

烤烟烟叶反射和透射图像的同步图像分割

王 夏¹ 贺立源¹

1 华中农业大学资源与环境学院,湖北 武汉,430070

摘 要:采用自行设计的烟叶图像采集灯箱系统,对同一片烤烟烟叶在不移动位置的情况下分别采集整片烟叶的反射和透射图像。依据烤烟烟叶透射图像烟叶区域敏感吸收蓝色光的特性,提出了一种利用烟叶自身特征的图像轮廓分割法,可实现同一片烤烟烟叶反射、透射图像的同步背景扣除。结合点统计分割方法和区域统计分割方法,能成功获取具有相同有效像素轮廓的反射和透射成对烟叶的纯净图像。经研究验证,分割精度比单独使用点统计分割方法或区域统计分割方法高,并且分割边界光滑而连续,为后续的基于反射与透射图像相结合的烟叶数字分级奠定了坚实的基础。

关键词:烤烟烟叶;透射特性;图像分割;同步处理

中图法分类号:TP751;S572 **文献标志码:**A

烟叶是重要的经济作物,国家每年都投入大量的人力物力进行烟草分级收购。研究利用计算机视觉进行烟叶分级是节约资源,保证分级客观公正,实现烤烟烟叶分级自动化的重要手段之一。自 1993 年 MacCormac^[1]设计了一个用于烟叶等级自动识别的图像处理单元原型以来,国内外研究者纷纷开始利用计算机视觉技术研究烤烟烟叶收购质量定量评定。在国外,文献[2]利用机器视觉技术提取白肋烟反射图像上的形状颜色等表面特征以对其进行等级判定;文献[3]从烤烟烟叶反射图像上提取了形状、颜色、伤残等特征,对弗吉尼亚烤烟的生长部位、颜色和外部质量特征进行识别。在国内,张建平^[4]运用色度学原理和图像处理技术,在烟叶反射图像上对外观质量特征值进行提取、描述和定量检测^[4];张帆^[5-6]等凭借神经网络分析烟叶反射图像上的质量特征^[5-6];近年来,支持向量机算法也被投入到烟叶自动分级的研究中^[7-8]。然而,这些研究大多局限于研究烤烟烟叶的反射图像,对于烟叶的众多品质因素,尤其是内在质量特征,如油分和身份等,难以客观全面地反映。对此,韩力群^[9]曾提出采用烟叶透射图像反映叶片结构疏密程度的设想,但未见具体研究结果。刘华波^[10]在烟叶分级研究中,将烤烟烟叶透射图像与反射图像结合起来,显著扩充了烟叶图像识别的特征参数,开辟了烤烟烟叶收购质

量定量评定研究的广阔前景。但现今的研究成果仍处于较低分辨水平,还不能投入实际生产应用。烤烟烟叶反射图像和透射图像得到的图像分割结果不相同,难以获得成套的分级数据,严重影响了后续研究的数字分级重现率。

根据图像上的灰度差别,采用特定算法将目标与背景分离,这种方法普遍应用于烤烟烟叶反射图像的背景扣除中。虽然也可以根据灰度差异对烟叶的透射图像进行背景扣除,但是这种方法是从图像出发分别对反射和透射图像计算分割阈值,因此获得的有效像素、轮廓不统一,也不可能真实反映同一物理位置的吸收和反射特征。2006 年马文杰^[11]统计比较了烤烟烟叶透射图像中烟叶和背景两区域的 RGB 属性特征,发现了烤烟烟叶透射图像烟叶区域敏感吸收蓝色光的透射特性。这一特性在烤烟烟叶自动分级的研究中得到了广泛肯定^[10, 12-13]。烟叶图像的光谱特征源于烟叶组成物质对光的选择性吸收,这与物质的分子类型和结构密切相关,由这一特性从烟叶本身出发进行的图像分割能更好地保留目标原始特征信息。但目前仅有马文杰^[11]提出了一种基于烤烟烟叶透射特性的图像分割算法,且仅针对透射图像。

