

基于图像处理的卷烟圆周检测方法研究

赵海玉¹, 谷吉海¹, 迟广志², 徐克非¹

(1. 哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028; 2. 哈尔滨卷烟厂, 哈尔滨 150001)

摘要:以 LabVIEW 软件为开发平台, 用 CCD 传感器采集了卷烟圆周横断面图像, 以图像处理的方法求出了卷烟圆周长度。介绍了检测系统的组成, 然后对所采集的烟支横断面图像, 采用灰度变换、中值滤波、阈值分割和形态学开运算等图像处理算法进行了端面图像分析, 用 LabVIEW 软件的图像处理工具包计算出了卷烟圆周的长度像素值, 最后通过最小二乘法进行了数学优化, 得出了相应的卷烟圆周长度。仿真试验结果表明, 该方法检测准确率为 94.36%, 可以准确检测卷烟圆周长度, 有助于提高卷烟产品的质量。

关键词: LabVIEW; 图像处理; 卷烟; 圆周检测

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0052-04

Development of Cigarette Circumference Detection Method Based on Image Processing

ZHAO Hai-yu¹, GU Ji-hai¹, CHI Guang-zhi², XU Ke-fei¹

(1. Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China; 2. Harbin Cigarette Factory, Harbin 150001, China)

Abstract: Cigarette circumference was solved with image processing method by using LabVIEW as software platform and CCD as image collection of cigarette circumference. The composition of the detection system was introduced. Collected cross-sectional image of cigarette was processed with gray-scale transformation, median filtering, threshold segmentation, morphological opening operation and other image processing algorithms to calculate the circumference of cigarettes. Pixel value of cigarette circumference was calculated by LabVIEW software. Cigarette circumference was corrected by mathematical optimization with least squares method. Simulation results showed that the detection accuracy was 94.36%; the method can accurately detect the length of cigarette circumference, which is helpful for improving the quality of cigarette products.

Key words: LabVIEW; image processing; cigarette; circumference detection

卷烟圆周检测是烟支卷制的重要技术指标之一, 卷烟的圆周在一定范围内波动, 对烟支重量、吸阻、硬度、滤嘴接合都有影响。当前烟草企业对于烟支圆周的检测方式是通过机台工作人员不定时地对成品烟支进行少量抽检, 这种检测方法效率低、人为因素大、不能满足检测的可靠性, 必将给企业造成一定的损耗。在国内烟草行业中, 图像处理技术主要应用在小包外观检测、条盒外观质量检测 and 制丝过程中的异物探测^[1], 针对烟支圆周检测应用很少。基于 LabVIEW 为软件开发平台, 探索一种基于图像处理技术的卷烟圆周检测方法, 降低人为因素, 提高检测效率,

以保证检测结果的可靠性。

1 卷烟圆周检测系统的组成

基于图像处理技术的卷烟圆周检测系统, 由卷烟图像采集模块、图像处理识别模块和动作触发控制模块组成, 见图 1。

图像采集模块完成卷烟横断面的图像信息采集工作, 并将采集的图像数据传送到计算机中; 图像处理识别模块从采集图像中获取需要的图像数据, 对其做相应处理, 求出卷烟圆周长度, 并判断卷烟是否合

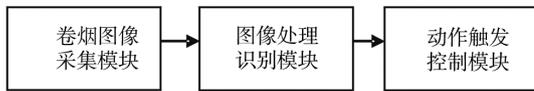


图1 卷烟圆周检测系统的组成

Fig. 1 Composition of cigarette circumference detection system

格;动作触发控制模块根据图像处理后的结果确定是否对卷烟的进行剔除动作^[2]。

2 图像预处理

系统在采集、传输和量化图像的过程中,由于设备条件、传输信道、环境光干扰等客观因素的影响,所获得的图像往往存在某种程度上的质量下降,因此,为了能够正确的识别卷烟图像,必须对降质图像进行预处理,以利于提取感兴趣的信息。

