

麦田多列目标图像检测算法

张红霞 张铁中

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要 针对麦田图像中多列目标检测问题,提出基于水平线扫描的归类算法。对麦田彩色图像进行绿色强调,利用阈值分割方法提取苗列区域;对二值图像水平扫描,检测目标区域和目标点,根据目标点横坐标值的差值实现归类;利用过已知点的霍夫变换检测多列目标直线。对 800 幅麦田图像进行多列目标检测结果表明:762 幅图像中的多目标列的中心线能够完全正确提取出来;处理 640 像素 \times 480 像素的彩色图像需要 0.12 s。该算法在多列目标识别中是一种有效、快速的检测算法。

关键词 水平线扫描;目标点归类;多列直线检测;麦田图像;过已知点的霍夫变换

中图分类号 TP 274

文章编号 1007-4333(2007)02-0062-05

文献标识码 A

Detection algorithm for multi-centerline of wheat by image processing

Zhang Hongxia, Zhang Tiezhong

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

Abstract An image algorithm for determining centerlines in a wheat image as of targets in this study. The color image was converted into a gray image and then the rows were separated from the inter-row spaces with a threshold. The target regions and points were obtained by analyzing each horizontal scan line in the binary image. The target-points were clustered according to the value difference at the abscissa and the orientation of target points. The centerlines were correctly detected by Passing a Known Point Hough Transform. The analytical results from 800 wheat images showed that the clustering algorithm based on horizon scan line was capable of accurately detecting different multi-centerlines for 762 wheat images. The algorithm requires 0.12 seconds to determine all the centerlines for a 640 \times 480 pixel color image and is fast and effective in detecting multi-centerlines.

Key words horizon scan line; clustering target points; multi-centerlines detection; wheat image; Hough Transform passing a known point

在麦田中期管理作业中,如果作业机械能够自动导航沿农作物列自动行走,则既能精确、快速地作业,又不伤及作物,同时提高作业精度和劳动效率^[1]。国内外在农作物自动识别和提取导航信息方面做了大量的研究。

Reid 等^[2]利用贝叶斯分类器将近红外大豆图像分割为作物和非作物,对分割后的图像利用中点编码技术进行作物列定位。Ollis^[3]通过寻求最优阶梯函数确定农作物的收割边缘。Chen B 利用微分

算法、亮度分析法、颜色分析法等分割水田图像,利用过已知点的霍夫变换(Passing a Known Point Hough Transform)^[4-6]检测目标直线,实现了插秧机器人、水田管理机器人等导航目标的自动检测。Okamoto H 等^[7]将大豆农田图像从图像坐标系转化到地面坐标系,根据 G/B 的值确定作物区域,找到属于同一作物列上的 2 个点,将这 2 点之间的连线作为所要确定的作物列。Han S 等^[8]利用 K-means 聚类算法对玉米和大豆图像进行分割,通过价值函

收稿日期:2006-09-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60375036)

作者简介:张红霞,博士研究生,E-mail:zhx330@163.com;张铁中,教授,博士生导师,主要从事生物生产机电一体化、生物生产机器人,E-mail:zhangtz56@sohu.com

数的选择确定作物列信息。沈明霞^[9-10]根据农作物的纹理频谱区分农作物和非农作物,同时根据非结构化的农田环境,提出农业机器人视觉导航的多分辨率路径识别算法。

上述研究中采用的算法主要针对玉米、水稻、大豆等作物图像,没有涉及麦田图像。在小麦田间管理期间,不同的管理作业又具有不同的作业目标。例如,在喷药、喷灌、生长检测等作业中,作业目标为小麦列(简称“苗列”);在松土、除草等作业中,作业目标为小麦列之间的区域(简称“列间”)。针对麦田田间管理进行不同作业时多目标同时检测的研究尚未见报道。笔者采用水平线扫描方法,旨在寻求一种能够同时检测苗列和列间中心线的检测算法。

