

分区域分等级的印刷品缺陷检测方法

田敏, 刘全香

(武汉大学, 武汉 430079)

摘要: **目的** 为了体现印刷品不同区域的重要性等级, 提高印刷品缺陷检测的精度, 提出了一种分区域分等级的印刷品缺陷检测方法。 **方法** 根据检测区域的特点和重要性不同, 把印刷品分成不同的区域进行前景提取, 并且设置不同的检测等级; 对印刷品进行符合人眼视觉特性的缺陷识别, 并对提取缺陷进行特征分析。 **结果** 分区域的缺陷检测可以实现不同区域的同时检测, 在检测耗时、检测准确率及误检率上都优于不分区域的检测方法。 **结论** 基于分区域的印刷品缺陷检测方法能很好地满足印刷品质量检测的需求, 提高印刷品缺陷检测的精度和效率。

关键词: 缺陷检测; 分区域; 分等级; 前景提取; 人眼视觉

中图分类号: TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)21-0122-06

Method of Print Defects Detection Based on Sub-region and Grading

TIAN Min, LIU Quan-xiang

(Wuhan University, Wuhan 430079, China)

ABSTRACT: To reflect the importance level of the different regions of prints and increase the print defects detection accuracy, a method of print defects detection was proposed based on sub-region and grading. Depending on the characteristics and importance of the detection area, prints were divided into different areas to extracted foreground and different detection levels were set. The print defects were identified according to human vision characteristics, and then the characteristics of extracted were defects analyzed. The method of sub-region defects detection can be implemented at the same time in different areas. It was superior to the method of non-subregion detection in the aspects of detection time consuming, detection accuracy rate and false detection rate. The method of print defects detection based on sub-region can well meet the needs of printing quality detection and improve the accuracy and efficiency of the print defects detection.

KEY WORDS: defects detection; sub-region; grading; foreground extraction; human visual system

近几年以计算机网络为代表的新兴媒体对印刷业产生了强烈的冲击, 而对于包装印刷企业来说, 由于其产品的普遍性, 所受的冲击较小, 同时人们对包装印刷品的质量要求也越来越高。

包装印刷品除满足其基本的包容性和保护性功能外, 大都追求外观的展示效果, 为使包装上档次, 产品往往要经过烫印、覆膜、凹凸、模切等多道工序加工, 印刷难度较高, 工艺也较复杂, 相应缺陷产生的几率也越大。因此, 针对包装印刷品的质量检测技术引

起了业内外人士的关注。

检测算法在印刷品缺陷检测系统中的研究和实现是技术关键。图像差分法、模板匹配法及分层检测法是基于机器视觉的印刷品缺陷检测中最常用的方法^[1]。其中, 图像差分法是目前基于机器视觉的印刷品缺陷检测的主要方法, 它是对2幅图像进行逐像素检测, 然后进行相减运算, 其中, 差分结果的好坏直接受2幅图像的配准精度影响。模板匹配法是通过比较待检图像的各个区域与模板图像对应的区域, 是否满

收稿日期: 2015-03-10

作者简介: 田敏(1991—), 女, 安徽人, 武汉大学硕士生, 主攻印刷品质量检测。

通讯作者: 刘全香(1965—), 女, 湖北人, 武汉大学教授、硕导, 主要研究方向为成像质量分析与控制。

足这种测度来评价图像是否合格。分层检测法是基于图像差分法和模板匹配法相结合而产生的,其基本思路是对图像进行分层,分层的多少依据检测系统的精度而定,再进行隔点检测。除此之外,后期又出现了基于金字塔的分层检测算法和隔点抽样分层检测方法,都是通过减少检测的像素点来缩短检测所需的时间^[2-3]。

