

基于标记信息的 Hough 变换检测早期的作物行中心线

饶洪辉, 姬长英^{*}

(南京农业大学工学院, 南京 210031)

摘要: 作物行检测是一个难题, 回顾了国内外的研究情况。针对农田作物种植和作物早期生长的特点, 为了检测作物行位置, 提出了一种基于标记信息的 Hough 提取作物行方法。该方法分别用直方图法和最大类间方差法二值化图像后, 经过 8 连通区域标记后据其面积属性去除噪声, 然后再经一次标记后找出各标记作物的重心点坐标, 最后通过 Hough 变换检测过重心点的直线, 即到得到过作物行的中心线, 试验结果表明了该方法的有效性。

关键词: 作物行; 中心线; 连通区域标记; Hough 变换

中图分类号: TP24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6819(2007)3-0146-05

饶洪辉, 姬长英. 基于标记信息的 Hough 变换检测早期的作物行中心线 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 146-150.

Rao Honghui, Ji Changying. Crop-row detection using Hough transform based on connected component labeling [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 146-150. (in Chinese with English abstract)

0 引言

精准农业的发展和机器人技术的广泛应用促使更多更新的技术应用于农业, 机器视觉技术就是当前农业机器人中应用的一个热点, 如基于机器视觉的农作物喷药、施肥、除草和导航等。国外在这方面的研究开展较早, 如日本京都大学的 Torii^[1]运用图像处理的方法, 先从图像中提取作物边界, 然后用投影变换进行作物定位。Silsoe 研究中心的 Marchant 和 Brivot^[2]运用改进后的 Hough 变换算法对作物行进行实时跟踪。1997 年 Pla^[3]等借助公路导航的思想对多行作物进行检测的算法研究, 先提取作物颜色特征, 进而计算作物行的骨架和确定作物行直线的位置, 但是这种算法的计算量太大。Marchand^[4]等对 3 种宽行作物进行了作物行检测, 并用 Hough 变换方法得到作物行中心线。这种方法要求作物间距相等的假设, 并且要有摄像机的高度、角度以及镜头光学特性等先验知识, 而且当作物沿斜向成等距排列时会发生误检, 需要由其它传感器提供信息来预测正确的位置。Giles D K 和 Slaughter D C (1997) 研制了一种基于机器视觉的精确喷药装置^[5], 该系统由机器

视觉导向系统的使喷头直接位于每一行作物的上方, 并能根据目标作物的宽度自动调节扇形喷头相对于前进方向的偏转角度。从而保证雾滴分布宽度与目标作物宽度相一致, 以减少农药的浪费。经测定, 与传统喷雾方式相比, 该系统能减少 66%~80% 的杀虫剂用量, 目标作物上的雾滴沉降效率提高了 2.5~3.7 倍, 周围土壤沉降量和空中飘移将分别减少 72%~90% 和 62%~93%。这不仅节约了农药, 提高施药效率, 而且可以大大减少对环境的污染。Astrand 和 Baerveldt^[6,7]研究出一种作物行识别算法, 该算法根据车辆与作物行的空间几何关系, 将作物行的横向偏差和朝向角作为两个参数, 通过 Hough 变换得到作物行的位置。该方法有较强的鲁棒性, 在很多杂草存在的情况下依然有效, 而且其精度高, 根据作物大小其标准偏差在 0.6~1.2 cm。相对国外在作物行检测和定位方面的研究, 国内也有一部分学者对此进行了研究。南京林业大学赵茂程^[8]等采用 CCD 摄像头拍摄了树木图像, 经图像处理提取树木分形维数特征和树木形状特征。将这些参数输入神经网络训练, 学习后确定本网络的各个权值, 实现树形的自动识别, 并根据树形特征进行精确喷雾以减少农药喷雾的损失。中国农业大学毛文华^[9]用超绿色方法灰度化图像, 用最大方差自动取阈值化分割植物与背景, 然后用直方图法确定小麦行的位置。袁佐云^[10]用过绿色特征值分割作物与背景, 将得到过绿特征图像划分为若干水平图像条, 对图像条过绿特征进行垂直投影, 求取投影曲线上突出峰点的位置, 利用稳健回归法对位置点进行线性拟合得到作物的行中心线。无论是基于机器视觉的作物行的农业机械导航还是喷药除草作业, 这一研究需解决的关键技术是要准确分割作物和背景, 检测出作物

