



引用格式:夏永泉,黄海鹏,王兵.一种基于改进非极大值抑制的农作物病斑检测方法[J].轻工学报,2017,32(1):-.

中图分类号:TP391.41 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2017.1.014

文章编号:2096-1553(2017)01-0097-06

一种基于改进非极大值抑制的农作物病斑检测方法

A plant lesion detection method based on improved non-maxima suppression

夏永泉,黄海鹏,王兵

XIA Yong-quan, HUANG Hai-peng, WANG Bing

郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院,河南 郑州 450001

College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China

关键词:

形态学滤波;线性插值;非极大值抑制;病斑检测

Key words:

morphological filtering;
linear interpolation;
non-maxima suppression;
lesion detection

摘要:针对传统边缘检测算子在植物病斑检测过程中抗噪性能差、自适应能力较弱、处理过程中采用的非极大值抑制方法容易导致伪噪声边缘出现等问题,提出了一种线性插值的非极大值抑制改进方法.该方法首先在预处理过程中使用改进的形态学滤波法替代高斯滤波,然后通过引入插值因子与邻域相关系数,将8个邻域简化为4个邻域,进行计算插值的梯度幅值与目标点的比较,替代传统方法中直接沿着梯度方向与邻域值相比较.实验结果表明:改进后的方法在抑制伪边缘点出现与适应性方面有了较好的提升,对病斑部分的分割具有非常好的有效性、准确性和鲁棒性.

收稿日期:2015-11-27;修回日期:2016-07-01

基金项目:国家自然科学基金项目(61302118);河南高校青年骨干教师资助计划(2010GGJS-114)

作者简介:夏永泉(1972—),男,辽宁省绥中县人,郑州轻工业学院副教授,博士,主要研究方向为图像处理、模式识别、人工智能、机器学习和计算机视觉.

Abstract: Since the traditional edge detection operators in a plant lesion detection process using non-maxima suppression method very easily led to spurious noise edges, poor anti-noise performance and weak adaptive capacity, a non-maxima suppression based on improved linear interpolation method was proposed. This method at first used improved morphological filtering method to replace Gaussian filtering. Then by introducing interpolation factor and related field coefficient, it used the target pixel four points and related fields around the gradient direction coefficient linear interpolation, thus replacing the traditional method to compare with the field value directly along the gradient direction. The results showed that improved method had good improvements in terms of suppressing false edge point appears and adaptability in the lesion portion division, and had very good validity, accuracy and robustness.

0 引言

在农业生产中,由于农作物病害的不可控制,常常出现大面积减产甚至绝收^[1],因此通过技术手段预防植物病害显得尤为重要.病斑是植物病害最直接的表现形式,传统的边缘检测算法都是通过检测最大值的一阶导数或者二阶导数过0的方法来实现.通过一阶导数实现检测比较有代表性的算子有 Roberts 算子, Prewitt 算子和 Sobel 算子.而通过二阶导数过0实现检测的典型算子有 LOG 算子、Laplace 算子.虽然这些算子都比较简单,容易实现,且都具有很好的性能,但它们对噪声较敏感,抗噪性能较差^[2].

近年来,边缘检测算法广泛应用于临床医学、智能农业、智能交通等领域,相关专家对边缘检测算法进行了改进.郑英娟等^[3]通过八方向 Sobel 算子来实现边缘检测.郭方方等^[4]通过 OTSU 算法来实现 Canny 算子的阈值自适应选取.余洪山等^[5]通过在边缘梯度计算时,将二维滤波模板分解为两个一维滤波模板改进了梯度算法.本文拟在前人研究的基础上提出一种改进的非极大值抑制方法,以提高病斑分割精度和图像的连贯性,得到清晰准确的边缘病斑图像,从而有效避免伪边缘的产生.

1 改进的农作物病斑检测方法

1.1 传统非极大值抑制处理法

非极大值抑制 NMS (Non-maxima Suppres-

sion)作为边缘检测算法的一个重要环节,简单来说可以看作局部区域内的最值搜索问题.进行非极大值抑制,主要目的是找到平滑图像中所有可能出现的边缘点^[6].传统方法在处理过程中局限性较大,由于 NMS 过程中局部最值点的遍历寻找过程中随机性、偶然性较大等因素的影响,非常容易丢失边缘点,同时也易导致伪边缘的产生,给后期的阈值选取和边缘点的连接造成较大影响^[7].

