

基于多示例图的小麦叶部病害分割方法

虎晓红^{1,2}, 李炳军^{2*}, 席磊²

(1. 河南农业大学经济与管理学院, 郑州 450002; 2. 河南农业大学信息管理学院, 郑州 450002)

摘要: 图像分割是作物病害自动识别的难点之一, 传统的基于阈值或聚类的分割方法分割精度较低, 为了提高作物病害的分割效果, 该文提出了一种基于多示例图的分割模型, 将作物病害的分割问题转化为在多示例框架下图的分割问题, 同时在对作物病害图像分割的过程中引入空间信息, 采用像素点信息和邻域信息的融合值形成特征空间, 通过在包空间的有效度量方式将多示例学习与图的分割方法有效结合进行小麦叶部病害图像的分割, 从而更好地度量示例包的内部差异和示例包之间的差异, 同时兼顾了图像的局部信息和全局信息, 通过对小麦锈病和白斑病图像的分割试验表明, 所提出的模型具有较好的鲁棒性, 并且分割效果明显高于传统的分割方法。

关键词: 机器视觉, 图像分割, 病害, 识别, 多示例学习

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.13.025

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-13-0154-06

虎晓红, 李炳军, 席磊. 基于多示例图的小麦叶部病害分割方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(13): 154-159.

Hu Xiaohong, Li Bingjun, Xi Lei. Multi-instance graph approach to wheat leaf disease segmentation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(13): 154-159. (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着病害作物新陈代谢的改变, 其细胞内色素含量、水分和细胞间隙也随之发生变化, 进而引起外部形态改变, 从而产生病斑^[1], 由于作物致病病原物种类不同而使其叶部病斑纹理、形状、颜色有所不同, 据此, 基于计算机视觉技术的作物病害分割、自动识别及诊断领域也逐步成为研究的热点^[2-8], 使用机器视觉技术对作物病害图像进行自动分割和识别对变量喷药有重要的意义, 与人工方式相比, 既降低了劳动强度, 又提高了工作质量, 但是传统基于阈值的分割算法^[9-11]忽略了图像的空间信息, 不仅对噪声比较敏感, 也直接影响到作物病害的分割效果。

近年来, 基于图论的图像分割方法由于能够较好地把握图像的几何结构和全局特征成为图像分割领域的研究热点^[12-15], 引入图论进行图像分割通常是把图像中的像素视为特征点, 将一幅图像表示成一个带权无向图, 图中顶点为被分割元素的集合, 边对应于一对有相应权重的邻接顶点, 边上的权重表示相邻顶点之间相异程度, 然后应用聚类或是分组的方法对这些点进行划分, 进而完成对图像的分割。本文拟将作物病害分割转化为图的分割问题, 通过多示例包空间的有效度量来进行区域合并的判定, 同时兼顾像素的空间分布信息, 采用传统作

物病害分割方法与所设计分割方法进行对比试验, 试图为小麦叶部病害的识别及诊断提供一种新的分割方法。

1 基于多示例图的分割模型

运用图论的方法来处理作物病害图像在考虑图像空间分布的同时也为降低噪声提供了保证, 为了充分挖掘图像的空间分布规律, 本文将多示例学习技术和图的分割方法相结合, 提出了一种基于多示例图的分割模型用于农作物叶部病害分割。

1.1 图的建立

设 G 为所定义的图, 满足 $G=(V,E)$, V 是图 G 中顶点的集合, E 为图 G 中边的集合, 其中顶点 $v_i \in V$ 为被分割元素的集合, 边 $(v_i, v_j) \in E$ 对应着一对相邻顶点, $w((v_i, v_j))$ 为相对应边 $(v_i, v_j) \in E$ 上的权重, 表示相邻顶点 (v_i, v_j) 间相异程度的非负度量。一个分割 S 为将 V 分成几个区域, 区域 $C \in S$ 对应于图 $G'=(V', E')$, $V' \subseteq V, E' \subseteq E$ 中的一个连通区域, 在同一区域中的元素相似, 不同区域中的元素相异, 则一个区域 $C \in S$ 的内部差别为 C 中最小生成树中权重的平均值, 即