收稿日期: 2006-01-16 修订日期: 2006-08-01

基金项目: 教育部科学技术重点研究项目 (03091)

作者简介: 饶洪辉 (1978-), 男, 江西丰城人, 博士生, 主要从事图像处理, 机器视觉方面的研究。南京 南京农业大学工学院 22#, 210031 Email: rhh58@sohu.com

^{*}通讯作者: 姬长英 (1957-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤机器系统、机电一体化方向的研究。南京 南京农业大学工学院农业机械系, 210031 Email: Chyji@yahoo.com

行及确定作物行的位置。由于作物在早期生长较快,抵抗病虫害的能力比较弱,及时的植保很有必要,因而对早期作物的植保具有十分重要的意义,因此本文从这一角度出发,对早期作物行中心线的检测进行了研究。由于在农业生产中,很多农作物都是沿行有规律地点播种植,这使得作物在生长初期呈现一株一株间隔生长的姿态。针对这样的早期作物生长态势检测其作物行问题,本文提出一种基于标记信息的 Hough 变换提取作物行中心线的方法。

1 材料和方法

1.1 试验材料

一台主频 2.8GM Hz,内存 256M,CPU 为奔腾IV 的清华同方电脑;一幅大小为 640× 480 像素的农作物图像; Matlab6.5 软件; VC++ 6.0 软件,截图软件 Hyper Snap-DX5

1.2 方法

1) 在 Matlab 中读入一幅大小为 640× 480 像素的农作物图像,格式为 JPEG 将其转换为色度空间 (HSV),提取其色度分量后,观察其直方图,据阈值 0.15(两峰间的波谷)二值化,至此作物与背景得到很好的分割。如图 1 所示

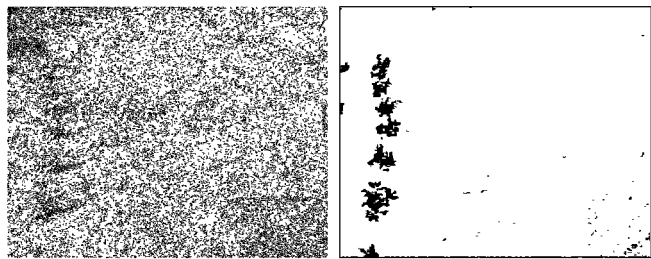


图 1 原图像及二值化后的图像

Fig. 1 Original image and its binary image

2) 利用 Matlab 中的二值图像标记命令可以对图像进行区域标记,所以在对图像标记前必须先将图像二值化。为了清楚地看到被标记的目标,在对二值图像进行标记后采用 label2rgb 显示其效果图像,如图 2 中的左图

3) 用 regionprops 函数来度量图像区域属性,其度量的量有区域面积、区域周长、重心、长短轴距离、偏心距、方向、区域填充等 20 个属性。用它的面积属性来去除图像中的小斑点和噪声。这里选择经验值 300(由早期作物的大小根据多次试验测定)可以去除噪声和小斑点,其中 为第一次标记后的图像,为去除噪声和小斑点后的图像。其输入命令如下:

status1= regionpro(L',all);

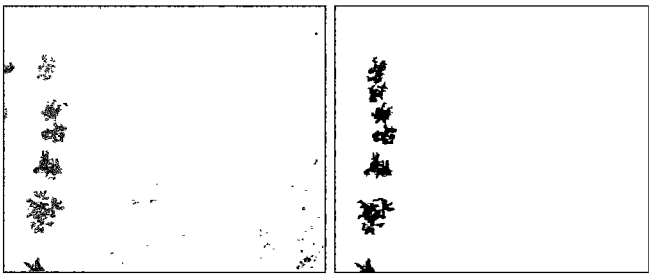


图 2 标记后的图像及去除噪声后的图像

Fig. 2 Labeled image and its processed image after eliminating noise

Idx= find([status1.Area]> 300);
L'= ismember(L,Idx)

