

基于计算机视觉的新疆棉种颜色分选系统设计^{*}

张俊雄 陈涛 于振东 李伟

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 设计了一套基于机器视觉的脱绒棉种在线分选系统,采用种子平抛和气吹分离的方式实现了新疆地区红棕色棉种与黑色棉种的自动分选。研究了无序状态下的种子图像采集方法,并通过区域细分的方式解决了无序种子与气流喷嘴的对应关系。提出了种子位置跟踪和分离算法,实现了对棉种图像处理结果的延时分离操作。实验结果表明:在传送带速度为 0.50 m/s 时,分选精度为 88.6%,选出率为 80.7%。

关键词: 棉花 种子 机器视觉 颜色 分选系统

中图分类号: TP391.41;S339.3⁺1

文献标识码: A

Xinjiang Cotton Seed Color Separation System Based on Computer Vision

Zhang Junxiong Chen Tao Yu Zhendong Li Wei

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

A cotton seed on-line separation system based on computer vision was designed to realize the automatic separation of red-brown and black cotton seeds produced in Xinjiang Province. In the system, the seeds were projected horizontally, separated by compressed airflow in the air. Meanwhile, a method of capturing seed images was studied in an unordered arrangement. And the corresponding relationship between unordered seeds and the airflow nozzles was resolved by region subdivision of seed image. Lastly, a seed tracking and separating algorithm was proposed which memorized the position of each inspected seed until the seeds reached the separation region. The experiment results show that when the speed of the conveyer belt is 0.50 m/s, the inspecting accuracy is 88.6%, and the separating ratio is 80.7%.

Key words Cotton, Seed, Computer vision, Color, Separation system

引言

新疆地区棉种中,表面呈红棕色的棉种发芽率仅为 4% 左右,不能作为种子使用,且其比例逐年增大,已成为影响新疆地区棉种整体质量的重要因素^[1~3]。目前,新疆地区棉农剔除红棕色棉种的主要手段是人工分选,存在劳动强度大、生产效率低且分选结果受主观因素影响较大的缺点。近年来,计算机视觉检测技术在谷物等小型农产品的外观实时检测上的应用越来越广,成为当前一个研究热点^[4~10]。

本文设计一种基于计算机视觉技术的棉种颜色实时分选系统,研究无序状态下的种子图像获取方法和种子位置跟踪算法,采用平抛和气吹的方式实现红棕色棉种和黑色棉种的自动分选。

1 分选系统工作原理

图 1 为棉种分选系统的工作原理图,其主要过程为:种子从进料斗落于输送带上,随运动的传送带前进,经过摄像头下方时被采集图像。图像经计算机处理后,得到需剔除的棉种信息,该信息通过串口通信传送给 PLC,PLC 对棉种目标进行位置的逻辑

跟踪,当目标种子到达喷嘴模块处时,控制电磁阀的开闭,从而控制空气压缩机的气流通断,将合格种子与不合格种子的运动轨迹分离,完成种子的分选。

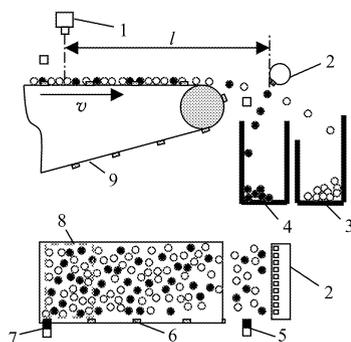


图1 分选系统工作示意图

Fig. 1 Function diagram of the separation system

1. 摄像头 2. 喷嘴模块 3. 合格种子 4. 不合格种子 5. 传感器
6. 色标 7. 传感器 8. 拍摄区域 9. 输送带

喷嘴模块的设计如图2a所示。喷嘴模块集成了20个喷嘴,为了尽量减小相邻喷嘴的间隔,将与电磁阀连接的进气通道分两排间隔 60° 呈V形布置,出气通道则在同一平面上,直径为 $\phi 5$ mm,间隔为10 mm。

