

基于机器视觉的除草机器人杂草识别

金小俊, 陈 勇, 侯学贵, 郭伟斌

(南京林业大学 机械电子工程学院, 江苏 南京 210037)

摘 要:根据杂草颜色特征,提出了新的图像分割算法,在 RGB 空间直接将杂草从土壤背景中分割出来。首先顺序搜索图像中每一个像素点,如果当前像素 RGB 值中 $G>R$ 且 $G>B$,则将该像素值置 1(杂草),否则为 0(背景),从而完成图像分割。然后采用 8 邻域消除孤立点,并确定杂草区域位置。利用 Visual C++ 开发了除草机器人杂草识别软件,设计了除草机器人结构模型。试验表明,该分割算法实时性好,可有效识别出杂草,并能够适应户外自然光变化。除草机器人机械臂能够准确定位,完成除草动作。

关键词:除草机器人;杂草识别;机器视觉;颜色特征

中图分类号:TP242.62;S451.229

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2012)02-0104-05

Weed Recognition of the Machine Vision Based Weeding Robot

JIN Xiaojun, CHEN Yong, HOU Xuegui, GUO Weibin

(College of Electronic and Mechanical Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

Abstract: A new segmentation algorithm of image was proposed to discriminate weeds from background by using color information in RGB space. Firstly, the plant-soil-residue image was analyzed and calculated pixel by pixel, pixel was considered as weed when $G>R$ and $G>B$ and its value was set to 1; otherwise, the pixel was considered as background and its value was set to 0. Afterwards, 8-neighborhood method was applied to eliminate the isolated points and the locations of weed regions were obtained. The software of weed recognition for weeding robot was developed by means of Visual C++ and a model of robot structure was designed. Experiments show that this algorithm is robust to the variation of the natural light and takes less time in image processing. The mechanical arm of weeding robot could be precisely positioned and carry out weeding activities.

Key words: weeding robot; weed recognition; machine vision; color information

基于机器视觉的田间杂草识别方法通常利用杂草的形状特征^[1]、纹理特征^[2]、多光谱特征^[3]或颜色特征^[4]将杂草与背景分离。Tang 等^[5]在 HSI(hue-saturation-intensity)颜色空间利用遗传算法分割植物和背景,可以克服田间光照强度变化对分割效果的影响。毛文华等^[6]研究发现玉米植株叶片的颜色是深绿色,而株心区域的颜色是浅绿色,可以利用此差异识别出杂草。试验表明,对玉米田中杂草的识别率可达 84%。杨转^[7]选取杂草图像的色度值为颜色特征参数,采用阈值处理和形态学技术识别田间杂草,并能适应不同光照条件。但是,上述研究均是针对静态图像的,而且将图像从 RGB(red-green-blue)空间转换到 HSI 空间时需要耗费较长的时间,影响实时性。将杂草与背景分割出来时也没有确定杂草在图像中的空间位置。

除草机器人在非结构化的农田环境中工作,光线变化大,背景复杂,同时除草机器人连续工作,实时性要求比较高。本研究提出了适用于识别农作物行间杂草的新的图像分割算法:在 RGB 空间直接将杂草与背景

收稿日期:2011-11-30

基金项目:人事部留学回国人员科技活动择优资助项目

作者简介:金小俊(1987—),男,江苏姜堰人,硕士研究生,主要从事数字图像处理与机电一体化技术研究。

通信作者:陈 勇(1965—),男,江苏南京人,教授,博士,博士生导师,主要从事机电一体化技术研究。

E-mail:chenyongnj@sohu.com

分割成二值图像,将视场分成 25 个区域,根据各区域中杂草面积阈值确定其位置。在此基础上,结合直接施药方法^[8]和自动驾驶等技术,开发了除草机器人模型。

1 基于 VFW 的图像采集

本研究中,图像采集及处理软件直接采用微软公司基于 Windows 操作系统的视频软件开发工具 VFW (video for Windows)进行开发。VFW 是 Microsoft 公司 1992 年推出的一个数字视频软件包,在 Visual C++中也将 Video For Windows 函数称为 AVIcap 窗口类函数。通过使用 AVIcap 窗口类函数,可以在应用中方便地集成视频采集功能^[9]。

