

基于边缘检测与扫描滤波的农机导航基准线提取方法^{*}

何洁 孟庆宽 张漫 仇瑞承 项明 杜尚丰

(中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了实时、准确地提取作物行基准线,提出了一种将边缘检测和扫描滤波(Boundary detection and scan-filter, BDSF)相结合的基准线提取方法。首先对RGB颜色空间采用G-R颜色特征因子进行图像灰度化,再采用最大类间方差法(OSTU)对灰度图像进行分割,得到二值化图像,获取较好的作物信息。然后分别对图像的底端和顶端部分进行垂直投影,获取作物行的位置,形成一个包含作物行直线的条形框;在这个条形框内,再用等面积的小条形框对图像进行扫描并统计有效点的个数。最后根据扫描的结果来提取导航线。试验结果表明,对比Hough算法和最小二乘法(Least square method, LSM),BDSF算法处理一幅分辨率为640像素×480像素的图像,平均耗时为67 ms,与LSM算法耗时相当,精度接近Hough算法;并且在杂草和株数稀缺情况下具有良好的适应性,能够快速准确地提取作物行基准线。

关键词: 农业机械 导航 边缘检测 扫描滤波 基准线

中图分类号: TP242.6⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0265-06

引言

农业机械智能导航技术是精细农业的一个重要组成部分,在播种、喷药、施肥、收割等多方面有广泛应用^[1-4]。机器视觉导航是农业机械的主要导航方式之一,导航线的快速、有效提取是机器视觉导航的关键。

农田环境复杂多变,杂草、缺株、光照变化影响导航基准线检测精度和实时性。目前应用较广的导航基准线检测算法为Hough变换和最小二乘法(Least square method, LSM)。其中,Hough变换是将平面坐标系投影到参数空间,在参数空间累积计算得到特定的集合来提取直线。由于图像数据量大,而且Hough变换投影到参数空间增加了计算复杂性,导致检测速度较慢。有研究采用改进的Hough变换^[5-7]和基于已知点的Hough变换^[8-9]检测直线,以实现快速检测,但实时性仍然不能满足导航要求。LSM算法是一种数学优化技术,方法简便,计算量小,因此也常用于直线检测^[10-11],但该算法对大的噪声点过于敏感,难以获取精确的导航线。随着对图像算法的不断探索与改进,文献[12-13]提出了一种随机算法,该算法首先确定代表作物行的定位点,然后从定位点中随机选取2个不同点,决

定一条候选直线,最后根据阈值规则确定作物行直线。这里定位点的选取对算法的速度和精度至关重要,然而定位点的获取容易受到图像噪声的干扰,造成难以稳定、精确地提取作物行直线。文献[14-15]提出了一种采用遗传算法提取作物行直线的方法,该方法模拟生物进化过程,选择任意群体开始编码,通过选择、交叉运算,得出下一代群体,再利用适应度函数评价最优个体来进行作物行识别。但是遗传算法容易出现早熟以及收敛范围左右摇摆导致收敛较慢的问题,影响导航系统的速度和稳定性。

针对上述问题,为了提高导航基准线算法的实时性和精度,对图像进行预处理后,拟将边缘检测和扫描滤波的方法相结合(Boundary detection and scan-filter, BDSF),进行农机导航基准线提取,在保证基准线准确的基础上,满足农机导航作业的实时性要求。

1 导航基准线提取算法

1.1 图像预处理

农田彩色图像包含了作物和土壤信息,如图1a所示。图像预处理的目的是将作物信息很好的从土壤背景中分离出来,主要步骤包括图像的灰度化和二值化。

收稿日期: 2014-07-31 修回日期: 2014-08-25
^{*} 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA101901)
作者简介: 何洁,硕士生,主要从事农业自动化图像信息处理研究,E-mail: hejie7711@163.com
通讯作者: 张漫,副教授,博士生导师,主要从事农业电气化与自动化研究,E-mail: cauzm@cau.edu.cn

RGB 彩色空间是机器视觉常用的颜色空间,颜色信息丰富。对于绿色作物, G 分量的值比 R 分量和 B 分量的值都高,而土壤背景部分 R 、 G 、 B 3 个分量的值差距不大。目前分割绿色农作物和土壤背景

