

大豆植株分杈数自动提取算法研究

姚远 孟金慧 李向阳

(华中师范大学物理科学与技术学院,湖北武汉 430079)

摘要 根据大豆植株分杈个数可以预估大豆的产量。为了满足现代农业预测农产品产量的需要,本文提出一种大豆植株分杈数自动提取算法,即首先将采集到的大豆植株图片进行灰度变换、滤波、阈值分割得到二值图像,再进行形态学中的闭运算操作得到大豆植株的轮廓,然后基于Zhang并行快速细化算法提取骨架,最后借助改进的角点检测算法对大豆植株的所有分杈点进行标记并自动统计分杈数,仿真结果与大豆植株实际分杈点一致。

关键词 大豆植株;分杈数提取;角点检测;快速细化

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2019)11-0006-03

Study on Automatic Extraction Algorithm for Soybean Plant Tiller Number

YAO Yuan MENG Jin-hui LI Xiang-yang

(College of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan Hubei 430079)

Abstract The number of soybean plants can predict the yield of soybean. In order to meet the needs of prediction for the agricultural production in modern agriculture, this paper proposed an automatic extraction algorithm for soybean plant tiller number. Firstly, the collected soybean plants were subjected to gradation transformation, filtering and threshold segmentation to obtain a binary image; secondly, the closed operation in morphology was performed to obtain the outline of the soybean plant, and the skeleton was extracted based on the Zhang parallel rapid refinement algorithm; thirdly, all the tillers of soybean plants were marked and the number of branches automatically counted by using the improved corner detection algorithm. The simulation results are consistent with the actual tillering points of soybean plants.

Key words soybean plant; tiller number extraction; corner detection; rapid refinement

随着现代农业的发展以及与信息学科间的不断融合,图像处理技术在农业领域的应用越来越多并得到广泛运用,既节约了劳动力,又降低了劳动成本,极具应用前景^[1-2]。大豆是世界上重要的粮油作物,也是人类优质蛋白的主要来源。作为我国进口量最大的农产品,大豆的产业链和价值链在农产品贸易和国家粮食安全方面的作用举足轻重。因此,借助图像处理技术进行大豆产量的预测具有极大的理论研究和实际应用价值。

大豆植株分杈的多少影响大豆的产量,当前大豆植株分杈数主要依靠人工方法进行统计。骨架是图像物体形态非常重要的拓扑表述,是对图像做特征提取、形状分析以及模式识别应用的前提^[3],相关专家学者在作物行识别和骨架提取导航方面做了大量的研究工作。刁智华等^[4]对小麦作物行提取骨架采用了细化算法,之后再对其进行直线拟合作为导航路径,该算法的优点在于能快速、准确地将田间作物行的骨架提取出来。袁池等^[5]提出果树行中心线检测算法,能够快速有效地把果树行中心线提取出来。孟庆宽等^[6]在玉米作物行图像的基础上,研究出了一种作物行中心线检测方法,该算法是基于线性相关系数约束提出来的,提取作物行中心线的效率非常高;孟庆宽等^[7]在第2年又提出一种新的直线检测算法,该算法不仅能够准确地识别出作物行,而且抗干扰性强,具有非常高的应用价值。贾挺猛等^[8]运用Rosenfeld细化算法把提取葡萄树枝图像的骨架提取出来,该算法较好地维持了葡萄树枝原来的形状。王松伟等^[9]提出的骨架提取算法能较好地留存目标的主要形状,极大地提高了运算速率。而Sarkar等^[10]为了表述图像的纹理特征,提出分形维数差分计盒算法。张立国等^[11]提出一种基于小波包和数学形

态学结合的图像特征提取方法对图像进行特征提取及边缘检测,仿真表明,该算法可以有效地提取图像特征及检测出更清晰的边缘。陈雪松等^[12]为了提取目标物特征,采用了二值图像的像素骨架势能方法。角点是图像中的重要局部特征,其像素点灰度变化剧烈,是图像研究中最常见的一类特征点^[13-14]。其中,Harris角点算法计算简单、提取均匀、旋转不变性、具有较高的稳定性以及鲁棒性^[15],在实际中应用最广。