以往基于机器视觉的印刷品缺陷检测研究,都是将整幅图像区域同等地看待,即以同一个检测标准来进行检测,而没有考虑不同区域的特点和重要性。但对于包装盒类印刷品,不同区域的重要性不同,同样的缺陷在不同的地方对印刷品的影响也不一样,如果只以一个标准对其检测,显然不太合理。为此,根据包装印刷品不同面的特征和重要性的不同,提出了一种对包装盒类印刷品分区域,并根据每个区域的特点设定不同检测等级的印刷品缺陷检测方法。

1 分区域检测方法

提出的分区域缺陷检测方法不同于以往分区域的概念,以往的图像分区是以像素点为单位^[4-5],检测耗时与检测精度和分区中像素点的个数有直接关系,像素点个数少,即所分区域小,相应的检测速度会变慢,但检测精度高。提出的分区域检测思想是根据包装盒不同的面进行分区检测,每个面作为1个区域,不同的面设定不同的检测等级。实际上,所有的质量标准都是相对的,一般无法接受的微小缺陷如果是在某些特定的区域(如上胶、糊口部位)却是可以接受的。在包装装潢设计中,主要展示面包括产品的商标、品牌名和主体图案等,是消费者接触商品时最先看到的面,可给人以强烈的视觉冲击,同时能够最直观地表现产品信息,因此这个面是最重要的;次要展示面包括产品的说明信息,是消费者拿到产品后观看时间较长的面,因此是次重要的面;端板等区域是消费者较少注意的区域,其主要作用是保持包装的完整性和一致性,因此属于普通重要的面。因此,不同区域需要设定不同的检测等级。

这里将印刷品分为4个检测等级,其中,0级为不检测区域,即为忽略区;1级为普通检测区域,即包装盒的端板、侧翼(上胶翼、糊口等处);2级为重要检测区域,即包装盒的次要展示面;3级为最重要检测区域,即包装盒的主要展示面。

2 分区域算法实现

2.1 分区域实现方式

分区域的技术实现方式是操作人员在用鼠标选取区域时,系统会自动记录鼠标单击、移动时的屏幕位置,同时,把选取的区域映射到相应的图像中,然后截取相应的区域,此时系统会自动弹出该选取区域的等级设定选项,选取需要设定的等级,至此1个区域选取完毕,其他区域可按此方法依次进行选取。这里的区域选取形状分为2种,对于规则区域可直接用矩形选框进行选取,不规则的区域根据区域形状移动鼠标,点击鼠标右键结束选取。

鼠标单击选取区域的角点位置时,可能会存在一定的误差,因此程序中加入了角点自动识别功能,增加了区域选取时的准确性。

典型的角点检测算法是Harris算法,其原理见图1。它是计算窗口沿任何方向移动后的灰度变化情况,窗口在平滑区域的各个方向上没有变化(图1a),在边缘方向上也没有变化(图1b),而窗口在角点的各个方向上具有变化(图1c),因此,可通过窗口在各个方向上的变化程度,决定是否角点。角点识别使用的是Shi-Tomasi算法,是Harris算法的改进。Harris算法是用矩阵 M 的行列式减去矩阵的迹得到的差值,同预先设定的阈值进行比较而得到角点。Shi和Tomasi^[6]进行了改进,若矩阵 M 的2个特征值中较小的大于设定的阈值,则会得到强角点。

