

# 机器视觉对农田中定位基准线的识别

张卫 杜尚丰

(中国农业大学 信息与电气工程学院, 北京 100083)

**摘要** 针对机器视觉对作物行定位困难问题,给出一种基于 Hough 变换的作物行视觉定位方法。根据农田作物行图像的信息特点,运用  $2G-R-B$  灰度变换加大图像类间距离,采用最大类间方差法(OTSU)分割作物行与背景图像,采用  $5 \times 1$  像素结构元素图像膨胀法对作物行形态进行修正并缩小或消除作物行和背景中的孔洞,采用中间线检测准定位基准线图像处理方法提取代表作物行走向的准定位基准线,采用 Hough 变换得到真正的定位基准线及其参数。采用  $400 \text{ 像素} \times 300 \text{ 像素}$  的白菜作物行图像进行实验,经本方法进行图像处理,得到每条作物行单一的最能反映作物行走向的准定位基准线,再经 Hough 变换得到清晰、准确的定位基准线。所得到的定位基准线很好地代表了作物行走向,表明本方法能够得到较好的定位效果。

**关键词** 定位基准线;  $2G-R-B$  灰度变换; 最大类间方差; Hough 变换

**中图分类号** TP 24

**文章编号** 1007-4333(2006)04-0075-03

**文献标识码** A

## Machine vision recognizing position baseline in cropland

Zhang Wei, Du Shangfeng

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** Since it was difficult to use machine vision for crop rows orientating, a method based on Hough transformation was developed in this paper. Based on the picture features of crop rows in cropland,  $2G-R-B$  was used to expand sort-distance, OTSU to segment crop rows and background,  $5 \times 1$  pixels dilation to modify forms of crop rows and eliminate holes of image, mid-line detection method to find quasi position baselines, which indicates the orientation of crop rows well, at last Hough transformation was used to obtain real-navigation baselines and their parameters. Cabbage crop rows image, which was  $400 \text{ pixels width}$  and  $300 \text{ pixels height}$ , was tested by these methods. The quasi position baselines that indicated orientation of each crop rows were obtained at first, then Hough transformation got the distinct and exact position baselines. The test results confirmed the effectiveness of this method.

**Key words** position baseline;  $2G-R-B$  gray transformation; OTSU; Hough transformation

常用的机器视觉定位技术有 2 种常用方法<sup>[1]</sup>。一种是人工路标方法,采用标记线作为路标,机器视觉在行走过程中不断监测标记线进行定位;另一种是基于农田作物进行视觉定位。农田中,农作物通常是整齐地按直线或可以用直线拟合的小曲率曲线进行种植,且行与行相互平行,机器视觉可以识别作物行,从中得到代表作物行走向的定位基准线,为其定位和自主式行走提供依据。由于农田是一个非结构化环境,受作物种类、形态及光照等影响,有效定位作物行比较困难。

目前用于作物行定位的方法有投影法和 Hough

变换法等。投影法<sup>[2]</sup>根据图像在特定方向的投影分布进行特征提取,通过统计和拟合得到作物行的位置,这种方法人为因素较多,且受缺株或干扰的影响较大。Hough 变换方法通过将图像平面的点转化为参数平面的直线,再通过累加统计进行图像检测,具有鲁棒性强,受噪声和不完整性影响小等优点,适合于农田这种非结构化环境的图像检测。Hough 变换的应用比较广,已有关于农田作物行检测的报道<sup>[1]</sup>,但其运算量较大。利用中间线检测准定位基准线,既有利于精确定位,又可克服 Hough 变换运算量大的缺点。本研究拟在分析农田作物行图像信

收稿日期: 2005-10-09

作者简介: 张卫,硕士研究生;杜尚丰,教授,通讯作者,主要从事智能化检测与控制研究, E-mail: sfdu@people.com.cn

息特点的基础上,找到恰当的图像处理方法,结合 Hough 变换和中间线检测法进行农作物行定位,旨在为作物行定位提供一种有效、可行的方法。

## 1 农田作物行图像信息特点与模式特征选择

### 1.1 农田作物行图像信息特点

自主式机器人行走时获得的农田作物行图像信息有如下特点:

1) 农田是非结构化自然环境,从大范围讲,同一块农田中地势地貌一般比较一致,作物种类一般较少,易于区别且排列比较规则,所以在机器视觉中形成的图像边界和轮廓比较清楚;从小范围讲,目标景物区由许多个体植株组成,内部结构较复杂,一致性差;再者农田环境受光照、阴影等因素影响较大。用模式识别观点来说,就是从大范围讲模式的紧致性好,而从小范围讲则反之<sup>[31]</sup>。

2) 农田作物行的 GRB 三基色图像信息,通常某一基色与其他基色有很大区别,农作物行通常具有较高的 G 值,而背景(如土壤)则 R 和 B 值较高;因此可以在灰度变换过程中,加大 G 值减小 R 和 B 值来增大它们的可分离性(如  $2G - R - B$  灰度变换)。

3) 基于视觉的农业机器人定位导航时是动态连续地获取图片的,在不同的时间和地点,光照、阴影等条件会有所变化,所以要进行动态识别,如用最大类间方差法(OTSU)分割作物行和背景。

### 1.2 模式特征选择

本文中模式识别的目标是去除图像中作物行之外的其他图像信息,在作物行的基础上生成定位基准线。根据该图像信息特点,选灰度值作为分类的模式特征,再通过选用适当的灰度变换参数加大图像的可分离性,有效分割作物行和其他背景信息。

## 2 农田中定位基准线的识别

### 2.1 $2G - R - B$ 灰度变换

选择不同灰度变换参数得到的农田作物行识别效果图像见图 1。由图 1(c)可以看出,经  $2G - R - B$  灰度变换<sup>[3~4]</sup>后,作物行图像信息已被清晰地分离出,图像类间距离很大,有利于采用 OTSU 对作物行和背景进行分割。

### 2.2 OTSU 分割作物行与背景图像

分割作物行时,可把作物行看作前景,其他图像信息看作背景,用一个适当的阈值从灰度值中把它

们分离开来,形成二值图像。OTSU 的基本思想是,以最佳门限将图像灰度直方图分割成 2 部分,使其类间方差取得最大值,即分离性最大<sup>[5~6]</sup>。这样一方面满足了分割作物行和背景的最佳阈值的需要,另一方面满足了机器视觉连续获取图像时,在不同时间和地点选择不同阈值的需要。

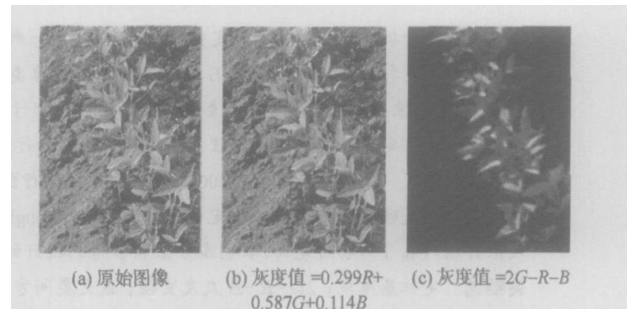


图 1 大豆田间图像不同灰度值变换结果

Fig. 1 Result images of soybean different gray transformation

设二值化的阈值为  $k$ , 图像中像素灰度值  $k$  的平均灰度值为  $g_0$ ,  $> k$  的为  $g_1$ , 则类间方差<sup>[7]</sup>

$$\sigma_B^2 = w_0(g_0 - k)^2 + w_1(g_1 - k)^2 \quad (1)$$

式中:  $\sigma_B^2$  为可分离判据;  $w_0 = \sum_{i=1}^k p_i$ ,  $w_1 = \sum_{i=k+1}^L p_i = 1 - w_0$ ;  $k$  在  $1 \sim L$  值间变化,使  $\sigma_B^2(k)$  最大的  $k$  为所求最佳门限。

### 2.3 图像膨胀

为了更准确地检测出准定位基准线,运用图像膨胀对作物行形态进行修正,并缩小或消除作物行和背景中的孔洞。由于作物行为线型,选用 5 像素  $\times 1$  像素结构元素进行图像膨胀。

### 2.4 以中间线检测准定位基准线

经图像膨胀处理后的主特征作物行仍有一定宽度,为了准确定位以及后期进行 Hough 变换,从每条作物行中取出 1 条最能代表作物行走向的单一线作为准定位基准线。准定位基准线可以取作物行的左边缘或右边缘,也可以取其中间位置线。中间位置线较边缘线整齐,取其作为定位基准线更具有代表意义,本研究即采用此方法。

