

王爱新,李春友,张 喆. 基于计算机视觉的农业图像害虫定位检测算法[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):361-364.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.106

基于计算机视觉的农业图像害虫定位检测算法

王爱新,李春友,张 喆

(河北农业大学信息科学与技术学院,河北保定 071000)

摘要:目前农业害虫检测主要依靠人工作业,造成效率低下、易受环境因素和主观因素影响,故本研究提出了基于计算机视觉的农业害虫检测识别算法。首先,融合灰度空间、HSV 空间与 YUV 空间,以线性形式构造害虫区域粗定位模型;然后基于直方图均衡化与投影直方图,分析图像特征;再基于均值漂移算法,定位害虫区域,实现细定位;最后,再提出基于轮廓梯度差的 Grabcut 算法,精确检测出害虫。试验测试数据表明:与当前农业害虫定位检查技术相比,本研究算法拥有更高的检测精度,能精确定位识别害虫目标。

关键词:HSV 空间;直方图均衡化;Grabcut;均值漂移算法;计算机视觉;农业图像;害虫定位

中图分类号:TP391.4;S126 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)07-0361-04

农业是一个国家的安国之根本,也是与一个社会每天正常运作息息相关的。目前世界各国,尤其是发达国家,已经越来越重视农业的生产效率和自动化程度。近几年来,计算机技术在不断发展并应用到农业领域。在这样的大背景下,将基于计算机视觉为核心技术的自动化设备引入农业领域^[1-2],是十分必要的。它不仅可以提高农业生产效率,也可以提高农业产品的质量。而计算机视觉技术可以应用于农业的各个

领域,比如无人飞机自动导航播种、耕地机器人视觉导航以及农业产品外观质量的视觉检测。其中的农业产品外观质量的视觉检测,是直接关乎农业产品,进而影响人民生活质量的。

农业生产中的很多阶段,需要对农业产品进行质量检测,检查是否存在害虫,从而及时处理,以免影响更大的范围,可见农业产品外观质量的视觉检测的重要性^[3]。在农业害虫的检测中,主要干扰来源有 2 个:外界光源对图像质量的影响、害虫图像背景复杂。总而言之,就是害虫在图像中很难与背景分离^[4],即图像分割有很大的困难。而传统的检测技术主要依赖于人眼,是农民自己对农产品的每个细节进行检查。但是检查环境往往很恶劣,同时受天气干扰,检查工作很难展开。但是如果采用带视觉的机器人对其进行检查并做相应处理^[5-6],则可以大大克服环境与天气的不利影响,同时具有很高的查出率,检测精度客观。

对此,学者们也做了大量研究,提出了诸如多尺度集合变

收稿日期:2015-08-23

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAD38B02);河北省科技支撑计划(编号:11237178);公益性行业(林业)科研专项(编号:201204105);黄淮海平原农田防护林生态系统定位研究观测站资助项目。

作者简介:王爱新(1978—),男,河北保定人,硕士,讲师,主要从事计算机通信及图形学、计算机应用的研究。E-mail:wangaixin1978hb@sina.com。

5 结论

利用 ANSYS 软件中集成的 Fluent 对清选室气流场进行数值模拟计算,得到了整个清选室的气流场分布,计算出气流场中筛面上中点、出风口气流速度。

采用正交仿真试验,分析离心风机风速、吸引风机风速、离心风机倾角及百叶窗筛夹角对清选室气流场的影响,其中百叶窗筛夹角对清选室的筛面气流场的分层影响较大。

通过仿真试验得到籽粒与杂质有效分离的参数组合:离心风机风速为 12 m/s,吸引风机风速为 6 m/s,离心风机倾角为 25°,百叶窗筛夹角为 40°。

参考文献:

- [1] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:169-170.
- [2] 钟 挺,胡志超,顾峰玮,等. 4LZ-1.0Q 型稻麦联合收获机脱粒清选部件试验与优化[J]. 农业机械学报,2012,43(10):76-81.

- [3] 李耀明,赵 湛,陈 进,等. 风筛式清选装置上物料的非线性运动规律[J]. 农业工程学报,2007,23(11):142-147.
- [4] 李耀明,唐 忠,李洪昌,等. 风筛式清选装置筛面气流场试验[J]. 农业机械学报,2009,40(12):80-83.
- [5] 李洪昌,李耀明,徐立章,等. 风筛式清选装置气流场的数值模拟与分析[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2010,31(4):378-382.
- [6] Panneerselvam R, Savithri S, Surender G D. CFD modeling of gas-liquid-solid mechanically agitated contactor[J]. Chemical Engineering Research & Design, 2008, 86(12A):1331-1344.
- [7] Gebrehiwot M G, De Baerdemaeker J A. Effect of a cross-flow opening on the performance of a centrifugal fan in a combine harvester: computational and experimental study[J]. Biosystems Engineering, 2010, 105(2):247-256.
- [8] 李 方,李耀明. 切纵流清选室气道气流优化与仿真研究[J]. 农机化研究,2015,37(2):75-78.
- [9] 吴守一. 农业机械学[M]. 北京:机械工业出版社,1992:124-125.
- [10] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统:实验设计、系统分析及数据挖掘[M]. 北京:科学出版社,2007:244-246.