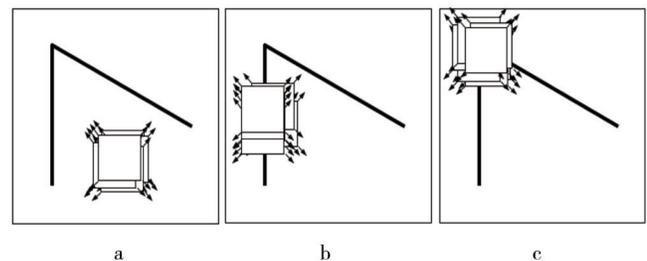


图1 Harris角点的检测原理

Fig.1 Detection principle of Harris corner

2.2 前景提取

在图像处理中,提取前景就是所谓的图像分割,它是指分开图像中具有特殊意义的不同区域,并使这些区域互不相交,且每个区域应满足特定区域的一致性条件^[7]。

在图像分割中常用的最基本方法是最大类间方差算法(Otsu),也叫大津算法。其中,图像的阈值是图像前景与背景的最大方差值,其基本思想是对图像的灰度直方图进行一阶特性统计,将图像在二维条件下进行分类(前景类和背景类),再计算各类别的每个灰度所对应的方差,最佳阈值即为当类间方差值达到最大时的灰度值^[8]。传统的Otsu算法因其采用穷举的方法寻优,增加了计算所需的时间,这里采用的是楼华勋^[9]等人提出的基于遗传算法的最大类间方差法,可以获得最佳的阈值。前景提取效果见图2。



图2 前景提取

Fig.2 Foreground extraction

对于包装盒类印刷品,尤其是药品包装,漏印或印错将有可能误导消费者,甚至导致生命危险。食品包装盒上的一些大文字及诱人、别致的图案更能吸引消费者的注意,激起购买欲望。同时,在现代商贸经济中,物流的重要性逐渐受到人们的关注,比如一些大型的超市和购物中心,都严格要求供货厂家必须提供准确无误的条形码,条形码的正确与否,不仅关系到收银台的工作效率,更直接关系到整个超市能否快速、准确地统计仓储量。因此,把公司商标、产品图案或是一些防伪图案、条形码及文字说明部分当作是相对比较重要的区域,在印品检测过程中,对其进行前景提取,其余为背景,前景的检测精度要比背景高。

在提出的算法界面中有一个选择“是否对该区域统一处理”,勾选则表示作提取前景处理,见图3。对于设为1级等级的检测区域,由于1级检测精度较低,且一般都为上胶、糊口的部位,不需要提取前景,即对前景和背景做统一处理;对于较高的检测等级,如2级和3级则需要作前景提取处理。需要注意的是,前、背景统一处理时,只有前景精度参数对该区域的检测起作用。



图3 前景提取界面

Fig.3 Interface of whether to do foreground extraction

3 分区域检测实验参数设定

印刷品缺陷检测的结果取决于检测所设定的阈值大小,因此,分区域缺陷检测的精度与每个检测等级参数的设定密切相关。

3.1 面积参数设定

在提出的印刷缺陷检测实验系统中,所采集到的图像实际分辨率为0.085 mm/pixel,且最小缺陷尺寸的识别精度要求达到0.3 mm × 0.3 mm(这是根据正常情况下人眼可以发现不小于0.3 mm,且至少需要20个灰度等级的缺陷^[10]而定的),大约为4像素 × 4像素大小,即要求不能漏检任何一个16像素大小的缺陷。因此,检测的最小缺陷大小不仅要符合人眼的视觉特性,同时也要根据不同的印刷品及客户的质检要求作出相应的调整。

3.2 对比度参数设定

根据人眼的视觉特性,不同背景亮度对人眼观察图像时所感觉到的明暗程度是有一定影响的^[11],因而在不同的亮度区域,相同的灰度差值会有明显的感官差异,且相关研究表明,人眼对处于较暗的区域更为敏感,能分辨更小的灰度差异。

在通常的图像处理中,灰度级从暗到亮为0~255,即256个等级。在谢维信和秦桢^[12]的“人的视觉对灰度级别的分辨能力”实验中,人眼对32,16,8灰度级的识别准确率分别为93.16%,68.75%和45.31%,可看出,随着灰度级数的减小,人眼的识别率呈下降趋势。根据王峰^[13-14]提出的动态灰度阈值方法,同时结合人眼的视觉原理,在动态灰度阈值中一般应选取绝对阈值A=20,相对阈值R=15%进行缺陷检测。可以针对不同级别的图像灰度值分别设定不同的阈值,例如,假设某一区域的背景灰度值大致为45,经动态阈值处理,在灰度值为45的暗调区域只允许7个灰度值

