

基于位置特征的行间杂草识别方法^{*}

毛文华 姜红花 胡小安 张小超

【摘要】 研究了利用条播作物的位置特征识别行间杂草的方法。根据条播作物成行排列的位置特征,利用像素位置直方图法识别作物中心行。根据多数杂草位于作物行之间裸土中的位置特征,以每条作物行左右边界线段的起始点作为种子,运用种子填充算法填充与其相连通的作物行区域,从而识别行间杂草。试验表明:行间杂草的准确识别率平均为80%,错误识别率平均为4.2%,适用于早期作物田间杂草识别。

关键词: 杂草 识别 位置特征 图像处理

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Between-row Weed Detection Method Based on Position Feature

Mao Wenhua¹ Jiang Honghua² Hu Xiaolan¹ Zhang Xiaochao¹

(1. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences 2. Shandong Agricultural University)

Abstract

A between-row weed detection method using the position feature of drilled crop was developed in this paper. The drilled crop was regularly sown as a row space, and the method of pixel lateral histogram was used to extract the centre of the crop row. Because most weed was distributed on the bare-soil zone of the crop rows, between-row weed was detected by the seed fill algorithm, which could fill the crop areas connecting with the left and right borders of each crop row. And the start point of each crop row border was set as the seed point. The experimental results showed that the mean correct classification rate of between row weed was 80%, and the mean mistake classification rate was 4.2%.

Key words Weed, Detection, Position feature, Image processing

引言

条播作物的行内作物叶片的交叠特征,给运用植物的形状或纹理特征识别田间杂草造成了特征提取的困难;条播作物行的位置特征,则提供了一个识别条播作物田间杂草的有效途径。Slaughter^[1]和Giles^[2]等人曾指出:在作物早期,利用作物的位置特征来确定药物的喷洒范围具有一定的应用价值。在变量喷施除草剂时,按照喷嘴控制区域的大小划分图像,识别每个喷嘴控制区内的行间杂草密度,根

据行间杂草密度决定喷嘴的开闭。

在国外的研究中,作物的位置特征信息主要用于农业机械导航,已经提出了霍夫变换^[3~4]、带通滤波器^[5~6]、像素位置直方图统计^[7~8]等各种提取作物行信息的方法。本文结合我国农业生产的实际,以小麦的田间场景为研究对象,采用基于位置特征的行间杂草识别方法实现麦田杂草的实时、精准识别。

1 行间杂草密度和总杂草密度的关系

田间杂草的分布不是均匀的,而是局部的,具有

收稿日期:2006-08-30

^{*} 国家自然科学基金资助项目(项目编号:30500305)

毛文华 中国农业机械化科学研究院 高级工程师,100083 北京市

姜红花 山东农业大学信息科学与工程学院 讲师,271018 泰安市

胡小安 中国农业机械化科学研究院 高级工程师

张小超 中国农业机械化科学研究院 研究员 博士生导师

簇生特性。从杂草和作物的相对位置来讲,田间杂草的分布形态包括两种情况:行间杂草和行内杂草,如图 1 所示。行间杂草是指位于两行作物之间的整株杂草和植株大部分位于行间的杂草;行内杂草是指位于作物行内的整株杂草和植株大部分位于行内的杂草。

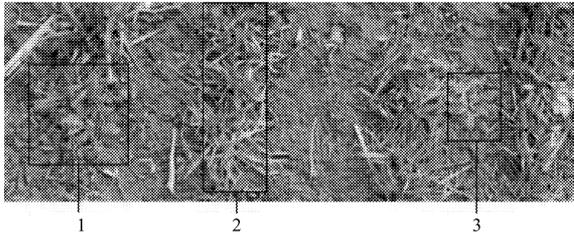


图 1 田间杂草分布位置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the distribution of infield weed

1. 行内杂草 2. 作物行 3. 行间杂草

行间杂草密度与总杂草密度密切相关。Brian 等人^[9]的研究表明:①小麦为 2~4 叶期时,不同行距情况下每平方米行间杂草的数量与总杂草数量基本呈线性关系。②随着行间杂草数量的增加,总杂草密度也增加,这说明通过行间杂草密度可以估计田间总杂草密度。因此,根据行间杂草密度和总杂草密度的相关性,可以利用条播作物苗期的位置特征,识别行间杂草;根据行间杂草的分布情况,指导喷施除草剂作业。

2 行间杂草识别方法

2.1 条播作物中心行识别方法

条播作物中心行采用像素位置直方图法识别,先统计图像中列方向(二值图像 y 轴方向)上的像素灰度值总和,得到植物像素分布直方图 $f(x)$ 。然后,用低通滤波器平滑直方图曲线 $f(x)$,得到曲线的波峰位置对应的 x 坐标,即为作物中心行的位置 $Center[i]$ ^[7~8],如图 2 所示。

