

烟丝结构在线检测装置设计

Design of on-line detection device for cut tobacco structure

吴文强¹ 李 军¹ 陈 龙¹ 金 勇¹ 刘 斌¹

WU Wen-qiang¹ LI Jun¹ CHEN Long¹ JIN Yong¹ LIU Bin¹

钟科军¹ 毛伟俊¹ 王艺斌² 许文武²

ZHONG Ke-jun¹ MAO Wei-jun¹ WANG Yin-bin² XU Wen-wu²

(1. 湖南中烟工业有限责任公司技术中心, 湖南 长沙 410007;

2. 南京焦耳科技有限责任公司, 江苏 南京 210000)

(1. Technology Center, China Tobacco Hunan Industrial Co., Ltd., Changsha, Hunan 410007, China;

2. Nanjing Joint Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000, China)

摘要:目的: 解决目前烟丝结构检测均采用离线检测方式, 检测结果滞后的问题。方法: 采用风选摊薄方式与图像智能识别技术, 在制丝线风选室内对烟丝结构进行检测, 在线检测烟丝长度、宽度和面积, 统计烟丝中整丝和碎丝的比例。结果: 通过对现有烟丝结构离线检测仪器的对比, 该检测装置测量精度较高, 稳定性较好, 能够较为真实地反映制丝线烟丝结构实际质量状况。结论: 该装置能有效减少质检人员的工作量。

关键词: 烟丝结构; 在线检测; 风选; 图像智能识别; 烟丝骨架

Abstract: Objective: Solves the problem that the off-line detection method is adopted in the current cut tobacco structure detection, and the detection result lags behind. Methods: Using the air separation dilution method and image intelligent recognition technology, the cut tobacco structure was detected in the air separation room of the silk production line, the length, width and area of cut tobacco were detected online, and the proportion of whole and broken cut tobacco was counted. Results: By comparing the existing off-line detection instruments for cut tobacco structure. The detection device had high measurement accuracy and good stability, and could truly reflect the actual quality of cut tobacco structure of silk production line. Conclusion: The results show that the device can effectively reduce the workload of inspectors.

Keywords: the structure of cut tobacco; on-line detecting; air separation; image intelligent recognition; tobacco skeletonization

烟丝结构是影响卷烟物理指标的主要因素之一, 不同结构的烟丝对卷烟的质量和稳定性都有一定的影响, 对卷烟的烟支重量、吸阻^[1]、端部落丝量等质量指标^[2]也有显著影响。目前烟草企业对烟丝结构的检测仍普遍采用烟丝振动分选筛, 这种方法采样周期长, 数据实时性差, 而且受人为影响较多。近年来有学者通过图像识别技术来检测烟丝结构, 楚晗等^[3]通过对比同档次短支卷烟和常规卷烟的烟丝结构分布并对烟丝结构与物理指标进行回归分析, 研究了烟丝结构分布及其对物理质量的影响差异; 余娜等^[4]采用分形理论, 推导了烟丝筛下积累质量百分比与分形维数的相关性方程; 夏营威等^[5]通过计算机视觉系统, 拍摄烟丝的可见光图像, 并对图像进行畸变校正, 提出了烟丝切口位置识别算法, 实现了无规则摆放烟丝的宽度测量; 郭三刺等^[6]采用中值滤波对烟丝图像进行预处理, 然后再用边缘提取方法计算烟丝的各个特征值, 适用于离线检测烟丝结构; 刘洋等^[7]采用 CCD 扫描成像式对烟丝宽度进行快速检测; 邸成良等^[8]提出一种基于图像处理的自适应烟丝宽度测量方法, 该方法具有很强的自适应性和抗干扰性, 可以借鉴到烟丝结构的在线测量方面。但是这些研究都是针对烟丝结构^[9]离线检测的, 未见在线检测的相关文献报道。

研究拟采用风选摊薄方式与图像智能识别技术, 设计开发在线烟丝结构检测系统, 以期能够准确快速地检测烟丝长度、宽度、面积, 并统计出烟丝中整丝、碎丝比例。

1 系统组成

如图 1 所示, 在线烟丝结构检测系统主要包括烟丝输送皮带机、风选室、图像采集系统、图像处理系统和烟

作者简介: 吴文强, 男, 湖南中烟工业有限责任公司高级工程师。
通信作者: 李军 (1980—), 男, 湖南中烟工业有限责任公司工程师, 硕士。E-mail: lij1207@hngytobacco.com
收稿日期: 2021-08-02

