

基于 Hough 变换的农业机械视觉导航基准线识别

马红霞^{1a}, 马明建^{1a}, 马 娜², 林有升^{1b}

(1. 山东理工大学 a. 农业工程与食品科学学院; b. 生命科学学院, 山东 淄博 255049; 2. 山东科技职业学院, 山东 潍坊 261053)

摘 要: 提出了一种基于机器视觉技术识别农业车辆导航基准线的方法。该方法从农田环境的特点出发, 主要用超绿特征灰度化方法对彩色农田图像灰度化, 分割作物行和土壤背景。对灰度图像进行闭运算操作, 缩小或消除作物行和背景中的孔洞。对灰度图像做垂直投影直方图, 根据波峰位置初步确定导航作物行的基准线位置。将灰度图像分成若干个水平条, 对每个水平条用垂直投影法找出导航定位点, 并根据定位点的位置设置感兴趣区域。在感兴趣区域内, 采用 Hough 变换对导航定位点拟合出导航基准线。通过与最小二乘拟合方法的对比可知, 该算法精度较高, 能够满足农业机械农田作业的要求。

关键词: 农业机械; 视觉导航; Hough 变换; 感兴趣区域; 垂直投影法

中图分类号: S126; TP319.41

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2013)04-0037-03

0 引言

随着精准农业的发展, 农业机械的自主导航技术受到越来越多的关注。机器视觉导航以其灵活性和导航精度高等优点, 在农业机械自主导航中得到广泛关注。基于机器视觉导航系统的目标是能自动采集农田环境图像, 通过处理分析图像识别出导航路径, 最终计算得出系统的导航参数, 以控制农业机械沿导航的路径行走。导航基准线的提取是机器视觉导航的基础。

农业机械在农田作业时的导航线一般是指作物行(或垄沟)的边缘或者作物行(或垄沟)中心线。日本东京大学^[1]研究人员提出了一种应用于农田精密喷洒农药和作物中耕管理的图像处理算法, 提取出作物种植线或对作物行进行边缘检测后, 利用最小二乘法拟合出导航线。姜国权^[2]等用中心线检测算法获得作物行信息, 并使用了一种基于随机的算法来检测直线。这些算法都能够成功地提取导航线, 但是是因为对图像中的全部作物行都进行确定定位点、提取导航线的计算复杂度和数据的处理量都较大, 导致处理时间长, 降低导航系统的实时性。

为此, 本文提出了一种针对单一作物行提取导航

线的方法。该方法首先确定最适合导航的作物行, 并初步确定其导航线位置, 再对图像进行水平条分割, 得到作物行的导航定位点, 最后用 Hough 变换拟合出直线。

1 导航基准线的定位和提取

1.1 农田图像预处理

1.1.1 2G-R-B 灰度变换

大多数农作物在生长初期具有较高的 G 值, 而土壤背景 R 和 B 值较高, 因此可以根据作物的颜色特征进行灰度变换, 通过加大 G 值、减小 R 和 B 值使作物与土壤背景更好地分离。目前采用较多的是超绿特征(2G-R-B)灰度化方法^[3], 具体的计算公式如下

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 & G < R \text{ or } G < B \\ 2G - R - B & \text{other} \end{cases} \quad (1)$$

1.1.2 灰度图像闭运算

图像灰度化之后, 作物行和背景中存在着一些孔洞, 为了更好地从图像中提取导航基准线, 需要缩小或消除孔洞和缝隙。图像闭运算(即对图像先膨胀后腐蚀的操作)可以填充作物行或背景中的孔洞, 平滑边界, 同时保证不会产生全局的几何失真, 且不改变总的位置和形状。

1.2 导航线的初步确定

选取某一条作物行的中心线作为导航基准线时, 首先对超绿特征灰度图像(以下简称“灰度图”)做垂直投影直方图, 由波峰位置初步确定导航线为灰度图像中过该波峰的一条垂直直线^[4], 即图 1 中 M 处的直线。设原图像的宽度为 W 像素, 高度为 H 像素。垂直

收稿日期: 2012-04-17

基金项目: 国家“十二五”农村领域支撑计划项目(2011BAD20B09)

作者简介: 马红霞(1988-), 女, 山东临清人, 硕士研究生, (E-mail) aamhx@163.com。

通讯作者: 马明建(1953-), 男, 山东寿光人, 教授, (E-mail) mmj@sdu.edu.cn。

投影法公式为

$$s(j) = \sum_{i=1}^H \text{gray}(i,j) \quad (j=1,2,\dots,W) \quad (2)$$

式中 $\text{gray}(i,j)$ —灰度图像中,点 (i,j) 处的像素灰度值;