1 多列目标中心线的检测

1.1 苗列区域提取

由于麦田图像中苗列区域的绿色分量(G)大于红色(R)和蓝色(B)分量,故本研究采用强调绿色分量、抑制其余 2 个分量的方法将麦田彩色图像变化为灰度图像^[11];利用阈值分割^[12]方法对灰度图像进行分割,实现苗列区域的提取。在二值图像中白色像素代表苗列,黑色像素代表列间。

1.2 目标点检测

霍夫变换是确定目标直线的常用的图像处理方法。由于传统霍夫变换的数据计算量大,处理速度较慢,因此本研究首先提取每个目标点群,对目标点群进行过已知点的霍夫变换,实现多列目标直线检测。

设定 1 个 1 像素 \times n 像素的扫描区域,为计算方便,本研究中设定为 1 像素 \times 20 像素,在二值图像中从下到上、从左到右逐一移动该扫描区域,由式

(1) 计算扫描区域内目标像素的个数 y 。

$$y = \sum_{i=0}^{20} f(x_i, y_i) \quad (1)$$

其中: $f(x_i, y_i)$ 为点 (x_i, y_i) 在二值图像中的索引值,当点 (x_i, y_i) 为目标像素时 $f(x_i, y_i) = 1$,为非目标像素时 $f(x_i, y_i) = 0$ 。当扫描区域历经目标对象(苗列或者列间)时, y 的取值最大。扫描完每一条水平线后,生成以点的 x 坐标为横坐标、 y 为纵坐标的曲线 $s(x)$,利用式(2)和(3)分别计算 $s(x)$ 的平均值 A 和标准偏差 D 。

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

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

其中 w 为图像宽度,像素。

设水平线 $y = A + \frac{D}{2}$ 以上的曲线部分为目标区域,以 x_{l1} 和 x_{r1} 代表第 1 个目标区域的左、右端点;同理, x_{ln} 、 x_{rn} 代表第 n 个目标区域的左、右端点。各个目标区域左、右端点的中点,即 $x_1 = \frac{x_{l1} + x_{r1}}{2}$, $x_2 = \frac{x_{l2} + x_{r2}}{2}$, ..., $x_n = \frac{x_{ln} + 2x_{rn}}{2}$ 分别代表目标对象(苗列或者列间)在每一水平扫描线上的目标点(图 1)。

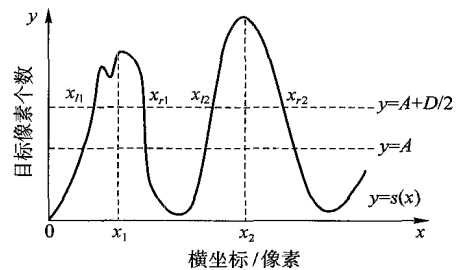


图 1 每一水平扫描线上目标点检测示意
Fig. 1 Target-points on each horizontal scan line

1.3 目标点归类

通过移动扫描区域可以求出每一条水平扫描线上的各个目标点,为了正确计算出每一个目标对象的中心线,有必要对水平扫描线上的目标点进行归类。方法如下:

数组 $A_n[l]$ 、 $A_p[l]$ 用于保存当前扫描线、前一扫描线上目标点的横坐标值。从下到上、从左到右扫描二值图像,如果是第 1 次扫描,获得的目标点归属不同的类;如果不是第 1 次扫描,按照下列步骤对目标点归类。

1) 数组 $A_p[l]$ 中保存的前一扫描线上目标点的横坐标值从小到大排序。

2) 由式(4)计算当前扫描线上目标点之间的距离平均值 A_1 和距离阈值 A_2 。

$$\begin{cases} A_1 = \frac{x_n - x_1}{n} \\ A_2 = A_1 \times 0.75 \end{cases} \quad (4)$$

