

基于改进 Hu 矩和遗传神经网络的稻飞虱识别系统*

邹修国 丁为民 刘德营 赵三琴

(南京农业大学江苏省现代设施农业技术与装备工程实验室, 南京 210031)

摘要: 针对稻飞虱识别实时性差和 BP 神经网络分类有一定误差的问题,设计了一种基于 DSP 硬件平台和遗传神经网络算法的稻飞虱识别系统。系统硬件以 AT89S52 单片机控制拍摄移动装置,以 DM6437 处理器作为算法处理平台;系统软件设计主要包括基于改进 Hu 矩的特征值提取和基于遗传算法优化神经网络的识别算法。系统通过 CCD 摄像机拍摄稻飞虱视频信号传送到 DSP 识别系统,从中提取图像,识别图像中的稻飞虱。实验对稻飞虱、水蝇和潜蝇等 80 个样本进行了训练和测试,结果表明遗传神经网络对稻飞虱的正确识别率达到 90%。

关键词: 稻飞虱 图像识别 改进 Hu 矩 遗传算法 神经网络

中图分类号: TP391.41; S431.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)06-0222-05

Recognition System of Rice Planthopper Based on Improved Hu Moment and Genetic Algorithm Optimized BP Neural Network

Zou Xiuguo Ding Weimin Liu Deying Zhao Sanqin

(Laboratory of Modern Facility Agriculture Technology and Equipment Engineering in Jiangsu Province, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: For the problems of poor real-time of rice planthopper recognition and a certain error of BP neural network classifier, a rice planthopper recognition system was designed based on DSP hardware system and genetic algorithm optimized BP neural network. AT89S52 microcontroller was used to control the mobile device. DM6437 was used as processing platform. Mathematical morphology algorithm, improved Hu moment, and genetic algorithm optimized BP neural network algorithm were used for segmentation. The video camera was used to shoot crop video. Then, the video signal images were transformed to the DSP recognition system. The rice planthopper could be identified from these images. The experiment was carried out on 80 samples, including rice planthopper, ephydrid and miner. Results showed that the accuracy of genetic algorithm optimized BP neural network reached to 90%.

Key words: Rice planthopper Image recognition Improved Hu moment Genetic algorithm BP neural network

引言

随着机器视觉技术在农业领域的广泛应用,快速有效地进行农作物害虫诊断已成为一个研究热点,主要识别方法有数学形态学、人工神经网络、人工鱼群算法和支持向量机等^[1-8]。但这些研究方法均是基于离线状态,与实时系统的要求有一定的差距;对害虫一般采用先诱集到单一背景再拍摄的方

法,拍摄时背景和摄像机都是静止不动的,如果要采集更大面积的图像,一般需采用背景装置移动的方式,背景的移动可能会使害虫做出明显的移动,不利于拍摄,而且背景本身体积相对比较大,移动效果也不是很理想。

本文的图像采集系统在文献[8]基础上加以改进,克服背景移动的弱点,以拍摄装置移动的方式采集图像,再由数字信号处理器 DM6437 进行处理,在

收稿日期: 2013-01-28 修回日期: 2013-03-10

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2012AA101904)、公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203059)和南京农业大学青年科技基金资助项目(KJ2010031)

作者简介: 邹修国,讲师,博士生,主要从事视觉技术与模式识别研究,E-mail: zouxiuguo@njau.edu.cn

通讯作者: 丁为民,教授,博士生导师,主要从事农业机械理论与设计、设施农业及其环境控制研究,E-mail: wmding@njau.edu.cn

其基础上设计稻飞虱识别硬件系统,并在硬件识别系统上运行改进Hu矩提取特征值和遗传神经网络识别算法。

1 系统总体方案

系统硬件由幕布、移动拍摄装置、识别装置等组成。采集稻飞虱幕布选取白色幕布作为采集背景,用稻飞虱诱集灯光作为背景光源;移动拍摄装置可在不同点采集图像;稻飞虱识别装置在DSP处理器的平台上架构而成,内嵌稻飞虱识别处理算法,现场处理采集得到的图像;后台系统是在服务器上安装对应软件,接收现场处理子系统传来的数据加以存储和显示。系统总体框架图如图1所示。

