

基于 PLC 控制的红枣无损自动分拣系统设计

于丽丽,雷声媛

(榆林职业技术学院 机电工程系,陕西 榆林 719000)

摘 要:传统红枣分拣以人工分拣为主,对颜色观测条件有限,很难区分是否存在缺陷。为此,设计基于 PLC 控制的红枣无损自动分拣系统。提取红枣的矩形、短轴、长轴、位置、周长以及面积等特征,将 RGB 以及 HSV 的空间模型颜色特征与加权融合机制相结合,以检测红枣表面缺陷。设置自动分拣系统的送料、进料以及分拣模块,并在所有模块中安装传感器,获取红枣颜色、状态、位置等信息,实现 PLC 控制下无损自动分拣。实验结果证明该系统可以准确分拣存在缺陷的红枣,提升红枣无损分拣效率。

关键词:PLC;图像特征提取;RGB 空间颜色模型;表面缺陷

中图分类号:TP278 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0215-04

Design of Red Jujube Non - destructive Automatic Sorting System Based on PLC Control

YU Lili, LEI Shengyuan

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Yulin Vocational and Technical College, Yulin 719000, China)

Abstract: To solve the problems of slow sorting by hand and difficult defect detecting limited by eye observation of colour in traditional jujube processing, an automatic sorting system based on PLC control is designed, of which the rectangle, short and long axes, position, circumference and area of red jujube are extracted, and the color features of the spatial model of RGB and HSV are combined with the weighted fusion mechanism to detect the surface defects of red jujube. And feeding, charging and sorting modules of the automatic sorting system and sensors in all modules are installed to obtain the information of red jujube color, state, position ect. so as to realize lossless automatic sorting. The experimental results prove that the system can accurately sort defective red dates and improve the efficiency of lossless sorting.

Keywords: PLC; image feature extraction; RGB spatial color model; surface defect

0 引言

自动分拣系统作为先进操作工具,其分拣速度较快,能够有效提高物流配送效率,帮助工作人员实现大批量以及连续性的货物分拣。在大规模生产过程中,采用自动分拣流水线工作方式,可以不受人工、时间以及气候等影响,实现连续工作,提升工作效率^[1]。自动分拣系统虽能够有效地分拣货物,但需要在分拣之前设置输入程序,而相对于红枣这种表面有可能存在损坏的物品,仅使用自动分级分拣系统,无法对其实行有效分拣^[2]。为此,如何提升产品无损分拣成为该领域研究的热点问题。

文献[3]设计了一种水果自动分级系统,用于水果的自动分级。该系统设计了分级系统的总体架构,借助机器视觉获取水果图像块,通过对图像的不断处理完成水果的分级。通过该方法对水果等级的划分效果较好,但对其表面的缺陷研究较少,存在一定局限。文献[4]设计了一种自动化分拣仓库中多 AGV 调度与路径规划算法,通过该算法提升分拣系统的分拣效率。该方法通过自适应变异和交叉概率生成初始种群,并通过交换邻域提升操作的收

敛速度,提升仓库分拣的效率。该方法未过多考虑分拣物品等级等,仍需要进一步的改进。

基于上述方法中存在的不足,本文借助 PLC 设计一种红枣无损自动分拣系统。通过在 PLC 上安装传感器,将提取红枣特征输入,检测存在缺陷的红枣,完成红枣的无损分拣。与传统系统相比具有一定优势。

1 红枣分拣算法设计

1.1 红枣图像特征提取

为完成红枣无损分拣系统的设计,首先提取红枣的矩形、短轴、长轴、位置、周长以及面积等特征。

1) 红枣面积:将红枣图像面积作为像素点,设置其面积计算公式为

$$A = \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} f(x, y) \quad (1)$$

式中:1 代表目标;0 代表背景; $f(x, y)$ 代表像素点数量。

2) 红枣图像位置:红枣处于图像内会存在一定面积,所以定义红枣处于图像内准确位置,即为图像内位置中心。

基金项目:榆林市科技局课题(2019-116-02)

