

基于改进的灰色关联度的根系图像边缘检测

冷欣, 宋文龙

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘要: **目的** 实现对植物根系形态基本参数的计算和分析。**方法** 针对阵列分布内窥式图像获取技术采集的根系图像, 提出一种改进的灰色关联度的边缘检测算法。该算法基于灰色关联分析理论, 采用变权的邓式关联度模型, 利用 Sobel 算子的 2 个模板作为参考序列, 选取像素的八邻域分量值形成比较序列, 通过两类序列之间的关联度实现边缘检测。**结果** 仿真结果表明该算法与传统的边缘检测算子相比, 能够较准确地检验出有用的根系边缘信息。**结论** 基于 Sobel 算子的变权关联度的根系边缘检测算法有效地提高了边缘检测效果, 具有一定的抗噪性能。

关键词: 边缘检测; 根系图像; 变权关联度; Sobel 算子

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0046-04

Root Image Edge Detection Based on Improved Gray Correlation Degree

LENG Xin, SONG Wen-long

(Northeast Forestry University, Harbin 150040)

ABSTRACT: In order to calculate and analyze the basic parameters of plant root system, an improved gray correlation degree edge detection algorithm was proposed by acquisition technique for array distributed endoscopic image. Based on the grey relational analysis theory, the algorithm adopted the variable weight model, took the two templates of Sobel operator as the reference sequence, selected the eight neighborhood component values of pixels to form a comparison sequence and realized the edge detection by the correlation degree between the two kinds of sequences. The simulation results showed that the proposed algorithm was able to accurately test the useful information of the root edge compared with the traditional algorithm. In conclusion, the edge detection algorithm of variable weight correlation degree based on Sobel operator can effectively improve the edge detection effect, and has a certain anti noise performance.

KEY WORDS: edge detection; root image; variable weight correlation degree; Sobel operator

随着机器视觉技术在我国农业领域上的深入研究, 图像处理与识别算法研究已成为机器视觉应用在农业中的关键环节^[1], 其中图像的边缘检测已成为机器视觉以及人工智能研究领域最活跃的课题之一。一些成熟的图像边缘提取算法得到了广泛应用, 如 Roberts, Prewitt, Sobel 和 canny 算法, 它们都可以有针对性地对图像进行边缘检测, 这些算法计算量小, 实现方便, 但在不同程度上丢失了

真边缘, 往往边缘检测不太令人满意^[2], 因此许多学者相继提出了一些图像边缘检测算法, 如基于形态学的边缘检测算法^[3]、基于统计学的检测技术^[4]、基于模糊理论的检测技术^[5]、基于智能算法的边缘检测技术等^[6], 许多新颖的理论工具被应用到边缘检测中^[7-8]。

植物根系图像边缘检测已成为植物根系研究应用中重要的组成部分^[9], 其对根系形态基本参数

收稿日期: 2016-05-27

基金项目: 国家自然科学基金 (31270757; 31470714); 高等学校博士学科点专项科研基金 (20130062120005)

作者简介: 冷欣 (1980—), 女, 博士, 东北林业大学讲师, 主要研究方向为系统建模与仿真、智能控制理论及应用。

通讯作者: 宋文龙 (1973—), 男, 东北林业大学教授、博导, 主要研究方向为智能控制及检测、林业工程自动化。

的计算和分析、鉴别植物生长情况和防虫灾害有十分重要的意义,由于植物根系本身的复杂性和根系周围环境的多样性使得根系图像边缘检测这项工作十分复杂,近些年来开展了一些植物根系的边缘检测的研究工作。文献[10]提出使用支持向量机理论进行植物根系图像边缘检测,对图像的细节边缘有很好的检测效果,但存在计算量大的缺点;文献[11]对内窥方法获得的根系图像基于多尺度小波变换和自适应阈值的图像处理方法进行边缘检测,并将边缘提取后的图像进行融合,但其算法复杂度较大;文献[12]基于 Gabor 小波提出了一种图像边缘提取算子,并从不同尺度对图像实现了边缘信息的提取,但存在需要较大滤波尺度的缺点。

