

基于自动取阈分割算法的秸秆覆盖率检测系统

苏艳波, 张东远, 李洪文, 何进, 王庆杰, 李慧

(中国农业大学工学院现代农业装备优化设计北京市重点实验室, 北京 100083)

摘要: 在分析保护性耕作地块覆盖秸秆和土壤亮度存在差异的基础上, 以 MATLAB 为工具, 采用自动取阈图像分割算法, 提取田间实拍图像中的秸秆及土壤信息, 统计图像中秸秆覆盖面积, 利用秸秆覆盖率算法实现对地表秸秆覆盖率的自动检测。系统经田间模拟试验校正后, 田间测试误差可控制在 4% 以内, 平均检测效率可提高约 72 倍, 为开展保护性耕作技术秸秆覆盖研究提供了一种可行有效的方法。

关键词: 保护性耕作; 秸秆覆盖率; 自动取阈; 图像分割; 检测

中图分类号: TP391.41; S126

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2012)08-0138-05

0 引言

田间秸秆覆盖率是衡量保护性耕作技术的一项重要指标。大量试验表明, 采用秸秆覆盖地表可以有效减少水土流失, 抑制地表水分蒸发, 增加土壤蓄水量^[1]。研究秸秆覆盖率与土壤风蚀、水蚀的定量关系, 对农田采取合理的覆盖形式具有重要的指导意义。目前, 在我国主要采用人工“拉绳法”测定秸秆覆盖率, 即在一定面积的地块上水平垂直拉若干条绳子, 以人工计数的方法, 数绳与绳交叉点下秸秆的节点个数; 最后, 用这个节点的个数除以总的节点个数, 便大致得到这块面积的秸秆覆盖率^[2]。这种测定方法操作简便, 技术含量要求不高, 但存在误差较大、效率低和劳动强度大等问题, 不利于保护性耕作技术在我国深入研究。因此, 有必要开展田间秸秆覆盖率快速测试方法的研究, 从而提高秸秆覆盖率测试效率和精度。

目前, 国内外在利用计算机视觉快速识别田间覆盖物方面取得了一定的进展。如 Gee 等基于机器视觉, 研制了一种能识别杂草的喷雾机具, 其对杂草的识别时间可以控制在 0.5 s 内^[3]; Wang 等则利用多传感器融合技术, 实现了对田间杂草的有效识别^[4]; 李洪文等基于人工神经网络初步实现了田间秸秆覆盖率的检测^[5]。这些研究虽然都对田间覆盖物进行了

有效的识别, 但算法较为复杂, 计算量大, 对硬件设施要求较高。本文利用自动取阈算法, 以 MATLAB 为计算工具, 对田间采集的秸秆覆盖图像进行识别, 提取分割后的秸秆区域面积, 快速地计算出田间秸秆的覆盖率。

1 系统检测原理

1.1 地表秸秆覆盖率计算方法

地表秸秆覆盖率是指地块被秸秆杂草等的覆盖程度, 一般用地块内秸秆覆盖面积与地块总面积的之比表示^[2,6], 即

$$C = S_0 / S \quad (1)$$

式中 C —秸秆覆盖率;

S_0 —秸秆覆盖面积;

S —地块总面积。

从式(1)可以看出, 地表秸秆覆盖面积和地块面积大小是计算地表秸秆覆盖率的主要因素, 因此能否准确获知这两个数值, 是影响地表秸秆覆盖率检测精度的关键。

在北方一年两熟区, 由于玉米刚收获后秸秆和土壤在亮度上存在比较明显的差异, 因而本文拟利用基于自动取阈阈值分割方法进行图像分割^[7-9], 并提取出分割后的目标区域秸秆与测试地块的面积。

1.2 自动取阈图像分割算法

对于图像 $I(x, y)$, 设 $\sigma_B^2(t)$ 为图像目标(秸秆)和背景(土壤)类间方差, 分割阈值记作 t , 图像的总平均灰度记为 μ_T ; 秸秆的像素点数占整幅图像的比例记为 ω_0 , 其平均灰度 μ_0 ; 土壤像素点数占整幅图像的比例为 ω_1 , 其平均灰度为 μ_1 。那么, 则有

$$\sigma_B^2(t) = \omega_0 (\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (2)$$

收稿日期: 2011-09-22

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项资助项目(200903009); 轻量化水田作业关键装备研制与示范(2011BAD20B08)

