



引用格式:汪冬冬,侯加文,李帆,等.基于阴影检测的传送带烟丝堵料视觉检测系统设计[J].轻工学报,2020,35(5):41-47.

中图分类号:TS43;TP274 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.05.006

文章编号:2096-1553(2020)05-0041-07

基于阴影检测的 传送带烟丝堵料视觉检测系统设计

Design of visual detection system of tobacco blockage in conveyor belt based on shadow detection technology

汪冬冬¹,侯加文¹,李帆¹,李小福²

WANG Dongdong¹,HOU Jiawen¹,LI Fan¹,LI Xiaofu²

1. 河南中烟工业有限责任公司 驻马店卷烟厂,河南 驻马店 463000;

2. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心,河南 郑州 450000

1. Zhumadian Cigarette Factory, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhumadian 463000, China;

2. Technology Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China

关键词:

烟丝堵料;阴影检测;
机器视觉技术;H通道
图像

Key words:

tobacco blockage;
shadow detection;
machine vision
technology; H-channel
image

摘要:为了有效解决卷烟生产过程中烟丝在传送带上发生堵料的问题,实现烟丝物料皮带传送的在线检测,开发了基于阴影检测的传送带烟丝堵料视觉检测系统.该系统使用 CCD 工业相机采集传送带上烟丝的图像信息,通过两次 HSV 颜色空间变换对 H 通道图像进行二值化处理,通过形态学操作和阴影面积进行滤波去噪,最后对去噪后的阴影图像面积进行归一化处理,结合经验阈值判断是否发生堵料.实践应用结果表明,该系统简单可靠,能够在线完成堵料检测,误检率小于 10%,漏检率小于 3%,大大减少了烟丝传送状态异常的停机时间,提高了卷烟企业的智能化水平和生产效率.

收稿日期:2020-04-27

基金项目:河南中烟公司科技资助项目(ZW201737)

作者简介:汪冬冬(1983—),男,河南省驻马店市人,河南中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为电气控制技术、图像识别与处理.

通信作者:侯加文(1972—),男,河南省驻马店市人,河南中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为电气自动化控制.

Abstract: In order to effectively solve the problem of tobacco blocking on the conveyor belt in the process of cigarette production, realize the online detection of cut tobacco material belt transportation, a vision detection system of tobacco blockage in conveyor belt based on shadow detection was developed. Firstly, the CCD industrial camera of the system collected the image of tobacco leaf on the conveyor belt. Then binarized the H-channel image through two HSV color space transformations, and carried out morphological operation and shadow area filtering to remove noise. Finally, the area of the area of the shadow image without noise was normalized and the blocking was judged according to the experience threshold. The results showed that the system was simple and reliable, could complete blockage detection online, the false detection rate was less than 10%, and the missed detection rate was less than 3%. The method greatly reduced the downtime of abnormal tobacco conveying state and improved the automation level and the generation efficiency of tobacco factory.

0 引言

制烟过程中的皮带输送机主要用于输送各种叶片、叶丝、烟梗、梗丝、混合烟丝、再造烟丝等烟草物料,是衔接各工序间的主要设备之一。在换牌后,烟草物料的配方、含水率等都会发生改变,如果皮带输送机在工作过程中物料流量瞬间增大,而传送带速度不变,可能会导致堵料现象的发生。一旦发生堵料现象,会导致物料泄漏,进而影响生产环境,严重时还需要停机维护^[1],因此,如何实时检测堵料是烟草行业制烟过程中亟待解决的问题。文献[2]提出在出料口加装活动挡板,根据活动挡板的状态判断是否发生堵料,但是这种做法相当于人为减小输料通道,反而更容易发生堵料。文献[3]开发了一种防烟丝堵料输送机,在下料斗顶端安装反射式光电开关,以检测是否发生堵料,但由于在下料过程中,光电开关一直处于被遮挡状态,且容易被灰尘干扰,导致误报警频发。文献[4]提出在下料口安装搅拌棒,但不管是否发生堵料,搅拌棒都一直处于工作状态,烟丝造碎较大。

