

基于计算机视觉的作物行定位技术

袁佐云 毛志怀 魏青

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要 针对基于计算机视觉的作物行中心线定位困难问题,提出了基于垂直投影法的作物行定位方法。对作物图像运用过绿特征值分割作物和背景,将得到过绿特征图像划分为若干水平图像条,对图像条过绿特征值进行垂直投影,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。采用 320×240 像素的大豆图像进行作物行定位实验,结果表明采用该方法能够获得较好的定位结果。

关键词 作物行;中心线;过绿特征;垂直投影法;曲线峰点

中图分类号 TP 391.41; S 220

文章编号 1007-4333(2005)03-0069-04

文献标识码 A

Orientation technique of crop rows based on computer vision

Yuan Zuoyun, Mao Zhihuai, Wei Qing

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract In this paper a method based on vertical projection was described, because it was difficult to locate crop rows centre lines using computer vision. Firstly, the row crop and background were segmented by the excess green value. Secondly, the image strips were divided by crop image horizontally and the position was calculated by detecting the peak on the curve resulting from vertical projection of strips. Finally, the crop rows center lines were accomplished by robust regression. The experimental results of soybean images, which was 320 pixels width and 240 pixels height, confirmed the effectiveness of this method.

Key words crop row; centre line; excess green; vertical projection; curve peak

在农业工程领域,农业机械视觉导航技术受到在国内外的广泛关注^[1-2],被认为是实现农业可持续发展重要的技术手段。基于计算机视觉的作物行定位技术是视觉导航的重要前提条件。农业机械在作业过程中,利用视觉导航系统识别出农作物行边界作为行走路径,根据自身位置与行走路径的相对位置计算出系统控制量(侧向偏差位移和偏差角),通过转向机构调节其位置从而跟踪期望路径,完成作业过程。农作物行中心线一般是指农作物在播种或栽培过程中,其种子或幼苗植入点所构成的直线。作业过程中,要求视觉导航系统能够在较短时间内确定作物行的中心位置,以保证准确地对农作物进行作业操作。受农作物类型和生长阶段以及光照条件等因素的影响,精确定位作物行的位置非常困难。

常用的行定位方法有 Hough 变换法^[3-4]、透视

法^[5]等。Hough 变换法通过将图像空间的直线转化为参数空间上的点,对所有可能落在直线边界上的点进行累加统计完成检测任务。由于这种方法利用图像的全局特性,因此鲁棒性强,受噪声和直线间隔的影响小;但 Hough 变换运用统计方法检测参数空间,计算过程中数据处理量大,处理时间长。透视法是利用作物行在图像平面内汇聚到一点的特性来获取透视点,通过透视点得到作物行中心线的分布。由于该方法利用了作物行的透视点,所以对行不完整的作物图像也能够精确定位;但在处理靠近田头作物图像时,作物行的长度不足以计算出透视点的位置,从而无法定位出行的位置。

投影法是根据图像在特定方向上的投影分布进行特征提取的一种方法,本质上是简单的统计方法^[6]。目前,投影法主要用于车牌识别方面^[7],在

收稿日期: 2004-12-16

作者简介: 袁佐云,硕士研究生;毛志怀,教授,博士生导师,主要从事现代农业机械装备技术研究。

作物行中心线定位的研究尚未见报道。笔者尝试采用垂直投影法对作物图像进行作物行定位研究。

1 作物行中心线的定位处理过程

首先对作物图像进行预处理,消除图像上光照不均和阴影的影响,得到过绿特征图像;然后将图像划分成若干图像条,根据图像条中的过绿特征值(excess green),运用垂直投影法求取投影曲线,计算曲线突出波峰位置;最后,运用稳健回归法^[8]对所有图像条上的位置点进行线性拟合,得到的回归直线即为农作物的行中心线。作物行中心线定位算法过程见图1。

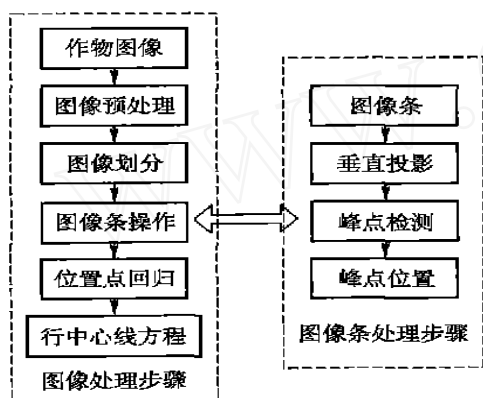


图1 作物行中心线定位算法流程图

Fig. 1 Flowchart of algorithm of crop row centre lines localization

1.1 图像的预处理

根据三基色学原理,视觉上能够感受到的任何一种颜色可以由红(R)、绿(G)、蓝(B)3种基本颜色按一定比例混合得到,因此,一幅彩色图像可以分解为3幅由 R 、 G 和 B 分量各自组成的图像。作物在不同光照条件下,图像上各个像素的 R 、 G 和 B 分量值也随之发生变化。为减少不同光照条件对图像的影响,在图像处理前需进行预处理以消除光照条件对图像的影响。吕朝辉等^[9]在分割秧苗图像的研究过程中发现,运用图像中 R 、 G 和 B 值归一化后颜色分量代替原有颜色分量,可有效地克服光照变化和阴影的影响。设 r 、 g 和 b 分别为 R 、 G 和 B 进行归一化后颜色分量,各个分量归一化过程为