本文借助MTALAB仿真工具,基于Zhang并行快速细化算法提取骨架,借助改进的Harris角点检测算法对大豆植株的分杈点进行自动标记及自动统计,从而为现代农业提供服务。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本文以大豆植株作为研究对象,用手机拍摄获取大豆植株图像,拍摄时间为2017年11月,拍摄图片输出为24位RGB彩色图像。

1.2 基于Zhang并行快速细化骨架提取

二值图像的细化在图形文字识别、图像数据压缩和线状目标自动跟踪等方面均有应用,其算法有经典细化算法、Deutsch算法、Pavlidis异步细化算法、Zhang并行快速细化算法等。其中,Zhang并行快速细化算法与其他算法相比具有速度快和保持细化后曲线的连通性等优点^[16]。因此,本文用该算法提取骨架。

1.3 改进的Harris角点检测算法

Harris角点检测原理是利用移动的窗口在图像中计算灰度变化值,其关键流程为灰度图像→计算差分图像→高斯平滑→计算局部极值→确认角点^[17]。

可以把灰度变化用函数表示为:

$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x+u, y+v) - I(x, y)]^2 \quad (1)$$

式中: $E(u, v)$ 表示图像窗口内的像素灰度; $w(x, y)$ 表示

基金项目 中央高校基本科研助项目(CCNU18CG007, CCNU18TS030)。
作者简介 姚远(1974-),男,河南息县人,博士,副教授,从事信息处理、嵌入式系统应用、测控网络等相关领域的研究工作。

收稿日期 2019-02-27

窗口函数, $I(x, y)$ 表示图像灰度函数。

可借助式(1)找到使 E 值尽可能大的像素点, 进而确定角点的位置。在此, 先不考虑其窗口函数, 将等式右边泰勒公式展开:

$$I(x+u, y+v) = I(x, y) + I_x u + I_y v + O(u^2, v^2) \quad (2)$$

得到

$$E(u, v) = [u, v] \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (3)$$

对于局部微小的移动量 $[u, v]$, 近似表达为:

$$E(u, v) \cong [u, v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (4)$$

这里考虑窗口函数, 可表示为

$$M = \sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

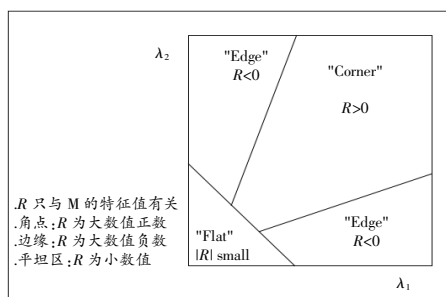
其中, I_x 和 I_y 分别表示图像 x 方向和 y 方向的梯度。矩阵 M 的特征值跟图像的角点、平面判定和边缘有一定的关系。

在实际应用中, 为了简化计算, 定义了一个角点响应函数:

$$R = \det(M) - k \times \text{trace}^2(M) \quad (6)$$

式中, k 是某常数, 取值范围一般为 $0.04 \sim 0.06$ ^[18]; $\det(M)$ 表示矩阵 M 的行列式; $\text{trace}(M)$ 表示矩阵 M 的迹。

如果目标像素点计算的 R 角点响应函数值大于预先设定的阈值, 并且计算出的 R 角点函数值为局部最大值, 则将该像素点当作候选角点。 R 值与角点的判定关系如图 1 所示。图中, 边缘区域(Edge), R 角点响应函数值小于 0; 平坦区域(Flat), R 角点响应函数值是大数值负数; 角点区域(Corner), R 角点响应函数值为大数值正数。