作者简介: 苏艳波(1982-), 男, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, (E-mail) suyb1230@163.com。

通讯作者: 李洪文(1968-), 男, 江苏泗阳人, 教授, 博士生导师, (E-mail) lhwen@cau.edu.cn。

从式(2)可以看出,不同的阈值 t 会得到不同的区域间方差,即 $\omega_0, \mu_0, \omega_1$ 和 μ_1 都是阈值 t 的函数,因此式(2)可以改写为

$$\sigma_B^2(t) = \omega_0(t) [\mu_0(t) - \mu_T]^2 + \omega_1(t) [\mu_1(t) - \mu_T]^2 \tag{3}$$

$$\omega_0(t) = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q)$$

$$\omega_1(t) = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q)$$

$$\mu_0(t) = \sum_{q=0}^{k-1} qp_q(r_q) / \omega_0(t)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{q=k}^{L-1} qp_q(r_q) / \omega_1(t)$$

$$\mu_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q)$$

$$p_q(r_q) = n_q / n$$

$$q = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

式中 r_q —灰度级;

$p_q(r_q)$ —灰度级为 r_q 发生的概率;

n_q —灰度级为 r_q 的像素数目;

n —图像中总像素数目;

L —图像中所有可能的灰度级数。

背景(土壤)和目标(秸秆)之间的类间方差越大,说明图像土壤和秸秆的亮度差别越大^[10]。此时是秸秆和土壤最佳的分离状态,由此确定最佳分割阈值 T 为类间方差的最大值,即

$$T = \max[\sigma_B^2(t)] \tag{4}$$

2 利用自动取阈算法对图像进行分割

2.1 图像预处理

自然条件下田间采集的秸秆覆盖率图像通常会受到各种自然噪声的干扰,因此需要对图像进行滤波处理。中值滤波是一种非线性平滑方法,是用当前点的相邻若干点的亮度中值来代替该点的亮度值。由于相邻若干点的亮度中值不会受个别点的噪声影响,所以中值滤波是消除噪声的有效方法之一^[11]。在设计中,为了在有效去除图像噪声的同时不破坏图像原有特征,本文采用像素窗口为 3×3 的中值滤波,对图像进行滤波处理。

将中值滤波后的彩色图转化为灰度图,如图1(a)所示。绘制灰度图的直方图,观察其灰度分布,如图1(b)所示。从图1可以看出,直方图呈双峰分布,秸秆对应高灰度值区域,土壤对应低灰度区域。

为了使图像直方图双峰更加明显,本文采用对数变换提高灰度图的对比度。对数变换函数为

$$g(x, y) = \lg(f(x, y) + 1) \tag{5}$$

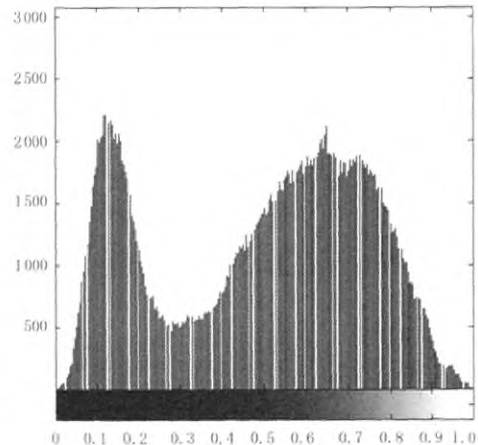
式中 $g(x, y)$ —输出图像矩阵;

$f(x, y)$ —输入图像矩阵。

经过对数变换后的图像如图1(c)所示,变换后的直方图如图1(d)所示。对比直方图1(b)和1(d)可以看出:图1(b)中,处理前图像的低灰度值主要集中在 $0 \sim 0.269$ 范围内,高灰度值主要集中在 $0.331 \sim 1$ 之间,像素个数(纵坐标)差约为 1700;图1(d)中,处理前图像的低灰度值主要集中在 $0 \sim 0.585$ 范围内,高灰度值主要集中在 $0.585 \sim 1$ 之间,像素个数(纵坐标)差达到 3000。直方图双峰更加明显,土壤区域和秸秆区域的对比度更加显著,因此能够更加容易将秸秆从经过对数变换后的图像中分离出来。