$$Int(C) = \frac{1}{N} \sum_{C \in MST(C,E)} w(e) \quad (1)$$

其中, $MST(C,E)$ 为 C 的最小生成树的边的集合, N 为 $MST(C,E)$ 中边的数目; $w(e)$ 为 $MST(C,E)$ 中边的权重。

1.2 包空间距离

为了减少图像分割粒度的影响, 将多示例学习引入到基于图的分割领域中, 每个区域构成一个示例包, 据 FUZZYCLUB^[10] 的思想, 设 C_j 中有 t 个示例, 定义示例包 $C_j (1 \leq j \leq V)$ 的某示例 $b_m (1 \leq m \leq t)$ 和另一示例包 $C_i (1 \leq i \leq V)$ 的距离为

收稿日期: 2011-12-08 修订日期: 2012-06-26

基金项目: 国家“863”计划(2008AA10Z220), 河南省科技创新人才基金(094100510013)

作者简介: 虎晓红(1978—), 女, 河南信阳人, 博士后, 副教授; 研究方向: 农业信息化, 图像分析, 信息融合。郑州 河南农业大学经管学院, 450002。Email: wd9702@163.com

*通信作者: 李炳军(1968—), 男, 教授, 博士生导师; 研究方向: 农业信息化、人工智能。郑州 河南农业大学信管学院, 450002。

Email: zzlbjun@163.com

$$\text{dif}(b_m, C_i) = \min w(a_p, b_m) \quad (2)$$

式中, $a_p (1 \leq p \leq f)$ 为示例包 C_i 中的第 p 个示例, f 为示例包 C_i 中的示例数目; 两示例包的距离为一个包中的每个示例和另一包中的最近示例的距离融合值

$$\text{dif}(C_i, C_j) = \frac{\sum_{m=1}^f d(b_m, C_i) + \sum_{p=1}^f d(a_p, C_j)}{|p_i| + |p_j|} \quad (3)$$

式中, $|p_i|$ 为 C_j 到 C_i 的边数, $|p_j|$ 为 C_i 到 C_j 的边数, 如果不存在连接两区域的边, 则 $\text{dif}(C_i, C_j) = \infty$ 。

1.3 判定函数

用判定函数来测定示例包之间的差别 $\text{dif}(C_i, C_j)$ 是否大于区域内部的差别 $\text{Int}(C_i)$ 和 $\text{Int}(C_j)$

$$D(C_i, C_j) = \begin{cases} \text{ture} & \text{dif}(C_i, C_j) > \min[\text{Int}(C_i), \text{Int}(C_j)] + \lambda(C_i, C_j) \\ \text{false} & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

其中, λ 为程度参数, 用来控制区域包之间的差别必须比最小区域包内部差大的程度。

$$\lambda(C_i, C_j) = \begin{cases} \delta(C_i) & \text{Int}(C_i) < \text{Int}(C_j) \\ \delta(C_j) & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

式中, $\delta(C) = kw_{\text{even}} / |C|$, $|C|$ 为区域包中的示例数, w_{even} 为包中的平均权值, k 为尺度参数。

2 小麦病害的多示例图分割方法

小麦叶部病害图像成分较为复杂, 病叶上的病斑排列无规则, 不同的病斑颜色也有差异, 但从叶部病斑视觉上分析, 通常病叶由正常和病斑两部分组成, 因此, 可将病害的分割问题转化为一个二分类问题进行解决, 基于阈值和传统的机器学习方法已逐步用在病害的叶部图像分割领域^[16-22], 但是传统的方法中通常忽略了病害的空间结构信息, 从而直接影响到病害的分割性能。