第一作者简介:于丽丽(1985—)女,山西运城人,讲师,硕士,从事电气自动化、机电一体化等专业的教学、科研工作。

对于 $m \times n$ 大小目标,其图像区域形心为:

$$\bar{x} = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} x_i \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} y_i \quad (3)$$

3) 红枣周长: 红枣周长的计算可以将其周长通过边界点数和进行表示^[5]。

4) 矩形体、长轴以及短轴: 相对于椭圆来说, 长轴是将椭圆两点进行连接获得的最长直线, 但其最长线段是指经过椭圆形中心后垂直于短轴的线; 短轴线段的获取与长轴相同^[6]。

1.2 红枣表面缺陷检测

由于肉眼观察存在很多限制因素, 对红枣表面的缺陷不能以定量的形式进行描述。为此, 利用颜色度量, 通过 RGB (红、绿、蓝) 以及 HSV 色度、颜色深浅以及亮度的空间模型颜色特征, 反映红枣表面缺陷。

1) RGB 颜色空间

RGB 颜色空间示意图如图 1 所示。

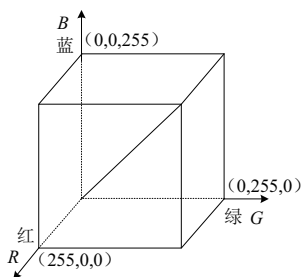


图 1 RGB 颜色模型图

通过分析图 1 可以看出, 该模型的颜色组合为红、绿、蓝三种基色, 其坐标原点为 (0,0,0), 三种通道像素为 0, 此模型通过一定权重组合表示所有颜色, 即利用红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 进行表示, 即

$$C = w_1 \cdot R + w_2 \cdot G + w_3 \cdot B \quad (4)$$

式中 w_i 代表相应某一种颜色权重。

2) HSV 颜色空间

HSV 颜色的空间构造图如图 2 所示。

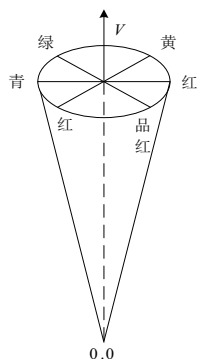


图 2 HSV 颜色模型图

该模型呈现“倒立”锥形样式, 其底面被均匀地分成 6 个部分。其中, 红色是 0° , 以 60° 变换一次, 每变换一次则

变换一种颜色, 分别为: 品红色、红色、青色、绿色以及黄色。此模型 H 分量表示色调, S 分量表示颜色饱和度, V 分量表示颜色明亮的程度^[7]。

3) 缺陷检测

将上述 RGB 以及 HSV 的空间模型颜色特征与加权融合机制进行结合, 确定红枣缺陷。

红枣本质特征参数权值可以表示为

$$\omega_i = \frac{R_i}{\sum R_i} \quad (5)$$

式中: ω_i 表示分量的权值; R_i 表示两种特征识别率。通过计算获得融合特征 F_{eat} , 得

$$F_{eat} = [\omega_1 \cdot C_{Color}, \omega_2 \cdot C_{Texture}] \quad (6)$$

利用支持向量机分类器分类训练红枣特征向量, 从而实现缺陷检测。支持向量机能够很好地将非线性分类以及小样本问题进行解决, 存在较好泛化以及推广能力, 此时, 红枣缺陷检测的决策函数为

$$h(\bar{x}) = \text{sgn}(\omega \cdot \varphi(\bar{x}) + b) = \text{sgn}(\alpha_i^* y_i k(x_i, \bar{x}) + b) \quad (7)$$

式中: ω 、 $\bar{x}$ 分别代表权值向量以及测试样本; x_i 、 y_i 分别代表训练样本以及标签; α_i^* 、 b 代表训练获得的参数; $k(x_i, \bar{x})$ 代表选择的核函数, 具体公式为

$$k(\bar{x}_i, \bar{x}) = \exp(-\gamma \|\bar{x}_i - \bar{x}\|^2), \gamma > 0 \quad (8)$$