在传统边缘检测方法中,一维高斯函数具有良好的单调性,通常采用该方法进行滤波处理,用来获取平滑图像,但该方法在去除噪声的同时也会产生边界模糊的问题.研究发现用数学形态学进行滤波时,滤波器同样具有上述单调性,并且还具有一些优于高斯滤波器的特征^[8].因而本文提出用改进的形态学滤波法替代高斯滤波,既可解决边缘模糊问题,又具有良好的抗噪性.

传统的 NMS 过程只是采用简单的 3×3 模板在 4 个方向上将目标像素点的梯度幅值分别与梯度幅值方向上两端的邻近像素点的梯度幅值进行对比:若目标像素点的梯度幅值同时大于邻近像素点的梯度幅值,则保持目标像素点的梯度幅值不变;否则,将目标像素点的梯度幅值置为 0,从而实现 NMS 过程.该方法往往会导致边缘信息丢失,也会导致处理后的图像出现断点或噪点.

1.2 改进的检测方法

本文提出 8 个方向上的线性插值法实现新的 NMS,理论上,该方法在抑制伪边缘的出现、获取更加精确的边缘图像方面具有较好的效果.

本改进方法主要通过如下步骤实现:1)采集含有病斑的植物图像;2)原始图像作灰度化处理;3)灰度图像中添加椒盐噪声;4)使用形态学滤波的开闭算子进行图像噪声平滑处理;5)提取图像在 X 轴和 Y 轴方向上的梯度,并改进 NMS 处理,然后提取斜方向上的梯度;6)选取自适应双阈值.

1.2.1 改进形态学滤波法预处理 数学形态学是由一组代数运算符的形态构成^[9].传统的形态学滤波器采用固定的 3×3 正方形元素去除噪声^[10],本文使用两个菱形结构元素 A 和 B 进行改进,其中 A 为 3×3 菱形结构, B 为 5×5 菱形结构:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

由于 A 元素的结构较小,因此它滤除噪声的能力相对较弱,但是它可以保存图像边缘的细节部分. B 元素结构较大,消除噪声的能力相对较强,但会丢失部分图像边缘细节信息.因此,结构元素 A 和 B 被开闭滤波用来滤除图像噪声,并保存图像的边缘细节.

1.2.2 改进的 NMS 处理法 图像经过形态学滤波后,为了更精准地对边缘进行定位,必须保留局部梯度值最大的点,进行 NMS 处理.本文改进方法采用 8 个方向邻域,使用 3×3 模板对中心点 $P(i,j)$ 沿梯度方向全部像素进行插值处理.通过对邻域中心点与沿梯度方向两个插值点的梯度幅值大小进行比较:若邻域中心点

梯度幅值满足小于两个插值点中任意一个的梯度幅值(包含同时小于两个插值的梯度幅值),将邻域中心点梯度幅值置为 0;否则,邻域中心点梯度幅值置为 1.依据几何的对称性质,本文只考虑邻域 8 个方向中第一、二象限部分的 4 个方向,将 $0^\circ \sim 45^\circ$ 和 $135^\circ \sim 180^\circ$ 设为偏水平方向,将 $45^\circ \sim 90^\circ$ 和 $90^\circ \sim 135^\circ$ 设为偏垂直方向.在偏水平方向时插值因子值为 $\alpha = |G_x(i,j)/G_y(i,j)|$,在偏垂直方向时插值因子值为 $\sigma = |G_y(i,j)/G_x(i,j)|$,式中 $G_x(i,j)$ 和 $G_y(i,j)$ 分别为邻域中心点在 X 轴和 Y 轴方向上的梯度幅值.

1) 在 $0^\circ \sim 45^\circ$ 和 $90^\circ \sim 135^\circ$ 度方向上.

令目标点为 G_1, G_2 ,选取偏水平方向插值因子 α ,取目标点邻域内两个像素点 $M_1(i-1, j)$ 和 $M_2(i-1, j+1)$ 进行线性插值,可得插值点 $N_1 = M_1(i-1, j) + \alpha [M_2(i-1, j+1) - M_1(i-1, j)]$ 和 $K_1 = M_1(i, j) + \sigma [M_2(i-1, j) - M_1(i, j)]$,选取 $P_1(i, j)$ 和 $P_2(i, j+1)$ 可得插值点 $N_2 = P_1(i, j) + \alpha [P_2(i, j+1) - P_1(i, j)]$ 和 $K_2 = P_1(i, j-1) + \sigma [P_2(i-1, j-1) - P_1(i, j-1)]$.