本文依据烤烟烟叶的透射特性设计了可以对烤烟烟叶反射、透射图像进行同步背景扣除的图

收稿日期:2013-06-26

第一作者:王夏,博士生,主要从事农业信息化和数字图像处理研究。E-mail: air720@163.com

通讯作者:贺立源,教授,博士生导师。E-mail: heliyuan@mail.hzau.edu.cn

像分割算法,不仅可以保证分割结果真实反映同一物理位置的吸收和反射特征,也是首次在烟叶反射图像背景扣除上利用了烟叶本身的光谱特性,具有重要的理论意义和应用价值。

1 图像采集与实验设计

参照文献[11]中的方法制作采集灯箱并略加改进:箱体大小为 $100\text{ cm} \times 75\text{ cm} \times 120\text{ cm}$,顶部、底部及四个侧面均用双层黑色棉布遮挡;中间偏下放置厚度 4 mm 的双面磨砂玻璃作为载样台;箱体的灯箱上下部各自并排固定日光灯管,并设置三位开关,分别控制反射、透射和电源通断;为了研究烤烟烟叶反射和透射图像的同步背景扣除,箱体顶部固定数码相机,并采用遥控快门控制数码相机进行图像采集以防止震动造成的位移。

试验烤烟烟叶由湖北省兴山县提供,烟叶总数为 36 片共分 16 个等级,包括下部柠檬黄、桔黄;中部柠檬黄、桔黄;上部柠檬黄、桔黄;青黄以及上部杂烟。拍摄前将舒展好的烟叶自然平铺在载样台上。对每一片烟叶,分别开启顶光源或底光源,拍摄叶片位置不变的烟叶反射和透射图像各一张,使用 MATLAB 9.2 编程进行图像处理和像素统计,分别研究烟叶的透射和反射特征。

由于本文对采集灯箱进行了改进,拍摄烤烟烟叶反射、透射图片时,同一片烤烟烟叶位置没有发生变化只是光源的方向不同。由此,来源于同一片烤烟烟叶的反射和透射图像,其烟叶轮廓必然相同。根据烤烟烟叶的透射特性可以获得透射图像轮廓,再利用获得的烟叶自身轮廓特征去扣除反射图像背景,实现烤烟烟叶反射和透射图像的同步图像分割。

由上述实验路线可知,烟叶透射图像分割算法能否准确反映烟叶透射特性,决定了同步图像分割的效果优劣。马文杰等^[11]设计了专门针对烤烟烟叶透射图像的背景扣除方法,该方法从烤烟透射特性出发,理论上能够完整保留烟叶原始信息。本文利用供试烟叶对其按照文献[11]中提到的步骤进行了检验:以 $3\text{ 像素} \times 3\text{ 像素}$ 矩阵为采集窗口,1 个像素为步长,对烤烟烟叶透射图像进行扫描;在每片烟叶透射图像上计算每次采集窗口内 9 个像素的蓝色属性均值和相对标准差值(relative standard deviation, RSD);结合烤烟烟叶敏感吸收蓝色光的透射特性将扫描到透射蓝色属性均值等于 0 的区域划为叶片区域;再对其余透射蓝色属性均值大于 0 的 $3\text{ 像素} \times 3\text{ 像素}$ 矩阵判断其 RSD 值,进一步

将窗口内透射蓝色值差异小的视为背景区域,差异大的视为在边缘保留,从而实现背景扣除。实际利用文献[11]中的方法对烟叶透射图像分割后出现了误扣空洞和边缘锯齿的现象,因此需要对该方法进行改进。

为了突出问题,特别选择了一片存在破损的烟叶(编号 001. X1L)进行展示,图 1 是它的透射图像分割效果。



图 1 处理效果图

Fig. 1 Processing Effect Picture

2 烤烟烟叶的透射特性

为了分析文献[11]中图像分割方法效果不佳的原因,本文对文献[11]中提出的烤烟烟叶透射特性进行了验证。

图 2 是在 001. X1L 号烟叶透射图像上的烟叶区域和背景区域分别随机取 1 000 个像素,利用 MATLAB 对取样像素的透射蓝色属性值进行直方图统计。由图 2 可知,透射图像的蓝色属性值在背景区域较大而在烟叶区域趋近于 0,符合文献[11]的观点。观察图 2(a)可以发现,烟叶区域中透射蓝色属性值中也有不少稍大于 0 的极小值。这小部分烟叶区域内的透射蓝色属性既可能是烟叶上客观存在的针眼空洞,也有可能是灯箱中透过背景的散射光在烟叶区域突起褶皱的反射效应。在烟叶区域中存在 $3\text{ 像素} \times 3\text{ 像素}$ 的矩阵,其透射蓝色属性均值很小但大于 0,并且由于每个像素的透射蓝色属性值都趋近于 0,差异不大,所以其 RSD 值也接近于 0。但在文献[11]中,这部分区域被判定为背景区域进行扣除。