丝结构在线检测软件。输送皮带机 B1 烘干后的烟丝输送至风选室,风选室中有两道气动吹散装置,分别是气动吹散装置 A1 和气动吹散装置 A2,实现烟丝的多次吹散。第一道气动吹散装置 A1 把输送皮带机 B1 来料中的单独的烟丝吹落到输送皮带机 B2 上,烟丝团落到输送皮带机 B3 上,输送皮带机 B3 上的烟丝和烟丝团经过气动吹散装置 A2,将独立的吹散的轻的烟丝落到输送皮带机 B2 上,烟丝团落到输送皮带机 B3 上。经过两次吹散后,吹散的烟丝落到输送皮带机 B2 上,进入下道工序。经过两次吹散后,依然落下来的是梗签、焦油块等杂物,进入废料收集盒。图像采集系统采集烟丝在吹散状态下的烟丝图像(也就是输送皮带机 B2 上方的烟丝图像)。如图 2 所示,图像处理系统对采集的烟丝图像进行预处理,通过烟丝结构检测软件准确计算出每根烟丝的长度、面积,进行质量拟合,建立面积与质量的关系模型;同时根据这些数据统计出烟丝中整丝、碎丝比例;计算出整丝率、碎丝率,得出烟丝结构参数。

2 技术实现

在线烟丝结构检测系统中烟丝摊薄、烟丝图像检测所涉及的技术是研究的核心。

2.1 烟丝摊薄机构设计

风选室中气动吹散装置 A1 将输送皮带机 B1 匀速定量输送烟丝团经行吹散摊薄,形成相互独立的状态,重量轻的烟丝被吹落在输送皮带机 B2 上,部分烟丝、重量重

的烟丝团、梗签及杂物、生产线上产生的焦油块下落到输送皮带机 B3 上,输送皮带机 B3 运行方向与输送皮带机 B2 相反,再经由气动吹散装置 A2 再次进行吹散摊薄,部分烟丝团被吹散至相互独立的完全摊开的状态,在风力作用下最终落入输送皮带机 B2,无法吹散的烟丝团、有一定重量的梗签及杂物、生产线上产生的焦油块落入下方废料收集盒。而烟丝的造碎情况可以通过后续试验重复测量同一批次烟丝的碎丝率进行比较得到,如果设备在线计算的碎丝率与国标方法统计结果差别不大,并且重复测量碎丝率的变异系数较小,则可以判定该设备的造碎情况较小。而烟丝的摊薄效果可以通过统计烟丝的成团率得到,成团率越小则烟丝的摊薄效果也就越好。

2.2 检测单元的设计及原理

烟丝图像检测单元主要包括光源、高速 CCD 线阵相机、采集卡和工控机。为了满足大视场高分辨率的要求,采用 DALSA P4-CC-08K050-00-R 线阵 CCD 相机,该相机有 8 192 个感光单元,像元尺寸达到 $7.04 \mu\text{m} \times 7.04 \mu\text{m}$,当镜头放大倍率为 0.7 时,检测装置的最小测量值为 0.01 mm,可满足烟丝长度的测量要求。图像检测单元集成了烟丝检测识别算法、烟丝结构检测算法。该单元的工作流程:采集的烟丝在吹散状态下的烟丝图像(输送皮带机 B2 上方的烟丝图像)经检测识别算法处理后,识别出的烟丝目标区域,对确定的烟丝目标区域经烟丝结构检测算法计算出该目标的长度,并依据事先标定出的烟丝质量模型,计算出待测样品中的整丝和碎丝的质量,同时确定整丝率和碎丝率,得到烟丝的结构参数。