随着计算机技术的发展,机器视觉技术不断成熟并广泛应用于电力、交通、烟草等行业^[5-9],但鲜见用于堵料检测的相关报道。阴影检测主要应用于目标跟踪和遥感图像识别,由于存在一定的干扰,因此研究主要集中在如何消除阴影。例如,卢璇^[10]提出了一种改进的基

于背景差分的目标检测算法,对彩色图像分通道进行像素级和帧级两个阶段的处理,并在背景更新过程中区别处理目标区域和背景区域,实现了阴影的检测与去除,以及粘连人体的分割。裘国永等^[11]提出一种基于自适应亮度高程模型的路面阴影消除算法,不仅能够对路面阴影影像进行自动消除,而且阴影消除后的路面影像亮度的过渡更加自然。可见,目前阴影检测的主要目的是为了消除阴影,而利用阴影进行目标检测尚未见报道。

由于传送带两行耙齿上的烟丝较多,两行耙齿之间会形成凹陷,而卷烟企业车间照明充足,在光源照射下,耙齿上的烟丝会形成一定的阴影。而当耙齿上的烟丝过多时,传送带会出现堵料,从而形成较大的阴影面积。基于此,本文拟提出基于阴影检测^[12-14]的传送带烟丝堵料视觉检测系统,通过检测烟丝在传送带上形成的阴影面积,结合经验阈值判断是否堵料,以期实现传送带烟丝堵料的自动检测、预警和报警,提高生产过程的自动化水平。

1 堵料视觉检测系统设计

1.1 结构设计

在不改变卷烟企业现有生产线并充分利用现有光源的条件下,设计的堵料视觉检测系统结构如图1所示。该系统包括 CCD 工业相机、视觉光源、数据处理分析中心、数据传输网络

等. 系统将 CCD 工业相机安装在车间现场顶部传送带的前上方, 并与传送带保持较小的夹角. 该设计一方面可以避免烟丝传送系统所带来的震动影响, 另一方面便于获取烟丝轮廓图像. 采用现有光源照明, 亮度可以通过光圈、相机的曝光时间和增益进行调整, 图像的清晰度利用镜头加以调整. 通过以太网将相机所采图像传送至控制室的数据处理分析中心, 由软件统一控制各个采集单元的采集频率和相关参数.

1.2 流程设计

烟丝堵料视觉检测系统流程如图 2 所示. 首先, 获取传送带和烟丝的图像, 利用随机抽样一致算法提取传送带边缘, 确定传送带区域; 然后通过色彩空间变换对传送带区域进行阴影检测; 其次, 由于检测到的阴影含有噪声, 需通过形态学操作和阴影面积进行滤波去噪; 再次, 由于图像在坐标系下“远小近大”, 对阴影面积计算影响较大, 需对所有阴影进行归一化处理; 最后, 根据归一化后的阴影面积和经验阈值, 分别给出橙色预警和红色预警(橙色预警表示即将

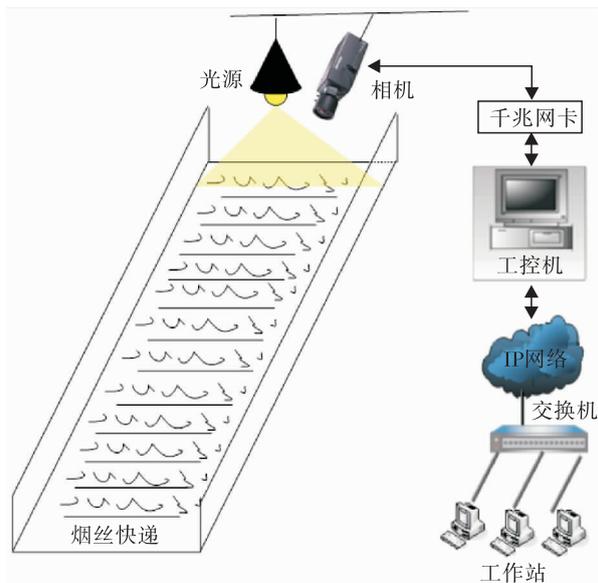


图 1 堵料视觉检测系统结构示意图

Fig.1 Structure diagram of visual inspection for tobacco blockage

发生堵料, 需要降低传送带的速度; 红色预警表示已发生堵料, 要求迅速给出相应的指令).