其中: n 为当前扫描线上目标点的个数; x_1 和 x_n 为当前扫描线上最初和最后目标点的横坐标值。

3) 点 $C(x_i, y_i)$ 为当前扫描线上目标点,点 $C(x_j, y_j)$ 和 $C(x_{j+1}, y_{j+1})$ 为前一扫描线上左右相邻的 2 个目标点,采用式(5)计算参数 d_1 和 d_2 :

$$\begin{cases} d_1 = x_j - x_i \\ d_2 = x_{j+1} - x_i \end{cases} \quad (5)$$

其中: x_i 、 x_j 和 x_{j+1} 分别为点 C 、 C 和 C 的横坐标值。 d_1 与 d_2 的取值有以下 4 种情况。

情况 1 $d_1 = 0$, 表示 C 与 C 具有垂直关系, 这 2 点属于同一类; 同理, 如果 $d_2 = 0$, 则 C 与 C 具有垂直关系, 二者属于同一类。

情况 2 $d_1 < 0$ 并且 $d_2 > 0$, 表示 C 在 C 和 C 之间。存在以下 2 种可能:

$|d_1| < d_2$, C 距 C 比较近。如果 $|d_1| > A_2$, 表明 C 与 C 属于同一类; 否则, 表示出现了新类(在 2 目标列中间出现了新目标列), 点 C 作为第 1 个目标点归属到新类中。

$|d_1| > d_2$, C 距 C 比较近。如果 $d_2 > A_2$, 表明 C 与 C 属于同一类; 否则, 表示出现了新的类, 点 C 作为第 1 个目标点归属到新类中。

情况 3 C 是前一扫描线的第 1 个目标点, 并且 $d_1 > 0$, 表示 C 位于前一扫描线所有目标点的左侧。如果 $d_1 > A_2$, 则 C 与前一扫描线最初目标点属于同一类; 否则, 表示出现了新的类(在所有目标列的左侧出现新的目标列)。

情况 4 C 是前一扫描线上倒数第 2 个目标点, 并且 $d_2 < 0$, 表示 C 位于前一扫描线所有目标点的右侧。如果 $|d_2| > A_2$, 则 C 与前一扫描线上的最后目标点属于同一类; 否则, 表示出现了新的类(在所有目标列右侧出现新的目标列)。

4) 当前扫描线上的目标点归类完毕后, 拷贝数组 $A_n[l]$ 到数组 $A_p[l]$, 进入下一行的扫描。

循环执行步骤 1) ~ 4), 直到图像全部扫描完毕。

1.4 中心线检测

过已知点的霍夫变换原理是, 过一个特定的已

知点对数据参数空间进行霍夫变换, 实现直线的快速回归。通过步骤 1.2 和 1.3, 各个目标列的目标点分别归属到不同的数据类, 以每个数据类的分布中心为已知点, 对每个数据类进行过已知点的霍夫变换处理即可检测出多个目标列的中心线。

2 试验及结果

试验采用的图像由佳能 A610 数码相机在中国农业科学研究院试验田采集。采集时间 2005-11-20—2006-05-02, 每周采集 1 次, 共采集 1 800 幅。根据小麦的不同生长期和不同天气自然状况, 选择具有代表性的 800 幅图像进行试验。图像处理由 PC 机 (CPU 主频 2.4 GHz、内存 512 MB) 完成。编程工具为 Microsoft Visual C++ 6.0。

图 2 示出实际农田中采集到的不同天气状况、不同生长时期的冬小麦图像。对该冬小麦彩色图像进行绿色强调和阈值分割获得二值图像, 在此基础上获得的目标点检测结果见图 3(a), 其中白色为苗列, 黑色为列间。图 3(a) 白色苗列上分散的黑点为提取出的目标点, 在实际处理过程中, 这些目标点都储存在数组里, 没有必要用图像表示。图 3(b) 表示图 3(a) 在第 300 水平扫描行上移动扫描区域获得的累加像素数分布曲线 $s(x)$ 。可见, 在第 300 扫描行上有 4 个苗列, 对应检测出 4 个目标点, 对应的横坐标值为 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_4 。对当前扫描行和上一扫描行上目标点横坐标的差值和方向性进行比较实现目标点的正确归类, 建立数据类与目标对象中心线的映射关系。1 个数据类对应着实际图像中的 1 个目标对象中心线。对于图 3(a), 以苗列为目标对象时, 所有的目标点被归属于 6 个不同的数据类, 对应麦田图像中的 6 个苗列。