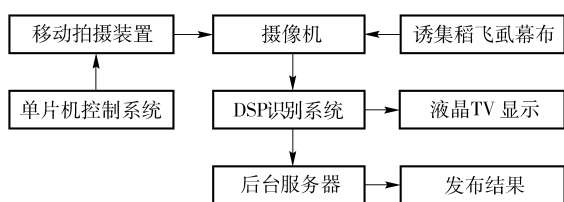


图1 系统框架图

Fig. 1 Sketch map of system

2 采集害虫幕布

幕布选用涤纶白布,根据稻飞虱喜好,选用160 W自镇流荧光高压汞灯作为背景光源。幕布按一定距离分割为3行3列共9个方格区域,摄像机采集图像时以每个方格的中心点为采集图像的中心点。

3 移动装置设计

3.1 H形移动轨道设计

H形移动平台有2个固定立柱作支撑,中间水平横轨上的小车可以载着摄像机左右移动,水平横轨可以上下移动,其优点是可以在不同位置对幕布进行拍摄。结构如图2所示。

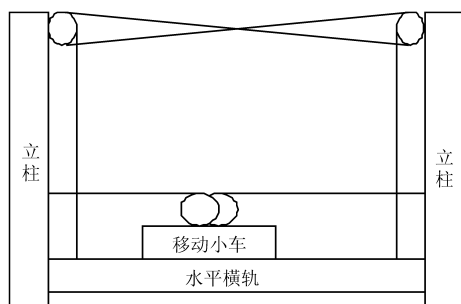


图2 H形移动轨道示意图

Fig. 2 H-type moving track

3.2 移动装置控制电路设计

移动装置控制电路主要由AT89S52单片机最小系统、按键控制电路、ULN2003驱动电路、步进电

动机及其电路等部分组成。步进电动机的控制通过5个按键实现,分别为正转、反转、加速、减速和停止。单片机输出4路脉冲信号触发驱动电路的ULN2003芯片,ULN2003芯片内部有4组信号放大器,分别与步进电动机的4相绕组相连接,放大信号输出可驱动步进电动机的相应绕组得电,从而产生一定的角位移。单片机不断循序输出时序脉冲,实现步进电动机旋转^[9]。移动装置控制电路设计框图如图3所示。

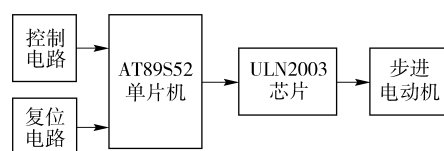


图3 移动装置单片机控制系统设计框图

Fig. 3 Framework map of control circuit board for mobile device

4 稻飞虱识别硬件系统设计

稻飞虱识别硬件系统基于DSP芯片设计,DSP芯片选用TI公司的DM6437。摄像机定点采集吸附在幕布上的稻飞虱图像,通过视频接口的视频解码器将模拟信号转换成数字信号,然后以图像的格式输入识别系统的缓冲区,由DM6437运行处理算法识别害虫,处理结果由视频编码器输出显示或将数字信号通过网络直接送入后台服务器。

4.1 数字信号处理器

核心处理器采用DM6437,该处理器工作频率为600 MHz,指令周期1.67 ns,每个时钟周期可并行执行8个32位C64x+指令,性能高达4800 MIPS,有功能丰富的视频处理子系统^[10]。前端子系统支持CCD和CMOS图像传感器接口,实时图像处理预览引擎,实现对通用视频解码器的无缝接口,具有自动曝光、自动白平衡、自动对焦和缩放模块;后端子系统支持硬件屏幕显示4个54 MHz的DAC,支持复合NTSC/PAL视频、S-video输出和YPbPr及RGB分量输出,8/16位YUV和24位RGB数字视频输出,HD分辨率,支持2个视频窗口^[10]。

