

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.06.007

双行智能烟草打顶抑芽机检测控制系统设计与试验

刘双喜^{1,2} 李伟² 王金星^{1,2} 戚武振² 张晓辉^{1,2} 张菡²

(1. 山东农业大学山东省园艺机械与装备重点实验室, 泰安 271018; 2. 山东农业大学机械与电子工程学院, 泰安 271018)

摘要: 为提高烟草打顶抑芽作业工作效率,降低劳动强度,采用机器视觉技术进行烟草智能打顶抑芽作业。首先对烟叶和烟花色彩特征进行分析,利用潘通色卡选取与绿叶相似的印染布作为图像采集背景,减小烟花提取难度;以普通摄像头作为图像采集装置,对烟草图像进行处理,在可见光波段利用颜色特征进行烟花位置定位,确定具体打顶高度;最后通过工业控制机和单片机控制步进电动机、电磁阀,实现烟草打顶抑芽的快速、实时作业。田间试验表明:该烟草智能打顶机作业效率2~3 s/株,烟花检测准确率96%左右,打顶准确率90%左右,抑芽剂喷洒准确率80%左右;满足设计要求,能够有效提高作业效率和作业效果。

关键词: 烟草;打顶机;抑芽;自动检测;图像处理

中图分类号: S224 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2016)06-0047-06

Design and Test of Testing Control System for Double Rows Intelligent Tobacco Topping Machine

Liu Shuangxi^{1,2} Li Wei² Wang Jinxing^{1,2} Qi Wuzhen² Zhang Xiaohui^{1,2} Zhang Han²

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Horticultural Machineries and Equipments,

Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

2. College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: At present, tobacco topping and sprout inhibition is mainly by artificial means, existing machinery can only be achieved 'make it rigidly uniform'. In order to improve work efficiency of tobacco topping and sprout inhibition, to reduce labor intensity, the machine vision technology is applied to tobacco topping and sprout inhibition operation, to realize intelligent detection of tobacco height. Firstly, the color characteristics of tobacco leaves and tobacco flowers within the visible light band were analyzed, and the dyeing cloth similar to green leaves was selected as image background by using Pantone which can reduce the extraction difficulty of tobacco flower. Then the common camera was used as the image acquisition device, and the industrial control computer was used for processing the color characteristics of the collected image. Based on single line adaptive threshold value judgment method and taking volume as a unit, R value and G value of different characteristics were used to find the location of tobacco flowers, according to the proportion relationship to determine the specific topping height. Finally, the industrial machine was combined with microcontroller to control the stepper motor and solenoid valve, so as to realize the real-time online tobacco topping and sprout inhibition. The test shows that the intelligent tobacco topping and sprout inhibition machine operation efficiency is 2~3 seconds per tree, tobacco flower detection accuracy is about 96%, topping accuracy rate is about 90%, sprout inhibition accuracy rate is about 80%, the machine can meet the design requirement, and can effectively improve the operating efficiency and operation effect.

Key words: tobacco; topping machine; sprout inhibition; automatically detecting; image processing

收稿日期: 2016-03-27 修回日期: 2016-05-03

基金项目: 中国烟草总公司科技重点项目(110201302019)

作者简介: 刘双喜(1978—),男,讲师,博士生,主要从事图像处理和模式识别研究, E-mail: shuangxiliu168@163.com

通信作者: 王金星(1970—),男,教授,博士生导师,主要从事精密工程与科学仪器研究, E-mail: jinxingw@163.com

引言

打顶抑芽作为烟叶生产过程中一项基本农艺,对于提高烟叶产量及品质具有十分重要的意义^[1-3]。作为我国主要经济作物之一,目前全国烟草种植面积保持在 100 万 hm^2 左右^[4]。国外对烟草打顶抑芽机械研究起步较早,以美国、日本为代表的发达国家已根据各自种植特点研制出不同类型的作业机械,并已有成型产品在实际中应用。而我国实际生产中仍以人工打顶抑芽为主,劳动强度大,且长时间接触化学农药对人体造成严重伤害^[5];国内对烟草打顶抑芽机械的研究尚处于起步状态,山东农业大学设计的烟草打顶抑芽机正处在试验状态,需要不断改进优化,还无法实现大规模生产。随着我国农业生产对机械化和智能化的要求不断提高,高效率烟草打顶抑芽作业成为迫切需要解决的问题^[6]。近几年,机器视觉技术在农业领域中得到广泛应用,本研究将机器视觉技术应用在烟草打顶识别作业中^[7-10],通过图像 RGB 数值大小分析提取烟花位置,结合视觉标定技术,得到具体打顶高度,从而控制打顶装置完成打顶抑芽作业。