本研究利用 AVIcap 的回调函数对采集的图像进行实时处理。AVIcap 提供两种模式显示视频:预览模式(PreView)和叠加模式(OverLay)。在预览模式中,视频帧先从视频捕获卡传到系统内存,接着采用 GDI 函数在捕获窗中显示。预览模式所支持的视频采集格式为 RGB 格式。

在视频捕捉和实时处理过程中,首先需要建立视频捕获窗口以显示采集到的图像,然后将此窗口与摄像头驱动进行关联。连续采集前利用 capCaptureGetSetup()或 capCaptureSetSetup()对捕获窗进行参数设置,本研究中设置每秒采集 10 帧图像。启动视频捕获时,在捕获窗口会显示当前捕获的图像。捕获当前帧结束后,CapsetCallbackon Frame()宏的单帧回调函数会进行响应,在回调函数中进行图像处理并在控制界面上输出处理后的图像。VFW 将采集到的图像放在内存中,每帧图像在内存缓冲区中的首地址相同,所以在进行回调处理时必须先将图像数据放入另一个内存缓冲区,以避免下帧图像回调时覆盖当前图像帧数据。

2 图像处理算法及试验

2.1 图像分割算法

摄像头采集的图像是 RGB 模式,采集的图像以 DIB 格式存入内存缓冲区。进入单帧回调函数时对图像进行处理,并判断当前视场区域中的杂草分布。

将图像从 RGB 空间转换到 HSI 空间需要耗费大量时间,降低了图像处理的实时性。本研究提出一种新的高效分割算法:依据颜色特征实现行间杂草与土壤背景的分割,与文献[7]不同的是,将 24 位真彩色图像直接转换为二值图像(0 为背景,1 为绿色植物)免去了图像从 RGB 空间到 HSI 空间的转换。

图像分割时,顺序搜索图像中每一个像素点,如果当前像素 RGB 值中 $G > R$ 并且 $G > B$,则将该像素值置 1 (杂草),否则为 0 (背景),从而完成图像分割。为了改善分割效果,可以加入一个因子 f ,即如果 $G > (R + f)$ 并且 $G > (B + f)$,则将该像素值设为 1,否则为 0。在不同的农田环境中,可以通过试验确定 f 值,以获得最佳的分割效果。本研究中选取 $f = 10$,试验表明,分割效果良好。

2.2 图像处理试验

图 1(a)是正午时分拍摄的一幅真彩色图像(24 bit,1 600 像素×1 200 像素),图 1(b)为利用该分割算法处理的结果(8 bit,1 600 像素×1 200 像素)。

可以看出,尽管原始图像中有阴影、枯叶等,该算法依然成功地将杂草从土壤背景中分割出来。图像分割处理时间为 860 ms(CPU 1.7G,256M)。

图 2 是傍晚时分拍摄的一幅真彩色图像(24 bit,1 600 像素×1 200 像素),阳光不充足,阴影面积较大,(b)为利用该算法处理的结果(8 bit,1 600 像素×1 200 像素)。

在图 2 中,该算法同样获得成功。图像分割处理时间为 364 ms(CPU 1.7G,256M)。

分割后的图像中可能存在的少量孤立散点,可以利用数学形态学进行处理。研究中分别尝试了 4 邻域和 8 邻域消除孤立点。试验结果显示,8 邻域效果较好,所以最终选择了 8 邻域清除孤立点。