2.1 空间信息的引入

图像邻域像素通常具有相似的特征, 由于特征相似, 在进行图像分割时分入同一区域的可能性较大^[23-27], 因此, 空间信息对于图像分割是较重要的, 特别是对于采集的含有噪声点的图像, 据此, 在进行像素点表示时将传统的颜色特征扩展为引入空间信息的多特征融合值:

$$w(v_i, v_j) = \mu_1 (|d_R(v_i, v_j)| + |d_G(v_i, v_j)| + |d_B(v_i, v_j)|) + \mu_2 d(v_i, v_j) \quad (6)$$

式中, μ_1, μ_2 为调节因子, 用来调节颜色差和空间距离的比例, $d_R(v_i, v_j)$ 、 $d_G(v_i, v_j)$ 和 $d_B(v_i, v_j)$ 分别为 v_i, v_j 在 RGB 空间所对应的各基色的分量差值, $d(v_i, v_j)$ 为 v_i, v_j 两点的空间距离, 本文中采用 L1 距离作为度量方式, 表示为

$$d(v_i, v_j) = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (7)$$

$(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 分别为 v_i, v_j 两点的坐标。

2.2 分割算法

分割算法的最终目标是使得区域内部差别最小, 而区域间的差别最大。通过所设定的判定函数来确定是否将 2 个区域合并为一个区域。

输入: 小麦病害图像, 调节因子 μ_1, μ_2 , 尺度参数 k

输出: 小麦病害分割图

Step1. 输入小麦叶部病害图像, 提取每个像素的颜色和空间信息特征值, 颜色特征值在 RGB 空间下提取, 空间信息值为每个像素点的欧氏空间坐标值。

Step2. 构建多示例图 $G=(V, E)$; V 为输入的小麦叶部病害图像中的每个像素点, 为了降低计算的复杂度, E 的权重取每个像素和其 8 邻域像素间的特征差融合值, 依据式 (6) 及输入的调节因子 μ_1, μ_2 进行计算, 不相连边的权重置为 ∞ 。

Step3. 对多示例图中所有边 E 按权重进行升序排列 $(e'_1, e'_2, \dots, e'_r)$ 。

Step4. 对应于第 q 个排序边 $e'_q (1 \leq q \leq r)$, r 为排序边的总数目, 如果在第 $q-1$ 次迭代中第 i 个示例包 C_i 和第 j 个示例包 C_j 不重叠, 即 $C_i^{q-1} \neq C_j^{q-1}$, 并且满足式 (4) $D(C_i, C_j) = \text{false}$, 则合并 $C_i^{q-1} C_j^{q-1}$, 示例包的初值为每个像素点自身构成一个单独的区域。

