

# 水田旋耕路径的识别方法

刘羽祚 夏俊芳

华中农业大学工学院, 武汉 430070

**摘要** 为减少耕作过程中产生的重耕、漏耕现象,提高耕作效率,针对导航视觉系统采集的水田非结构化自然环境彩色图像设计一种旋耕机耕整路径识别方法,探讨适宜于水田的彩色特征模型的选择。结合水田土壤区域噪声小而秸秆区域噪声大的特点,利用过量补偿法对水田图像进行去噪,再对图像进行逐行扫描,得到每个像素点的彩色特征值。利用土壤区域和秸秆区域的彩色特征值差异得到边界点信息,最后利用最小二乘法将得到的边界点拟合成一条直线,求得直线的倾角即为旋耕机的转向角,从而确定旋耕机的前进方向即确定路径信息。

**关键词** 旋耕埋草机; 导航视觉系统; 路径识别; 过量补偿法; 转向角

**中图分类号** TP 391 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)02-0129-04

水田旋耕埋草机在耕作过程中由于驾驶员操作熟练度的差异产生重耕和漏耕现象,重耕造成能源的浪费、降低了耕作的效率,而漏耕无法有效疏松土壤,降低了种子的发芽率<sup>[1]</sup>。给旋耕埋草机加入导航系统,通过机器视觉帮助拖拉机识别路径,在一定程度上消除了人为误差、减少重耕和漏耕现象,在原有的旋耕埋草机的基础上进一步降低能耗、提高效率、减轻了机手的劳动强度<sup>[2]</sup>。导航技术的核心是路径识别系统和导航控制系统,其中导航控制系统的通用性较强,目前国内外也有很多相关研究,具有比较成熟的技术<sup>[3-7]</sup>。路径识别系统相对于导航控制系统而言十分复杂,这种复杂不仅体现在识别方法的多样性,而且还体现在作业环境的复杂性上<sup>[8]</sup>。目前关于拖拉机田间路径识别方法的研究中,针对水田耕整路径的研究相对较少,且多数是基于 RGB 彩色特征模型,运用灰度处理、图像分割、形态学滤波、二值化处理等<sup>[9-10]</sup>传统图像处理方法。上述路径识别方法研究,虽然在理论上论证了方法的可行性,但在田间试验中往往误差大、处理时间长,不具有现实操作性。鉴于水田秸秆环境的多样性与复杂性,笔者提出一种基于 HIS 彩色特征模型的水田路径识别算法,通过提取水田秸秆图像的彩色特征值进行处理,对比土壤区域和秸秆区域的彩色特征值的差异找出边界点,然后对所有边界点进行拟合,进

而得到拖拉机的行驶路径。应用该算法实现旋耕机导航可以很大程度减少能源浪费,提高工作效率,具有广阔的应用前景。

## 1 材料与方法

### 1.1 算法流程

为表达笔者算法的整体构思,图 1 给出本文的算法流程图。

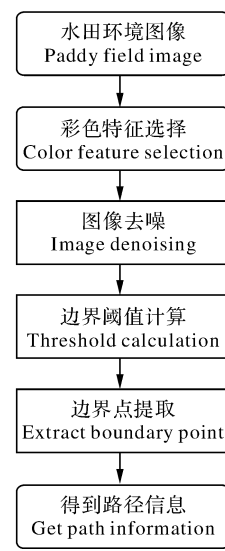


图 1 算法流程图

Fig. 1 Flowchart of the algorithm of road recognition

收稿日期: 2015-06-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(51275196); 国家公益行业项目(201203059)

刘羽祚, 硕士研究生, 研究方向: 现代农业装备设计与试验. E-mail: 478092046@qq.com

通信作者: 夏俊芳, 博士, 教授, 研究方向: 现代农业装备设计与试. E-mail: xjf@mail. hzau. edu. cn

1.2 彩色特征选择

本文的研究重点是边界阈值计算与边界点提取,而选择适宜的彩色特征模型可以简化阈值计算和边界点提取的过程。最常见的彩色特征模型为 RGB,用 RGB 定义颜色虽简单直观但不方便,计算过程繁琐。但是将 RGB 模型经线性变换处理后得到的模型可以消去大量不必要的颜色信息,简化计算,故笔者采用由 RGB 线性变换得到的彩色特征模型。根据模式识别理论,方差大的模型区分能力也强<sup>[11-13]</sup>。Ohta 通过对各种不同类型的彩色图像进行方差计算,归纳出 3 个正交的彩色特征:① $I_1 = (R + G + B)/3$ ;② $I_2 = (R + G)/2$  或  $(R + B)/2$ ;③ $I_3 = (R + 2G + B)/4$ ,这 3 个彩色特征均为 RGB 的线性变换<sup>[14]</sup>。