### 2.5 Hough 变换获得定位基准线算法

准定位基准线是一些围绕某条直线振荡的点,利用 Hough 变换的统计特性可以得到这条直线的参数,从而得到真正的定位基准线<sup>[8~10]</sup>。Hough 变换检测直线的方法较多,为了保证其可靠性,本文中采用极坐标直线方程映射到参数平面中,再进行统计得到所要直线,具体算法如下:

1) 选用适当的  $\theta$  和  $p$  的最大值和最小值,对参数空间进行量化,得到累积矩阵。本文中  $p$  的最小值为 0,最大值为对角线上的像素数,增量为 1 个像素数; $0^\circ \sim 180^\circ$ ,增量为  $2^\circ$ 。设对角线上的像素数为  $W$ ,  $\theta$  值个数为  $H$ ,累积矩阵为  $A$ ,则  $A$  的大小为  $W \times H$ ;并初始化累积矩阵各元素值为 0。

2) 扫描整个二值图像,如果图像中某像素点为黑色,求出参数平面细分值所对应的直线,把累加器  $A(i, j)$  中所有对应这些直线的元素值都加 1。

3) 扫描累加矩阵,找出概率最大的元素。这个元素所对应的下标,即参数空间的  $(p, \theta)$ ,就是要寻找的定位基准线参数,通过参数可以画出真正的定位基准线。

### 3 实验结果与分析

选用白菜作物行图像进行实验,图像尺寸 400 像素  $\times$  300 像素。采用本文中给出的图像处理方法得到的实验结果见图 2。图 2(a) 为一般状态下拍摄