1 检测控制系统整体设计

烟草打顶要按农艺要求对现蕾期或初花期的烟草进行打顶抑芽作业。考虑现蕾期花序与幼叶结构紧凑,机械打顶时会伤及顶端幼叶,不适合打顶作业,而初花期花序开放,便于识别和打顶作业,既有利于烟草生产要求,也满足机械打顶的需要^[11-14]。

该检测控制系统主要由视觉系统和打顶抑芽控制系统构成,两行打顶机的结构一致。具体结构原理如图 1 所示。检测控制系统选取索奇 T1217 工控机为上位机,89C52R 单片机作为下位机。考虑农田适用性和环境因素影响,选取分辨率为 640 像素 ×

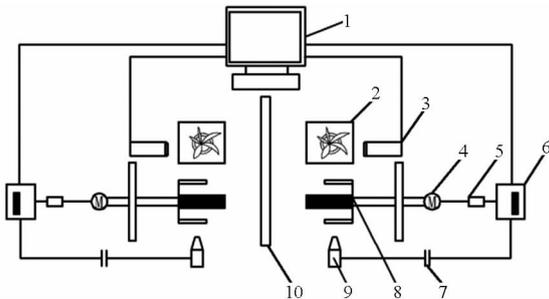


图 1 双行烟草智能打顶抑芽机结构原理图

Fig. 1 Structure diagram of double row intelligent tobacco topping machine

1. 工业控制机 2. 烟苗 3. 彩色摄像头 4. 步进电动机 5. 电动机驱动器 6. 单片机控制器 7. 继电器 8. 打顶装置 9. 抑芽剂喷洒电磁阀 10. 背景板

480 像素的普通 T3200 网络摄像头作为图像采集装置。通过负载计算,选取 86BYGH450C-02 步进电动机及其配套驱动器 CF20611D 作为提升机构^[15-20]。

2 视觉系统

视觉系统由摄像头、工业控制机和背景板组成,主要负责采集图像信息、处理定位烟花顶端位置和确定具体打顶高度。

2.1 背景板的选取

烟草图像采集过程中,烟田环境复杂,受光照条件、天空色彩等干扰严重,同时,田间诸多烟花与目标烟花易产生混淆,影响检测准确性。因此,设计合适的图像采集背景,对提高烟花识别速度、降低图像处理难度具有重要意义。

通过对田间环境分析,本研究在两行作业烟垄之间加装背景板,考虑到烟叶色彩及后期处理的便捷性,通过可见光下颜色比对,选取与潘通色卡 17-5430 TCX 一致的印染布制作背景板。

2.2 数据分析

精确地将烟花从图像中识别出来,是基于机器视觉技术烟草打顶的关键步骤。图像分割技术种类较多,目前常用的一种是分水岭算法,但分水岭算法处理图像耗时过多,无法满足田间实时作业的需要。为快速进行图像分割,对烟草和烟花的颜色特征进行研究。

用选取的摄像头采集初花期的烟草图像,烟草、背景板和摄像头的距离与作业时相同。拍摄到的烟草图像如图 2 所示,对图像的 RGB 分量进行提取,分别得到烟草图像的 R 、 G 、 B 分量三维图,如图 3 所示。