$s(j)$ —灰度图中第 j 列的像素灰度值之和,即第 j 列的垂直投影值。

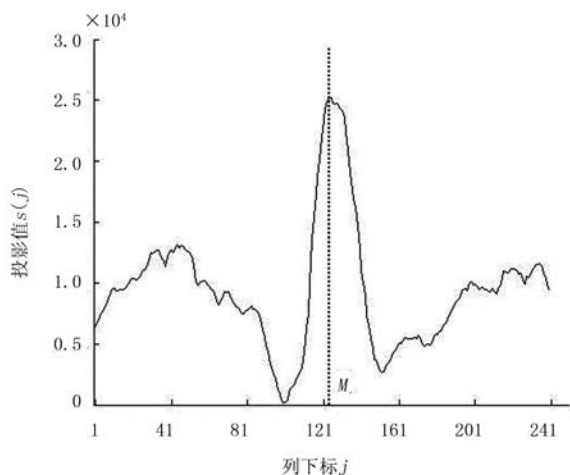


图 1 灰度图的垂直投影图

Fig. 1 Vertical projection diagram of the gray image

1.3 条形分割

为了获取作物行的中间定位点,可以将图像分成若干个水平条图像。原则上,水平条的个数可以等于图像的像素行数,但是为了减少计算量,可以使每个水平条包含若干个像素行。为此,应该选择一个合理的水平条数目。实际试验表明,农业机械作业时,当摄像头和竖直方向的倾角在 55° 左右时,图像被分成 15 条最合适^[5]。一般情况下,将图像分成等宽的水平条,最后一个水平条的宽度可以小于设定宽度。

1.4 导航定位点的确定

如图 2 所示,对每个水平条做垂直投影图,求出每个水平条中所有像素灰度值的平均值 m 。相应的计算公式为

$$s(j) = \sum_{i=1}^h f(i,j) \quad (j=1,2,\dots,W) \quad (3)$$

$$m = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W s(j) \quad (4)$$

式中 $f(i,j)$ —水平条中,点 (i,j) 处的像素灰度值;

$s(j)$ —水平条中第 j 列的垂直投影值。

若 $s(j-1) < m \leq s(j)$,则记 j 点为上升点;若 $s(j-1) > m \geq s(j)$,则记 j 点为下降点。

对每个水平条计算定位点的步骤如下:

1) 首先,判断 $s(M)$ 的值。若 $s(M) > m$,则进行

步骤 2);若 $s(M) \leq m$,则取该行定位点列下标为 M 。该步骤是为避免在某水平条中 M 偏离了作物行引起错误。

2) 在垂直投影图中,从 M 列向左搜索第 1 个上升点,向右搜索第 1 个下降点,取该上升点和下降点的中点作为该作物行的定位点。

3) 将该作物行的定位点位置存储到数组中,并在原图中标记。用最小二乘法对数组中的元素进行线性拟合,得到拟合直线的方程。

4) 根据定位点中最小和最大的列坐标确定搜索感兴趣区域,利用 Hough 变换在感兴趣区域搜索,对定位点进行拟合,并对比 Hough 变换和最小二乘法的拟合效果。

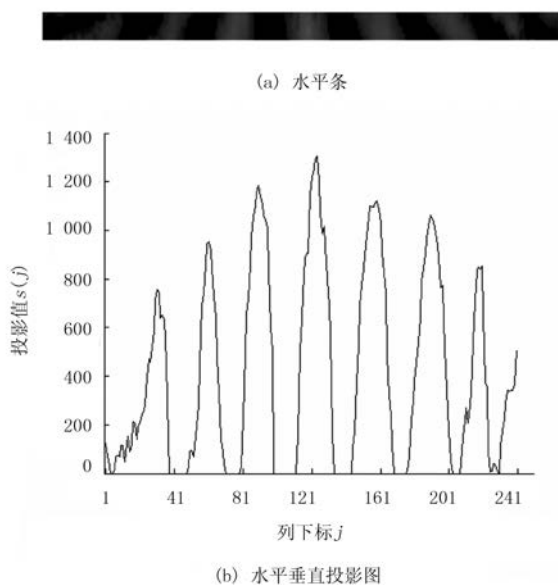


图 2 水平条垂直投影图

Fig. 2 Vertical projection diagram of the horizontal strip

2 试验结果

本文的研究对象为小麦种植图像,该图像宽度是 240 像素,高度为 320 像素。使用 2G-R-B 方法对原图像(如图 3(a)所示)进行灰度化处理,然后采用 5 像素 \times 1 像素线型结构元素的闭运算对灰度图进行滤波,如图 3(b)所示。由图 3(b)可以看出,闭运算较好地填充了作物行中的孔洞,同时又没有明显改变作物行的宽度。对图 3(c)进行垂直投影,基本确定导航作物行的中心线位置。将图像划分成 16 个水平条,每个水平条包含 13 个像素行,如图 3(d)所示。对每个水平条使用垂直投影法并进行相应的处理后,找到定位点(见图 3(e)所示),定位点坐标见图表 1 所示。使用最小二乘法拟合定位点生成基准线(见图 3(f)所示)。根据定位点的列坐标范围确定感兴趣区域,在