由于径向基核函数可以实现复杂非线性的分类问题, 并且能够有效训练参数, 降低计算复杂度, 能够很好地将红枣表面缺陷特征进行检测^[8]。

2 PLC 控制的分拣系统设计

为了更好地将红枣进行分拣, 分拣系统的设计主要以功能模块的实现为主。在功能模块设置中设计了送枣、分拣红枣、进料以及红枣输送功能模块。其中送枣即为送料, 分拣红枣即为分拣功能的设置。采用气动控制方式对这些模块进行驱动。此外, 还需要在所有模块上安装传感器, 以此传输红枣颜色、状态以及位置等信息, 利用 PLC 实现对整体系统的控制。

该分拣系统包含 PLC 的控制程序、机械本体以及气动控制。其工作流程如图 3 所示。

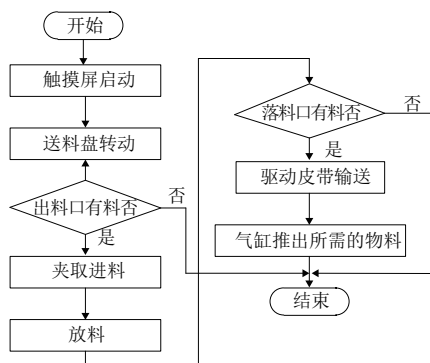


图 3 整体系统的工作流程

此系统主要使用 PLC 作为控制元件, 通过开关按钮, 使分拣系统进行回位, 让系统状态回到起始设定的状态,

再利用 PLC 控制启动送料模块,运转待料盘,进行启动。

将启动按钮以及停止按钮设置为一个按钮,同时设计待机按钮,系统可利用该按钮对系统实现待机状态,在待机状态下,全部器件复位。将红枣通过送料位置进行下料至预检点,利用光电开关传感器,检测红枣是否存在。同时,对安全以及节能等多种因素进行考虑,运行时间超过设定延迟时间后,未检测到红枣,送料机构也没有输送红枣,系统停机且报警处理^[9]。

检测设备在检测存在红枣时,会发送有料信号,利用 PLC 控制机械手臂的夹爪,对红枣实行夹取,将机械臂提升回到起始位置,机械手会进行旋转,抵达事先设定位置,伸出手臂将红枣放在输送带上。这时传感器会检测是否有红枣存在,然后输送带运输红枣,当传感器发现存在红枣时,机械手返回至起始位置,重复循环。

对红枣外观颜色以及其表皮纹路,可以利用配备的传感器完成检测,再采用 PLC 控制相对应气缸实现驱动,完成整体红枣自动无损分拣的流程。

2.1 送料模块

在红枣送料模块中,设置检测传感器、输送电机以及红枣输送机。系统利用 PLC 对送料机的运转进行控制,此模块控制输入输出信号包含检测是否有物料,通过反馈、启动送料电机信号和设备启动。

控制电机驱动转盘旋转时,该电机为 24 V 的直流电机,减速机输出转速为 8 r/min。红枣定位支架能够固定与限制红枣。保证可以按照预先程序,实现红枣的固定输入。

2.2 进料搬运模块

系统进料搬运模块设计,主要采用安装支架、提升臂、启动夹爪、旋转气缸、位置传感器、伸缩臂以及缓冲器等。该模块运行过程中通过抓取、伸缩等运动完成红枣的搬运。

使用传感器检测全部运动位置,以此完成反馈。检测包含:机械臂伸缩是否处于设定的位置,分别在两个位置安装传感器,对机械臂运行位置至固定的位置检测。机械夹爪的夹取以及放开红枣,也是利用双电控气阀对其进行控制,在夹爪夹紧后,反馈输出信号。