2.3 图像处理算法

由于烟丝的测量精度要求过高,采用大分辨率线阵 CCD 拍摄烟丝图像时,得到烟丝图像较大($80 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$)的图像,每幅图像大小约为 80 MB,因此需要对烟丝图像进行处理后才能快速准确地计算烟丝的长度。处理过程为:首先将图像进行预处理,中值滤波去除噪声,然后阈值化处理将彩色图像转换为二值图像,进行连通区域标记并提取烟丝连通区域,得到单根烟丝的图像,最后将单根烟丝进行细化、去毛刺(分叉点)测量烟丝的长度。另外,根据标记的连通区域的面积判定成团烟丝,若烟丝判定为成团,还需要对成团烟丝进行分割。

(1) 图像预处理。采集到烟丝图像如图 3 所示,由于烟丝的结构不规则,需要对图像进行预处理去除噪声。去噪方法选用中值滤波法^[10],采用 3×3 的滤波窗口,以尽可能地保存图像的细节信息。由于烟丝图像中的背景部分存在略微明显的白色噪点,采用中值滤波可以取得较好的抑制效果,见图 4。

(2) 利用阈值分割对烟丝进行二值化,提取烟丝连通

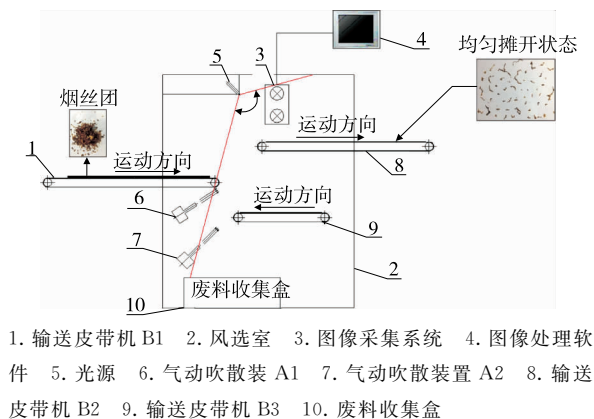


图 1 在线烟丝结构检测系统结构图

Figure 1 Structure diagram of online cut tobacco structure detecting system

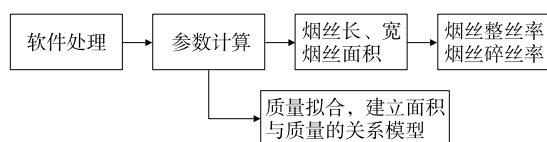


图 2 图像处理系统

Figure 2 Image processing system

区域^[11]。为标记图像中的不同烟丝,对分割后的二值图像进行连通提取和标记操作。常见的连通域提取方法有:线标记法^[12]、区域增长法^[13]、像素标记法^[14]、基于特

殊体系的并行标记算法^[15]等。采用广度优先的连通域检测方法^[16]获取烟丝连通域,并使用不同的灰度值标记连通操作得到的不同区域。标记效果如图 5 所示。

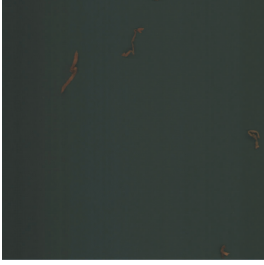


图 3 烟丝图像图

Figure 3 Image of cut tobacco



图 4 图像预处理

Figure 4 Image pre-processing



图 5 连通域标记

Figure 5 Label the connected areas

(3) 对于成团的烟丝,通过提取每个烟丝连通区域内的面积,因为一般单个烟丝的面积都比较小,只有当烟丝成团时,轮廓区域面积较大,通过设定面积阈值,来判断连通区域是否属于成团烟丝,见图 6。若被判定为成团烟丝,就需要对烟丝进行分割操作。通过基于预测密集的局部形状描述子^[17],将这些描述子组装成实例,通过卷积神经网络进行训练预测,并对其进行分割操作。

通过训练一个卷积神经网络来预测较为密集的局部形状块,从中在单通道中将所有的实例集到一个图像中。卷积神经网络预测图像中每个像素的密集块,然后用它来找到块大小内每对像素的一致性。从中挑选出最符合的块进行连接。块与块的连接边缘是通过连接块一致性的赋值分数确定的。卷积神经网络会在函数上产生一个估值 p 。

$$p^* : D_{\text{om}(I)} \times P \rightarrow \{0, 1\}, \quad (1)$$

$$(x, dx) \rightarrow$$

$$\begin{cases} 1 & \text{if } I_{\text{instance}(x)} = I_{\text{instance}(x+dx)} \text{ and } (x, x+dx) \in fg(I) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (2)$$