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{R}{R+G+B} \\ g &= \frac{G}{R+G+B} \\ b &= \frac{B}{R+G+B} \end{aligned} \right\} (1)$$

通常情况下,作物图像上的背景(土壤)具有较高的 r 和 b 值,而其 g 值小于作物的 g 值。利用 $(r-g)$ 、 $(g-b)$ 、 r/g 以及过绿特征值 $(2g-r-b)$ 等指标来区分作物与背景是非常有效的,其中,最为有效的区分指标是过绿特征值^[10]。因此,本研究运用过绿特征值为区分作物与土壤的指标,后续运算中均以过绿特征值代替原有像素值进行操作。

1.2 图像分割与作物行中心线的定位

采用条播方法播种的农作物其作物行呈直线状,行与行之间呈平行关系,作物行间距基本相等。受拍摄角度和距离的影响,图像上农作物各行相交到图像上部或图像上部外的某一点。图像处理过程中,将图像水平划分成若干等间距的图像条。理想状况下(作物行不出现严重漏播或断行情况)图像条上必然存在作物^[11]。对图像条进行垂直投影,得到垂直投影曲线,计算曲线上突出峰点的位置,求出作物行的中心点。运用稳健回归对每行作物中心点进行线性回归,得到作物行的中心线方程。

1) 图像条的划分。

设原始图像的尺寸为 $W \times H$,单位为像素,分割后的图像条(图2(a))大小为 $W \times h$; $p(i, j)$ 为图像条上点 (i, j) 处的过绿特征值, $s(j)$ 为对图像条上第 j 列进行垂直投影后得到的投影值, m 为图像条上所有投影值的平均值。计算公式为

$$s(j) = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h p(i, j) \quad (2)$$

$$m = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W s(j) \quad (3)$$

式中: $i = 1, 2, \dots, h$; $j = 1, 2, \dots, W$ 。

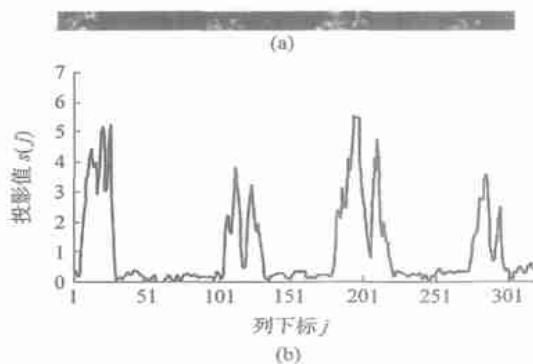


图2 划分后的图像条(a)及其对应的垂直投影曲线图(b)

Fig. 2 Strip and its curve after vertical projection

2) 图像条上作物行的定位。

图像条中的作物区域要比附近非作物区域上的过绿特征值高出许多,在 $s(j)$ 曲线(图 2(b))表现为突出的波峰。因此,根据曲线上突出波峰的位置确定作物行的边界,求出边界中点,该点即为行中心点。算法具体处理步骤如下:

- a. 对图像条逐列扫描,求取每一列的过绿特征投影值 $s(j)$,同时计算列向过绿特征投影值的平均值 m 。
- b. 对 $s(j)$ 逐个扫描,求取升降点个数并记录其位置。判断规则为:如果 $s(j-1) < m < s(j+1)$,则 j 为上升点;如果 $s(j-1) > m > s(j+1)$,则 j 为下降点。
- c. 根据升降点之间的距离,确定作物行边界定位点,剔除非定位点。如果升降点之间距离小于平

均距离,则认为此对升降点为非定位点,反之,为作物行边界定位点。

- d. 计算升降点之间的中点,该点即为行中心定位点。
- e. 重新对所有定位点组合,将属于同一行作物的行中心定位点存储到二维数组 $position[i][j]$ 。
- f. 利用稳健回归对二维数组 $position[i][j]$ 中的位置点进行直线拟合,得到作物行中心直线方程。

2 实验结果

选用大豆图像进行作物行定位实验。图像尺寸为 320 × 240 像素,图像水平等间距划分为 10 条图像条,图像条尺寸 320 × 16 像素。大豆原始图像及其处理后的相关图像见图 3。