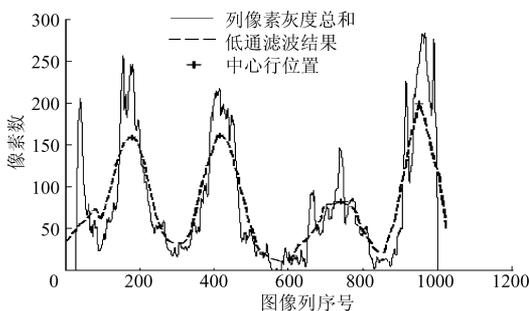


图 2 像素位置直方图

Fig. 2 Pixel lateral histogram

$$f(x) = \sum_{y=0}^{H-1} f(x, y) \quad (x=0, 1, \dots, W-1) \quad (1)$$

式中 $f(x, y)$ ——图像像素 (x, y) 的灰度值

W ——图像宽度

H ——图像高度

2.2 填充作物行方法

填充作物行采用改进种子填充算法进行。根据行间杂草的位置特征,与作物中心行相连通的区域为作物,而不与作物中心行相连通的区域即为行间杂草。因此,采用能对具有任意复杂边界的区域进行填充的种子填充算法,以作物中心行上的点为种子,把与作物中心行相连通的作物行区域加以填充,从而滤除作物,识别行间杂草。简单种子填充算法以单个像素为单位,每次只对一个像素赋予指定颜色,同时登记与它相邻接并连通的像素,下一个像素将从已登记的像素中选取,这样边填充边登记,直到区域内所有的像素都着色为止^[10]。

简单种子填充算法需要建立一个堆栈来存放种子,并有大量重复的种子进栈。当填充的区域面积较大时,由于所占用的栈空间太大,从而使填充不能完成,甚至会出现系统崩溃。因此,对种子填充算法进行如下改进:

(1) 首先,根据提取的绿色植物像素直方图 $f(x)$ 的作物中心行 $Center[i]$ ($i=1, 2, \dots$; 取值为图像中作物行的行数),确定每行作物行边界的分割阈值 T_i 为

$$T_i = \text{int}[Center[i]/2] \quad (2)$$

式中 int ——取整函数

(2) 然后,利用边界分割阈值 T_i 确定出各作物行的边界 B_{ij}

$$B_{ij} = x \quad (j=1, 2) \quad (3)$$

如果 $f(x-5) < T_i$ & $f(x+5) > T_i$, 曲线上升; $f(x-5) > T_i$ & $f(x+5) < T_i$, 曲线下降。其中,曲线指用低通滤波器平滑的直方图曲线,对其走势进行判断以去除伪边界。 j 代表每条作物行的左右边界。

(3) 最后,以每条作物行的左右边界上的任一点为种子,分别向作物行宽度以外的左右两边区域进行种子填充,与左右边界相连通的绿色植物区域为作物区,否则为行间杂草区域。

3 行间杂草识别试验

2005 年 10 月,于中国农业机械化科学研究院小王庄精准农业示范田,运用 SONY Cyber Shot P7 型彩色数码相机静态采集麦田场景图像。把彩色数码相机安装在一个稳定的支架上,使镜头垂直向下,与地面的垂直距离为 50 cm,每周一次采集 30 张麦田不同位置的彩色图像。

为了统计行间杂草的准确识别率和错误识别

率,把原始图像和识别结果图像均运用 Adobe Photoshop 7.0 的显示网格功能 (View→Show→Grid)加上网格。行间杂草准确识别率 r_{CCR} 和错误识别率 r_{MCR} 为

$$\begin{cases} r_{CCR} = \frac{N_{wvw}}{N_w} \times 100\% \\ r_{MCR} = \frac{N_{cw}}{N_c} \times 100\% \end{cases} \quad (4)$$

式中 N_{wvw} ——杂草像素被正确识别的数量

N_{cw} ——杂草像素被错误识别的数量

N_w ——应识别杂草像素的数量

N_c ——应识别的非行间杂草像素的数量

对原始图像中的行间杂草部分、识别结果图像中的杂草部分和非杂草部分所占的小方格数进行人工统计,根据统计区域小方格的面积比例计数,占1格的累加器加1,占半格的累加器加0.5,占 $\frac{2}{3}$ 格的累加器加0.7。累加器的和即为近似统计 N_w 、 N_{wvw} 、 N_{cw} 值。

在小麦3~5叶生长期,识别麦田行间杂草的结果图像如图3所示,识别率的统计结果见表1。

表1 麦田行间杂草的识别率

Tab. 1 Classification rate of between-row weed detection

生长期	行间杂草准确识别率 $r_{CCR}/\%$	行间杂草错误识别率 $r_{MCR}/\%$
3叶期	87	3.6
4叶期	83	4.4
5叶期	72	4.6

