

# 基于农田非结构特征的视觉导航研究

曹倩 王库

(中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 研究了农田非结构环境下, 通过机器视觉提取导航线的处理算法。首先, 根据农作物的特点提出了使用聚类的方法检测作业区域终点; 其次, 为避免噪声干扰, 利用移动窗口检测二值图像白色像素的个数, 确定导航路径区域; 最后, 使用改进的 Hough 变换提取导航线。实验表明, 该算法可以准确提取绿色植物的行信息, 处理一帧分辨率为  $320 \times 240$  像素的彩色图像平均需要 57.404ms, 正确识别率达 99%。

**关键词:** 视觉; 农田环境; 聚类; 改进的 Hough 变换

**中图分类号:** TP242

## 0 引言

视觉导航是机器视觉理论在导航领域中的具体应用, 其目的就是精确可靠地识别出行走路径<sup>[1-3]</sup>。作为精准农业的一个重要分支, 农业机器人视觉导航技术的研究得到各国的广泛重视。立足于非结构化农田自然环境的特点, 本文提出了一种提取导航路径的方法。<sup>\*</sup>

## 1 算法流程与实验方法

该算法的流程图如图 1 所示。

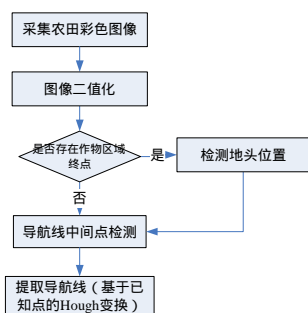


图 1 算法流程图

Fig.1 Flowchart of the algorithm

在农田机器视觉中, 作业环境未知, 作业对象为具有导航特征的农作物、土壤等自然景物, 它们具有以下特点: 农作物一般呈绿色, 作物行在整

体上呈现直线形状或者小曲率曲线; 光照不均匀; 作物行是连续的, 检测到的导航特征在短时间间隔内不会发生突然的变化, 等等。基于上述特点对农田环境图像进行处理。

### 1.1 图像二值化

农田环境中作为导航引导目标的农作物一般呈绿色, 而土壤背景却表现为非绿色, 因此为了提高绿色通道的权重<sup>[4]</sup>, 首先采用 2G-R-B 作为彩色特征因子, 以减少图像处理的数据量、突出农作物信息。采用最大化类间方差 (也称 Otsu 算法<sup>[5]</sup>) 实现阈值的自动选取, 进行阈值分割, 将垄和作物行区分开。然后, 对二值图像进行中值滤波消除椒盐噪声。设图像大小为  $M \times N$ 。

### 1.2 作物区域终点位置检测

非作物区域的存在会影响对犁沟线的判断, 所以应该首先判断图像中是否存在非作物区域。作业区域终止的位置一般代表了农田区域与非农田区域的边界, 这个边界有时是明显的, 可以通过颜色上的突变将其区别出来, 但大部分情况下边界的过渡是缓慢的。本实验中, 先将图像进行预处理 (如上所述), 使农作物边界与非农作物的边界变得非常明显, 步骤如下:

(1) 统计 (二值化后) 图像每行白色像素的个数, 分布如图 2 所示。

(2) 检测白像素个数最大值所在的行, 记为  $c$ 。如果  $c$  大于某行数  $P$ , 则认为此图像没有非农作物区域; 反之, 则认为存在农作物区域与非农作物区域的分界线。本文  $P$  取值 100,  $P$  值的大小可以根据实际情况进行调节。

(3) 如果存在分界线, 则根据最短距离法聚类, 将统计的数据分为类 A 和类 B 两类, 其

<sup>\*</sup> 收稿日期: 修订日期:  
项目基金: 国家“863”高新技术研究发展计划资助项目 (2006AA10A304)  
作者简介: 曹倩 (1982), 性别: 女 (汉), 籍贯: 河北省南宫市, 在读博士, 研究方向: 精细农业智能信息系统集成技术。通讯地址: 中国农业大学信息与电气工程学院 242 信箱, 邮编 (100083), Email: 13833127133@sohu.com  
通讯作者: 王库 (1952), 性别: 男 (汉), 籍贯: 河北省, 教授, 硕士, 研究方向: 数字信号与图像处理。通讯地址: 中国农业大学信息与电气工程学院 242 信箱, 邮编: 100083, Email: wang\_ku@263.net