利用机械手的传感信号对系统进行旋转检测。该设计模式是将机械臂伸缩动作,通过设置的传感器确定进料位置,在红枣运送过程中采用气动完成旋转动作缓冲的减速^[10]。

利用 PLC 对进料机构的夹取以及启动控制,经过所有开关量的信号反馈^[11],从而执行各运行的动作,具体的控制方案流程如图 4 所示。

2.3 物料输送以及分拣

红枣输送以及分拣通过电动机、料槽、电感式传感器、缸、光电开关、节流阀、进料口的设置完成。物料输送系统要对输送带进行检测,观察是否有红枣通过,进而会给系统一个物品检测信号。该区域设置传感器对其检测,利用机械加工进料口,检测红枣的进料位置。再利用料槽存放红枣,通过传感器检测红枣,具体感应距离为 10~35 mm,以实际安装检测距离作为标准。

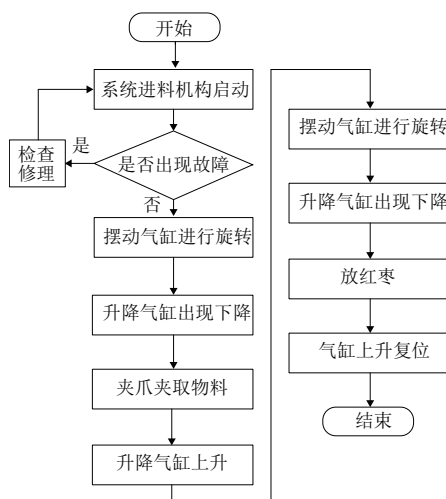


图 4 红枣进料搬运的流程

通过 PLC 控制分拣系统的电机和输送带的变频器。反馈红枣是否存在损伤,通过气缸执行推料命令,把所需要红枣推入待料槽内,具体气缸运行动作利用电控气阀实现控制^[12]。红枣输送以及分拣如图 5 所示。

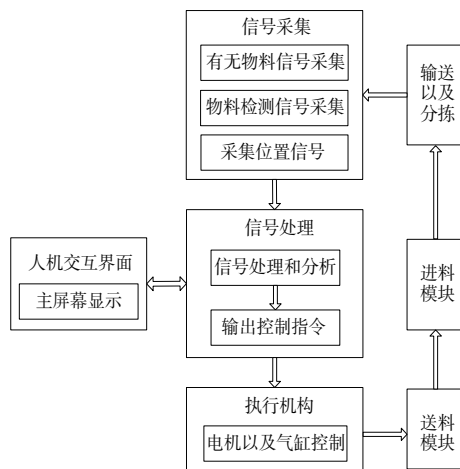


图 5 红枣输送以及分拣过程

3 实验分析

3.1 实验方案

为了验证所设计系统的有效性,进行了实验分析。实验中将本文系统应用于某红枣加工企业中。具体实验环境如图 6 所示。

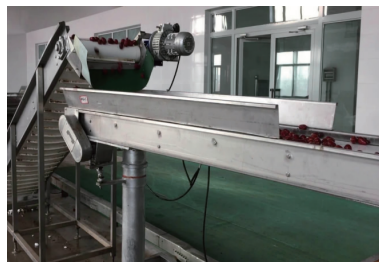


图 6 实验环境

在红枣分拣中设定红枣分级标准,如表 1 所示。

表 1 红枣的分级指标 单位:mm

红枣的等级	红枣的长径
特级	>60.0
1 级	60.0~55.0
2 级	55.0~50.0
3 级	50.0~45.0
4 级	45.0~40.0

由于红枣表面存在缺陷区域与最后分割面积,利用二者比值判断红枣是否存在严重缺陷,以此作为参数标准,通过检测红枣亮度、饱和度以及色相,确定红枣是否存在缺陷。

3.2 实验过程

为了更好地测试本文构建的分拣系统是否达到合格标准,将 5 个级别红枣分拣数量共计 10 000 个,掺杂存在数量不等的缺陷红枣,并且对掺杂的红枣进行记录,方便实验结束后进行结果对比。经过统计缺陷面积比,在缺陷的面积比值为 0.09 ± 0.01 时,观察本文构建的系统是否能够有效分拣,并筛选出存在缺陷的红枣。