4.2 摄像机接口

系统采用2路标准模拟视频输入,通过相应的控制位进行选择,每次选择其中1路。视频解码器TVP5150APBS可将标准的NTSC或PAL制式的模拟视频信号转换成BT.656格式的标准数字视频信号。该编码器和DM6437通过IIC总线连接,由串行数据输入/输出线和时钟输入/输出线组成。本系统采用的IIC总线的数据传输速率为100 Kb/s,IIC地址为B8H^[11]。

在软件 CCS3.3 中打开 VIEW 菜单下 Graph 子菜单,设置 Image,运行程序后便可查看实验处理前后的图像。图 4 是采集到的稻飞虱图像,经专家鉴定为白背飞虱。

5 稻飞虱识别算法设计

5.1 基于数学形态学的预处理

对采集的稻飞虱图像,首先要处理为二值图像,然后进行滤波,提取稻飞虱的躯干部分,以便进一步处理。二值化采用阈值化算法,经预备实验,二值化阈值选为 140。得到二值图像后,采用形态学运算的膨胀和腐蚀运算进行滤波^[12-13]。经过预处理后的图像如图 5 所示。

5.2 基于改进 Hu 矩特征提取算法

几何矩是由 Hu 在 1961 年提出的,具有平移、旋转、尺度不变性,对于提取图像中的形态特征非常有效。针对原始的 Hu 矩在缩放时存在误差较大的问题,可以采用改进 Hu,利用 Hu 矩之间的比值来去掉比例因子,使提取的特征值仅与几何形状有关,解决拍摄距离不一致的问题。采用改进的 Hu 矩公式为^[14]

$$\left\{ \begin{aligned} \text{ImpHu}[0] &= \frac{(\text{hu}[2])^{\frac{1}{2}}}{\text{hu}[1]} \\ \text{ImpHu}[1] &= \frac{\text{hu}[1] + (\text{hu}[2])^{\frac{1}{2}}}{\text{hu}[1] - (\text{hu}[2])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[2] &= \frac{(\text{hu}[3])^{\frac{1}{2}}}{(\text{hu}[4])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[3] &= \frac{(\text{hu}[3])^{\frac{1}{2}}}{(\text{hu}[5])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[4] &= \frac{(\text{hu}[4])^{\frac{1}{2}}}{(\text{hu}[5])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[5] &= \frac{\text{hu}[6]}{\text{hu}[1] \text{hu}[3]} \\ \text{ImpHu}[6] &= \frac{\text{hu}[6]}{\text{hu}[1] (\text{hu}[5])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[7] &= \frac{\text{hu}[6]}{\text{hu}[3] (\text{hu}[2])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[8] &= \frac{\text{hu}[6]}{(\text{hu}[2] \text{hu}[5])^{\frac{1}{2}}} \\ \text{ImpHu}[9] &= \frac{\text{hu}[5]}{\text{hu}[3] \text{hu}[4]} \end{aligned} \right. \quad (1)$$