基于上述文献存在的问题,这里基于灰色关联分析理论,给出了一种改进的变权灰色关联度的根系图像边缘检测算法,该检测方法利用边缘像素与非边缘像素空域分布连续性不同的区别,通过两类序列之间的关联度实现边缘检测。通过仿真验证了该算法有效地提高了边缘检测效果,具有一定的抗噪性能。

1 灰色关联分析法的数学模型

目前国内对灰色系统理论还比较多^[13-16],其中灰色关联分析理论是灰色理论的最为重要的组成部分之一。对图像进行边缘检测,具体的某个像素有可能是边缘点或非边缘点,因此可以把图像的边缘检测看成是一个灰色系统^[17]。根据图像中的小邻域信息形成小样本数据序列,利用灰色关联分析模型实现边缘检测。灰色关联分析需要根据所研究的灰色网络系统,选择能代表各因素特点参考序列和比较序列,并选择用于分析两类序列间关系的灰色关联分析(GRA)计算模型。这里选用的 GRA 模型为变权的邓氏关联度,简称变权关联度,即

设参考序列 $x_0 = \{x_0(k) | k=1,2,\dots,n\}$, 比较序列 $x_j = \{x_j(k) | k=1,2,\dots,n\}$, 则参考序列与比较序列间的关联系数为:

$$\xi_{0j}(k) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta 0j(k) + \zeta \Delta \max} \quad (1)$$

式中: $\Delta \min = \min_j \min_k |x_0(k) - x_j(k)|$; $\Delta \max =$

$$\max_j \max_k |x_0(k) - x_j(k)|; \quad \Delta 0j(k) = |x_0(k) - x_j(k)|;$$

$\zeta = 0.5$ 。参考序列与各个比较序列间的变权关联度 R_{0j} 为:

$$R_{0j} = \sum_{k=1}^N \xi_{0j}(k) \cdot w(k) \quad (2)$$

式中: $w(k)$ 为序列中第 k 项的重要程度,其值越大,越重要。

2 改进的变权关联度的图像边缘检测算法

2.1 参考序列的确定

基于灰色理论的变权灰色关联度方法对图像进行边缘提取,关键在于寻找一个合适的算子模板序列作为参考序列。Sobel 算子实现边缘检测的原理是以像素点为中心,在 3×3 邻域内做灰度加权运算,加权平均后再做差分,然后检测该点是否处于极值状态。Sobel 算子反映图像的一阶梯度,对象素的位置的影响做了加权,可降低边缘模糊程度,利用快速卷积函数。和其他算子相比 Sobel 算子方法简单,处理速度快,易于实现,因此这里选用 Sobel 算子作为参考序列计算图像中各点的关联

度。Sobel 算子选用的模板为:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}。$$

由以上 2 个模板可得到由 Sobel 算子形成 2 个参考序列为: $x_0^1 = \{-1, 0, 1, -2, 0, 2, -1, 0, 1\}$;

$$x_0^2 = \{-1, -2, -1, 0, 0, 0, 1, 2, 1\}。$$

2.2 比较序列的确定

设一幅 $W \times H$ 像素的图像,其评价数据可以分为 n 个数据序列:

$$(X_0, X_1, \dots, X_n) = \begin{bmatrix} x_0(1) & x_1(1) & \dots & x_n(1) \\ x_0(2) & x_1(2) & \dots & x_n(2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_0(m) & x_1(m) & \dots & x_n(m) \end{bmatrix}$$

像素点及其邻域灰度构成的比较序列为:

$$x_{i,j} = \{x_{i-1,j-1}, x_{i-1,j}, x_{i-1,j+1}, x_{i,j-1}, x_{i,j}, x_{i,j+1}, x_{i+1,j-1}, x_{i+1,j}, x_{i+1,j+1}\}。$$