的动态范围^[15],因此,最重要检测区域(3级)所设定的缺陷阈值为27;同理,在重要检测等级(2级)中选取 $A=22, R=20\%$,即缺陷阈值为31;在普通检测区域中选取 $A=24, R=25\%$,即缺陷阈值为35。鉴于适用性,这里的对比度特指缺陷阈值的大小。

某印刷品缺陷检测参数数值的设定见图4。



图4 某印刷品缺陷检测参数设置

Fig.4 Parameter settings of defect detection of a print

3.3 区域划分

以待检测的香皂包装盒产品图像为例,按前述设定的等级数,将其划分为多个不同区域,见图5。



图5 区域划分

Fig.5 Schematic diagram of the region

在图5中,每个区域左上角有2个数字,第1个数字代表区域序号,取值范围取决于整张印刷品总的分区数目;第2个数字表示各个区域所设定的检测等级。

3.4 数学形态学处理

分区域检测在得到差分缺陷图像后,缺陷可能是一些不完全连通的区域,而Blob分析关键的一步就是对缺陷图像进行连通区域检测^[16-19],以此来实现目标区域的分割,以方便后续的缺陷特征分析。

数学形态学中的腐蚀、膨胀和开闭运算具有形态

修饰功能,以此来对缺陷图像区域进行处理^[20]。经过数学形态学处理,邻近分散的点被处理成连通的区域,人眼无法识别的小点不再被判定为缺陷,因此更加符合人眼对印刷品缺陷的检测。

3.5 缺陷定位

检测出缺陷后,要对缺陷进行定位,采用RLE (Run Length Encoding)算法,通过使用重复的字节和次数来简单描述并代替所重复的字节,是一种针对无损压缩的简单方法,这里使用此算法定位缺陷取得了较好的效果^[21]。

4 实验结果及分析

实验用 Visual C++语言编程,所用计算机软硬件配置为:处理器为 Intel Pentium 4;主频为 2.6 GHz;显卡为 NVIDIA GForce2 440;显存为 64 M;内存为 256MDDR;操作系统为 Microsoft Windows XP;使用 Microsoft Visual Studio 2010 软件。

4.1 单张印刷品检测结果及分析

分完区域且等级设定好之后进行缺陷检测,检测结果及缺陷定位分别见图6和图7。

序号	检测结果
1	有缺陷!
2	有缺陷!

a 整张印刷品有缺陷区域

序号	缺陷面积	序号	对比度
1	48	1	61.8
2	16	2	48.9
3	0	3	0.0
4	0	4	0.0
5	不检测	5	不检测
6	0	6	0.0
7	不检测	7	不检测
8	0	8	0.0
9	不检测	9	不检测
10	0	10	0.0
11	0	11	0.0
12	0	12	0.0
13	不检测	13	不检测

b 各区域缺陷特征参数

图6 检测结果

Fig.6 Test results

检测时可实现连续检测,对于同一批印刷品,所分区域及参数等级设定都是固定的。如果发现检测结果输出中包含一些缺陷特征参数不为0,因其小于相应的检测等级,没有判定为缺陷,但是如果同一



图7 缺陷定位

Fig.7 Locating defects

区域反复出现,经过分析可以对产生问题的原因进行排查,避免后续印刷品产生印刷问题。

4.2 实验效果评价

虽然从理论上可知分区域、分等级的印刷品缺陷检测方法更加合理,但为了客观评价提出的方法,以检测耗时和检测准确率作为评价实验效果的客观指标。实验缺陷检测样本总数为150,3种不同种类的包装盒印刷品各50张,即相同的实验进行3次,分别统计不分区域(整张以1个标准检测)和分区域检测的平均检测耗时和检测准确率;符合人眼视觉特性无缺陷样本50张,单独统计其检测准确率,其中1种印刷品的检测耗时数据见表1。

表1 某种类印刷品缺陷检测耗时(50张)

Tab.1 Time consuming of defect detection of a print(fifty sheets)