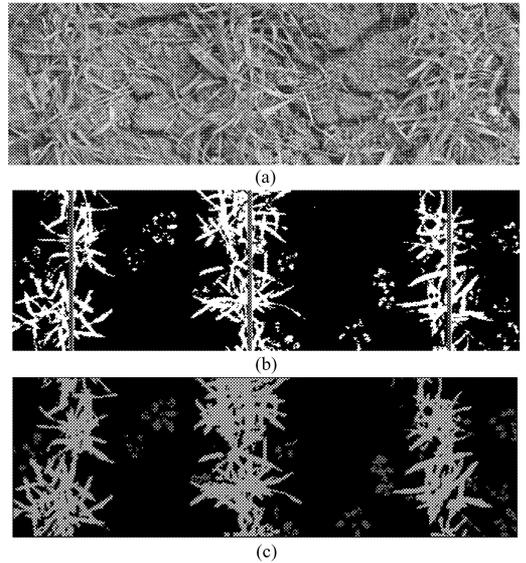


图3 行间杂草识别结果图像

Fig. 3 Image processing results using the between-row weed detection method based on position feature

(a) 原始图像 (b) 提取的作物中心行 (c) 识别的行间杂草

4 结论

(1) 采用基于位置特征的行间杂草识别方法,分别对3、4、5叶期的麦田图像进行识别,行间杂草的准确识别率平均为80%,错误识别率平均为4.2%。

(2) 随着作物的生长,作物行距渐渐减少,杂草和作物之间的重叠程度越来越大,行间杂草的准确识别率降低。因此,基于位置特征的行间杂草识别方法较适用于作物出苗后的早期田间杂草识别。

参 考 文 献

- 1 Slaughter D C, Curley R, Chen P, et al. Development of a robotic system for non-chemical weed control [C]// Proceeding 44th Annual California Weed Conference, Sacramento, CA, 1992.
- 2 Giles D K, Slaughter D C. Precision band spraying with machine-vision guidance and adjustable yaw nozzles [J]. Transactions of the ASAE, 1997, 40(1):29~36.
- 3 Marchant J A, Brivot R. Real-time tracking of plant rows using a hough transform [J]. Real-time Imaging, 1995, 1(5):363~371.
- 4 Marchant J A. Tracking of row structure in three crops using image analysis [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1996, 15 (2):161~179.
- 5 Hague T, Tillet N D. A bandpass filter-based approach to crop row location and tracking [J]. Mechatronics, 2001, 11 (1):1~12.
- 6 Tillet N D, Hague T, Miles S J. Inter-row vision guidance for mechanical weed control in sugar beet [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 33(3):163~177.
- 7 Slaughter D C, Chen P, Curley R G. Computer vision guidance system for precision cultivation [C]// ASAE Annual International Meeting, Minneapolis, 1997, Paper No. 97-1079.
- 8 Sogaard H T, Olsen H J. Determination of crop rows by image analysis without segmentation [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2003, 38 (2):141~158.

3 结论

(1) 在二分法快速检测边缘的基础上,提出了仅需利用物体的边界信息求物体形心坐标的新方法,大大减少了需要计算的信息量。

(2) 提出了鸡蛋长轴、短轴的确定方法,实现了蛋形指数的检测。

(3) 在长轴的基础上,得出了质量与图像旋转体体积像素和、面积像素和等的回归方程式,复相关系数为 0.980 6,原方法^[1]为 0.924 6。

参 考 文 献

- 1 文友先,王巧华,陈小伟,等. 鸭蛋大小及蛋心颜色自动分级系统分级系统软件研制[J]. 华中农业大学学报,2001,20(4):395~399.
- 2 丁幼春,任奕林. 鸭蛋动态图像处理和获取颜色特征参数的算法[J]. 华中农业大学学报,2005,24(5):512~515.
- 3 陈红,丁幼春. 鸭蛋品质无损自动检测分级系统[J]. 农业机械学报,2004,35(6):127~129.
- 4 王晓光. 二分法的工程应用[J]. 吉林建筑工程学院学报,2002,19(4):51~53.
- 5 黄维通. Visual C++面向对象与可视化程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- 6 贾云得. 机器视觉[M]. 北京:科学出版社,2000.
- 7 应义斌. 水果尺寸和面积的机器视觉检测方法研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2000,26(3):229~232.
- 8 刘海斌,赵月平. 蛋形指数对种蛋孵化率的影响[J]. 养禽与禽病防治,2005(12):18.
- 9 王巧华,任奕林,文友先. 基于 BP 神经网络的鸡蛋新鲜度无损检测方法[J]. 农业机械学报,2006,37(1):104~106.

(上接第 76 页)

- 9 Brian B P. Weed density estimation from digital images in spring barley[R]. Agro. Technology Section, Department of Agricultural Sciences, the Royal Veterinary and Agricultural University, 2001.
- 10 孙家广,杨长贵. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社,1997.
- 11 胡波,毛罕平,张艳诚. 基于二维直方图的杂草图像分割算法[J]. 农业机械学报,2007,38(4):199~202.
- 12 曹晶晶,王一鸣,毛文华,等. 基于纹理和位置特征的麦田杂草识别方法[J]. 农业机械学报,2007,38(4):107~110.
- 13 周平,汪亚明,赵匀. 基于颜色分量运算与色域压缩的杂草实时检测方法[J]. 农业机械学报,2007,38(1):126~129.