

绿色作物叶面积检测算法设计

武文亮,张志斌,路莹莹

(内蒙古大学 计算机学院,内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要:叶子是植物的重要器官,是建立植物生长模型的一个重要的组成部分。植物叶面积的检测对于评估作物的长势和建立植物的生长模型有着非常重要的研究意义。文中提出了一种可行的绿色作物叶面积检测算法,主要内容包括三部分:绿色作物图像的处理过程介绍,主要涉及的内容包括绿色提取、二值化处理和滤波去噪等;绿色作物叶面积的计算过程介绍,主要涉及的内容包括摄像头的标定、单位像素面积的计算、目标像素点的统计以及绿色覆盖区域面积的计算;叶面积检测算法效果的验证。实验结果表明:该算法的叶面积检测的误差范围在 0.20% ~ 1.29% 之间,平均检测误差为 0.84%。可以看出,文中提出的绿色作物叶面积检测算法具有较高的可行性。

关键词:绿色作物;绿色提取;滤波去噪;叶面积检测;图像处理

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)08-0174-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.08.037

Design of a Green Crop Leaf Area Detection Algorithm

WU Wen-liang, ZHANG Zhi-bin, LU Ying-ying

(College of Computer Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China)

Abstract: Leaf is a vital organ of the plants to survive and it is one of the important parts in building a plant growth model. Detecting green crop leaf area plays an important role in the establishment of the plant growth model and the assessment of the plant growth state. A kind of efficient detection algorithm of green crop leaf area is put forward and the content mainly includes three parts. Firstly, it introduces the process of green crop pictures which involves green extraction, binarization processing and filtering denoising. Secondly, it discusses the calculation process of green crop leaf area including camera calibration, unit pixel area calculation and target pixels statistics. At last, the result of algorithm is verified. The experiment shows that the error of the leaf area detection ranges from 0.20% to 1.29% and the average error is 0.84%. It can be seen that the algorithm proposed in this paper has a high feasibility.

Key words: green crop; green extraction; filtering denoising; leaf area detection; image processing

0 引言

中国是一个农业大国,粮食的产量问题直接影响到民生问题。因此,预测粮食产量和评估其质量对中国经济发展起着重要的作用,及时、准确地检测作物的生长状态对于提高农作物的质量和产量具有重要的意义,尤其是对果蔬作物而言。叶子是植物的重要器官,也是建立植物生长模型的一个重要的组成部分^[1]。因此,获取精准的绿色作物的叶面积是生态农业信息检测领域重要的研究任务之一,对于评估作物的长势和建立植物生长模型有着非常重要的研究意义。就计算机视觉技术在绿色作物图像应用方面,国内外学者进行了大量的研究工作。

国外方面,Mayer等^[2]率先利用数字图像对几种作物的叶面积、茎秆直径、叶柄夹角进行了分析;Reyniers等^[3]通过绿色作物颜色索引和光谱分析的方法测量小麦生长期间的覆盖面积;Trooien等^[4]探索了利用图像处理技术测量马铃薯叶面积的方法。

国内方面,陈晓光等^[5]利用图像处理技术分析和判别了蔬菜苗的生长状态,为蔬菜苗的移栽时期判断提供了重要的信息;武聪玲等^[6]在温室条件下利用图像处理技术对单株黄瓜幼苗的生长实行了无损监测;李少昆等^[7]率先将图像技术用于小麦、玉米等大田作物株型信息的提取和生长检测;张伟等^[8]利用计算机图像处理技术进行了作物缺素判别。

收稿日期:2015-11-05

修回日期:2016-03-03

网络出版时间:2016-06-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31160253,31360289)

作者简介:武文亮(1989-),男,硕士,研究方向为机器视觉和嵌入式应用;张志斌,副教授,研究方向为机器视觉、模式识别和图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160621.1701.018.html>

1 绿色作物图像处理

绿色作物图像处理过程主要包括绿色提取、图像二值化处理^[9]和图像滤波去噪。MATLAB 工具对于图像的处理提供了强大的支持,它把图像以二维矩阵的方式存储起来,只需对矩阵进行相应操作即可。