2.1 图像增强

图像增强的目的是为了改善图像的视觉效果,提高图像清晰度,便于计算机对图像的分析^[1]。目前,在图像增强方面还没有统一的质量评价标准,本文介绍了几种常见的图像增强的方法,并进行了分析。

当图像由于成像曝光不足或过度,以及拍摄天气、时间等因素的影响,都会产生对比度不足的弊病,使图像中的细节分辨不清,这时如将图像灰度线性扩展,常能显著地提高图像的质量^[3]。灰度变换是一种逐像素点对图像进行变换的增强方法,所以也称为图像的点运算,设用 f 表示输入图像 $f(x,y)$ 在 (x,y) 处的像素值,用 g 表示变换后的输出图像 $g(x,y)$ 的像素值, $T[\cdot]$ 表示 $f(x,y)$ 对的点运算操作,则灰度变换可一般的定义为:

$$g = T[f] \quad (1)$$

常见的灰度变换有:灰度反转、对数变换、指数变换、线性变换等。一般设图像的灰度级为 L ,则图像的灰度反转公式可表示为:

$$g = L - 1 - f \quad (2)$$

对数变换的公式可表示为:

$$g = c \log(1 + f) \quad (3)$$

指数变换的公式可表示为:

$$g = b^{c(f-a)} - 1 \quad (4)$$

线性变换的公式可表示为:

$$g = cf + r \quad (5)$$

注: a, b, c, r 的值由输出图像的灰度值动态范围决定。

对卷烟进行部分灰度变换的效果见图2。



图2 灰度变换的效果

Fig. 2 The image of gray-scale transformation

通过对比分析,发现指数变换不但扩展了图像的高灰度级、压缩低灰度级,而且经过变换后的对比度更高,因此,采用指数变换的图像增强方法。

2.2 图像平滑

图像平滑的主要目的是减少噪声,图像平滑的处理方法主要有空域法和频域法,空域法是在原始图像上直接进行处理;频域法是在图像的变换域上进行处理。考虑到系统实时性要求,采用空域法中的中值滤波法^[4],中值滤波是一种非线性的信号处理方法,主要步骤为:①将模板在图中滑动,并将模板中心与图中的某个像素位置重合;②读取模板下对应像素的灰度值,并将这些值从小到大排序;③找出这个序列中排在中间的一个值;④将中间值赋值给对应模板中心位置的像素。

中值滤波器的主要功能就是让与周围像素灰度值之差比较大的像素,取与周围像素值相近的值,从而可以消除孤立的噪声点,由于不是简单的取均值,所以产生的模糊比较少^[5]。

在一维情况下,中值滤波器窗口正中间的像素灰度值可以用窗口内各像素灰度值的中值代替;二维的中值滤波可以采用某种形式的二维窗口,设 $\{x_{ij}, (i, j) \in I^2\}$ 表示数字图像各点的灰度值,滤波窗口为 M 的二维中值滤波可定义为:

$$y_{ij} = \text{Med}_A \{x_{xy}\} = \text{Med} \{x_{(i+r), (j+s)} \mid (r, s) \in M, (i,$$

$$j) \in I^2\} \quad (6)$$

4种常用二维中值滤波器窗口的形状见图3。

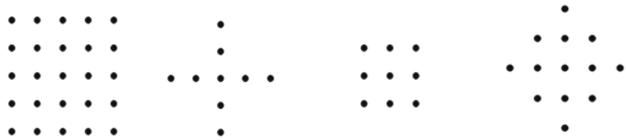


图3 4种常见的中值滤波器形状

Fig. 3 Four common shapes of median filter

中值滤波的窗口形状和尺寸对滤波的效果影响很大,不同的图像内容和不同的应用要求,往往采用不同的窗口形状和尺寸,窗口尺寸一般先用 3×3 再用 5×5 ,逐点增大直到其滤波效果满意为止^[6],用 3×3 方形中值滤波器滤波的效果见图4。



