

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2016.04.005

# 基于局部灰度特征的纸张计数算法研究

杨丹君, 龙永红, 陈济球, 石 伟, 李 健

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 针对目前在印刷及包装行业板纸机械式计数存在的噪声大、效率低、对板纸有损伤等不足, 设计了基于局部灰度特征的纸张计数算法并实验验证了该算法的计数效果。该方法从板纸图像的列灰度特征出发, 绘制板纸列像素灰度值变化曲线, 对列像素灰度连续做减法, 以找到纸张与纸张间隙灰度变化的跳变点, 对得到的灰度差曲线做二值化处理, 最后根据所找到的跳变点进行计数, 并依据纸张宽度剔除干扰的标注点, 以使计数结果更加准确。实验结果表明: 该方法对于纹理单一、灰度对比明显的纸张, 其计数效果理想, 准确率高, 达 97% 以上; 且由于该算法从灰度图像列灰度特征入手, 对一维数据进行处理, 因此运行速度快, 效率高, 能满足实时快速处理的要求。

**关键词:** 局部灰度特征; 板纸计数; 列灰度; 纸张宽度; 标注点

**中图分类号:** TP391.41

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2016)04-0024-06

## Research of Paper Counting Algorithm Based on Local Gray Feature

YANG Danjun, LONG Yonghong, CHEN Jiqui, SHI Wei, LI Jian

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

**Abstract :** Aimed at the shortcomings of noise, inefficiency and damage in mechanical counting in printing and packaging industry, the paper counting algorithm based on local gray feature was designed with the effect of the algorithm verified by experiment. Based on column gray feature, the method could draw column pixel gray value curve, then column pixel gray was subtracted continuously for finding the transition point of paper spacing variations. Gray difference curve was subjected to binary processing; finally counting based on transition point was achieved. By eliminating interference points according to the paper width, the counting results were made more accurate. The experimental results showed that for paper with single texture and obvious gray difference, the method of counting achieved the ideal effect with high accuracy of up to 97%. As the algorithm was based upon the column gray by processing one-dimensional data, the running speed was fast with high efficiency, which could meet the requirement of real-time processing.

**Key words:** local gray feature; paper counting; gray column; width of the paper; label points

## 0 引言

作为现代加工服务业, 印刷产业已成为我国国民经济的重要产业。在印刷和包装行业, 相关企业

为了准确掌握货品的库存情况, 需要对纸张进行计数。因此, 研究出一种新的基于高效、无噪声、对纸张基本无损害的纸张自动计数系统显得尤为重要,

收稿日期: 2016-04-20

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(2016JJ6034), 湖南省产业化培育基金资助项目(15CY003)

作者简介: 杨丹君(1993-), 女, 陕西兴平人, 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以及智能检测与控制, E-mail: 1026151273@qq.com

这对于印刷行业具有极其重要的作用。

随着现代计算机以及图像处理技术的发展,使用图像处理方式对纸张进行计数成为了一种新的纸张计数方法。纸张计数方法主要有基于纹理、基于边缘和基于形态学处理等方法。目前,在纸张计数成像方式、纸张计数算法等方面,国内外都做了较多研究。国外的研究成果大部分以专利形式呈现出来<sup>[1-4]</sup>。在国内,吴亚复等人<sup>[5]</sup>采用电荷耦合器件(charge coupled device, CCD)线阵7 500点相机,对厚度为0.1 mm的纸张进行了计数研究,研究结果表明,该方法单次最多能对500张纸进行计数,其准确率约为99%,耗时2 s,但是成本较高,且单次计数的纸张数量有限;李毅等人<sup>[6]</sup>将规律排列的纸张叠层图像边棱看作条纹纹理,从二维Gabor滤波器和一维逐行频率分析处理的角度入手,提取纸张边棱进行计数;王富治等人<sup>[7]</sup>通过提取纸张纹路,得到纸张的峰谷形态,即图像灰度的极大值区域和极小值区域,对应于明暗条纹,然后对极值区域和非极值区域进行0,1标记,得到二值化条纹后进行计数;胡明雨等人<sup>[8]</sup>从层叠纸张边棱特点出发,对纸张纹理图像方向进行检测,并提出采用十字形状的滤波器进行纹理增强,取得了较好的效果;刘颖等人<sup>[9]</sup>对采集到的纸张边缘图像进行 $p$ 率阈值分割,得到纸张图像的边缘条纹,然后对纸张条纹进行二值化并校正,得到计数结果。