图 2 烟草图像

Fig. 2 Tobacco image

对烟草图像的色彩数据进行统计,烟花区域、烟叶区域、背景板区域的 R 、 G 、 B 分量具体分布范围如表 1 所示。

2.3 检测算法设计

分析表 1 中烟花、烟叶和背景板的颜色特征,可利用 $R > 200$ 固定阈值将烟花检测出,考虑到田间

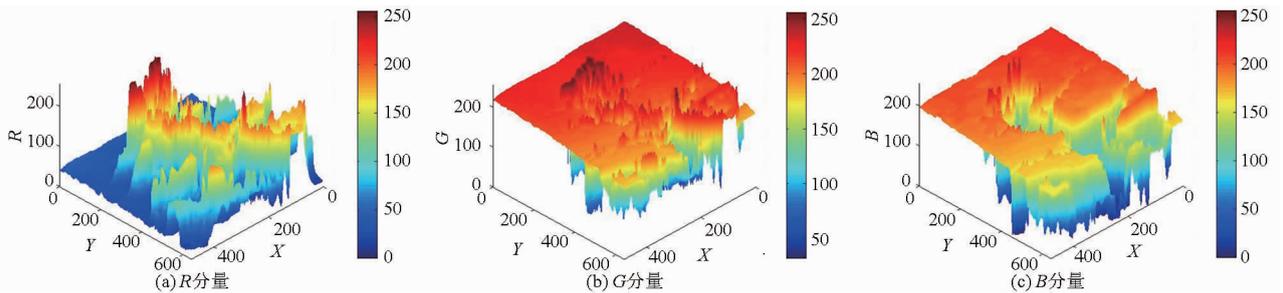


图 3 R、G、B 分量三维图

Fig. 3 3D graph of R, G, B component

表 1 烟草图像 R、G、B 颜色分布

Tab. 1 Tobacco image R, G, B color distribution

区域	颜色分量 B	颜色分量 G	颜色分量 R
烟花	200 ~ 250	250 ~ 255	230 ~ 255
烟叶	50 ~ 140	130 ~ 230	50 ~ 200
背景板	150 ~ 210	200 ~ 230	20 ~ 60

光照条件影响,成像质量和图像平均亮度会随光照条件的变化而变化,采用固定分割阈值进行识别时,田间适应性会受到一定影响,拟采用一种自适应分割检测方法。分析烟花图像颜色信息和背景(烟叶和背景板)颜色信息,只有背景中存在绿色,当光照发生变化时,绿色通道的 G 值总是大于红色通道的 R 值;而烟花色彩为粉白色,不完全满足 $G > R$ 的条件。从而可通过比较 R、G、B 值确定烟花位置。

由于只需检测烟花位置信息,为提高检测速度,采用以列为单位的单线自适应分割判断方法。利用 R、G、B 值关系可以检测到烟花区域。在图 2 中,分别选取一列经过烟叶但不过烟花的像素点和一列

经过烟花的像素点作为对比,将这两列的像素点进行色彩提取,得到 R、G、B 通道信息。

由图 4 所示,烟叶和背景板的 G 值曲线在 R 上方,在烟花位置 R 值、G 值相等,可以通过 R、G 关系确定烟花像素点的位置。花蕾在图像上的像素高度为 10 个像素点左右。为保证准确性,确定当 R 值、G 值关系满足连续 10 个像素点 $R \geq G$ 时,认为检测到烟花信息,并将第 10 个像素点作为烟花位置。

使用单线判断虽然可以检测到烟花位置,但在田间作业中,会影响作业准确率。拟采用 3 列同时检测的方法对烟草图像进行处理,提高作业精度。作业时不同烟花在图像中所占像素列宽数为 15 ~ 25 列;选取摄像头采集图像中间第 235、240、245 列作为目标列,以每列 640 个像素点作为数据源进行分析,从上往下比较该列 640 个像素点的 R 值、G 值,当 3 列中至少有 2 列检测到烟花信息时,将这 2 列检测到的低点作为烟花顶端位置。采用三线同时检测的方法既能够保证检测精度,同时保证处理速度,满足田间作业对实时性的要求。