图4 中值滤波后的图像

Fig. 4 The image after median filter

3 图像分割

采用一种基于边缘检测的局部阈值分割方法,该方法将整幅灰度图像分成小块,在每个小块中利用梯度算子对小块中的边界点进行检测,寻找出小块内的所有边界点,然后沿着这些边界点的梯度方向找出最临近的点,以所有这些临近点和边界点的灰度均值作为该小块的灰度阈值进行分割,该算法计算复杂度较低,避开了灰度直方图阈值分割方法中“谷底”难以确定的问题,同时照顾到了图像的局部灰度特性^[7]。经过局部阈值分割后图像的结果见图5。

4 图像识别

数学形态学是图像识别的新方法,基本思想是:用具有一定形态的结构元素去量度和提取图像中的对应形状,以达到图像分析和识别的目的。

最基本的形态学运算有膨胀、腐蚀、开和闭4种。



图5 局部阈值分割效果

Fig. 5 The image of local threshold segmentation

开运算就是先对图像进行腐蚀,然后再进行膨胀,在实际运用中,开运算常用于去除较小的亮点,同时保留所有的灰度和较大的亮区特征不变,在纤细点处对物体进行分离,平滑较大物体的边界^[8];腐蚀操作去除较小的亮的细节部分,同时把图像变暗,再施以膨胀处理,将增加图像的亮度而不再引入已去除的部分^[9],使用结构元素 B 对集合 A 进行开运算可表示为:

$$A \cdot B' = (A \otimes B') \oplus B' \quad (7)$$

通过开运算操作的卷烟端图像见图6。

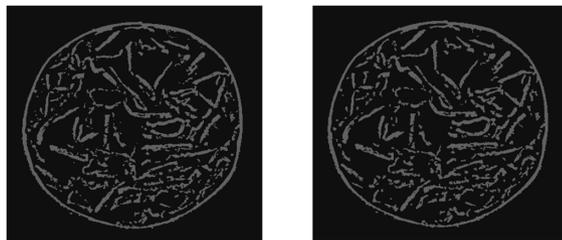


图6 开操作运算前后卷烟端图像的对比

Fig. 6 The comparison images before and after open operation

5 计算卷烟圆周周长

经过以上图像处理和分析后,就可以计算卷烟圆长度了。采用LabVIEW软件和系统的图像处理工具包,通过测量卷烟圆周不同方向上的直径,求出相应的半径,然后按弧长公式计算此段的弧长,对圆360等分,求出每1份的弧长,求和后即得总的周长,弧长计算公式和相应程序如下:

$$L = \frac{n\pi R}{180} \quad (8)$$

式中: n 表示圆心角度数; R 表示半径; L 表示弧长。

由于图像处理算法是以像素为计算单位,而实际应用中要根据给定的烟支圆周标准数值来判定烟支是否合格,因此在LabVIEW图像处理检测算法中,

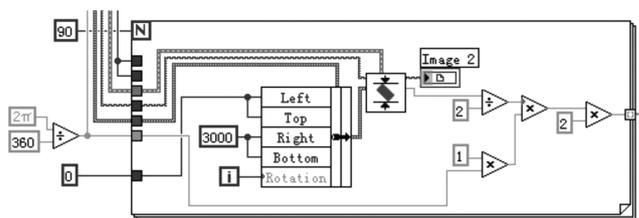


图7 LabVIEW 圆周检测程序

Fig. 7 The block diagram of circumference detection

需将检测出的圆周像素值转换成圆周的数值。为确定圆周像素值与圆周实际数值的转换公式,选择30支香烟样品,分别用圆周检测仪和 LabVIEW 图像处理算法进行测量和检测,将实测值与检测像素值采用最小二乘法进行拟合,得到二者的一元回归方程如下:

$$Y=0.0011X+17.5013 \quad (9)$$

式中:Y 为圆周检测值;X 为圆周像素值。

将转换式(9)加入 LabVIEW 算法程序即可得到烟支圆周的检测值,见表1。

表1 烟支圆周的统计数据

Tab. 1 The statistic data of cigarette circumference mm

序号	实测值	像素点	检测值	序号	实测值	像素点	检测值
1	24.11	5 991	24.09	16	24.13	6 017	24.12
2	24.25	6 126	24.24	17	24.41	6 273	24.40
3	24.33	6 212	24.33	18	24.27	6 148	24.26
4	24.18	6 104	24.21	19	24.20	6 112	24.22
5	24.33	6 212	24.33	20	24.27	6 153	24.26
6	24.36	6 218	24.36	21	24.29	6 169	24.28
7	24.26	6 132	24.24	22	24.23	6 118	24.22
8	24.17	6 101	24.20	23	24.22	6 119	24.21
9	24.18	6 014	24.21	24	24.29	6 169	24.29
10	24.25	6 120	24.24	25	24.25	6 128	24.24
11	24.42	6 280	24.41	26	24.22	6 108	24.22
12	24.23	6 121	24.23	27	24.31	6 184	24.32
13	24.24	6 130	24.24	28	24.23	6 119	24.23
14	24.21	6 120	24.22	29	24.25	6 126	24.27
15	24.24	6 121	24.23	30	24.20	6 113	24.22

对表1得到的检测值进行分析,可得检测值的平均值为24.24 mm,标准差为0.0677;烟支圆周实测值的平均值为24.24 mm,标准差为0.0698进行对比,两者平均值相同,标准差相近,表明检测方法有效。

根据哈尔滨卷烟厂的卷烟工艺要求,烟支的圆周主要制造标准为(24.20±0.20)mm,为了验证检测方法的准确性,选择不同品牌的香烟样品各1 000支进

行测试,以实验室圆周检测仪检测出的不合格烟支数量为标准,用图像处理的方法得出的检测结果见表2。

表2 烟支圆周测试结果

Tab. 2 The test data of cigarette circumference

品牌	不合格数量/支	检出数量/支	检出率/%
红金龙	26	24	92.31
红塔山	19	18	94.76
林海灵芝	25	24	96.00

由表2可知,本检测方法的检出率(即准确率)为94.36%。

6 结论

对基于图像处理的卷烟圆周质量检测的一些关键性技术进行了研究,提出了卷烟圆周长的一种基于图像处理的可行的方案,对提升卷烟产品质量控制有积极的作用;同时,也对后续研究基于 LabVIEW 的卷烟圆周检测虚拟仪器的开发提供了理论基础。

研究内容还存在需要完善的地方:图像处理算法需要优化,仅在实验室条件下验证了检测方法的准确率,缺少实际在线检测的数据,这些都是在后续研究中需要完善和补充的地方。

参考文献:

- [1] 余松煜,周源华,张瑞,等.数字图像处理[M].上海:上海交通大学出版社,2007.
- [2] 高翔,谷吉海.基于Canny算法的啤酒空瓶杂质检测方法[J].包装工程,2009,30(3):63-65.
- [3] 高守传,姚领田.Visual C++实践与提高[M].北京:中国铁道出版社,2006.
- [4] 龚声蓉,刘纯正.数字图像处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [5] 付兰.基于机器视觉的轧辊磨损检测技术的研究[D].秦皇岛:燕山大学,2009.
- [6] 张留钢.基于机器视觉技术的烟条检测系统研究[D].南京:南京航空航天大学,2008.
- [7] 张爱华,余胜生,周敬利.一种基于边缘检测的局部阈值分割算法[J].小型微型计算机系统,2003,24(4):661-663.
- [8] STEGER C, ULRICH M, WIEDMANN C.机器视觉算法与应用[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [9] 阮秋琦.数字图像处理基础[M].北京:清华大学出版社,2009.