图 2 是一帧水田秸秆地的实际环境图像中需要

处理的区域(640×480),处理目的是区分图像左侧土壤区域和右侧秸秆区域从而得到耕作路径。分别利用公式①、②、③对图像进行分析得到彩色特征结果如表 1 所示。



图 2 水田秸秆图(640×480)

Fig. 2 Paddy straw figure(640×480)

表 1 不同彩色特征下 I 值的变异系数

Table 1 I value under different color characteristics of the coefficient of variation

公式 Formula	样本大小 Sample size	S	M	变异系数/% Coefficient of variation
$I_1 = (R + G + B)/3$	640×480	32.467 7	102.16	31.78
$I_2 = (R + G)/2$	640×480	36.062 1	120.20	30.00
$I_2 = (R + B)/2$	640×480	31.706 7	100.04	31.69
$I_3 = (R + 2G + B)/4$	640×480	32.530 5	102.41	31.76

由表 1 可知,各种彩色特征算法中的 I 值的变异系数差别不大,故 3 个正交的彩色特征选择并不重要。本文采取变异系数最大的  $I_1$  算法进行计算。利用公式求得图 2 彩色特征值 I 并绘制统计直方图(图 3)。从图 3 中可以明显看出秸秆区域的彩色特征值 I 明显大于土壤区域的彩色特征值 I,所以利用彩色特征值 I 的差异区分土壤区域和秸秆区域从而得到机组的行走路径在原理上是可行的。

秸秆区域的分界线,这条分界线由一系列个体秸秆与土壤之间的边界组成,如果简单运用常规的梯度算法计算此处的边界信息,由于很难区分秸秆-秸秆间的边界和秸秆-土壤间的边界,处理结果将产生较大误差<sup>[15]</sup>。对采集的 40 幅水田秸秆图像进行彩色特征值分析发现,土壤区域的彩色特征值差别不大,而由于每根秸秆的独立性以及秸秆很难完全覆盖土壤,秸秆区域彩色特征值波动巨大,并且秸秆区域的彩色特征值远大于土壤区域的彩色特征值(如图 3)。因此,此时只需要通过彩色特征值的差异找出土壤区域,剩下的区域即为秸秆区域,土壤区域的边界即为旋耕机组行走路径。这种方法既节省了计算量,又消除了复杂的秸秆区域对水田图像的影响。

设定一个彩色特征阈值  $I_k$ ,使土壤区域的彩色特征值绝大多数小于  $I_k$  而秸秆的彩色特征值大于  $I_k$ ,然后从图像左侧秸秆区域开始扫描并记录彩色特征值大于  $I_k$  的像素点的数量与每个点的横坐标。检测到彩色特征值大于  $I_k$  的第 M 个像素点刚刚进入秸秆区域,则该点即为土壤区域的边界点(图 4)。因此,要得到准确的边界点必须要确定  $I_k$  与 M 的值。为节省运算时间和减小误差,每 20 行像素点计