Step5. 重复 Step4 直到 $q=r$ 时为终止。

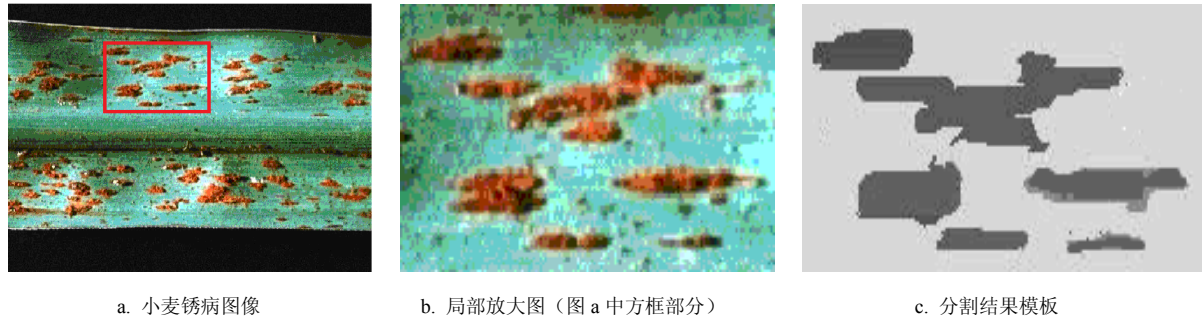
3 试验结果及分析

试验在主频 3.0 GHz, 内存 2 GB, WinXP 操作系统的 Matlab 试验平台下分别对小麦锈病和白斑病图像进行测试, 图像来自于河南农业大学科教园区以及互联网上获取的小麦白斑病和小麦锈病图片, 图像格式为 400×600 、 600×400 和 400×400 的 JPG 图像, 共有图片 45 张, 包括小麦锈病图像 32 张, 白斑病图像 13 张; 其中采集的图像通过带微距镜头的 SONY 彩色数码相机拍摄于 2009 年 4—5 月, 焦距为定焦 105 mm, 光圈范围 F2.8-F22 (自动调整), 拍摄时将彩色数码相机安装在稳定的三角支架上, 把镜头向下, 和拍摄叶片基本呈垂直方位, 为了减少图像分割过程中受到背景的干扰, 采用黑色物体遮挡背景以获取简单背景的病叶部图像。

图 1 为采用基于多示例图方法分割出的小麦锈病的病斑, 试验中尺度参数 $k=450$, 调节因子 $\mu_1=0.75, \mu_2=0.25$, 从分割结果可以看出, 原始图像 (图 1a) 有较严重的噪声和光照的影响, 并且局部 (图 1b) 有部分重叠病斑, 采用本文提出的方法进行分割后, 模型的分割算法对背景的适应性较强, 算法鲁棒性较好, 分割效果相对稳定。

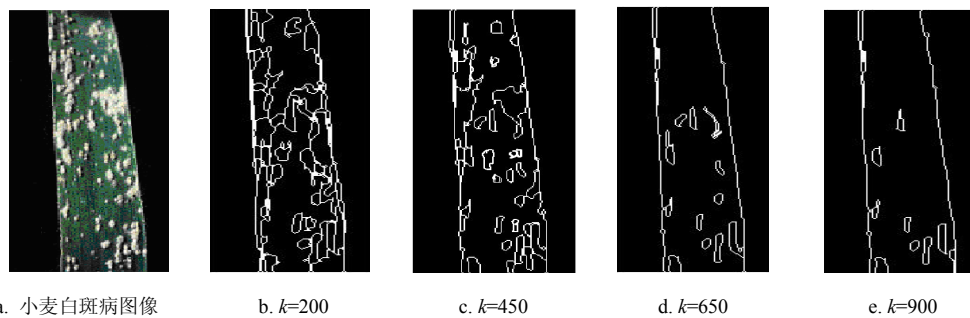
试验中, 尺度参数 k 的取值直接影响到病斑的分割结果, 图 2 为取不同尺度参数时的小麦白斑病分割轮廓图, 从图中可见, 较大的 k 值对应于较大的分割区域, 调节因子参数 μ_1, μ_2 分别表示颜色和空间信息所占的比例, 调节因子 $\mu_1=0.85, \mu_2=0.15$ 。图 3 为采用所提出的模型对图 1 中的小麦锈病图和图 2 中的白斑病图进行分割试验时调节因子 μ_1, μ_2 对误分率的影响因子曲线图, 从图 3 中可以看出对图 1a 中调节因子 $\mu_1=0.75, \mu_2=0.25$ 误分率取最小值 2.1%, 对图 2a 中调节因子 $\mu_1=0.85, \mu_2=0.15$ 时误分率取最小值 0.7%, 分析其原因在于拍摄时光照的影响造成图 1a 中叶片非病害区域的颜色分布不均匀, 引入空间信