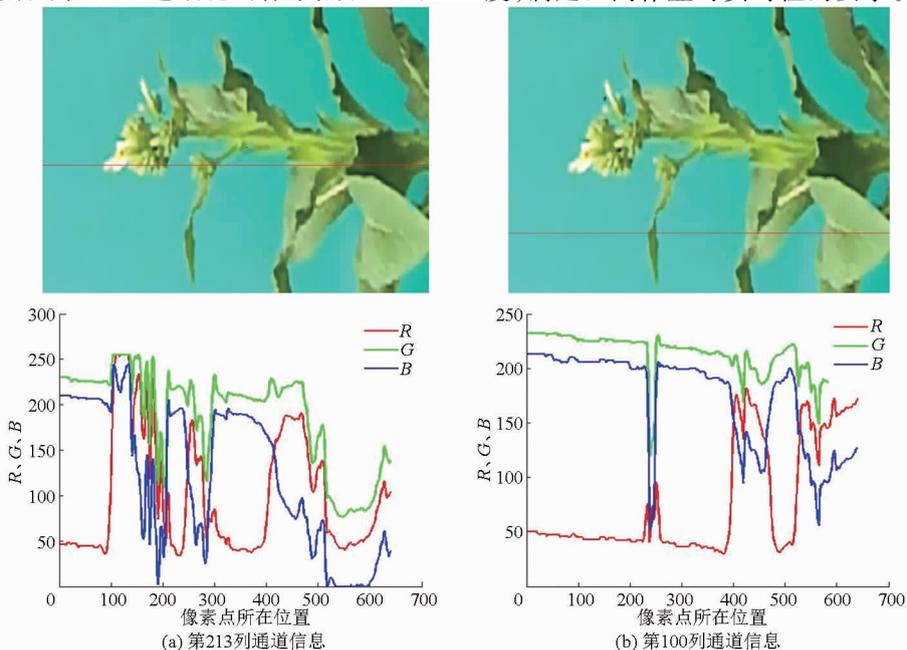


图 4 烟草 R、G、B 通道信息对比

Fig. 4 Tobacco R, G, B channel information comparison

2.4 烟顶位置定位

作业前调整摄像头位置,保证烟花顶端均能出现在摄像头视野范围内;测量背景板采集的视野范围高度 h ,对应图像一列 640 个像素高度;打顶装置起始位置与摄像头视野范围最低端平行。通过相似三角形关系求出实际高度与像素点之间的比例关系,如图 5 所示。检测到烟花信息后,根据烟花像素位置确定打顶装置移动距离。

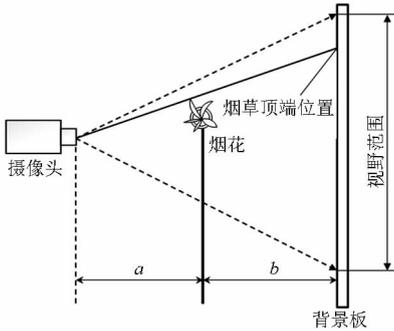


图 5 烟草定位方式示意图

Fig. 5 Sketch map of tobacco location

$$Q = a / (a + b) \quad (1)$$

式中 Q ——实际大小与像素点之间的比例系数

a ——每个摄像头到烟草植株的水平距离

b ——烟草植株到背景板的水平距离

$$H = (640 - i)h / (640Q) \quad (2)$$

式中 H ——打顶装置移动距离

i ——图像第 240 列从上往下检测到的烟花像素位置(即烟草植株顶端)所在行数

实际作业中,摄像头与烟草之间的距离受机器田间行进轨迹以及烟草自然生长的影响而不可能完全固定,得到的 H 有一定偏差,结合烟草打顶的特点,设定每 2 cm 为同一打顶高度,而田间烟草的高度差为 40 cm 左右,共设 21 组打顶挡位,这样既可

以减少外界因素的影响,保证打顶精度,同时适应田间作业的需求。

基于 VS2010 平台设计一套在 Windows 环境下运行的烟花检测程序,用于实现图像采集、图像分割、烟花识别和具体打顶距离确定等功能。

3 控制系统

打顶抑芽控制系统用于执行上位机指令,控制打顶装置完成烟花打顶作业和控制电磁阀喷洒抑芽剂作业。

3.1 控制系统设计

智能烟草打顶抑芽机控制系统电路图如图 6 所示,该控制系统电路主要由工控机、单片机最小系统、电源模块、控制电路和 RS232 通讯电路等组成。图中 P1 为步进电动机驱动器,P2 为电磁阀,P3 为控制打顶装置升降的四相混合式步进式电动机。