注: λ_1, λ_2 为矩阵 M 的特征值。

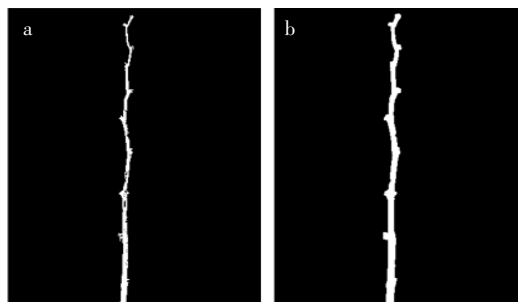
图 1 R 值与角点判定关系

该算法的稳定性和 k 取值有关, 但是 k 是个经验值, 不好直接判断, 浮动范围也有可能较大^[19]。因此, 本文采用了改进版的 Harris 角点检测算法来检测提取后的骨架, 此方法的主要思路是在原来 Harris 算法的基础上直接计算出 2 个特征值, 通过比较 2 个特征值来进行直接分类。这样做就能简化步骤, 不用计算 Harris 角点响应函数, 也不用估算 k 值, 这样不仅简化了过程, 而且提升了运算速率。另一方面, 原始算法对检测到的角点进行非极大值抑制处理, 再对检测到的候选角点进行阈值处理, 若小于阈值则删除。原始 Harris 角点检测算法的检测效果过于依赖于阈值的设定, 当设定的阈值较小时, 会出现大量的伪角点; 当设定阈值较大时, 会有许多漏检角点。因此, 在本文算法中, 不再用非极大值抑制, 而选择用容忍距离, 既简化了步骤, 又避免了阈值大

小问题对试验结果造成的影响, 计算复杂度降低。该改进算法首先要做的就是选取一个具有最大、最小特征值的点作为角点, 然后在这个选定角点的基础上依次按照最大、最小特征值顺序依次搜寻余下的角点, 如果搜寻到的角点和前一搜寻到的角点距离在容忍距离内, 那么这个新角点被忽略, 不作计数。以此方法一直到搜寻完整个骨架为止。

2 结果与分析

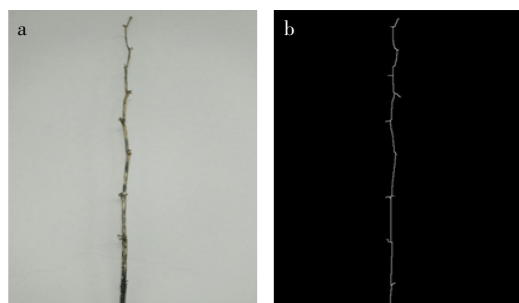
图像仿真分析处理的计算机配置为 Intel(R)Core(TM)i5, 2.5GHz, 4G 内存; 软件为 MATLAB 以及 Microsoft Visual C++ 下的 opencv 应用程序框架。首先将采集的大豆植株图像进行灰度变换, 再进行二值图像处理, 实现图片与背景的有效分割。本文采用阈值法对大豆植株灰度图进行二值化处理^[20-21], 在阈值为 107.64 时二值化效果最好, 实现了大豆植株与背景的有效分割, 如图 2(a) 所示。经过滤波和二值化处理后的大豆植株图像行间仍然存在少许噪声, 于是对图像进行腐蚀、膨胀运算^[22]。其中, 对图像进行运算的方形结构元素有效去除了小噪声, 而对图像进行运算的线性结构元素很有效地连接了植株间的间断区域, 得到的大豆植株轮廓图像噪声有了较明显的消除, 如图 2(b) 所示。



注: a 为二值化效果图; b 为大豆植株轮廓图。

图 2 大豆植株图像预处理

经处理后的图片再进行上述 Zhang 并行快速细化处理, 运算后得到的图像如图 3(b) 所示。与图 3(a) 对比可知, 骨架提取较清晰, 由于图片用手机拍摄, 为非高清图片, 所以存在一定误差。得到图片骨架之后用上述角点检测算法来检测节点, 并在原图中标注出来。本文取容忍距离为 50 时, 可以达到最好的效果, 在原图中标记的最终效果如图 4 所示, 试验结果与大豆植株分权点一致。