以上研究主要基于纸张边棱提取,首先对纸张图像进行预处理,然后利用阈值对纸张纹路进行分割,最后根据所得到的二值条纹实现计数。然而在实际操作中,很难选取合适的阈值对纹路进行理想分割。本文针对纸张层层相叠所形成的明暗条纹在灰度值上的不同以及阈值在纹理提取上的缺陷,研究了一种基于局部灰度特征的纸张计数算法,对厚度为0.28~0.32 mm的板纸进行计数。

## 1 板纸侧面图像特点分析

使用CCD工业相机采集到的一叠码放整齐的纸张图像如图1所示。

虽然该组图像中的纸张材质各不相同,排列方式也存在差异,但是由图1分析可知,图像基本上具有如下几个特点:

1) 在纸张码放整齐的情况下,纸张边缘基本彼此平行,相邻纸张边缘两侧的灰度高低对比明显。纸张灰度值较小,纸张边缘灰度值较大,这种明显的灰度对比周期性、有规律地呈条纹状分布在整幅图

像中。

2) 纸张码放的松紧、整齐程度等会导致纸张之间存在宽缝,纸张存在浮起或突出的部分。

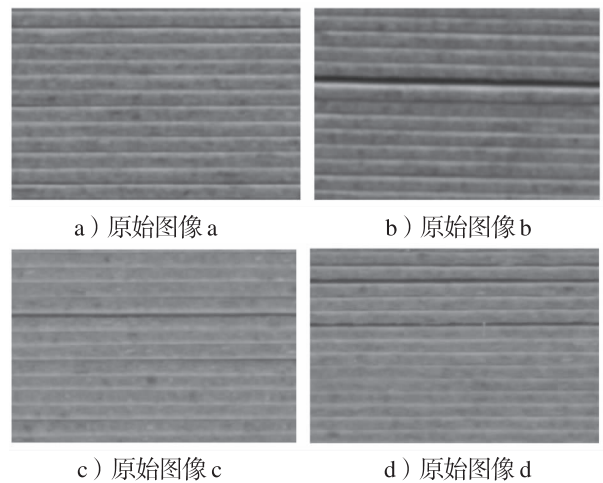


图1 采集到的板纸侧面原始图像

Fig. 1 The original collected image of paper side

从上述分析特点可以看出,纸张图像具有一定周期性的规律,局部灰度具有渐变特点。依据纸张排列空间位置关系和局部灰度规律,本文从列像素灰度入手,采用基于局部灰度变化特征的板纸计数方法,得到板纸数量。

## 2 板纸计数设计

基于局部灰度变化特征的板纸计数算法的总体设计流程为:首先,通过子图像提取、空域高斯滤波、对比度拉伸变换增强,对板纸图像进行预处理;然后,对列灰度特征进行分析,根据纸张间隙灰度值跳变点,找到纸张边缘并对其进行标记;其后,依据纸张宽度剔除干扰的标注点;最后,计算出板纸数量,并显示计数效果图。基于局部灰度变化特征的板纸计数流程如图2所示。

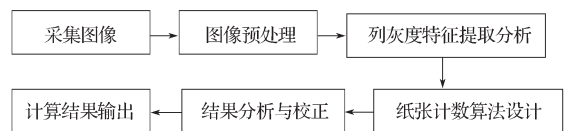


图2 基于局部灰度特征的板纸计数流程

Fig. 2 Paperboard counting process based on local gray feature

### 2.1 图像预处理

在数字化和传输过程中,成像设备与外部环境经常会对图像造成噪声干扰等影响,因此需要对图像进行去噪处理。板纸侧面图像包含的噪声有一类是典型的高斯噪声,高斯滤波器能较好地处理这种

噪声。高斯滤波器是一种线性平滑滤波器，高斯模板中心点的权重最大，距离中心点越远权重越小，这使得中心点可以更接近与其距离更近的点，进而可以有效减少平滑处理中的模糊，得到的平滑效果会更自然。高斯模板这一名称来源于二维正态分布密度函数，即二维高斯函数，常用的均值为0、方差为 $\sigma^2$ 的二维高斯函数可表示为：

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

基于以上分析和相关实验结论<sup>[10]</sup>，本文算法所采用的模版为：

$$\begin{matrix} 1/16 & 1/8 & 1/16 \\ 1/8 & 1/4 & 1/8 \\ 1/16 & 1/8 & 1/16 \end{matrix} \circ$$