2 堵料检测算法设计与可行性验证

在堵料视觉检测系统中, 堵料阴影图像的处理需要使用检测算法, 本文设计的新堵料检测算法包括颜色空间的选取、通道的确定和阴影面积处理方法的确定, 并对其进行可行性验证.

2.1 颜色空间的选取

图像的颜色在不同色彩空间中的表现不同, 颜色空间包括 RGB、HSV、CMYK、C1C2C3、YCbCr、Lab 等^[15]. 其中, 最常用的是 RGB 颜色空间. 在 RGB 颜色空间中, 任意色光都可以用不同分量的 R、G、B 三色相加混合而成. 不同于 RGB 颜色空间, HSV 颜色空间最早由 A. R. Smith^[16] 在 1978 年提出, 基于人的主观视觉, H 代表色度 (Hue), S 代表饱和度 (Saturation), V 代

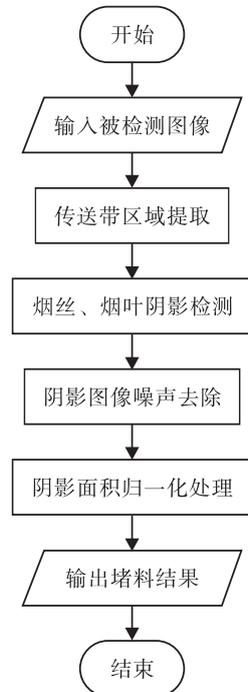


图 2 烟丝堵料视觉检测系统流程图

Fig.2 Flow chart of visual inspection for tobacco blockage

表亮度 (Value). 文献 [17] 对阴影图像在色彩空间中的特性进行了分析, 指出阴影在色度和饱和度通道中都与非阴影区域有明显的区别, 因此本文选择在 HSV 颜色空间进行处理. HSV 颜色空间可由 RGB 颜色空间转换得到, $R, G, B \in [0, 1]$, 其中包含 H、S、V 3 个通道, 各通道值计算公式^[18]分别为

$$V = \max(R, G, B) \tag{1}$$

$$S = \begin{cases} \frac{V - \min(R, G, B)}{V} & V \neq 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \tag{2}$$

$$H = \begin{cases} \theta & G \geq B \\ 2\pi - \theta & \text{其他} \end{cases} \tag{3}$$

其中

$$\theta = \arccos \frac{(R - G) + (R - B)}{2 \sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \tag{4}$$

2.2 通道的确定

卢璇^[10]分析了图像中某一像素被阴影覆盖前后 HSV 颜色空间各分量的变化(如图 3 所

示), 可以根据阴影的特征分割出阴影. 然而, 本设计并不存在某一点上阴影的有无问题: 在光源照明下, 烟丝凸起的地方无阴影, 而凹陷的地方则有阴影. 为此, 本文通过分析烟丝阴影特征, 并利用其特征进行阴影检测, 最后根据阴影面积判定是否发生堵料.

由式②可知, S 取值范围为 [0, 1], 当 R、G、B 三值相等时为 0, 当其中任一值为 0 时取 1. 记 $R - G = \alpha, R - B = \beta$, 式④的函数图像如图 4 所示. 由图 4 可以看出, 当 α, β 值接近时, 函数值 θ 会迅速趋近于正负极值. 根据这一性质对 HSV 图像再做一次变换, 所得两次 HSV 变换后的各通道图像和某列的轮廓曲线如图 5 所示, 其中 BL_1, BL_2 和 BL_3 分别为大阴影区域、小阴影区域和耙齿无阴影区域. 由图 5 可以看出, BL_1 处可以比较明显地区分阴影三通道, 但 H 通道的区分度更好; BL_2 处阴影的 S 通道完全无法分割, 而 V 通道的区分度也比较差, 只有 H 通