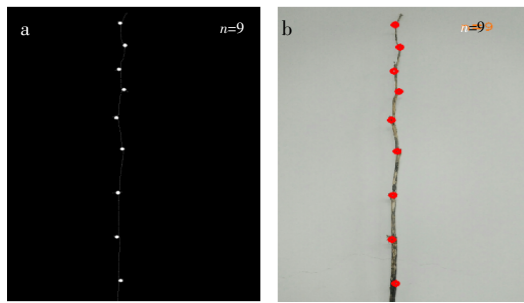


注: a 为大豆植株原图; b 为大豆植株骨架图。

图 3 大豆植株图像对比

3 结论与讨论

试验结果表明, 该算法能去除大量伪角点和不必要角点簇, 验证了改进算法的有效性和实用性。本文对大豆植株



注:a 为大豆植株仿真标注;b 为原图人工标注。

图4 枝杈点标记对比

进行图像采集、灰度化、二值化、滤波、消噪、形态学处理以及骨架提取和角点检测,从而达到了植株分杈点自动统计的目的,可为后续的大豆植株的自动化识别研究提供研究依据,为预测大豆产量提供统计基础。为了准确地自动统计大豆植株的分杈,基于三维图像采集技术的植株自动分杈统计是下一步的工作。

4 参考文献

- [1] 李辉,滕桂法,张燕.数字图像处理技术及其在农业中的应用研究[J].安徽农业科学,2013,41(13):6060-6061.
- [2] 张书彦,张文毅,余山山,等.图像处理技术在信息农业中的应用现状及发展趋势[J].江苏农业科学,2017,45(22):9-13.
- [3] 刁智华,吴贝贝,毋媛媛,等.基于图像处理的骨架提取算法的应用研究[J].计算机科学,2016,43(增刊1):232-235.
- [4] 刁智华,王会丹,宋寅卯.基于机器视觉的农田机械导航线提取算法研究[J].农机化研究,2015(2):35-39.
- [5] 袁池,陈军,武涛,等.基于机器视觉的果树行中心线检测算法研究[J].农机化研究,2013(3):37-39.
- [6] 孟庆宽,刘刚,张漫,等.基于线性相关系数约束的作物行中心线检测方法[J].农业机械学报,2013,44(增刊1):216-223.
- [7] 孟庆宽,何洁,仇瑞承,等.基于机器视觉的自然环境下作物行识别与导航线提取[J].光学学报,2014,34(7):172-178.

(上接第5页)

的频率巴彦呼舒为 13.5%,其余农区约为 43.2%;5月中旬出现的频率巴彦呼舒为 5.4%,其余农区约为 8.9%。5月中旬的终霜冻对大豆苗期危害较大,依据历年播种期与出苗天数的分析,5月15日之后播种,5月下旬出苗,可躲过终霜冻的危害。此外,初霜冻日期历年平均巴彦呼舒在 10月5日,其余地区在 9月27日左右;80%保证率巴彦呼舒在 10月1日,其余农区在 9月20日左右。兴安盟主体农区初霜日期主要分布在 9月中旬至 10月上旬,9月中旬初霜日期出现频率巴彦呼舒为 0,其余地区平均为 16.2%;9月下旬出现频率巴彦呼舒为 21.6%,其余农区约为 54.8%;10月上旬出现的频率巴彦呼舒为 78.4%,其余地区为 29.1%。若大豆成熟期在 9月下旬之前,可免受 83.9%的霜冻危害,依据大豆生育期 115 d 计算,5月20日之前播种,基本可免受初霜冻的威胁。

2.5 大豆适宜播种期

历年大豆观测资料显示,兴安盟地区大豆一般在 5月下旬至 6月上旬播种。大豆分期播种试验结果表明,将春播日期提前到 5月中旬,能够提高大豆产量,且早播能够延长大豆生长期,营养生长期植株生长健壮,生殖生长期干物质积累多,株籽粒重及百粒重均偏高。同时,结合历年春播及成熟期的气候条件分析结果,兴安盟大豆播种期在 5月10—20日,遭受终霜冻影响的概率下降至 10%以下,同时基