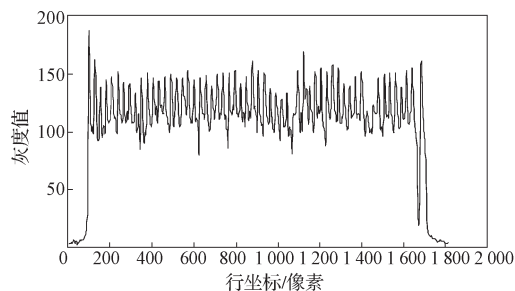
本文主要根据灰度特征对纸张进行计数，为了增加灰度对比度，对原始图像进行对比度拉伸变换增强，使板纸部分和间隙部分在灰度特性上有明显区别，以使计数结果更加准确。

## 2.2 局部灰度分析与特征提取

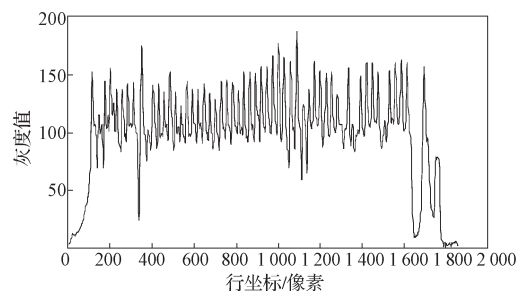
实验图像组成单元之一的列像素保留了板纸侧面图像灰度规律起伏变化的特性，对预处理后的板纸侧面图像进行列扫描，利用公式(2)，得到一个一维向量并绘制曲线，得到的列像素灰度值变化曲线如图3所示。

$$col(j) = img(:, j), \quad (2)$$

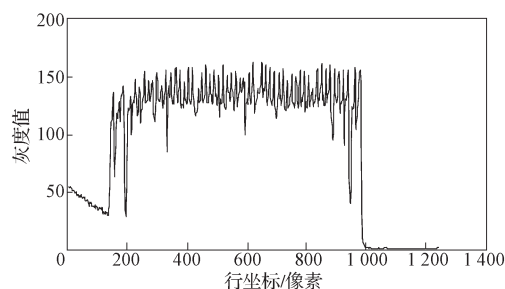
式中  $col(j)$  表示图像第  $j$  列像素的灰度值。



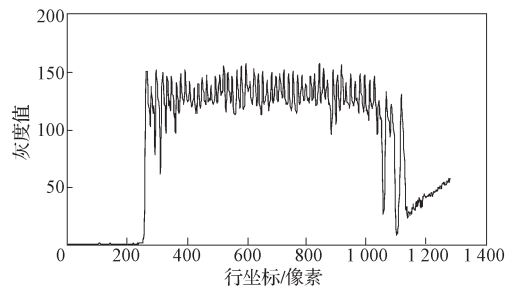
a) 原始图像 a



b) 原始图像 b



c) 原始图像 c



d) 原始图像 d

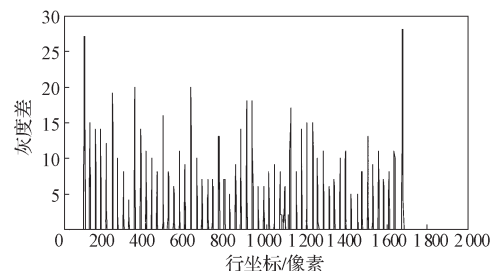
图3 列像素灰度值变化曲线

Fig. 3 Column pixel gray value curve

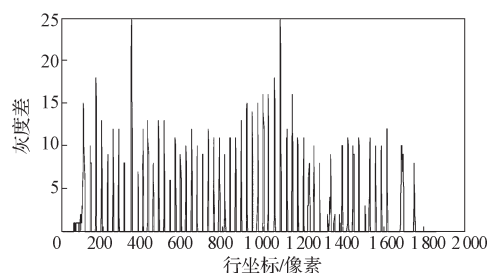
从图3中可以看出，板纸侧面列像素灰度值呈渐变、周期性变化趋势，板纸边缘灰度变化起伏较大，呈波峰状，附近有许多小波峰，这主要是由于板纸边缘存在纹路及毛刺、照明系统光能分布不均匀、CCD等成像设备存在噪声等因素给板纸边缘信息带造成干扰所致。这种情形会对后面的计数造成影响，有效波峰周围的小波峰也会被加入计数。为了尽量减少这些小峰值的干扰，可通过灰度级形态学重构消除不必要的峰值干扰点。当标记图像是由掩膜图像减去常量  $h$  得到时，该重构就称为  $h$  极小值变换，可用于抑制小峰值。掩膜图像为列像素灰度值变化曲线，常量范围一般选取为10~15。为了更容易看出这种灰度变化，对重构后的列像素灰度曲线连续做减法，利用公式(3)得到灰度差变化曲线，如图4所示。