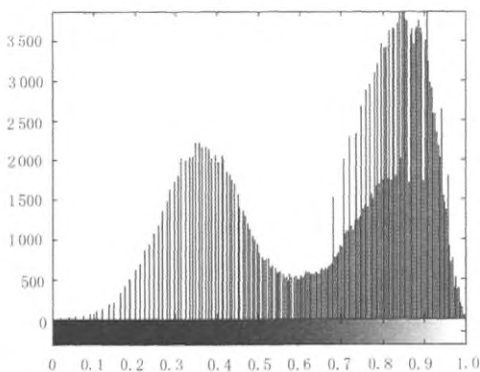
(a) 灰度图



(b) 灰度直方图



(c) 对数变换后灰度图



(d) 对数变换后直方图

图1 灰度变换结果

Fig.1 Result of gray transformation

2.2 图像分割及秸秆覆盖率检测的实现

确定阈值 T 是自动取阈图像分割方法实现的关键,对于秸秆的识别具有重要的意义。在实际应用中,经常使用迭代法进行阈值自动选取^[12]。其算法实现如下:

1) 选择一个 T 的初始阈值估计值。从图 1(d) 可以看出,当 $T \approx 0.585$ 时,出现波谷最小值,通过视觉观察认为土壤和秸秆对比比较明显。因此,选择 $T \approx 0.585$ 作为的初始阈值估计值。

2) 用 T 分割图像。这样会生成两组像素:由所有灰度值大于 T 的像素组成的区域 E_0 ,此区域主要由秸秆组成;由所有灰度值小于或等于 T 的像素组成的区域 E_1 ,此区域主要由土壤组成。

3) 对区域 E_0 与 E_1 中所有像素计算平均灰度值 μ_0 和 μ_1 。

4) 计算新的阈值,即 $T = (\mu_0 + \mu_1) / 2$ 。

5) 重复步骤 2~4,直到逐次迭代所得的 T 值之差小于事先定义参数 T_0 。

本研究设定 $T_0 = 0$,根据自动取阈迭代阈值算法,使用 MATLAB 软件对图像阈值进行反复迭代,最后得出最佳阈值 $T = 0.6175$ 。

利用通过迭代算法得到的最佳阈值 T 对图像进行分割,分割公式为^[13]

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) \geq T \\ 0 & f(x,y) < T \end{cases} \quad (6)$$

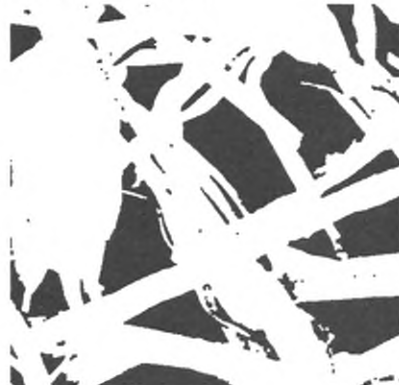
式中 $f(x,y)$ —对数变换后的图像;

$g(x,y)$ —转换后的二值图。

将 $T = 0.6175$ 代入式(6),得到分割后的二值图像,如图 2(a) 所示。其中,白色区域对应为目标(秸秆),黑色区域对应为背景(土壤)。从图 2(a) 可以看到,图像中存在一些散点和小孔洞,为噪声区域。噪声的存在不利于秸秆的提取,需要进行进一步的降噪处理^[14]。本文采用数学形态学中的腐蚀和膨胀法对图像进行进一步的降噪平滑处理,经过先开运算(先腐蚀在膨胀)再闭运算(先膨胀后腐蚀)组合处理后的图像如图 2(b) 所示。



(a) 分割后二值图



(b) 降噪后二值图

图2 分割结果

Fig.2 Result of segmentation

对比图2(a)和图2(b)可以看出,经过降噪处理后的图2(b)中散点和小孔洞明显减少,能更加准确、快速地提取秸秆信息。图像中被分割得到的白色区域(秸秆)的像素点数与整幅图片像素点数的比值,即为该检测系统检测得到的秸秆覆盖率。经计算,该图片的秸秆覆盖率为70.67%。

3 系统试验验证

由于田间情况复杂,为进一步验证系统的准确性和可靠性,本文对该系统进行了人工试验验证。

3.1 试验方法

本试验选取的试验地为北京市大兴区保护性耕作试验田。在试验田中随机选取10组面积为 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 的试验小区,在玉米收获后将试验小区内玉米秸秆、玉米叶取出,拾取长度不大于 1m 的玉米秸秆覆盖在每组地块上,如图3所示。根据人工测量每组地块的秸秆覆盖面积 S_0 ,即

$$S_0 \approx \sum_{i=1}^n D_i L_i - \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (7)$$