- [8] 贾挺猛,苟一,鲍官军,等.基于机器视觉的葡萄树枝骨架提取算法研究[J].机电工程,2013,30(4):501-504.
- [9] 王松伟,李言俊,张科,等.一种快速的目标骨架提取算法[J].红外与激光工程,2009,38(4):731-736.
- [10] SARKAR N,CHAUDHURI B B.An efficient differential box-counting approach to compute fractal dimension of image[J].IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1994,24(1):115-120.
- [11] 张立国,杨瑾,李晶,等.基于小波包和数学形态学结合的图像特征提取方法[J].仪器仪表学报,2010,31(10):2285-2290.
- [12] 陈雪松,徐学军.一种二值图像特征提取的新理论[J].计算机工程与科学,2011,33(6):31-36.
- [13] 朱坚民,李记岗,李孝茹,等.基于灰色绝对关联度的角点检测算法[J].仪器仪表学报,2014,35(6):1230-1238.
- [14] 陈万培,陈晓龙,范冠杰,等.加权 SUSAN 角点检测算法稳定性改进研究[J].国外电子测量技术,2014,33(2):53-57.
- [15] SUN L,WANG S Q,XING J.An improved Harris corner detection algorithm for low contrast image[C]//东北大学.IEEE 新加坡工业电子分会.IEEE 哈尔滨控制系统分会.第 26 届中国控制与决策会议论文集.长沙:《控制与决策》编辑部,2014.
- [16] RIVARA M C,LEVIN C A 3-D refinement algorithm suitable for adaptive and multigrad techniques[J].Communications in Applied Numerical Methods,1992,8(5):281-290.
- [17] 赵艳,江泽涛.一种改进的 Harris 角点检测算法[J].桂林电子科技大学学报,2017(5):401-405.
- [18] PAN H,ZHANG Y,LI C,et al.An adaptive Harris corner detection algorithm for image mosaic[J].Communications in Computer & Information Science,2014,484:53-62.
- [19] YANG X,HUANG Y,FENG G,et al.New corner detection algorithm of chessboard image for camera calibration[J].Chinese Journal of Scientific Instrument,2011,32(5):1109-1113.
- [20] RUSS,JOHN C,WOODS,et al.The Image Processing Handbook,2nd Ed.[J].Computers in Physics,2017,8(2):177.
- [21] ZHANG Y D,ZHU S M,LI L.Development of digital image processing system based on MATLAB[J].Advanced Materials Research,2014,971-973:1594-1597.
- [22] GAO S.Research on medical image processing method based on the MATLAB[J].Lecture Notes in Electrical Engineering,2013,217:269-276.

本可免受初霜冻的威胁。因此,5月10—20日可确定为兴安盟大豆适宜播种期。

3 结论与讨论

历年大豆观测数据及分期播种试验数据表明,不同播种期大豆出苗天数和全生育期不同,大豆延期播种可使出苗天数和全生育期呈缩短趋势。随着平均气温的升高,完成出苗需要的时间呈缩短趋势。平均气温在 20℃以上时,大豆出苗仅需要 7~9 d,播种至出苗需要 ≥ 10 ℃活动积温在 148.9℃以上。兴安盟日平均气温达 15℃以上时,大豆即可播种,当日平均气温达 20℃左右时播种为最佳。

依据分期播种试验并结合春播期和成熟期气候分析,兴安盟地区大豆适宜播种期为 5月10—20日。

4 参考文献

- [1] 宗英飞,吴丹,冯雪君.辽西地区大豆适宜播种期试验研究[J].安徽农业通报,2015(5):27-29.
- [2] 袁鸿,陈佳琴,朱星陶,等.大豆新品种黔豆 8 号的适宜播种期研究[J].耕作与栽培,2014(4):33-35.
- [3] 杨旭.大豆新品种山宁 16 号适宜播种期与种植密度的研究[D].泰安:山东农业大学,2013.
- [4] 钱爱萍,曹秀霞,安志花,等.大豆播种期试验研究初报[J].宁夏农林科技,2005(6):39-40.
- [5] 梁福琴,王晓霞,刘琦,等.不同播种期对大豆产量及相关农艺性状的影响[J].作物杂志,2015(6):155-158.
- [6] 周斌,张丽亚,张磊.播种期对黄淮南部夏大豆品种成熟期和产量的影响[J].作物研究,2015,29(5):482-484.