

基于机器视觉的穴盘精密播种性能检测系统*

赵郑斌¹ 刘昱程¹ 刘忠军¹ 高波²

(1. 现代农装科技股份有限公司, 北京 100083; 2. 中机美诺科技股份有限公司, 北京 100083)

摘要: 针对穴盘精密播种存在重播、漏播以及播种性能不稳定问题, 运用机器视觉技术对穴盘精密播种机进行播种性能检测。在穴盘精密播种机上配置性能检测系统, 光电传感器根据穴盘位置触发相机, 双相机逐行扫描拍摄穴盘图像, 图像数据实时传输到计算机, 通过视觉算法软件进行图像分析与处理, 识别穴盘的播种状况, 检测图像与结果同步显示。播种检测试验表明, 系统的重播率检测精度为 98.94%, 漏播率检测精度为 99.33%。

关键词: 穴盘播种 性能检测 视觉算法

中图分类号: S223.1⁺3; TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2014)S0-0024-05

引言

小粒径种子的机械化穴盘精密播种解决了人工点播存在的生产效率低、劳动强度大、作业成本高、种子用量大和田间管理用工量大等问题^[1], 目前优良的气吸式穴盘精密播种机的重播率和漏播率均能满足温室穴盘精密播种机技术条件的要求: 空穴率不大于 5%, 重播率不大于 5%^[2]。昂贵的种子价格和穴盘单粒播种的特点, 对精密播种机播种精度提出了较高要求, 但是在长时间的作业中, 气吸式精密播种装置会发生吸种不当、吸孔堵塞或落种不畅, 影响穴盘播种性能^[3-5], 不利于后续钵苗的移栽作业。

随着检测技术和智能化技术的发展, 对穴盘精密播种性能检测已从传统的光电检测向机器视觉检测方向发展^[6-13]。胡建平^[14]设计了基于计算机图像处理技术和单片机控制技术的磁吸式穴盘排种器实时监控系統, 采用 CCD 摄像头实时监测磁吸头工作情况, 并通过计算机图像处理分析统计磁吸头的排种精度, 但该系统没有对播后穴盘中种子数量进行分析与处理。齐龙等^[15]研究了基于机器视觉的超级稻秧盘育苗播种空穴检测技术, 采用 CCD 相机拍摄穴盘图像, 建立与穴孔相对应的掩模图像, 通过图像处理和分析, 有效识别穴盘空穴, 该检测系统的检测精度较低。本文针对种子的特点和穴盘精密播种的要求, 基于机器视觉技术设计穴盘精密播种性能检测系统。

1 硬件设计及工作原理

1.1 硬件设计

播种性能检测系统由台架、相机、白色光源、光电传感器、图像采集卡和工控机等组成, 如图 1 所示。

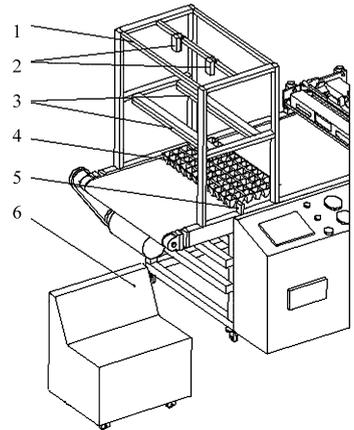


图 1 系统硬件组成

Fig. 1 System hardware

1. 台架 2. 相机 3. 光源 4. 穴盘 5. 光电传感器 6. 内置图像采集卡的工控机

相机采用 AVT 相机, 帧率为 9 帧/s, 分辨率为 2452 像素 × 2056 像素; 镜头焦距为 12 mm, 精度为 0.12 mm/像素; 光源采用白色条形光源; 图像采集卡为 FWBX2 - PCIE1x E220, 可同时进行 2 个 AVT 相机的图像采集与处理; 工控机配置为 CPU 主频 2 GHz, 2 GB 内存。

收稿日期: 2014-07-31 修回日期: 2014-08-24

* 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303014)

作者简介: 赵郑斌, 工程师, 主要从事农业机械设计研究, E-mail: zzb1702@163.com

通讯作者: 刘昱程, 高级工程师, 主要从事农业装备研究, E-mail: caamslych@foxmail.com

常见小粒径种子多为浅色或黑色,为便于对不同颜色种子和穴孔的识别,本系统对白色穴盘进行加工处理,使底孔和孔壁为蓝色,穴孔隔断为白色的6穴×12穴的穴盘,如图2所示。