式中 D_i —秸秆直径;

L_i —秸秆长度;

a_i —秸秆重叠处宽度;

b_i —秸秆重叠处长度。

将利用式(7)计算的秸秆覆盖面积 S_0 代入式(1)中,计算出秸秆覆盖率。

在自然光照条件下,距地面 1.5m 处垂直拍摄采集每组地块秸秆覆盖图像,将获得的图像输入秸秆覆盖率自动检测系统,计算出小区内的地表秸秆覆盖率,并与人工测得的实际秸秆覆盖率进行对比。



图3 试验地块布置图

Fig.3 Experimental Plot

3.2 结果分析与讨论

以人工测量的秸秆覆盖率为横坐标,以系统测量秸秆覆盖率为纵坐标,对试验结果进行曲线拟合(如

图4所示),可以得到拟合曲线为

$$y = 1.0226x - 0.3694 \quad (8)$$

从式(8)可以看出,系统检测值与人工测量值趋势一致,且系统的误差可以控制在4%之内。这样的精度满足秸秆覆盖率自动检测的需求,可以指导实际中田间秸秆覆盖率的测试。

对拟合直线进行相关性检验可以得出,人工测量值和系统测量值的相关系数 $R^2 = 0.9848$,接近于1。这说明,在 $\alpha = 0.05$ 的水平下,人工测量值和系统测量值的线性相关程度较高。

人工测量和系统测量的秸秆覆盖率平均用时约为 12min 和 10s ,平均检测效率提高了约72倍。

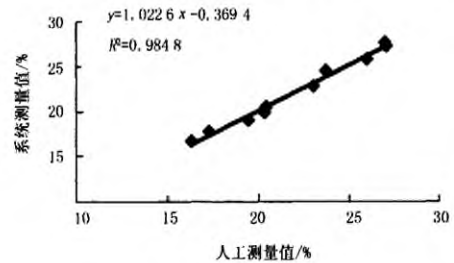


图4 试验结果对比图

Fig.4 Experimental comparison chart

4 结论

1) 针对免耕覆盖地玉米秸秆和土壤的图像在亮度上存在明显差异的问题,通过类间方差最大化的图像分割算法提取秸秆,制定了最佳分割阈值 T 的确定准则,并设计了基于图像分割的秸秆覆盖率自动检测系统。

2) 人工试验验证结果表明,基于图像分割技术的田间秸秆覆盖率自动测试系统的误差可以控制在4%以内,精度满足秸秆覆盖率自动检测的需求,并且测试效率提高约72倍,大大节省了测量时间。

参考文献:

- [1] 刘立晶. 一年两熟地区全程保护性耕作体系试验与效应研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [2] 李世卫. 基于计算机视觉的地表生物质覆盖率测试方法研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2008.
- [3] Gee Ch, Bossu J, Jones G, et al. Crop/weed discrimination in perspective agronomic images[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 60(1): 49-59.
- [4] Wang N, Zhang N, Wei J, et al. A real-time, embedded, weed-detection system for use in wheat field[J]. Biosystems Engineering, 2007, 98(3): 276-285.
- [5] 李洪文, 李慧, 何进, 等. 基于人工神经网络的田间秸秆覆盖率自动检测系统[J]. 农业机械学报, 2009, 40(6): 58-

- 62.
- [6] 农业部农业机械化管理司. 中国保护性耕作[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [7] 李正明, 王森, 孙俊. 图像分割在成熟茄子目标识别中的应用[J]. 农业机械学报, 2009, 40(S): 105-108.
- [8] 刘健庄, 粟文青. 灰度图像的二维 Otsu 自动阈值分割法[J]. 自动化学报, 1993, 19(1): 101-105.
- [9] 范九伦, 赵凤. 灰度图像的二维 Otsu 曲线阈值分割法[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 751-755.
- [10] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins. Digital image processing using MATLAB[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [11] 张敏, 赵惠忠, 谢晶, 等. 苹果汁导热系数影响因素的实验研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3): 162-165.
- [12] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods. 数字图像处理(2版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [13] Hayashi S, Ganno K, Ishii Y. Machine vision algorithm of eggplant recognition for robotic harvesting[J]. Journal of Society of High Technology in Agriculture, 2000, 12(1): 38-46.
- [14] 蔡健荣, 赵杰文. 自然场景下成熟水果的计算机视觉识别[J]. 农业机械学报, 2005, 36(2): 61-64.