根据真实田间作物的生长背景及作物本身颜色的特点,首先要对采集到的作物图像进行绿色成分的提取,然后再将 24 位真彩图像转换成二值化图像。同时,拍摄到的田间作物图像通常会因为光照以及杂草等因素的影响使得作物图像中存在大量噪声,因此需要对图像进行去噪处理。MATLAB 工具提供了五种滤波器,包括线性平滑滤波器、中值滤波器、状态统计滤波器、二维自适应滤波器和特定区域滤波器。文中选用自适应中值滤波方法来对二值化后的图像进行去噪。该方法不仅能够解决线性滤波器所产生的模糊效应^[10],同时也能有效地避免普通中值滤波因为窗口过多过小对图像边缘细节特点造成的影响。自适应中值滤波即在中值滤波的基础上,基于噪声的分布情况,选择一种不断改变窗口边长的处理手段,在滤波的同时判断所处理的像素点是否为噪声,再依据具体情况进行不同的处理^[11]。

绿色作物图像处理的详细步骤为:

- (1) 提取 24 位真彩图像每个像素点的 RGB 分量;
- (2) 对 RGB 分量进行归一化;
- (3) 计算绿色成分的含量;
- (4) 根据阈值对图像进行二值化:文中的二值化将真实作物(目标像素区域)的灰度值置为 255,背景区域灰度值置为 0;
- (5) 对二值化后的图像进行滤波处理。

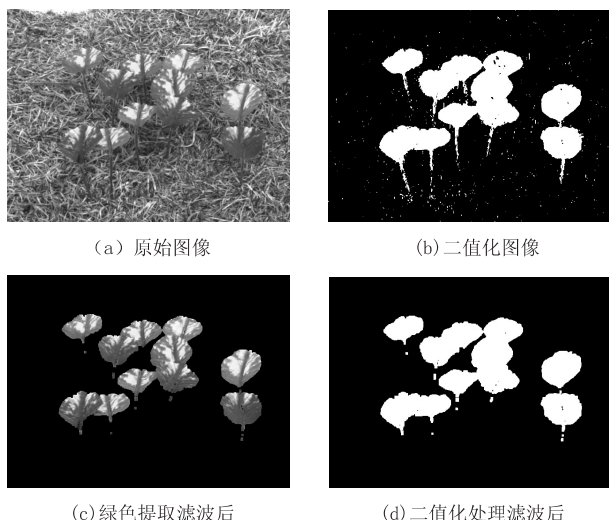


图1 绿色作物图像处理

图1为对一块绿色作物图像进行处理的过程。其中,图(a)为采集到的原始图像;图(b)为计算绿色成份含量后根据阈值二值化后的图像,可以看出图像中

存在许多噪点并且作物内部因为局部颜色的影响而有空洞;图(c)为经过绿色提取后对噪点以及对作物内部本身空洞进行填补后的图像;图(d)为对二值化后的图像进行滤波处理和内部空洞补全后的图像。

2 作物叶面积的计算

2.1 摄像头的标定

摄像头标定的目的是创建图像坐标与世界坐标间的对应关系。图像坐标与世界坐标的相互关系是由摄像机成像的几何模型决定的,几何模型的参数也就是摄像机的内部参数,而这些参数的获得在大多数条件下必须通过实验和计算才能得到,这个过程就是摄像机的标定过程。图像采集指的是将现实的三维场景经过投影转换成二维且能够在计算机中进行存储的数字图像的过程。在摄像头标定及图像的采集中涉及到多个坐标系,包括图像坐标系、成像平面坐标系、摄像头坐标系和世界坐标系^[12],通过坐标系之间的关系又可以实现将二维数字图像还原到真实的三维空间场景。

截止目前,对于摄像机的标定问题已经提出了很多方法,文中选用了张正友标定法^[13],也称为基于 2D 平面靶标摄像机标定。它是一种适合应用的新型灵活的标定方法,其基本思想是将摄像机放置在不同的角度(位置)对标定板进行拍照,从所拍摄到的图像中提取特征点,求解出图像上对应的坐标点,通过特征点与其对应点世界坐标之间的关系来得到内外参数。