对图 1a 进行灰度化,结果如图 1b、1c 所示。由图可知,图 1b 所包含的作物信息比图 1c 所包含的信息完整。图 2a 和图 2b 分别为 $G-R$ 算法和 $2G-R-B$ 算法的灰度直方图。可以看出,图 2a 出现峰谷趋势,图 2b 的峰谷趋势不明显。因此,本研究采用 $G-R$ 算法,有利于后续图像二值化处理。

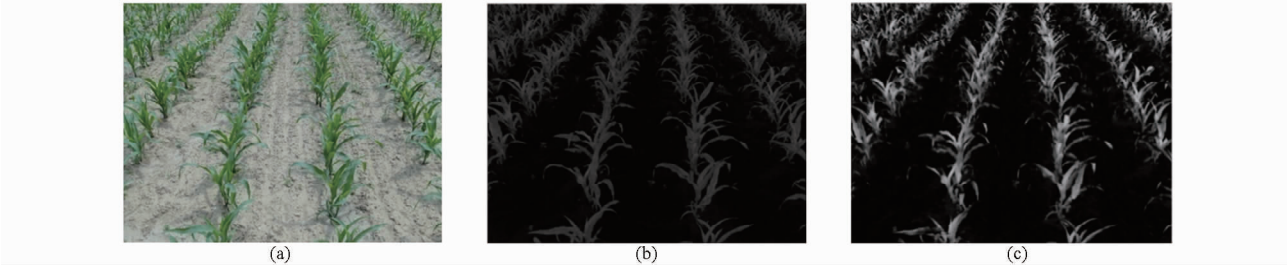


图 1 图像灰度化
Fig. 1 Gray processing of image
(a) 原始图像 (b) $G-R$ 灰度图 (c) $2G-R-B$ 灰度图

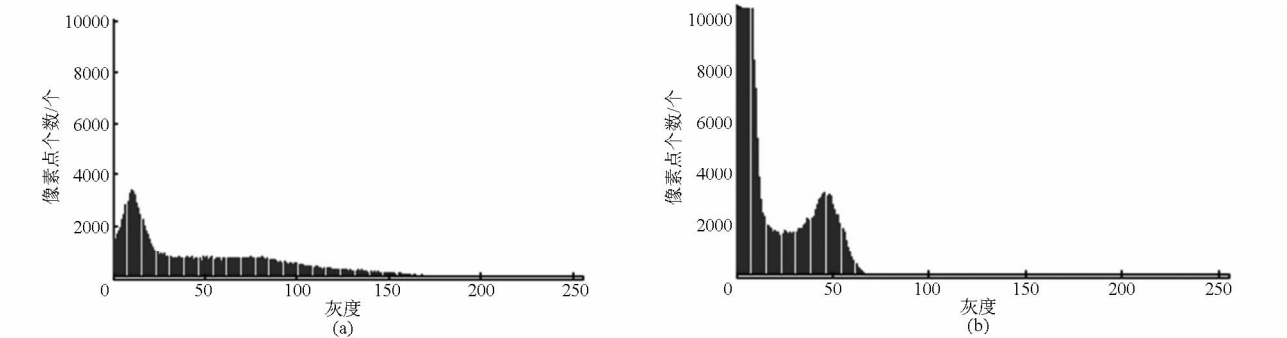


图 2 灰度直方图
Fig. 2 Gray histogram
(a) $G-R$ (b) $2G-R-B$

本文采用 OSTU 计算出连通区域的阈值,然后分割图像。分割后的图像如图 3 所示,可以看出作物被清晰地分割出来。



图 3 $G-R$ 二值图像
Fig. 3 $G-R$ binary image

1.2 作物行边缘检测

二值化后的图像白色部分代表作物,黑色部分代表背景土壤。作物行可以看作是图像底部和顶部两个端点连成的直线,为了确定作物行的精确位置,分别对图像底部和顶部的一定高度进行灰度垂直投影,得到作物行底部和顶部的位置,形成连接作物行

底部和顶部的斜条形框。作物行边缘检测的处理过程包括初步检测、行间合并、作物行筛选和上下匹配 4 部分,具体如下:

设图像高为 H , 宽为 W , $I(i, j)$ 是图像点 (i, j) 的灰度, $N_b(j)$ 为图像底部开始 H_b 行第 j 列所有灰度不为零的像素点个数, $N_t(j)$ 为图像顶部开始 H_t 行第 j 列灰度不为零所有像素点的个数, m_b 和 m_t 为窗口 N_b 和 N_t 的平均值, 矩阵 $L_b(k)$ 和 $R_b(k)$ 分别为第 k 个左边缘点和右边缘点的位置, 为垂直投影的阈值。

(1) 对图像底端选定一个 $H_b \times W$ 窗口, 其中, H_b 取值为 20。

(2) 对窗口进行列扫描, 计算出每一列中白色像素点个数 $N_b(j)$, 并且求出窗口的平均白色像素点个数 m_b 。

(3) 选择合适的阈值 T_1 , 对作物行端点范围粗略定位。如果 $N_b(j+1) > T_1$, 且 $N_b(j) < T_1$, 则记 j 点为作物行的左边缘点位置, 存储到矩阵 $L_b(k)$ 中;

如果 $N_b(j+1) < T_1$, 且 $N_b(j) > T_1$, 则记 j 点为作物行的右边缘点位置, 存储到矩阵 $R_b(k)$ 中; 否则不做处理。其中, T_1 取值 m_b , 行数为 p 。

(4) 设 $c(k)$ 为左右边缘点之间的距离, m_c 为 $c(k)$ 的平均值, T_2 为行间合并的阈值, 取值为 m_c 。计算左边缘点与右边缘点的距离 $c(k)$, 并且求平均值 m_c 。

(5) 为了消除作物叶片散乱造成一个真实作物行分成多个作物行的情况, 对粗略定位的左右边缘位置进行位置调整。如果 $L_b(k+1) - R_b(k) < T_2$, 则认为第 $k+1$ 个作物行和第 k 个作物行为同一个作物行, 合并 $k+1$ 和 k 作物行, 形成一个新的作物行, 作物行数为 q 。

(6) 设 $d(t)$ 为新作物行左右边缘点之间的距离, m_d 为 $d(t)$ 的平均值。根据左右边缘点之间的距离, 进行作物行边缘位置的筛选。如果左右边缘点的距离 $d(t) > \frac{m_d}{2}$, 则认为这是作物行的边缘点位置, 存入到矩阵 $b(t, 2)$ 中, 其中 $b(t, 1)$ 存储作物行左边缘点的位置, $b(t, 2)$ 存储作物行右边缘点位置; 否则剔除该伪作物行位置。其中, 作物行数为 l_b 。

(7) 根据底端作物行的位置, 对顶端图像对应的位置进行顶端作物行位置定位。设顶端作物行位置范围为 $a \sim b$, 对图像顶端选定一个 $H_t \times W_t$ 窗口, 其中 W_t 窗口位置范围为 $a \sim b$ 。重复步骤 (2) ~ (6) 对顶端作物行位置进行精确定位。其中, 顶端作物行数为 l_t 。

(8) 对每个底端作物行与顶端所有作物行位置点进行连线, 形成 $l_t \times l_b$ 个封闭的四边形。设封闭四边形内中间 H_m 行小块四边形的白色像素点个数为 $m(i, j)$ 。其中, i 表示顶端第 i 个作物行, j 表示底端第 j 个作物行, H_m 取值 20。从底端作物行开始匹配顶端作物行, 对于每个底端作物行, 求 $\max m(i, j)$ 对应的顶端作物行位置, 作为上下作物行的匹配位置。底端作物行数扫描完成, 程序结束。

图 4 是基于两端点的作物行边缘位置定位的过程。其中, 图 4a 表示图像底部的二值图像, 可看到明显的作物行位置, 图 4b、图 4c、图 4d 分别表示作物行灰度垂直投影、作物行合并和作物行筛选去除伪作物行的示意图。图 4e 为检测到的作物行结果, 用红色实线标出, 可以看出, 代表作物行的直线较为精确的包含在作物行位置范围中。

1.3 导航线提取

通过 1.2 节的作物行边缘检测, 作物行的位置已经定位到一定范围内, 可采用基准线两端点的位置来确定作物行直线。设 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 为直线