Measuring System for Residue Cover Rate Based on Automation Threshold

Su Yanbo, Zhang Dongyuan, Li Hongwen, He Jin, Wang Qingjie, Li Hui

(Beijing Key Laboratory of Design and Optimization in Modern Agricultural Equipment, College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the brightness differences between residues and soil in conservation tillage, the system in this study case adopted MATLAB to segment the image by automation threshold. Through this, we can abstract and calculate the information of residue/soil from the original digital images, and in turn measure the residue coverage rate on soil surface. After simulation and parameter-adaptation on field experiments, the system variability was reduced to 4% and the measuring efficiency significantly was improved by a factor of 72. Therefore, the system is regarded as an effective method of investigating residue coverage in conservation tillage.

Key words: conservation tillage; residue cover rate; automation threshold; image segmentation; measurement

(上接第 134 页)

Abstract ID:1003-188X(2012)08-0131-EA

The Study on the Best Carburization Thickness of Self-sharpening Mill Hammer

Liu Yadong, Shen Qingtai

(Inner Mongolia Agricultural University, College of Mechanical and Electrical Engineering, Hohhot 010018, China)

Abstract: With the problem that the less crushing and quality and higher energy consumption caused by the passivation of hammers. This paper based on the self-sharpening strengthening theory of hammer, obtaining three kinds of self-sharpening hammers whose carburized layer thickness separately were 0.3mm, 0.5mm, 0.8mm by using local gas carburizing, quenching and tempering heat treatment process for the hammers. And then these self-sharpening hammers were installed in the grinder whose model is SFSP60X60 to start wear test. Compared the weight wear variation and surface morphology variation of three type of hammers in different Installation position. The experimental results show that the 0.5mm carburized layer hammers have the best self-sharpening effect.

Key words: hammer mill; hammer; self-sharpening; carburizing

基于自动取阈分割算法的秸秆覆盖率检测系统

作者: [苏艳波](#), [张东远](#), [李洪文](#), [何进](#), [王庆杰](#), [李慧](#), [Su Yanbo](#), [Zhang Dongyuan](#),
[Li Hongwen](#), [He Jin](#), [Wang Qingjie](#), [Li Hui](#)
作者单位: [中国农业大学工学院现代农业装备优化设计北京市重点实验室](#), 北京, 100083
刊名: [农机化研究](#) [PKU](#)
英文刊名: [Journal of Agricultural Mechanization Research](#)
年, 卷(期): 2012, 34(8)

参考文献(14条)

1. [刘立晶](#) [一年两熟地区全程保护性耕作体系试验与效应研究](#) 2004
2. [李世卫](#) [基于计算机视觉的地表生物质覆盖率测试方法研究](#) 2008
3. [Gee Ch](#); [Bossu J](#); [Jones G](#) [Crop/weed discrimination in perspective agronomic images](#) 2008(01)
4. [Wang N](#); [Zhang N](#); [Wei J](#) [A real-time, embedded, weed-detection system for use in wheat field](#) 2007(03)
5. [李洪文](#); [李慧](#); [何进](#) [基于人工神经网络的田间秸秆覆盖率自动检测系统](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2009(06)
6. [农业部农业机械化管理司](#) [中国保护性耕作](#) 2008
7. [李正明](#); [王森](#); [孙俊](#) [图像分割在成熟茄子目标识别中的应用](#) [外文期刊] 2009(S)
8. [刘健庄](#); [粟文青](#) [灰度图像的二维Otsu自动阈值分割法](#) 1993(01)
9. [范九伦](#); [赵凤](#) [灰度图像的二维Otsu曲线阈值分割法](#) [期刊论文]-[电子学报](#) 2007(04)
10. [Rafael C. Gonzalez](#); [Richard E Woods](#); [Steven L. Eddins](#) [Digital image processing using MATLAB](#) 2005
11. [张敏](#); [赵惠忠](#); [谢晶](#) [苹果汁导热系数影响因素的实验研究](#) [期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(03)
12. [Rafael C Gonzalez](#); [Richard E Woods](#) [数字图像处理\(2版\)](#) [外文期刊] 2007
13. [Hayashi S](#); [Ganno K](#); [Ishii Y](#) [Machine vision algorithm of eggplant recognition for robotic harvesting](#) 2000(01)
14. [蔡健荣](#); [赵杰文](#) [自然场景下成熟水果的计算机视觉识别](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2005(02)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhyj201208034.aspx