3.3 实验结果分析

根据上述实验环境和参数的设置,实验中采用对比的方法将上述样本红枣进行分拣,得到的实验结果如图 7 所示。

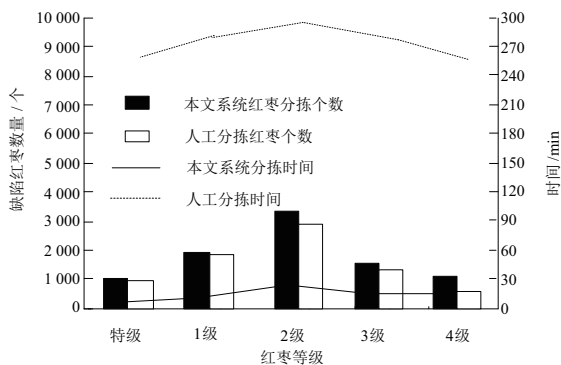


图 7 不同系统分拣结果分析

分析图 7 可以看出,本文分拣结果与人工分拣结果存在一定差别,且系统分拣速度要比人工分拣的速度快。这是由于所提系统通过图像检测能够将原本迷糊的破损筛选信息具体化、数值化,使检测阈值更加符合人工筛选结果,且通过 PLC 程序的控制,降低分拣耗时,验证所设计的系统可提升红枣无损自动分拣的效率。

4 结语

本文提出基于 PLC 控制的红枣无损自动分拣系统,提取红枣特征,并通过系统各模块功能设计。借助 PLC 程序实现红枣的无损分拣系统设计。该系统虽然可以进行表面无损分拣,在分拣中仍然存在一定不足,还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 陆萍蓝,邵力行,张火明,等. 基于慧鱼技术和 PLC 控制的餐盘分拣系统设计[J]. 包装工程,2020,41(13):210-215.
- [2] 舒生豪,熊瑞平,罗勇,等. 基于 PLC 控制的调整接头组件自动装配系统设计[J]. 机床与液压,2020,48(17):11-15.
- [3] 赵小霞,李志强. 基于 PLC 和机器视觉的水果自动分级系统研究[J]. 农机化研究,2021,43(8):75-79.
- [4] 余娜娜,李铁克,王柏林,等. 自动化分拣仓库中多 AGV 调度与路径规划算法[J]. 计算机集成制造系统,2020,26(1):171-180.
- [5] 崔国华,王延强,蔡超志,等. 基于 PLC 的轴式膨胀螺栓自动组装机设备控制系统设计[J]. 现代电子技术,2020,43(1):107-110.
- [6] 孙洁,王兴楠,孙晔,等. 基于 PLC 的工业云平台控制系统设计[J]. 电气传动,2020,50(7):69-73.
- [7] 凌军,孙相,杜劲松. 基于 PLC 的自动化模板缝制系统设计[J]. 上海纺织科技,2020,48(2):25-27.
- [8] 朱伟,王虹,李首滨,等. 基于嵌入式软 PLC 的掘进机控制系统设计[J]. 工矿自动化,2020,46(2):100-106.
- [9] 田立勋,刘雄飞,张彩芹,等. 基于深度学习的低成本堆叠物料定位系统[J]. 北京理工大学学报,2020,40(9):963-969.
- [10] 李海芸,林南靖,董楸煌,等. 毛边锯材智能加工装备控制系统设计与试验[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(4):133-139.
- [11] 岳新,杜玉红,蔡文超. 基于 GA-BP 神经网络异纤分拣机检测参数优化[J]. 棉纺织技术,2020,48(1):34-39.
- [12] 谢天,谢良喜,孙欢,等. 基于 51 单片机的液压机械臂闭环控制系统设计[J]. 机床与液压,2020,48(5):6-10.

收稿日期:2021-05-19