换去噪算法^[7]以及基于滤波值^[8]、中值滤波^[9-10]的优化算法等。本研究提出了基于计算机视觉的农业害虫检测识别算法。首先,分别对灰度空间、HSV 空间、YUV 空间下的图像特性进行研究,推导每个颜色空间的公式,实现对害虫图像目标的粗定位。然后进行直方图均衡化,以投影直方图为特性,基于均值漂移算法定位害虫区域。最后利用基于轮廓梯度差的 Grabcut 算法将害虫抠出图像,从而完成整个害虫检查算法;并测试了本研究算法的检测精度。

1 检测架构与算法原理

本系统对农业图像中是否存在害虫进行检查,算法结构如图 1 所示。其原理是:由于农业产品图像背景复杂,颜色繁多,因此考虑把原始 RGB 图像分别转换到多个颜色空间,如灰度、HSV、YUV,同时提取出各个分量,经过分析后,进行线性运算,即把各个颜色空间的各个分量进行组合,同时引入加权值,目的是对图像害虫目标进行粗定位。然后引入直方图技术,图像均衡归一化,利于分析,提取反投影直方图,用于均值漂移定位害虫区域,这是细定位。最后粗定位与细定位相结合,再用 GrabCut 这个算法函数将害虫目标精确勾勒出来。

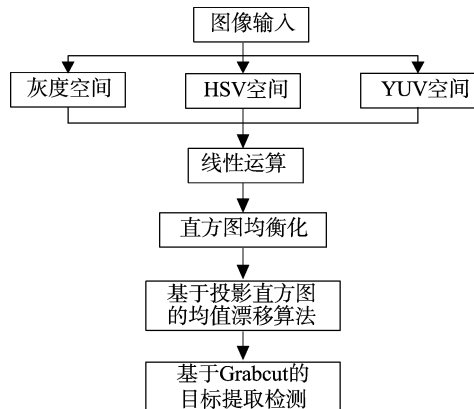


图1 本系统架构图



图2 待检测害虫图像（框框所示）



图3 待检测害虫的灰度图

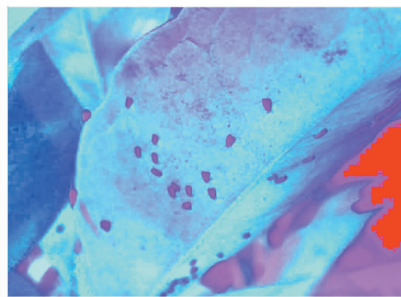


图4 待检测害虫图像的 HSV 图

信号,再次引入 YUV 分量,如式(9)至(11)所示,用于线性运算,将目标从背景分离。YUV 后的图像如图 5 所示。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B; \quad (9)$$

$$U = -0.147R - 0.289G + 0.436B; \quad (10)$$

$$V = 0.615R - 0.515G - 0.1B。 \quad (11)$$

为了充分利用上述 3 空间的优点,本研究耦合灰度空间、HSV 空间、YUV 空间各分量,构造出粗定位模型,见式(12)。由于目标颜色与背景有明显灰度差、亮度差、边缘差值,故对 gray、H、S、V、Y、U、V 分量线性组运算。线性运算处理后的图

以图 2 为例,该图像包含许多小虫,特性淹没于整个图像中。同时背景复杂,有较大的干扰。

1.1 基于颜色空间的害虫目标粗定位

相机采集图像原始为 RGB 颜色空间,分为 3 个通道 R、G、B,每个通道有 8 位二进制位,总共 24 位的图像。然而 RGB 颜色空间并不适应人眼视觉习惯,也不适用于一些特殊背景的项目开发,如本系统这种绿色居多的背景;因此需要引入其他颜色空间:HSV、CIEL*a*b、灰度空间。

灰度空间的图像是单通道的,可以减少数据处理量,从而提高系统效率。有 3 种灰度处理,最大值法处理的图像亮度整体偏大,见式(1)。平均值法处理的图像较为柔和,见式(2)。而利用加权平均值法对 RGB 的特性进行分析,人眼对绿敏感度最高,红色次之,蓝色最低,据此分别加上不同的权值,见式(3)。

$$Gray1 = \max(R, G, B); \quad (1)$$

$$Gray2 = (R + G + B) / 3; \quad (2)$$

$$Gray3 = 59\%R + 30\%G + 11\%B。 \quad (3)$$

综合分析,只有加权平均值法是根据图像 RGB 特性分别进行有机组合;而最大值法、平均值法会对图像特性产生不同程度的失真。故本研究将权值引入平均值法中,建立加权平均值法模型;并利用加权平均值法完成图像灰度处理。根据经验,设置 G、R、B 的权值分别为 59%、30%、11%。灰度处理后的图像如图 3 所示。

