。在对灰度值进行差分的条件下,此纸张计数方法效果较好的根本原因在于差分方法能将纸张条纹特征较好地提取出来,因为明暗相间的条纹是判断纸张数量的根本依据,即通过黑白条纹的灰度差实现对图像特征的分析,同时通过对差分曲线中的波峰或者波谷的准确定位,得到纸张的数量。

基于灰度差分的纸张计数算法能够实现纸张计数的功能,但这种新的纸张计数方法中还存在一些问题,如纸张厚度差别较大及纸张之间排列参差不齐等情况下的计数准确率问题,这将是下一步的研究重点。

参考文献:

- [1] 苗 良,平西建. 基于纹理特征的纸张计数算法研究[J]. 信息工程大学学报, 2005, 6(4): 47-50.
Miao Liang, Ping Xijian. Algorithm of Paper Counting Based on Texture Feature[J]. Journal of Information Engineering University, 2005, 6(4): 47-50.
- [2] 李 毅,阮秋琦. 应用纹理分析的纸张计数算法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(9): 1042-1048.
Li Yi, Ruan Qiuqi. Algorithm of Paper Counting Based on Texture Analysis[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(9): 1042-1048.
- [3] 尹志武,程维明,陈明仪. 条纹图的图像处理方法[J]. 光学 精密工程, 1999, 7(1): 51-58.
Yin Zhiwu, Cheng Weiming, Chen Mingyi. Image Processing About Fringe Pattern[J]. Optics and Precision Engineering, 1999, 7(1): 51-58.
- [4] 王富治,黄大贵. 基于峰谷形态的纸张纹路分割算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(6): 103-107.
Wang Fuzhi, Huang Dagui. Paper Texture Segmentation Algorithm Based on Peak-Valley Morphological Feature [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2009, 23(6): 103-107.
- [5] 郑 光,陈幼平,余文勇. 基于数学形态学的纸张计数算法的研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23(21): 214-215, 261.
Zheng Guang, Chen Youping, Yu Wenyong. The Study of Algorithm of Paper Counting Based on Mathematical Morphology[J]. Microcomputer Information, 2007, 23(21): 214-215, 261.
- [6] 吴亚复,袁锦海,陈丽花,等. 一种基于非接触式视纸张计数方法和计数机: 中国, CN200410049579.7[P]. 2005-12-21.
Wu Yafu, Yuan Jinhai, Chen Lihua, et al. A Paper Counting Method Based on Computer Vision: China, CN200410049579.7[P]. 2005-12-21.
- [7] 修春波,徐 勐,宁思光. 纸张计数器: 中国, CN200910228936.9[P]. 2010-05-05.
Xiu Chunbo, Xu Meng, Ning Siguang. Paper Counter: China, CN200910228936.9[P]. 2010-05-05.
- [8] Chutatape O, Dawson B. A Thresholding Method for Blood-Aggregate Images[J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, 15(3): 103-108.
- [9] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.

(责任编辑:徐海燕)