编号	检测耗时	
	分区域	不分区域
1	24	28
2	25	26
3	21	28
4	18	20
5	25	30
6	24	25
7	22	26
8	24	27
...
平均	22.83	26.15

从表1可看出,分区域的平均检测耗时要小于不分区域,这是因为在缺陷检测过程中,程序均要读取整张图片,但分区域的检测方法是对所有区域并行进行处理,缩短了检测用时;由文献[22]可知,基于机器视觉的印刷品缺陷检测方法的检测速度可以达到76

m/min,经计算可知,用此方法检测该实验所使用的包装盒时间大约为28.42 ms,对于单张检测来说,效果相差不多,但对于印刷企业来说一般都是进行大批量的缺陷检测,这将显示出分区域检测方法的优势。

对于所选的缺陷检测样本,分区域方法、不分区域方法和基于机器视觉的印刷品缺陷检测方法的检测准确率分别为96.67%,94.25%和95.70%,可见分区域缺陷检测方法的检测准确率要分别高于不分区域和基于机器视觉的印刷品缺陷检测方法。对缺陷样本来说,由于不分区域和基于机器视觉的印刷品缺陷检测都是以同个标准对印刷品进行检测,没有设定缺陷检测的精度等级,不能检测出商标等重要区域的细小缺陷,因此,造成检测准确率的降低。对于视觉无缺陷样本,分区域方法和不分区域方法的检测准确率分别为98%和85%,由于检测准确率是相对于误检率和漏检率来说的,因而不分区域的误检率(或与漏检率之和)要高于分区域的,因为存在缺陷的印刷品不一定是废品,但不分区域的检测方法,把主观无缺陷的,或是处在端板、糊口和胶粘处的小缺陷印刷品判定为废品,这样就会增加废品率,有的还需要人工进行二次重检,费时费力,给企业造成损失。

5 结语

根据包装装潢设计的特点,以及消费者对包装盒不同面的关注度,包装印刷品不同的面具有不同的特点和重要性,将其按不同的面分为不同的区域并设置不同的检测等级,同时对每一区域进行前景提取,可进一步提高检测精度,实现划分区域时角点的识别及检测结果中缺陷的定位。在相同缺陷检测算法的基础上,实验结果证明:分区域的检测方法在检测耗时、检测准确率及误检率上都优于不分区域的检测方法。根据印刷品具体的检测要求和需要检测的区域,提出的方法也可应用到其他类别印刷品的缺陷检测中。但前景提取效果不是特别理想,后续研究可考虑采用交互式的图像分割方法,同时,这里对印刷品的分区域及等级参数的设定都是人为进行操作的,因此,改进提出的算法以期进一步划分检测区域及使其智能化是今后努力的方向。

参考文献:

- [1] 植赐佳. 基于机器视觉的印刷品缺陷自动检测系统[D]. 广州: 广东工业大学, 2011.
- ZHI Ci-jia. Automation Detection System of the Printed Mat-