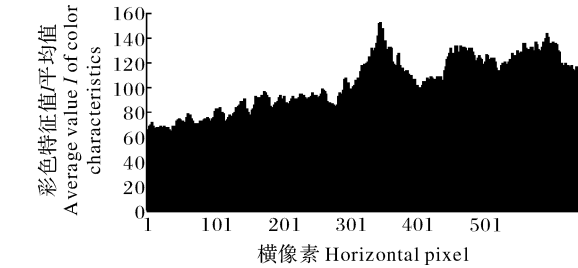


图 3 彩色特征值统计直方图

Fig. 3 Color eigenvalue statistical histogram

2 结果与分析

2.1 边界识别算法

要得到图 2 的行走路径,即要求得土壤区域与

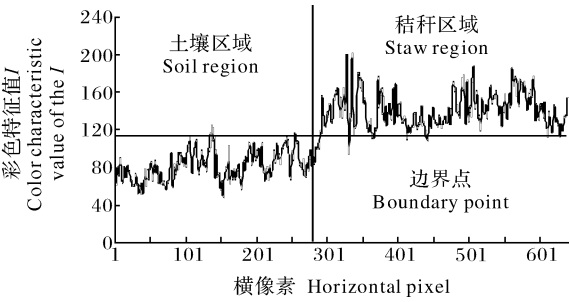


图 4 边界检测示意图

Fig. 4 The schematic diagram of boundary detection

算一个边界值,每幅图像可得到 24 个边界点。

阈值  $I_k$  的大小是建立在图像整体彩色特征值上的,假设  $I_k$  与图像各像素点的彩色特征值的平均值  $I'$  是线性关系,可得到如下关系式  $I_k = k \times I'$ ,其中  $k$  为线性系数。图 5 为线性系数  $k$  分别为 1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8 时得到的边界信息(图中白点为边界点)。

从图 5 中可以明显看出,当  $k=1.5$  时,边界信息最为准确,可以确定边界阈值  $I_k = 1.5 \times I'$ 。

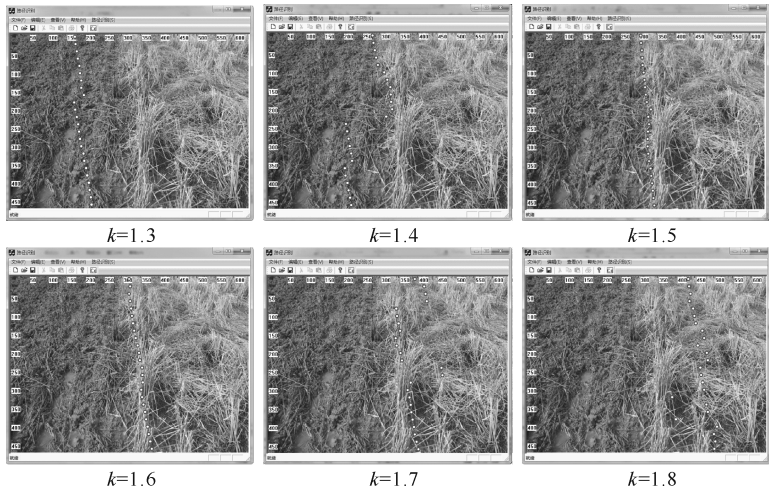


图 5 不同  $k$  值下边界信息

Fig. 5 The boundary information under different  $k$  value

由于土壤区域噪声大小的差异,水田秸秆图像每个边界点的  $M$  值并不是固定的,处理了 40 幅水田秸秆图像共 480 个边界点发现大部分边界点  $M$  值介于 1~9 之间。为得到准确的边界点信息,采用过量补偿法,即从左侧土壤区域开始扫描各像素点的彩色特征值,第 10 个大于  $I_k$  的像素点必定位于秸秆区域,将该点向左侧平移 5 个像素点得到的点即可认为是边界点,此时的误差值  $I_e = |M - 5|$ ,误差值被控制在 5 个像素点以内,在分辨率  $640 \times 480$  的水田秸秆图中每个边界点误差不到 1%。

2.2 行驶路径

拖拉机导航最终需要得到一个转向角  $\alpha$  信息,而转向角信息即为以上处理得到的 24 个边界点所拟合成的直线的斜率。利用最小二乘法设偏差  $d_i = y_i - a - bx_i$ ,其中  $a$  为截距, $b$  为要求的斜率, $0 < i \leq 24$ ,要求  $D = (d_1 + d_2 + \dots + d_n)$  最小,求得斜率  $b = [(xy)' - x'y'] / [x^2' - (x')^2]$ ,其中  $x'$  为  $x$  的平均值, $y'$  为  $y$  的平均值。最后所求转向角  $\alpha = \cot^{-1}b$ 。处理效果如图 6 所示。

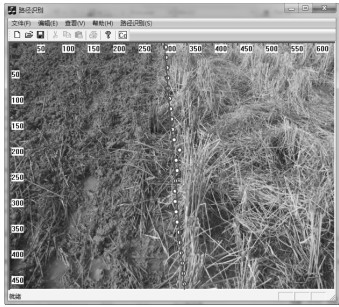


图 6 行驶路径图

Fig. 6 The travel path graph

3 讨论

传统的基于机器视觉的田间路径识别方法是建立在 RGB 色彩空间上的,提取边界信息要经过灰度处理、图像分割、形态学滤波、二值化处理等步骤,步骤繁琐且处理速度慢,往往不能满足田间实时处理的要求,而且相对复杂的田间环境导致滤波过程产生了很多虚假的边界信息,最终得到的路径信息大