式中:

$D_{\text{om}(I)}$ ——采集图像 I ;

P ——图像中的密集偏移集;

I_{instance} ——实例;

x ——图像中的像素;

dx ——像素 x 的变化量;

$fg(I)$ ——前景图像。

对于每个像素 $x \in R^d$ 在 d 维图像 I 中的前景 $fg(I)$ 中,当 $x+dx$ 和 x 属于同一实例,则在密集偏移集 $P \subset R^d$ 处的每个像素的 $x+dx$ 是固定不变的。通过对每个密集块与块之间边缘的确定,来完成对烟丝中成团烟丝轮廓的分割。

利用训练深度卷积神经网络来预测函数 p 。它通过

预测输入图像的每个像素的 $p_x(x+P)$ 来实现。因此,集合 P 的基数决定了网络输出通道的数量。使用的是 U-Net 作为主干架构,通过在所有输出上训练网络的标准交叉熵损失来计算平均值。为了方便预测形状表示结果,在 U-Net 上层路径中保持特征图的数量固定,因此避免了仅从标准 U-Net 倒数第二层中的有限元特征图预测到的高维像素输出。

U-Net 的输入是一张经过压缩后的 256×256 图像,网络是由卷积和 Max Pooling 构成的一系列降采样操作的压缩路径。压缩路径由 4 个 block 组成,每个 block 使用了 3 个有效卷积和 1 个 Max Pooling 降采样,每次降采样之后特征图的个数会乘 2,因此特征图的尺寸会发生变化,最终得到了尺寸为 41×41 的特征图。如图 7 所示,白色轮廓表示单个烟丝轮廓,同时含有斜线和灰点的烟丝



图 6 部分成团烟丝

Figure 6 Part of the cut tobacco



图 7 分割成团烟丝

Figure 7 Cut into pieces

轮廓代表了成团的烟丝,而不同的轮廓烟丝代表了分割出来的不同烟丝。

(4) 在得到的烟丝连通域中,对图像进行细化,提取烟丝骨架^[18]。细化是将图像的线条从多像素宽度减少到单位像素宽度的过程,又叫骨架化,细化的结果是原连通域的中心线,其稳定状态是将图像细化到最低限度相连且无断点的线^[19]。

得到细化后的烟丝图像后,有时还需要对烟丝图像去除毛刺,主要思路就是将所有分支与毛刺都看成不同长度的分支,如果分支长度过短小于一定长度就认为是

毛刺被去掉。每一个分支的结尾点都是一个端点。首先,遍历所有连通区所有点,找到所有端点,端点的定义为其 8 邻域点只有一个像素点,如图 8 所示,斜线像素点 8 邻域内只有黑色点一个像素点,那么判断斜线点为端点。遍历每一个端点,直到遍历到该分支的起始点也就是分岔点,分岔点定义为:经过细化后,8 邻域的像素点个数 ≥ 3 的点,统计每个分支的长度,长度小于阈值 T 的分支被认为是毛刺分支。之后将毛刺分支擦除,得到完好的烟丝细化图像。图 9 为分割后的部分烟丝图像,图 10 为去毛刺后的细化图像。

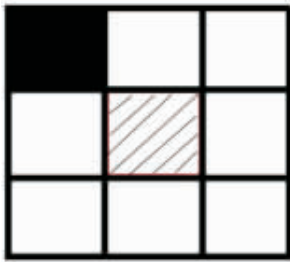


图 8 判断烟丝轮廓端点

Figure 8 Judging the end point of cut tobacco contour



图 9 分割后的烟丝图像

Figure 9 Cut tobacco image after segmentation



图 10 细化后的烟丝图像

Figure 10 Cut tobacco image after skeletonization

统计骨架的长度即为烟丝的长度。根据《卷烟工艺规范》^[20]中规定,若烟丝长度 $>2.5\text{ mm}$ 即为整丝,若烟丝长度 $<1.0\text{ mm}$ 即为碎丝。然后通过计算烟丝的面积,拟合出整丝和碎丝的重量,从而计算出烟丝的整丝率和碎丝率。