4) 对去除小斑点和噪声后的图像二次标记,至此可以测量各株作物的重心了。

为了便于图像的实时处理,避免人工选取阈值二值化图像造成的不便,本文对同一幅农作物图像采取最大类间方差自动取阈值化二值化作物图像。即先将原图像从 RGB 模型转换到 HIS 空间,提取其色度图后,再最大类间方差(也称 O STU 法)自动取阈值法二值化作物图像。其结果如图 3 所示,图像 a 为原图,b 为 a 的色度图像,c 为用最大类间方差自动取阈值法二值化的图像,d 为 8 连通区域标记后的图像。如果用最大类间方差法直接对原真彩色图像二值化由于这类图像占用字节太大会造成耗时较多,所以先提取其色度图,其信息量大大减少,再用最大类间方差法二值化可以缩短图像处理时间。为了清楚地显示标记后图像中那些目标被标记,同样采用 label2rgb 显示其效果图像。如下图中 d 为对图像 c 标记后的效果图像,e 为根据面积属性选经验值 300 处理后的图像,f 为对图像 e 标记后的效果图像。

1.3 作物重心测量

在 Matlab 软件采用 regionprops 函数来测量图 2 (右图)中各区域的重心 (Centroid),采用如下命令:

status2= regionprops (L2,'Centroid')

其中 L2 是二次标记后的图像。处理后可知 status2 中测量值有 6 个,其结果见表 1

表 1 图像中各标记区域的重心坐标

Tabel 1 Centroid coordinates of each connected component labeling in image

| 区域 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 横坐标 x (pixel) | 61.621 | 77.485 | 87.198 | 84.101 | 83.504 | 97.670 |
| 纵坐标 y (pixel) | 471.58 | 376.07 | 291.41 | 117.68 | 156.64 | 216.31 |

在 Matlab 中用 plot 绘图命令连续描出各区域坐

标点,由于其坐标系的原点在左上角,故描绘时 y 坐标取负值,同时为了跟原图对照,其长宽为 640×480 见图 4

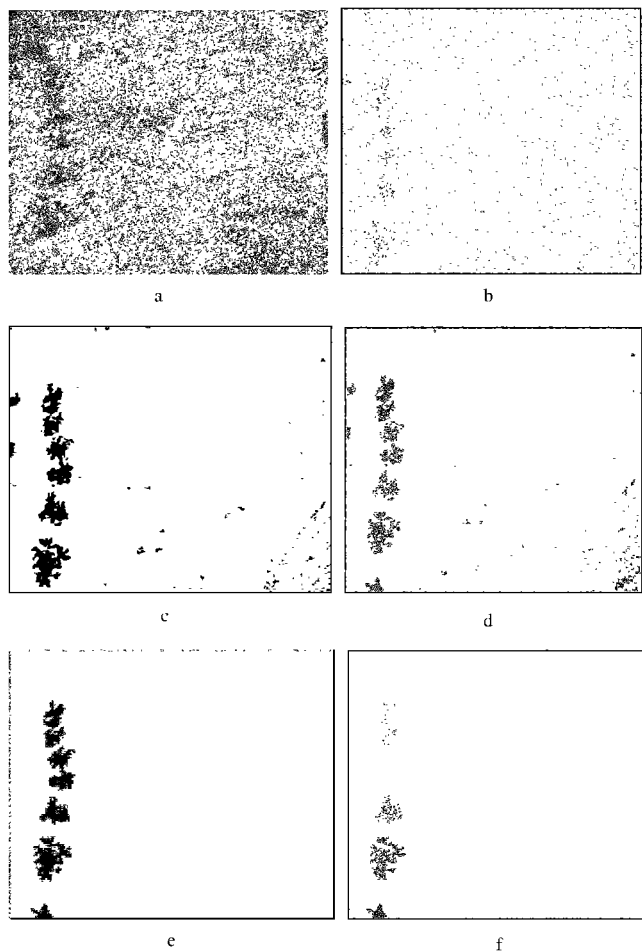


图 3 用最大类间方差自动取阈值法处理后的图像

Fig. 3 Processed images using the algorithm of OSTU

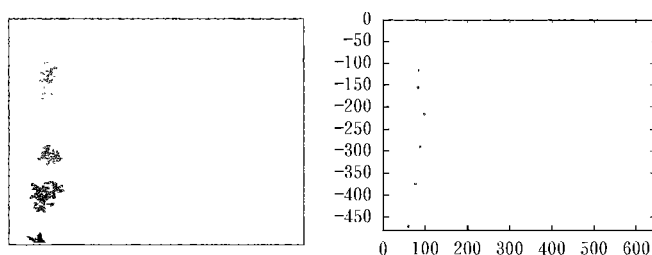


图 4 二次标记后的图像及各区域重心坐标图像

Fig. 4 Images of second labeled region and its centroid coordinate

1.4 Hough变换检测作物行中心线

Hough变换是利用图像全局特性而将边缘像素连接起来组成区域封闭边界的一种方法。在预先知道区域形状的条件下,利用 Hough变换可以方便地得到边界曲线而将不连续的边缘像素点连接起来。利用 Hough