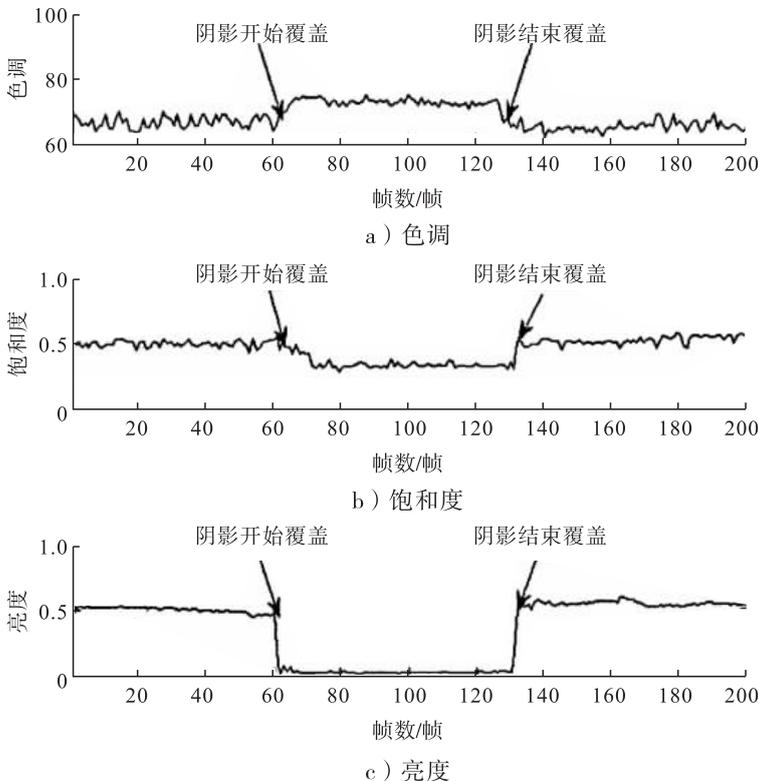


图 3 图像中某一像素被阴影覆盖前后 HSV 颜色空间各分量的变化

Fig. 3 Changes of components in HSV space before and after a pixel was shaded in the image

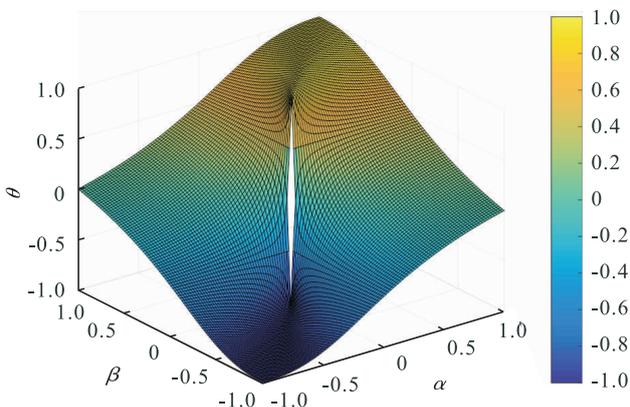


图4 式④的函数图像

Fig. 4 Function image of formula ④

道的区分度较好;BL₃处的非阴影部分本不需要分割,但是V通道却误认为阴影.综上所述,H通道对阴影有很好的区分度,而S通道的区分度很差,V通道则很容易受物体颜色的影响.

2.3 阴影面积处理方法

根据以上分析结果,先将采集到的传送带烟丝图像利用式①②③进行两次HSV变换,以得到HSV图像.由于H通道区分度较好,选取固定阈值,即H图像的最大值,按下式

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & H(x,y) > \max(\max(H)) \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

进行二值化处理,进而得到H通道图像的二值化图像(如图6a)所示.从二值化图像可以看出,该图像中存在一些较小的噪声,可通过形态学操作和阴影面积对其进行滤波去噪,将小于

一定值的阴影去除后,即可得到去噪后的阴影图像(如图6b)所示).根据“远小近大”的原理对阴影面积进行归一化处理,将其与经验阈值进行比较,判断是否发生了堵料现象.