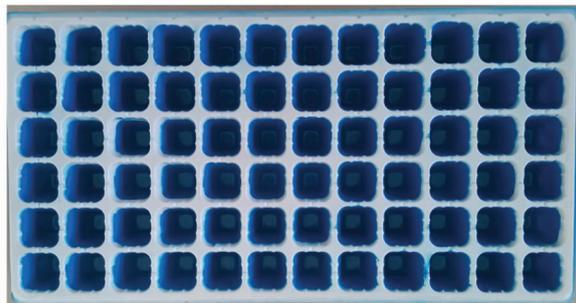


图2 穴盘设计

Fig. 2 Tray design

常用穴盘尺寸为540 mm×280 mm,穴孔深度为42~50 mm。相机需要拍摄540 mm长度内的穴盘图像,结合相机的分辨率和镜头精度,确定使用2个AVT相机拍摄穴盘图像,2个相机悬挂在穴盘正上方,每个相机拍摄270 mm尺寸内的穴孔播种状况。相机设置为外触发状态,光电传感器根据穴盘的位置触发拍摄。

考虑穴孔的深度,为确保穴盘底部图像无阴影区,设计采用两侧光照方式照亮穴盘底部,交叉光线可确定穴盘底部无阴影区。

1.2 工作原理

对于不同规格的穴盘,试验前首先确定穴盘的行数和列数。穴盘放置在传送带上,并随传送带一起运动。光电传感器检测穴盘位置,单次触发,相机逐行扫描拍摄穴盘图像并实时传输到工控机进行图像的分析与处理,在工控机上输出穴盘中各个穴孔的种子数和穴盘播种的重播率和漏播率,并储存拍摄到的播种图像。

2 软件设计

采用VC++可视化集成编程系统和机器视觉软件包HALCON设计穴盘精密播种性能检测系统软件部分。软件由相机模块、图像处理模块和主框架3部分组成,软件结构如图3所示。

HALCON拥有应用广泛的机器视觉集成开发环境,HALCON机器视觉算法包含了各类滤波、色彩以及几何、数学转换、形态学计算分析、校正、分类辨识、形状搜寻等基本的几何以及影像计算功能,可以满足本软件开发的需求。

2.1 相机模块

相机模块控制相机实现对穴盘以及种子图像的拍摄,并将相机拍摄到的彩色图像传送到工控机,由

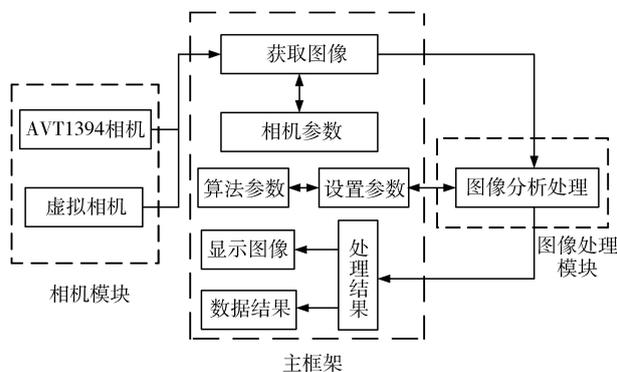


图3 软件结构

Fig. 3 Software structure

图像处理模块对拍摄到的图像进行分析与处理。如图4所示,以6穴×12穴的穴盘为例,相机拍摄到穴盘的彩色图像,图中黑色的圆点即为种子图像。



图4 相机拍摄的图像

Fig. 4 Picture captured by camera

2.2 图像处理模块

相机模块拍摄到的图像由图像处理模块进行图像的分析与处理。

Blob Analysis是对图像中相同灰度的前景像素进行识别的一种方法。Blob就是灰度相同的前景像素构成的连通域,Blob分析可为机器视觉应用提供图像中的Blobs的数量、位置、形状和方向等信息,还可以提供相关Blobs间的几何拓扑结构^[16]。本系统运用Blob分析识别穴孔和种子的位置及数量,进行种子的分析和计数。

图像分析处理步骤如下:

(1)获取图像:图像处理模块获得相机拍摄到的RGB图像。

(2)图像通道分析:将相机拍摄的彩色图像拆分为红、蓝、绿不同通道的图像,观察不同通道中穴盘和种子的表现效果,筛选能够分割穴盘和种子的

图像通道。

将相机拍摄的图像从 RGB 空间转换为 HIS 空间,通过图像的色调、饱和度和亮度的变化筛选能够分割穴盘和种子的图像通道。

(3)图像叠加:通过 RGB 和 HIS 两种颜色空间对拍摄到的图像进行初步筛选处理,确定使用蓝色通道图像(B)与色调图像(H)的叠加。

(4)穴孔位置分割:在叠加过的蓝色通道图像和色调图像中,使用与蓝色通道易于区分的红色建立筛选框,对图像进行阈值分割获取每个穴孔位置。

(5)穴孔位置过滤:确定穴孔位置后,运用 Blob 分析过滤穴孔周围较小的杂点,减少杂点对种子分割和过滤的干扰。

(6)种子分割:在确定好的穴孔区域位置中对图像进行阈值分割获取种子区域。

(7)种子过滤:运用 Blob 分析过滤种子区域中因噪声而产生的面积很小的杂点。

(8)种子计数:对过滤后的种子区域进行 Blob 分析,计算 Blob 的个数和每个 Blob 的面积,判断穴孔中种子的个数。

2.3 主框架模块

主框架模块提供相机参数设置、图像处理参数设置和检测结果显示功能。

2.3.1 相机参数设置

进行相机的曝光时间、白平衡和拍摄间隔等参数设置,确保相机拍摄到完整清晰、亮度合适的穴盘图像。

2.3.2 图像处理参数设置

实现检测区域、种子面积阈值、种子分割阈值、穴孔面积阈值和穴孔分割阈值,实现不同规格穴盘的检测,提高软件的通用性和扩展性。以 6 穴 \times 12 穴的穴盘为例,详细介绍图像处理中各个参数值的设置。

(1)检测区域。“检测区域- X ”和“检测区域- Y ”用于确定检测区域起始坐标,“检测区域- W ”和“检测区域- H ”用于确定检测区域的大小。试验前安装好光电传感器,通过光电传感器首次触发时穴盘的位置,确定检测区域的数值,本例中 X 为 551, Y 为 1 251, W 为 1 541, H 为 201。

(2)种子面积阈值。参数范围 0 ~ 99 999,此参数用于过滤面积小于阈值的种子区域,本例中,种子面积阈值为 2。

(3)种子分割阈值 S_{\max} 和 S_{\min} 。提取灰度范围在 S_{\max} 到 S_{\min} 之间的点作为种子计数区域, S_{\max} 值要大于 S_{\min} 值,参数范围 0 ~ 255,参数用于过滤面积小于阈值的空穴区域,本例中,种子分割阈值 S_{\max} 为

33, S_{\min} 为 1。

(4)穴孔面积阈值。参数范围 0 ~ 99 999,此参数用于过滤面积小于阈值的空穴区域,本例中,穴孔面积阈值为 19 000。

(5)穴孔分割阈值 D_{\max} 和 D_{\min} 。提取灰度范围在 D_{\max} 到 D_{\min} 之间的点作为穴孔区域, D_{\max} 值要大于 D_{\min} 值,参数范围:0 ~ 255,本例中,穴孔分割阈值 D_{\max} 为 31, D_{\min} 为 1。

2.3.3 检测结果显示

在工控机界面显示穴盘各个穴孔的种子数以及穴盘播种的重播率和漏播率,同时可实时显示相机拍摄到的穴盘图像。如图 5 所示,左右两侧分别为 2 个相机拍摄图像处理后的效果图,图中可以看到红色线框框出的穴孔位置,红色框中的绿色部分为种子位置。