$$\Delta img(i, j) = img(i+1, j) - img(i, j), \quad (3)$$

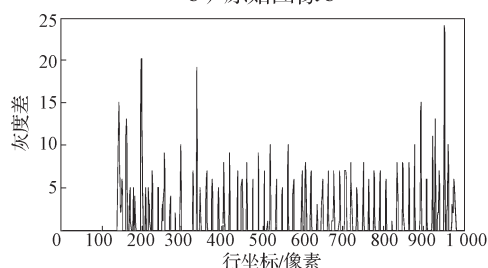
式中： $img(i, j)$ 表示图像第  $i$  行第  $j$  列像素的灰度值， $\Delta img(i, j)$ 表示图像第  $j$  列第  $(i+1)$  行与第  $i$  行像素的灰度值之差，设  $row$  为图像的高度，其中  $i=1, 2, \dots, row-1$ ，在本实验中，选取的是第8列像素，即  $j=8$ 。



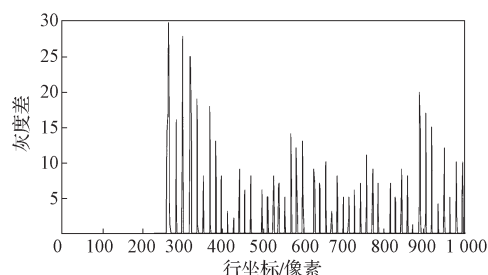
a) 原始图像 a



b) 原始图像 b



c) 原始图像 c

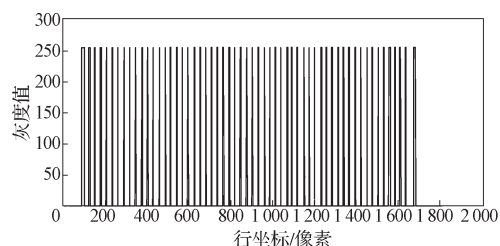


d) 原始图像 d

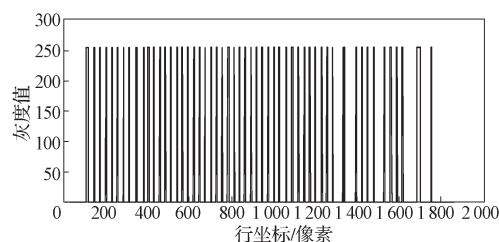
图4 灰度差变化曲线

Fig. 4 Gray-scale difference curve

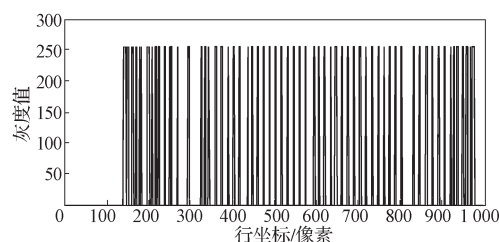
由图4可以看出,在曲线波峰处,局部灰度差最大,灰度起伏变化较大,对应纸张与纸张间隙灰度变化的跳变点,故跳变点可认为是纸张边缘。为了更容易找到跳变点以进行计数,选取阈值,对得到的灰度差变化曲线做二值化处理,二值化的阈值选取取决于列像素灰度值变化曲线的属性。利用移动平均滤波器,对灰度差曲线进行平滑处理。移动平均滤波器的窗宽为5,这使得曲线更加光滑,对得到的曲线(即一个一维向量)选取中值为阈值,高度大于阈值的波峰才会被计数,这样就能够准确找到纸张间隔的跳变点以进行计数,并得到如图5所示的脉冲方形波。



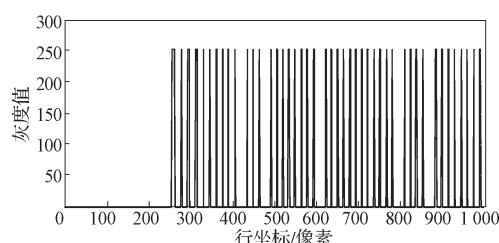
a) 原始图像 a



b) 原始图像 b



c) 原始图像 c



d) 原始图像 d

图5 脉冲方形波

Fig. 5 Pulse square wave

由图5可以看出,当经过二值化处理后的脉冲方形波灰度值由0跳变到255时,如果除去毛刺、噪声等影响,跳变处就是板纸的边缘,因此,对图像中灰度跳变处的计数结果就是板纸的张数。