选用的 86BYGH450C-02 型步进电动机与减速器通过法兰连接,通过控制卷轴转动来控制打顶装置升降;该步进电动机的步进角为 1.8° ;所用卷轴直径 $d = 0.05$ m。

步进电动机带动卷轴转一周的距离为

$$D = \pi d = 0.157 \text{ m} \quad (3)$$

用单片机编程控制输出脉冲的频率,调试后卷轴转一圈时间为 0.5 s。

打顶装置提升最大距离所需时间

$$t_s = \frac{H_{\max}}{D} \times 0.5 = 1.33 \text{ s} \quad (4)$$

式中 H_{\max} ——打顶装置上升的最大距离

为减少机械误差对打顶精度的影响,加入复位设计,每次打顶动作结束后,打顶装置完成复位动

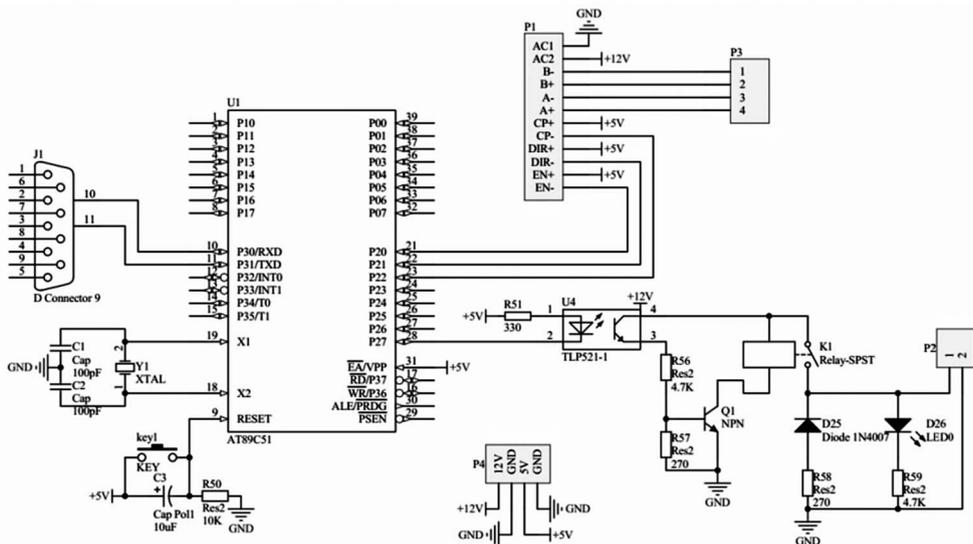


图 6 控制系统电路图

Fig. 6 Circuit diagram of control system

作,然后进行下一步打顶动作。

完成打顶后,步进电动机反转,打顶装置在重力和电动机的作用下下降,通过试验测得下降最大距离所需时间为 0.4 s。

打顶装置完成一次打顶作业所需最大时间

$$t_z = t_s + t_j = 1.73 \text{ s} \quad (5)$$

3.2 工作原理

图7为检测控制系统工作流程图。工作前打开工控机上的检测控制程序,摄像头采集图像,通过USB线将图像信息传输到工控机上。工控机检测到烟花顶端位置信息后,确定打顶装置移动距离,传输到单片机;单片机根据移动距离信息,匹配打顶挡位,向步进电动机驱动器发送脉冲,驱动步进电动机控制打顶装置的提升机构,保证割刀高度位置与烟花位置适宜;单片机通过旋转编码器计算机械前进的速度,再由速度得出延时脉冲数 N ,当单片机延时 N 个脉冲后,控制电磁阀完成定点喷洒抑芽剂的动作。当检测到烟顶位置时,程序停止图像处理工作,当打顶抑芽装置完成打顶抑芽作业后,检测系统开始下一次图像处理工作。