感兴趣区域内使用 Hough 变换对定位点进行检测,得到导航基准线,如图 3 (g) 所示。最小二乘法拟合的直线方程为 $y = 10.8x - 1220.8$,Hough 变换拟合的直线方程为 $y = 28.6363x - 3550.9$ 。

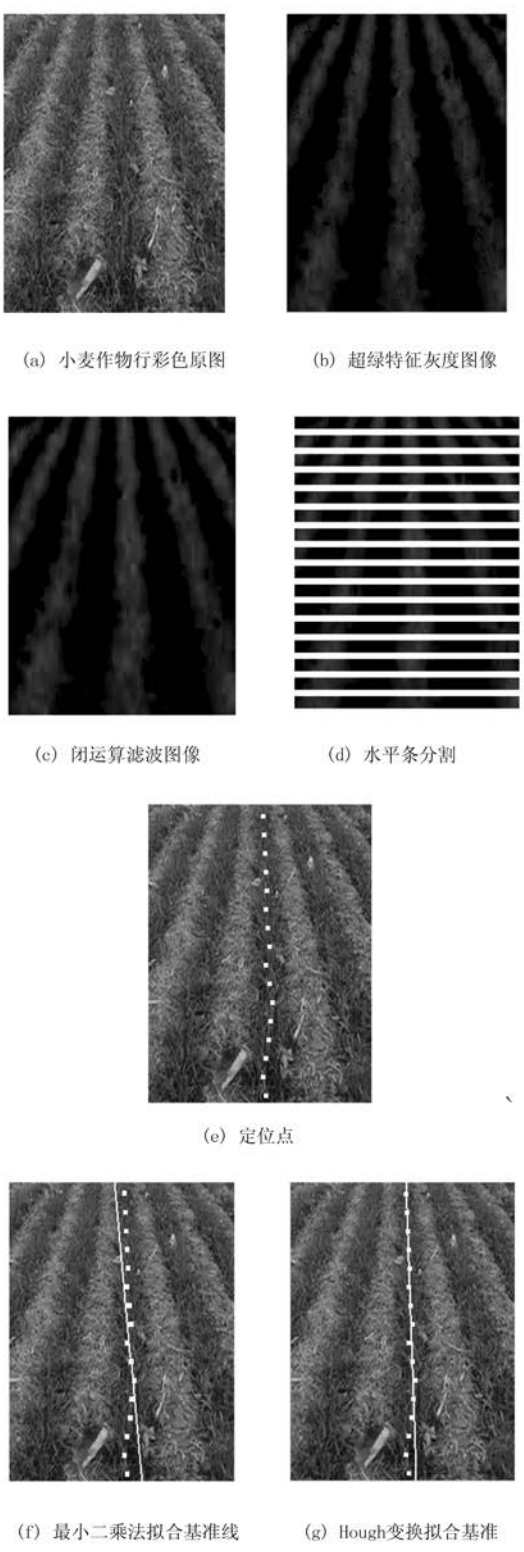


图 3 图像处理步骤
Fig. 3 Image processing steps

表 1 定位点坐标

Table 1 Coordinate values of location points								
坐标轴		定位点坐标/像素						
x	124	125	126	127	128	127	129	131
y	13	33	53	73	93	113	133	153
坐标轴		定位点坐标/像素						
x	127	131	134	132	130	127	124	127
y	173	193	213	233	253	273	293	313

计算定位点到拟合直线的垂直距离平方和,对最小二乘法拟合直线的计算结果为 1041.00;对 Hough 变换拟合直线的计算结果为 238.98。由此可以看出,Hough 变换对定位点的拟合偏离程度更小,拟合精度更高。由图 3 (f) 和图 3 (g) 可以直观地看出,Hough 变换的拟合精度要远好于最小二乘法。

3 总结

1) 对图像进行超绿特征灰度化分割作物行和土壤背景,对得到的图像使用闭运算滤波去除作物行中的孔洞,对滤波后灰度图像进行垂直投影,确定最适合导航的作物行中心线,并对图像进行水平条分割,对每个图像条进行垂直投影,求得导航定位点,将定位点进行拟合,得到的导航基准线准确度较高,能够较好地反映导航路径。

2) 本方法只对一作物行进行导航线拟合,从中心线向两边进行检索,大大缩小了范围。

3) 将图像划分成水平条,减少了数据点,运算量较少,而且运算方法简单,所以速度较快。该研究为机器视觉导航提供了一种较新颖和可行的方法。

参考文献:

[1] Toru Torii. Research in autonomous agriculture vehicles in Japan[J]. Computer and Electronics in Agriculture , 2000, 25(1):133-153.