文中对于绿色作物的叶面积检测是基于单目视觉技术实现的。选用的是陕西维视数字图像技术有限公司生产的 MV-VS030FC 工业 CCD 摄像头,其分辨率为 640×480,像素点间距离为 5.6×10^{-6} m。标定实验通过其提供的配套专业标定软件和标定板完成,其提供的标定过程是基于张正友标定法实现的。通过标定所得摄像头的内参矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 2 & 134.9 & 0.753 & 5 & 378.40 \\ 0.000 & 0 & 2 & 135.2 & 213.68 \\ 0.000 & 0 & 0.000 & 0 & 1.000 & 0 \end{bmatrix}$$

2.2 单位像素面积的计算

绿色作物的叶子一般为不规则的形状,可以通过其最小包围合外切矩形进行单位像素面积的求解,获得不规则图像的最小包围合矩形用 MATLAB 是极易实现的。单位像素面积的具体求解过程如下:

假设已知绿色作物叶子的左、右、上、下边界的图像坐标分别为 (X_{c_1}, Y_{c_1}) 、 (X_{c_2}, Y_{c_2}) 、 (X_{c_3}, Y_{c_3}) 和 (X_{c_4}, Y_{c_4}) ;通过摄像机标定所得的摄像头内参以及拍摄摄像时的外参(拍摄高度和拍摄倾角)转换得到的相应世界坐标分别为 (X_{w_1}, Y_{w_1}) 、 (X_{w_2}, Y_{w_2}) 、 (X_{w_3}, Y_{w_3}) 、 (X_{w_4}, Y_{w_4}) 。那么图像坐标 X 轴和 Y 轴的单位像

素距离 p_x 和 p_y 可以分别由式(1)和式(2)表示,图像坐标下的单位像素面积 p_s 可由式(3)表示。

$$p_x = (X_{w_2} - X_{w_1}) / (X_{c_2} - X_{c_1}) \tag{1}$$
$$p_y = (Y_{w_4} - Y_{w_3}) / (Y_{c_4} - Y_{c_3}) \tag{2}$$
$$p_s = p_x * p_y \tag{3}$$

2.3 目标像素点的统计

对二值化后的图像经过滤波处理和空洞补全处理后的图像通过 MATLAB 可以快速地统计出目标像素总个数,只要对其相应二维矩阵中各个像素点的灰度值进行 0 和 255 判别即可,若为 255 则说明为作物区域像素,若为 0 则说明是作物生长的背景区域。

2.4 叶面积的计算

获取到作物叶子的单位像素面积及其像素点个数后,作物叶面积的计算就轻而易举了,只要对单位像素面积与目标像素点个数取乘积即为作物的实验面积。

3 实验数据的获取和分析

表 1 700 mm 不同倾角下的实验数据

拍摄倾角/°	像素个数/个	单位像素面积/mm ²	实验面积/mm ²	真实面积/mm ²	检测误差/%
15	128	9.31	1 191.72	1 200	0.69
20	428	2.84	1 215.52	1 200	1.29
25	746	1.59	1 186.14	1 200	1.16
30	673	1.80	1 211.40	1 200	0.95

表 2 20°不同高度下的实验数据

拍摄高度/mm	像素个数/个	单位像素面积/mm ²	实验面积/mm ²	真实面积/mm ²	检测误差/%
800	376	3.18	1 195.68	1 200	0.36
900	294	4.04	1 187.76	1 200	1.02
1 000	329	3.64	1 197.56	1 200	0.20
1 100	201	6.03	1 212.03	1 200	1.00

通过上述两组实验数据可以看出:拍摄高度固定为 700 mm,拍摄倾角分别为 15°、20°、25°、30°时,叶面积检测的误差范围在 0.69% ~ 1.29% 之间;拍摄倾角固定为 20°,拍摄高度分别为 800 mm、900 mm、1 000 mm、1 100 mm 时,叶面积检测的误差范围在 0.20% ~ 1.02% 之间。说明文中提出的绿色作物叶面积检测算法具有较高的可行性。