3 检测效果

3.1 在线持续检测时间的设定

为确定适合烟丝结构在线持续检测时间,把持续检测时间设定为 10 个时间段(1~10 min),每个时间段分别测量 10 次,计算烟丝结构碎丝率的平均值和变异系数,结果见表 1。由表 1 可知,持续检测时间 $<5\text{ min}$ 时,各组检测结果变异系数 $>5\%$,持续检测时间 $\geq 5\text{ min}$ 时,变异系数 $<5\%$ 。因此,将在线持续检测时间设定在 5 min 以上,能够较为真实地反映制丝线烟丝结构实际质量状况。

3.2 烟丝结构装置的摊薄效果分析

为验证在线烟丝结构检测装置的摊薄效果,针对湖南某卷烟品牌 A 的成品烟丝,每间隔 5 min 统计一次成团率,共统计 5 次(一次统计结束后立即开始下一轮的统计),成团率分别为 4.28%,5.07%,4.51%,4.22%,4.86%,均值为 4.59%。说明此设备对于烟丝的摊薄效果较好。

3.3 在线烟丝结构装置的长度准确性检测分析

为了验证烟丝结构检测装置的长度的准确性以及重复性,随机选取了 10 根经过游标卡尺准确测量的烟丝,放入设备中连续采集 5 次。由图 11 可知,测量值和真实值的吻合度较高,相关系数达到了 0.999 8。由表 2 可知,

表 1 不同持续检测时间的烟丝结构碎丝率

Table 1 Broken silk rate of tobacco structure at different continuous detection time

取样持续时间/min	均值/%	标准偏差/%	变异系数/%
1	1.58	0.11	7.15
2	1.62	0.11	6.57
3	1.64	0.09	5.57
4	1.64	0.09	5.32
5	1.64	0.08	4.80
6	1.63	0.06	3.59
7	1.61	0.04	2.79
8	1.68	0.03	1.91
9	1.67	0.03	1.69
10	1.66	0.02	1.34

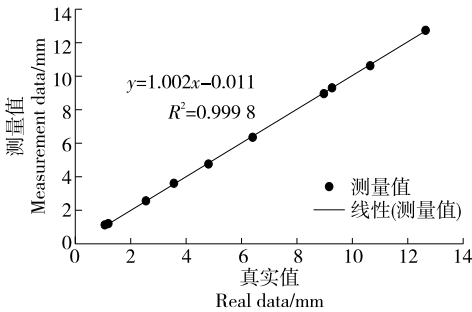


图 11 样品重复检测结果

Figure 11 Repeated test results of samples

长度测量结果的相对误差 $\leq 2.56\%$,变异系数 $\leq 3.67\%$ 。说明系统准确性和重复性均能满足测量要求。

3.4 与国标振筛法对比

为验证在线烟丝结构检测装置检测效果,采用振筛法^[21](取样量为 1 000 178 g/次,水分 11%~14%)和在线烟丝结构检测装置对湖南某品牌 A 同一批次的烟丝进

行离线和在线对比检测,根据 3.1 节确定的在线连续取样时间为 5 min 以上,两种方法均连续取样 10 次,结果如表 3 所示,在相同的检测任务下,振筛法耗时为在线烟丝结构检测装置的 4 倍。相对于振筛法,在线烟丝结构检测装置的标准偏差和变异系数明显减小,且均小于 5%,说明检测装置测量精度较高,稳定性较好。

表 2 在线烟丝结构检测装置长度测量结果

Table 2 Length measurement results of online cut tobacco structure detection device

真实值/mm	平均值/mm	最大值/mm	最小值/mm	标准偏差/mm	重复性限/mm	相对误差/%	变异系数/%
2.58	2.54	2.59	2.52	0.02	0.006	1.55	0.79
10.64	10.60	10.66	10.57	0.03	0.008	0.38	0.28
3.58	3.63	3.65	3.55	0.03	0.009	1.40	0.83
8.97	8.92	8.99	8.87	0.04	0.011	0.56	0.45
6.39	6.33	6.41	6.32	0.03	0.009	0.94	0.47
4.81	4.76	4.81	4.74	0.02	0.008	1.04	0.42
1.17	1.20	1.21	1.16	0.03	0.005	2.56	2.50
1.07	1.09	1.11	1.05	0.04	0.006	1.87	3.67
9.25	9.30	9.32	9.23	0.03	0.010	0.54	0.32
12.63	12.73	12.76	12.61	0.05	0.014	0.79	0.40