息后，误分率会得到明显改善，对图 2a 中可见，空间信 息直接影响到分割的结果。



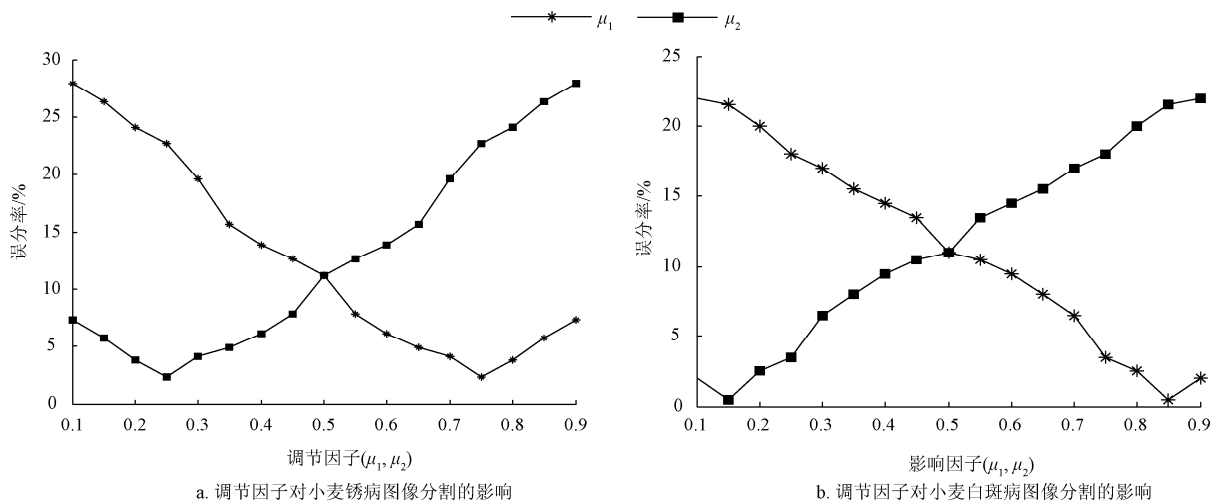
注：试验中尺度参数 $k=450$ ，调节因子 $\mu_1=0.75$ ， $\mu_2=0.25$

图 1 小麦锈病病斑分割结果
Fig.1 Segment result of wheat rust disease



注：试验中调节因子 $\mu_1=0.85$ ， $\mu_2=0.15$

图 2 不同尺度参数时的小麦白斑病分割结果
Fig.2 Segment contour result of wheat white spot disease on different parameters



注：试验中尺度参数 $k=450$

图 3 调节因子对误分率的影响
Fig.3 Error rate of identification with different adjusting parameters

为了验证所设计方法的有效性，将所提出的多示例图分割分别与传统的阈值法 Otsu 和 K-means 聚类方法进行比较，其中 Otsu 为采用最大津法自动选定阈值^[11-12]，K-means 的特征值与多示例图分割相同，均为引入空间信息的特征值，试验中，尺度参数 $k=450$ ，调节因子 $\mu_1=0.75$ ，

$\mu_2=0.25$ ，图 4 为采用不同方法进行分割试验的结果样图，第 1 列为待分割的小麦病害样图，第 2 列至第 4 列分别为采用 3 种不同方法的分割结果，从试验结果中可见，所提出的方法的鲁棒性明显高于传统方法，由于空间信息的引入和图分割对数据规律的充分挖掘，使其在病斑

分割的结果上明显更趋于人眼的视觉习惯，表 1 为不同方法进行分割时各图像的误分率值，其中小麦锈病为在图库中的 32 幅小麦锈病图像进行分割时的误分率均值，小麦白斑病为对 13 幅小麦白斑病害图像进行分割时的误