### 2.3 纸张计数算法

纸张计数算法按以下几个步骤进行:

1) 在经过二值化处理后的脉冲方形波中,若脉冲方形波当前行的灰度值等于0,并且下一行的灰度值等于255,则纸张数量加1,相应地在原始图像上将当前行的灰度值设置为255,即用白色矩形对纸张边缘进行标记。

2) 两个白色标记矩形中间的间隔就是纸张,间隔长度接近纸张宽度,记录每列白色矩形标记点的坐标,然后算出两个相邻标记点的坐标间隔,其后对所有的坐标间隔进行统计,求出的平均值约等于纸张宽度  $len$ 。

3) 根据标记出的白色矩形个数对纸张进行计数。为了能够得到正确的计数结果,对多计或少计的情况进行判断:当前后标记点坐标差值远小于纸张的宽度  $len$  时,属于多计的情况,计数减少1;当前后标记点坐标差值远大于纸张的宽度  $len$  时,属于少计的情况,计数增加1。



4) 对隔列抽样的计数结果进行统计,找出出现频率最高的数值作为最终的板纸计数结果,同时在原始图像中用白色矩形对计数效果进行显示。

板纸计数算法的具体流程如图6所示。

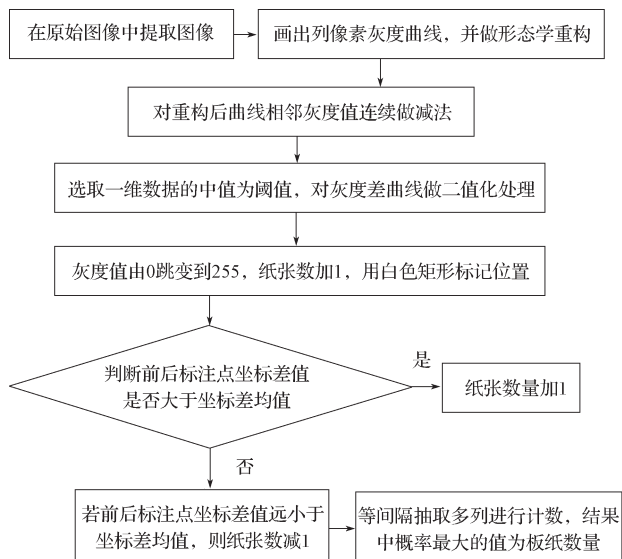


图6 板纸计数算法流程

Fig. 6 The paper counting algorithm flow chart

### 3 实验结果与分析

对图1中不同排列方式的原始图像分别用本文设计的纸张计数算法进行处理并标记,显示的计数效果如图7所示。

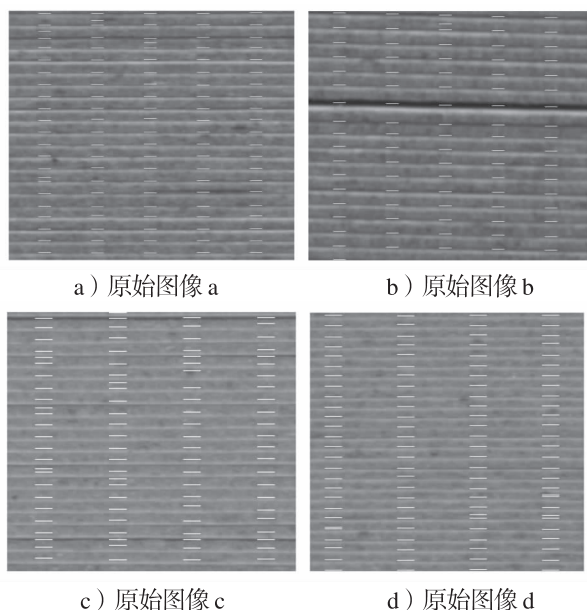


图7 原始图像的纸张计数效果

Fig. 7 The counting rendering from original graphs

由图7可以看出,白色矩形基本能够正确标记纸边缘,图7b虽然纸张有较大间隙和一定程度的倾

斜,白色矩形依然基本上可以正确标记,标记结果均存在多计或少计的情况。根据对每列实验数据的统计分析,当前后标记点坐标差值小于 $0.5 \times len$ 时,相应列纸张数目减1;当前后标记点坐标差值大于 $1.5 \times len$ 时,相应列纸张数目加1。