2.4 算法可行性验证

大津法(OTSU)^[19]是一种经典的阈值分割算法,又称最大类间方差法,按照由大津法求得的阈值进行图像二值化分割后,前景与背景图像的类间方差最大.将本文算法与大津法在不同光照强度下进行3组对比实验,其中第1组光照强度最强,第3组光照强度最弱,结果如图7所示.图7中的数字表示阴影最大面积的像素个数,其代表了阴影的面积.由图7可以看出,虽然采用大津法的部分识别结果与本文算法结果相近,但是大津法易受光照强度影响,而本文算法的结果更加稳定.

3 堵料视觉检测系统的实践应用

将本文设计的传送带烟丝堵料视觉检测系统应用在驻马店卷烟厂的生产实践中,用以检测其可行性.系统硬件采用大恒图像的200万像素CCD工业相机水星系列,将采集的图像通过以太网传送至控制室的数据处理中心,在VS2010平台下,对所采集的图像进行两次HSV变换、二值化、滤波等处理,最终根据过滤的阴影面积和经验阈值综合判断,给出堵料的预判

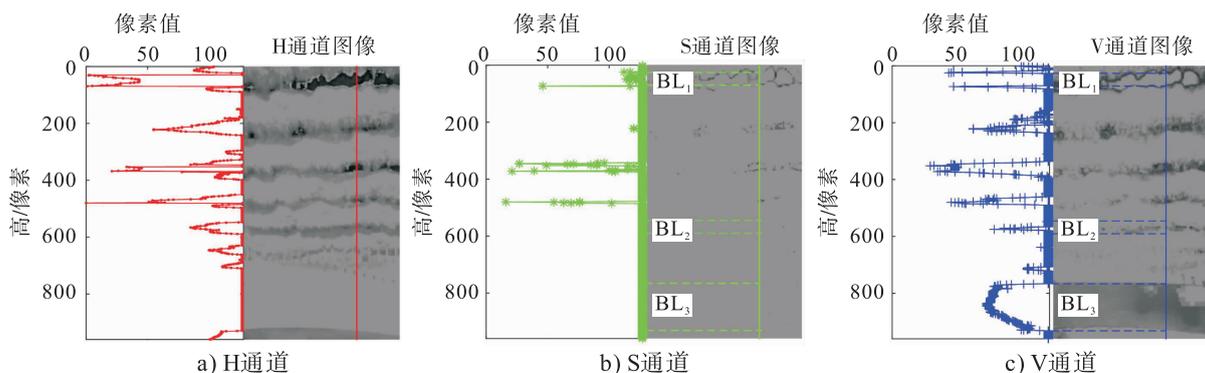
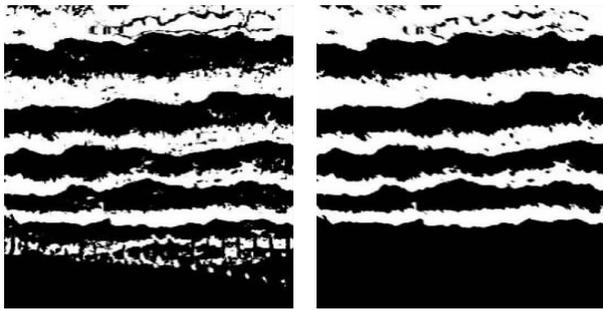


图5 两次HSV变换后的各通道图像和某列的轮廓曲线

Fig. 5 The contour of each channel image and column after two HSV transformations