式中 ImpHu[]——改进后的 Hu 矩特征值

hu[]——改进前的 Hu 矩特征值

每头稻飞虱提取的改进 Hu 矩特征值有 10 个,图 5 中 2 幅稻飞虱图像提取的特征值如表 1 所示。

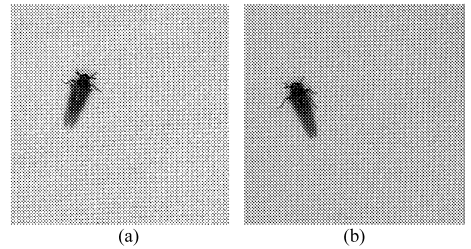


图 4 采集的白背飞虱原图

Fig. 4 Images of rice planthopper

(a) 图像 1 (b) 图像 2

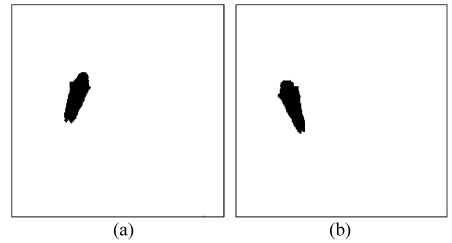


图 5 数学形态学去噪后的二值图像

Fig. 5 Binary images after morphological denoising

(a) 图像 1 (b) 图像 2

表 1 改进 Hu 矩提取二值稻飞虱图像的特征值

Tab. 1 Extracted of eigenvalues of rice planthopper by improved Hu moment

改进 Hu 矩特征值	图像 1	图像 2
ImpHu[0]	0.018 832	0.018 875
ImpHu[1]	1.038 362	1.039 432
ImpHu[2]	0.688 889	0.684 518
ImpHu[3]	0.983 412	0.981 805
ImpHu[4]	1.527 535	1.525 726
ImpHu[5]	0.045 432	0.046 776
ImpHu[6]	0.044 266	0.045 089
ImpHu[7]	1.882 681	1.896 454
ImpHu[8]	2.820 741	2.831 962
ImpHu[9]	0.507 406	0.513 986

5.3 基于 BP 神经网络识别算法

BP(Back propagation)神经网络是一种按误差反向传播算法训练的多层前馈网络,能学习和存储大量的输入/输出模式映射关系,无需事前描述这种映射关系^[15]。采用 3 层 BP 神经网络,其中输入层 10 个节点,隐含层 5 个节点,输出层 3 个节点。

BP 网络训练算法采用附加动量因子梯度修正方法,权值和阈值调节公式为

$$\Delta X(k+1) = m_c \Delta X(k) + l, m_c \frac{\partial E}{\partial X} \quad (2)$$

式中 ΔX 为调节的阈值,训练次数 k 取 2 000,动量因子 m_c 取 0.95,学习速率 l 取 0.1,误差函数 E 取 0.001。

实验选取采集到的 80 幅图像样本,其中白背飞虱 40 幅,水蝇 20 幅,潜蝇 20 幅。选取前 60 幅作为

训练样本,后20幅作为测试样本。图6是部分样本。

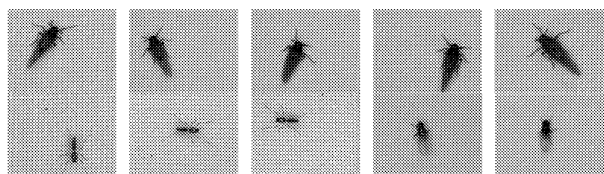


图6 稻飞虱、水蝇和潜蝇的样本

Fig. 6 Samples of rice planthopper, ephydrid and miner

训练及测试输出分为3类,设定稻飞虱的输出值为100,水蝇的输出值为010,潜蝇的输出值为001,采用Matlab2008a进行算法验证,表2是测试结果。

表2 BP神经网络测试值与实际值比较

Tab. 2 Actual value compared with test value by BP neural network

识别结果	稻飞虱	水蝇	潜蝇
100/幅	7	0	1
010/幅	0	5	0
001/幅	3	0	4
正确识别率/%	70	100	80

从表2可以看出误识别均在稻飞虱和潜蝇中产生,水蝇的体态特征与它们的差异较大,无错误识别。

5.4 基于遗传算法优化的BP神经网络识别算法

针对BP神经网络的识别准确率不够高的缺点,可以采用遗传算法(Genetic algorithms, GA)进行优化^[16]。

遗传算法优化BP神经网络主要分为3个过程^[17]:①BP神经网络结构的确定。②遗传算法优化权值和阈值。③BP神经网络训练和预测。

适应度函数 F 选用预测输出 o 和期望输出 y 之间的误差绝对值和,即

$$F = k \sum_{i=1}^n |y_i - o_i| \quad (3)$$

式中 n ——网络输出节点数 k ——系数

根据个体的适应度,对群体进行遗传操作,其中选择采用赌轮方法,交叉采用实数交叉方法,将GA优化后网络权值和阈值以及学习速率和动量因子作为BP算法参数使用。参数设定:种群规模100,交叉概率0.2,变异概率0.1,进化次数50次,经过实验,训练到了第10次时适应度达到了较好值。经过训练和测试实验,遗传算法优化BP神经网络的识别结果见表3。