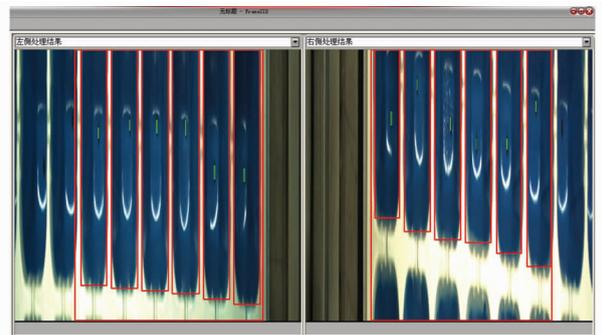


图 5 图像处理及结果

Fig. 5 Image processing and result

3 试验与结果分析

为确定系统的检测精度,采用机器视觉识别并与人工统计进行对比试验。

3.1 试验材料

试验用播种机为针式穴盘精密播种机,播种行数为 12 行,穴盘规格为 6 穴 \times 12 穴,播种速度为 360 盘/h。

试验用种子为黑色圆形颗粒状的油菜种子。

3.2 试验方法

根据 NY/T 1823—2009《温室穴盘精密播种机技术条件》^[17] 的相关规定进行试验。

运行针式穴盘精密播种机,通过调节针嘴的吸种压力,完成播种机在不同条件下的播种。根据检测系统确定穴盘播种的重播率和漏播率,同时,通过人工统计,计算该次穴盘播种的重播率和漏播率,对比 2 种方法的误差。

3.3 试验结果

在播种机上进行 500 次穴盘试验,试验结果如表 1 所示。

表1 试验结果统计
Tab.1 Experimental data %

指标	测量值	实际值	误差
重播率	1.72	2.78	1.06
漏播率	2.11	2.78	0.67

播种试验表明,系统的重播率检测精度为98.94%,漏播率检测精度为99.33%。

图像处理中,每幅图像的处理时间为0.3 s,处理每个穴盘需要1.8 s,系统每小时可处理穴盘图像2 000个,远远大于播种机的播种速度,能够满足穴盘精密播种机的在线检测。

3.4 误差分析

穴盘精密播种系统性能测试装置是一种检测设备,其检测精度直接关系到对育苗精密播种机的性能评估,因此误差对于测试装置检测精度的影响不容忽视。针对测试装置调试数据记录和调试过程中出现的问题,归纳总结可能引起误差的原因:

(1) 环境光源变化引起的误差

由于种子较小(圆粒油菜种子直径在2 mm左右),而穴盘深度一般在45 mm左右,在光源照射下,将小粒的种子、较深的穴盘以及其他的干扰光区分开是一个难点。本测试装置采用的双摄像头,每个摄像头拍摄6个穴孔。油菜等小粒种子多为黑色,为了与穴盘颜色区分,本装置采用喷涂蓝色底漆的白色穴盘,在白色光源下,便于将每个穴孔及种子分割提取。

在一定的光源下,外界环境光强弱的变化会影响相机对穴盘和种子图像的识别,影响装置的测试精度。因此,在测试装置的应用过程中,应选择环境光源较好的室内,并且尽量避免外界光源的强弱变化对测试对象的影响。

(2) 种子形状不均匀引起的误差

本测试装置采用的图像处理软件,通过对穴盘和种子图像的提取、分割和过滤,实现穴盘种子的计数统计和分析。因此,为提高穴盘种子的识别率,试验前需要对种子进行初步的清选,剔除破损或者形状不规则的种子。

4 结论

(1)设计了基于机器视觉的穴盘精密播种机性能检测装置,在针式精量播种机上进行了穴盘精密播种性能测试,结果表明,系统的重播率检测精度为98.94%,漏播率检测精度为99.33%,每幅图像处理时间为0.3 s,可以应用于穴盘精密播种机的检测。

(2)根据穴盘结构特点,设计了基于HALCON的通用型穴盘精密播种性能检测软件,运用Blob分析识别穴盘和种子,进行种子的分析和计数。开发了参数设置模块,通过调节种子和空穴参数,实现了不同规格穴盘的检测,提高了软件的通用性和扩展性。