分率均值，从分割性能上来看，所采用的方法在 2 种小麦病害分割上具有较好的鲁棒性，分割性能受光照，噪声影响相对较小。

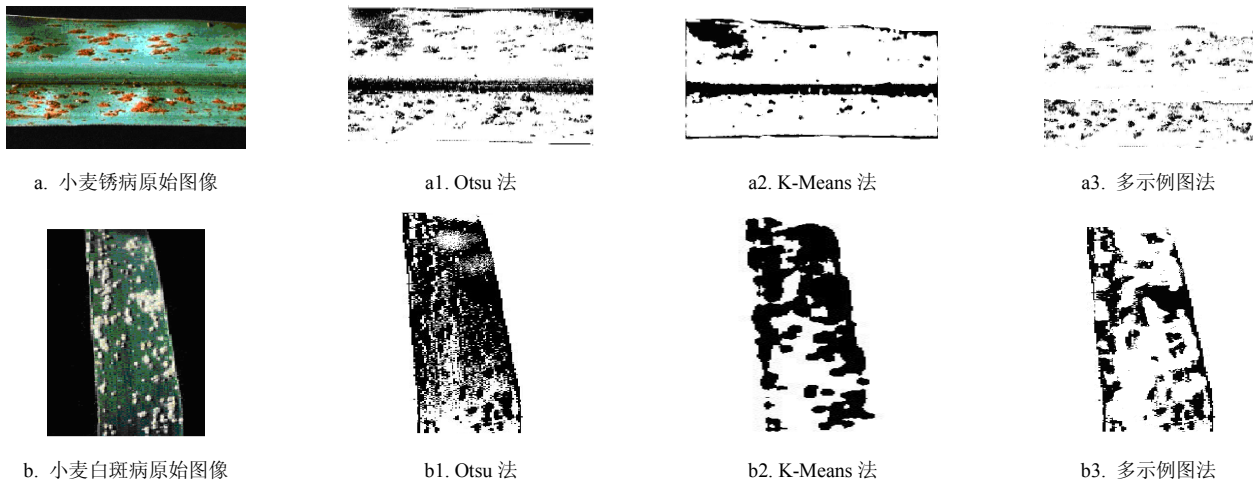


图 4 不同方法的小麦叶部病害分割结果对比图
Fig.4 Segment results of different methods on wheat leaf disease

表 1 不同方法图像误分率比较

图像	Otsu/%	K-Means/%	多示例图/%
小麦锈病	15.7	16.2	2.97
小麦白斑病	17.7	13.9	2.31

4 结 论

本文提出了一种多示例图的图像分割模型，在图的建立中，融合邻域空间信息作为边的权值，将传统的图的分割拓展到多示例的包空间下对判定函数进行设定，通过对小麦锈病和白斑病的图像进行试验，结果表明所提出的模型有效并具有良好的鲁棒性，与传统的采用阈值和聚类进行分割小麦叶部病害的方法相比分割的效果得到了明显的提高，其中小麦锈病的分割误分率提高到 2.97%，小麦白斑病提高到 2.31%。

[参 考 文 献]

[1] 王惠哲, 李淑菊, 霍振荣, 等. 黄瓜感染白粉病菌后的生理变化[J]. 华北农学报, 2006, 21(1): 105—109.
Wang Hui zhe, Li Shu ju, Huo Zhen rong, et al. Physiological Changes of Cucumber after Being Infected by Sphaerotheca fuliginea[J]. ACTA Agriculture Boreali-sinica, 2006, 21(1): 105—109. (in Chinese with English abstract)

[2] 耿长兴, 张俊雄, 曹峥勇, 等. 基于色度和纹理的黄瓜霜霉病识别与特征提取[J]. 农业机械学报, 2011, 42(3): 170—174.
Geng Changxing, Zhang Junxiong, Cao Zhengyong, et al. Recognition and features extraction of cucumber downy mildew based on Color and texture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(3): 170—174. (in Chinese with English abstract)

[3] 陈兵旗, 郭学梅, 李晓华. 基于图像处理的小麦病害诊断算法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(12): 190—195.
Chen Bingqi, Guo Xuemei, Li Xiaohua. Image diagnosis algorithm of diseased wheat[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 190—195. (in Chinese with English abstract)

[4] 张静, 王双喜, 董晓志, 等. 基于温室植物叶片纹理的病害图像处理及特征值提取方法的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 282—285.
Zhang Jing, Wang Shuangxi, Dong Xiaozhi, et al. A study on method of extract of texture characteristic value in image processing for plant disease of greenhouse[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2006, 37(3): 282—285. (in Chinese with English abstract)

[5] 冀荣华, 祁力钧, 傅泽田. 机器视觉技术在精细农业中的研究进展[J]. 农机化研究, 2007, 29(11): 1—5.
Ji Ronghua, Qi Lijun, Fu Zetian. Advance in precision agriculture based on the machine vision technology[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, 29(11): 1—5. (in Chinese with English abstract)

[6] Hiary H A, Ahmad S B, Reyalat M, et al. Fast and accurate detection and classification of plant diseases[J]. International Journal of Computer Applications, 2011, 17(3): 31—38.