表 3 不同方法下烟丝整丝率和碎丝率测量结果对比

Table 3 Comparison of measurement results of cut tobacco whole silk rate and broken silk rate under different methods

方法	均值/%		标准偏差/%		变异系数/%		检测时间/ min
	整丝率	碎丝率	整丝率	碎丝率	整丝率	碎丝率	
振筛法	90.22	1.68	1.10	0.12	1.22	6.84	20
在线烟丝结构检测装置	91.39	1.69	0.40	0.08	0.44	4.90	5

4 结论

设计的烟丝结构在线检测装置,利用风选摊薄方式与图像智能识别技术,实现了烟丝结构在线检测,解决了现有检测设备只能进行离线检测的问题,有效提高了烟丝结构的检测精度和效率。该装置仅对湖南中烟的部分品牌烟丝进行了分析,后续需进一步扩展更多的烟丝品牌进行分析,以期实现烟丝结构在线检测装置的工业应用。

参考文献

[1] 郭华诚,张月华,李阳光,等. 烟丝挥发性香味物质与卷烟感官质量的相关性研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 209-212.
GUO Hua-cheng, ZHANG Yue-hua, LI Yang-guang, et al.

Correlation between volatile aroma compounds of cut tobacco and sensory quality of cigarettes[J]. Food & Machinery, 2019, 35(1): 209-212.
[2] 顾亮,李春光,刘强,等. 环境温湿度对配送烟丝质量及卷烟质量的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(4): 190-194.
GU Liang, LI Chun-guang, LIU Qiang, et al. Effects of ambient temperature and humidity on the quality of cut tobacco and cigarettes[J]. Food & Machinery, 2017, 33(4): 190-194.
[3] 楚晗,范磊,王爱霞,等. 不同规格卷烟烟丝结构与物理质量的差异性研究[J]. 南方农业学报, 2019, 50(7): 1 565-1 571.
CHU Han, FAN Lei, WANG Ai-xia, et al. Study on the difference of structure and physical quality of cut tobacco of different specifications[J]. Southern Journal of Agriculture, 2019, 50(7): 1 565-1 571.
[4] 余娜,申晓锋,徐大勇,等. 基于分形理论的烟丝尺寸分布表征