反复试验表明,该分割算法在 RGB 空间有效、快速地完成了图像分割,并能够消除光照和阴影对图像处理的影响,可以适应户外工作环境。



(a) 原始图像
(a) Original weed image



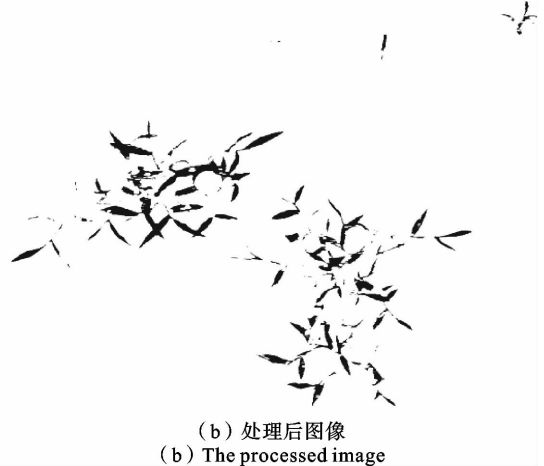
(b) 处理后图像
(b) The processed image

图 1 正午时分田间杂草图

Fig. 1 The weed image in farmland at noon



(a) 杂草原始图像
(a) Original weed image



(b) 处理后图像
(b) The processed image

图 2 傍晚时分田间杂草图

Fig. 2 The weed image in farmland at dusk

3 除草机器人杂草识别技术

3.1 机器人构成与杂草识别

本研究开发的除草机器人沿农作物行间自动行走,行走时利用机器视觉技术检测行间杂草,检测到杂草时停止行走,末端执行器运动到“杂草”区域切割和涂抹除草剂,执行结束后再行走。除草机器人结构如图 3 所示,由本体、多关节机械臂、杂草识别摄像头和导航摄像头等组成。考虑到除草机器人杂草识别的实时性和经济性,杂草识别摄像头选择环宇飞扬(北京)公司生产的“电脑眼”USB 接口摄像头,图像分辨率设置为 320 像素×240 像素。

摄像头位于除草机器人后侧,安装时光轴垂直于地面,光心距离地面高度为 400 mm,摄像头视场(300 mm×400 mm)在农作物行的中间。经过图像分割、8 邻域消除孤立点后,将图

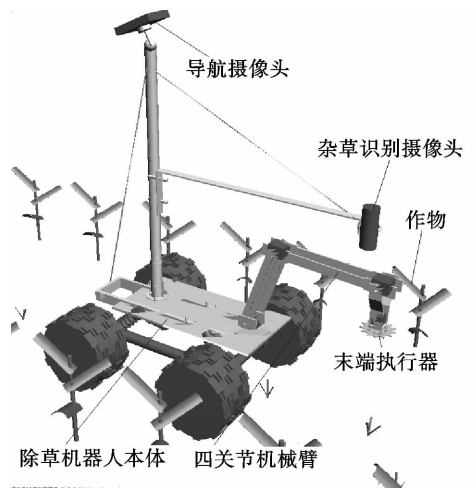


图 3 除草机器人结构图

Fig. 3 Structure of the weeding robot

像分成 25 个区域(5 行 5 列)。设定每个区域面积阈值为 A , 而每个区域“1”的数量 K 为该区杂草面积, 当 $K > A$ 时认为该区域有杂草, 则将该区域状态设置为 1, 否则为 0。

3.2 软件编程与控制界面

利用 Visual C++ 开发工具编写了除草机器人杂草识别系统, 可以连续采集图像并实时处理, 主控界面如图 4 所示。



图 4 除草机器人杂草识别软件界面

Fig. 4 The interface of weed recognition software of the weeding robot

点击“连接视频设备”和“预览模式”以后, 采集的图像在左窗口显示; 点击“预览模式识别”以后, 分割以后的图像在右窗口显示。该帧图像中 25 个区域识别结果显示在右侧“杂草识别区域显示”中, “1”表示该区域有杂草, “0”表示该区域无杂草。左窗口显示的图像进行杂草识别与区域分割所需时间列在表 1 中。