2.3 改进的变权关联度的边缘检测算法

基于改进的变权关联度的边缘检测算法的具体描述为以下几个步骤。

1) 将根系图像转换成灰度图像后, 进行数据一维化。

2) 确定参考序列和比较序列。选取 Sobel 算子的 2 个模板形成的参考序列; 得到 $W \times H$ 个比较序列 $X_{i,j} = \{x_{i-1,j-1}, x_{i-1,j}, x_{i-1,j+1}, x_{i,j-1}, x_{i,j}, x_{i,j+1}, x_{i+1,j-1}, x_{i+1,j}, x_{i+1,j+1} | i \in [1, W], j \in [1, H]\}$, 为描述方便, 用 x_r 表示: $x_r = \{x_r(k) | k \in [1, 9]\}$, $r \in [1, W \times H]$ 。

3) 确定关联度阈值和关联权值。取定关联度阈值 θ , 其取值在 $(0, 1]$ 之间。根据边缘检测的具体目的和研究兴趣, 确定关联权值 $w(k)$ 。

4) 计算灰色关联度。由前面可知 Sobel 算子形成的参考序列有 2 个, 计算参考序列 x_0 与比较序列 x_r 之间的变权关联度, 因此对于任何一点 $X_{i,j}$ 及其邻域形成的 2 个灰色关联度分别为 R_{0r1}, R_{0r2} , 设 $R_{0r} = \max(R_{0r1}, R_{0r2})$ 。

5) 根据关联度 $R_{0r} \geq \theta$ 与关联度阈值 θ 的关系, 区分边缘点与非边缘点。关联度阈值 θ 也称边缘信息量系数, 其取值越大, 检测出的边缘越多。边缘检测原则: 当 $R_{0r} \geq \theta$ 时, 说明比较序列 x_r 与参考序列 x_0 的相似性大, x_r 的中心像素具有内部点的特征, 不是边缘上的像素; 当 $R_{0r} < \theta$ 时, 说明比较序列 x_r 与参考序列 x_0 的相似性小, x_r 的中心像素不具有内部点的特征, 是边缘上的像素。

6) 根据以上的结果, 形成二值边缘图像。

3 仿真研究

这里选用 CCD 摄像机采集的根系图片利用 Matlab 软件进行根系图像的边缘检测。根系原图见图 1a。取 $w(k) = \{0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.6, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1\}$, 关联度阈值 $\theta = 0.92$ 。根系原图转化的灰度图像及对其进行根系边缘检测提取的结果见图 1b—h。从仿真结果可以看出 Prewitt, Roberts 和 Sobel 算子提取的效果很不理想, 丢失了大量的边缘信息, Canny 算子对图像的检测效果较好, 但存在伪边缘; 图 1h 为文中所提出的边缘检测算法, 通过仿真对比研究可以看出文中所提出的算法边缘比较连续, 细节信息保留较好, 对噪声的抑制作用较强。图 2a 是采集的一张较复杂的根系原图, 图 2b 是处理

后的灰度图像, 图 2c 基于改进的变权关联度的边缘检测算法得到的根系边缘图像, 从仿真结果可以看出, 对复杂的根系图像文中所提出的算法也具有较好的边缘检测效果。