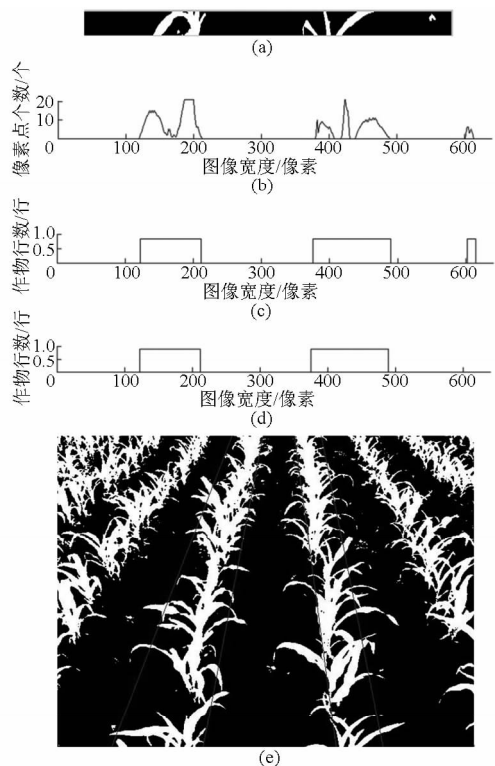


图 4 作物行检测

Fig. 4 Crop row detection

(a) 图像底部二值图 (b) 图像底部垂直投影曲线
(c) 作物行边缘合并后示意图 (d) 作物行筛选后示意图
(e) 作物行边缘检测结果

的两个已知端点, 则存在直线

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (1)$$

检测到作物行端点后, 形成一个以顶部端点为上底边, 底部端点为下底边, 高为图像高度 H 的条形框, 模拟作物行的形状, 从底端到顶端由宽变窄。通过划分顶边和底边来分割条形框, 形成等上下底、等高、等面积的条形框。用条形框扫描条形框图像的白色点数, 来选取进一步靠近真正作物行直线的条形框, 之后将该条形框及其相邻左右两个条形框合并成一个新的条形框, 然后再次分割, 如此循环, 直到条形框可以代表作物行直线, 最后通过作物行直线求出导航基准线位置。

将条形框的上底边和下底边分成 N 等份, 分割条形框 M 成 $N \times N$ 个等面积的小条形框。如图 5 所示, 设上底边两点坐标为 $A(x_1, y_1)$ 、 $B(x_2, y_2)$, 下底边两点坐标为 $C(x_3, y_3)$ 、 $D(x_4, y_4)$ 。则围成的小条形框坐标为 $T_i(x_i, y_i)$ 、 $T_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})$ 、 $B_j(x_j, y_j)$ 和 $B_{j+1}(x_{j+1}, y_{j+1})$ 。其中

$$x_i = x_1 + \frac{(i-1)(x_2 - x_1)}{N} \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

$$x_j = x_3 + \frac{(j-1)(x_4 - x_3)}{N} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