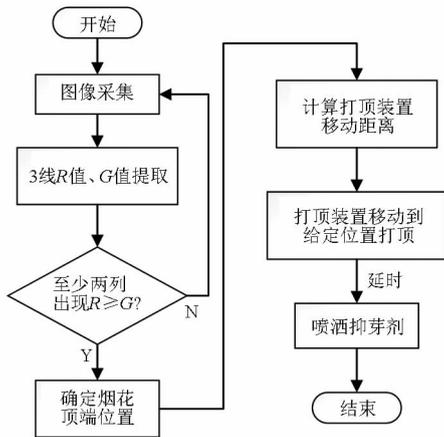


图7 打顶抑芽作业流程图

Fig.7 Flow chat of topping and drug spraying

4 田间试验

为验证烟草打顶抑芽检测控制系统的精确性,对其进行田间试验,如图8所示。田间试验采用区组设计,使用多次采样取平均值的方法对数据进行分析,并对烟草智能打顶抑芽机的性能进行测定^[21]。

4.1 试验条件

性能试验在潍坊市诸城孟友烟农专业合作社的烟田试验基地进行,由一台3YD-2型烟草打顶抑芽机搭建试验用检测控制系统平台。试验时间为2015年7月中旬,烟草生长处于初花期,适合打顶作业,试验用地 1.5 hm²,试验条件如表2所示。



图8 烟草智能打顶抑芽机田间试验

Fig.8 Tobacco quantitative topping and drug machine

表2 试验条件

Tab.2 Test conditions

参数	数值
烟草高度/cm	110 ~ 160
行距/mm	1 200
株距/mm	500
烟花高度/mm	10 ~ 20
行进速度/(km·h ⁻¹)	1

4.2 试验数据测定

在 1 km/h 的行驶速度下对烟草进行打顶试验,共试验 5 次,试验安排如表 3 所示。

表3 田间试验安排

Tab.3 Detection test arrangement

试验组别	检测数	结果数	消毒数	株
1	48	47	40	
2	48	47	39	
3	47	42	41	
4	49	45	36	
5	48	44	44	

4.3 试验结果与分析

试验过程中样机运转平稳,工作精准可靠,能够有效完成位置定位和打顶施药作业,克服了机械打顶不能根据烟草高度进行打顶的缺陷,打顶和施药位置满足打顶农艺要求。试验结果如表4所示。效果如图9所示。

表4 试验结果

Tab.4 Test results

参数	数值
烟花检测准确率/%	96
可连续工作时间/h	6
打顶准确率/%	90
抑芽剂喷洒准确率/%	80
烟株损伤率/%	<5
作业效率/(s·株 ⁻¹)	2 ~ 3