变换还可以直接检测某些已知形状的目标,并有可能确定边界到亚像素精度^[11]。其优点是受噪声和曲线的间断的影响较小。Hough变换的基本思想是点与线的对偶性。即在图像空间所有过点的直线都满足方程:

$$y = ax + b \quad (1)$$

式中 a ——斜率; b ——截距,式(1)也可写为

$$b = ax + y \quad (2)$$

上式则可认为代表参数空间中过 (a, b) 的一条直线。由此可知在图像空间中共线的点对应在参数空间里相交的线。反之,在参数空间中相交同一点的所有直线在图像空间里都有共线的点与之对应。Hough变换根据这些关系把在图像空间中的检测问题转换到参数空间里,通过在参数空间里进行简单的累加统计完成检测任务。

由于 Hough变换的以上特点,根据先验知识,二次标记后各区域的重心坐标点将是一些共线的点,因此可以将这些不连续的点连接起来。在 VC++ 6.0 中编好的图像处理程序中做 Hough变换,同时将 Hough变换后的图与原 256色位图在 VC++ 中作差影检测,结果如图 5。h 为根据直方图二值化作物图像后用 Hough变换检测出的直线, g 为图像 h 与图 1 中原图中的差影图, k 为用最大类间方差自动取阈值法二值化作物图像后,限于篇幅,这里直接给出了根据其作物重心坐标用 Hough变换检测出的直线图像,并将此直线图像减去原图像以验证其正确性,如图像 l。

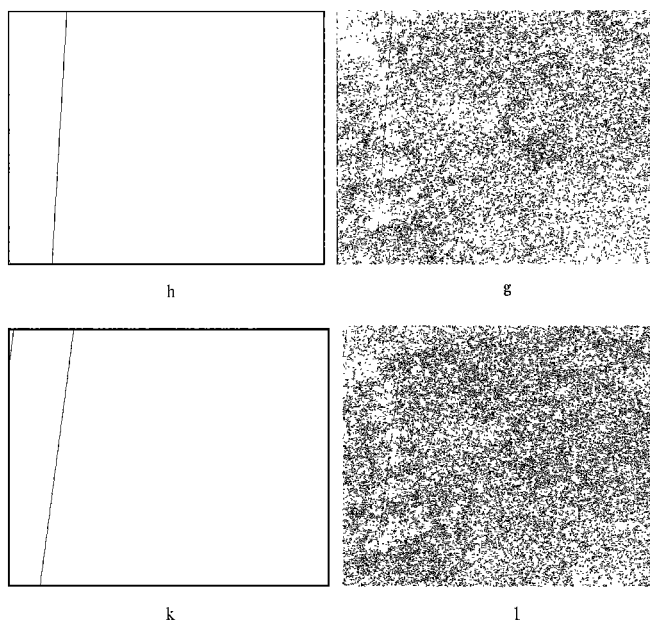


图 5 Hough变换后检测的直线及减去原图像后的图像

Fig. 5 Detected line by Hough transform and its image subtracting original image

2 结果与讨论

上述拍摄的农田中种植的一幅图像中的作物周边环境复杂,有杂草、土壤和大量石块,且作物行不严格在一条直线上,实际农作物种植的情况一般很少石块,杂草也较少,所以要比本文所选样本图像简单。

本文中用 Hough 变换拟合了一行作物,如果存在多行作物,则需要先根据作物行距先规划出每行作物存在的区域范围,这样用 Hough 变换拟合作物行中心线时就可规划后的区域中寻找相应累加器的最大值,从而实现多行的拟合。