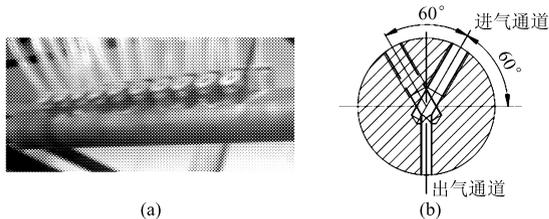


图2 喷嘴布局示意图

Fig. 2 Layout of nozzles

(a) 喷嘴模块 (b) 截面图

2 图像采集

系统采用北京嘉恒中自图像技术有限公司的OK-AC1300型外触发面阵彩色摄像机采集图像。为了避免图像冗余,摄像机工作在外触发模式下,如图1所示,输送带一侧上方等间距设置有色标,输送带运动过相邻两个色标的距离时,色标传感器1通过识别色标产生触发脉冲控制摄像机采集一帧图像。图像采集区域宽度为200 mm,长度为75 mm,即宽度尺寸等于喷嘴模块的宽度,长度尺寸等于色标的间距,因此理论上可得到空间上连续而无冗余的序列图像。

为了尽量减少由于相对运动造成的图像模糊,摄像机采用 $1/1000$ s的电子快门进行拍摄。采用20支12 W频闪为30 kHz的荧光灯管均布在图像采集区域的四周以高角度方式进行照明。

3 区域细分

由于棉种在图像中呈现无序状态,分选时为了使每个喷嘴尽可能准确地针对单个棉种进行动作,将每幅图像进行区域细分。由于棉种呈椭球形,长轴一般为8~11 mm,短轴一般为3.5~7.0 mm,综合考虑棉种的大小及其在传送带上分布的密度,如图3所示将图像分为5行20列共100个矩形区域分别进行处理,每个区域的大小为10 mm \times 15 mm,在宽度方向上每个区域分别对应一个喷嘴。

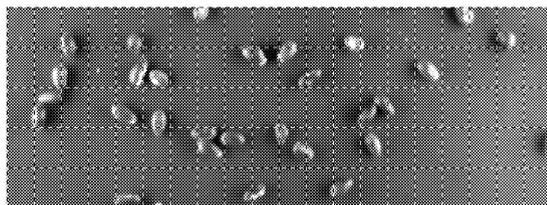


图3 区域细分示意图

Fig. 3 Region subdivision

由于棉种只分为合格与不合格两种检测结果,因此可以用逻辑值0和1来表示每个矩形内的处理结果:0表示该矩形区域中不存在红棕色棉种,1表示所处理的矩形区域内存在红棕色不合格棉种。由图3可知,每个区域中可能出现多个棉种,而且,一个棉种可能同时跨越1~6个网络(除约2%形体特别大的棉种在极端情况下有可能出现跨越5~6个网格外,一般为跨越1~4个网格)。考虑到一方面单个棉种同时有 $1/4$ 以上的投影面积出现在超过2个网格的概率非常小,另一方面确保红棕色的种子能够被剔除出去,规定每个区域中包含超过 $1/4$ 个红棕色棉种时将该区域的结果置1,否则置0。

4 跟踪分离控制算法

图像采集区右边界距离喷嘴模块处的距离为6幅图像长度。即棉种图像处理完之后并不立即对图像中的红棕色种子进行分离,种子仍随传送带运动,经过6次色标触发才能到达喷嘴分离处被吹离,因此在此过程中需要对图像处理判断过的种子实施“跟踪”。图像处理,用一个数据位的0或1表示一个细分区域的结果,因此20个电磁阀所对应的每行图像结果用3个字节表示,此处称为一个数据行;每幅图像结果可用5个数据行表示,此处称为一个数据块。每幅图像处理完后将15个字节组成的一个数据块结果发送给PLC,由PLC完成跟踪分离控制。

图4为控制算法原理示意图,由于每幅图像的结果需要间隔6次图像采集后才能达到喷嘴模块

处,因此在 PLC 程序中开辟 7 个数据块大小的内存空间,其中 6 个存储 6 幅连续图像的结果,1 个作为临时存储。同时建立存储指针和执行指针分别表示将要存储的数据块首地址和要执行分离操作所对应的数据块首地址。传感器每触发一次,存储指针和执行指针分别向后移动一个数据块长度,并且判断是否超越这段内存块,如果越界则使其重新指向初始值,从而保证结果信息能够循环存储在该段内存中。