中类 A 是较大数集合，类 B 是较小数的集合。

(4) 类 A 中最小值所在的行与类 B 中最大值所在的行相加除以 2，即为作物区域终点，记为 k 行。若没有作物区域终点，则 k = 0。

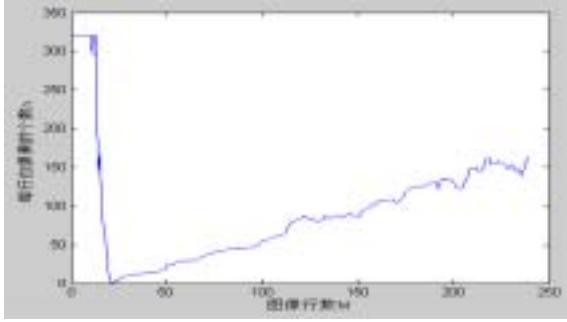


图 2 各行白像素个数分布图

Fig.2 The numbers of each line's white pixels

### 1.3 提取导航线中间点

为了进一步降低数据量，在进行垄沟直线检测前，需要确定一些能够代表垄沟中心线的点，本文称之为中间点。获取中间点的具体方法如下：

(1) 本文扫描图像方式为从上到下、从左到右。采用移动窗口的方法，设定一个扫描区域 (ROS)，大小为  $W \times H$  像素，实验取  $W = 1$ ,  $H = 25$ ，即一个宽度为 25 像素长的水平窗逐一像素移动扫描整个处理区域<sup>[6]</sup>。由式(1)计算扫描区域内目标像素的总数目 y

$$y = \sum_{i=1}^H f(x_i, y_i) \quad (1)$$

当点  $(x_i, y_i)$  为白像素时  $f(x_i, y_i) = 1$ ，反之当点

$(x_i, y_i)$  为黑像素时  $f(x_i, y_i) = 0$ 。

(2) 从 k 行开始扫描，扫描一行后，生成以列坐标为 x 轴、扫描区域白像素个数为 y 轴的曲线  $y = s(x)$ ，如图 3，图 3 是第 200 行的分布曲线。

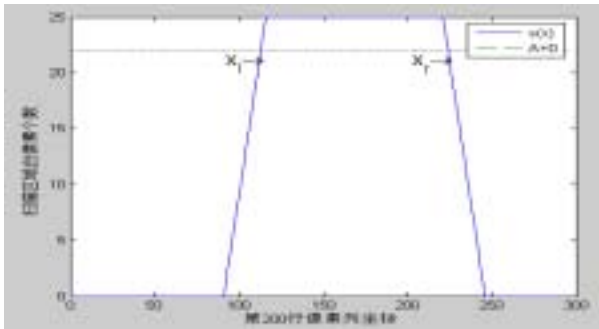


图 3 第 200 行 ROS 内白像素个数分布

Fig.3 The numbers of 200 line's white pixels

(3) 利用式(2)、(3)分别计算曲线  $s(x)$  的平

均值 A 和标准偏差 D。水平线  $A+D$  以上的曲线部分即为目标区域，如图 3 所示。

$$A = \frac{1}{M-H} \sum_{x=1}^{M-H} s(x) \quad (2)$$

$$D = \sqrt{\frac{1}{M-H} \sum_{x=1}^{M-H} [A - s(x)]^2} \quad (3)$$

(4) 图 3 中  $x_l$ 、 $x_r$  分别代表目标区域的左

右端点， $x = \frac{(x_l + x_r)}{2}$  即为目标区域的中间点。

(5) 依次扫描各行，每行均按照步骤(1)~(4)描述方法进行，直至整幅图像扫描完毕。

### 2.4 改进的 Hough 变换提取导航线

作为导航路径的农作物自然形成的行线基本上为直线，或相对于轮式移动机器人前进方向局部范围内近似呈直线，因此目前研究中一般使用直线路径模型。本文采用基于改进的 Hough 变换<sup>[7]</sup>提取导航线信息。已知点的行值为  $M/2$ ，列值为图像  $1/3 \sim 2/3$  处导航线中心点列的平均值<sup>[8]</sup>。

## 2 实验与结果分析

### 2.1 实验材料

图像在中国农业大学上庄实验田采集，采集的图像分辨率为  $320 \times 240$  像素。图像处理由 PC 机完成，配置为 CPU 主频 1.8GHz、内存 768MB。采用 VC++6.0 开发。

### 2.2 结果与分析

为了验证算法的有效性，采用了 100 幅不同天气的农田图像进行验证。图像处理依次按照所述的二值化、作物区域终点检测、提取导航线中间点、改进的 Hough 变换提取导航线，整个过程平均消耗时间为 57.404ms，正确识别率达 99%。

图 4a 是采集的农田彩色图像。图 4b 是二值化图像，可以看出，作物和背景被明显地分割开来。图 4c 是作物区域终点检测，水平横线表示作物区域与非作物区域的分界线；图 4d 表示经  $1 \times 25$  移动窗口处理后得到的垄沟行的中间点，可以看出，这些点能够很好地描述垄沟行的中心位置。在处理阴影、杂草、土块、脚印等复杂环境条件下的农田图像时，窗口适当加大，能有效抑制噪声，获得更为精确的垄沟信息。图 4e 表示检测的最终结果，白色的直线表示检测的导航线，圆点表示改进 Hough 变