从连通区域标记后的图像 2 来看,由于中间两株作物存在一定的粘连,按照 8 连通标记后变成了一个区域(两株作物标记后颜色相同),这会对试验结果造成一定的影响,但从图 5 中 g 所反映的试验结果没有太大影响。

为了减少标记的区域根据面积大小去除二值化后背景中的一些小斑点及噪声,据面积属性去除图像噪声的经验值选择是根据每株作物的大小后经多次试验选定的,如果每株作物与背景中噪声或其它复杂背景带来的小斑点面积相似,则这种方法不适用。

在本文二次标记后的图像中由于用于标记灰度颜色很浅,有一株作物未能在图像中显示出来,但实际上通过 status2 中有 6 个标量和其坐标可清楚看到此图像作物数量与第一次标记时的图像一致。

在图像 3 中用最大类间方差法二值化作物图像后,图中靠图像上方有两个两株作物粘连在一起,故其结果只有 5 个点,由于篇幅原因未给出其重心坐标图,在第一次标记后用颜色显示其标记效果时可以清楚看到,在第二次标记后的信息与第一次一样,第二次标记的效果图像用不用灰度等级来显示其效果,其中由于一个标记区域灰度很浅没有显示出来,但实际上是有的。

从图像 5 可以看出,用直方图和最大类间方差自动取阈值法两种方法处理作物图像后,再经 Hough 变换后都能拟合原图像中的作物行中心线。由于采用最大类间方差自动取阈值法避免了人工选取阈值的不便,因而对图像处理的实时性大大提高,因而这一方法更具有实用性。

本文对一幅田间早期的作物图像样本检测其作物行中心线进行了初步探索,对于更多的早期作物图像检

测其作物行中心线有待进一步研究。

3 结 论

1) 为了使研究便于实时性处理,采用了最大类间方差法自动取阈值法较好地分割了作物与背景。

2) 对作物图像进行了区域标记后,利用其区域面积属性可以去除作物中存在的小斑点和噪声。

3) 本文提出一种新的检测作物行中心线的方法,即对各株作物重心点进行了 Hough 变换,此方法较好地拟合了作物行中心线。

参 考 文 献

- [1] Torri T, Kanuma T, Okamoto T, et al. Image analysis of crop row for agricultural mobile robot [A]. Proc AGENG96[C]. 1996 1045- 1046.
- [2] Marchant J A, Brivot R. Real-time tracking of plant rows using a Hough transform [J]. Real-Time Imaging, 1995, 1 (5): 363- 371.
- [3] Pla F, Sanchiz J M, Marchant J A, et al. Building perspective models to guide a row crop navigation vehicle [J]. Image and Vision Computing, 1997, 15 465- 473.
- [4] Marchand J A. Tracking of row structure in three crops image analysis [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1996, 15 161- 179.
- [5] 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).
- [6] Astrand B, Baerveldt A J. Robust recognition of plant rows [A]. International Conference of Recent Advances in Mechatronics [C]. 1999 268- 283.
- [7] Astrand Bjorn, Baerveldt Albert-Jan. A vision based row-following system for agricultural field machinery [J]. Mechatronics, 2005, 15 251- 269.
- [8] 赵茂程,郑加强. 树形识别与精确对靶施药的模拟研究 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 150- 153.
- [9] 毛文华,王一鸣,张小超,等. 基于机器视觉的苗期杂草实时分割算法 [J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 83- 86.
- [10] 袁佐云,毛志怀,魏 青. 基于计算机视觉的作物行定位技术 [J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(3): 69- 72.
- [11] 傅 卓,章毓晋. 一种新的亚像素边缘检测方法及其性能研究 [J]. 电脑应用技术, 1995, 35 1- 5.

Crop-row detection using Hough transform based on connected component labeling

Rao Honghui, Ji Changying^{*}

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract Crop-row detection is a dilemma, which was widely studied in the world. In this article, research on crop-row detection was reviewed and the characteristics of field crop planting and its early growth information were described. To detect the position of crop-rows, a method based on Hough transform and connected component labeling was put forward. First, a true color image of field crops was processed with gray histogram and OSTU respectively. Then the noises in the image were eliminated by means of eight connected component labeling according to their areas. The centroid coordinates of each labeled crop were computed after the second labeling, through which the center line of the crop-row was regressed by Hough transform. Experimental results show that the method is effective.

Key words crop row; center line; connected component labeling; Hough transform