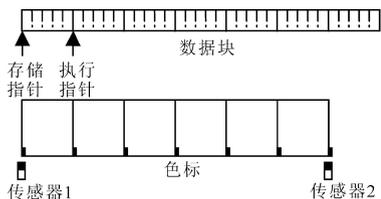


图 4 控制算法原理示意图

Fig. 4 Principle of control algorithm

为提高分离操作精度,控制系统中共使用 2 个色标传感器。传感器 1 的作用是触发摄像机进行图像采集和控制存储指针的移动。每个色标经过传感器 1 时产生一个触发脉冲,控制摄像机采集一幅图像,然后将图像处理完的一个数据块结果发送给 PLC。PLC 在存储指针指向的位置存储当前数据块后将存储指针后移一个数据块(若越界则返回初始位置)。传感器 2 位于分离处,用于检测每个色标对应的图像采集区域是否到达分离处,减小由于色标间距不均匀所造成的时间累积误差。如图 5 所示,每个色标经过传感器 2 时循环读取当前执行指针指向数据块的 5 个数据行结果,每读出一行刷新一次 PLC 的输出端口,控制喷嘴模块动作一次,延时后再读取下一行。延时量根据传送带速度和电磁阀的响应速度设定。一个数据块的 5 行数据读取完后将执行指针后移到下一个数据块(若越界则返回初始化位置)。

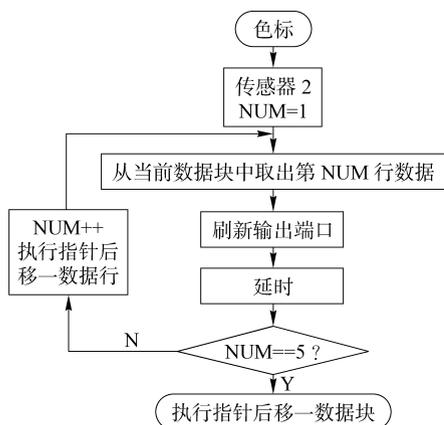


图 5 分离控制算法流程图

Fig. 5 Flow chart of separating control algorithm

5 实验与分析

取 1 000 粒自然条件下收获的新疆棉种作为实验样本,其中 300 粒是由专业人员主观判断选择的红棕色棉种,对所选棉种进行吹离性能和分选性能实验。

吹离性能实验是为了验证喷嘴间距及出口设计的合理性以及机械结构的稳定性,分析不同带速与吹离性能之间的关系。实验时强制使电磁阀始终处于开启状态,统计不同带速下的吹离结果,表 1 所示是部分带速下的实验结果。

表 1 不同带速下的吹离性能

Tab.1 Performance of blowing under different belt speed

实验序号	传送带速度/ $m \cdot s^{-1}$					
	0.45		0.50		0.55	
	吹离数	漏吹数	吹离数	漏吹数	吹离数	漏吹数
1	898	102	905	95	902	98
2	904	96	909	91	895	105
3	887	113	928	72	900	100
均值	896.3	103.7	914.0	86.0	899.0	101.0
吹离率/%	89.6		91.4		89.9	

分选性能实验是在吹离性能基础上验证系统的总体性能,特别是跟踪分离控制算法的可行性。不同速度下的分选结果如表 2 所示。其中,分选精度为分选后合格种子的比例;带出比为被吹离的种子中不合格棉种数与合格棉种数的比值;选出率为被吹离的种子中不合格棉种数与样本中不合格棉种数的比值。

表 2 分选实验结果

Tab.2 Separation result

带速/ $m \cdot s^{-1}$	分选精度/%	带出比	选出率/%
0.45	84.5	1:1.2	73.3
0.50	88.6	1:1.1	80.7
0.55	83.4	1:1.2	71.3

实验结果表明,输送机构设计合理,基本满足棉种输送和吹离的要求。在带速为 0.50 m/s 时效果较佳,吹离率约为 91.4%。带速过小时,棉种抛送曲线轨迹一致性较差,且距离喷嘴较远,因此吹离性能较差;带速过大时,棉种抛送速度较高,喷气流作用在棉种上的时间变短,难以改变棉种的运动轨迹,因此吹离性能也较差。同样在带速为 0.50 m/s 时,分选综合效果较好,分选精度达 88.6%,选出率为 80.7%。