根据所求得的 N_1 和 N_2, K_1 和 K_2 ,可确定插值点 G_x 的梯度幅值:

$$G_x(i, j) = \begin{cases} N_2 + \alpha \left| \frac{E_y(i, j)}{E_x(i, j)} \right| (N_1 - N_2) & x = 1 \\ K_1 + \sigma \left| \frac{E_x(i, j)}{E_y(i, j)} \right| (K_2 - K_1) & x = 2 \end{cases}$$

同理可得 G_x 关于中心点对称的插值点 G'_x .

对于 G_1 ,有

$$N'_1 = M_1(i+1, j) + \alpha [M_2(i+1, j-1) - M_1(i+1, j)]$$

$$N'_2 = P_1(i, j) + \alpha [P_2(i, j-1) - P_1(i, j)]$$

对于 G_2 ,有

$$K'_1 = M_1(i, j) + \sigma [M_2(i+1, j) - M_1(i, j)]$$

$$K'_2 = P_1(i, j+1) + \sigma [P_2(i+1, j+1) - P_1(i, j+1)]$$

则插值点 G'_x 的梯度幅值为

$$G'_x(i, j) = \begin{cases} N'_2 + \alpha \left| \frac{E_y(i, j)}{E_x(i, j)} \right| (N'_1 - N'_2) & x=1 \\ K'_1 + \sigma \left| \frac{E_x(i, j)}{E_y(i, j)} \right| (K'_2 - K'_1) & x=2 \end{cases}$$

用目标点 G_1 和 G_2 的梯度幅值与插值点 G_x 和 G'_x 进行梯度幅值大小比较, 如果 $G_1 > G_x$, $G_1 > G'_x$ 且 $G_2 > G_x$, $G_2 > G'_x$, 则目标点 G_1, G_2 为候选点, 反之将其梯度幅值赋值为 0, 进行非极大值抑制。

2) 在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 和 $135^\circ \sim 180^\circ$ 度方向上。

令目标点为 G_3, G_4 , 选取偏水平方向插值因子 σ , 取目标点邻域内的两个像素点 $M_1(i, j)$ 和 $M_2(i-1, j)$ 进行线性插值, 可得插值点 $N_3 = M_1(i, j) + \sigma [M_2(i-1, j) - M_1(i, j)]$ 和 $K_3 = M_1(i-1, j) + \alpha [M_2(i-1, j-1) - M_1(i-1, j)]$, 选取目标点邻域内的两个像素点 $P_1(i, j+1)$ 和 $P_2(i-1, j+1)$ 可得插值点 $N_4 = P_1(i, j+1) + \sigma [P_2(i-1, j+1) - P_1(i, j+1)]$ 和 $K_4 = P_1(i, j) + \alpha [P_2(i, j-1) - P_1(i, j)]$ 。

根据所求得的 N_3 和 N_4, K_3 和 K_4 可确定插值点 G_x 的梯度幅值:

$$G_x(i, j) = \begin{cases} N_3 + \sigma \left| \frac{E_x(i, j)}{E_y(i, j)} \right| (N_4 - N_3) & x=3 \\ K_4 + \alpha \left| \frac{E_y(i, j)}{E_x(i, j)} \right| (K_3 - K_4) & x=4 \end{cases}$$

同理可得 G_x 关于中心点对称的插值点 G'_x 。

对于 G_3 , 有

$$N'_3 = M_1(i, j) + \sigma [M_2(i+1, j) - M_1(i, j)] \\ N'_4 = P_1(i, j-1) + \sigma [P_2(i+1, j-1) - P_1(i, j-1)]$$

对于 G_4 , 有

$$K'_3 = M_1(i, j) + \alpha [M_2(i, j+1) - M_1(i, j)] \\ K'_4 = P_1(i, j+1) +$$

$$\alpha [P_2(i+1, j+1) - P_1(i, j+1)]$$

则插值点 G'_x 的梯度幅值为

$$G'_x(i, j) = \begin{cases} N'_3 + \sigma \left| \frac{E_x(i, j)}{E_y(i, j)} \right| (N'_4 - N'_3) & x=3 \\ K'_3 + \alpha \left| \frac{E_y(i, j)}{E_x(i, j)} \right| (K'_4 - K'_3) & x=4 \end{cases}$$