a) 二值化图像 b) 去噪后阴影图像

图6 二值化图像及滤波后阴影图像

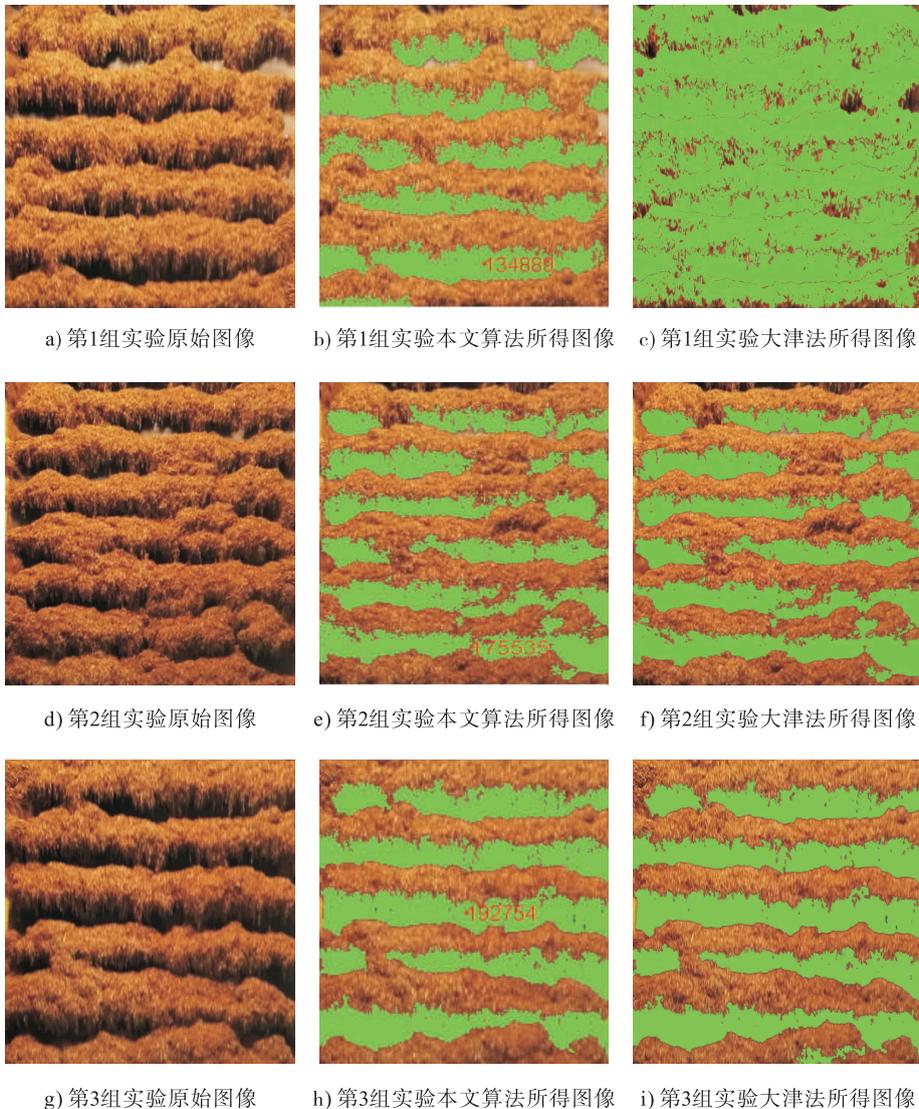
Fig.6 Binary image and denoising shadow image

该检测系统在驻马店卷烟厂运行半年,误检率小于10%,漏检率小于3%,大大减少了由于堵料引起的设备停机时间,提高了生产效率.

4 结语

本文针对卷烟企业中传送带堵料问题,在不改变现有生产线和光源条件的情况下,设计了基于阴影检测的在线视觉堵料检测系统.该系统根据阴影在HSV颜色空间的特征,提出了一种基于HSV颜色空间的阴影检测方法,以实现传送带上烟丝的阴影检测.根据两次HSV变换后的三通道图像特征,对H通道进行二值化

量化值,实验结果如图8所示.由图8可以看出,该系统可以准确地检测出阴影的面积大小.



a) 第1组实验原始图像 b) 第1组实验本文算法所得图像 c) 第1组实验大津法所得图像
 d) 第2组实验原始图像 e) 第2组实验本文算法所得图像 f) 第2组实验大津法所得图像
 g) 第3组实验原始图像 h) 第3组实验本文算法所得图像 i) 第3组实验大津法所得图像