在试验过程中,偶尔会出现漏检、打顶位置不对和抑芽剂喷洒不准确等现象,分析其原因有:①烟叶表面存在强反射光或阴影区,影响采集图像质量,对



图9 打顶效果图

Fig.9 Design sketch of topping

识别结果产生干扰。②由于机械误差造成打顶装置偏离指定位置。③打顶机运行时出现抖动现象,造成抑芽剂喷洒不准确。④打顶作业完成后,烟株由

于惯性出现摆动现象,影响抑芽剂喷洒。

5 结论

(1)设计了一种适用于初花期打顶的烟草智能打顶抑芽机检测控制系统,通过机器视觉技术确定烟花位置并完成打顶,同时在打顶位置喷洒抑芽剂。

(2)通过可见光波对比试验,选取合适的图像采集背景,并提出一种适用于自然条件下烟草花蕾识别的检测方法,能够快速、有效地识别烟花。

(3)实际田间试验表明,设计的烟草智能打顶抑芽机检测控制系统能够快速准确地实现烟花打顶抑芽作业。

参 考 文 献

- 1 林中麟,石健林,周益. 烟草打顶研究进展[J]. 江西农业学报,2009,21(6):32-36.
- 2 杨洁,胡日生,童建华,等. 打顶对烟草腋芽生长及植物激素含量的影响[J]. 烟草科技,2013(10):72-75.
- 3 林桂华,周冀衡,范启福,等. 打顶技术对烤烟产质量和生物碱组成的影响[J]. 中国烟草科学,2002(4):8-12.
LIN Guihua, ZHOU Yiheng, FAN Qifu, et al. Effects of topping technology on leaf yield, quality and alkaloid content of flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science,2002(4):8-12. (in Chinese)
- 4 肖宏儒,申国明. 发展我国烟草生产机械化的对策[J]. 中国农机化,2009(3):16-21.
XIAO Hongru, SHEN Guoming. Study on allowance policies for purchasing agricultural machinery of Chinese agricultural mechanization in new periods [J]. Chinese Agricultural Mechanization,2009(3):16-21. (in Chinese)
- 5 周伯瑜,黄美槐. 烟草打顶及应注意事项[J]. 烟草科技,2007(6):18-19.
- 6 陈恩明,朱志伟,张晓辉. 我国烟草田间生产机械化现状及发展对策[J]. 农机化研究,2008,30(10):227-230.
CHEN Enming, ZHU Zhiwei, ZHANG Xiaohui. Status and develop countermeasure of tobacco farm land produce mechanization in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008,30(10):227-230. (in Chinese)
- 7 刘朝营,许自成,闫铁军. 机器视觉技术在烟草行业的应用状况[J]. 中国农业科技导报,2011,13(4):79-84.
LIU Chaoying, XU Zicheng, YAN Tiejun. Application status of machine vision technology in tobacco industry [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2011, 13(4):79-84. (in Chinese)
- 8 林开颜,徐立鸿,吴军辉. 计算机视觉技术在作物生长检测中的研究进展[J]. 农业工程学报,2004,20(2):279-283.
LIN Kaiyan, XU Lihong, WU Junhui. Advances in the application of computer-vision to plant growth monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(2):279-283. (in Chinese)
- 9 蔡健荣,方如明,张世庆,等. 利用计算机视觉技术的烟叶质量分选系统研究[J]. 农业工程学报,2000,16(3):118-122.
CAI Jianrong, FANG Ruming, ZHANG Shiqing, et al. Application of computer vision technique to research on classifying system of tobacco leaves[J]. Transactions of the CSAE,2000, 16(3):118-122. (in Chinese)
- 10 马敏,张晓辉,宋涛,等. 智能烟草打顶抑芽机控制系统[J]. 农业工程学报,2011,27(2):129-135.
- 11 PAPENFUS H D, 朱显灵. 运用打顶和控制腋芽技术调节烟叶可用性[J]. 烟草科技,1997(1):39-41.
- 12 张建平. 计算机视觉在烟草行业中的研究及应用展望[J]. 烟草科技,1998(2):22-23.
- 13 CHO H K, PEAK K H. Feasibility of grading the burley type dried tobacco leaf using computer vision[J]. Journal of Biosystems Engineering, 1997, 22(1):30-40.
- 14 陈德鑫,王凤龙,杨清林,等. 烟草抑芽剂及其使用方法[J]. 烟草科技,2003(6):46-48.
- 15 ZHANG F, ZHANG X. Machine vision and image processing based images inspection [C] // Proceedings of the 4th International Conference on Impulsive and Hybrid Dynamical Systems, 2007:2218-2221.
- 16 杨旭海,张茜,胡斌. 棉花打顶机打顶高度自动控制系统的的设计[J]. 农机化研究,2009,31(7):129-131.
YANG Xuhai, ZHANG Qian, HU Bin. Design of information system on the classification and valuation of agricultural lands based on Web GIS[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2009, 31(7):129-131. (in Chinese)
- 17 胡斌,罗昕,毕新胜,等. 3MD-12型棉花打顶机的研究设计[J]. 农机化研究,2003,25(1):88-90.
HU Bin, LUO Xin, BI Xinsheng, et al. A study of 3MD-12-type cotton's top cutter[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2003,25(1):88-90. (in Chinese)
- 18 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等. 农作物茎秆的力学特性研究进展[J]. 农业机械学报,2007,38(7):172-176.
LIU Qingting, QU Yinggang, QING Shangle, et al. Study progress on mechanics properties of crop stalks[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(7):172-176. (in Chinese)
- 19 LIU Jason, WADE YANG Weihua, WANG Yongsheng, et al. Optimizing machine vision based applications in agricultural products by artificial neural network [J]. International Journal of Food Engineering,2011, 7(3):291-297.
- 20 XUE Jinlin, ZHANG Lei, GRIFT T E. Variable field-of-view machine vision based row guidance of an agricultural robot[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2012, 84(2):85-91.
- 21 GB/T 5262—2008 农业机械试验条件测定方法的一般规定[S]. 2008.