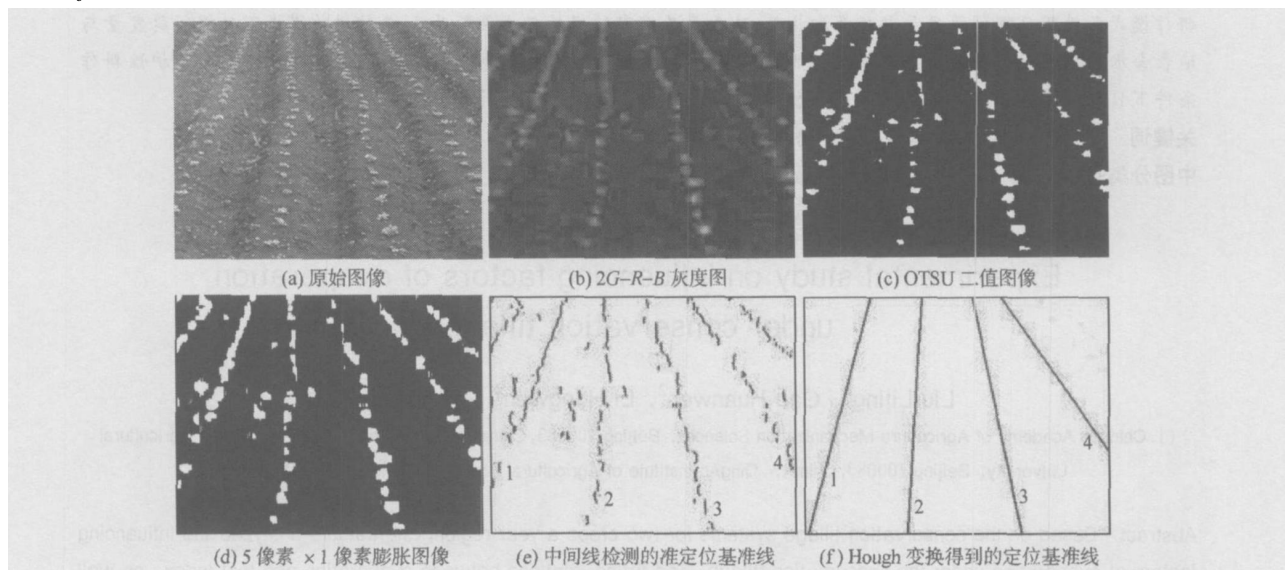


图 2 白菜作物行原始图像和处理后的相关图像

Fig. 2 Original image of cabbage and its result images after processing

的白菜作物行图像,经过图像处理,每条作物行得到了单一的最能反映作物行走向的准定位基准线(图 2(e))。以图像左下角为原点,向上方向为  $y$  方向,向右方向为  $x$  方向建立图像坐标系,对 1~4 条准定位基准线进行 Hough 变换,得到其定位基准线方程,分别为:  $y_1 = 9.71x_1 + 7.99$ ,  $y_2 = 15.14x_2 + 136.77$ ,  $y_3 = -4.69x_3 + 283.19$ ,  $y_4 = -1.38x_4 + 473.59$ 。根据方程得到的定位基准线见(图 3(f)),可见,运用 Hough 变换得到的定位基准线能很好地代表作物行走向。

### 4 结束语

本文中根据对农田作物行图像信息特点的分析,给出一种基于 Hough 变换的作物行视觉定位方法,首先采用“2G-R-B 灰度变换—OTSU 分割作物行和背景—5 像素  $\times$  1 像素图像膨胀—中间线检测准定位基准线”的图像处理方法,得到代表作物行

走向的准定位基准线,然后用 Hough 变换提取真正的定位基准线及其参数。实验结果表明,采用本方法得到的定位基准线能够较准确地代表作物行走向。

### 参 考 文 献

- [1] 杨为民,李天石,贾鸿社. 农业机械机器视觉导航研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 160~165
- [2] 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
- [3] 杨照华,浦昭邦,祁振强. 计算机视觉技术在杂草识别中的研究进展[J]. 黑龙江大学自然科学学报, 2005, 22(1): 61~65
- [4] Woebbecke D M, Meyer G E, Von Bargen, et al. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions[J]. transactions of the ASAE, 1995, 38(1): 259~269

(下转第 88 页)

- 155
- [4] Schluter W, Chris J. Modelling the outflow from a porous pavement [J]. Urban Water, 2002, 4(3):245-253
- [5] Benedetto A. A decision support system for the safety of airport runways: the case of heavy rainstorms[J]. Transportation Research Part A, 2002, 36:665-682
- [6] Yang J, Jiang GL. Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials [J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33(3):381-386
- [7] 王武祥. 透水性路面与透水性混凝土路面砖[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2005(2):35-38
- [8] 中华人民共和国水利部. SL237—1999 土工试验规程[Z]. 北京:中国水利水电出版社, 1999
- [9] 中华人民共和国建设部. JGJ 53—92 普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法[Z]. 北京:中国华龄出版社, 1994
- [10] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. DL/T 5150—2001 水工混凝土试验规程[Z]. 北京:中国电力出版社, 2001
- [11] 国家建筑材料工业局. JC/T 446—2000 混凝土路面砖[Z]. 北京:建材工业出版社, 2000
- [12] 中华人民共和国国家计划委员会. GBJ14—87 室外排水设计规范(1997年版)[Z]. 北京:中国计划出版社, 1998
- [13] 文康, 金管生, 李蝶娟, 等. 地表径流过程的数学模拟[M]. 北京:水利水电出版社, 1991
- [14] 黄锡荃. 水文学[M]. 北京:高等教育出版社, 2000
- [15] 吴发启, 赵西宁, 余雕. 坡耕地土壤水分入渗影响因素分析[J]. 水土保持通报, 2003, 23(1):16-18
- [16] Bodman GB, Colman EA. Moisture and energy condition during downward entry of water into soil [J]. Soil Science Society of America Journal, 1944, 8(2):166-182

(上接第 77 页)

- [5] 郭建新, 刘松林, 倪丽, 等. 一种改进的基于最大类间方差的图像分割方法[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(8):665-666
- [6] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histogram[J]. IEEE Trans Actions on SMC, 1979(9):652-655
- [7] 边肇祺, 张学工, 等. 模式识别[M]. 第2版. 北京:清华大学出版社, 2000
- [8] 徐慧等. Visual C++ 6.0 数字图像实用工程案例精选[M]. 北京:人民邮电出版社, 2004
- [9] Marchant J A, Renaud B. Real-time tracking of plant rows using a Hough transform[J]. Real Time Imaging, 1995, 1(5):363-371
- [10] 钟玉琢, 乔秉新, 李树青. 机器人视觉技术[M]. 北京:国防工业出版社, 1994