文献[11]中没有对这些烟叶区域客观存在的极小蓝色值做处理,固定以 0 作为第一阈值判断像素矩阵所属区域的作法是不严谨的。为了同步图像分割法的普遍适用性,本文提出一种对每片烟叶分别统计阈值的方法,可以消除在烟叶区域的误扣空洞,进一步完善该方法。

通过观察图 2(a)、2(b)烟叶和背景区域的透射蓝色属性均值范围发现,背景区的最小值和烟叶区的最大值距离相差很大,可以取两者间的某

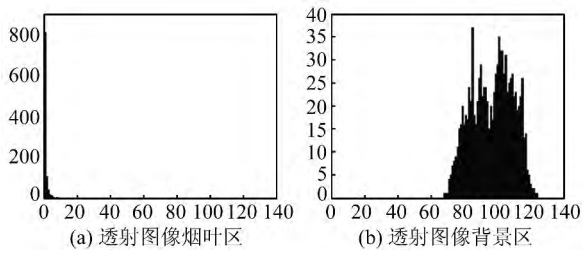


图2 烟叶区和背景区透射蓝色属性直方图

Fig.2 Transmission Blue Attributes in Tobacco Area and Background Area

点作为阈值对采样矩阵的透射蓝色属性均值进行分割。利用直方图双峰阈值法统计烟叶的透射图像蓝色属性求得该阈值,检验每次采样窗口中扫描到的3像素×3像素的矩阵,当透射蓝色属性均值小于该阈值时,则可以将这9个像素归为烟叶区域。反之,当透射蓝色属性均值大于该阈值时,可认为这9个像素在背景区域或边缘区域,可进一步用RSD值判断。

3 烟叶图像上边缘区域的处理

由图1可以看出,图像分割结果中烟叶轮廓边界和内部空洞边界都存在方形锯齿。这是由于文献[11]中提出的图像分割算法是区域统计(area-oriented statistics)分割法的一种,是以3像素×3像素矩阵进行扫描判定的。

依据烤烟烟叶透射特性,采样窗口内透射图像蓝色属性均值大于直方图双峰法统计得到的阈值,排除了该矩阵像素全部来自于叶片的可能,且它们的RSD值大于100%表征了透射蓝色属性值差异很大,可以认为采样窗口正扫描到叶片边缘或内部破损的边缘,即烟叶图像上的边缘区域。

该区域既包含叶片部分也包含背景部分,结合点统计法可以扬长避短。

点统计(point-oriented statistics)分割法,是以统计每个像素颜色属性值的大小来区分目标与背景的方法,是各种图像光谱特征提取的基础。利用简单的点统计分割法如直方图双峰阈值法等,对边缘区域中每个像素点的透射蓝色属性值统计并计算阈值,判断出其中所包含的背景区域像素进一步扣除。

4 结果与分析

经过上述调整,从烟叶透射图像上得到忠实于原始目标的叶片轮廓,用它对反射图像进行背景扣除,实现了基于烤烟烟叶透射特性的反射、透射图像分割,并获取到烟叶叶片同一物理位置上成套的反射、透射信息。

为了比较同步图像分割的效果,本文还利用两种常用在烤烟烟叶反射图像分割上的点统计法作为研究参照:一种是灰度直方图双峰阈值法,此法是最简单的图像分割法,广泛应用于各种图像分割。另一种是反射图像蓝体直方图双峰阈值法,该方法是周文等人^[14]对灰度直方图双峰阈值法进行的改进,有较为广泛的应用^[9],该方法只统计烤烟烟叶反射图像的蓝体直方图。

图3是试验烟叶分别经过灰度直方图双峰阈值法、反射蓝体直方图双峰阈值法和同步图像分割法进行背景扣除后获得的烟叶反射图像效果。比较可见,同步图像分割法获得的分割效果比灰度直方图双峰阈值法,其分割效果边界更清晰完整,比起反射蓝体直方图双峰阈值法,其分割效果减少了很多冗余像素且挖除了烟叶残缺部分。