图7 本文算法与大津法对比结果

Fig.7 The comparison results between the algorithm in this paper and OTSU

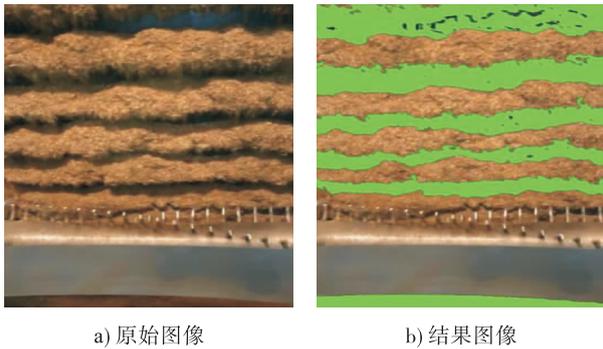


图8 原始和结果图像

Fig. 8 Original image and result image

处理,然后通过形态学操作和阴影面积进行滤波去噪,去除二值化图像中面积较小的噪声,最后对面积进行归一化处理,根据经验阈值判断是否堵料,并将判断结果推送给远程监测人员.监测人员根据结果以及实时传送的图像进行二次确认,提高紧急情况下操作处理的可靠性.实践应用结果表明,本文设计的检测系统的堵料检测算法受环境变化的影响较小,能够满足在线堵料检测的需求,可解决人工检测的漏检问题,有效提高卷烟企业的智能化水平和生产效率.

参考文献:

- [1] 山东中烟工业有限责任公司青州卷烟厂. 带式输送机运行状态检控装置: 201220499203. 6 [P]. 2013-02-20.
- [2] 曾令金, 胡永豪. 烟丝出柜堵料检测装置的设计应用[J]. 广东科技, 2014(20): 175.
- [3] 湖北中烟工业有限责任公司. 一种烟丝防堵料输送机: 201520509921. 0 [P]. 2015-11-11.
- [4] 刘丽娜. 一种烟丝下料防堵料装置: 201620162318. 4 [P]. 2016-07-06.
- [5] 汤勃, 孔建益, 伍世虔. 机器视觉表面缺陷检测综述[J]. 中国图象图形学报, 2017, 22(12): 164.
- [6] 鞠乾翔, 应忍冬, 蒋乐天. 基于机器视觉的快速车道线识别[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(5): 1544.
- [7] 刘斌, 朱文魁, 周雅宁, 等. 基于机器视觉和MSD微结构描述算法的霉变烟在线检测研究[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(2): 29.
- [8] SANIN A, SANDERSON C, LOVELL B C. Shadow detection: A survey and comparative evaluation of recent methods [J]. Pattern Recognition, 2012, 45(4): 1684.
- [9] 田建东, 王占鹏, 唐延东. 静态阴影检测的研究进展[J]. 信息与控制, 2015, 44(2): 215.
- [10] 卢璇. 室内运动人体检测与跟踪算法的研究与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.
- [11] 裘国永, 李丽, 李良福, 等. 基于自适应亮度高程模型的路面阴影消除算法研究[J]. 轻工学报, 2018, 33(1): 79.
- [12] SANIN A, SANDERSON C, LOVELL B C. Shadow detection: A survey and comparative evaluation of recent methods [J]. Pattern Recognition, 2012, 45(4): 1684.
- [13] 张丽, 李志能, 宣旭峰, 等. 基于HSV彩色空间与直方图信息的植物叶脉FFCM算法提取[J]. 计算机应用研究, 2018, 35(9): 307.
- [14] 林雨准, 张保明, 郭海涛, 等. HSV变换和多尺度分割相结合的高分辨率遥感影像阴影检测[J]. 测绘科学技术学报, 2017(5): 486.
- [15] 章惠. 色彩空间转换的理论和实证研究综述[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 102.
- [16] SMITH A R. Color gamut transform pairs [J]. Computer Graphics, 1978, 12(3): 12.
- [17] LIU J, FANG T, LI D. Shadow detection in remotely sensed images based on self-adaptive feature selection [J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 2011, 49(12): 5092.
- [18] 鞠何其. 基于色彩空间变换的遥感影像阴影检测与去除技术[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [19] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62.