多并不准确。而我们提出的路径识别方法在算法上大大简化,通过对彩色特征值的分析处理得到土壤区域的边界,进一步得到路径,运算速度能够满足田间实时处理要求,对采集的水田秸秆图像均有较好的处理效果,得到的边界信息准确。

张甜<sup>[9]</sup>利用传统方法处理水田图像,每一帧图像的处理时间高达数秒,因而无法用田间试验来验证方法的可信性。我们提供的算法试图从图像中提取最少的信息,尽量避免较多的图像计算,在处理速度上有所提升,每张图片处理时间仅为 0.08 s,满足田间实时处理要求。本研究中假设水田秸秆图像彩色特征阈值  $I_k$  与图像所有像素点彩色特征值平均值  $I'$  是线性关系  $I_k = k \times I'$ ,虽得到了较好的处理效果,其理论依据尚需作进一步探讨。本研究的算法在处理静态图像上有着较好的效果,后续还会应用该算法制成路径识别系统,结合田间试验结果对算法进行进一步改进。

### 参 考 文 献

- [1] 张迎军. 农机耕地机械及应用分析[J]. 农林畜产, 2014(12): 49.
- [2] 王晓燕, 陈媛, 陈兵旗, 等. 免耕覆盖地秸秆行茬导航路径的图像检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(6): 158-163.
- [3] YUTAKA K, KENJI I. A dual-spectral camera system for paddy rice seedling rowdetection [J]. Comput Electron Agric, 2008, 63(1): 49-56.
- [4] MENG Q K, QIU R C. Development of agricultural implement system based on machine vision and fuzzy control[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2014, 25(11): 1089-1097.
- [5] ASTRAND B, BAERVELDT A J. A vision based row-following system for agricultural machinery [J]. Mechatronics, 2005, 15(2): 251-269.
- [6] TILLETT N D, HAGUE T, MARCHANT J A. A robotic system for plantscale husbandry[J]. J Agric Eng Res, 1998, 69: 169-178.
- [7] 邓在京. 日本农业机械化现状与发展方向[J]. 农机化研究, 2004(4): 1-3.
- [8] 丁幼春, 王书茂. 联合收获机视觉导航控制系统设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(5): 137-142.
- [9] 张甜. 高茬水田耕整路径机器视觉识别方法研究[D]. 武汉: 华中农业大学图书馆, 2014.
- [10] 李顺. 浅析当前机械化秸秆还田技术推广与应用[J]. 农机使用与维修, 2010(5): 60.
- [11] 刘阳, 高国琴. 农业机械视觉导航基准线识别研究进展[J]. 农机化研究, 2015(5): 7-13.
- [12] 元辉, 李志斌, 刘微. 基于色度分割与图割算法的视差估计算法[J]. 华南理工大学学报, 2013, 41(2): 12-18.
- [13] 周俊, 姬长英. 基于知识的视觉导航农业机器人行走路径识别[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 101-105.
- [14] 王勇, 沈明霞, 姬长英. 基于颜色信息和形状特征的棉桃识别方法[J]. 农业机械学报, 2007, 38(11): 77-79, 87.
- [15] 张勤, 黄小刚, 李彬. 基于彩色模型和近邻法聚类的水田秧苗列中心线检测方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 163-171.

## Method of identifying rotary tillage path in paddy cultivation

LIU Yuzuo XIA Junfang

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

**Abstract** To reduce the cultivation process of heavy plow, leakage phenomenon of tillage, improve work efficiency, a method of identifying path for rotary cultivator based on the paddy field unstructured environment color image collected by visual navigation system was designed. Choosing the suitable color feature of paddy field was discussed. Considering that the soil area has less noise and the straw area has more noise, the over and compensation method was used to denoise the paddy image. The feature value of each pixel color was acquired by progressively scanning the image. The border information was obtained by using difference of the color feature between the straw area and soil area. The least squares technique was used to make a line and acquire the elevation angle which is the steering angle of rotavator. The rotavator's direction of advance which is the path information was determined. This method achieved good results in static image processing. It will be improved by the field test.

**Keywords** rotary tillage buried mower; visual navigation system; path recognition; over and compensation method; steering angle

(责任编辑:陆文昌)