[7] 岑喆鑫. 基于计算机视觉技术的黄瓜叶部病害自动诊断研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
Chen Jixin. Research on Automatic Diagnosis of Cucumber Leaf Disease based on Computer Vision[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008. (in Chinese with English abstract)

[8] 赖军臣, 李少昆, 明博, 等. 作物病害机器视觉诊断研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(4): 1215—1221.
Lai Junchen, Li Shaokun, Ming Bo, et al. Advances in research

- on computer-vision diagnosis of crop diseases[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(4): 1215—1221. (in Chinese with English abstract)
- [9] 张馨, 李道亮, 杨文柱, 等. 高分辨率棉花异性纤维彩色图像的快速分割方法[J]. *农业机械学报*, 2011, 42(1): 159—164, 192.
Zhang Xin, Li Daoliang, Yang Wenzhu, et al. Fast segmentation of high-resolution color images of cotton foreign fibers[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(1): 159—64, 192. (in Chinese with English abstract)
- [10] Sczgin M, Sankur B. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation[J]. *Journal of Electronic Imaging*, 2004, 13(1): 146—168.
- [11] 郝颖明, 朱枫. 二维 Otsu 自适应阈值的快速算法[J]. *中国图象图形学报*, 2005, 10(4): 484—488.
Hao Yingming, Zhu Feng. Fast algorithm for two-dimensional Otsu adaptive threshold algorithm[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2005, 10(4): 484—488. (in Chinese with English abstract)
- [12] 许新征, 丁世飞, 史忠植, 等. 图像分割的新理论和新方法[J]. *电子学报*, 2010, 38(增刊 1): 76—82.
Xu Xinzheng, Ding Shifei, Shi Zhongzhi, et al. New theories and methods of image segmentation[J]. *Acta Electronica Sinica*, 2010, 38(Supp. 1): 76—82. (in Chinese with English abstract)
- [13] 刘丙涛, 田铮, 李小斌, 等. 基于图论 Gomory-Hu 算法的 SAR 图像多尺度分割[J]. *宇航学报*, 2008, 29(3): 1002—1007.
Liu Bingtao, Tian Zheng, Li Xiaobin, et al. Multiscale SAR image segmentation based on Gomory-Hu algorithm[J]. *Journal of Astronautics*, 2008, 29(3): 1002—1007. (in Chinese with English abstract)
- [14] 冯林, 孙焱, 吴振宇, 等. 基于分水岭变换和图论的图像分割方法[J]. *仪器仪表学报*, 2008, 29(3): 649—653.
Feng Lin, Sun Tao, Wu Zhenyu, et al. Image segmentation approach based on watershed translation and graph theory[J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2008, 29(3): 649—653. (in Chinese with English abstract)
- [15] 王学松, 周明全, 樊亚春, 等. 彩色图像色度距离权值的图论分割算法[J]. *中国图象图形学报*, 2011, 16(2): 221—226.
Wang Xuesong, Zhou Mingquan, Fan Yachun, et al. The algorithm of graph cut using HSI weights in color image segmentation[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2011, 16(2): 221—226. (in Chinese with English abstract)
- [16] Zhang R F, Zhang Z F. A clustering based approach to efficient image retrieval[C]//*Proceedings of the 14th IEEE Conference on Tools with Artificial Intelligence*. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2002: 339—346.
- [17] 田有文, 李天来, 李成华, 等. 基于支持向量机的葡萄病害图像识别方法[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(6): 175—180.
Tian Youwen, Li Tianlai, Li Chenghua, et al. Method for recognition of grape disease based on support vector machine[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2007, 23(6): 175—180. (in Chinese with English abstract)
- [18] 杨勇, 郑崇勋, 林盘, 等. 基于改进的模糊 C 均值聚类图像分割新算法[J]. *光电子·激光*, 2005, 16(9): 1118—1122.
Yang Yong, Zheng Chongxun, Lin Pan, et al. A new algorithm for image segmentation based on modified fuzzy C-means clustering[J]. *Journal of Optoelectronics Laser*, 2005, 16(9): 1118—1122. (in Chinese with English abstract)
- [19] 秦昆, 徐敏. 基于云模型和 FCM 聚类的遥感图像分割方法[J]. *地球信息科学*, 2008, 10(3): 302—307.
Qin Kun, Xu Min. Remote sensing image segmentation based on cloud model and FCM[J]. *Geo-Information Science*, 2008, 10(3): 302—307. (in Chinese with English abstract)
- [20] 赖军臣, 汤秀娟, 谢瑞芝, 等. 基于 G-MRF 模型的玉米叶斑病害图像的分割[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(7): 1363—1369.
Lai Junchen, Tang Xiujuan, Xie Ruizhi, et al. Maize leaf disease spots segmentation based on Gauss-MRF model[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(7): 1363—1369. (in Chinese with English abstract)
- [21] 毛罕平, 张艳诚, 胡波. 基于模糊 C 均值聚类的作物病害叶片图像分割方法研究[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(9): 136—140.
Mao Hanping, Zhang Yancheng, Hu Bo. Segmentation of crop disease leaf images using fuzzy C-means clustering algorithm[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2008, 24(9): 136—140. (in Chinese with English abstract)
- [22] 赵玉霞, 王克如, 白中英, 等. 基于图像识别的玉米叶部病害诊断研究[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(4): 698—703.
Zhao Yuxia, Wang Keru, Bai Zhongying, et al. Research of maize leaf disease identifying system based image recognition[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(4): 698—703. (in Chinese with English abstract)
- [23] 关海鸥, 许少华, 谭峰. 基于 T-S 模型的模糊神经网络在植物病害图像分割中的应用[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16(3): 145—149.
Guan Haiou, Xu Shaohua, Tan Feng. Fuzzy neural network based on T-S model and its application on image segmentation of plant diseases[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(3): 145—149. (in Chinese with English abstract)
- [24] 汪建, 杜世平. 基于颜色和形状的茶计算机识别研究[J]. *茶叶科学*, 2008, 28(6): 420—424.
Wang Jian, Du Shiping. Identification investigation of tea based on HSI color space and figure[J]. *Journal of Tea Science*, 2008, 28(6): 420—424. (in Chinese with English abstract)
- [25] Max Mignotte. A de-texturing and spatially constrained K-means approach for image segmentation[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2011(32): 359—367.
- [26] Tian Y, Lu M, Hampapur A. Robust and efficient foreground analysis for real-time video surveillance[C]//*Proc IEEE*