参 考 文 献

- 程欢庆,张祖立,张为政. 蔬菜穴盘播种装置的研究进展[J]. 农业科技与装备,2010(4):31-33. Cheng Huanqing, Zhang Zuli, Zhang Weizheng. Research progress in vegetable plug tray seeding device[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2010(4):31-33. (in Chinese)
- 张宁,廖庆喜. 我国小粒径种子播种技术与装备的应用与研究进展[J]. 中国农机化,2012(1):93-96,103. Zhang Ning, Liao Qingxi. Research progress of seeding technology and equipment for small seeds in China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2012(1):93-96,103. (in Chinese)
- 武广伟,付卫强,董建军,等. 基于组合式排种辊的穴盘播种机的设计与机理分析[J]. 农机化研究,2014(6):14-18. Wu Guangwei, Fu Weiqiang, Dong Jianjun, et al. Design and mechanism analysis of tray seeder based on combined seeding roll[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014(6):14-18. (in Chinese)
- 刘彩玲,宋建农,张广智,等. 气吸式水稻钵盘精量播种装置的设计与试验研究[J]. 农业机械学报,2005,36(2):43-46. Liu Cailing, Song Jiannong, Zhang Guangzhi, et al. Design and experimental study on rice precision suction for pot seedling nursery box[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005,36(2):43-46. (in Chinese)
- 范鹏飞,张晋国,王秀,等. 设施育苗精准播种机的设计与试验[J]. 农机化研究,2012(7):127-130. Fan Pengfei, Zhang Jinguo, Wang Xiu, et al. Design and experiment on the seedling precision seeder of facility agricultural[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2012(7):127-130. (in Chinese)
- Karayel D, Wiesehoff M, Özmerzi A, et al. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006,50(2):89-96.
- Leemans V, Destain M F. A computer-vision based precision seed drill guidance assistance[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2007,59(1-2):1-12.
- Pablo M Granitto, Pablo F Verdes, Ceccatto H A. Large-scale investigation of weed seed identification by machine vision[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2004,47(1):15-24.
- 马旭,王剑平,胡少兴,等. 用图像处理技术检测精密排种器性能[J]. 农业机械学报,2001,32(4):34-37.

- Ma Xu, Wang Jianping, Hu Shaoxing, et al. Detection of a precision seedmeter performance using image processing technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(4): 34-37. (in Chinese)
- 10 张军, 丁元法, 李英, 等. 精密排种器性能检测技术的发展与现状[J]. 农机化研究, 2002(3): 16-17, 32.
- 11 吴海平, 王玉顺, 安爱琴, 等. 精密排种器排种质量的机器视觉检测与分析[J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 2008, 28(3): 324-328.
- Wu Haiping, Wang Yushun, An Aiqin, et al. Detection and analysis on seeding quality of metering mechanism of precision drills based on machine vision [J]. Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition, 2008, 28(3): 324-328. (in Chinese)
- 12 王玉顺, 郭俊旺, 赵晓霞, 等. 基于机器视觉的条播排种器性能检测及分析[J]. 农业机械学报, 2005, 36(11): 50-54, 49.
- Wang Yushun, Guo Junwang, Zhao Xiaoxia, et al. Performance detection and analysis of a machine vision based metering mechanism of drill [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(11): 50-54, 49. (in Chinese)
- 13 陈进, 边疆, 李耀明, 等. 基于高速摄像系统的精密排种器性能检测试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(9): 90-95.
- Chen Jin, Bian Jiang, Li Yaoming, et al. Performance detection experiment of precision seed metering device based on high-speed camera system [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9): 90-95. (in Chinese)
- 14 胡建平, 陆黎. 磁吸式穴盘播种器图像监控系统设计[J]. 农业机械学报, 2006, 37(11): 88-91.
- Hu Jianping, Lu Li. Design of the image monitored control system for the magnetic type precision seeder [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(11): 88-91. (in Chinese)
- 15 齐龙, 马旭, 周海波. 基于机器视觉的超级稻秧盘育秧播种空穴检测技术[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 121-125.
- Qi Long, Ma Xu, Zhou Haibo. Seeding cavity detection in tray nursing seedlings of super rice based on computer vision technology [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(2): 121-125. (in Chinese)
- 16 Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 3版. 艾海舟, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- 17 NY/T 1823—2009 温室穴盘精密播种机技术条件[S]. 2009.

Performance Detection System of Tray Precision Seeder Based on Machine Vision

Zhao Zhengbin¹ Liu Yucheng¹ Liu Zhongjun¹ Gao Bo²
(1. Modern Agricultural Equipment Co., Ltd., Beijing 100083, China
2. Menoble Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: In order to solve the problem of high reseeded, miss-seeding and instability issue in the vegetable tray precision seeder, the seedling performance was detected in the tray precision seeder based on machine vision technology. The performance detective device was setting in the tray precision seeder. Double-camera took tray images one by one after the tray was detected by photosensor, and then these images were transferred to the computer in real-time. The images were processed and analyzed by the vision algorithm software, the seeds could be seen in the tray and the results and photos were displayed on the screen together. The test showed that the reseeded detection accuracy was 98.94% and miss-seeding detection accuracy was 99.33%.

Key words: Tray seeder Performance detection Vision algorithm