用目标点 G_3, G_4 的梯度幅值与插值点 G_x, G'_x 进行比较, 如果 $G_3 > G_x, G_3 > G'_x$ 且 $G_4 > G_x, G_4 > G'_x$, 则目标点 G_3, G_4 为候选点, 反之将其梯度幅值赋值为 0, 进行非极大值抑制。

2 实验结果与分析

在边缘检测实验效果分析中, J. Canny 提出了关于边缘检测的最优准则^[11]: 1) 不漏检真实存在的边缘点, 也不将非边缘点当作边缘点, 即输出信噪比最大; 2) 检测边缘点与实际位置的边缘点位置接近, 输出图像定位精度较高; 3) 每一个实际存在的边缘点与所检测到的边缘点一一对应, 即单边缘响应准则。

在文献[12]中提出了另外一种边缘检测效果判定方法: 用 X 来表示检测到的边缘像素点的个数, 用 Y 来表示在边缘像素点中能够满足 8 个邻域单连通条件下的像素点个数, 用 Y/X 来表示边缘线的连接程度, 其数值越小边缘连接程度越高, 算法的效果越好; 反之, 伪边缘点越多, 边缘连接程度越低, 效果越差。在本实验中通过 Canny 准则和文献[12]所提方法多方面验证改进算法的鲁棒性。

在 Windows 7 64 bit 操作系统下, 使用 Matlab 7.0 工具对本文改进方法进行仿真测试。采集的番茄叶片病害、花生叶片病害和山茶叶片病害对于不同非极大值抑制方法的仿真结果见图 1—图 3, 边缘检测结果见表 1。由图 1—图 3 可见, 传统算法丢失了很多边缘细节, 而且包含较大噪声; 本文的改进方法能够有效地滤除噪声, 边缘检测效果更为清晰, 图像边缘细节信息更为丰富。

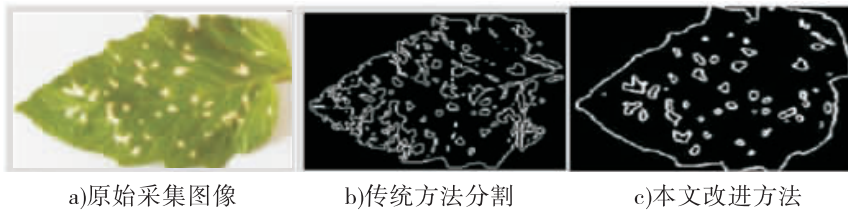


图1 番茄叶片病斑的实验结果

Fig. 1 Experimental results of tomato leaf lesion

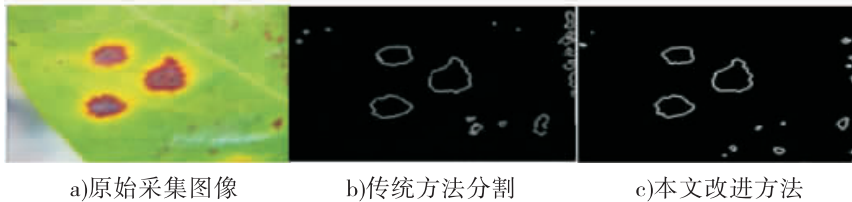


图2 花生叶片病斑的实验结果

Fig. 2 Experimental results of peanut leaf lesion

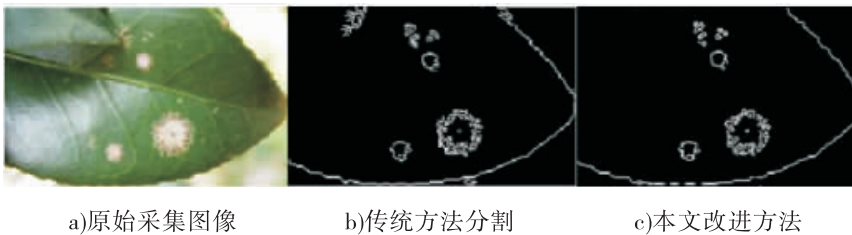


图3 山茶叶片病斑的实验结果

Fig. 3 Experimental results of camellia leaf lesion

表1 边缘检测实验结果

Table 1 Edge detection results

病害类型	传统方法			本文改进方法		
	X	Y	Y/X	X	Y	Y/X
番茄病害	21 354	2 902	0.135 9	19 259	2 071	0.107 5
花生病害	19 325	2 180	0.112 8	17 587	1 701	0.096 7
山茶病害	26 584	2 836	0.106 7	22 896	1 951	0.085 2