$$y_i = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, N) \tag{4}$$

$$y_j = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, N) \tag{5}$$

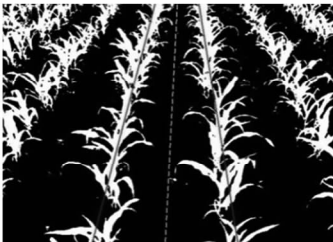


图 5 条形框扫描示意图

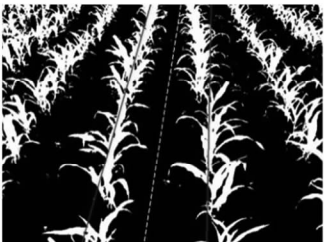
Fig. 5 Scan diagram of bar frame

作物行直线提取算法过程为：

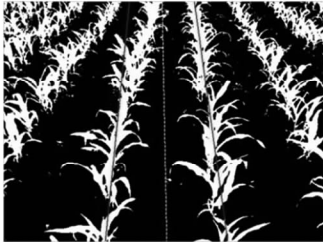
- (1) 对作物行条形框的上底边和下底边平均分成 N_1 等份,得到 $N_1 \times N_1$ 个小条形框,其中, N_1 取值为 10,条形框的坐标为 $T_i(x_i, y_i)$ 、 $T_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})$ 、 $B_j(x_j, y_j)$ 和 $B_{j+1}(x_{j+1}, y_{j+1})$ 。
- (2) 如图 5 所示,统计每个小条形框的白色像素点个数并且存储到矩阵 $Q(i, j)$ 中。
- (3) 求矩阵 Q 的最大值, $m = \max Q(i, j)$ 视为最靠近作物行直线的条形框。其中,最大值对应的坐标为 $T_m(x_m, y_m)$ 、 $T_{m+1}(x_{m+1}, y_{m+1})$ 、 $B_n(x_n, y_n)$ 和 $B_{n+1}(x_{n+1}, y_{n+1})$ 。
- (4) 求最大值 m 对应的上底边和下底边位置及其左右临近 2 个条形框的位置,合并成为一个新的条形框,其上底边坐标为 $A(x_1, y_1)$ 、 $B(x_2, y_2)$,下底边坐标为 $C(x_3, y_3)$ 、 $D(x_4, y_4)$ 。
- (5) 转入步骤(1),直到条形框宽度 $b = x_2 - x_1$ 小于 N ,不能再分割成更小的等份的条形框为止。
- (6) 提取 2 个作物行直线后,对 2 个作物行直线取中线,作为导航基准线。



(a)



(b)



(c)

图 7 3 种基准线提取算法处理结果

Fig. 7 Processing results of three baseline extraction algorithms

(a) BDSF 算法 (b) Hough 变换 (c) LSM 算法

导航线提取算法流程图如图 6 所示。

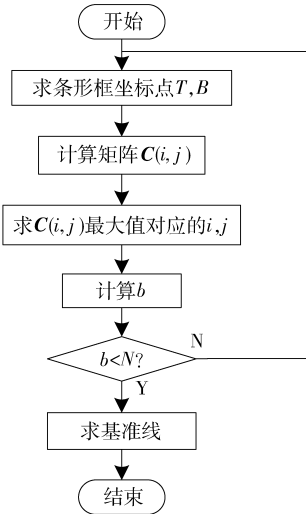


图 6 基准线提取流程图

Fig. 6 Flow chart of base line extraction

2 试验结果与分析

试验图像是在中国农业大学上庄试验站采集的玉米图像,图像大小为 640 像素 × 480 像素。图像处理在主频为 2.16 GHz、内存为 2 GB 的计算机上完成,分析处理程序采用 VC++ 编写。

2.1 BDSF 算法的性能分析

BDSF 算法处理图像包括图像预处理、特征区域提取和基准线提取 3 个步骤。为了对 BDSF 算法的性能进行评价,分别与 Hough 变换和最小二乘法 (Least square method, LSM) 算法进行了比较。3 种算法采用相同的图像预处理方法得到作物的二值化图像,Hough 变换和 LSM 算法采用提取特征离散点后再进行基准线提取。

基准线提取结果如图 7 所示,图 7 中红色实线代表作物行直线,白色虚线代表基准线。与常用基准线提取算法相比,BDSF 算法能够准确地提取基准线。

表 1 为 3 种导航基准线提取算法直线极坐标的参数对比结果,其中 R 表示该直线到原点的距离,

θ 表示直线的垂线与轴的夹角。由表 1 可知,BDSF 算法的 R 值与 Hough 变换相差 16.318 5 mm, θ 值相差 0.103 32°;而 LSM 算法的 R 值与 Hough 算法相

差 37.487 5 mm, θ 值相差 0.172 7°。因此,在精度方面,BDSF 算法提取的基准线比 LSM 算法更接近 Hough 变换。

表 1 3 种基准线提取算法参数对比
Tab.1 Comparison of three base line extraction methods

算法名称	左作物行线		右作物行线		基准线		耗时 /ms
	R/mm	$\theta/(\text{^\circ})$	R/mm	$\theta/(\text{^\circ})$	R/mm	$\theta/(\text{^\circ})$	
BDSF 算法	290.384 6	0.257 2	371.938 2	-0.161 4	338.625 3	0.050 1	40
Hough 变换	154.430 6	0.280 5	409.908 9	-0.018 8	354.943 8	0.153 3	130
LSM 算法	251.246 1	0.099 9	378.879 7	-0.138 2	317.456 3	-0.019 43	33

在时间方面(不包括预处理时间以及特征区域和特征点的提取),Hough 变换处理一副图像耗时约为 130 ms,LSM 算法约为 33 ms,BDSF 算法约为 40 ms,比 Hough 变换耗时少 69%。由以上分析可知,本文设计的 BDSF 算法具有精度高、耗时少的特点。采用 BDSF 算法进行图像预处理的时间和特征区域提取的时间约为 27 ms,加上基准线的提取时间,约为 67 ms,可满足导航农机实时作业的要求。