4 结论

提出了一种新的、高效的杂草识别分割算法, 可以适应户外自然光线变化。由于分割处理是在 RGB 空间内完成的, 免去了 RGB 空间向 HSI 的转换, 大大减少了程序运行时间, 从而提高了实时性。另外, 采用低价位的机器视觉硬件, 既符合除草机器人杂草识别需求, 也有利于后续推广应用。

利用 Visual C++ 开发了除草机器人杂草识别软件, 基于 Microsoft 的 VFW 连续采集图像, 对采集的图像进行图像分割, 检测出摄像头视场范围内的杂草。除草机器人末端执行器能够根据杂草检测的结果准确地清除杂草。课题组正在针对行内杂草识别这一国内外难题开展研究, 并以此为基础开发行进中行内机械除草、行间化学除草的高效除草机器人。

参考文献:

[1] PERSSON M, STRAND B A. Classification of crops and weeds extracted by active shape models[J]. Biosystems Engineering, 2008, 100(4): 484-497.
[2] GUIJARRO M, PAJARES G, RIOMOROS I, et al. Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 75(1): 75-83.

表 1 图像处理时间表

Tab. 1 Image processing time

项目	时间/ms	百分比/%
图像分割	39	75.0
8 邻域消除孤立点	10	19.2
杂草识别	3	5.8
总和	52	100

- [3]PIRON A, LEEMANS V, KLEYNEN O, et al. Selection of the most efficient wavelength bands for discriminating weeds from crop[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(2): 141-148.
- [4]金小俊, 陈勇, 孙艳霞. 农田杂草识别方法研究进展[J]. 农机化研究, 2011, 33(7): 23-27, 33.
JIN Xiaojun, CHEN Yong, SUN Yanxia. Research advances of weed identification in agricultural fields[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(7): 23-27, 33.
- [5]TANG L, TIAN L, STEWARD B L. Color image segmentation with genetic algorithm for in-field weed sensing[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 2000, 43(4): 1019-1027.
- [6]毛文华, 王辉, 赵博, 等. 基于株心颜色的玉米田间杂草识别方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 161-164.
MAO Wenhua, WANG Hui, ZHAO Bo, et al. Weed detection method based the centre color of corn seedling[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(2): 161-164.
- [7]杨转. 基于 HSI 颜色模型的杂草与土壤背景分割方法研究[J]. 河北农业大学学报, 2011, 34(4): 124-127.
YANG Zhuan. Research on the segmentation method for identifying weed from soil background based on HSI color-space [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2011, 34(4): 124-127.
- [8]CHEN Y, TIAN L, ZHENG J Q, et al. Direct herbicide application with an autonomous robot for weed control[C/CD] // ASABE Annual International Meeting. Tampa, Florida, 2005, Paper No. 051009.
- [9]刘旭东, 阮秋琦. 应用 VFW 实现视频采集与处理[J]. 电信工程技术与标准化, 2005, 18(2): 26-29.
LIU Xudong, RUAN Qiuqi. Realization of real-time video capturing and processing with VFW[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2005, 18(2): 26-29.

“机器人与智能技术”研究专栏征稿

征稿范围:

- ◇机器人理论与控制技术
- ◇人工智能与智能控制技术
- ◇移动机器人及自主导航技术
- ◇机器人传感技术、智能传感器
- ◇机器视觉、图像处理与模式识别技术
- ◇智能系统建模与控制
- ◇机器人结构设计
- ◇多机器人系统
- ◇特种机器人
- ◇机器学习

欢迎相关领域专家、学者和工程技术人员踊跃投稿, 来稿请注明“机器人与智能技术”专栏。稿件经专家评审通过后优先发表, 并实行优稿优酬。

投稿平台: http://xuebao.sdust.edu.cn/index_z.asp

电子邮箱: xbgjcl@126.com; zklwh@sdust.edu.cn

联系电话: 0532-86057826

山东科技大学学报(自然科学版)编辑部