6 结论

(1) 传送带平抛和气吹相结合的方式适合于棉花种子的分选操作。

(2) 将实时获得的无序棉种图像细分为小区域进行处理,较好地解决了无序棉种图像处理结果与

喷嘴的对应问题。

(3) 设计了跟踪分离控制算法,利用2个传感器分别控制数据采集、存储和数据读取,结合气吹分离方式较好地完成了棉种的跟踪和分离控制。

(4) 棉种分选实验结果表明:传送带运行速度为0.50 m/s时,分选精度达到88.6%,选出率为80.7%。

参 考 文 献

- 1 朱江丽,李景彬,坎杂,等. 新疆兵团脱绒棉种分选现状及发展趋势[J]. 农机化研究, 2008(1): 216~219.
Zhu Jiangli, Li Jingbin, Kan Za, et al. The simple analysis of the current situation and the development tendency of sorting cotton seed which escaping the fabric in Xinjiang production and construction corps[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(1):216~219. (in Chinese)
- 2 张若宇,坎杂,江英兰,等. 农业机器人在新疆兵团农业生产中的应用前瞻[J]. 农机化研究, 2006(9): 29~32.
Zhang Ruoyu, Kan Za, Jiang Yinglan, et al. The forecast of agricultural robots application in Xinjiang production and construction corps agricultural product[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(9):29~32. (in Chinese)
- 3 史建新. 满足棉花精量播种要求的棉种分选技术探讨[J]. 中国种业, 2006(11): 14~15.
- 4 李彦林. 棉种色选机在棉种加工中的应用[J]. 新疆农机化, 2005(3): 25.
- 5 成芳,应义斌. 机器视觉技术在农作物种子质量检验中的应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 175~178.
Cheng Fang, Ying Yibin. Application of machine vision to quality evaluation of agricultural seed resources[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001, 17(6): 175~178. (in Chinese)
- 6 吴继华,刘燕德,欧阳爱国. 基于机器视觉的种子品种实时检测系统研究[J]. 传感技术学报, 2005, 18(4): 742~744.
Wu Jihua, Liu Yande, Ouyang Aiguo. Research on real time identification of seed variety by machine vision technology[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2005, 18(4): 742~744. (in Chinese)
- 7 Xun Yi, Zhang Junxiong, Li Wei, et al. Automatic system of seeds refined grading based on machine vision[C]// Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation. Dalian, China, 2006: 9 686~9 689.
- 8 蔡卫国,李伟,荀一. 种子精选分级装置自动控制方法研究[J]. 农业机械学报, 2005, 36(8): 90~92.
Cai Weiguo, Li Wei, Xun Yi. Study on automatic control method of seeds grading device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(8): 90~92. (in Chinese)
- 9 李伟,袁立,蔡卫国,等. 种子精选自动化装置:中国, 200420092550.2[P]. 2005-09-14.
- 10 Pearson T C. Low-cost bi-chromatic image sorting device for grains[C]//2006 ASAE Annual Meeting, Paper No. 063085, 2006.
- 11 李伟,于振东,陈涛,等. 基于形态学的棉花种子破损检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(4): 169~172.
Li Wei, Yu Zhendong, Chen Tao, et al. Identification and detection for surface damages of cottonseed based on morphology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(4): 169~172. (in Chinese)

(上接第 139 页)

- 10 Tavaría F K, Franco I, Carballi F J, et al. Amino acid and soluble nitrogen evolution throughout ripening of Serra da Estrela cheese[J]. International Dairy Journal, 2003, 13(7):537~545.
- 11 Dabour N, Kheadr E, Benhamou N, et al. Improvement of texture and structure of reduced-fat Cheddar cheese by exopolysaccharide-producing lactococci[J]. Journal of Dairy Science, 2006, 89(1):95~110.
- 12 Visser J. Factors affecting the rheological and fracture properties of hard and semi-hard cheese[J]. Bulletin-FIL-IDF (Belgium), 1991, 268:49~61.
- 13 Asensio C, Gómez R, Peláez C. Effect of heat treatment on the proteolytic activity of mesophilic bacteria isolated from goat's milk cheese[J]. Applied Microbiology, 1995, 21(1):25~30.
- 14 Everett D W. Microstructure of natural cheeses[M]//Tamime A. Structure of dairy products. Oxford, U.K.: Blackwell Publishing Ltd., 2007: 170~172.