表3 遗传神经网络测试值与实际值比较

Tab. 3 Actual value compared with test value by genetic algorithm optimized BP neural network

识别结果	稻飞虱	水蝇	潜蝇
100/幅	9	0	0
010/幅	0	5	0
001/幅	1	0	5
正确识别率/%	90	100	100

从表3中可以看出,稻飞虱的识别率为90%,误识别为潜蝇的那头稻飞虱经确定是由于体态较小,接近潜蝇的原因。通过与表2对比,GA优化的BP神经网络具有更高的识别率。

6 结论

(1) 设计了一个比较完整的稻飞虱识别系统,设计的H形移动装置采用单横轨上下移动,材料节省,结构简单,便于控制。

(2) 采用改进的Hu矩提取特征值,解决了图像缩放时Hu矩特征值变化较大的问题;采用神经网络算法识别稻飞虱,这些算法编成程序在DM6437中快速运行,可以达到实时识别的要求。

(3) 用遗传算法优化BP神经网络权值和阈值的方法识别稻飞虱,结果表明,比BP神经网络识别有更高的准确率,对稻飞虱的识别率为90%,水蝇和潜蝇的识别率均达到了100%。

参 考 文 献

- Camargo A, Smith J S. Image pattern classification for the identification of disease causing agents in plants[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 66(1): 121 ~ 125.
- Ola Hall, Geoffrey J Hay. A multiscale object-specific approach to digital change detection[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2003, 4(4): 311 ~ 327.
- 赵汗青,沈佐锐,于新文. 数学形态特征应用于昆虫自动鉴别的研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(3): 38 ~ 42. Zhao Hanqing, Shen Zuorui, Yu Xinwen. On computer-aided insect identification through math-morphology features[J]. Journal of China Agricultural University, 2002, 7(3): 38 ~ 42. (in Chinese)
- 陈兵旗,郭学梅,李晓华. 基于图像处理的小麦病害诊断算法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(12): 190 ~ 195. Chen Bingqi, Guo Xuemei, Li Xiaohua. Image diagnosis algorithm of diseased wheat[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 190 ~ 195. (in Chinese)
- 李峥嵘,刘月娥,何东健,等. 基于内容的小麦害虫图像检索系统研究与实现[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 210 ~ 215.