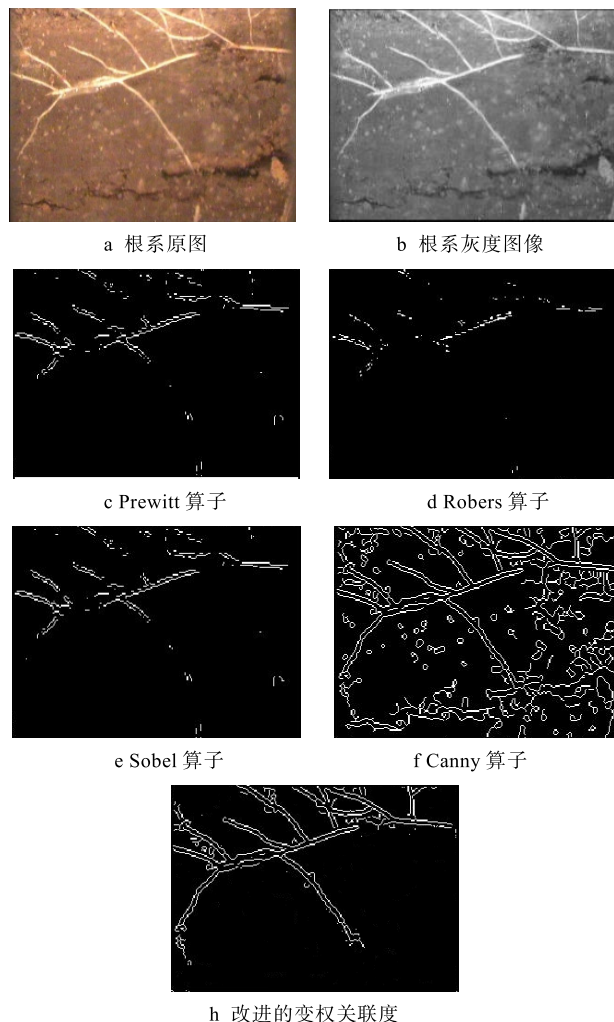


图 1 根系原图及其边缘检测结果

Fig.1 The edge detection results of root image

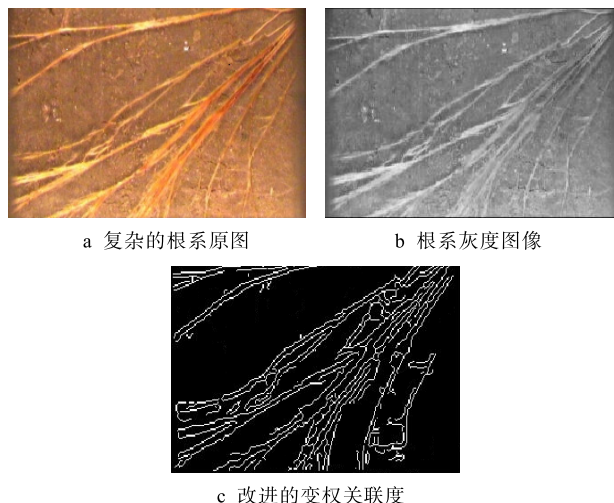


图 2 复杂的根系原图及其边缘检测结果

Fig.2 The edge detection results of complex root image

4 结语

这里针对变权关联度实现简单、定位准确但抗噪能力差的特点, 将 Sobel 算子与变权关联度理论相结合, 提出了基于 Sobel 算子的变权关联度的根系图像边缘检测算法。从仿真结果可以看出, 基于 Sobel 算子的变权关联度的边缘检测算法与传统边缘检测算子相比, 边缘检测效果有很大提高, 细节信息保留较好, 边缘形状与理想边缘形状较接近, 在很大程度上去除了虚假边缘, 且具有较好的抗噪能力。

参考文献:

- [1] 王风云, 郑纪业, 唐研, 等. 机器视觉在我国农业中的应用研究进展分析[J]. 山东农业科学, 2016, 48(4): 139—144.
WANG Feng-yun, ZHENG Ji-ye, TANG Yan, et al. Analysis on Application and Research Progress of Machine Vision in Agriculture in China[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2016, 48(4): 139—144.
- [2] SINGH H, KAUR T. Empirical Study of Various Edge Detection Techniques for Gray Scale Images[J]. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2013, 3(8): 76—80.
- [3] LI T G, WANG S P, ZHAO N. Gray-scale Edge Detection for Gastric Tumor Pathologic Cell Images by Morphological Analysis[J]. Computers in Biology and Medicine, 2009, 39(11): 947—952.
- [4] RAKESH R R, CHAUDHURI P, MURTHY C A. Thresholding in Edge Detection a Statistical Approach[J]. IEEE Transactions on Image Process, 2004, 13(7): 927—936.
- [5] MELIN P, MENDOZA O, CASTILLO O. An Improved Method for Edge Detection Based on Interval Type-2 Fuzzy Logic[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(12): 8527—8535.
- [6] TIAN J, YU W Y, MA L H. Ant Shrink: Ant Colony Optimization for Image Shrinkage[J]. Pattern Recognition Letters, 2010, 31(13): 1751—1758.
- [7] 吴鹏, 徐洪玲, 宋文龙, 等. 基于非线性四阶图像插值的亚像素边缘检测算法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2015, 36(2): 243—247.
WU Peng, XU Hong-ling, SONG Wen-long, et al. A Nonlinear Quartic Image Interpolation Based Subpixel Edge Detection Algorithm[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2015, 36(2): 243—247.
- [8] 吴鹏, 李雯霖, 宋文龙. 基于 C-V 模型无关曲率方向的快速分割算法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2015, 36(12): 1632—1637.
WU Peng, LI Wen-lin, SONG Wen-long. A Fast Segmentation Algorithm with Curvature-Independent Direction Based on the Chan Vese Model[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2015, 36(12): 1632—1637.
- [9] WELLS D M, FRENCH A P, NAEEM A, et al. Recovering the Dynamics of Root Growth and Development Using Novel Image Acquisition and Analysis Methods[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2012(1): 1517—1524.
- [10] 吴鹏, 宋文龙. 基于支持向量机理论的植物根系图像边缘检测方法[J]. 农机化研究, 2012(7): 89—92.
WU Peng, SONG Wen-long. Edge Detection Method of Plant Roots Image Based on Support Vector Machine Theory[J]. Agricultural Mechanization Research, 2012(7): 89—92.
- [11] 宋文龙, 闵昆龙, 邢奕, 等. 基于小波变换的自适应阈值植物根系图像边缘检测[J]. 北京科技大学学报, 2012, 34(8): 966—970.
SONG Wen-long, MIN Kun-long, XING Yi, et al. Roots Image Edge Detection Based on Adaptive Thresholds and Wavelet Transforms[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2012, 34(8): 966—970.
- [12] 宋文龙, 王立辉, 曹阳. Gabor 小波理论的植物根系图像边缘检测研究[J]. 自动化仪表, 2011, 32(3): 24—28.
SONG Wen-long, WANG Li-hui, CAO Yang. Studying the Edge Detection of Images of Plants Roots Based on Gabor Wavelet Theory[J]. Process Automation Instrumentation, 2011, 32(3): 24—28.
- [13] 刘思峰, 杨英杰. 灰色系统研究进展[J]. 南京航空航天大学学报, 2015, 47(1): 1—18.
LIU Si-feng, YANG Ying-jie. Advances in Grey System Research[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2015, 47(1): 1—18.
- [14] AAHWIN A, MATTHEW J P, RATCHANEERORN T. Grey Systems Theory Applications to Wireless Communications[J]. Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 2011, 69(2): 259—269.
- [15] 魏航, 林励, 张元, 等. 灰色系统理论在中药色谱指纹图谱模式识别中应用研究[J]. 色谱, 2013, 31(2): 127—132.
WEI Hang, LIN Li, ZHANG Yuan, et al. Research on the Application of Grey System Theory in the Pattern Recognition for Chromatographic Fingerprints of Traditional Chinese Medicine[J]. Chinese Journal of Chromatography, 2013, 31(2): 127—132.
- [16] 周伟杰, 党耀国, 熊萍萍, 等. 区间灰数的灰色变权与定权聚类模型[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(10): 2590—2595.
ZHOU Wei-jie, DANG Yao-guo, XIONG Ping-ping, et al. Grey Clustering Model for Interval Grey Number with Variable and Fixed Weights[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2013, 33(10): 2590—2595.
- [17] 马苗, 张艳宁, 赵健. 灰色理论及其在图像工程中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
MA Miao, ZHANG Yan-ning, ZHAO Jian. The Grey Theory and Application in Image Engineering[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.