4 结束语

文中提出了一种可行的绿色作物叶面积的检测算法,绿色作物叶面积的计算过程主要包括摄像头的标定和绿色图像的处理。摄像头标定的内参以及拍摄图像时的外参是完成坐标转换的基础,单位像素面积的计算必须通过坐标转换程序来完成。绿色图像的处理主要涉及的内容包括绿色提取、二值化处理和滤波去噪等。二值化的目的在于获取叶子的最小包围合矩形

为了尽可能地减少因为滤波去噪以及不规则边界等因素对作物叶面积检测造成的影响,同时考虑到受条件限制真实作物叶面积无法精确获取,文中采用一张尺寸为 30 m * 40 m 的绿色背景矩形图片模拟绿色作物叶子。为了得到较为可靠的实验结果,文中分别在相同拍摄高度、不同拍摄倾角和相同拍摄倾角、不同拍摄高度两组条件下进行了仿真实验。第一组实验将拍摄高度固定为 700 mm,拍摄倾角分别取 15°、20°、25°、30°;第二组实验将拍摄倾角固定为 20°,拍摄高度分别取 800 mm、900 mm、1 000 mm、1 100 mm。

经过绿色作物的图像处理和作物叶面积计算处理后,相同拍摄高度、不同拍摄倾角下图像的处理结果如表 1 所示,相同拍摄倾角、不同拍摄高度下的图像处理结果如表 2 所示。其中,实验面积即检测面积,为像素个数与单位像素面积的乘积,检测误差为实验面积与真实面积的误差。

以及统计目标像素点的个数。获取最小包围合矩形的目的在于计算叶子覆盖区域的平均单位像素面积。文中在相同的拍摄倾角、不同的拍摄高度和相同的拍摄高度、不同的拍摄倾角两组条件下进行图像采集和叶面积计算,实验结果表明,文中提出的算法对于叶面积估算的准确性相对较高,这对于作物长势的分析、产量的估计、质量的评价和建立绿色作物的生长模型都有着非常重要的作用,对于大力发展生态农业具有重要的意义。

参考文献:

[1] 赵元棣,温维亮,郭新宇,等. 基于参数化的玉米叶片三维模型主脉提取[J]. 农业机械学报,2012,43(4):183-187.

[2] Mayer G E, Davion D A. An electronic image plant growth measurement system[J]. Transaction of ASAE,1987,30(1):

(下转第 181 页)

分析可知,文中算法 HGSSIM 优于 PSNR 和 SSIM 算法,其评价值与主观分值的相关性较高,更加接近主观评价。

5 结束语

文中算法在结构相似度图像质量评价方法上,考虑了视觉特性在图像评估中的重要作用,引入包含重要视觉信息的梯度幅值特性和对不同频率图像产生感知差异的对比敏感度特性,并利用 Sobel 算子计算梯度幅值,利用对比敏感度函数计算感知因子。实验结果表明,文中算法利用的有效人眼视觉特性,使图像质量评估取得了较好的评价结果,更好地反映了人的主观感受。

参考文献:

[1] Wang Z, Bovik A C, Lu L. Why is image quality assessment so difficult[C]//JCASSP. Florida: IEEE, 2002: 3313-3316.

[2] 潘春华, 朱同林, 刘 浩. 图像质量的 HVS 评价方法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(4): 149-151.

[3] 凌 云, 夏 军, 屠 彦, 等. 视觉感兴趣区的提取及其在视频图像质量评估中的应用[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2009, 39(4): 753-757.

[4] Chandler D M, Hemami S S. VSNR: a wavelet-based visual signal-to-noise ratio for natural images[J]. IEEE Transactions on Image Process, 2007, 16(9): 2284-2298.

[5] 姚军财. 基于人眼对比度敏感视觉特性的图像质量评价方法[J]. 液晶与显示, 2011, 26(3): 390-396.