由表1可知,使用本文的改进方法检测植物病斑图像比传统算法效果明显. 通过对比算法中 Y/X 的值,验证了改进方法的优越性、鲁棒性. 该方法能提供更丰富的边缘信息、更清晰的处理结果,同时能够更有效地滤除噪声干扰、伪边缘和噪声边缘,得到更加精确的病斑区域边缘,并有效避免传统算法对于不同光照、噪声

等因素影响的局限性.

3 结论

本文提出了一种改进的非极大值抑制方法,用线性插值法在8个方向的邻域内进行遍历搜索比较从而进行极大值抑制过程. 通过实验分析,改进算法取得了较为满意的效果,边缘检测过程中有效地减小了噪声干扰,同时保证边缘部分更完整的细节信息. 依据 Canny 准则,通过实验数据能够客观地反应改进算法的优势,改进方法在边缘检测中能够发挥有效的作用. 但是鉴于采集图像背景信息的丰富程度及植物病斑种类的多样性,在今后研究中本方法有待进一步完善.

参考文献:

- [1] 夏永泉,曾莎,李耀斌.一种改进的植物叶片病斑区域边缘提取技术[J].郑州轻工业学院学报(自然科学版),2015,30(1):67.
- [2] 王小俊,刘旭敏,关永.基于改进 Canny 算子的图像边缘检测算法[J].计算机工程,2012,38(14):196.
- [3] 郑英娟,张有会,王志巍,等.基于八方向 Sobel 算子的边缘检测算法[J].计算机科学,2013,40(11):354.
- [4] 郭方方,严高师,李旭东,等.一种改进的基于 Otsu 算法的 Canny 红外边缘检测方法[J].红外,2010,31(7):24.
- [5] 余洪山,王耀南.一种改进型 Canny 边缘检测算法[J].计算机工程与应用,2004,20:27.
- [6] 王兰,吴谨.一种改进的 Canny 边缘检测算法[J].微计算机信息,2010,26(1/2):198.
- [7] 吉玲,杨亚,付珊珊,等.一种改进的 Canny 边缘检测算法[J].微处理机,2015,2(1):40.
- [8] 刘志敏,杨杰.基于数学形态学的图像形态滤波[J].红外与激光工程,1999,28(4):10.
- [9] 王卫星,王李平,员志超.一种基于最大类间后验概率的 Canny 边缘检测算法[J].计算机应用,2009,29(4):962.
- [10] 张成斌,王开福.基于形态开闭算子的高浓度椒盐噪声的去除方法[J].计算机工程,2015,41(2):199.
- [11] 史长琼,易昂.基于 Canny 准则的颗粒图像边缘检测算法[J].计算机工程与科学,2004,26(3):52.
- [12] HU D, TIAN X. A multi-directions algorithm for edge detection based on fuzzy mathematical morphology[C]//16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence-Workshops, Piscataway:IEEE, 2006:361-364.
- (上接第 49 页)
- [9] 赵艺强,连芬燕,吴清辉,等.卷烟纸对卷烟主流烟气中氢氰酸的影响[J].安徽农业科学,2010,38(31):17813.
- [10] 黄朝章.卷烟纸特性对卷烟主流烟气中苯酚的影响[J].江西农业学报,2010,22(11):81.
- [11] 白雪平,黄朝章,张建平,等.卷烟纸特性对卷烟主流烟气中氨含量的影响[J].中国造纸,2010,29(12):27.
- [12] 黄敏.含麻卷烟纸的试制[D].南京:南京林业大学,2005.
- [13] 周顺,徐迎波,王程辉,等.应用含有宣纸纸浆纤维的卷烟纸降低卷烟主流烟气有害成分释放量的方法:102733248A[P].2012-10-17.
- [14] 王晔,姚伟,王维生,等.卷烟纸的热失重与热裂解[J].烟草科技,2008(11):91.
- [15] 孙川,桂永发,陆舍,等.麻浆卷烟纸热裂解行为研究[J].质谱学报,2008,29(4):237.