- ter Defects Based on the Machine Vision Technology[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2011.
- [2] 刘飞. 基于图像处理的印刷质量自动检测算法研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- LIU Fei. The Algorithm Research of Printing Quality Inspection Systems Based on Image Processing[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [3] 刘海娟. 基于图像处理的印刷品缺陷检测技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
- LIU Hai-juan. Research on Defect Detection of Printed Matter Based on Image Processing[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012.
- [4] 陈婧. 全画面检测中分区检测技术的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
- CHEN Jing. Research on Subarea Technology of Printing Quality Detection System Based on Whole Page[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2010.
- [5] 王秀丽. 基于机器视觉的印刷品全画面缺陷检测系统的研究[D]. 汕头: 汕头大学, 2011.
- WANG Xiu-li. Research on Defect Detection System for Full Screen Printed Matter Based on Machine Vision Technology [D]. Shantou University, 2011.
- [6] SHI, TOMASI C. Good Features to Track[C]// Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1994: 593—600.
- [7] 林开颜, 吴军辉, 徐立鸿. 彩色图像分割方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2005(1): 1—10.
- LIN Kai-yan, WU Jun-hui, XU Li-hong. A Survey on Color Image Segmentation Techniques[J]. Journal of Image and Graphics, 2005(1): 1—10.
- [8] 楼华勋, 任彧, 范渊. 基于遗传最大类间方差值选择的研究[J]. 杭州电子科技大学学报, 2009(1): 41—44.
- LOU Hua-xun, REN Yu, FAN Yuan. Research on Selecting Threshold-value Based on Ostu and GA[J]. Journal of Hangzhou Dianzi University, 2009(1): 41—44.
- [9] 于蒙蒙, 缪晓丽. 浅析全自动印刷品在线检测系统[J]. 广东印刷, 2011(1): 35—38.
- YU Meng-meng, MIAO Xiao-li. Online Detection System of Automatic Printing[J]. Guangdong Printing, 2011(1): 35—38.
- [10] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- RUAN Qiu-qi. Digital Image Processing [M]. The first edition [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2001.
- [11] 谢维信, 秦桢. 人的视觉对灰度级别的分辨能力及视觉内部噪声的研究[J]. 航天医学与医学工程, 1991(1): 51—55.
- XIE Wei-xin, QIN An. Study on Human Visual Resolution and Visual Internal Noise Gray Level[J]. Space Medicine and Medical Engineering, 1991(1): 51—55.
- [12] 王峰, 阮秋奇. 基于动态阈值和分层检测的图像缺陷识别算法的研究与应用[J]. 北方交通大学学报, 2001(2): 19—22.
- WANG Feng, RUAN Qiu-qi. Research and Application of Image Defect Recognition Algorithm Based on Dynamic Threshold and Storied Inspect[J]. Journal of Northern Jiaotong University, 2001(2): 19—22.
- [13] 舒文娉, 刘全香. 基于支持向量机的印品缺陷分类方法[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 138—142.
- SHU Wen-pin, LIU Quan-xiang. Classification Method of Printing Defects Based on Support Vector Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 138—142.
- [14] ZHANG Jun-ming, JOHNSON K. The Development of An Automatic Post-sawing INSPECTION System Using Computer Vision Techniques[J]. Computer in Industry, 1999(40): 51—60.
- [15] DILLENCOURT M B, SAMET H, TAMMINEN M. A General Approach to Connected-component Labeling for Arbitrary Image Representations[J]. Journal of the ACM(JACM), 1992, 39(2): 253—280.
- [16] MANOHAR M, RAMAPRIYAN H K. Connected Component Labeling of Binary Images on a Mesh Connected Massively Parallel Processor[J]. Computer Vision, Graphic and Image Processing, 1989, 45: 133—149.
- [17] SUZUKI K, HORIBA U, SUGIE N. Linear-Time Connected-component Labeling Based on Sequential Local Operations[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2003, 89(1): 1—23.
- [18] 郭凡慈. 图像配准和缺陷检测算法在印刷系统中的应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- GUO Fan-ci. Image Registration and Defect Inspection Algorithms and Their Application in Printing System [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011.
- [19] 余文勇, 周祖德, 陈幼平. 一种高速印刷品缺陷在线检测系统[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2006(6): 80—83.
- YU Wen-yong, ZHOU Zu-de, CHEN You-ping. A High Speeded-inspection System of Defects in Printed Matter on Line[J]. Huangzhong Univ. of Sci. & Tech: Nature Science Edition, 2006(6): 80—83.
- [20] 代小红, 王光利. 基于机器视觉的印刷品缺陷检测与识别[J]. 半导体光电, 2011, 32(5): 714—718.
- DAI Xiao-hong, WANG Guang-li. Inspection and Recognition on the Defects of Printed Matter Based on Machine Vision [J]. Semiconductor Optoelectronics, 2011, 32(5): 714—718.