2.2 BDSF 算法的稳定性分析

为了验证 BDSF 算法的稳定性,分别对有杂草和缺株情况下的玉米图像进行处理,试验结果如图 8~10 所示。其中,图 8 分别表示两种情况下的作物原始图像,图 9 分别表示 BDSF 算法在这两种情况下的作物行边缘位置检测结果。可以看出,基于两端点的作物行边缘检测能够在尽可能小的范围内包含作物行直线,定位作物行位置区域。图 10 分别表示 BDSF 算法在这两种情况下的导航基准线提取,该算法能够准确地提取作物行直线,进而提取导航线。其中,两条红色实线表示作物行直线,中间的白色虚线表示导航基准线。试验表明在有杂草和株数稀疏的情况下,BDSF 算法仍能有效地提取导航基准线,具有较强的适应能力。



图 8 原始图像
Fig.8 Original image
(a) 杂草 (b) 株数稀疏

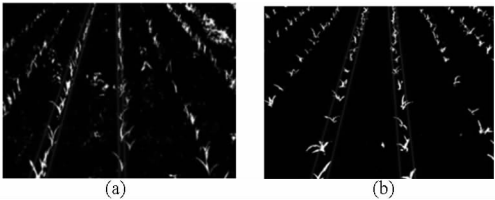


图 9 基于 BDSF 算法的作物行检测
Fig.9 Crop-row detection based on BDSF algorithm
(a) 杂草 (b) 株数稀疏

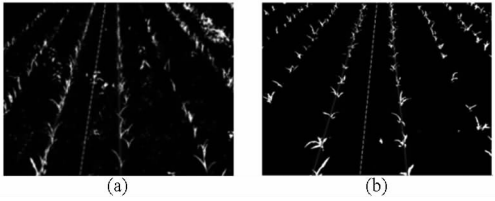


图 10 基于 BDSF 算法的基准线提取
Fig.10 Baseline extraction based on BDSF algorithm
(a) 杂草 (b) 株数稀疏

3 结束语

针对基于机器视觉的农机导航作业需求,提出了一种将边缘检测和扫描滤波相结合来提取导航基准线的算法。该算法为了提高图像处理的实时性和稳定性,在作物行位置检测中,采用了边缘检测算法,缩小了作物行定位范围,为后续的基准线提取算法提供了一个合理的扫描范围;为了提高精确性,提出了扫描滤波的方法,缩小了作物行范围来提取作物行直线。试验分析表明:与常用的 Hough 变换、LSM 算法比较,该算法具有精度高、耗时少的特点,提取一幅图像的基准线耗时约为 67 ms,能够满足农机导航的实时性要求;在杂草和株数稀疏的情况下均能正确地提取导航线,说明该算法具有良好的适应性。

参 考 文 献

1 Guerrero J M,Guijarro M, Montalvo M. Automatic expert system based on images for accuracy crop row detection in maize fields [J]. Expert Systems with Applications, 2013, 40(2): 656-664.
2 Backman J, OksanenT, Visala A. Navigation system for agricultural machines: nonlinear model predictive path tracking [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2012,82: 32-43.
3 杨为民,李天石,贾鸿社.农业机械机器视觉导航研究[J].农业工程学报,2004,20(1):160-165.

Yang Weimin, Li Tianshi, Jia Hongshe. Simulation and experiment of machine vision guidance of agriculture vehicles [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(1): 160 – 165. (in Chinese)

4 李景彬,陈兵旗,刘阳. 棉花铺膜播种机导航路线图像检测方法[J]. 农业机械学报,2014,45(1):40 – 45.
Li Jingbin, Chen Bingqi, Liu Yang. Image detection method of navigation route of cotton plastic film mulch planter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(1): 40 – 45. (in Chinese)

5 候学贵,陈勇,郭伟斌. 除草机器人田间机器视觉导航[J]. 农业机械学报,2008,39(3):106 – 108.
Hou Xuegui, Chen Yong, Guo Weibin. Machine vision-based navigation for a weeding robot [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(3): 106 – 108. (in Chinese)

6 Leandro A F F, Manuel M O. Real-time line detection through an improved Hough transform voting scheme [J]. Pattern Recognition, 2008, 41(1): 299 – 314.