[6] Wang Z, Bovik A C, Sheikh H R, et al. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Process, 2004, 13(4): 600-612.

(上接第 176 页)

242-248.

[3] Vrindts E, Reyniers M, Darius P, et. al. Analysis of soil and crop properties for precision agriculture for winter wheat[J]. Biosystems Engineering, 2003, 85(2): 141-152.

[4] Troien T P, Heermann D F. Measurement and simulation of potato leaf area using image processing measurement[J]. Transaction of the ASAE, 1992, 35(5): 1719-1721.

[5] 陈晓光, 于海业, 周云山, 等. 应用图象处理技术进行蔬菜苗特征量识别[J]. 农业工程学报, 1995, 11(4): 23-26.

[6] 武聪玲, 滕光辉, 李长纓. 黄瓜幼苗生长信息的无损监测系统的应用与验证[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 109-112.

[7] 李少昆, 张 弦, 赵 明, 等. 作物株型信息多媒体图像处理技术的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 265-271.

[8] 张 伟, 毛罕平, 李萍萍, 等. 基于计算机图像处理技术的

[7] 田浩南, 李素梅. 基于边缘的 SSIM 图像质量客观评价方法[J]. 光子学报, 2013, 42(1): 110-114.

[8] 廖 斌, 陈 岩. 双尺度边缘结构相似度的图像质量评估[J]. 计算机工程, 2007, 33(19): 199-200.

[9] 王正友, 胡国胜, 明建华, 等. 基于 SSIM 与 ROI 的视频质量评价方法[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(9): 1906-1911.

[10] 朱爱红, 张玉叶, 李 连. 小波模拟 CSF 加权的失真图像质量评价[J]. 北京理工大学学报, 2010, 30(6): 713-717.

[11] 张 桦, 夏一行, 周文晖. 基于注意转移机制的图像质量评价方法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(9): 2056-2061.

[12] 袁万立, 李朝锋. 结合 HVS 及 SSIM 的无参考模糊图像评价方法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(1): 210-212.

[13] Zhang L, Zhang L, Mou X Q, et al. FSIM: a feature similarity index for image quality assessment[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(8): 2378-2386.

[14] Jain R, Kasturi R, Schunck B G. Machine vision[M]. [s. l.]: McGraw-Hill, Inc. , 1995.

[15] Jahne B, Haubecke H R, Geible P R. Handbook of computer vision and applications[M]. [s. l.]: Academic Press, 1999.

[16] Mannos J L, Sakrison D H. The effects of a visual fidelity criterion on the encoding of images[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1974, 20(4): 525-536.

[17] 胡许明, 张登福, 南 栋, 等. 基于人眼视觉特性的图像视觉质量评价方法[J]. 计算机应用, 2012, 32(7): 1882-1884.

[18] Sheikh H R, Wang Z, Cormack L, et al. Live image quality assess database release 2 [EB/OL]. 2015. [http://live. ece. utexas. edu/research/quality](http://live.ece.utexas.edu/research/quality).

[19] Brunnstrom K, Hands D, Speranza F, et al. VQEG validation and ITU standardization of objective perceptual video quality metrics[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2009, 26(3): 96-101.

作物缺素判别的研究[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(2): 50-51.

[9] 王勇智. 数字图象的二值化处理技术探究[J]. 湖南理工学院学报: 自然科学版, 2005, 18(1): 31-33.

[10] 李鸿林, 张忠民, 羿宗琪. 中值滤波技术在图像处理中的应用[J]. 信息技术, 2004, 28(7): 26-27.

[11] 李银华, 路新惠. 改进型自适应中值滤波算法在图像处理中的应用[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2009, 24(1): 83-86.

[12] Abdel-Aziz Y I, Karara H M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry[C]//Proceedings of symposium on close-range photogrammetry. [s. l.]: [s. n.], 1971.

[13] Zhang Z Y. Flexilbe camera calibration by viewing a plane from unknown orientation[C]//Proc of ICCV99. [s. l.]: [s. n.], 1999: 51-52.