而 HSV 颜色空间最符合人眼视觉习惯,见图 4。

$$\max = \max(R, G, B); \quad (4)$$

$$\min = \min(R, G, B); \quad (5)$$

$$H = (G - B) / (\max - \min); \quad (6)$$

$$V = \max; \quad (7)$$

$$S = (\max - \min) / \max。 \quad (8)$$

为了充分研究不同颜色空间的图像,除了灰度空间、HSV 空间,接着再引入 YUV 空间展开研究。YUV 颜色空间,又称 YCrCb 空间,最早用于使黑白电视也可以接收到彩色电视的

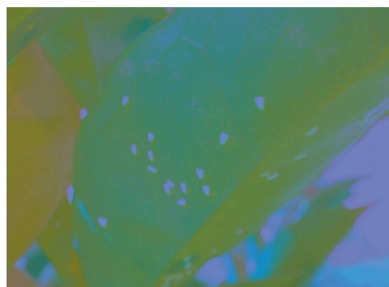


图5 待检测害虫图像的 YUV 图

像如图 6 所示。可见经过粗定位模型处理,有效分割出了害虫区域,即二值图中白色区域,完成害虫的粗定位。

$$Va = (2V - H - S) + (2Y - U - V) + gray。 \quad (12)$$



图6 害虫的粗定位

颜色分量线性运算部分关键代码如下:

```
cvConvertScale( ipl, hsv, 1.0/255.0, 0);
cvCvtColor( hsv, hsv, CV_BGR2HSV);
cvSplit( hsv, h, s, v, NULL);
cvConvertScale( h, hint, 1, 0);
cvEqualizeHist( hint, hint);
cvConvertScale( hint, hen, 1.4/360.0, 0);
cvSub( hen, s, hs);
cvAdd( hen, s, h2s);
cvConvertScale( v, v, 2.0, 0);
cvSub( v, h2s, h2s, NULL);
cvConvertScale( h2s, vhs1int, 255, 0);
cvNot( vhs1int, vhs1int);
cvConvertScale( vhs1int, h2s, 1.0/255.0, 0);
cvMul( h2s, hs, xx);
```

1.2 基于均值漂移算法的害虫目标细定位

在将目标从背景分离后,需精确定位目标,并且确认疑似目标是否确实为系统搜寻目标。不同图像或者同一图像的不同区域的每个灰度值的像素数是不一样的,故本研究算法引入直方图来完成。为了便于分析,将直方图归一化,即所有项之和等于 1,此时各个区域的直方图可以看做一个概率函数,即反投影直方图。通过嵌入均值漂移算法,计算图像中每个区域的反投影直方图,得出最大概率的位置,即检测图像中特定内容,如害虫目标。

算法流程:

(1) 统计图像或区域像素总个数,对 0~255 这 256 个灰度级的像素数进行计算。

(2) 每个灰度级的像素数除以总像素数,即得到经过归一化的直方图。

(3) 对目标区域的归一化直方图,转换为反投影直方图,即一特征矩阵,记录各个灰度级在总像素中的比例。

(4) 从图像初始位置开始,迭代移动,计算各个区域的反投影直方图,锁定图像中该概率函数的最大值,完成图像目标定位。整个算法流程如图 7 所示。

以单个害虫为例,见图 8;依照上面的算法流程,得到害虫区域细定位即图 9 所示。

部分关键代码如下:

```
cvMul( r, rectroier, r);
```

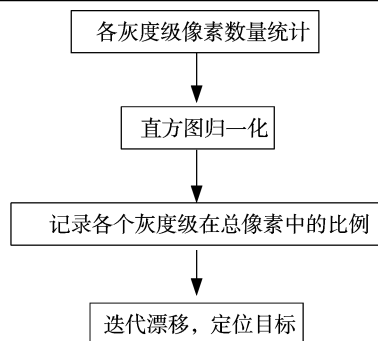


图7 算法流程图



图8 单个害虫



图9 农业害虫的细定位结果

```
cvMul( g, rectroier, g);
cvMul( b, rectroier, b);
iir = cvAvg( rb);
iig = cvAvg( gb);
iib = cvAvg( bb);
color_distance = abs( sqrt( ( ir. val[0] - iir. val[0]) * ( ir. val[0] - iir. val[0]) + ( ig. val[0] - iig. val[0]) * ( ig. val[0] - iig. val[0]) + ( ib. val[0] - iib. val[0]) * ( ib. val[0] - iib. val[0]) ) ) / 3;
color_distancer = abs( ir. val[0] - iir. val[0] );
cvAvgSdv( r, NULL, bz, NULL);
color_dev = bz[0]. val[0]; cvMul( r, r, rr);
CvScalar sr = cvSum( r);
CvScalar srr = cvSum( rr);
tidu = srr. val[0] / ( sr. val[0] * tmparea);
```