- Comput. Soc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition. Washington, DC, USA: IEEE Press, 2005:1182—1187.
- [27] 崔艳丽, 程鹏飞, 董晓志, 等. 温室植物病害的图像处理及特征值提取方法的研究——基于图像预处理的特征值提取研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 32—35.
- Cui Yanli, Cheng Pengfei, Dong Xiaozhi, et al. Image processing and extracting color features of greenhouse diseased leaf[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2005, 21(12): 32—35. (in Chinese with English abstract)

Multi-instance graph approach to wheat leaf disease segmentation

Hu Xiaohong^{1,2}, Li Bingjun^{2*}, Xi Lei²

(1. Economics and Management College, Henan Agricultural University, Zhengzhou, 450002, China;

2. School of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, 450002, China)

Abstract: Image segmentation is one of the difficult issues in crop disease recognition. Traditional methods based on threshold or clustering are mostly used in present research, but the precision is low. A multi-instance graph model was proposed in this paper to improve the segmentation performance of crop disease. The image segmentation was formulated as a graph segmentation problem under multi-instance learning framework, where the neighborhood information of pixels was fused to build the feature space and the adaptive geometric relationship between two packages of instances was introduced to wheat leaf disease segmentation, which was combined with the global and local features and had better measurement of interior difference and exterior difference. The experimental results show that this approach outperforms other methods and is effective for wheat leaf disease segmentation.

Key words: computer vision, image segmentation, disease, recognition, multi-instance learning