7 吴刚,谭戡,郑永军,等. 基于改进 Hough 变换的收获机器人行走目标直线检测[J]. 农业机械学报,2010,41(2):176 – 179.
Wu Gang, Tan Yu, Zheng Yongjun, et al. Walking goal line detection based on improved Hough transform on harvesting robot [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(2): 176 – 179. (in Chinese)

8 李景彬,陈兵旗,刘阳,等. 采棉机视觉导航路线图像检测方法[J]. 农业工程学报,2013,29(11):11 – 19.
Li Jingbin, Chen Bingqi, Liu Yang, et al. Detection for navigation rout for cotton harvester based on machine vision [J]. Transactions of the CSAE, 2013,29(11): 11 – 19. (in Chinese)

9 高国琴,李明. 基于 K-means 算法的温室移动机器人导航路径识别[J]. 农业工程学报,2014,30(7):25 – 33.
Gao Guoqin, Li Ming. Navigating path recognition for greenhouse mobile robot based on K-means algorithm [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(7): 25 – 33. (in Chinese)

10 吴佳艺,杨庆华,鲍官军,等. 基于机器视觉的林间导航路径生成算法[J]. 农业机械学报,2009,40(7):176 – 179.
Wu Jiayi, Yang Qinghua, Bao Guanjun, et al. Algorithm of path navigation line for robot in forestry environment based on machine vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7): 176 – 179. (in Chinese)

11 司永胜,姜国权,刘刚,等. 基于最小二乘法的早起作物行中心线检测方法[J]. 农业机械学报,2010,41(7):163 – 167.
Si Yongsheng, Jiang Guoquan, Liu Gang, et al. Early stage crop row detection based on least square method [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(7): 163 – 167. (in Chinese)

12 姜国权,柯杏,杜尚丰,等. 基于机器视觉和随机方法的作物行提取算法[J]. 农业机械学报,2008,39(11):85 – 93.
Jiang Guoquan, Ke Xing, Du Shangfeng, et al. Detection algorithm of crop row based on machine vision and randomized method [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(11): 85 – 93. (in Chinese)

13 姜国权,柯杏,杜尚丰,等. 基于机器视觉的农田作物行检测[J]. 光学学报,2009,29(4):1015 – 1020.
Jiang Guoquan, Ke Xing, Du Shangfeng, et al. Crop row detection based on machine vision [J]. Acta Optica Sinica, 2009, 29(4): 1015 – 1020. (in Chinese)

14 高峰,李艳,见浪渡,等. 基于遗传算法的农业移动机器人视觉导航方法[J]. 农业机械学报,2008,39(6):127 – 131.
Gao Feng, Li Yan, Minami M, et al. Visual navigation method based on genetic algorithm for agricultural mobile robots [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(6): 127 – 131. (in Chinese)

15 Zhu Q, Hu J, Cai W, et al. A new robot navigation algorithm of dynamic unknown environments based on dynamic path re-computation and an improved scout ant algorithm [J]. Applied Soft Computing, 2011, 11(8): 4667 – 4676.

Crop Baseline Extraction Method for Off-road Vehicle
Based on Boundary Detection and Scan-filter

He Jie Meng Qingkuan Zhang Man Qiu Ruicheng Xiang Ming Du Shangfeng
(Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education,
China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: To accurately detect the baseline of crop row in real-time, a navigation line extraction method that combine boundary detection and scan-filter (BDSF) was proposed. Firstly, the binary image that contained the crop row information was obtained correctly after image preprocessing, including gray-scale processing which adopted the $G - R$ color feather method, and binary processing which use the OSTU method. Secondly, the position of crop row was calculated by vertical projection of the image top and bottom. Thirdly, numbers of rectangle bars of width-equity was used to scan the effective information of image points in the rectangle boxes. Finally, the navigation line was extracted according to the scanning results. The experimental results showed that, the BDSF algorithm could quickly and accurately extract the navigation line. The time consumption for single image of 640 pixels $\times$ 480 pixels was about 67 ms. Compared with Hough transform and LSM algorithm, the designed algorithm had the advantages of high speed and good robustness.

Key words: Agricultural machinery Navigation Boundary detection Scan-filter Baseline