1.3 基于 Grabcut 算法的害虫精确检测

GrabCut 是微软研究院的一个课题,主要功能是分割和抠图。其优点在于:只需要在目标外面画一个框,把目标框住,它就可以完成良好的分割。由于本研究之前基于粗定位与细定

位已经将目标的区域锁定,因此此时非常适合采用 OpenCV 函数 GrabCut 来分割出害虫目标,分割结果如图 10 所示。



图10 农业害虫的分割效果

该算法利用了图像中的纹理(颜色)信息和边界(反差)信息,只要少量的用户交互操作即可得到比较好的分割结果。本研究的用户交互操作就是之前粗定位与细定位提供的害虫区域,基于该区域,再利用 GrabCut 进行处理。

本研究基于 OpenCV 函数实现,下面对该函数进行介绍。GrabCut 函数的第一个参数为我们要处理的图像,本程序中

就是 image,图像的类型必须为:CV_8UC3。第二个参数是 mask 图像,它的大小和 image 一样,但是它的格式为 CV_8UC1,只能是单通道的,Grabcut 算法的结果就保存在该图像中。OpenCV 中 GrabCut 函数:

```
cv::grabCut( image, result, rectangle, bgModel, fgModel, 1,
cv::GC_INIT_WITH_RECT)。
```

2 试验与讨论

借助 VS2010 工具完成算法性能测试。为了体现本研究算法的优越性,将文献[11]的方法视为对照组。以图 11 为目标,利用本研究算法与对照组技术,对害虫完成检测。部分试验参数设置如下:灰度空间转换,根据经验,设置 G、R、B 的权值分别为 59%、30%、11%。线性运算公式如式(12)所示。

本研究先利用各个颜色空间图像分量,并整合后线性运算,完成粗定位,后利用均值漂移算法,以各个像素级在区域图像所占比例完成细定位,最后又采用 GrabCut 算法函数勾勒出分割检测效果,如图 12 所示。对照组单纯使用图像灰度阈值来做检测,有一定的检测效果,但是也存在明显的误检和漏检,如图 13 所示。



图11 待检测害虫图像



图12 本系统害虫识别结果



图13 对照组的害虫识别结果

3 结论

为了实现基于计算机视觉的农业害虫排查,本研究对农业害虫的图像特性展开深入分析。首先对各个颜色空间的数学公式原理进行分析,并将图像转换到各个空间。然后进行各分量线性运算,得包含害虫的二值图像。对直方图、反投影直方图、均值漂移算法进行研究,对害虫进行粗定位。最后采用 OpenCV 的函数 GrabCut 将害虫目标分割显示,从而展示了本算法的有效性。试验结果表明:本机制具有很好的害虫识别精度和效率,可以用于大批量农业害虫检测。

参考文献:

- [1] 杨青. 基于农业视觉图像的高效滤波处理方法[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4): 361-363.
- [2] 张树行, 沈希忠, 李宗杰, 等. 基于手机彩信通信和图像处理技术的农业专家系统研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(33): 13054-13055, 13084.
- [3] 李辉, 滕桂法, 张燕. 数字图像处理技术及其在农业中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(13): 6060-6061, 6072.

- [4] 刘华锋, 苏艳刚. 结合边缘检测的农业图像非局部均值滤波算法[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 402-403, 447.
- [5] 肖德琴, 黄顺彬, 殷建军, 等. 基于嵌入式应用的高分辨率农业图像采集节点设计[J]. 农业机械学报, 2014, 45(2): 276-281.
- [6] 宋革联, 韩瑞珍, 张永华, 等. 基于无线传输技术的农田害虫检测与识别系统的开发[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2014, 40(5): 585-590.
- [7] Starck J L, Candès E J, Donoho D L. The curvelet transform for image denoising[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(6): 670-684.
- [8] Shreyamsha Kumar B K. Image denoising based on non-local means filter and its method noise thresholding[J]. Signal, Image and Video Processing, 2013, 7(6): 1211-1227.
- [9] 张丽果. 快速非局部均值滤波图像去噪[J]. 信号处理, 2013, 29(8): 1043-1049.
- [10] 陈云波, 於雪琴. 一种结合数学形态学和 LOG 算子的遥感图像边缘检测方法[J]. 河南科学, 2013, 31(12): 2182-2185.
- [11] 宋革联, 韩瑞珍, 张永华. 基于无线传输技术的农田害虫检测与识别系统的开发[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2014, 40(5): 585-590.