图 2 不同生长期不同天气状况冬小麦原始图像

Fig. 2 Original wheat field images under different weather and growth phases

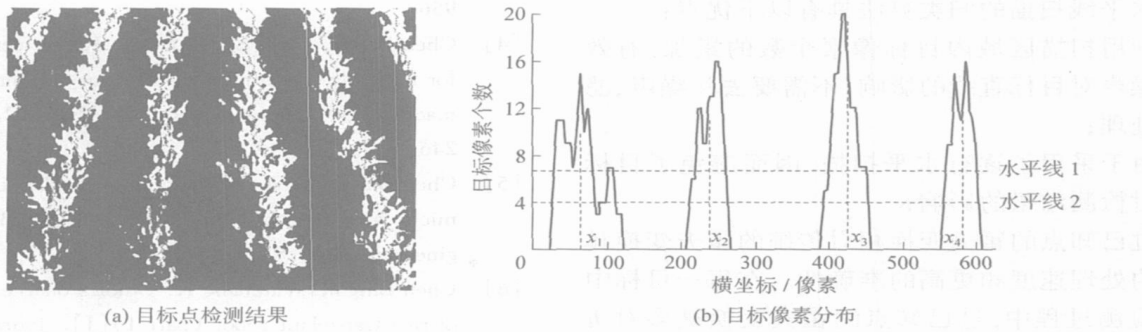


图 3 目标点检测结果及第 300 水平扫描行目标像素分布图

Fig. 3 Detected image with selected target points and pixel distribution of target points on the 300th horizontal scan line

目标点归类完毕,分别以各个数据类的分布中心为已知点,对该类中的目标点群实施过已知点的霍夫变换,获得多列目标的中心线(图 4 和 5)。图 4 中的苗列(白色像素)为目标对象,苗列上的黑色直

线为检测出的苗列中心线。图 5 中的列间(黑色像素)为目标对象,列间上的白色直线为检测出的列间中心线。可见,苗列和列间检测都取得了满意的结果,从而验证了目标点的选择和归类方法的正确性。

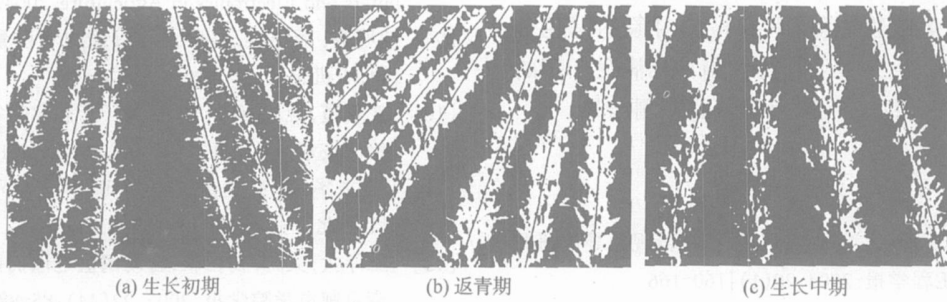


图 4 苗列中心线检测结果

Fig. 4 Centerlines of row spaces

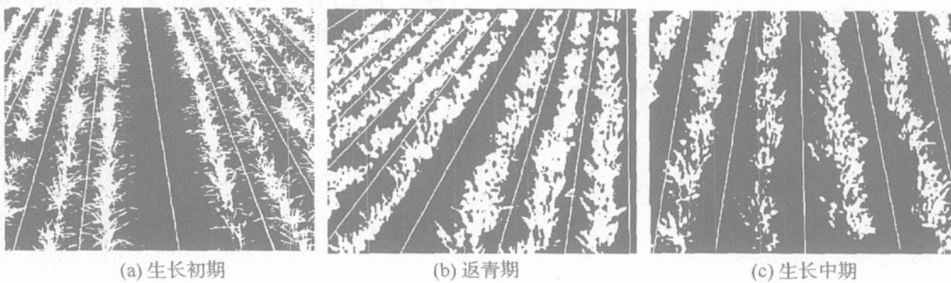


图 5 列间中心线检测结果

Fig. 5 Centerlines of inter-rows spaces

3 结束语

本研究根据麦田中耕管理期间苗列区域的绿色分量大于其他 2 个颜色分量的特点,将麦田彩色图像转换为灰度图像,利用阈值分割方法提取苗列。对二值图像采用基于水平线扫描的归类方法,将属于同一目标列的目标点归属到同一个数据类中,利