[2] 姜国权,柯杏,杜尚丰,等. 基于机器视觉的农田作物行检测[J]. 光学学报,2009,29(4):1015-1020.

[3] Woebbecke D M,Meyer G E,Von bargaen K. Color indices for weed identification under various soil ,residual, and lighting conditions [J]. Transactions of the ASAE ,1995,38(1):259-269.

[4] 任永新,谭豫之,杨会华,等. 基于模糊控制的黄瓜采摘机器人视觉导航[J]. 江苏大学学报,2000,30(4):343-346.

[5] H T Sogaard,H J Olsen. Determination of crop rows by image analysis without segmentation [J]. Computers and Electronics in Agriculture,2003,38:141-158.

(下转第 43 页)

5 结 论

1) 通过对采集的棉株图像进行图像处理, 能够很好地分割出棉株株顶, 其它部分的分割则需要采取交互的方式进行图像分割。

2) 利用棉株株顶的颜色特征, 采取 BP 神经网络进行识别分类, 能够很好地识别出棉株株顶和棉株的其它部分, 准确率达到 85.7%。

3) 机器视觉技术可以很好地解决棉株识别和棉花机械打顶等难题, 但棉株识别精度有待进一步的优化提高。

参考文献:

- [1] 刘俊奇, 王维新, 赵永满. 棉花打顶机应用现状与发展趋势的研究[J]. 农机化研究, 2008(9): 249-250.
- [2] 胡斌, 罗昕, 李明志. 3MDY-12 型前悬挂液压驱动式棉花

打顶机[J]. 新疆农机化, 2006(2): 26-27.

- [3] 唐军, 罗昕, 胡斌, 等. 3MDZK-12 型单行仿形棉花打顶机的结构设计性能试验研究[J]. 石河子大学学报, 2008, 26(4): 511-514.
- [4] 胡斌. 3MD-12 型棉花打顶机[J]. 农机化研究, 2003(1): 88-89.
- [5] 罗昕, 胡斌, 王维新, 等. 3MDZK-12 型组控式单行仿形棉花打顶机[J]. 农机化研究, 2008(11): 136-138.
- [6] 王春耀, 蒋永新, 闵磊, 等. 一种棉花打顶机: 中国, ZL200810072925.1 [P]. 2009-03-25.
- [7] 周海燕, 尹素珍, 朱立成, 等. 3WDZ2 6 型自走式棉花打顶机设计[J]. 农业机械学报, 2010(41): 86-89.
- [8] 展慧, 李小昱, 王为, 等. 基于机器视觉的板栗分级检测方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 327-330.
- [9] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods, Steven L. Eddins. 数字图像处理(MATLAB 版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

The Study on Cotton Top Identification based on color Feature

Qu Duanyang, Wang Weixin, Ma Benxue, Ding Zhifeng

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: Extracting cotton top features as cotton features for cotton identification, in order to solve the problem which cotton topping by machine meted, the Machine Vision technology was explored in this paper. MATLABR2011a software was used to the segmentation of the cotton top features. Leaves and other top parts were extracted in this paper, the means, variances and standard deviations of the R, G, B channel were used as features to distinguish the cotton top and the other parts. Finally, the BP neural network was used to the identification of the cotton top in this paper. Wide data-base of images were used to test the results and the results show good accuracy in the identification of cotton top.

Key words: cotton top; identification; color feature; BP neural network

(上接第 39 页)

Abstract ID:1003-188X(2013)04-0037-EA

Baseline Recognition Based on Hough Transform in the Vision Navigation of Agricultural Vehicles

Ma Hongxia^{1a}, Ma Mingjian^{1a}, Ma Na², Lin Yousheng^{1b}

(1. Shandong University of Technology a. School of Agricultural and Food Engineering, Zibo 255049, China; b. School of Life Science; 2. Shandong Vocational Collage of Science and Technology, Weofang 261053, China)

Abstract: A method to recognize the baseline based on machine vision of agricultural vehicle navigation was developed. According to the features of cropland, the excess-green method was used to expand the contrast of crop rows and background. Then using closing operation to reduce or eliminate small holes in the gray image. Position of baseline of the crop row by finding the peaks of curve by vertical projection of the gray image was determined preliminarily. Dividing the gray image to several horizontal strip region with equal width. By using vertical projection diagram in every horizontal strip to calculate the location points, based on which to determined left and right boundaries of the ROI. To fitting the location points in the ROI based on Hough transform. It was proved that Hough transform has the higher accuracy by contrast with the least squares method and can meet the requirements of the agricultural machinery agricultural operations.

Key words: agricultural vehicles; vision navigation; Hough transform; ROI; vertical projection