- Li Zhengrong, Liu Yue'e, He Dongjian, et al. Investigation and implementation of content-based retrieval system for wheat pest images[J]. Transactions of the CSAE, 2007,23(11):210~215. (in Chinese)
- 6 张红涛,毛罕平,张晓东. 基于人工鱼群算法的储粮害虫特征选择[J]. 江苏大学学报,2010,31(5):502~505.
Zhang Hongtao, Mao Hanping, Zhang Xiaodong. Feature selection of stored-grain insects based on artificial fish swarm algorithm [J]. Journal of Jiangsu University,2010,31(5):502~505. (in Chinese)
- 7 刘德营,丁为民,陈坤杰. 野外环境昆虫图像自动采集装置[J]. 农业机械学报,2011,42(6):184~187,173.
Liu Deying, Ding Weimin, Chen Kunjie. Automatic acquisition system for insects images in field environment [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6): 184~187,173. (in Chinese)
- 8 刘德营,赵三琴,丁为民,等. 基于图像频谱特征的稻飞虱识别方法[J]. 农业工程学报,2012,28(7):184~188.
Liu Deying, Zhao Sanqin, Ding Weimin, et al. Identification method for rice plant hoppers based on image spectral characteristics [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(7): 184~188. (in Chinese)
- 9 李继成,高振江,肖红伟,等. 基于单片机的奶牛精确饲喂装备设计与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(1):101~105.
Li Jicheng, Gao Zhenjiang, Xiao Hongwei, et al. Design and experiment on dairy cow precise feeding equipment based on MCU [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011,42(1):101~105. (in Chinese)
- 10 苑玮琦,贾琦. 基于DM6437的驾驶员疲劳检测系统[J]. 仪表技术与传感器,2010(5):51~53,55.
Yuan Weiqi, Jia Qi. Driver fatigue detection system based on DM6437[J]. Instrument Technique and Sensor,2010(5):51~53, 55. (in Chinese)
- 11 冯桂兰,田维坚,屈有山,等. 实时视场拼接系统的设计与实现[J]. 光电工程,2007,34(4):124~127.
Feng Guilán, Tian Weijian, Qu Youshan, et al. Design of real-time video mosaic system[J]. Opto-electronic Engineering, 2007, 34(4):124~127. (in Chinese)
- 12 刘俊,吴谨. 一种基于梯度的直方图阈值图像分割改进方法[J]. 计算机与数字工程,2010,38(4):131~133.
Liu Jun, Wu Jin. A histogram threshold value image segmentation improvement method based on the gradient[J]. Computer & Digital Engineering,2010,38(4):131~133. (in Chinese)
- 13 张艳诚,毛罕平,胡波,等. 作物病害图像中重叠病斑分离算法[J]. 农业机械学报,2008,39(2):112~115.
Zhang Yancheng, Mao Hanping, Hu Bo, et al. Separate algorithm for overlapping spots in crop disease image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(2):112~115. (in Chinese)
- 14 Flusser J, Suk T. Pattern recognition by affine moment invariants [J]. Pattern Recognition, 1993, 26(1): 167~174.
- 15 Qun Dai. Back-propagation with diversive curiosity: an automatic conversion from search stagnation to exploration[J]. Applied Soft Computing, 2013, 13(1): 483~495.
- 16 Rahman Ashena, Jamshid Moghadasi. Bottom hole pressure estimation using evolved neural networks by real coded ant colony optimization and genetic algorithm[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2011, 77(3~4): 375~385.
- 17 关海鸥,许少华,谭峰. 基于遗传模糊神经网络的植物病斑区域图像分割模型[J]. 农业机械学报,2010,41(11):163~167.
Guan Haiou, Xu Shaohua, Tan Feng. Image segmentation model of plant lesion based on genetic algorithm and fuzzy neural network[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(11): 163~167. (in Chinese)

(上接第245页)

- 13 王骥,沈玉利,林菁. 基于无线传感器网络生理参数采集系统设计[J]. 电子测量与仪器学报,2009,23(2):94~99.
Wang Ji, Shen Yuli, Lin Jing. Design of collection system of physiological parameters based on wireless sensor networks[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2009, 23(2): 94~99. (in Chinese)
- 14 农静,郑宗亚,刘志杰. 单总线数字温度传感器 DS18B20 原理及应用[J]. 贵州师范大学学报:自然科学版,2007,25(3):119~122.
Nong Jing, Zheng Zongya, Liu Zhijie. The principle and application of 1-wire digital temperature sensor DS18B20[J]. Journal of Guizhou Normal University: Natural Sciences, 2007, 25(3): 119~122. (in Chinese)
- 15 马田华,陈东,蒋国平. 可编程单总线数字式温度传感器 DS18B20 的原理与应用[J]. 电子质量,2004(7):83~85.
Ma Tianhua, Chen Dong, Jiang Guoping. The principle and application of 1-wire digital temperature sensor DS18B20 [J]. Electronics Quality, 2004(7): 83~85. (in Chinese)
- 16 韦哲,程自峰. 数字温度传感器 DS18B20 在体温检测中的应用[J]. 医疗装备,2005(4):10~12.
Wei Zhe, Cheng Zifeng. The application of digital temperature sensor DS18B20 in temperature detection [J]. Medical Equipment, 2005(4): 10~12. (in Chinese)
- 17 林惠强,周佩娇,刘才兴,等. 改进 DV-Hop 定位算法在动物监测中的应用[J]. 农业工程学报,2009,25(9):192~196.
Lin Huiqiang, Zhou Peijiao, Liu Caixing, et al. Implementation of improved DV-Hop localization algorithm for animal survey[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9): 192~196. (in Chinese)