- 方法[J]. 烟草科技, 2012(4): 5-8.
- YU Na, SHEN Xiao-feng, XU Da-yong, et al. Characterization method of cut tobacco size distribution based on fractal theory[J]. Tobacco Science & Technology, 2012(4): 5-8.
- [5] 夏营威, 冯茜, 赵砚棠, 等. 基于计算机视觉的烟丝宽度测量方法[J]. 烟草科技, 2014(9): 10-14.
- XIA Ying-wei, FENG Xi, ZHAO Yan-tang, et al. Cut tobacco width measurement method based on computer vision[J]. Tobacco Science & Technology, 2014(9): 10-14.
- [6] 郭三刺, 申超群. 基于图像处理技术的烟丝检测系统[J]. 河南科技, 2014(11): 21-22.
- GUO San-ci, SHEN Chao-qun. Cut tobacco detection system based on image processing technology[J]. Henan Science and Technology, 2014(11): 21-22.
- [7] 刘洋, 刘民昌, 温若愚, 等. 扫描成像式烟丝快速测量仪的取样和应用研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 75-79.
- LIU Yang, LIU Min-chang, WEN Ruo-yu, et al. Study on sampling and application of scanning imaging cut tobacco rapid tester[J]. Food & Machinery, 2015, 31(5): 75-79.
- [8] 邸成良, 严伟, 胡松, 等. 自适应烟丝宽度测量方法及其应用研究[J]. 中国激光, 2014, 41(7): 200-204.
- DI Cheng-liang, YAN Wei, HU Song, et al. Research on adaptive cut tobacco width measurement method and its application[J]. China Laser, 2014, 41(7): 200-204.
- [9] 王天怡, 高尊华, 范磊, 等. 基于灰色关联法的短支烟烟丝结构优化研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(7): 210-214.
- WANG Tian-yi, GAO Zun-hua, FAN Lei, et al. Study on structural optimization of short cut tobacco based on grey correlation method[J]. Food & Machinery, 2019, 35(7): 210-214.
- [10] 关雪梅. 一种基于中值滤波和小波变换的图像去噪处理算法研究[J]. 中州大学学报, 2020, 37(1): 121-124.
- GUAN Xue-mei. Research on an image denoising algorithm based on median filter and wavelet transform[J]. Journal of Zhongzhou University, 2020, 37(1): 121-124.
- [11] 陈兆学, 张奎. 一种基于像素标记的二值图像区域围线追踪方法[J]. 上海理工大学学报, 2019, 41(3): 289-292.
- CHEN Zhao-xue, ZHANG Kui. A region contour tracking method of binary image based on pixel marking[J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2019, 41(3): 289-292.
- [12] 高红波, 王卫星. 一种二值图像连通区域标记的新算法[J]. 计算机应用, 2007(11): 2 776-2 777, 2 785.
- GAO Hong-bo, WANG Wei-xing. A new algorithm for marking connected regions in binary images[J]. Computer Applications, 2007(11): 2 776-2 777, 2 785.
- [13] 代双凤, 吕科, 翟锐, 等. 基于 3D 区域增长法和改进的凸包算法相结合的全肺分割方法[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(9): 2 358-2 364.
- DAI Shuang-feng, LU Ke, ZHAI Rui, et al. Whole lung segmentation method based on 3D region growth method and improved convex hull algorithm[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2016, 38(9): 2 358-2 364.
- [14] 陈兆学, 张奎. 一种基于像素标记的二值图像区域围线追踪方法[J]. 上海理工大学学报, 2019, 41(3): 289-292.
- CHEN Zhao-xue, ZHANG Kui. A region contour tracking method of binary image based on pixel marking[J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2019, 41(3): 289-292.
- [15] 覃方涛, 房斌. GPU 加速的二值图连通域标记并行算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(10): 2 774-2 776.
- QIN Fang-tao, FANG Bin. GPU accelerated connected domain labeling parallel algorithm for binary graphs[J]. Computer Applications, 2010, 30(10): 2 774-2 776.
- [16] 张忠平, 王爱杰, 陈丽萍. 一种基于广度优先搜索的 K-means 初始化算法[J]. 计算机工程与应用, 2008(27): 159-161.
- ZHANG Zhong-ping, WANG Ai-jie, CHEN Li-ping. A K-means initialization algorithm based on breadth first search[J]. Computer Engineering and Application, 2008(27): 159-161.
- [17] HIRSCH P, MAIS L, KAINMUELLER D. PatchPerPix for instance segmentation[C]// Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV). Glasgow: [s.n.], 2020: 288-304.
- [18] 朱国安, 王金祥. 基于 Zhang-Suen 算法的人体坐姿的识别方法研究[J]. 数码世界, 2020(1): 46.
- ZHU Guo-an, WANG Jin-xiang. Research on human sitting posture recognition method based on Zhang Suen algorithm[J]. Digital Space, 2020(1): 46.
- [19] 赵维一, 温若愚, 曾建, 等. 基于线阵 CCD 数字图像处理技术的叶丝宽度测量装置[J]. 烟草科技, 2013(10): 12-16.
- ZHAO Wei-yi, WEN Ruo-yu, ZENG Jian, et al. Leaf filament width measurement device based on linear CCD digital image processing technology[J]. Tobacco Science & Technology, 2013(10): 12-16.
- [20] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范[S]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017: 174.
- State Tobacco Monopoly Administration. Cigarette process specifications[S]. Beijing: China Light Industry Press, 2017: 174.
- [21] 国家烟草专卖局. 烟草整丝率、碎丝率的测定方法: YC/T 178—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 3.
- State Tobacco Monopoly Administration. Determination method of tobacco whole silk rate and broken silk rate: YC/ T 178—2003[S]. Beijing: China Standards Press, 2003: 3.