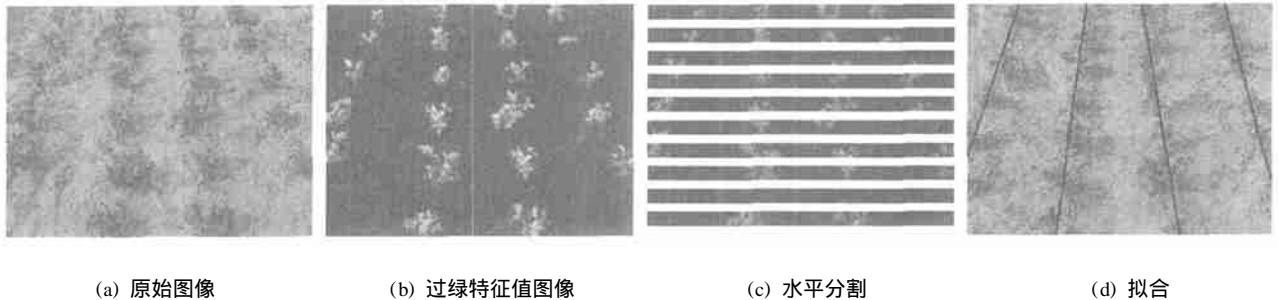


图 3 大豆原始图像及处理后的相关图像

Fig. 3 Original image of soybean and its result images after processing

图 3(a) 是强光下拍摄的大豆图像,作物行间存在阴影,预处理后的过绿特征图像(图 3(b))阴影消除,可清晰地分辨出大豆与土壤。将过绿特征图像等间距(8 像素)划分为 10 条水平图像条(图 3(c))。运用垂直投影法对图像条进行处理,根据作物行定位点拟合出中心线。从拟合后的图像(图 3(d))可

见,拟合后的直线与作物行中心线相符,反映出作物行的位置情况。表 1 为大豆作物行定位点坐标。

对各行定位点数据进行稳健回归拟合后,得到第 1 ~ 4 行中心线方程分别为: $y = - 2.968x + 162.378$, $y = - 7.731x + 962.387$, $y = 5.909x - 1084.174$ 和 $y = 3.684x - 994.433$ 。

表 1 大豆图像作物行定位点坐标

Table 1 Anchor point value of crop rows

作物行	定位点坐标/像素							
1	(50.0,8.0)	(40.5,32.0)	(39.0,56.0)	(32.0,80.0)	(20.0,104.0)	(9.5,128.0)	(3.5,152.0)	
2	(125.5,8.0)	(118.0,32.0)	(112.5,56.0)	(114.5,80.0)	(111.5,104.0)	(110.5,128.0)	(106.0,152.0)	
3	(186.0,8.0)	(193.0,32.0)	(191.0,56.0)	(194.0,80.0)	(203.5,104.0)	(207.5,128.0)	(203.5,152.0)	
4	(272.0,8.0)	(279.0,32.0)	(283.5,56.0)	(299.0,80.0)	(299.5,104.0)	(305.0,128.0)	(308.5,152.0)	

3 结束语

对作物图像运用过绿特征值分割作物和背景,

将得到的过绿特征图像划分为若干水平图像条,对图像条过绿特征值进行垂直投影,拟合得到的直线较准确地反映了作物行的位置,具有良好的可行性

和有效性。本方法只涉及了求和运算,数据处理速度快,能够在较短的时间内定位出作物行的中心位置;同时,由于图像被水平划分成等间距图像条,与整幅图像相比数据处理量减少。该研究为作物行中心线的定位提供了一种可行方法。

参 考 文 献

- [1] 杨为民,李天石,贾鸿社. 农业机械及其视觉导航研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 160~165
- [2] Toru T, Akira T, Tsuguo O, et al. Crop row tracking by an autonomous vehicle using machine vision [J]. JSAE, 2000, 62 (5): 37~42
- [3] Billingsley J, Schoenfisch M. Vision - Guidance of Agricultural Vehicles[J]. Autonomous Robots, 1995, 3(2): 65~76
- [4] Reid J F. Detecting crop rows using the Hough transform [A]. In: ASAE summer meeting. College Station Texas, 1986, 30~42
- [5] Marchant J A, Renaud B. Real-time tracking of plant rows using a Hough transform[J]. Real Time Imaging, 1995, 1(5): 363~371
- [6] Robert M H. Computer and robot vision [M]. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1992, 48~55
- [7] 甘雷. 车辆牌照识别系统(LPRS)研究[D]. 北京:北京工业大学, 2002
- [8] Rousseeuw R J, Leroy A M. Robust regression and outlier detection [M]. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1987. 54~56
- [9] 吕朝辉,陈晓光,吴文福,等. 用BP神经网络进行秧苗图像分割[J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 146~148
- [10] Woebbecke D M, Meyer G E, Von B K, et al. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions [J]. Transactions of ASAE, 1995, 38(1): 259~269
- [11] Sogaard H T, Olsen H J. Determination of crop rows by image analysis without segmentation [J]. Computers and electronics in agriculture, 2003, 38: 141~158