换的已知点。

图 5a 是采集农作物行的彩色图像。图 5b 是二值化图像。图 5c 是作物区域终点检测,由于图像内没有非作物区域,因此分界线(水平横线)

在图像的顶端显示。图 5d 是农作物行的中间点,移动窗口的大小也为  $1 \times 25$  像素。图 5e 白色直线表示提取到的农作物导航线,图中圆点表示改进 Hough 变换的已知点。



图 4 提取垄沟导航线各个阶段处理结果

Fig.4 Extract ditch navigation route during different processing stages

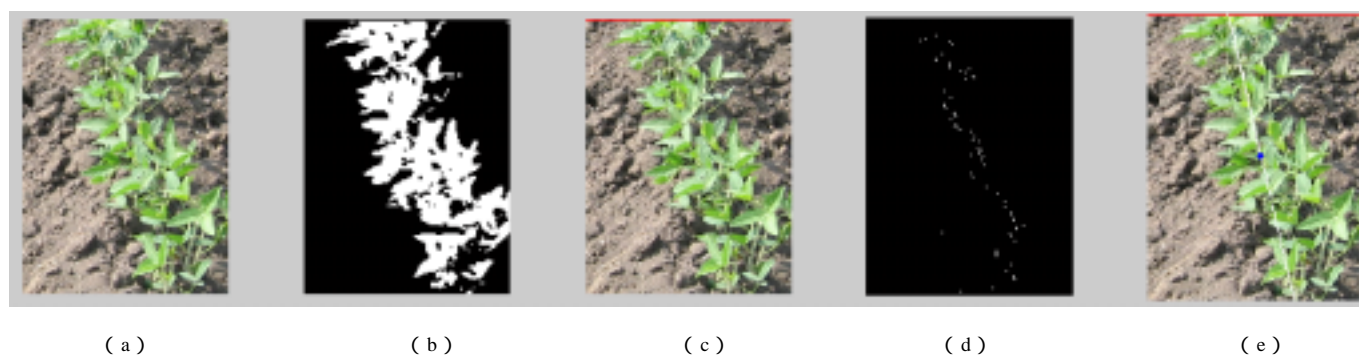


图 5 提取作物导航线各个阶段处理结果

Fig.5 Extract crop navigation route during different processing stages

由图 4、图 5 可以看出,该算法能够准确地定位导航线所在位置。

### 3 结语

针对导航视觉系统采集的农田非结构化自然环境彩色图像,提出了一种可行的图像处理算法。先用 2G-R-B 灰度化和 Otsu 方法将农作物和背景分开,利用中值滤波避免噪声干扰,再通过聚类的方法找到作业区域的终点,接着用移动窗口的方法,检测图像每行的中间点,最后使用改进的 Hough 变换提取导航线。实验表明,该算法有效可行,能够满足农田机器人作业实时作业的需求。

#### [参 考 文 献]

[1] 赵博,王猛,毛恩荣,张小超,宋正河. 农业车辆视觉实际导航环境识别与分类[J]. 农业机械学报, 2009, 40(07): 166 ~ 170.

[2] 曹倩,王库,杨永辉,史小磊. 基于 TMS320DM642 的农业机器人视觉导航路径检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(07): 171 ~ 175.

[3] 周俊,姬长英. 基于知识的视觉导航机器人行走路径识别[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 101 ~ 104.

[4] Ohta Y, Kanade T, Sakai T. Color information for region segmentation[J]. CGIP, 1980, 13: 222~241.

[5] Ostu N. Discriminant and least square threshold selection[J]. In: Proc 4IJCP, 1978: 592-596.

[6] 张红霞. 基于机器视觉的旱田多目标直线检测方法的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.

[7] Chen B, S Tojo, K Watanabe, et al. Study on the computer-eye of transplant robot(Part 3)[J]. Japanese Society of Agricul Machinery, 1998, 60(5): 13~22.

[8] 赵颖. 农业自主行走机器人视觉导航技术的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.

# Vision Navigation Based on Agricultural Non-structural Characteristic

Cao Qi an Wang Ku

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

**Abstract:** This paper studies the algorithm of extract navigation route by machine vision based on agricultural non-structural characteristic. Firstly, a new algorithm was used to detect the ending region of farmland based on cluster's method. Secondly, moving window was used to examine white pixels of the binary image to definite target regions. Thirdly, Improved Hough transformation was used to extract navigation routes. The experiment proved that this algorithm can accurately extract the column information of green crops. The average time required for processing a 320\*240 pixels color image is 57.404ms and the accurate recognition rate reaches 99%.

**key words:** Vision; Agriculture environment; Cluster method; Improved Hough transform