图3 反射图像不同背景扣除方法效果

Fig.3 Different Methods for Correcting Backgrounds of Reflection Images

如图 3(c)、3(d) 所示,同步图像分割法的效果优秀,目标区域完整、边界明朗、内部破损区域准确地扣除了空洞、误判像素降低到最小。结合获得的有效像素作为比较依据,结果见表 1。透射轮廓分割算法获得的有效像素量均最多,所有供试烟叶中,平均每片烟叶比蓝体直方图双峰阈值法高出 11%,比灰度直方图双峰阈值法平均高出 13%。由于本方法可以得到每片烟叶同一物理位置的反射、透射信息,因此能更真实完整地反映每片烟叶的原始特征,更好地支持后续研究的数字重现。

表 1 3 种方法的有效像素量

Tab.1 Effective Pixel Amount of 3 Methods

编号	级别	灰度直方图 双峰阈值法	蓝体直方图 双峰阈值法	同步图像分 割法
001	X1L	47 969	57 553	58 375
002	X2L	47 354	47 169	60 935
009	X3L	60 222	57 156	70 961
010	C1L	75 178	79 272	84 062
013	C3L	67 374	65 757	76 529
014	C2L	54 979	56 211	66 401
015	C1F	90 112	97 608	101 902
017	C2F	97 097	102 055	108 121
019	C3F	72 842	76 730	82 236
022	B1L	62 487	64 823	72 938
023	B2F	64 035	67 799	70 864
024	B3L	47 142	41 083	51 834
029	B1F	88 670	101 942	102 199
031	GY2	56 322	41 881	65 822
034	B3F	81 988	86 237	89 578
036	B1K	50 128	55 619	58 212

5 结 语

本文提出了一种烟叶透射和反射图像背景同步分割方法,利用烟叶本身对蓝色光有敏感吸收的特性,分割结果能较好地保留目标图像的原始特征信息。同时提出了烟叶区域客观存在的透射蓝色属性极小值的解决方法,调整了阈值的设定,减少误判像素,增加了同步分割算法的普遍适用性;结合了区域统计分割法和点统计分割法的优点,获得连通平滑的边界轮廓;同时处理反射和透射两种图像,在获取透射图像烟叶轮廓时只需要利用复合入射光的蓝色光谱特征,配对的反射图像背景分割也只针对轮廓不对其 RGB 值进行计算,因此占用时机少,对于大幅图像或高分辨率图像的识别具有积极意义。此外,在背景扣除时,任意像素的物理位置不变,获得成套的反射、透射信息参数,为后期进一步结合透射、反射两种图像信

息实现烤烟烟叶的定量评价奠定了基础。

在具体操作上,为了保证同一片烤烟烟叶的反射和透射烟叶图像上的烟叶位置相同,建议使用遥控快门或者选用可设置时间间隔自动拍照的相机。

参 考 文 献

- [1] Maccormac J K M. Online Image Proeessing for Tobacco Grading in Zimbabwe[J]. *IEEE*, 1993: 327-331
- [2] Cho H K, Paek K H. Feasibility of Grading Dried Tygburley Tobacco Leaves Using Machine Vision [J]. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 1997, 22(1): 30-40
- [3] Yawootti A, Kaewtrakulpong P. A Machine Vision System for Thai Flue-cured Tobacco Classification [C]. ECTI-CON, Pattaya, Thailand, 2005
- [4] Zhang Jianping, Wu Shouyi, Fang Ruming, et al. Computer Aided Quality Inspecting and Grading for Agricultural Products (2nd half) Quantitative Inspection of External Quality Characters of Tobacco Leaf[J]. *Transactions of the CSAE*, 1997, 13(6): 180-183(张建平, 吴守一, 方如明, 等. 农产品质量的计算机辅助检验与分级(第 II 报) 烟叶自动分级模型的建立与训练[J]. *农业工程学报*, 1997, 13(6): 180-183)
- [5] Zhang Fan, Fang Ruming, Cai Jianrong. Study of Getting Tobacco Leaf Weight Based on Neural Network Technology[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural*, 2000, 31(6): 61-64(张帆, 方如明, 蔡健荣. 基于人工神经网络技术提取烟叶质量特征值[J]. *农业机械学报*, 2000, 31(6): 61-64)
- [6] Shen Zhenyu, Shen Jinyuan, Liu Jianjun, et al. Application of Automatic Classification of Tobacco Based on Feature Analysis of Neural Networks[J]. *Computer and Digital Engineering*, 2012, 40(7): 122-124(申振宇, 申金媛, 刘剑君, 等. 基于神经网络的特征分析在烟叶分级中的应用[J]. *计算机与数字工程*, 2012, 40(7): 122-124)
- [7] Pan Zhili, Qi Meng, Wei Chunyang, et al. Color Region Classification of Flue-cured Tobacco Leaves Based on the Image Processing and Support Vector Machine[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(2): 374-379(潘治利, 祁萌, 魏春阳, 等. 基于图像处理和支持向量机的初烤烟叶颜色特征区域分类[J]. *作物学报*, 2012, 38(2): 374-379)
- [8] Jiao Yanhua, Zhang Xueping, Lin Nan. Application of Support Vector Machine in the Automatic Grading of Flue-cured Tobacco Leaf[J]. *Microcomputer*