对图1的计数结果和运行时间如表1所示。由表1可看出,本算法的准确率可达97%以上,且运行速度较快,对松散、有宽缝的纸张计数结果也比较理想。这是因为本算法对纸张排列空间位置关系的分析和纸张平均宽度的估算,有效控制了少计和多计的情况;另外,由于图像组成单元之一的列像素保留了图像中边缘灰度周期性变化规律,因而对纸张图像列扫描得到一个一维向量,对一维数据的运算极大地提高了运算速度。对一维数据的处理使用了统计学概率的方法,使得最终计数结果更准确。

表1 本算法实验结果

Table 1 Experiment result

图像	实际纸张数量/张	计数结果/张	运行时间/ms
1a	58	58	70
1b	68	69	75
1c	75	73	81
1d	78	80	83

为了验证本文所采用算法的准确率和效率,将本文算法和李毅等采用的一维逐行频率分析算法相比较,结果如表2所示。

表2 本文算法和李毅等的算法的比较结果

Table 2 Comparison of this method and Li Yi method

算法	图像	实际值	测试值	误差值	准确率/%
本文算法	1a	58	58	0	100
	1b	68	69	1	98.55
	1c	75	73	2	97.33
	1d	78	80	2	97.50
李毅等的算法	1a	58	55	3	94.82
	1b	68	64	2	94.11
	1c	75	71	4	94.66
	1d	78	73	5	93.58

由表2可以看出,对于较厚板纸的计数,采用本文设计的基于局部灰度特征的纸张计数算法与李毅等人的方法相比较,计数效果更加理想,即使在纸张有宽缝的情况下,其准确率都达到了97%以上;另外李毅等采用的基于逐行频率分析的处理方法,其频域计算量大,而本文在空域的一维数据处理速度相对较快。

### 4 结语

采用基于局部灰度特征的纸张计数算法,从纸

张列像素的灰度变化和纸张宽度两个方面,设计了纸张计数算法并实验验证了该算法的计数效果。实验结果表明,该方法对于纹理单一、灰度对比明显的纸张,其计数效果理想,准确率高,达97%以上;另外,由于实验程序是对一维数据进行运算,因此速度快,效率高,能满足实时快速处理的要求。但是本算法对纸张质量依赖性较高,第一步提取的子图像并不能代表图像的全部特征,这些问题将是下一步的研究重点。

#### 参考文献:

- [1] HILLG D, STERNBERG E. Corrugated Sheet Counter Having Discriminator in Image Processing Circuit: G06M-007/00, US6091792-A[P]. 2000-10-24.
- [2] CHOO H Q, HIM H Y. Method for Counting Drafting Papers Using Computer Vision System. Korea : G06F-019/00, KR2002011486-A[P]. 2000-08-12.
- [3] MADHUSOODHANA C S. Method for Dynamic Paper Counting in MFP: B41J-003/44, IN200501703-I4[P]. 2005-11-22.
- [4] IKEDA H, ABE T, ONO R, et al. Paper Counting Device for Paper Machine Based on Processed Image: B65H-001/OO, JP2008198081-A[P]. 2008-02-15.
- [5] 吴亚复,袁锦海,陈丽花,等.一种基于非接触式视觉纸张计数方法和计数机: G06M7/00, CN1710606A[P]. 2005-12-21.  
WU Yafu, YUAN Jinhai, CHEN Lihua, et al. A Non-Contact Paper Counting Method and Machine Based on Machine Vision: G06M7/00, CN1710606A[P]. 2005-12-21.
- [6] 李 毅,阮秋琦.应用纹理分析的纸张计数算法[J].中国图像图形学报, 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.
- [7] 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.
- [8] 胡名雨.基于纹理分析的纸张计数算法[D].武汉: 武汉科技大学, 2008.  
HU Mingyu. Algorithm of Paper Counting Based on Texture Features[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2008.
- [9] 刘 颖.纸币图像在线计数算法研究[D].武汉: 华中科技大学, 2008.  
LIU Ying. Research on Online Counting Algorithm for Banknotes Image[D]. Wuhan: Huazhong University of Technology, 2008.
- [10] 王振华, 窦丽华, 陈 杰.一种尺度自适应调整的高斯滤波器设计方法[J].光学技术, 2007, 32(3): 395-397, 402.  
WANG Zhenhua, DOU Lihua, CHEN Jie. An Adaptive Gaussian Filter with Scale Adjustable[J]. Optical Technology, 2007, 32(3): 395-397, 402.

(责任编辑:徐海燕)