用过已知点的霍夫变换检测多列目标中心线。采用该算法处理 640 像素 ×480 像素的图像平均需要 0.12 s。在对 800 幅麦田图像进行的目标线检测试验中,有 762 幅图像正确检测出目标中心线,检测正确率为 95%。以白像素为目标时,可检测出苗列中心线;以黑像素为目标时,可检测出列间中心线。

与文献[13]和[14]中的算法相比,本研究提出

的基于水平线扫描的归类算法具有以下优点:

1) 利用扫描区域内目标像素个数的累加,有效避免了噪声对目标直线的影响,不需要去除噪声、滤波等预处理;

2) 由于采用了逐行水平扫描,因而避免了目标不连续对检测结果的影响;

3) 过已知点的霍夫变换相对传统的霍夫变换具有更快的处理速度和更高的准确性。在每一目标中心线的检测过程中,过已知点的霍夫变换最多对 h (图像高度,单位:像素) 个数据进行处理,从而在很大程度上提高了处理速度,同时,只要目标点的检测和归类正确,就不会发生误检、漏检、多检等情况;

4) 对于中耕管理期间不同生长状况和不同天气状况的麦田图像,利用该算法均可获得正确检测结果;

5) 该算法不仅适用于麦田图像,同时适用于玉米、棉花、大豆等作物图像,只要检测对象的绿色分量大于红色和蓝色分量,同时,检测目标满足一定的直线度,该算法都能获得较为理想的检测结果。

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):160~166
- [2] Reid J F, S W Searcy. An algorithm for separating guidance information from row crop images [J]. Transactions of ASAE, 1988,31(6):1624~1632
- [3] Ollis M, Stentz A. First result in vision-based crop line tracking [C]. Proceeding of the 1996 IEEE Conference on Robotics and Automation. Minneapolis: 1996: 951~956
- [4] Chen Bingqi, Tojo S, Watanabe K. Detection algorithm for traveling route in paddy field for automated managing machines[J]. Transactions of ASAE,2002,45(1):239~246
- [5] Chen Bingqi, Tojo S, Watanabe K. Machine vision for a micro weeding robot in a paddy field[J]. Biosystems Engineering,2003,85(4):393~404
- [6] Chen Bingqi, Watanabe K. Studies on the computer-eye of rice transplant robot (part 1) [J]. Journal of JSAM, 1997,59(2):49~55
- [7] Okamoto H, Hamada K, Kataoka T, et al. Automatic guidance system with crop row sensor [C]. Zhang Qin. Automation Technology for Off-Road Equipmen. Chicago:ASAE Publication, 2002:307~316
- [8] Han S, Zhang Q, Ni B, et al. A guidance directrix approach to vision-based vehicle guidance systems[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2004,43:179~195
- [9] 沈明霞,姬长英. 基于纹理频谱的农田景物区域检测[J]. 农机化研究,2000,8(3):43~47
- [10] 沈明霞,姬长英,李秀智. 基于形态学的农田景物区域检测技术[J]. 农业机械学报,2003,34(1):92~94
- [11] 毛文华. 基于机器视觉的田间杂草识别技术研究[D]. 北京:中国农业大学,2004
- [12] 王厚大,梁栋,杨恒新. 自动阈值选取的两种算法[J]. 南京邮电学院学报,2002,22(44):85~88
- [13] 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
- [14] 张卫,杜尚丰. 机器视觉对农田定位基准线的识别[J]. 中国农业大学学报,2006,11(4):75~77