- Information, 2009, 22:195-196(焦艳华,张雪萍,林楠.支持向量机在烤烟烟叶自动分级中的应用[J].微计算机信息, 2009, 22:195-196)
- [9] Han Liqun, He Wei, Duan Zhengang, et al. Intelligent Technologies in Automatic Grading of Flue-cured Tobacco [J]. *Transactions of the CSAE*, 2002, 18(6):173-175(韩力群,何为,段振刚,等.烤烟烟叶自动分级的智能技术[J].农业工程学报, 2002, 18(6):173-175)
- [10] Liu Huabo, He Liyuan, Ma Wenjie. Grading Tobacco Leaves Based on a Combination of Reflectance and Transmittance Images [J]. *Journal of Basic Science and Engineering*, 2009, 17(3):343-350
- [11] Ma Wenjie, He Liyuan, Xu Shengxiang, et al. Image Segmentation Based on Transmission Characteristics of Flue-cured Tobacco Leaves [J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(7):134-137(马文杰,贺立源,徐胜祥,等.基于烤烟透射特征的烟叶图像分割研究[J].农业工程学报, 2006, 22(7):134-137)
- [12] Li Cuiying, He Liyuan, Ma Wenjie, et al. Research of Tobacco Grading Based on Outline Feature [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(26):236-239(李翠英,贺立源,马文杰,等.采用轮廓特征的烟叶部位组分类研究[J].计算机工程与应用, 2009, 45(26):236-239)
- [13] Zhang Ying. A Review on Nondestructive Testing Technique of Flue-cured Tobacco Based on Purchase Quality [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2011, 50(7):1 297-1 300(章英.基于收购质量的烤烟烟叶无损检测技术研究综述[J].湖北农业科学, 2011, 50(7):1 297-1 300)
- [14] Zhou Wen, Han Liqun, Li Rui. Application of Computer Image Processing Technology in Drawing Leaf Shape Character of Flue-cured Tobacco [J]. *Tobacco Science & Technology*, 2000, 1:12-14(周文,韩力群,李锐.计算机图像处理技术在烤烟烟叶形状特征提取中的应用[J].烟草科技, 2000, 1:12-14)

A Synchronous Background Segmentation Method for the Transmission and Reflection Images of Tobacco Leaves

WANG Xia¹ HE Liyuan¹

¹ College of Resources & Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract: This paper describes the design of a lamp box device that captures, from each flue-cured tobacco leaf, transmission and reflection images in the same image position. According to the transmission characteristics of tobacco leaves namely that the blue vector value in the leaf part of its RGB transmission image is dramatically absorbed. Thus, this study proposes a novel segmentation method to synchronously treat the transmission and reflection images of the same flue-cured tobacco leaf, combining it with a point-oriented and area-oriented statistical segmenting method to successfully obtain leaf parts in pairs which have the same effective pixel quantities and the same contours. The results show that segmentation accuracy is higher than when only using point-oriented or area-oriented statistical segmenting methods. Moreover, the boundary is smooth and continuous. These findings are very helpful for digitally rating tobacco quality based on the combination of transmission and reflection images.

Key words: flue-cured tobacco leaves; transmission characteristics; image segmentation; synchronous treatment

First author: WANG Xia, PhD candidate, specializes in agricultural informatization and digital image processing. E-mail: air720@163.com

Corresponding author: HE Liyuan, professor. E-mail: heliyuan@mail.hzau.edu.cn